بسم الله الرحمن الرحیم

مبانی بینایی کامپیوتر

مدرس: محمدرضا محمدی

۱۴۰۱

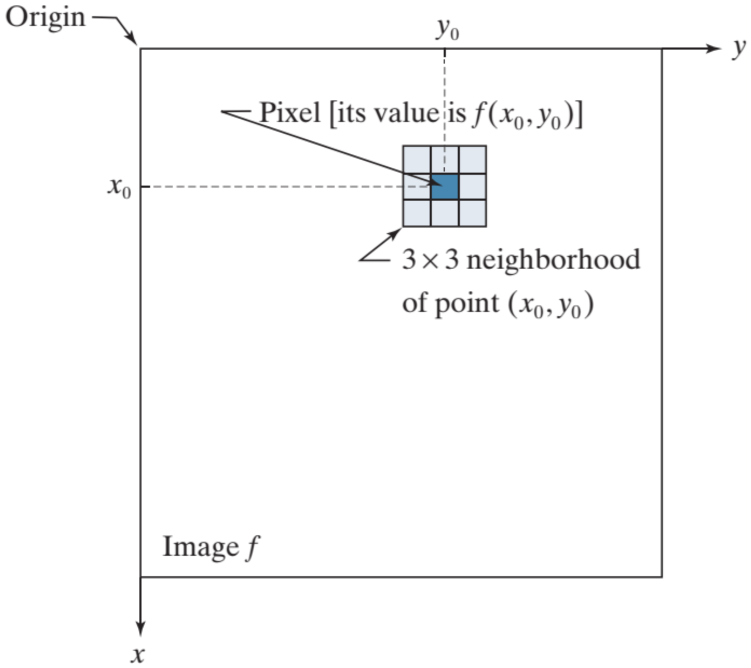
پردازش تصویر در حوزه مکان

Image Processing in Spatial Domain

ارتقاء تصویر

- ارتقاء تصویر پردازشی است که در آن تصویر تولید شده برای پردازش‌های بعدی یا برای دیدن مناسب‌تر از تصویر اصلی باشد
- پردازش‌های حوزه مکان در حالت کلی با نماد زیر نشان داده می‌شوند

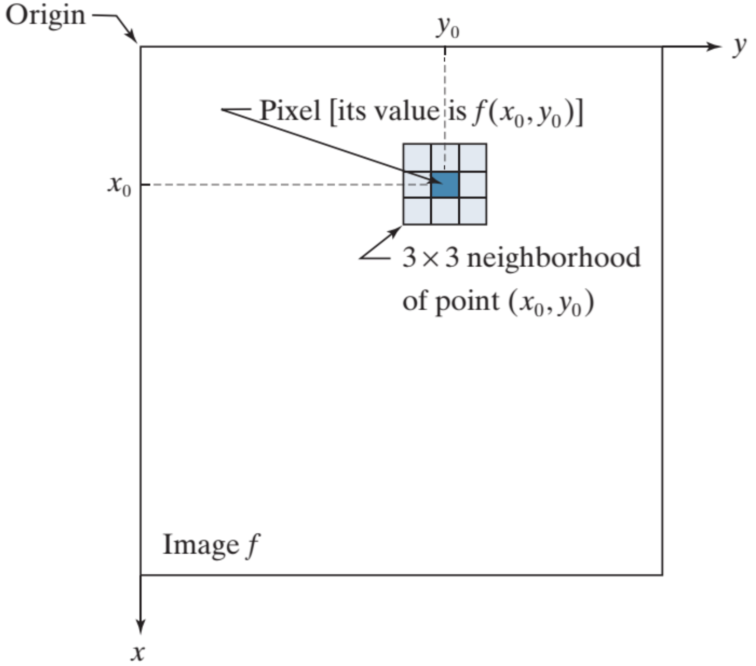
$$g(x,y) = T[f(x,y)]$$



پردازش نقطه‌ای

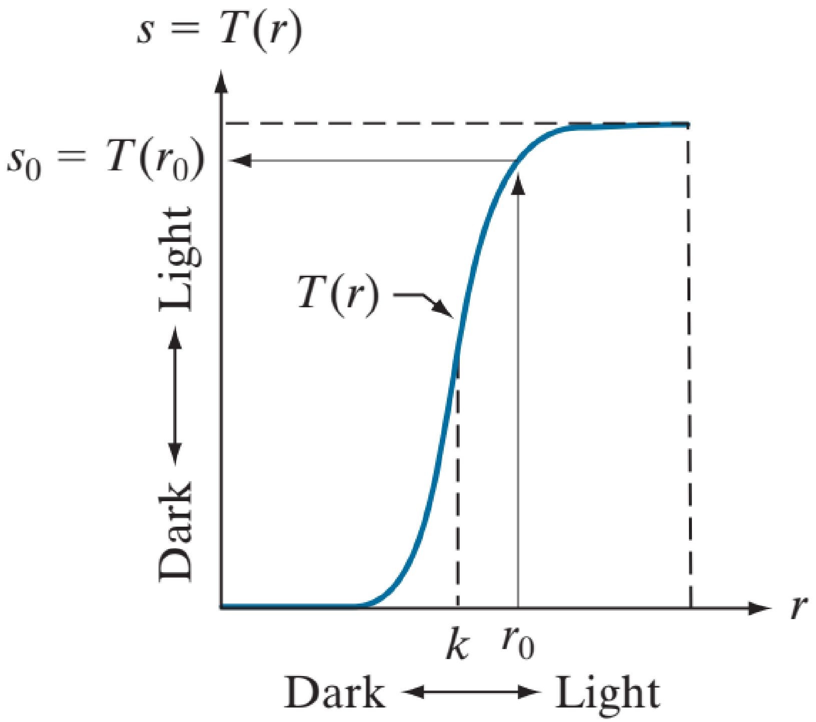
- پردازش نقطه‌ای ساده‌ترین شکل همسایگی است که اندازه قاب ۱×۱ است
- در این حالت، $g(x,y)$ تنها به مقدار f در نقطه (x,y) وابسته است
- T نیز تابع تبدیل شدت روشنایی یا تابع نگاشت نامیده می‌شود

