

DEJAVNIKI KAKOVOSTI V TISKU

METODE OBJEKTIVNEGA VREDNOTENJA

Deja Muck

DOLOČANJE KAKOVOSTI

PRINTING
PROCESS

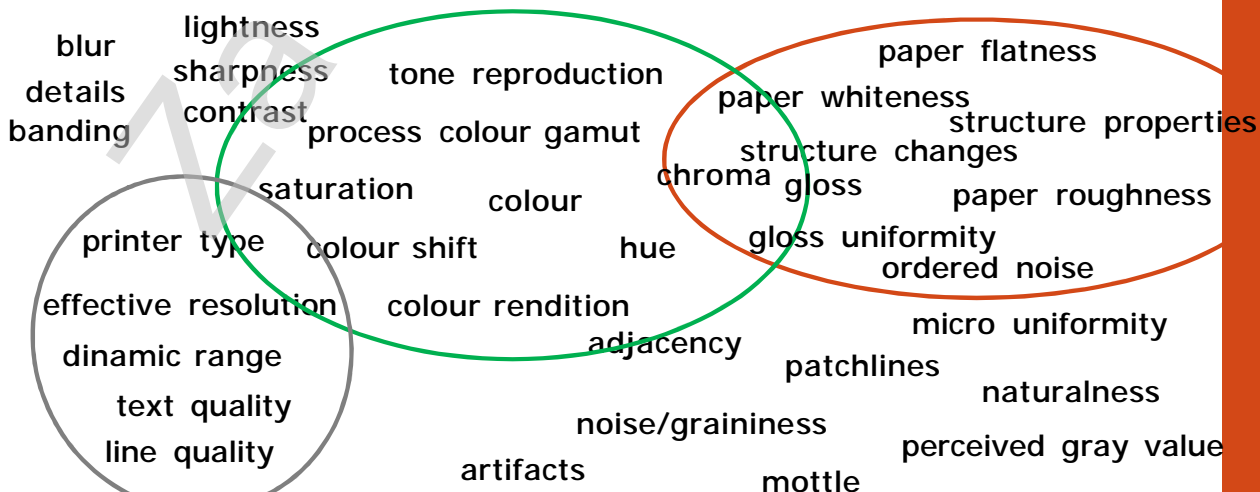
+

INK

+

PRINTING
SUBSTRATE

Print quality had been defined through many attributes:



ATRIBUTI KAKOVOSTI

... print quality metrics which correlates well with human perception ... Grouping quality attributes enables efficient quality assesment:

q Color

aspects related to: hue, saturation ...

q Lightness

is important, separate from the color...

q Contrast

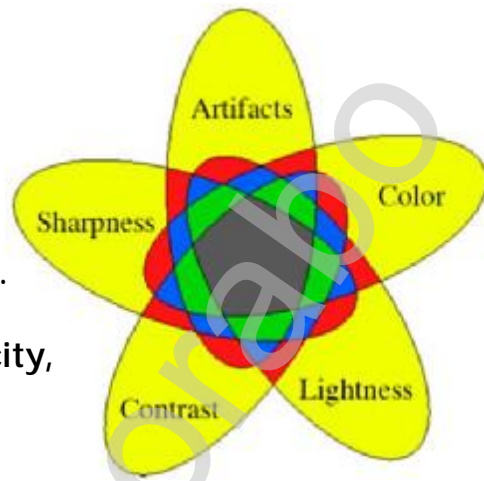
differences in lightness and chromaticity, within the image...

q Sharpness

clarity of details and edges definition ...

