



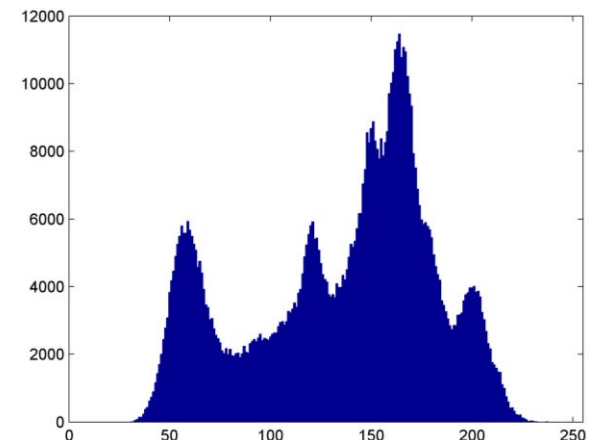
PRIPRAVA NA LABORATORIJSKE VAJE

Vaja 2: Histogram slike

Obdelava slik in videa
prof. dr. Tomaž Vrtovec

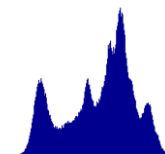


LABORATORIJ ZA SLIKOVNE TEHNOLOGIJE
LABORATORY OF IMAGING TECHNOLOGIES

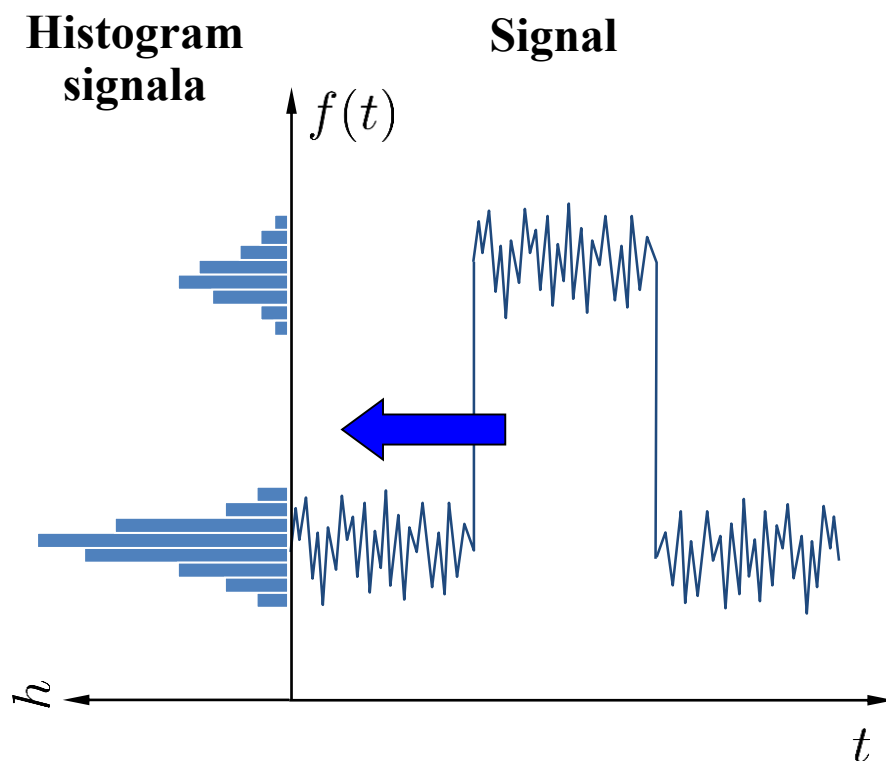


HISTOGRAM SLIKE

Kaj je histogram?



Histogram je najosnovnejše statistično orodje za grafično prikazovanje frekvenčne porazdelitve vrednosti (meritev, signalov, spektrov, slik in videov).

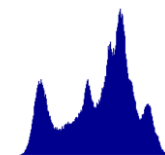


7Q orodja:

- diagram vzroka in učinka,
- kontrolna tabela,
- kontrolni diagram,
- *histogram*,
- Paretov diagram,
- diagram razpršenosti,
- stratificirano vzorčenje.

HISTOGRAM SLIKE

Kaj je histogram slike?



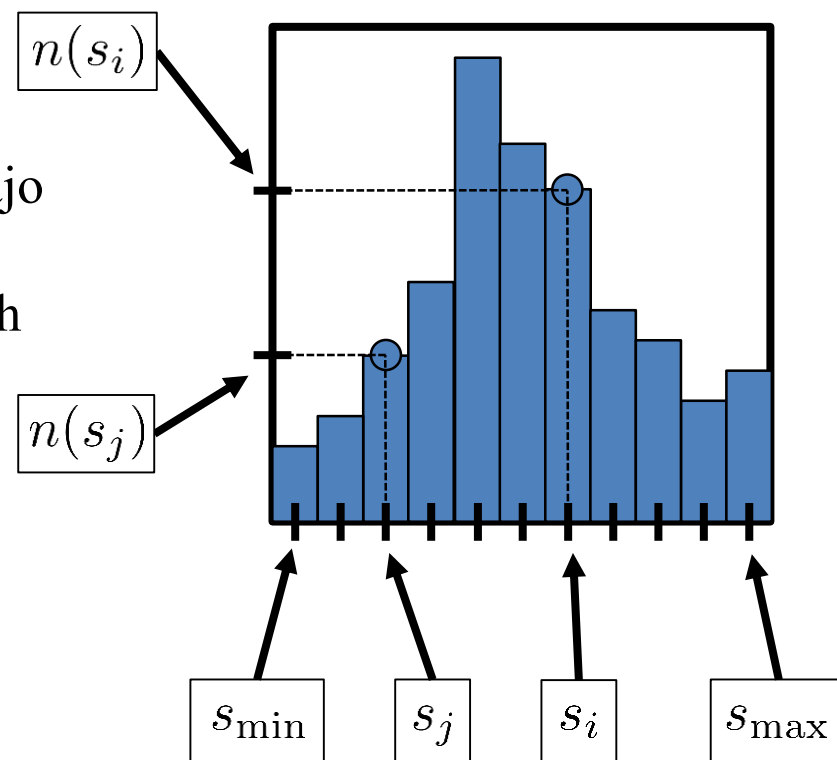
Histogram slike je grafično orodje za prikazovanje frekvenčne porazdelitve sivinskih vrednosti slikovnih elementov slike:

- vrednosti na **abscisni osi** predstavljajo sivinske vrednosti slike (oziroma celotno dinamično območje sivinskih vrednosti):

$$s = s_{\min}, \dots, s_i, \dots, s_{\max}$$

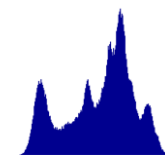
- vrednosti na **ordinatni osi** predstavljajo število slikovnih elementov slike z izbrano sivinsko vrednostjo:

$$h(s_i) = n(s_i) = n(s = s_i)$$



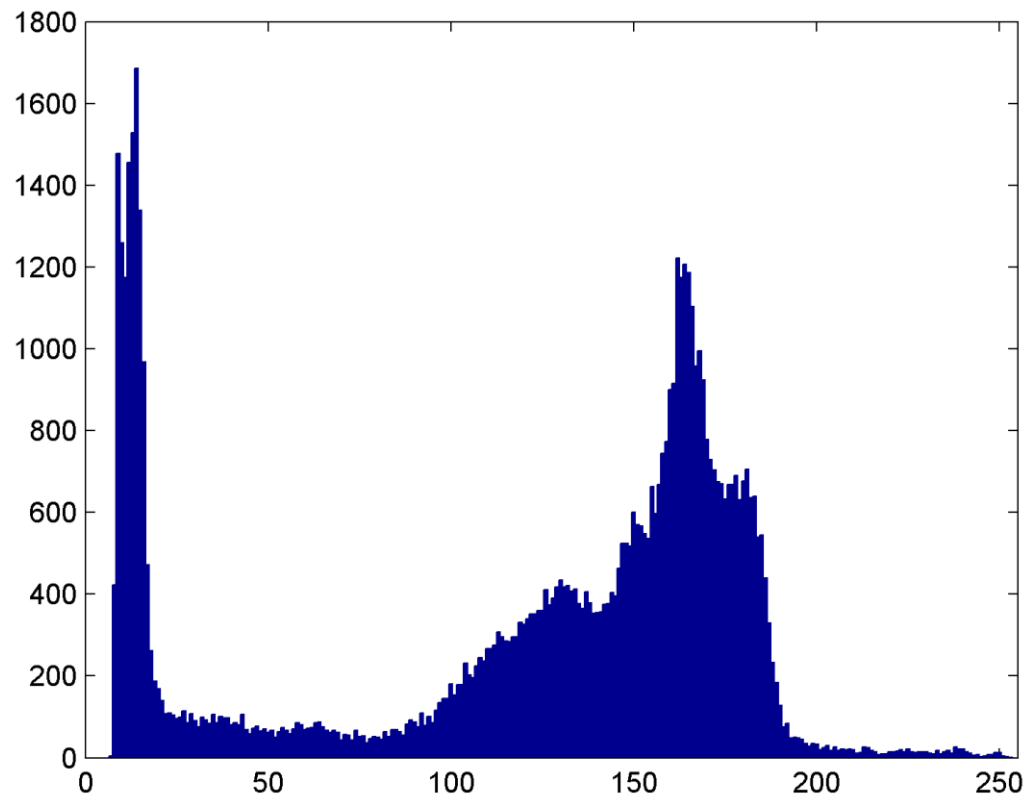
HISTOGRAM SLIKE

Histogram sivinske slike



Slika

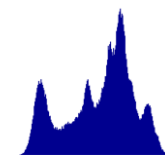
($256 \times 256 = 65536$ slikovnih elementov)