$$s = T(r)$$



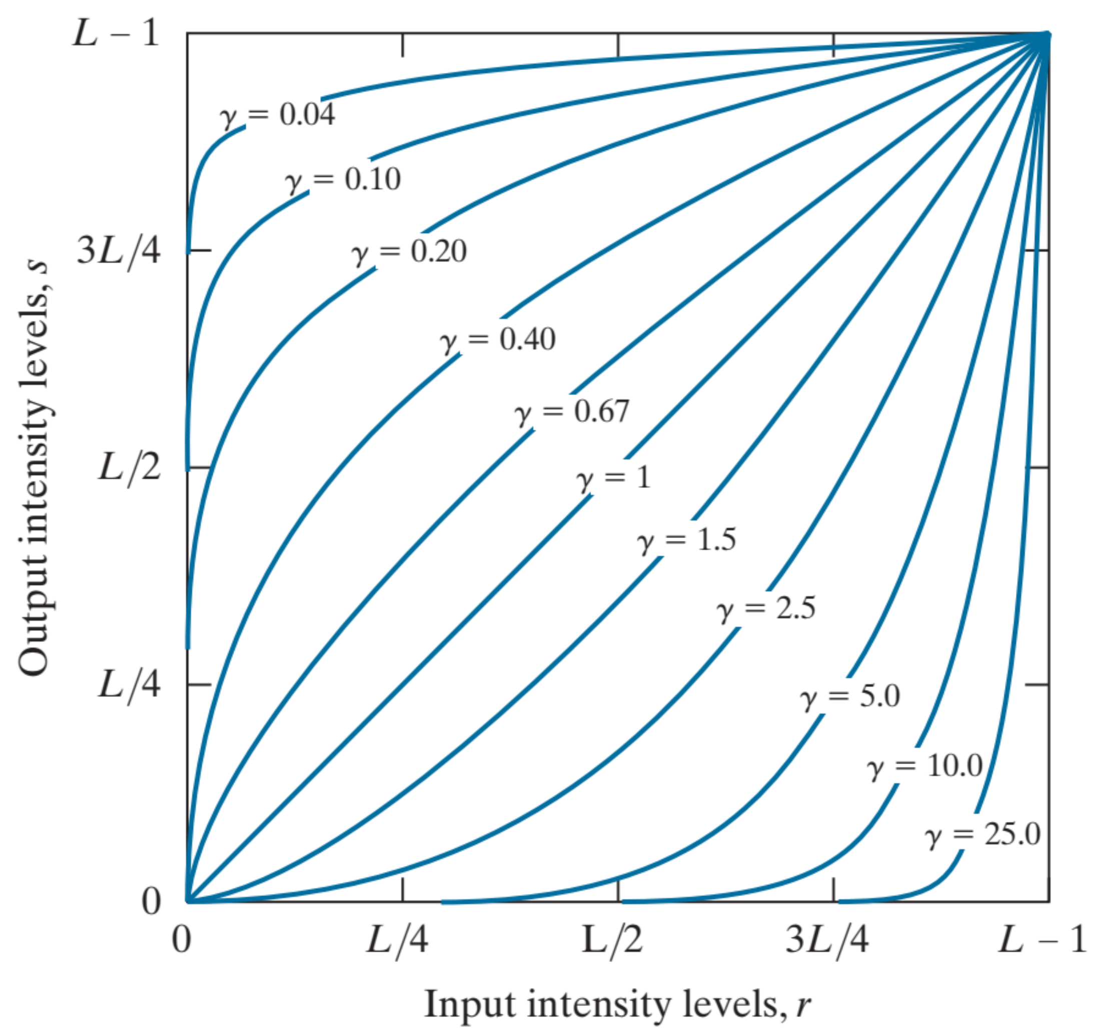
پردازش نقطه‌ای

- مثال



تبدیل گاما

$$s = cr^{\gamma}$$



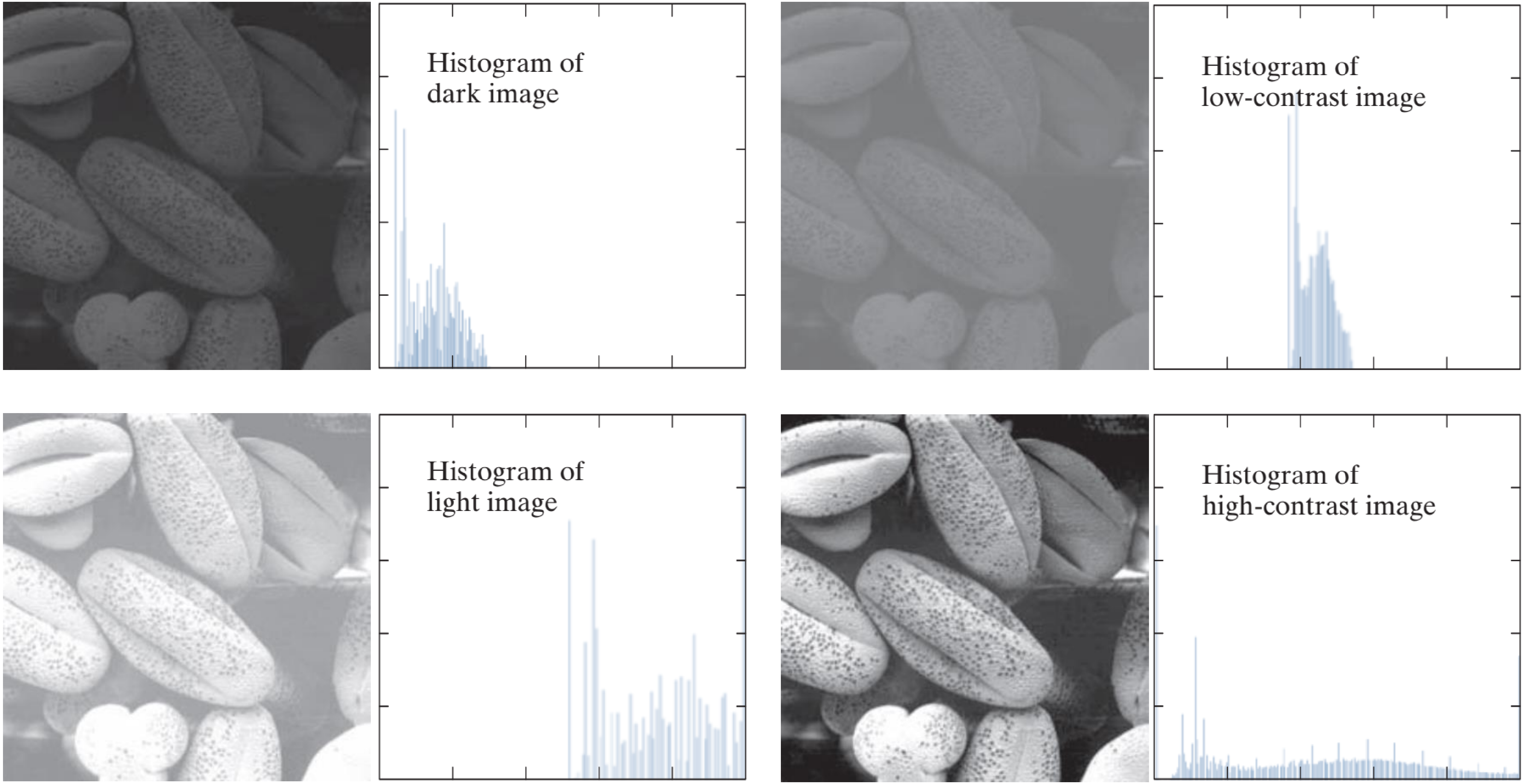
هیستوگرام

- هیستوگرام برای یک تصویر دیجیتال با سطوح روشنایی در محدوده $[0 \quad L-1]$ تابعی است گسسته که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$h(r_k) = n_k$$

- که r_k یک سطح روشنایی در محدوده مورد نظر است و n_k تعداد پیکسل‌هایی است که دارای آن سطح روشنایی هستند
- هیستوگرام نرمالیزه

$$p(r_k) = \frac{n_k}{n}$$


Histogram of
dark image
Histogram of
low-contrast image
Histogram of
light image
Histogram of
high-contrast image

