

7. Hisztogram és hisztogram- transzformációk

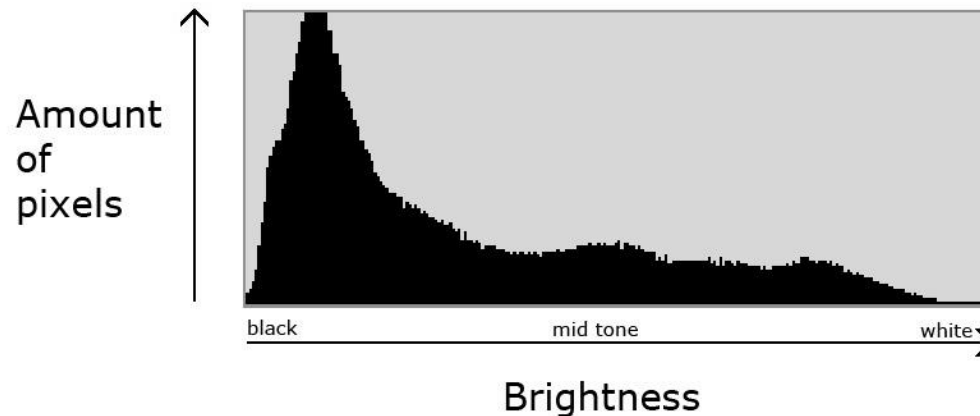
Hisztogram

Az intenzitásértékek előfordulási gyakoriságát az adott képen megadó diszkrét függvény.

$$h(r_k)=n_k,$$

ahol

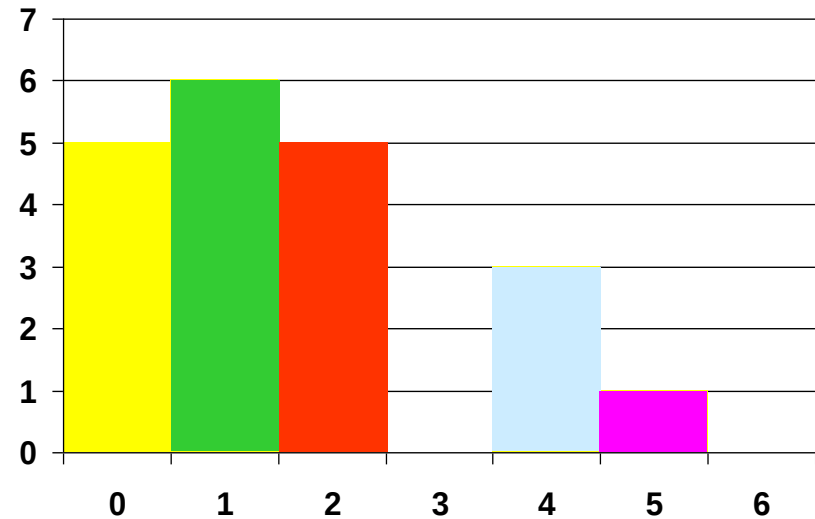
- r_k a k -adik intenzitás (kvantált érték) és
- n_k az r_k intenzitással bíró képpontok száma.



Hisztogram

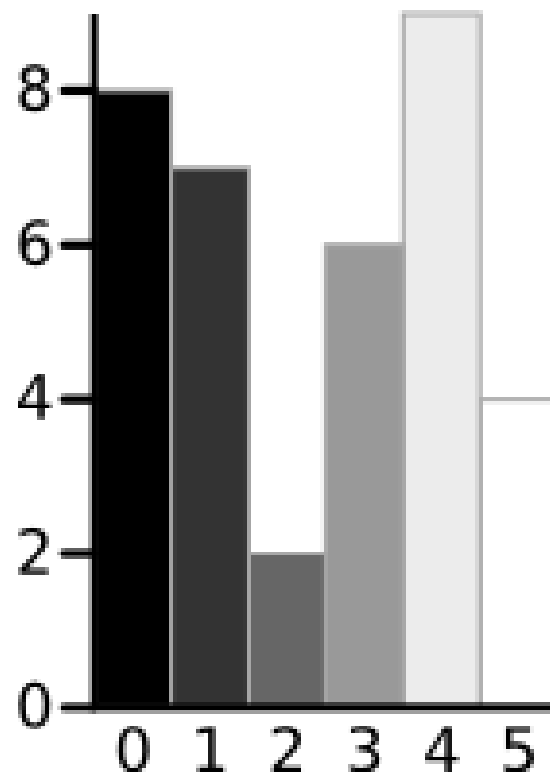
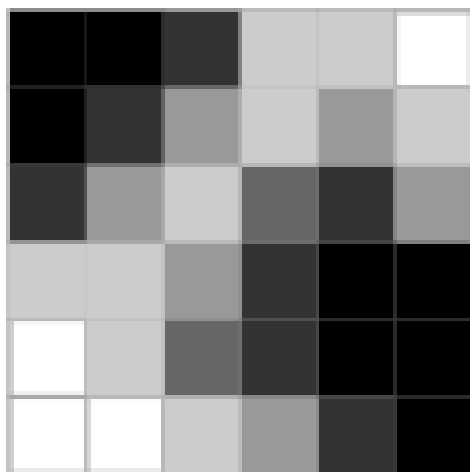
0	1	1	2	4
2	1	0	0	2
5	2	0	0	4
1	1	2	4	1

kép



hisztogram

Hisztogram



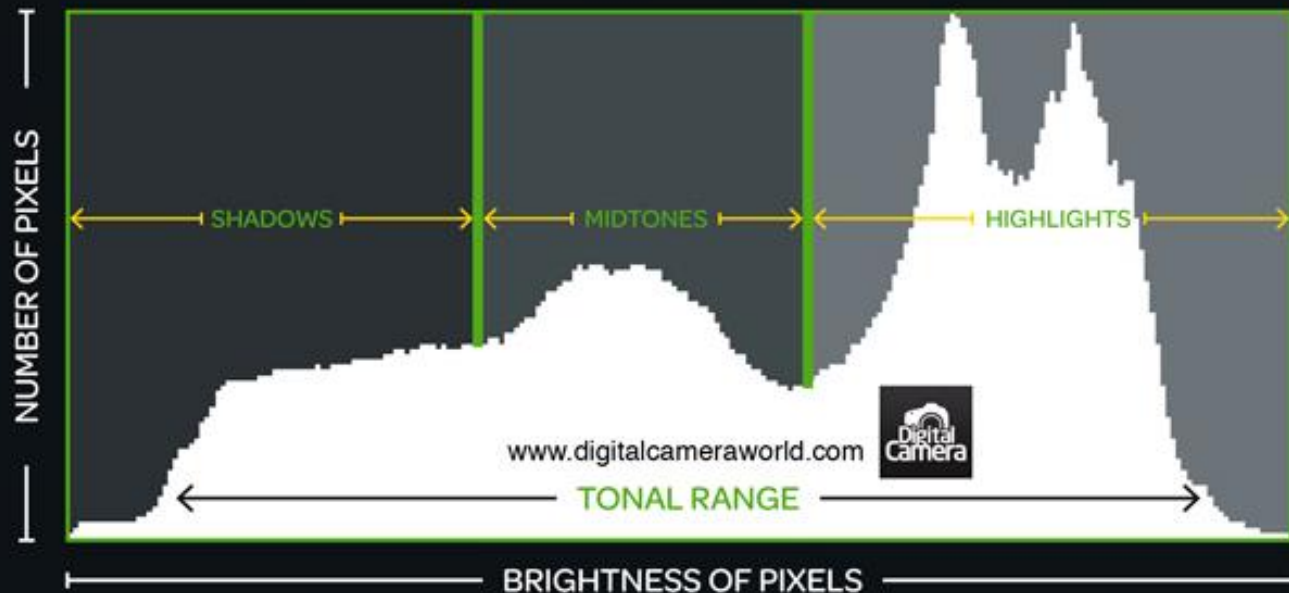
egy 6-szintű kép és a hisztogramja

Képek hisztogramjának értelmezése

EXPLAINED HOW TO READ A HISTOGRAM

A camera's histogram is an accurate guide to exposure, as it illustrates the range of tones, or brightness levels, present in an image. You

should review the histogram each time you take a picture, so that you can assess if you need to make any exposure adjustments.



The horizontal axis of the graph represents the brightness level, from darkest on the left to brightest on the right. The vertical axis shows how many pixels in the picture are at that brightness level



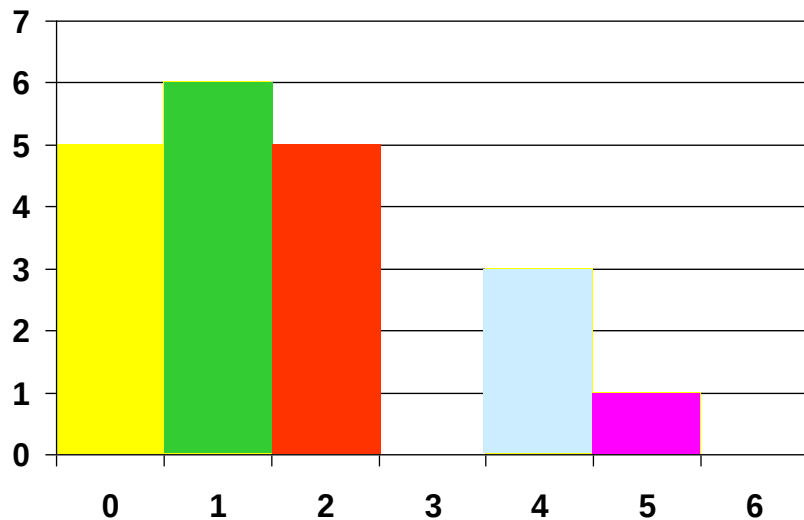
The histogram's size and shape gives you an instant guide to the contrast level of this scene. This image contains a full range of tones, including slightly clipped shadows (on the left of the shot) and burnt-out highlights (on the windows)



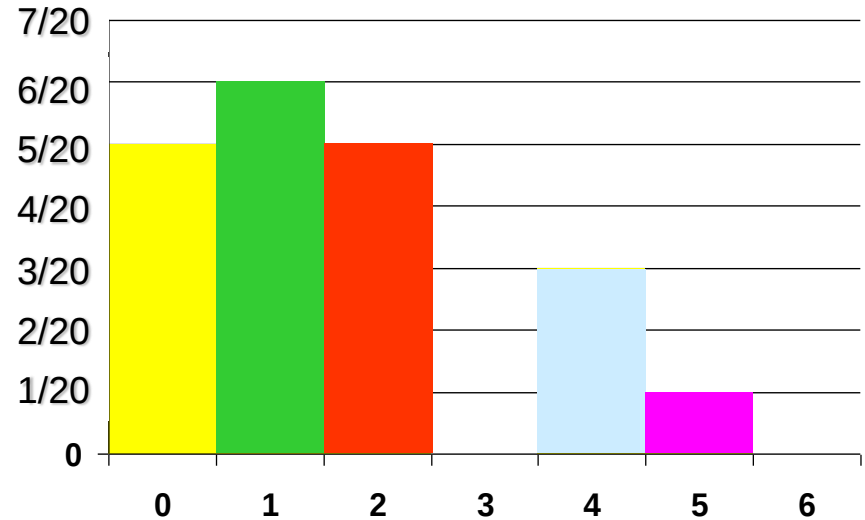
Normalizált hisztogram

$$p(r_k) = h(r_k) / n ,$$

ahol n a kép pontjainak száma ($0 \leq p(r_k) \leq 1$).



hisztogram



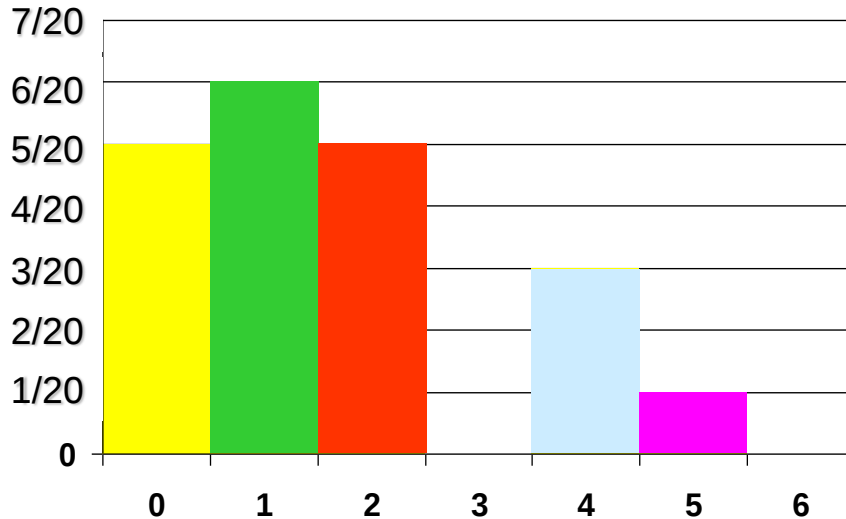
normalizált hisztogram

Akkumulált hisztogram

$$a(r_k) = \sum_{i=0}^k p(r_i)$$

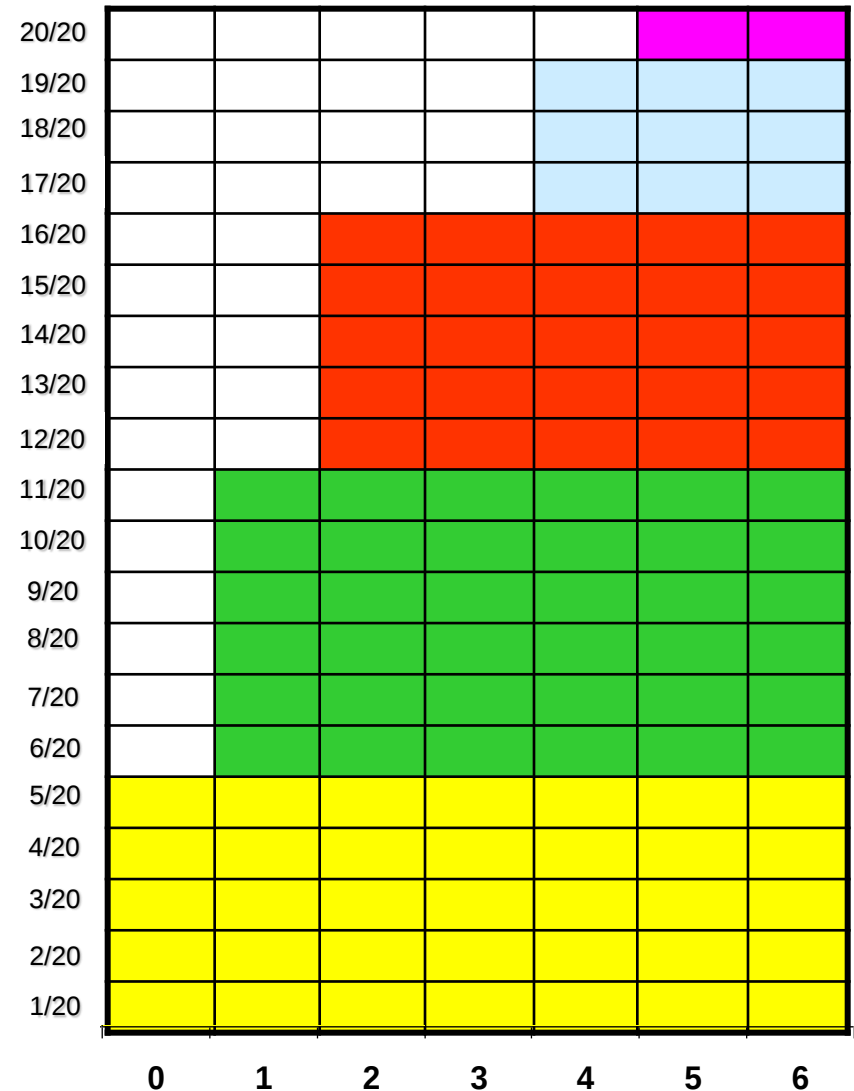
$$(k = 0, 1, \dots, L-1)$$

$$a(L-1) = 1$$



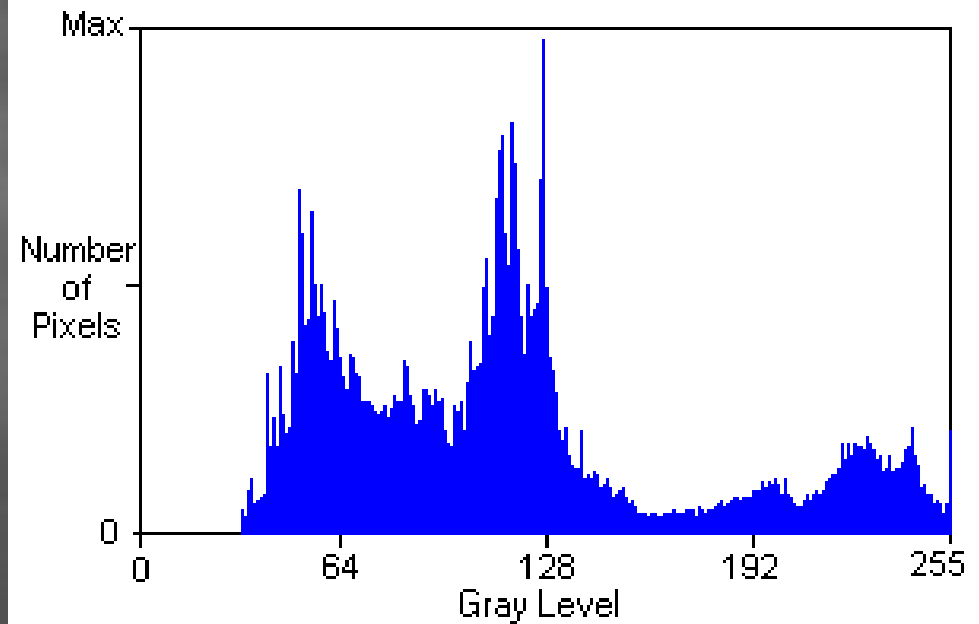
normalizált hisztogram „p”