Histogram slike

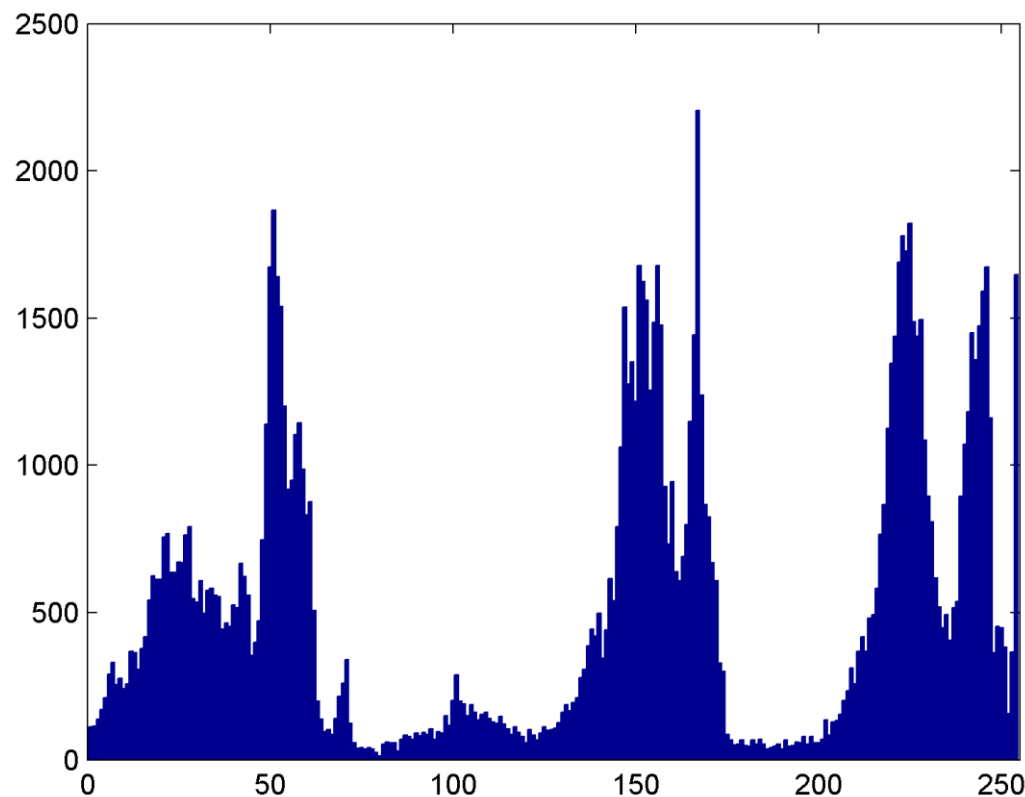
HISTOGRAM SLIKE

Histogram sivinske slike



Slika

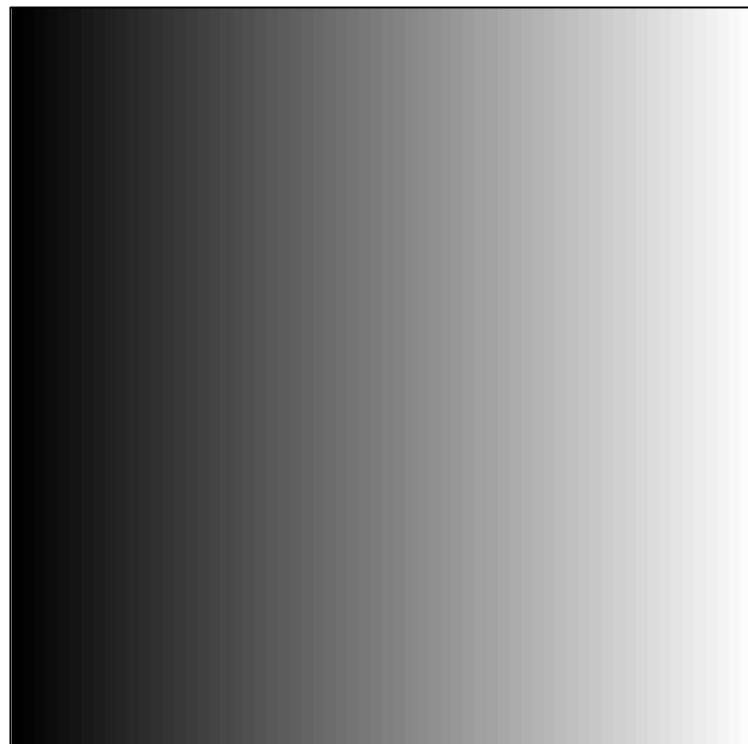
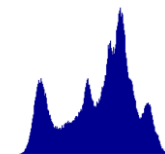
($256 \times 256 = 65536$ slikovnih elementov)



Histogram slike

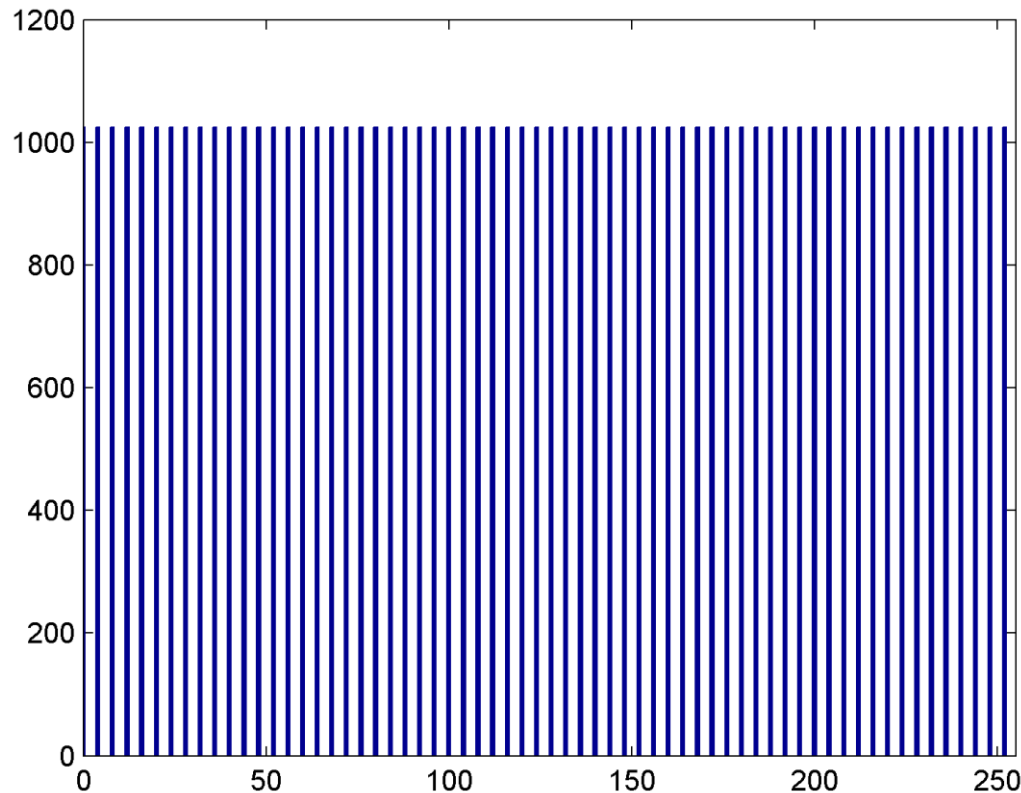
HISTOGRAM SLIKE

Histogram sivinske slike



Slika

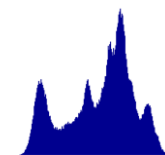
($256 \times 256 = 65536$ slikovnih elementov)



