525-534

A line graph of a heart rate

Description automatically generated with medium confidence**a**

**b**

**c**

**d**

**e**

Hình 10.24 mở và đóng theo một chiều. (a) tín hiệu 1-D gốc. (b) Phần tử cấu trúc phẳng được đẩy lên bên dưới tín hiệu. (c) khai mạc. (d) phần tử cấu trúc phẳng được đẩy xuống dọc theo đỉnh tín hiệu. (e) Đóng cửa.

trong hình 10.24(c). Bởi vì phần tử cấu trúc quá lớn để có thể vừa với đỉnh hướng lên ở giữa đường cong, nên đỉnh đó sẽ bị loại bỏ bởi phần mở. Nói chung, các lỗ mở được sử dụng để loại bỏ các chi tiết sáng nhỏ trong khi vẫn giữ nguyên mức độ xám tổng thể và các đặc điểm sáng lớn hơn tương đối không bị xáo trộn. e đĩa CD Hình 10.24(d) là minh họa bằng đồ họa về việc đóng. Phần tử cấu trúc được đẩy xuống phía trên đường cong trong khi được dịch chuyển tới tất cả các vị trí. Việc đóng cửa, được minh họa trong Hình 10.24(e), được xây dựng bằng cách tìm các điểm thấp nhất mà bất kỳ phần nào của phần tử cấu trúc đạt tới khi nó trượt theo phía trên của đường cong. Bạn có thể thấy rằng việc đóng sẽ loại bỏ các chi tiết tối nhỏ hơn phần tử cấu trúc.

Ví dụ 10.9 Làm mịn hình thái bằng cách sử dụng các phần mở và đóng.

Vì việc mở ngăn chặn các chi tiết sáng nhỏ hơn thành phần cấu trúc và đóng ngăn chặn các chi tiết tối nhỏ hơn thành phần cấu trúc nên chúng thường được sử dụng kết hợp để làm mịn hình ảnh và loại bỏ nhiễu. Trong ví dụ này, chúng tôi sử dụng imopen và imclose để làm mịn hình ảnh của chốt gỗ như trong Hình 10.25(a). Đặc điểm chính của những chốt này là thớ gỗ của chúng (xuất hiện dưới dạng những vệt sẫm màu) được đặt trên nền sáng, đồng đều hợp lý. Khi diễn giải các kết quả tiếp theo, cần ghi nhớ sự tương tự của việc mở và đóng được minh họa trong Hình 10.24.

Hãy xem xét trình tự các bước sau:

A black text on a white background

Description automatically generated

Hình 10.25(b) hiển thị hình ảnh đã mở, fo. Ở đây, chúng ta thấy rằng các vùng sáng đã được giảm bớt (làm mịn) và các vệt tối ở chốt gần như không bị ảnh hưởng nhiều. Hình 10.25(c) cho thấy sự khép lại của sơ hở, kẻ thù. Bây giờ chúng ta nhận thấy rằng các vùng tối cũng đã được làm mịn, kết quả là toàn bộ hình ảnh được làm mịn tổng thể. Thủ tục này thường được gọi là lọc đóng mở. Một thủ tục tương tự, được gọi là lọc đóng mở, đảo ngược thứ tự của các phép toán. Hình 10.25(d) hiển thị kết quả đóng ảnh gốc. Các vệt tối ở chốt đã được làm phẳng, để lại hầu hết các chi tiết sáng (ví dụ: lưu ý các vệt sáng ở hậu cảnh). Phần mở đầu của Hình 10.25( d) [Hình. 10.25(e)] thể hiện sự làm phẳng các đường sọc này và làm mịn hơn nữa các bề mặt chốt. Kết quả cuối cùng là làm mịn tổng thể hình ảnh gốc. Hãy xem xét trình tự các bước sau: • Vì việc mở ngăn chặn các chi tiết sáng nhỏ hơn thành phần cấu trúc và đóng ngăn chặn các chi tiết tối nhỏ hơn thành phần cấu trúc nên chúng thường được sử dụng kết hợp để làm mịn hình ảnh và loại bỏ nhiễu. Trong ví dụ này, chúng tôi sử dụng imopen và imclose để làm mịn hình ảnh của chốt gỗ như trong Hình 10.25(a). Đặc điểm chính của những chốt này là thớ gỗ của chúng (xuất hiện dưới dạng những vệt sẫm màu) được đặt trên nền sáng, đồng đều hợp lý. Khi diễn giải các kết quả tiếp theo, cần ghi nhớ sự tương tự của việc mở và đóng được minh họa trong Hình 10.24. Một cách khác để sử dụng kết hợp các phần mở và đóng là lọc tuần tự xen kẽ. Một dạng lọc tuần tự xen kẽ là thực hiện lọc đóng mở với một loạt các phần tử cấu trúc có kích thước tăng dần. Các lệnh sau minh họa quá trình này, bắt đầu bằng một phần tử cấu trúc nhỏ và tăng kích thước của nó cho đến khi nó giống với phần tử cấu trúc được sử dụng để thu được Hình. 10.25(b) và (c):