monoton nő

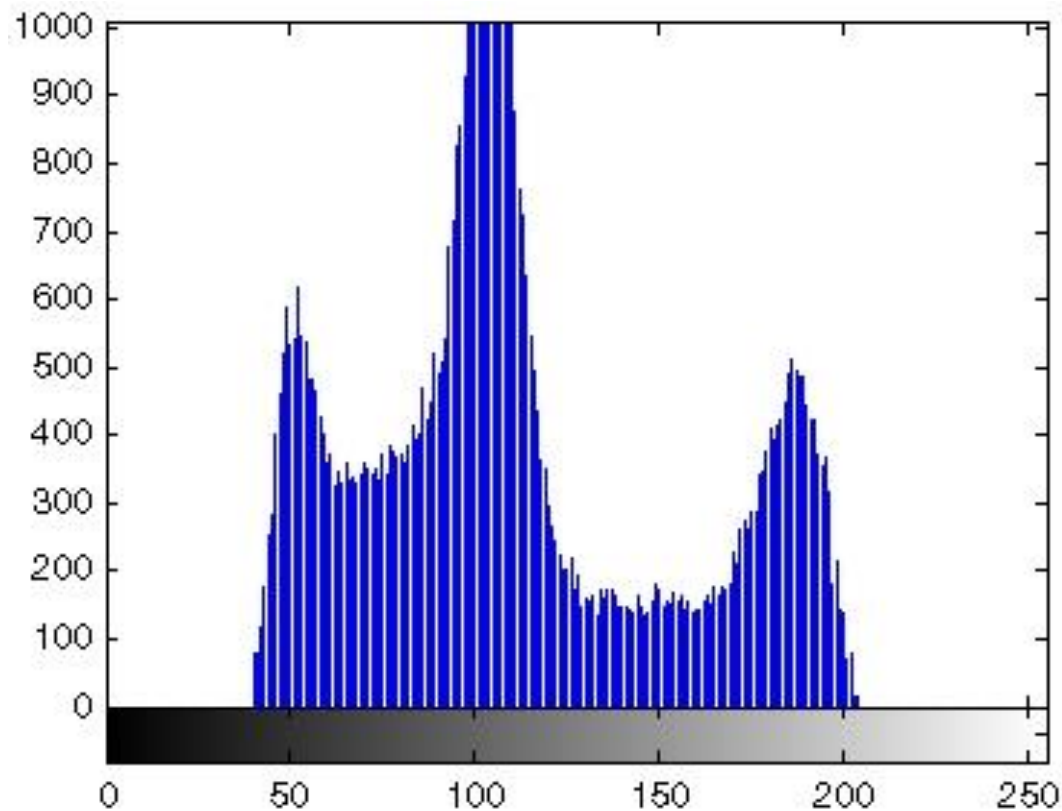
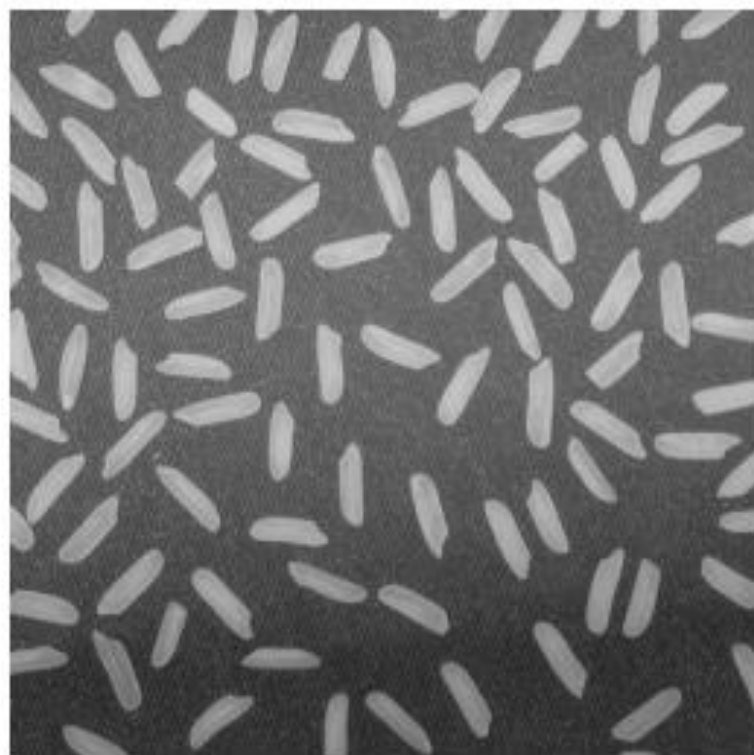


akkumulált hisztogram „a”

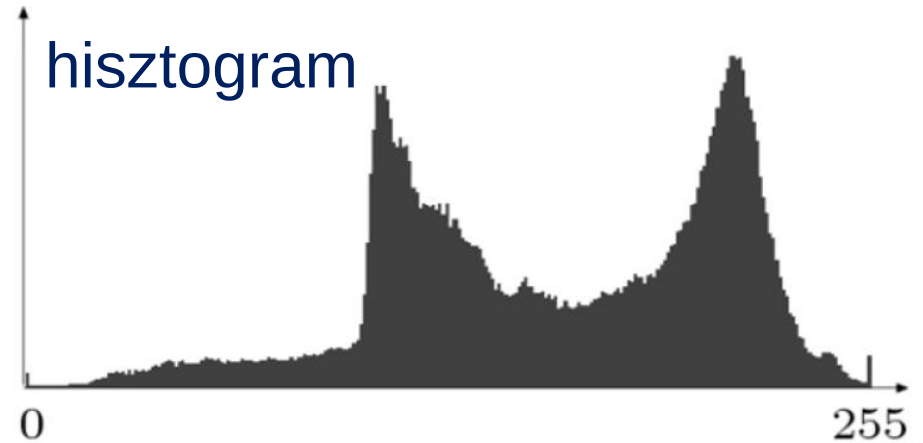
Példa hisztogramra



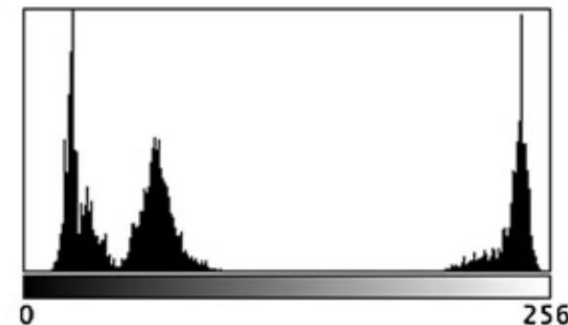
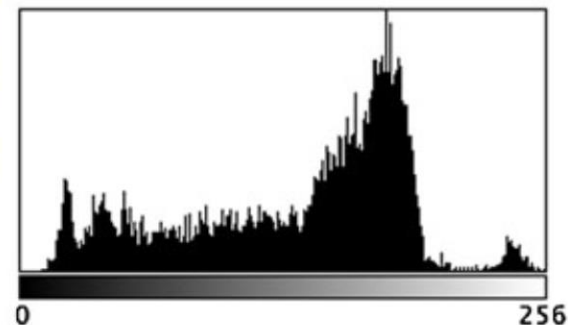
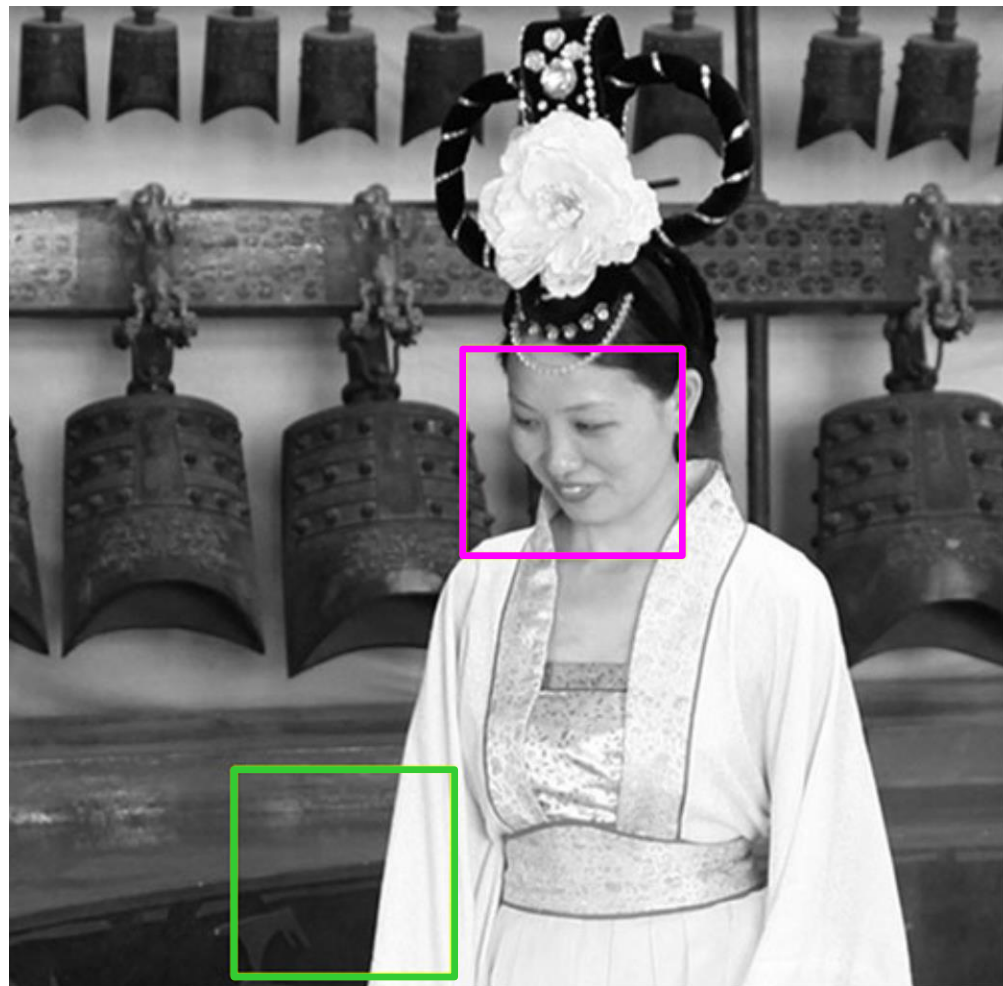
Példa hisztogramra



Példa hisztogramra



Lokális hisztogram

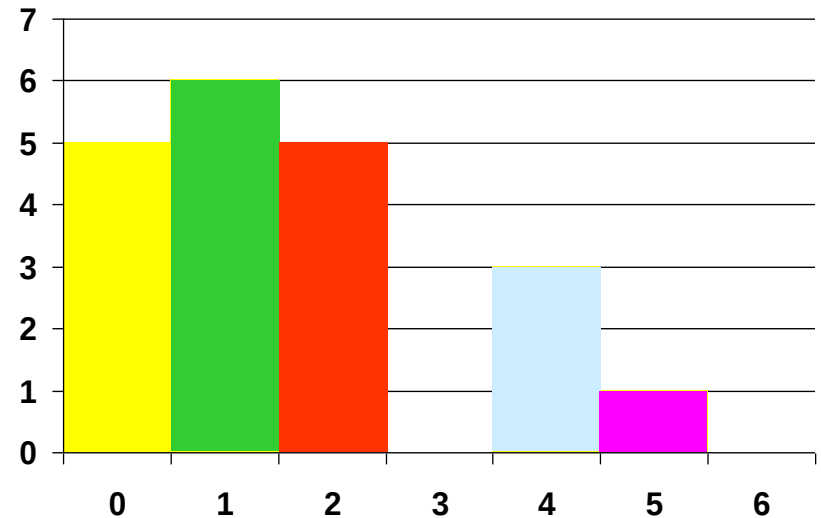
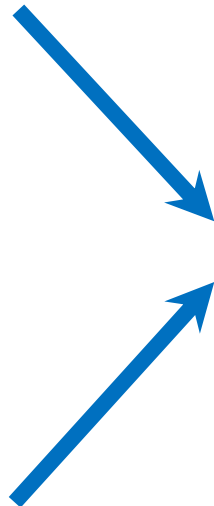


A hisztogram és a képtartalom

0	1	1	2	4
2	1	0	0	2
5	2	0	0	4
1	1	2	4	1

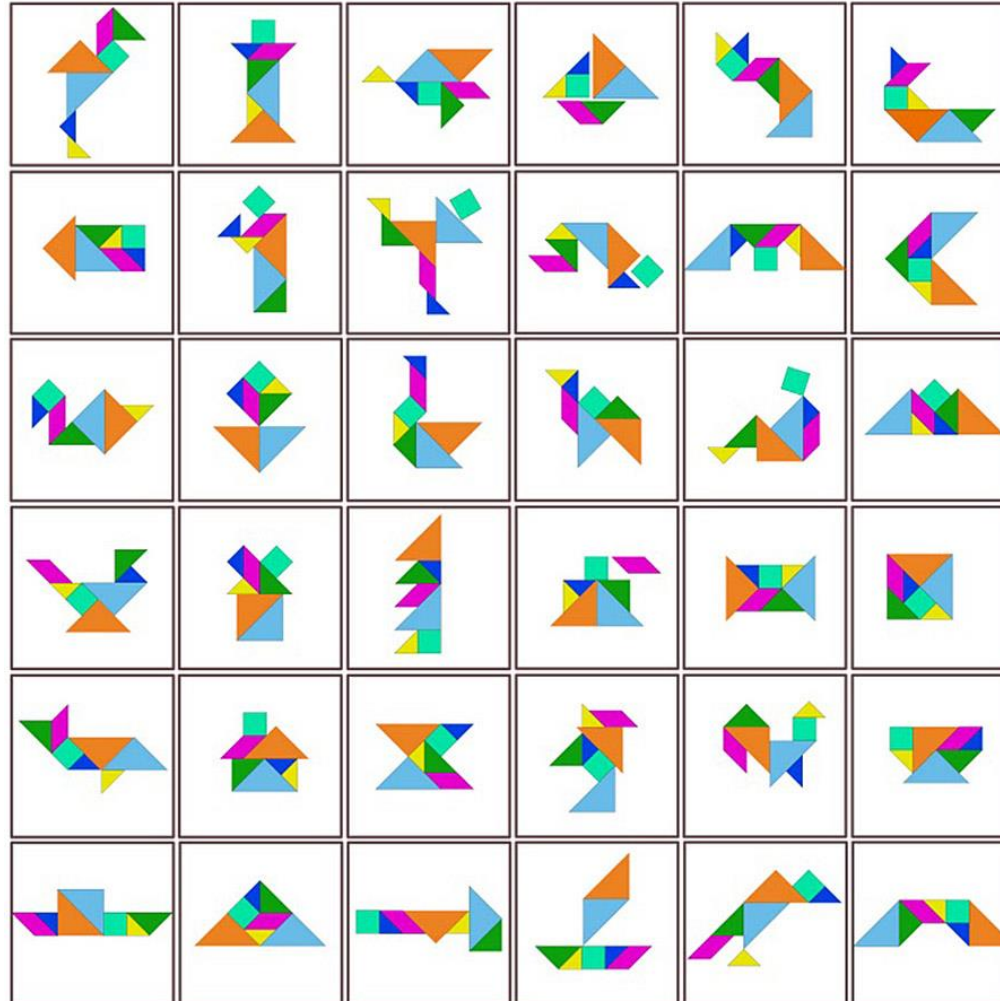
0	0	0	0	0
1	1	2	4	2
1	1	4	2	4
1	1	2	5	2

képek

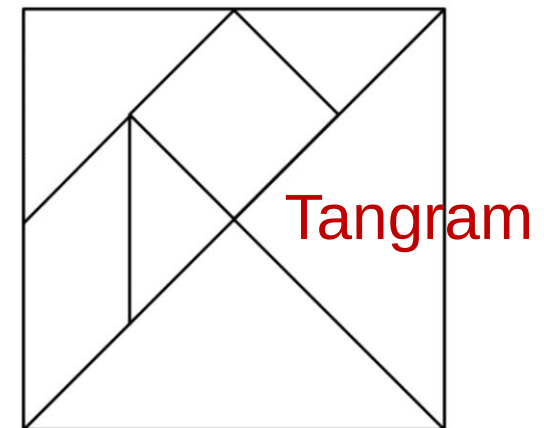


hisztogram

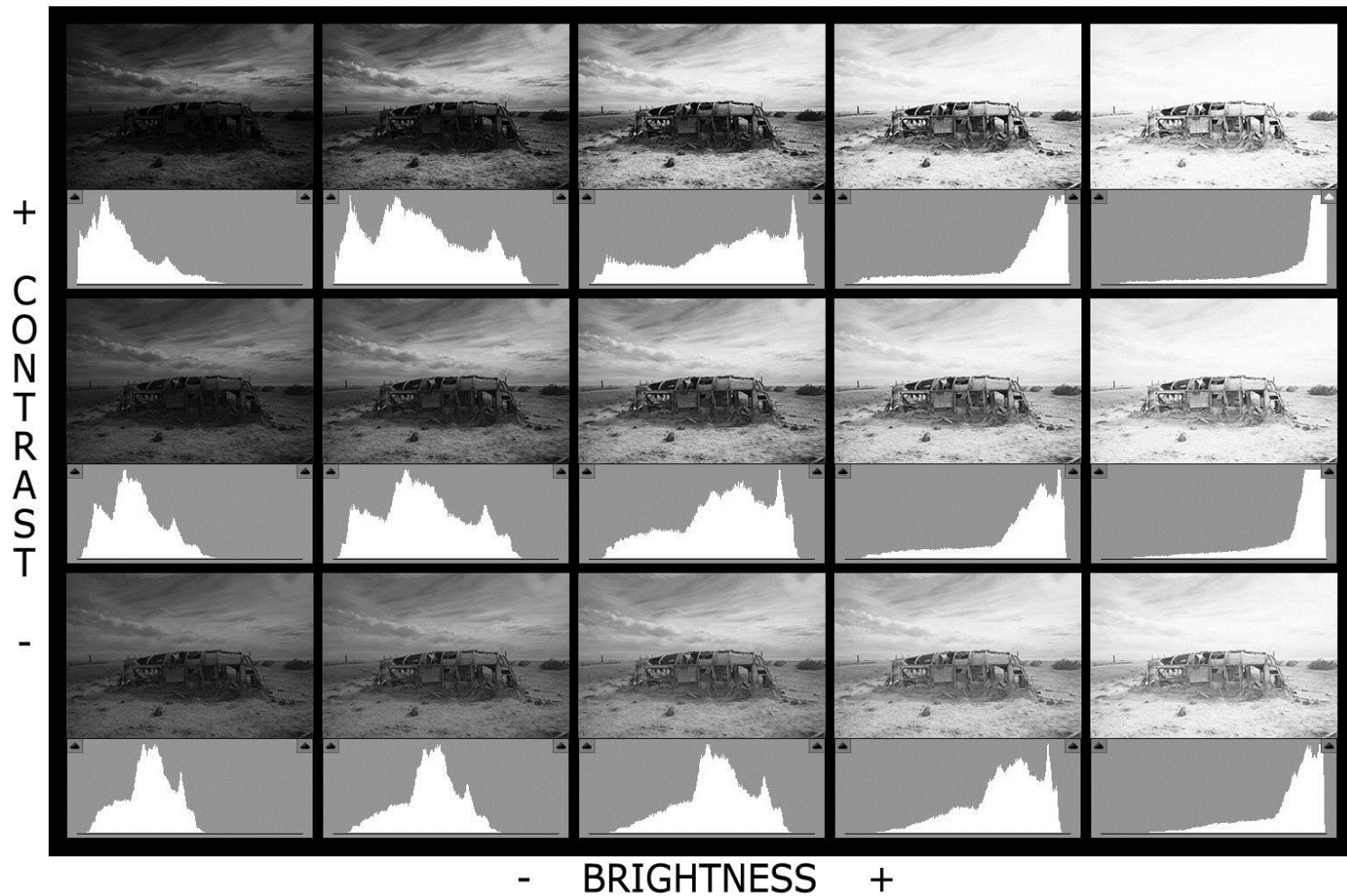
A hisztogram és a képtartalom



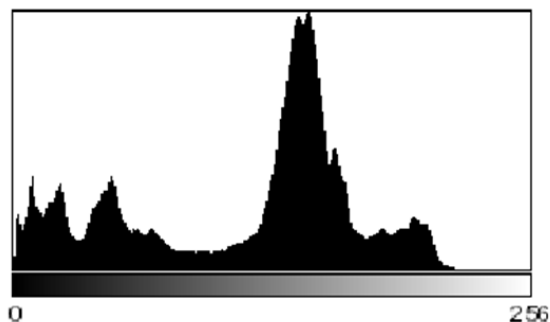
A képpontok „összerázásával” a hisztogram nem változik, tehát a hisztogramból nem következtethetünk a „látványra”.