Histogram slike

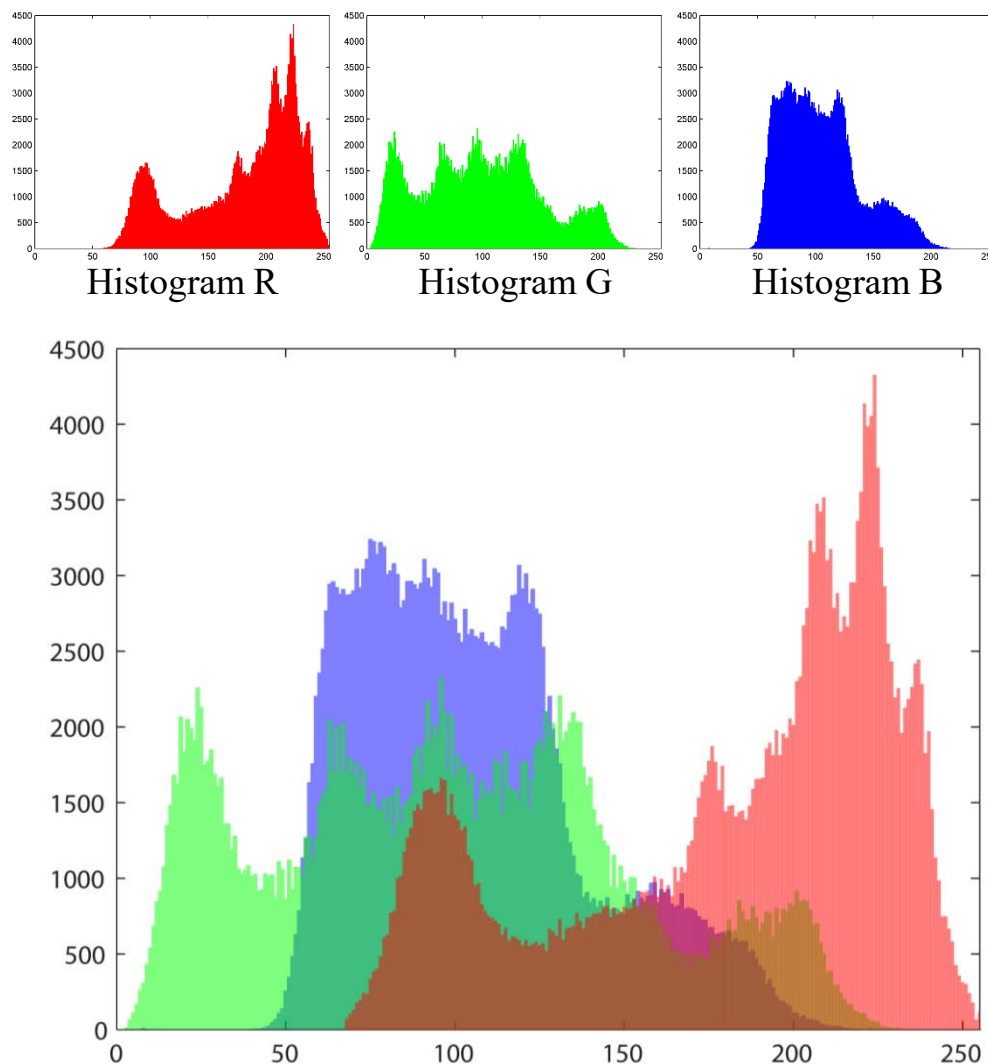
HISTOGRAM SLIKE

Histogram barvne slike



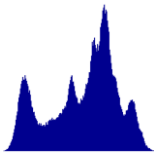
Slika

($512 \times 512 = 65536$ RGB slikovnih elementov)



HISTOGRAM SLIKE

Prednosti in slabosti histograma



Preglednost statističnih lastnosti zaradi projekcije vrednosti:

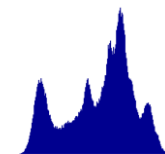
- opazovanje oblike frekvenčne porazdelitve,
- opazovanje srednje vrednosti in razpršenosti (odklona),
- opazovanje območja oz. intervala vrednosti.

Izguba informacije zaradi združevanja diskretnih vrednosti v frekvenčne porazdelitve:

- časovna informacija signalov,
- prostorska informacija slik,
- časovna in prostorska informacija videov.

HISTOGRAM SLIKE

Vpliv svetlosti slike na histogram



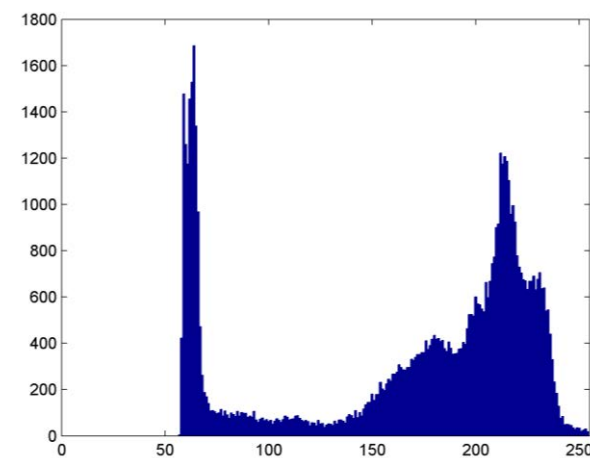
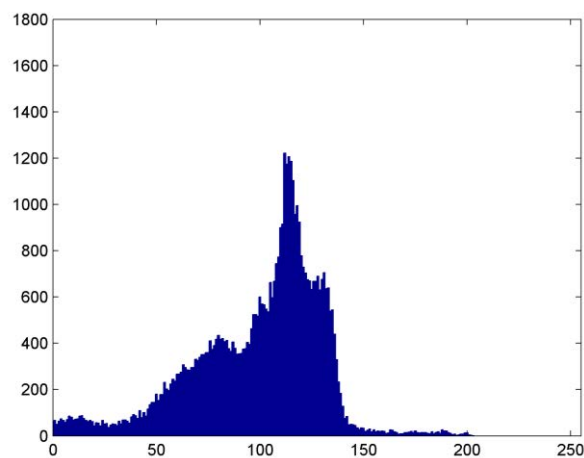
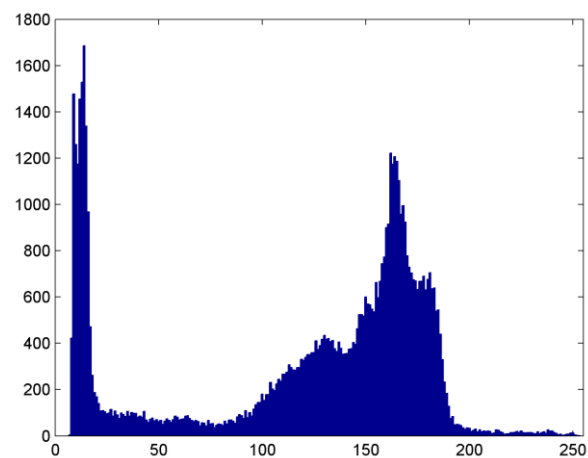
Originalna slika



