

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



بینایی کامپیوتری

درس ۹

بخش‌بندی تصویر

Image Segmentation

کاظم فولادی
دانشکده مهندسی، پردیس فارابی
دانشگاه تهران

<http://courses.fouladi.ir/vision>

بخش‌بندی تصویر

IMAGE SEGMENTATION

بخش‌بندی تصویر

Image Segmentation

فرآیندی که در آن تصویر به تعدادی ناحیه بخش‌بندی می‌شود.

بخش‌بندی تصویر، یک تصویر را به تعدادی ناحیه تقسیم می‌کند
که **همبند** هستند

و **شباهت‌هایی** داخل هر ناحیه وجود دارد
و **تفاوت‌هایی** بین ناحیه‌های مجاور وجود دارد.

هدف: معمولاً **یافتن اشیای منفرد** در یک تصویر است.

بخش بندی تصویر

۱

مبانی

بخش‌بندی تصویر

IMAGE SEGMENTATION

بخش‌بندی تصویر

Image Segmentation

فرآیندی که در آن تصویر به تعدادی ناحیه بخش‌بندی می‌شود.

فرض کنید R کل ناحیه‌ی مکانی اشغال‌شده توسط یک تصویر را نشان دهد.
بخش‌بندی تصویر، فرآیندی است که R را به n زیرناحیه‌ی

$$R_1, R_2, \dots, R_n,$$

افراز می‌کند، به‌طوری که:

- (a) $\bigcup_{i=1}^n R_i = R.$
- (b) R_i is a connected set, $i = 1, 2, \dots, n.$
- (c) $R_i \cap R_j = \emptyset$ for all i and $j, i \neq j.$
- (d) $Q(R_i) = \text{TRUE}$ for $i = 1, 2, \dots, n.$
- (e) $Q(R_i \cup R_j) = \text{FALSE}$ for any adjacent regions R_i and $R_j.$

$Q(R_k)$ is a logical predicate defined over the points in set R_k

بخش‌بندی تصویر

روی‌کردها

IMAGE SEGMENTATION

بخش‌بندی تصویر

Image Segmentation

بخش‌بندی مبتنی بر ناحیه

Region-Based Segmentation

افراز یک تصویر بر اساس
تعیین ناحیه‌های مشابه

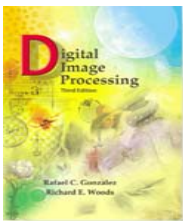
بر مبنای شباهت (*Similarity*)

بخش‌بندی مبتنی بر لبه

Edge-Based Segmentation

افراز یک تصویر بر اساس
تغییرات ناگهانی در شدت روشنایی (مانند لبه)

بر مبنای ناپیوستگی (*Discontinuity*)



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

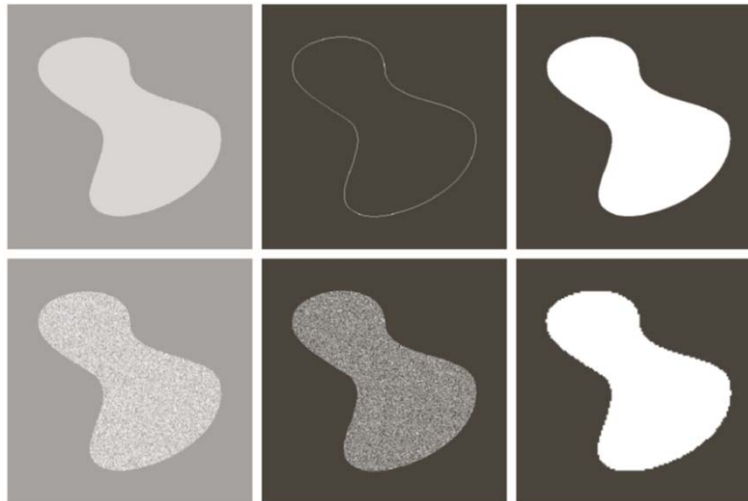


FIGURE 10.1 (a) Image containing a region of constant intensity. (b) Image showing the boundary of the inner region, obtained from intensity discontinuities. (c) Result of segmenting the image into two regions. (d) Image containing a textured region. (e) Result of edge computations. Note the large number of small edges that are connected to the original boundary, making it difficult to find a unique boundary using only edge information. (f) Result of segmentation based on region properties.

بخش‌بندی تصویر

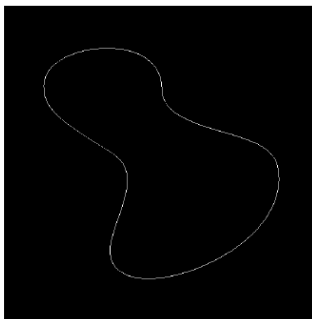
روی کردها: مثال

IMAGE SEGMENTATION

(۲)

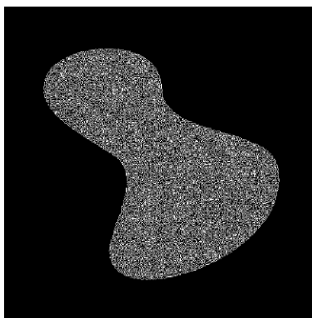
تصویر نشان‌دهنده‌ی مرز ناحیه‌ی داخلی:
حاصل از ناپیوستگی‌ها در شدت روشنایی

(۱)
تصویر یک ناحیه
با شدت ثابت



(۳)
نتیجه‌ی
بخش‌بندی
تصویر به دو
ناحیه

(۴)
تصویر حاوی
یک ناحیه‌ی
بافت‌دار



(۶)
نتیجه‌ی
بخش‌بندی با
استفاده از
خصوصیات
ناحیه

(۵)

نتیجه‌ی محاسبات لبه: تعداد زیادی لبه وجود دارد که به مرز اصلی متصل
هستند و یافتن یک مرز یکتا تنها با استفاده از اطلاعات لبه را دشوار می‌سازد.

بخش بندی تصویر

۲

آشکار سازی
نقطه،
خط و لبه

استفاده از مشتق برای آشکارسازی ناپیوستگی‌ها

تغییرات محلی ناگهانی در شدت روشنایی را می‌توان با استفاده از مشتق آشکار کرد.

مشتق مرتبه دوم

Second-Order Derivative

تقریب قابل قبول:

- (۱) در نواحی با شدت روشنایی ثابت، صفر باشد.
- (۲) در شروع و پایان یک تغییر ناگهانی یا شیب شدت روشنایی غیر صفر باشد.
- (۳) در طول شیب شدت روشنایی صفر باشد.

مشتق مرتبه اول

First-Order Derivative

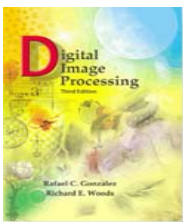
تقریب قابل قبول:

- (۱) در نواحی با شدت روشنایی ثابت، صفر باشد.
- (۲) در شروع یک تغییر ناگهانی یا شیب شدت روشنایی غیر صفر باشد.
- (۳) در طول تغییر شیب شدت روشنایی غیر صفر باشد.

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} &= \frac{\partial f'(x)}{\partial x} = f'(x+1) - f'(x) \\ &= f(x+2) - f(x+1) - f(x+1) + f(x) \\ &= f(x+2) - 2f(x+1) + f(x)\end{aligned}$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f''(x) = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x)$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f'(x) = f(x+1) - f(x)$$



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

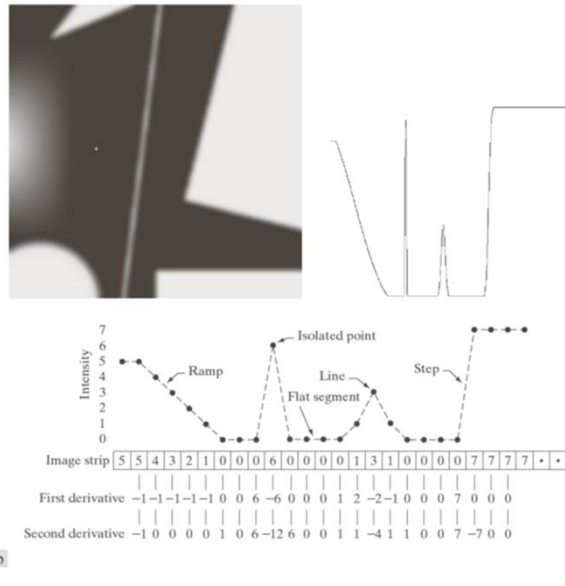
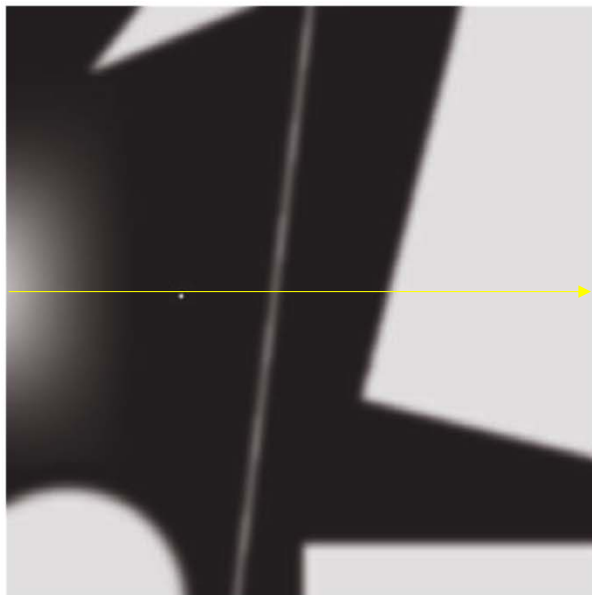


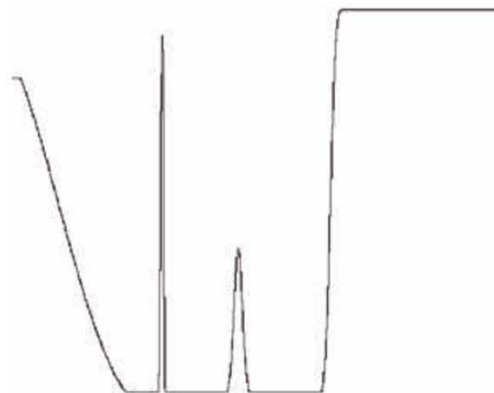
FIGURE 10.2 (a) Image. (b) Horizontal intensity profile through the center of the image, including the isolated noise point. (c) Simplified profile (the points are joined by dashes for clarity). The image strip corresponds to the intensity profile, and the numbers in the boxes are the intensity values of the dots shown in the profile. The derivatives were obtained using Eqs. (10.2-1) and (10.2-2).

استفاده از مشتق برای آشکارسازی ناپیوستگی‌ها

مثال



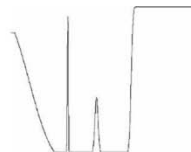
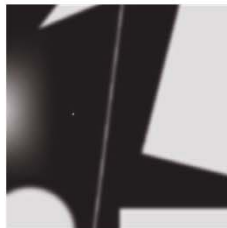
(۱)
یک تصویر



(۲)
پروفایل شدت روشنایی افقی در مرکز تصویر
شامل نقطه‌ی نویز تنها (اسکن در طول خط زرد)

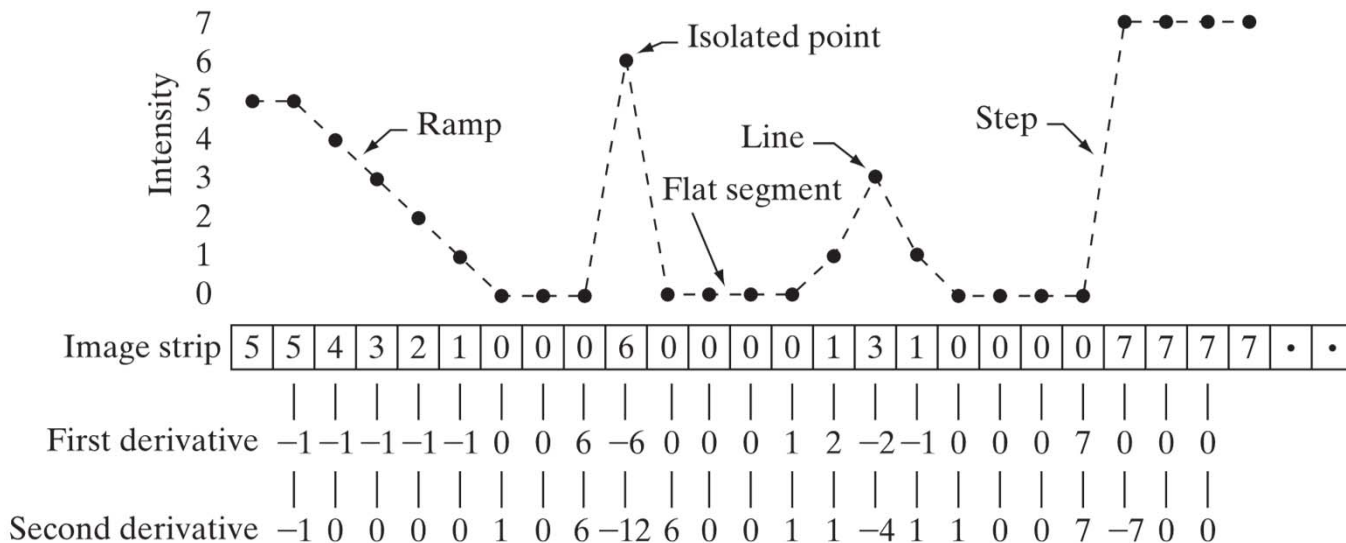
استفاده از مشتق برای آشکارسازی ناپیوستگی‌ها

مثال



$$\frac{\partial f}{\partial x} = f'(x) = f(x+1) - f(x)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f''(x) = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x)$$



استفاده از مشتق برای آشکارسازی ناپیوستگی‌ها

نتایج

مشتق مرتبه دوم

Second-Order Derivative

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f''(x) = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x)$$

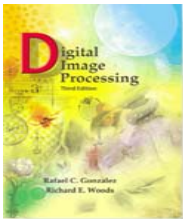
- مشتقات مرتبه دوم پاسخ بهتری برای جزئیات دقیق‌تر مانند خطوط نازک، نقاط تنها و نویز دارند.
- مشتقات مرتبه دوم یک پاسخ دو لبه برای گذرهای شیب و پله‌ی شدت روشنایی ایجاد می‌کنند.
- علامت مشتق مرتبه دوم برای تعیین گذر از روشن به تاریک یا از تاریک به روشن می‌تواند استفاده شود.

مشتق مرتبه اول

First-Order Derivative

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f'(x) = f(x+1) - f(x)$$

- مشتقات مرتبه اول لبه‌های ضخیم‌تر در تصویر ایجاد می‌کنند.



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10

Image Segmentation

w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9

FIGURE 10.3

A general 3×3
spatial filter mask.

آشکار سازی ناپیوستگی‌ها

DETECTION OF DISCONTINUITIES

سه نوع ناپیوستگی <i>Three Kinds of Discontinuity</i>		
نقطه <i>Point</i>	خط <i>Line</i>	لبه <i>Edge</i>

متداول‌ترین روش برای یافتن ناپیوستگی‌ها، اسکن کردن تصویر با یک ماسک کوچک است: ماسک تعیین می‌کند که به دنبال چه نوع ناپیوستگی هستیم.

w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9

$$\begin{aligned}
 R &= w_1 z_1 + w_2 z_2 + \cdots + w_9 z_9 \\
 &= \sum_{k=1}^9 w_k z_k
 \end{aligned}$$

A general 3×3
spatial filter mask.

آشکار سازی ناپیوستگی‌ها

آشکار سازی نقاط تنها

DETECTION OF ISOLATED POINTS

با استفاده از لاپلاسین تصویر:

$$\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

$$\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} = f(x + 1, y) + f(x - 1, y) - 2f(x, y)$$

$$\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} = f(x, y + 1) + f(x, y - 1) - 2f(x, y)$$

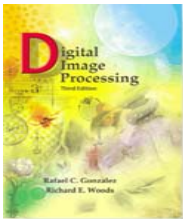
$$\nabla^2 f(x, y) = f(x + 1, y) + f(x - 1, y) + f(x, y + 1) + f(x, y - 1) - 4f(x, y)$$

عملاً می‌توان از هر ماسک قابل قبول برای لاپلاسین استفاده کرد.

اگر $R(x, y)$ تصویر خروجی پس از اعمال لاپلاسین و T یک مقدار آستانه نامنفی باشد:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } |R(x, y)| \geq T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

خروجی 1 محل وجود نقطه‌ی تنها را نشان می‌دهد



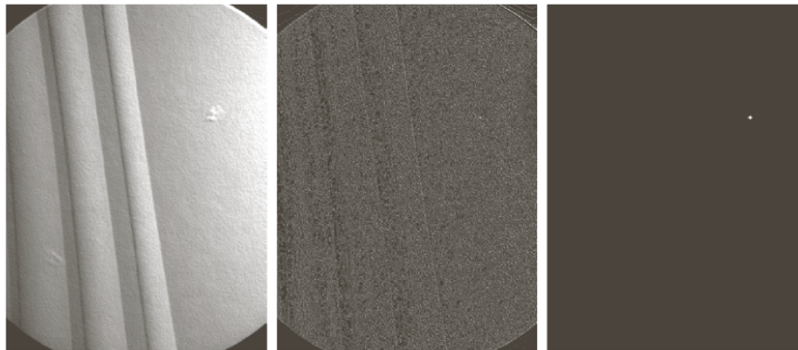
Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

1	1	1
1	-8	1
1	1	1



a
b c d

FIGURE 10.4

(a) Point detection (Laplacian) mask. (b) X-ray image of turbine blade with a porosity. The porosity contains a single black pixel. (c) Result of convolving the mask with the image. (d) Result of using Eq. (10.2-8) showing a single point (the point was enlarged to make it easier to see). (Original image courtesy of X-TEK Systems, Ltd.)

آشکار سازی ناپیوستگی‌ها

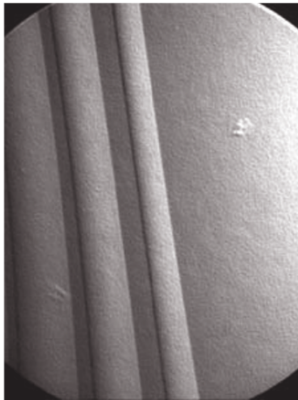
آشکار سازی نقاط تنها: مثال

DETECTION OF ISOLATED POINTS

(۱)
ماسک لاپلاسین برای
آشکار سازی نقطه

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

(۲)
تصویر اشعه‌ی ایکس
از تیغه‌ی توربین
(دارای یک روزنه)



(۳)
حاصل کانولوشن
ماسک (۱) با تصویر (۲)

(۴)
حاصل آستانه‌گیری
(نقطه‌ی تنها آشکار
شده است.)



$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } |R(x, y)| \geq T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

آشکار سازی ناپیوستگی‌ها

آشکار سازی خط

LINE DETECTION

(با استفاده از لاپلاسین تصویر)

مشکل: اثر دو خطی (به خاطر وجود مقادیر مثبت و منفی در لاپلاسین)

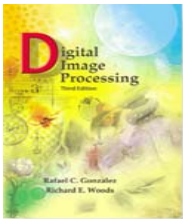
راه حل:

(۱) قدر مطلق لاپلاسین $\Leftarrow$ ضخامت خطوط دو برابر می شود.

(۲) استفاده از مقادیر مثبت لاپلاسین $\Leftarrow$ خطوط باریک تر ✓

خطوط به اندازه‌ی ماسک لاپلاسین عریض تر هستند.

خطوط با یک «دره» صفر از هم جدا می شوند.



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

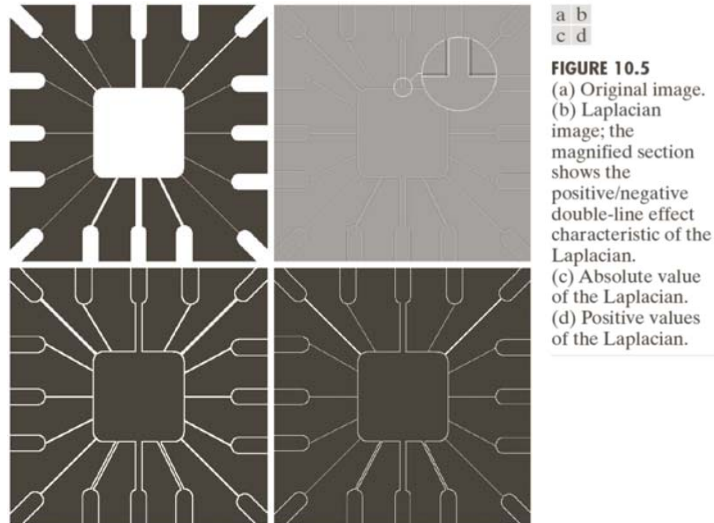


FIGURE 10.5

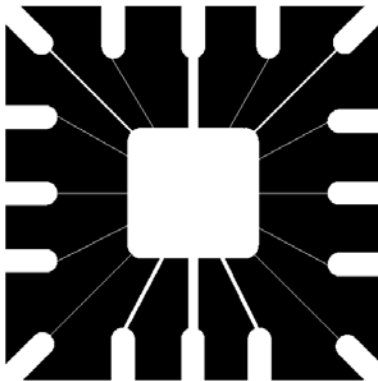
(a) Original image.
(b) Laplacian image; the magnified section shows the positive/negative double-line effect characteristic of the Laplacian.
(c) Absolute value of the Laplacian.
(d) Positive values of the Laplacian.

آشکار سازی ناپیوستگی‌ها

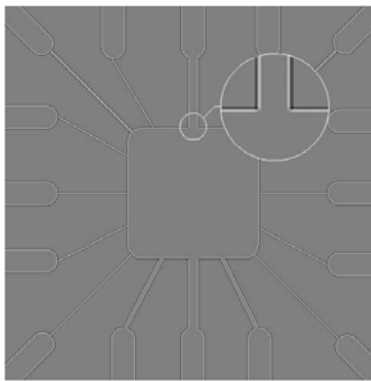
آشکار سازی خط: مثال

LINE DETECTION

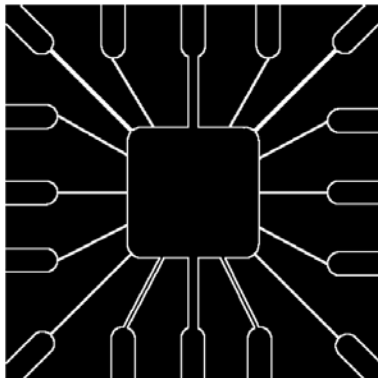
(۱)
تصویر اصلی



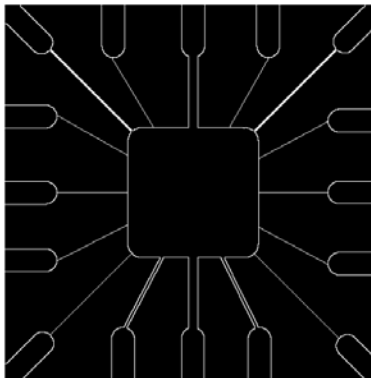
(۲)
تصویر لاپلاسین
(قسمت بزرگ شده، اثر
دوخطی مثبت/منفی را
نشان می‌دهد)

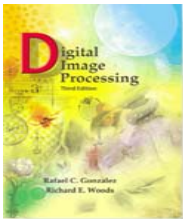


(۳)
قدر مطلق لاپلاسین



(۴)
مقادیر مثبت لاپلاسین





Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

-1	-1	-1	2	-1	-1	-1	2	-1	-1	-1	2
2	2	2	-1	2	-1	-1	2	-1	-1	2	-1
-1	-1	-1	-1	-1	2	-1	2	-1	2	-1	-1
Horizontal			+45°			Vertical			-45°		

FIGURE 10.6 Line detection masks. Angles are with respect to the axis system in Fig. 2.18(b).

آشکار سازی ناپیوستگی‌ها

آشکار سازی خط

LINE DETECTION

آشکار سازی خطوط با عرض یک پیکسل در یک تصویر

پاسخ تصویر را نسبت به هر یک از ماسک‌های زیر می‌یابیم:
برای هر نقطه، هر پاسخی که بزرگ‌تر بود، نقطه متعلق به خط مربوط به آن ماسک است.

(چون لاپلاسن ایزوتروپیک است، جهت خط را نمی‌توان با آن تشخیص داد!)

-1	-1	-1	2	-1	-1	-1	2	-1	-1	-1	2
2	2	2	-1	2	-1	-1	2	-1	-1	2	-1
-1	-1	-1	-1	-1	2	-1	2	-1	2	-1	-1

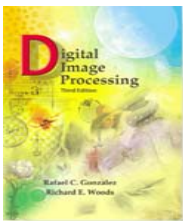
Horizontal

 R_1 $+45^\circ$  R_2

Vertical

 R_3 -45°  R_4

e. g. $|R_1(x, y)| > |R_2(x, y)|, |R_3(x, y)|, |R_4(x, y)| \Rightarrow (x, y) \in \text{A horizontal line}$

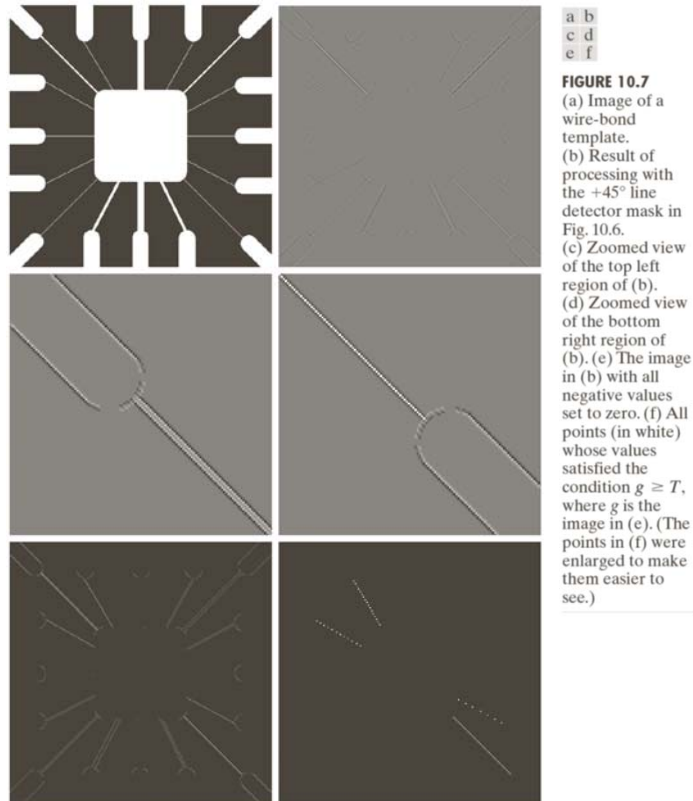


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

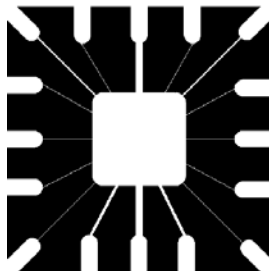


آشکار سازی ناپیوستگی‌ها

آشکار سازی خط: مثال

LINE DETECTION

(۱)
تصویر اصلی



(۲)
نتیجه‌ی پردازش
با ماسک آشکار ساز ۴۵ درجه



(۳)
بزرگ‌نمایی ناحیه‌ی چپ بالای (۲)

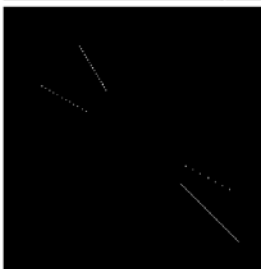
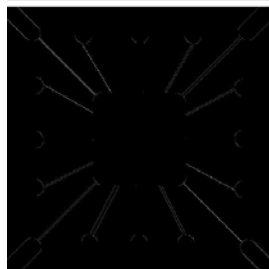


(۴)
بزرگ‌نمایی ناحیه‌ی راست پایین (۲)

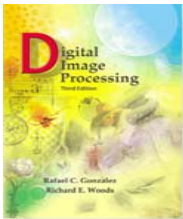


(۶)
نقاط (سفید) که شرط
 $g \geq T$ را ارضا می‌کنند.

(g تصویر (۵) است)



(۵)
همان تصویر (۲) که همه‌ی نقاط منفی
آن صفر شده‌اند.

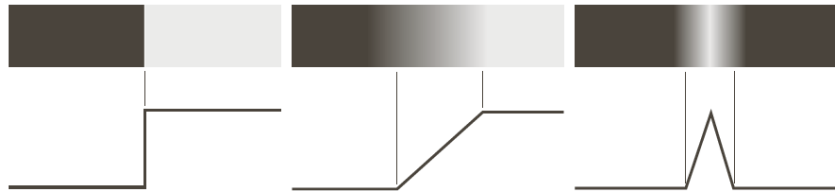


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation



a b c

FIGURE 10.8

From left to right, models (ideal representations) of a step, a ramp, and a roof edge, and their corresponding intensity profiles.

مدل‌های لبه

EDGE MODELS

آشکارسازی لبه، پر کاربردترین روش برای بخش‌بندی تصویر بر مبنای تغییرات سریع است.

مدل‌های لبه بر اساس پروفایل شدت روشنایی

مدل پله (بازنمایی ایده‌آل)

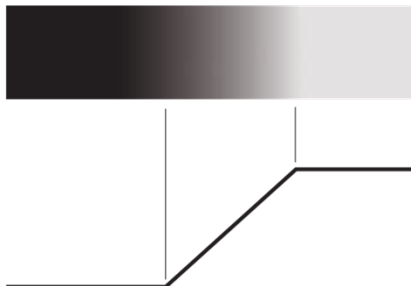
Step (Ideal Representation)



کاربرد در مدل‌سازی جامدات و انیمیشن
(لبه یک پیکسل ضخامت دارد.)

مدل شیب

Ramp



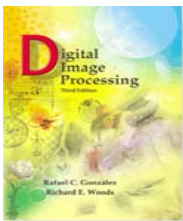
کاربرد در تصاویر مات و نویزی
شیب آن وابسته به میزان بلار لبه است.
(لبه یک پیکسل ضخامت ندارد.)

مدل پشت‌بامی

Roof



کاربرد در استخراج خطوط باریک



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation



FIGURE 10.9 A 1508×1970 image showing (zoomed) actual ramp (bottom, left), step (top, right), and roof edge profiles. The profiles are from dark to light, in the areas indicated by the short line segments shown in the small circles. The ramp and “step” profiles span 9 pixels and 2 pixels, respectively. The base of the roof edge is 3 pixels. (Original image courtesy of Dr. David R. Pickens, Vanderbilt University.)

مدل‌های لبه

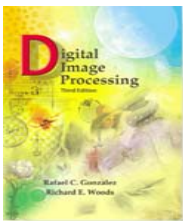
مثال

EDGE MODELS

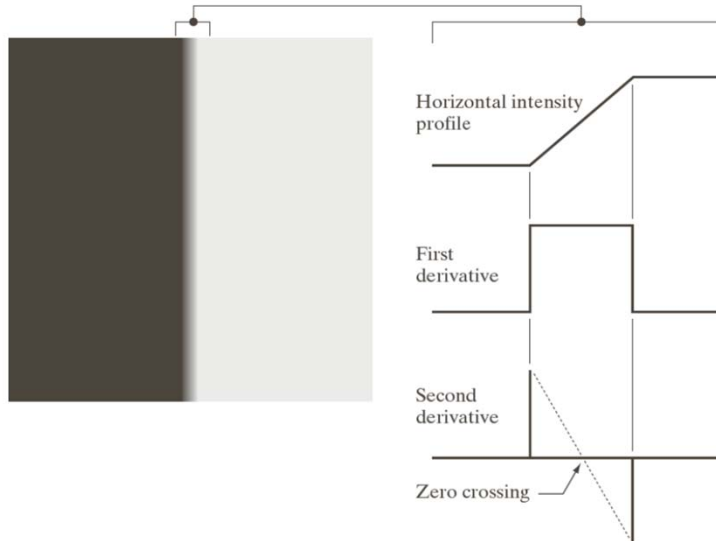
مدل پله (بازنمایی ایده‌آل)
Step (Ideal Representation)

مدل شیب
Ramp

مدل پشت‌بامی
Roof



Chapter 10 Image Segmentation



a b

FIGURE 10.10

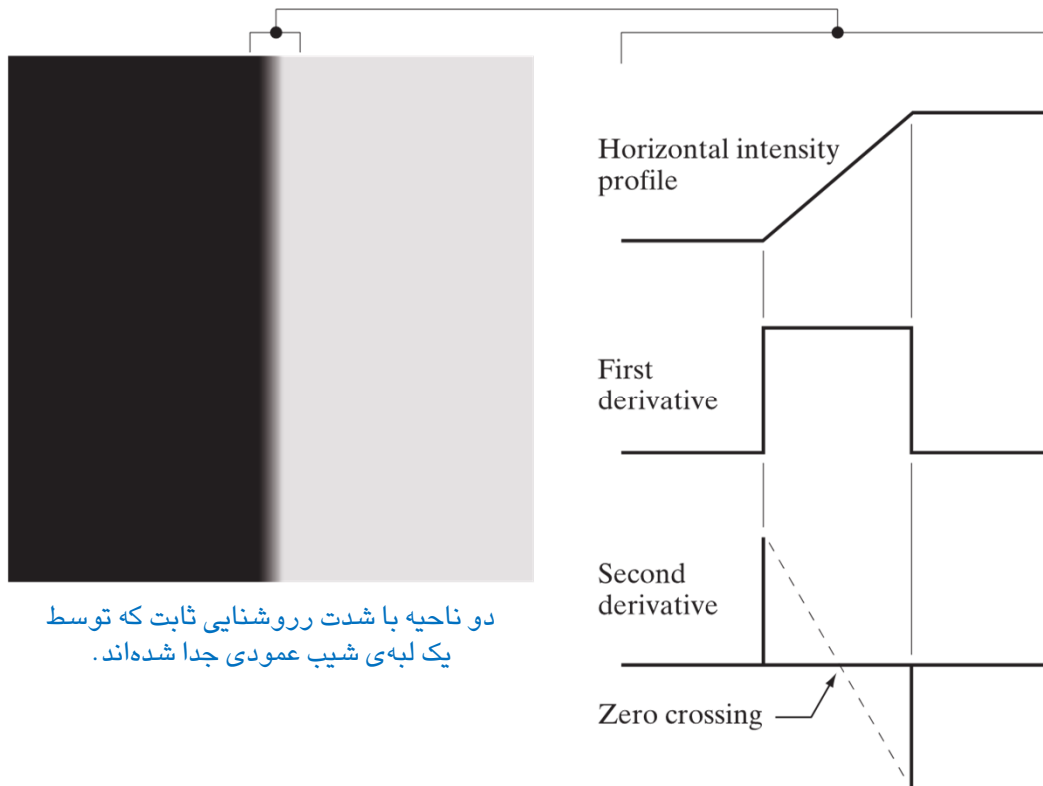
(a) Two regions of constant intensity separated by an ideal vertical ramp edge.

