

پردازش دیجیتالی تصاویر

Digital Image Processing

میلااد سلطانی



دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تربت جام



فهرست مطالب

- مبانی تبدیلات شدت روشنایی و فیلترگذاری مکانی
- تباین یا کنتراست
- چند تابع ساده تبدیل شدت روشنایی
- برش بندی صفحه بیتی
- پردازش هیستوگرام
- متعادل سازی و تطبیق هیستوگرام
- مبانی فیلتر گذاری مکانی
- همبستگی مکانی و رزولوشن
- فیلترهای مکانی هموار ساز خطی و غیر خطی
- فیلترهای مکانی تیز کننده
- لاپلاسین، گرادیان و نقاب ضد تیزی

فصل سوم

تبدیلات شدت روشنایی و فیلترگذاری مکانی

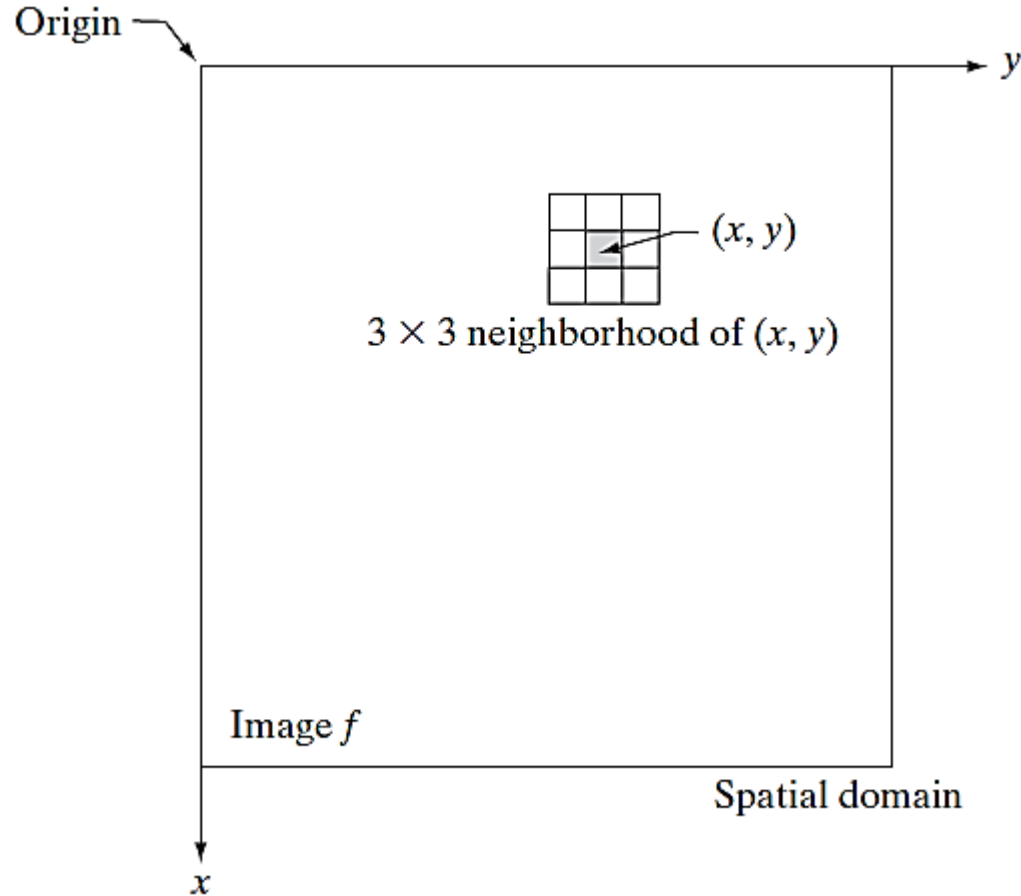


مقدمه

- اصطلاح "حوزه مکان" به خود صفحه تصویر اشاره دارد.
- روش های پردازش تصویر در حوزه مکان، مستقیم با پیکسل های تصویر سر و کار دارند.
- پردازش های مکانی شامل موارد زیر هستند:
 - ◆ تبدیلات شدت روشنایی
 - کنترل تباين و آستانه گذاری تصویر
 - ◆ فیلتر گذاری مکانی
 - تیز سازی تصویر



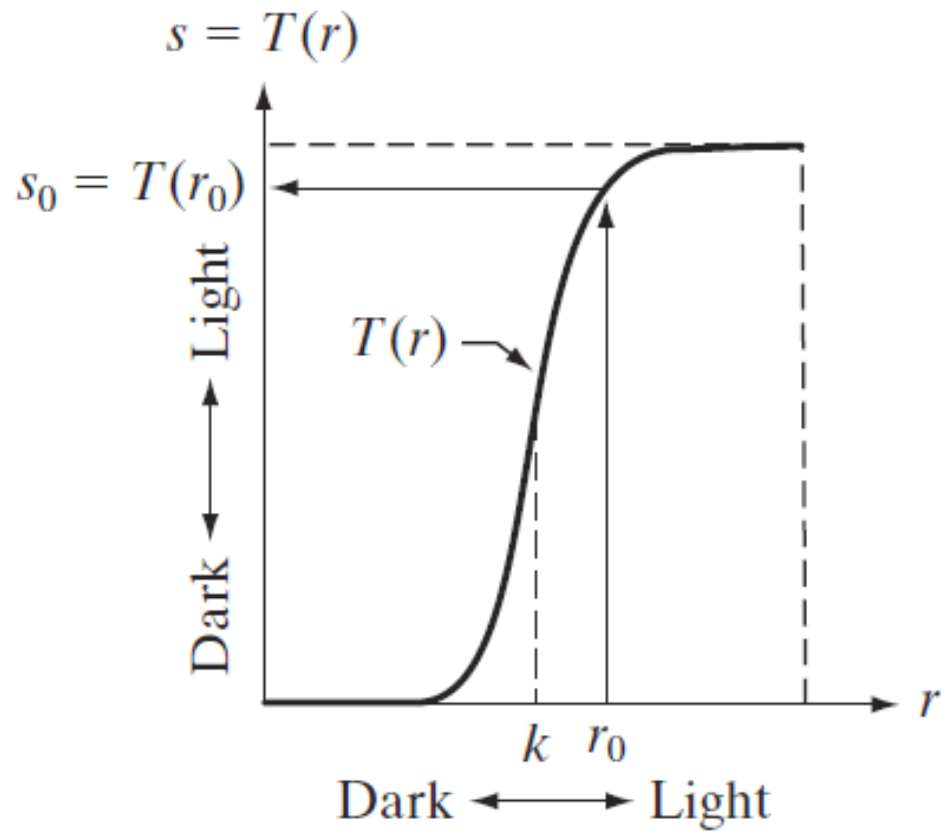
مبانی تبدیلات شدت روشنایی و فیلترگذاری مکانی



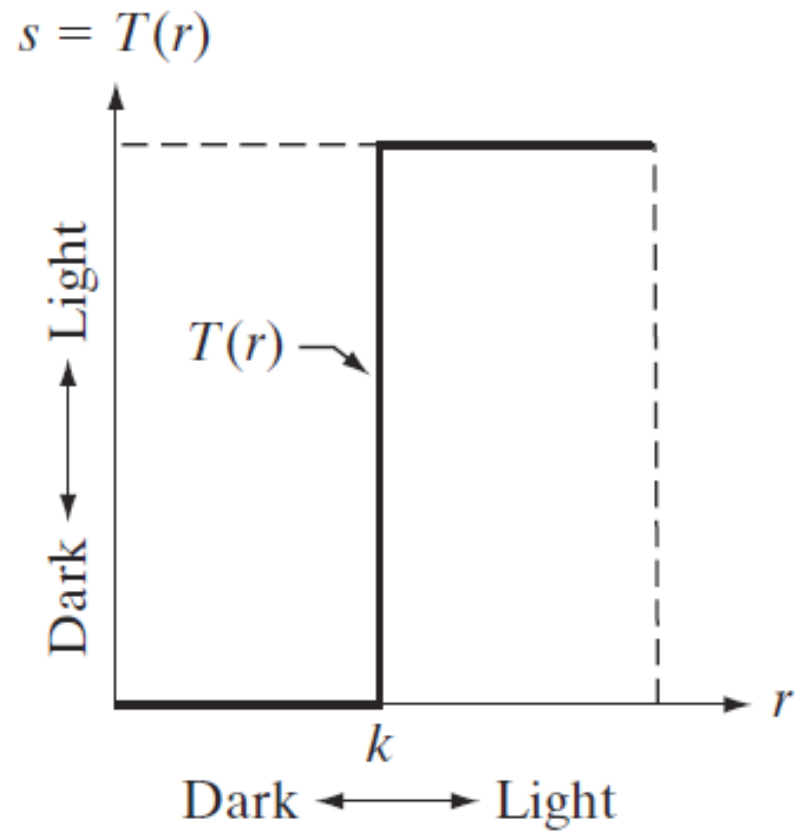
■ فرآیندهای حوزه مکان بطور کلی عبارتند از:

$$g(x, y) = T[f(x, y)]$$

$$s = T[r]$$



تابع گسترش تباین



تابع آستانه گذاری

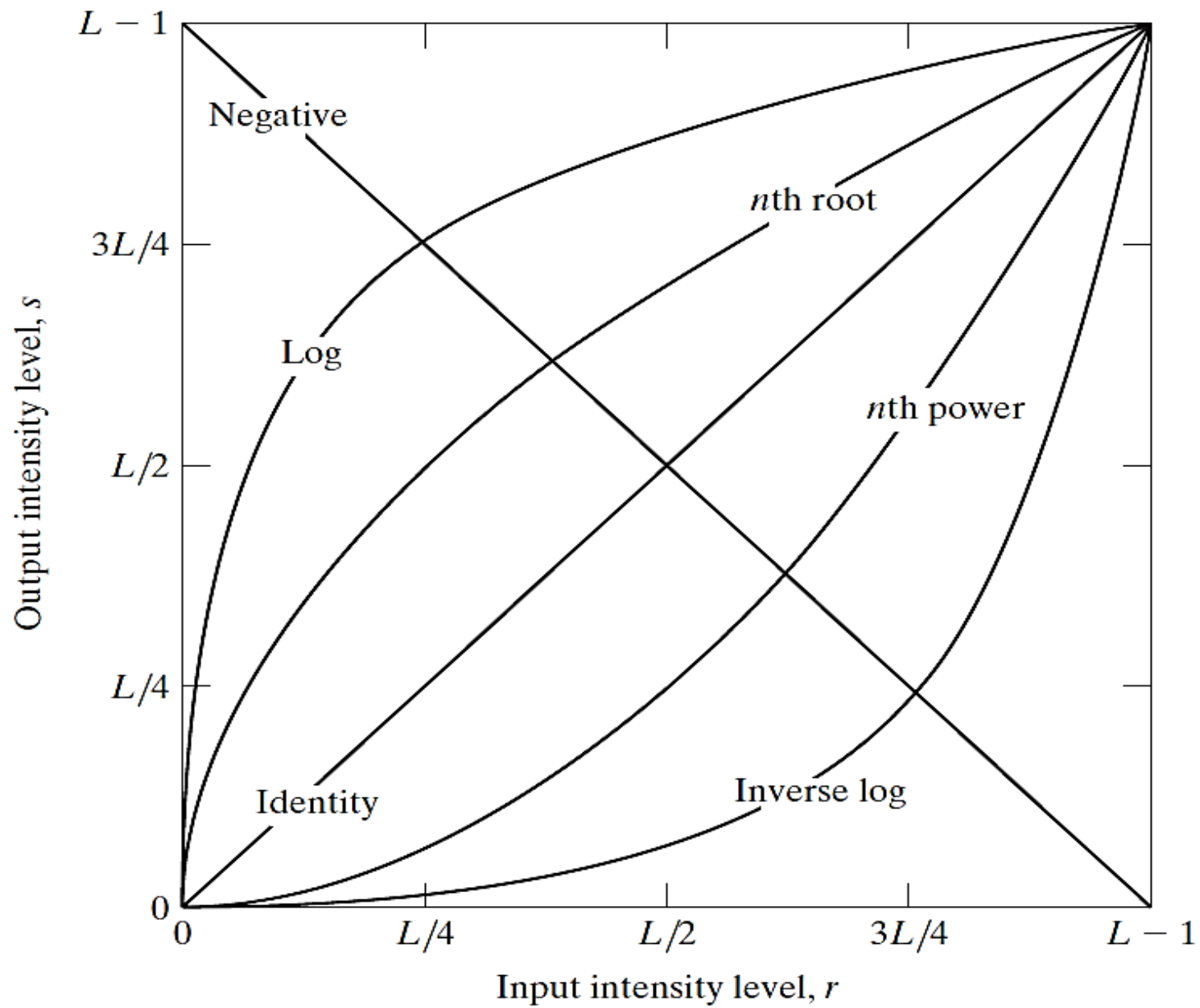
مثالی از توابع تبدیل شدت روشنایی



تباين يا كُنْتِراست (Contrast)

- تفاوت در روشنایی یا رنگ را کُنْتِراست یا تباين گویند.
- بهبود کُنْتِراست به عمل تقویت تفاوت یا تباين گفته می شود.





توابع تبدیل شدت روشنایی پر کاربرد

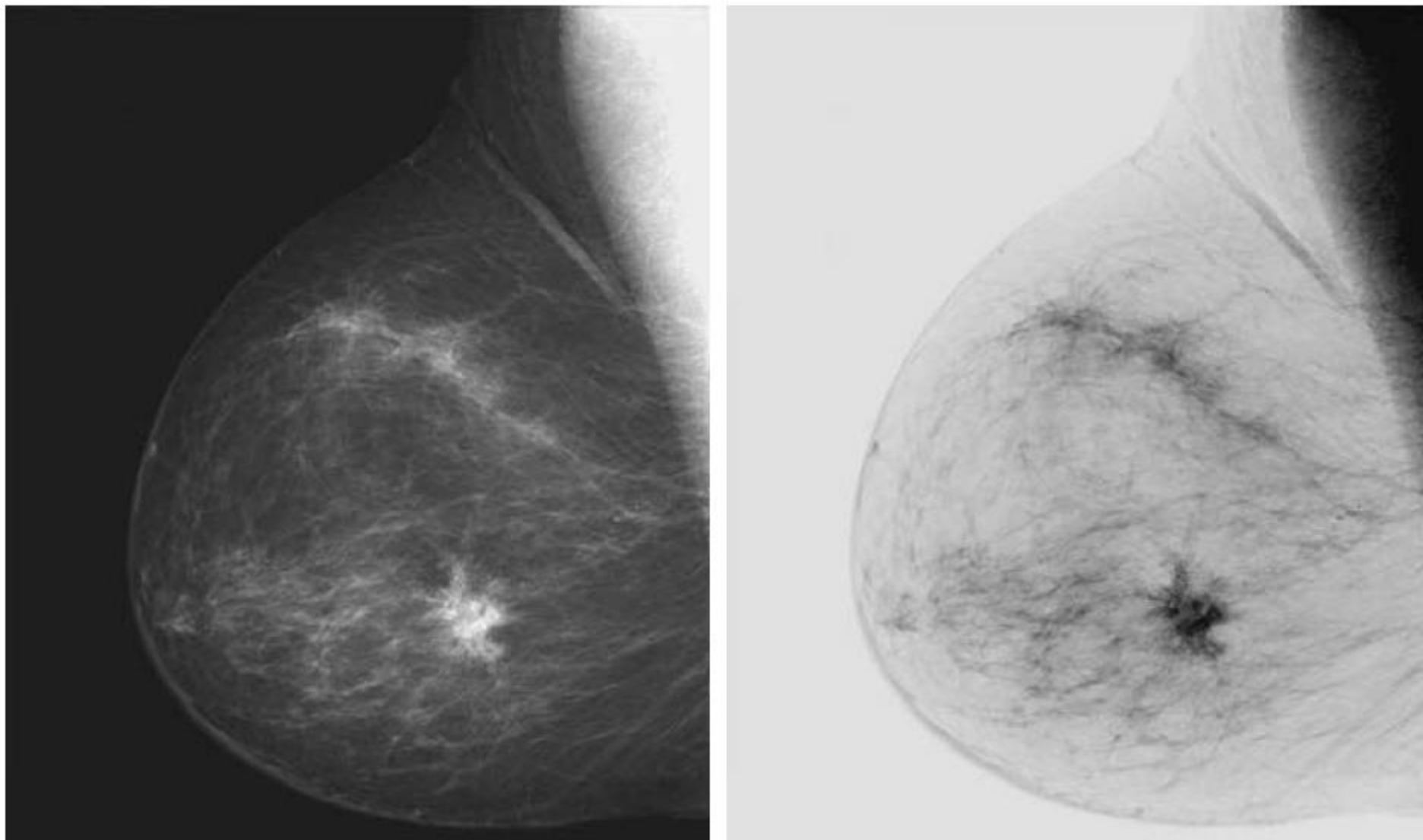


تبدیلات شدت روشنایی – نگاتیو

■ نگاتیو یک تصویر با شدت روشنایی در بازه $[0, L-1]$ بصورت زیر محاسبه می شود:

$$s = L - 1 - r$$

■ این عکس برداری برای بهبود دادن جزئیات خاکستری در نواحی تاریک تصویر مناسب است. مخصوصاً اگر نواحی سیاه در تصویر زیاد باشد.



a b

FIGURE 3.4
(a) Original digital mammogram.
(b) Negative image obtained using the negative transformation in Eq. (3.2-1).
(Courtesy of G.E. Medical Systems.)

