

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

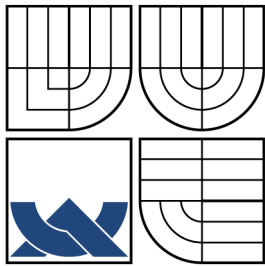
VYBRANÉ ALGORITMY SPRÁVY BAREV

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

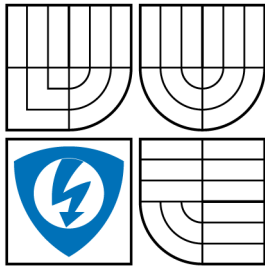
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MICHAL KARÁSEK

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND
COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

VYBRANÉ ALGORITMY SPRÁVY BAREV SELECTED ALGORITHM OF COLOR MANAGEMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MICHAL KARÁSEK

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

MGR. PAVEL RAJMIC, PH.D.

BRNO 2009

ZDE VLOŽIT LIST ZADÁNÍ

Z důvodu správného číslování stránek

ZDE VLOŽIT PRVNÍ LIST LICENČNÍ
SMOUVY

Z důvodu správného číslování stránek

ZDE VLOŽIT DRUHÝ LIST LICENČNÍ
SMOUVY

Z důvodu správného číslování stránek

ABSTRAKT

Bakalářská práce se věnuje vybraným algoritmům správy barev. V první části poukazuje na základy samotného vnímání barvy a vysvětluje velmi důležitý pojem – barevná událost. Dále sleduje problematiku využití barev v počítači a jednotlivé barevné modely. Zabývá se správou barev, konkrétně převodem gamutů z jednoho zařízení do druhého. V další části je rozebrána implementace ICC profilů, porovnání jednotlivých metod převodu gamutů a praktické využití těchto převodů v programu Matlab.

KLÍČOVÁ SLOVA

Barevná událost, barevný model, gamut, ICC profil

ABSTRACT

The Bachelor's thesis work follows the selected algorithms of the colour management. In the first part it adverts to the basis of the colour perception itself and explains the top important notion - colour event. Further it follows the issue of colour utilization in the computers and individual colour models. It deals with colour management, in the concrete by a transfer of gamuts from one facility to another one. In the next part the implementation of ICC profiles is analyzed, as well as the comparison of single methods of the gamut transfer and practical utilization of these transfers in computer programme Matlab.

KEYWORDS

Color event, color model, gamut, ICC profile

KARÁSEK M. *Vybrané algoritmy správy barev*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektroniky a komunikačních technologií. Ústav telekomunikací, 2009. 34 s. Vedoucí práce byl Mgr. Pavel Rajmic, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Vybrané algoritmy Správy barev“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

OBSAH

Úvod	11
1 Barva a světlo	12
1.1 Barva	12
1.2 Světlo	12
1.2.1 Co je světlo	12
1.2.2 Vlnové délky viditelného spektra	13
1.2.3 Vlnové délky mimo viditelné spektrum	14
2 Barevná událost	15
2.1 Zdroj světla	15
2.2 Objekt	15
2.3 Pozorovatel	15
2.3.1 Trichrmazie	16
2.3.2 Základní barvy	16
2.3.3 Teorie protibarev	17
2.3.4 Metamerie	18
2.3.5 Vlastnosti vidění	18
3 Barvy v počítačích	19
3.1 Kolorimetrie	19
3.2 Barevné modely	19
3.2.1 Závislé na zařízení	19
3.2.2 Nezávislé na zařízení	19
3.3 Dynamický rozsah	20
3.4 Gamut	21
4 Správa barev	22
4.1 Složky správy barev	22
4.1.1 PCS	22
4.1.2 Profily	22
4.1.3 CMM	22
4.1.4 Převod gamutů	22
5 Implementace	24
5.1 Kalibrační sonda PANTONE	24
5.2 Implementace profilů	24
5.3 Způsoby vykreslení	26

5.3.1	Perceptuální transformace	27
5.3.2	Sytostní transformace	28
5.3.3	Relativní kolorimetrická transformace	29
5.3.4	Absolutní kolorimetrická transformace	30
6	Program pro převody gamutů	31
7	Závěr	32
	Literatura	33
	Seznam symbolů, veličin a zkratk	34

SEZNAM OBRÁZKŮ

1.1	Vlnové délky viditelného spektra	14
2.1	Průřez lidského oka	16
2.2	Zjednodušené schéma sítnice [7]	16
2.3	Aditivní základní barvy	17
2.4	Subtraktivní základní barvy	17
3.1	Zobrazení gamutu v prostoru xyY	21
5.1	Kalibrační sonda PANTONE Eye-One Display 2	24
5.2	Porovnání obrázků(vlevo: profil sRGB, vpravo: profil monitoru)	25
5.3	Graf v prostoru RGB obrázku 5.2 s profilem sRGB	25
5.4	Graf v prostoru RGB obrázku 5.2 s profilem monitoru laptopu	25
5.5	Barevný terč	26
5.6	Graf perceptuální transformace	27
5.7	Graf perceptuální transformace (průmět do roviny „a, b“)	27
5.8	Graf sytostní transformace	28
5.9	Graf sytostní transformace (průmět do roviny „a, b“)	28
5.10	Graf relativní kolorimetrické transformace	29
5.11	Graf relativní kolorimetrické transformace (průmět do roviny „a, b“)	29
5.12	Graf absolutní kolorimetrické transformace	30
5.13	Graf absolutní kolorimetrické transformace (průmět do roviny „a, b“)	30
6.1	Screenshot programu	31

ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá základními vlastnostmi barvy a správou barev. Ve vlastní implementaci, jsem pomocí programu Matlab porovnával rozdíly mezi původním obrázkem a obrázkem převedeným do profilu jiného zařízení. Toto porovnání jsem provedl pro každou ze čtyř metod převodu gamutu. Dále jsem vytvořil jednoduchý program, který tento převod mezi profilem vstupního zařízení a profilem výstupního zařízení provádí. Výsledkem v tomto případě by měl být obrázek, který by vznikl tiskem původního obrázku. Tento program jsem vytvořil a odladil v programu MATLAB verze 7.6.0.324 (R2008a).