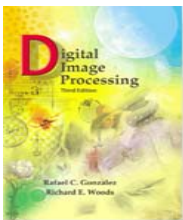
(b) Detail near the edge, showing a horizontal intensity profile, together with its first and second derivatives.

مدل‌های لبه

پروفایل شدت روشنایی و مشتقات اول و دوم آن

EDGE MODELS





Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

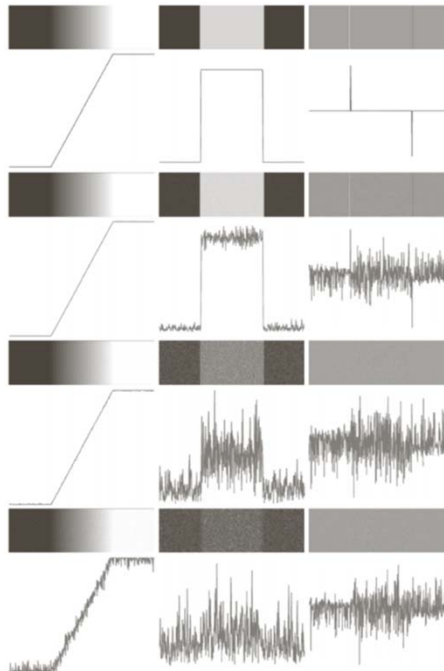


FIGURE 10.11 First column: Images and intensity profiles of a ramp edge corrupted by random Gaussian noise of zero mean and standard deviations of 0.0, 0.1, 1.0, and 10.0 intensity levels, respectively. Second column: First-derivative images and intensity profiles. Third column: Second-derivative images and intensity profiles.

مدل‌های لبه

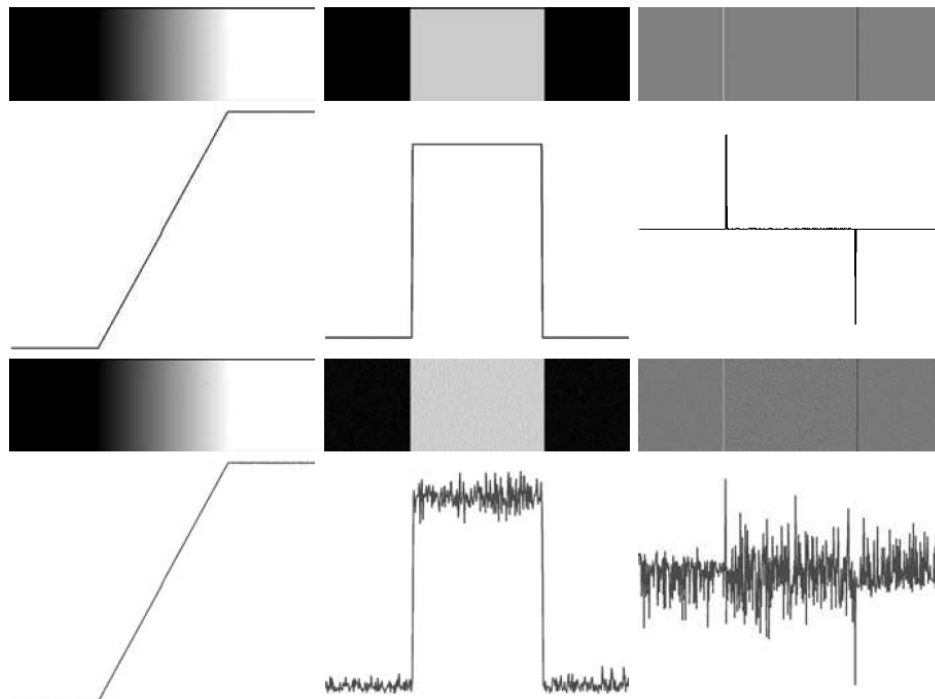
رفتار مشتقات اول و دوم بر روی یک لبه‌ی نویزی (۱ از ۲)

EDGE MODELS

تصویر و پروفایل
لبه‌ی شیب

تصویر و پروفایل
مشتق اول لبه‌ی شیب

تصویر و پروفایل
مشتق دوم لبه‌ی شیب



اعمال نویز گاوسی با
میانگین صفر و
انحراف استاندارد صفر

اعمال نویز گاوسی با
میانگین صفر و
انحراف استاندارد 0.1

مدل‌های لبه

رفتار مشتقات اول و دوم بر روی یک لبه‌ی نویزی (۲ از ۲)

EDGE MODELS

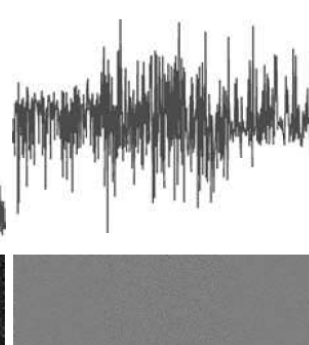
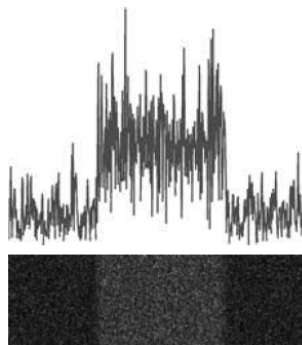
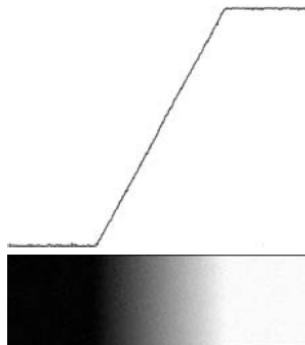
تصویر و پروفایل
لبه‌ی شیب

تصویر و پروفایل
مشتق اول لبه‌ی شیب

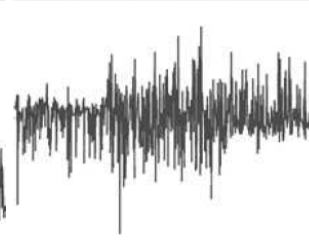
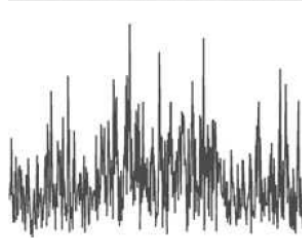
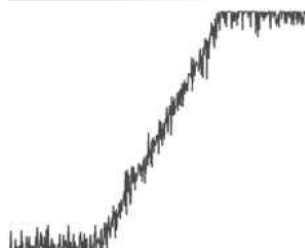
تصویر و پروفایل
مشتق دوم لبه‌ی شیب



اعمال نویز گاوسی با
میانگین صفر و
انحراف استاندارد 1.0



اعمال نویز گاوسی با
میانگین صفر و
انحراف استاندارد 10.0



آشکارسازی لبه

EDGE DETECTION

سه گام اساسی برای آشکارسازی لبه

هموارسازی تصویر

برای کاهش نویز

۱

آشکارسازی نقاط لبه

نقاطی که پتانسیل نامزدی برای نقاط لبه را دارند، از تصویر استخراج می شوند.

۲

محلیابی لبه‌ها

نقاطی که واقعاً لبه هستند، از تصویر استخراج می شوند.

۳



آشکار سازی لبه

عملگرهای گرادیان

EDGE DETECTION

عملگر گرادیان یک تصویر:

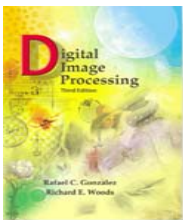
$$\nabla \mathbf{f} = \begin{bmatrix} g_x \\ g_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

اندازه
Magnitude

$$\nabla f = \text{mag}(\nabla \mathbf{f}) = [g_x^2 + g_y^2]^{\frac{1}{2}}$$

جهت
Direction

$$\alpha(x, y) = \tan^{-1} \left(\frac{g_x}{g_y} \right)$$



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

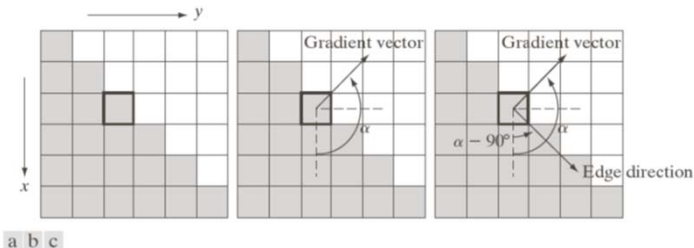
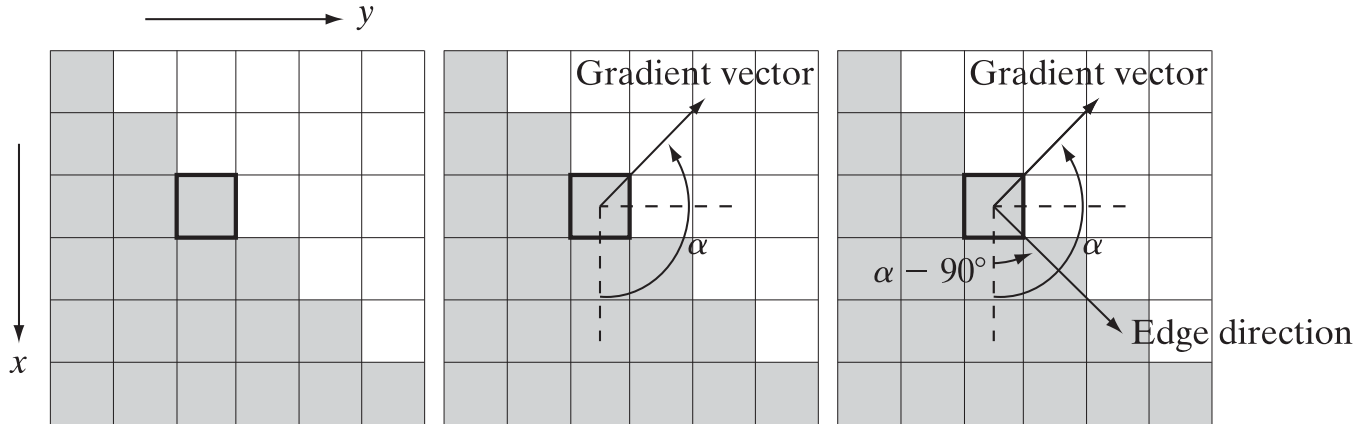


FIGURE 10.12 Using the gradient to determine edge strength and direction at a point. Note that the edge is perpendicular to the direction of the gradient vector at the point where the gradient is computed. Each square in the figure represents one pixel.

آشکارسازی لبه

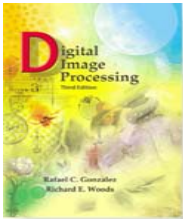
عملگرهای گرادیان: مثال

EDGE DETECTION

$$\nabla f = \begin{bmatrix} g_x \\ g_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 \\ 2 \end{bmatrix}$$

$$M(x, y) = 2\sqrt{2}$$

$$\alpha(x, y) = \tan^{-1}(g_y/g_x) = -45^\circ,$$



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

-1
1

-1	1
----	---

a b

FIGURE 10.13
One-dimensional
masks used to
implement Eqs.
(10.2-12) and
(10.2-13).

آشکارسازی لبه

عملگرهای گرادیان: ماسک‌های یک‌بعدی

EDGE DETECTION

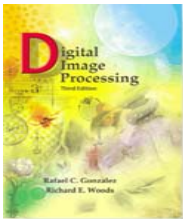
-1
1

-1	1
----	---

$$g_x = \frac{\partial f(x, y)}{\partial x} = f(x + 1, y) - f(x, y)$$

$$g_y = \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} = f(x, y + 1) - f(x, y)$$

$$M(x, y) \approx |g_x| + |g_y|$$



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

-1	0	0	-1
0	1	1	0

Roberts

-1	-1	-1	-1	0	1
0	0	0	-1	0	1
1	1	1	-1	0	1

Prewitt

-1	-2	-1	-1	0	1
0	0	0	-2	0	2
1	2	1	-1	0	1

Sobel

a
b c
d e
f g

FIGURE 10.14

A 3×3 region of an image (the z 's are intensity values) and various masks used to compute the gradient at the point labeled z_5 .

آشکار سازی لبه

عملگرهای گرادیان: عملگرهای گرادیان متقاطع روبرتز

THE ROBERTS CROSS-GRADIENT OPERATORS

$$g_x = \frac{\partial f}{\partial x} = (z_9 - z_5)$$

$$g_y = \frac{\partial f}{\partial y} = (z_8 - z_6)$$

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

-1	0	0	-1
0	1	1	0

Roberts

various masks
used to compute
the gradient at
the point labeled
 z_5 .

آشکار سازی لبه

عملگرهای گرادیان: عملگرهای گرادیان پریویت

THE PREWITT GRADIENT OPERATORS

various masks
used to compute
the gradient at
the point labeled
 z_5 .

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

$$g_x = \frac{\partial f}{\partial x} = (z_7 + z_8 + z_9) - (z_1 + z_2 + z_3)$$

$$g_y = \frac{\partial f}{\partial y} = (z_3 + z_6 + z_9) - (z_1 + z_4 + z_7)$$

-1	-1	-1	-1	0	1
0	0	0	-1	0	1
1	1	1	-1	0	1

Prewitt

آشکار سازی لبه

عملگرهای گرادیان : عملگرهای گرادیان سوبل

THE SOBEL GRADIENT OPERATORS

various masks
used to compute
the gradient at
the point labeled
 z_5 .

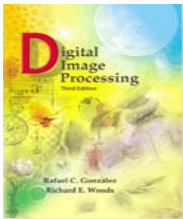
z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

$$g_x = \frac{\partial f}{\partial x} = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3)$$

$$g_y = \frac{\partial f}{\partial y} = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7)$$

-1	-2	-1	-1	0	1
0	0	0	-2	0	2
1	2	1	-1	0	1

Sobel



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

0	1	1	-1	-1	0
-1	0	1	-1	0	1
-1	-1	0	0	1	1

Prewitt

0	1	2	-2	-1	0
-1	0	1	-1	0	1
-2	-1	0	0	1	2

Sobel

a	b
c	d

FIGURE 10.15
Prewitt and Sobel
masks for
detecting diagonal
edges.

آشکارسازی لبه

عملگرهای گرادیان: عملگرهای گرادیان پریویت و سوبل برای آشکارسازی لبه‌ی قطری

THE PREWITT AND SOBEL GRADIENT OPERATORS FOR DETECTING DIAGONAL EDGES

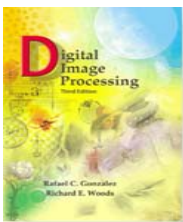
0	1	1	-1	-1	0
-1	0	1	-1	0	1
-1	-1	0	0	1	1

Prewitt

0	1	2	-2	-1	0
-1	0	1	-1	0	1
-2	-1	0	0	1	2

Sobel

اصلاح ماسک‌ها
به گونه‌ای که
قوی‌ترین پاسخ
در جهت قطری
باشد.



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation



a b
c d

FIGURE 10.16

(a) Original image of size 834×1114 pixels, with intensity values scaled to the range $[0, 1]$.

(b) $|g_x|$, the component of the gradient in the x -direction, obtained using the Sobel mask in Fig. 10.14(f) to filter the image.

(c) $|g_y|$, obtained using the mask in Fig. 10.14(g).

(d) The gradient image, $|g_x| + |g_y|$.

آشکارسازی لبه

عملگرهای گرادیان: مثال

GRADIENT OPERATORS

(۱)
تصویر اصلی
بامقادیر شدت رنگ در
بازه $[0,1]$



(۲)
مؤلفه‌ی گرادیان در
راستای x حاصل از
عملگر سوبل
 g_x

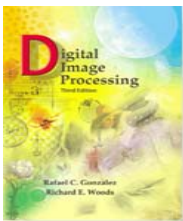


(۳)
مؤلفه‌ی گرادیان در
راستای y حاصل از
عملگر سوبل
 g_y



(۴)
تصویر گرادیان
 $\nabla f \approx |g_x| + |g_y|$





Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

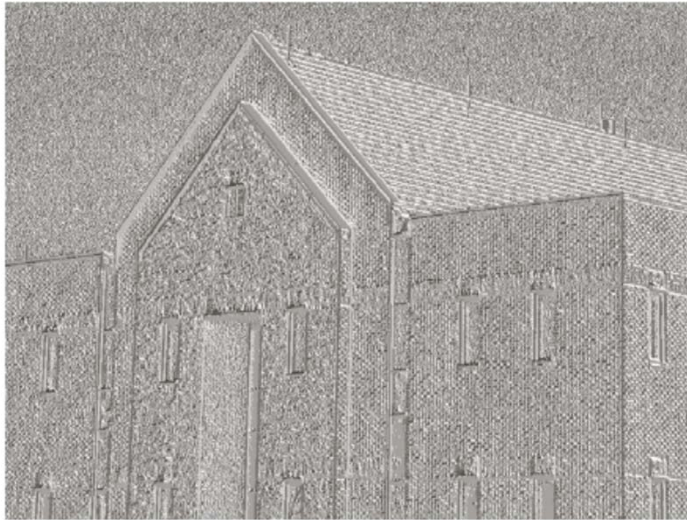
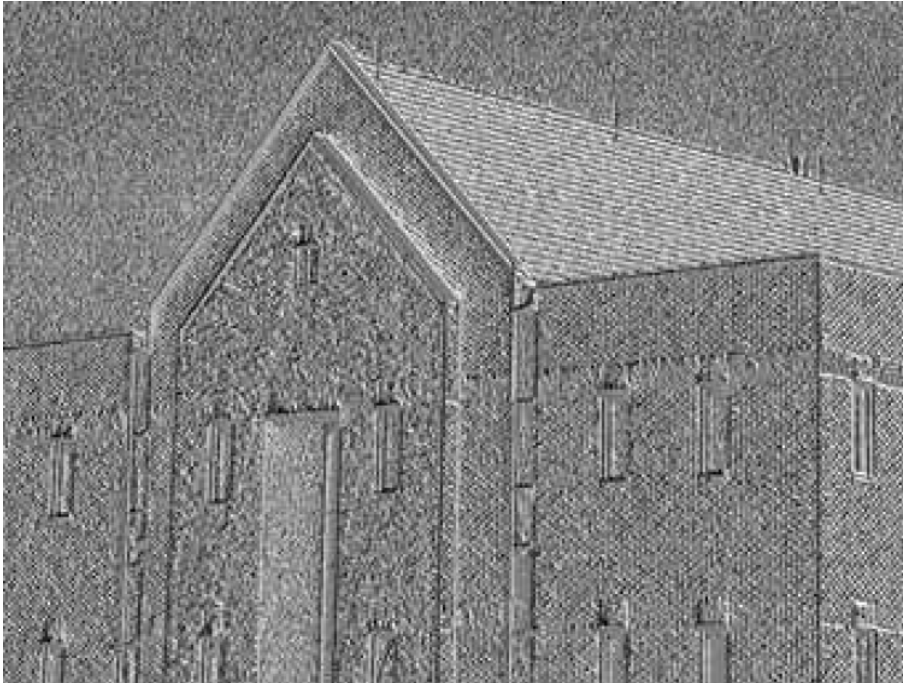


FIGURE 10.17
Gradient angle
image computed
using
Eq. (10.2-11).
Areas of constant
intensity in this
image indicate
that the direction
of the gradient
vector is the same
at all the pixel
locations in those
regions.

آشکارسازی لبه

عملگرهای گرادیان: مثال

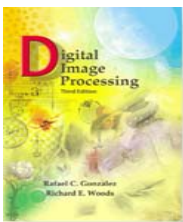
GRADIENT OPERATORS



تصویر زاویه‌ی گرادیان:

ناحیه‌ی دارای شدت
روشنایی ثابت در این تصویر
بیانگر ثابت بودن جهت بردار
گرادیان در همهی پیکسل‌های
آن نواحی است.

$$\alpha(x, y) = \tan^{-1} \left(\frac{g_x}{g_y} \right)$$

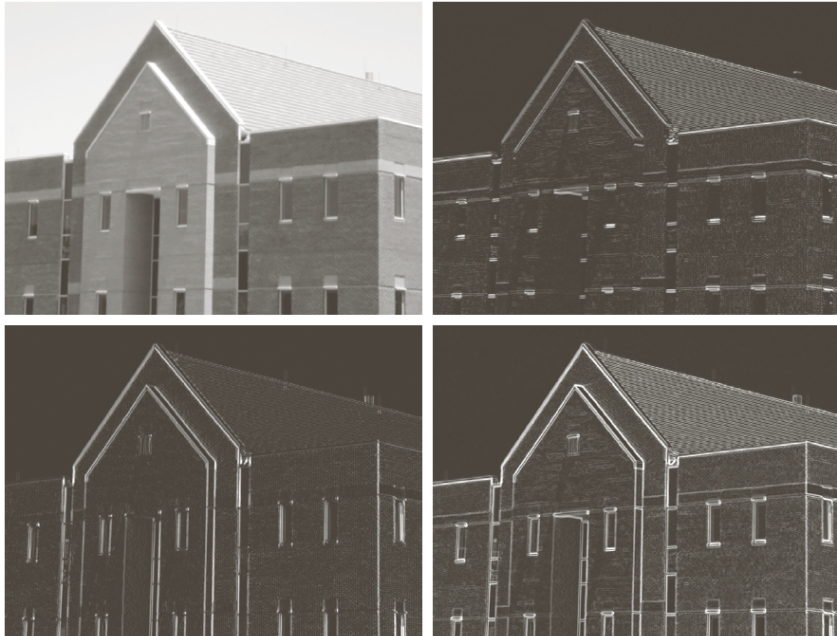


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation



a b
c d

FIGURE 10.18
Same sequence as
in Fig. 10.16, but
with the original
image smoothed
using a 5×5
averaging filter
prior to edge
detection.

آشکارسازی لبه

عملگرهای گرادیان: مثال

GRADIENT OPERATORS

(۱)
تصویر اصلی
بامقادیر شدت رنگ در
بازه‌ی $[0,1]$



(۲)
مؤلفه‌ی گرادیان در
راستای X حاصل از
عملگر سوبل



(تصویر قبل از
آشکارسازی لبه با یک
فیلتر متوسط‌گیری
 5×5 هموار شده است)

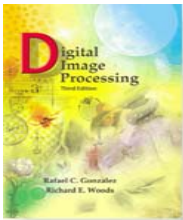
(۳)
مؤلفه‌ی گرادیان در
راستای Y حاصل از
عملگر سوبل



(تصویر قبل از
آشکارسازی لبه با یک
فیلتر متوسط‌گیری
 5×5 هموار شده است)



(۴)
تصویر گرادیان



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation



a b

FIGURE 10.19
Diagonal edge detection.
(a) Result of using the mask in Fig. 10.15(c).
(b) Result of using the mask in Fig. 10.15(d). The input image in both cases was Fig. 10.18(a).

آشکار سازی لبه

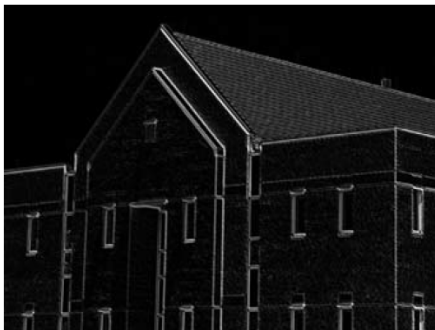
عملگرهای گرادیان: مثال (لبه‌های قطری)

GRADIENT OPERATORS

(۱)
تصویر اصلی
بامقادیر شدت رنگ در
بازه‌ی $[0,1]$



(۲)
حاصل اعمال
ماسک چپ

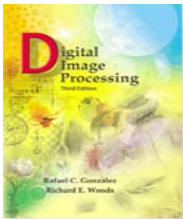


(۳)
حاصل اعمال
ماسک راست



0	1	2	-2	-1	0
-1	0	1	-1	0	1
-2	-1	0	0	1	2

Sobel

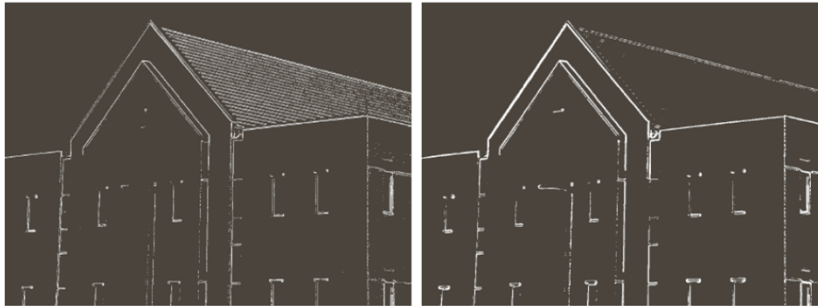


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation



a b

FIGURE 10.20 (a) Thresholded version of the image in Fig. 10.16(d), with the threshold selected as 33% of the highest value in the image; this threshold was just high enough to eliminate most of the brick edges in the gradient image. (b) Thresholded version of the image in Fig. 10.18(d), obtained using a threshold equal to 33% of the highest value in that image.

آشکار سازی لبه

عملگرهای گرادیان: مثال (آستانه‌گیری از تصویر لبه)

GRADIENT OPERATORS

(۱)
تصویر گرادیان سوبل



(۱)
تصویر گرادیان سوبل
(محاسبه‌ی گرادیان
پس از هموارسازی)



(۳)
حاصل آستانه‌گیری با
مقدار 33% بالاترین
مقدار در تصویر



(۴)
حاصل آستانه‌گیری با
مقدار 33% بالاترین
مقدار در تصویر:
لبه‌های اصلی به دست
آمده اند و اتصالات تا
حد ممکن حفظ شده
است.



آشکار سازی لبه

عملگرهای لاپلاسیان

LAPLACIAN OPERATORS

عملگر لاپلاسیان یک تصویر:

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

0	-1	0	-1	-1	-1
-1	4	-1	-1	8	-1
0	-1	0	-1	-1	-1

ماسک‌های نمونه برای پیاده‌سازی لاپلاسیان

آشکارسازی لبه

عملگر لاپلاسین گاوسی

LAPLACIAN OF A GAUSSIAN OPERATOR (LoG)

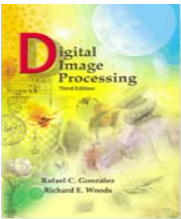
$$G(x, y) = e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}} \quad \text{تابع گاوسی دو بعدی:}$$

$$\begin{aligned} \nabla^2 G(x, y) &= \frac{\partial^2 G(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 G(x, y)}{\partial y^2} \\ &= \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{-x}{\sigma^2} e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{-y}{\sigma^2} e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}} \right] \\ &= \left[\frac{x^2}{\sigma^4} - \frac{1}{\sigma^2} \right] e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}} + \left[\frac{y^2}{\sigma^4} - \frac{1}{\sigma^2} \right] e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}} \end{aligned}$$

$$\nabla^2 G(x, y) = \left[\frac{x^2 + y^2 - 2\sigma^2}{\sigma^4} \right] e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}}$$

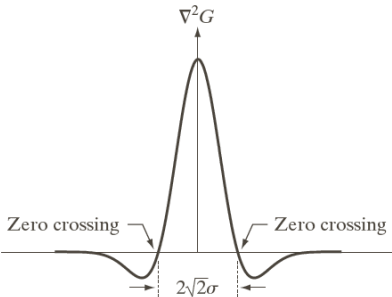
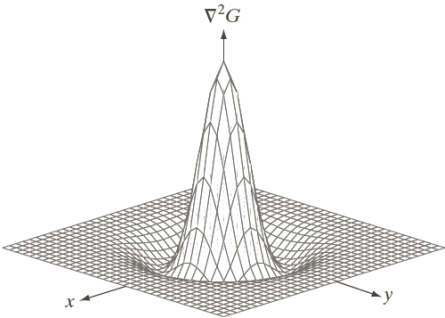
لاپلاسین گاوسی
Laplacian of a Gaussian (LoG)

تابع کلاه مکزیکی: هموارسازی تصویر با فیلتر گاوسی + اعمال ماسک لاپلاسین



Chapter 10

Image Segmentation



a b
c d

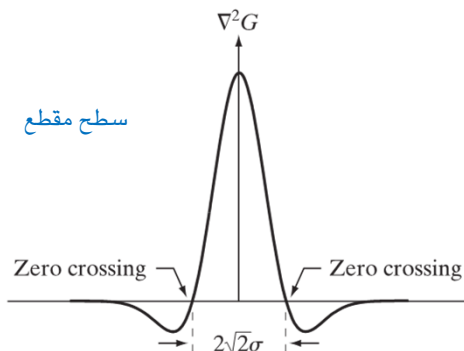
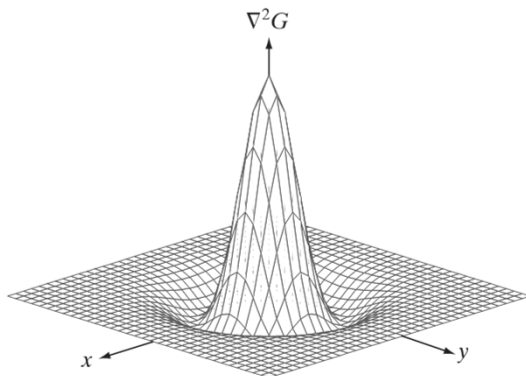
FIGURE 10.21
(a) Three-dimensional plot of the *negative* of the LoG. (b) Negative of the LoG displayed as an image. (c) Cross section of (a) showing zero crossings. (d) 5×5 mask approximation to the shape in (a). The negative of this mask would be used in practice.

0	0	-1	0	0
0	-1	-2	-1	0
-1	-2	16	-2	-1
0	-1	-2	-1	0
0	0	-1	0	0

آشکار سازی لبه

عملگر لاپلاسین گاوسی

LAPLACIAN OF A GAUSSIAN OPERATOR (LoG)



0	0	-1	0	0
0	-1	-2	-1	0
-1	-2	16	-2	-1
0	-1	-2	-1	0
0	0	-1	0	0

تقریب ماسک ۵×۵

(در عمل از منفی این
ماسک استفاده
می شود.)

مجموع ضرایب صفر
است تا پاسخ ماسک به
نواحی با شدت روشنایی
ثابت، صفر باشد.

آشکار سازی لبه

الگوریتم Marr-Hildreth با استفاده از LoG

EDGE DETECTION

الگوریتم آشکار سازی لبه ی Marr-Hildreth با استفاده از LoG

هموار سازی تصویر با فیلتر پایین گذر گاوسی (ماسک $n \times n$)

۱

محاسبه ی لاپلاسیان تصویر حاصل

۲

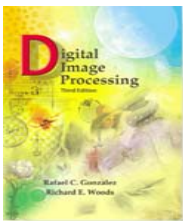
یافتن محل های عبور از صفر تصویر لاپلاسیان

۳

$$g(x, y) = [\nabla^2 G(x, y)] \star f(x, y)$$



$$g(x, y) = \nabla^2 [G(x, y) \star f(x, y)]$$



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation



a b
c d

FIGURE 10.22

(a) Original image of size 834×1114 pixels, with intensity values scaled to the range $[0, 1]$. (b) Results of Steps 1 and 2 of the Marr-Hildreth algorithm using $\sigma = 4$ and $n = 25$. (c) Zero crossings of (b) using a threshold of 0 (note the closed-loop edges). (d) Zero crossings found using a threshold equal to 4% of the maximum value of the image in (b). Note the thin edges.