A black text on a white background

Description automatically generated

Kết quả, được hiển thị trong Hình 10.25(f), mang lại hình ảnh mượt mà hơn một chút so với việc sử dụng một bộ lọc đóng mở duy nhất, gây tốn kém cho quá trình xử lý bổ sung. Khi so sánh ba cách tiếp cận trong trường hợp cụ thể này, việc lọc đóng mở mang lại kết quả mượt mà nhất.

A collage of several white circles

Description automatically generateda b

c d

e f

Hình 10.25 Làm mịn bằng cách sử dụng các lỗ mở và đóng. (a). Hình ảnh gốc của chốt gỗ. (b) Hình ảnh được mở bằng đĩa có bán kính 5. (c) Đóng lỗ mở. (d) Đóng ảnh gốc. (e) Mở đầu và đóng cửa. (f) kết quả của bộ lọc tuần tự xen kẽ.

Ví dụ 10.10: Bù nền không đồng nhất

Các lỗ hở có thể được sử dụng để bù đắp cho sự chiếu sáng nền không đồng đều. Hình 1 0.26(a) hiển thị một ảnh, f, của những hạt gạo trong đó nền phía dưới tối hơn phần trên của ảnh.

Sự chiếu sáng không đồng đều làm cho việc phân ngưỡng ảnh (Phần 1 1.3) trở nên khó khăn

Ví dụ, Hình 10.26(b) là một phiên bản có ngưỡng trong đó các hạt ở phía trên của ảnh được tách biệt hoàn toàn khỏi nền, nhưng các hạt ở phía dưới được tách ra khỏi nền không đúng cách. Việc mở hình ảnh có thể tạo ra ước tính hợp lý về nền trên hình ảnh, miễn là phần tử cấu trúc đủ lớn để nó không nằm hoàn toàn bên trong hạt gạo. Ví dụ, các lệnh



dẫn đến hình ảnh được mở trong Hình 10.26(c). Bằng cách trừ hình ảnh này khỏi hình ảnh gốc, chúng ta có thể tạo ra hình ảnh của các hạt với nền đồng nhất hợp lý:



Hình 10.26(d) hiển thị kết quả và Hình 10.26(e) hiển thị hình ảnh có ngưỡng mới. Lưu ý sự cải thiện so với Hình 10.26(b). dẫn đến hình ảnh được mở trong Hình 10.26(c). Bằng cách trừ hình ảnh này khỏi hình ảnh gốc, chúng ta có thể tạo ra hình ảnh của các hạt với nền đồng nhất hợp lý: Trừ một hình ảnh đã mở khỏi ảnh gốc được gọi là phép biến đổi tophat. Chức năng hộp công cụ imtophat thực hiện thao tác này trong một bước duy nhất:

A collage of different images of bacteria

Description automatically generated

abc

de

HÌNH 10.26 Bù ánh sáng không đồng đều. (a) Ảnh gốc. (b) Ảnh ngưỡng. (c) Hình ảnh mở hiển thị ước tính nền. (d) Kết quả trừ phần nền ước tính cho ảnh gốc. (e) Kết quả của việc phân ngưỡng ảnh trong (d). (Hình ảnh gốc được cung cấp bởi The Math Works, Inc.)



Ngoài cú pháp này, hàm imtophat có thể được gọi là



trong đó NHOOD là một mảng Os và ls xác định kích thước và hình dạng của phần tử cấu trúc. Cú pháp này giống như sử dụng lệnh gọi



Một hàm liên quan, imbot hat, thực hiện phép biến đổi đáy, được định nghĩa là việc đóng hình ảnh trừ đi hình ảnh. Cú pháp của nó giống như hàm imtophat. Hai chức năng này có thể được sử dụng để tăng cường độ tương phản bằng cách sử dụng các lệnh như



Ví dụ 10.11: Đo độ hạt

Xác định sự phân bố kích thước của các hạt trong ảnh là một ứng dụng quan trọng trong lĩnh vực đo hạt. Các kỹ thuật hình thái học có thể được sử dụng để đo lường sự phân bố kích thước hạt một cách gián tiếp; nghĩa là không cần phải xác định và đo lường từng hạt một cách rõ ràng. Đối với các hạt có hình dạng đều đặn và nhẹ hơn nền, cách tiếp cận cơ bản là áp dụng các lỗ hình thái có kích thước tăng dần. Đối với mỗi lần mở, tổng của tất cả các giá trị pixel trong lần mở sẽ được tính; tổng này đôi khi được gọi là diện tích bề mặt của hình ảnh. Các lệnh sau áp dụng các lỗ hình đĩa có bán kính từ 0 đến 35 cho hình ảnh trong Hình 10.25(a):