کاربرد تبدیل نگاتیو



تبدیلات شدت روشنایی – تبدیل لگاریتمی

■ رابطه کلی تبدیل لگاریتمی به شکل زیر است:

$$s = c \log(1 + r) \quad r \geq 0$$

■ محدوده باریکی از مقادیر با شدت روشنایی کم در ورودی را به محدوده ای گسترده تر نگاشت می کند. به ازای مقادیر بالاتر سطوح ورودی، عکس این مطلب برقرار است.

■ جهت گسترش مقادیر پیکسل های تاریک تصویر و فشرده سازی مقادیر بالاتر تصویر بصورت همزمان استفاده می شود.

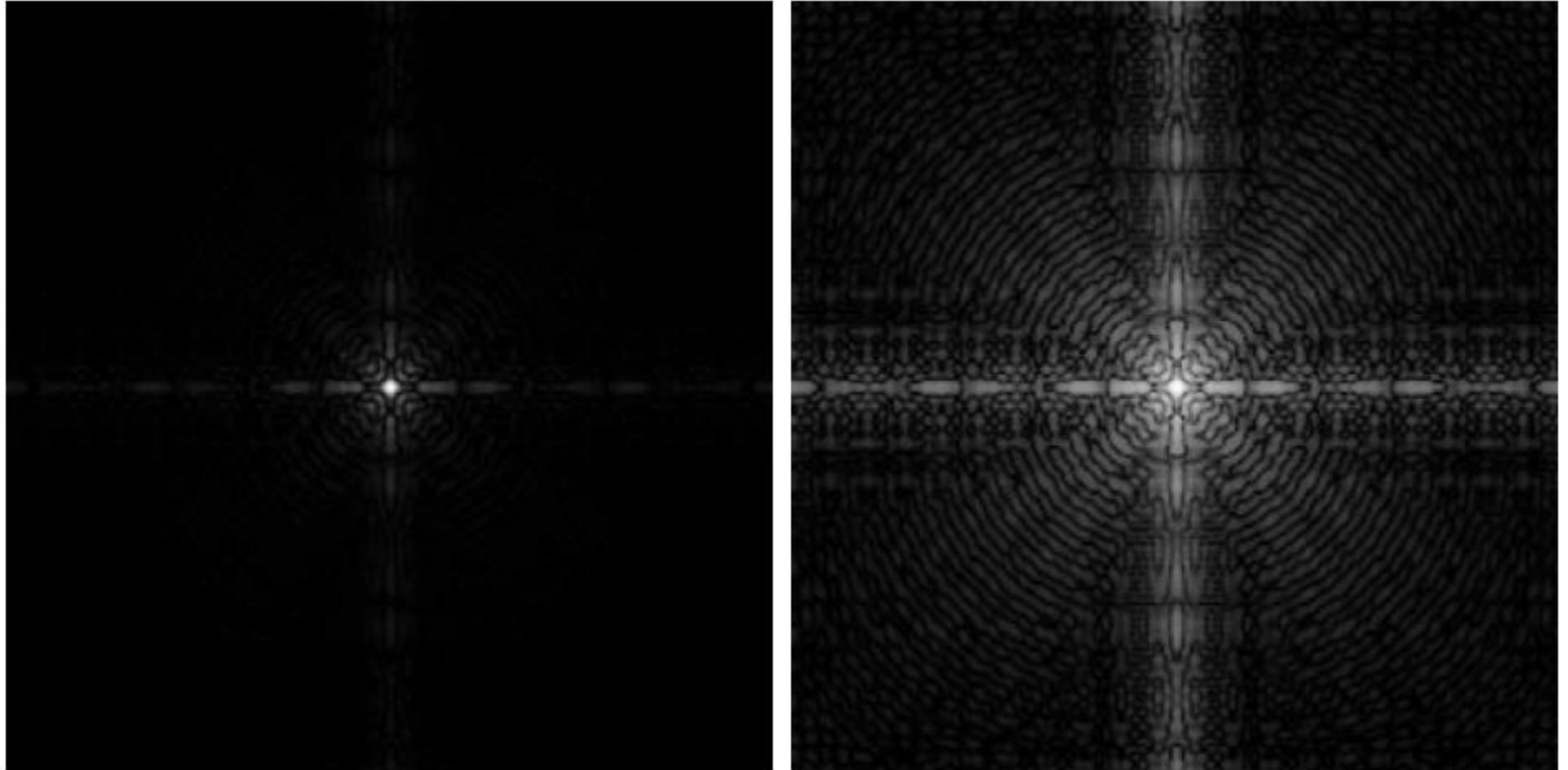
■ تبدیل لگاریتم معکوس، عملکرد عکس تبدیل لگاریتم دارد.

a b

FIGURE 3.5

(a) Fourier spectrum.

(b) Result of applying the log transformation in Eq. (3.2-2) with $c = 1$.



کاربرد تبدیل لگاریتم



تبدیلات شدت روشنایی – تبدیل توان (گاما)

■ رابطه کلی تبدیل توان به شکل زیر است:

$$s = cr^\gamma$$

■ مانند لگاریتم، محدوده باریکی از مقادیر با شدت روشنایی کم در ورودی را به محدوده ای گسترده تر نگاشت می کند. به ازای مقادیر بالاتر سطوح ورودی، عکس این مطلب برقرار است.

■ به قسمت نمایی معادله، قانون توان گاما گفته می شود و فرآیندی که جهت تصحیح پاسخ قانون توان رخ می دهد، تصحیح گاما گفته می شود.

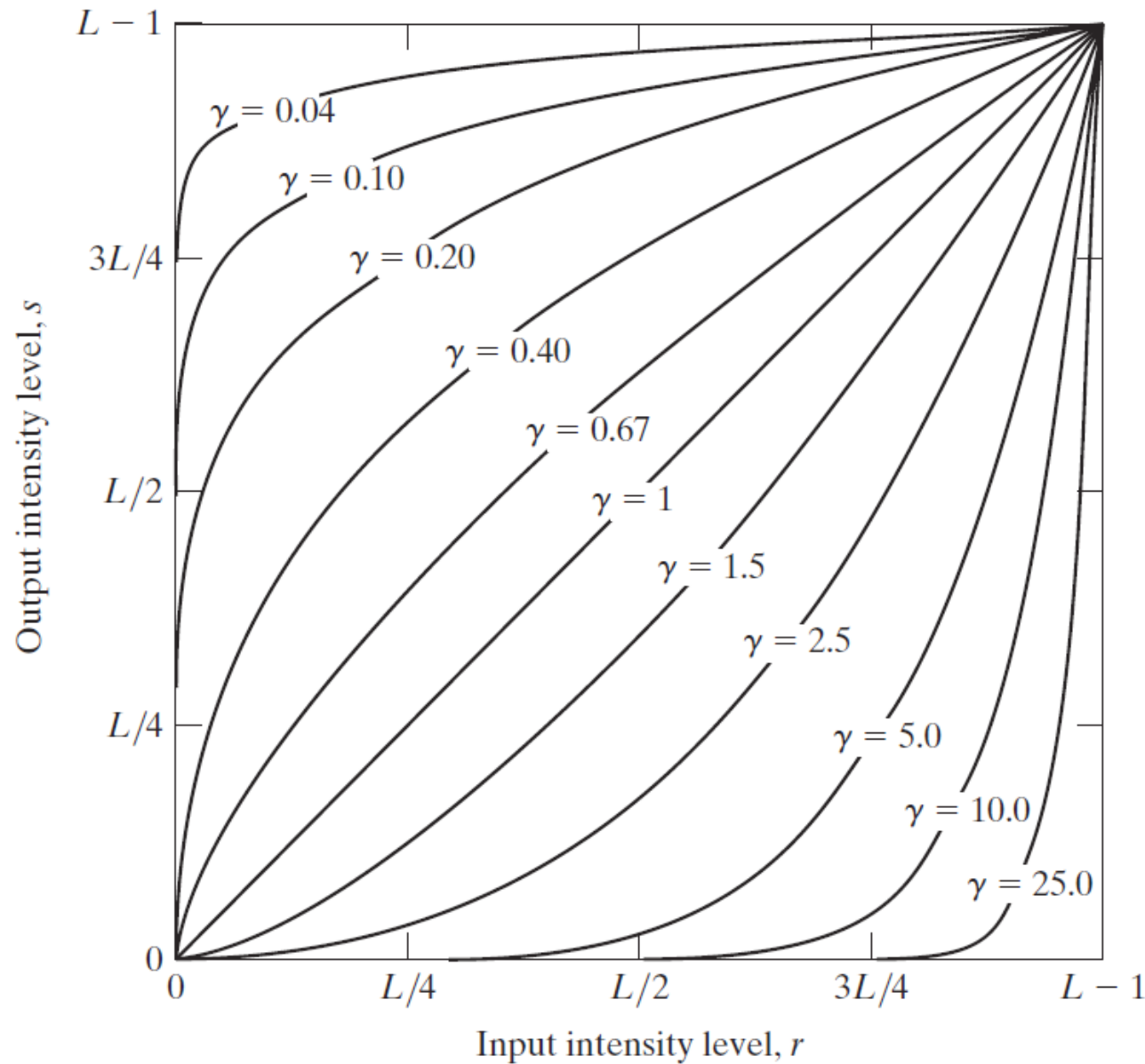


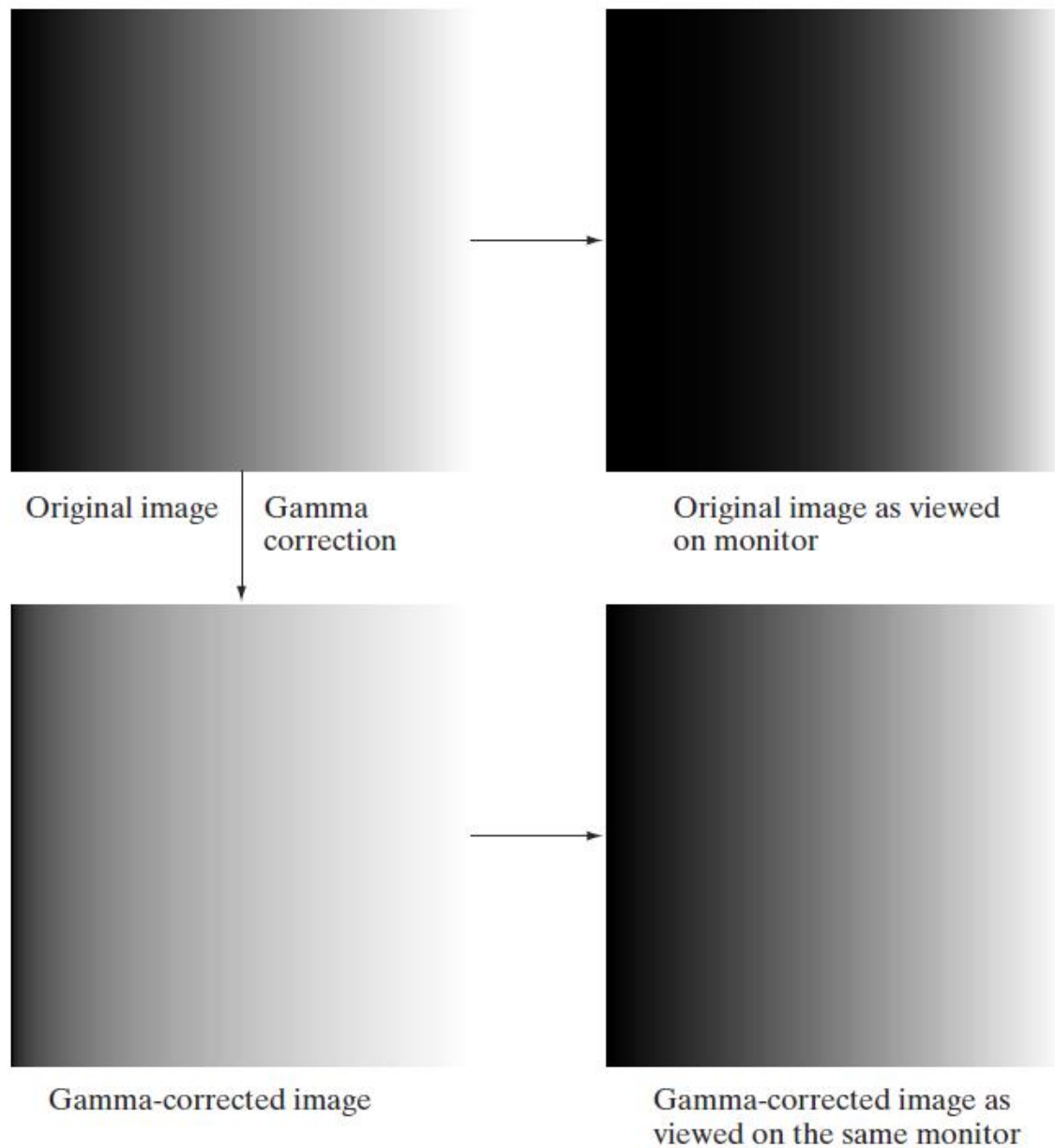
FIGURE 3.6 Plots of the equation $s = cr^\gamma$ for various values of γ ($c = 1$ in all cases). All curves were scaled to fit in the range shown.

ترسیم معادله قانون توان برای مقادیر مختلف γ ($c=1$)

a b
c d

FIGURE 3.7

(a) Intensity ramp image. (b) Image as viewed on a simulated monitor with a gamma of 2.5. (c) Gamma-corrected image. (d) Corrected image as viewed on the same monitor. Compare (d) and (a).



فرآیند تصحیح گاما در نمایشگرها



a	b
c	d

FIGURE 3.8

(a) Magnetic resonance image (MRI) of a fractured human spine.

(b)–(d) Results of applying the transformation in Eq. (3.2-3) with $c = 1$ and $\gamma = 0.6, 0.4,$ and $0.3,$ respectively.

(Original image courtesy of Dr. David R. Pickens, Department of Radiology and Radiological Sciences, Vanderbilt University Medical Center.)

کاربرد قانون توان برای کار
کردن روی تباین تصاویر
(تصویر اصلی خیلی تاریک)

a	b
c	d

FIGURE 3.9
(a) Aerial image.
(b)–(d) Results of applying the transformation in Eq. (3.2-3) with $c = 1$ and $\gamma = 3.0, 4.0,$ and $5.0,$ respectively. (Original image for this example courtesy of NASA.)



کاربرد قانون توان برای کار
کردن روی تباین تصاویر
(تصویر اصلی خیلی روشن)



