

بینایی کامپیوتر

فصل اول

روش‌های کلاسیک در نمایش و توصیف شی

IMAGE REPRESENTATION AND DESCRIPTION

محمدجواد فدائی اسلام

ویرایش بهمن ۱۴۰۳

دو نوع نمایش از شی

- توصیف نواحی مرزی

Boundary description

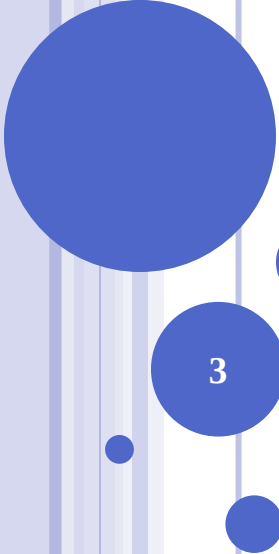
- بر اساس مشخصه‌های داخلی (ناحیه‌ای)

Regional description

توصیف مرزی زمانی استفاده می شود که شکل شی با اهمیت تر باشد.

اگر خواص رنگ و بافت اهمیت بیشتری داشته باشد نمایش داخلی استفاده می شود.

در برخی موارد هر دو استفاده می شود.



توصیفگر مرز

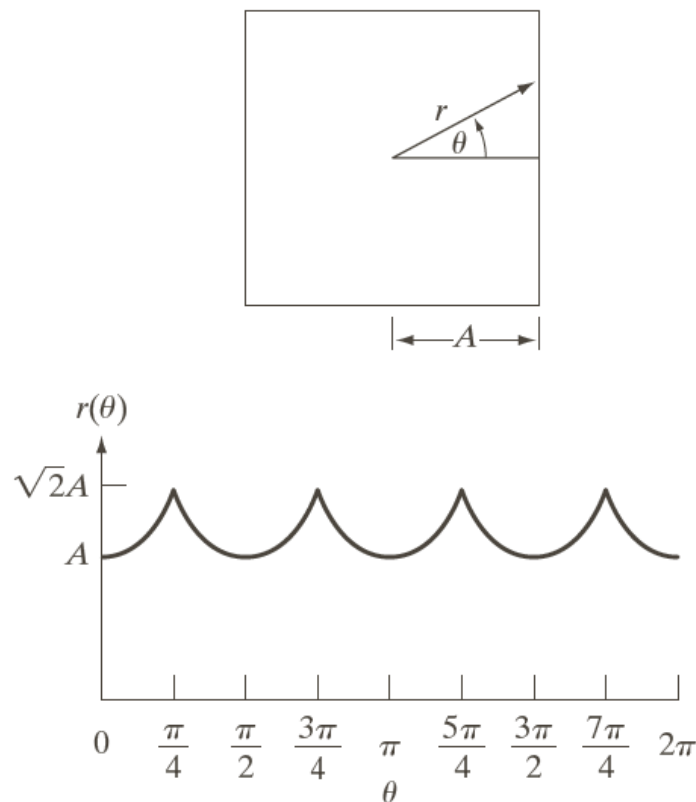
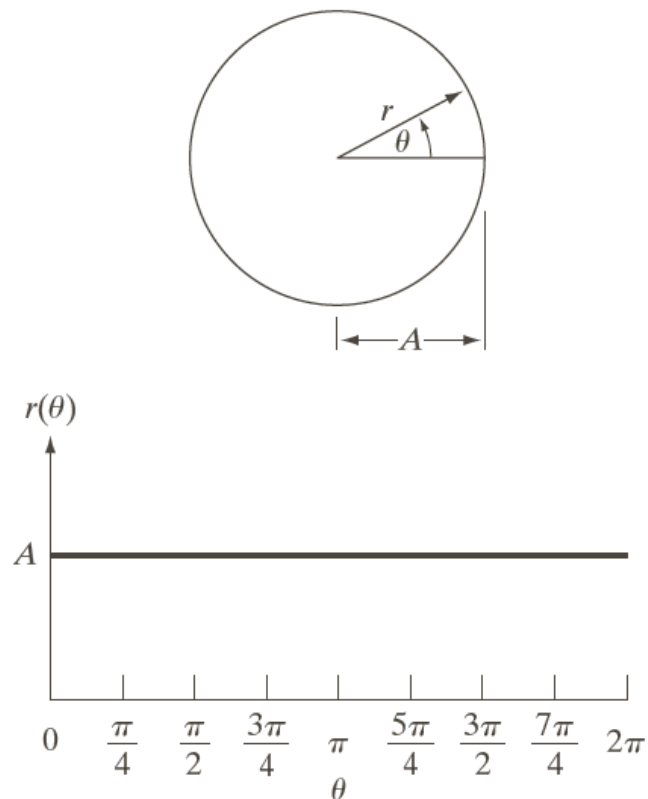
● **BOUNDARY DESCRIPTION**

3

SIGNATURE

- تابعی یک بعدی برای نمایش مرز است.
- یک روش ساده برای این کار نمایش به صورت تابعی از زاویه است.
- مستقل از جابه جایی، وابسته به چرخش و تغییر اندازه
- اگر نقطه شروع جایی باشد که بیشترین فاصله را تا مرکز داشته باشد مستقل از چرخش می شود (با فرض یکتایی)