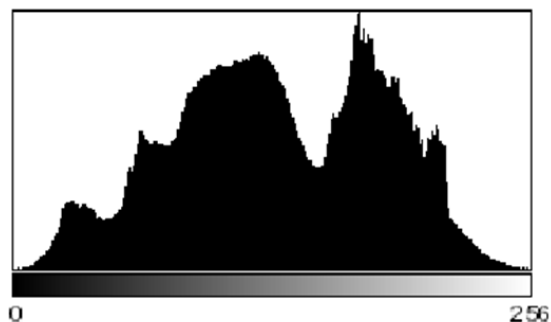
Kép megítélése a hisztogram alapján



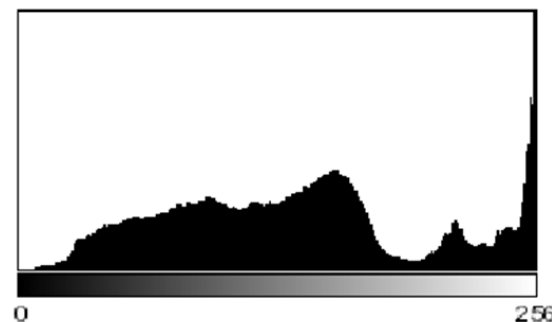
Kép megítélése a hisztogram alapján



alul-exponált



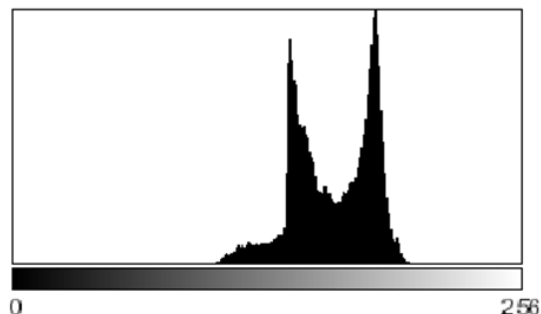
jól-exponált



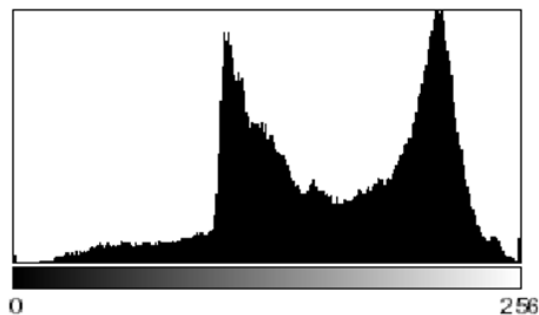
túl-exponált



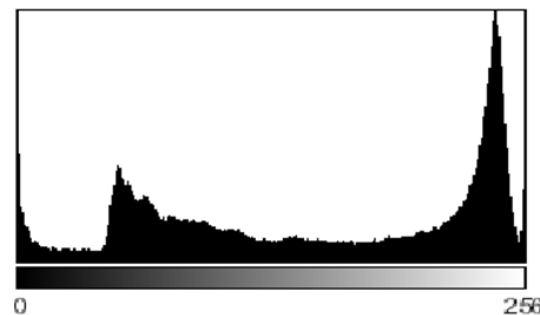
Kép megítélése a hisztogram alapján



alacsony kontraszt



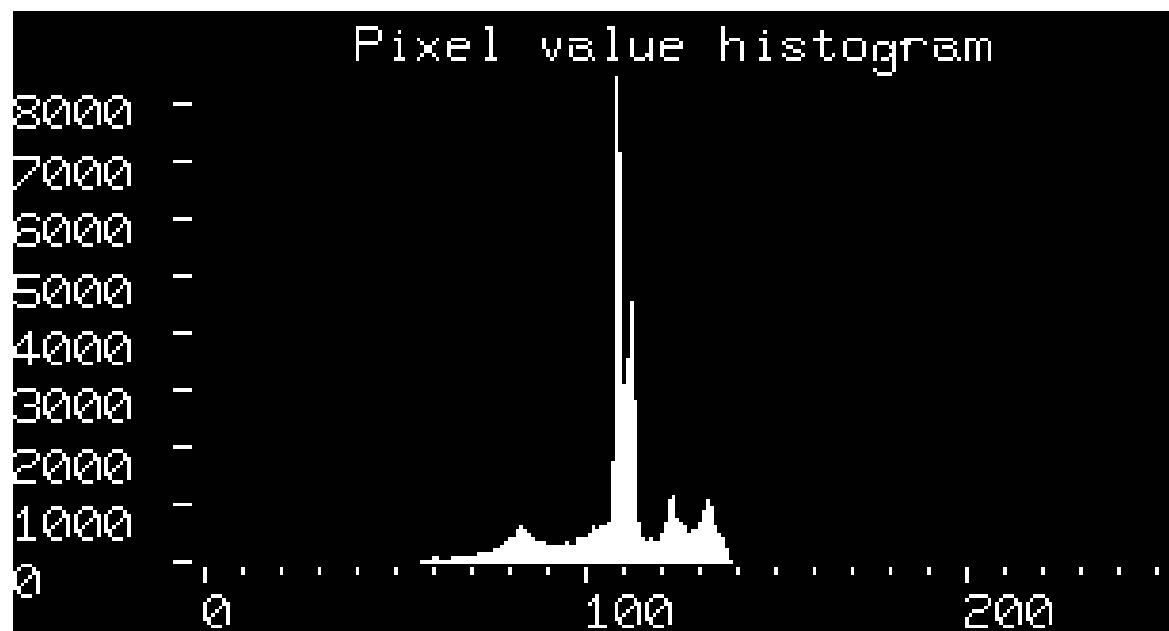
normál kontraszt



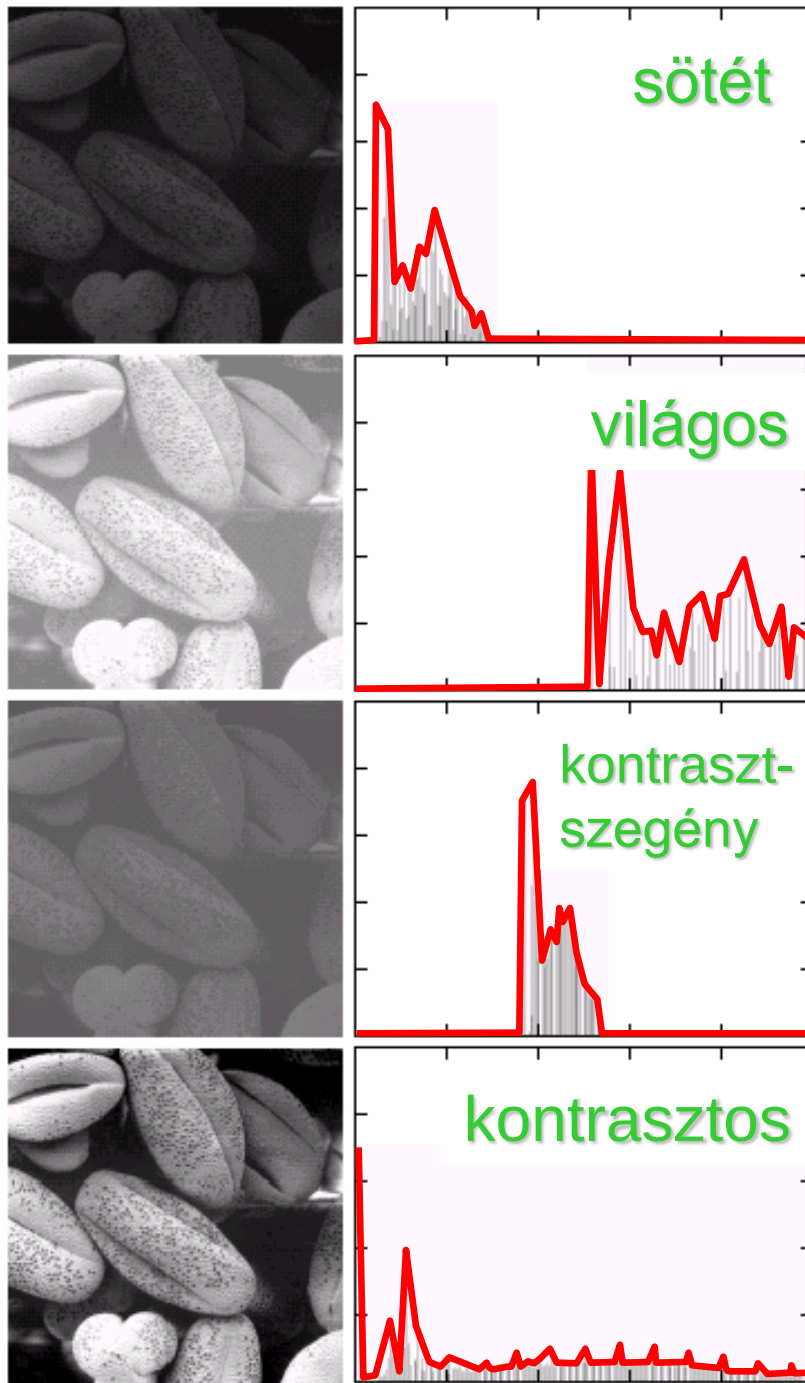
magas kontraszt



Kép megítélése a hisztogram alapján

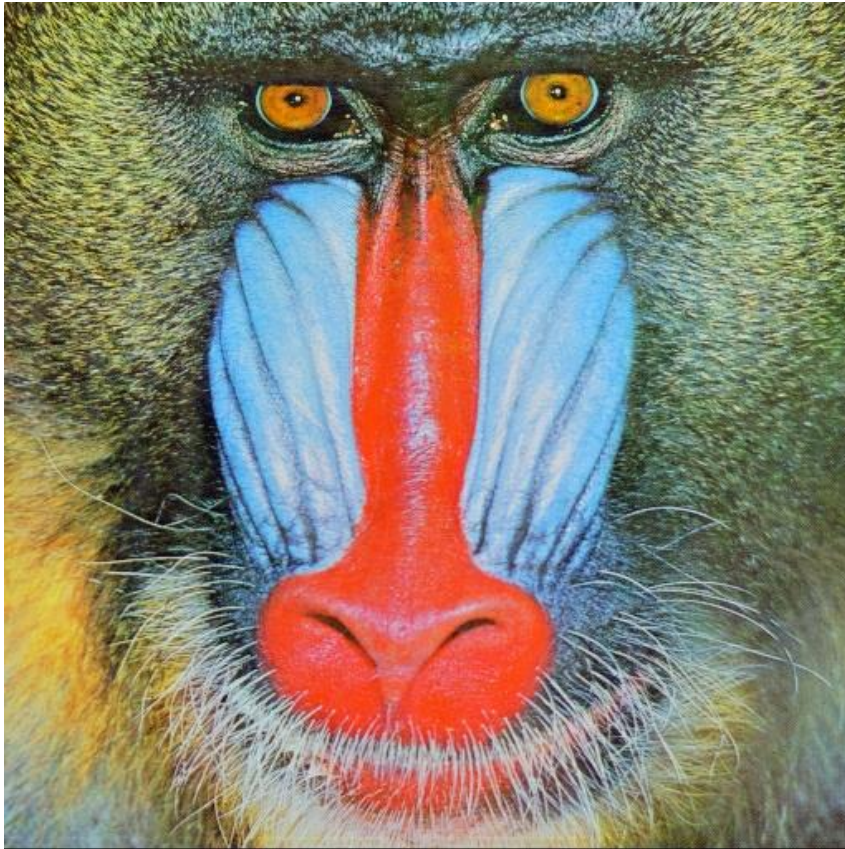


Gyenge kontraszt:
nincs kihasználva a teljes értékkészlet

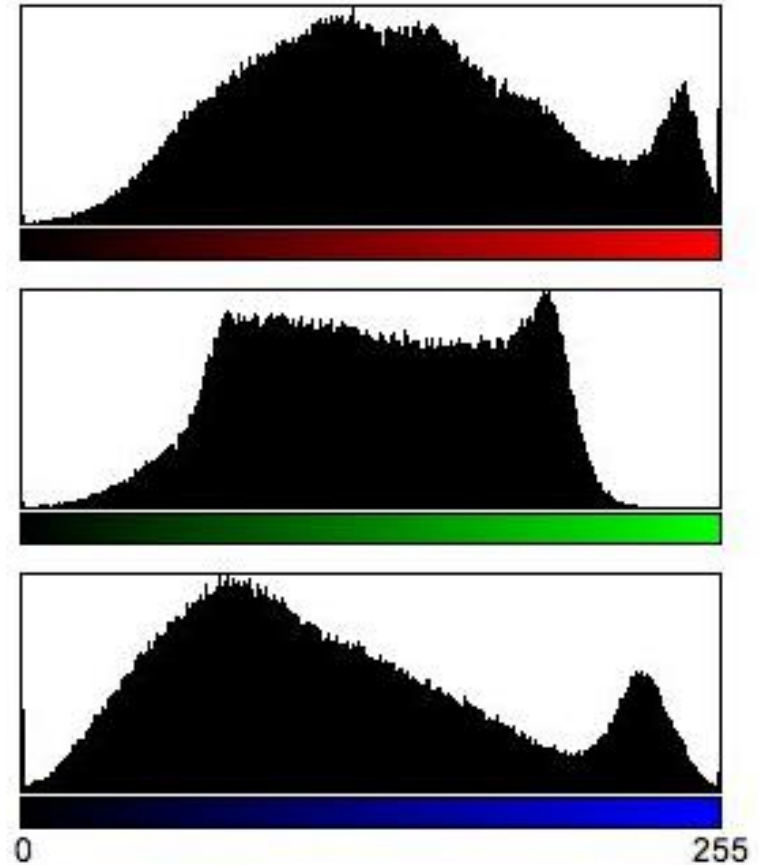


Kép megítélése a hisztogram alapján

Színes kép hisztogramja – 1.



RGB kép

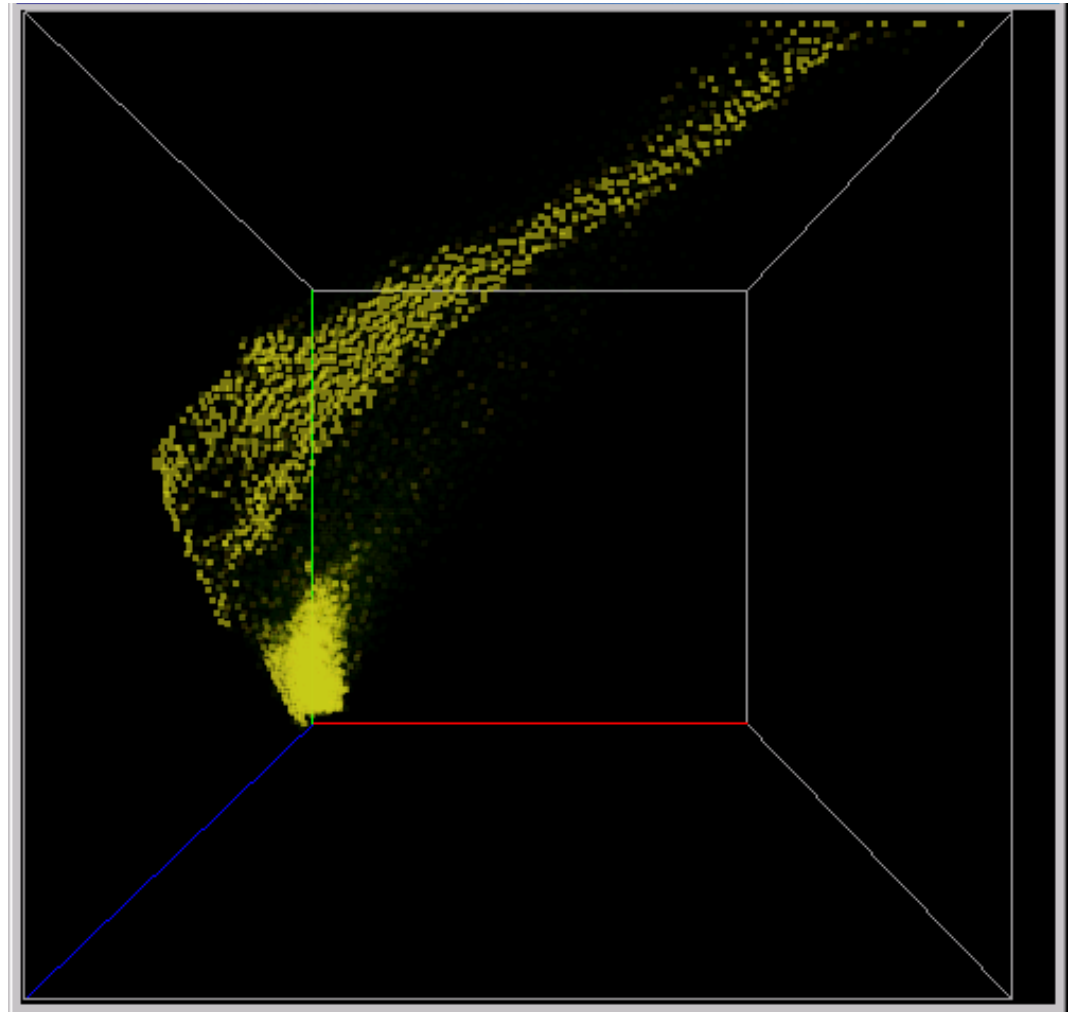


hisztogram
színtelepek szerint

Színes kép hisztogramja – 2.



