

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



مبانی بینایی کامپیوتری

درس ۵

فیلتر کردن در حوزه‌ی مکان

Spatial Filtering

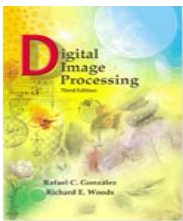
کاظم فولادی قلعه
دانشکده مهندسی، پردیس فارابی
دانشگاه تهران

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

فیلتر کردن در حوزه‌ی مکان

۱

مبانی
فیلتر کردن
مکانی



Chapter 3 Intensity Transformations & Spatial Filtering

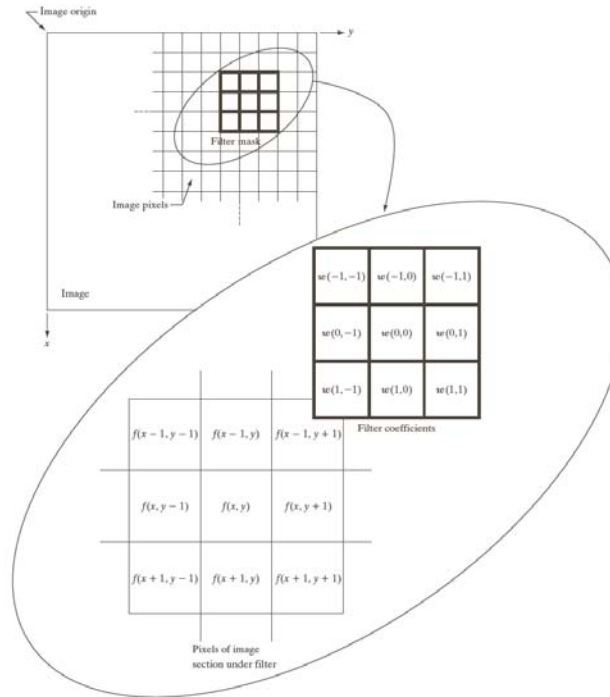
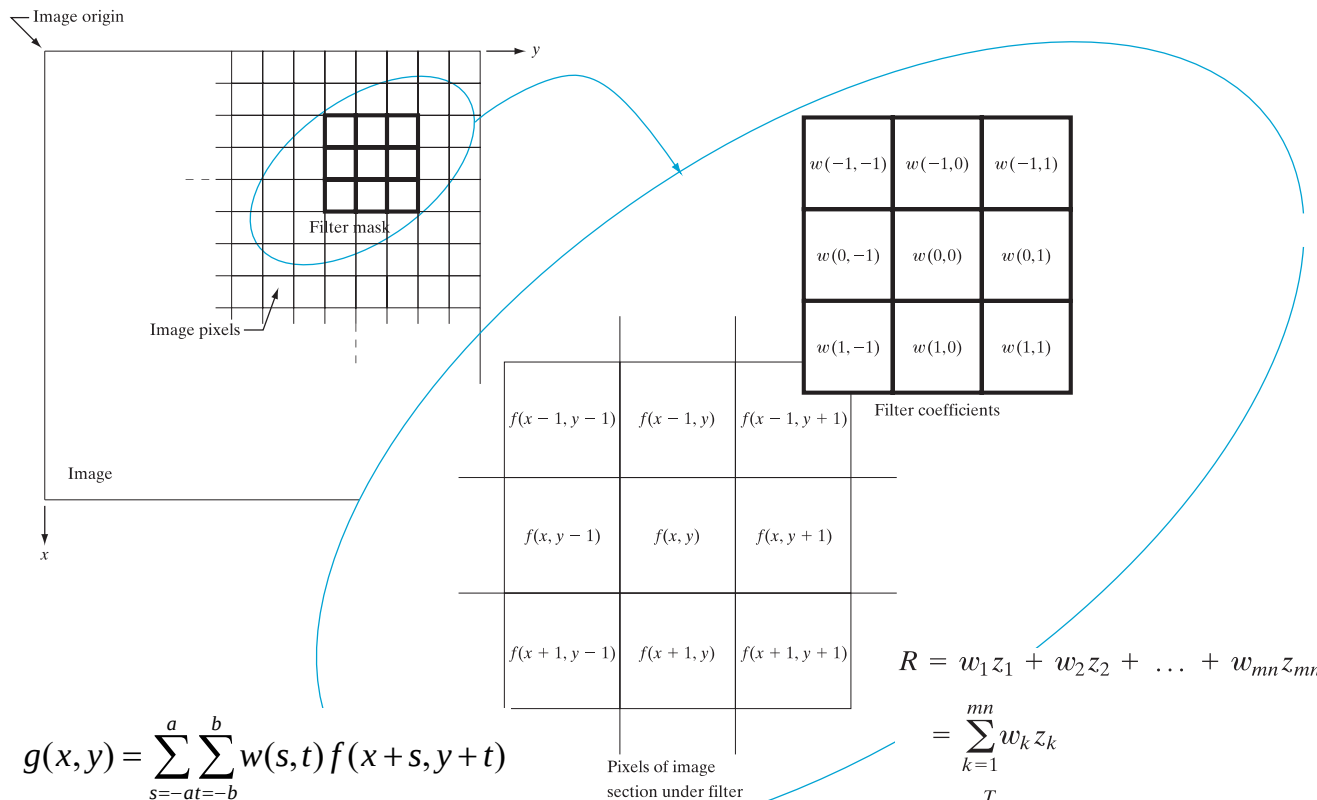


FIGURE 3.28 The mechanics of linear spatial filtering using a 3×3 filter mask. The form chosen to denote the coordinates of the filter mask coefficients simplifies writing expressions for linear filtering.

مبانی فیلتر کردن مکانی

فیلترینگ مکانی خطی

BASICS OF SPATIAL FILTERING



$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x+s, y+t)$$

Pixels of image
section under filter

$$R = w_1 z_1 + w_2 z_2 + \dots + w_{mn} z_{mn}$$

$$= \sum_{k=1}^{mn} w_k z_k$$

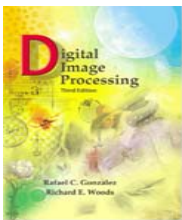
$$= \mathbf{w}^T \mathbf{z}$$

مبانی فیلتر کردن مکانی

BASICS OF SPATIAL FILTERING

فیلترینگ مکانی غیرخطی نیز معمولاً از یک همسایگی استفاده می‌کند، اما برخی عملیات ریاضی دیگر استفاده می‌شوند.
(شامل دستورات شرطی، آماری (مرتب‌سازی مقادیر پیکسل در همسایگی و ...) و ...)

از آنجا که همسایگی شامل پیکسل‌هایی در همه‌ی اطراف پیکسل مرکزی است، برخی روال‌های بخصوص باید برای اطراف بالا، پایین، چپ و راست تصویر استفاده شود تا فرآیند تلاش نکند با پیکسل‌هایی که وجود ندارند، کار کند.
(تکنیک‌هایی مثل padding)



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering

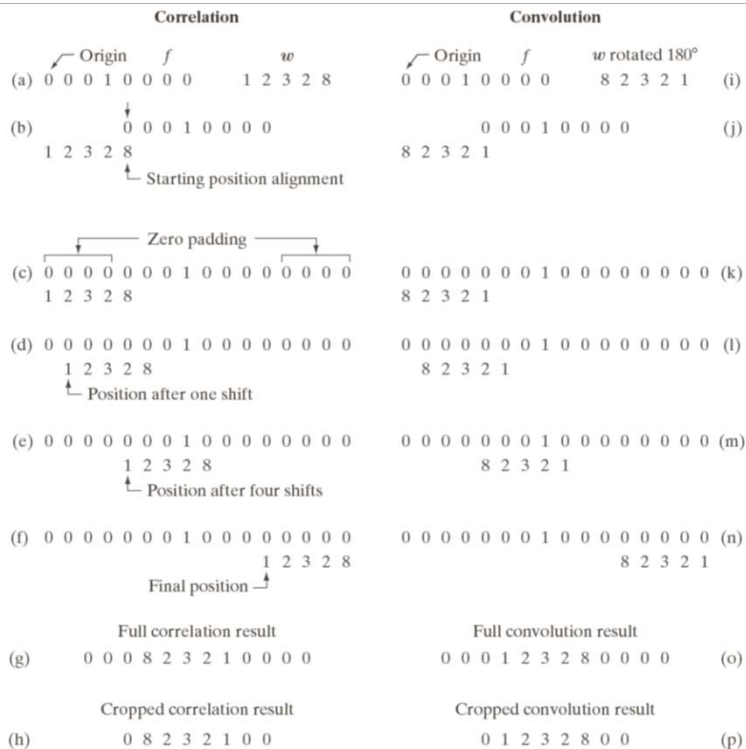


FIGURE 3.29 Illustration of 1-D correlation and convolution of a filter with a discrete unit impulse. Note that correlation and convolution are functions of *displacement*.

مبانی فیلتر کردن مکانی

کانولوشن و همبستگی: یک بعدی

کانولوشن
Convolution

$$w(x, y) \star f(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x-s, y-t)$$

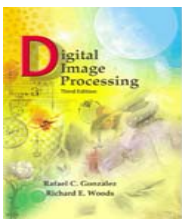
Convolution

- (a) Origin f w
 0 0 0 1 0 0 0 0 1 2 3 2 8
- (b) 0 0 0 1 0 0 0 0
 1 2 3 2 8
 Starting position alignment
- (c) Zero padding
 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 2 8
- (d) 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 2 8
 Position after one shift
- (e) 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 2 8
 Position after four shifts
- (f) 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 2 8
 Final position
- (g) Full convolution result
 0 0 0 8 2 3 2 1 0 0 0 0
- (h) Cropped convolution result
 0 8 2 3 2 1 0 0
- (i) Origin f w rotated 180°
 0 0 0 1 0 0 0 0 8 2 3 2 1
- (j) 0 0 0 1 0 0 0 0
 8 2 3 2 1
- (k) 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
 8 2 3 2 1
- (l) 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
 8 2 3 2 1
- (m) 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
 8 2 3 2 1
- (n) 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
 8 2 3 2 1
- (o) Full convolution result
 0 0 0 1 2 3 2 8 0 0 0 0
- (p) Cropped convolution result
 0 1 2 3 2 8 0 0

همبستگی
Correlation

$$w(x, y) \star f(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x+s, y+t)$$

- (a) Origin f w
 0 0 0 1 0 0 0 0 1 2 3 2 8
- (b) 0 0 0 1 0 0 0 0
 1 2 3 2 8
 Starting position alignment
- (c) Zero padding
 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 2 8
- (d) 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 2 8
 Position after one shift
- (e) 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 2 8
 Position after four shifts
- (f) 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 2 8
 Final position
- (g) Full correlation result
 0 0 0 8 2 3 2 1 0 0 0 0
- (h) Cropped correlation result
 0 8 2 3 2 1 0 0



Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering

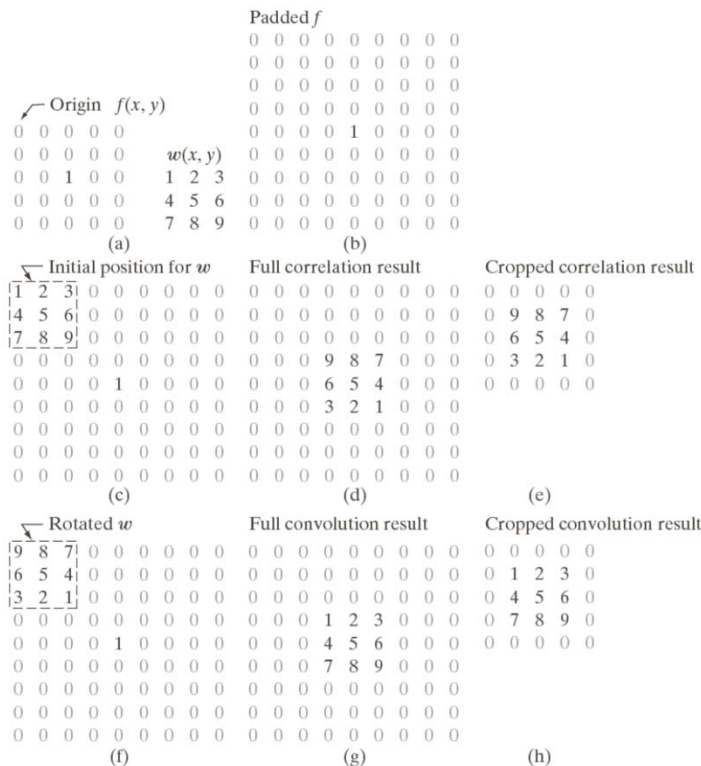


FIGURE 3.30
Correlation (middle row) and convolution (last row) of a 2-D filter with a 2-D discrete, unit impulse. The 0s are shown in gray to simplify visual analysis.

مبانی فیلتر کردن مکانی

کانولوشن و همبستگی: دو بعدی

Origin $f(x, y)$

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

$w(x, y)$

1	2	3
4	5	6
7	8	9

(a)

Padded f

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

(b)

Initial position for w

1	2	3	0	0	0	0	0
4	5	6	0	0	0	0	0
7	8	9	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

(c)

Full correlation result

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	9	8	7	0
0	0	0	6	5	4	0	0
0	0	0	3	2	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

(d)

Cropped correlation result

0	0	0	0	0
0	9	8	7	0
0	6	5	4	0
0	3	2	1	0
0	0	0	0	0

(e)

Rotated w

9	8	7	0	0	0	0	0
6	5	4	0	0	0	0	0
3	2	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

(f)

Full convolution result

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	2	3	0	0
0	0	0	4	5	6	0	0
0	0	0	7	8	9	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

(g)

Cropped convolution result

0	0	0	0	0
0	1	2	3	0
0	4	5	6	0
0	7	8	9	0
0	0	0	0	0

(h)

همبستگی

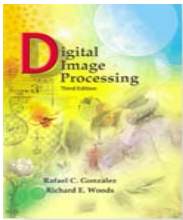
Correlation

$$w(x, y) \star f(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x + s, y + t)$$

کانولوشن

Convolution

$$w(x, y) \star f(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x - s, y - t)$$



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering

w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9

FIGURE 3.31
Another
representation of
a general 3×3
filter mask.

مبانی فیلتر کردن مکانی

BASICS OF SPATIAL FILTERING

w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9

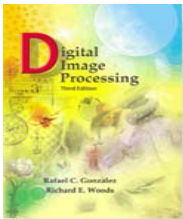
Another representation of a general 3×3 filter mask.

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

فیلتر کردن در حوزه‌ی مکان

۲

فیلترهای
مکانی
هموارکننده



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering

$$\frac{1}{9} \times \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

$$\frac{1}{16} \times \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline 2 & 4 & 2 \\ \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline \end{array}$$

a b

FIGURE 3.32 Two 3×3 smoothing (averaging) filter masks. The constant multiplier in front of each mask is equal to 1 divided by the sum of the values of its coefficients, as is required to compute an average.

فیلترهای مکانی هموارکننده

SMOOTHING SPATIAL FILTERS

فیلترهای خطی هموارکننده

Smoothing Linear Filters

فیلترهای متوسط‌گیری (پایین‌گذر)

Averaging Filters (Lowpass)

فیلتر متوسط‌گیری وزن‌دار

Weighted Average Filter

فیلتر چهارگوش

Box Filter

$$\frac{1}{16} \times$$

1	2	1
2	4	2
1	2	1

$$\frac{1}{9} \times$$

1	1	1
1	1	1
1	1	1

مقدار ضریب ثابت: معکوس مجموع ضرایب موجود در ماسک

فیلترهای مکانی هموارکننده

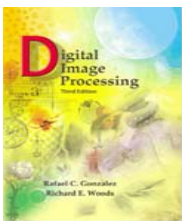
فیلتر متوسط گیری وزن دار

SMOOTHING SPATIAL FILTERS

پیاده سازی عمومی برای فیلتر کردن یک تصویر $M \times N$
با یک فیلتر متوسط گیری وزن دار با اندازه $m \times n$

$$g(x, y) = \frac{\sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x + s, y + t)}{\sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t)}$$

$$a = \frac{m-1}{2} \quad b = \frac{n-1}{2}$$

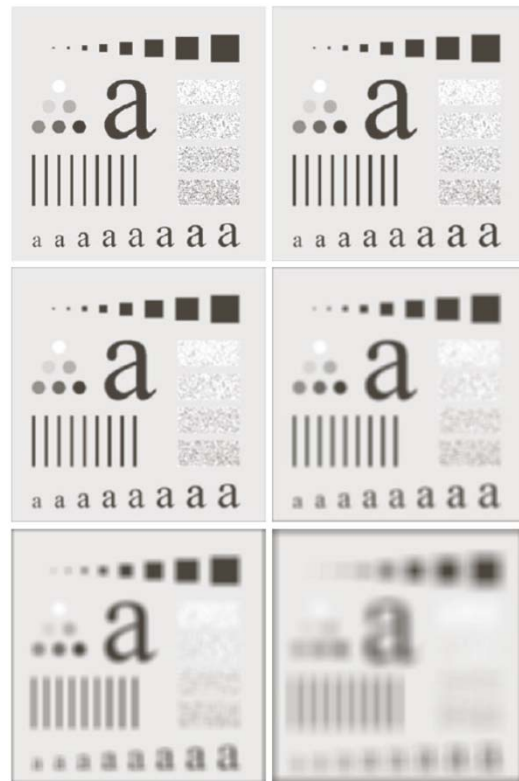


Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering

FIGURE 3.33 (a) Original image, of size 500×500 pixels. (b)–(f) Results of smoothing with square averaging filter masks of sizes $m = 3, 5, 9, 15,$ and 35 , respectively. The black squares at the top are of sizes $3, 5, 9, 15, 25, 35, 45,$ and 55 pixels, respectively; their borders are 25 pixels apart. The letters at the bottom range in size from 10 to 24 points, in increments of 2 points; the large letter at the top is 60 points. The vertical bars are 5 pixels wide and 100 pixels high; their separation is 20 pixels. The diameter of the circles is 25 pixels, and their borders are 15 pixels apart; their intensity levels range from 0% to 100% black in increments of 20% . The background of the image is 10% black. The noisy rectangles are of size 50×120 pixels.

a b
c d
e f



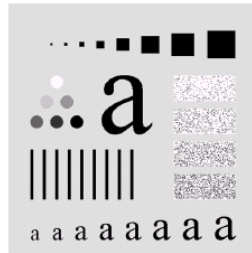
فیلترهای مکانی هموارکننده

هموارسازی تصویر با ماسک‌های دارای اندازه‌ی گوناگون: مثال

SMOOTHING SPATIAL FILTERS

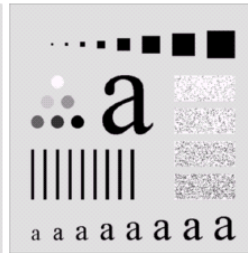
(۱)

تصویر اصلی با اندازه‌ی 500×500



(۲)

هموارسازی با فیلتر متوسط‌گیری مربعی
با اندازه‌ی ماسک $m = 3$



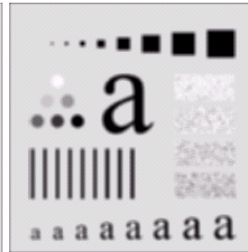
(۳)

هموارسازی با فیلتر متوسط‌گیری مربعی
با اندازه‌ی ماسک $m = 5$



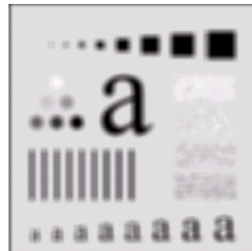
(۴)

هموارسازی با فیلتر متوسط‌گیری مربعی
با اندازه‌ی ماسک $m = 9$



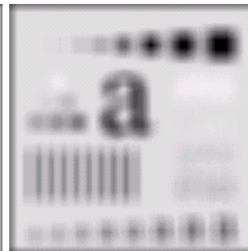
(۵)

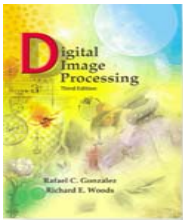
هموارسازی با فیلتر متوسط‌گیری مربعی
با اندازه‌ی ماسک $m = 15$



(۶)

هموارسازی با فیلتر متوسط‌گیری مربعی
با اندازه‌ی ماسک $m = 35$





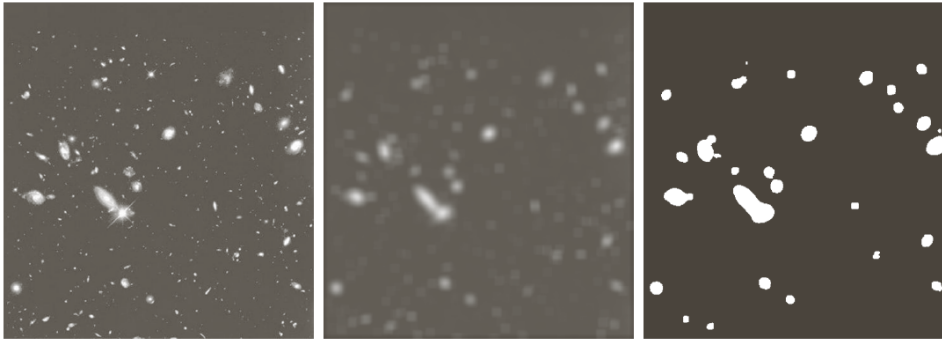
Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering



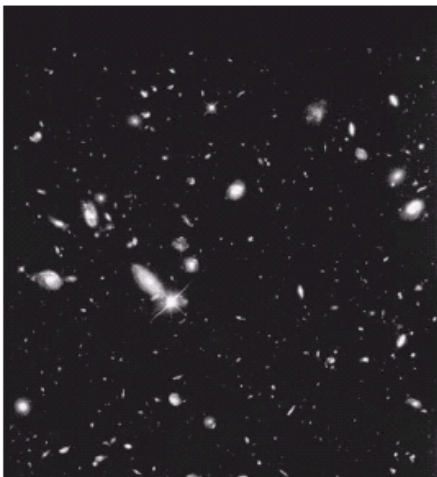
a b c

FIGURE 3.34 (a) Image of size 528×485 pixels from the Hubble Space Telescope. (b) Image filtered with a 15×15 averaging mask. (c) Result of thresholding (b). (Original image courtesy of NASA.)