SIGNATURE



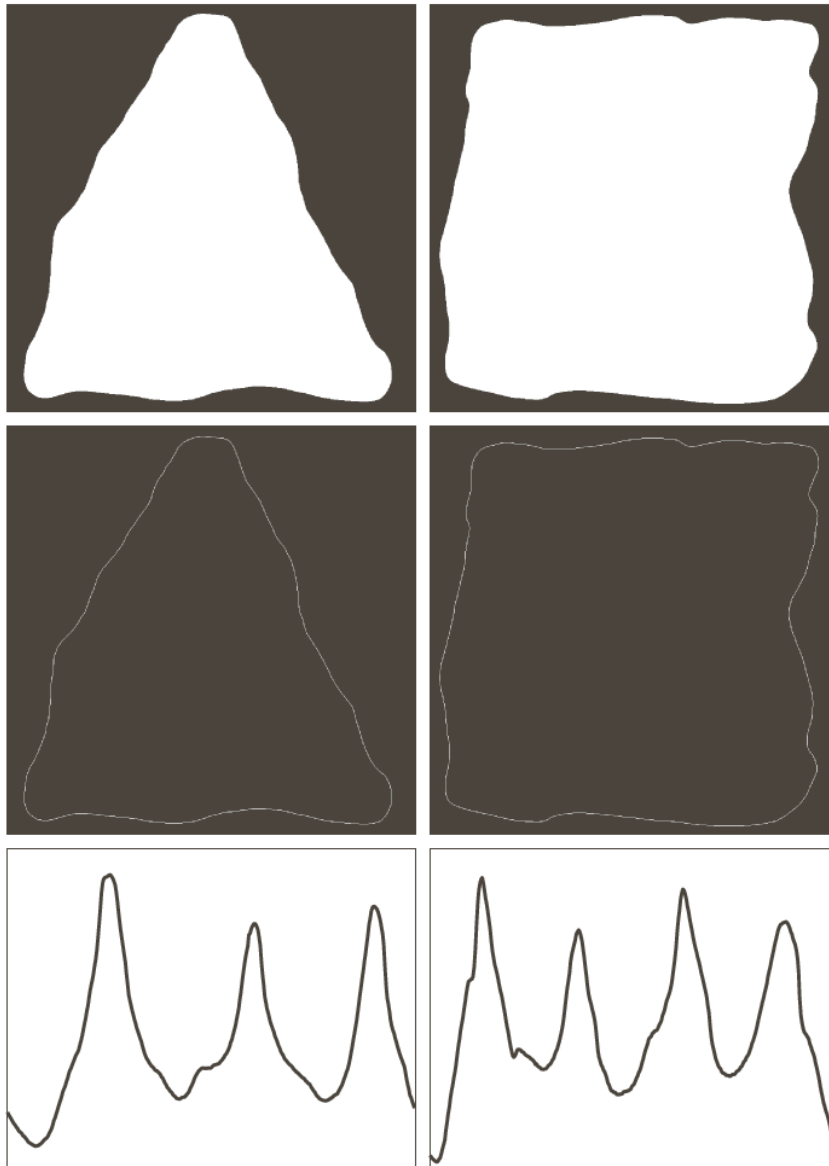
a b

FIGURE 11.10

Distance-versus-angle signatures.

In (a) $r(\theta)$ is constant. In (b), the signature consists of repetitions of the pattern

$r(\theta) = A \sec \theta$ for $0 \leq \theta \leq \pi/4$ and $r(\theta) = A \csc \theta$ for $\pi/4 < \theta \leq \pi/2$.



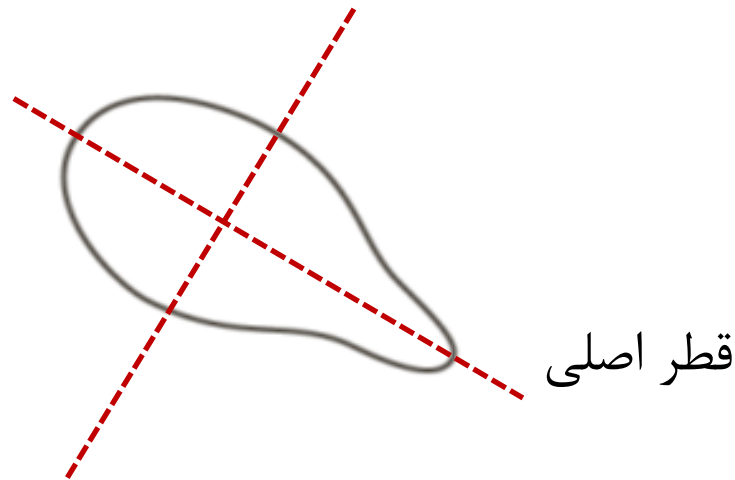
a	b
c	d
e	f

FIGURE 11.11
Two binary regions, their external boundaries, and their corresponding $r(\theta)$ signatures. The horizontal axes in (e) and (f) correspond to angles from 0° to 360° , in increments of 1° .

توصیف‌گرهای ساده مرز

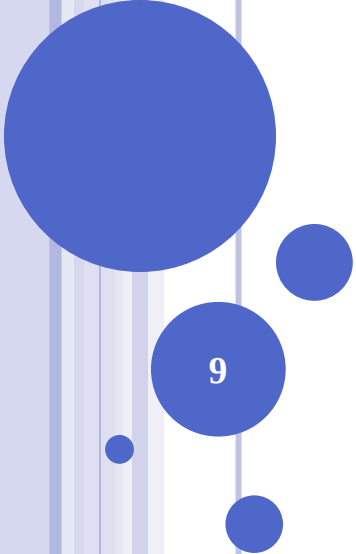
قطر اصلی: دورترین فاصله دو نقطه روی مرز
قطر فرعی عمود بر قطر اصلی

$$\text{Diam}(B) = \max_{i,j} [D(p_i, p_j)]$$



توصیف‌گرهای ساده مرز

$$\frac{\text{طول قطر اصلی}}{\text{طول قطر فرعی}} \equiv \text{کشیدگی مرز}$$



توصیفگر ناحیه‌ای

9

چند توصیفگر ناحیه‌ای ساده

$$\frac{(\text{محیط})^2}{\text{مساحت}}$$

۱- فشردگی (compactness)

کمیت بی بعد، مقاوم در برابر تغییرات مقیاس، برای یک ناحیه کروی کمینه است.