Color management neboli správa barev se čím dál více dostává do podvědomí lidí. A hlavně pozornost, která se věnuje oblasti ICC profilů se poslední dobou výrazně zvyšuje. Během několika let znatelně pokročila standardizace těchto profilů. Řada problémů, které se tu vyskytovaly, se matematicky vyřešily. Pokrok v této oblasti přinesl mnohem jednodušší a levnější měřicí přístroje. Díky těmto přístrojům si uživatelé mohou vytvořit ICC profil pro vlastní monitor. Díky správě barev se přiřazuje hodnotám RGB a CMYK konkrétní barevný význam. Správa barev se také zabývá jednotlivými barevnými modely, dynamickým rozsahem a barevným gamutem jednotlivých přístrojů.

1 BARVA A SVĚTLO

1.1 Barva

V současnosti se nejvíce používají tři základní definice barvy

1. Barva je vlastností objektu: tato teorie je založená na tom, že barvy přiřazujeme objektům („tráva je zelená“, „nebe je modré“, ...)
2. Barva je vlastností světla: tato definice je pravý opak definice první. Tvrdí, že „barva je světlo“ a kdyby nebylo světla, nebude ani barvy.
3. Barva je vjem vznikající v pozorovateli: v této definici má hlavní podstatu pozorovatel, v jehož oku či mozku barva vzniká.

Spojením všech tří teorií vznikne správná definice, která zodpoví otázku „Co to je barva?“.

Barva vždy vzniká mezi třemi účastníky, kterými jsou: zdroj světla, objekt a pozorovatel. Je to vjem, způsobený odrazem světla, které dopadá na sítnici lidského oka. Světlo, určité vlnové délky, vyzářené zdrojem světla dopadá na různé věci (objekty), které mají různé vlastnosti. Každý materiál je schopný část světelných paprsků pohltit a část světla odrazit. Jakmile se změní jeden z těchto tří účastníků, výsledná barevná událost může být jiná [2].

1.2 Světlo

1.2.1 Co je světlo

V minulosti se spousta fyziků přelo, jestli je světlo vlnového charakteru nebo částicového charakteru. Albert Einstein prosazoval kvantovou teorii. Podle něj se světlo skládá z částic, nazývaných fotony. V určitém prostředí se fotony pohybují stejně rychle. Energie fotonu nemá na rychlost vliv. Dále můžeme říci, že za určitých podmínek se světlo chová jako vlna a jindy jako proud částic. Světlo je elektromagnetické záření, které je charakterizováno frekvencí a vlnovou délkou. Frekvence je počet kmitů (vln) za sekundu a jednotkou je Hertz. Vlnová délka je vzdálenost mezi stejnými fázemi dvou sousedních vln. Fotony s vyšší energií mají kratší vlnovou délku. To znamená, že fotony s vyšší energií urazí mezi dvěma pulzy kratší vzdálenost. Každé světlo má svou barevnou teplotu. V tab. 1.1 jsou sepsány základní světelné zdroje a jejich teploty [2].

Teplota [K]	Typický zdroj světla
1200–1500	Svíčka
2500–3200	Běžná žárovka (40-200W)
3000–4000	Východ a západ slunce
4000–5000	Zářivka
5000–6000	Sluneční světlo (Slunný den), fotografický blesk
6000–7000	Zamračený a mlhavý den
7000–8000	Fotografie ve stínu slunce
8000–11000	Modré nebe (na horách)

Tab. 1.1: Barevné teploty

1.2.2 Vlnové délky viditelného spektra

S elektromagnetickým zářením se v běžném životě můžeme setkat například u rozhlasových vln. Jejich vlnová délka je velmi rozmanitá, proto je dělíme do pásem. Dlouhé vlny mají vlnovou délku až do desítek kilometrů. Zato nejkratší jsou ultrakrátké rozhlasové vlny – jejich vlnová délka se měří v milimetrech. Ještě kratší jsou však vlny například infračerveného záření (tepelné záření), které má vlny dlouhé tisíce milimetru. Všechno toto záření je pro nás zrakem nepostřehnutelné, ale dokážeme je vnímat pokožkou jako teplo. Elektromagnetické záření, které jsme schopni vnímat jako viditelné světlo, se pohybuje v rozmezí vlnových délek okolo 400nm až 700nm . Toto rozmezí se také nazývá „viditelné spektrum“ (viz obr. 1.1).

