


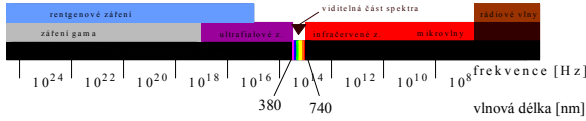


Barvy v počítačové grafice



Co je barva?

světlo = elmg. vlnění v rozsahu $4,3 \cdot 10^{14} - 7,5 \cdot 10^{14}$ Hz



přepočet mezi frekvencí ν a vlnovou délkou λ :
kde c ... rychlost světla $c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ $\lambda = \frac{c}{\nu}$


achromatické světlo - obsahuje všechny frekvence v daném pásmu
- zdroj: Slunce, žárovka
- rozklad např. optickým hranolem

monochromatické světlo - obsahuje sv. zdroj jedné barvy s dominantní frekvencí

barva tělesa - dána schopností pohlcovat a odrážet záření o určitých frekvencích

M. Mudrová, 2004 2

Základní charakteristiky světla



Barva (barevný tón)... závisí na dominantní frekvenci

Jas (svítivost, luminance) ...odpovídá intenzitě světla

Sytost ...čistota barvy světla -
- čím větší je sytost, tím užší je spektrum barevných frekvencí ve světle obsažených

Světlost ... velikost achromatické složky ve světle s dominantní frekvencí

Barevnost (chromaticity) ... slučuje sytost a dominantní frekvenci

Komplementární barvy: takové 2 barevné zdroje, jejichž složením vznikne bílé světlo

M. Mudrová, 2004 3

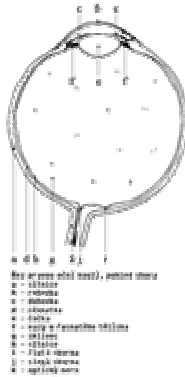
Lidské vnímání barev

Lidské oko

- je schopno rozeznat asi 400 000 barevných odstínů,
- je schopno rozeznat asi 60 úrovní šedé
- záleží na světelných podmínkách
- záleží na vzdálenosti objektu a oka, rozměru objektu
- záleží na osobnosti (věk, únava, ...)

Receptory v lidském oku:

- tyčinky - citlivá vrstva v sítnici, mimo žlutou skvrnu 130 miliónů, umožňují vnímání světla
- čípky - všude v sítnici, převážně ve žluté skvrně 6-7miliónů, umožňují barevné vidění, umožňují ostré vidění za den, světla vyřazeny za šera 3 typy: pro R, G, B – trichromatické vidění

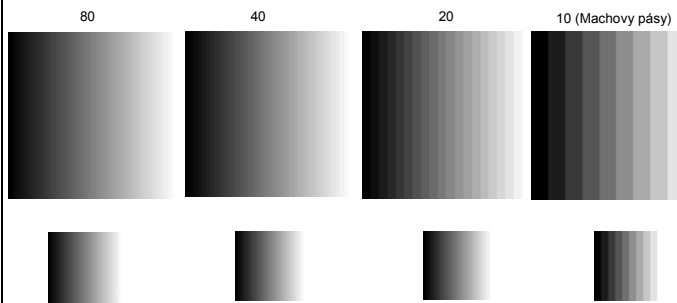


M. Mudrová, 2004

4.

Lidské vnímání barev - příklad

počet úrovní šedi:

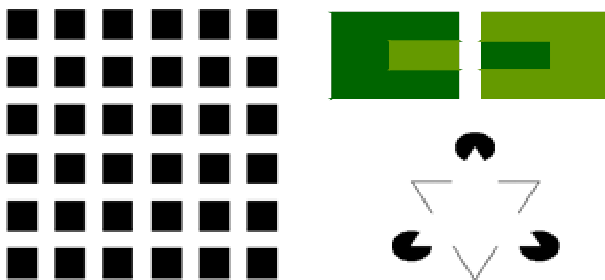


M. Mudrová, 2004

5.

Příklady optických klamů

- vnímání tvarů a barev je ovlivněno také psychikou a dosavadními zkušenostmi osobnosti



M. Mudrová, 2004

6.