Svetlost ↓

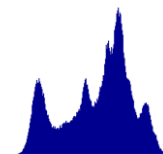


Svetlost ↑



HISTOGRAM SLIKE

Vpliv kontrasta slike na histogram



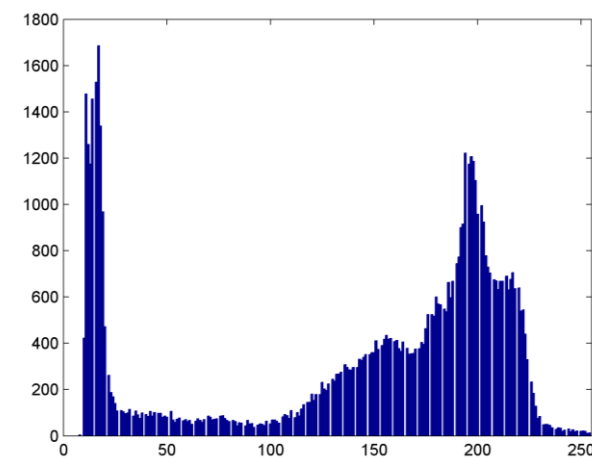
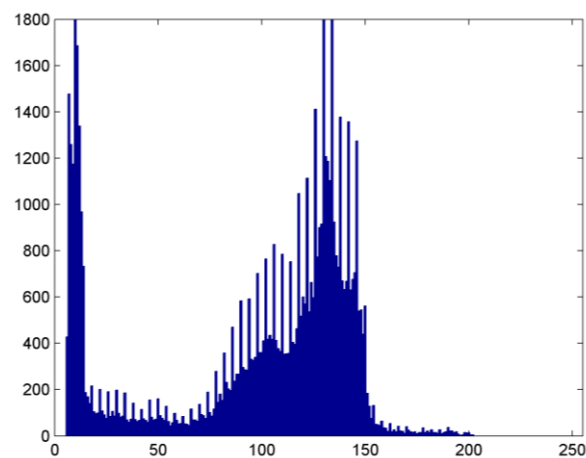
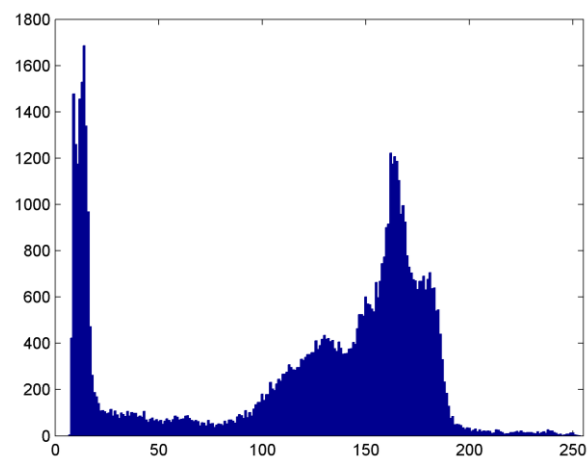
Originalna slika



Kontrast ↓

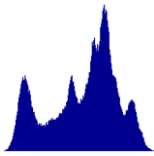


Kontrast ↑



PREDALČKANJE HISTOGRAMA

Kaj je predalčkanje histograma?



“Predalčkanje” podatkov (*ang.* data binning) je način združevanja podatkov za namene zmanjševanja učinkov manjših napak pri opazovanju podatkov.

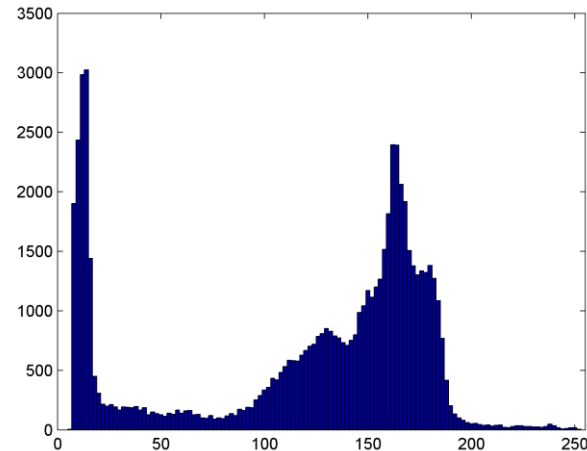
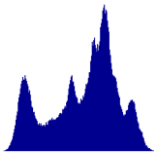
“Predalčkanje” histograma (*ang.* histogram binning) predstavlja torej združevanje informacije histograma za več različnih sivinskih vrednosti.

V primeru slik originalne vrednosti histograma, ki padejo znotraj izbranega intervala sivinskih vrednosti, zamenjamo z vrednostjo, ki predstavlja ta interval (običajno predstavlja sredino intervala).

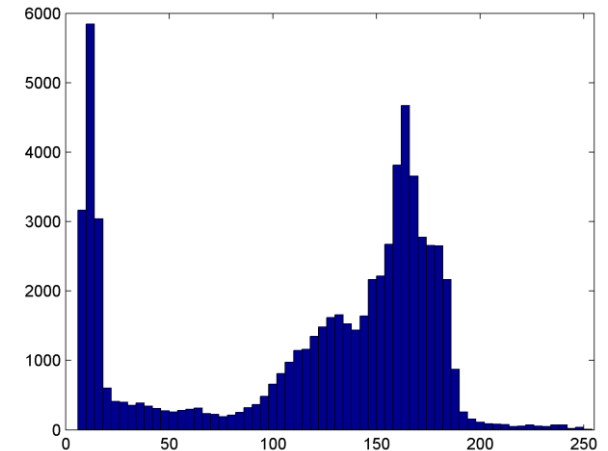


HISTOGRAM SLIKE

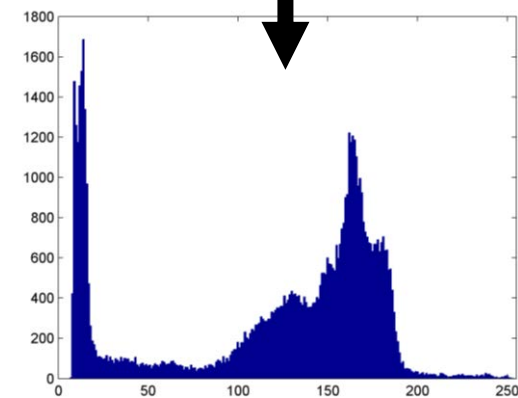
Predalčkanje histograma



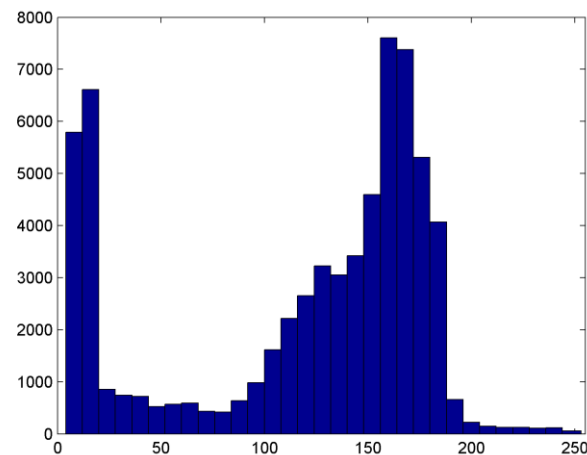
128 predalčkov



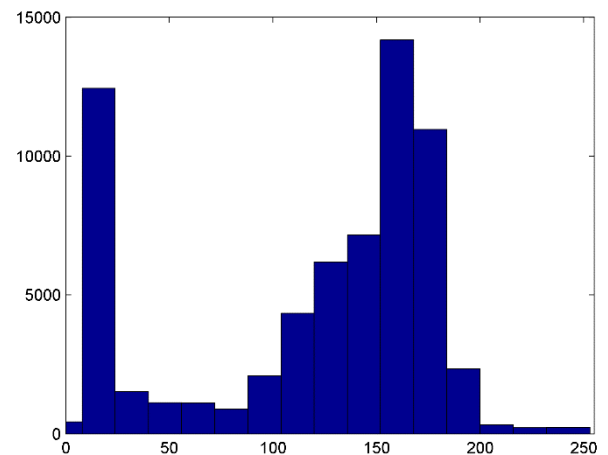
64 predalčkov



Originalni histogram
(256 predalčkov)