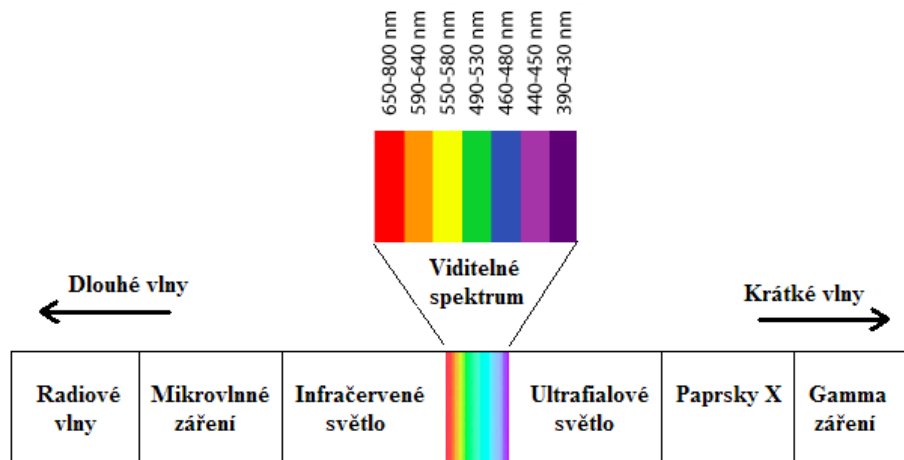
Vjem toho, že člověk vidí v různých částech viditelného spektra různé barvy je, že lidský zrak reaguje na různé vlnové délky jiným způsobem. V části spektra okolo 700nm (fotony s nízkou energií) se nachází odstíny červené. Zatímco v části okolo 400nm se nachází odstíny modré a fialové (tyto fotony mají vysokou energii). Mezi těmito hranicemi se nachází odstíny oranžové, žluté a zelené. Viditelné spektrum si můžeme rozdělit na několik částí, avšak pořadí barev zůstává stále stejné.

Kdybychom vzali trojboký hranol a ve tmě jím nechali procházet tenký paprsek světla, zjistili bysme, že na výstupu z hranolu se světlo rozloží na barevné proužky. To je způsobeno tím, že se světlo při průchodu z jednoho prostředí do druhého láme. Nejméně se lámou největší vlnové délky v rozmezí asi 610 až 700 nm, které člověk vnímá jako červenou barvu, 585 až 610 vnímá jako oranžovou barvu, 550 až 585 nm je žlutá barva, 490 až 550 nm je zelená barva, 430 až 490 nm je modrá barva a nejvíce se láme světlo nejkratší vlnové délky asi 380 až 430 nm, což odpovídá fialové barvě [2], [4], [6].

1.2.3 Vlnové délky mimo viditelné spektrum

Vlnové délky, které se nacházejí pod vlnovými délkami červené barvy se nazývají infračervená oblast. Toto záření může způsobit problémy ve správě barev.

Vlnové délky, které jsou o něco kratší než vlnové délky fialové, se nazývají ultrafialové záření. Řada výrobců (např. inkoustů a papírů) používá ultrafialové zjasňovače, díky kterým toto záření může vyvolat fenomén, kterému se říká fluorescence, absorpce a reemise ultrafialového záření. To má za následek, že některé měřicí přístroje budou vnímat barvu rozdílně než lidé [2], [6].



Obr. 1.1: Vlnové délky viditelného spektra

2 BAREVNÁ UDÁLOST

2.1 Zdroj světla

Zdrojem světla jsou to předměty, které vyzařují velké množství fotonů. Základní zdroje světla můžeme rozdělit na:

- Černá tělesa – vyzařování fotonů závisí na teplotě tělesa (žárovka, Slunce, hvězdy)
- Elektrické výbojové lampy – plynem naplněná trubice
- Počítačové monitory – (CRT, LCD) [2].

Teplota jednotlivých zdrojů světla je sepsána v tab. 1.1.

2.2 Objekt

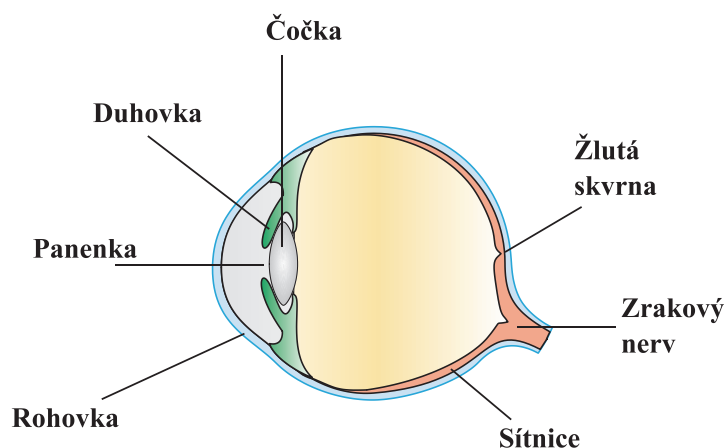
Každý objekt má určitou odrazivost a propustnost. Když světlo dopadne na povrch objektu, dojde k interakci světla s atomy na povrchu, které absorbují některé fotony a jiné fotony odrazí. Velikost odražených a absorbovaných fotonů se nazývá „spektrální odrazivost“.

Propustný objekt je na tom podobně s tím rozdílem, že část fotonů prochází skrz objekt [2].

2.3 Pozorovatel

Lidské oko je orgán, který reaguje na světlo. Díky rohovce a čočce je schopné zaostřovat objekty. Čočka také funguje jako ultrafialový filtr. Mezi rohovkou a čočkou se nachází duhovka, která ovlivňuje množství světla vstupujícího do oka. Dále světlo prochází sklivcem a na sítnici vytvoří obrácený obraz.

