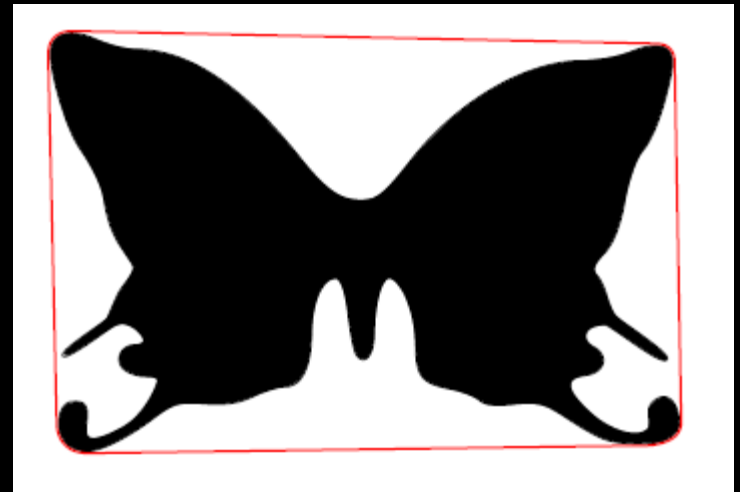


Konvexnosť

Región je konvexný, ak pre každé dva body regiónu patrí regiónu aj ich spojnice

Konvexný obal objektu je najmenší konvexný útvar obsahujúci daný objekt



„miera konvexity“ objektu

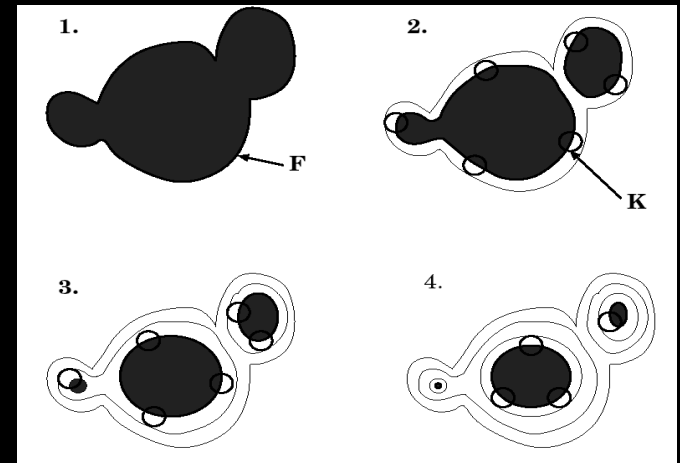
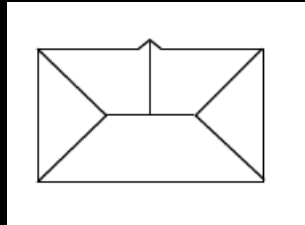
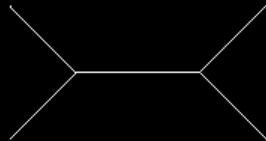
$$Conv_1 = \frac{O_{CH}}{O}$$

$$Conv_2 = \frac{A}{A_{CH}}$$

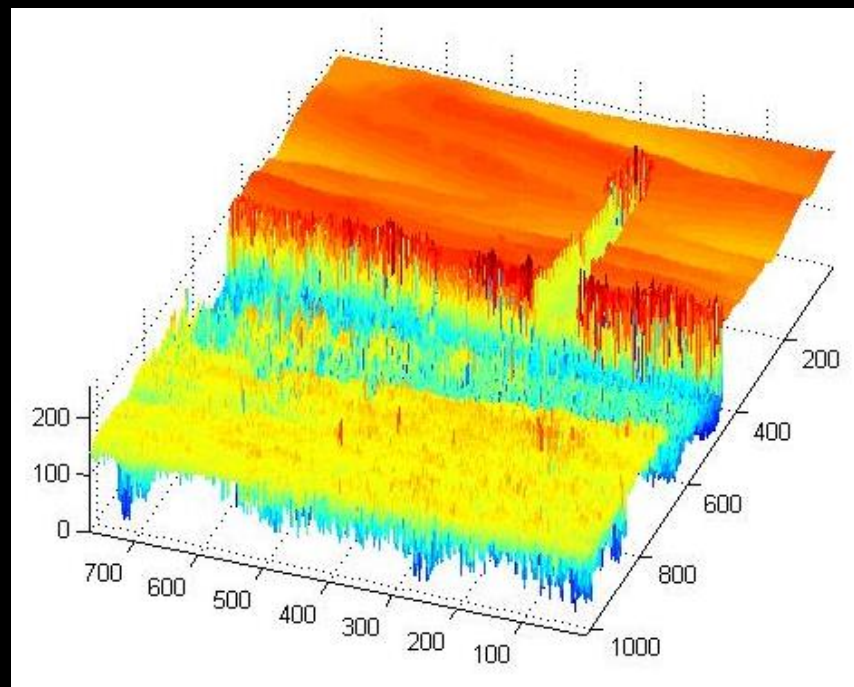
Morfológia

Kostra

Hrúbka – počet erózií do zmiznutia objektu



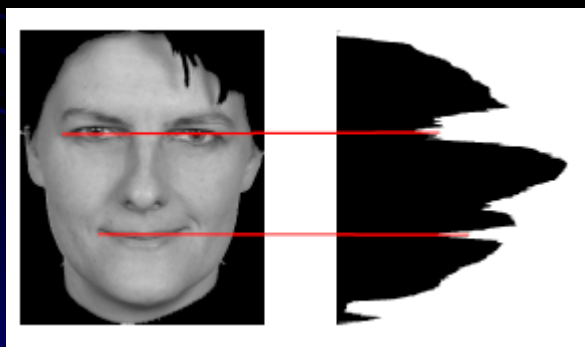
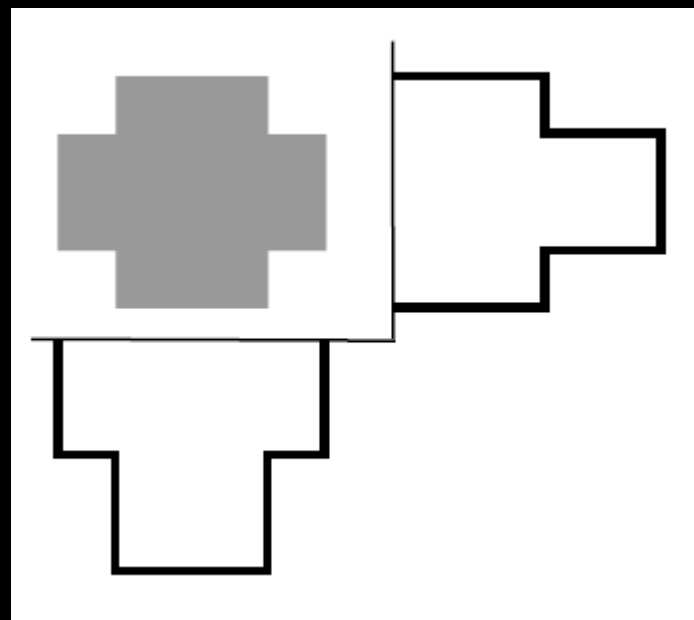
Šedotónový obraz