۲- توصیفگر توپولوژی

خواصی که با تغییر شکل عوض نمی‌شود مگر آنکه برشی یا پیوندی رخ دهد.

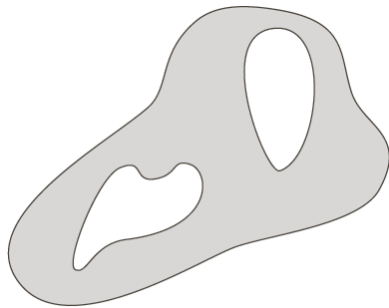
۱- تعداد سوراخ‌ها H

۲- تعداد اجزای پیوسته C

۳- عدد اولر $E = C - H$

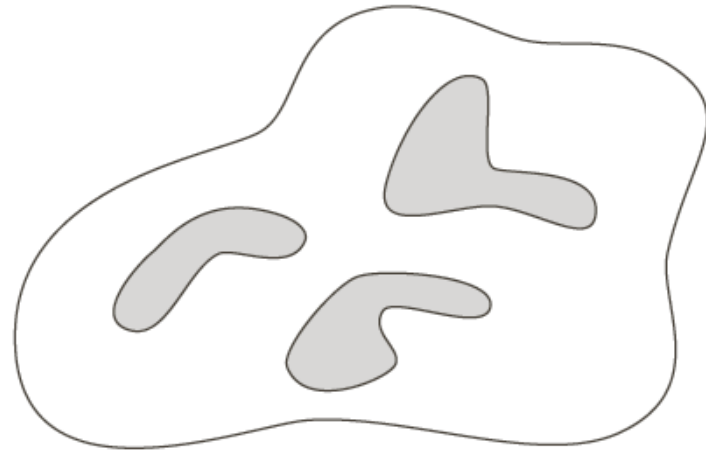
توصیفگر ناحیه‌ای (توپولوژی)

FIGURE 11.23
A region with
two holes.



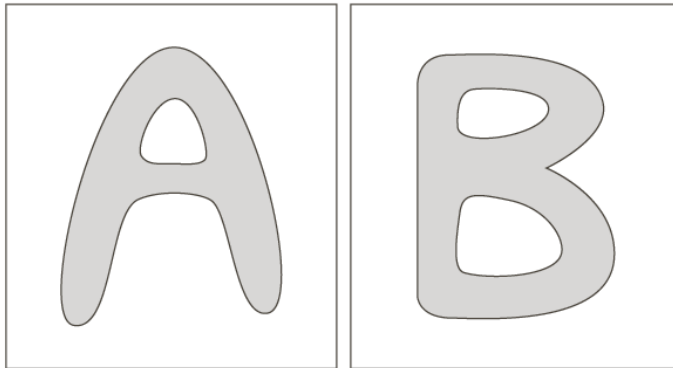
$$\begin{aligned}H &= 2 \\ C &= 1 \\ E &= -1\end{aligned}$$

FIGURE 11.24
A region with
three connected
components.



$$\begin{aligned}H &= 3 \\ C &= 1 \\ E &= -2\end{aligned}$$

توصیفگر ناحیه‌ای (توپولوژی)



a b

FIGURE 11.25

Regions with Euler numbers equal to 0 and -1 , respectively.

توصیفگر ناحیه‌ای (بافت)

○ روشی برای اندازه گیری

- همواری
- زبری
- نظم و قاعده

توصیفگر ناحیه‌ای (بافت)

○ گشتاور آماری هیستوگرام تصویر

$$\mu_n(z) = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^n p(z_i)$$

$$m = \sum_{i=0}^{L-1} z_i p(z_i)$$

$$\mu_1 = 0, \mu_0 = 1, \mu_2 = \sigma^2 (\text{variance})$$

$$R = 1 - \frac{1}{1 + \sigma^2},$$

$$R = 0 \quad \text{صاف}$$

$$R = 1 \quad \text{بسیار ناهموار}$$

گشتاور آماری هیستوگرام تصویر مثال

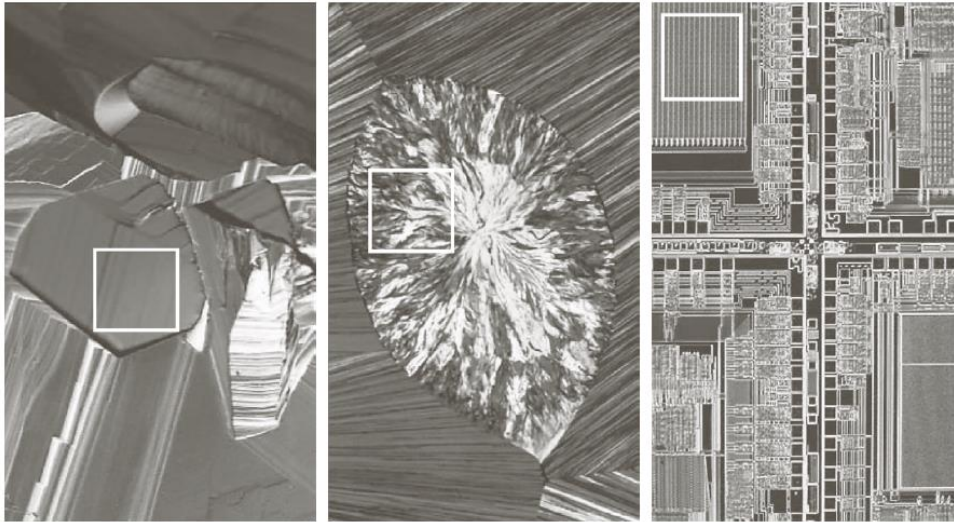
1	1	7	5	3	2
5	1	6	1	2	5
0	0	6	0	1	2
4	3	4	5	5	1
0	7	0	7	6	2
7	0	6	2	6	2

z_i	0	1	2	3	4	5	6	7
$36p(z_i)$	6	6	5	2	2	6	5	4

$$m = \frac{1}{36} \sum_{i=0}^{L-1} 0 \times 6 + 1 \times 6 + 2 \times 5 + 3 \times 2 + 4 \times 2 + 5 \times 6 + 6 \times 5 + 7 \times 4$$

$$= \frac{118}{36} = 3.27$$

$$\mu_2 = \sum_{i=0}^7 (z_i - 3.27)^2 p(z_i)$$



a b c

FIGURE 11.28

The white squares mark, from left to right, smooth, coarse, and regular textures. These are optical microscope images of a superconductor, human cholesterol, and a microprocessor. (Courtesy of Dr. Michael W. Davidson, Florida State University.)