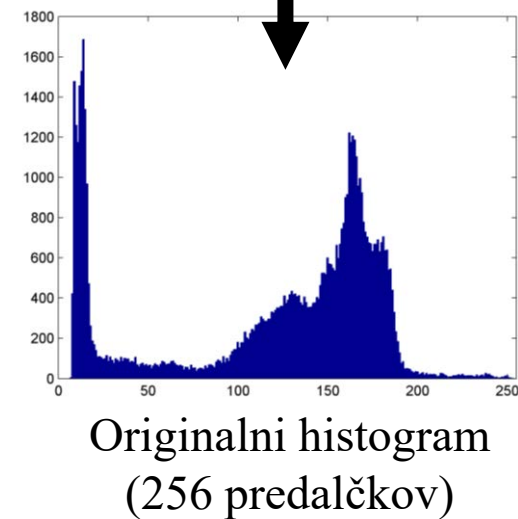
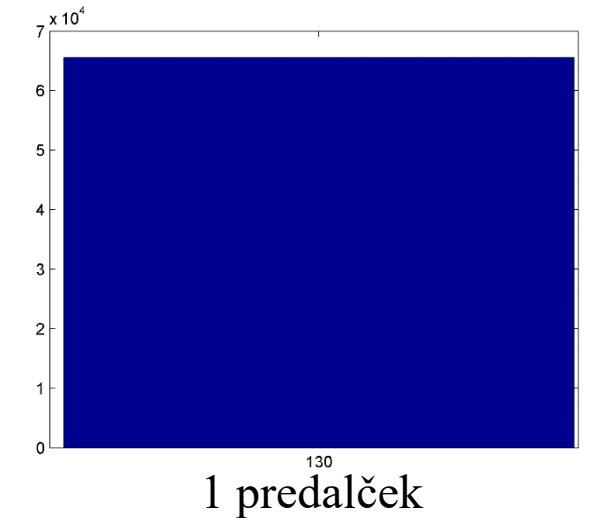
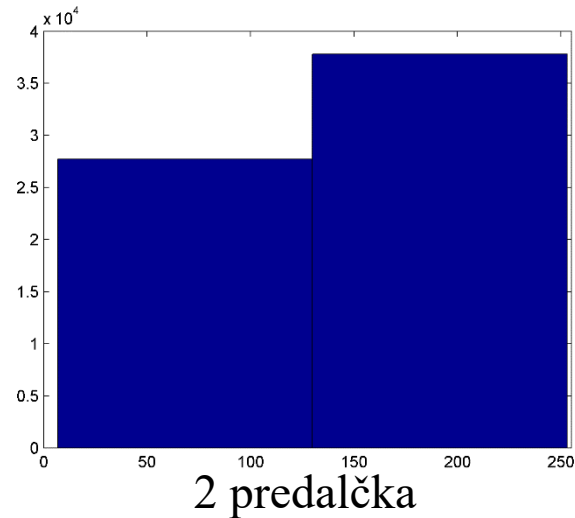
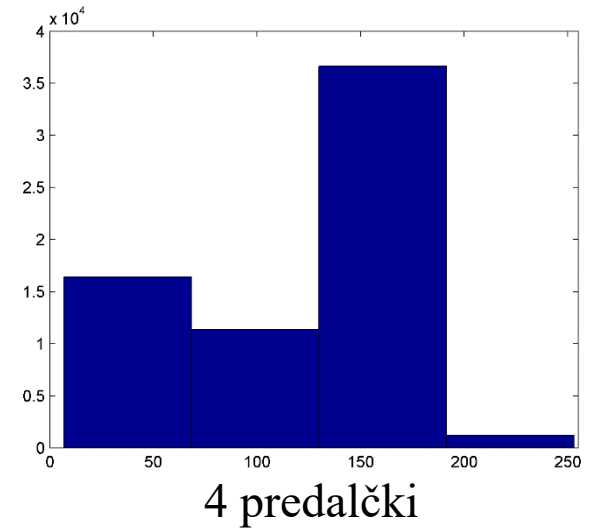
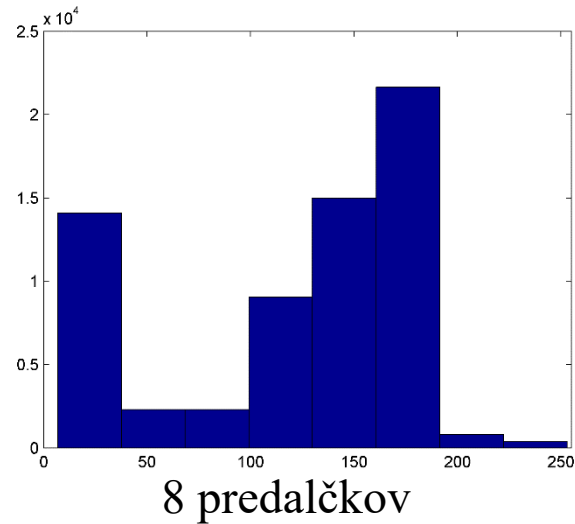
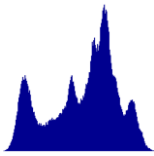
32 predalčkov



16 predalčkov

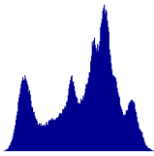
HISTOGRAM SLIKE

Predalčkanje histograma



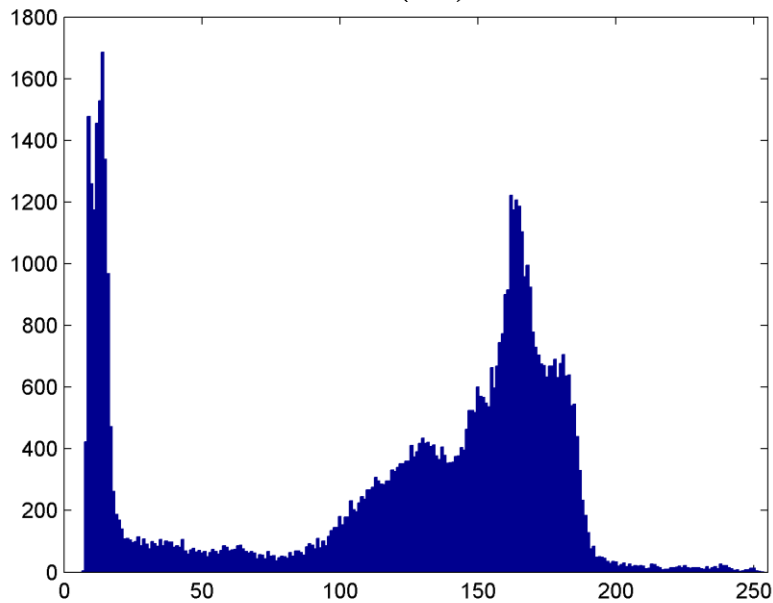
HISTOGRAM SLIKE

Normalizirani histogram



Normalizirani histogram je ocena verjetnostne porazdelitve nastopanja sivinskih vrednosti v sliki.

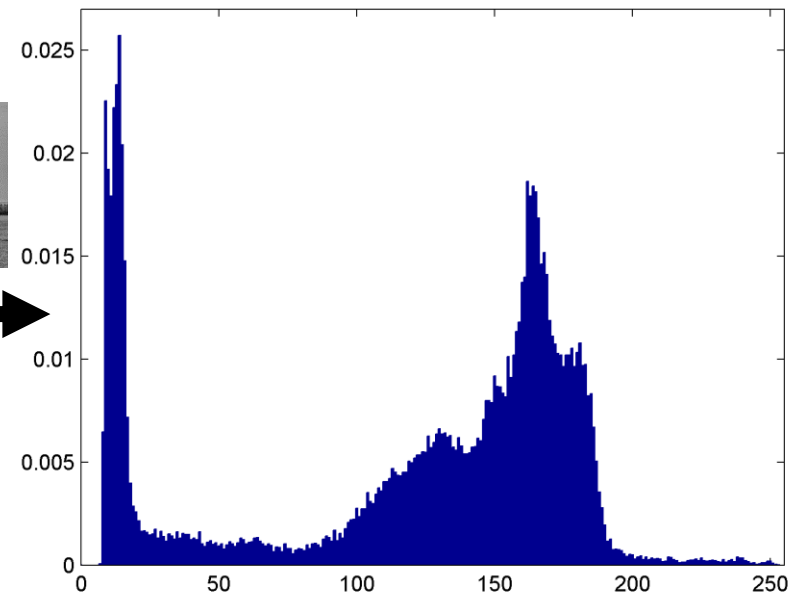
$$h(s_i)$$



Histogram h



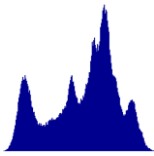
$$p(s_i) = \frac{n(s_i)}{N}$$



Normalizirani histogram p

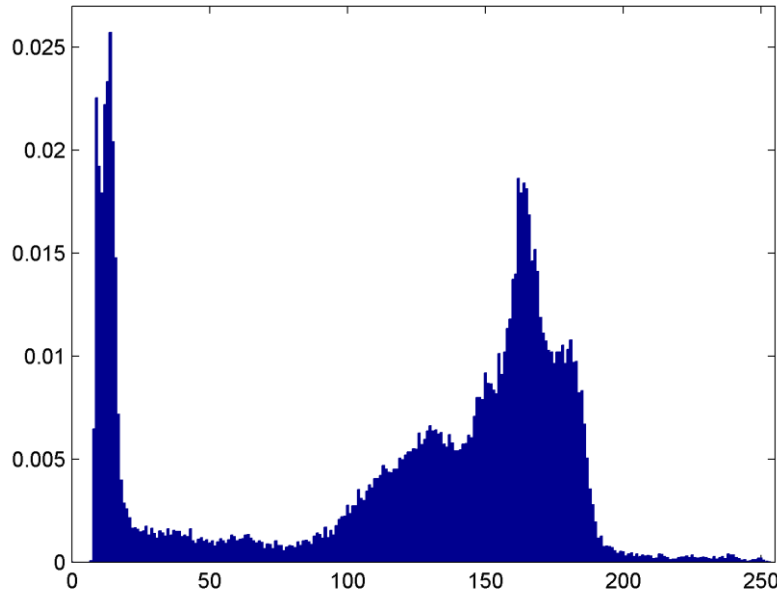
HISTOGRAM SLIKE

Funkcija kumulativne porazdelitve



Funkcija kumulativne porazdelitve
(*ang.* cumulative distribution function)
predstavlja oceno verjetnosti nastopanja
nižjih sivinskih vrednosti v sliki.