فیلترهای مکانی هموارکننده

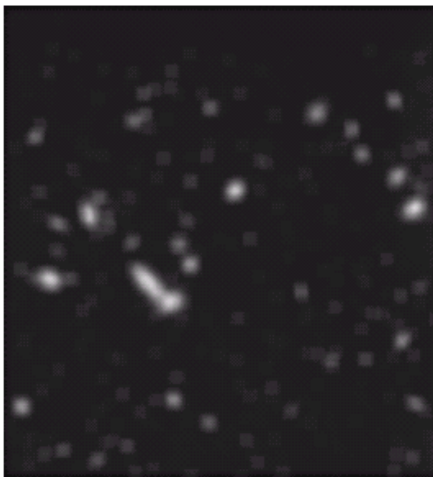
هموارسازی تصویر با ماسک‌های دارای اندازه‌ی گوناگون: مثال

SMOOTHING SPATIAL FILTERS



(۱)

تصویر اصلی با اندازه‌ی 528×485
از تلسکوپ هابل



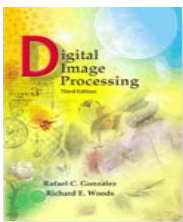
(۲)

هموارسازی با فیلتر متوسط‌گیری مربعی
با اندازه‌ی ماسک $m = 15$



(۳)

نتیجه پس از آستانه‌گیری



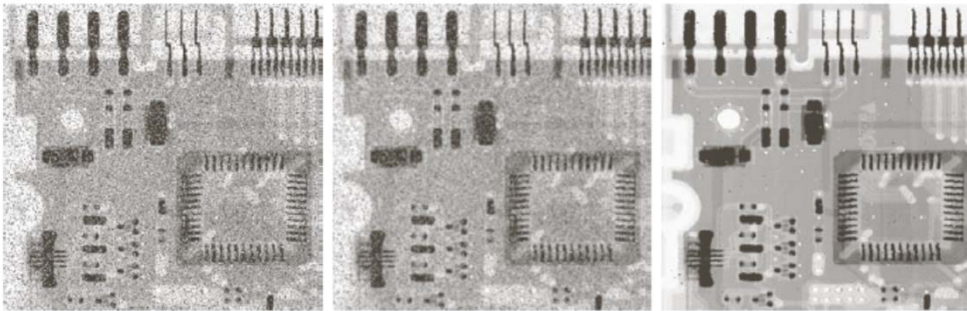
Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering



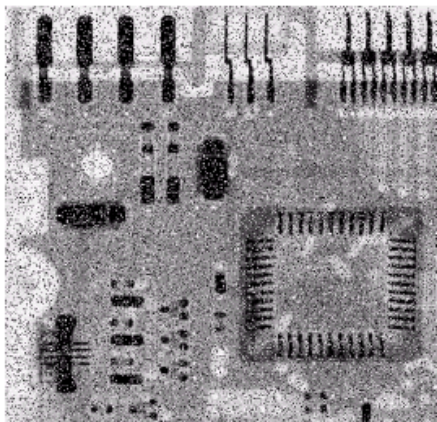
a b c

FIGURE 3.35 (a) X-ray image of circuit board corrupted by salt-and-pepper noise. (b) Noise reduction with a 3×3 averaging mask. (c) Noise reduction with a 3×3 median filter. (Original image courtesy of Mr. Joseph E. Pascente, Lixi, Inc.)

فیلترهای آماره-ترتیبی

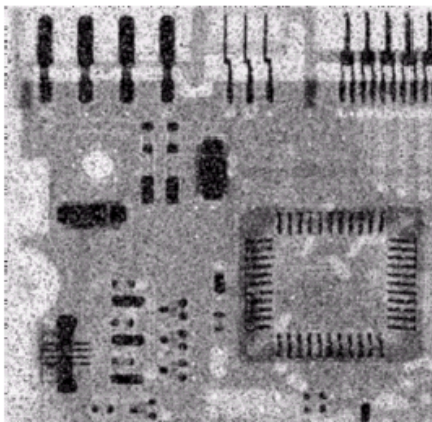
ORDER-STATISTIC FILTERSفیلتر میانه
Median Filter

برای کاهش نویز ضربه‌ای (نویز فلفل-نمکی: salt-and-pepper noise)



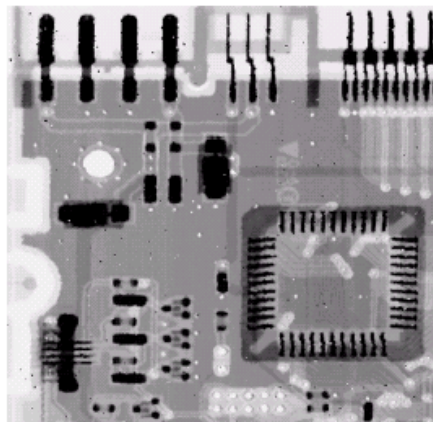
(۱)

تصویر اصلی اشعه ایکس از یک مدار چاپی
که با نویز فلفل-نمکی تخریب شده است.



(۲)

کاهش نویز با فیلتر متوسط‌گیری مربعی
با اندازه‌ی ماسک $m = 3$



(۳)

کاهش نویز با فیلتر میانه مربعی
با اندازه‌ی ماسک $m = 3$

فیلتر کردن در حوزه‌ی مکان

۳

فیلترهای
مکانی
تیزکننده

فیلترهای مکانی تیز کننده

SHARPENING SPATIAL FILTERS

فیلترهای خطی تیز کننده

Sharpening Linear Filters

فیلترهای مشتق‌گیری (بالاگذر)

Derivative Filters (Highpass)

مشتق مرتبه دوم

Second-Order Derivative

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

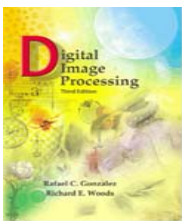
مشتق مرتبه اول

First-Order Derivative

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

(برای تابع یک بعدی $f(x)$)

فیلترهای تیز کننده مبتنی بر محاسبه‌ی مشتقات مکانی یک تصویر هستند.



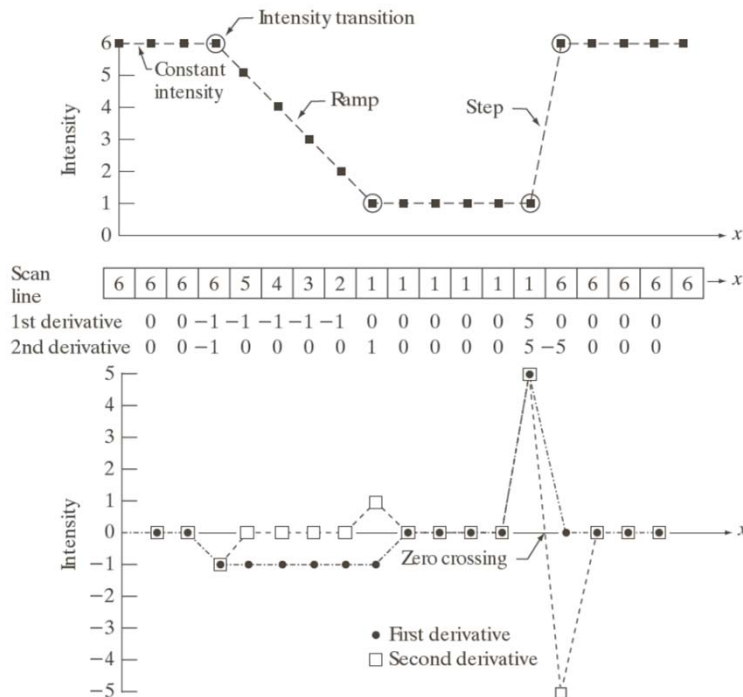
Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering



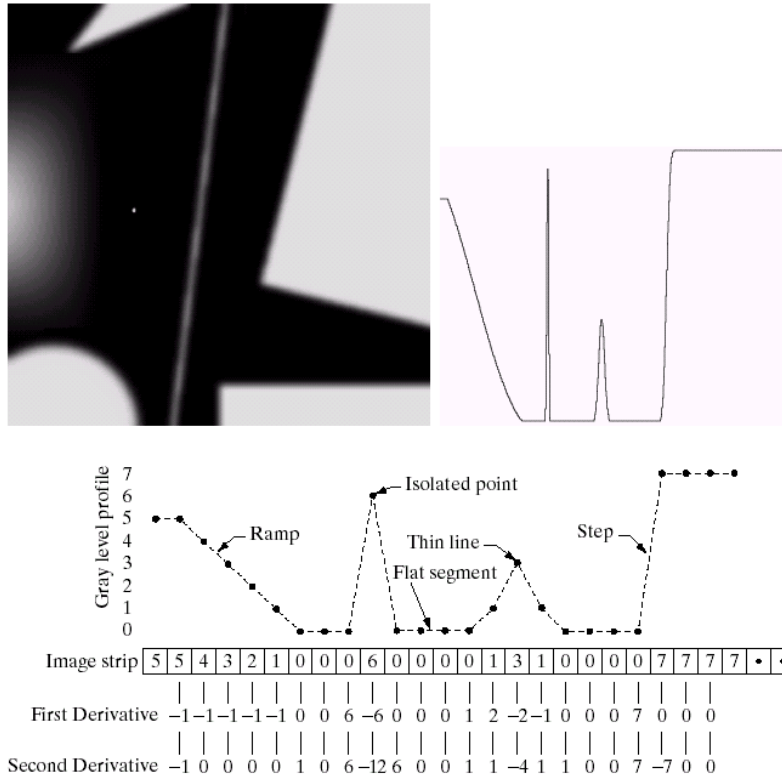
a
b
c

FIGURE 3.36 Illustration of the first and second derivatives of a 1-D digital function representing a section of a horizontal intensity profile from an image. In (a) and (c) data points are joined by dashed lines as a visualization aid.