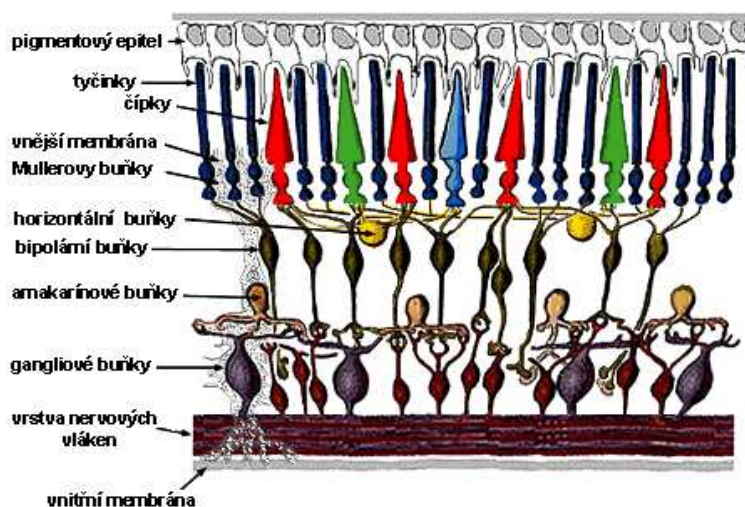
Na sítnici se nachází světločivé prvky, nebo-li receptory. Ty se rozdělují na tyčinky a čípky. Počet čípků je asi 7 milionů a tyčinek se v lidském oku nachází okolo 120 milionů. Tyčinky jsou velmi citlivé (dokáží reagovat na jediný foton), zajišťují člověku vidění při nízkém osvětlení. Nedokáží reagovat na barvu, proto se nám jeví, že v šeru vidíme černobíle. Zato čípky jsou méně citlivé, ale dokáží vnímat barvu. To je dáno tím, že čípky jsou trojího druhu: krátkovlnné, středněvlnné a dlouhovlnné čípky. Důležitým místem v sítnici je žlutá skvrna. Je to prohlubeň o průměru cca 0,2 až 0,5 mm a je to místo nejostřejšího vidění. Nachází se tu zhruba 150000 čípků a téměř žádné tyčinky. Sítnice lidského oka pracuje na principu trichromazie [4], [6], [7].



Obr. 2.1: Průřez lidského oka

2.3.1 Trichrmazie

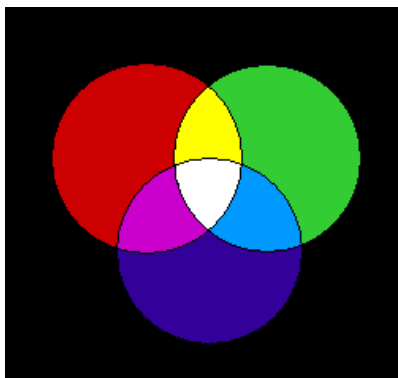
Pomocí tří dobře zvolených základních barev, lze zobrazit téměř každou barvu. Trichromazie je velmi důležitá vlastnost lidského zraku, která je založená na rozlišování všech barev, za pomoci tří druhů barevných sensorů [2].



Obr. 2.2: Zjednodušené schéma sítnice [7]

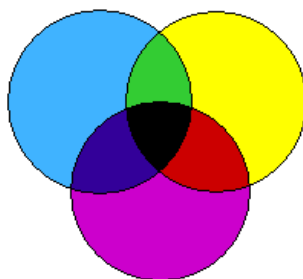
2.3.2 Základní barvy

- Aditivní základní barvy (obr. 2.3) – do černé, pomoci tří světel (červeného, zeleného a modrého) přidáváme jednotlivé vlnové délky těchto světel do té doby, dokud nevytvoříme bílé světlo [2].



Obr. 2.3: Aditivní základní barvy

- Subtraktivní základní barvy (obr. 2.4) – základem je bílé světlo, které filtrujeme pomocí tří barev (azurové, purpurové a žluté). Výsledkem je barva černá [2].



Obr. 2.4: Subtraktivní základní barvy

2.3.3 Teorie protibarev

V roce 1878 s touto teorií přišel Ewald Hering. Zatímco je člověk schopný vidět odstíny například červeno-modré (fialová), žluto-červené (oranžová), tak si nedokáže představit nic takového jako červeno-zelená a modro-žlutá barva. Toto jsou vzájemně protikladné barvy. Z tohoto důvodu můžeme říci, že v lidském oku existují další vazby než pouze tři druhy samostatných světločivých buněk. Receptory pracují i v protikladných dvojicích, které jsou červená – zelená, modrá – žlutá a světlá – tmavá [2], [4], [6].

Teorie zónového vnímání barev – sítnice je rozdělená na zóny, v jejíž první zóně vznikají signály ze tří druhů čípků a v druhé zóně se signály překládají na protikladné (světlý-tmavý, červený-zelený, modrý-žlutý). Na této teorii je přesně založen princip prostoru CIE Lab.

2.3.4 Metamerie

Je to „chyba“ lidského zraku. Definuje, že dva objekty, které mají různou spektrální charakteristiku, lidský zrak vnímá jako stejnou barvu. Nebo-li pod stejným typem osvětlení se zdají barvy stejné a pod jiným typem osvětlení se zdají různé. Rozdíly nemusí být jen mezi barvou stejného výtisku, ale také mezi výtiskem a monitorem, s touto chybou samozřejmě ICC profil monitoru (viz „správa barev“) nepočítá [2].

2.3.5 Vlastnosti vidění

Lidské oko má další vlastnosti, kterými jsou vnímání jasů (achromatická složka barvy či světla), odstínu a sytosti (chromatické složky barvy či světla).

- **Achromatická složka**

- Jas: je intenzita světla (počet fotonů), která dopadá do lidského oka. Čím bude větší intenzita, tím bude větší jas. Za šera člověk vidí pomocí tyčinek, které nedokáží rozeznat barvu, ale jasovou složku ano [2], [6].