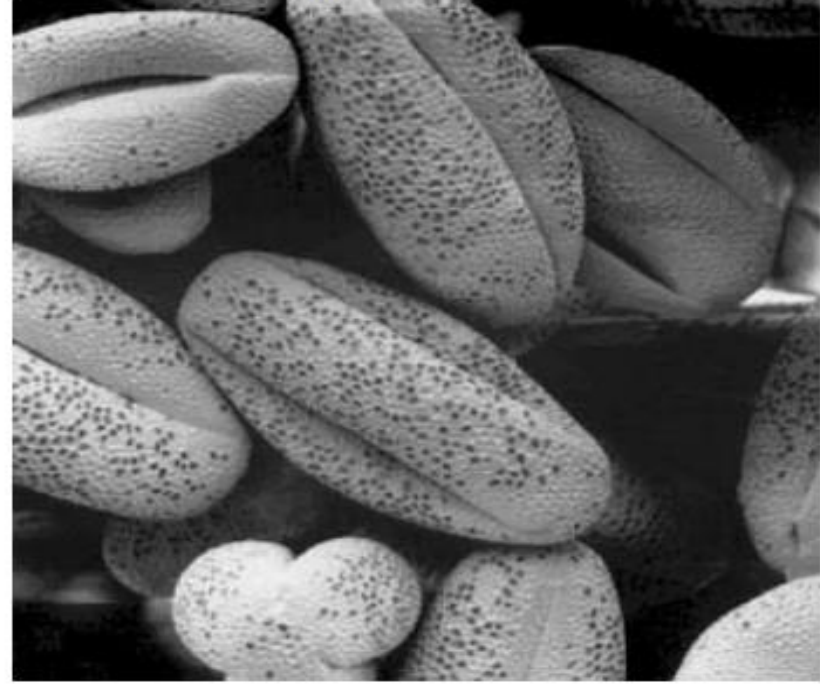
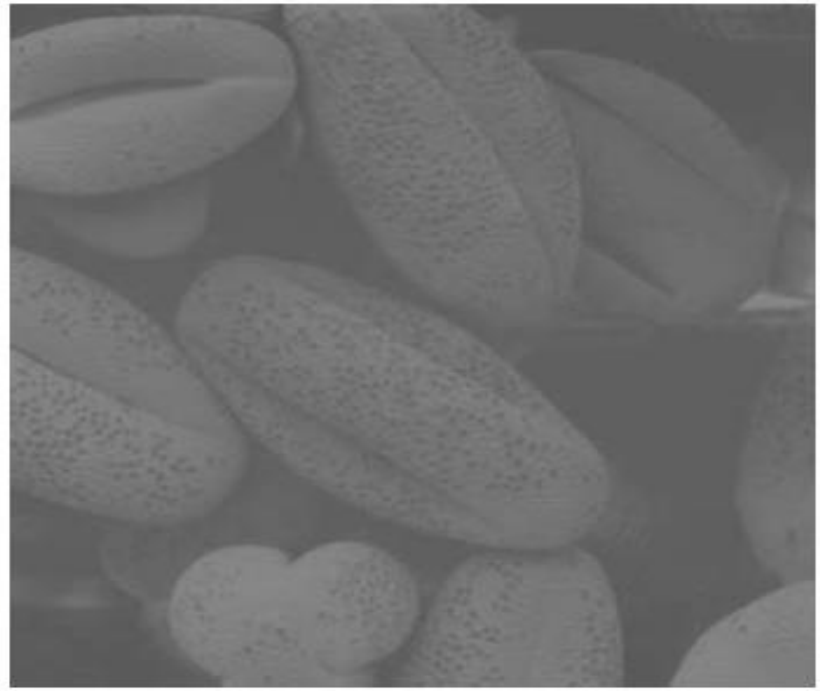
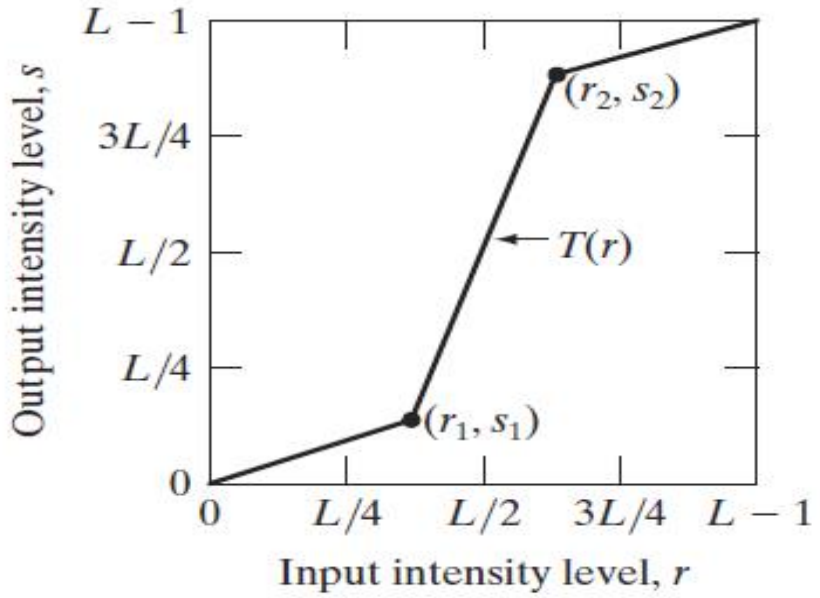
توابع تبدیل به صورت تکه ای خطی

■ ساده ترین تابع تکه ای خطی، گسترش (کش آوردگی) تباین (Contrast Stretching) است.
◆ تصویر با تباین پایین به دلیل نور پردازی ضعیف، کاستی محدوده پویایی در حسگر تصویر برداری یا تنظیمات اشتباه عدسی بوجود می آید.

■ گسترش تباین فرآیندی است که گستره سطوح شدت روشنایی تصویر را طوری گسترش داده که تمامی محدوده شدت روشنایی لوازم تصویر برداری و نمایش را پوشش می دهد.

a	b
c	d

FIGURE 3.10 Contrast stretching. (a) Form of transformation function. (b) A low-contrast image. (c) Result of contrast stretching. (d) Result of thresholding. (Original image courtesy of Dr. Roger Heady, Research School of Biological Sciences, Australian National University, Canberra, Australia.)



گسترش تباین

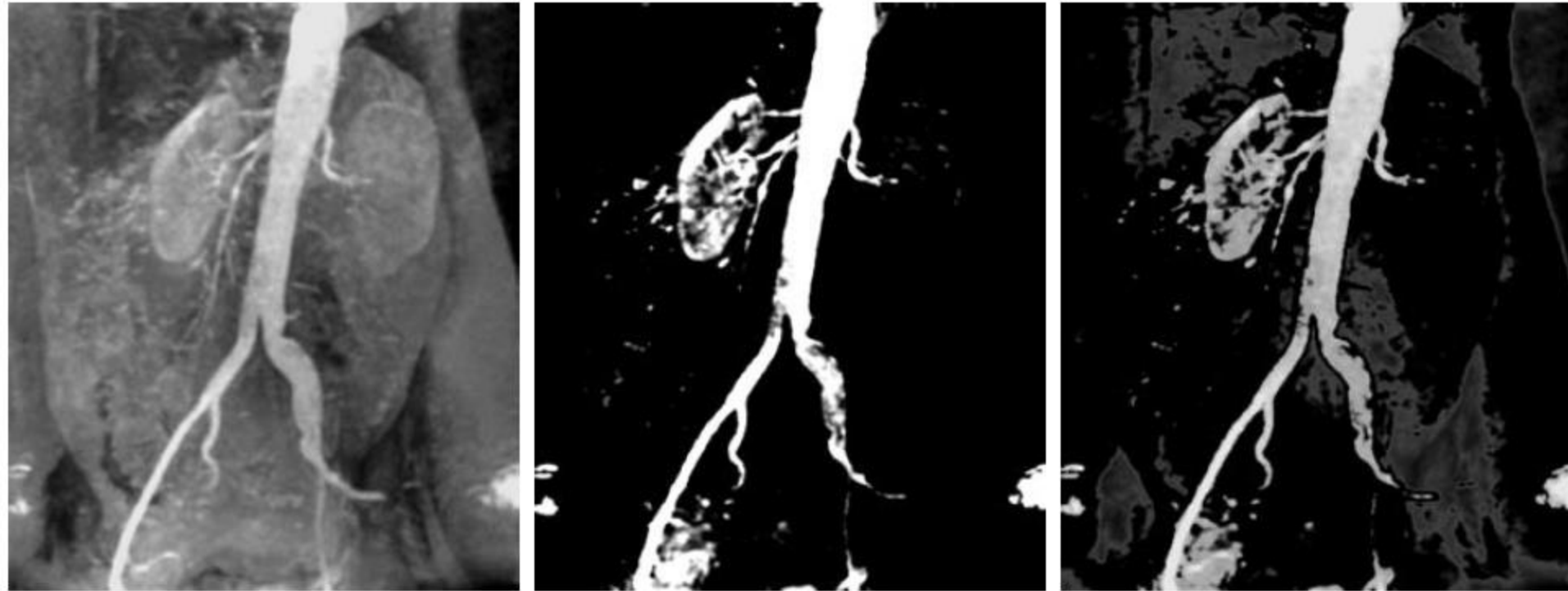
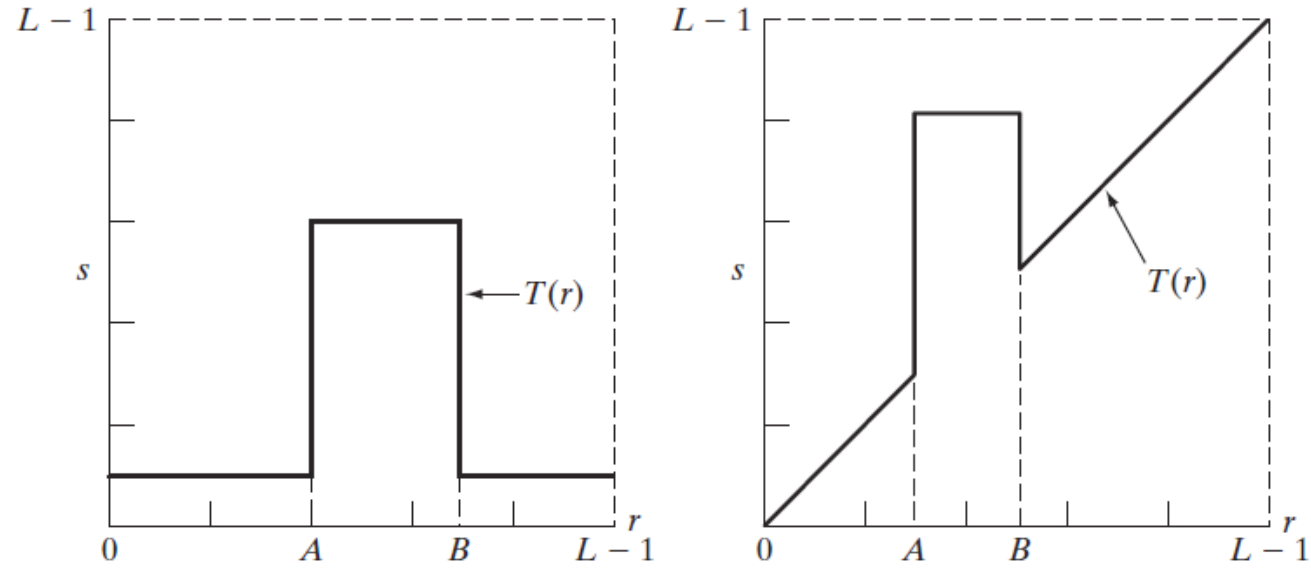


توابع تبدیل به صورت تکه ای خطی

- برجسته سازی یک محدود مشخص از شدت روشنایی در یک تصویر، از دیگر توابع مورد استفاده تکه ای خطی است.
- ◆ در بهبود جزئیات مانند آب های سطحی در تصاویر ماهواره ای و بهسازی خوشه های تصاویر اشعه ایکس کاربرد دارد.
- این فرآیند معمولاً برش بندی سطوح روشنایی گفته می شود و دو روش اصلی دارد:
 - ◆ نمایش محدوده روشنایی مورد نظر با یک رنگ و نمایش سایر شدت های روشنایی با رنگ دیگر
 - ◆ محدوده روشنایی مورد نظر روشن تر یا تاریک تر و سایر شدت های روشنایی بدون تغییر

a b

FIGURE 3.11 (a) This transformation highlights intensity range $[A, B]$ and reduces all other intensities to a lower level. (b) This transformation highlights range $[A, B]$ and preserves all other intensity levels.

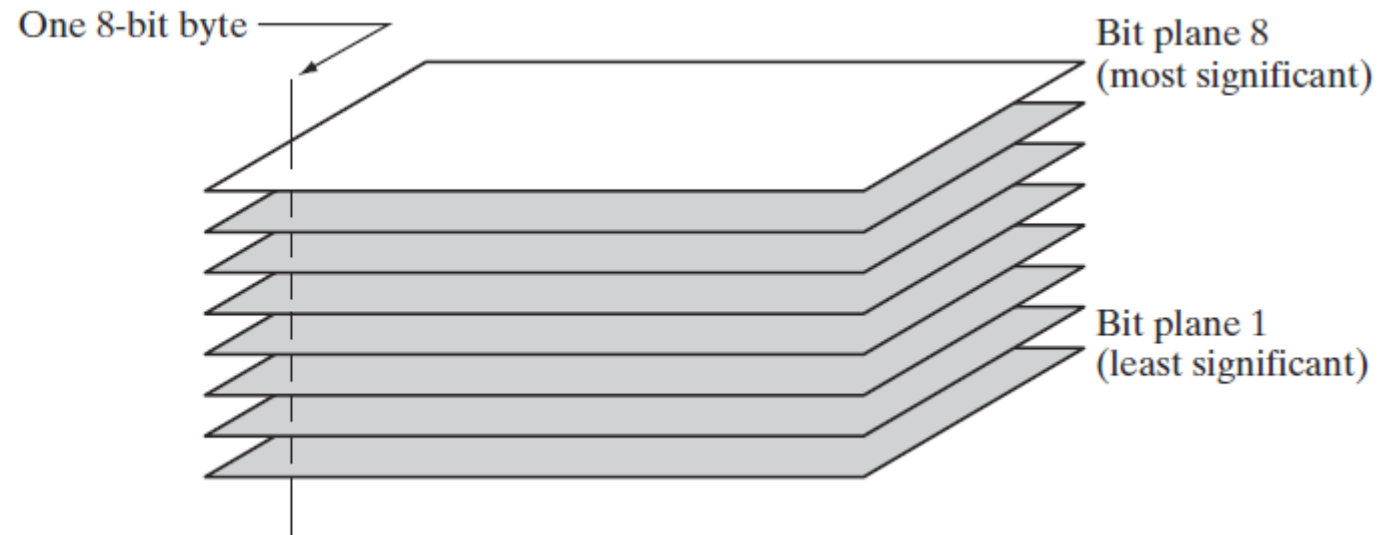


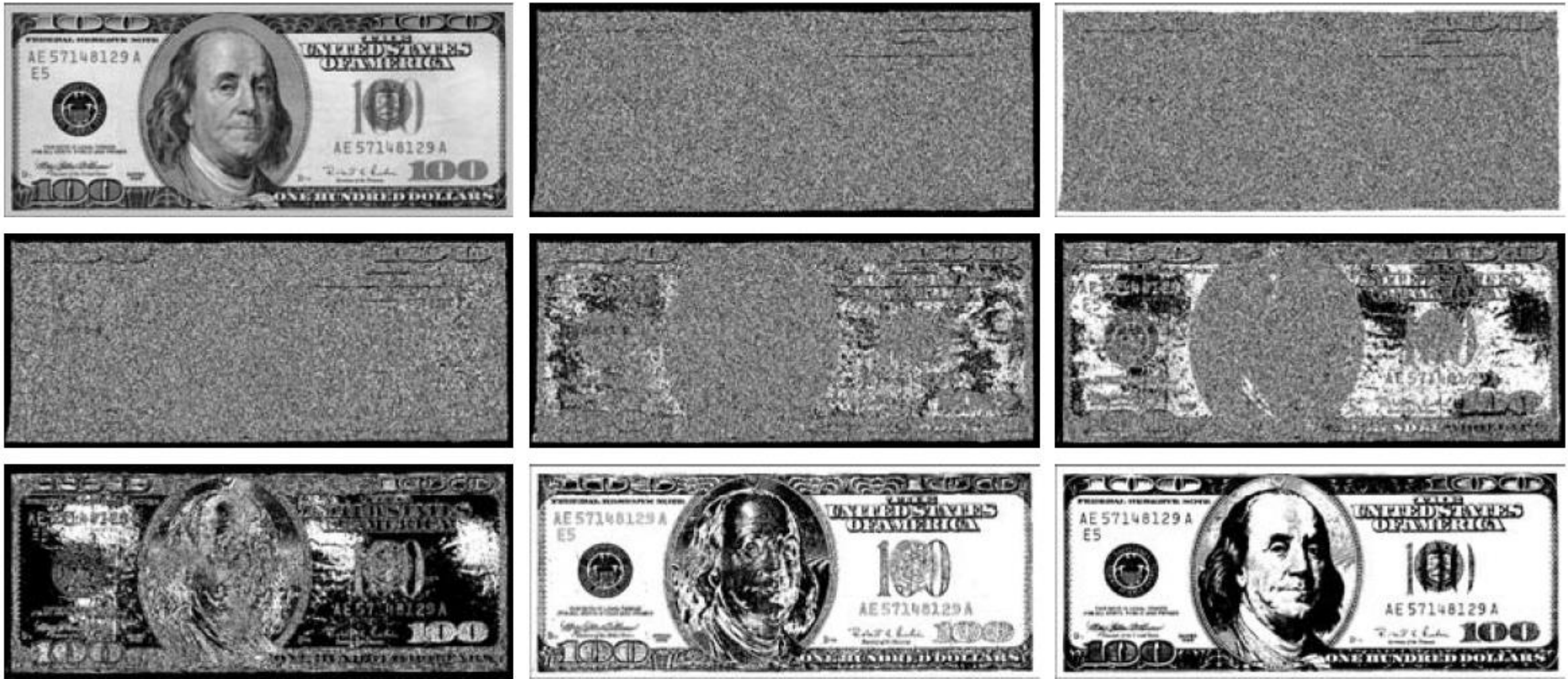


بُرش بندی صفحه بیتی

- هر پیکسل در یک تصویر خاکستری ۲۵۶ سطحی از ۸ بیت (۱ بایت) تشکیل شده است.
- ◆ صفحه ۱ کم ارزش ترین بیت و صفحه ۸ پر ارزش ترین بیت همه پیکسل ها است.

FIGURE 3.13
Bit-plane
representation of
an 8-bit image.





a	b	c
d	e	f
g	h	i

نمایش صفحات بیتی یک تصویر به تنهایی

FIGURE 3.14 (a) An 8-bit gray-scale image of size 500×1192 pixels. (b) through (i) Bit planes 1 through 8, with bit plane 1 corresponding to the least significant bit. Each bit plane is a binary image.



تصویر اصلی



a b c

تصاویر بازسازی

FIGURE 3.15 Images reconstructed using (a) bit planes 8 and 7; (b) bit planes 8, 7, and 6; and (c) bit planes 8, 7, 6, and 5. Compare (c) with Fig. 3.14(a).