فیلترهای مکانی تیز کننده

مثال

SHARPENING SPATIAL FILTERS



فیلترهای مکانی تیز کننده

مثال

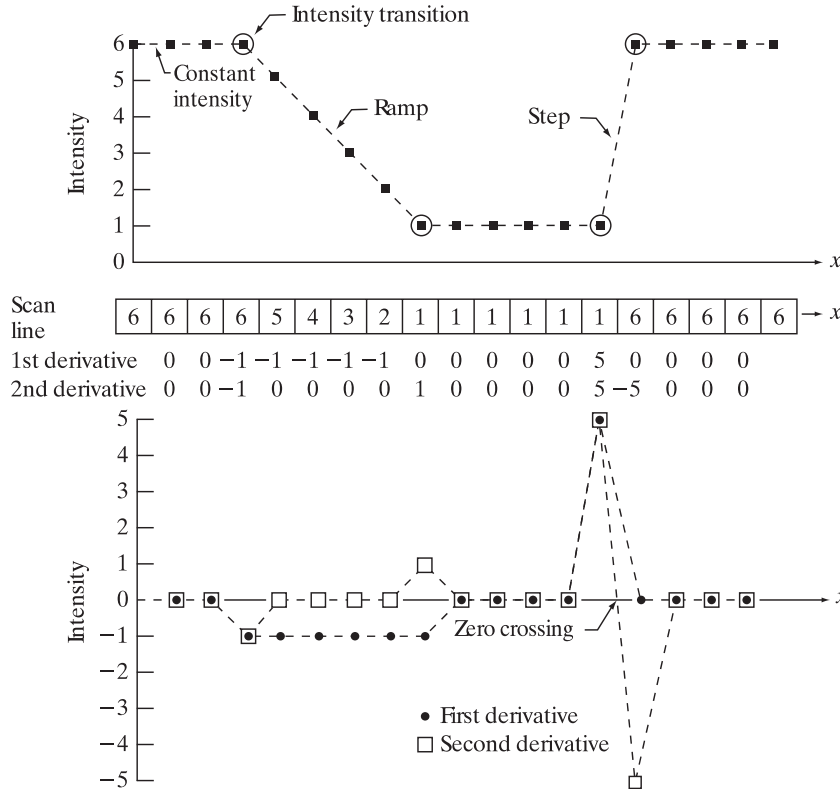
SHARPENING SPATIAL FILTERSa
b
c

Illustration of the first and second derivatives of a 1-D digital function representing a section of a horizontal intensity profile from an image. In (a) and (c) data points are joined by dashed lines as a visualization aid.

فیلترهای مکانی تیز کننده

استفاده از مشتقات دوم برای به سازی: لاپلاسین

USE OF SECOND DERIVATIVES FOR ENHANCEMENT: THE LAPLACIAN

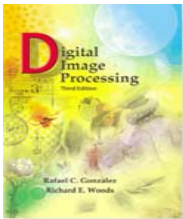
عملگر لاپلاسین دو بعدی برای توابع پیوسته:

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

لاپلاسین یک عملگر خطی است.

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

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



Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering

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

a b
c d

FIGURE 3.37
(a) Filter mask used to implement Eq. (3.6-6).
(b) Mask used to implement an extension of this equation that includes the diagonal terms.
(c) and (d) Two other implementations of the Laplacian found frequently in practice.

فیلترهای مکانی تیز کننده

استفاده از مشتقات دوم برای به سازی: لاپلاسیان

USE OF SECOND DERIVATIVES FOR ENHANCEMENT: THE LAPLACIAN

(۱)
ماسک فیلتر مورد استفاده
برای پیاده سازی لاپلاسیان

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

(۳)
یک پیاده سازی از لاپلاسیان
که در کاربردهای عملی زیاد
دید می شود.

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

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

(۲)
ماسک مورد استفاده برای
پیاده سازی یک گسترش از
معادله ی لاپلاسیان که جملات
قطری را هم شامل می شود.

(۴)
یک پیاده سازی دیگر از
لاپلاسیان که در کاربردهای
عملی زیاد دیده می شود.

فیلترهای مکانی تیز کننده

استفاده از مشتقات دوم برای به سازی: لاپلاسیان

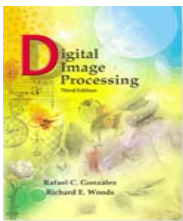
USE OF SECOND DERIVATIVES FOR ENHANCEMENT: THE LAPLACIAN

برای تیز کردن یک تصویر،
لاپلاسیان تصویر، از تصویر اصلی **تفریق** می شود.

$$g(x, y) = \begin{cases} f(x, y) - \nabla^2 f & \text{if the center coefficient of the Laplacian mask is negative.} \\ f(x, y) + \nabla^2 f & \text{if the center coefficient of the Laplacian mask is positive.} \end{cases}$$

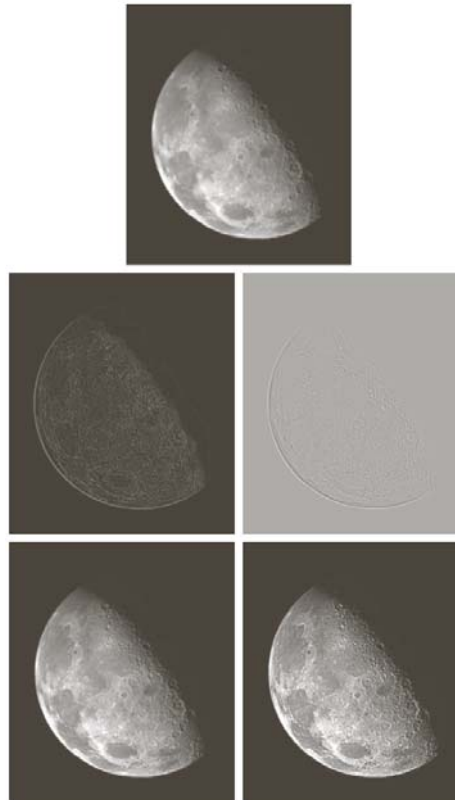
حالت عمومی تر:

$$g(x, y) = f(x, y) + c[\nabla^2 f(x, y)]$$



Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering



a
b c
d e

FIGURE 3.38

(a) Blurred image of the North Pole of the moon.
(b) Laplacian without scaling.
(c) Laplacian with scaling.
(d) Image sharpened using the mask in Fig. 3.37(a).
(e) Result of using the mask in Fig. 3.37(b).
(Original image courtesy of NASA.)

فیلترهای مکانی تیز کننده

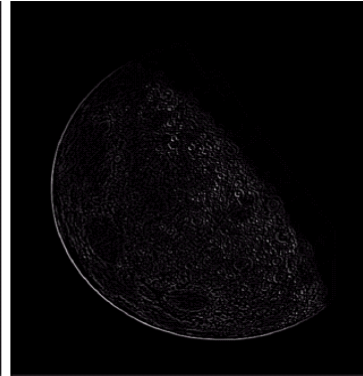
استفاده از مشتقات دوم برای به سازی: لاپلاسین

USE OF SECOND DERIVATIVES FOR ENHANCEMENT: THE LAPLACIAN

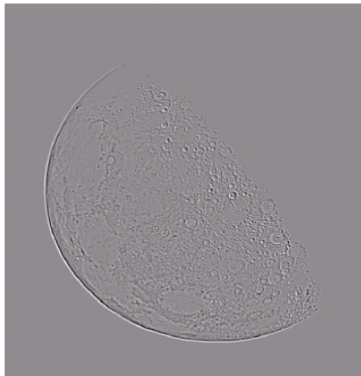
(۱)
تصویر مات شده (Blurred)
از قطب شمال ماه



(۲)
لاپلاسین بدون
مقیاس دهی



(۳)
لاپلاسین با
مقیاس دهی



(۴)
تصویر تیز شده با ماسک



0	1	0
1	-4	1
0	1	0

فیلترهای مکانی تیز کننده

استفاده از مشتقات دوم برای به سازی: لاپلاسین: ساده سازی

USE OF SECOND DERIVATIVES FOR ENHANCEMENT: THE LAPLACIAN: SIMPLIFICATIONS

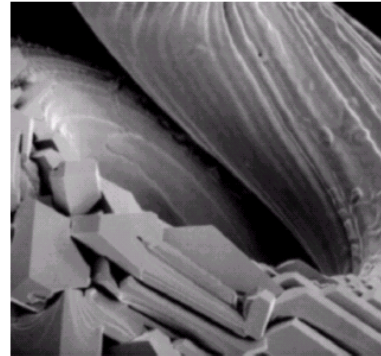
(۱) ماسک لاپلاسین مرکب

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

(۲) یک ماسک دیگر برای لاپلاسین مرکب

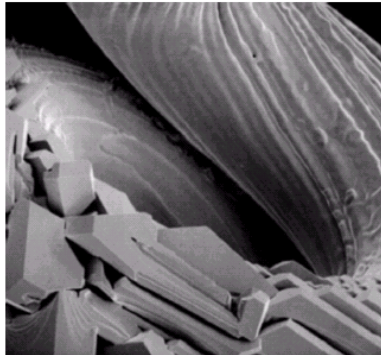
-1	-1	-1
-1	9	-1
-1	-1	-1

$$g(x, y) = f(x, y) + c[\nabla^2 f(x, y)]$$

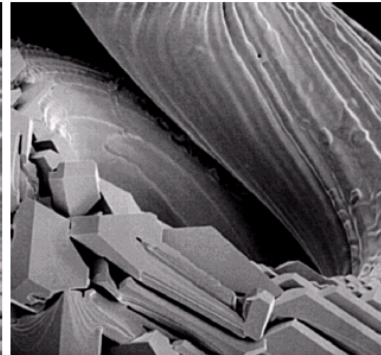


(۳) تصویر گرفته شده با میکروسکوپ الکترونی

(۵) حاصل فیلتر کردن با ماسک (۱)



(۵) حاصل فیلتر کردن با ماسک (۲) (تیز تر است)

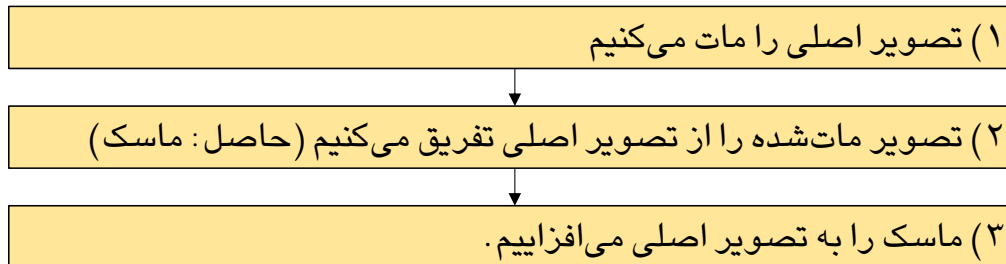


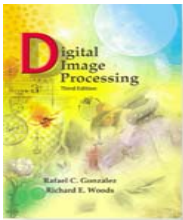
فیلترهای مکانی تیز کننده

غیر تیز سازی و فیلترینگ های بوست

UNSHARP MASKING AND HIGHBOOST FILTERING

$$g_{\text{mask}}(x, y) = f(x, y) - \bar{f}(x, y)$$
$$g(x, y) = f(x, y) + k \cdot g_{\text{mask}}(x, y)$$