Projekcie

$$Proj_x(i) = \sum_{j=1}^N I(i, j),$$

$$Proj_y(j) = \sum_{i=1}^M I(i, j),$$



prvý riadok
 druhý, dlhší riadok
 tretí riadok, tiež dlhý
 štvrtý

 šiesty riadok
 x.x.x.
 predposledný riadok
 a posledný, deviaty riadok

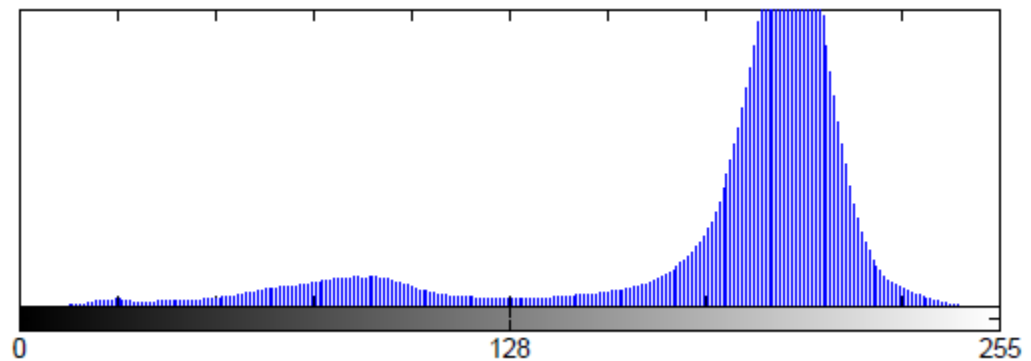
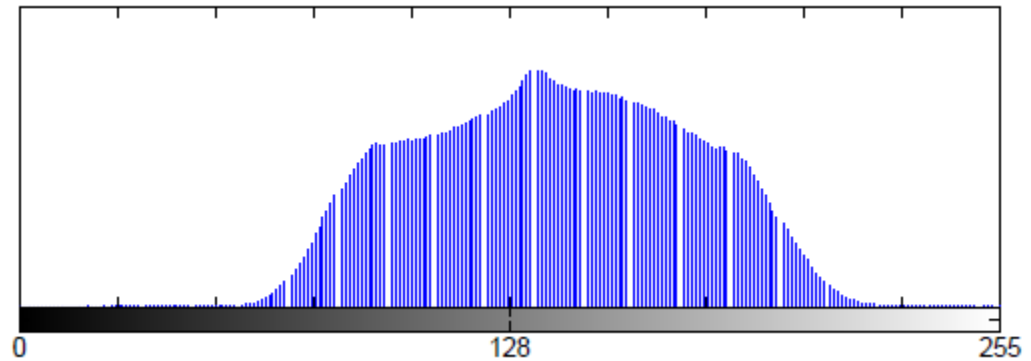
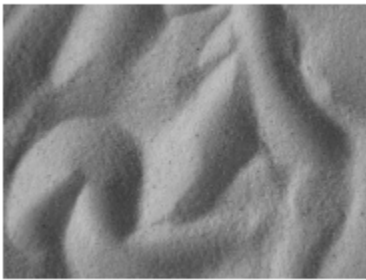


Opisné štatistiky

Histogram

$$P(i) = N(i) / N$$

Tabuľka početností jednotlivých hodnôt

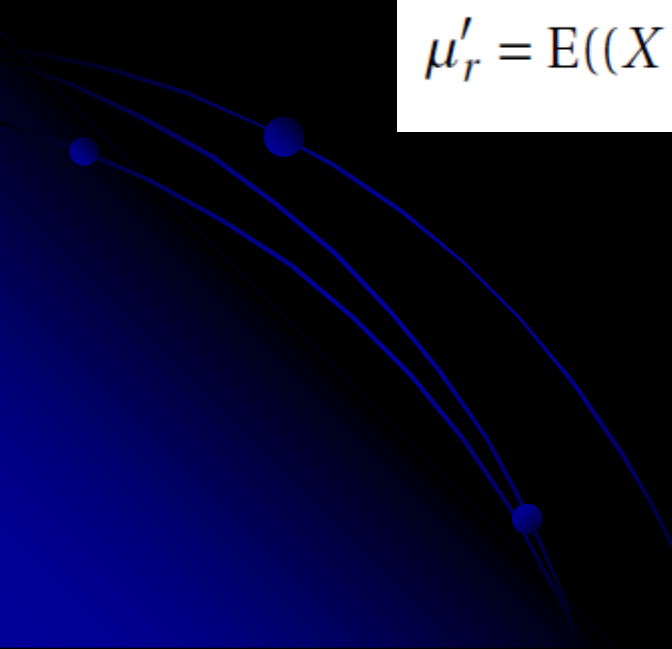


štatistické momenty

Začiatočný moment r-tého rádu

$$\mu_r = E(X^r) = \int_{-\infty}^{\infty} x^r f(x) dx$$

Centrálny moment

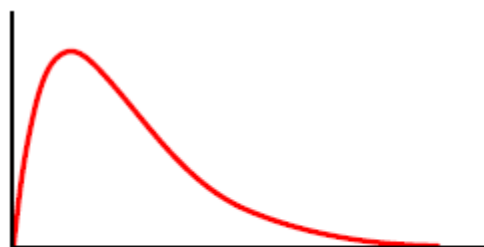
$$\mu'_r = E((X - E(X))^r) = \int_{-\infty}^{\infty} (x - E(X))^r f(x) dx$$


Stredná hodnota

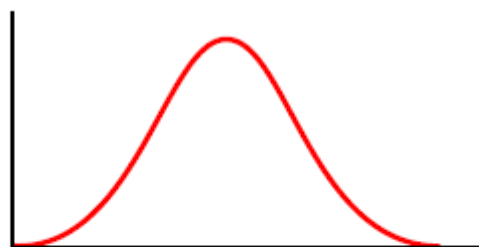
Variancia

Šikmosť

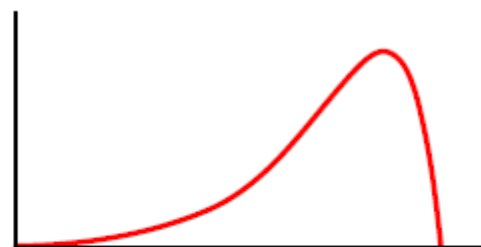
Špicatosť



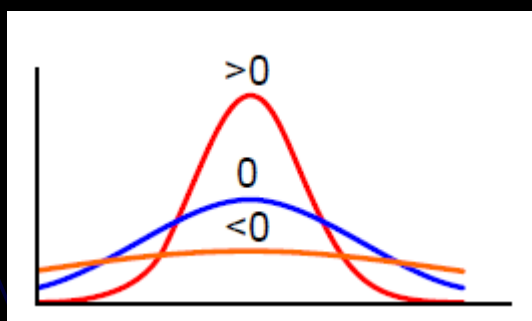
(a) Pozitívne zošikmené rozdelenie.



(b) Symetrické rozdelenie.



(c) Negatívne zošikmené rozdelenie.



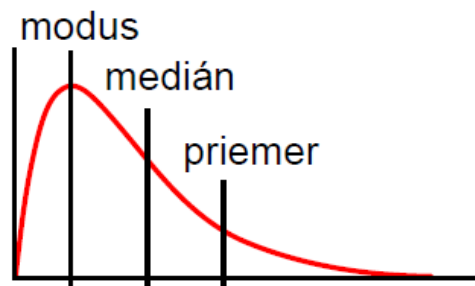
maximum

minimum

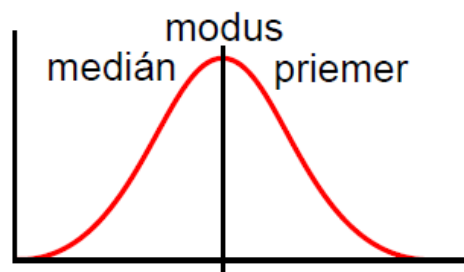
modus (najviac zastúpená hodnota)

medián (hodnota v strede usporiadaných hodnôt)

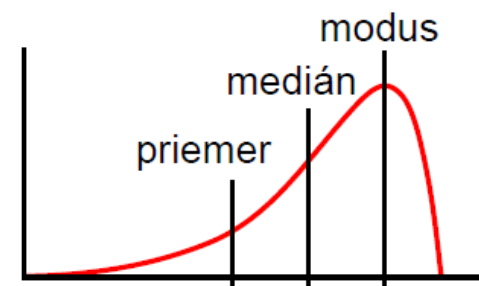
kvartily



(a) Pozitívne zošikmené rozdelenie.



(b) Symetrické rozdelenie.



(c) Negatívne zošikmené rozdelenie.