- **Chromatické složky**

- Odstín – každá barva obsahuje různé vlnové délky. Ta vlnová délka, která převažuje, určuje odstín barvy. Tato vlastnost určuje barvě její hlavní název (např. červená, modrá, zelená, . . .), ale pro přesnější určení barvy přidáváme k hlavnímu názvu přívlastky (např. sytý, světlý, jasný, . . .). Červená je odstín barvy, kdežto růžová ne, protože růžovou lze popsat, jako světle červená.
- Sytost – je schopnost lidského zraku, posuzovat účast pestré syté barvy na celkovém vjemu. Syté barvy neobsahují bílou složku. Barva, která má široké spektrum vlnových délek se nám jeví jako nenasycená (desaturovaná), kdežto barva s úzkým spektrem vlnových délek se nám jeví jako sytá (saturovaná) [2], [6].

3 BARVY V POČÍTAČÍCH

3.1 Kolorimetrie

Zabývá se tím, jak typický člověk vnímá barevné shody (metamerie). Hlavním úkolem kolorimetrie je vytvořit numerický model, který řekne, kdy ke shodě dojde a kdy ne. Jinak řečeno, model při porovnání dvou barev, které člověk vnímá jako stejnou barvu, by měl těmto barvám přiřadit stejné číslo [2].

3.2 Barevné modely

3.2.1 Závislé na zařízení

Hodnoty RGB a CMYK jsou závislé na zařízení, protože barvy získané z těchto modelů závisí na zařízení, které barvu vytváří. I když budeme mít stejné hodnoty RGB (CMYK), může dojít k zobrazení různých barev na různých zařízeních. Například každý monitor zobrazí červenou barvu odlišně a musí použít vzorec pro červenou podle vlastního barevného prostoru. Jestliže chci zobrazit stejnou barvu na různých zařízeních, musí se vždy změnit sada hodnot RGB (CMYK) [2].

Model RGB – je to asi nejpřirozenější možnost jak vyjádřit to, co oko vidí. Vyjadřuje jak moc působí barevné světlo na jednotlivé receptory. Kombinace tří čísel RGB pak vyjadřuje barvu i intenzitu světla. Mezní hodnoty jsou pak v počítači vyjádřeny hodnotami 0 a 255.

Model CMYK – model CMY je subtraktivní model, tedy založený na filtraci pomocí azurové, purpurové a žluté barvě a je inverzní k modelu RGB. Černá barva je zde reprezentována sloučením všech tří barev, proto v tiskárnách se používá doplňková barva- černá (K).

sRGB (standardní RGB) – je to nejznámější a nejrozšířenější varianta. Tento barevný prostor je určený pro použití na monitoru a tiskárnách v domácím prostředí a kancelářích, je standardem Windows. Vytvořily jej firmy HP a Microsoft. Jsou tu přesně definovány základní barvy RGB, bílý bod i gamma a odpovídá reálným možnostem většiny monitorů [2], [6].

3.2.2 Nezávislé na zařízení

Kolorimetrický systém CIE – je základ správy barev. Z modelu CIE vychází většina ostatních modelů pro zprávu barev. Díky těmto modelům jsme schopni numericky určit barvu, jakou by viděl průměrný pozorovatel. Prvním matematickým

modelem byl CIE XYZ. Další standardy jsou pouze matematickou nadstavbou původního modelu a nesou názvy: CIE LCh, CIE LUV, CIE xyY, CIE Lab, ... [2].

Tyto modely popisují barvu, kterou by uviděl člověk s normálním barevným viděním, zato modely RGB a CMYK říkají jednotlivým zařízením jaké množství jednotlivých barviv mají použít.

Transformace ze sRGB do CIE XYZ se provádí pomocí následujících vztahů: Nejprve je potřeba hodnoty RGB normalizovat na rozsah od 0 do 1. To se např. pro osmibitová data provede

$$R' = \frac{R_{8\text{bit}}}{255}, \quad G' = \frac{G_{8\text{bit}}}{255}, \quad B' = \frac{B_{8\text{bit}}}{255} [7]. \quad (3.1)$$

Dále je třeba aplikovat nelineární transformaci kompenzující nelineární tonální charakteristiku monitoru,

$$f(t) = \frac{t}{12,92}, \quad t \leq 0,04045, \quad (3.2)$$

$$f(t) = \left(\frac{t + 0,055}{1,055} \right)^{2,4}, \quad t > 0,04045, \quad (3.3)$$

$$R = f(R'), \quad G = f(G'), \quad B = f(B') [7]. \quad (3.4)$$

Poté je nutno provést lineární transformaci odpovídající změně primárních barev:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{D65}} = \begin{pmatrix} 0,4124 & 0,3576 & 0,1805 \\ 0,2126 & 0,7152 & 0,0722 \\ 0,0193 & 0,1192 & 0,9505 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} [7]. \quad (3.5)$$

Tato transformace převede normalizovanou bílou $R = 1, G = 1, B = 1$ na XYZ tristimulu $X = 0,9505, Y = 1,0000, Z = 1,0891$.

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{D50}} = \begin{pmatrix} 1,0478 & 0,0229 & -0,0501 \\ 0,0296 & 0,9905 & -0,0171 \\ -0,0092 & 0,0150 & 0,7520 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{D65}} [7]. \quad (3.6)$$

3.3 Dynamický rozsah

Je rozsah jasů, které je zařízení schopné zpracovat a reprodukovat [2]. Dynamický rozsah je dán bílým bodem, což je u tiskárny barva bílého papíru (u monitoru hodnotou (255, 255, 255)) a černým bodem, jenž u tiskárny je dán smícháním maximálního množství všech čtyř barev (u monitoru černý bod vyjadřuje hodnota (0, 0, 0), ale při změně nastavení jasu zjistíme, že černá je spíše tmavě šedá). Největší dynamický rozsah má zařízení pro záznam filmů [2], [6].