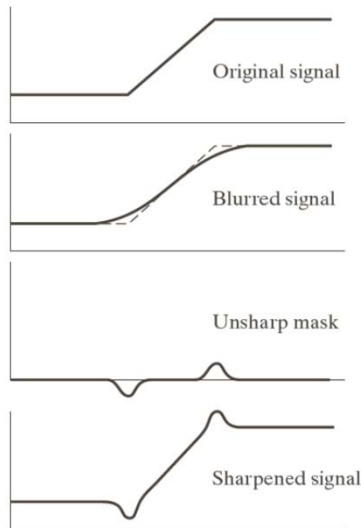
Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering



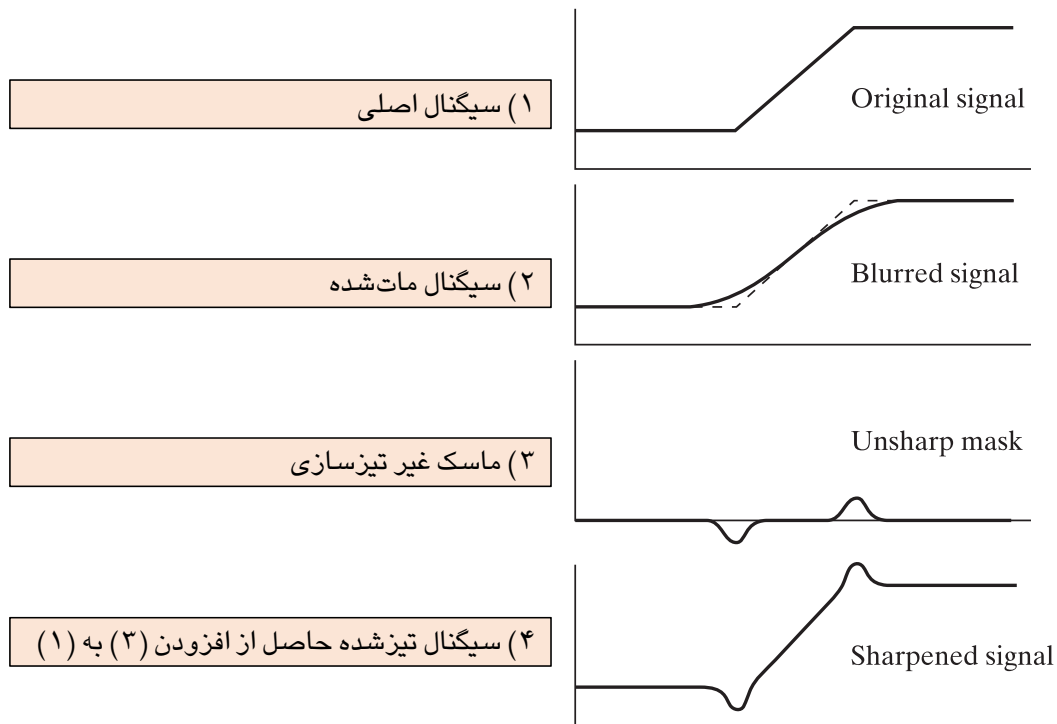
a
b
c
d

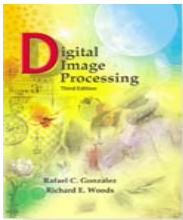
FIGURE 3.39 1-D illustration of the mechanics of unsharp masking. (a) Original signal. (b) Blurred signal with original shown dashed for reference. (c) Unsharp mask. (d) Sharpened signal, obtained by adding (c) to (a).

فیلترهای مکانی تیز کننده

غیر تیز سازی: برای یک سیگنال یک بعدی

UNSHARP MASKING AND HIGHBOOST FILTERING





Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering



a
b
c
d
e

FIGURE 3.40

(a) Original image.
(b) Result of blurring with a Gaussian filter.
(c) Unsharp mask. (d) Result of using unsharp masking.
(e) Result of using highboost filtering.

فیلترهای مکانی تیز کننده

غیر تیز سازی: مثال

UNSHARP MASKING AND HIGHBOOST FILTERING

(۱) تصویر اصلی

DIP-XE

$$h(x, y) = e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}}$$

(۲) نتیجه‌ی مات‌سازی با یک فیلتر گاوسی

DIP-XE

(۳) ماسک غیر تیز کننده

DIP-XE

(۴) حاصل استفاده از ماسک غیر تیز کننده

DIP-XE

(۵) حاصل استفاده از فیلترهای بوست با $k = 4.5$

DIP-XE

فیلترهای مکانی تیز کننده

استفاده از مشتقات اول برای به سازی: گرادیان

USE OF FIRST DERIVATIVES FOR ENHANCEMENT: THE GRADIENT

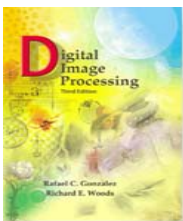
گرادیان تابع f در مختصات (x, y) به صورت یک بردار ستونی دوبعدی تعریف می شود:

$$\nabla \mathbf{f} = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

اندازه ی بردار گرادیان عبارت است از:

$$\nabla f = \text{mag}(\nabla \mathbf{f}) = \left[G_x^2 + G_y^2 \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\nabla f \approx |G_x| + |G_y|$$

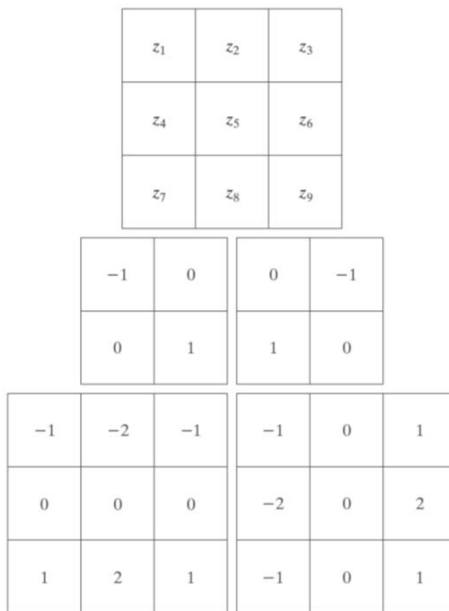


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 3 Intensity Transformations & Spatial Filtering



a
b c
d e

FIGURE 3.41

A 3×3 region of an image (the z s are intensity values).
 (b)–(c) Roberts cross gradient operators.
 (d)–(e) Sobel operators. All the mask coefficients sum to zero, as expected of a derivative operator.

فیلترهای مکانی تیز کننده

استفاده از مشتقات اول برای به سازی: گرادیان

USE OF FIRST DERIVATIVES FOR ENHANCEMENT: THE GRADIENT

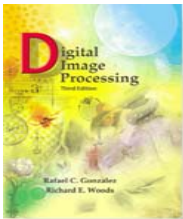
z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

-1	0	0	-1
0	1	1	0

Roberts cross-gradient operators

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

Sobel operators



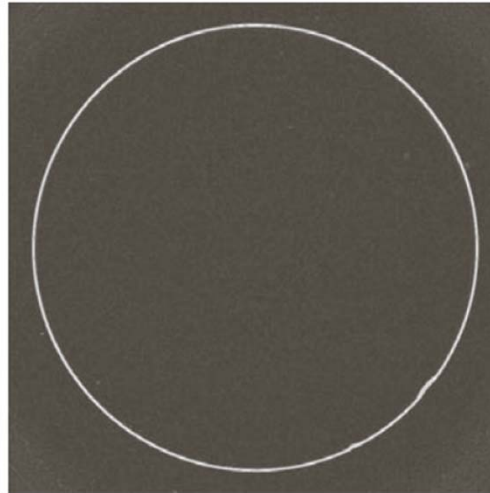
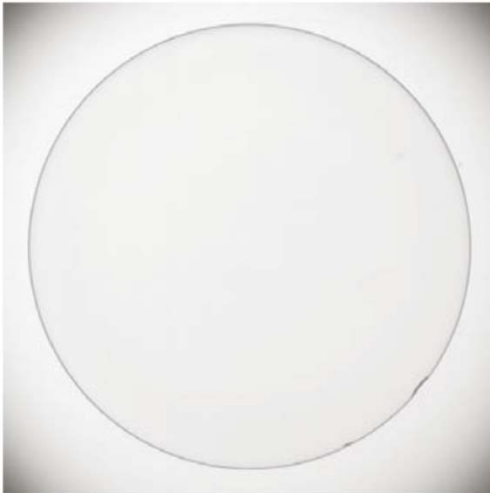
Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering



a b

FIGURE 3.42

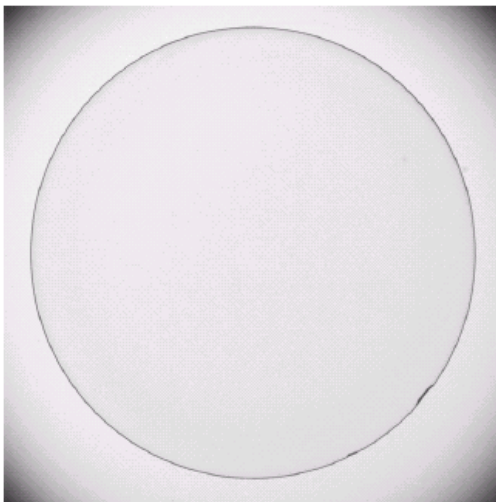
(a) Optical image of contact lens (note defects on the boundary at 4 and 5 o'clock).

(b) Sobel gradient. (Original image courtesy of Pete Sites, Perceptics Corporation.)