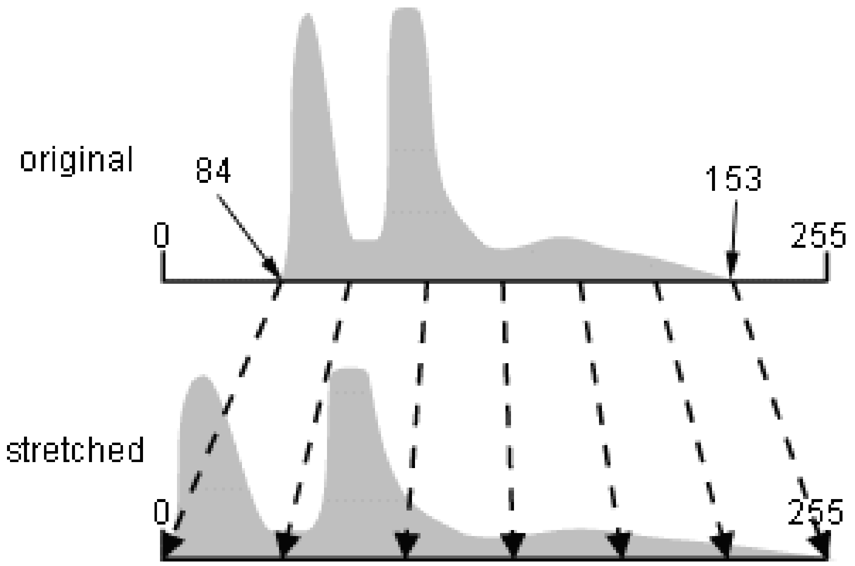
هیستوگرام

- هیستوگرام اساس بسیاری از روش‌های پردازش تصویر در حوزه مکان را تشکیل می‌دهد
- محاسبه نرم‌افزاری هیستوگرام تصویر و تحقق سخت‌افزاری آن ساده و ارزان است
- مولفه‌های هیستوگرام در تصویر با کنتراست بالا محدوده وسیع‌تری از محور سطوح روشنایی را پوشش می‌دهد

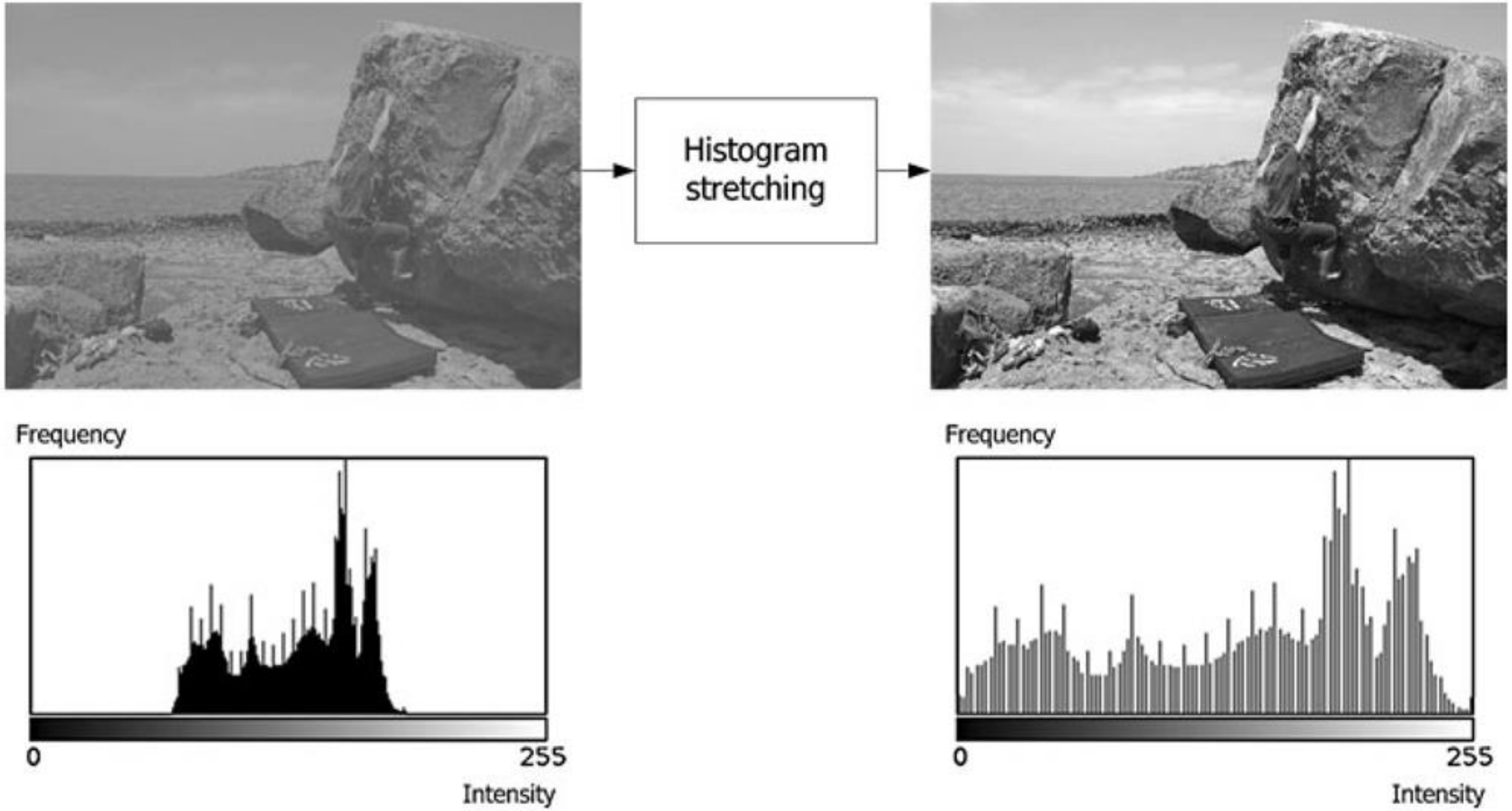
کشش هیستوگرام

- ساده‌ترین راه برای استفاده از تمام سطوح روشنایی، کشش هیستوگرام است

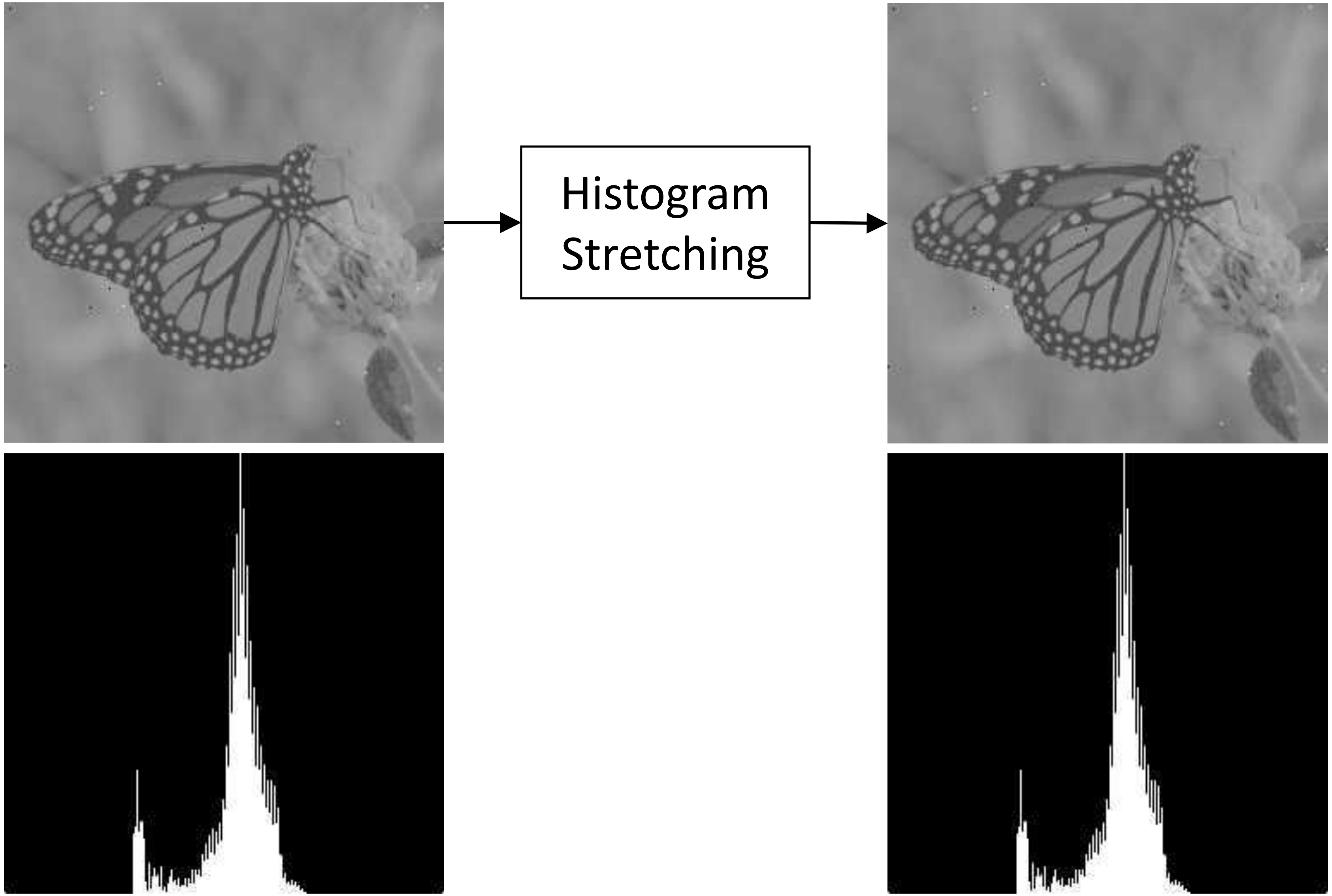
$$g(x,y) = stretch[f(x,y)] = \left(\frac{f(x,y) - f_{min}}{f_{max} - f_{min}}\right)(MAX - MIN) + MIN$$