Texture	Mean	Standard deviation	R (normalized)	Third moment	Uniformity	Entropy
Smooth	82.64	11.79	0.002	-0.105	0.026	5.434
Coarse	143.56	74.63	0.079	-0.151	0.005	7.783
Regular	99.72	33.73	0.017	0.750	0.013	6.674

توصیفگر ناحیه‌ای (بافت)

○ معیارهای دیگر مبتنی بر گشتاور آماری هیستوگرام

$$Unifomity(U) = \sum_{i=0}^{L-1} P^2(Z_i)$$

$$Average Entropy (e) = \sum_{i=0}^{L-1} P(Z_i) \log P(Z_i)$$

P هیستوگرام نرمال شده است
اندازه گیری بر اساس هیستوگرام اطلاعاتی درباره همسایگان نمی‌دهد .

ماتریس همجواری G متناظر با Q

$$L=3, 2^3=8, k=8$$

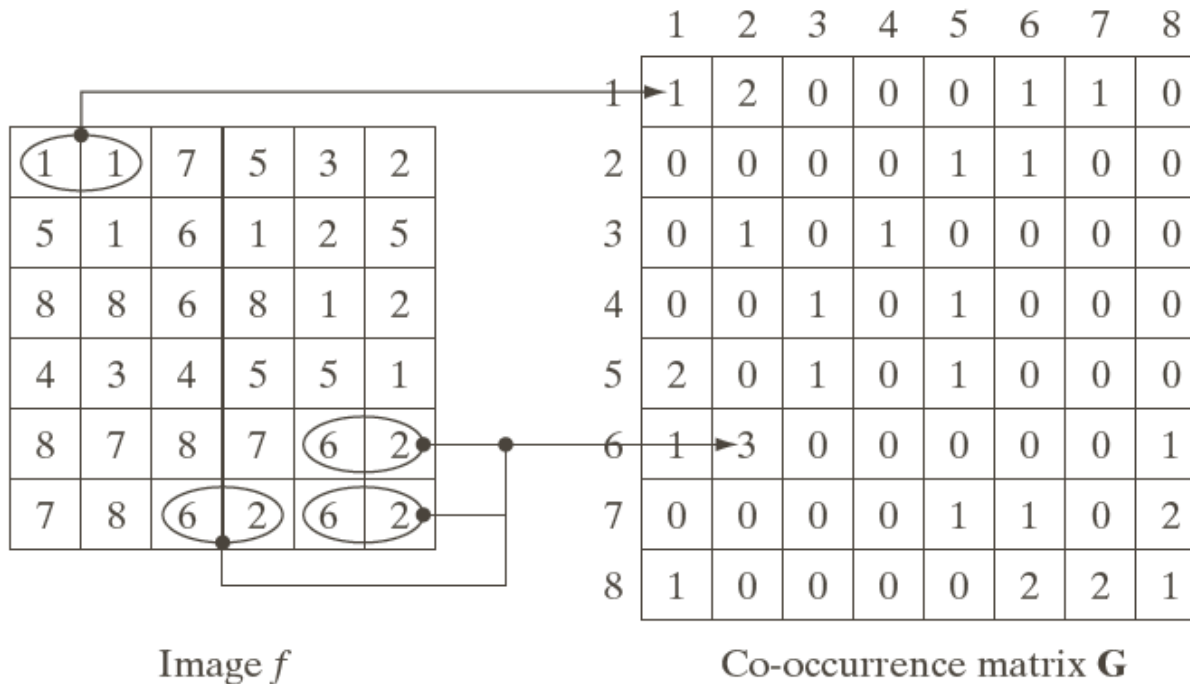


FIGURE 11.29
How to generate
a co-occurrence
matrix.

Q عمگری که موقعیت دو پیکسل را نسبت به هم مشخص می کند. - یک پیکسل به راست

Descriptor	Explanation	Formula
Maximum probability	Measures the strongest response of G . The range of values is [0, 1].	$\max_{i,j}(p_{ij})$
Correlation	A measure of how correlated a pixel is to its neighbor over the entire image. Range of values is 1 to -1, corresponding to perfect positive and perfect negative correlations. This measure is not defined if either standard deviation is zero.	$\sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K \frac{(i - m_r)(j - m_c)p_{ij}}{\sigma_r \sigma_c}$ $\sigma_r \neq 0; \sigma_c \neq 0$
Contrast	A measure of intensity contrast between a pixel and its neighbor over the entire image. The range of values is 0 (when G is constant) to $(K - 1)^2$.	$\sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K (i - j)^2 p_{ij}$
Uniformity (also called Energy)	A measure of uniformity in the range [0, 1]. Uniformity is 1 for a constant image.	$\sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K p_{ij}^2$
Homogeneity	Measures the spatial closeness of the distribution of elements in G to the diagonal. The range of values is [0, 1], with the maximum being achieved when G is a diagonal matrix.	$\sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K \frac{p_{ij}}{1 + i - j }$
Entropy	Measures the randomness of the elements of G . The entropy is 0 when all p_{ij} 's are 0 and is maximum when all p_{ij} 's are equal. The maximum value is $2 \log_2 K$. (See Eq. (11.3-9) regarding entropy).	$-\sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K p_{ij} \log_2 p_{ij}$

$$p_{ij} = g_{ij} / n$$

مثال ۵: ماتریس هم‌جواری زیر را محاسبه کنید $L=2$.
پس از آن مقادیر زیر را بیابید

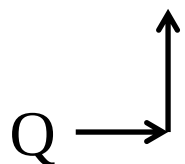
Contrast=?