A white background with black text

Description automatically generated

Hình 10.27(a) cho thấy biểu đồ kết quả của sumpixel so với k. Thêm liên esting là sự giảm diện tích bề mặt giữa các lần mở liên tiếp:



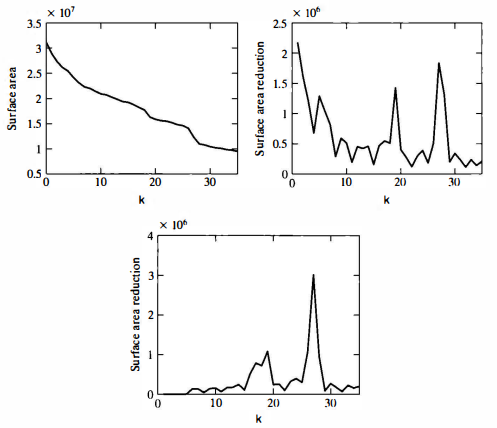
Nếu v là một veclor. sau đó di ff (v) trả về một vectơ. một phần tử ngắn hơn v. của sự khác biệt giữa các phần tử liền kề. Ir X là một ma trận. thì di ff (X) trả về một ma trận chênh lệch hàng: 

Các đỉnh trong đồ thị ở Hình 10.27(b) cho thấy sự hiện diện của một số lượng lớn vật có bán kính đó. Vì cốt truyện khá nhiễu nên chúng tôi lặp lại quy trình này với phiên bản được làm mịn của hình ảnh phích cắm trong Hình 10.25(d). Kết quả, được hiển thị trong Hình 10.27(c), cho thấy rõ hơn hai kích thước khác nhau của các vật thể trong ảnh gốc.

10.6.3 Tái Thiết

Tái thiết hình thái thang độ xám được xác định bằng cùng một quy trình lặp lại được đưa ra trong Phần 10.5. Hình 10.28 cho thấy cách tái tạo thang màu xám hoạt động trong một chiều. Đường cong trên cùng của Hình 10.28(a) là mặt nạ trong khi đường cong màu xám phía dưới là điểm đánh dấu. Trong trường hợp này, điểm đánh dấu được hình thành bằng cách trừ một hằng số khỏi mặt nạ, nhưng nói chung, bất kỳ tín hiệu nào cũng có thể được sử dụng cho điểm đánh dấu miễn là không có giá trị nào của nó vượt quá giá trị tương ứng trong mặt nạ. Mỗi lần lặp lại quy trình tái thiết sẽ trải rộng các đỉnh trong đường cong đánh dấu cho đến khi chúng bị đường cong mặt nạ ép xuống [Hình. 10.28(b)].

Sự tái tạo cuối cùng là đường cong màu đen trong Hình 10.28(c). Lưu ý rằng hai đỉnh nhỏ hơn đã bị loại bỏ trong quá trình tái thiết, nhưng hai đỉnh cao hơn, mặc dù hiện tại chúng ngắn hơn, vẫn còn tồn tại. Khi một ảnh đánh dấu được hình thành bằng cách trừ đi hằng số h từ ảnh mặt nạ, việc tái tạo được gọi là



a b

c

Hình 10.27 Phép đo hạt. (a) Diện tích bề mặt so với bán kính phần tử cấu trúc. (b) Giảm diện tích bề mặt so với bán kính. (c) Giảm diện tích bề mặt so với bán kính để có hình ảnh được làm mịn.

A line graph of a wave

Description automatically generated with medium confidencea

b

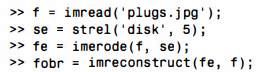
c

Hình 10.28 Tái thiết hình thái thang độ xám theo một chiều.

(a) Mặt nạ (Trên cùng) và điểm đánh dấu những đường cong. (b) Tính toán lặp lại việc tái thiết. (c) kết quả tái thiết (đường cong màu đen).

biến đổi h -cực tiểu. Biến đổi h-minima được tính toán bằng hàm imhmin trong hộp công cụ và được sử dụng để triệt tiêu các đỉnh nhỏ.