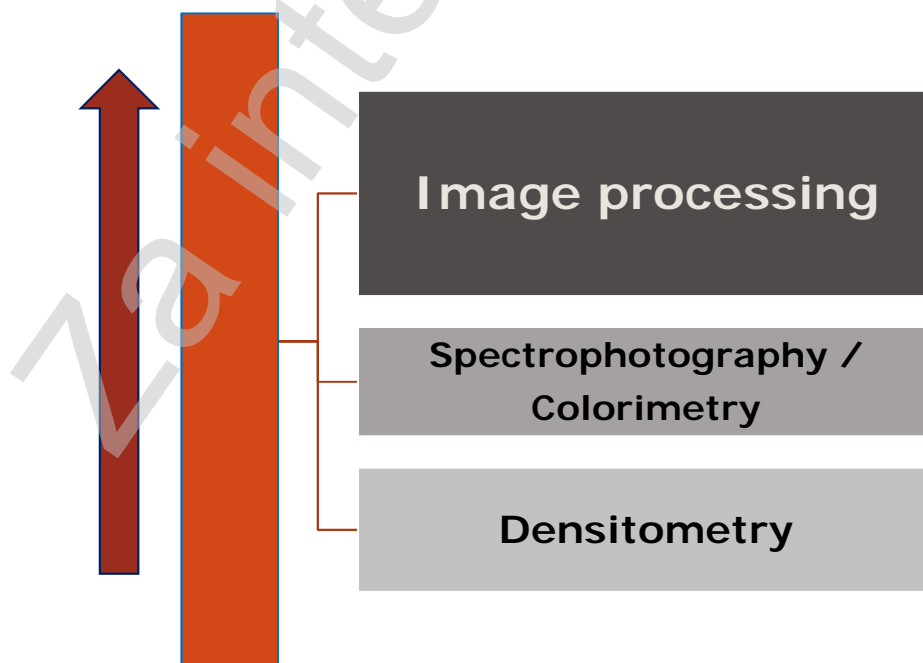
q Artifacts

noise, contouring, and banding ...



+ physical quality attributes; paper properties, gloss ...

KONTROLA KAKOVOSTI



UVOD

- q kako objektivno določiti z očesom zaznano razliko; original : reprodukcija?
- q algoritmi rastriranja > vnos napak kvantizacije (quantization error/noise) > zmanjšanje bitne globine slike npr. iz 8 (256 odtenkov sivin) na 1 (binarna slika)



METODE VREDNOTENJA KAKOVOSTI

- q subjektivne > zamudne
- q objektivne > numerično izraziti zaznano razliko med večtenskim originalom in rastrirano sliko
- q določiti objektivno optimalen algoritem rastriranja > problem > kakovost rastriranja se lahko spreminja z aplikacijo

Splošno dva razreda metod objektivnega vrednotenja kakovosti:

- q matematično / statistične metode (enostavne, hitre, neodvisne od pogojev opazovanja, opazovalca)
- q vključen HVS
(človeški vizualni sistem za napoved percepcijske vizualne kakovosti, low-pass filter, omejitve vidnega sistema)

STATISTIČNE METODE VREDNOTENJA

MATEMATIČNO / STATISTIČNE METODE

Matematično osnovana metrika

- q MSE – Mean Squared error
- q RMS – Root mean Square
- q SNR - Signal-to-Noise Ratio
- q PSNR - Peak Signal-to-Noise Ratio

Za vse velja:

- q per-pixel based method
- q hitre, enostavne
- q ne upoštevajo strukture, kontrasta
- q le vidik moči signala napake in ne kako le-ta vpliva na sliko



STATISTIČNE METODE VREDNOTENJA

q STATISTIČNE METODE - MSE, RMS, SNR, PSNR

$$e(i, j) = x(i, j) - y(i, j)$$

$$E_{MSE} = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{i,j} e(i, j)^2$$

$$E_{RMS} = \frac{1}{M \cdot N} \sqrt{\sum_{i,j} e(i, j)^2}$$

$$SNR = 10 \log_{10} \frac{\sum_{i,j} x(i, j)^2}{\sum_{i,j} (x(i, j) - y(i, j))^2}$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{D^2 \cdot M \cdot N}{\sum_{i,j} (x(i, j) - y(i, j))^2}$$

$x(i, j)$ > izvrsna slika

$y(i, j)$ > rastrirana slika

$M \cdot N$ > velikost slike

D > maks. peak-to-peak vrednost signala (255 za 8-bit)

$x(i, j)$



$y(i, j)$



STATISTIČNE METODE VREDNOTENJA

q STATISTIČNE METODE - MSE, RMS, SNR, PSNR



Figure 3.1: Effect of the frequency distribution of noise on its visibility. The SNR of both images is 10.3 dB. The PSNR of both images is 15.5 dB. At normal viewing distances, (left) is visibly noisier than (right).