Uniformity=?

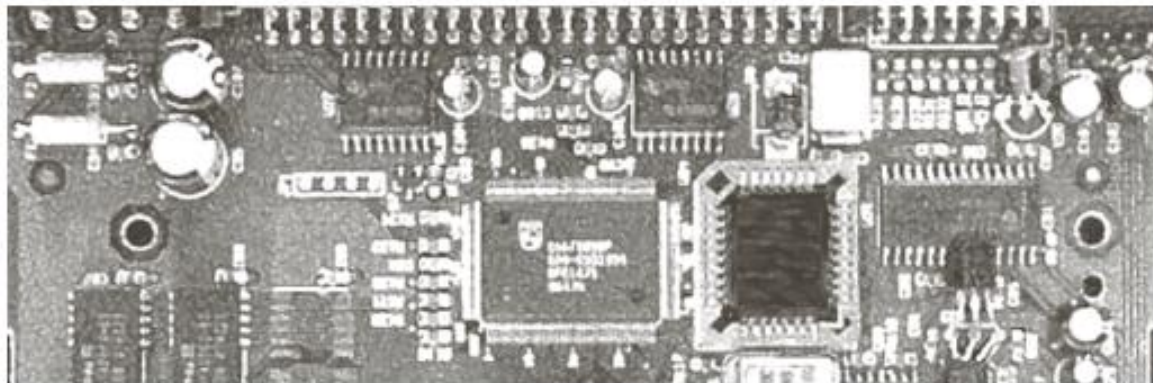
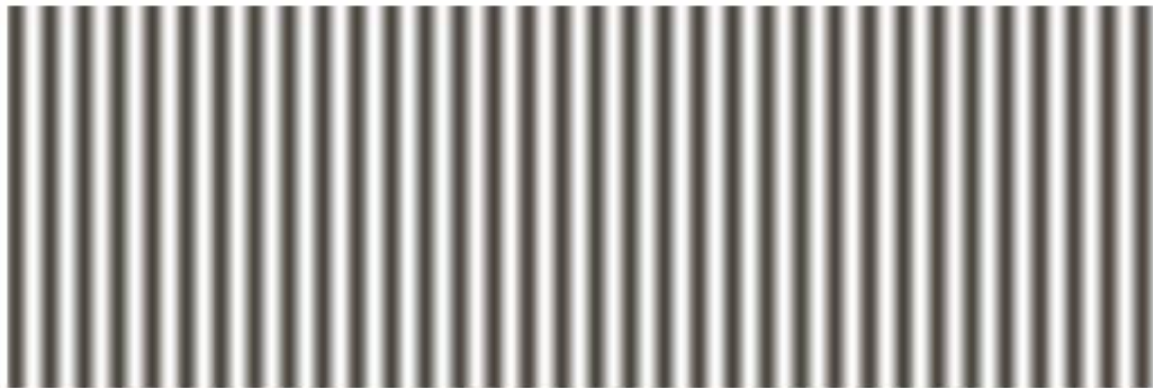
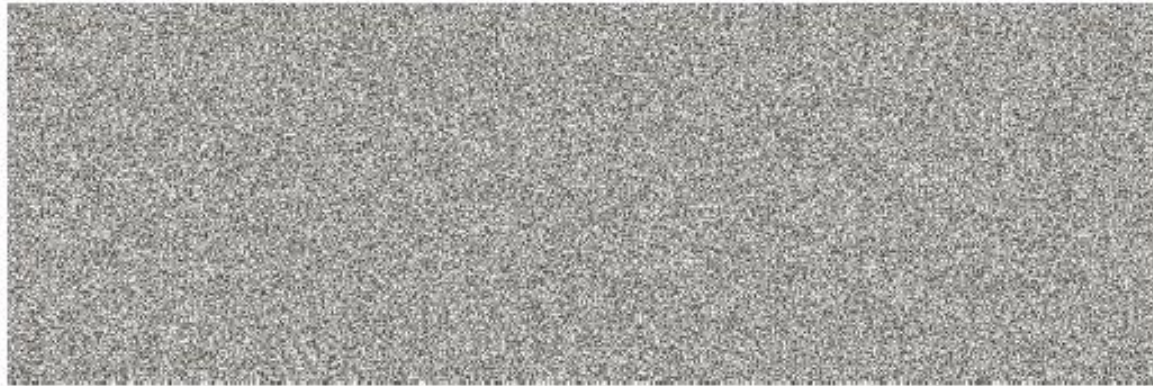
Homogeneity=?

Entropy=?