آشکار سازی لبه

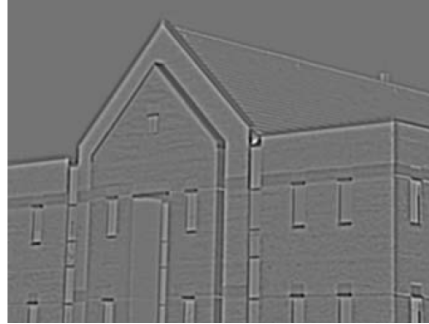
الگوریتم Marr-Hildreth با استفاده از LoG: مثال

EDGE DETECTION

(۱)
تصویر اصلی
بامقادیر شدت رنگ در
بازه‌ی $[0,1]$



(۲)
حاصل گام اول و دوم
الگوریتم
 $n = 5$
 $\sigma = 4$



(۳)
محاسبه‌ی عبور از
صفرها
(به لبه‌های حلقه بسته
دقت کنید)



(۴)
عبور از صفرهای
یافت شده با استفاده
از یک مقدار آستانه
برابر با ۴٪ ماکزیمم
مقدار تصویر در (۲)

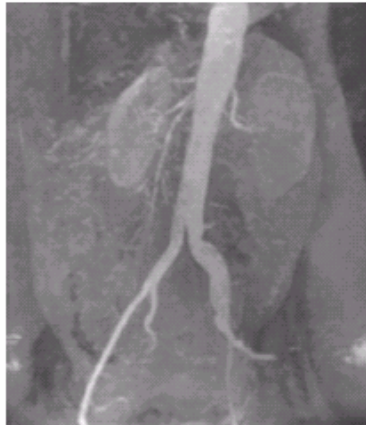


آشکار سازی لبه

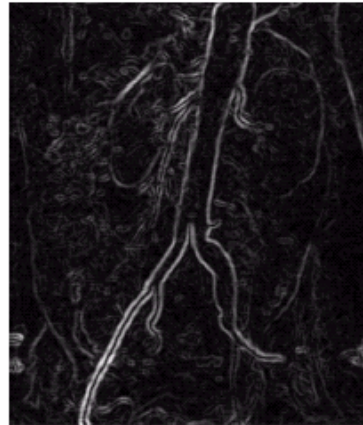
عملگرهای لاپلاسیان: مثال (۱ از ۲)

LAPLACIAN OPERATORS

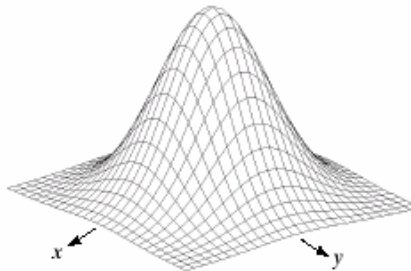
(۱)
تصویر اصلی
بامقادیر شدت رنگ در
بازه‌ی $[0,1]$



(۲)
گرادیان سو بل



(۳)
تابع گاوسی هموار



(۴)
ماسک لاپلاسیان

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

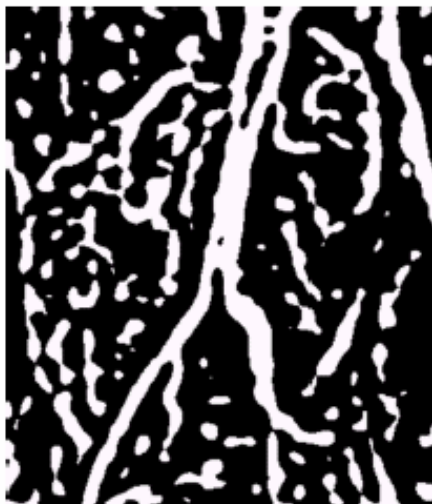
آشکارسازی لبه

عملگرهای لاپلاسیان: مثال (۲ از ۲)

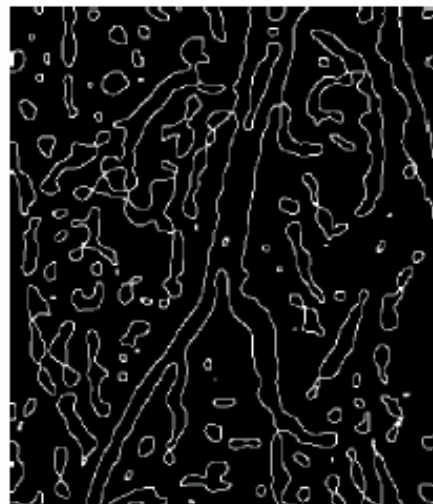
LAPLACIAN OPERATORS



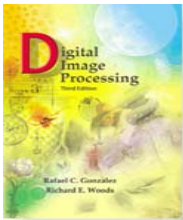
(۵)
لاپلاسیان گاوسی (LoG)



(۶)
آستانه‌گیری از LoG



(۷)
عبور از صفرهای LoG

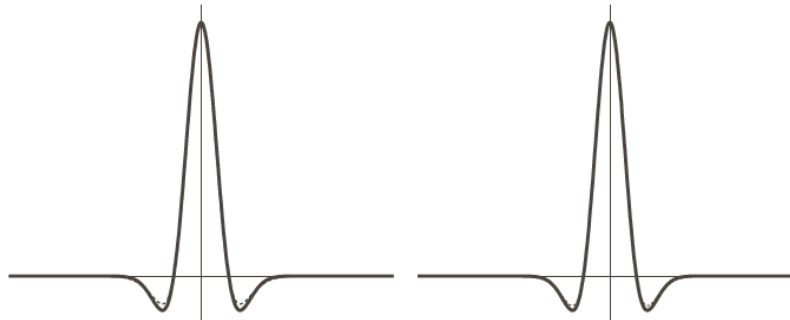


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation



a b

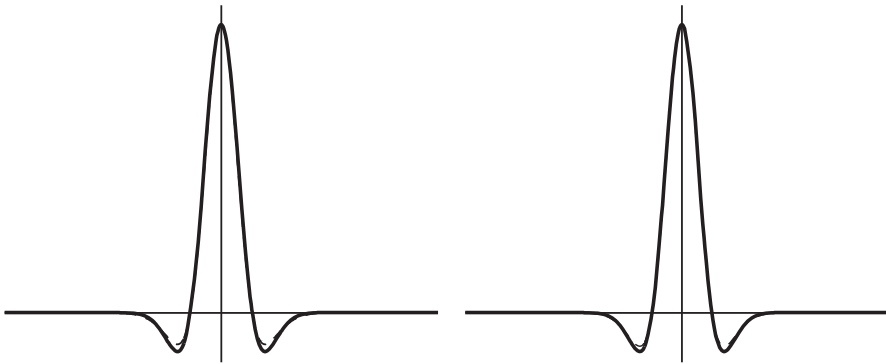
FIGURE 10.23

(a) Negatives of the LoG (solid) and DoG (dotted) profiles using a standard deviation ratio of 1.75:1.
(b) Profiles obtained using a ratio of 1.6:1.

آشکارسازی لبه

عملگرهای لاپلاسیان: تفاضل گاوسی‌ها

LAPLACIAN OPERATORS: DIFFERENCE OF GAUSSIANS (DoG)



a b

(a) Negatives of the LoG (solid) and DoG (dotted) profiles using a standard deviation ratio of 1.75:1.
(b) Profiles obtained using a ratio of 1.6:1.

$$\text{DoG}(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_1^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_1^2}} - \frac{1}{2\pi\sigma_2^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_2^2}}$$

To make meaningful comparisons between the LoG and DoG, the value of σ for the LoG must be selected as in the following equation so that the LoG and DoG have the same zero crossings:

$$\sigma^2 = \frac{\sigma_1^2 \sigma_2^2}{\sigma_1^2 - \sigma_2^2} \ln \left[\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} \right]$$

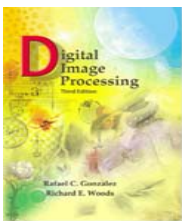
آشکار سازی لبه

آشکار ساز لبه‌ی کنی

CANNY EDGE DETECTOR

The **Canny edge detection algorithm** consists of the following basic steps:

1. Smooth the input image with a Gaussian filter.
2. Compute the gradient magnitude and angle images.
3. Apply non-maxima suppression to the gradient magnitude image.
4. Use double thresholding and connectivity analysis to detect and link edges.



Chapter 10

Image Segmentation

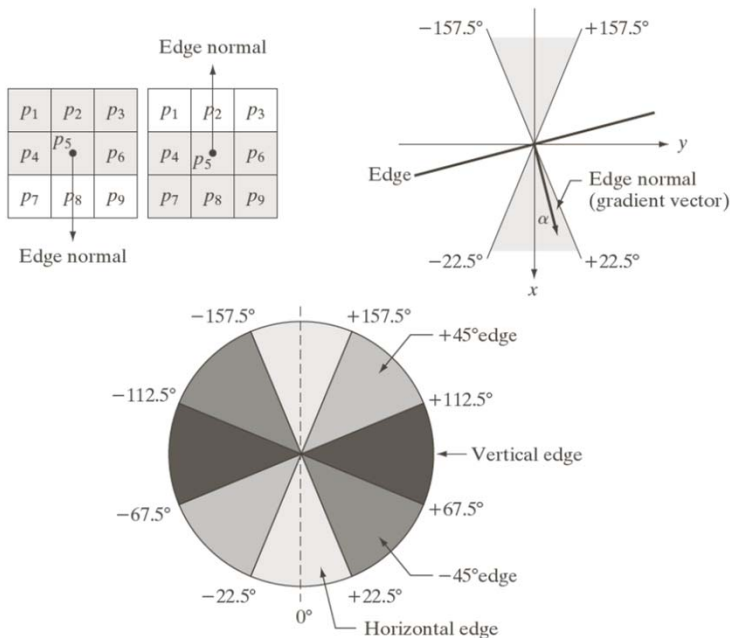


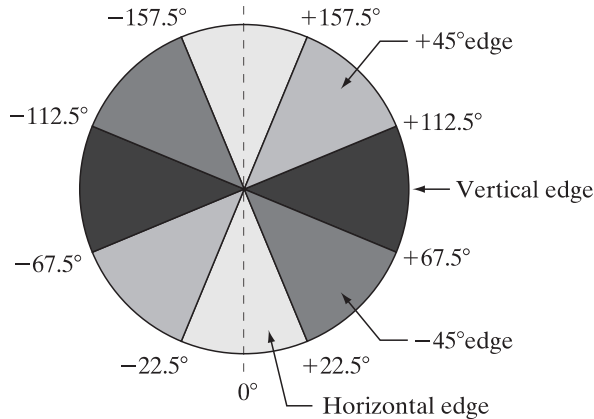
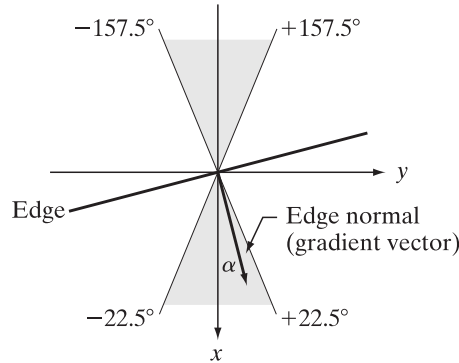
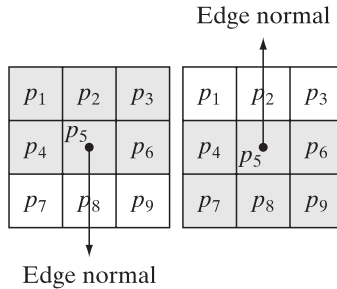
FIGURE 10.24

(a) Two possible orientations of a horizontal edge (in gray) in a 3×3 neighborhood. (b) Range of values (in gray) of α , the direction angle of the edge normal, for a horizontal edge. (c) The angle ranges of the edge normals for the four types of edge directions in a 3×3 neighborhood. Each edge direction has two ranges, shown in corresponding shades of gray.

آشکارسازی لبه

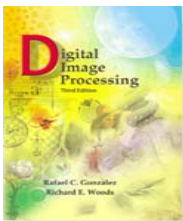
آشکارساز لبه‌ی کنی: تعیین جهت گذر از لبه

CANNY EDGE DETECTOR



a b
c

(a) Two possible orientations of a horizontal edge (in gray) in a 3×3 neighborhood. (b) Range of values (in gray) of α , the direction angle of the *edge normal*, for a horizontal edge. (c) The angle ranges of the edge normals for the four types of edge directions in a 3×3 neighborhood. Each edge direction has two ranges, shown in corresponding shades of gray.



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation



a b
c d

FIGURE 10.25

(a) Original image of size 834×1114 pixels, with intensity values scaled to the range $[0, 1]$.

(b) Thresholded gradient of smoothed image.

(c) Image obtained using the Marr-Hildreth algorithm.

(d) Image obtained using the Canny algorithm.

Note the significant improvement of the Canny image compared to the other two.

آشکارسازی لبه

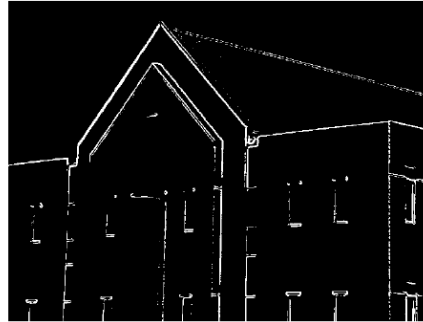
آشکارساز لبه‌ی کنی: مثال

CANNY EDGE DETECTOR

(۱)
تصویر اصلی
بامقادیر شدت رنگ در
بازه‌ی $[0,1]$



(۲)
تصویر حاصل از
آستانه‌گیری از گرادیان
تصویر هموار شده



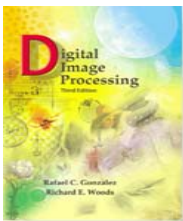
(۳)
لبه‌یابی با استفاده از
LoG



(۴)
لبه‌یابی با استفاده از
Canny

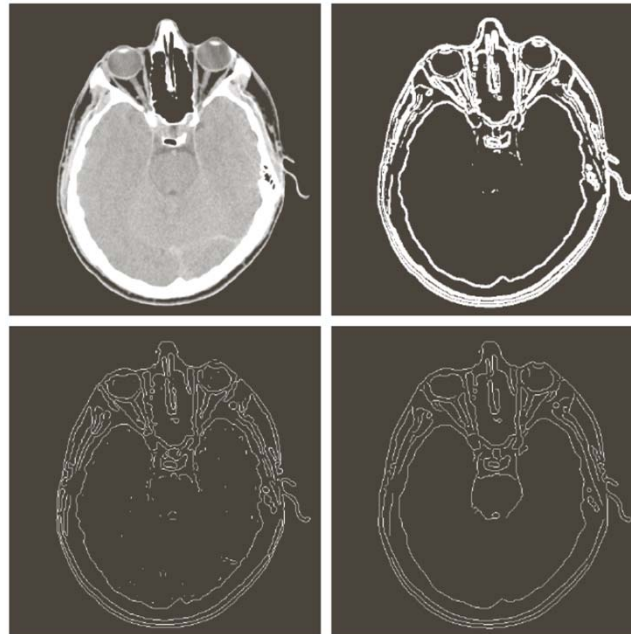


(بهبود چشمگیر
نسبت به دو روش
دیگر)



Chapter 10

Image Segmentation



a b
c d

FIGURE 10.26

(a) Original head CT image of size 512×512 pixels, with intensity values scaled to the range $[0, 1]$.
(b) Thresholded gradient of smoothed image.
(c) Image obtained using the Marr-Hildreth algorithm.
(d) Image obtained using the Canny algorithm.
(Original image courtesy of Dr. David R. Pickens, Vanderbilt University.)

آشکارسازی لبه

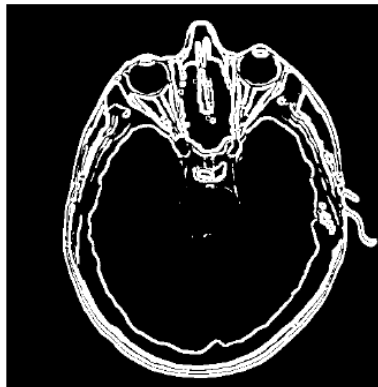
آشکارساز لبه‌ی کنی: مثال

CANNY EDGE DETECTOR

(۱)
تصویر اصلی
بامقادیر شدت رنگ در
بازه‌ی $[0,1]$



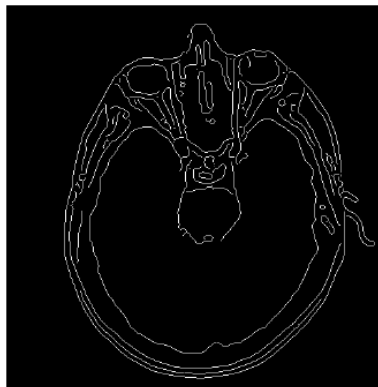
(۲)
تصویر حاصل از
آستانه‌گیری از گرادیان
تصویر هموار شده



(۳)
لبه‌یابی با استفاده از LoG



(۴)
لبه‌یابی با استفاده از
Canny



(بهبود چشمگیر نسبت به
دو روش دیگر)

پیوندهای لبه و آشکارسازی مرز

EDGE LINKING AND BOUNDARY DETECTION

هدف از آشکارسازی لبه، یافتن پیکسل‌های است که روی لبه قرار دارند.
در عمل به دلیل وجود نویز، به ندرت این پیکسل‌ها به طور کامل مشخص می‌شوند.



پس از آشکارسازی لبه، از الگوریتم‌های پیوند لبه استفاده می‌کنیم.
به منظور اسمبل کردن پیکسل‌های لبه به لبه‌های معنادار و یا مرزهای ناحیه.

پیوندهای لبه و آشکارسازی مرز

پردازش محلی

EDGE LINKING AND BOUNDARY DETECTION: LOCAL PROCESSING

از تحلیل خصوصیات پیکسل‌ها در یک همسایگی کوچک حول نقطه‌ی نامزد لبه استفاده می‌کنیم.

همه‌ی پیکسل‌های مشابه (بر مبنای یک ضابطه‌ی شباهت از پیش تعریف شده) به هم پیوند داده می‌شوند.

دو خاصیت از نقاط لبه که برای پیوند دهی لبه استفاده می‌شوند:

۱ اندازه (قوت) نقاط آشکار شده به عنوان لبه

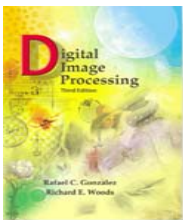
۲ زاویه (جهت) نقاط آشکار شده به عنوان لبه [از روی جهت‌های گرادیان محاسبه می‌شود.]

نقاط مجاور لبه که **اندازه و جهت مشابه** دارند، به هم پیوند داده می‌شوند:

اگر S_{xy} مجموعه‌ی مختصات یک همسایگی با مرکز (x, y) باشد،
شباهت یک پیکسل لبه با مختصات (s, t) در S_{xy} با پیکسل (x, y) به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$|M(s, t) - M(x, y)| \leq E, \quad E : \text{a nonnegative threshold}$$

$$|\alpha(s, t) - \alpha(x, y)| \leq A, \quad A : \text{a nonnegative angle threshold}$$

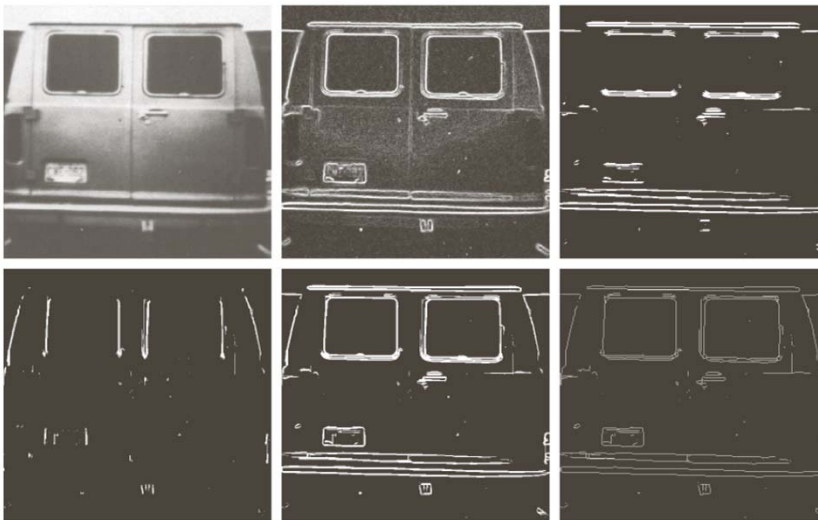


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation



a	b	c
d	e	f

FIGURE 10.27 (a) A 534×566 image of the rear of a vehicle. (b) Gradient magnitude image. (c) Horizontally connected edge pixels. (d) Vertically connected edge pixels. (e) The logical OR of the two preceding images. (f) Final result obtained using morphological thinning. (Original image courtesy of Perceptics Corporation.)

پیوندهی لبه و آشکارسازی مرز

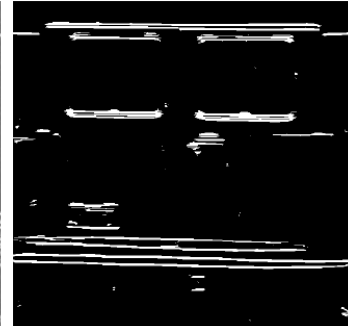
پردازش محلی: مثال

(۲)

تصویر اندازه‌ی گرادیان

(۱)

تصویر اصلی
از پشت
یک خودرو

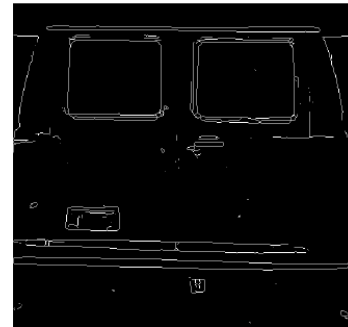
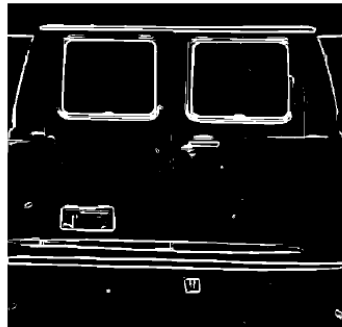


(۳)

پیکسل‌های
لبه متصل
به‌طور افقی

(۴)

پیکسل‌های
لبه‌ی متصل
به‌طور
عمودی



(۶)

نتیجه‌ی نهایی
پس از
نازک‌سازی
مورفولوژیکی

(۵)

اجتماع دو تصویر (۳) و (۴) با OR منطقی

پس از این پردازش‌ها می‌توان کاندیداهای پلاک خودرو را بررسی کرد تا آن را پیدا کنیم.

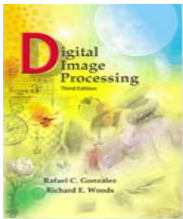
پیوندهی لبه و آشکارسازی مرز

پردازش ناحیه‌ای

EDGE LINKING AND BOUNDARY DETECTION: REGIONAL PROCESSING

از اطلاعات موجود در مورد محل ناحیه‌ی مورد نظر برای پیوندهی لبه استفاده می‌کنیم.

یک روش برای انجام این کار، تقریب تابعی است:
یک منحنی دوبعدی را بر روی نقاط آشکار شده برازش می‌دهیم.

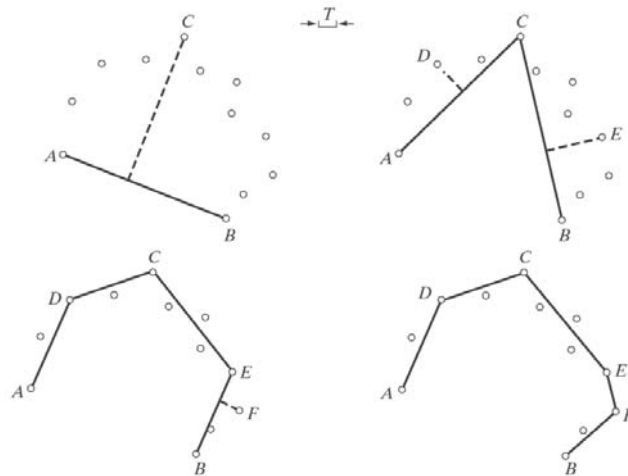


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation



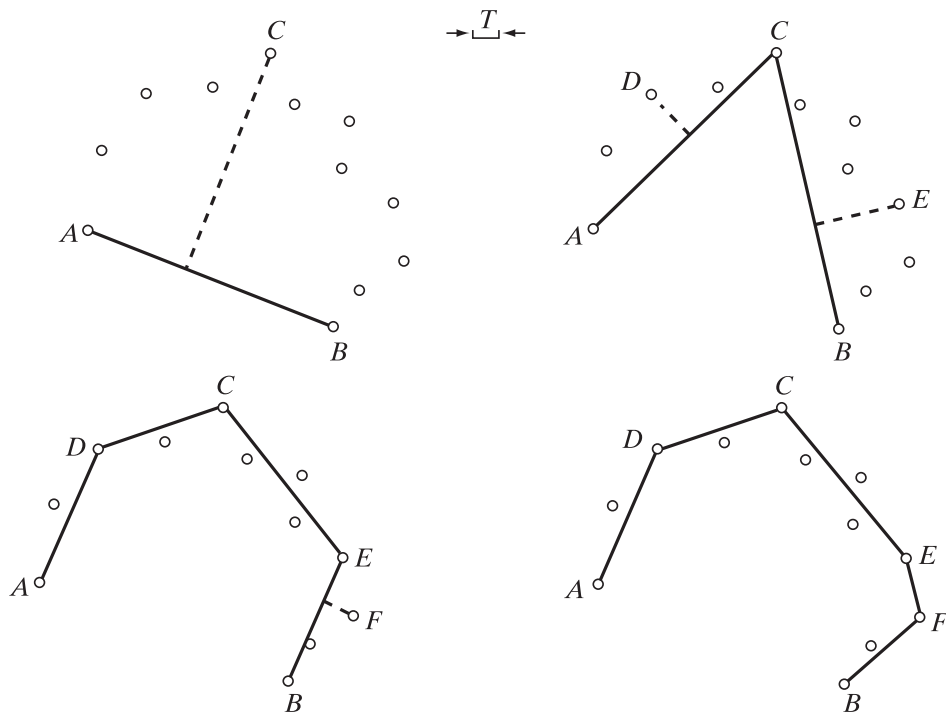
a	b
c	d

FIGURE 10.28
Illustration of the
iterative
polygonal fit
algorithm.

پیوندهای لبه و آشکارسازی مرز

پردازش ناحیه‌ای: الگوریتم برازش چندضلعی تکراری

EDGE LINKING AND BOUNDARY DETECTION: REGIONAL PROCESSING



مجموعه نقاطی که یک منحنی
باز با نقاط انتهایی A و B را
نشان می‌دهد:

ابتدا پارامترهای خط گذرنده از
این دو نقطه را مشخص
می‌کنیم.

سپس فاصله‌ی عمودی همه‌ی
نقاط را از این خط محاسبه
می‌کنیم؛

نقطه‌ای که بیشترین فاصله را
دارد انتخاب می‌شود. اگر این
فاصله از آستانه‌ی T بیشتر
بود، به عنوان یک گوشه با
برچسب C اضافه می‌شود.

همین الگوریتم به صورت
بازگشتی برای AC و BC اجرا
می‌شود.

پیوندهی لبه و آشکارسازی مرز

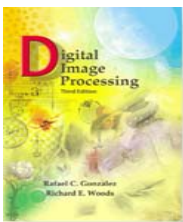
پردازش ناحیه‌ای: الگوریتم پیوندهی لبه با استفاده از یک تقریب چندضلعی

EDGE LINKING USING A POLYGONAL APPROXIMATION

1. Let P be a sequence of ordered, distinct, 1-valued points of a binary image. Specify two starting points, A and B . These are the two starting vertices of the polygon.
2. Specify a threshold, T , and two empty stacks, OPEN and CLOSED.
3. If the points in P correspond to a closed curve, put A into OPEN and put B into OPEN *and* into CLOSED. If the points correspond to an open curve, put A into OPEN and B into CLOSED.
4. Compute the parameters of the line passing from the last vertex in CLOSED to the last vertex in OPEN.
5. Compute the distances from the line in Step 4 to all the points in P whose sequence places them between the vertices from Step 4. Select the point, $V_{\max}$, with the maximum distance, $D_{\max}$ (ties are resolved arbitrarily).
6. If $D_{\max} > T$, place $V_{\max}$ at the end of the OPEN stack as a new vertex. Go to Step 4.
7. Else, remove the last vertex from OPEN and insert it as the last vertex of CLOSED.
8. If OPEN is not empty, go to Step 4.
9. Else, exit. The vertices in CLOSED are the vertices of the polygonal fit to the points in P .

See Section 11.1.1 for an algorithm that creates ordered point sequences.

The use of OPEN and CLOSED for the stack names is *not* related to open and closed curves. The stack names indicate simply a stack to store final (CLOSED) vertices or vertices that are in transition (OPEN).



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

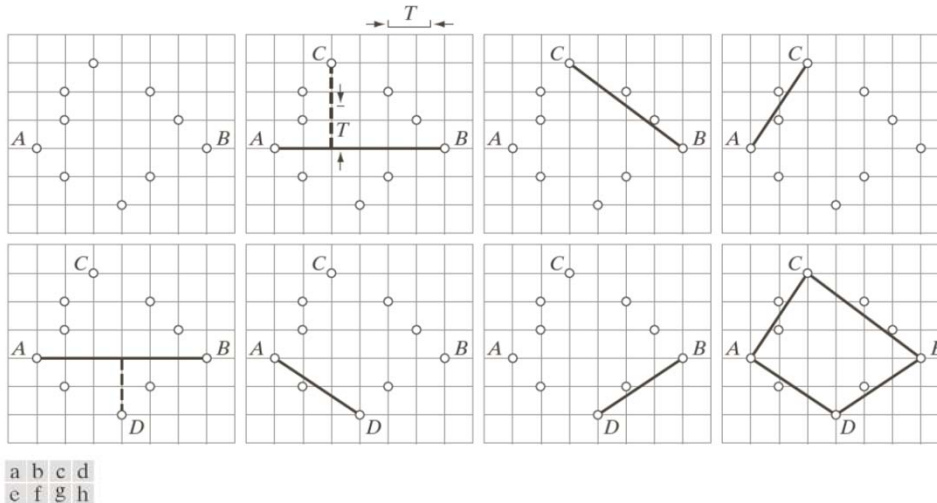
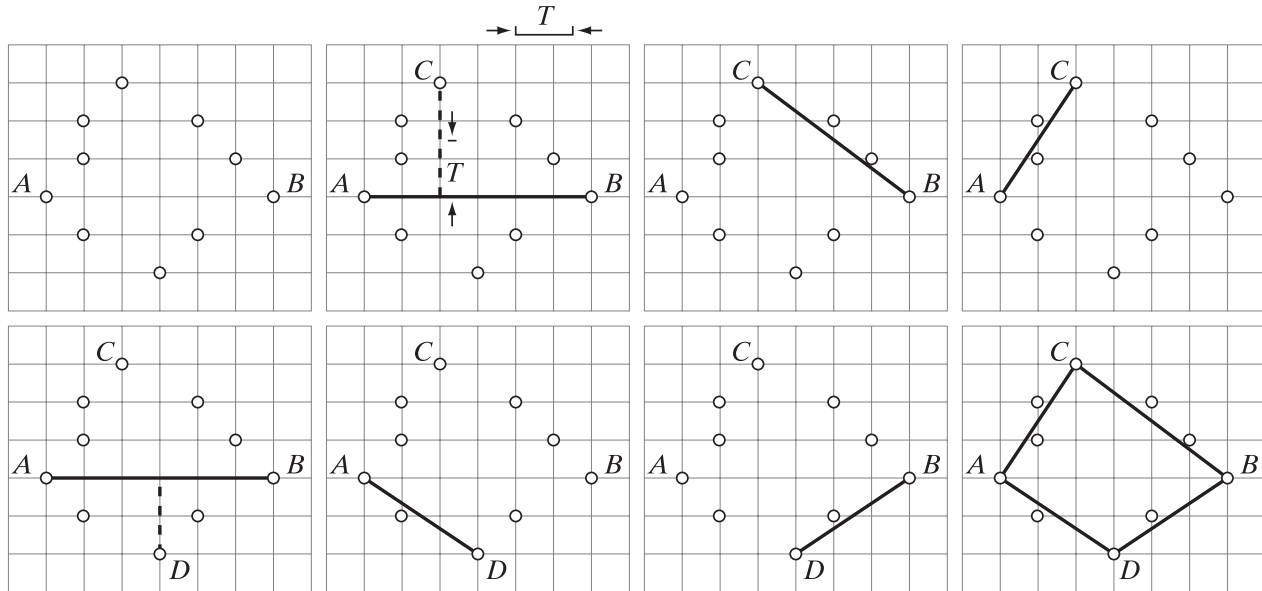


FIGURE 10.29 (a) A set of points in a clockwise path (the points labeled A and B were chosen as the starting vertices). (b) The distance from point C to the line passing through A and B is the largest of all the points between A and B and also passed the threshold test, so C is a new vertex. (d)–(g) Various stages of the algorithm. (h) The final vertices, shown connected with straight lines to form a polygon. Table 10.1 shows step-by-step details.