Vytváření barev v PG



Jak se vytváří barva na monitoru či tiskárně?

základní otázky:

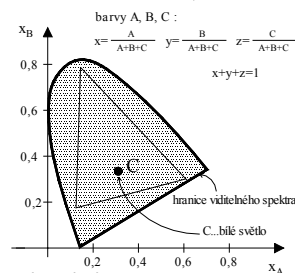
1. výběr základní množiny barev použitelných k namíchání bar. odstínů
2. volba způsobu míchání základních barev

řešení:

1. Red, Green, Blue
Cyan, Magenta, Yellow
2. Aditivní – čím více barvy, tím světlejší výsledek
Subtraktivní – čím více barvy, tím tmavší výsledek

důsledek:
není možno nalézt takové 3 základní barvy, aby pokryly všechny odstíny viditelného spektra

Chromatický diagram CIE



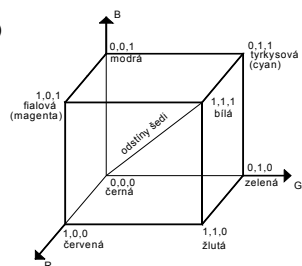
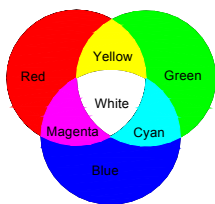
M. Mudrová, 2004

7

Barevný model RGB



- jednoduše technicky realizovatelný
- základní barvy: červená, zelená, modrá
- aditivní míchání barev
- RGBA - A...průhlednost (a - channel)
- použití: monitory,...



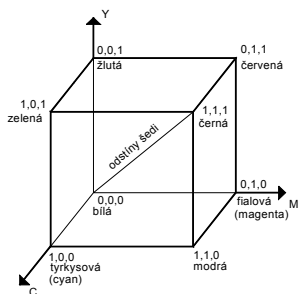
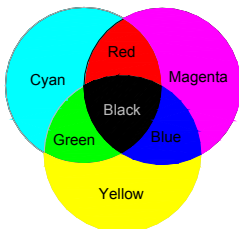
M. Mudrová, 2004

8

Barevný model CMY



- základní barvy: tyrkysová, fialová, žlutá
- subtraktivní míchání barev
- CMYK - K=black
- lepší kvalita černé
- černá je nejlevnější inkoust
- použití: tiskárny,...



M. Mudrová, 2004

9

Barevný model HSV



Jak mám namíchat světlejší odstín téže barvy?

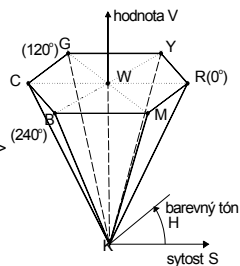
Model HSV (HSB)

H ...barevný tón (*hue*), $<0, 360^\circ>$
udává převládající spektr. barvu

S ...sytost (*saturation*), $<0^\circ, 1>$
určuje čistotu barvy (-příměs jiných barev)

V (B)...jasová hodnota (*value, brightness*) $<0, 1>$
dána množstvím bezbarvého světla

čisté barvy: obvod podstavy ($V=1, S=1$)
dominantní barvy: plášť ($S=1$)



M. Mudrová, 2004

10

Barevný model HLS



Ale lidské oko špatně rozeznává barvy i při přeměře světla...

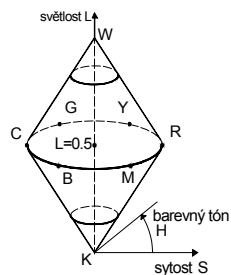
Model HLS

H ...barevný tón (*hue*), $<0, 360^\circ>$
udává převládající spektr. barvu

L ...světlost (*lightness*), $<0^\circ, 1>$
velikost achromatické složky

S ...sytost (*saturation*) $<0, 1>$
určuje čistotu barvy (-příměs jiných barev)

nejjasnější čisté barvy: obvod podstavy
($L=0.5, S=1$)



M. Mudrová, 2004

11

Další barevné modely



Modely pro televizní a video techniku: YUV, $Y C_B C_R$, YIQ

-oddělení jasové složky (luminance) – Y (B)
a barevné (chrominance) - ...