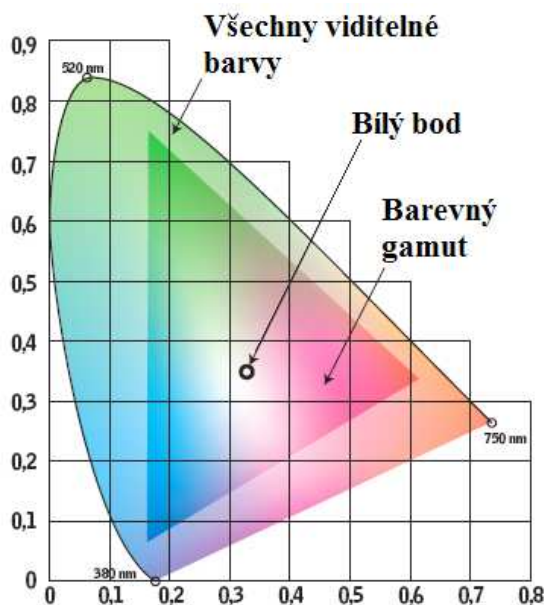
3.4 Gamut

Je pevný barevný rozsah, který jsou barevná zařízení (monitor, tiskárna) schopna zobrazit.

Monitor nezobrazí jednotlivé barvy sytější než barvy, které jsou dány fyzikálními omezeními monitoru. Vstupní zařízení (digitální fotoaparáty, skenery) žádný gamut nemají, protože vždy nějakou barvu zachytí, ať před ně postavíme jakýkoliv předmět. Pro skenery však existuje takzvaný efektivní gamut materiálů, na které se bude zachycený obraz vytvářet (to jsou např. fotografické papíry). Efektivní gamut materiálů je většinou mnohem větší než gamut výstupního zařízení.

Přístroj (například inkoustová tiskárna) má gamut mnohem menší než gamut filmu, proto musíme být schopni zpracovat i ty barvy, které se nacházejí mimo gamut daného zařízení. Další problém je, že sice gamut monitoru je větší než gamut tiskárny, ale jsou barvy, které tiskárna vytiskne, ale monitor je nezobrazí (např. syté odstíny azurové).

Díky mapování gamutů jsme schopni sladit jednotlivé gamuty vstupních a výstupních zařízení [2], [6].



Obr. 3.1: Zobrazení gamutu v prostoru xyY

4 SPRÁVA BAREV

V dřívějších dobách, když existoval pouze jeden vstup a jeden výstup, nebyla správa barev zapotřebí. K přesně definovaným hodnotám CMYK zařízení byly přiřazeny jednotlivé hodnoty výstupního zařízení. Proto existovala velmi těsná zpětná vazba, která pracovala s jednou sadou hodnot. Ale v dnešní době, kde existuje nespočet vstupních a výstupních zařízení různých druhů a značek se tato zpětná vazba rozpadá na nespočet částí. Proto byl ve správě barev vytvořen „prostor propojení profilů“ (Profile Connection Space – PCS) [2].

4.1 Složky správy barev

4.1.1 PCS

Měří a definuje barvy. Provádí transformaci mezi vstupním zařízením a výstupním zařízením. Ze vstupního zařízení přichází data do PCS, kde dojde ke konverzi a poté jsou odesílána do výstupního zařízení. Specifikace ICC popisuje schopnosti zařízení ve vztahu k barevným prostorům např. CIE LAB a CIE XYZ. Každé zařízení by mělo mít svůj ICC profil. Je to soubor v počítači, který obsahuje barevné chování zařízení. Do počítače se dostane instalací ovladačů nebo spektrofotometrickým měřením[2].

4.1.2 Profily

Můžou popisovat jednotlivé zařízení určitého druhu, nebo celou třídu zařízení a nebo celý barevný prostor (CIE LAB). Profil přiřazuje jednotlivým hodnotám RGB (CMYK) konkrétní význam (barvu)[2].

4.1.3 CMM

Uskutečňuje převod hodnot RGB (CMYK) pomocí dat uložených v profilech.[3] Obsahuje metodu, která ze zdrojového barevného prostoru převede hodnoty do PCS a odtud dále do cílového barevného prostoru. Jestliže máme v počítači nainstalováno více různých modulů CMM, můžeme si vybírat pomocí kterého budeme převod uskutečňovat (který se nám bude zdát nejvěrohodnější). První barva která se převádí ze zdrojového barevného prostoru do cílového barevného prostoru je „bílá“ [2].