پیوندی لبه و آشکارسازی مرز

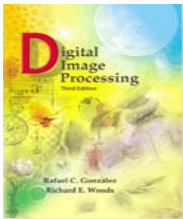
پردازش ناحیه‌ای: الگوریتم پیوندی لبه با استفاده از یک تقریب چندضلعی: مثال (۱ از ۲)

EDGE LINKING USING A POLYGONAL APPROXIMATION



a b c d
e f g h

(a) A set of points in a clockwise path (the points labeled *A* and *B* were chosen as the starting vertices). (b) The distance from point *C* to the line passing through *A* and *B* is the largest of all the points between *A* and *B* and also passed the threshold test, so *C* is a new vertex. (d)–(g) Various stages of the algorithm. (h) The final vertices, shown connected with straight lines to form a polygon.



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

CLOSED	OPEN	Curve segment processed	Vertex generated
<i>B</i>	<i>B, A</i>	—	<i>A, B</i>
<i>B</i>	<i>B, A</i>	(<i>BA</i>)	<i>C</i>
<i>B</i>	<i>B, A, C</i>	(<i>BC</i>)	—
<i>B, C</i>	<i>B, A</i>	(<i>CA</i>)	—
<i>B, C, A</i>	<i>B</i>	(<i>AB</i>)	<i>D</i>
<i>B, C, A</i>	<i>B, D</i>	(<i>AD</i>)	—
<i>B, C, A, D</i>	<i>B</i>	(<i>DB</i>)	—
<i>B, C, A, D, B</i>	Empty	—	—

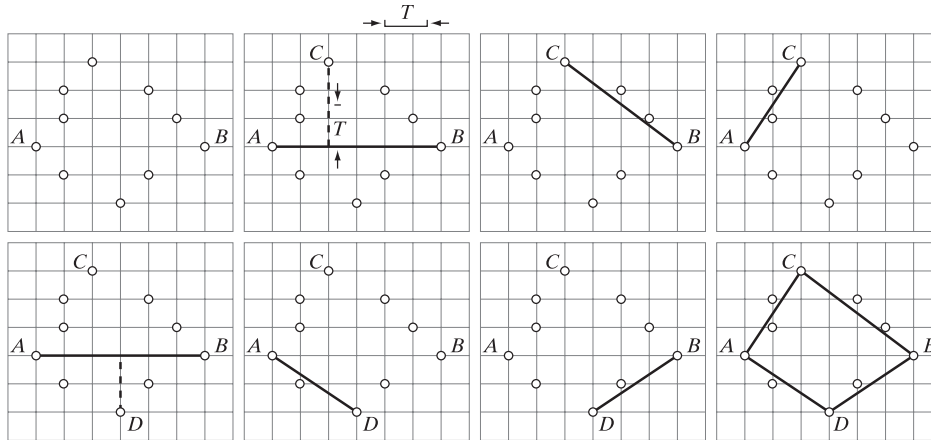
TABLE 10.1

Step-by-step details of the mechanics in Example 10.11.

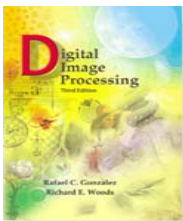
پیوندی لبه و آشکارسازی مرز

پردازش ناحیه‌ای: الگوریتم پیوندی لبه با استفاده از یک تقریب چندضلعی: مثال (۲ از ۲)

EDGE LINKING USING A POLYGONAL APPROXIMATION



CLOSED	OPEN	Curve segment processed	Vertex generated
<i>B</i>	<i>B, A</i>	—	<i>A, B</i>
<i>B</i>	<i>B, A</i>	(<i>BA</i>)	<i>C</i>
<i>B</i>	<i>B, A, C</i>	(<i>BC</i>)	—
<i>B, C</i>	<i>B, A</i>	(<i>CA</i>)	—
<i>B, C, A</i>	<i>B</i>	(<i>AB</i>)	<i>D</i>
<i>B, C, A</i>	<i>B, D</i>	(<i>AD</i>)	—
<i>B, C, A, D</i>	<i>B</i>	(<i>DB</i>)	—
<i>B, C, A, D, B</i>	Empty	—	—



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

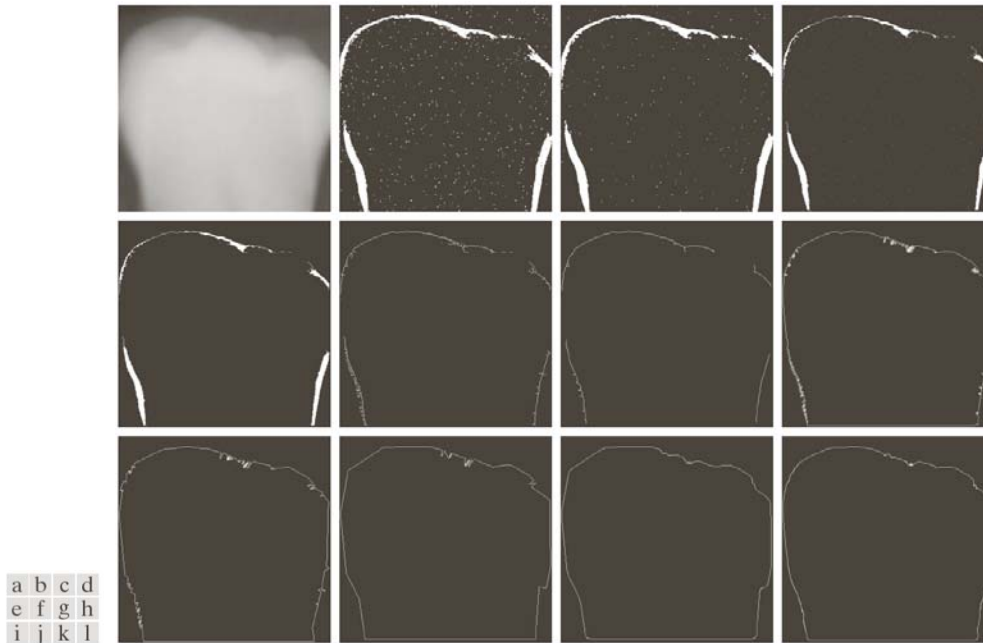
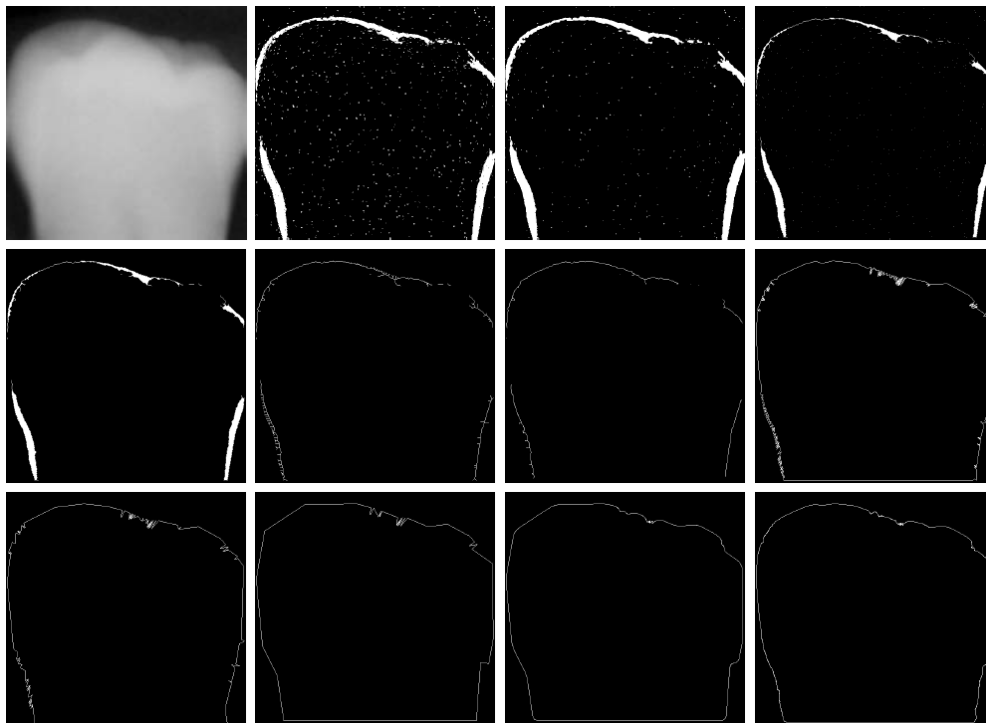


FIGURE 10.30 (a) A 550×566 X-ray image of a human tooth. (b) Gradient image. (c) Result of majority filtering. (d) Result of morphological shrinking. (e) Result of morphological cleaning. (f) Skeleton. (g) Spur reduction. (h)–(j) Polygonal fit using thresholds of approximately 0.5%, 1%, and 2% of image width ($T = 3, 6, \text{ and } 12$). (k) Boundary in (j) smoothed with a 1-D averaging filter of size 1×31 (approximately 5% of image width). (l) Boundary in (h) smoothed with the same filter.

پیوندهی لبه و آشکارسازی مرز

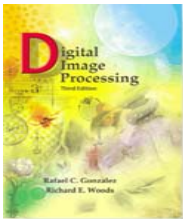
پردازش ناحیه‌ای: الگوریتم پیوندهی لبه با استفاده از یک تقریب چندضلعی: مثال (برازش چندضلعی به مرز یک تصویر)

EDGE LINKING USING A POLYGONAL APPROXIMATION



a	b	c	d
e	f	g	h
i	j	k	l

- (a) A X-ray image of a human tooth.
- (b) Gradient image.
- (c) Result of majority filtering.
- (d) Result of morphological shrinking.
- (e) Result of morphological cleaning.
- (f) Skeleton.
- (g) Spur reduction.
- (h)–(j) Polygonal fit using thresholds of approximately 0.5%, 1%, and 2% of image width ($T = 3, 6$, and 12).
- (k) Boundary in (j) smoothed with a 1-D averaging filter of size 1×31 (approximately 5% of image width).
- (l) Boundary in (h) smoothed with the same filter.

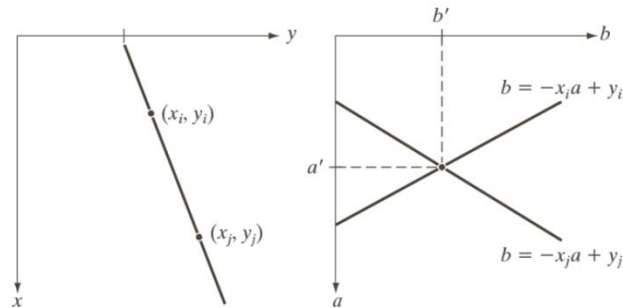


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation



a b

FIGURE 10.31
(a) xy -plane.
(b) Parameter space.

پیوندهی لبه و آشکارسازی مرز

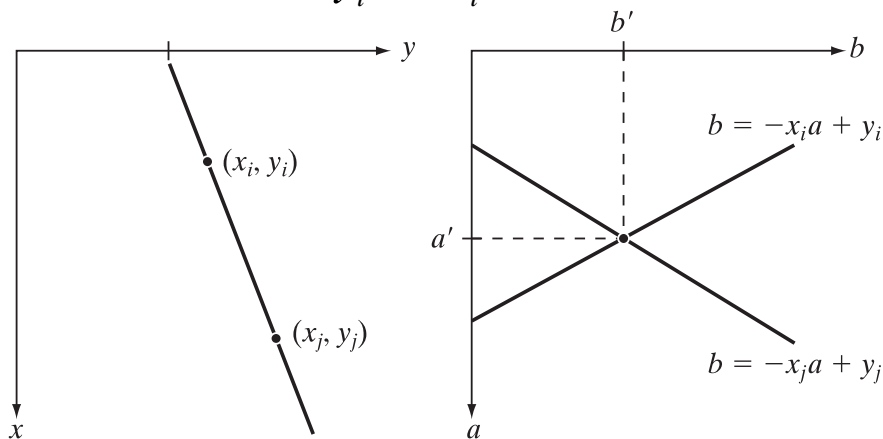
پردازش سراسری با استفاده از تبدیل هاف

EDGE LINKING AND BOUNDARY DETECTION: GLOBAL PROCESSING USING THE HOUGH TRANSFORM

تبدیل هاف، روشی برای یافتن نقاط لبه در یک تصویر که بر روی یک خط راست قرار می‌گیرند.

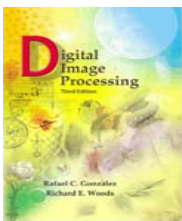
برای جستجوی خط از فضای پارامتر (a, b) به جای فضای مختصات (x, y) استفاده می‌کنیم:

$$y_i = ax_i + b$$



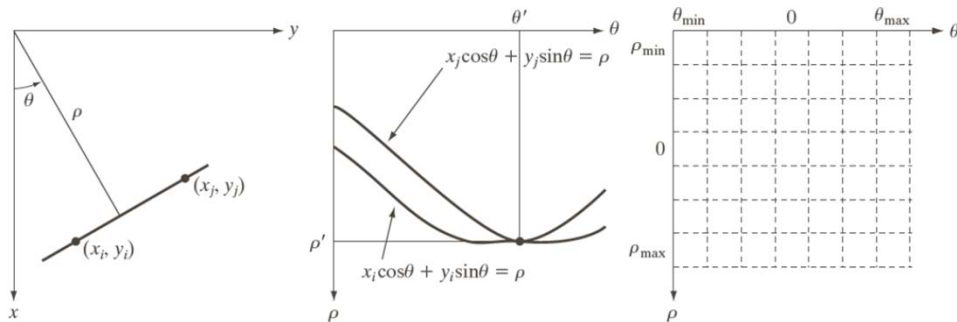
(a) xy -plane.

(b) Parameter space.



Chapter 10

Image Segmentation



a b c

FIGURE 10.32 (a) (ρ, θ) parameterization of line in the xy -plane. (b) Sinusoidal curves in the $\rho\theta$ -plane; the point of intersection (ρ', θ') corresponds to the line passing through points (x_i, y_i) and (x_j, y_j) in the xy -plane. (c) Division of the $\rho\theta$ -plane into accumulator cells.

پیوندی لبه و آشکارسازی مرز

پردازش سراسری با استفاده از تبدیل هاف

EDGE LINKING AND BOUNDARY DETECTION: GLOBAL PROCESSING USING THE HOUGH TRANSFORM

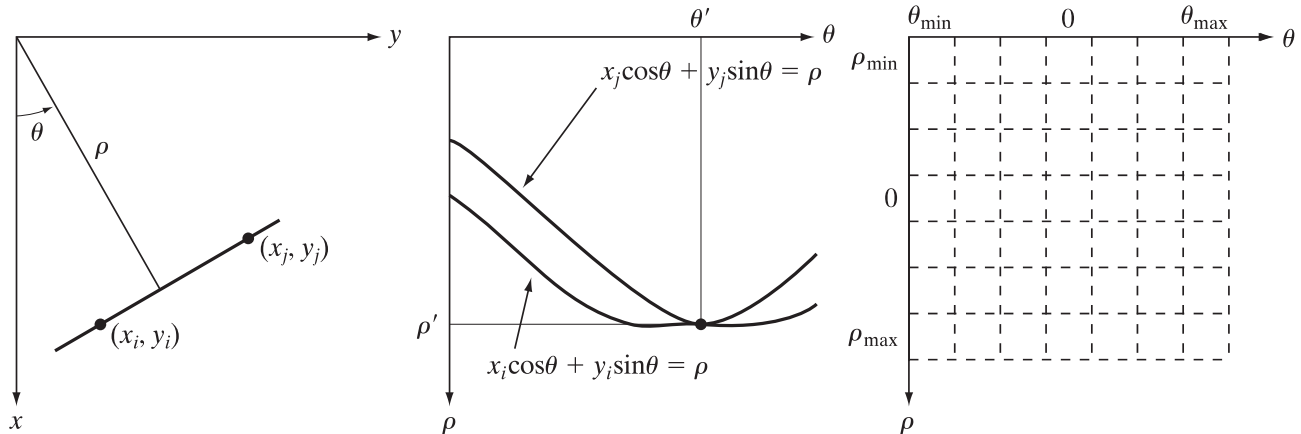
تبدیل هاف، روشی برای یافتن نقاط لبه در یک تصویر که بر روی یک خط راست قرار می‌گیرند.

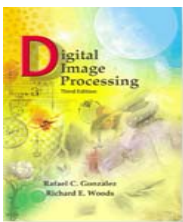
برای رفع مشکل شیب بی‌نهایت (برای خطهای عمودی)، از بازنمایی نرمال خط استفاده می‌کنیم:

$$x \cos \theta + y \sin \theta = \rho$$

تبدیل هاف، همهی جفت‌های (ρ, θ) که معادله‌های گذرنده از (x, y) را ارضا می‌کنند را می‌یابد. نتایج در یک هیستوگرام دوبعدی (در قالب یک ماتریس انبار) جمع زده می‌شود. این فرآیند برای همهی نقاط (x, y) تکرار می‌شود. بزرگ‌ترین مقادیر در این هیستوگرام، خطهای راست داخل تصویر را نشان می‌دهند.

$$\begin{array}{c} \theta_p, \rho_q \\ \Downarrow \\ A(p, q) = A(p, q) + 1 \end{array}$$



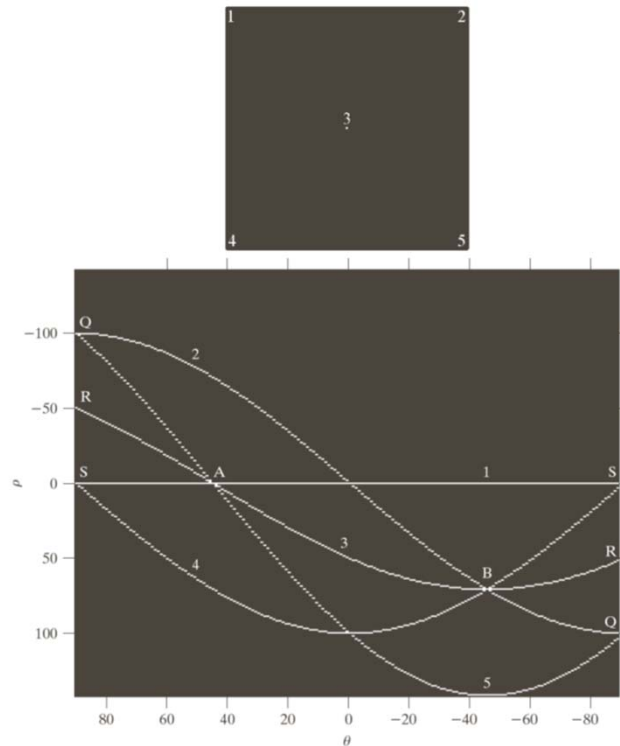


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation



a
b

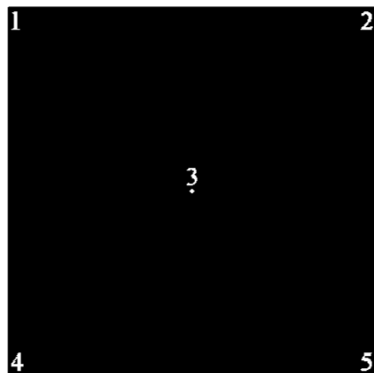
FIGURE 10.33

(a) Image of size 101×101 pixels, containing five points.
(b) Corresponding parameter space. (The points in (a) were enlarged to make them easier to see.)

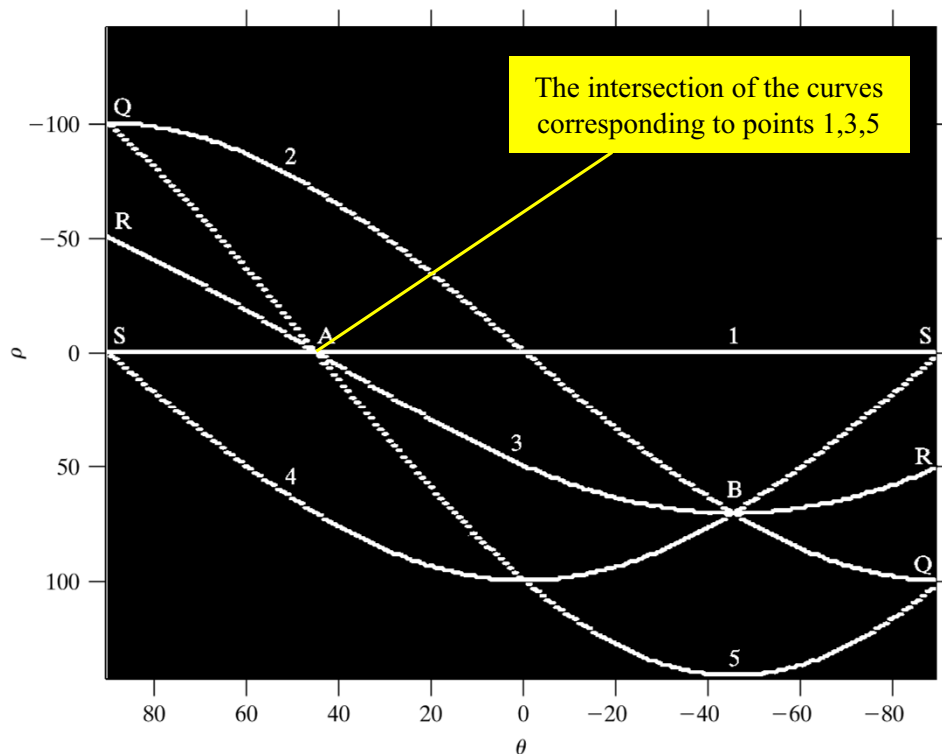
پیوندهی لبه و آشکارسازی مرز

پردازش سراسری با استفاده از تبدیل هاف: مثال

EDGE LINKING AND BOUNDARY DETECTION: GLOBAL PROCESSING USING THE HOUGH TRANSFORM



(a) Image of size 101×101 pixels, containing five points.



(b) Corresponding parameter space.

پیوندهای لبه و آشکارسازی مرز

پردازش سراسری با استفاده از تبدیل هاف: یافتن دایره

EDGE LINKING AND BOUNDARY DETECTION: GLOBAL PROCESSING USING THE HOUGH TRANSFORM

تبدیل هاف را می‌توان برای هر تابعی به فرم $g(\mathbf{v}, \mathbf{c}) = 0$ به کار برد.
($\mathbf{v}$ بردار مختصات و $\mathbf{c}$ بردار ضرایب است.)

مثلاً برای یافتن دایره:

$$(x - c_1)^2 + (y - c_2)^2 = c_3^2$$

چون سه پارامتر داریم، باید از یک انباره‌ی سه‌بعدی $A(i, j, k)$ استفاده کنیم.

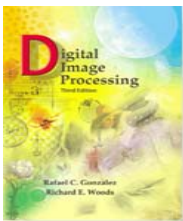
پیوندهی لبه و آشکارسازی مرز

پردازش سراسری با استفاده از تبدیل هاف: پیوندهی لبه

EDGE LINKING AND BOUNDARY DETECTION: GLOBAL PROCESSING USING THE HOUGH TRANSFORM

پیوندهی لبه با استفاده از تبدیل هاف

1. Obtain a *binary* edge image using any of the techniques discussed earlier
2. Specify subdivisions in the $\rho\theta$ -plane.
3. Examine the counts of the accumulator cells for high pixel concentrations.
4. Examine the relationship (principally for continuity) between pixels in a chosen cell.



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

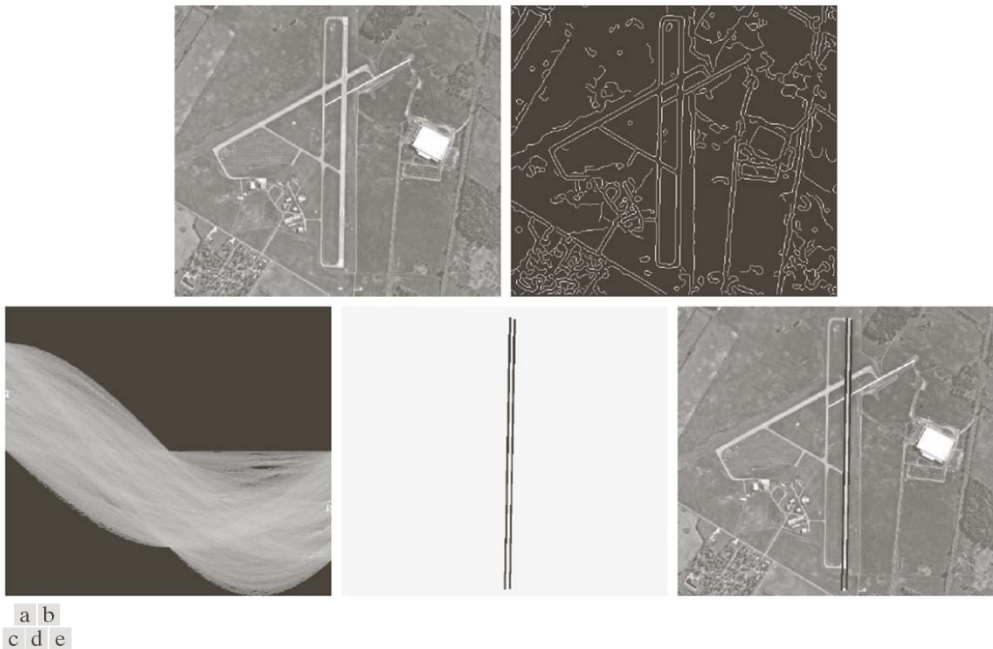


FIGURE 10.34 (a) A 502×564 aerial image of an airport. (b) Edge image obtained using Canny's algorithm. (c) Hough parameter space (the boxes highlight the points associated with long vertical lines). (d) Lines in the image plane corresponding to the points highlighted by the boxes. (e) Lines superimposed on the original image.

پیوندهی لبه و آشکارسازی مرز

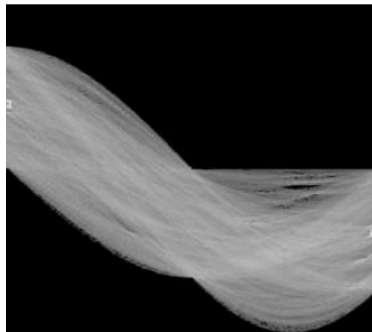
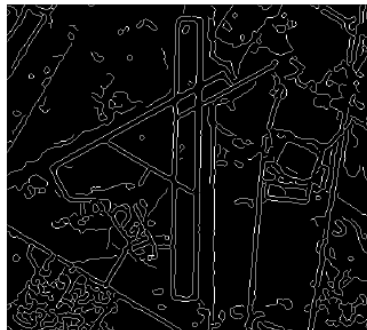
پردازش سراسری با استفاده از تبدیل هاف: پیوندهی لبه: مثال

EDGE LINKING AND BOUNDARY DETECTION: GLOBAL PROCESSING USING THE HOUGH TRANSFORM

(۱)
یک تصویر
هوایی از یک
فرودگاه
با ابعاد
 502×564



(۲)
لبه‌های
تصویر
حاصل از
الگوریتم کنی



(۳)
فضای پارامتر هاف



(۴)
خطوط متناظر با بزرگ‌ترین شمارنده



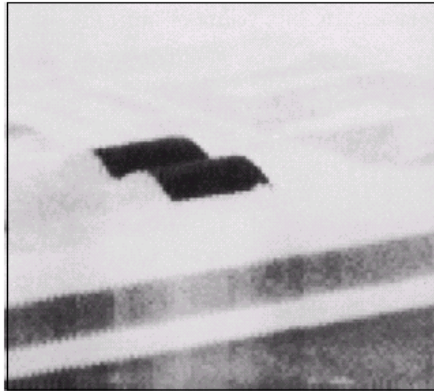
(۵)
رسم خطوط (۴) روی تصویر اصلی

پیوندهی لبه و آشکارسازی مرز

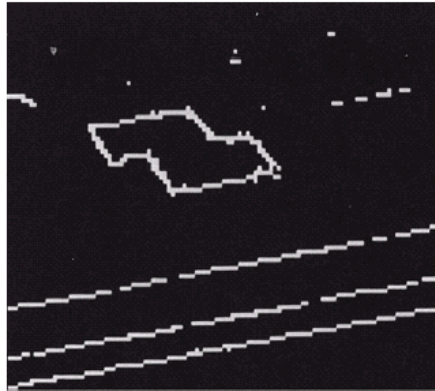
پردازش سراسری با استفاده از تبدیل هاف: پیوندهی لبه: مثال

EDGE LINKING AND BOUNDARY DETECTION: GLOBAL PROCESSING USING THE HOUGH TRANSFORM

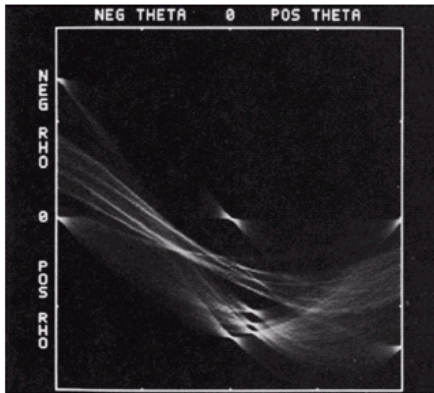
(۱)
یک تصویر
مادون قرمز



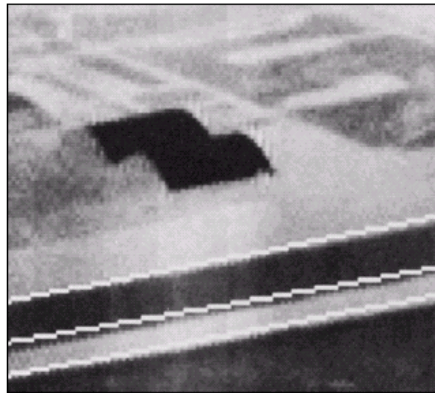
(۲)
تصویر گرادیان
آستانه‌گیری شده



(۳)
تبدیل هاف



(۴)
پیکسل‌های
پیوندهی شده



بخش بندی تصویر

۳

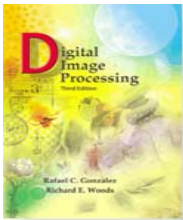
آستانه گیری

آستانه‌گیری

THRESHOLDING

آستانه‌گیری در کاربرد بخش‌بندی تصویر بسیار استفاده می‌شود.
(به دلیل ویژگی‌های شهودی، سادگی پیاده‌سازی و سرعت محاسباتی)

هدف: استفاده‌ی مستقیم از مقادیر شدت روشنایی پیکسل‌ها برای بخش‌بندی تصویر

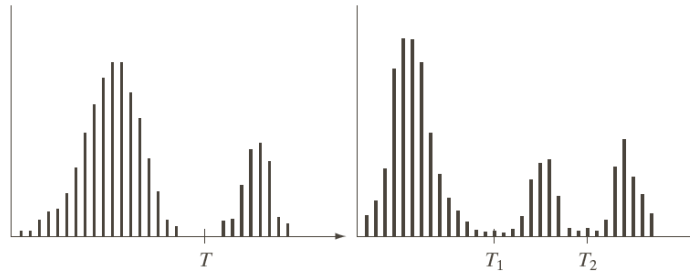


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation



a b

FIGURE 10.35

Intensity histograms that can be partitioned (a) by a single threshold, and (b) by dual thresholds.