کشش هیستوگرام



کشش هیستوگرام



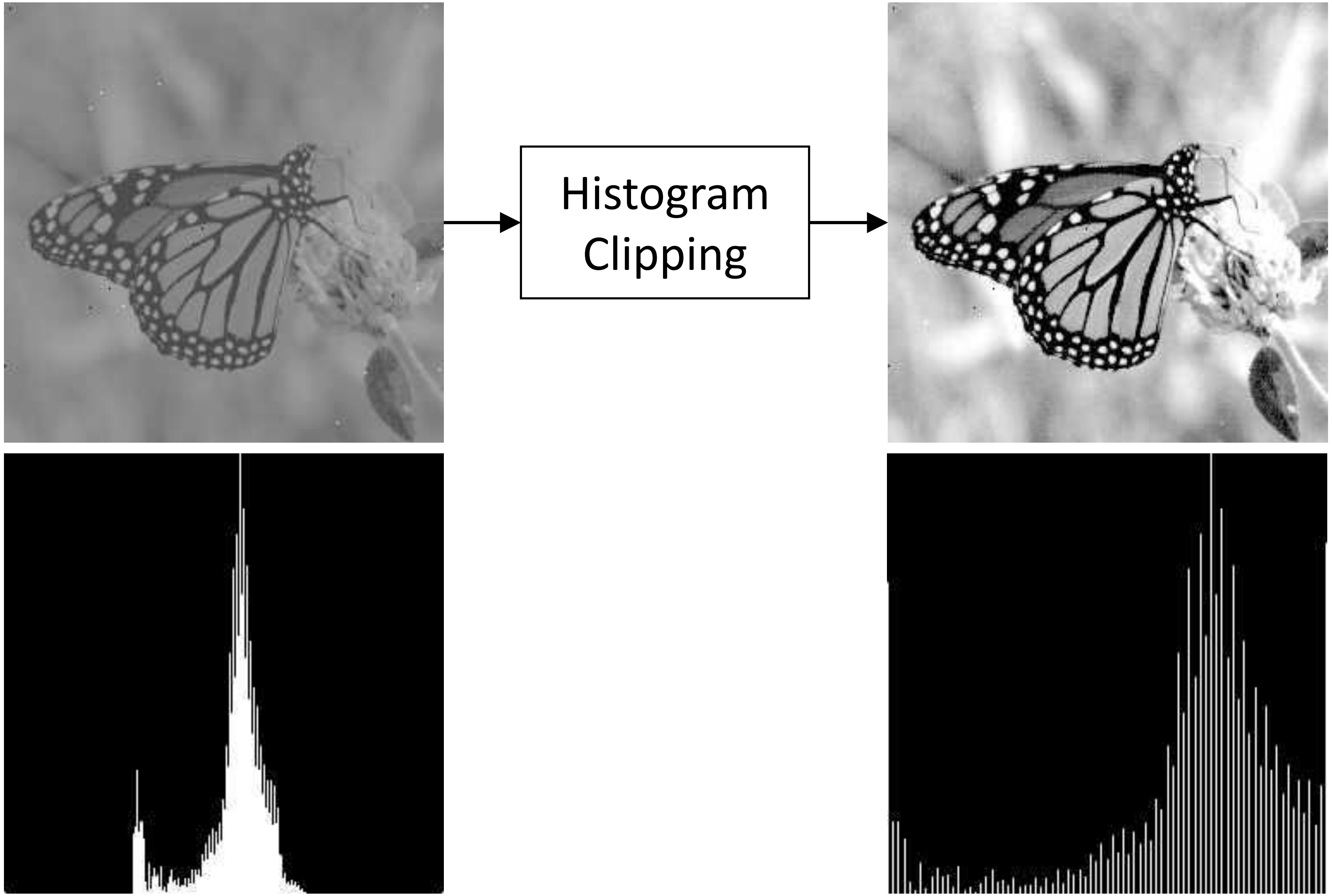
برش هیستوگرام

- در برش هیستوگرام، بخشی از مولفه‌های پائین و بالا در نمودار هیستوگرام را قطع می‌کنیم
- به طور مثال اگر ۱ درصد از مولفه‌های بالا و پائین را قطع کنیم:

$$g(x,y) = clip[f(x,y)] = \left(\frac{f(x,y) - f_1}{f_{99} - f_1}\right)(MAX - MIN) + MIN$$

$$g(x,y) = stretch[f(x,y)] = \left(\frac{f(x,y) - f_{min}}{f_{max} - f_{min}}\right)(MAX - MIN) + MIN$$

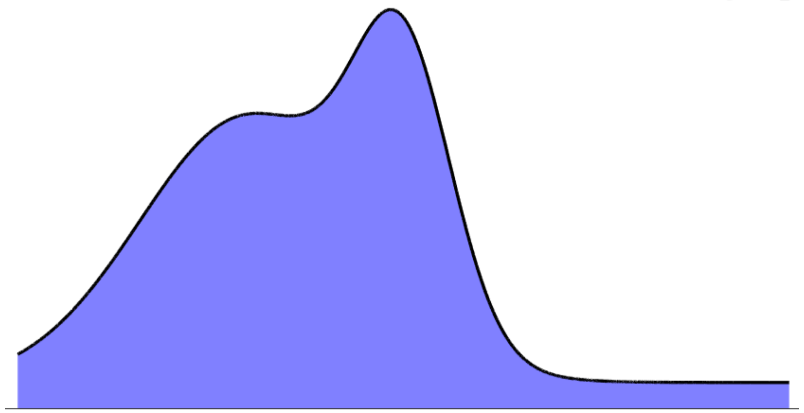
کشش هیستوگرام



متعادل‌سازی هیستوگرام

- متعادل‌سازی هیستوگرام (Histogram Equalization) پردازشی است که هیستوگرام تصویر را تا حد امکان مسطح می‌کند
- اساس متعادل‌سازی هیستوگرام مبتنی بر تئوری احتمالات است که در آن هیستوگرام به عنوان تابع توزیع احتمال سطوح روشنایی تصویر در نظر گرفته می‌شود
- متعادل‌سازی هیستوگرام برابر با تابعی است که این توزیع احتمال را به توزیع احتمال یکنواخت تبدیل کند