YUV (UWB) ...norma PAL

YIQnorma NTSC (Amerika)

Y – jas

I, Q – oranžové a modrozelené světlo

$Y C_B C_R$... norma SECAM, video, formát JPEG

Y $\in <0, 1>$ - jas

$C_B, C_R \in <-0.5, 0.5>$ - modré a červené světlo

převody s RGB modelem – jednoduché (maticové násobení)

M. Mudrová, 2004

12

Převody mezi barevnými modely



Převod RGB - CMY: **Red a Cyan**
Green a Magenta
Blue a Yellow } jsou komplementární barvy

$$\begin{bmatrix} c \\ m \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} r \\ g \\ b \end{bmatrix}$$

! různé trojúhelníky v CIE diagramu
(color gamut)

Převod RGB - HLS, HSV: algoritmus
- nedefinované hodnoty (např. H pro S=0),.....

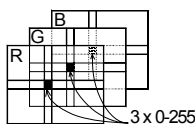
M. Mudrová, 2004

13

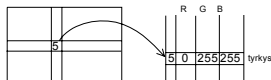
Barevná reprezentace rastrového obrazu



1. true color: 3x8 bitů/1pixel ~ 16 mil. barev
+ popř. další bity vyhrazené dalším informacím,



2. indexový: použití palety,
typicky 3-3-2 nebo vlastní paleta obrázku



3. intenzitní: odstíny šedi – počet odstínů závisí na bitové hloubce,
typicky 8bit/1pixel~256 odstínů šedi
převod z RGB: $I=0.299r+0.587g+0.114b$

4. monochromatický obraz: 1bit/1pixel - černobílý

M. Mudrová, 2004

14

Redukce barev



Jak mohou omezit bitovou hloubku obrazu?

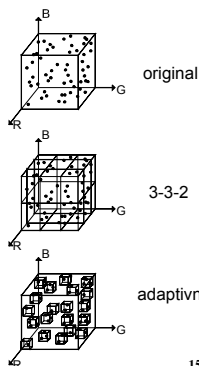
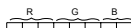
vstup: obraz RGB 3x8 bitů

cíl: obraz RGB 1x8 bitů

řešení: použití barevné palety (colormap)

Tvorba barevné palety:

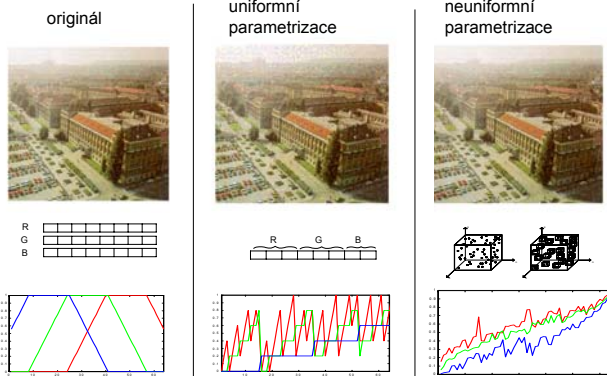
1. standardní 3-3-2
2. adaptivně vytvářená
– na základě histogramu
požadavky na oblasti v RGB krychli:
 1. stejná velikost
 2. stejný počet odstínů



M. Mudrová, 2004

15

Příklad redukce barev I



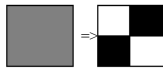
M. Mudrová, 2004

16

Rozptylování a polotónování

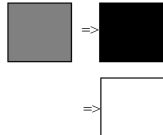
= techniky pro omezení barevné palety
- použití v barevném i v šedotónovém zobrazení

polotónování
(halftoning)



- dochází k zvětšení obrazu
- různé rozptylovací matice
- použití u tiskáren

rozptylování
(dithering)



- velikost obrazu je zachována
- algoritmy:
 - náhodné rozptýlení
 - distribuce chyby (Floyd-Steinberg)

M. Mudrová, 2004

17

Příklad redukce barev II



M. Mudrová, 2004

18

Algoritmus náhodného rozptýlení



Příklad:

Vstup: šedotónový obraz s bit. hloubkou 4 bity/pixel
(tj. 16 úrovní šedi - $I_{vst} \in \langle 0, 15 \rangle$)

Cíl: Černobílý obraz – bitová hloubka 1bit/pixel ($I_{výst} \in \langle 0, 1 \rangle$)

Algoritmus náhodného rozptýlení:

- pro každý pixel výst. obrazu:

$I_{výst}=0$

jestliže $I_{vst} \geq$ náh. číslo z $\langle 0, 15 \rangle$ pak $I_{výst} = I_{výst} + 1$

vlastnosti algoritmu:

- pixely s $I_{vst}=0$ budou mít $I_{výst}=0$ (černý p. zůstane černý)
- pixely s $I_{vst}=15$ budou mít $I_{výst}=1$ (bílý p. zůstane bílý)
- pixely s $I_{vst} \in \langle 0, 15 \rangle$ budou černé či bílé se zachováním jasových poměrů v obrázku díky porovnání I_{vst} s náhodným číslem

M. Mudrová, 2004

19

Příklad



Optimalizace barevné palety obrázku

Optimalizujete barevnou paletu daného obrázku. U původního i nového obrázku zobrazte také barevnou paletu a složení barev v modelu RGB

```
% zmena barevne palety
```

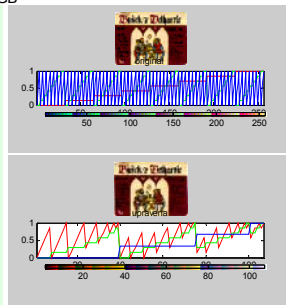
```
h=get(0,'children');  
delete(h)
```

```
f1=figure(1);  
[x,map]=imread('busek.bmp');  
[y,optmap]=cmmunique(x,map);  
axes('position',[0.1 0.6 0.8 0.35]),  
imshow(x,map),
```

```
axes('position',[.1 .2 .8 .35]),rgbplot(map)  
axis([1 size(map,1) 0 1]),colorbar('horiz')  
title('original')
```

```
f2=figure(2);  
axes('position',[0.1 0.6 0.8 0.35]),  
imshow(y,optmap),
```

```
axes('position',[.1 .2 .8 .35]),rgbplot(optmap)  
axis([1 size(optmap,1) 0 1]),colorbar('horiz')  
title('upravena')
```



M. Mudrová, 2004

20

Příklad



Barevné modely

Převedte daný obrázek do bar. modelu YIQ a do modelu HSV. Zobrazte jednotlivé složky

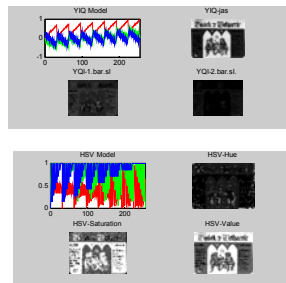
```
% Barevne modely  
delete(get(0,'children'))  
[x,map]=imread('busek.bmp');
```

```
% 1. rozklad do YIQ barevneho modelu
```

```
yiqr=rgb2ntsc(map);  
figure(1), subplot(221),  
rgbplot(yiqr), title('YIQ Model')  
[y,i,q]=ind2rgb(x,yiqr);  
subplot(222),  
figure(1), imshow(y,256),title('YIQ-Jas')  
subplot(223),  
figure(1), imshow(i,256),title('YIQ-1.bar.s1')  
subplot(224),  
figure(1), imshow(q,256),title('YIQ-2.bar.s1')
```

```
% 2. rozklad do barevneho modelu HSV
```

```
figure(2)  
hsv=rgb2hsv(map);  
[h,s,v]=ind2rgb(x,hsv);  
subplot(222),  
figure(2), imshow(h,64),title('HSV-Hue')  
subplot(223),  
figure(2), imshow(s,64),title('HSV-Saturation')  
subplot(224),  
figure(2), imshow(v,64),title('HSV-Value')  
subplot(221),  
rgbplot(hsv),title('HSV Model')
```



M. Mudrová, 2004

21