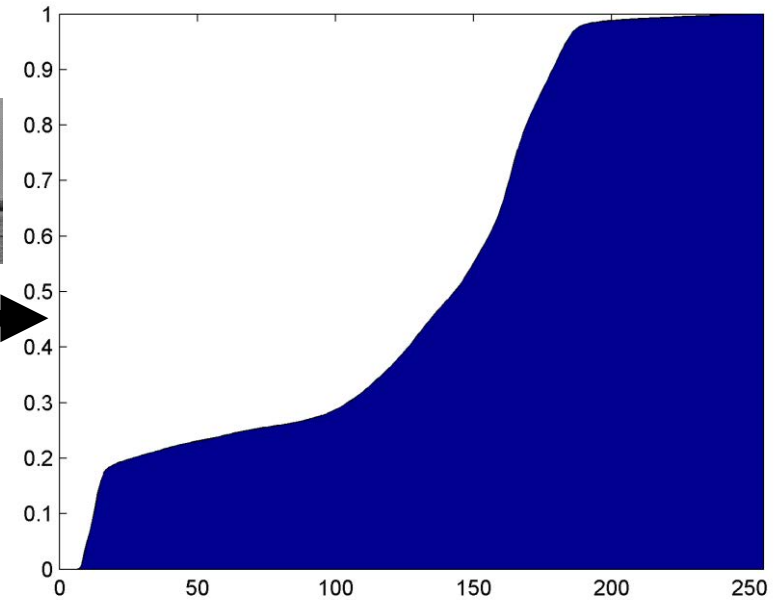
$$p(s_i)$$



Normalizirani histogram p



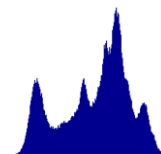
$$CDF(s_i) = \sum_{s_j = s_{\min}}^{s_i} p(s_j)$$



Funkcija kumulativne
porazdelitve CDF

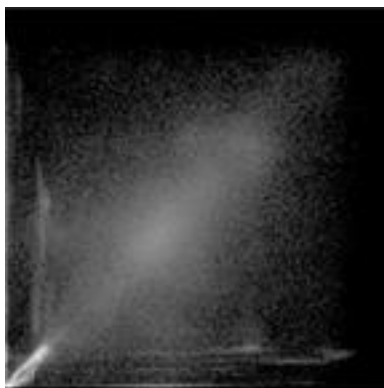
SKUPNI HISTOGRAM SLIK

Kaj je skupni histogram?

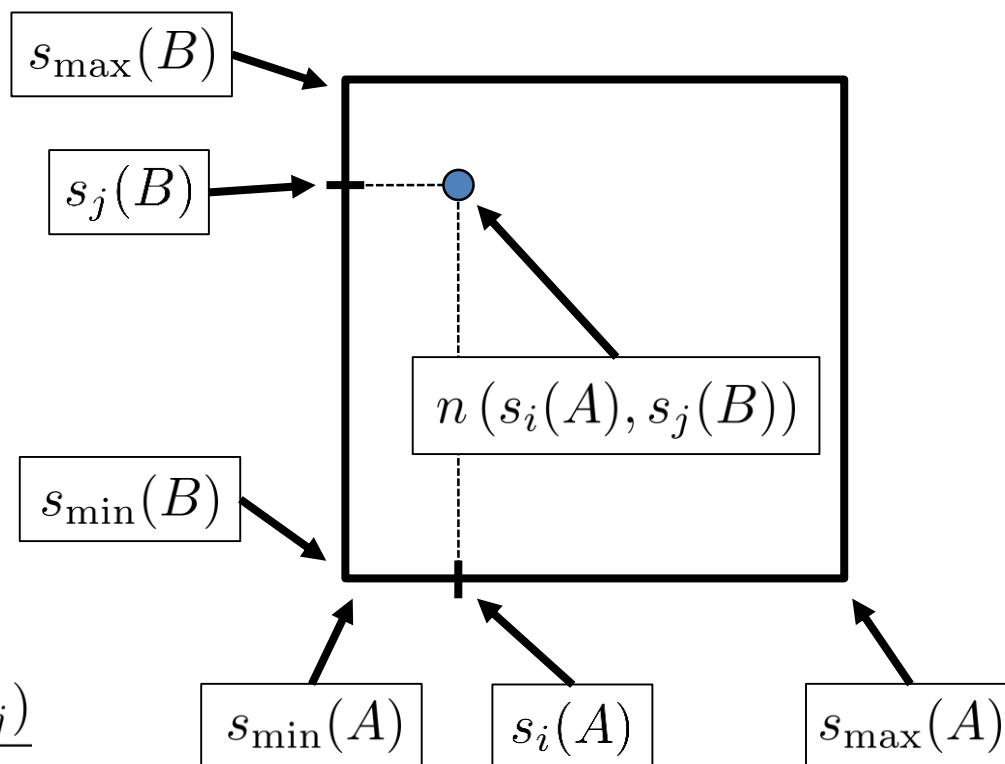


Skupni histogram (*ang.* joint histogram) dveh slik enakih velikosti podaja število enakoležečih parov sivinskih vrednosti. Na lokaciji (s_i, s_j) je zapisano število enakoležečih slikovnih elementov s sivinsko vrednostjo s_i v sliki A in s sivinsko vrednostjo s_j v sliki B .

Skupni histogram predstavimo kot sliko:

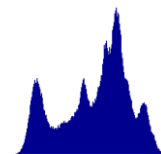


$$h(s_i, s_j) \rightarrow p(s_i, s_j) = \frac{h(s_i, s_j)}{N}$$

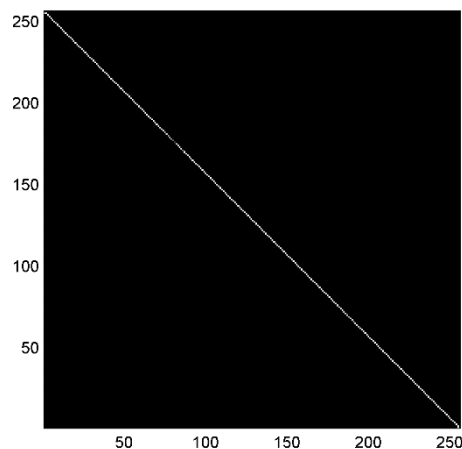
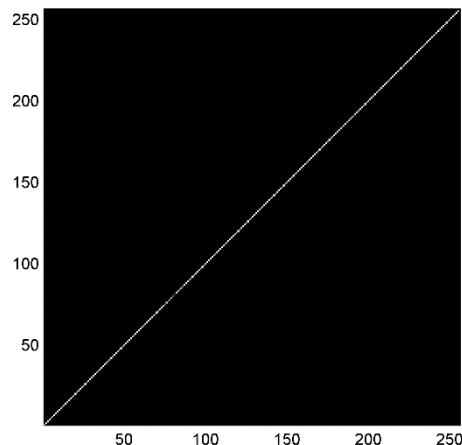
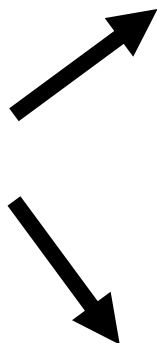


SKUPNI HISTOGRAM SLIK

Skupni histogram



A: Originalna slika



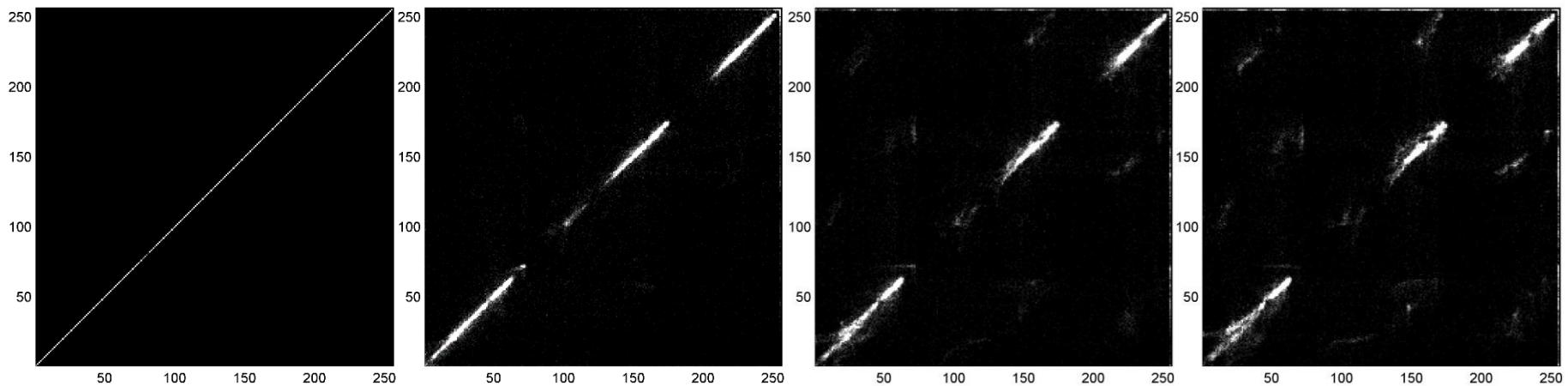
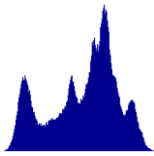
B: Originalna slika