متعادل‌سازی هیستوگرام



متعادل‌سازی هیستوگرام

$$s = T(r) \qquad 0 \le r \le L-1$$

$$0 \le T(r) \le L-1 \qquad T(r_2) \ge T(r_1) \text{ for } r_2 > r_1$$

- چگالی احتمال شدت روشنایی در تصویر اولیه را با $p_r(r)$ و در تصویر جدید را با $p_s(s)$ نشان می‌دهیم
- تابع چگالی احتمال (pdf)

$$p_x(x) = \frac{Pr(x \le X < x + dx)}{dx}$$

- تابع توزیع تجمعی (cdf)

$$P_x(x) = Pr(X \le x)$$

$$P_x(x) = \int_{-\infty}^{x} p_x(x)dx \qquad p_x(x) = \frac{d}{dx}P_x(x)$$

تبدیل توزیع احتمال

- اگر T یک تابع یکنوا از r باشد رابطه توزیع احتمال s برابر است با:

$$p_s(s) = p_r(r)\left|\frac{dr}{ds}\right|$$

- هدف از متعادل‌سازی هیستوگرام آن است که توزیع s یکنواخت باشد

$$p_s(s) = \frac{1}{L-1} = p_r(r)\left|\frac{dr}{ds}\right|$$

$$\left|\frac{ds}{dr}\right| = \left|\frac{dT(r)}{dr}\right| = (L-1)p_r(r) \qquad \Rightarrow \boxed{T(r) = (L-1)P_r(r)}$$

تبدیل توزیع احتمال گسسته

- احتمال تخمینی از هر سطح روشنایی

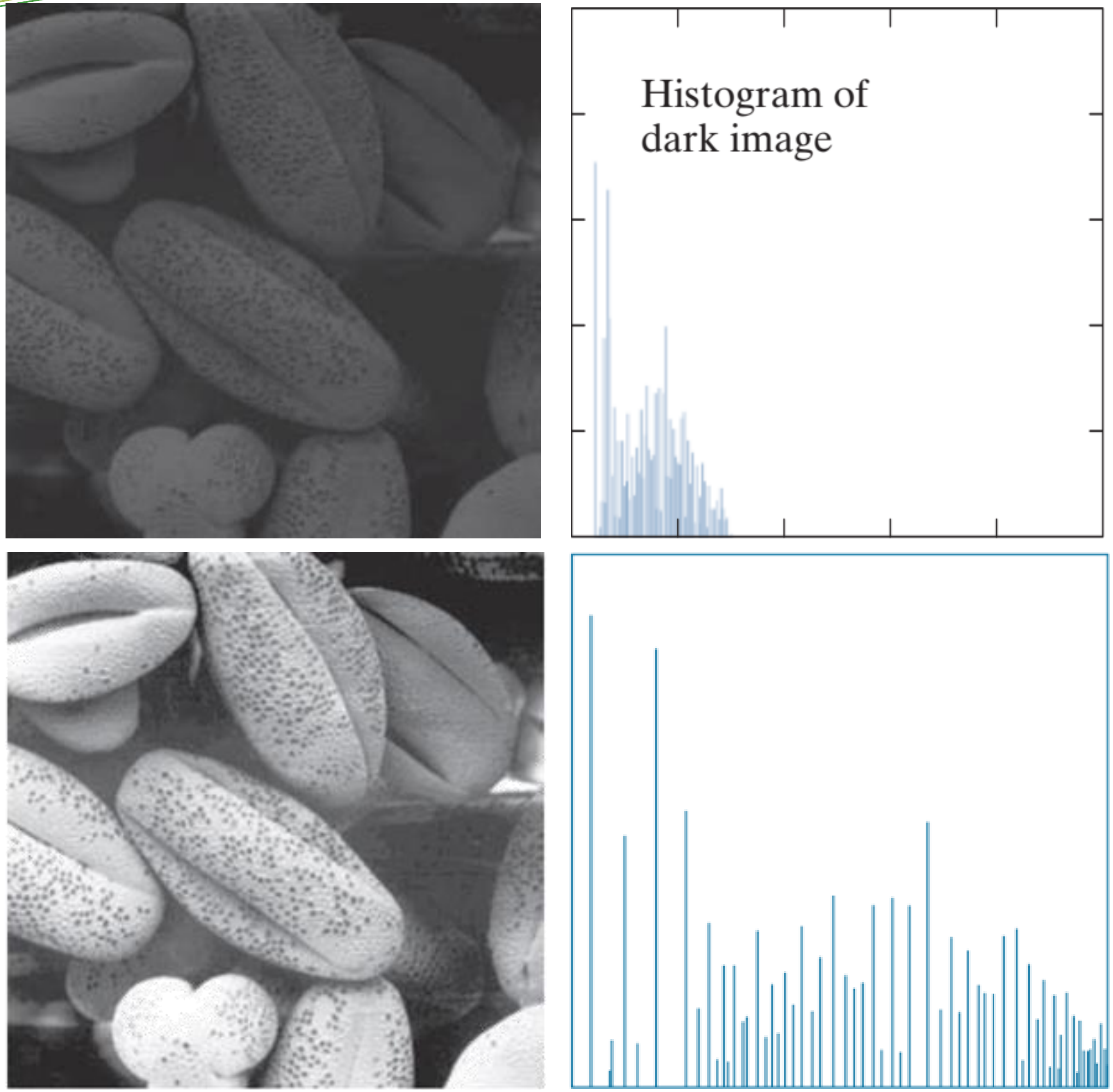
$$p_r(r_k) = \frac{n_k}{n}$$

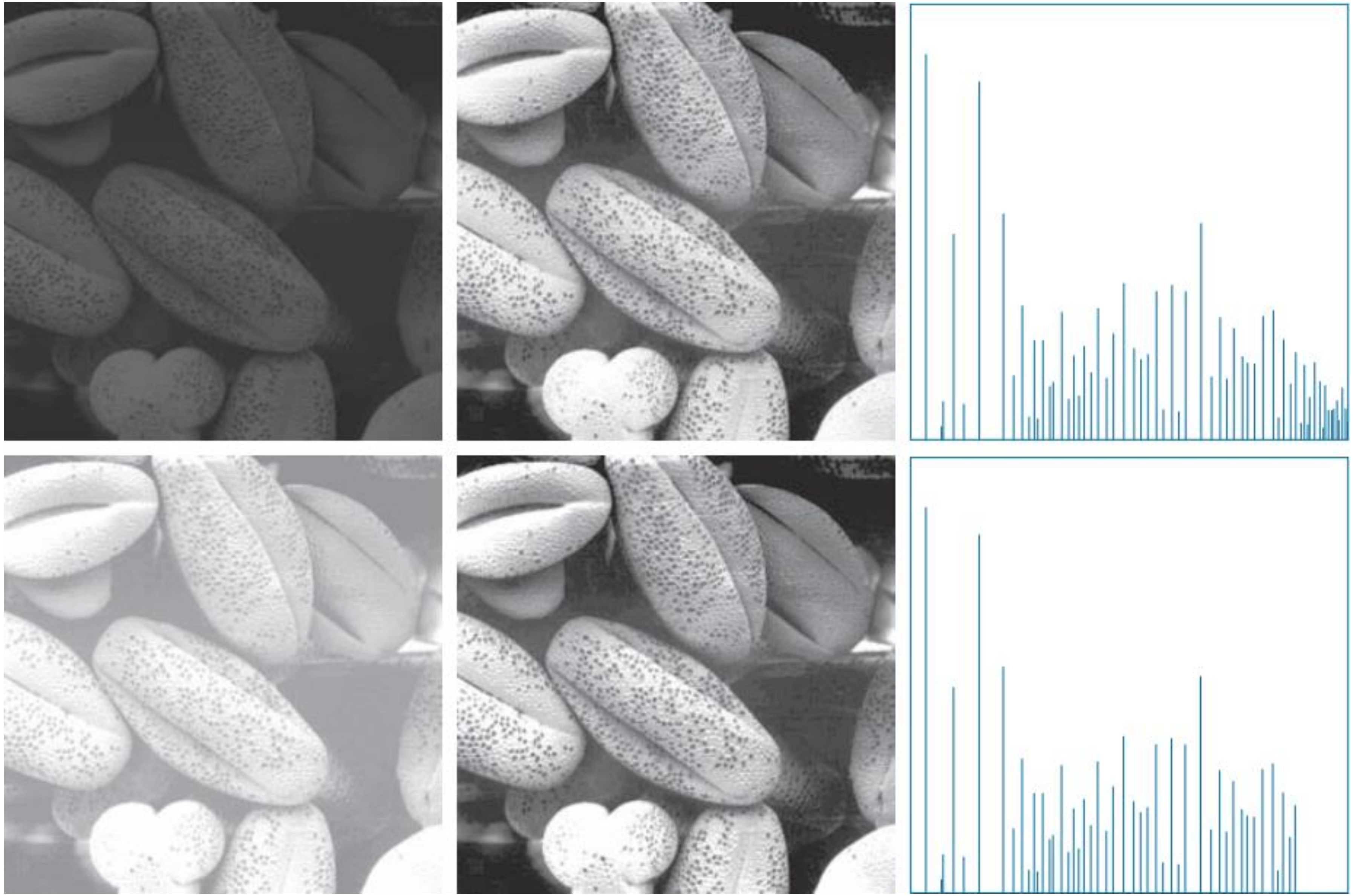
- تابع تبدیل که معادل با توزیع تجمعی است