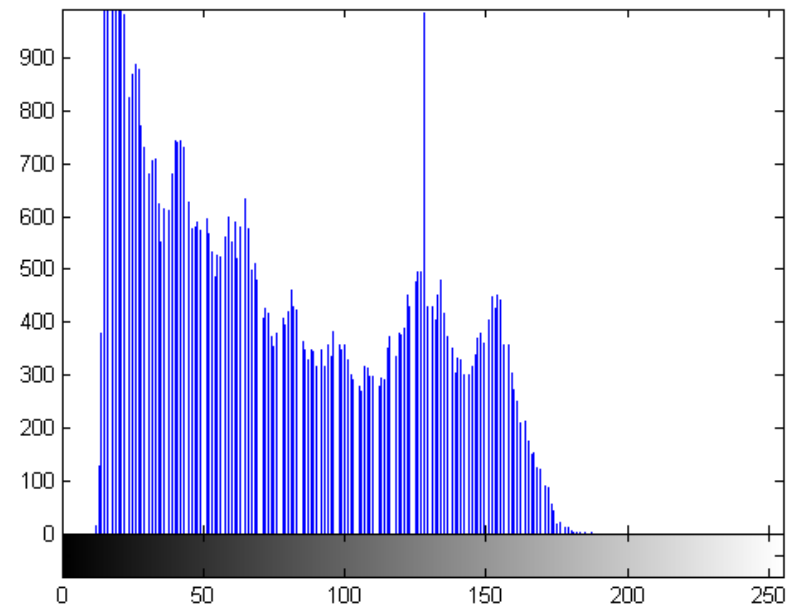
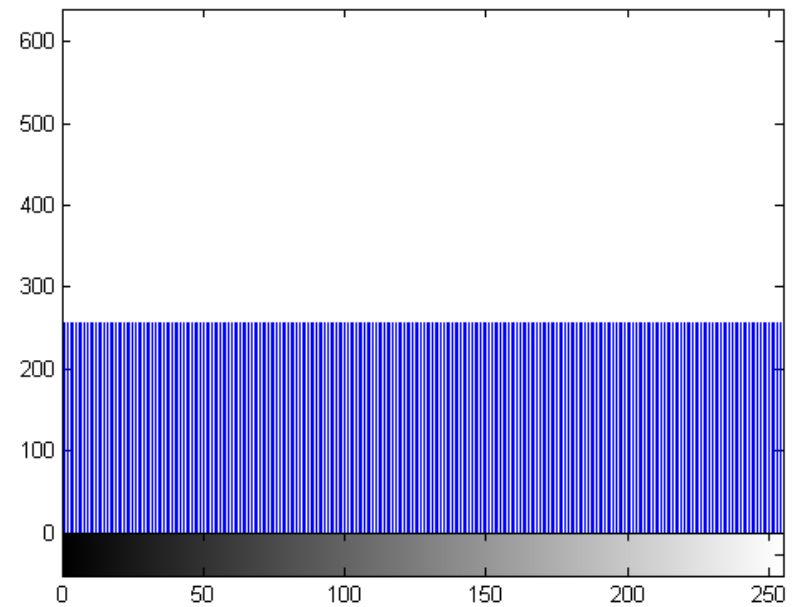
- Spodný kvartil (Q_1) – oddeľuje spodných 25% dát
- Q_2 – oddeľuje spodných 50% dát
- Horný kvartil (Q_3) – oddeľuje spodných 75% dát



Energia a entropia

$$E = \sum_{i=1}^B (P(i))^2,$$

$$H = - \sum_{i=1}^B P(i) \log_2 P(i)$$



0.0039

0.0094

2D štatistické momenty

Obečný

$$m_{r,s} = \sum_{p=0}^{P-1} \sum_{q=0}^{Q-1} p^r q^s g(p,q)$$

Centrálne

$$\mu_{r,s} = \sum_{p=0}^{P-1} \sum_{q=0}^{Q-1} (p - \bar{p})^r (q - \bar{q})^s g(p,q)$$

normalizovaný

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{(\mu_{00})^\gamma}$$

$$\gamma = \frac{p+q}{2} + 1$$

Hu: invariantnosť voči
Rotácii
Posunutiu
Škálovaníu

$$\begin{aligned}\phi_1 &= \eta_{20} + \eta_{02} \\ \phi_2 &= (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \\ \phi_3 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2 \\ \phi_4 &= (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2 \\ \phi_5 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + \\ &\quad (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ \phi_6 &= (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + \\ &\quad 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \\ \phi_7 &= (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + \\ &\quad (3\eta_{12} - \eta_{30})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2].\end{aligned}$$

Iné momenty: Legendre, Zernike, Čebyšev, ...