1	3	1	3	1	3
3	1	3	1	3	1
1	3	1	3	1	3
1	3	1	3	1	3
3	1	3	1	3	1
1	3	1	3	1	3



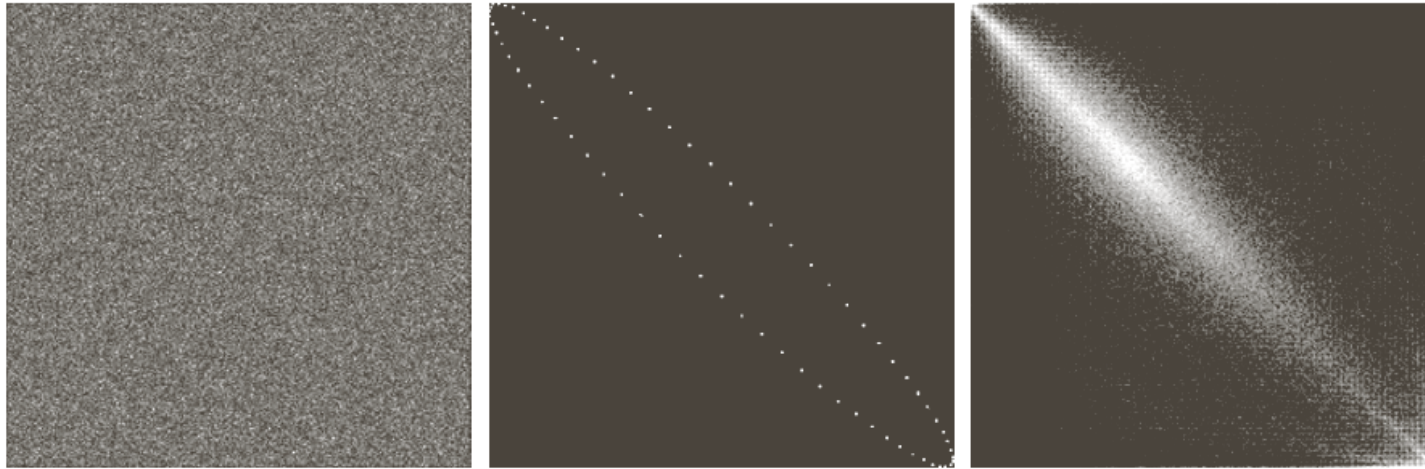
مساله را با Q زیر مجدداً حل نمایید؟



a
b
c

FIGURE 11.30

Images whose pixels have (a) random, (b) periodic, and (c) mixed texture patterns. Each image is of size 263×800 pixels.



a b c

FIGURE 11.31
256 $\times$ 256 co-occurrence matrices, $\mathbf{G}_1$, $\mathbf{G}_2$, and $\mathbf{G}_3$, corresponding from left to right to the images in Fig. 11.30.

Normalized Co-occurrence Matrix	Descriptor					
	Max Probability	Correlation	Contrast	Uniformity	Homogeneity	Entropy
$\mathbf{G}_1/n_1$	0.00006	−0.0005	10838	0.00002	0.0366	15.75
$\mathbf{G}_2/n_2$	0.01500	0.9650	570	0.01230	0.0824	6.43
$\mathbf{G}_3/n_3$	0.06860	0.8798	1356	0.00480	0.2048	13.58

TABLE 11.4
Descriptors
evaluated using
the co-occurrence
matrices displayed
in Fig. 11.31.

گشتاورهای مستقل

$$m_{pq} = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} x^p y^q f(x, y)$$

گشتاور مرتبه $p+q$

$$\mu_{pq} = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y)$$
$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \quad \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

گشتاور مرکزی

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}^\gamma}, \quad \gamma = (p + q)/2$$

گشتاور مرکزی نرمال شده (مستقل از چرخش، اندازه و انتقال)

هفت ثابت گشتاور مرکزی مرتبه دو و سه

$$\phi_1 = \eta_{20} + \eta_{02}$$

$$\phi_2 = (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2$$

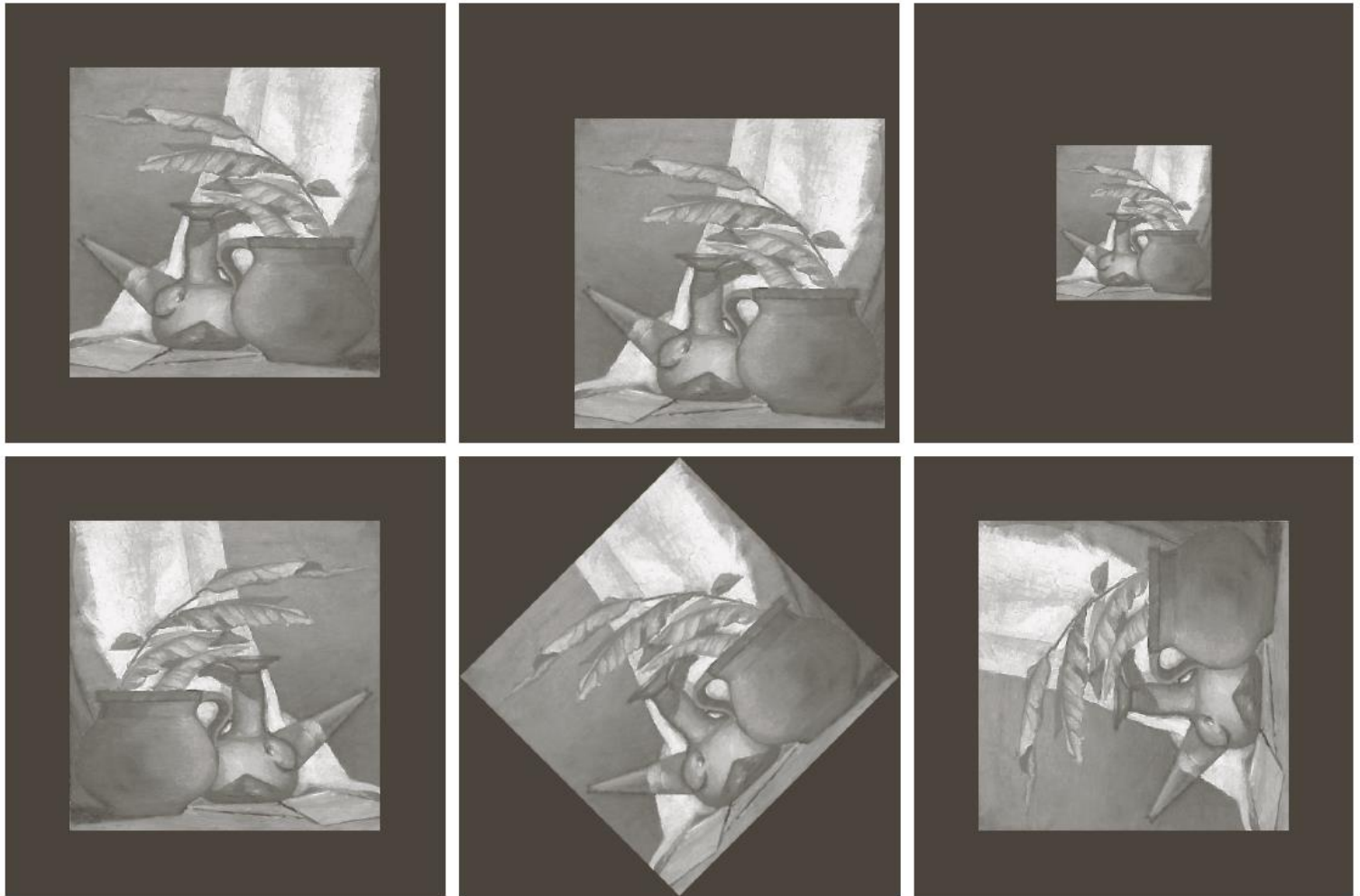
$$\phi_3 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2$$