باز سازی تصویر اصلی به وسیله صفحات بیتی



پردازش هیستوگرام

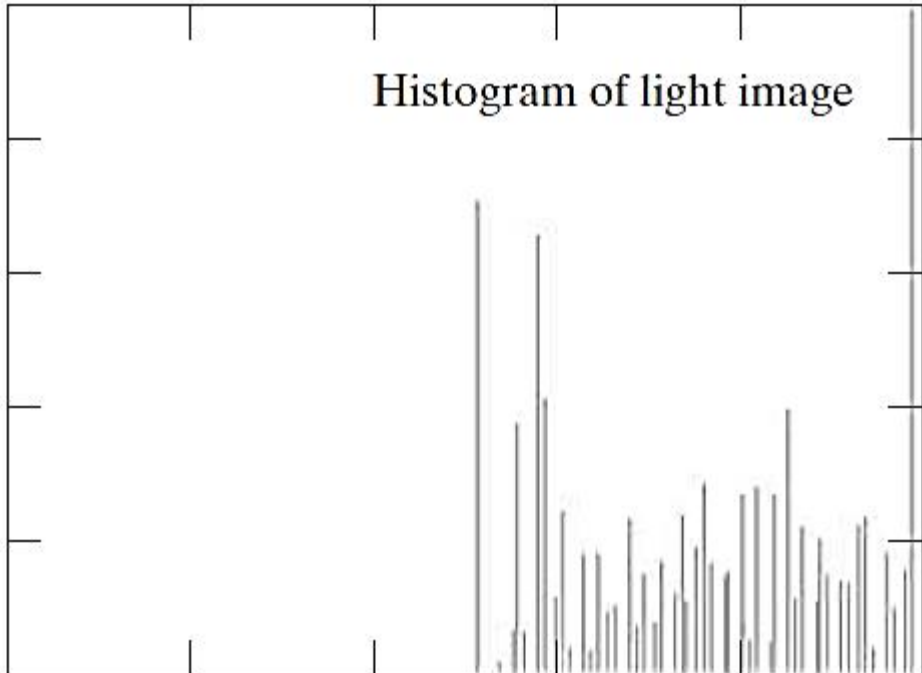
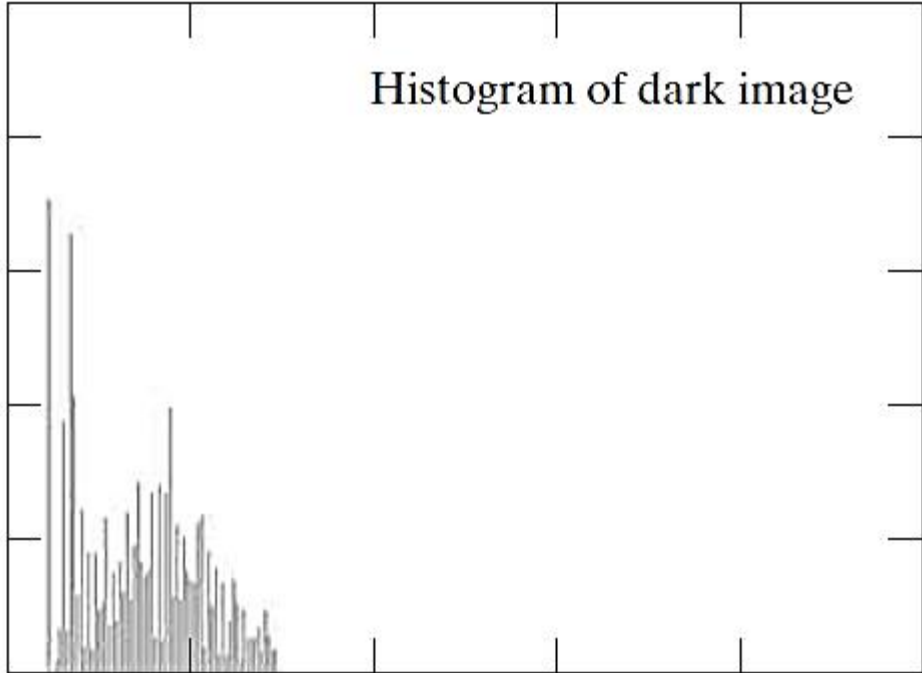
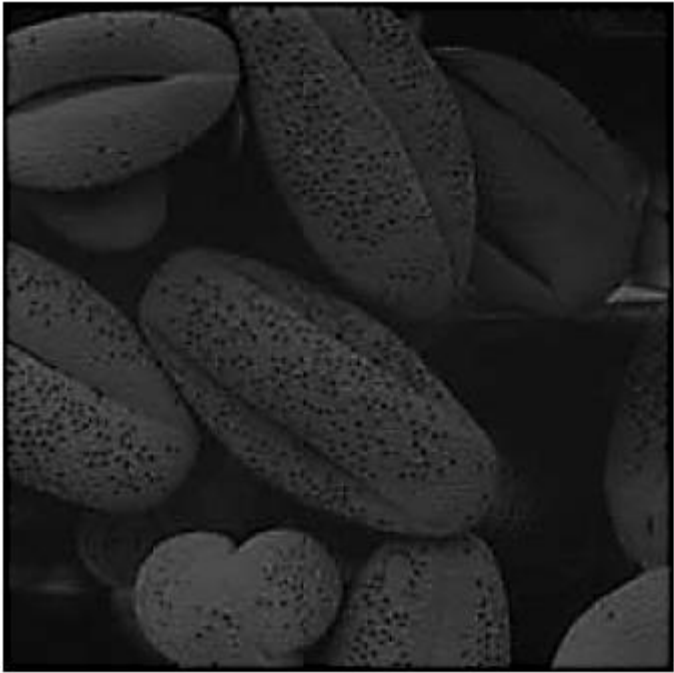
■ هیستوگرام یک تصویر دیجیتال با سطوح شدت روشنایی $[0-L-1]$ یک تابع گسسته به صورت $h(r_k) = n_k$ است که در آن r_k به k -امین مقدار شدت روشنایی و n_k به تعداد پیکسل های تصویر با شدت روشنایی r_k گفته می شود.

◆ کاربرد در بهسازی تصویر، فشرده سازی تصویر و ناحیه بندی تصویر

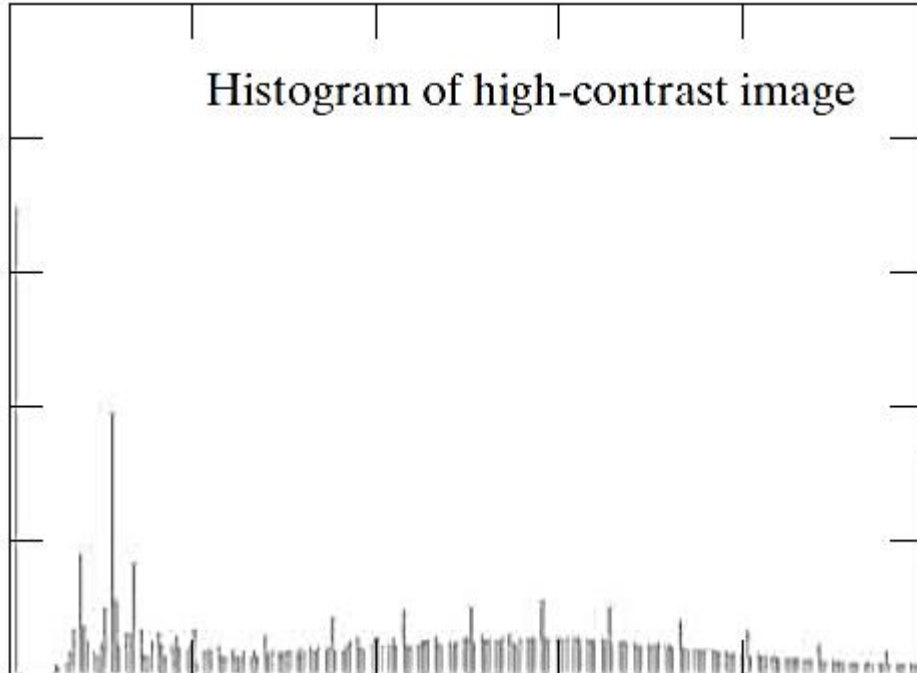
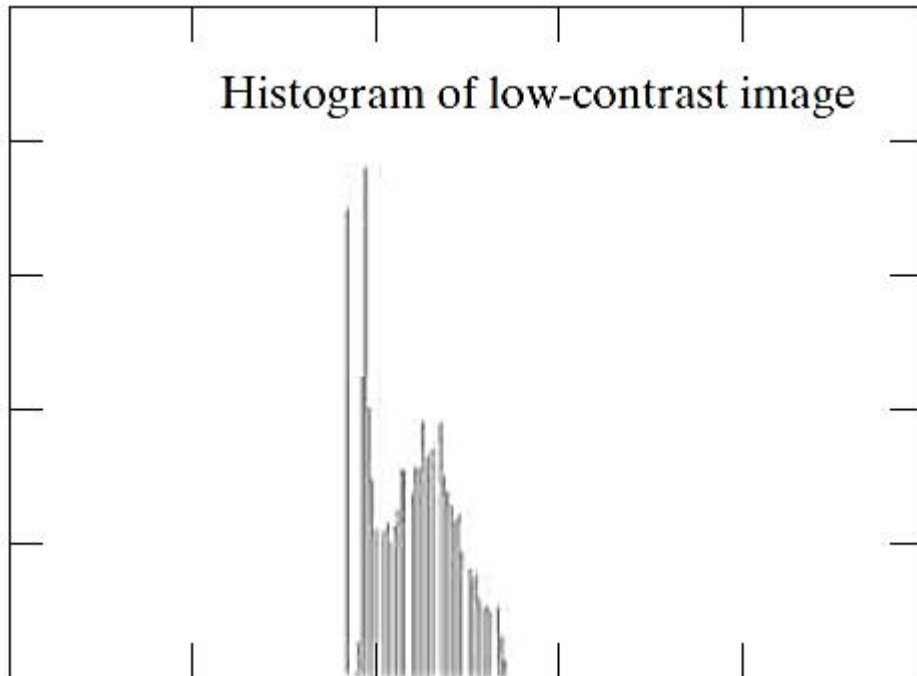
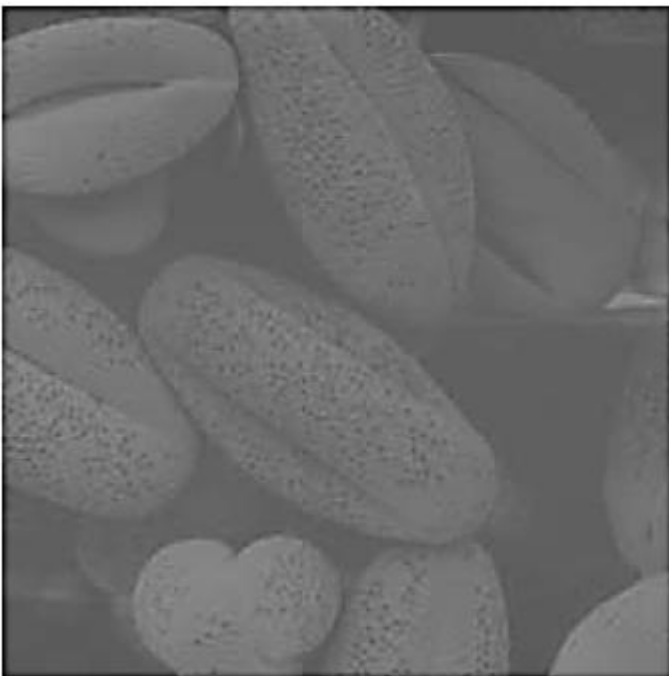
■ هیستوگرام نرمالیزه یک تصویر $M \times N$ برابر است با:

$$p(r_k) = \frac{n_k}{M \times N} \quad k = 0, 1, 2, \dots, L - 1$$

هیستوگرام تصاویر تاریک و روشن



هیستوگرام تصاویر با تباين پایین و بالا





متعادل سازی هیستگرام

■ فرض کنید تصویر به اندازه $M \times N$ با شدت روشنایی r در بازه $[0, L-1]$ داریم که $r=0$ نمایش دهنده سیاه و $r=L-1$ نمایش دهنده سفید است. تبدیل شدت روشنایی دارای این شرایط است:

- ◆ $T(r)$ به صورت تکنوا در بازه $0 \leq r \leq L-1$ صعودی است.

- مقادیر شدت روشنایی خروجی هیچگاه از شدت روشنایی ورودی کمتر نیست.

- ◆ $0 \leq T(r) \leq L-1$ به ازای $0 \leq r \leq L-1$

$$s = T(r) \quad 0 \leq r \leq L - 1$$

- دامنه ورودی و خروجی یکسان است.

■ احتمال وقوع شدت روشنایی r_k در هیستوگرام نرمال

$$p_r(r_k) = \frac{n_k}{M \times N} \quad k = 0, 1, 2, \dots, L - 1$$



متعادل سازی هیستگرام

■ بر اساس معادله تبدیل شدت روشنایی داریم:

$$s_k = T(r_k) = (L - 1) \sum_{j=0}^k p_r(r_j) = \frac{(L - 1)}{M \times N} \sum_{j=0}^k n_j \quad k = 0, 1, 2, \dots, L - 1$$

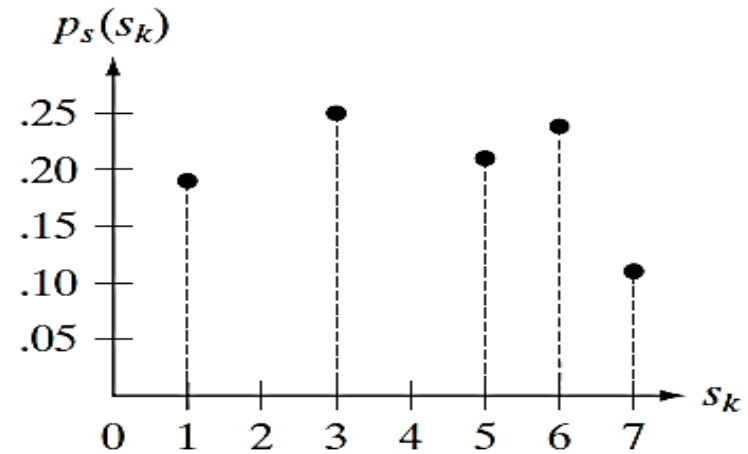
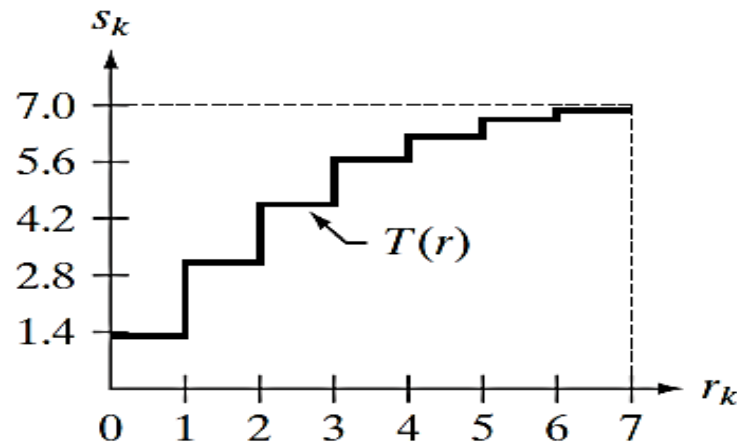
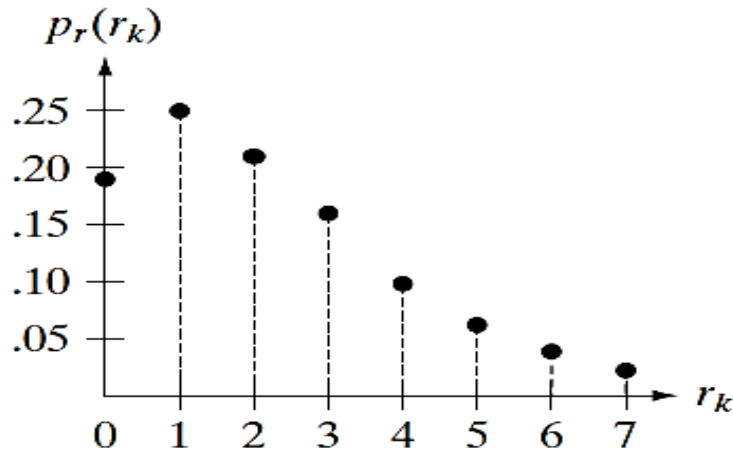
■ تبدیل (نگاشت) $T(r_k)$ در معادله بالا، یک تبدیل متعادل سازی هیستوگرام یا خطی سازی هیستوگرام گفته می شود.

◆ نتیجه قطعی متعادل سازی هیستوگرام افزایش تباین است.