ČLOVEKOV VIDNI SISTEM - HSV

HVS METODE

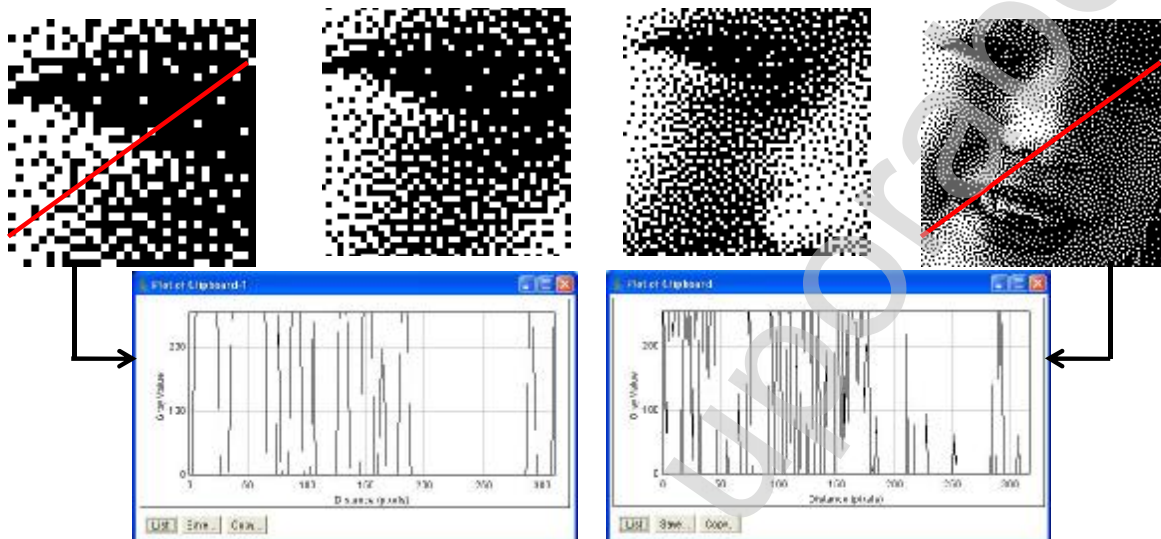
- q HVS = Human Visual System
- q CSF = Contrast Sensitivity Function

- Model components of the HVS so that errors in different spatial or frequency domains treated differently, as suggested by evidence of HVS function
 - This is because of retinal distribution of receptor cells
- Most HVS quality metrics depend on CSF for pre-processing the image
- Output from CSF can be processed in different ways to determine quality
 - Some methods include comparison after DCT, or sub-band/channel decomposition using wavelets
 - Methods can be very complex
- In the end, errors in different channels weighted accordingly and aggregated

ČLOVEKOV VIDNI SISTEM - HSV

Človeško oko kot nizkoprepustni filter

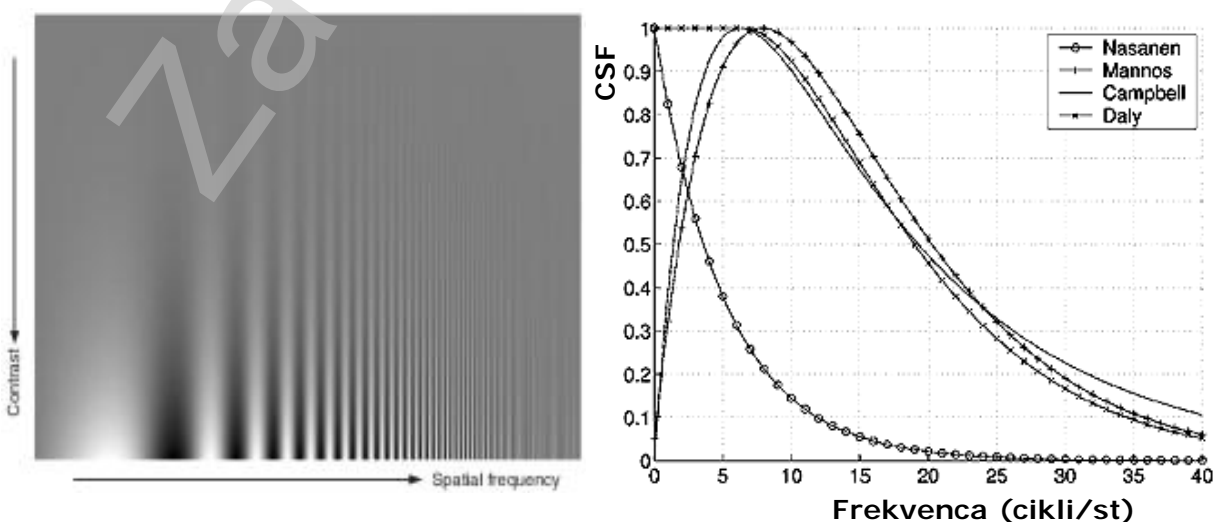
- q značilnosti človeškega očesa > upadanje njegove občutljivosti pri višjih prostorskih frekvencah
- q visokofrekvenčni vzorec (šum) bo torej težje zaznan oz. manj moteč kot nizkofrekvenčni