A 3D RGB hisztogram megjelenítése:



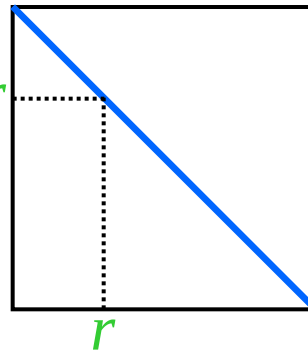
Pont operációk hatása a hisztogramra



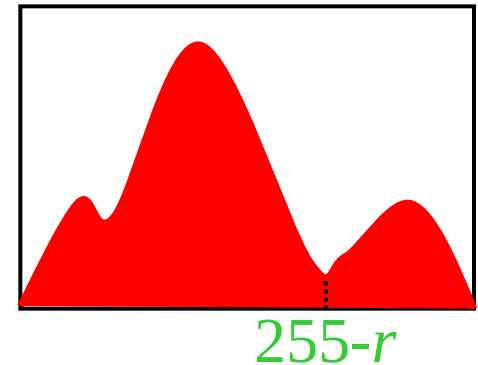
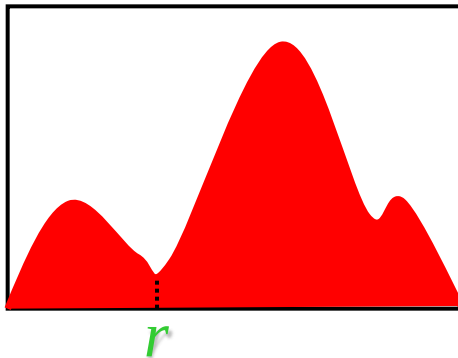
komplementálás



$255-r$



függvény



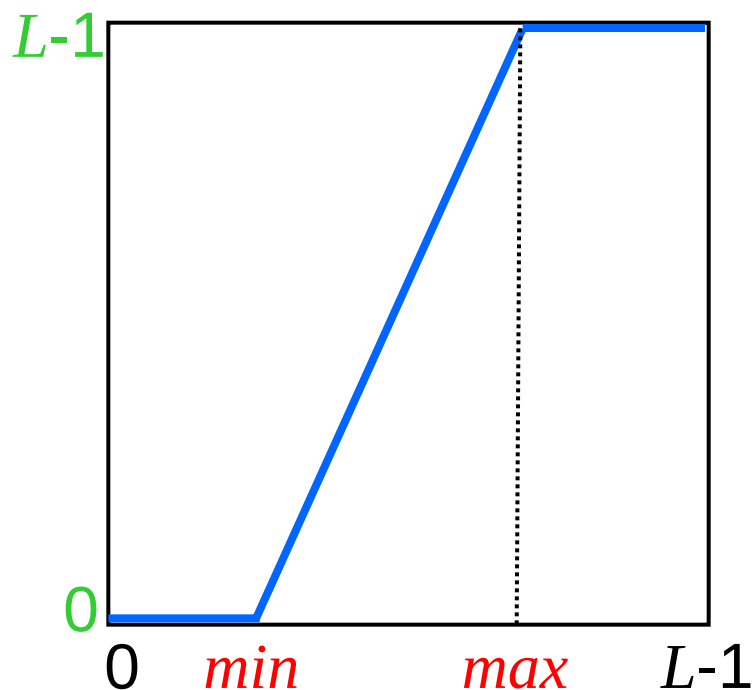
A hisztogram transzformációk

... olyan pont-operációk, amelyek függvényét az input kép hisztogramjából vagy az output kép hisztogramjára vonatkozó elvárások alapján határozzák meg.

Ilyen pl.:

- a hisztogram/kontraszt széthúzás,
- a hisztogram kiegyenlítés és a
- a hisztogram specifikáció.

Hisztogram széthúzás



A pont-operáció függvénye egy lineáris skála-transzformáció: a képen előforduló intenzitástartományt, a $[min, max]$ intervallumot skálázza a $[0, L-1]$ (a teljes) intervallumba.

A pont-operáció függvénye

$$s=T(r)=a \cdot r+b.$$

Tudjuk, hogy

$$0=a \cdot \min+b$$

és

$$L-1=a \cdot \max+b,$$

ennélfogva:

$$a=(L-1)/(\max-\min)$$

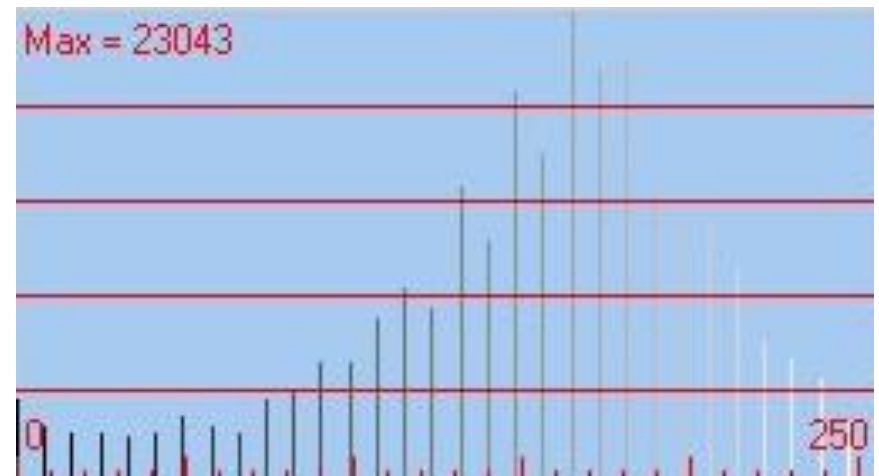
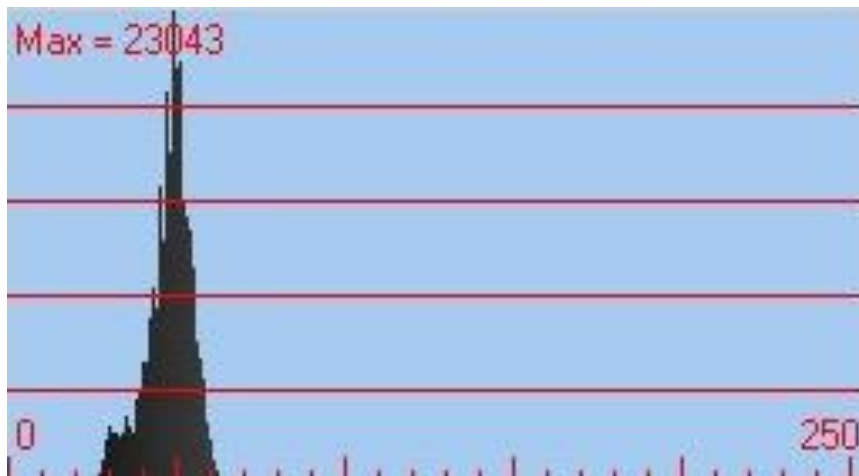
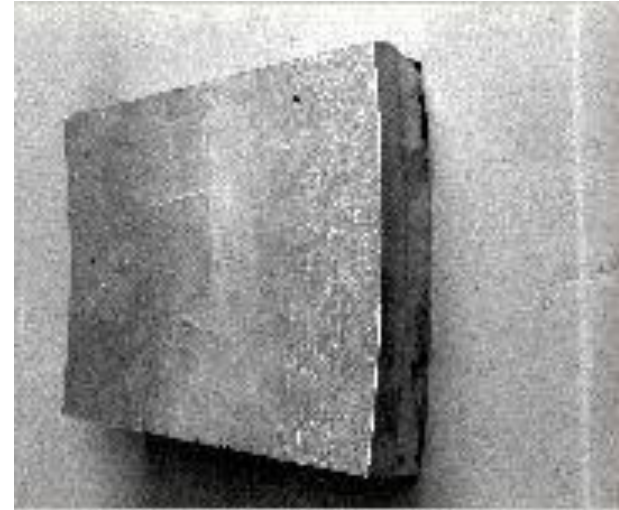
$$b=-\min \cdot a=-\min \cdot (L-1)/(\max-\min).$$

Tehát:

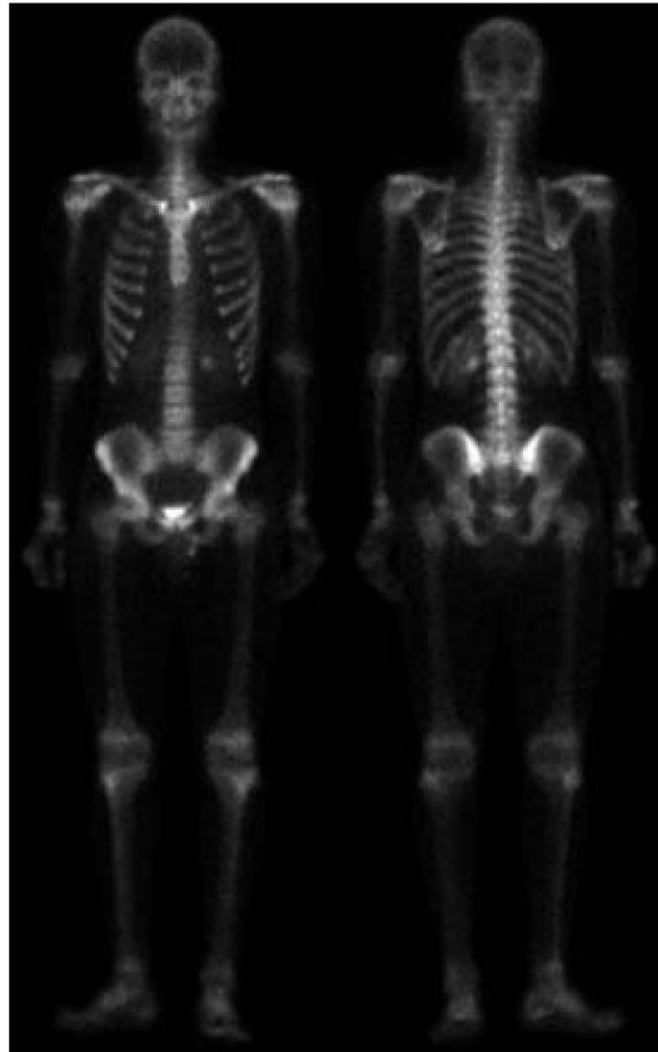
$$s=T(r)=(L-1)(r-\min)/(\max-\min).$$

Hisztogram széthúzás

Példa hisztogram széthúzásra



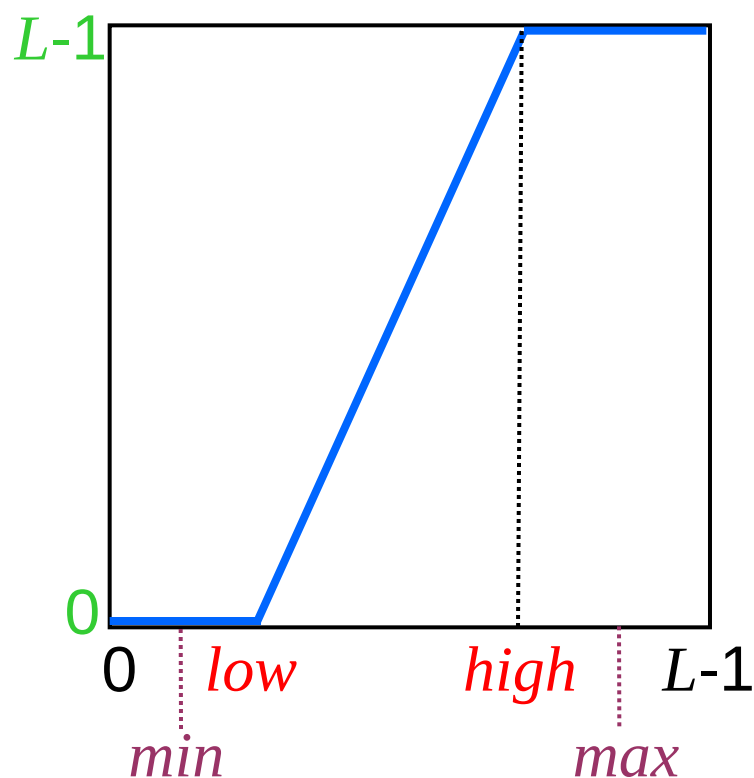
Példa hisztogram széthúzásra



Példa hisztogram széthúzásra

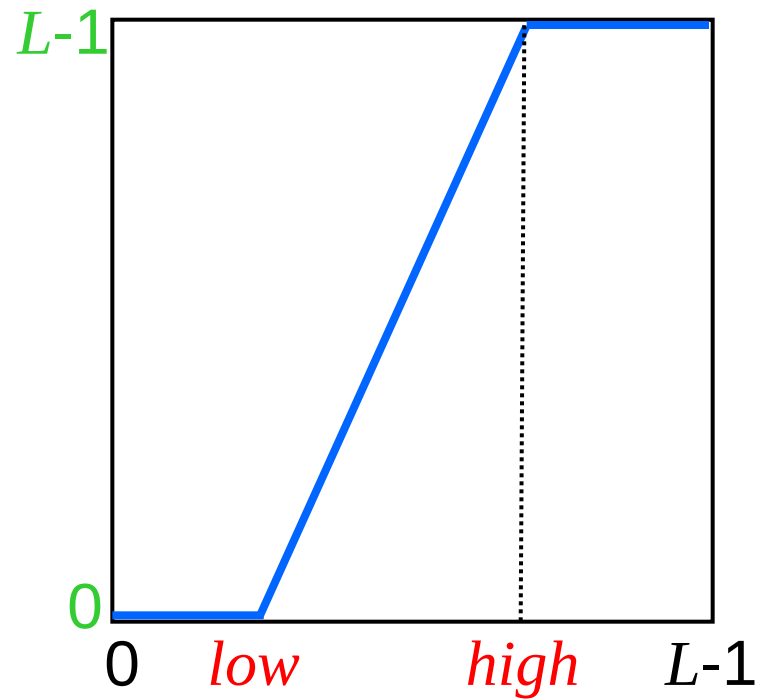


Kontraszt széthúzás



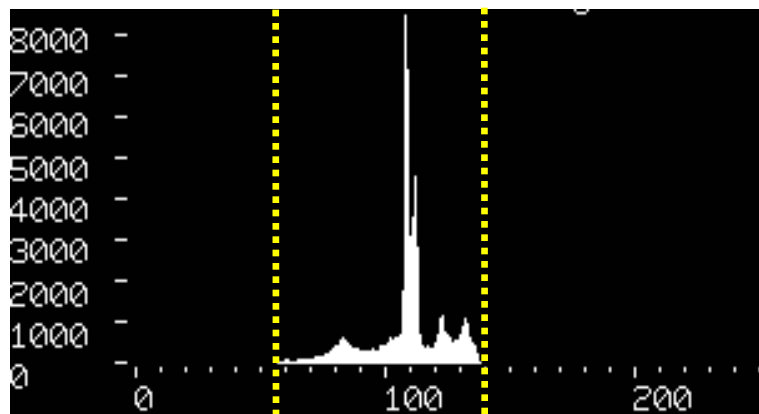
A hisztogram széthúzáshoz hasonló, de az intenzitások egy megadott $[low, high]$ intervallumát skálázza a $[0, L-1]$ -be.

(A megadott intervallum szűkebb lehet, mint az előforduló intenzitások $[min, max]$ sávja.)

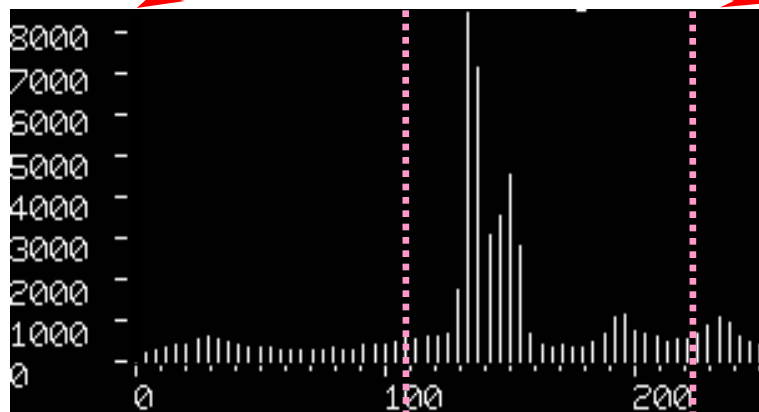


Kontraszt széthúzás

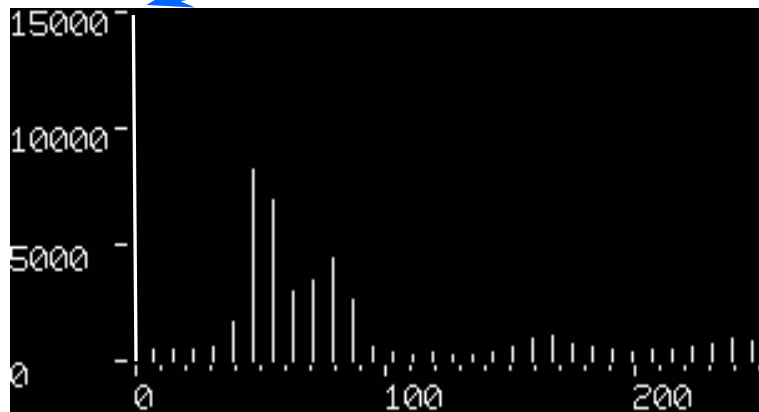
$$s = T(r) = \begin{cases} 0 & , \text{ha } r < low \\ \frac{(L-1)(r-low)}{high-low} & , \text{ha } low \leq r \leq high \\ L-1 & , \text{ha } r > high \end{cases}$$



hisztogram
széthúzás



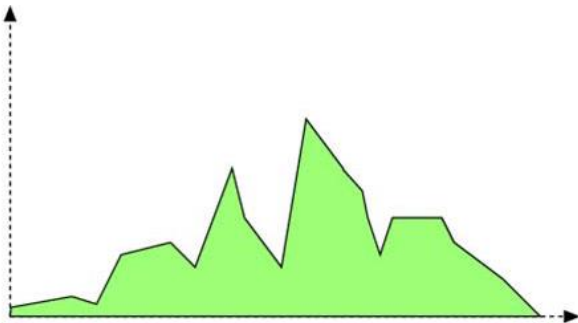
Példa



kontraszt
széthúzás

Hisztogram kiegyenlítés

„közel” konstans hisztogramú képet
eredményező pont-operáció

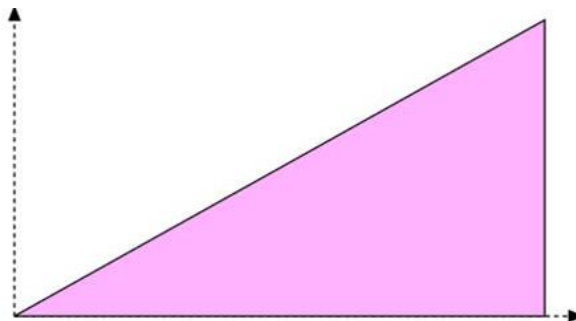
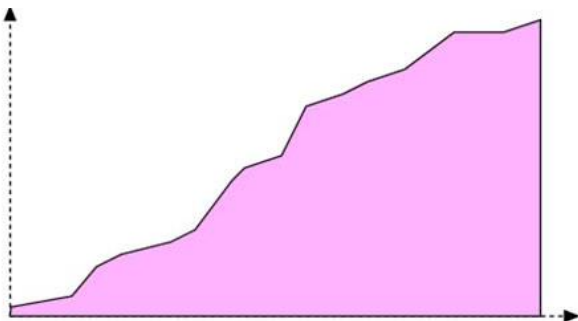


