

Václav Skala

Západočeská univerzita, Americká 42, Box 314, 306 14 Plzeň

e-mail: skala@kron.zcu.cs skala@eros.zcu.cs

1. Úvod

S rozvojem aplikací výpočetní techniky roste i použití barev v oblasti počítačové grafiky. Kromě známých barevných systémů existuje ještě celá řada systémů, které jsou méně známy, i když jsou významné z hlediska aplikací v oblasti výpočetní techniky. Vedle barevných systémů RGB, CMY, CMYK, YIQ existují systémy HLS, HSV, HSI, které jsou orientovány uživatelsky. Některé systémy, např. CIE-xy, CIE-uv, CIE-UVW, CIE-LAB a CIE-L*u*v*, jsou známy více v oblasti aplikací osvětlovací techniky. Některé systémy zasluhují větší pozornosti i z hlediska aplikací počítačové grafiky. Informace o jednotlivých barevných systémech jsou shrnuty v [1] včetně vzájemných převodů a souvislostí.

Vidíme-li světlo určité vlnové délky, získáváme určitý vjem barvy. Přirozené zdroje světla však neobsahují pouze jednu vlnovou délku, i když vnímáme určitou barvu. Je známo, že většina reálných barev může být vytvořena pomocí základních barev, a to červené (R-Red), zelené (G-Green) a modré (B-Blue) v aditivním systému RGB, resp. modrozelené (C-Cyan), purpurové (M-Magenta), žluté (Y-Yellow) v subtraktivním systému CMY.

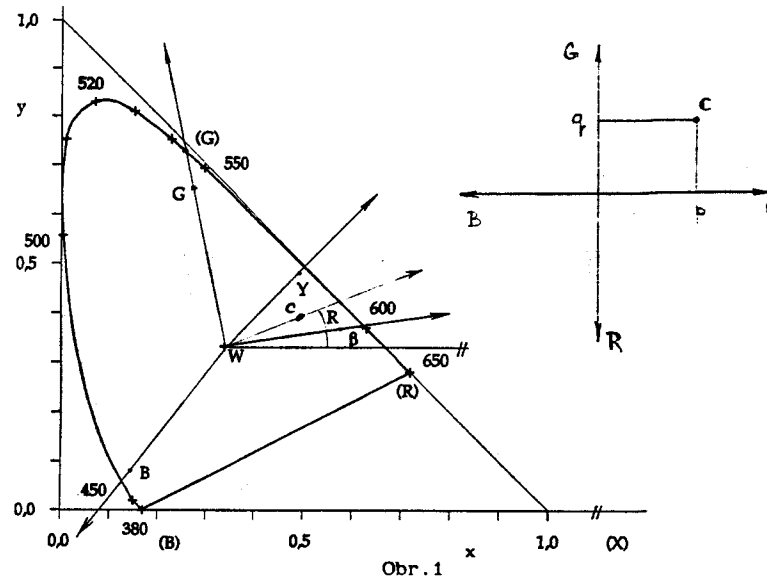
Kromě běžných systémů jsou používány též systémy respektující způsob vnímání barev. Podle teorie jsou na sítnici oka tři druhy čípků, které produkují tři různé signály na základě světelného podnětu, a to:

- signál jasový jako souhrnný vjem v oblasti červené a zelené,
- signál pro odlišení barev v oblasti červená - zelená,
- signál pro odlišení barev v oblasti žlutá - modrá.

Systémy založené na uvedeném principu vysvětlují celou řadu jevů v oblasti vnímání barev.

2. Systém Opponent

Jedním z nejjednodušších systémů je systém Opponent, který je založen na předpokladu, že barvy jsou určeny polohou (p,q) v diagramu RYGB. Obr.1 pak znázorňuje, jak jsou jednotlivé složky definovány při převodu ze systému CIE-xy, popř. RGB.



Obr.1

p	q	β
≥ 0	≥ 0	$\vartheta_Y + (\vartheta_G - \vartheta_Y) \frac{2}{\pi} \arctg(\frac{q}{p})$
< 0	≥ 0	$\vartheta_G + (\vartheta_B - \vartheta_G) \frac{2}{\pi} \arctg(-\frac{p}{q})$
< 0	< 0	$\vartheta_B + (\vartheta_R - \vartheta_B) \frac{2}{\pi} \arctg(\frac{q}{p})$
≥ 0	< 0	$\vartheta_R + (\vartheta_Y - \vartheta_R) \frac{2}{\pi} \arctg(-\frac{p}{q})$

Tabulka 1

kde úhel ϑ_Y je úhel seřazený osou x a spojnicí bodu x_w , který reprezentuje bílou barvu, a bodu Y, který reprezentuje žlutou barvu (Yellow); analogické vztahy platí pro ϑ_G , ϑ_R , ϑ_B .

Je-li barva c v systému Opponent určena polohou (p, q) v diagramu RYGB a jasem L , pak je poloha barvy c v systému CIE-xy určena úhlem β , vzdáleností od bodu reprezentujícího bílou barvu a jasem. Úhel β je definován vztahy, viz tab.1.

Vzdálenost od bodu x_w je pak určena vztahem

$$R = \sqrt{p^2 + q^2}$$

Pak souřadnice barvy c v systému CIE-xy jsou přibližně určeny takto:

$$x = x_w + R \cos \beta, \quad x = x_w + R \sin \beta,$$

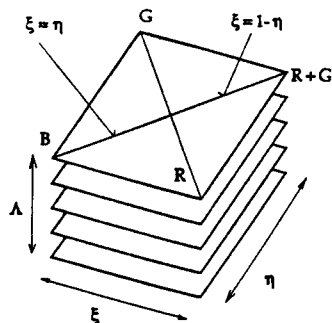
$$z = 1 - x - y$$

V souřadném systému XYZ má barva c souřadnice

$$X = x \frac{L}{y}, \quad Y = L, \quad Z = z \frac{L}{y}$$

Tento přepočít je sice poměrně hrubý, ale je kvalitativně správnou aproximací fyziologického vizuálního systému. Pro případné srovnávání je vhodné přesně definovat referenční body systému Opponent.