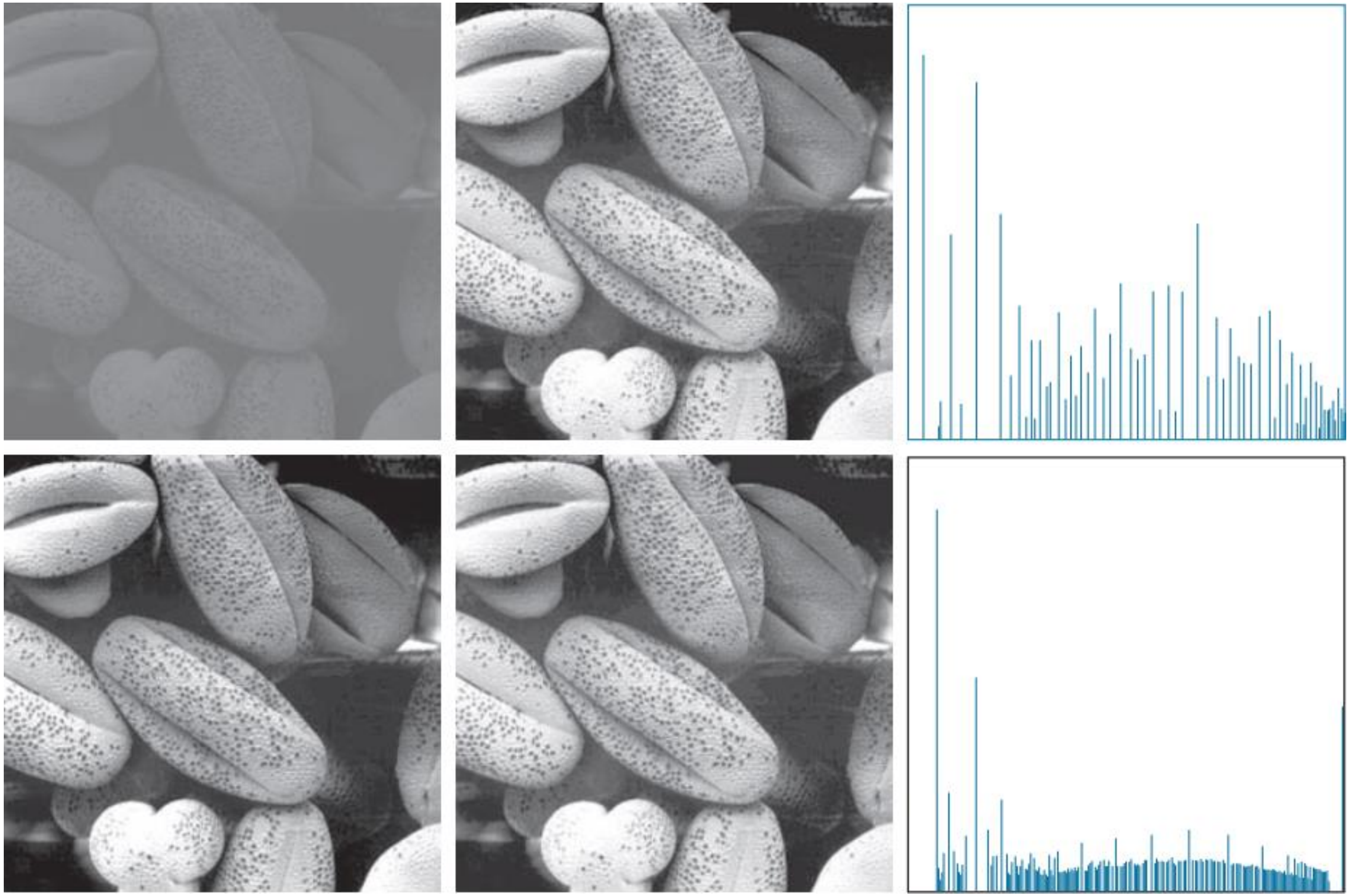
$$s_k = T(r_k) = (L-1)\sum_{j=0}^{k} p_r(r_j) = \frac{L-1}{n}\sum_{j=0}^{k} n_j$$

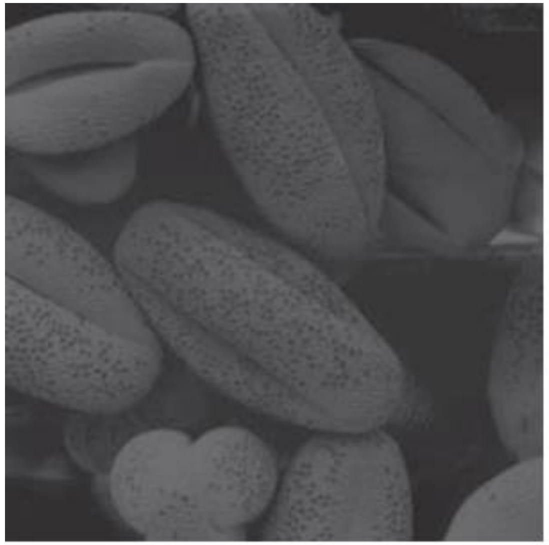
- در فضای گسسته نمی‌توان انتظار داشت که توزیع حاصل کاملا یکنواخت باشد