B: Inverzna slika

SKUPNI HISTOGRAM SLIK

Spremembe v skupnem histogramu



A/B: Originalna slika

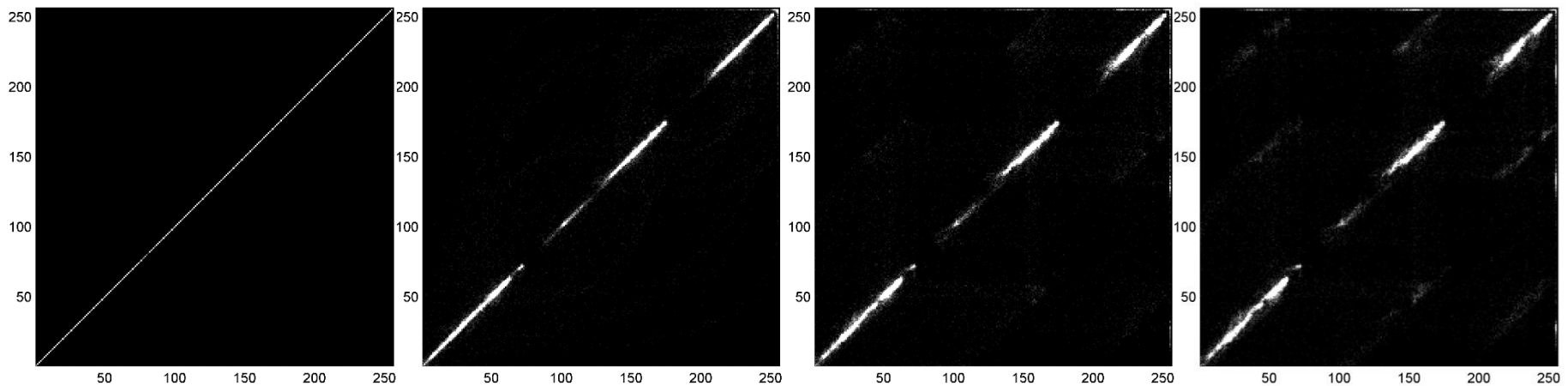
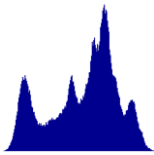
B: Rotacija $+1^\circ$

B: Rotacija $+3^\circ$

B: Rotacija $+5^\circ$

SKUPNI HISTOGRAM SLIK

Spremembe v skupnem histogramu



A/B: Originalna slika

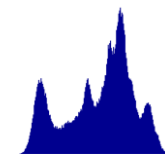
B: Translacija +1 px

B: Translacija +3 px

B: Translacija +5 px

SKUPNI HISTOGRAM SLIK

Entropija



(Shannonova) entropija¹ je mera za nenapovedljivost vsebovane informacije. Količinsko podaja pričakovano vrednost informacije naključne spremenljivke X oz. negotovost izida z njo povezanega poskusa.

$$H(X) = \mathbb{E}(I(x_i)) = \sum_{i=1}^n p(x_i) I(x_i) = - \sum_{i=1}^n p(x_i) \log_b p(x_i)$$

Definicija:

$$0 \cdot \log 0 = 0$$



$$p_0 = P(X = \text{glava})$$

$$p_0 = \frac{1}{2}$$



$$p_1 = P(X = \text{cifra})$$

$$p_1 = \frac{1}{2}$$

$$H(X) = - \frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2} = \frac{\log_2 2 + \log_2 2}{2} = \frac{1+1}{2} = 1 \text{ bit}$$

Merske enote:

$\log_2 \dots$ bit

$\log_{256} \dots$ byte

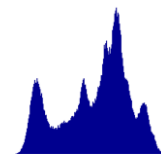
$\log_e, \ln \dots$ nat

$\log_{10} \dots$ hartley

¹ Claude E. Shannon: *A Mathematical Theory of Communication*. Bell System Technical Journal, 27(3):379–423, 1948.

SKUPNI HISTOGRAM SLIK

Entropija in skupna entropija slik



Entropija slike je mera za količino informacije, ki jo vsebuje slika A (oz. slika B):

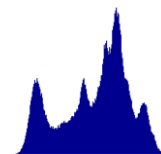
$$H(A) = - \sum_{s_A = s_{A,\min}}^{s_{A,\max}} p(s_A) \log_2 p(s_A)$$

Skupna entropija slik je mera za količino informacije, ki jo vsebuje več slik (običajno dve, torej A in B):

$$H(A, B) = - \sum_{s_A = s_{A,\min}}^{s_{A,\max}} \sum_{s_B = s_{B,\min}}^{s_{B,\max}} p(s_A, s_B) \log_2 p(s_A, s_B)$$

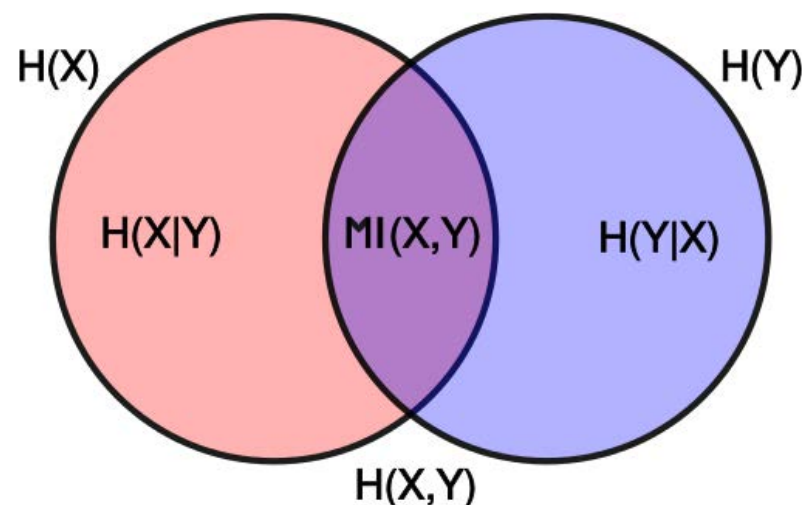
SKUPNI HISTOGRAM SLIK

Medsebojna informacija



Medsebojna informacija je mera za medsebojno odvisnost med dvema slikama oz. spremenljivkama:

- v splošnem določa količino informacije o eni naključni spremenljivki, ki jo dobimo na podlagi opazovanja druge naključne spremenljivke,
- obstaja več različic, npr. **normalizirana medsebojna informacija**.

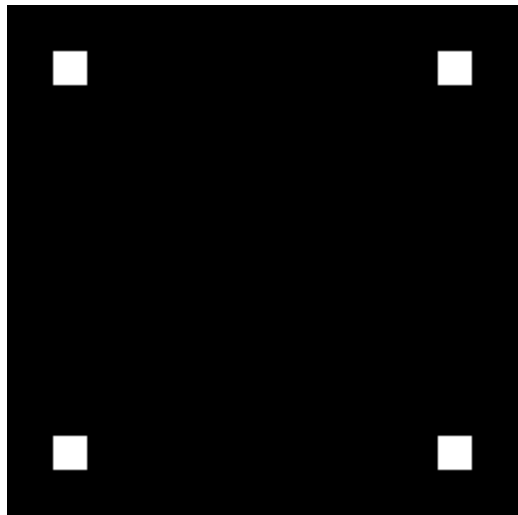
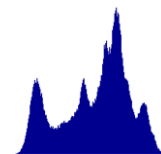