ČLOVEKOV VIDNI SISTEM - HSV

Modeli HVS

- q občutljivost človeškega vidnega sistema pri različnih frekvencah podaja funkcija kontrastne občutljivosti – *Contrast sensitivity function (CSF)*
- q CSF > vlogo pri določanju ločljivosti slike, izboljšanju kakovosti in izbiri najustrežnejšega algoritma rastriranja

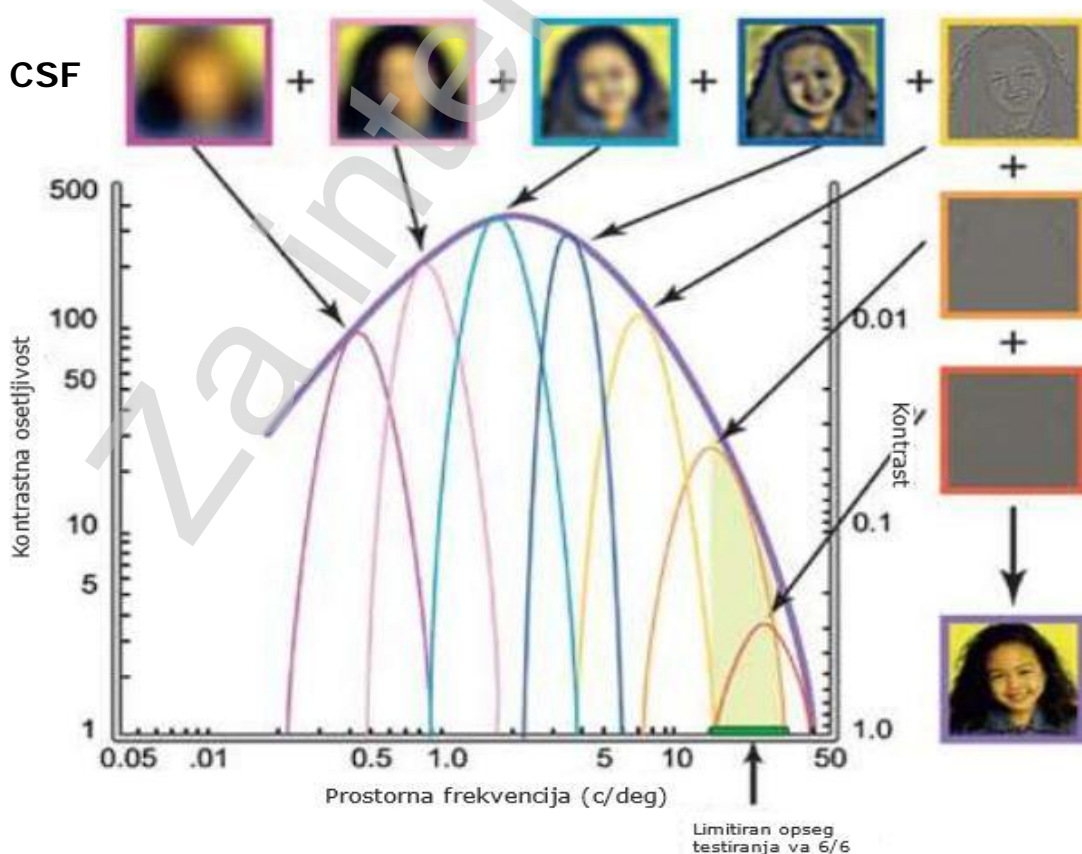


ČLOVEKOV VIDNI SISTEM - HSV

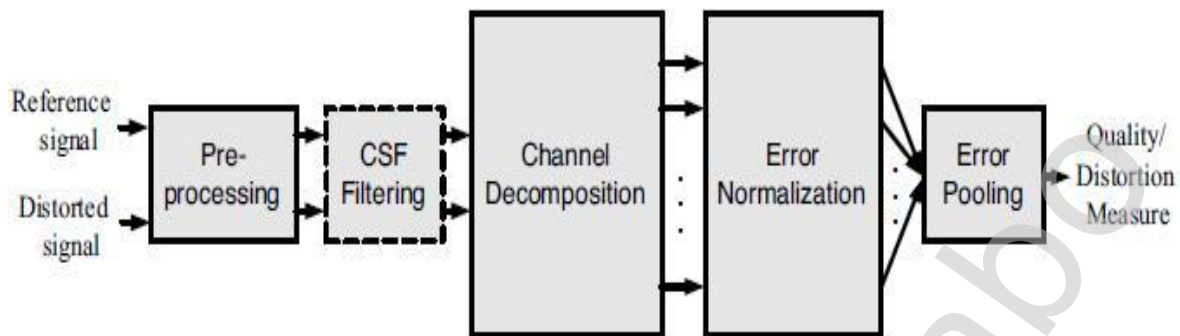
Funkcija kontrastne občutljivosti (CSF)