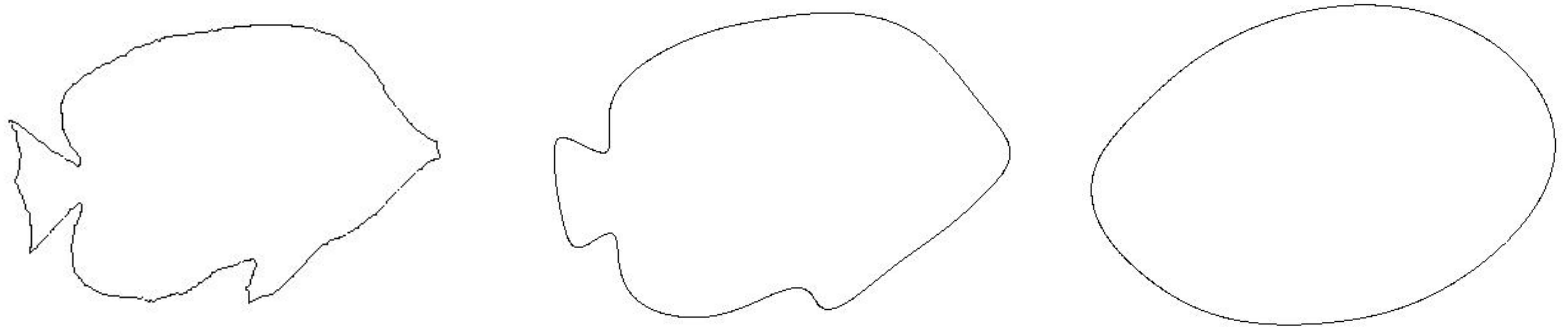
MPEG7 – tvar kontúry

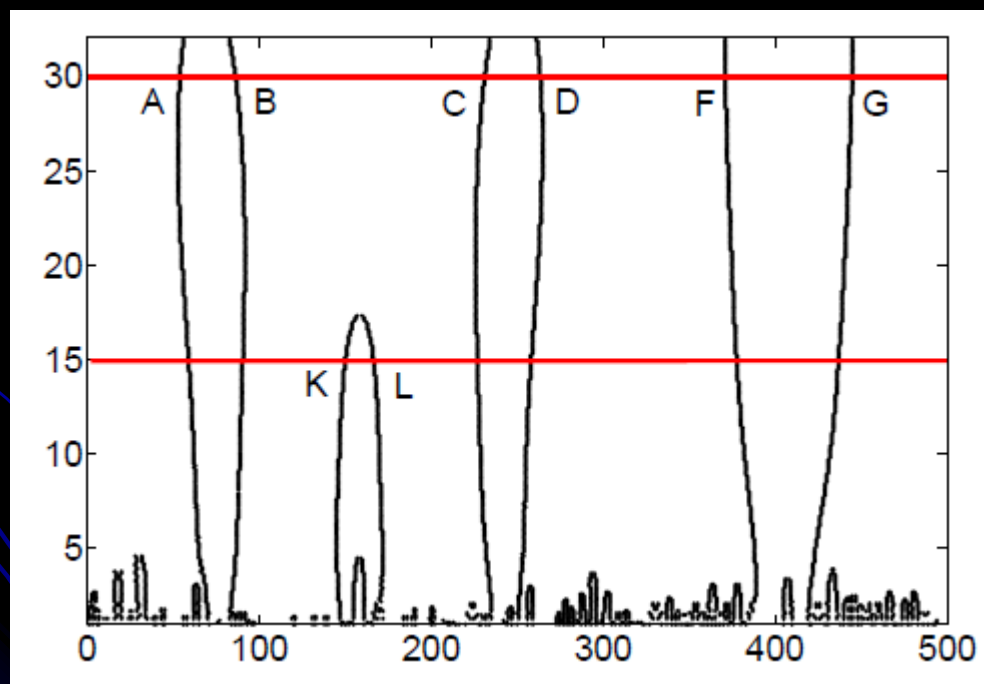
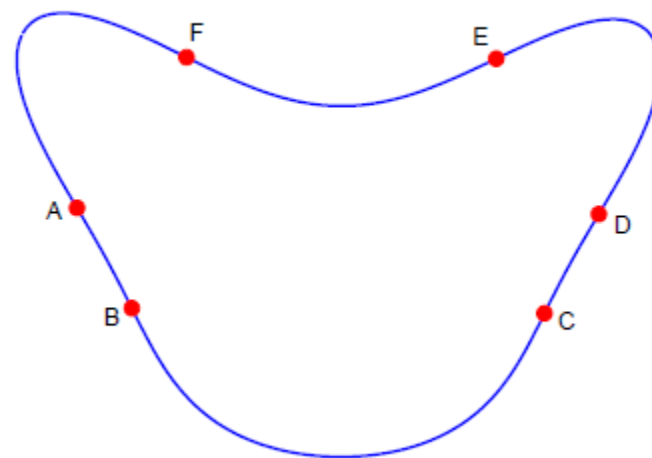
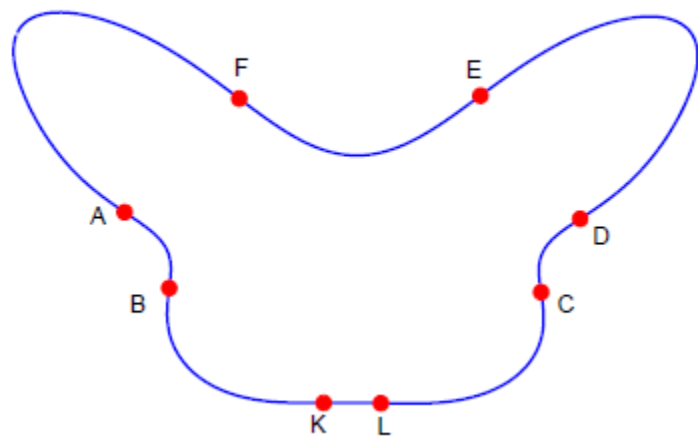
Škálový priestor krivosti – CSS

Gaussovské vyhladenie

Inflexné body

Výsledný deskriptor - lokálne maximá grafu





MPEG7 – tvar oblasti

ART (Angular Radial Transform) koeficienty

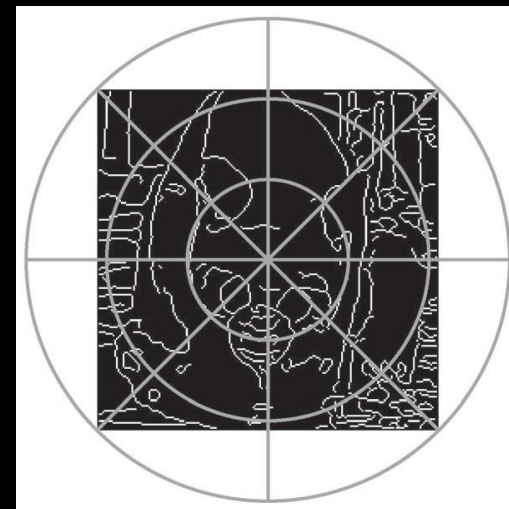
$$F_{nm} = \int_0^1 \int_0^{2\pi} V_{m,n}(\rho, \theta) f(\rho, \theta) d\rho d\theta$$

 $f(\rho, \theta)$

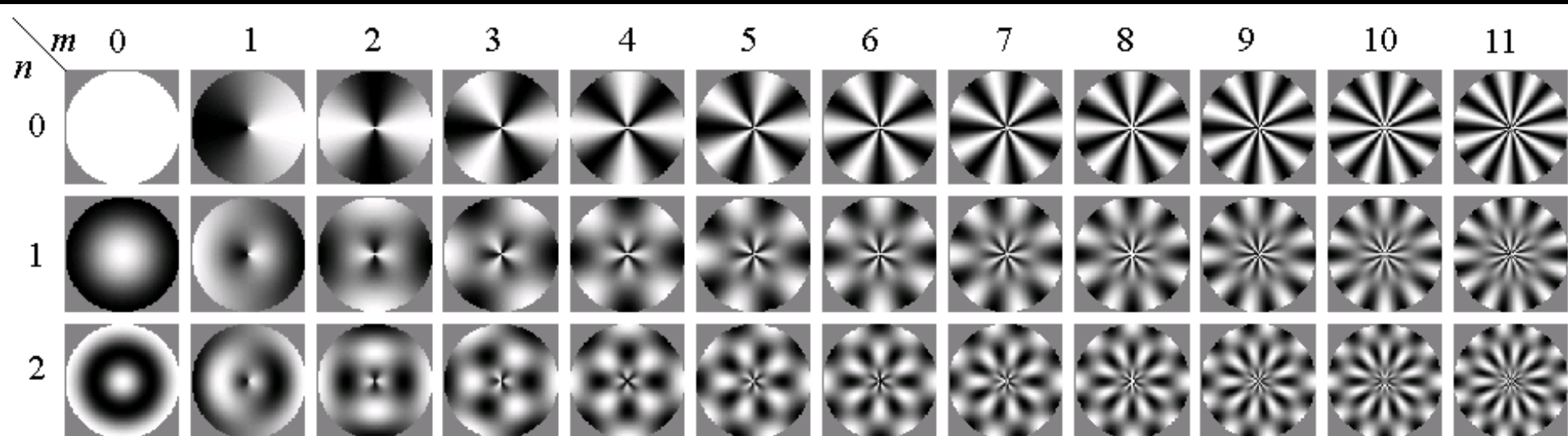
obrazová funkcia
v polárnych súradniciach

$$V_{nm}(\rho, \theta) = A_m(\theta) R_n(\rho)$$

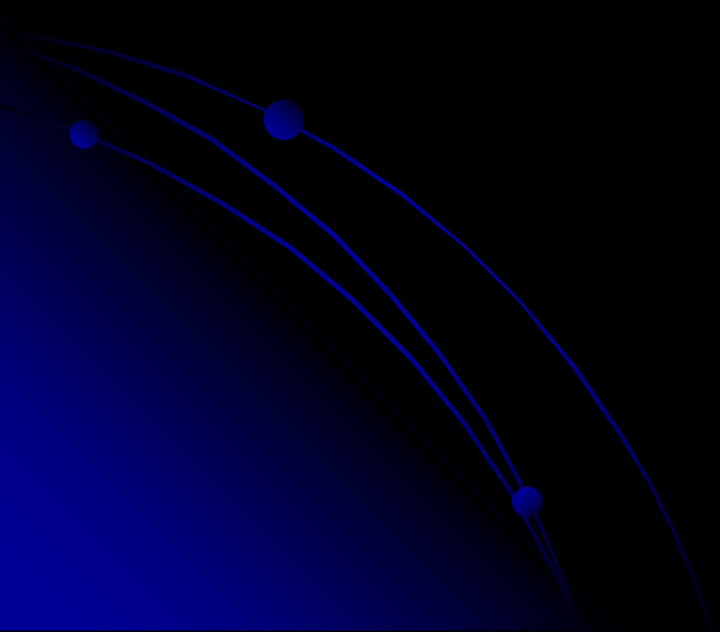
separovateľné ART bázové funkcie



$$V_{m,n}(\rho, \theta) = \frac{1}{\pi} e^{jm\theta} \cos(\pi n \rho).$$



Príznaky farby



Modely farieb

Referenčný model:

CIE XYZ

HW závislé:

RGB, CMYK, televízne
normy

Užívateľsky orientované:

HLS, HSV, HSI

Vnemovo rovnomerné (perceptually uniform) :

CIE Lab, Luv, WUV

Iné:

oponent, TSV, LUX, YES, ...