Một kỹ thuật tái tạo thang độ xám hữu ích khác là mở theo cấu trúc tái tạo, trong đó hình ảnh bị xói mòn lần đầu tiên, giống như trong mở hình thái tiêu chuẩn. Tuy nhiên, thay vì theo sau phần mở bằng phần đóng, hình ảnh bị xói mòn được sử dụng làm hình ảnh đánh dấu trong quá trình tái tạo. Hình ảnh gốc được sử dụng làm mặt nạ. Hình 10.29(a) hiển thị một ví dụ về mở theo cấu trúc lại, thu được bằng cách sử dụng các lệnh



Việc tái tạo có thể được sử dụng để làm sạch hình ảnh hơn nữa bằng cách áp dụng cho nó một phép tái tạo từng phần. Kỹ thuật này được thực hiện bằng cách bổ sung một hình ảnh, tính toán từng phần mở của nó và sau đó bổ sung kết quả, như sau:

A black text on a white background

Description automatically generated

A collage of images of circles

Description automatically generated

a b

HÌNH 10.29 (a) Mở cửa bằng cách xây dựng lại. (b) Mở theo từng phần xây dựng lại, sau đó là đóng theo phần xây dựng lại

Hình 10.29(b) cho thấy kết quả của việc mở theo từng cấu trúc, sau đó là đóng theo cấu trúc lại. So sánh nó với kết quả của bộ lọc đóng mở và bộ lọc tuần tự xen kẽ trong Hình 10.25.

VÍ DỤ 10.12: Sử dụng tái tạo thang độ xám để loại bỏ một nền phức tạp

Ví dụ kết luận của chúng tôi sử dụng việc tái thiết thang màu xám theo một số bước. Mục tiêu là tách văn bản ra khỏi hình ảnh của các phím máy tính được hiển thị trong Hình 10.30(a). Bước đầu tiên là triệt tiêu các phản xạ ngang trên đầu mỗi phím. Để thực hiện điều này, chúng tôi sử dụng thực tế là những phản chiếu này rộng hơn bất kỳ ký tự văn bản đơn lẻ nào trong hình ảnh. Chúng tôi thực hiện mở theo cấu trúc lại bằng cách sử dụng phần tử cấu trúc là một đường ngang dài:



Việc mở theo cách xây dựng lại ( f \_ob r) được hiển thị trong Hình 10.30(b ). Để so sánh, Hình 10.30(c) hiển thị lỗ mở tiêu chuẩn (f \_o). Mở bằng cách tái tạo đã thực hiện công việc trích xuất nền tốt hơn giữa các phím liền kề theo chiều ngang. Việc trừ phần mở đầu bằng cách tái tạo khỏi ảnh gốc được gọi là phần mở đầu bằng cách tái tạo và được hiển thị trong Hình 10.30(d):



Hình 10.30(e) thể hiện cách tính toán tophat tiêu chuẩn (tức là f \_t h).

Tiếp theo, chúng tôi triệt tiêu các phản xạ dọc trên cạnh phải của các phím trong Hình 10.30(d). Điều này được thực hiện bằng cách thực hiện mở theo cấu trúc lại bằng một đường ngang nhỏ:



Trong kết quả [Hình. 10.30(f)], các phản xạ dọc không còn nữa, nhưng các ký tự nét dọc, mỏng cũng vậy, chẳng hạn như dấu gạch chéo trên biểu tượng phần trăm và chữ "I" trong ASIN. Chúng tôi tận dụng thực tế là các nhân vật được hỗ trợ

A close-up of a keyboard

Description automatically generated

a b c

d e f

g h

HÌNH 10.30 Một ứng dụng tái thiết thang màu xám. (a) Ảnh gốc. (b) Mở cửa bằng tái thiết. (c) Khai mạc. (d) Tophat-by-tái thiết. (e) Tophat. (f) Mở đầu bằng cách tái thiết của (d) sử dụng đường ngang. (g) Độ giãn của (f) sử dụng một đường nằm ngang. (h) Kết quả tái thiết cuối cùng.

được nhấn do lỗi rất gần về mặt không gian với các ký tự khác vẫn xuất hiện bằng cách thực hiện giãn nở trước tiên [Hình. 10h30(g)],



tiếp theo là sự tái tạo cuối cùng với f \_ thr làm mặt nạ và min (g\_obrd, f \_ thr) làm điểm đánh dấu:



Hình 10.30(h) thể hiện kết quả cuối cùng. Lưu ý rằng bóng và phản chiếu trên nền và các phím đã được loại bỏ thành công.

Bản tóm tắt

Các khái niệm và kỹ thuật hình thái được giới thiệu trong chương này tạo thành một bộ công cụ mạnh mẽ để trích xuất các đặc điểm từ hình ảnh. Các toán tử cơ bản về xói mòn, giãn nở và tái thiết - được xác định cho cả xử lý ảnh nhị phân và thang độ xám - có thể được sử dụng kết hợp để thực hiện nhiều tác vụ khác nhau. Như được trình bày trong chương sau, các kỹ thuật hình thái học có thể được sử dụng để phân đoạn hình ảnh.

Hơn nữa, chúng đóng một vai trò quan trọng trong các thuật toán mô tả hình ảnh, như đã thảo luận trong Chương 12.