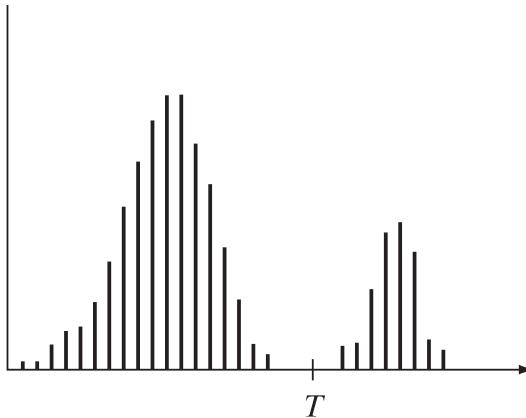
آستانه‌گیری

اشیای روشن روی پس‌زمینه‌ی تیره

THRESHOLDING

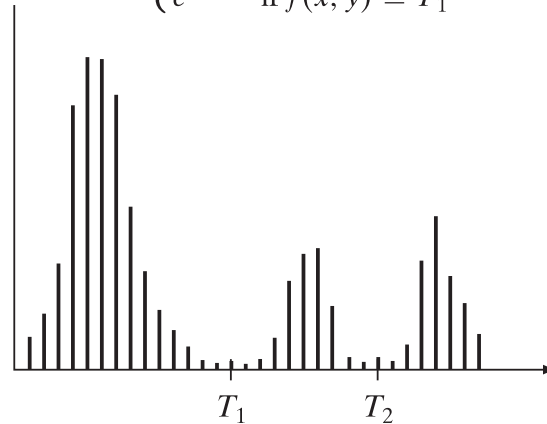
وقتی بازه‌ی مقادیر شدت روشنایی اشیای مورد نظر از پس‌زمینه متفاوت است:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x, y) > T \\ 0 & \text{if } f(x, y) \leq T \end{cases}$$

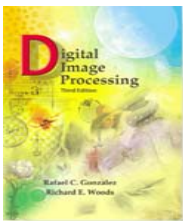


استفاده از یک مقدار آستانه

$$g(x, y) = \begin{cases} a & \text{if } f(x, y) > T_2 \\ b & \text{if } T_1 < f(x, y) \leq T_2 \\ c & \text{if } f(x, y) \leq T_1 \end{cases}$$



استفاده از چند مقدار آستانه



Chapter 10

Image Segmentation

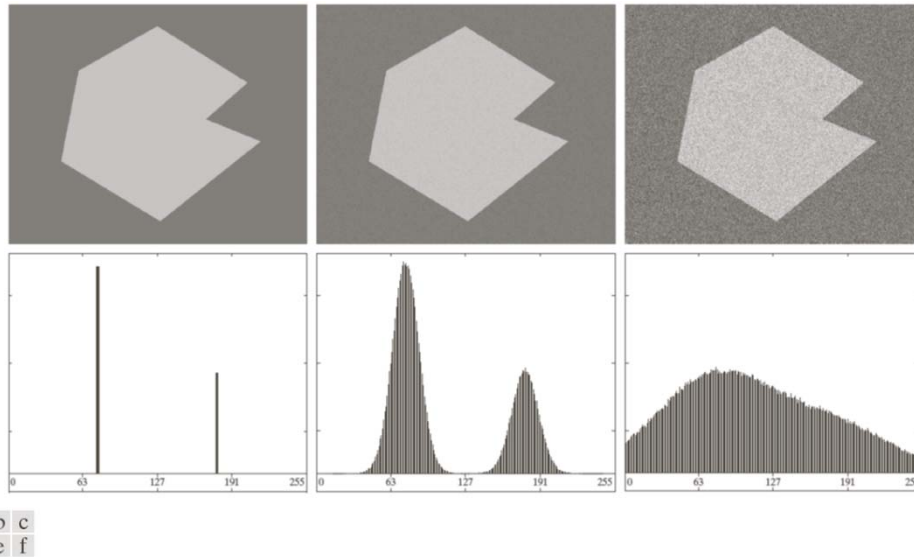


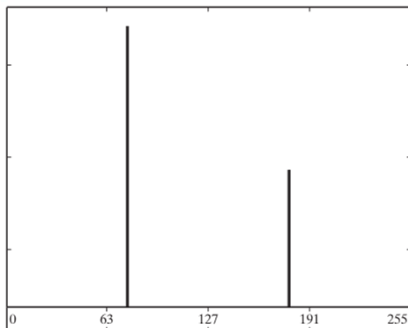
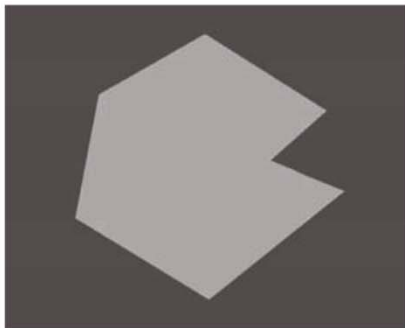
FIGURE 10.36 (a) Noiseless 8-bit image. (b) Image with additive Gaussian noise of mean 0 and standard deviation of 10 intensity levels. (c) Image with additive Gaussian noise of mean 0 and standard deviation of 50 intensity levels. (d)–(f) Corresponding histograms.

آستانه‌گیری

اشیای روشن روی پس‌زمینه‌ی تیره: مثال (نقش نویز در آستانه‌گیری)

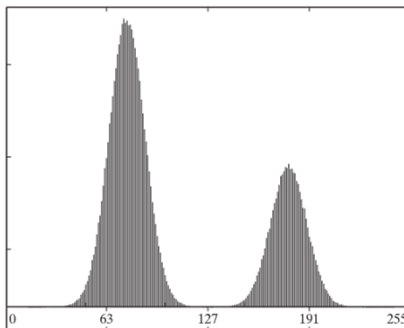
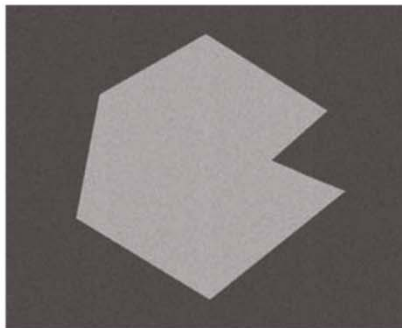
THRESHOLDING

(۱)
تصویر اصلی ۸ بیتی بدون نویز



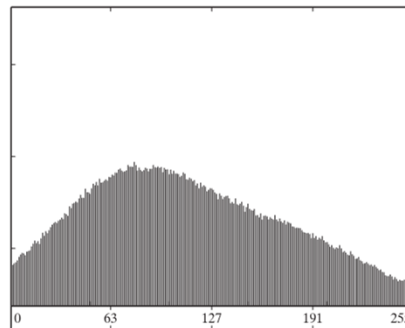
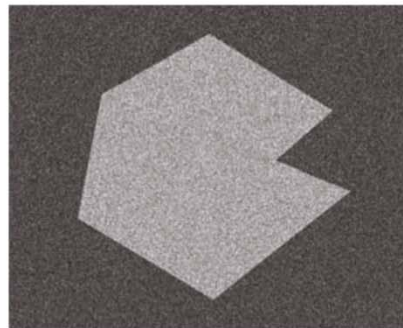
آستانه‌ی مناسب هر جایی مابین دو ضربه

(۲) تخریب تصویر اصلی با نویز گاوسی
با میانگین صفر و انحراف معیار ۱۰



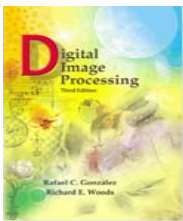
آستانه‌ی مناسب وسط دو قله

(۳) تخریب تصویر اصلی با نویز گاوسی
با میانگین صفر و انحراف معیار ۵۰



آستانه‌ی مناسب به راحتی یافت نمی‌شود.

وقتی نویز زیاد است (انحراف معیار بالا)، آستانه به راحتی پیدا نمی‌شود.



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

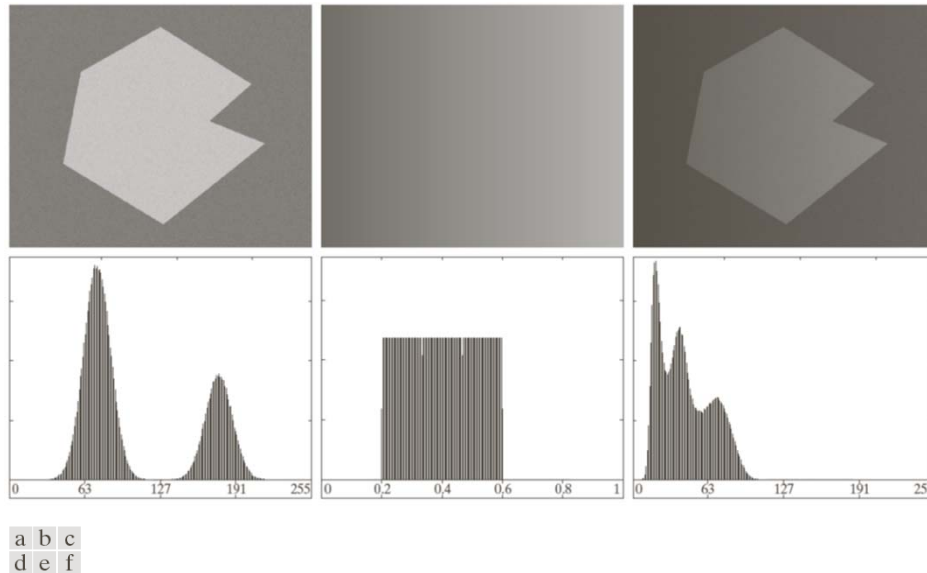


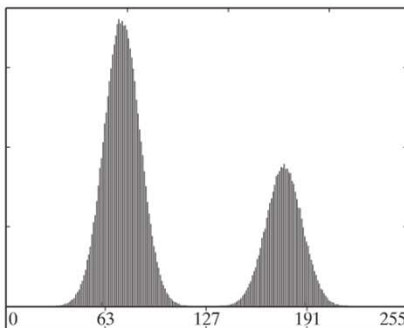
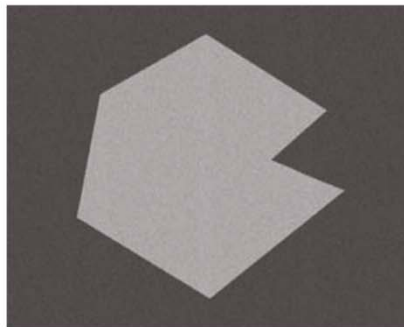
FIGURE 10.37 (a) Noisy image. (b) Intensity ramp in the range $[0.2, 0.6]$. (c) Product of (a) and (b). (d)–(f) Corresponding histograms.

آستانه‌گیری

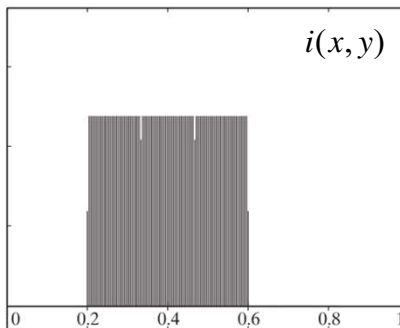
اشیای روشن روی پس‌زمینه‌ی تیره: مثال (نقش شدت روشنایی و بازتابش در آستانه‌گیری)

THRESHOLDING

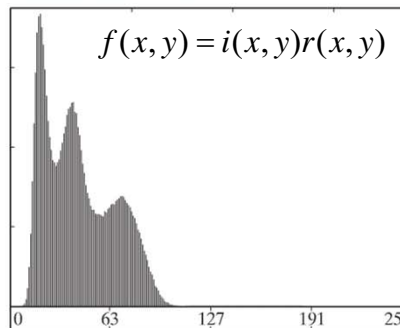
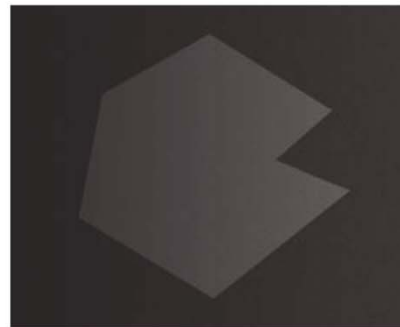
(۱)
تصویر دارای نویز



(۲) شدت روشنایی به صورت شیب
در بازه‌ی $[0.2, 0.6]$



(۳)
حاصل ضرب (۱) و (۲)



آستانه‌ی مناسب وسط دو قله: تقطیع ساده

اثر غیریکنواختی شدت روشنایی

آستانه‌ی مناسب به راحتی یافت نمی‌شود.

برای بازتابش تصویر: به علت تفاوت بازتابش سطح اشیا و پس‌زمینه کار ساده‌تر است.

آستانه‌گیری

آستانه‌گیری سراسری پایه

BASIC GLOBAL THRESHOLDING

1. Select an initial estimate for the global threshold, T .
2. Segment the image using T in Eq. (10.3-1). This will produce two groups of pixels: G_1 consisting of all pixels with intensity values $> T$, and G_2 consisting of pixels with values $\leq T$.

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x, y) > T \\ 0 & \text{if } f(x, y) \leq T \end{cases} \quad (10.3-1)$$

3. Compute the average (mean) intensity values m_1 and m_2 for the pixels in G_1 and G_2 , respectively.
4. Compute a new threshold value:

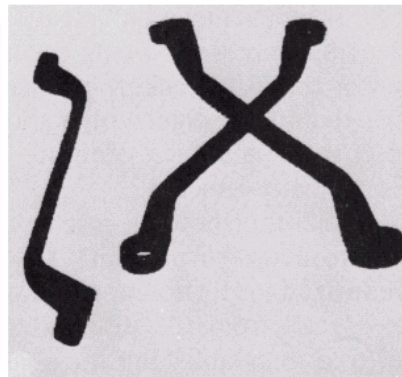
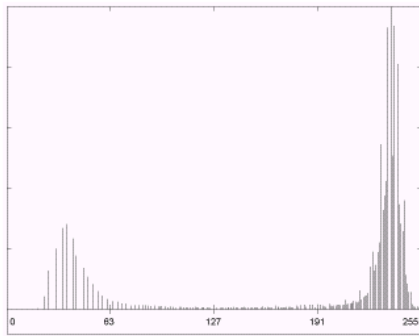
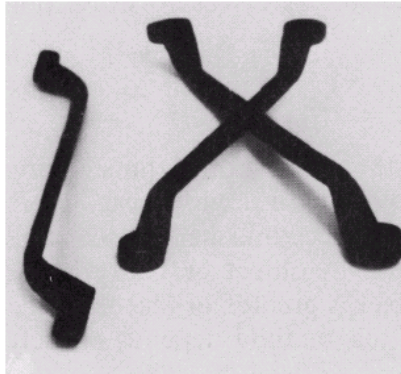
$$T = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)$$

5. Repeat Steps 2 through 4 until the difference between values of T in successive iterations is smaller than a predefined parameter ΔT .

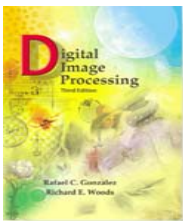
آستانه‌گیری

آستانه‌گیری سراسری پایه: مثال

BASIC GLOBAL THRESHOLDING



آستانه‌ی مناسب وسط دو قله: تقطیع ساده



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

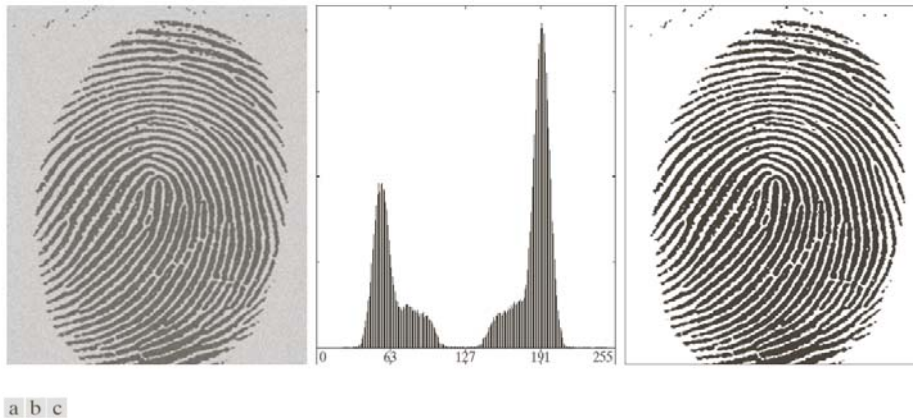


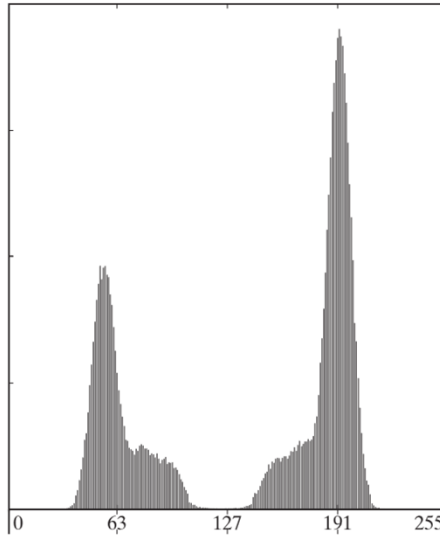
FIGURE 10.38 (a) Noisy fingerprint. (b) Histogram. (c) Segmented result using a global threshold (the border was added for clarity). (Original courtesy of the National Institute of Standards and Technology.)

آستانه‌گیری

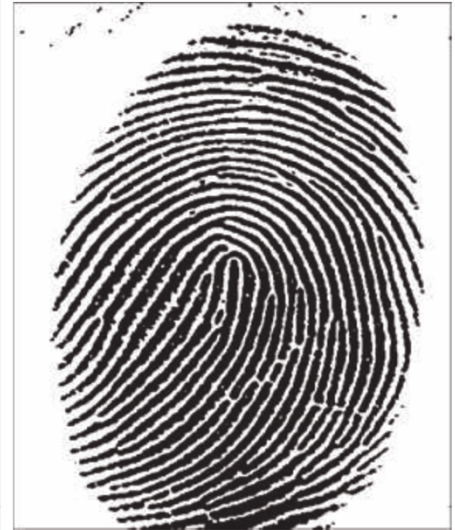
آستانه‌گیری سراسری پایه: مثال

BASIC GLOBAL THRESHOLDING

(۱)
تصویر اثر انگشت دارای نویز



(۲)
هیستوگرام



(۳)
نتیجه‌ی بخش‌بندی با یک آستانه‌ی سراسری

آستانه‌گیری

آستانه‌گیری سراسری بهینه: با روش اوتسو

OPTIMAL GLOBAL THRESHOLDING USING OTSU'S METHOD

1. Compute the normalized histogram of the input image. Denote the components of the histogram by $p_i, i = 0, 1, 2, \dots, L - 1$.
2. Compute the cumulative sums, $P_1(k)$, for $k = 0, 1, 2, \dots, L - 1$, using Eq. (10.3-4).
3. Compute the cumulative means, $m(k)$, for $k = 0, 1, 2, \dots, L - 1$, using Eq. (10.3-8).
4. Compute the global intensity mean, m_G , using (10.3-9).
5. Compute the between-class variance, $\sigma_B^2(k)$, for $k = 0, 1, 2, \dots, L - 1$, using Eq. (10.3-17).
6. Obtain the Otsu threshold, k^* , as the value of k for which $\sigma_B^2(k)$ is maximum. If the maximum is not unique, obtain k^* by averaging the values of k corresponding to the various maxima detected.
7. Obtain the separability measure, η^* , by evaluating Eq. (10.3-16) at $k = k^*$.

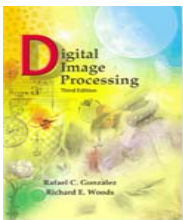
$$P_1(k) = \sum_{i=0}^k p_i \quad (10.3-4)$$

$$m(k) = \sum_{i=0}^k i p_i \quad (10.3-8)$$

$$m_G = \sum_{i=0}^{L-1} i p_i \quad (10.3-9)$$

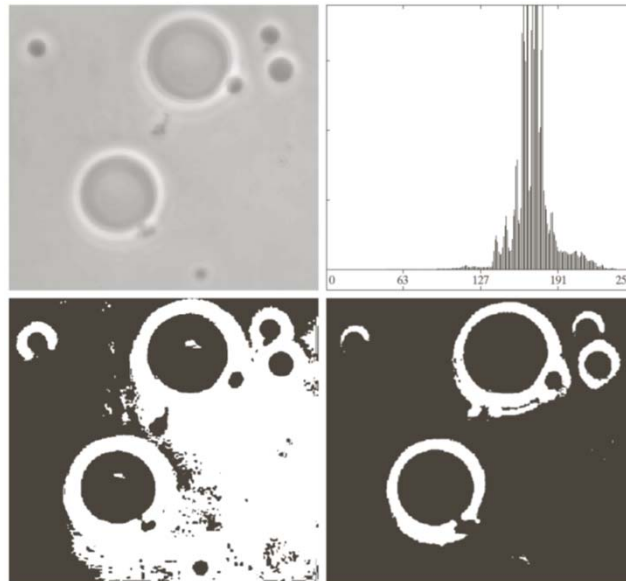
$$\eta(k) = \frac{\sigma_B^2(k)}{\sigma_G^2} \quad (10.3-16)$$

$$\sigma_B^2(k) = \frac{[m_G P_1(k) - m(k)]^2}{P_1(k)[1 - P_1(k)]} \quad (10.3-17)$$



Chapter 10

Image Segmentation



a b
c d

FIGURE 10.39

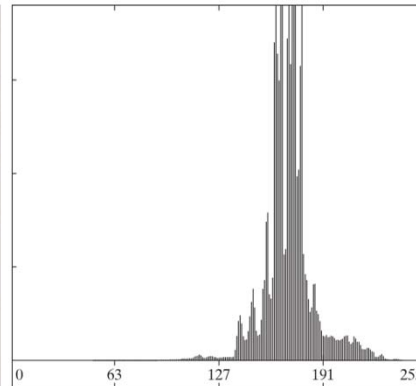
(a) Original image.
(b) Histogram (high peaks were clipped to highlight details in the lower values).
(c) Segmentation result using the basic global algorithm from Section 10.3.2.
(d) Result obtained using Otsu's method. (Original image courtesy of Professor Daniel A. Hammer, the University of Pennsylvania.)

آستانه‌گیری

آستانه‌گیری سراسری بهینه: با روش اوتسو: مثال

OPTIMAL GLOBAL THRESHOLDING USING OTSU'S METHOD

(۱)
تصویر اصلی



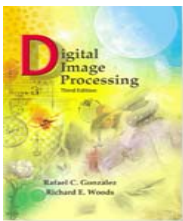
(۲)
هیستوگرام
(قله‌های با مقادیر بالا برش
داده شده‌اند تا جزئیات
مقادیر کوچک‌تر بهتر دیده
شوند.)

(۳)
بخش‌بندی با الگوریتم
آستانه‌گیری سراسری پایه



(۴)
بخش‌بندی با الگوریتم
آستانه‌گیری سراسری بهینه
اوتسو





Chapter 10 Image Segmentation

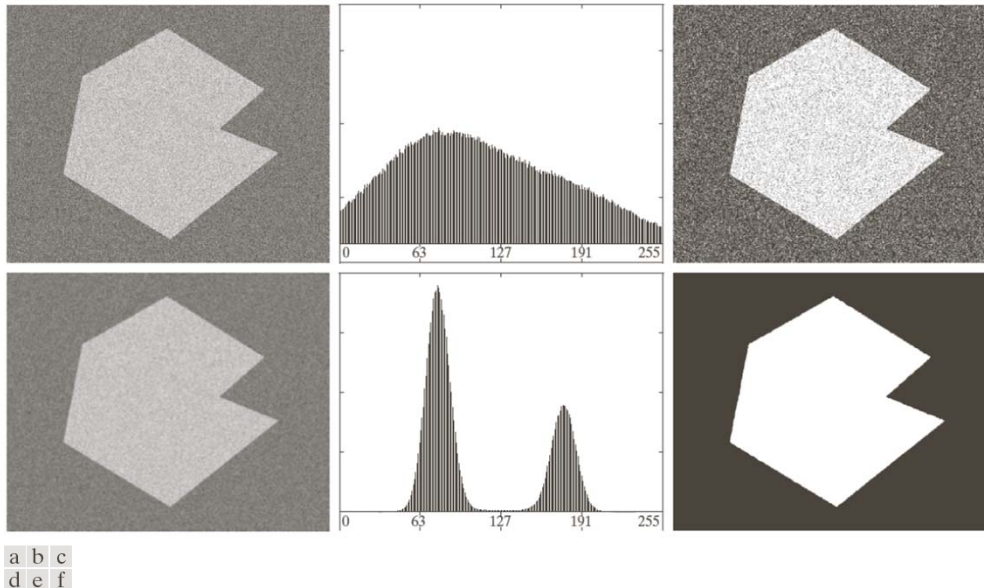
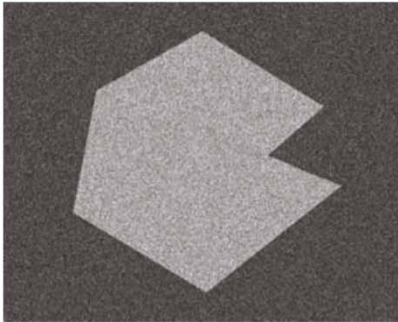


FIGURE 10.40 (a) Noisy image from Fig. 10.36 and (b) its histogram. (c) Result obtained using Otsu's method. (d) Noisy image smoothed using a 5×5 averaging mask and (e) its histogram. (f) Result of thresholding using Otsu's method.

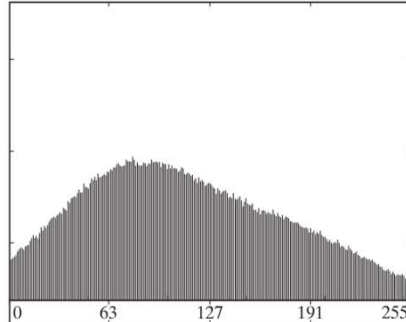
آستانه‌گیری

استفاده از هموارسازی تصویر برای بهبود آستانه‌گیری سراسری: مثال

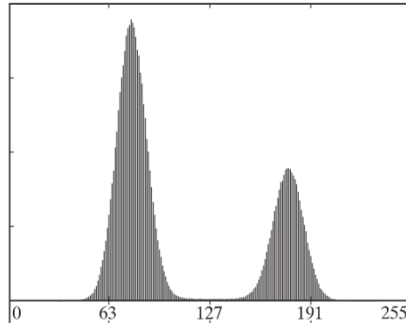
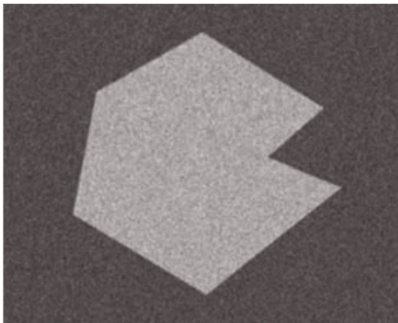
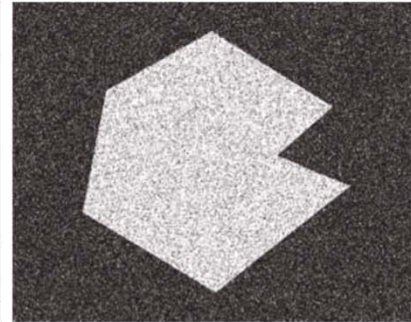
(۱)
تصویر دارای نویز



(۲)
هیستوگرام تصویر (۱)

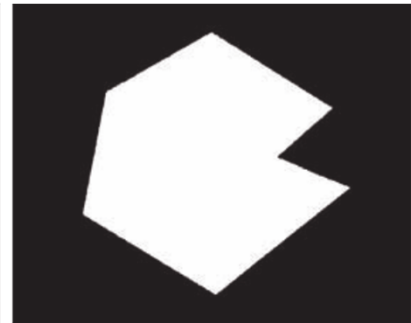


(۳)
نتیجه‌ی حاصل از روش اوتسو

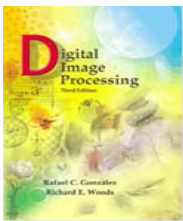


(۴)
تصویر نویزی فیلتر شده با یک ماسک
متوسط‌گیری ۵ در ۵

(۵)
هیستوگرام تصویر (۴)



(۶)
نتیجه‌ی حاصل از آستانه‌گیری
با روش اوتسو



Chapter 10

Image Segmentation

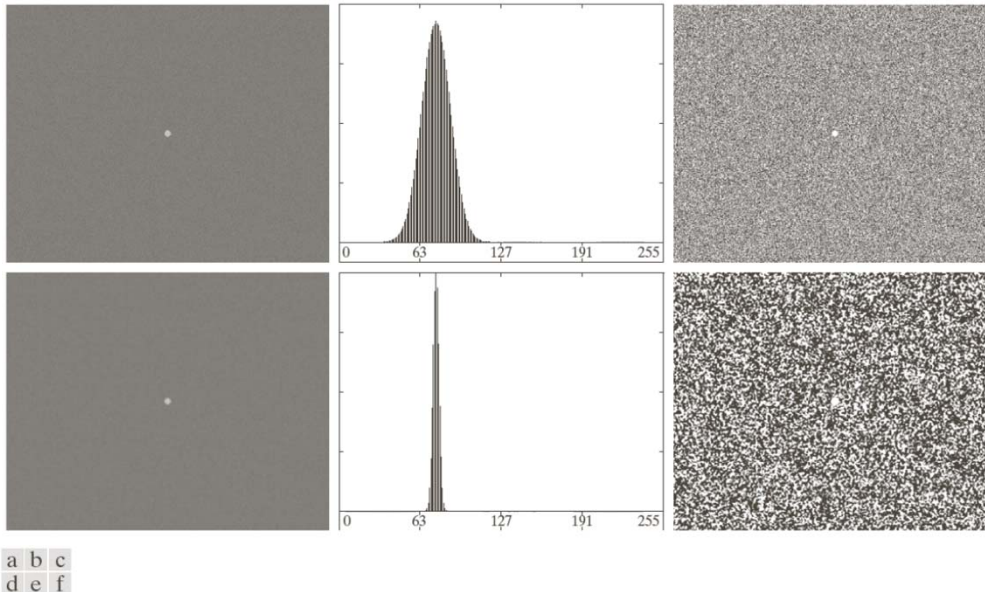


FIGURE 10.41 (a) Noisy image and (b) its histogram. (c) Result obtained using Otsu's method. (d) Noisy image smoothed using a 5×5 averaging mask and (e) its histogram. (f) Result of thresholding using Otsu's method. Thresholding failed in both cases.

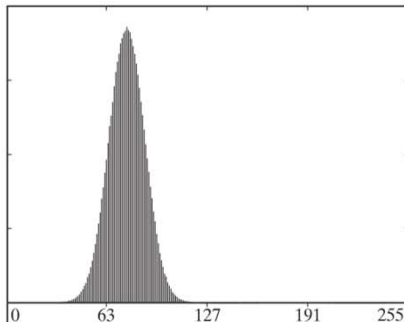
آستانه‌گیری

استفاده از هموارسازی تصویر برای بهبود آستانه‌گیری سراسری: مثال

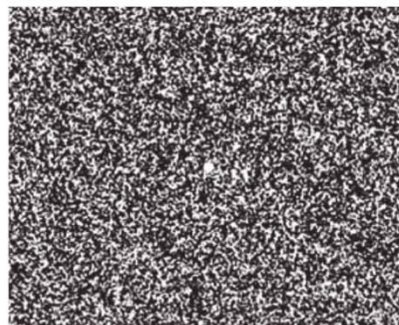
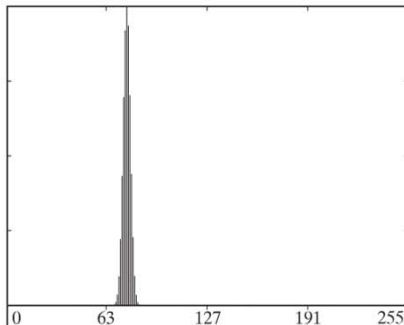
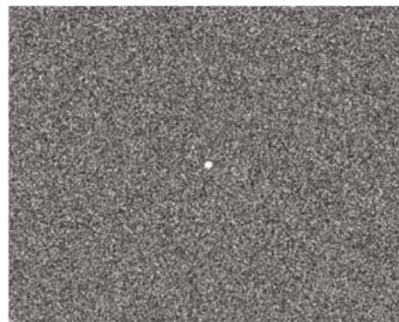
(۱) تصویر دارای نویز
(ناحیه کوچک نسبت به پس‌زمینه)



(۲) هیستوگرام تصویر (۱) [دره ندارد]



(۳) نتیجه‌ی حاصل از روش اوتسو



(۴) تصویر نویزی فیلتر شده با یک ماسک
متوسط‌گیری ۵ در ۵

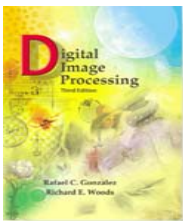
(۵) هیستوگرام تصویر (۴)

(۶) نتیجه‌ی حاصل از آستانه‌گیری با روش اوتسو
آستانه‌گیری در هر دو مورد ناموفق است.