مثال: متعادل سازی هیستوگرام یک تصویر ۳ بیتی 64×64 پیکسل

r_k	n_k	$p_r(r_k) = n_k/MN$
$r_0 = 0$	790	0.19
$r_1 = 1$	1023	0.25
$r_2 = 2$	850	0.21
$r_3 = 3$	656	0.16
$r_4 = 4$	329	0.08
$r_5 = 5$	245	0.06
$r_6 = 6$	122	0.03
$r_7 = 7$	81	0.02

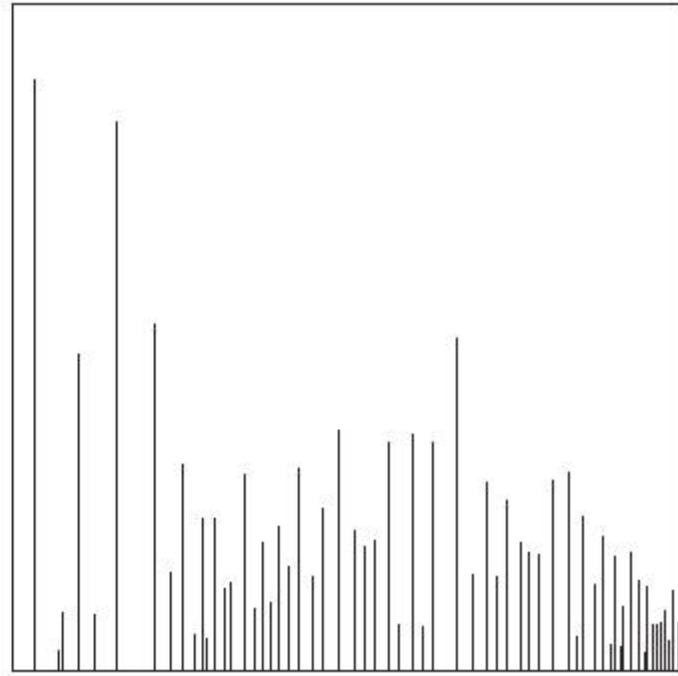
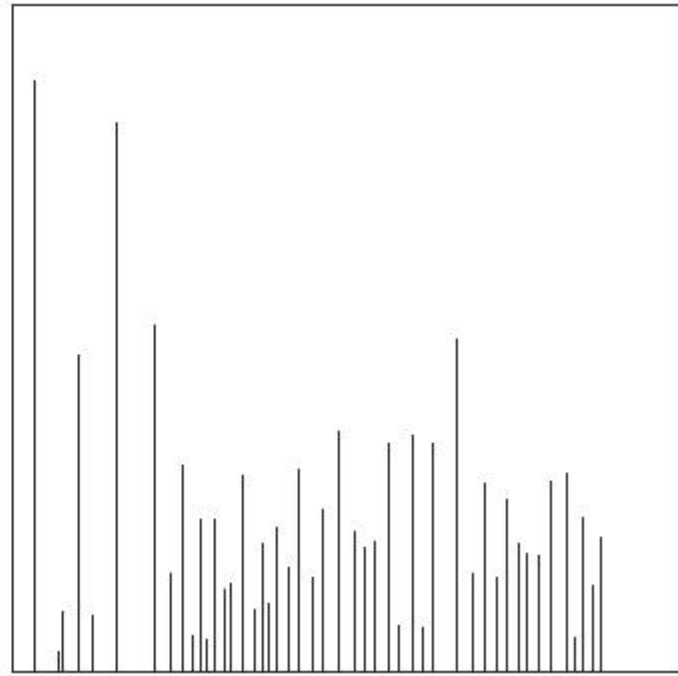
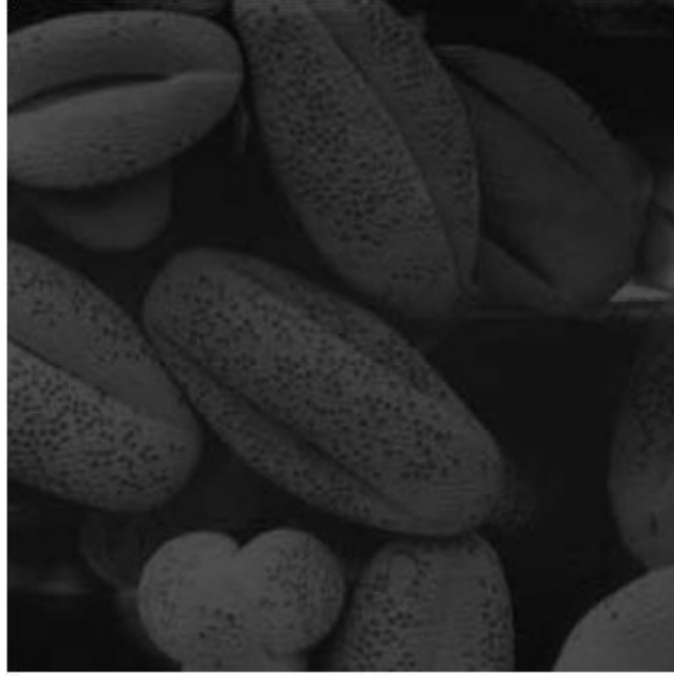
$s_0 = 1.33 \rightarrow 1$	$s_4 = 6.23 \rightarrow 6$
$s_1 = 3.08 \rightarrow 3$	$s_5 = 6.65 \rightarrow 7$
$s_2 = 4.55 \rightarrow 5$	$s_6 = 6.86 \rightarrow 7$
$s_3 = 5.67 \rightarrow 6$	$s_7 = 7.00 \rightarrow 7$



a b c

FIGURE 3.19 Illustration of histogram equalization of a 3-bit (8 intensity levels) image. (a) Original histogram. (b) Transformation function. (c) Equalized histogram.

متعادل سازی هیستوگرام تصاویر تاریک و روشن اسلاید ۲۴



متعدد سازی هیتوگرام تصاویر با تباین پایین و بالا اسلاید ۲۵

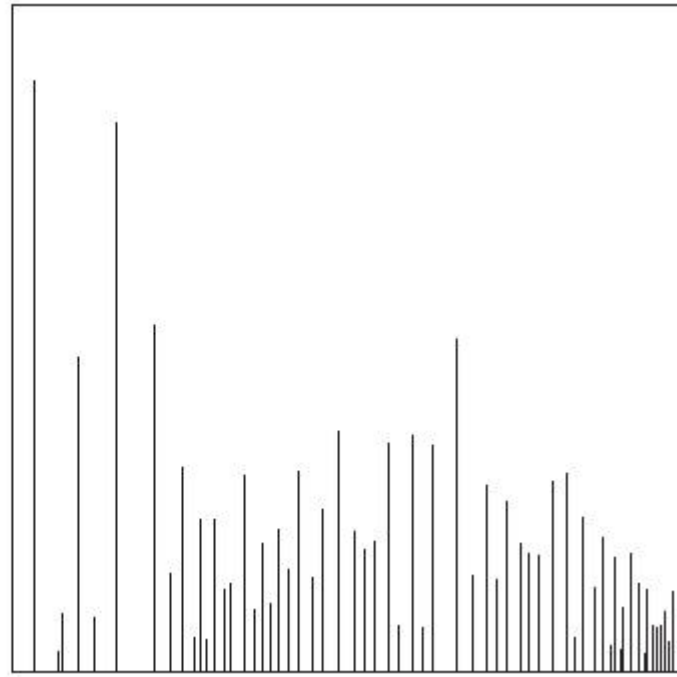
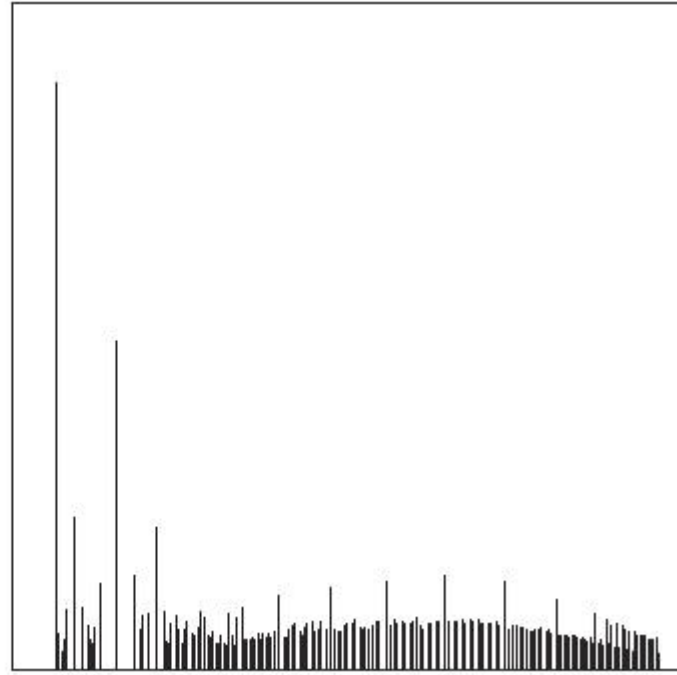
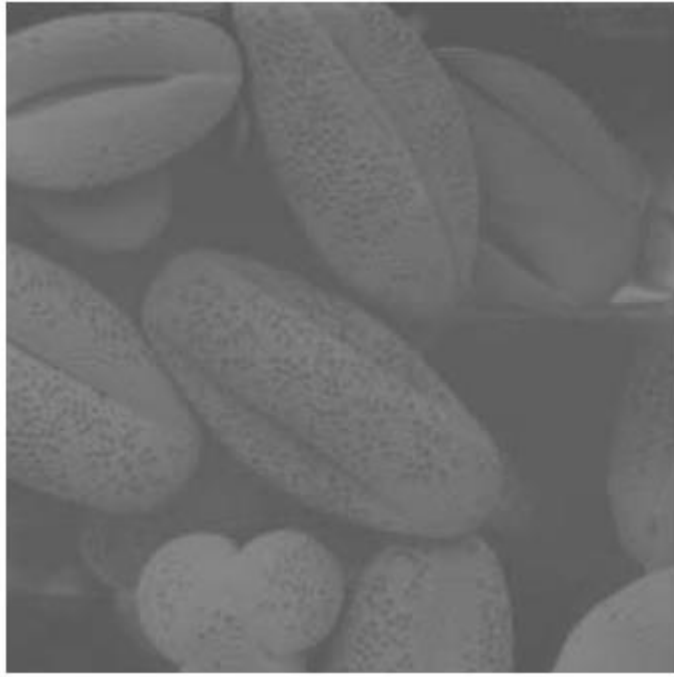
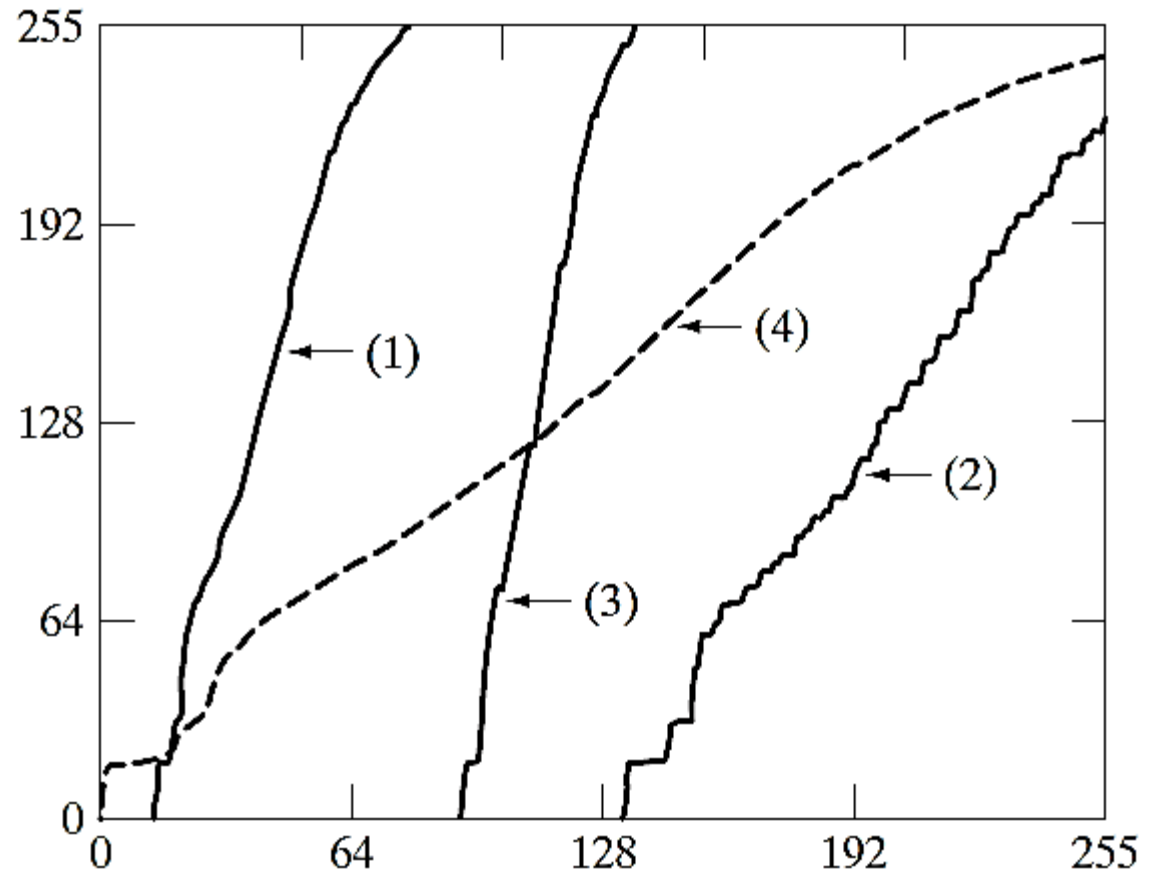


FIGURE 3.21
Transformation functions for histogram equalization. Transformations (1) through (4) were obtained from the histograms of the images (from top to bottom) in the left column of Fig. 3.20 using Eq. (3.3-8).



توابع تبدیل متعادل سازی هیستوگرام شکل های اسلاید ۲۹ و ۳۰



تطبيق هیستوگرام

- روشی که برای تولید یک تصویر پردازش شده بکار می رود تا دارای یک هیستوگرام مشخص شده باشد، تطبيق هیستوگرام یا مشخصه دهی هیستوگرام گفته می شود.
- با داشتن تبدیل متعادل سازی هیستوگرام s_k به ازای یک مقدار q داریم:

$$G(z_q) = (L - 1) \sum_{i=0}^q p_z(z_i) \xrightarrow{\text{طوریکه}} G(z_q) = s_k$$

- در انتها با تبدیل معکوس، مقدار z_q را می یابیم:

$$z_q = G^{-1}(s_k)$$



تطبيق هیستوگرام

■ الگوریتم تطبيق هیستوگرام:

◆ هیستوگرام تصویر را محاسبه نموده و هیستوگرام متعادل S_k را به دست آورید.

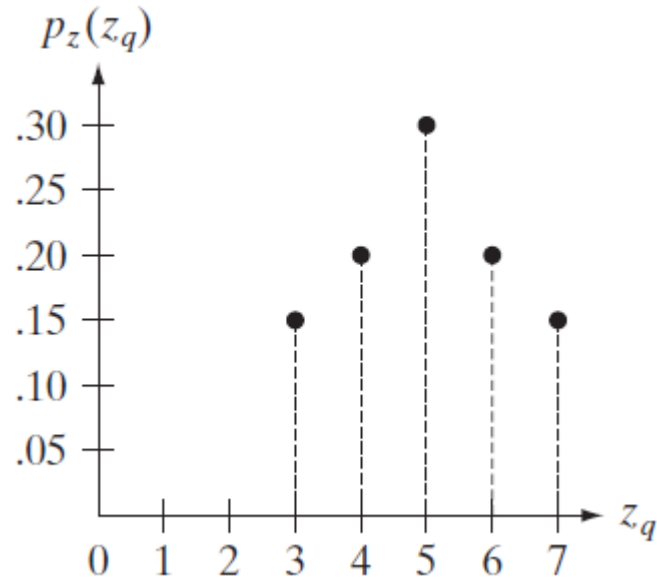
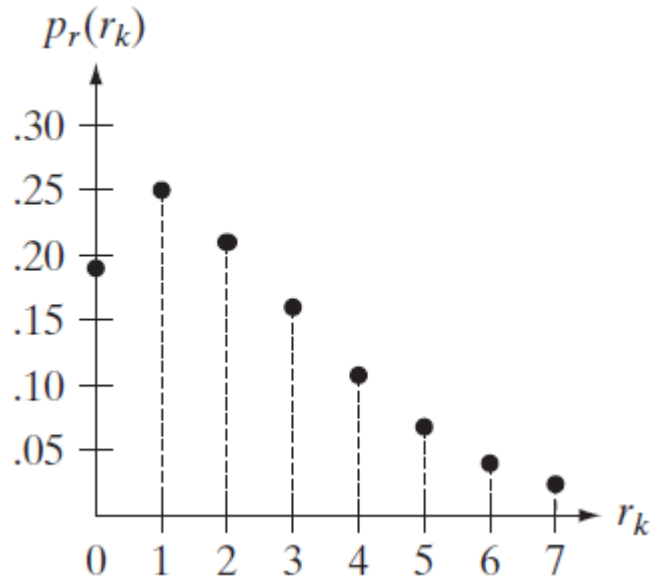
◆ مقادیر $G(z_q)$ را محاسبه کنید و در جدولی ثبت نمایید.

◆ به ازای هر مقدار S_k برای یافتن مقدار G ، مقادیر k را طوری بیابید که z_q نزدیکترین عدد به $G(z_q)$

باشد. اگر بیش از یک مقدار z_q در S_k داده شده وجود داشت، کوچکترین مقدار انتخاب می شود.

◆ با نگاشت مرحله سوم مقادیر S_k را به z_q تبدیل کنید. با این عمل تصویر با هیستوگرام تطبيق یافته حاصل خواهد شد.