$$\phi_4 = (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2$$

$$\begin{aligned} \phi_5 = & (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 \\ & - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03}) \\ & [3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_6 = & (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ & + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_7 = & (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 \\ & - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (3\eta_{12} - \eta_{30})(\eta_{21} + \eta_{03}) \\ & [3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \end{aligned}$$



a	b	c
d	e	f

FIGURE 11.37 (a) Original image. (b)–(f) Images translated, scaled by one-half, mirrored, rotated by 45° and rotated by 90°, respectively.

Moment Invariant	Original Image	Translated	Half Size	Mirrored	Rotated 45°	Rotated 90°
ϕ_1	2.8662	2.8662	2.8664	2.8662	2.8661	2.8662
ϕ_2	7.1265	7.1265	7.1257	7.1265	7.1266	7.1265
ϕ_3	10.4109	10.4109	10.4047	10.4109	10.4115	10.4109
ϕ_4	10.3742	10.3742	10.3719	10.3742	10.3742	10.3742
ϕ_5	21.3674	21.3674	21.3924	21.3674	21.3663	21.3674
ϕ_6	13.9417	13.9417	13.9383	13.9417	13.9417	13.9417
ϕ_7	-20.7809	-20.7809	-20.7724	20.7809	-20.7813	-20.7809

TABLE 11.5
Moment invariants for the images in Fig. 11.37.

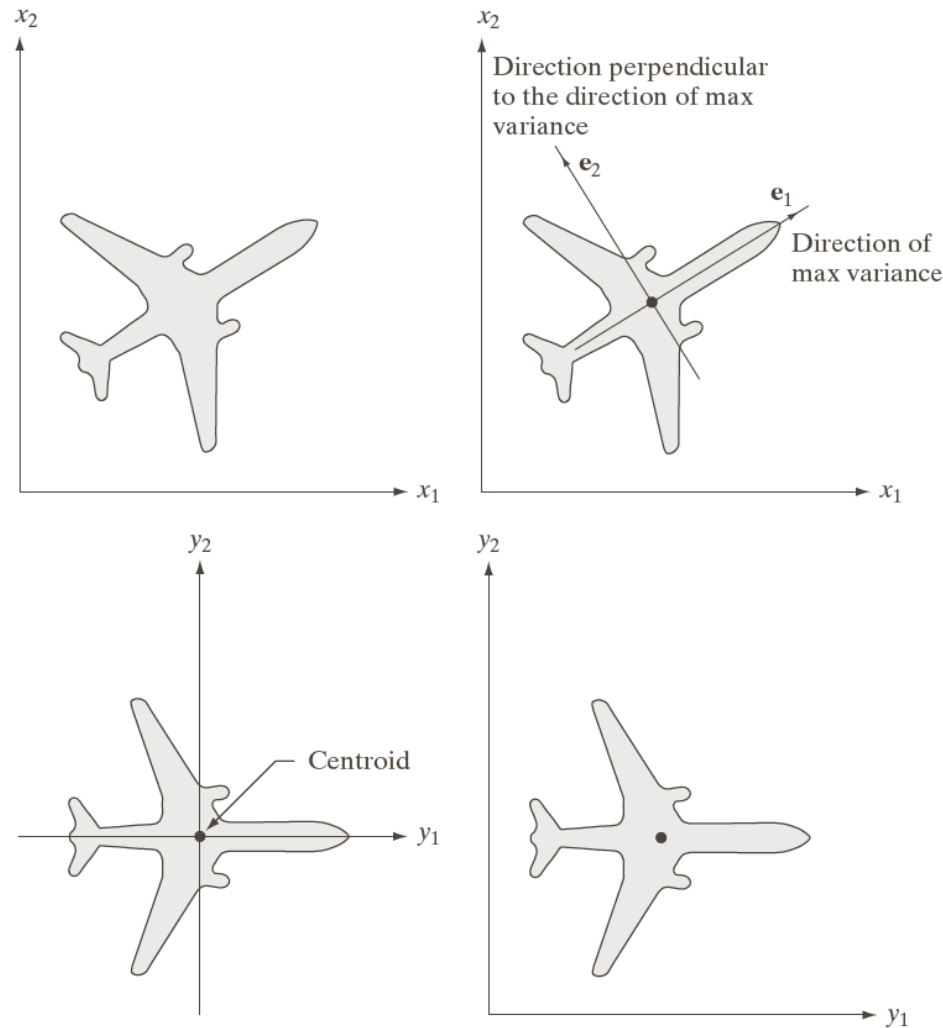
PCA

$$\mathbf{m}_x = \begin{bmatrix} 3 \\ 3 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{C}_x = \begin{bmatrix} 3.333 & 2.00 \\ 2.00 & 3.333 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{e}_1 = \begin{bmatrix} 0.707 \\ 0.707 \end{bmatrix}$$