آستانه‌گیری

استفاده از لبه‌ها برای بهبود آستانه‌گیری سراسری

1. Compute an edge image as either the magnitude of the gradient, or absolute value of the Laplacian, of $f(x, y)$ using any of the methods discussed in Section 10.2.
2. Specify a threshold value, T .
3. Threshold the image from Step 1 using the threshold from Step 2 to produce a binary image, $g_T(x, y)$. This image is used as a *mask image* in the following step to select pixels from $f(x, y)$ corresponding to “strong” edge pixels.
4. Compute a histogram using only the pixels in $f(x, y)$ that correspond to the locations of the 1-valued pixels in $g_T(x, y)$.
5. Use the histogram from Step 4 to segment $f(x, y)$ globally using, for example, Otsu’s method.



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

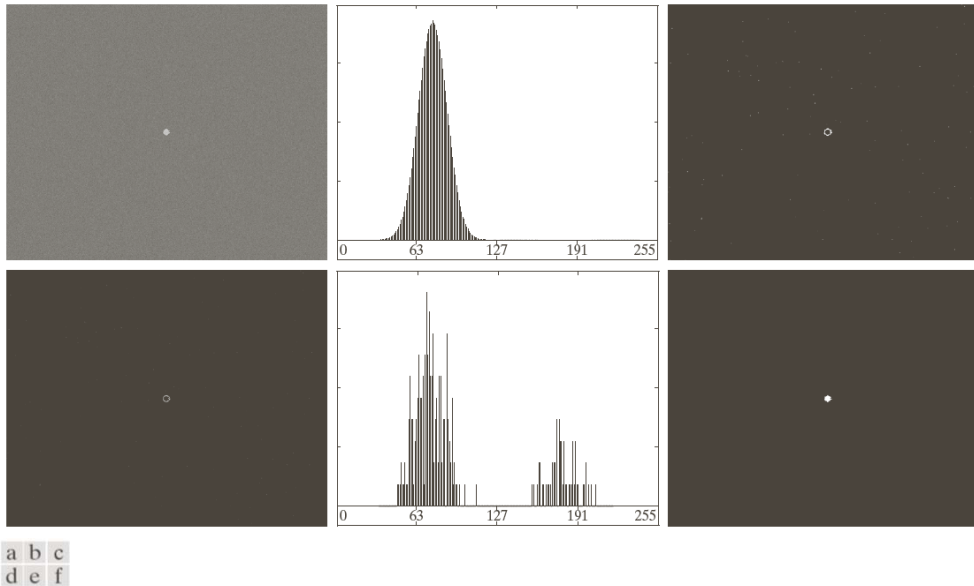
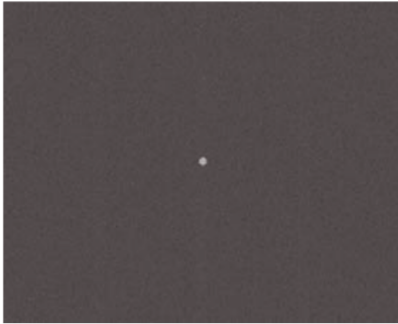


FIGURE 10.42 (a) Noisy image from Fig. 10.41(a) and (b) its histogram. (c) Gradient magnitude image thresholded at the 99.7 percentile. (d) Image formed as the product of (a) and (c). (e) Histogram of the nonzero pixels in the image in (d). (f) Result of segmenting image (a) with the Otsu threshold based on the histogram in (e). The threshold was 134, which is approximately midway between the peaks in this histogram.

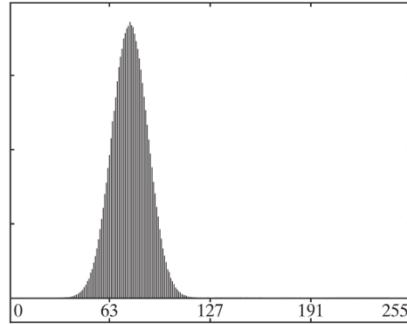
آستانه‌گیری

استفاده از لبه‌ها برای بهبود آستانه‌گیری سراسری: مثال (لبه بر مبنای گرادیان)

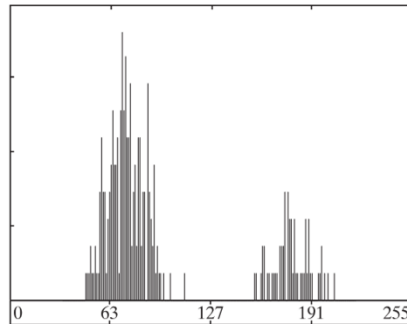
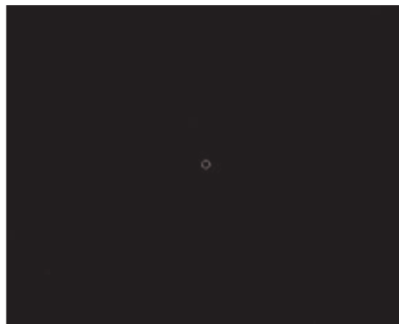
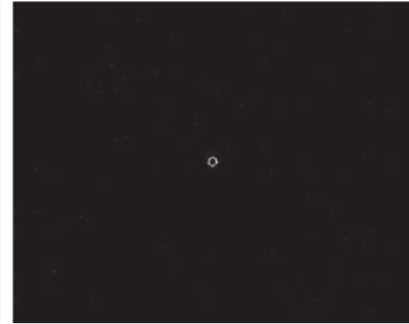
(۱) تصویر دارای نویز
(ناحیه کوچک نسبت به پس‌زمینه)



(۲) هیستوگرام تصویر (۱) [دره ندارد]



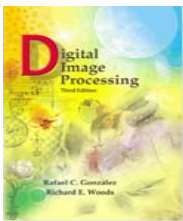
(۳) تصویر اندازه‌ی گرادیان با آستانه‌ی 99.7%



(۴) تصویر حاصل از ضرب (۱) و (۳)

(۵) هیستوگرام پیکسل‌های غیر صفر تصویر (۴)

(۶) نتیجه‌ی حاصل از آستانه‌گیری با روش اوتسو
آستانه 134 است تقریباً وسط دو قله



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

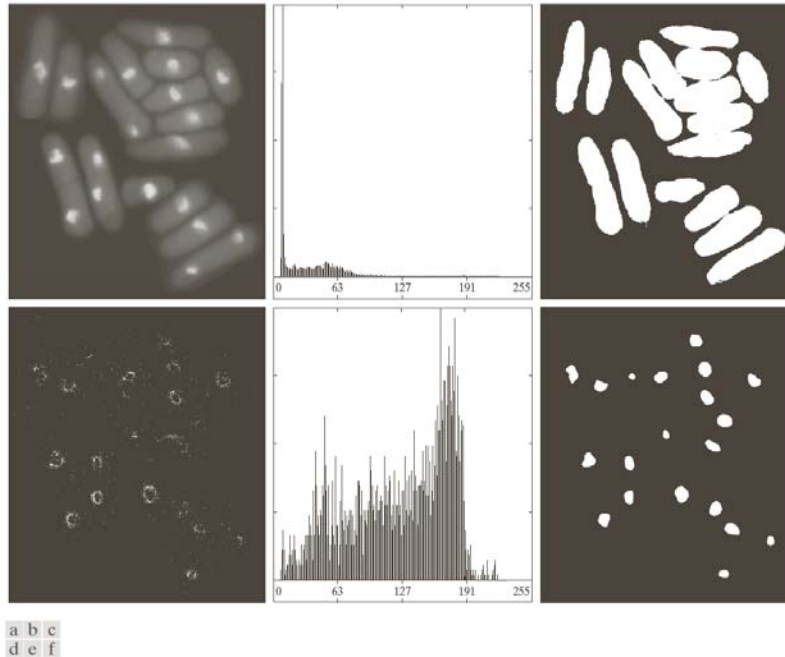


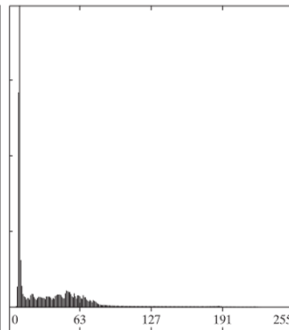
FIGURE 10.43 (a) Image of yeast cells. (b) Histogram of (a). (c) Segmentation of (a) with Otsu's method using the histogram in (b). (d) Thresholded absolute Laplacian. (e) Histogram of the nonzero pixels in the product of (a) and (d). (f) Original image thresholded using Otsu's method based on the histogram in (e). (Original image courtesy of Professor Susan L. Forsburg, University of Southern California.)

آستانه‌گیری

استفاده از لبه‌ها برای بهبود آستانه‌گیری سراسری: مثال (لبه بر مبنای لاپلاسین)

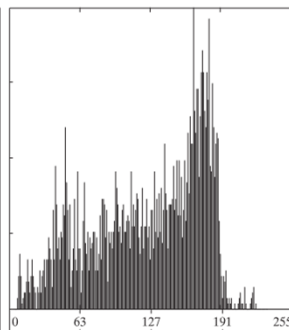
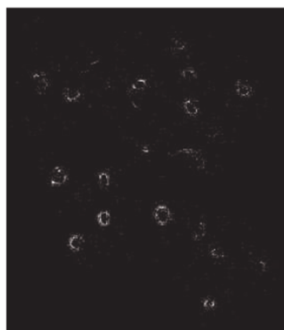
(۲)
هیستوگرام تصویر (۱)

(۱)
تصویر
سلول‌های مخمر



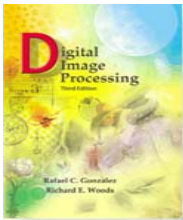
(۳)
بخش‌بندی (۱) با
استفاده از هیستوگرام
(۲) در روش اوتسو

(۴)
تصویر قدر مطلق
لاپلاسین آستانه‌گیری
شده



(۶)
تصویر اصلی
پس از آستانه‌گیری با
روش اوتسو با
استفاده از هیستوگرام
(۵)
آستانه‌ی قدر مطلق
لاپلاسین: 115

(۵)
هیستوگرام پیکسل‌های غیر صفر
حاصل ضرب (۱) و (۴)



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation



FIGURE 10.44

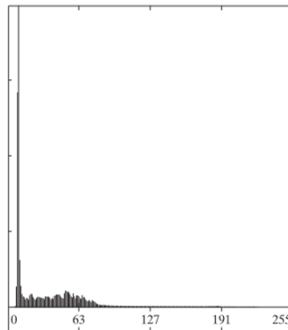
Image in
Fig. 10.43(a)
segmented using
the same
procedure as
explained in
Figs. 10.43(d)–(f),
but using a lower
value to threshold
the absolute
Laplacian image.

آستانه‌گیری

استفاده از لبه‌ها برای بهبود آستانه‌گیری سراسری: مثال (لبه بر مبنای لاپلاسین)

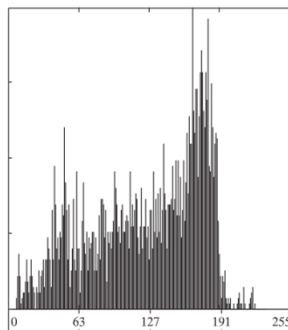
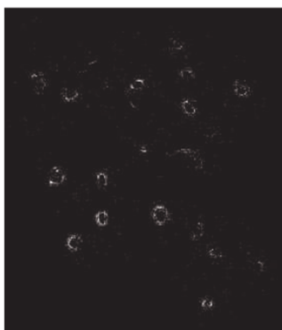
(۲)
هیستوگرام تصویر (۱)

(۱)
تصویر
سلول‌های مخمر



(۳)
بخش‌بندی (۱) با
استفاده از هیستوگرام
(۲) در روش اوتسو

(۴)
تصویر قدر مطلق
لاپلاسین آستانه‌گیری
شده



(۶)
تصویر اصلی
پس از آستانه‌گیری با
روش اوتسو با
استفاده از هیستوگرام
(۵)
آستانه‌ی قدر مطلق
لاپلاسین: 55

(۵)
هیستوگرام پیکسل‌های غیر صفر
حاصل ضرب (۱) و (۴)

آستانه گیری

آستانه های چندگانه

MULTIPLE THRESHOLDS

$$\sigma_B^2 = \sum_{k=1}^K P_k (m_k - m_G)^2$$

$$P_k = \sum_{i \in C_k} p_i$$

$$m_k = \frac{1}{P_k} \sum_{i \in C_k} i p_i$$

$$\sigma_B^2(k_1^*, k_2^*, \dots, k_{K-1}^*) = \max_{0 < k_1 < k_2 < \dots < k_{K-1} < L-1} \sigma_B^2(k_1, k_2, \dots, k_{K-1})$$

تعمیم روش اوتسو

آستانه گیری

آستانه های چندگانه : حالت ۲ آستانه

MULTIPLE THRESHOLDS

$$\sigma_B^2 = P_1(m_1 - m_G)^2 + P_2(m_2 - m_G)^2 + P_3(m_3 - m_G)^2$$

$$P_1 = \sum_{i=0}^{k_1} p_i$$

$$m_1 = \frac{1}{P_1} \sum_{i=0}^{k_1} i p_i$$

$$P_1 m_1 + P_2 m_2 + P_3 m_3 = m_G$$

$$P_2 = \sum_{i=k_1+1}^{k_2} p_i$$

$$m_2 = \frac{1}{P_2} \sum_{i=k_1+1}^{k_2} i p_i$$

$$P_1 + P_2 + P_3 = 1$$

$$P_3 = \sum_{i=k_2+1}^{L-1} p_i$$

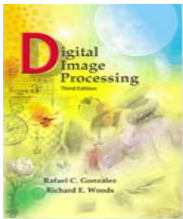
$$m_3 = \frac{1}{P_3} \sum_{i=k_2+1}^{L-1} i p_i$$

$$\sigma_B^2(k_1^*, k_2^*) = \max_{0 < k_1 < k_2 < L-1} \sigma_B^2(k_1, k_2)$$

$$g(x, y) = \begin{cases} a & \text{if } f(x, y) \leq k_1^* \\ b & \text{if } k_1^* < f(x, y) \leq k_2^* \\ c & \text{if } f(x, y) > k_2^* \end{cases}$$

$$\eta(k_1^*, k_2^*) = \frac{\sigma_B^2(k_1^*, k_2^*)}{\sigma_G^2}$$

معیار جداسازی



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

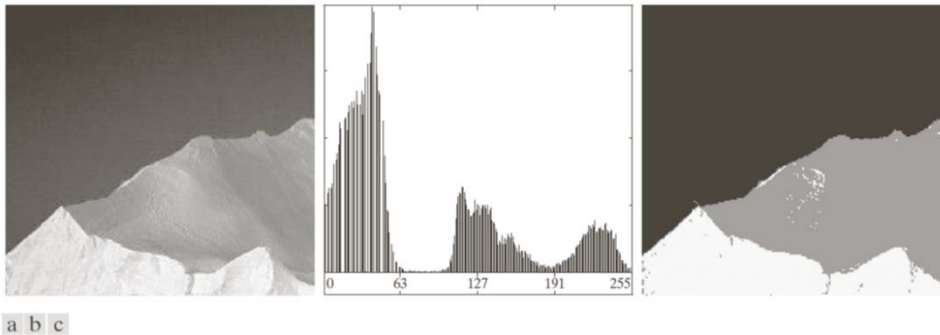
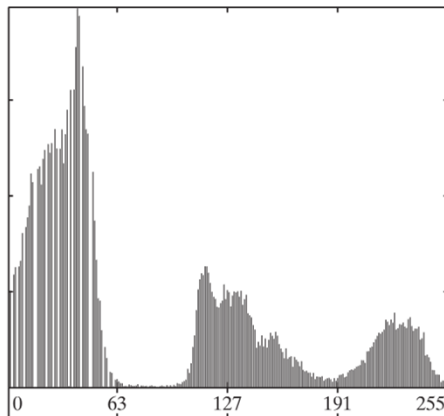


FIGURE 10.45 (a) Image of iceberg. (b) Histogram. (c) Image segmented into three regions using dual Otsu thresholds. (Original image courtesy of NOAA.)

آستانه‌گیری

آستانه‌های چندگانه: مثال

MULTIPLE THRESHOLDS(۱)
تصویر کوه بخی(۲)
هیستوگرام تصویر (۱)(۳)
تصویر تقطیع شده به سه ناحیه با استفاده از
ناحیه‌های دوگانه (تعمیم روش اوتسو)

آستانه‌گیری

آستانه‌گیری متغیر

VARIABLE THRESHOLDING

آستانه‌گیری متغیر تکنیک پیچیده‌تری است که هرگاه پیش پردازش‌های قبلی ممکن نباشد، استفاده می‌شود.

روش‌های آستانه‌گیری متغیر

افراز تصویر

Image Partitioning

استفاده از خصوصیات محلی تصویر

Using Local Image Properties

استفاده از میانگین‌های متحرک

Using Moving Averages

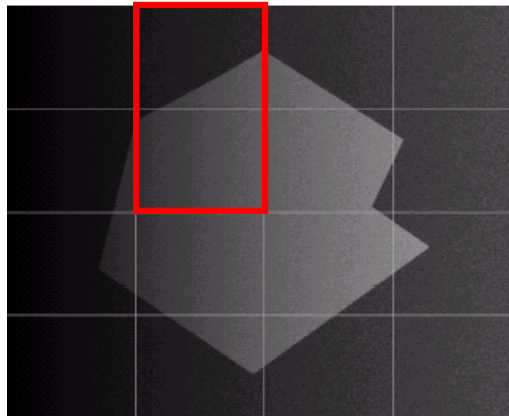
آستانه‌گیری

آستانه‌گیری متغیر: افراز تصویر

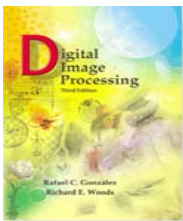
VARIABLE THRESHOLDING: IMAGE PARTITIONING

افراز تصویر: تقسیم تصویر به مستطیل‌های ناهمپوشان:
با هدف جبران‌سازی غیریکنواختی شدن روشنایی / بارتاب تصویر

(مستطیل‌ها آن قدر کوچک انتخاب می‌شوند که شدت روشنایی در هر مستطیل تقریباً یکنواخت باشد.)



این روش زمانی خوب کار می‌کند که اندازه‌ی اشیا و پس‌زمینه قابل توجه باشد.



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

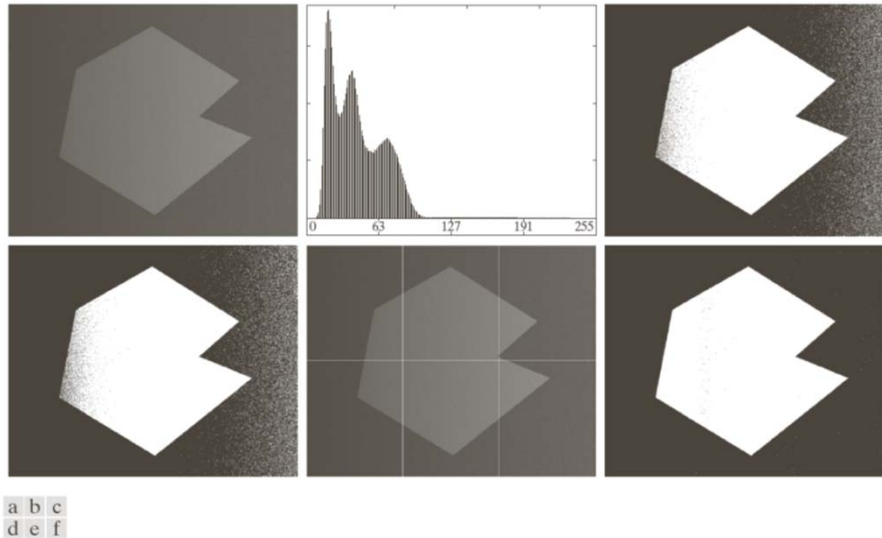
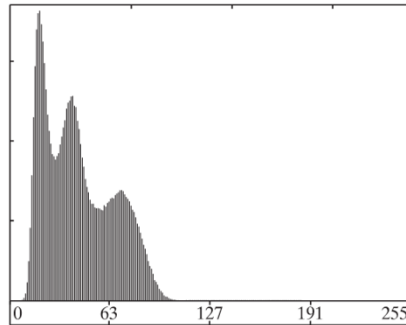
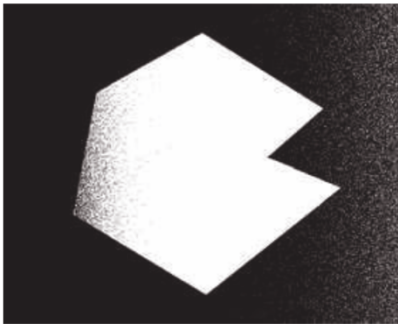
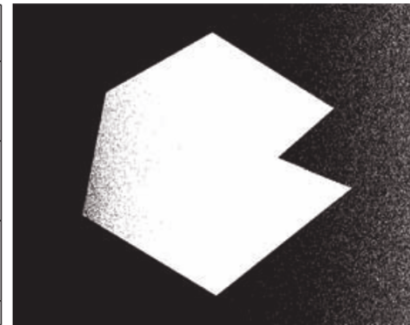
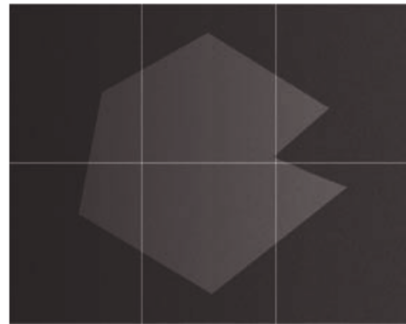
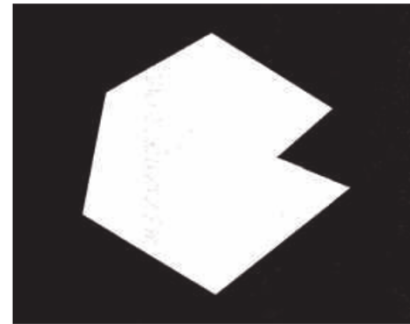
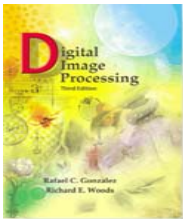


FIGURE 10.46 (a) Noisy, shaded image and (b) its histogram. (c) Segmentation of (a) using the iterative global algorithm from Section 10.3.2. (d) Result obtained using Otsu's method. (e) Image subdivided into six subimages. (f) Result of applying Otsu's method to each subimage individually.

آستانه‌گیری

آستانه‌گیری متغیر: افراز تصویر: مثال

(۱)
تصویر سایه‌دار نویزی(۲)
هیستوگرام تصویر (۱)(۳) بخش‌بندی
با استفاده از الگوریتم سراسری پایه(۴) بخش‌بندی
با استفاده از الگوریتم بهینه‌ی اوتسو(۵)
افراز تصویر با تقسیم‌بندی آن به ۶
زیرتصویر(۶)
نتیجه‌ی اعمال روش اوتسو به هر یک از
زیرتصویرها به صورت جداگانه



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

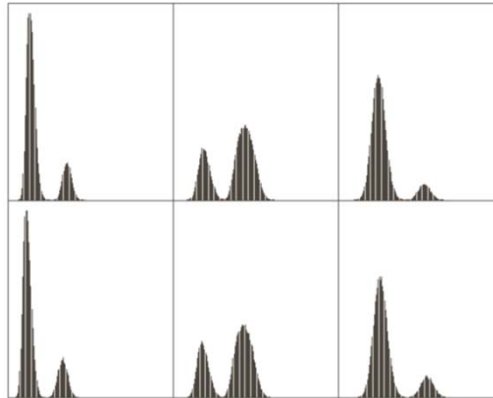
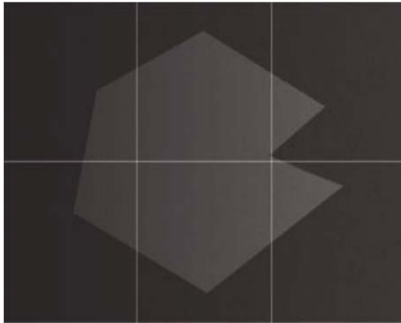


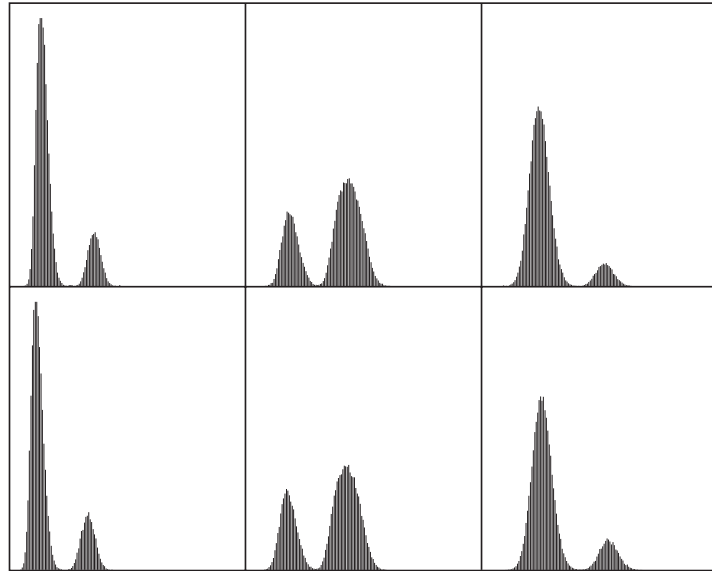
FIGURE 10.47
Histograms of the
six subimages in
Fig. 10.46(e).

آستانه‌گیری

آستانه‌گیری متغیر: افراز تصویر: مثال



افراز تصویر با تقسیم‌بندی آن به ۶
زیرتصویر



هیستوگرام‌های زیرتصویرها

آستانه‌گیری

آستانه‌گیری متغیر: استفاده از خصوصیات محلی تصویر

VARIABLE THRESHOLDING: USING LOCAL IMAGE PROPERTIES

در هر نقطه‌ی تصویر (x, y) یک آستانه‌ی متفاوت محاسبه می‌کنیم:
بر اساس یک یا چند ویژگی خاص که در همسایگی آن نقطه محاسبه می‌شود.

بر اساس انحراف معیار محلی و میانگین محلی

$$T_{xy} = a\sigma_{xy} + bm_{xy}$$

بر اساس انحراف معیار محلی و میانگین سراسری

$$T_{xy} = a\sigma_{xy} + bm_G$$

تصویر بخش‌بندی شده به صورت زیر محاسبه می‌شود:

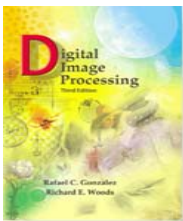
$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x, y) > T_{xy} \\ 0 & \text{if } f(x, y) \leq T_{xy} \end{cases}$$

حالت کلی‌تر با استفاده از محمول Q

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } Q(\text{local parameters}) \text{ is true} \\ 0 & \text{if } Q(\text{local parameters}) \text{ is false} \end{cases}$$

برای مثال:

$$Q(\sigma_{xy}, m_{xy}) = \begin{cases} \text{true} & \text{if } f(x, y) > a\sigma_{xy} \text{ AND } f(x, y) > bm_{xy} \\ \text{false} & \text{otherwise} \end{cases}$$

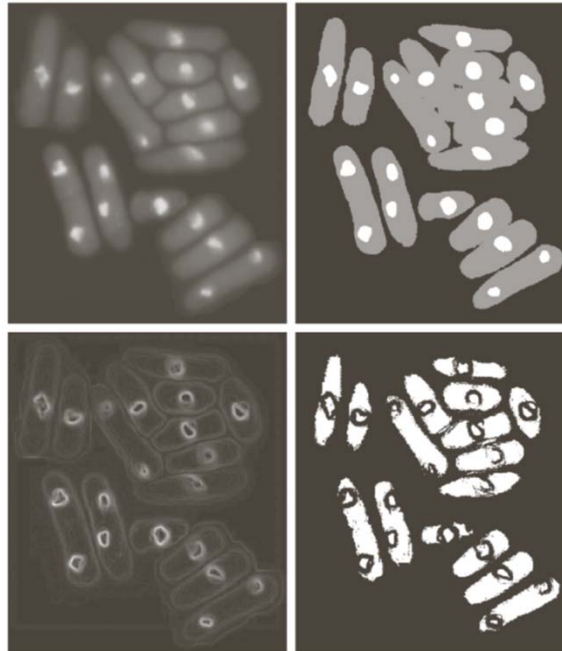


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation



a b
c d

FIGURE 10.48

(a) Image from Fig. 10.43.

(b) Image segmented using the dual thresholding approach discussed in Section 10.3.6.

(c) Image of local standard deviations.

(d) Result obtained using local thresholding.

آستانه‌گیری

آستانه‌گیری متغیر: استفاده از خصوصیات محلی تصویر: مثال

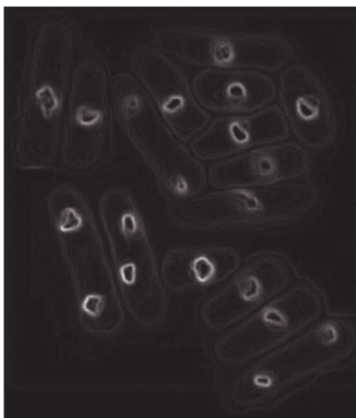
(۱)
تصویر
سلول‌های مخمر



(۲)
بخش‌بندی (۱) با استفاده از
روش دو آستانه‌ای



(۳)
تصویر
انحراف معیارهای محلی
در همسایگی ۳ در ۳



(۴)
نتیجه‌ی حاصل از
آستانه‌گیری محلی



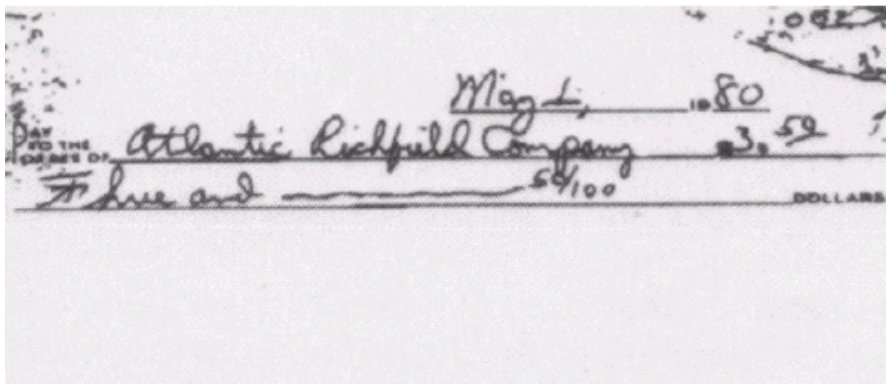
آستانه گیری

آستانه گیری متغیر: استفاده از خصوصیات محلی تصویر: مثال

(۱)
تصویر برگ چک



(۲)
بخش بندی
با آستانه گیری
محلی



آستانه‌گیری

آستانه‌گیری متغیر: استفاده از میانگین‌های متحرک

VARIABLE THRESHOLDING: USING MOVING AVERAGES

یک حالت خاص روش آستانه‌گیری محلی،
بر اساس محاسبه‌ی میانگین‌های متحرک در طول خطوط اسکن (scan-lines) تصویر است.

معمولاً اسکن تصویر به صورت خط به خط و زیگزاگ انجام می‌شود،
در نتیجه بایاس شدت روشنایی کاهش می‌یابد.

اگر z_{k+1} شدت روشنایی نقطه‌ای باشد که اسکنر در گام $k + 1$ با آن برخورد می‌کند،
میانگین شدت روشنایی در آن نقطه می‌شود (n تعداد نقاط مورد استفاده در میانگین است):

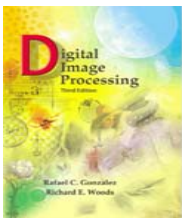
$$m(k + 1) = \frac{1}{n} \sum_{i=k+2-n}^{k+1} z_i = m(k) + \frac{1}{n}(z_{k+1} - z_{k-n})$$

$$m(1) = z_1/n$$

بخش‌بندی با استفاده از معادله‌ی زیر با $T_{xy} = bm_{xy}$ انجام می‌شود که در آن b عدد ثابت و m_{xy} است:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x, y) > T_{xy} \\ 0 & \text{if } f(x, y) \leq T_{xy} \end{cases}$$

این روش مناسب پردازش تصویر متن است: (اهمیت سرعت بالا)



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

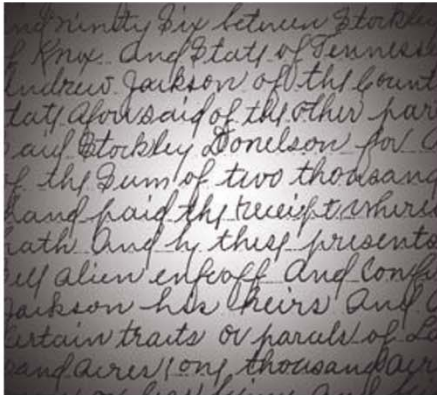
Chapter 10 Image Segmentation



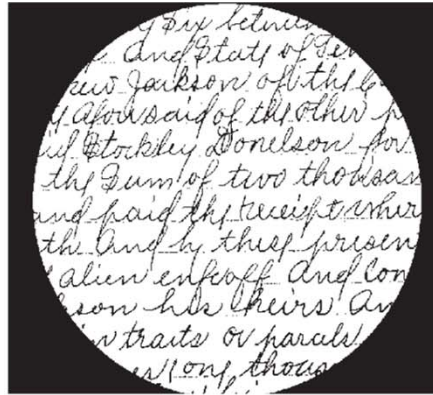
FIGURE 10.49 (a) Text image corrupted by spot shading. (b) Result of global thresholding using Otsu's method. (c) Result of local thresholding using moving averages.