CIE XYZ

CIE 1931

Medzinárodná komisia pre svetlo

trojica primárnych farieb X, Y, Z

nereálne, supersaturované (> 100%)

všetky farby sa dajú vyrobiť **pozitívnou** kombináciou X, Y, Z

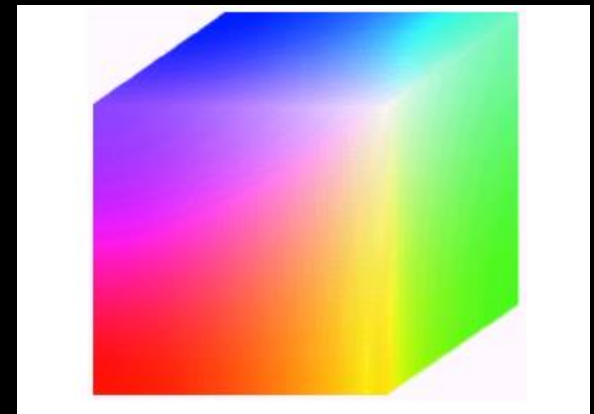
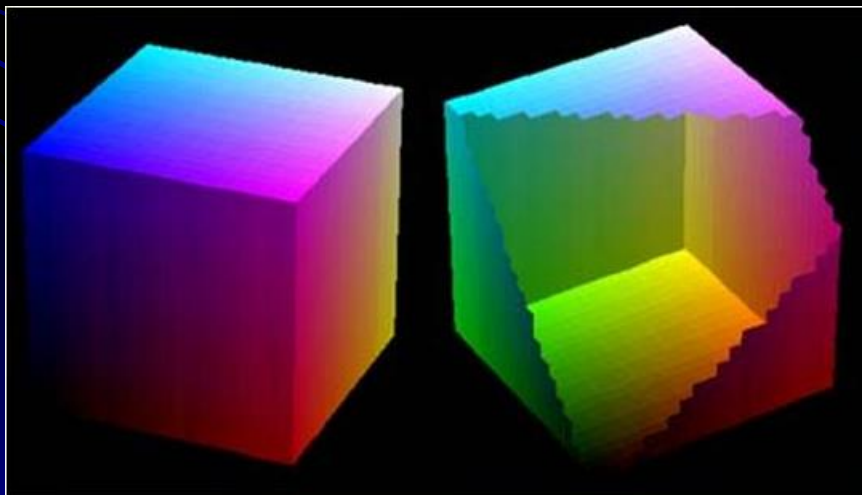
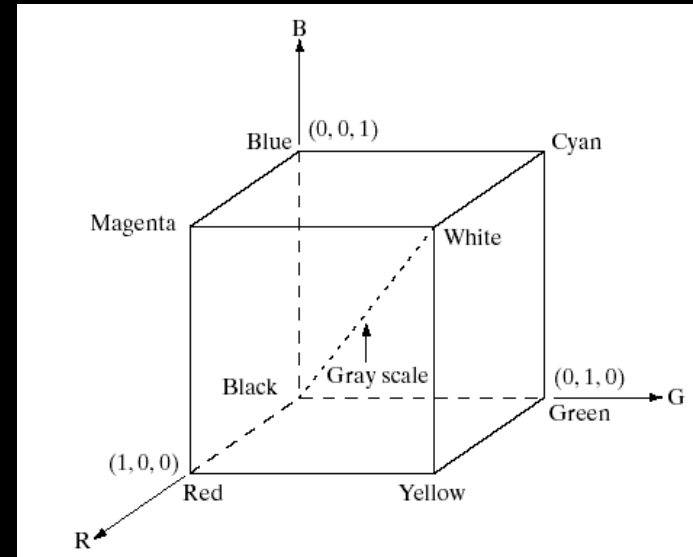
Y zodpovedá intenzite L

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.412453 & 0.357580 & 0.180423 \\ 0.212671 & 0.715160 & 0.072169 \\ 0.019334 & 0.119193 & 0.950227 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{709} \\ G_{709} \\ B_{709} \end{bmatrix}$$

RGB

Najznámejší model
Používaný v monitoroch
Farebné svetlá

Hodnoty $R, G, B \in \langle 0, 1 \rangle$
Kocka



Modely farieb “triedy Y”

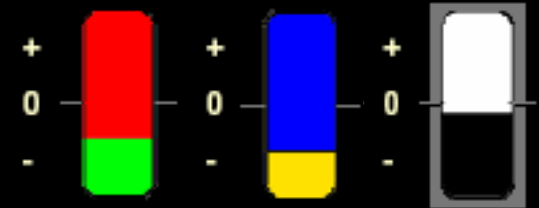
Televízne a video štandardy

YIQ – NTSC

YUV – PAL

YCbCr – digital

YCC – Kodak



Farebná zložka oddelená od jasovej (Y)

Farebná zložka: zeleno/červený kanál
žltý/modro kanál

Vo všeobecnosti:

$$Y' = 0.299R' + 0.587G' + 0.114B'$$

$$C_1 = a_1(R' - Y') + b_1(B' - Y')$$

$$C_2 = a_2(R' - Y') + b_2(B' - Y'),$$

$$\begin{bmatrix} Y' \\ C_1 \\ C_2 \end{bmatrix} = M * \begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix}$$

Užívateľsky orientované modely

Analógia s maliarskym pohľadom
(odtieň, sýtosť, jas)

Vhodné pre vizualizáciu (color maps)

Nelineárny prevod z/do RGB

Tvar: kužeľ (aj dvojitý), ihlan, niekedy valec

Zmena
odtieňa



sýtosti



jasu

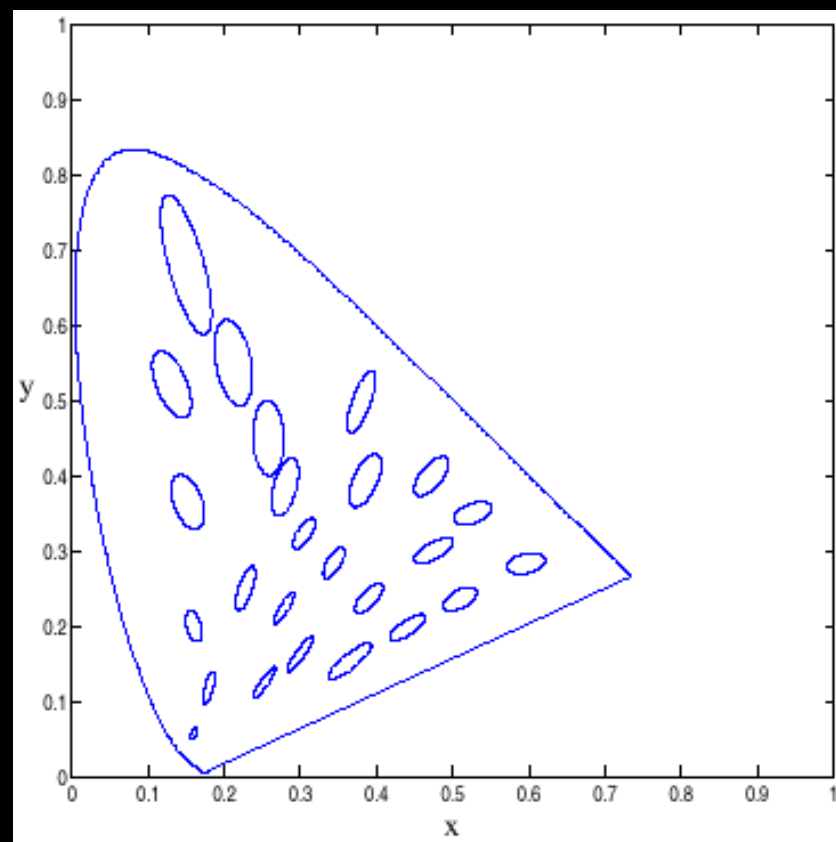


Vnemoivo rovnomerné modely

V doteraz spomínaných modeloch:

Euklidovská vzdialenosť farieb nezodpovedá vizuálnej „vzdialenosti“

McAdamove elipsy v xy –
pre pozorovateľa
nerozlíšiteľné farby



CIE L*a*b*

L* - jas

a*, b* - farebné súradnice

n – súradnice bieleho bodu

Používaný v priemysle

$$L^* = \begin{cases} 116 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - 16 & \text{ak } \frac{Y}{Y_n} > 0.008856 \\ 903.3 \frac{Y}{Y_n} & \text{ak } \frac{Y}{Y_n} \leq 0.008856 \end{cases}$$

$$a^* = 500 \left(f \left(\frac{X}{X_n} \right) - f \left(\frac{Y}{Y_n} \right) \right)$$

$$b^* = 200 \left(f \left(\frac{Y}{Y_n} \right) - f \left(\frac{Z}{Z_n} \right) \right)$$

$$f(t) = \begin{cases} t^{\frac{1}{3}} & \text{ak } t > 0.008856 \\ 7.787t + \frac{16}{116} & \text{ak } t \leq 0.008856 \end{cases}$$

Vzdialenosť farieb

Euklidovská vzdialenosť

CIE L*a*b*

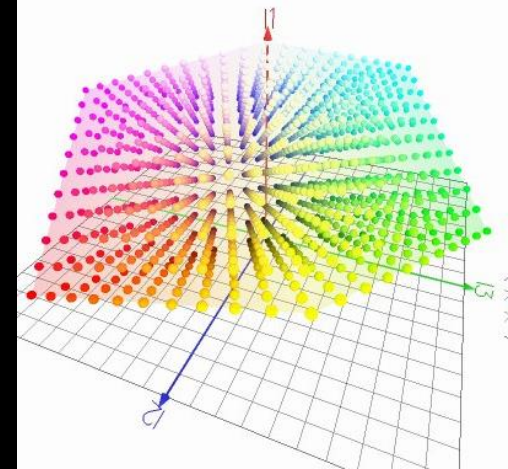
$$\Delta E_{L^*a^*b^*} = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

$\Delta E_{L^*a^*b^*}$	Effect
< 3	Not perceptible
$3 < 6$	Perceptible, but acceptable
> 6	Not acceptable

Iné

I1I2I3 (Ohta) – oponent model
lineárna
transformácia

$$\begin{aligned} I_1 &= (R + G + B)/3 \\ I_2 &= R - G \\ I_3 &= B - \frac{R + G}{2}. \end{aligned}$$



Log-oponent

$$\begin{aligned} I &= L(G) \\ R_g &= L(R) - L(G) \\ B_g &= L(B) - \frac{L(G) + L(R)}{2}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= (R + 1)^{0.3}(G + 1)^{0.6}(B + 1)^{0.1} - 1 \\ U &= \begin{cases} \frac{M}{2} \frac{R+1}{L+1} & R < L \\ M - \frac{M}{2} \frac{L+1}{R+1} & \text{otherwise} \end{cases} \\ X &= \begin{cases} \frac{M}{2} \frac{B+1}{L+1} & B < L \\ M - \frac{M}{2} \frac{L+1}{B+1} & \text{otherwise,} \end{cases} \end{aligned}$$

Zvýraznenie kontrastu
Logaritmické spracovanie obrazu

$$\hat{U} = \begin{cases} 256 \frac{G}{R} & R > G \\ 255 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

$$\begin{bmatrix} Y \\ E \\ S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.253 & 0.684 & 0.065 \\ 0.5 & -0.5 & 0 \\ 0.25 & 0.25 & -0.5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

XEROX – IR obrazy

Iné

$$T = \arctan(r'/g')/\pi + 1/2$$

$$S = [9/5(r'^2 + g'^2)]^{1/2}$$

$$V = (R + G + B)/3,$$

$$r' = (r - 1/3)$$

$$g' = (g - 1/3)$$

$$T = \begin{cases} \arctan(r'/g')/2\pi + 1/4 & g' > 0 \\ \arctan(r'/g')/2\pi + 3/4 & g' < 0 \\ 0 & g' = 0 \end{cases}$$

$$S = [9/5(r'^2 + g'^2)]^{1/2}$$

$$L = 0.299R' + 0.587G' + 0.114B',$$

„uhlové“ modely

„Modrá = 0“

$$\begin{bmatrix} I \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ \frac{-1}{\sqrt{6}} & \frac{-1}{\sqrt{6}} & \frac{2}{\sqrt{6}} \\ \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{-1}{\sqrt{6}} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$H = \arctan \left\{ \frac{V_2}{V_1} \right\}$$

$$S = (V_1^2 + V_2^2)^{1/2}$$

photometric color invariant model $l_1 l_2 l_3$

$$l_1 = \frac{(R-G)^2}{(R-G)^2 + (R-B)^2 + (G-B)^2}, l_2 = \frac{(R-B)^2}{(R-G)^2 + (R-B)^2 + (G-B)^2}, l_3 = \frac{(G-B)^2}{(R-G)^2 + (R-B)^2 + (G-B)^2}$$

MPEG7 - HMMD

HMMD

hue, min, max, diff

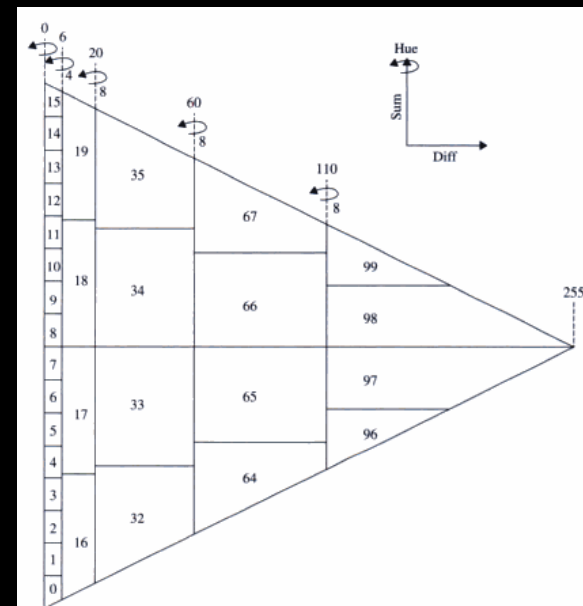
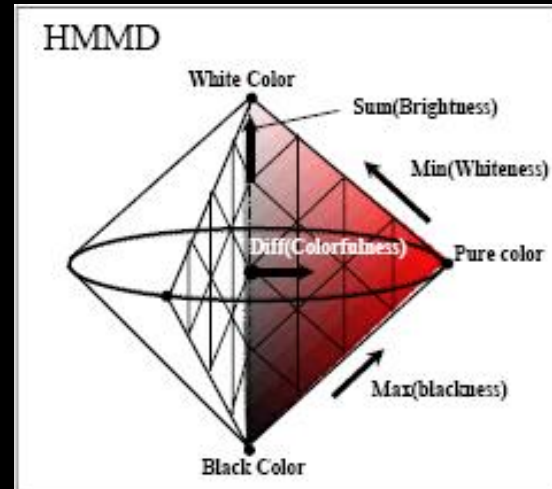
$\min = \min(R, G, B)$

$\max = \max(R, G, B)$

$\text{sum} = (\max + \min) / 2$

$\text{diff} = \max - \min$

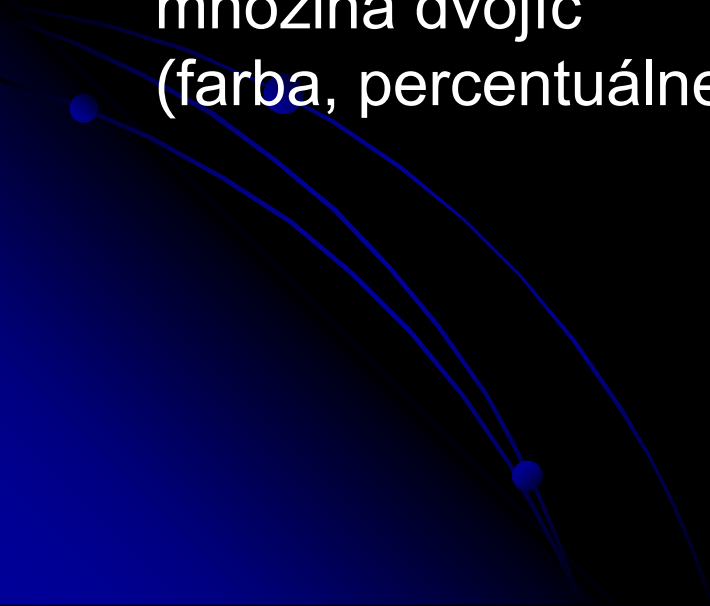
hue – ako v HSV



Dominantná farba

Dominantných farieb môže byť viac, ak každá pokrýva dostatočne veľkú časť obrazu.