kiindulás



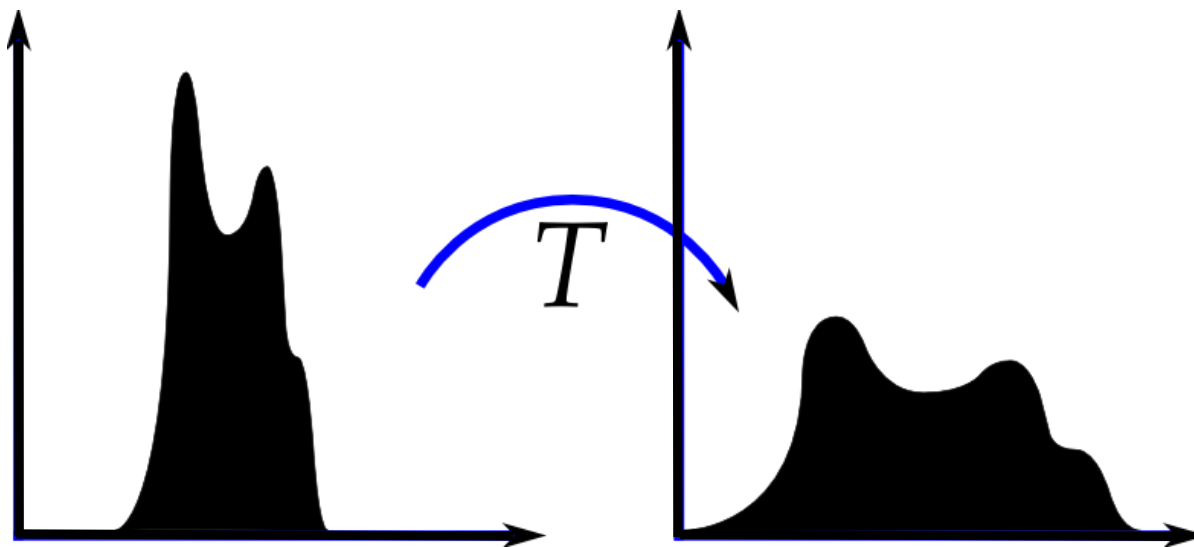
hisztogram

(reménytelenül) vágyott cél



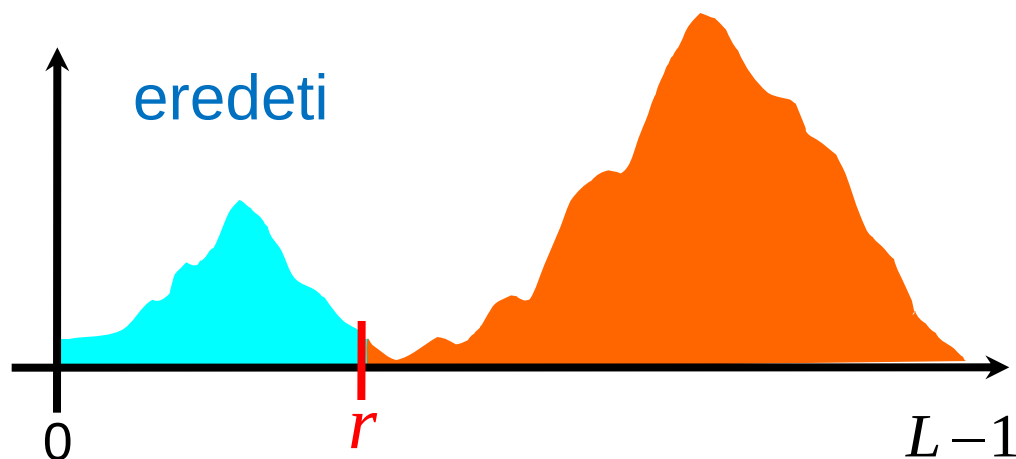
akkumulált
hisztogram

Hisztogram kiegyenlítés

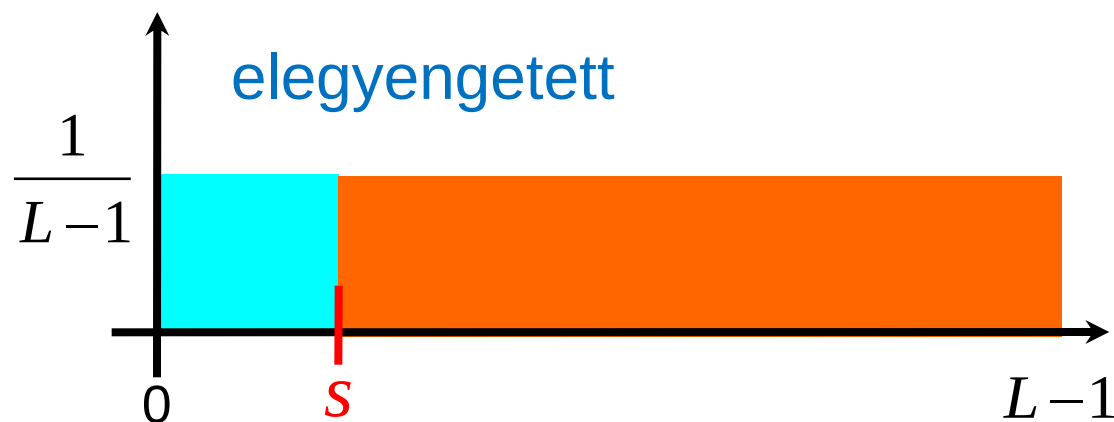


A gyakorlatban (a bemenő kép diszkrét mivolta miatt) konstans hisztogramú eredménykép nem érhető el.

Folytonos függvény elegyengetése



$$\int_0^{L-1} f(x) dx = 1$$



$$\int_0^r f(x) dx = \frac{s}{L-1}$$

$$s = (L-1) \cdot \int_0^r f(x) dx$$

egyenlő területek

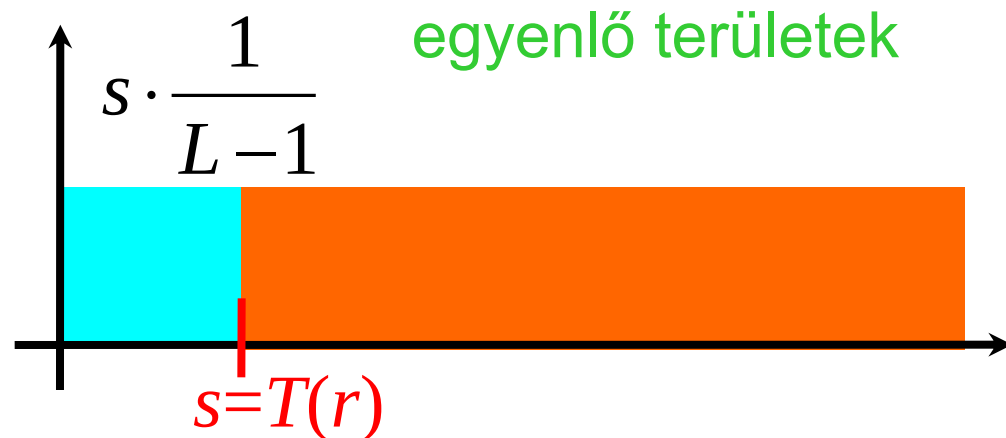
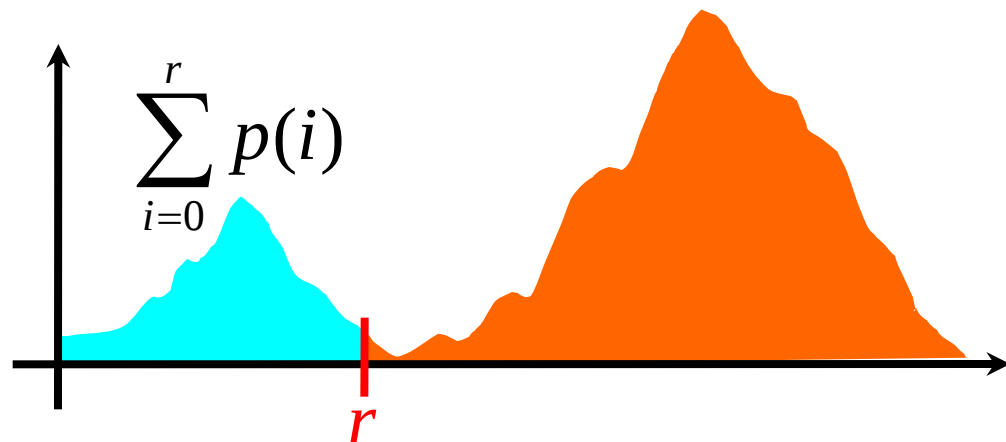
Hisztogram kiegyenlítés

$$\sum_{i=0}^r p(i) = s \cdot \frac{1}{L-1}$$



$$s = T(r) = (L-1) \cdot \underbrace{\sum_{i=0}^r p(i)}$$

$a(r)$: az akkumulált
hisztogram r -edik
komponense



A hisztogram kiegyenlítés tulajdonságai

- a pont-operáció függvénye monoton nő :

$$r_1 > r_2 \Rightarrow$$

$$T(r_1) = (L-1) \cdot \sum_{i=0}^{r_1} p_A(i) > (L-1) \cdot \sum_{i=0}^{r_2} p_A(i) = T(r_2)$$

- eléri a maximális intenzitás-értéket, mivel:

$$T(L-1) = (L-1) \cdot \sum_{i=0}^{L-1} p_A(i) = (L-1) \cdot 1 = L-1$$

Példa hisztogram kiegyenlítésre

4	1	3	2
3	1	1	1
0	1	5	2
1	1	2	2

eredeti kép

$n=16$

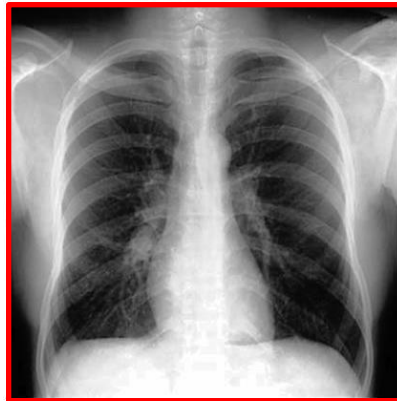
$L=6$



5	3	4	4
4	3	3	3
0	3	5	4
3	3	4	4

kiegyenlített kép

intensity	norm.hist.	acc.hist.	$(L-1)*acc.hist.$	rounded
0	1/16	1/16	0,3125	0
1	7/16	8/16	2,5	3
2	4/16	12/16	3,75	4
3	2/16	14/16	4,375	4
4	1/16	15/16	4,6875	5
5	1/16	16/16	5	5

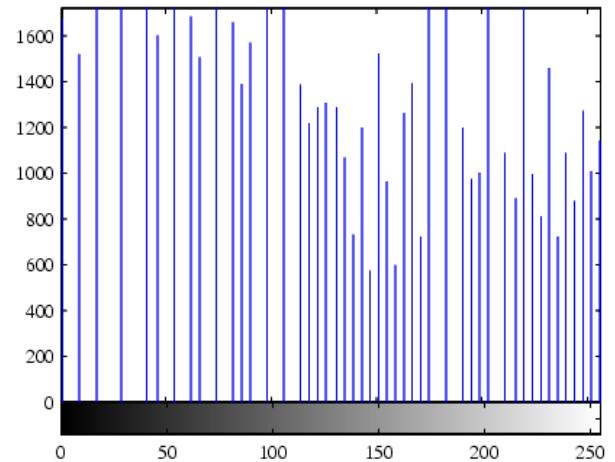
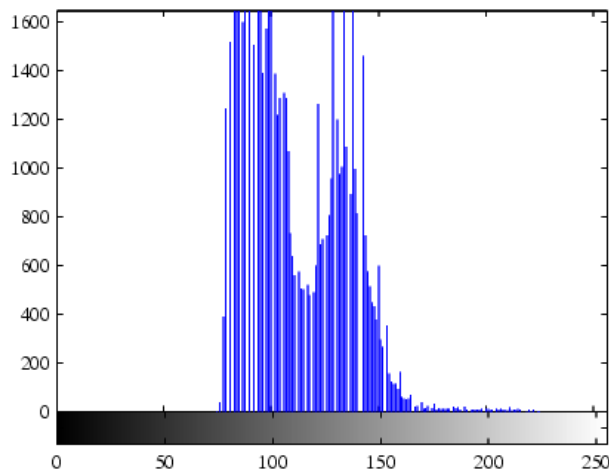
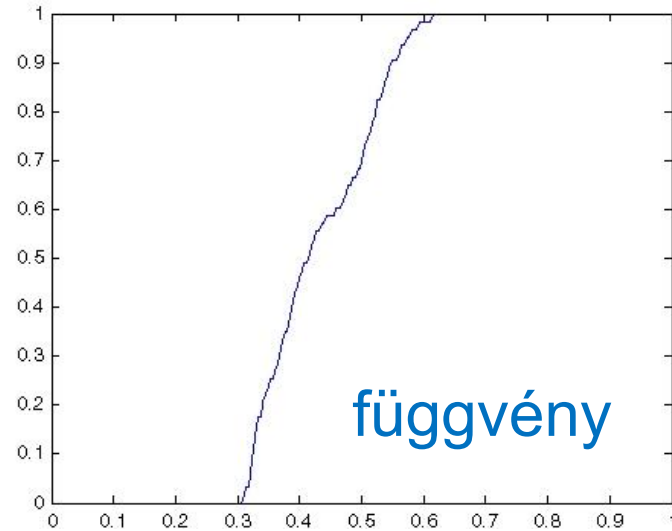


Példák hisztogram kiegyenlítésre

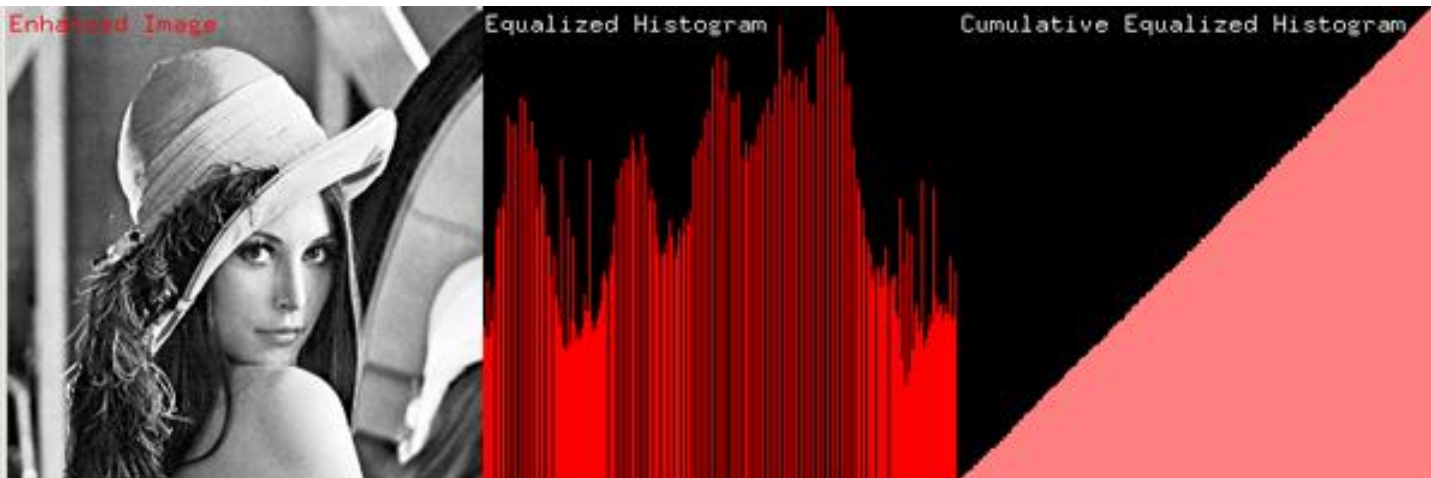
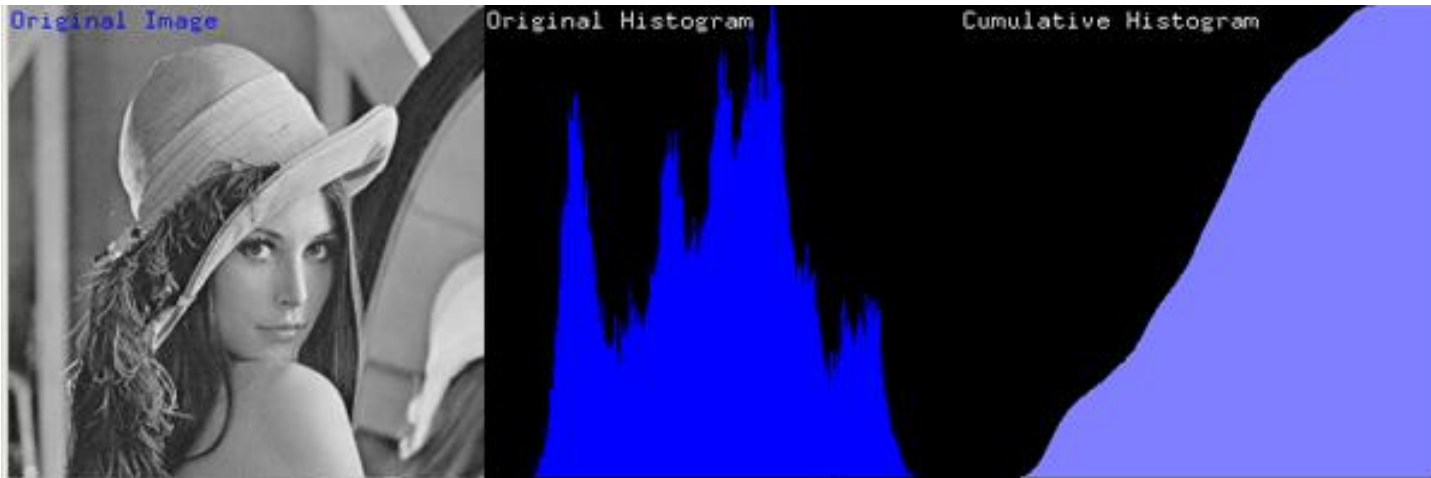
kiindulási