فیلترهای مکانی تیز کننده

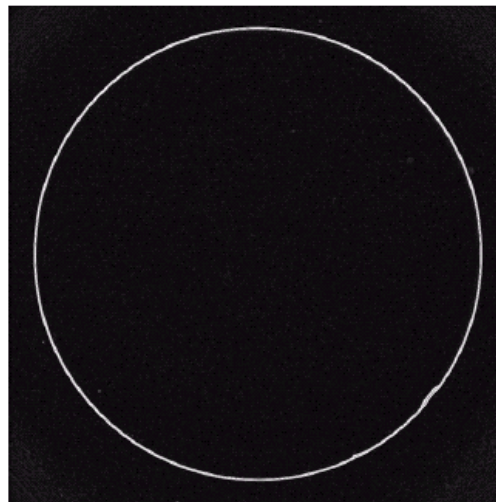
استفاده از مشتقات اول برای به سازی: گرادیان: استفاده از عملگرهای سوبل

USE OF FIRST DERIVATIVES FOR ENHANCEMENT: THE GRADIENT: USING SOBEL OPERATORS



(۱)

تصویر اپتیکی از لنزهای تماسی



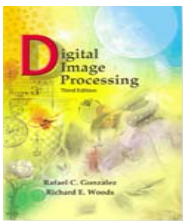
(۲)

گرادیان سوبل

فیلتر کردن در حوزه‌ی مکان

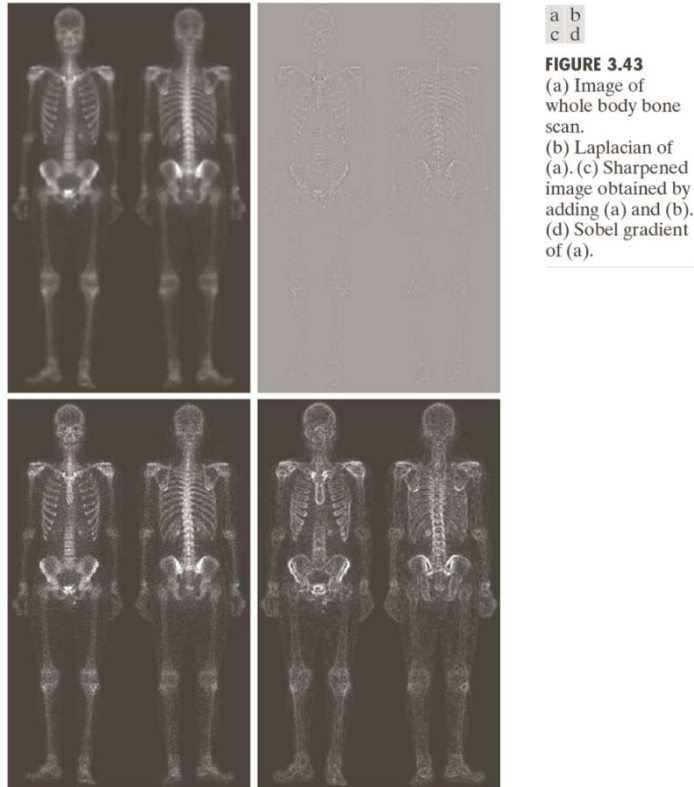
۴

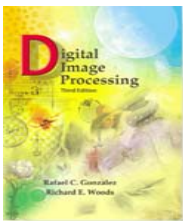
ترکیب
روش‌های
به‌سازی
مکانی



Chapter 3

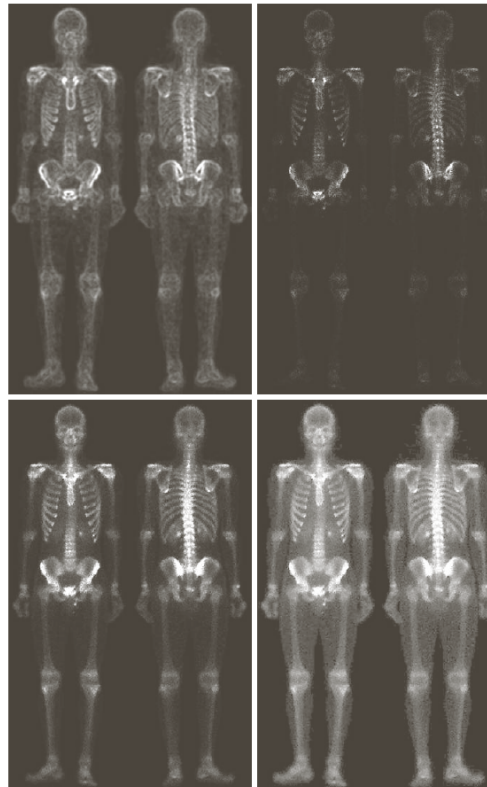
Intensity Transformations & Spatial Filtering





Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering



e f
g h

FIGURE 3.43

(Continued)

(e) Sobel image smoothed with a 5×5 averaging filter. (f) Mask image formed by the product of (c) and (e).

(g) Sharpened image obtained by the sum of (a) and (f). (h) Final result obtained by applying a power-law transformation to (g). Compare (g) and (h) with (a). (Original image courtesy of G.E. Medical Systems.)

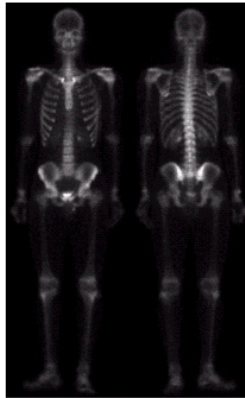
ترکیب روش‌های به‌سازی مکانی

مثال (۱ از ۲)

COMBINING SPATIAL ENHANCEMENT METHODS

(۱)

تصویر اسکن ستون فقرات
کل بدن



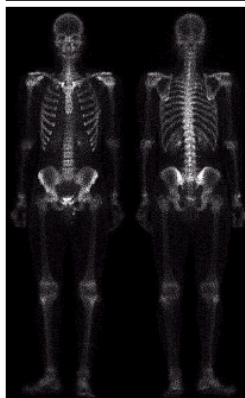
(۲)

لاپلا سین



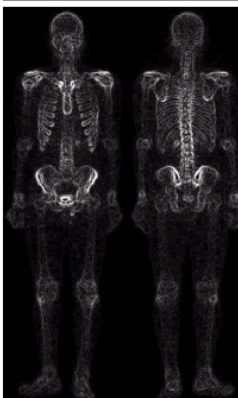
(۳)

تصویر تیز شده حاصل از افزودن
(۱) و (۲)



(۴)

سوبل (۱)

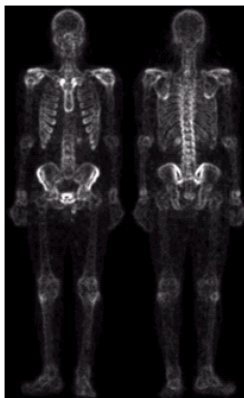


ترکیب روش‌های به‌سازی مکانی

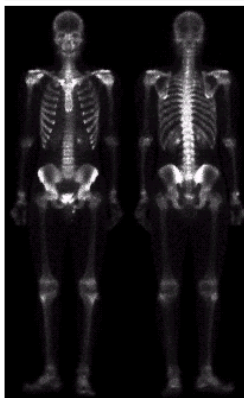
مثال (۲ از ۲)

COMBINING SPATIAL ENHANCEMENT METHODS

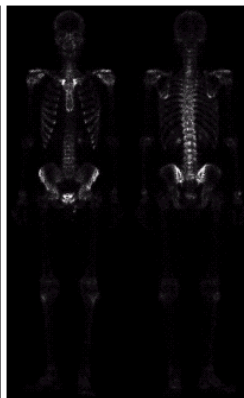
(۵)
تصویر سوپل
هموار شده با یک
فیلتر متوسط‌گیری ۵ در ۵



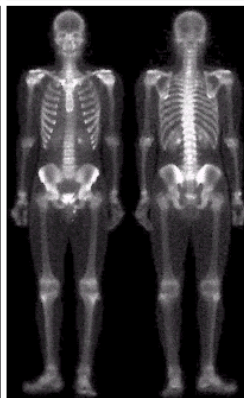
(۷)
تصویر تیز شده
حاصل از جمع (۱) و (۶)



(۶)
تصویر ماسک
تشکیل شده از ضرب
(۳) و (۵)

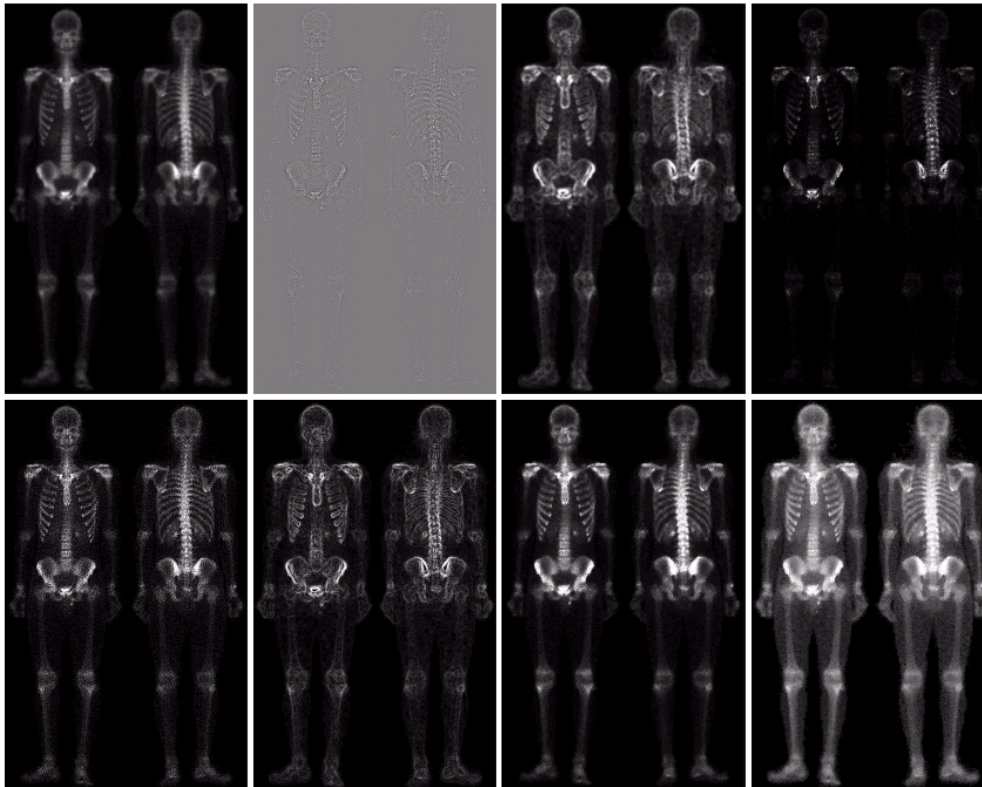


(۸)
تصویر نهایی
حاصل از اعمال تبدیل
قانون-توانی



ترکیب روش‌های به‌سازی مکانی

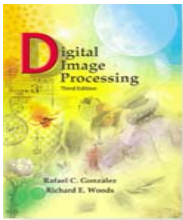
COMBINING SPATIAL ENHANCEMENT METHODS



فیلتر کردن در حوزه‌ی مکان

۵

استفاده از
تکنیک‌های
فازی برای
تبدیل‌های
شدت رنگ و
فیلتر کردن
مکانی



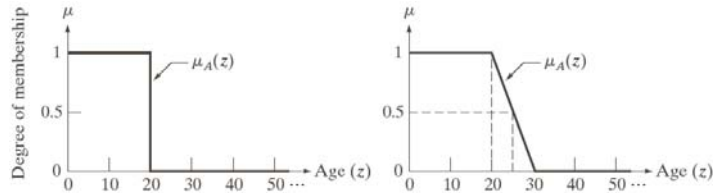
Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

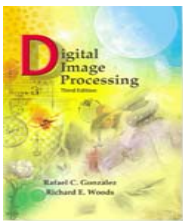
Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering



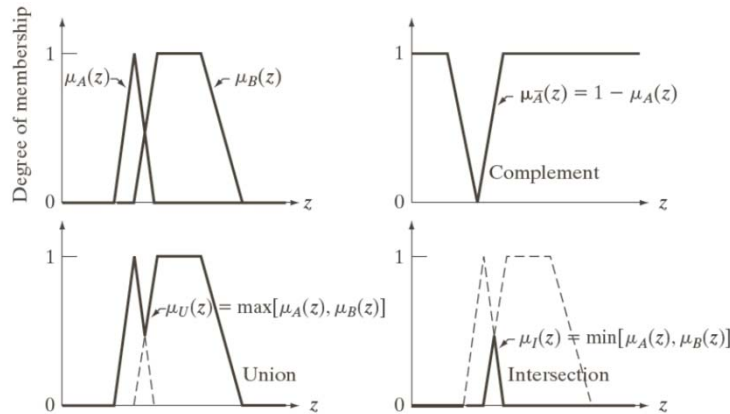
a b

FIGURE 3.44
Membership functions used to generate (a) a crisp set, and (b) a fuzzy set.