| | | |
|------------------|---|--|
| Campbell 1969 | $k(e^{-2pa\bar{r}} - e^{-2pb\bar{r}})$ | $a = 0.012, b = 0.046$ |
| Mannos 1974 | $a(b + c\bar{r}) \exp(-(c\bar{r})^d)$ | $a = 2.6, b = 0.192,$ $c = 0.114, d = 1.1$ |
| Nasanen 1984 | $aL^b \exp(-\frac{\bar{r}}{c \log L + d})$ | $a = 131.6, b = 0.3188$ $c = 0.525, d = 3.91,$ $L = 11$ |
| Daly 1987 | $\begin{cases} a(b + c\bar{r})e^{-(c\bar{r})^d}, & \text{if } \bar{r} > \bar{r}_{\max} \\ 1, & \text{else} \end{cases}$ | $a = 2.2, b = 0.192,$ $c = 0.114, d = 1.1,$ $\bar{r}_{\max} = 6.6$ |

ČLOVEKOV VIDNI SISTEM - HSV



ČLOVEKOV VIDNI SISTEM - HSV



Prototipni sistem za oceno kakovosti slik osnovan na občutljivosti za napake. CSF je lahko implementirana kot samostojna stopnja ali pa znotraj normalizacije napake.

HVS METODE

UNIVERSAL IMAGE QUALITY INDEX – Zhou Wang

Modeliranje popačenja slik kot kombinacija 3 faktorjev:

- q izguba korelacije (loss of correlation)
- q popačenje svetlosti (luminance distortion)
- q popačenje kontrasta (contrast distortion)

Universal – neodvisen od:

- q slike (vsebine)
- q pogojev opazovanja
- q od opazovalca

HVS METODE

UNIVERSAL IMAGE QUALITY INDEX – Zhou Wang

$$Q = \frac{4\sigma_{xy}\bar{x}\bar{y}}{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)[(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2]}$$

where

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i,$$

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2, \quad \sigma_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2$$

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}).$$

$$Q = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x\sigma_y} \cdot \frac{2\bar{x}\bar{y}}{(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2} \cdot \frac{2\sigma_x\sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$$

1. koeficijent korelacije med x, y (meri stopnjo lin. korelacije, max. 1)
2. kako blizu je srednja vrednost svetlosti med x, y, max 1
3. kako podobna sta kontrasta slik; max 1

HVS METODE



(a)

(b)



(c)

(d)

- a) Original
- b) Salt-pepper noise
- c) Gaussian noise
- d) Speckle noise

| MSE | UIQI |
|--------|--------|
| b) 255 | 0,6494 |
| c) 255 | 0,3891 |
| d) 255 | 0,4408 |

HVS METODE



| MSE | UIQI |
|--------|--------|
| a) 255 | 0,9894 |
| b) 255 | 0,9372 |
| c) 255 | 0,3461 |
| d) 215 | 0,2876 |

- a) Mean shifted image
- b) Contrast stretched image
- c) Blurred image
- d) JPEG compressed image

HVS METODE

SSIM – structural similarity index

- loči strukturo, svetlost in kontrast > simuliranje HSV
- rezultat primerjava vhodna : izhodna slika > vrednost (0 – 1)
človekovo oko je občutljivo že na majhne spremembe v svetlosti, kontrastu in strukturi, kar danes vključuje že veliko algoritmov
- SSIM opisuje kakovost slike s primerjavo lokalnih korelacij svetlosti, kontrasta in strukture med originalno in testno sliko