مثال: تطبیق هیستوگرام یک تصویر ۳ بیتی 64×64 پیکسل (اسلاید ۲۸) با p_z در شکل زیر



z_q	Specified $p_z(z_q)$	Actual $p_z(z_k)$
$z_0 = 0$	0.00	0.00
$z_1 = 1$	0.00	0.00
$z_2 = 2$	0.00	0.00
$z_3 = 3$	0.15	0.19
$z_4 = 4$	0.20	0.25
$z_5 = 5$	0.30	0.21
$z_6 = 6$	0.20	0.24
$z_7 = 7$	0.15	0.11

جدول ۲-۳

$$s_0 = 1 \quad s_2 = 5 \quad s_4 = 7 \quad s_6 = 7$$

$$s_1 = 3 \quad s_3 = 6 \quad s_5 = 7 \quad s_7 = 7$$

$$G(z_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_z(z_j) = 0.00$$

Similarly,

$$G(z_1) = 7 \sum_{j=0}^1 p_z(z_j) = 7[p(z_0) + p(z_1)] = 0.00$$

and

$$G(z_2) = 0.00 \quad G(z_4) = 2.45 \quad G(z_6) = 5.95$$

$$G(z_3) = 1.05 \quad G(z_5) = 4.55 \quad G(z_7) = 7.00$$

$$G(z_0) = 0.00 \rightarrow 0$$

$$G(z_1) = 0.00 \rightarrow 0$$

$$G(z_2) = 0.00 \rightarrow 0$$

$$G(z_3) = 1.05 \rightarrow 1$$

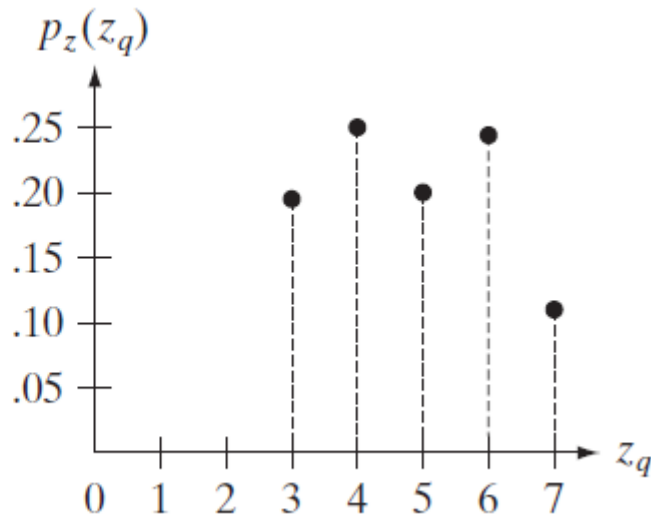
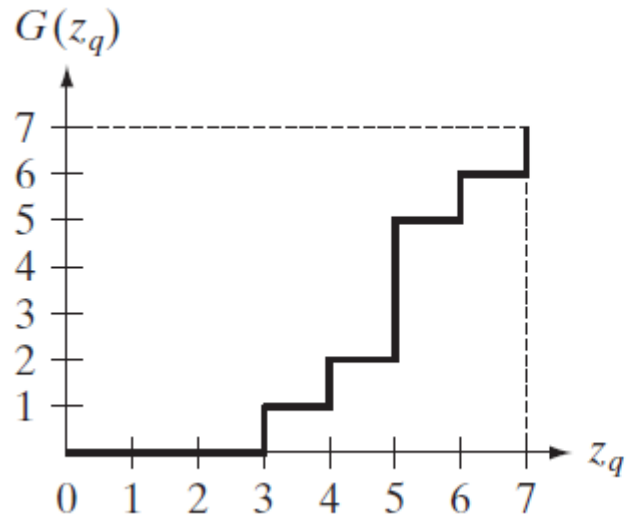
$$G(z_4) = 2.45 \rightarrow 2$$

$$G(z_5) = 4.55 \rightarrow 5$$

$$G(z_6) = 5.95 \rightarrow 6$$

$$G(z_7) = 7.00 \rightarrow 7$$

z_q	$G(z_q)$
$z_0 = 0$	0
$z_1 = 1$	0
$z_2 = 2$	0
$z_3 = 3$	1
$z_4 = 4$	2
$z_5 = 5$	5
$z_6 = 6$	6
$z_7 = 7$	7



s_k	\rightarrow	z_q
1	\rightarrow	3
3	\rightarrow	4
5	\rightarrow	5
6	\rightarrow	6
7	\rightarrow	7



مبانی فیلتر گذاری مکانی

■ فیلتر مکانی از دو مورد تشکیل می شود:

◆ یک منطقه همسایگی (معمولاً مستطیل شکل)

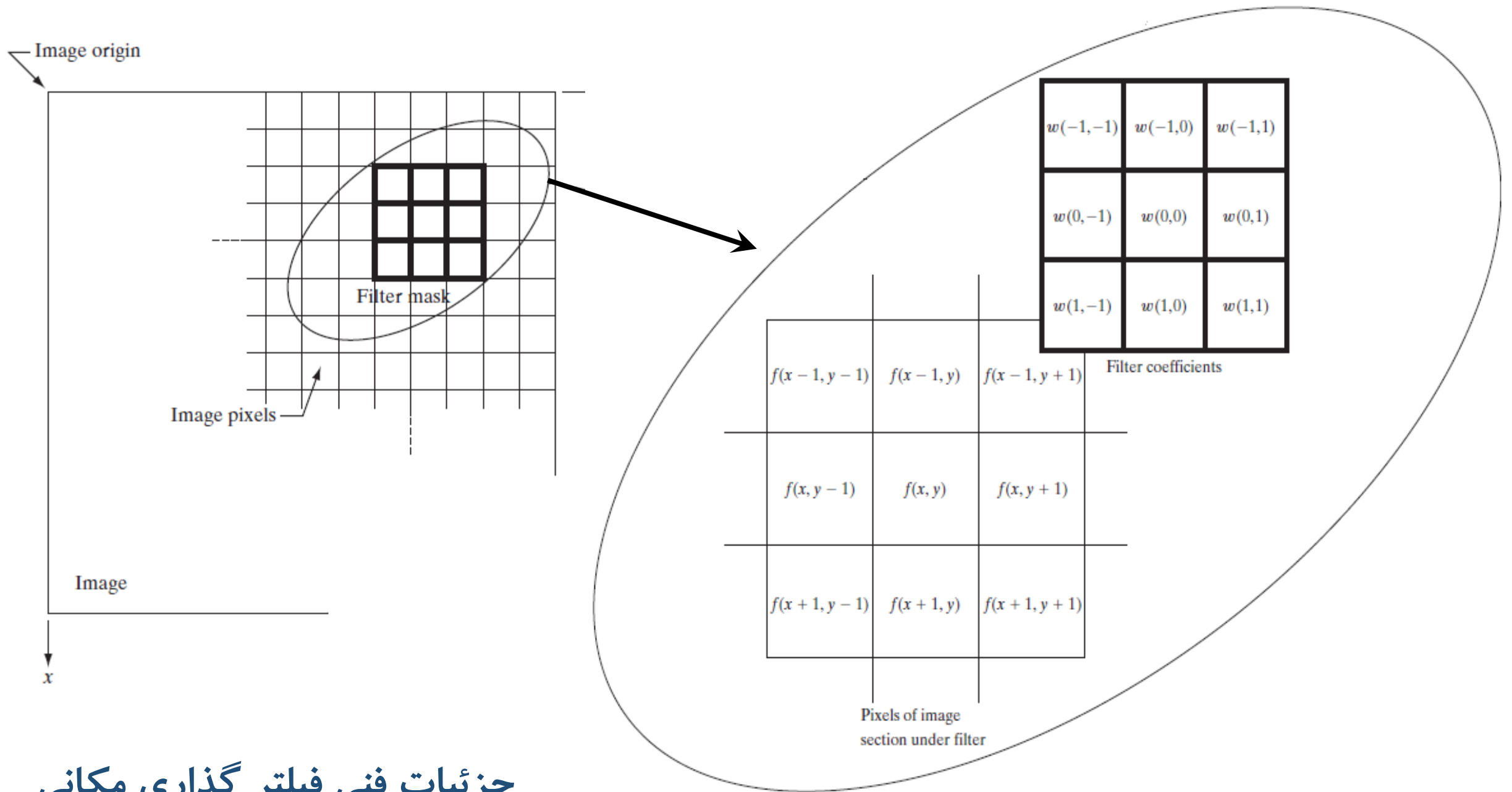
◆ یک عملیات از پیش تعریف شده روی پیکسل های منطقه همسایگی

■ فیلتر گذاری یک پیکسل در تصویر جدید با مختصات مرکز منطقه همسایگی و مقدار حاصل از عمل فیلتر گذاری، ایجاد می کند.

■ ابعاد منطقه همسایگی فرد است. یعنی نقاب فیلتر $m \times n$ بصورت $n=2b+1$ و $m=2a+1$ است.

■ فیلتر خطی مکانی:

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



جزئیات فنی فیلتر گذاری مکانی



همبستگی مکانی و کانولوشن

- همبستگی فرآیند عبور دادن یک نقاب فیلتری از روی تصویر و محاسبه جمع حاصلضرب ها در هر نقطه است.
- کانولوشن مشابه همبستگی است با این تفاوت که در ابتدا نقاب فیلتر 180° درجه چرخانده شده، سپس با عبور از روی تصویر و مجموع حاصلضرب ها در هر نقطه محاسبه می شود.
- اگر در فرآیندهای بالا همپوشانی وجود نداشت، باید 0 به دو طرف تصویر اضافه شود. به این عمل لایبی گذاری می گویند.
- ◆ اگر اندازه فیلتر m باشد، آنگاه تعداد $m-1$ عدد 0 به دو طرف تصویر اضافه می شود.



همبستگی مکانی و کانولوشن

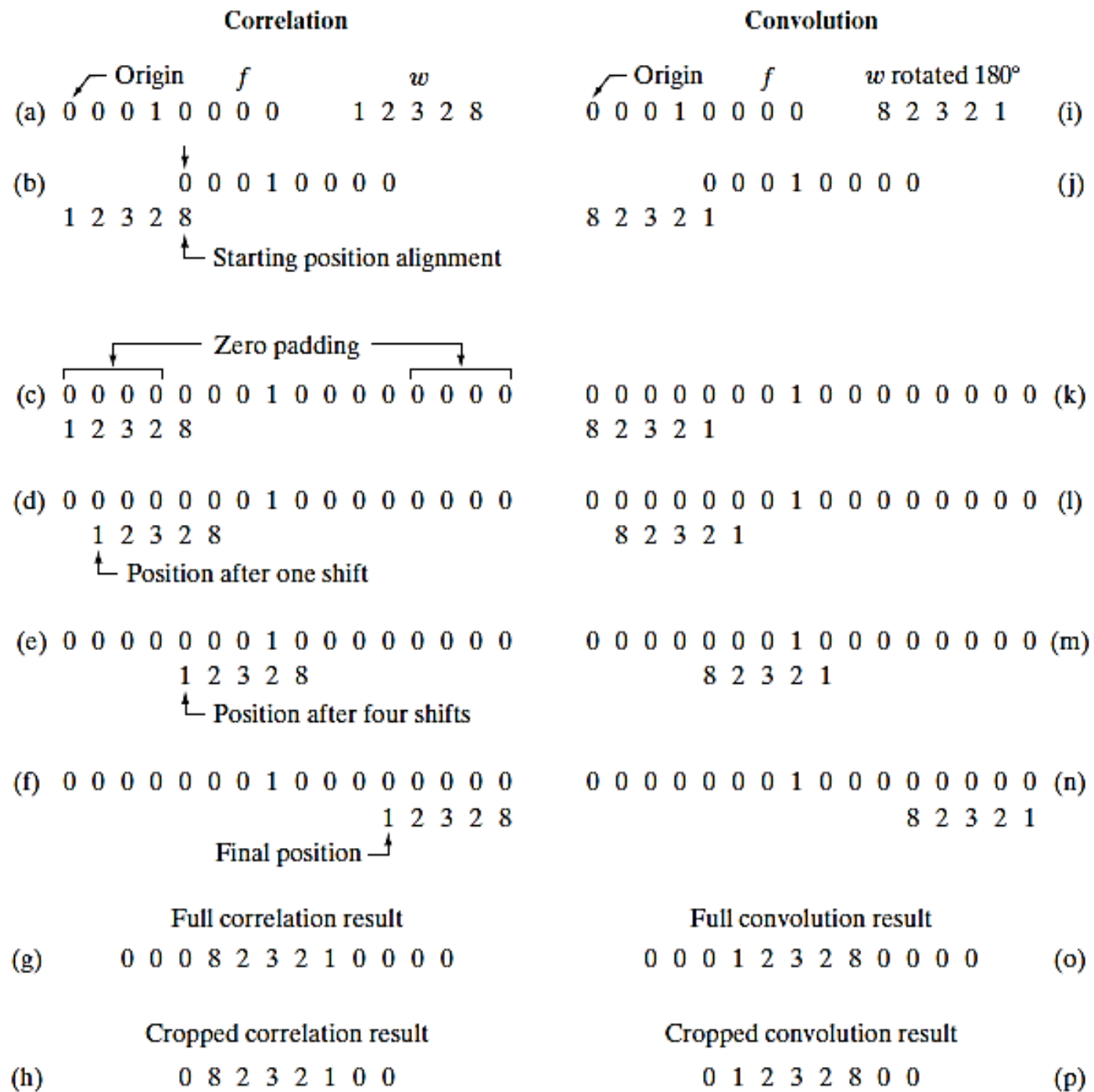
■ رابطه همبستگی

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

■ رابطه کانولوشن

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

$$m(\text{فرد}) \quad n(\text{فرد}) \quad a = (n - 1)/2 \quad b = (m - 1)/2$$



همبستگی و کانولوشن 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
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	0	0	0	0

(b)

Initial position for w

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



نقاب های فیلتر مکانی

- جهت تولید نقاب فیلتر مکانی خطی $m \times n$ تعداد mn عدد ضرب باید مشخص شود.
- در فیلتر مکانی تنها عملی که می توان انجام داد، پیاده سازی جمع حاصلضرب ها است.
- ایجاد یک فیلتر غیر خطی به مشخص کردن اندازه همسایگی و نوع عملی که باید بر پیکسل های موجود در منطقه همسایگی اعمال شود، نیاز دارد.
- فیلتر های غیر خطی بسیار قوی هستند و در برخی کاربردها اعمالی فراتر از قابلیت های فیلترهای مکانی خطی انجام می دهند.



فیلتر هموار ساز خطی

- فیلترهای هموار ساز جهت مات کردن و کاهش نویز به کار می روند. که مات کردن در اعمال پیش پردازش مثل حذف جزئیات کوچک، متصل کردن نواحی خالی در خطوط و منحنی ها، کاربرد دارد.
- خروجی (پاسخ) یک فیلتر مکانی خطی هموارساز برابر با میانگین پیکسل های موجود در همسایگی نقاب فیلتر است.
 - ◆ پاسخ، یک تصویر با کاهش میزان انتقال های سریع (پرش) در سطوح شدت روشنایی است.
- این فیلترها گاهی به نام فیلتر محاسبه میانگین یا فیلتر های پایت گذر می گویند.



فیلتر هموار ساز خطی

- اصلی ترین کاربرد فیلترهای محاسبه میانگین، حذف جزئیات نامرتبط در تصویر است.
- اثر نامطلوب فیلترهای محاسبه میانگین محو کردن لبه ها می باشد.
- یک فیلتر مکانی خطی بصورت کلی عبارت است از:

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



فیلتر هموار ساز خطی

■ فیلتر محاسبه میانگین مکانی که همه ضرایب آن برابر است، فیلتر جعبه ای نیز می گویند.

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

$$R = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 f_i$$



فیلتر هموار ساز خطی

■ اگر پیکسل های نقاب فیلتر هموار ساز خطی وزن دار باشند، میزان مات شدگی کاهش خواهد یافت.