Deskriptorom dominantných farieb je väčšinou množina dvojíc
(farba, percentuálne zastúpenie v obraze).



89648 rôznych
RGB trojíc



Kvantovanie

1. Preskúmanie originálneho obrazu, zistenie informácií o použitých farbách
2. Určenie palety na základe týchto informácií
3. Namapovanie farieb na vybrané reprezentatívne farby
4. Vykreslenie nového (kvantovaného) obrazu



Algorithmus



Mapovanie...



Kvantovanie

podľa prístupu k informáciám

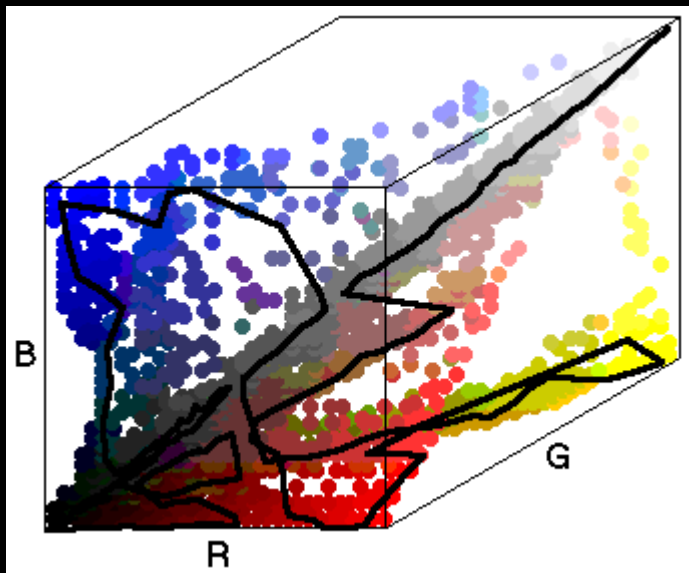
Obrazovo nezávislé:

Paleta reprezentatívnych farieb rovnaká pre všetky obrazy

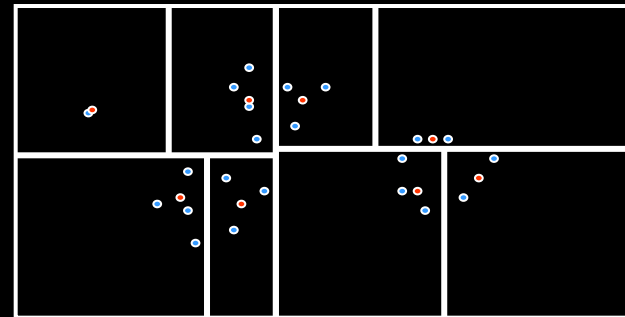
Obrazovo závislé:

Paleta reprezentatívnych farieb pre konkrétny obraz

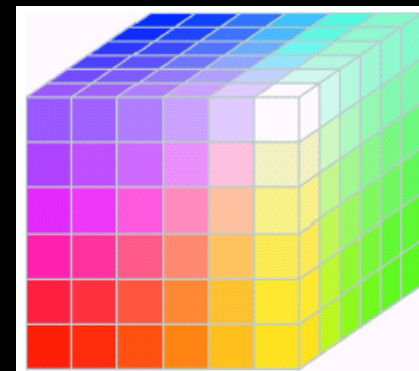




neuquant



Rozdelenie priestoru farieb závisí od skutočného rozloženia farieb v obraze.



Priestor farieb je rozdelený na pravidelné regióny, bez ohľadu na farebné vlastnosti obrazu.

neuquant

4

8

32

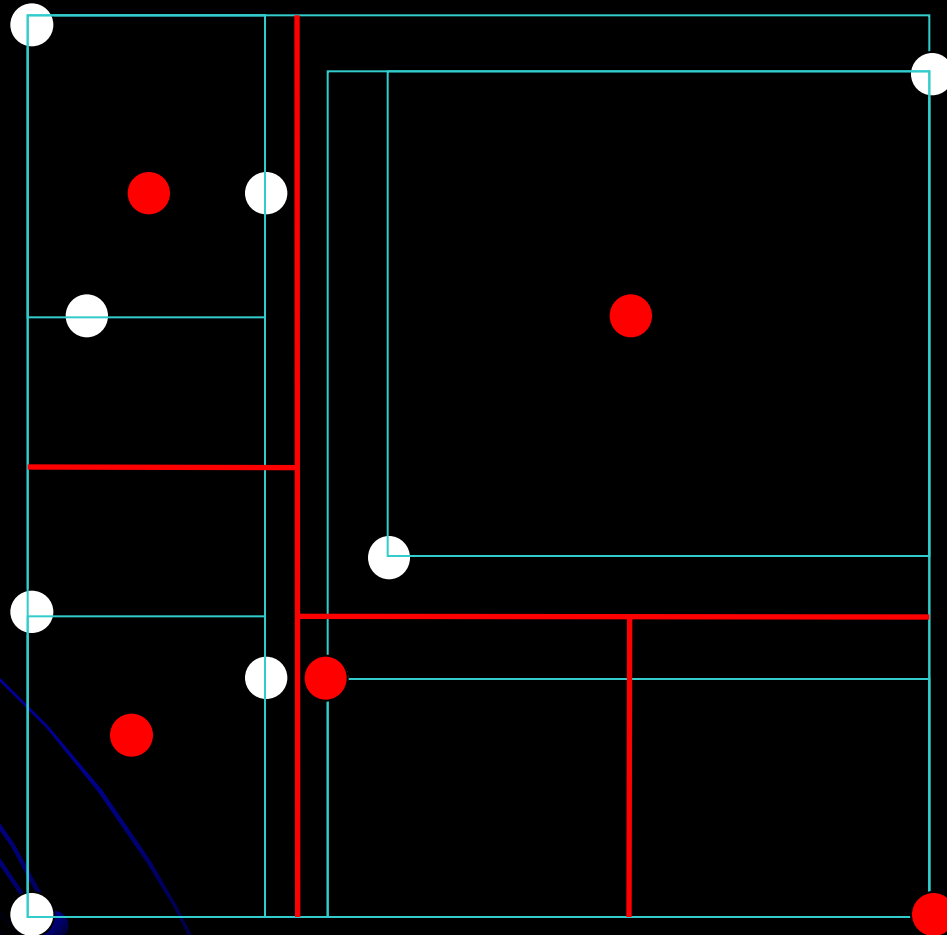
256

Algoritmus rozdelenia podľa mediánu (median cut)