The RGYB Color Geometry



Obr. 2

I když tento systém vysvětluje mnohé jevy, je však výpočetně poměrně náročný, přičemž gamut barev pro display je nelineární a systém neposkytuje jednoduchá pravidla pro mísení barev. Z tohoto důvodu byl zaveden systém RGYB.

3. Systém RGYB

Systém RGYB byl zaveden pro odstranění některých vad systému Opponent. Jeho princip je znázorněn na obr.2. Z obrázku je zřejmé, že achromatické barvy, tj. bílá, odstíny šedé a černá, jsou určeny bodem $\xi = 0,5$, $\eta = 0,5$, přičemž Λ určuje úroveň jasu, tj. šed.

Pro systém RGYB platí tyto převodní vztahy pro převod do systému RGB

$$R = \xi \Lambda, \quad G = \eta \Lambda,$$

$$B = (1 - \max(\xi, \eta)) \Lambda,$$

kde

$$\xi \in \langle 0, 1 \rangle, \quad \eta \in \langle 0, 1 \rangle, \quad \Lambda \in \langle 0, 1 \rangle.$$

Z hlediska výpočetní náročnosti jsou požadavky zanedbatelné. Uvedený systém vykazuje navíc i jiné dobré vlastnosti, např. z hlediska mísení barev, kdy pravidla mají lineární charakter. Pro $\Lambda \in \langle 1, 2 \rangle$ systém respektuje i vliv saturace.

Systém RGYB lze též modifikovat tak, že

$$R = 2\xi - \Lambda\xi + \Lambda - 1,$$

$$G = 2\eta - \Lambda\eta + \Lambda - 1,$$

$$B = \max(\xi, \eta)(\Lambda - 2) + 1.$$

Pak "horní vrstva", tj. $\Lambda = 2$, je celá bílá, zatímco "dolní vrstva", tj. $\Lambda = 0$, je celá černá a "prostřední vrstva", tj. $\Lambda = 1$, obsahuje úplnou paletu barev.

Až dosud byly předloženy různé barevné systémy a jejich vzájemné převody. Při použití moderních barevných výstupních zařízení je nezbytné zkoumat i otázku zajištění stejného barevného vjemu jak na obrazovce, tak i na výstupu z barevné tiskárny. Uspokojivé řešení tohoto problému je velmi náročné a zcela překračující možnosti dostupné techniky.

4. Systém AC_1C_2

Systém AC_1C_2 odvodil Meyer, který definoval převodní vztahy takto

$$\begin{bmatrix} A \\ C_1 \\ C_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,0177 & 1,0090 & 0,0073 \\ -1,5370 & 1,0821 & 0,3209 \\ 0,1946 & -0,2045 & 0,5264 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

5. Systém S₀W

Systém S₀W není příliš znám a jde vlastně o vyjádření systému CIE UVW v polárním souřadném systému. Proměnná S popisuje saturaci barvy, θ barevný tón a W jas barvy, viz CIE-UVW. Pro souřadnice S, θ , W platí následující převodní vztahy

$$S = \sqrt{U^2 + V^2} = 13 W \sqrt{(u - u_w)^2 + (v - v_w)^2},$$

$$\theta = \arctg(v/u) = \arctg[(v - v_w)/(u - u_w)],$$

kde (u_w, v_w) je pozice smluvního bílého světla v diagramu CIE-uv.

Mnohá grafická zařízení nemají k dispozici velkou paletu barev, např. laserové nebo inkoustové tiskárny, zatímco dnes již standardní karta Super VGA poskytuje alespoň 256 barev současně zobrazitelných. Výstupní rastrová grafická zařízení lze rozdělit z hlediska použití barev takto:

výstupní zařízení	$\left\{ \begin{array}{l} \text{s pevnou} \\ \text{paletou} \\ \\ \text{s volitelnou} \\ \text{paletou} \end{array} \right.$	inkoustové, laserové tiskárny
		$\left\{ \begin{array}{l} 3 - 4 \text{ barvy v paletě} \\ \text{VGA } 16 \text{ barev/256 možných} \\ \text{Super VGA } 256 \text{ barev/4K možných} \\ \text{speciální 4K barev/10}^6 \text{ možných} \end{array} \right.$

(1K = 1024)

Je zřejmé, že docílit velmi věrného barevného výstupu není víceméně problémem, pokud je použit vhodný video-interface a displej. Naproti tomu docílit velmi kvalitního výstupu např. na laserové nebo inkoustové tiskárně při použití pouze 3 - 4 barev je velmi obtížné. Obecně lze říci, že je možné použít modifikovaných technik pŕltónování [1] k docílení velmi věrného barevného výstupu.

6. Závěr

Barevné systémy a jejich aplikace v oblasti barevných výstupů nabízejí celou řadu nových možností, které budou aktuální zejména z hlediska dostupnosti barevných výstupů. Cílem příspěvku není podat vyčerpávající přehled a souvislosti, které mohou být nalezeny v [1], kde je uvedena i celková použitá literatura, ale poukázat na některé systémy, které mohou být z hlediska aplikací počítačové grafiky aktuální.

7. Literatura

- [1] Skala V: Algoritmy počítačové grafiky III, skripta ZČU Plzeň, 1992.