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

$$R = \frac{1}{16} \sum_{i=1}^9 f_i$$

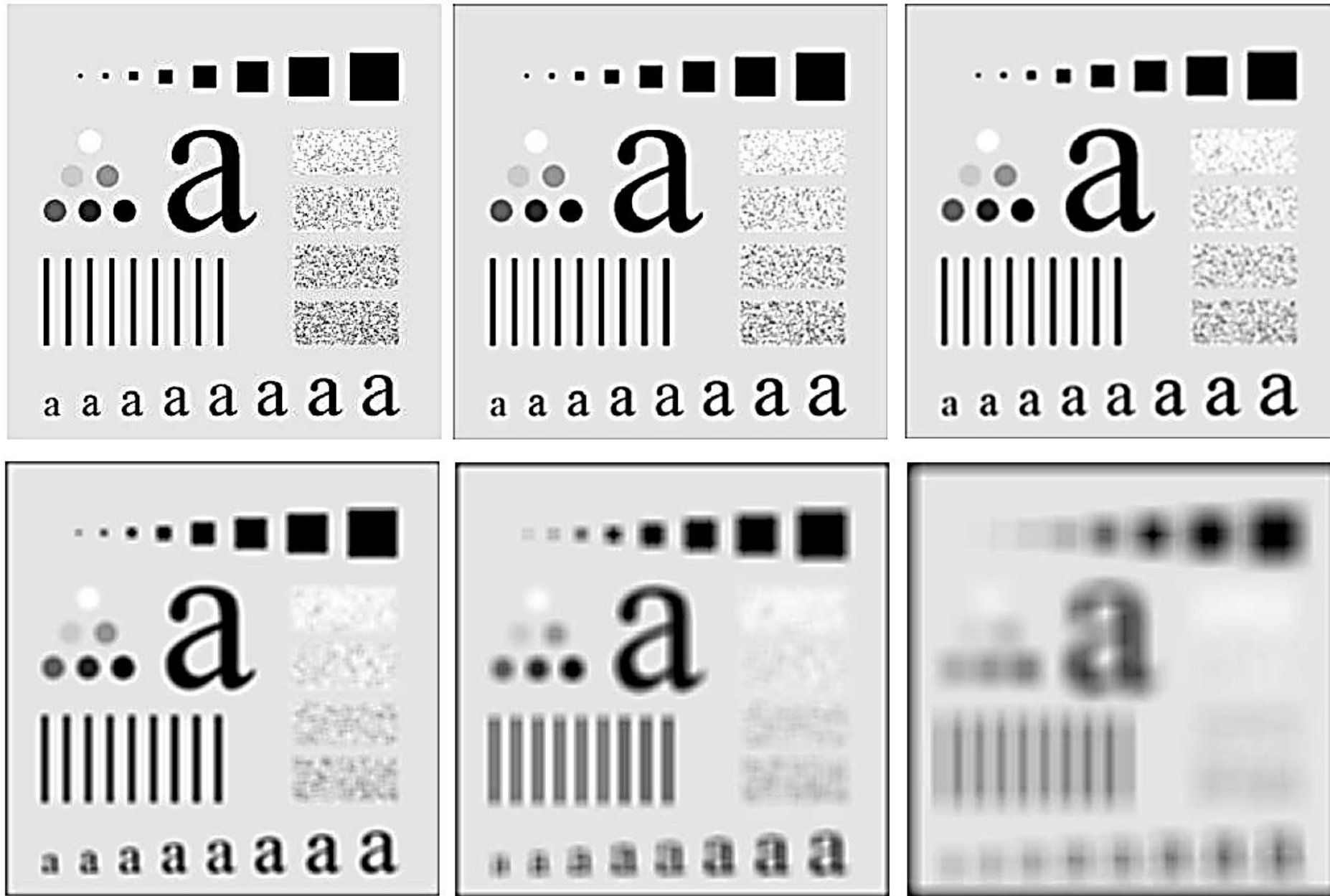
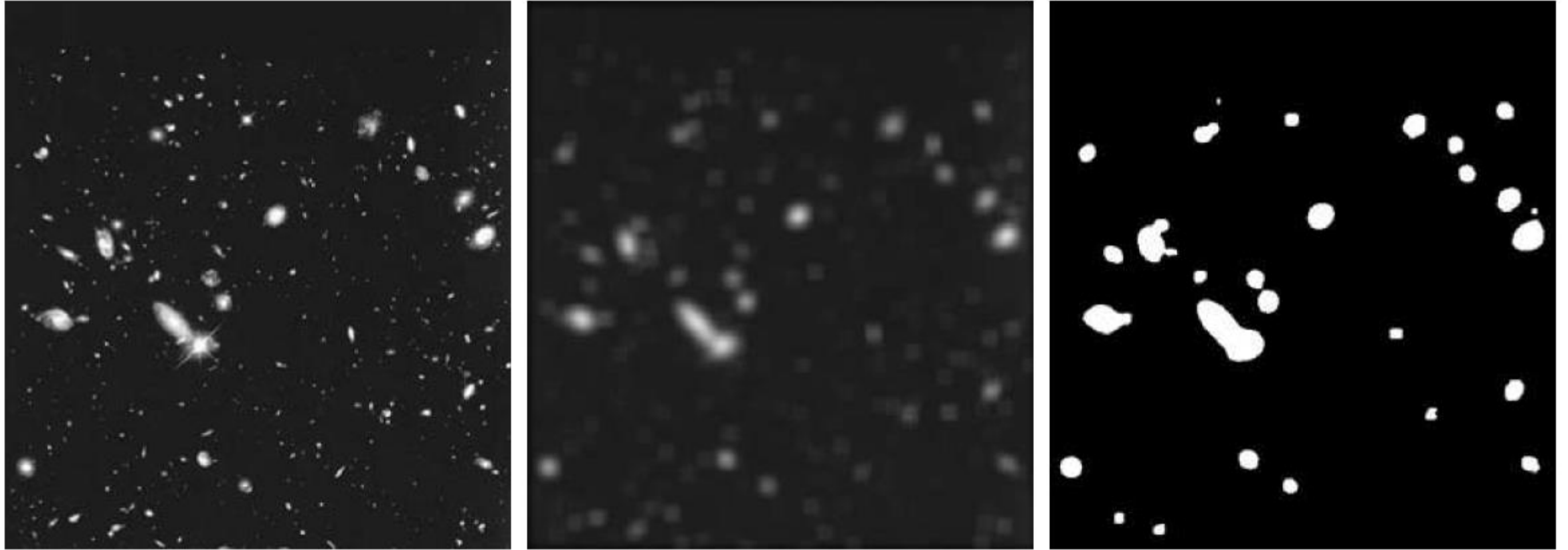


FIGURE 3.33 (a) Original image, of size 500×500 pixels. (b)–(f) Results of smoothing with square averaging filter masks of sizes $m = 3, 5, 9, 15,$ and 35 , respectively. The black



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 مرتبه-آماری (غیر خطی)

- فیلترهای مرتبه-آماری، فیلترهای غیر خطی مکانی هستند که پاسخ آنها بر پایه مرتب کردن (رده بندی) پیکسل های موجود در حیطه فیلتر و جایگزین کردن مقدار پیکسل با مقدار حاصل از مرتب سازی است.
- بهترین نوع فیلترهای مرتبه-آماری، فیلتر میانه است.
 - ◆ مقادیر پیکسل های مورد نظر مرتب شده تا مقدار میانه پیدا شود.
 - ◆ جهت حذف انواع خاص نویز (ضربه ای و نمک لفل)
 - ◆ میزان مات کردن آنها کم است.

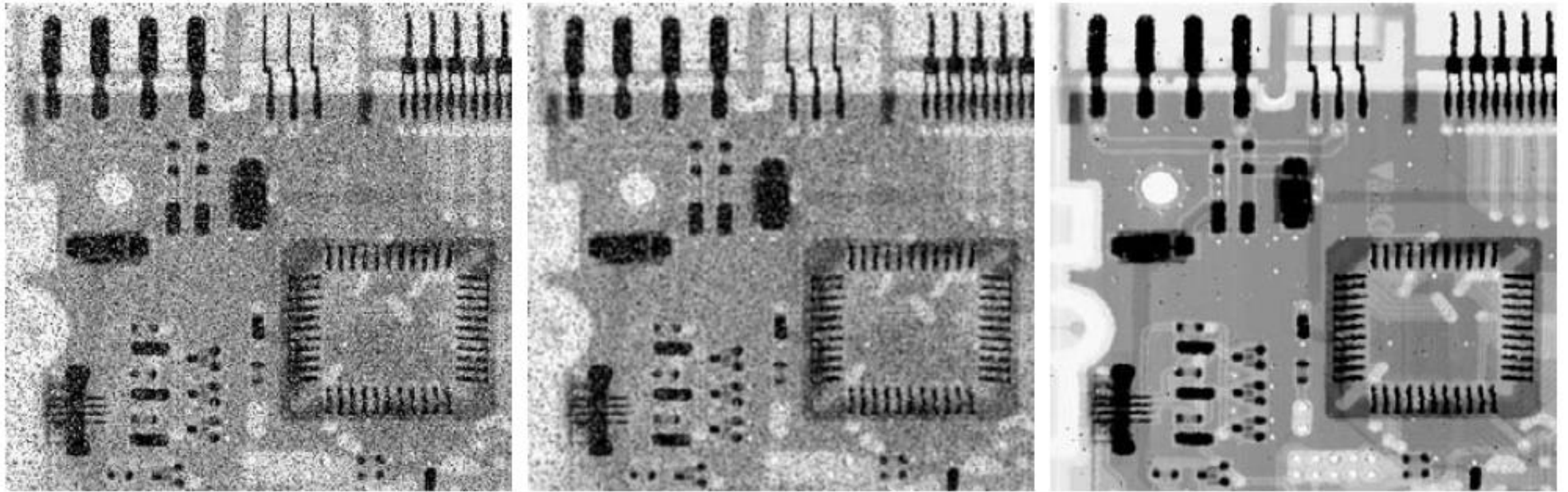


فیلتر مرتبه-آماری میانه

- عمل اصلی فیلتر میانه، شبیه تر کردن سطوح شدت روشنایی متمایز به همسایگان خود است.
 - ◆ خوشه های جدای پیکسل ها که نسبت به همسایگان خود تاریک تر یا روشن تر هستند و مساحت آنها کمتر از نصف مساحت فیلتر است، حذف می شوند.
 - ◆ خوشه های بزرگتر کمتر اثر می پذیرند و شدت روشنایی آنها به مقدار روشنایی همسایگان تغییر می کند.

حذف خوشه پیکسل $\xRightarrow{\text{اعمال فیلتر}}$ مساحت خوشه پیکسل $> \frac{m^2}{2}$ \Rightarrow فیلتر $m \times m$

- از نظر آماری، میانه صدک پنجاهم مجموعه اعداد مرتب شده است.
 - ◆ صدک صدم، فیلتر ماکزیمم را می دهد. (یافتن روشن ترین نقاط تصویر)
 - ◆ صدک صفرم، فیلتر مینیمم را می دهد. (یافتن تاریک ترین نقاط تصویر)



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.)

هموار سازی تصویر توسط فیلتر میانه



فیلترهای مکانی تیز کننده

■ هدف اصلی تیز سازی مشخص کردن بهتر پرش های شدت روشنایی است.

■ کاربرد در چاپ الکترونیکی، تصویر برداری پزشکی، بازرسی صنعتی و هدایت خودکار در سیستم های نظامی

■ تیز سازی از طریق مشتق گیری مکان ممکن می شود. (محاسبه میانگین مانند انتگرال است)

■ مشتق گیری از تصویر، لبه ها و سایر گسستگی ها مانند نویز را بهبود داده و نقاطی که شدت روشنایی آنها تغییرات کمتری دارد، تضعیف می کند.



مشتق های تصویر

■ عبارت مشتق اول

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

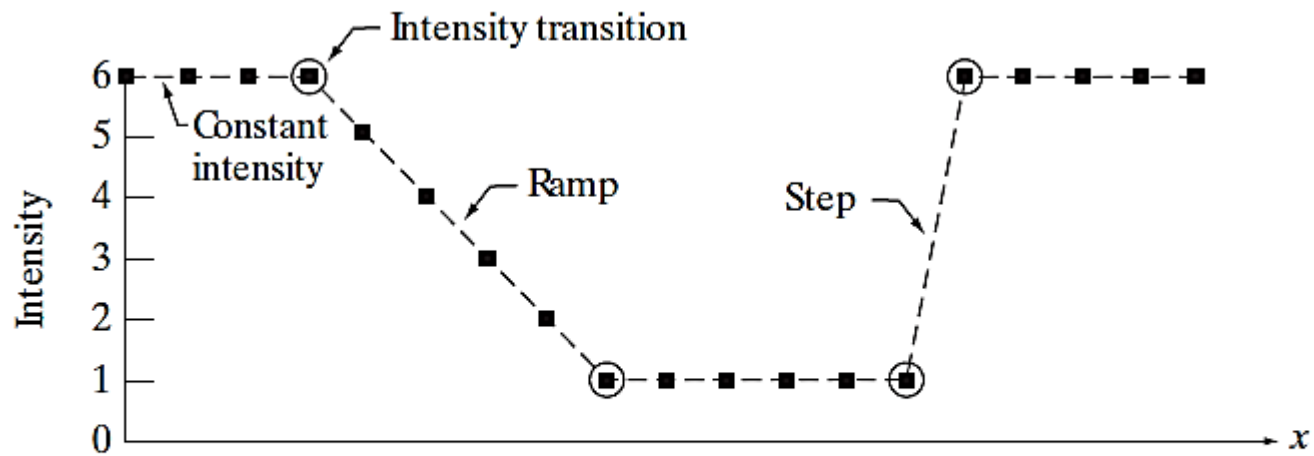
- ◆ در نواحی با شدت روشنایی ثابت، صفر است.
- ◆ در ابتدای پله یا شیب در شدت روشنایی غیر صفر است.
- ◆ در امتداد شیب غیر صفر است.

■ عبارت مشتق دوم

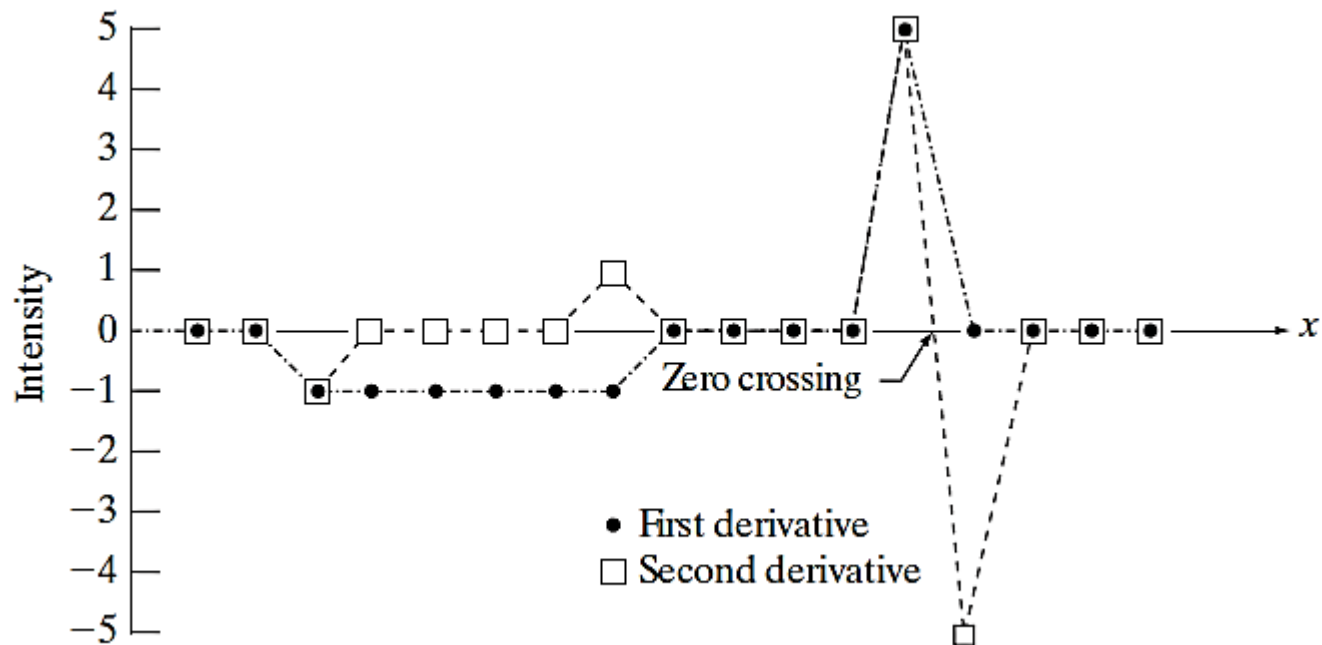
$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x + 1) + f(x - 1) - 2f(x)$$

- ◆ در نواحی با شدت روشنایی ثابت، صفر است.
- ◆ در ابتدا، انتهای پله و شیب شدت روشنایی غیر صفر است.
- ◆ در امتداد شیب های ثابت صفر است.

مشق های مرتبه اول و دوم یک بعدی بخشی از پروفایل افقی یک تصویر



Scan line	6	6	6	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6
1st derivative	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
2nd derivative	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5	-5	0	0	0	0





لاپلاسين جهت تيز سازي (خطي) تصوير

■ فیلترهای ایزوتروپیک تغییر ناپذیر با چرخش هستند.

■ ساده ترین عملگر مشتق گیری ایزوتروپیک، لاپلاسين است.