آستانه‌گیری

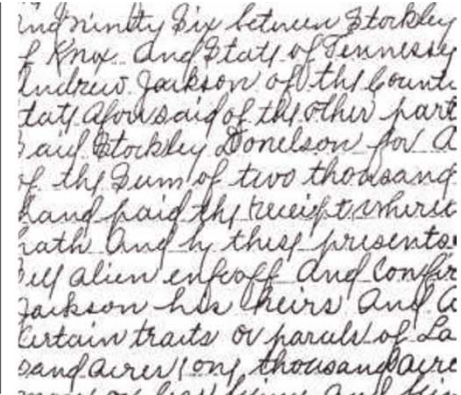
آستانه‌گیری متغیر: استفاده از میانگین‌های متحرک: مثال (آستانه‌گیری برای سند با استفاده از میانگین‌های متحرک)



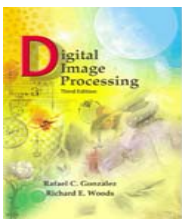
(۱)
تصویر متن تخریب شده
با سایه‌گذاری نقطه‌ای



(۲)
نتیجه‌ی آستانه‌گذاری سراسری
با استفاده از روش اوتسو



(۳)
نتیجه‌ی آستانه‌گذاری محلی
با استفاده از میانگین‌های متحرک



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

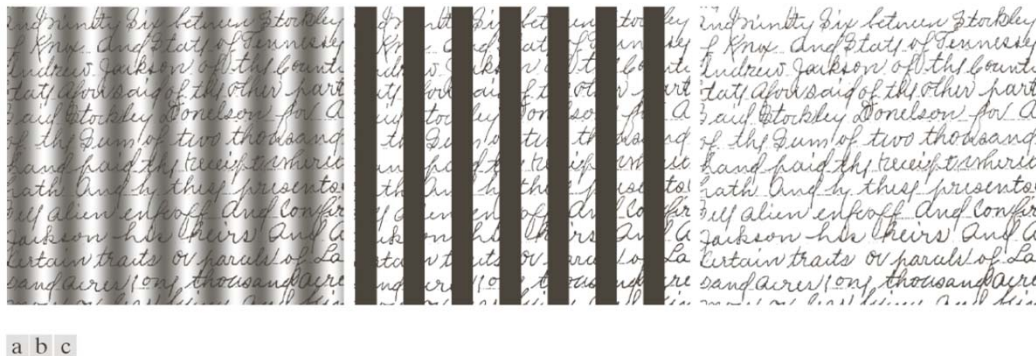
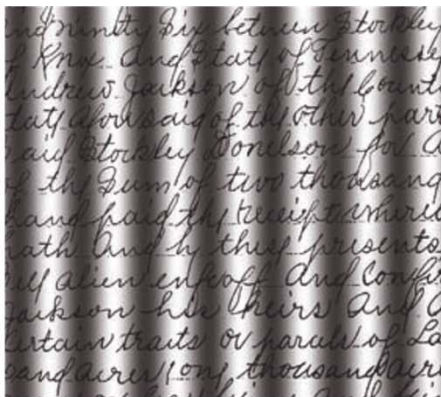


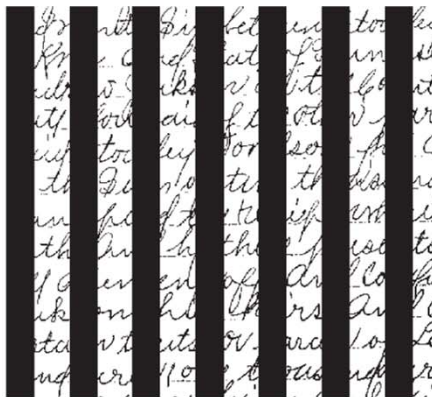
FIGURE 10.50 (a) Text image corrupted by sinusoidal shading. (b) Result of global thresholding using Otsu's method. (c) Result of local thresholding using moving averages.

آستانه‌گیری

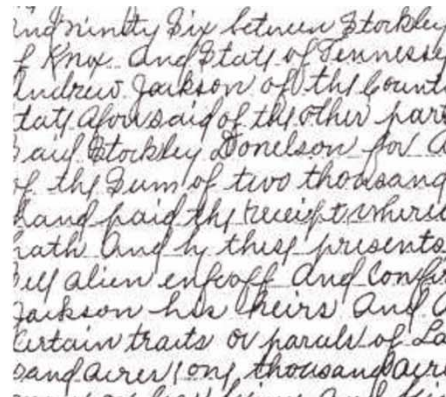
آستانه‌گیری متغیر: استفاده از میانگین‌های متحرک: مثال (آستانه‌گیری برای سند با استفاده از میانگین‌های متحرک)



(۱)
تصویر متن تخریب شده
با سایه‌گذاری سینوسی



(۲)
نتیجه‌ی آستانه‌گذاری سراسری
با استفاده از روش اوتسو



(۳)
نتیجه‌ی آستانه‌گذاری محلی
با استفاده از میانگین‌های متحرک

آستانه‌گیری

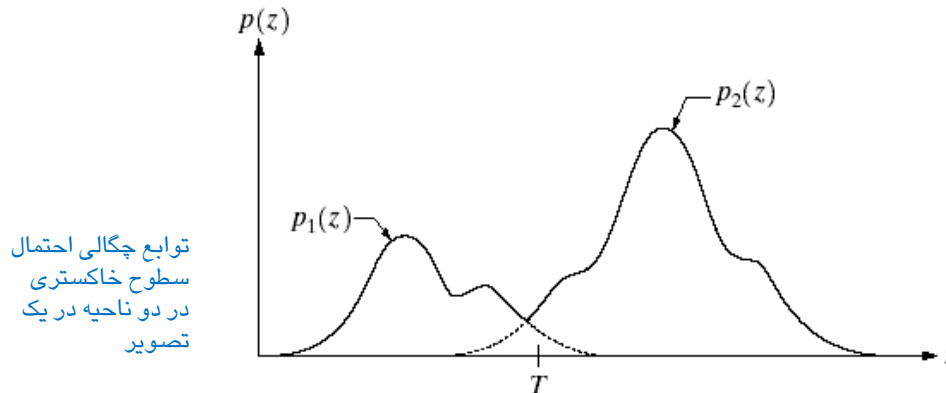
آستانه‌گیری وفقی سراسری بهینه

THRESHOLDING: OPTIMAL GLOBAL AND ADAPTIVE THRESHOLDING

در آستانه‌گیری وفقی، با مقادیر پیکسل‌ها به عنوان **توابع توزیع احتمال** برخورد می‌شود.
 هدف: **می‌نیم‌سازی احتمال پیکسل‌های به اشتباه طبقه‌بندی شده (شیئی یا پس‌زمینه) است.**

دو نوع خطا:

- (۱) برچسب‌زنی اشتباه به پیکسل شیئی به عنوان پس‌زمینه
- (۲) برچسب‌زنی اشتباه به پیکسل پس‌زمینه به عنوان شیئی



آستانه‌گیری

آستانه‌گیری چندمتغیره

MULTIVARIABLE THRESHOLDING

آستانه‌گیری چندمتغیره زمانی استفاده می‌شود که تصویر چند کانال دارد (مانند تصویر رنگی)

هر نقطه‌ی تصویر به صورت یک بردار k عضوی نمایش داده می‌شود.

برای مثال:

$$g = \begin{cases} 1 & \text{if } D(\mathbf{z}, \mathbf{a}) < T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$D(\mathbf{z}, \mathbf{a}) = \|\mathbf{z} - \mathbf{a}\| = \left[(\mathbf{z} - \mathbf{a})^T (\mathbf{z} - \mathbf{a}) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$D(\mathbf{z}, \mathbf{a}) = \left[(\mathbf{z} - \mathbf{a})^T \mathbf{C}^{-1} (\mathbf{z} - \mathbf{a}) \right]^{\frac{1}{2}}$$

آستانه‌گیری

آستانه‌گیری چندمتغیره: مثال (بخش‌بندی تصویر رنگی)

MULTIVARIABLE THRESHOLDING



(۱)
تصویر چهره‌ی رنگی
که به‌صورت سیاه و سفید
نشان داده شده است.



(۲)
بخش‌بندی بر اساس
پیکسل‌های با رنگ
نزدیک به رنگ چهره



(۳)
بخش‌بندی مؤلفه‌های قرمز

بخش بندی تصویر

۴

بخش بندی
مبتنی بر
ناحیه

بخش‌بندی مبتنی بر ناحیه

REGION-BASED SEGMENTATION

لبه‌ها و آستانه‌ها همیشه نتایج مناسبی برای بخش‌بندی تولید نمی‌کنند.

بخش‌بندی مبتنی بر ناحیه، بر اساس **اتصال پیکسل‌های مشابه در یک ناحیه** کار می‌کند.

- هر ناحیه باید یکنواخت باشد.
- اتصال پیکسل‌های داخل ناحیه بسیار مهم است.

دو روی‌کرد اصلی برای بخش‌بندی مبتنی بر ناحیه

شکافت ناحیه
Region Splitting

نمو ناحیه
Region Growing

بخش‌بندی مبتنی بر ناحیه

فرمول‌بندی پایه

REGION-BASED SEGMENTATION

فرض کنید R کل ناحیه‌ی مکانی اشغال‌شده توسط یک تصویر را نشان دهد.
بخش‌بندی تصویر، فرآیندی است که R را به n زیرناحیه‌ی

$$R_1, R_2, \dots, R_n,$$

افراز می‌کند، به طوری که:

- (a) $\bigcup_{i=1}^n R_i = R.$
- (b) R_i is a connected set, $i = 1, 2, \dots, n.$
- (c) $R_i \cap R_j = \emptyset$ for all i and $j, i \neq j.$
- (d) $Q(R_i) = \text{TRUE}$ for $i = 1, 2, \dots, n.$
- (e) $Q(R_i \cup R_j) = \text{FALSE}$ for any adjacent regions R_i and $R_j.$

$Q(R_k)$ is a logical predicate defined over the points in set R_k

برای مثال: $Q(R_k) = \text{TRUE}$ اگر همه‌ی پیکسل‌های داخل R_k سطح خاکستری مشابه داشته باشد.

بخش‌بندی مبتنی بر ناحیه

نمو ناحیه

REGION GROWING

نمو ناحیه

Region Growing

پیکسل‌های گروه‌بندی شده یا زیرناحیه‌ها را
بر مبنای معیارهای از پیش تعریف شده برای نمو
به نواحی بزرگ‌تری گروه‌بندی می‌کند.

از مجموعه‌ای از نقاط با عنوان «دانه» (seed) شروع می‌کنیم
و آن را نمو می‌دهیم:
پیکسل‌هایی که ویژگی‌های مشابه معین با آن دانه دارند،
را به آن دانه الحاق می‌کنیم.

بخش‌بندی مبتنی بر ناحیه

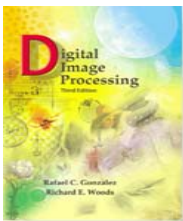
نمو ناحیه

REGION GROWING

الگوریتم پایه‌ی نمو ناحیه: مبتنی بر همبندی-۸

آرایه‌ی تصویر ورودی	$f(x, y)$
آرایه‌ی دانه (seed): در محل نقاط دانه 1 و در بقیه‌ی جاها 0 است (هم‌اندازه با f).	$S(x, y)$
یک محمول که بر هر مکان (x, y) اعمال می‌شود (شرط منطقی).	Q

1. Find all connected components in $S(x, y)$ and erode each connected component to one pixel; label all such pixels found as 1. All other pixels in S are labeled 0.
2. Form an image f_Q such that, at a pair of coordinates (x, y) , let $f_Q(x, y) = 1$ if the input image satisfies the given predicate, Q , at those coordinates; otherwise, let $f_Q(x, y) = 0$.
3. Let g be an image formed by appending to each seed point in S all the 1-valued points in f_Q that are 8-connected to that seed point.
4. Label each connected component in g with a different region label (e.g., 1, 2, 3, ...). This is the segmented image obtained by region growing.



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

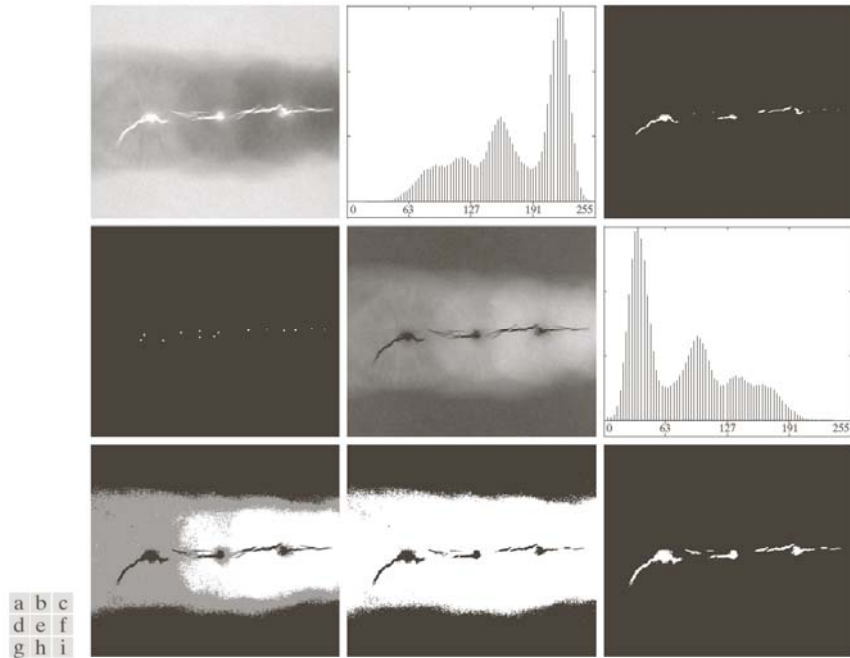


FIGURE 10.51 (a) X-ray image of a defective weld. (b) Histogram. (c) Initial seed image. (d) Final seed image (the points were enlarged for clarity). (e) Absolute value of the difference between (a) and (c). (f) Histogram of (e). (g) Difference image thresholded using dual thresholds. (h) Difference image thresholded with the smallest of the dual thresholds. (i) Segmentation result obtained by region growing. (Original image courtesy of X-TEK Systems, Ltd.)

بخش‌بندی مبتنی بر ناحیه

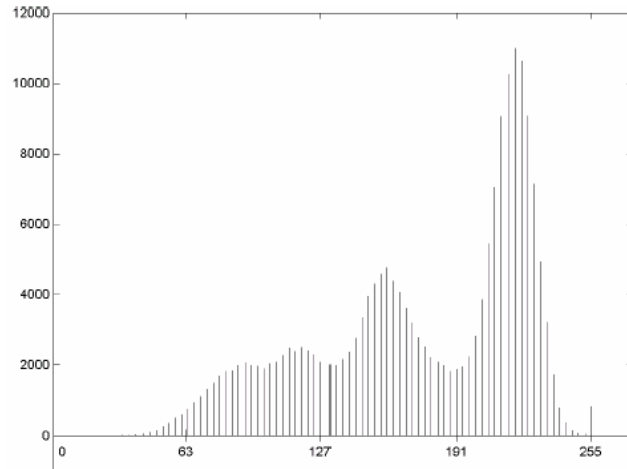
نمو ناحیه : مثال

REGION GROWING

همان طور که هیستوگرام تصویر نشان می‌دهد
بخش‌بندی عیب با روش‌های آستانه‌گیری دشوار است.



باید از روش‌های مبتنی بر ناحیه استفاده کنیم
(مثلاً نمو ناحیه)

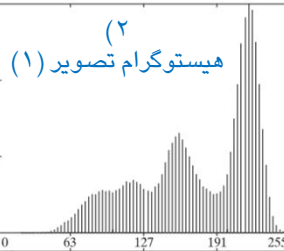
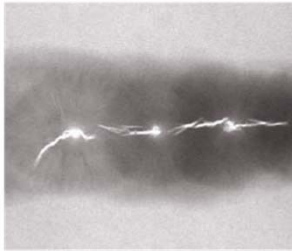


بخش‌بندی مبتنی بر ناحیه

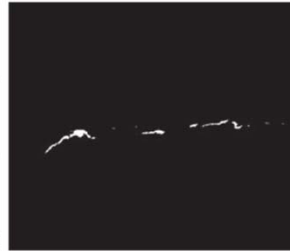
نمو ناحیه : مثال

REGION GROWING

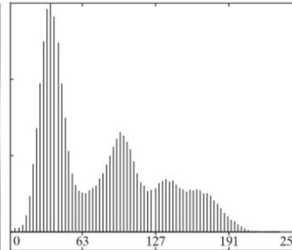
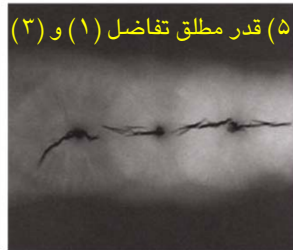
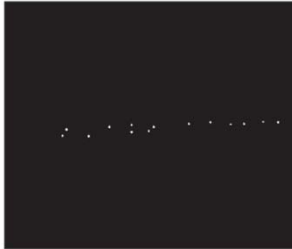
(۱)
تصویر اشعه ایکس
از یک جوشکاری
معیوب



(۳)
تصویر دانه‌ی اولیه

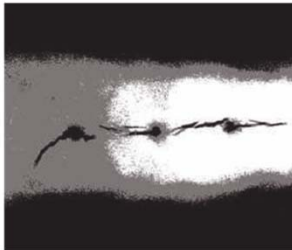


(۴)
تصویر دانه‌ی نهایی
(پس از عمل فرسایش)



(۶)
هیستوگرام تصویر (۵)

(۷)
تصویر تفاضل،
آستانه‌گیری شده با
آستانه‌ی دوگانه
 $T_1 = 68$
 $T_2 = 126$



(۹)
نتیجه‌ی بخش‌بندی
با نمو ناحیه



الحاق پیکسل‌ها به دانه با :
(۱) همبندی ۸ و (۲) معیار
شباهت شدت روشنایی

(۸) تصویر تفاضل، آستانه‌گیری شده با
کوچکترین مقدار بین آستانه‌های دوگانه : T_1

$$Q = \begin{cases} \text{TRUE} & \text{if the absolute difference of the intensities} \\ & \text{between the seed and the pixel at } (x, y) \text{ is } \leq T \\ \text{FALSE} & \text{otherwise} \end{cases}$$

بخش‌بندی مبتنی بر ناحیه

شکافت ناحیه

REGION SPLITTING

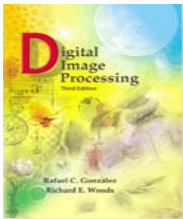
شکافت ناحیه

Region Splitting

شکافت ناحیه، برخلاف نمو ناحیه است:

- * در ابتدا یک ناحیه‌ی بزرگ داریم
- * از یک محمول (معیار) برای تعیین **یکنواختی** آن ناحیه استفاده می‌کنیم.
- * اگر ناحیه یکنواخت نبود، از روش شکافت برای تقسیم آن ناحیه به چند زیرناحیه استفاده می‌کنیم.
- * هر یک از این زیرناحیه‌ها به طور مستقل با آن محمول (معیار) آزمایش می‌شوند.
- * این فرآیند به صورت بازگشتی تکرار می‌شود تا وقتی که همه‌ی ناحیه‌های حاصل **یکنواخت** شوند.

مسئله‌ی اصلی در شکافت ناحیه، تعیین وضعیتی است که یک ناحیه باید تقسیم شود:
یک روش برای تقسیم ناحیه استفاده از ساختار **درخت چهارتایی** است.



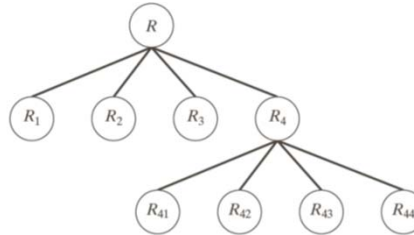
Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

R_1	R_2	
R_3	R_{41}	R_{42}
	R_{43}	R_{44}

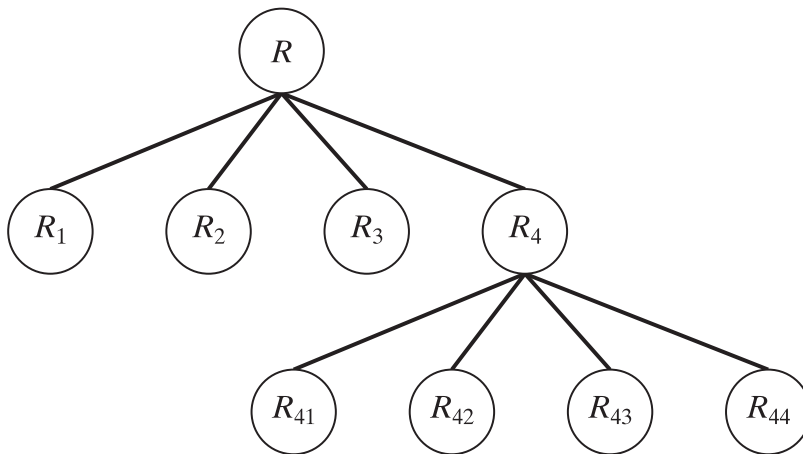
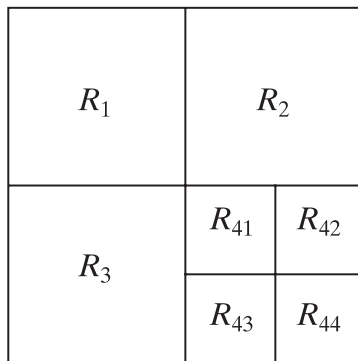


a b

FIGURE 10.52
(a) Partitioned image.
(b) Corresponding quadtree. R represents the entire image region.

بخش‌بندی مبتنی بر ناحیه

شکافت ناحیه

REGION SPLITTING

درختی که در آن هر گره‌ی داخلی دقیقاً چهار فرزند دارد.

درخت چهارتایی
Quadtree

بخش‌بندی مبتنی بر ناحیه

شکافت و ادغام ناحیه

REGION SPLITTING AND MERGING

شکافت و ادغام ناحیه

Region Splitting and Merging

- * در ابتدا ناحیه‌ی اصلی به چهار ناحیه‌ی ربعی شکافته می‌شود که معیار Q روی تک تک آنها نادرست است.
- * هر دو ناحیه‌ی مجاور که معیار Q روی اجتماع آنها درست باشد، با هم ادغام می‌شوند.
(ساختار درخت چهارتایی ممکن است حفظ نشود.)
- * هر گاه شکافت یا ادغام بیشتری ممکن نباشد، توقف می‌کنیم.

1. Split into four disjoint quadrants any region R_i for which $Q(R_i) = \text{FALSE}$.
2. When no further splitting is possible, merge any adjacent regions R_j and R_k for which $Q(R_j \cup R_k) = \text{TRUE}$.
3. Stop when no further merging is possible.

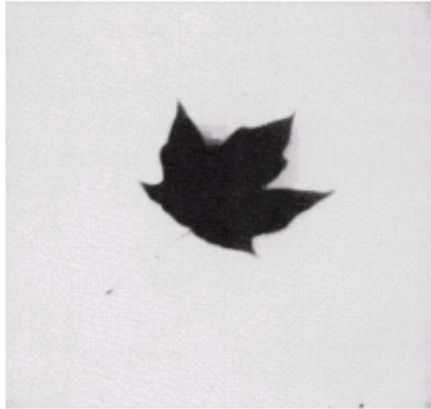
بخش‌بندی مبتنی بر ناحیه

شکافت و ادغام ناحیه: مثال

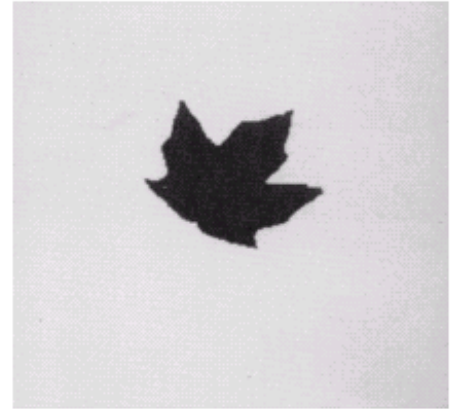
REGION SPLITTING AND MERGING



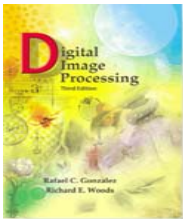
(۱)
تصویر اصلی از یک برگ درخت چنار



(۲)
نتیجه‌ی روال شکافت و ادغام ناحیه



(۳)
نتیجه‌ی آستانه‌گیری

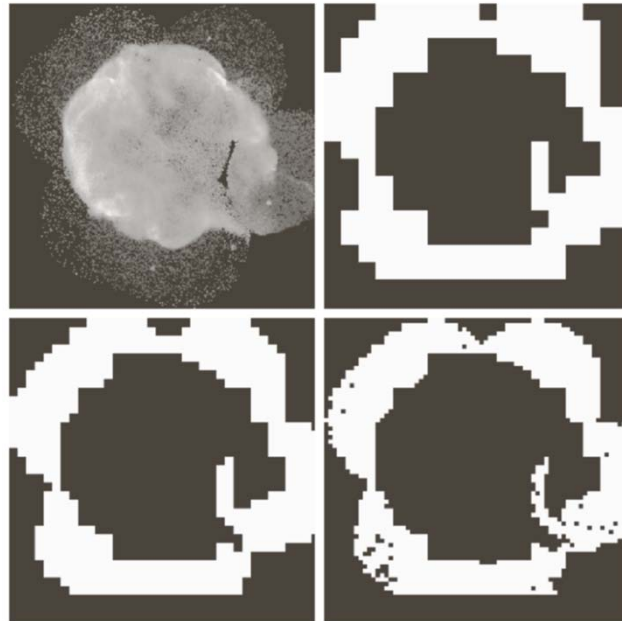


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation



a b
c d

FIGURE 10.53

(a) Image of the Cygnus Loop supernova, taken in the X-ray band by NASA's Hubble Telescope. (b)–(d) Results of limiting the smallest allowed quadregion to sizes of 32×32 , 16×16 , and 8×8 pixels, respectively. (Original image courtesy of NASA.)

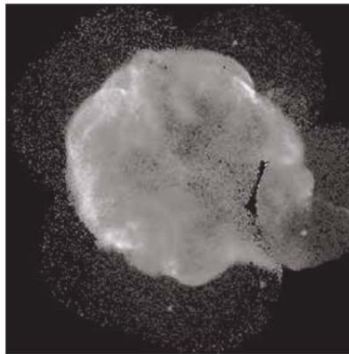
بخش‌بندی مبتنی بر ناحیه

شکافت و ادغام ناحیه: مثال

REGION SPLITTING AND MERGING

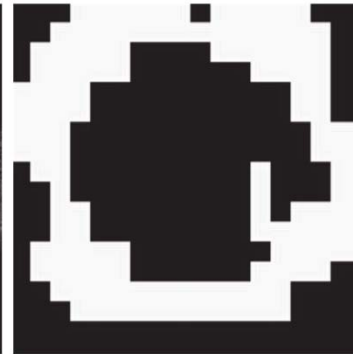
(۱)

تصویر از یک سحابی
گرفته شده با باند اشعه‌ی ایکس
توسط تلسکوپ هابل ناسا



(۲)

نتیجه‌ی بخش‌بندی با شکافت و
ادغام ناحیه:
کوچک‌ترین ناحیه‌ی ربعی
مجاز: ۳۲ در ۳۲



(۳)

نتیجه‌ی بخش‌بندی با شکافت و
ادغام ناحیه:
کوچک‌ترین ناحیه‌ی ربعی
مجاز: ۱۶ در ۱۶



(۴)

نتیجه‌ی بخش‌بندی با شکافت و
ادغام ناحیه:
کوچک‌ترین ناحیه‌ی ربعی
مجاز: ۸ در ۸



$$Q = \begin{cases} \text{TRUE} & \text{if } \sigma > a \quad \text{AND} \quad 0 < m < b \\ \text{FALSE} & \text{otherwise} \end{cases}$$

در یک ناحیه‌ی ربعی، اگر شرط Q درست
بود، کل ناحیه به رنگ سفید در می‌آید:

بخش بندی تصویر

۵

بخش بندی
با استفاده
از
آب پخش های
مورفولوژیکی

بخش‌بندی با استفاده از آب‌پخش‌های مورفولوژیکی

SEGMENTATION USING MORPHOLOGICAL WATERSHEDS

مفهوم آب‌پخش، مبتنی بر بصری‌سازی یک تصویر در سه بعد می‌باشد:
دو مختصات مکانی در برابر مقدار سطح خاکستری.

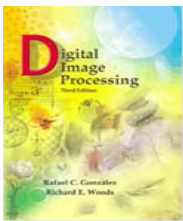
با این تعبیر توپوگرافیک، سه نوع نقطه را در نظر می‌گیریم:

(۱) نقاط متعلق به یک می‌نیم ناحیه‌ای

(۲) نقاطی که قطره‌ی آب قرار داده شده در آنها قطعاً به یک می‌نیم واحد می‌افتد.

(۳) نقاطی که قطره‌ی آب قرار داده شده در آنها با احتمال برابر به بیش از یک می‌نیم می‌افتند.

هدف اصلی الگوریتم بخش‌بندی بر اساس این مفاهیم، یافتن خطوط آب‌پخشان است.

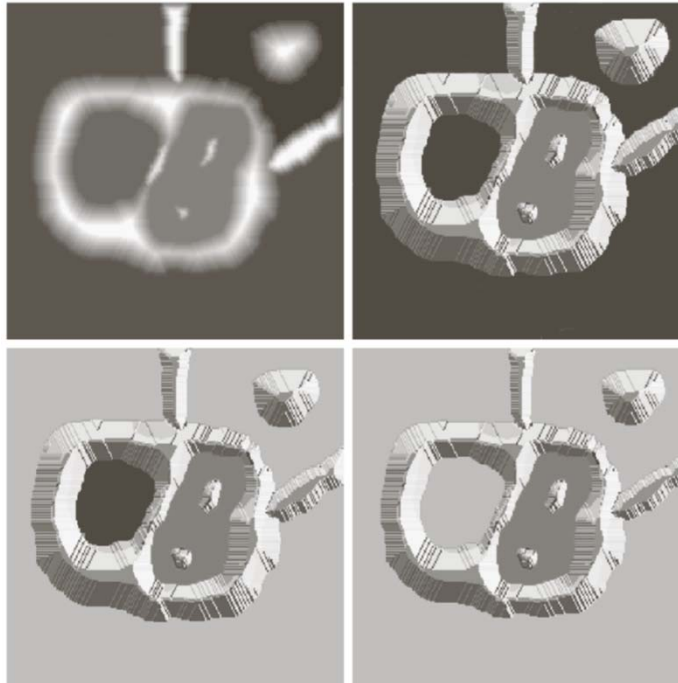


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation



a b
c d

FIGURE 10.54
(a) Original image.
(b) Topographic
view. (c)–(d) Two
stages of flooding.