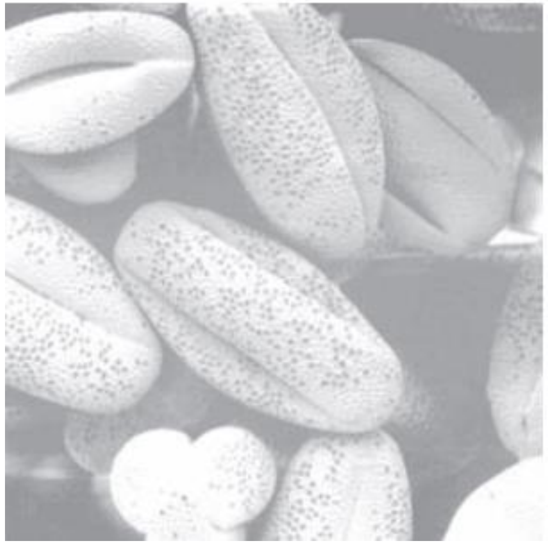
متعادل‌سازی هیستوگرام

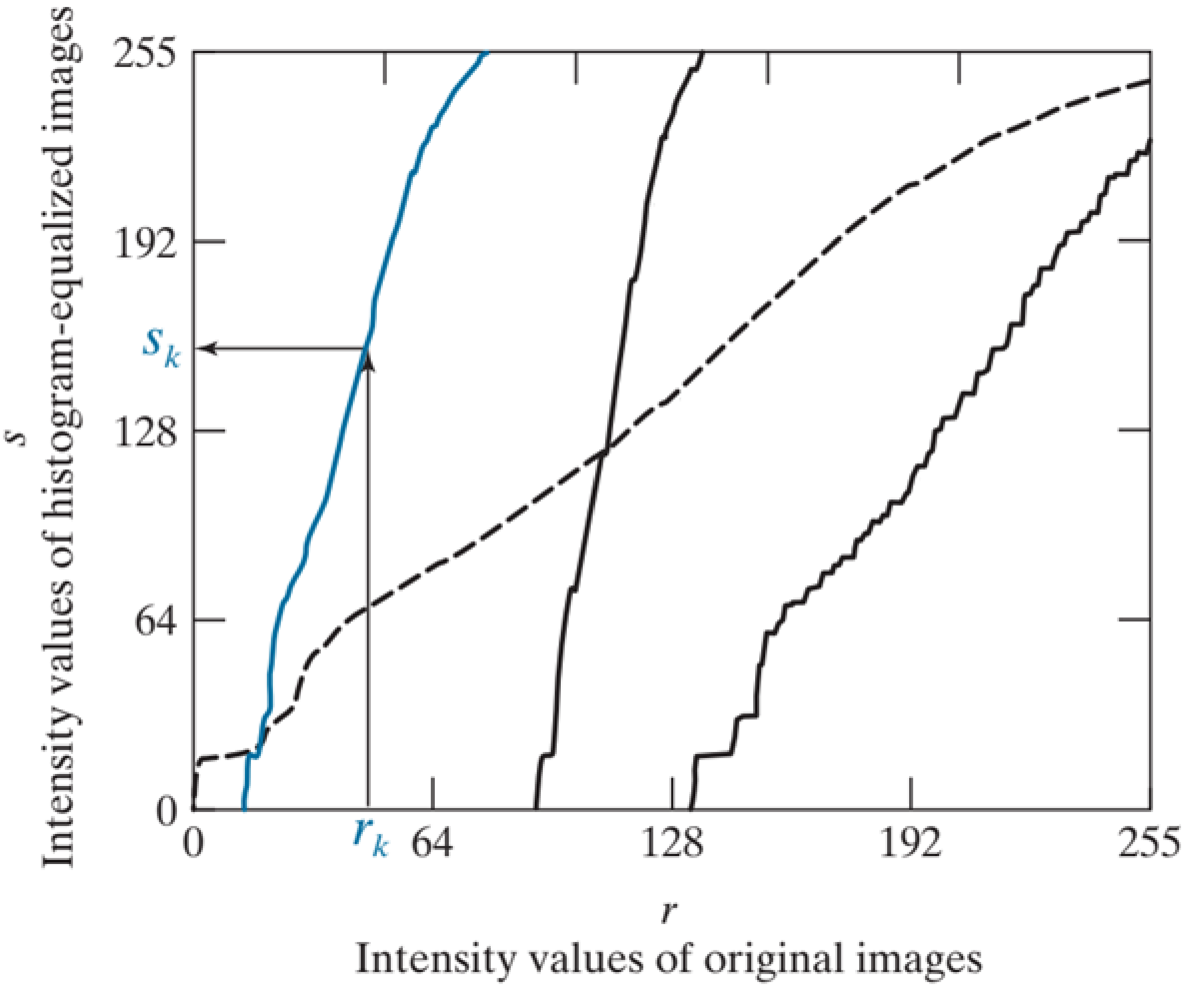










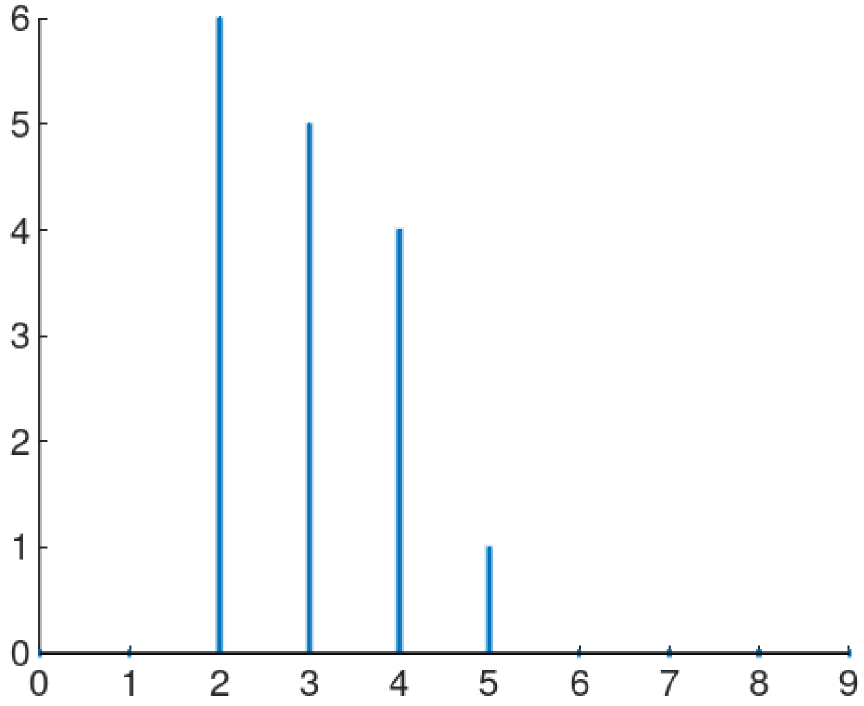


255
192
s_k
128
64
0
0
r_k
64
128
192
255
s
Intensity values of histogram-equalized images
r
Intensity values of original images

مثال عددی

- عملیات متعادل‌سازی هیستوگرام را برای تصویر ۴×۴ زیر انجام دهید (فرض کنید پیکسل‌ها دارای ۱۰ سطح هستند)

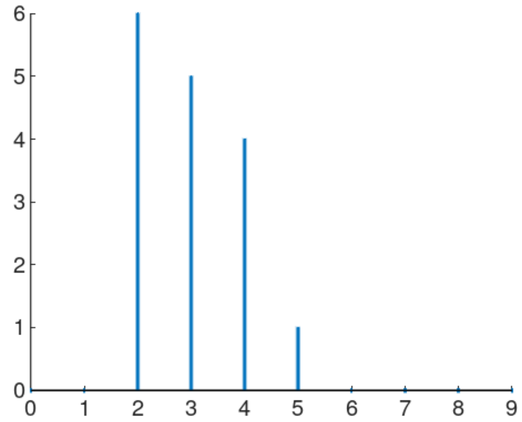
2	3	3	4
2	2	4	5
2	3	3	3
2	2	4	4



مثال عددی

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

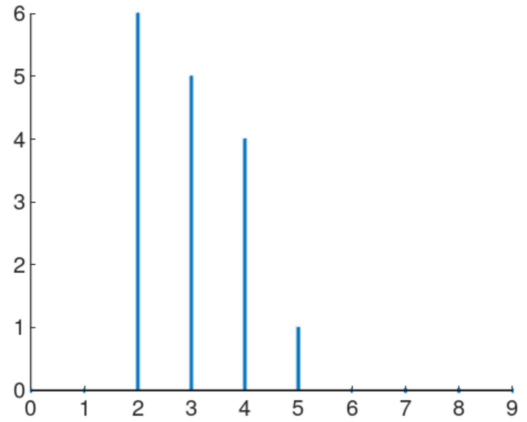
2	3	3	4
2	2	4	5
2	3	3	3
2	2	4	4



مثال عددی

k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n_k	0	0	6	5	4	1	0	0	0	0
$\sum_{j=0}^{k} n_j$										