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

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

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

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

نقاب های مختلف فیلتر لاپلاسین

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



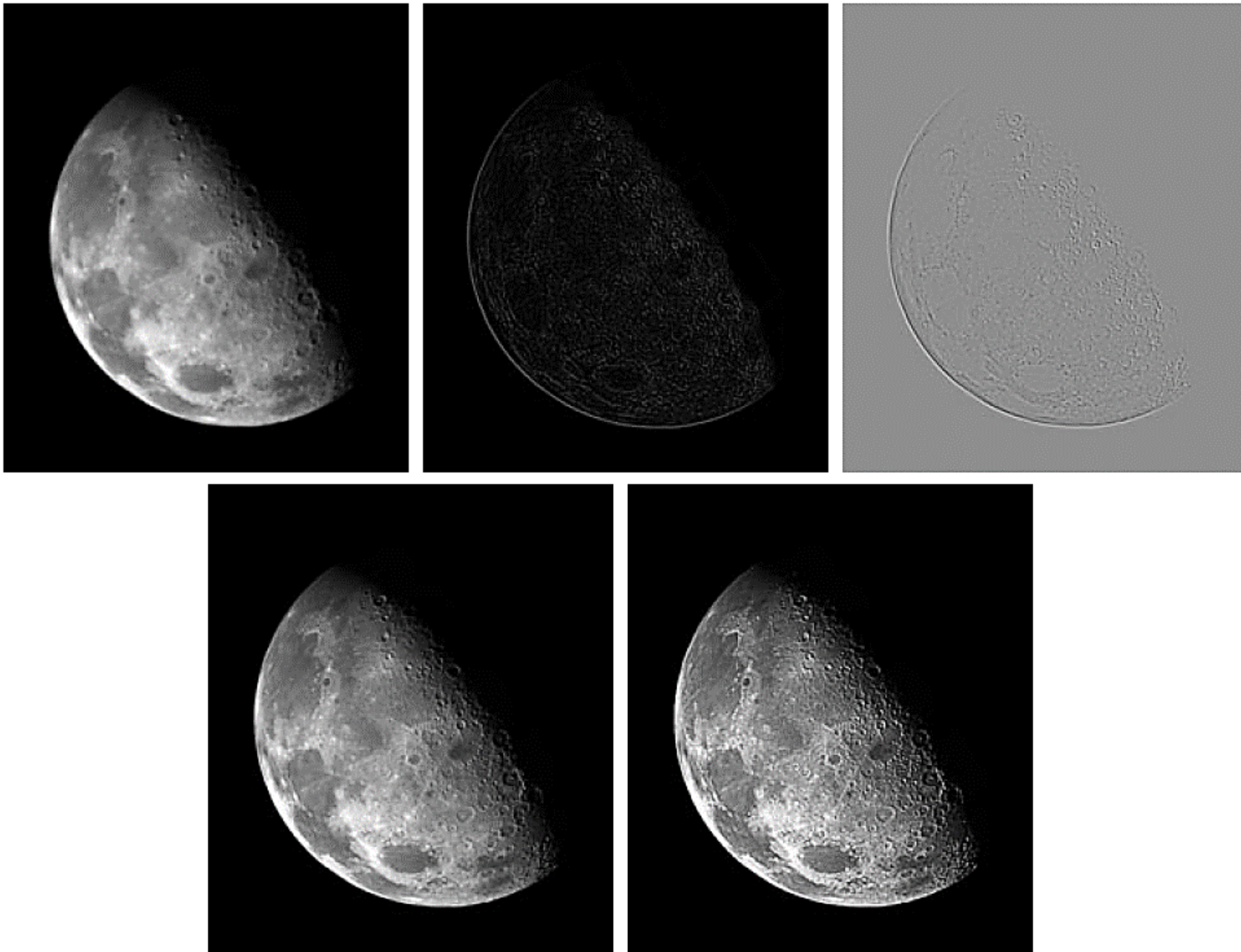
لاپلاسین تصویر جهت تیز سازی (خطی) تصویر

■ لاپلاسین تصاویری با لبه های خاکستری و گسستگی های دیگر روی یک پس زمینه بدون ویژگی و سیاه، تولید می کند.

■ می توان ویژگی های پس زمینه را ضمن حفظ اثر تیز کنندگی لاپلاسین با افزودن لاپلاسین تصویر به تصویر اصلی بازیابی نمود.

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

• اگر لاپلاسین با مرکز منفی باشد $c=-1$ و اگر لاپلاسین با مرکز مثبت باشد $c=1$ است.



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.)

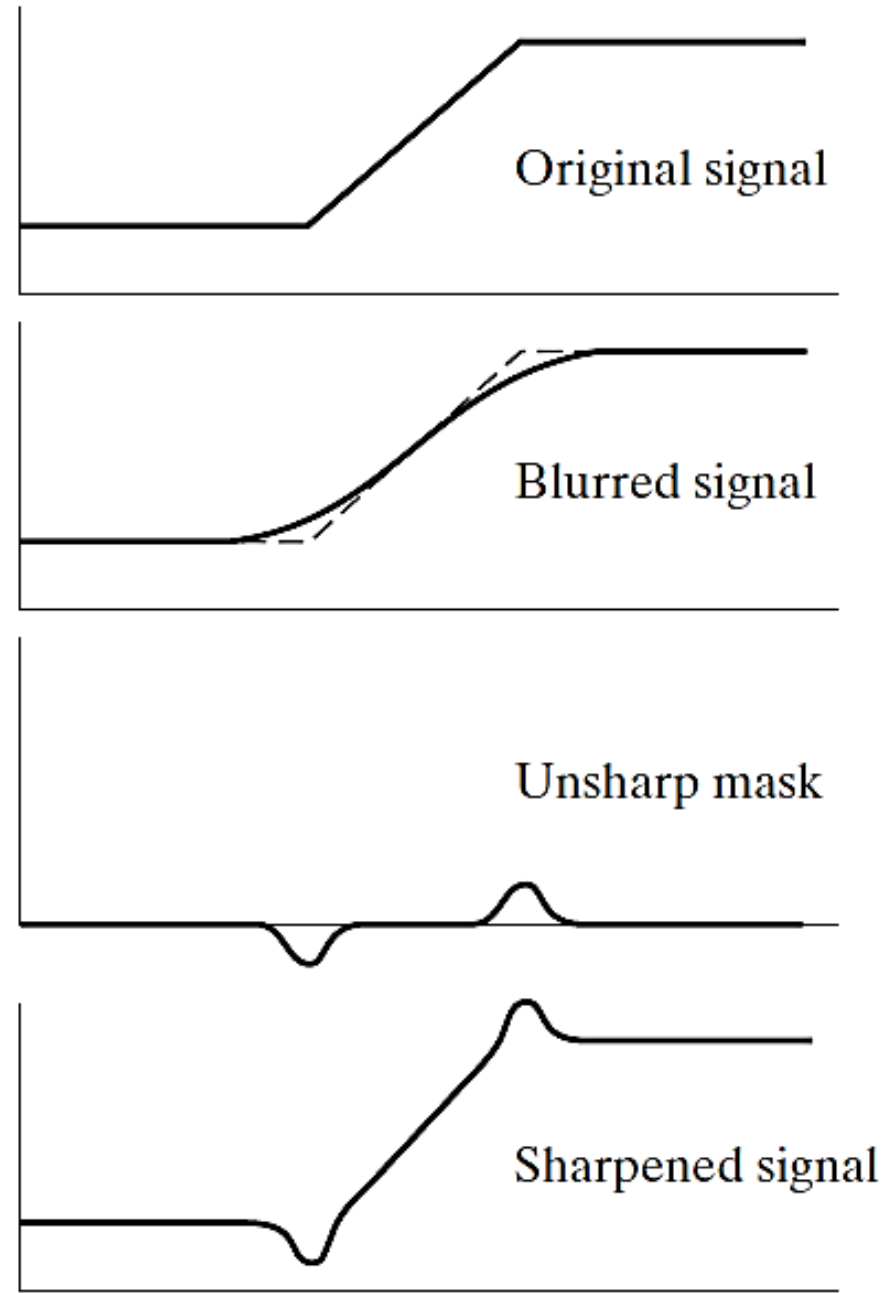


نقاب های ضد تیزی و فیلتر گذاری با تقویت بالا

- روشی که سالها در صنعت چاپ و نضر جهت تیز سازی تصویر بکار می رود، عبارت است از تفریق نمودن یک نسخه غیر تیز (هموار شده) تصویر از تصویر اصلی.
- فرآیند بالا اعمال نقاب ضد تیزی گفته می شود:
 - ◆ مات سازی تصویر اصلی
 - ◆ کم کردن تصویر مات شده از تصویر اصلی (محاسبه نقاب)
 - ◆ افزودن نقاب به تصویر اصلی

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).



نقاب های ضد تیزی و فیلتر گذاری با تقویت بالا



■ محاسبه نقاب ضد تیزی:

$$g_{mask}(x, y) = f(x, y) - \bar{f}(x, y)$$

■ تیز سازی تصویر با نقاب ضد تیزی

◆ اگر $k=1$ باشد: نقاب گذاری غیر تیزی

◆ اگر $k>1$ باشد: فیلتر گذاری با تقویت بالا (High boost Filtering)

◆ اگر $0 \leq k < 1$ باشد: اثر نقاب ضد تیزی ضعیف می شود.

$$g(x, y) = f(x, y) + k \times g_{mask}(x, y)$$



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.



گرادیان جهت تیز سازی (غیر خطی) تصویر

- مشتق های اول در پردازش تصویر با اندازه گرادیان پیاده سازی می شوند. اندازه گرادیان به جهت بزرگترین نرخ تغییرات f در محل (x,y) اشاره می کند.

$$\nabla f \equiv grad(f) = \begin{bmatrix} g_x \\ g_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \partial f / \partial x \\ \partial f / \partial y \end{bmatrix}$$

- اندازه (طول) بردار $grad(f)$ با $M(x,y)$ نمایش داده شده که تصویری اندازه تصویر اصلی است.

$$M(x, y) = mag(\nabla f) = \sqrt{g_x^2 + g_y^2} \approx |g_x| + |g_y|$$



گرادینان متقابل روبرتز

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

$$g_x = \frac{\partial f}{\partial x} = f(x+1) - f(x) = z_8 - z_5$$

$$g_y = \frac{\partial f}{\partial y} = f(y+1) - f(y) = z_6 - z_5$$

■ در سال ۱۹۶۵ روبرتز عملگرهای زیر را ارائه کرد:

$$g_x = z_9 - z_5 \quad g_y = z_8 - z_6$$

$$M(x, y) = \sqrt{(z_9 - z_5)^2 + (z_8 - z_6)^2}$$

$$M(x, y) \approx |(z_9 - z_5)| + |(z_8 - z_6)|$$



عملگر سوبل

■ کار با نقاب های دارای اندازه زوج دشوار است. چون مرکز تقارن ندارند. لذا حداقل نقاب 3×3 را استفاده می کنیم که به آنها عملگر سوبل می گویند.

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

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

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

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

$$M(x, y) \approx |(z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3)| + |(z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7)|$$

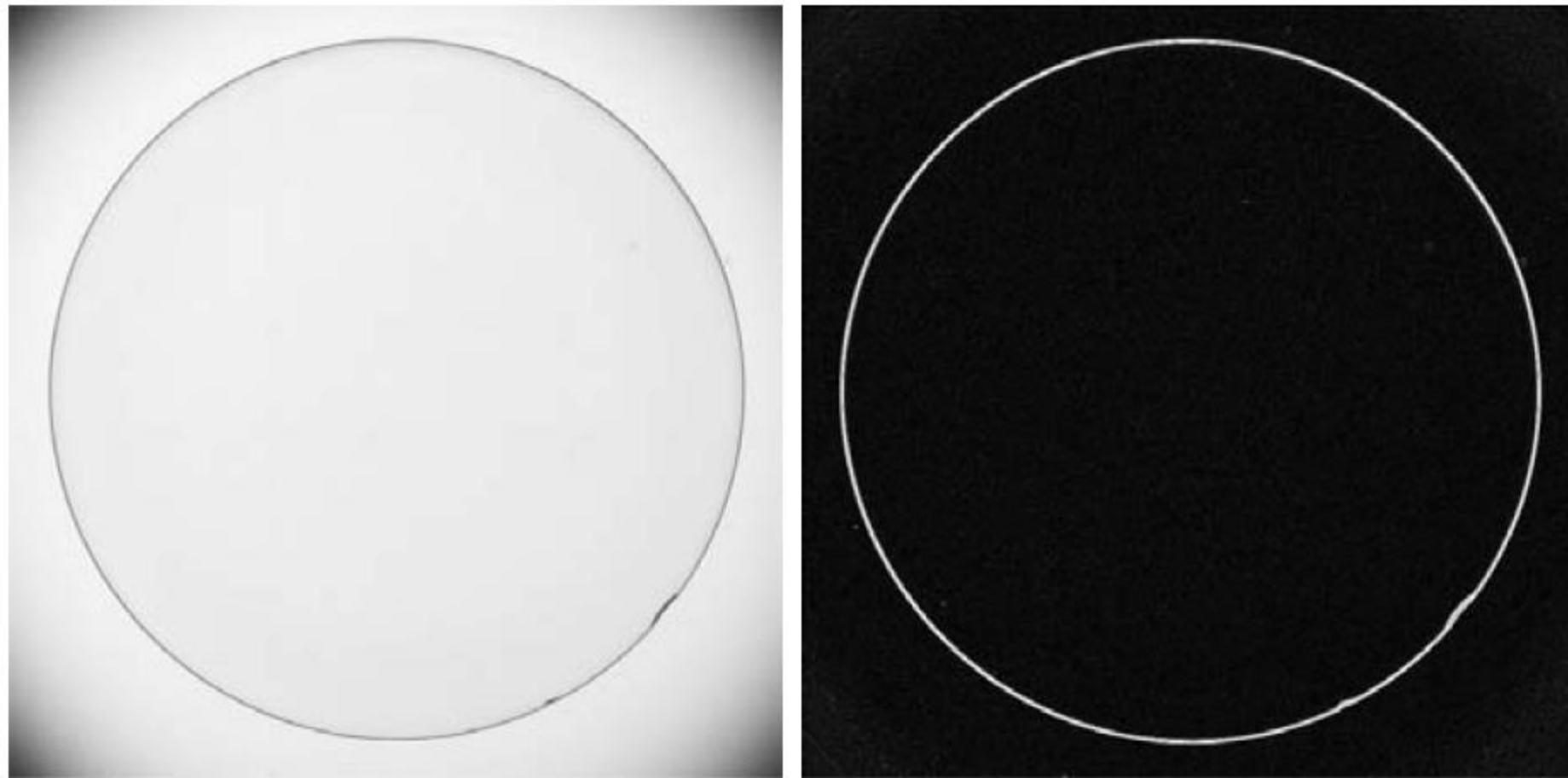
a b

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.)

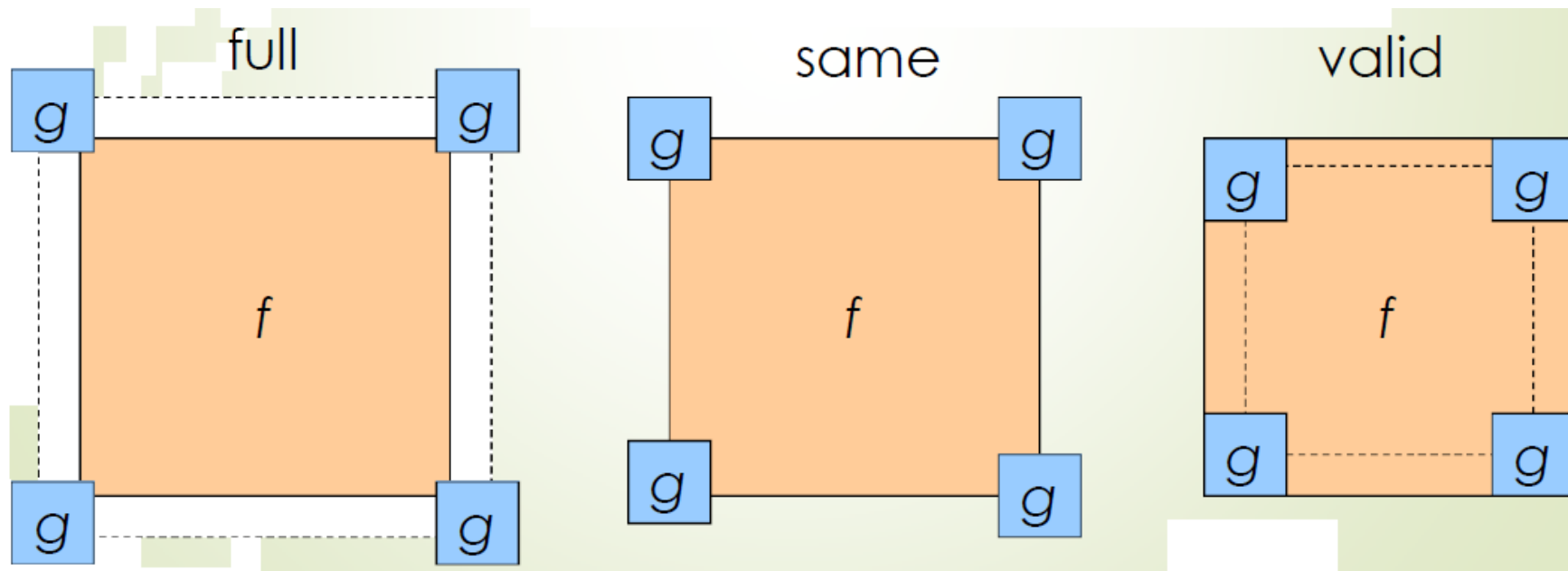


تیز سازی و بهبود لبه ها با گرادیان سوبل



مشکل حاشیه های تصویر در پردازش ناحیه ای

- در اعمال فیلترهای ناحیه ای با حاشیه های تصویر مشکلی وجود دارد که این نواحی مورد پردازش قرار نمی گیرد.
- ◆ در نرم افزار MATLAB دستور `filter2` برای رفع این مشکل پارامترهای زیر را در نظر گرفته است.



سؤال؟