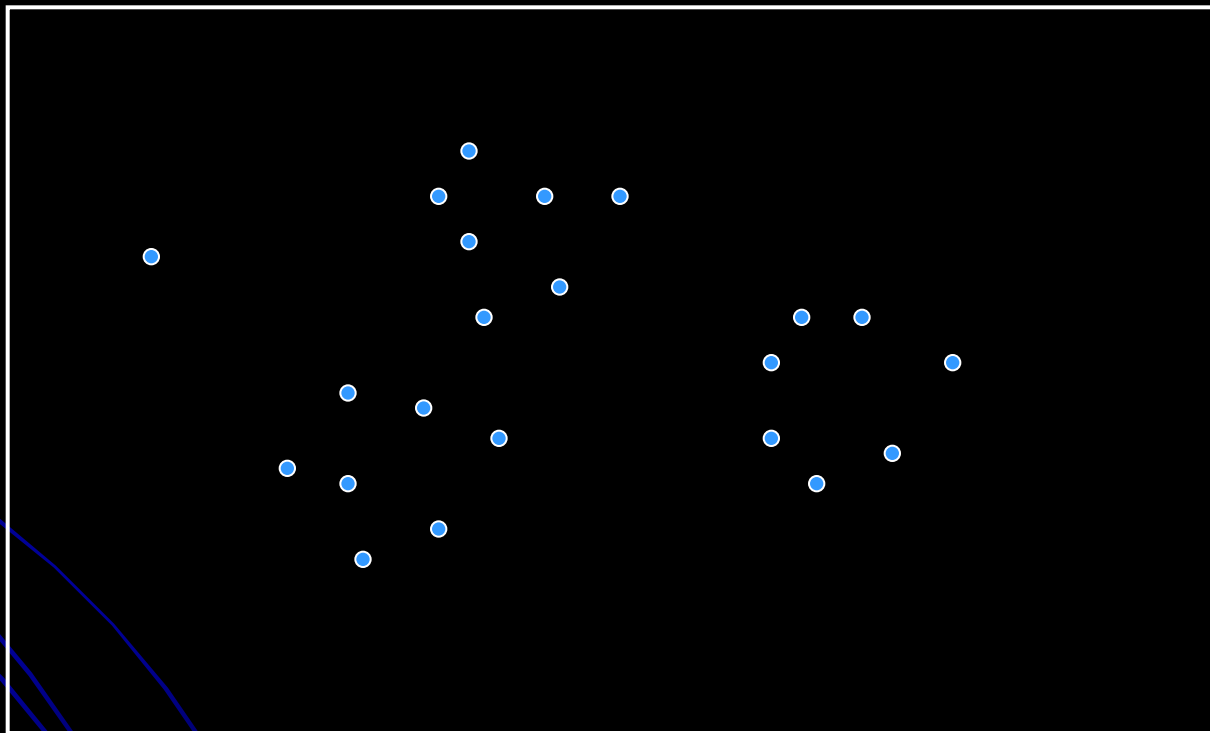
Koncept – reprezentatívne farby zatupujú približne rovnaký počet pôvodných farieb

1. nájdí najmenší obal obsahujúci všetky farby
2. zorad' farby podľa najdlhšej osi
3. rozdeľ obal v bode mediánu
4. opakuj, kým nemáme K farieb

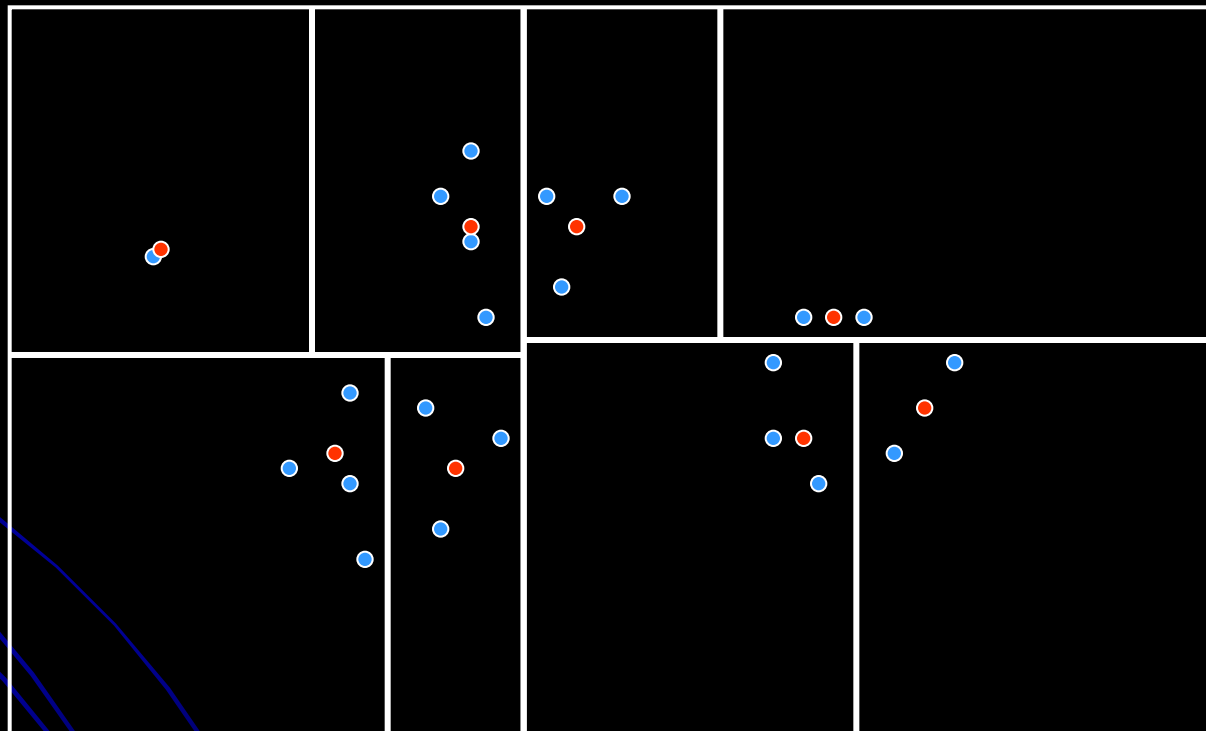
Median Cut



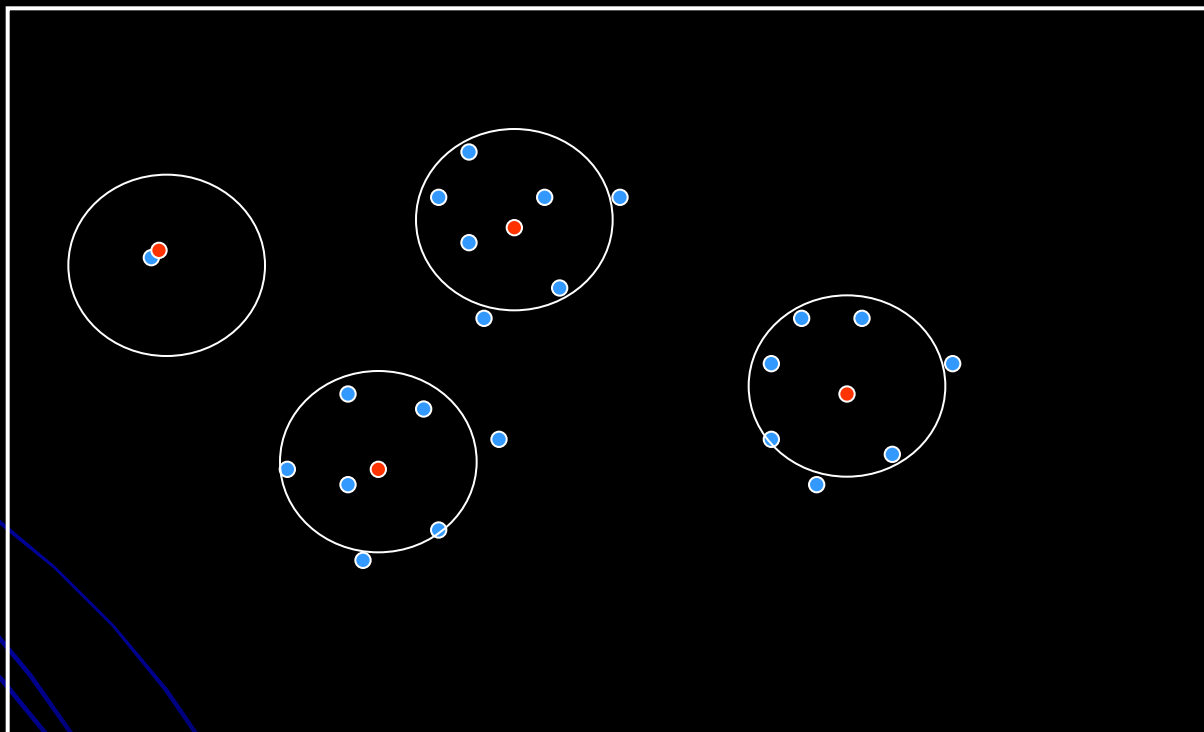
Median Cut



Median Cut



Lepšie riešenie





Median cut



4

32

8

256



Histogram farebných zložiek

$$P_{RGB} = [P_R | P_G | P_B]$$