HVS METODE

SSIM – structural similarity index

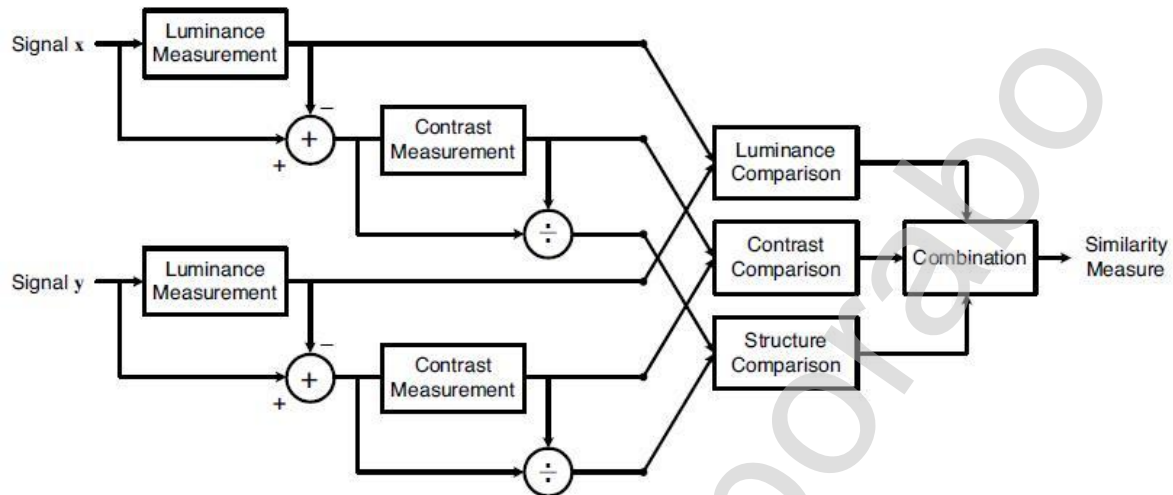
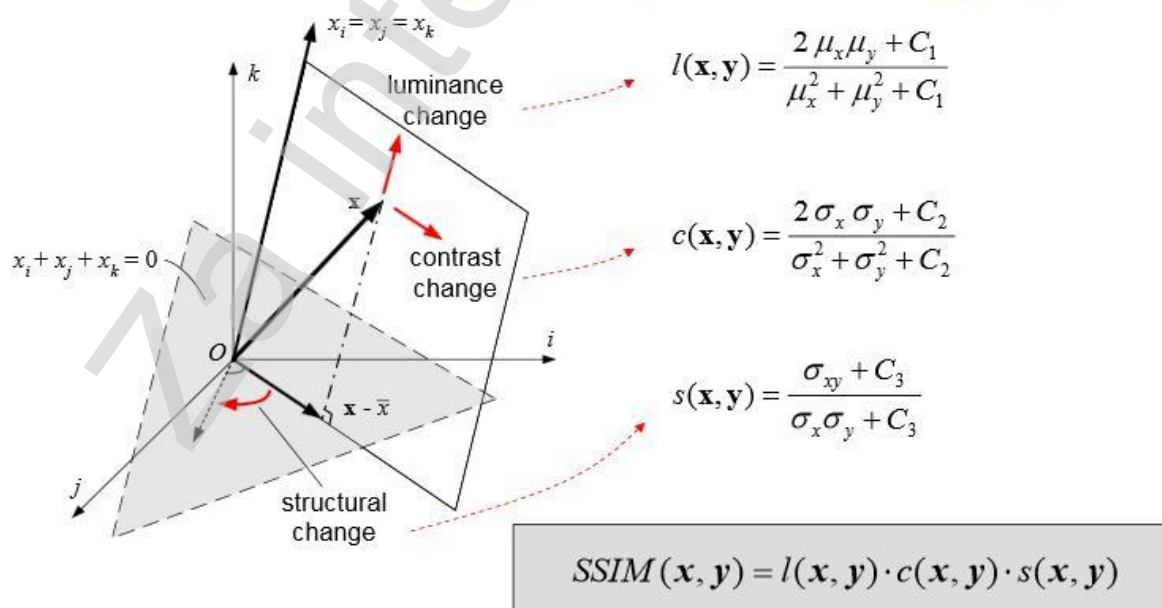


Diagram merilnega sistema strukturne podobnosti.