kiegyenlített

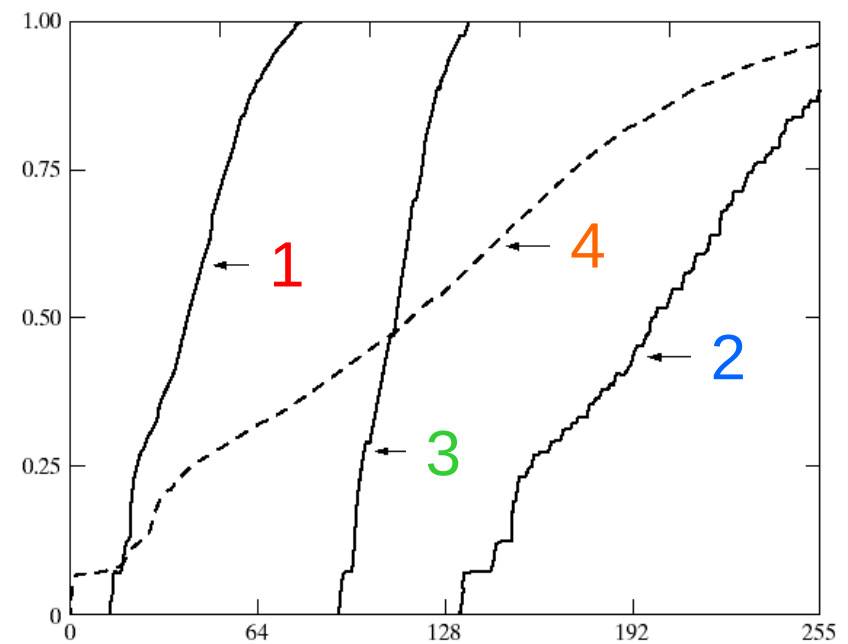
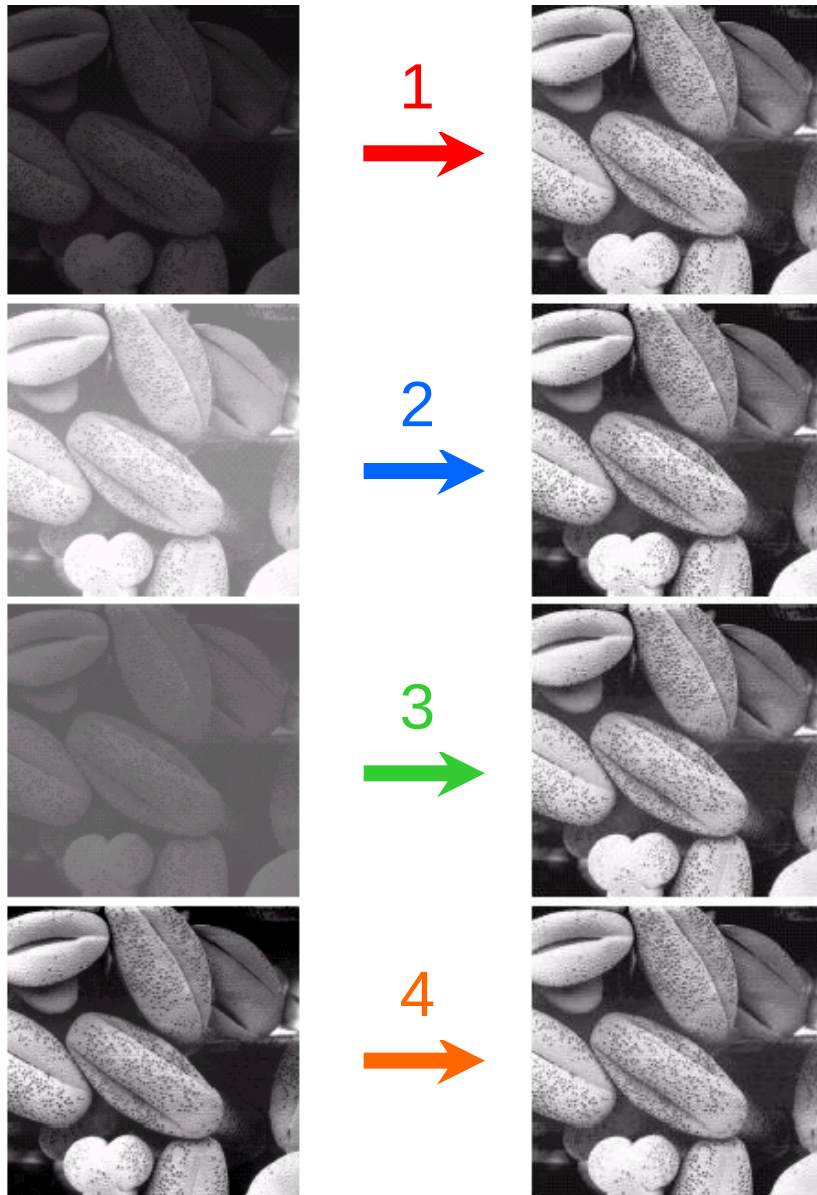
Példa hisztogram kiegyenlítésre



Példa hisztogram kiegyenlítésre



Példák hisztogram kiegyenlítésre

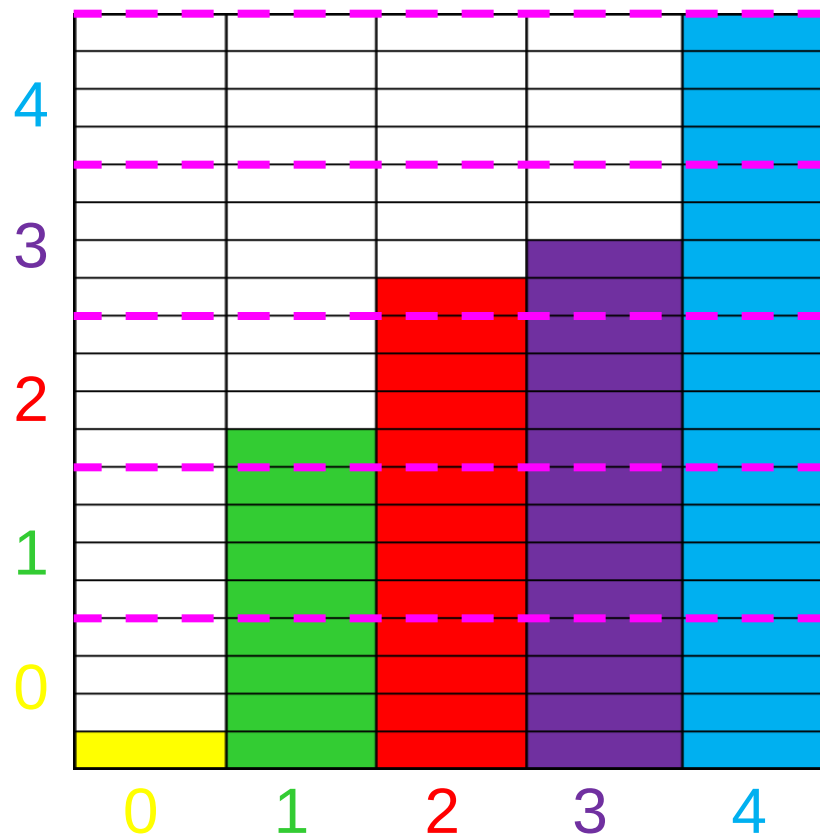


függvények

Példa hisztogram kiegyenlítésre



Példa hisztogram kiegyenlítésre



régi szín	új szín
0	0
1	2
2	3
3	3
4	4

akkumulált hisztogram mint átszínező függvény

Példa hisztogram kiegyenlítésre

1	1	4	4	4
0	1	3	2	4
1	2	1	4	4
1	1	1	2	2

input kép

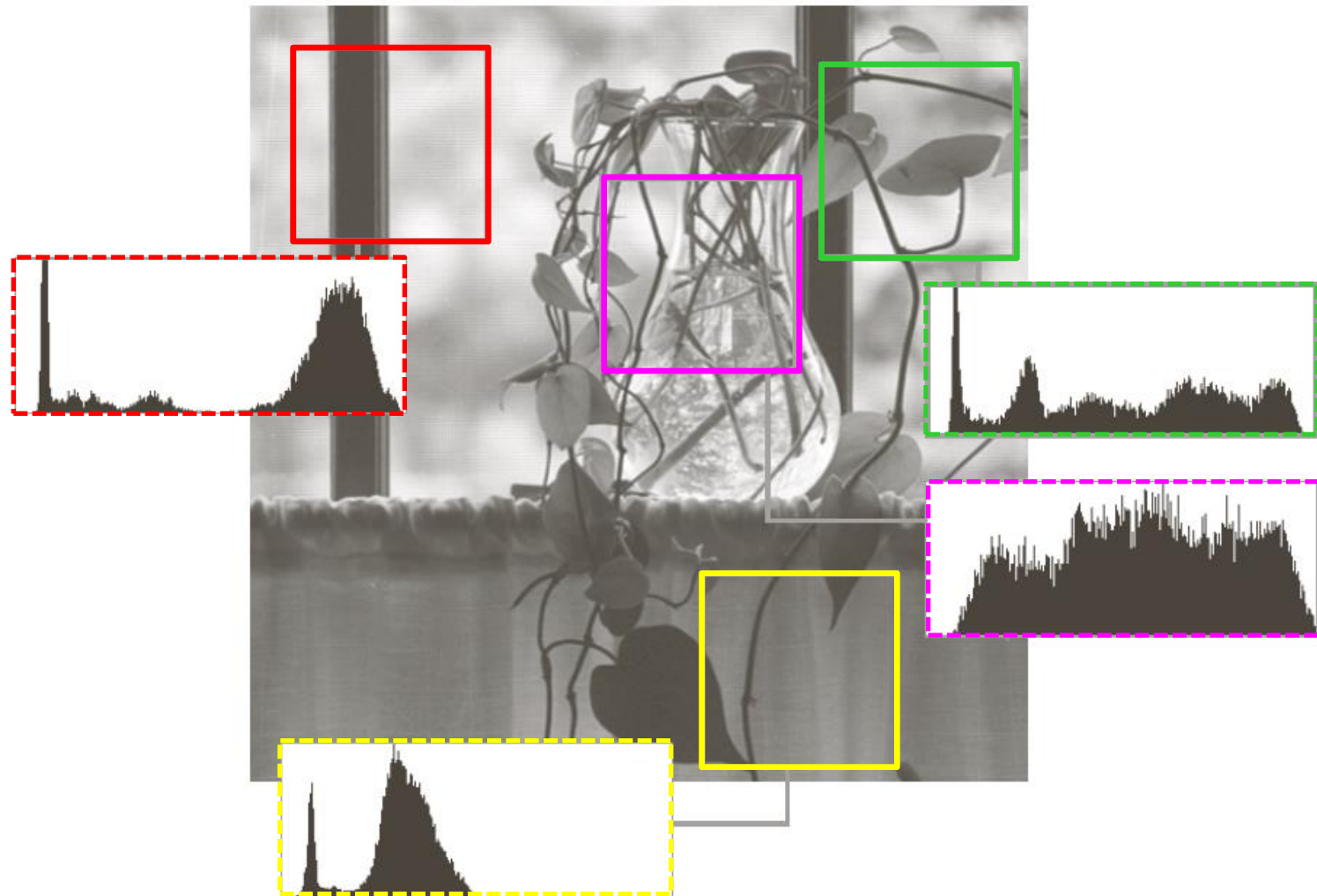
régi szín	új szín
0	0
1	2
2	3
3	3
4	4

függvény

2	2	4	4	4
0	2	3	3	4
2	3	2	4	4
2	2	2	3	3

output kép

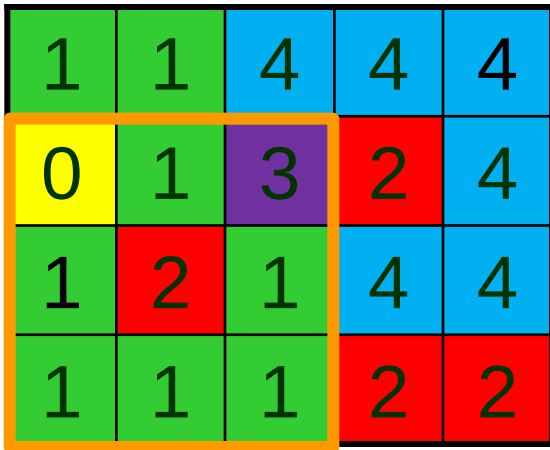
Lokális hisztogram



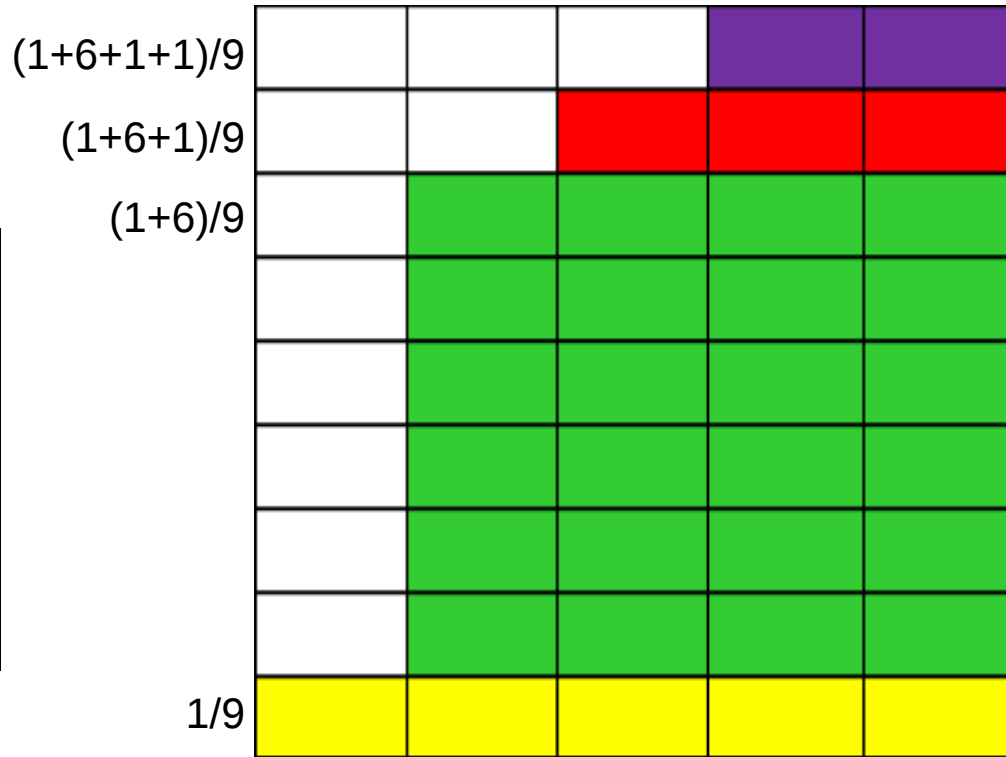
Lokális hisztogram kiegyenlítés

Míg a (globális) hisztogram kiegyenlítésnél az átszínező függvény a teljes kép akkumulált hisztogramja, úgy a *lokális hisztogramkiegyenlítés* esetén minden egyes pontnak vesszük a lokális környezetét (pl. a 7x7-eset az adott pont körül) és az egyes környezet (mint önálló kép) akkumulált hisztogramjával végrehajtott hisztogramkiegyenlítés adja meg a kérdéses pont új intenzitását.