Chapter 3

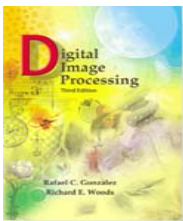
Intensity Transformations & Spatial Filtering



a b
c d

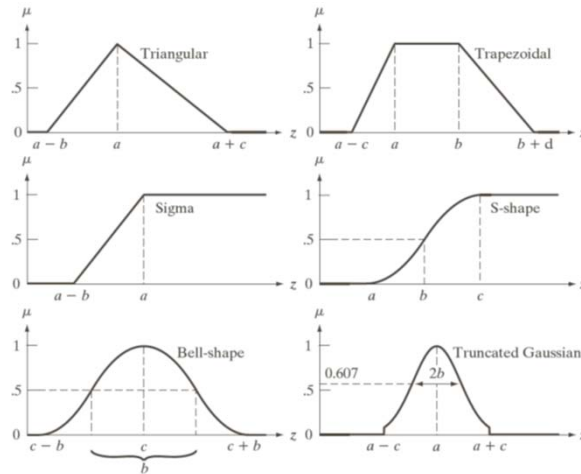
FIGURE 3.45

(a) Membership functions of two sets, A and B . (b) Membership function of the complement of A . (c) and (d) Membership functions of the union and intersection of the two sets.



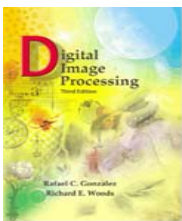
Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering



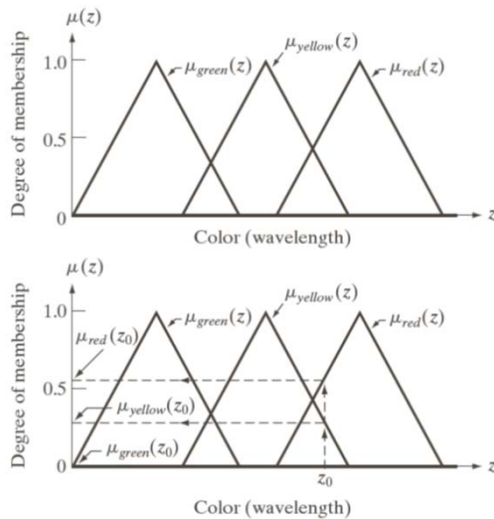
a	b
c	d
e	f

FIGURE 3.46
Membership functions corresponding to Eqs. (3.8-6)–(3.8-11).



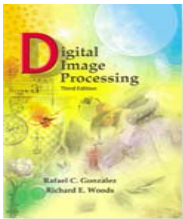
Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering



a
b

FIGURE 3.47
(a) Membership functions used to fuzzify color.
(b) Fuzzifying a specific color z_0 .
(Curves describing color sensation are bell shaped; see Section 6.1 for an example. However, using triangular shapes as an approximation is common practice when working with fuzzy sets.)



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering

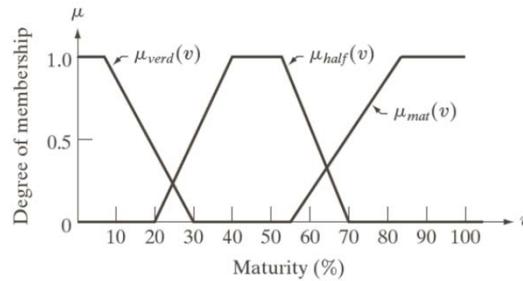
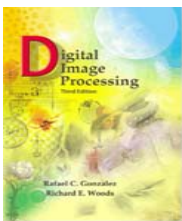
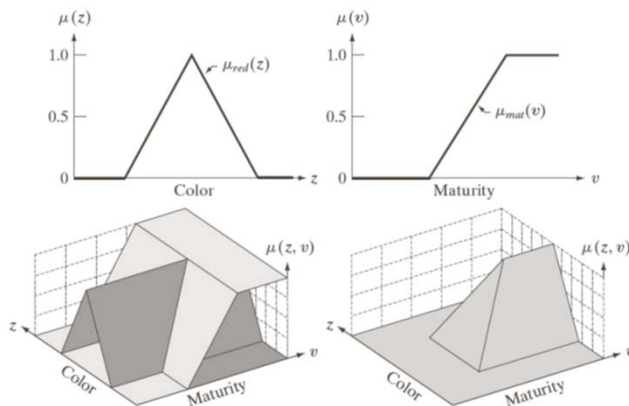


FIGURE 3.48
Membership functions characterizing the outputs *verdant*, *half-mature*, and *mature*.



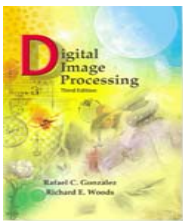
Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering



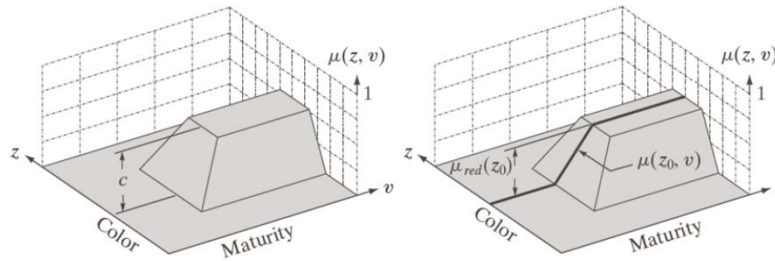
a b
c d

FIGURE 3.49
 (a) Shape of the membership function associated with the color red, and (b) corresponding output membership function. These two functions are associated by rule R_3 . (c) Combined representation of the two functions. The representation is 2-D because the independent variables in (a) and (b) are different. (d) The AND of (a) and (b), as defined in Eq. (3.8-5).



Chapter 3

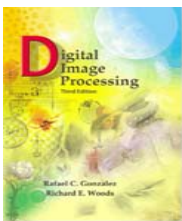
Intensity Transformations & Spatial Filtering



a b

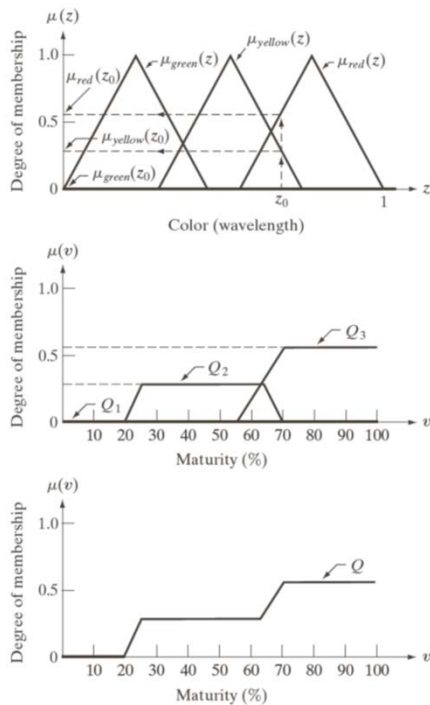
FIGURE 3.50

(a) Result of computing the minimum of an arbitrary constant, c , and function $\mu_3(z, v)$ from Eq. (3.8-12). The minimum is equivalent to an AND operation. (b) Cross section (dark line) at a specific color, z_0 .



Chapter 3

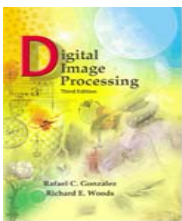
Intensity Transformations & Spatial Filtering



a
b
c

FIGURE 3.51

(a) Membership functions with a specific color, z_0 , selected.
(b) Individual fuzzy sets obtained from Eqs. (3.8-13)–(3.8-15). (c) Final fuzzy set obtained by using Eq. (3.8-16) or (3.8-17).



Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering

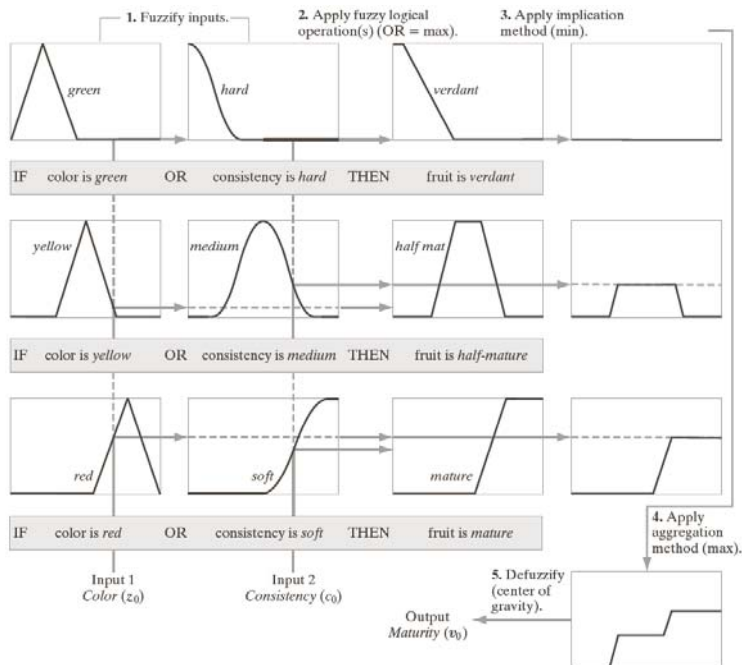
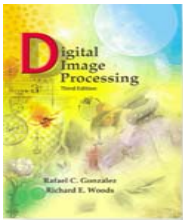


FIGURE 3.52 Example illustrating the five basic steps used typically to implement a fuzzy, rule-based system: (1) fuzzification, (2) logical operations (only OR was used in this example), (3) implication, (4) aggregation, and (5) defuzzification.