4.1.4 Převod gamutů

Jelikož existují barvy, které jsou obsaženy ve vstupním zařízení a výstupní zařízení je není schopno reprodukovat, musíme je nahradit jinými barvami nebo je potřeba

barvy trochu posunout. Existují čtyři různé metody pro zpracování barev, nacházejících se mimo gamut cílového zařízení [2]:

- **Perceptuální** – upravuje všechny barvy tak, aby odpovídaly barvám cílového prostoru. (Každá barva se mírně změní). Zachovává vztahy mezi barvami. Tato metoda je vhodná pro obraz (fotku), která obsahuje větší množství barev mimo gamut.
- **Sytostní** – tato metoda vytváří živé barvy, na úkor přesnosti. Tento způsob je vhodný pro obchodní grafiky, tam kde se vyskytují grafy a diagramy. Tady jsou důležitější pestré barvy, než přesné barvy. Není vhodný pro fotografie a obrázky.
- **Relativní kolorimetrický** – u tohoto způsobu se barvy, které se nacházejí mimo cílový gamut, prostě nahradí nejbližší hodnotou z cílového gamutu. Všechny ostatní hodnoty nacházející se v gamutu cílového zařízení zachovává beze změny. Dále posouvá všechny barvy podle toho, že porovnává hodnotu bílé barvy zdrojového gamutu s bílou barvou cílového gamutu. Jinak řečeno bílá na výstupu není bílou zdrojového prostoru, ale je to bílá použitého papíru.
- **Absolutní kolorimetrický** – princip je stejný jako u relativního kolorimetrického systému s tím rozdílem, že bílý bod nechává beze změny. Tento způsob se spíše používá pro obtahy a názornost jak barva papíru ovlivňuje celkový výsledek vtištěných barev [1], [2], [6].

5 IMPLEMENTACE

Při praktickém řešení zadaného úkolu jsem pomocí kalibrační sondy Pantone Eye-One Display 2 zkalibroval LCD monitor na vlastním laptopu.

5.1 Kalibrační sonda PANTONE

Kalibrační sonda (viz obr. 5.1) je přístroj, který kalibruje barvy monitoru, aby vypadaly co nejméně odlišně.

Firma PANTONE je jedna z nejznámějších světových výrobců barevných vzorníků. Zabývá se tiskařskými službami, grafickým designem a dalšími podobnými službami. Nedávno uzavřela partnerství s firmou GretagMacbeth, která se zabývá výrobou měřících přístrojů pro správu barev. Sonda Pantone Eye-One Display 2 je v podstatě stejná jako dřívější produkt firmy GretagMacbeth, pouze se liší v názvu.

Tato kalibrační sonda je určena zvláště pro obory, ve kterých jsou kladeny velmi vysoké nároky na absolutní barevnou přesnost a vyváženost. Slouží pro kalibraci CRT a LCD monitorů a laptopů.

Sonda se k počítači připojuje pomocí USB kabelu. Před samotnou kalibrací je nutno nainstalovat potřebný software. Sondu přitiskneme na monitor a postupujeme podle instrukcí v návodu (nastavení kontrastu, jasu, gamma a bílého bodu). Poté program začne promítat barevné pole na sondu. Po dokončení kalibrace, program vytvoří příslušný ICC profil s možností přejmenování a následného vložení do systému (Windows) [5]



Obr. 5.1: Kalibrační sonda PANTONE Eye-One Display 2

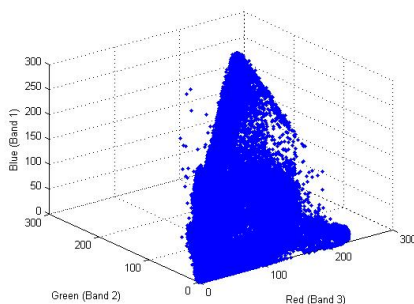
5.2 Implementace profilů

V prostředí MATLAB jsem porovnal obrázek který jsem nechal zobrazit s výsledným ICC souborem po kalibraci monitoru laptopu a stejný obrázek jsem zobrazil s ICC

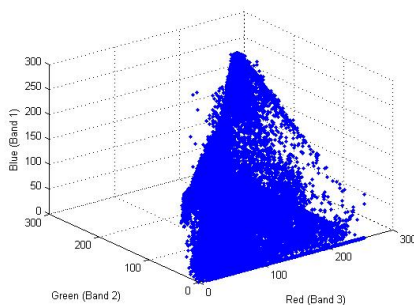
souborem standardního RGB. Změna je patrná pouhým pohledem na jednotlivé obrázky. Nejvíce je změna vidět u barev modré, červené a žluté. Přesnější porovnání je vidět z grafů těchto obrázků v modelu RGB, které jsem nechal vykreslit pomocí příkazu plot3.



Obr. 5.2: Porovnání obrázků(vlevo: profil sRGB, vpravo: profil monitoru)