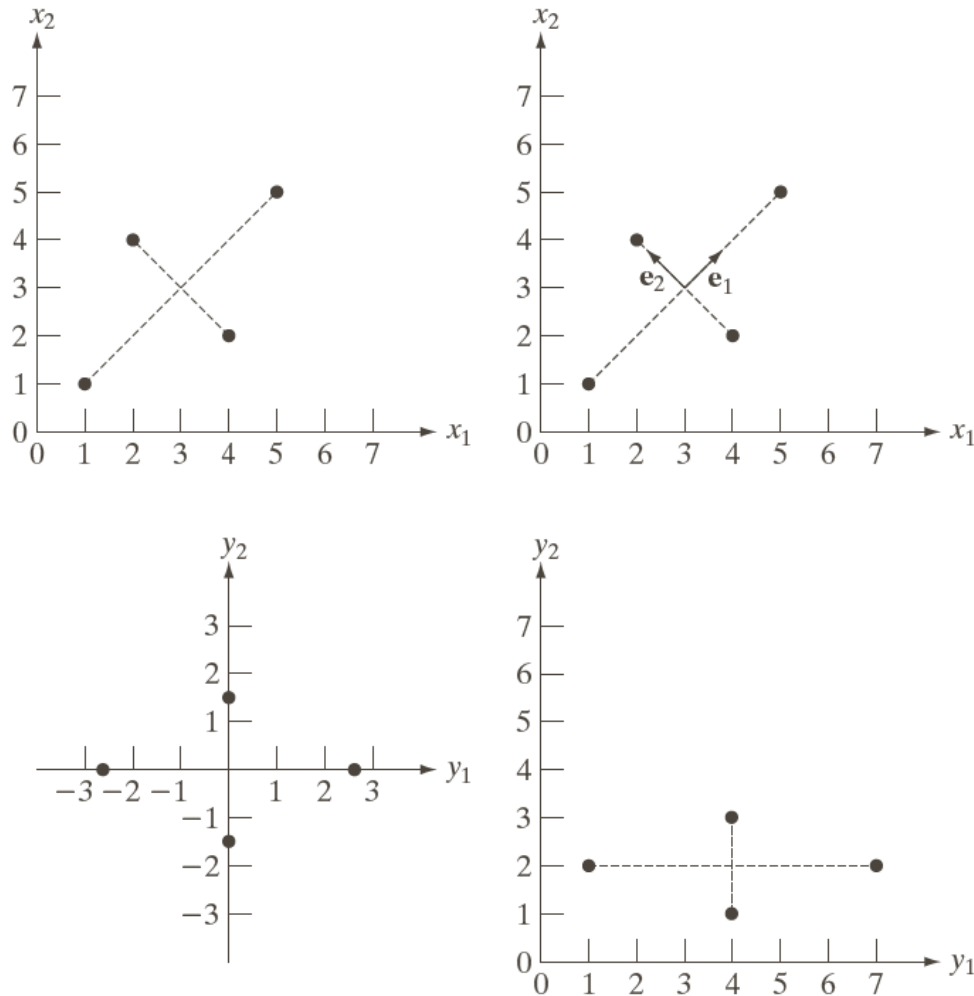
$$\mathbf{e}_2 = \begin{bmatrix} -0.707 \\ 0.707 \end{bmatrix}$$



a	b
c	d

FIGURE 11.43
 (a) An object.
 (b) Object showing eigenvectors of its covariance matrix.
 (c) Transformed object, obtained using Eq. (11.4-6).
 (d) Object translated so that all its coordinate values are greater than 0.

PCA



a	b
c	d

FIGURE 11.44

A manual example.

(a) Original points.

(b) Eigenvectors of the covariance matrix of the points in (a).

(c) Transformed points obtained using Eq. (11.4-6).

(d) Points from (c), rounded and translated so that all coordinate values are integers greater than 0. The dashed lines are included to facilitate viewing. They are not part of the data.

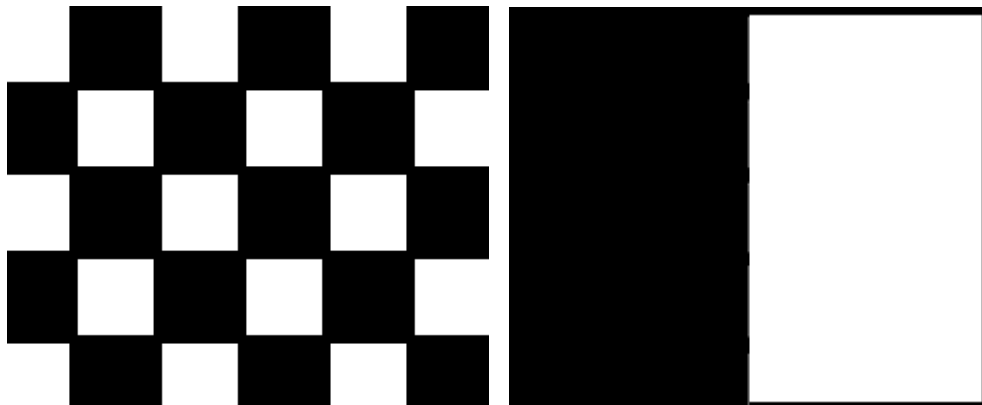
مثال

الگوهای زیر را در نظر بگیرید (تعداد پیکسل‌های سیاه و سفید برابر است).

الف) آنتروپی کدام یک بیشتر است؟

ب) یکنواختی یا Uniformity کدام بیشتر است

الف) در مورد مقدار μ_2 از گشتاور آماری هیستوگرام دو تصویر بحث کنید.



ب

الف