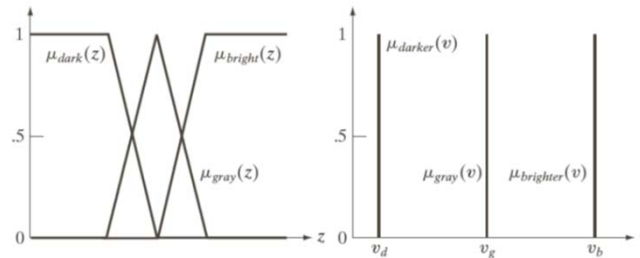
Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

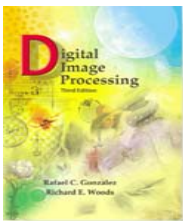
Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering



a b

FIGURE 3.53
(a) Input and
(b) output
membership
functions for
fuzzy, rule-based
contrast
enhancement.



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering

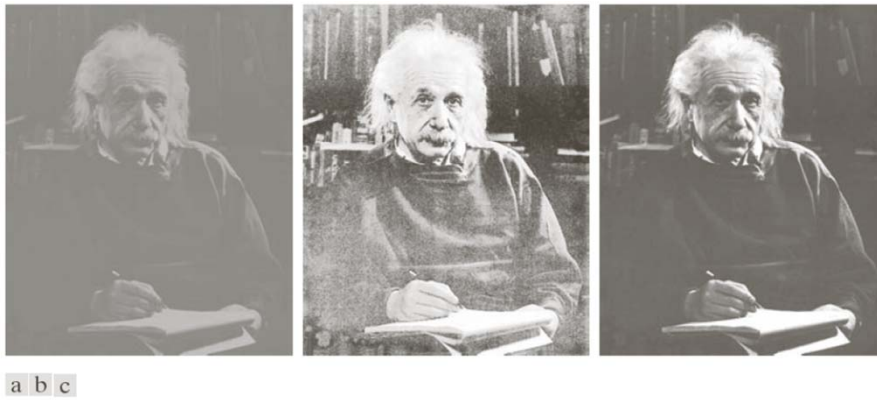
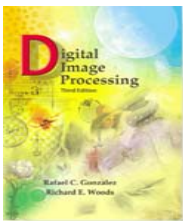


FIGURE 3.54 (a) Low-contrast image. (b) Result of histogram equalization. (c) Result of using fuzzy, rule-based contrast enhancement.



Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering

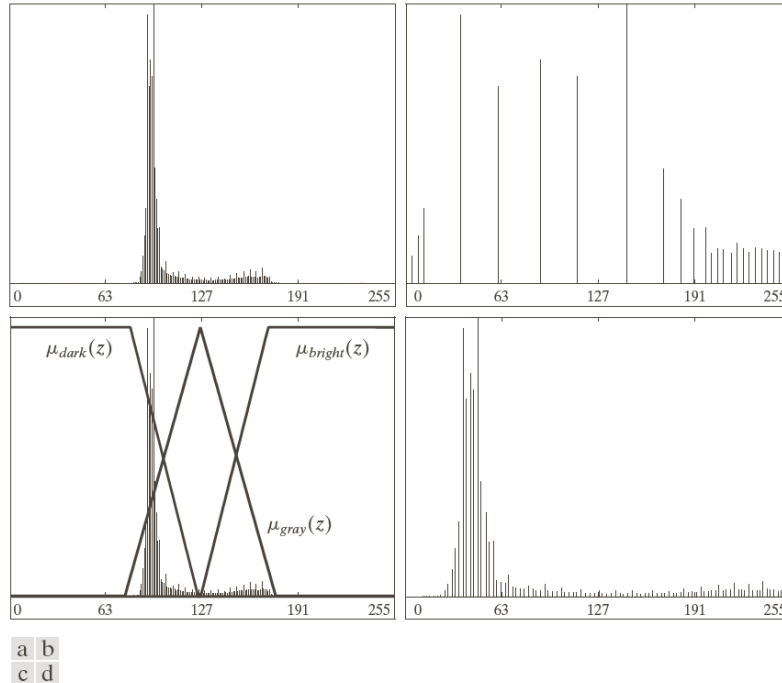
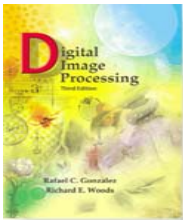


FIGURE 3.55 (a) and (b) Histograms of Figs. 3.54(a) and (b). (c) Input membership functions superimposed on (a). (d) Histogram of Fig. 3.54(c).



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

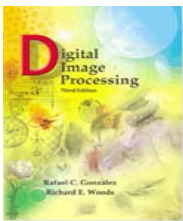
Chapter 3 Intensity Transformations & Spatial Filtering

z_1	z_2	z_3	d_1	d_2	d_3
z_4	z_5	z_6	d_4	0	d_6
z_7	z_8	z_9	d_7	d_8	d_9

Pixel neighborhood Intensity differences

a b

FIGURE 3.56 (a) A 3×3 pixel neighborhood, and (b) corresponding intensity differences between the center pixels and its neighbors. Only d_2, d_4, d_6 , and d_8 were used in the present application to simplify the discussion.



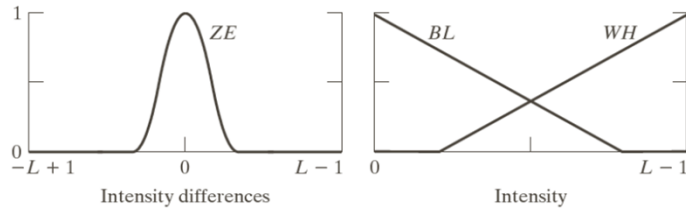
Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

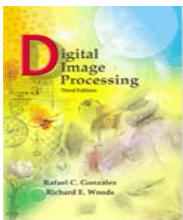
Chapter 3

Intensity Transformations & Spatial Filtering



a b

FIGURE 3.57
(a) Membership function of the fuzzy set *zero*.
(b) Membership functions of the fuzzy sets *black* and *white*.



Chapter 3 Intensity Transformations & Spatial Filtering

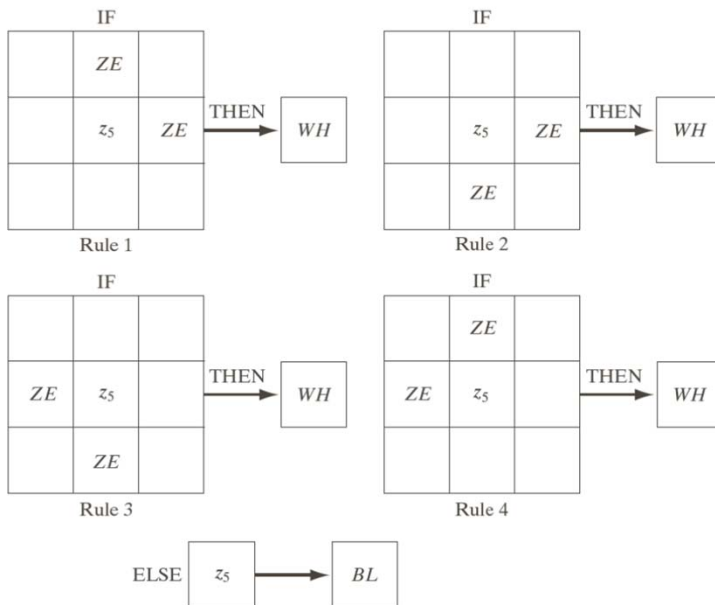
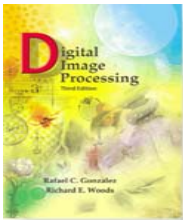


FIGURE 3.58
Fuzzy rules for
boundary
detection.



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 3 Intensity Transformations & Spatial Filtering

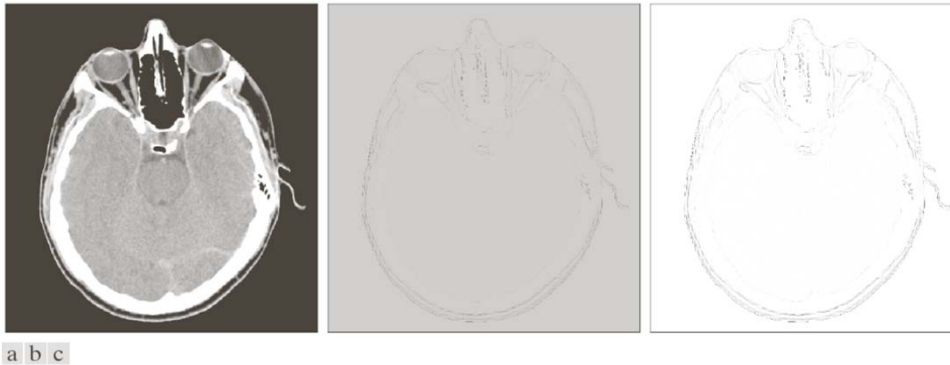
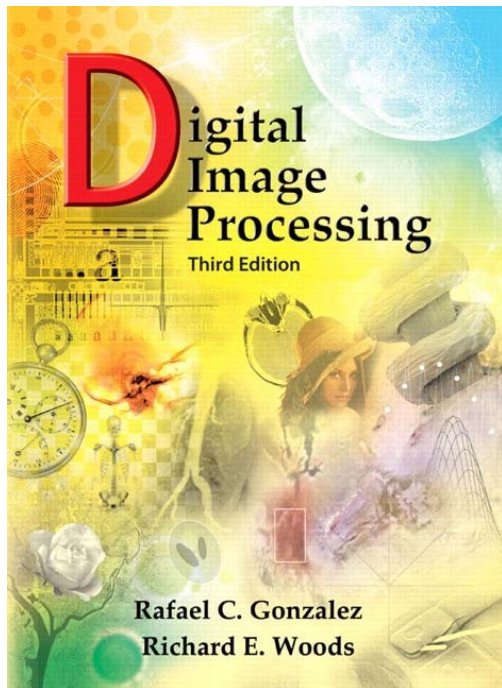


FIGURE 3.59 (a) CT scan of a human head. (b) Result of fuzzy spatial filtering using the membership functions in Fig. 3.57 and the rules in Fig. 3.58. (c) Result after intensity scaling. The thin black picture borders in (b) and (c) were added for clarity; they are not part of the data. (Original image courtesy of Dr. David R. Pickens, Vanderbilt University.)

فیلتر کردن در حوزه‌ی مکان

۵

منابع



Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods,
Digital Image Processing,
Third Edition, Pearson Prentice Hall, 2008.
Chapter 3 (3-4 .. 3-8)