Példa lokális hisztogram kiegyenlítésre

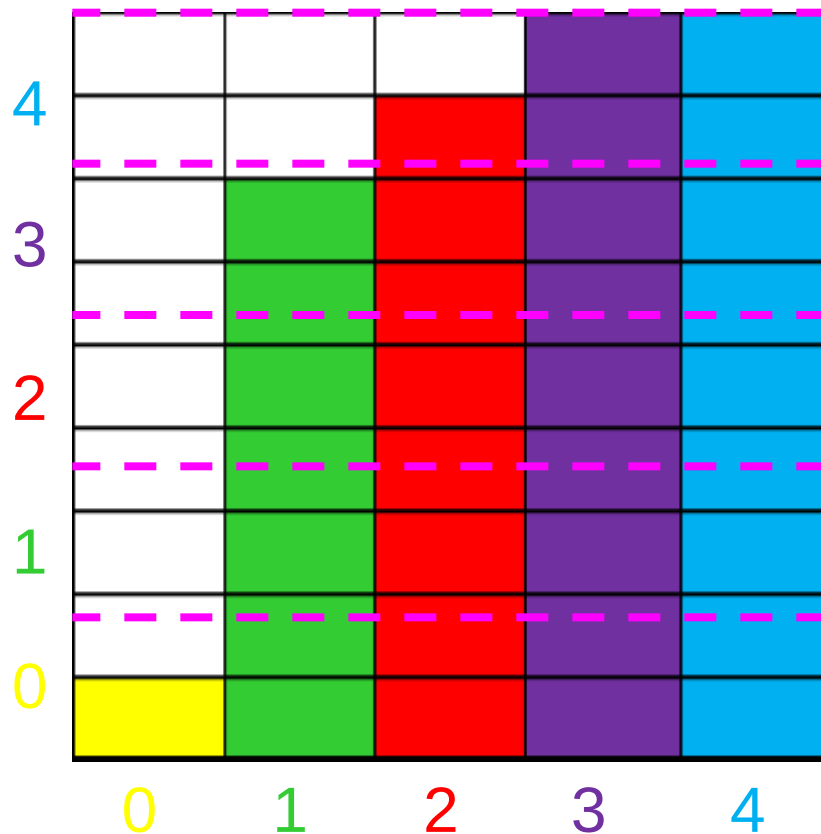
 $n=20$ $L=5$ 

3x3-as részkép az input képen



akkumulált hisztogram az
adott 3x3-as részképre

Példa lokális hisztogram kiegyenlítésre



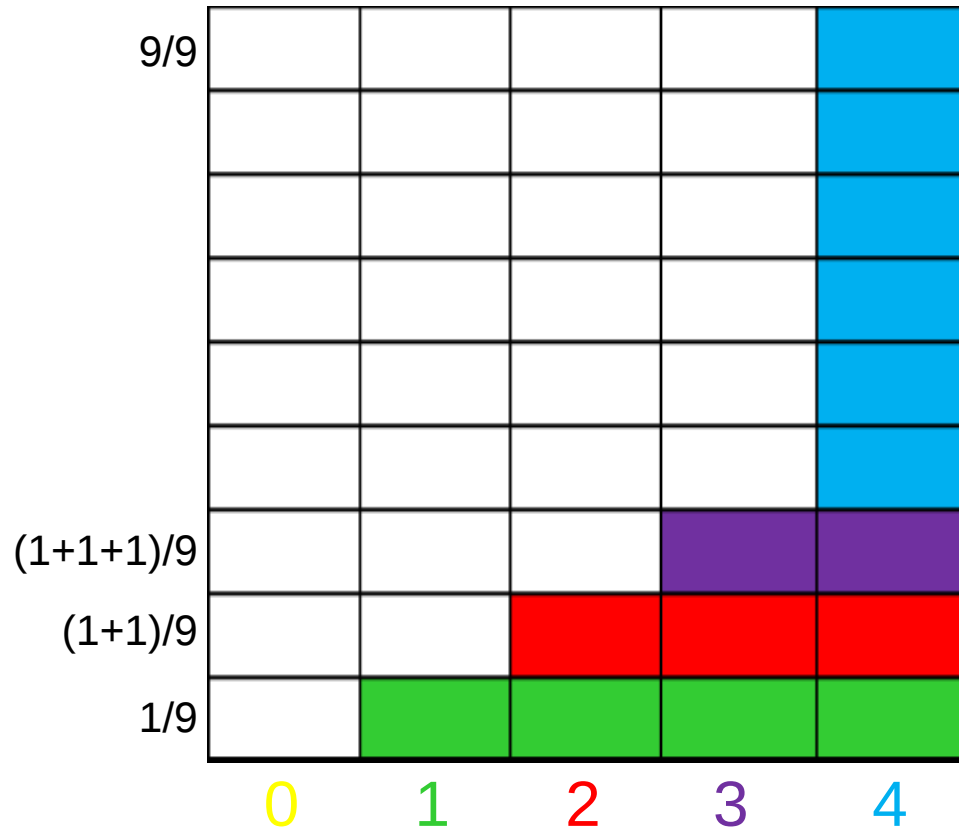
régi szín	új szín
0	0
1	3
2	4
3	4
4	4

az adott 3x3-as részkep akkumulált hisztogramja mint átszínező függvény

Példa lokális hisztogram kiegyenlítésre

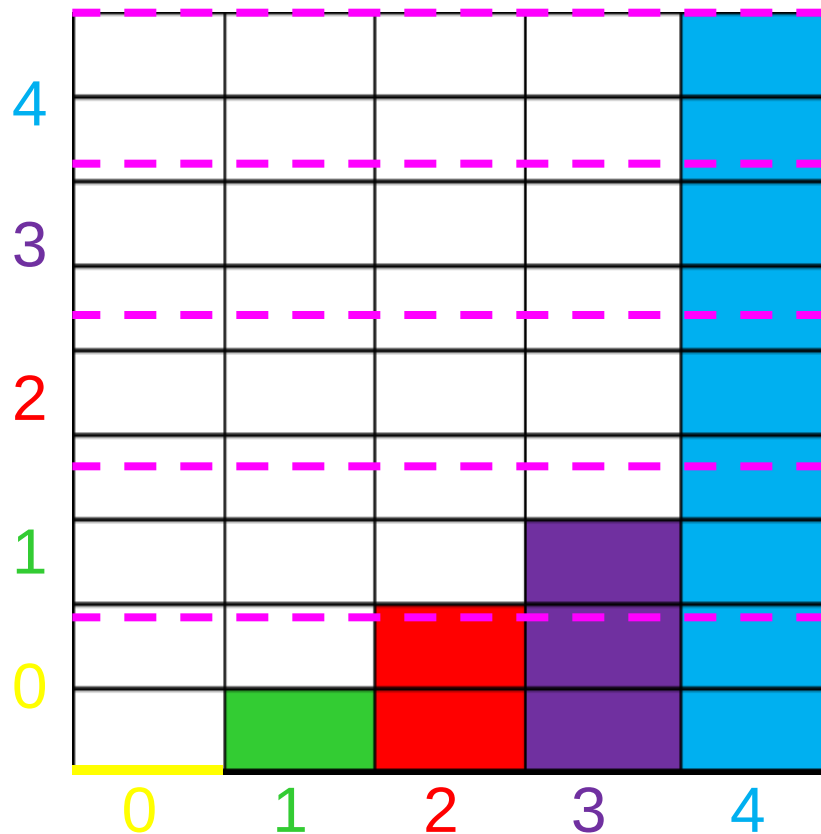
3x3-as részkép
az input képen

1	1	4	4	4
0	1	3	2	4
1	2	1	4	4
1	1	1	2	2



akkumulált hisztogram az
adott 3x3-as részképre

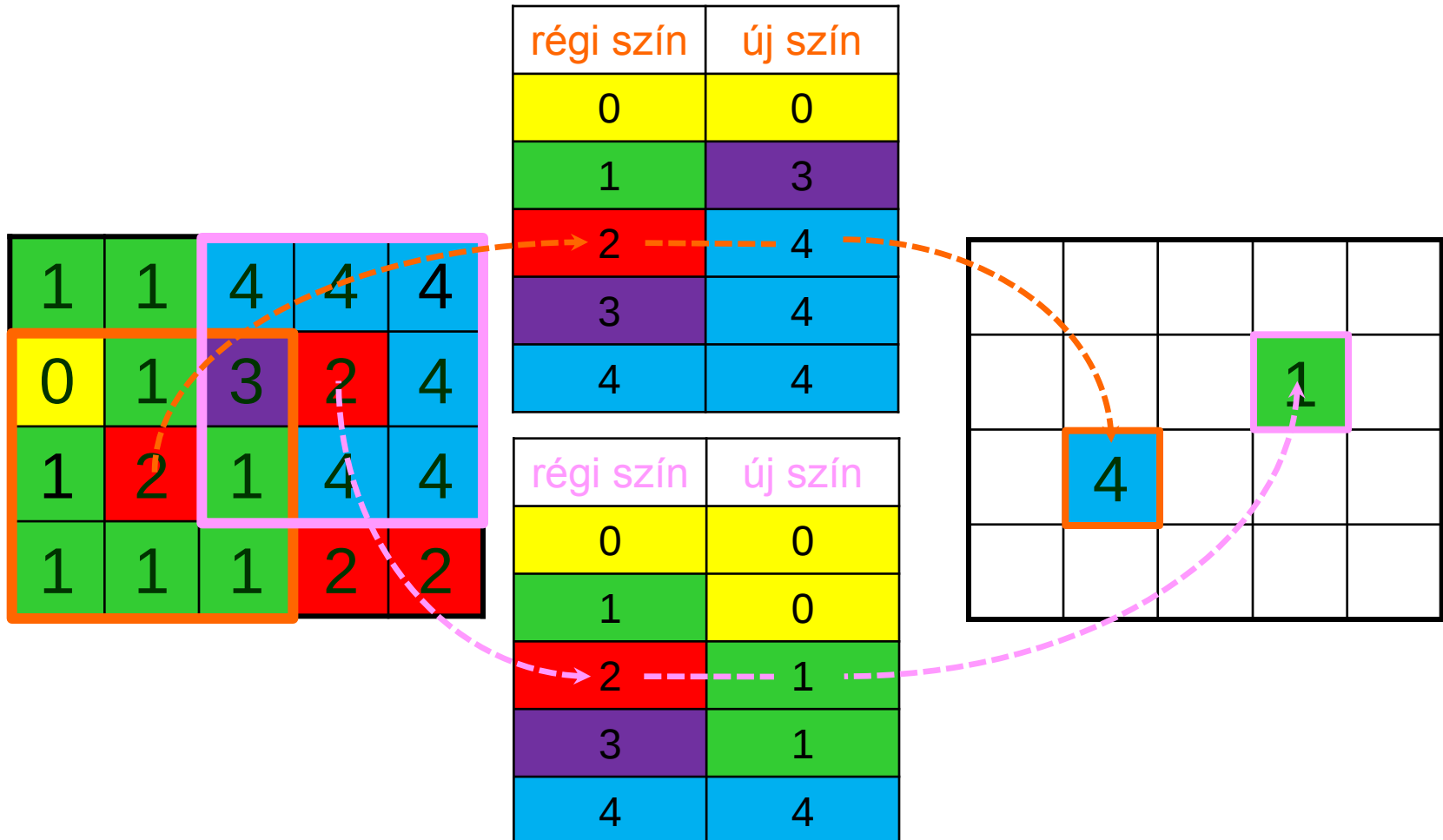
Példa lokális hisztogram kiegyenlítésre



régi szín	új szín
0	0
1	0
2	1
3	1
4	4

az adott 3x3-as részkep akkumulált hisztogramja mint átszínező függvény

Példa lokális hisztogram kiegyenlítésre



Példa globális és lokális hisztogram kiegyenlítésre

1	1	4	4	4
0	1	3	2	4
1	2	1	4	4
1	1	1	2	2

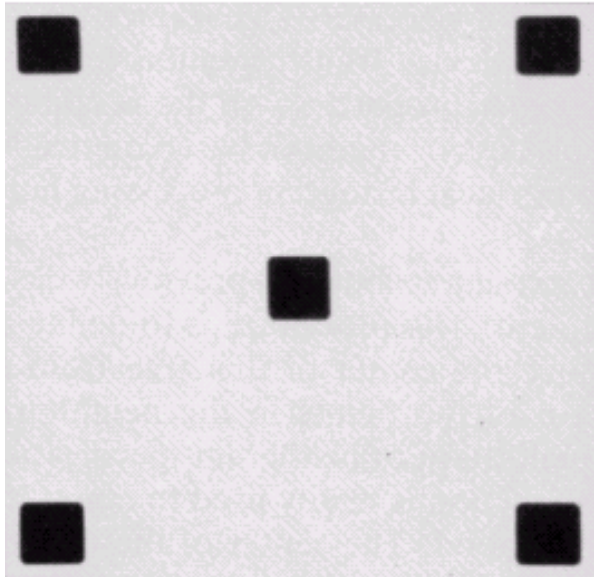
globális

2	2	4	4	4
0	2	3	3	4
2	3	2	4	4
2	2	2	3	3

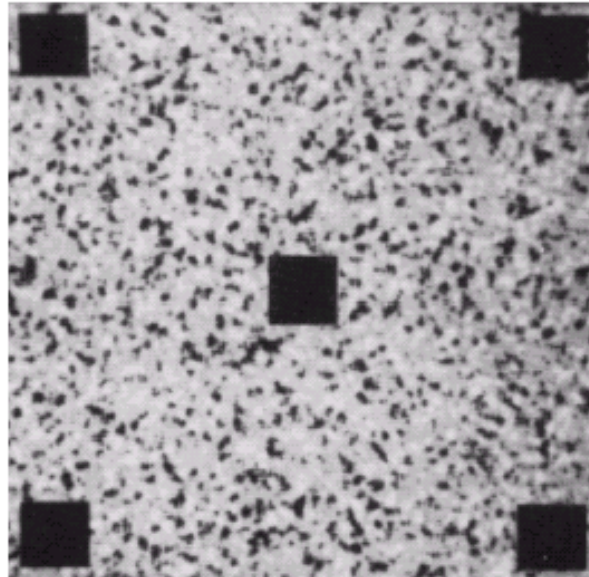
3x3-as
lokális

			1	
	4			

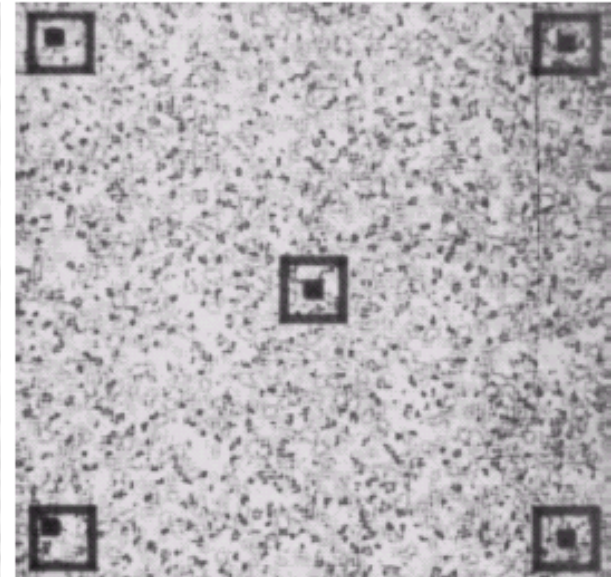
Lokális hisztogram kiegyenlítés



kiindulási
kép



globális HK
eredménye



lokális (7x7-es)
HK eredménye

Lokális hisztogram kiegyenlítés



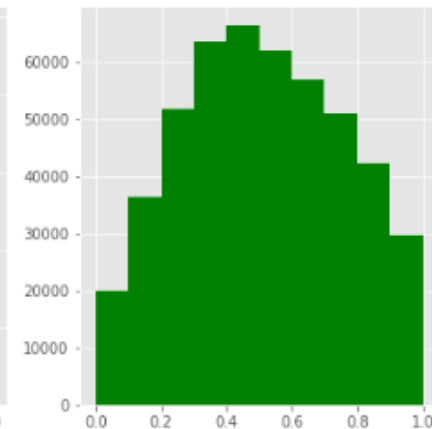
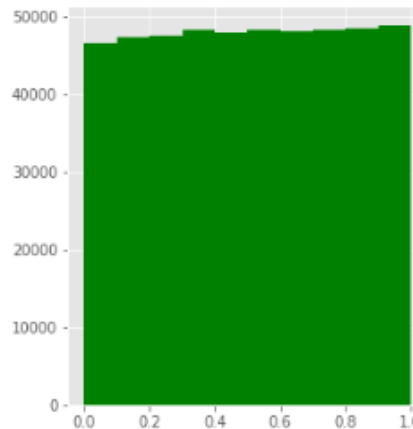
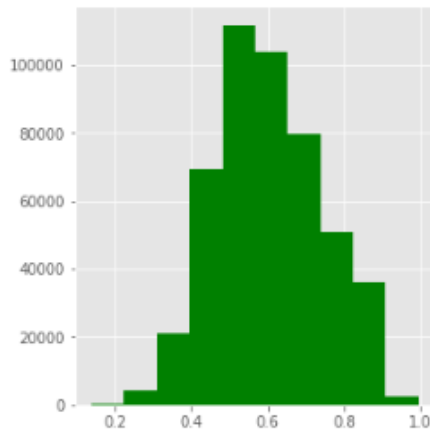
kiindulási
kép



globális HK
eredménye

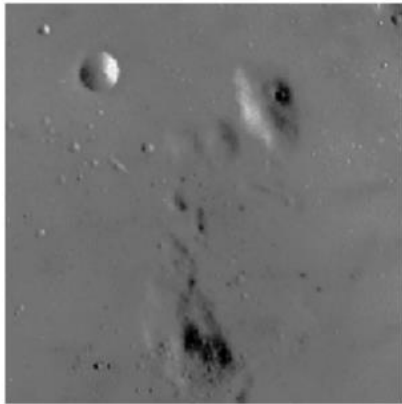


lokális HK
eredménye



Lokális hisztogram kiegyenlítés

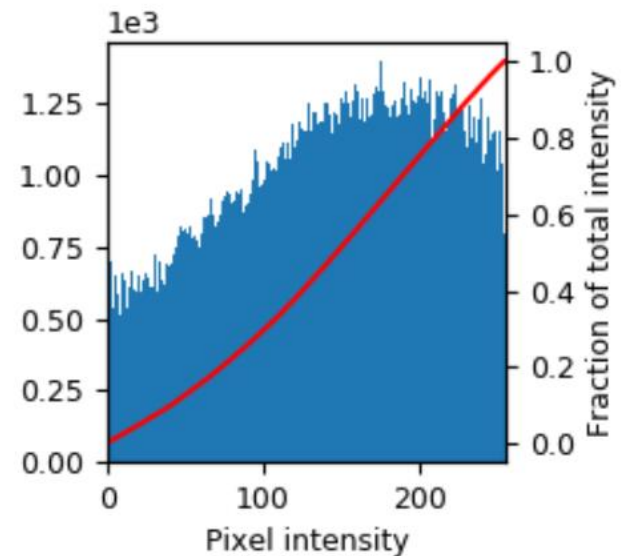
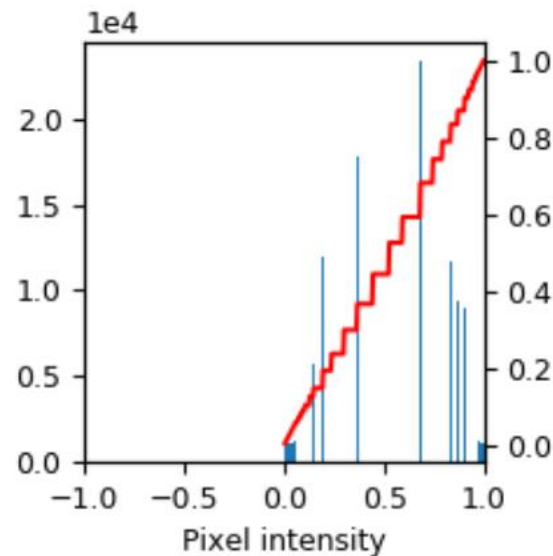
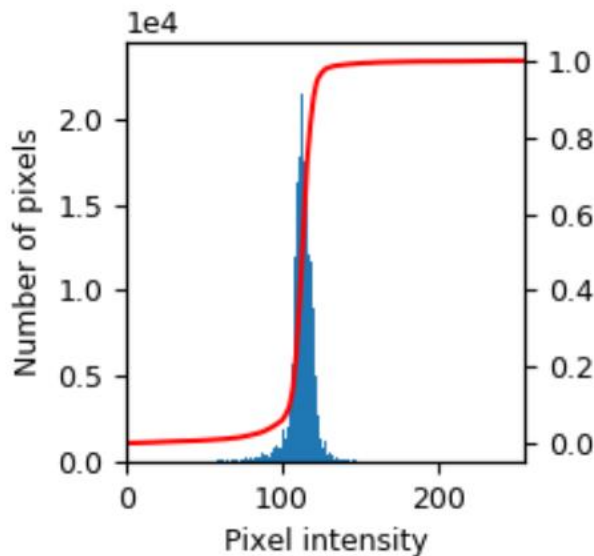
Low contrast image