HVS METODE

Structural Similarity (SSIM) Index in Image Space



[Wang & Bovik, *IEEE Signal Processing Letters*, '02]
 [Wang et al., *IEEE Trans. Image Processing*, '04]

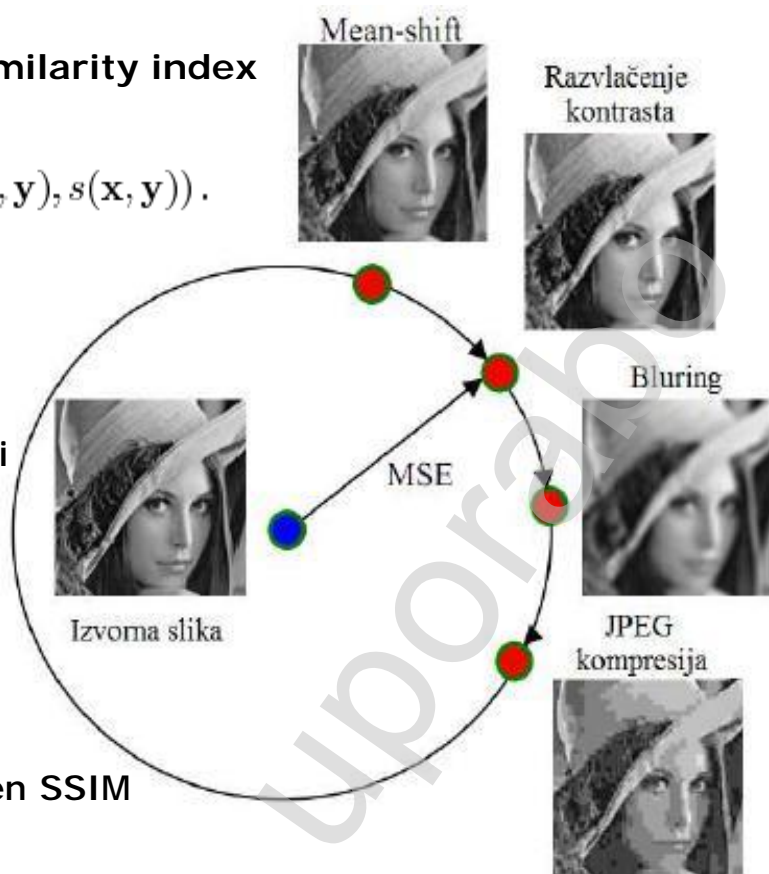
HVS METODE

SSIM – structural similarity index

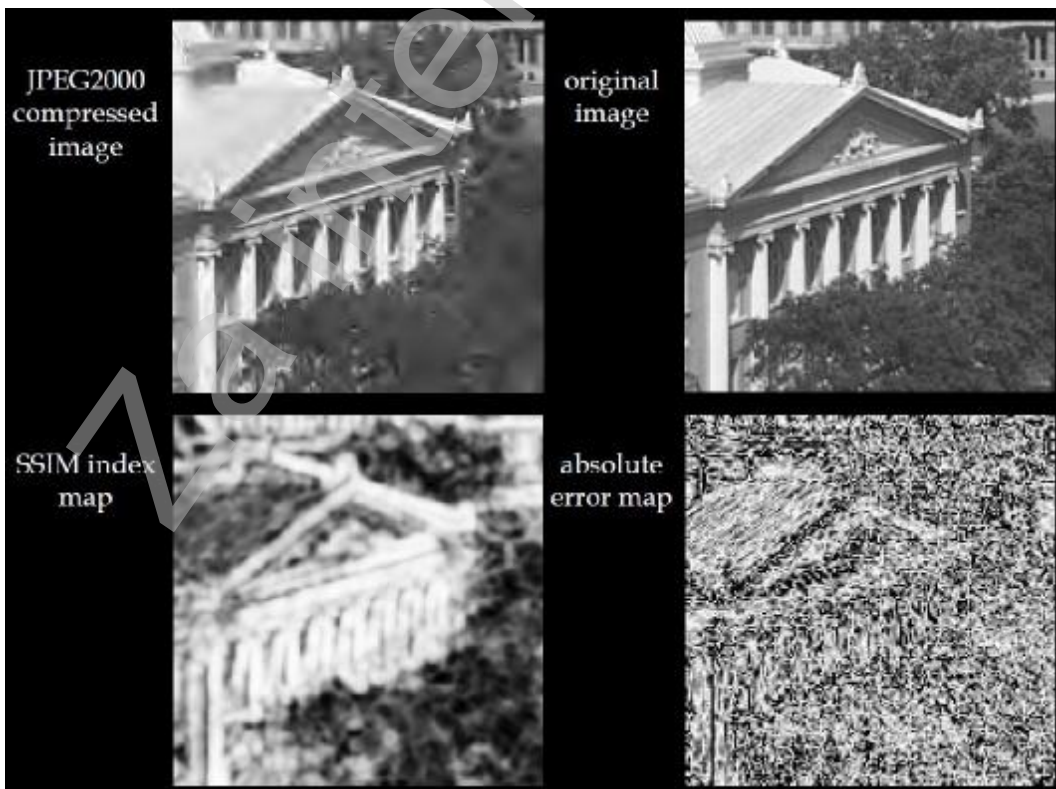
$$S(x, y) = f(l(x, y), c(x, y), s(x, y)).$$