بخش‌بندی با استفاده از آب‌پخش‌های مورفولوژیکی

مثال (۱ از ۲)

(۱)
تصویر اصلی



(۲)
نمای توپوگرافیکی

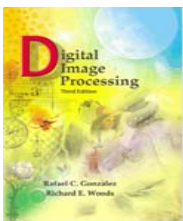


(۳)
یک مرحله از
flooding



(۴)
یک مرحله‌ی دیگر از
flooding



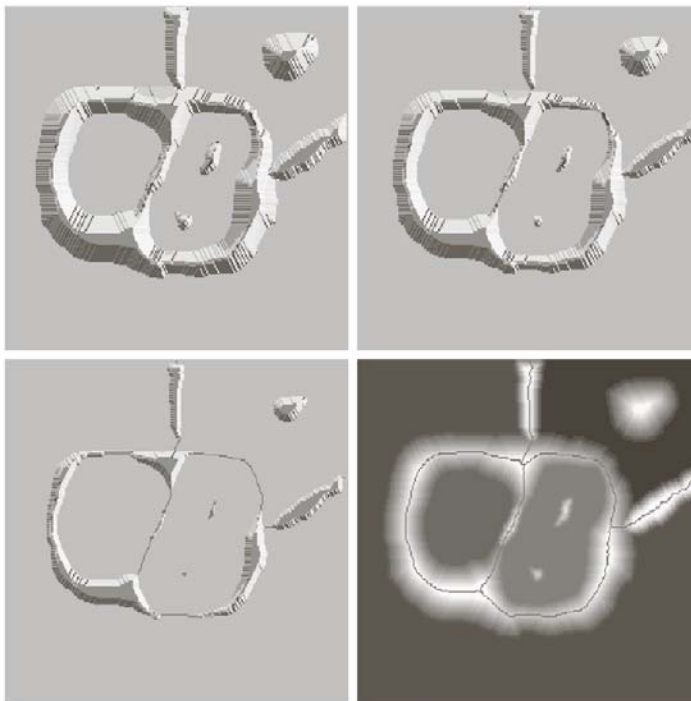


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation



e f
g h

FIGURE 10.54

(Continued)

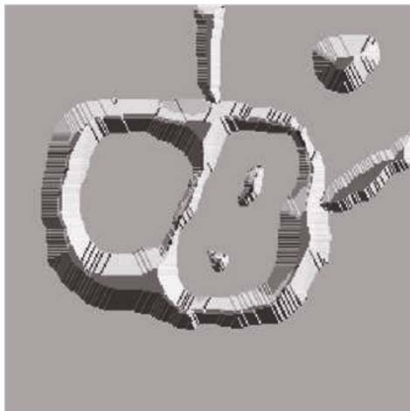
(e) Result of further flooding. (f) Beginning of merging of water from two catchment basins (a short dam was built between them). (g) Longer dams. (h) Final watershed (segmentation) lines.

(Courtesy of Dr. S. Beucher, CMM/Ecole des Mines de Paris.)

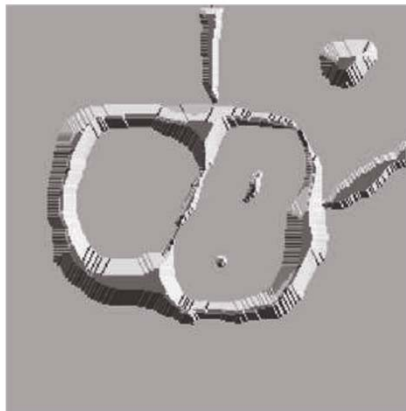
بخش‌بندی با استفاده از آب‌پخش‌های مورفولوژیکی

مثال (۲ از ۲)

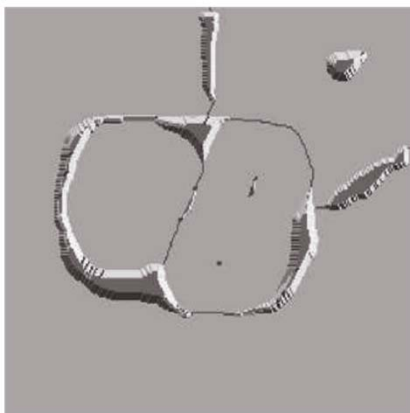
(۵)
نتیجه‌ی
flooding
بیشتر



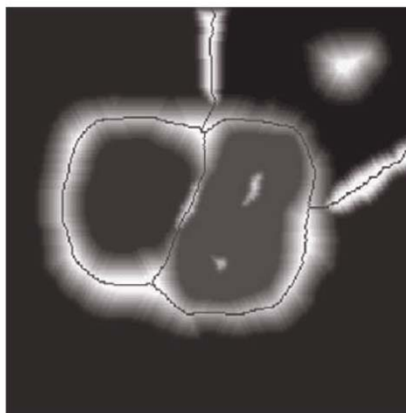
(۶)
آغاز ادغام آب‌ها از
دو حوزه‌ی آبگیر
(یک سد کوتاه بین
آنها ساخته شده
است.)

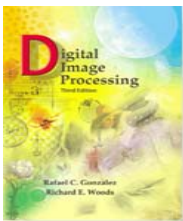


(۷)
سدهای طولانی‌تر



(۸)
خطوط نهایی
آب‌پخش‌ها
(بخش‌بندی)





Chapter 10

Image Segmentation

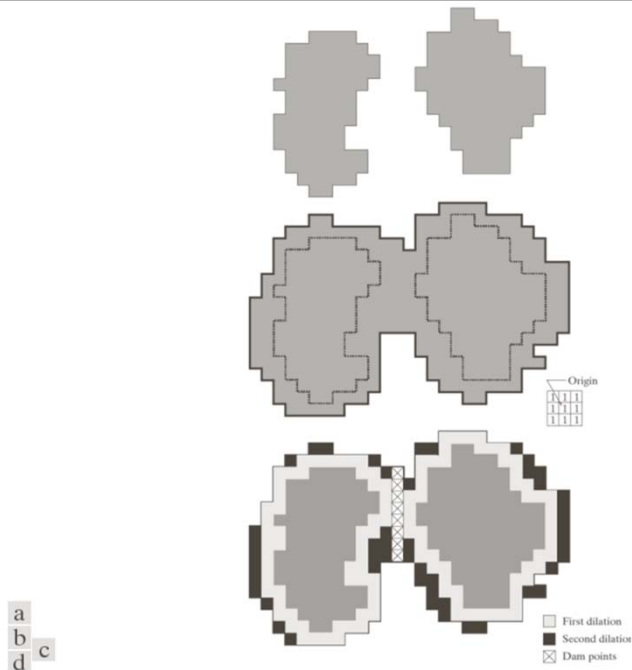
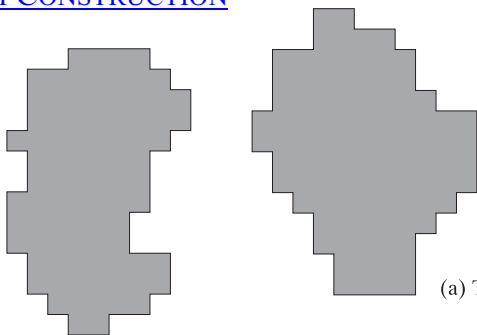


FIGURE 10.55 (a) Two partially flooded catchment basins at stage $n - 1$ of flooding. (b) Flooding at stage n , showing that water has spilled between basins. (c) Structuring element used for dilation. (d) Result of dilation and dam construction.

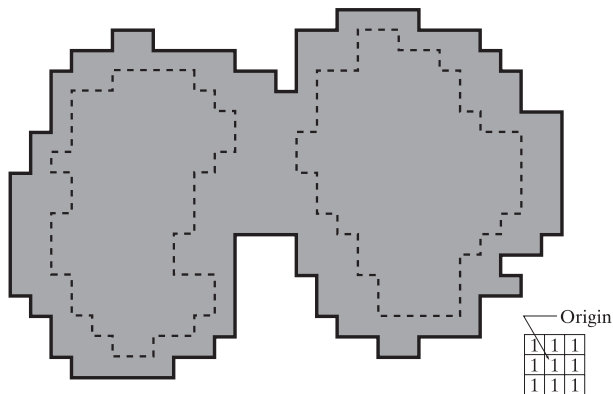
بخش‌بندی با استفاده از آب‌پخش‌های مورفولوژیکی

ساخت سد: مثال

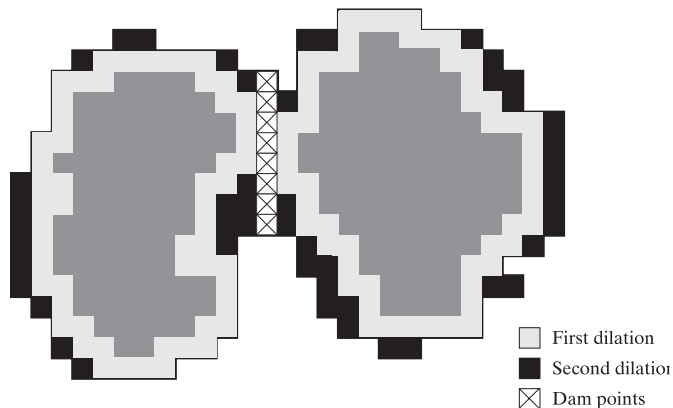
DAM CONSTRUCTION



(a) Two partially flooded catchment basins at stage $n - 1$ of flooding.

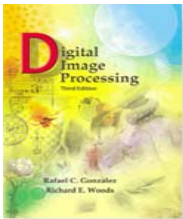


(c) Structuring element used for dilation.



(d) Result of dilation and dam construction.

(b) Flooding at stage n , showing that water has spilled between basins.

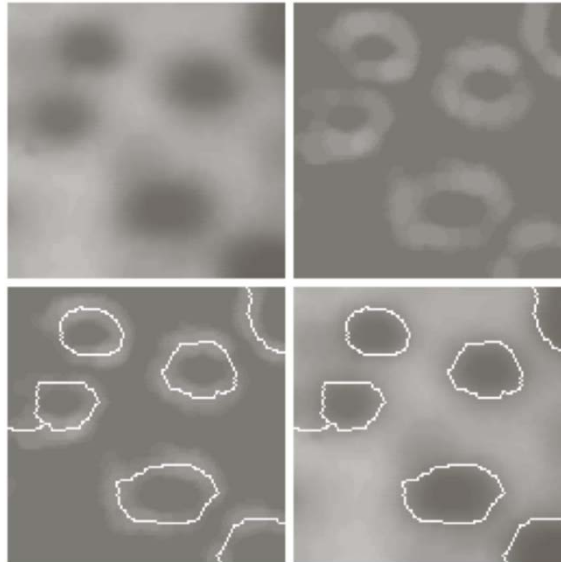


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation



a b
c d

FIGURE 10.56

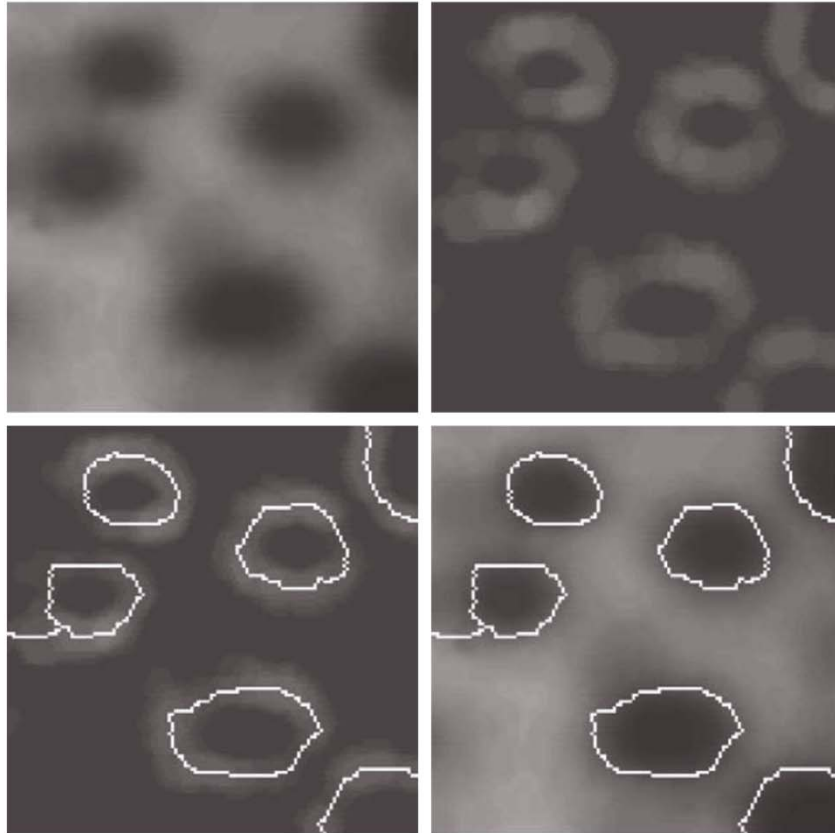
(a) Image of blobs.
(b) Image gradient.
(c) Watershed lines.
(d) Watershed lines
superimposed on
original image.
(Courtesy of Dr.
S. Beucher,
CMM/Ecole des
Mines de Paris.)

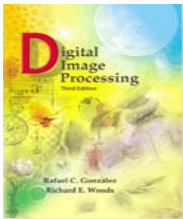
بخش‌بندی با استفاده از آب‌پخش‌های مورفولوژیکی

الگوریتم بخش‌بندی آب‌پخشان: مثال

a b
c d

- (a) Image of blobs.
- (b) Image gradient.
- (c) Watershed lines.
- (d) Watershed lines superimposed on original image.



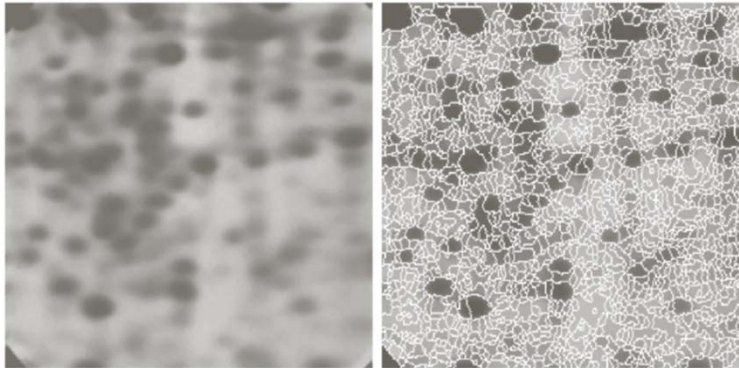


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation



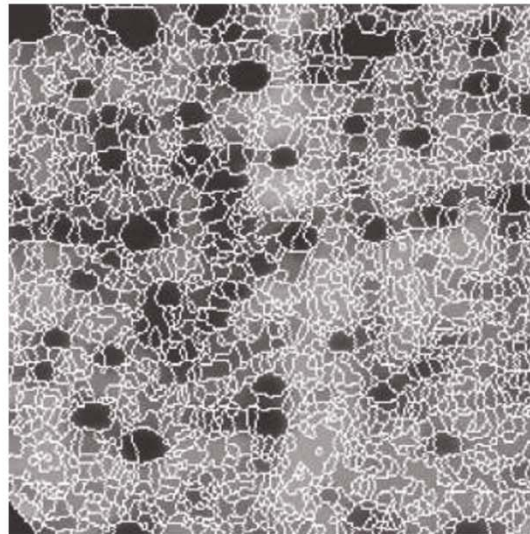
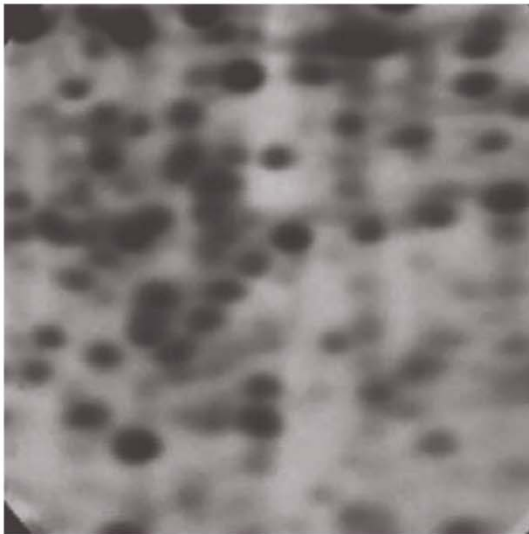
a b

FIGURE 10.57

(a) Electrophoresis image. (b) Result of applying the watershed segmentation algorithm to the gradient image. Oversegmentation is evident. (Courtesy of Dr. S. Beucher, CMM/Ecole des Mines de Paris.)

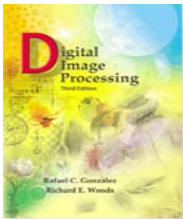
بخش‌بندی با استفاده از آب‌پخش‌های مورفولوژیکی

الگوریتم بخش‌بندی آب‌پخشان: مثال



a b

(a) Electrophoresis image. (b) Result of applying the watershed segmentation algorithm to the gradient image. Oversegmentation is evident.

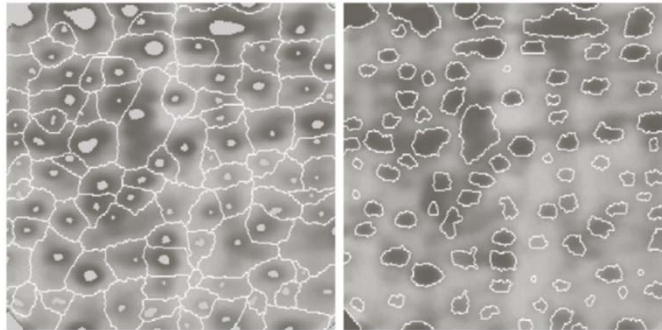


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

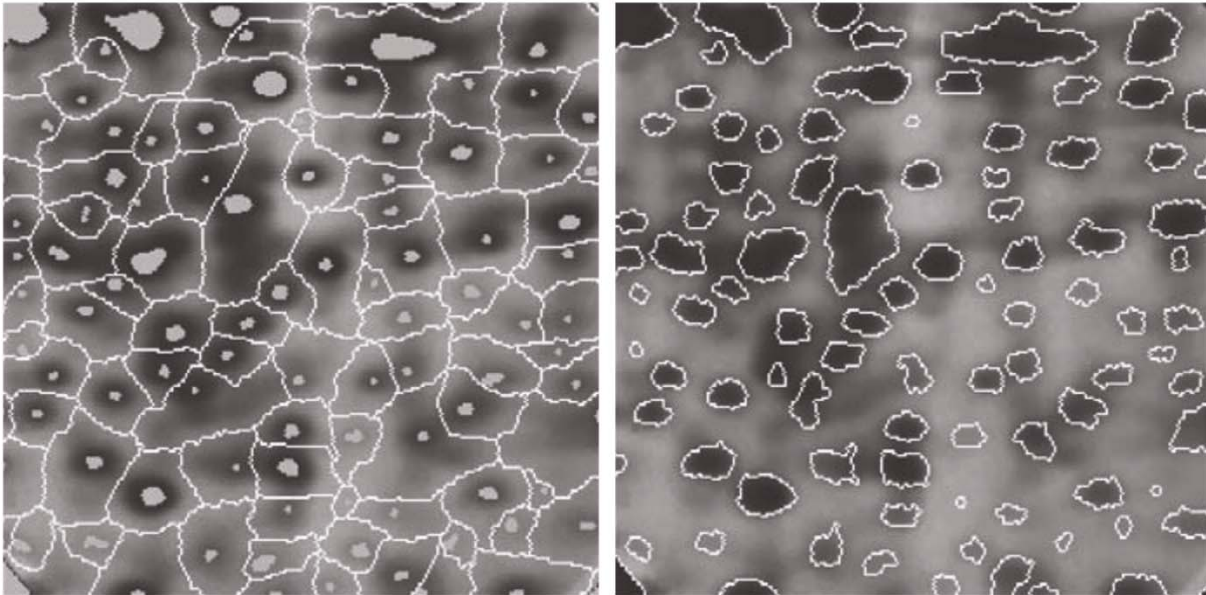


a b

FIGURE 10.58 (a) Image showing internal markers (light gray regions) and external markers (watershed lines). (b) Result of segmentation. Note the improvement over Fig. 10.47(b). (Courtesy of Dr. S. Beucher, CMM/Ecole des Mines de Paris.)

بخش‌بندی با استفاده از آب‌پخش‌های مورفولوژیکی

الگوریتم بخش‌بندی آب‌پخش‌شان: استفاده از علامت‌گذارهای داخلی و خارجی: مثال



a b

(a) Image showing internal markers (light gray regions) and external markers (watershed lines). (b) Result of segmentation.

بخش بندی تصویر

۶

استفاده از
حرکت در
بخش بندی

استفاده از حرکت در بخش بندی

THE USE OF MOTION IN SEGMENTATION

حرکت یک راهنمای قدرت مند برای تشخیص اشیا و نواحی مورد نظر است.

تکنیک های استفاده از حرکت در بخش بندی

تکنیک های حوزه ی فرکانس

Frequency Domain Techniques

تکنیک های حوزه ی مکان

Spatial Techniques

استفاده از حرکت در بخش بندی

تکنیک‌های حوزه‌ی مکان

SPATIAL TECHNIQUES

frames $f(x, y, t_i)$ and $f(x, y, t_j)$ taken at times t_i and t_j , respectively,

مقایسه‌ی دو فریم از طریق تفاضل:

$$d_{ij}(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } |f(x, y, t_i) - f(x, y, t_j)| > T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

استفاده از حرکت در بخش بندی

تکنیک‌های حوزه‌ی مکان: تفاضل‌های انباشته

ACCUMULATIVE DIFFERENCES

Consider a sequence of image frames $f(x, y, t_1), f(x, y, t_2), \dots, f(x, y, t_n)$ and let $f(x, y, t_1)$ be the *reference image*. An *accumulative difference image* (ADI) is formed by comparing this reference image with every subsequent image in the sequence. _

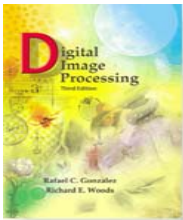
$$A_k(x, y) = \begin{cases} A_{k-1}(x, y) + 1 & \text{if } |R(x, y) - f(x, y, k)| > T \\ A_{k-1}(x, y) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$P_k(x, y) = \begin{cases} P_{k-1}(x, y) + 1 & \text{if } [R(x, y) - f(x, y, k)] > T \\ P_{k-1}(x, y) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$N_k(x, y) = \begin{cases} N_{k-1}(x, y) + 1 & \text{if } [R(x, y) - f(x, y, k)] < -T \\ N_{k-1}(x, y) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$R(x, y)$ denote the reference image

where $A_k(x, y)$, $P_k(x, y)$, and $N_k(x, y)$ are the absolute, positive, and negative ADIs, respectively, after the k th image in the sequence is encountered.

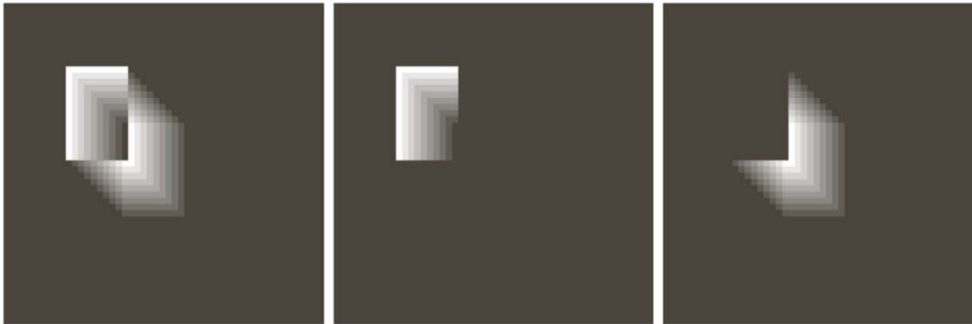


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation



a b c

FIGURE 10.59 ADIs of a rectangular object moving in a southeasterly direction. (a) Absolute ADI. (b) Positive ADI. (c) Negative ADI.

استفاده از حرکت در بخش بندی

تکنیک‌های حوزه‌ی مکان: تفاضل‌های انباشته: مثال

ACCUMULATIVE DIFFERENCES

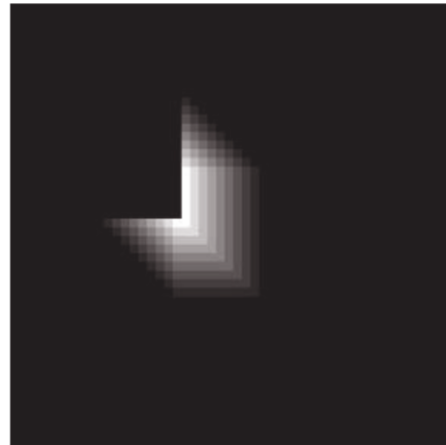
ADIs of a rectangular object moving in a southeasterly direction.



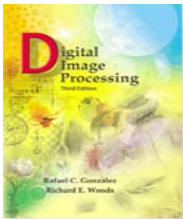
(a) Absolute ADI



(b) Positive ADI



(b) Negative ADI



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation



a b c

FIGURE 10.60 Building a static reference image. (a) and (b) Two frames in a sequence. (c) Eastbound automobile subtracted from (a) and the background restored from the corresponding area in (b). (Jain and Jain.)

استفاده از حرکت در بخش بندی

تکنیک‌های حوزه‌ی مکان: ایجاد یک تصویر مرجع: مثال

ESTABLISHING A REFERENCE IMAGE



a b c

Building a static reference image. (a) and (b) Two frames in a sequence.

(c) Eastbound automobile subtracted from (a) and the background restored from the corresponding area in (b).

استفاده از حرکت در بخش بندی

تکنیک‌های حوزه‌ی فرکانس

FREQUENCY DOMAIN TECHNIQUES

These concepts may be summarized as follows. For a sequence of K digital images of size $M \times N$, the sum of the weighted projections onto the x axis at any integer instant of time is

$$g_x(t, a_1) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y, t) e^{j2\pi a_1 x \Delta t} \quad t = 0, 1, \dots, K - 1$$

Similarly, the sum of the projections onto the y -axis is

$$g_y(t, a_2) = \sum_{y=0}^{N-1} \sum_{x=0}^{M-1} f(x, y, t) e^{j2\pi a_2 y \Delta t} \quad t = 0, 1, \dots, K - 1$$

where, as noted already, a_1 and a_2 are positive integers.

The 1-D Fourier transforms of Eqs. (10.6-6) and (10.6-7), respectively, are

$$G_x(u_1, a_1) = \sum_{t=0}^{K-1} g_x(t, a_1) e^{-j2\pi u_1 t/K} \quad u_1 = 0, 1, \dots, K - 1$$

and

$$G_y(u_2, a_2) = \sum_{t=0}^{K-1} g_y(t, a_2) e^{-j2\pi u_2 t/K} \quad u_2 = 0, 1, \dots, K - 1$$

استفاده از حرکت در بخش بندی

تکنیک‌های حوزه‌ی فرکانس

FREQUENCY DOMAIN TECHNIQUES

The frequency-velocity relationship is

$$u_1 = a_1 V_1$$

and

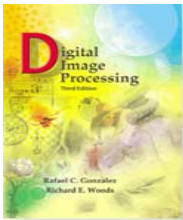
$$u_2 = a_2 V_2$$

The sign of the x -component of the velocity is obtained by computing

$$S_{1x} = \left. \frac{d^2 \text{Re}[g_x(t, a_1)]}{dt^2} \right|_{t=n}$$

and

$$S_{2x} = \left. \frac{d^2 \text{Im}[g_x(t, a_1)]}{dt^2} \right|_{t=n}$$



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

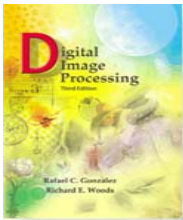
www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10

Image Segmentation



FIGURE 10.61
LANDSAT frame.
(Cowart, Snyder,
and Ruedger.)



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

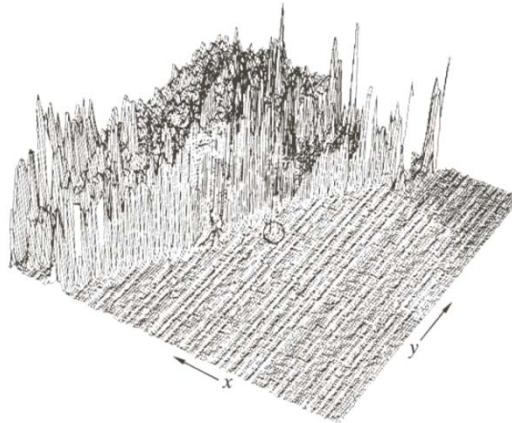
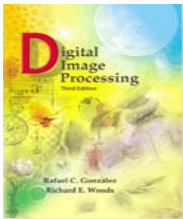


FIGURE 10.62
Intensity plot of
the image in Fig.
10.61, with the
target circled.
(Rajala, Riddle,
and Snyder.)



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

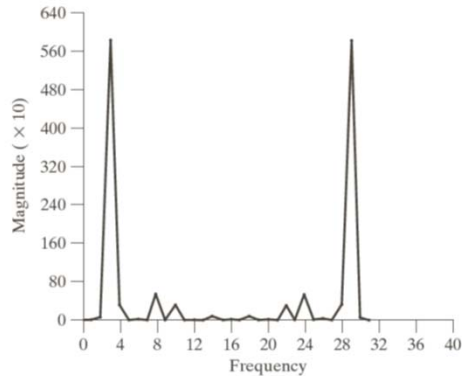
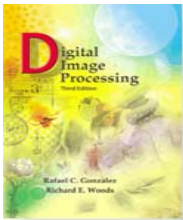


FIGURE 10.63
Spectrum of Eq.
(10.6-8) showing a
peak at $u_1 = 3$.
(Rajala, Riddle,
and Snyder.)



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 10 Image Segmentation

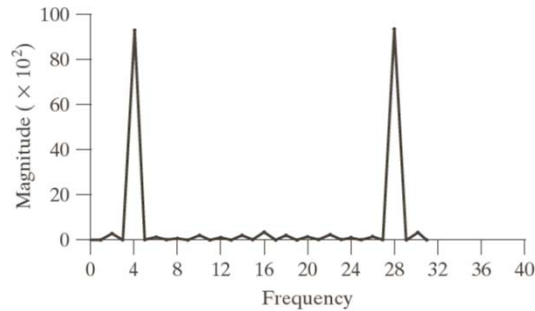


FIGURE 10.64
Spectrum of Eq.
(10.6-9) showing a
peak at $u_2 = 4$.
(Rajala, Riddle,
and Snyder.)

استفاده از حرکت در بخش بندی

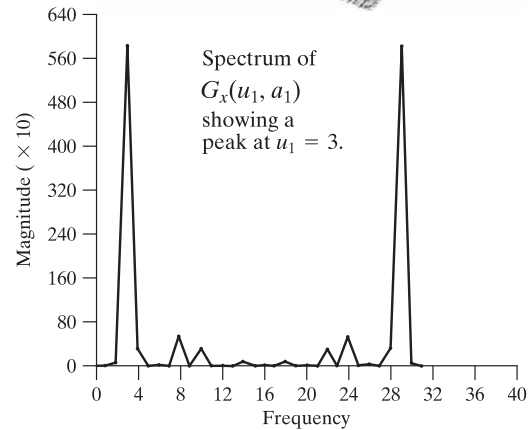
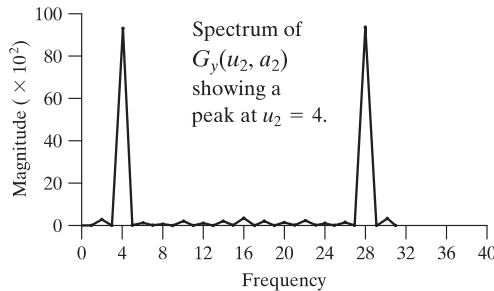
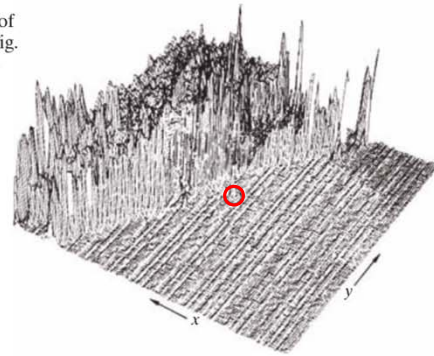
تکنیک‌های حوزه‌ی فرکانس: مثال (تشخیص شیء متحرک کوچک از طریق حوزه‌ی فرکانس)

FREQUENCY DOMAIN TECHNIQUES

FIGURE 10.61
LANDSAT frame.



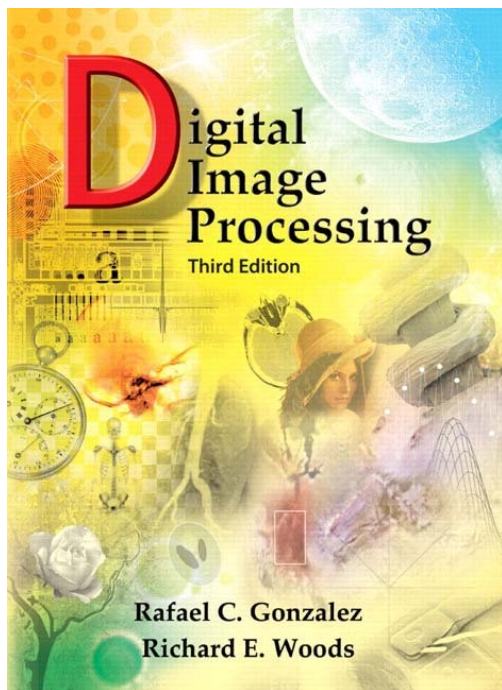
Intensity plot of the image in Fig. 10.61, with the target circled.



بخش بندی تصویر

۷

منابع



Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods,
Digital Image Processing,
Third Edition, Pearson Prentice Hall, 2008.
Chapter 10