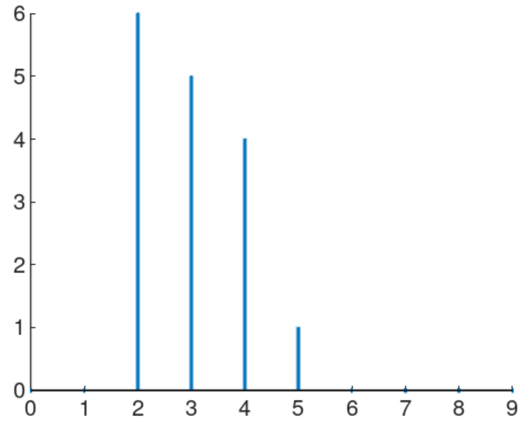
2	3	3	4
2	2	4	5
2	3	3	3
2	2	4	4



مثال عددی

k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n_k	0	0	6	5	4	1	0	0	0	0
$\sum_{j=0}^{k} n_j$	0	0	6	11	15	16	16	16	16	16
$\sum_{j=0}^{k} \frac{n_j}{n}$										

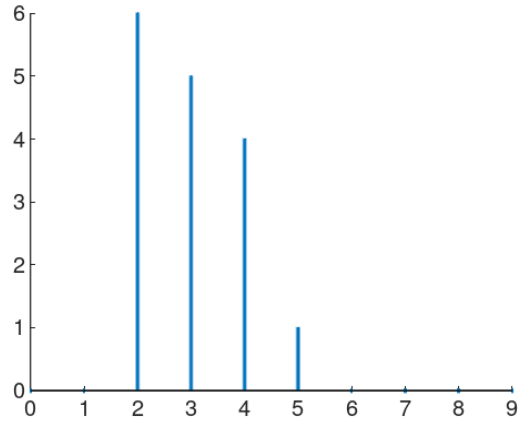
2	3	3	4
2	2	4	5
2	3	3	3
2	2	4	4



مثال عددی

k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n_k	0	0	6	5	4	1	0	0	0	0
$\sum_{j=0}^{k} n_j$	0	0	6	11	15	16	16	16	16	16
$\sum_{j=0}^{k} \frac{n_j}{n}$	0	0	$\frac{6}{16}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{15}{16}$	1	1	1	1	1
$(L-1)\sum_{j=0}^{k} \frac{n_j}{n}$										

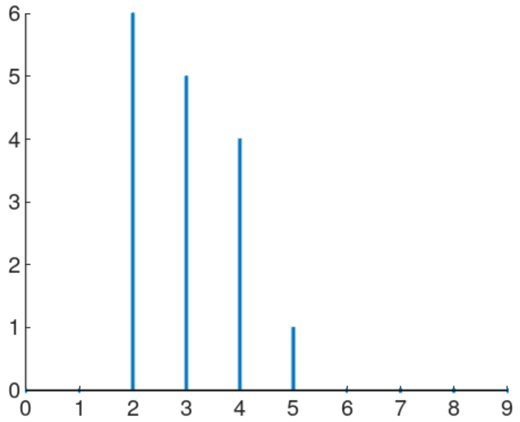
2	3	3	4
2	2	4	5
2	3	3	3
2	2	4	4



مثال عددی

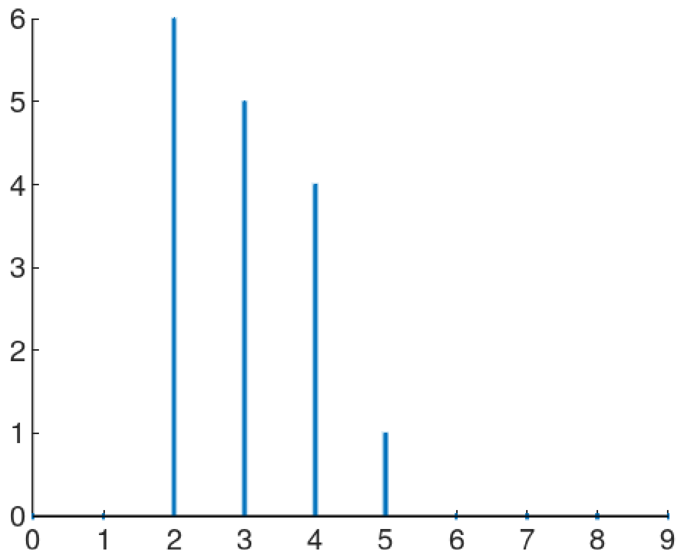
k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n_k	0	0	6	5	4	1	0	0	0	0
$\sum_{j=0}^{k} n_j$	0	0	6	11	15	16	16	16	16	16
$\sum_{j=0}^{k} \frac{n_j}{n}$	0	0	$\frac{6}{16}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{15}{16}$	1	1	1	1	1
$(L-1)\sum_{j=0}^{k} \frac{n_j}{n}$	0	0	3.38	6.19	8.44	9	9	9	9	9
Round	0	0	3	6	8	9	9	9	9	9

2	3	3	4
2	2	4	5
2	3	3	3
2	2	4	4

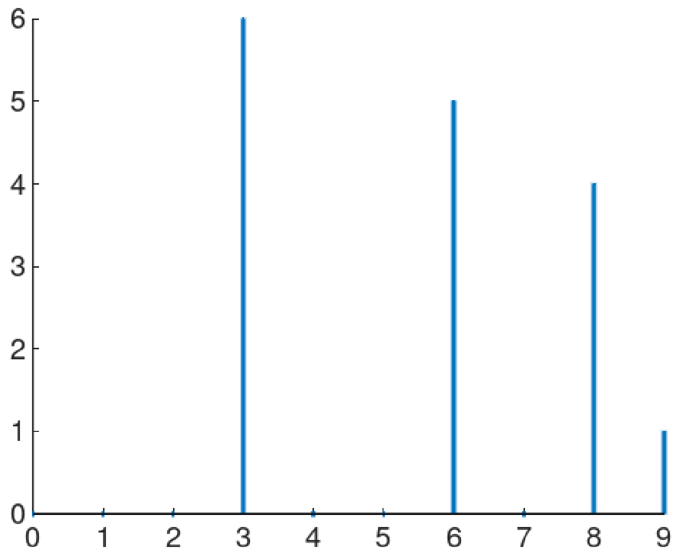


مثال عددی

2	3	3	4
2	2	4	5
2	3	3	3
2	2	4	4



3	6	6	8
3	3	8	9
3	6	6	6
3	3	8	8



مثال عددی

k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n_k	0	0	6	5	4	1	0	0	0	0
$\sum_{j=0}^{k} n_j$	0	0	6	11	15	16	16	16	16	16
$\sum_{j=0}^{k} \frac{n_j}{n}$	0	0	$\frac{6}{16}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{15}{16}$	1	1	1	1	1
$(L-1)\sum_{j=0}^{k} \frac{n_j}{n}$	0	0	3.38	6.19	8.44	9	9	9	9	9
Round	0	0	3	6	8	9	9	9	9	9
Stretch Round	0	0	0	4	8	9	9	9	9	9