Global equalise



Local equalize



HK színes (RGB) képeken



kiindulási kép



HK az R-csatorna alapján

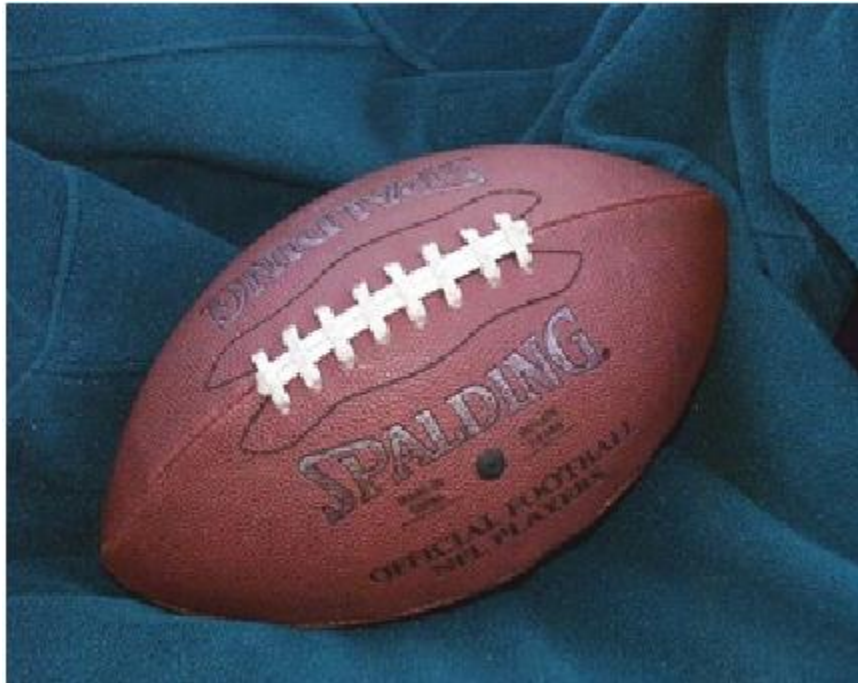


HK az G-csatorna alapján

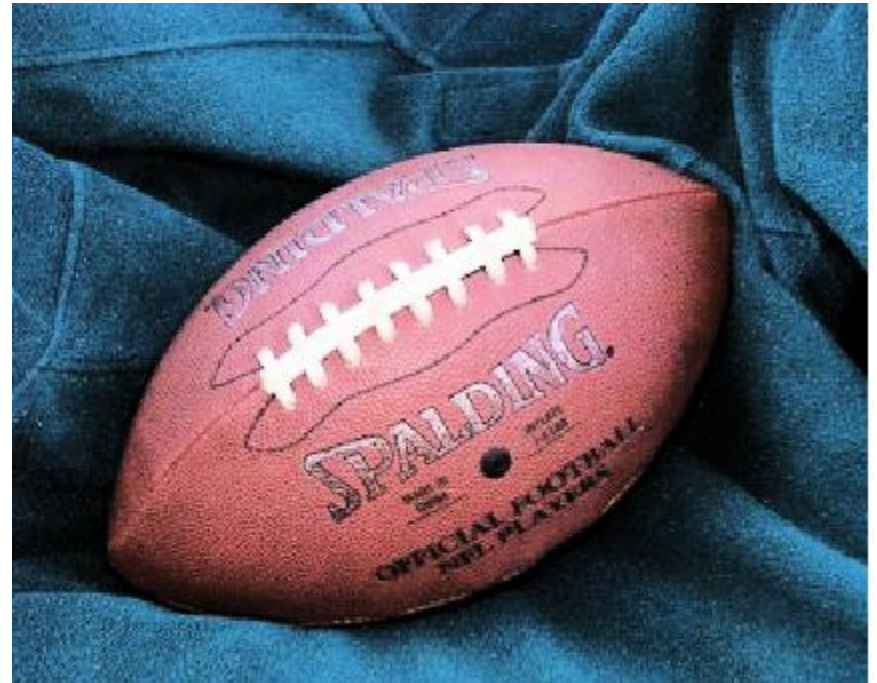


HK az B-csatorna alapján

HK színes (HSV) képeken



kiindulási kép

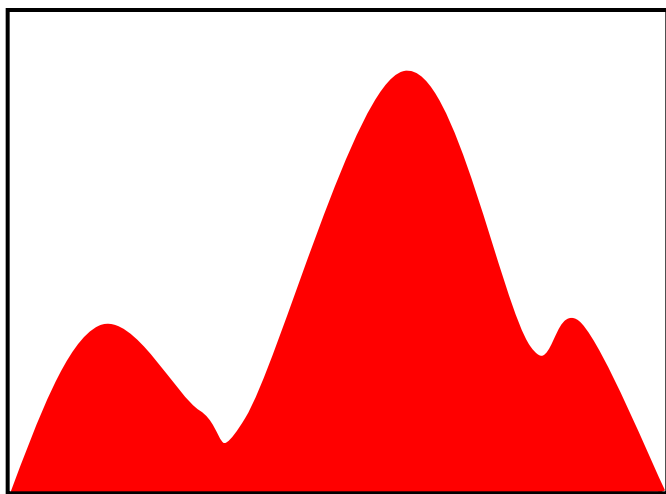


HK a V csatorna alapján

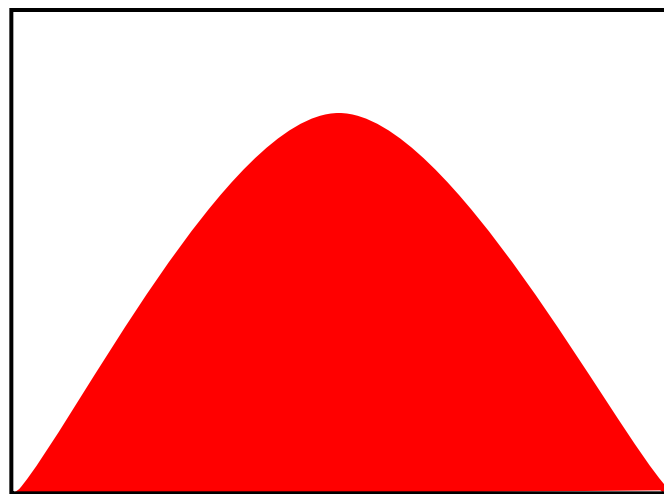
Hisztogram specifikáció / illesztés

(histogram specification / matching)

Pont-operáció, amely a kiindulási képből az előre megadott hisztogrammal bíró képet szeretné (megközelítőleg és reménytelenül) előállítani.

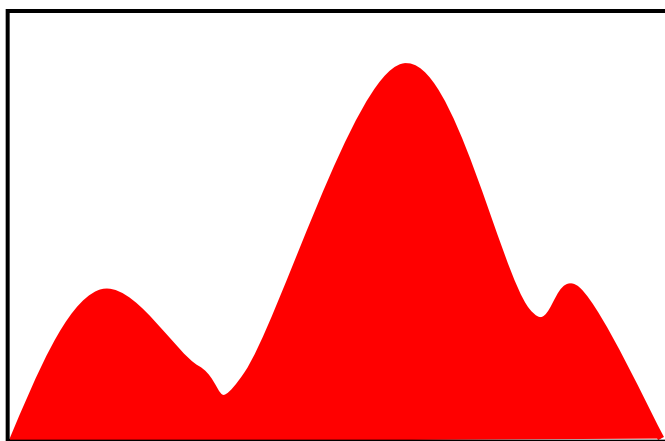


eredeti hisztogram

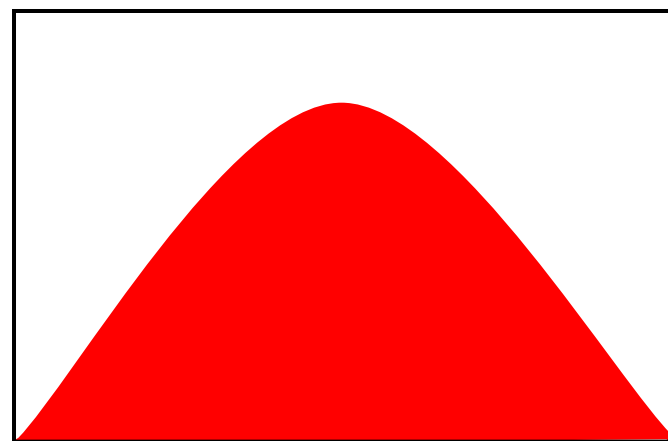


várt hisztogram

Hisztogram specifikáció



$$T = T_1 \cdot T_2^{-1}$$

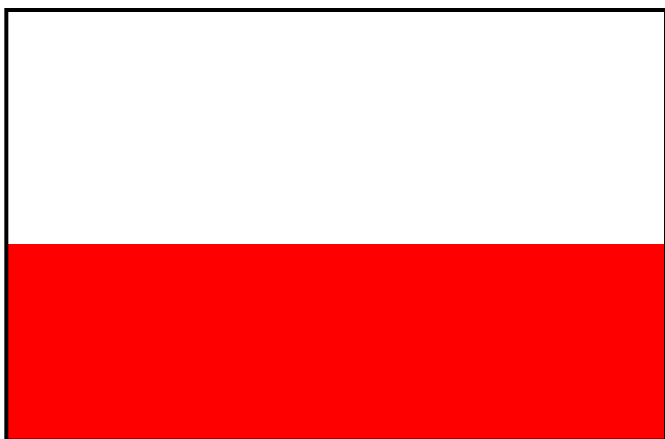


$T_1 \downarrow$

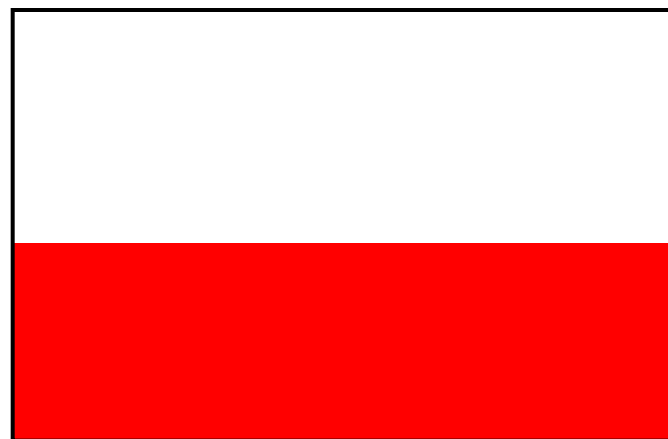
2 hisztogram kiegyenlítés

$T_2 \downarrow$

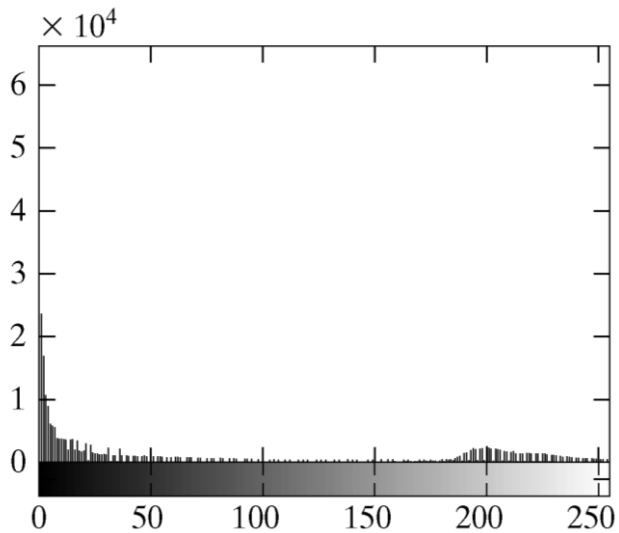
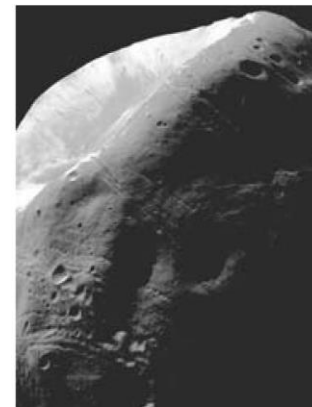
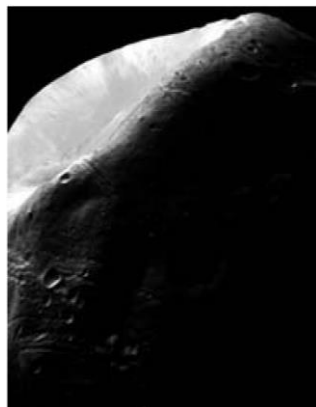
$\uparrow T_2^{-1}$



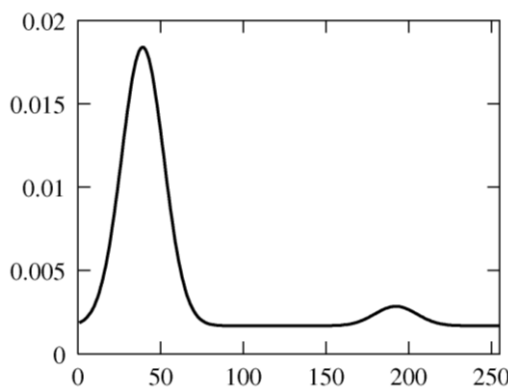
=



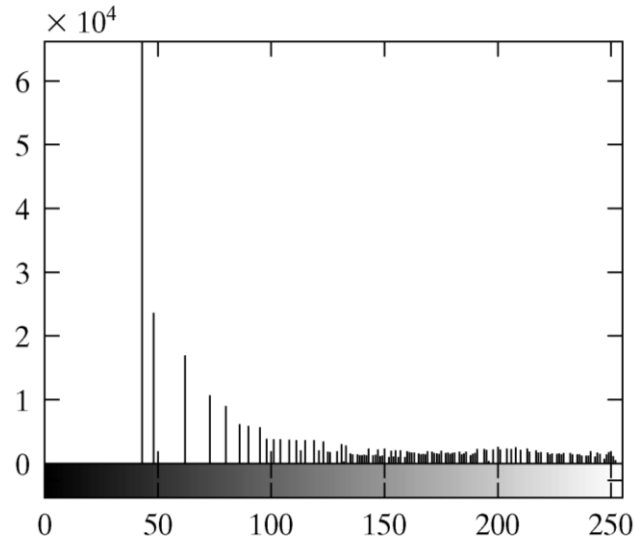
Példa hisztogram specifikációra



eredeti

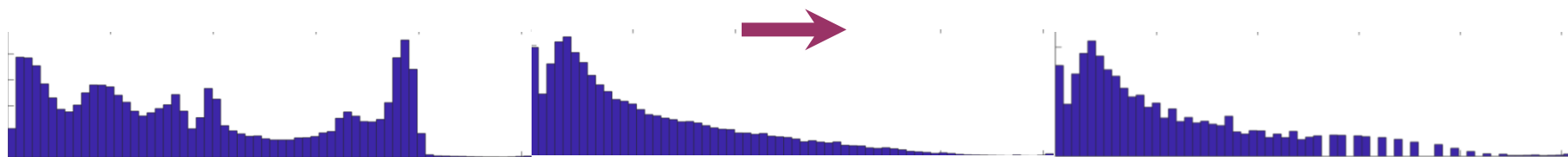
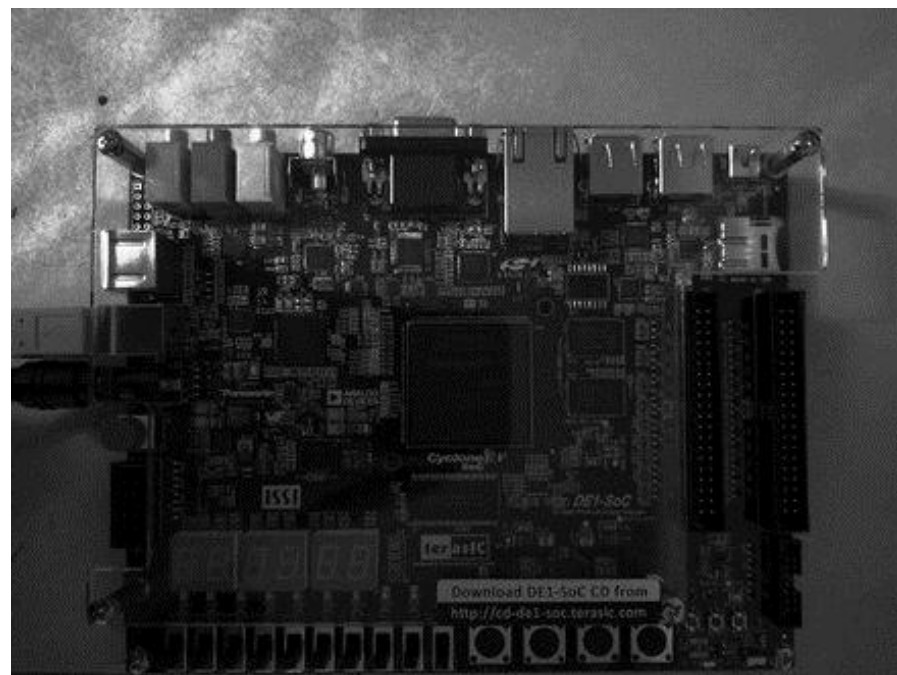
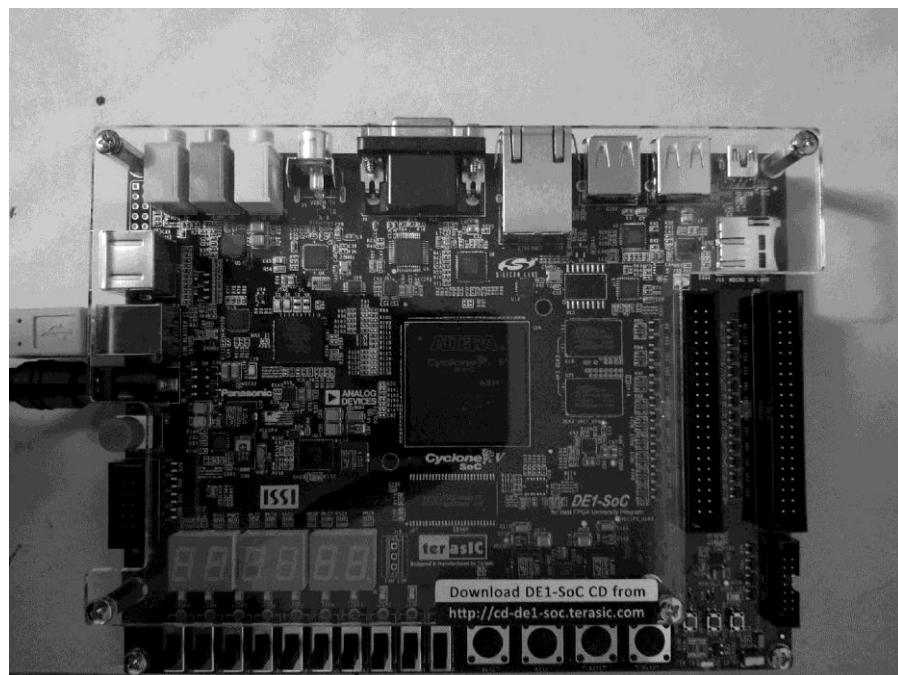


várt



kapott

Példa hisztogram specifikációra



eredeti

várt

kapott