Komponente relativno neodvisne;
q sprememba svetlosti in/ali kontrastu ne vpliva na strukturo slike

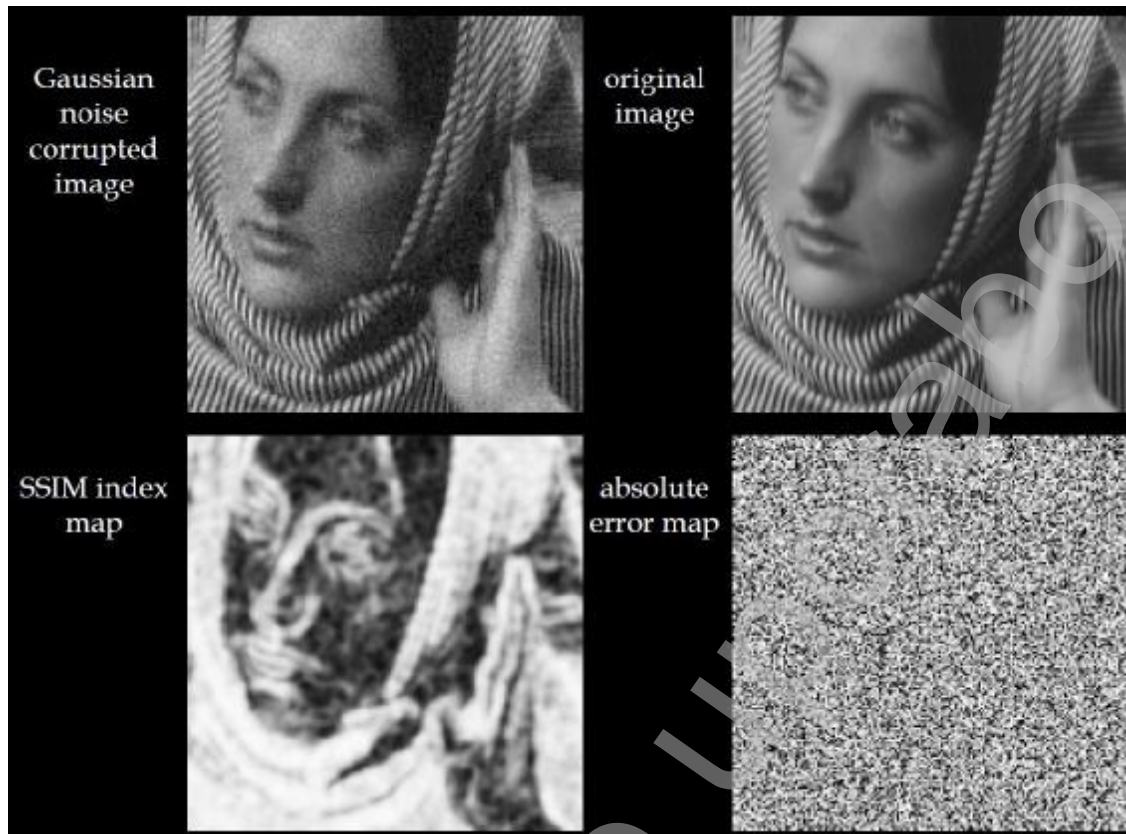
Slike enak MSE, različen SSIM



HVS METODE



HVS METODE



LITERATURA

ImageJ vtičniki

q (P)SNR, RMSE, MAE:

<http://bigwww.epfl.ch/sage/soft/snr/>

q SSIM indeks:

<http://rsbweb.nih.gov/ij/plugins/ssim-index.html>

q MSSIM in MSSIM* indeks:

<http://rsbweb.nih.gov/ij/plugins/mssim-index.html>

§ <http://waset.org/publications/9998522/a-new-categorization-of-image-quality-metrics-based-on-a-model-of-human-quality-perception>

§ http://www.imaging.org/ist/publications/reporter/articles/REP_26_2_EI2011_PEDERSEN_7867_1.pdf

§ ...