$$MI(A, B) = H(A) + H(B) - H(A, B)$$

$$NMI(A, B) = \frac{H(A) + H(B)}{H(A, B)}$$

SKUPNI HISTOGRAM SLIK

Spremembe v skupnem histogramu



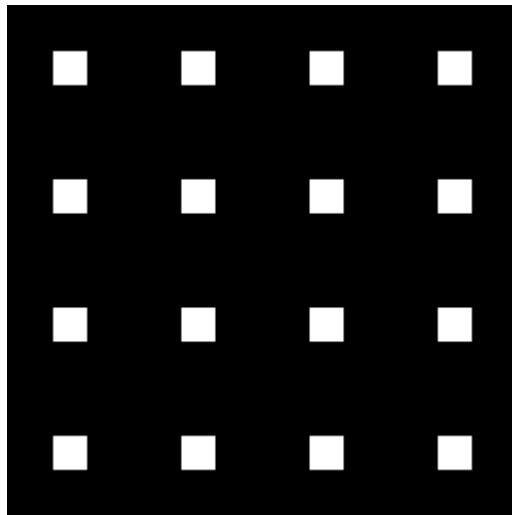
$$H(A) = 0,128 \text{ bit}$$

$$H(B) = 0,128 \text{ bit}$$

$$H(A, B) = 0,128 \text{ bit}$$

$$MI(A, B) = 0,128 \text{ bit}$$

$$NMI(A, B) = 2 \text{ bit}$$

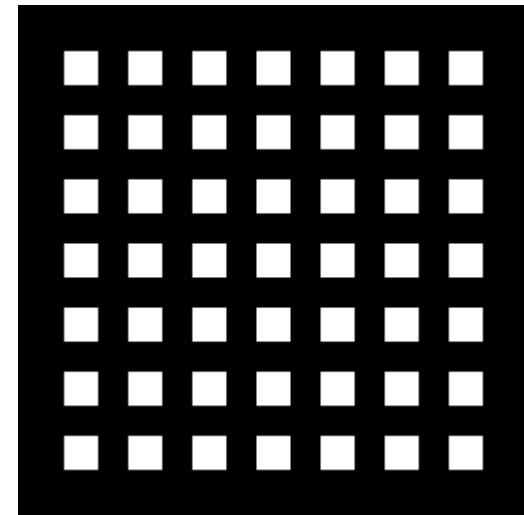


$$H(B) = 0,368 \text{ bit}$$

$$H(A, B) = 0,425 \text{ bit}$$

$$MI(A, B) = 0,071 \text{ bit}$$

$$NMI(A, B) = 1,166 \text{ bit}$$



$$H(B) = 0,753 \text{ bit}$$

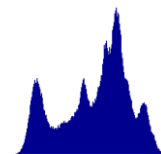
$$H(A, B) = 0,841 \text{ bit}$$

$$MI(A, B) = 0,040 \text{ bit}$$

$$NMI(A, B) = 1,047 \text{ bit}$$

SKUPNI HISTOGRAM SLIK

Spremembe v skupnem histogramu



$$H(A) = 5,788 \text{ bit}$$

$$H(B) = 5,788 \text{ bit}$$

$$H(A, B) = 5,788 \text{ bit}$$

$$MI(A, B) = 5,731 \text{ bit}$$

$$NMI(A, B) = 2,020 \text{ bit}$$

$$H(B) = 5,788 \text{ bit}$$

$$H(A, B) = 5,788 \text{ bit}$$

$$MI(A, B) = 5,788 \text{ bit}$$

$$NMI(A, B) = 2,000 \text{ bit}$$

$$H(B) = 5,816 \text{ bit}$$

$$H(A, B) = 9,161 \text{ bit}$$

$$MI(A, B) = 2,443 \text{ bit}$$

$$NMI(A, B) = 1,267 \text{ bit}$$

$$H(B) = 5,787 \text{ bit}$$

$$H(A, B) = 8,714 \text{ bit}$$

$$MI(A, B) = 2,862 \text{ bit}$$

$$NMI(A, B) = 1,328 \text{ bit}$$

A/B: Originalna slika

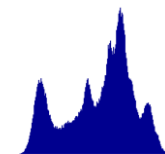
B: Inverzna slika

B: Rotacija +5°

B: Translacija +5 px

LABORATORIJSKE VAJE

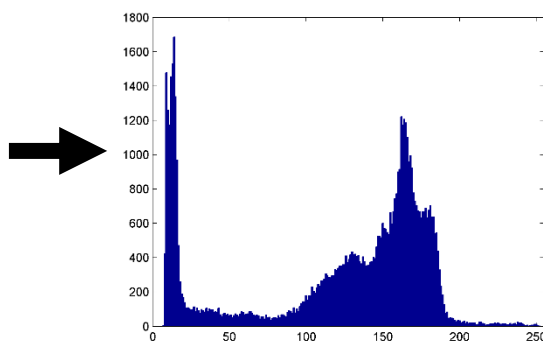
Izravnavna histograma



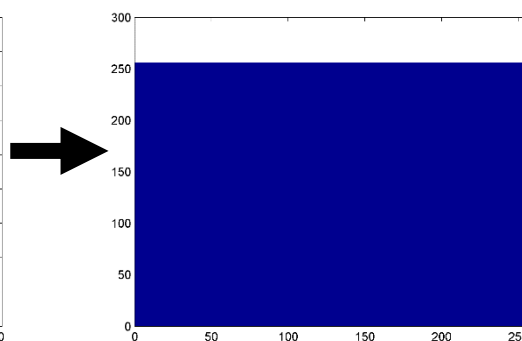
Izravnavna histograma (*ang.* histogram equalization) je tehnika za izboljšavo kontrasta slike z uporabo njenega histograma. Sivinske vrednosti so posledično razpršene čez celotno dinamično območje, entropija slike pa postane maksimalna.



Originalna
slika



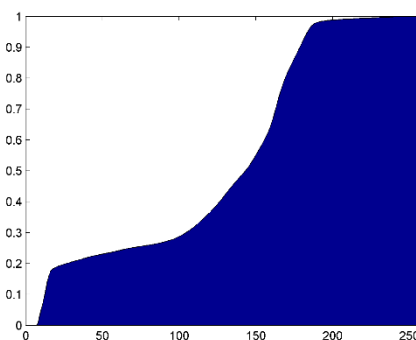
Histogram



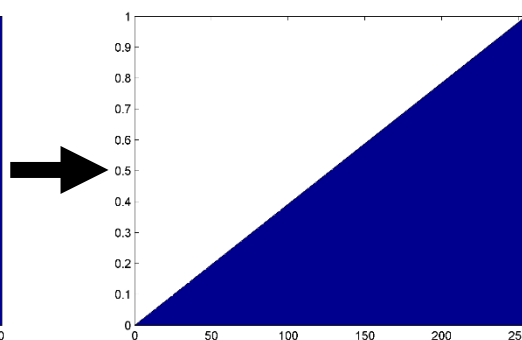
Izravnani histogram



Slika z
izravnanim
histogramom



CDF



Izravnani CDF

LABORATORIJSKE VAJE

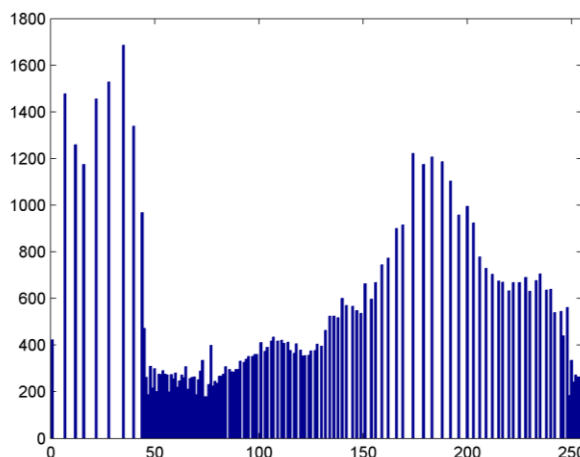
Izravnavna histograma

Postopek izravnavne histograma:

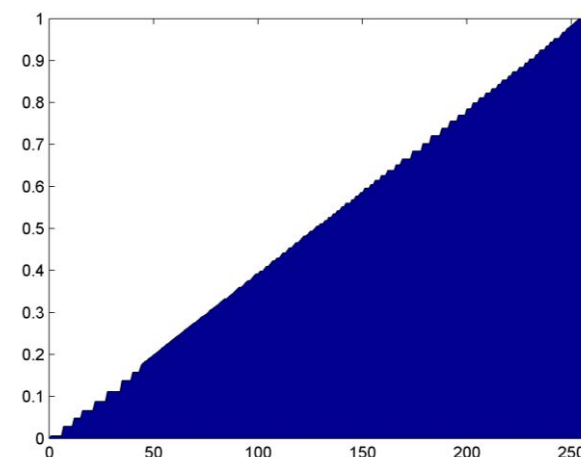
1. Izračun histograma: $h(s_i)$
2. Izračun funkcije kumulativne porazdelitve: $CDF(s_i)$
3. Izračun preslikave sivinskih vrednosti: $T(s_i) = \lfloor CDF(s_i) \cdot s_{\max} \rfloor$
4. Določanje novih sivinskih vrednosti: $s_i \rightarrow T(s_i)$



Slika z izravnanim
histogramom



Izravnani histogram



Izravnani CDF