Obr. 5.3: Graf v prostoru RGB obrázku 5.2 s profilem sRGB



Obr. 5.4: Graf v prostoru RGB obrázku 5.2 s profilem monitoru laptopu

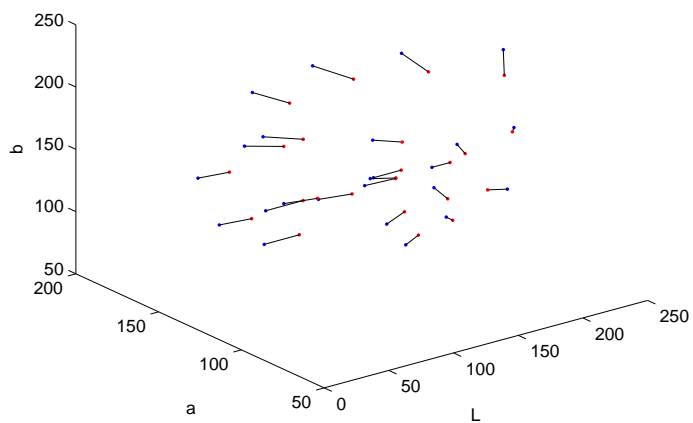
5.3 Způsoby vykreslení

V této části projektu jsem v programu „Adobe Photoshop CS3“ vytvořil barevný terč o 24 různobarevných bodech, na kterých se změny projeví nejvíce (viz obr. 5.5). Tomuto obrázku jsem poté, přiřadil profil sRGB a převedl tento profil do profilu „Web Coated FOGRA28“ (CMYK) s perceptuálním převodem gamutu. V Matlabu jsem nechal přepočítat hodnoty RGB původního obrázku (v profilu sRGB) do prostoru Lab. To samé jsem udělal s obrázkem upraveným převedeným pomocí perceptuálního převodu gamutu a oba obrázky nechal vykreslit do grafu, pomocí příkazů `makecform` a `aplycform`. Celý postup jsem zopakoval pro sytostní, relativní kolorimetrickou a absolutní kolorimetrickou metodu přepočtu gamutu. V grafech jsem původní barvy zobrazil modře a reprodukováné barvy jsem zobrazil červeně. Aby bylo vidět, kam se jednotlivé body přesunuly, vytvořil jsem mezi nimi úsečku. Pro lepší přehlednost jsem do práce vložil od každé metody 2 grafy. Jeden v trojrozměrném zobrazení o souřadnicích L, a, b a druhý v rovině a, b.

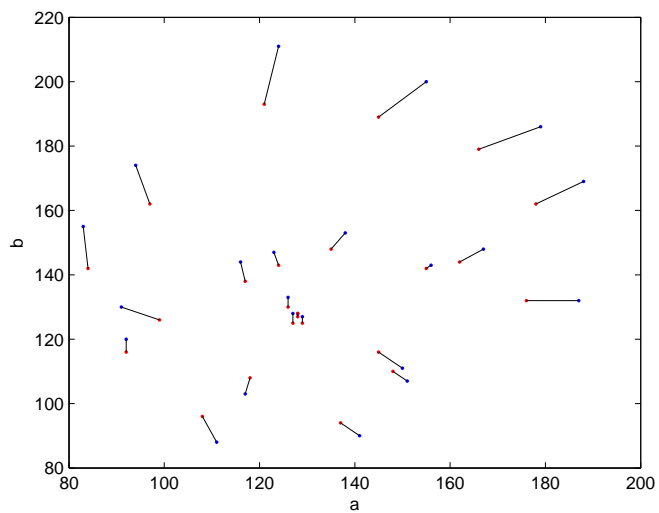


Obr. 5.5: Barevný terč

5.3.1 Perceptuální transformace

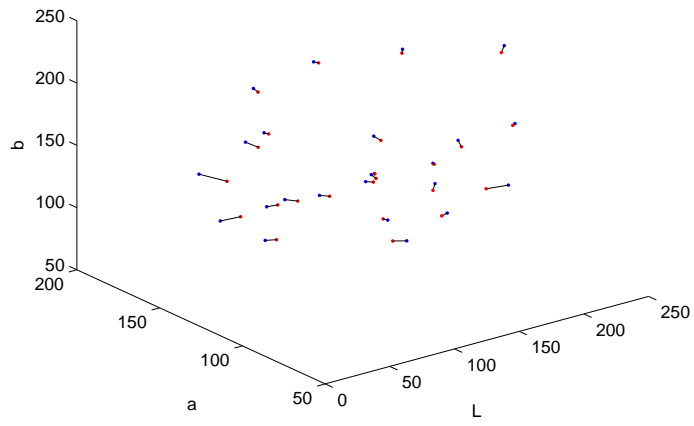


Obr. 5.6: Graf perceptuální transformace

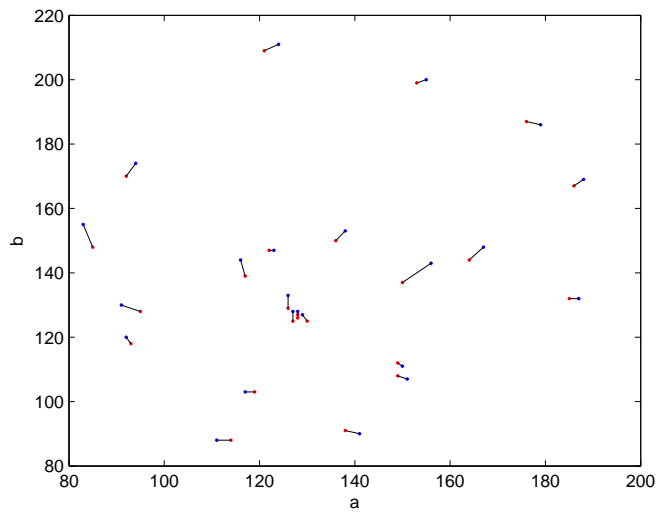


Obr. 5.7: Graf perceptuální transformace (průmět do roviny „a, b“)

5.3.2 Sytostní transformace

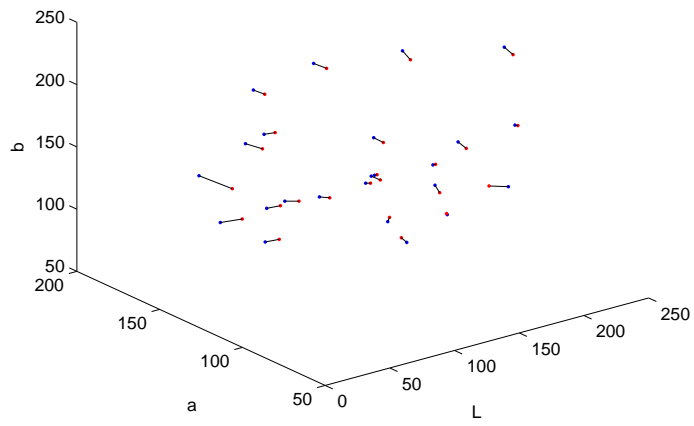


Obr. 5.8: Graf sytostní transformace

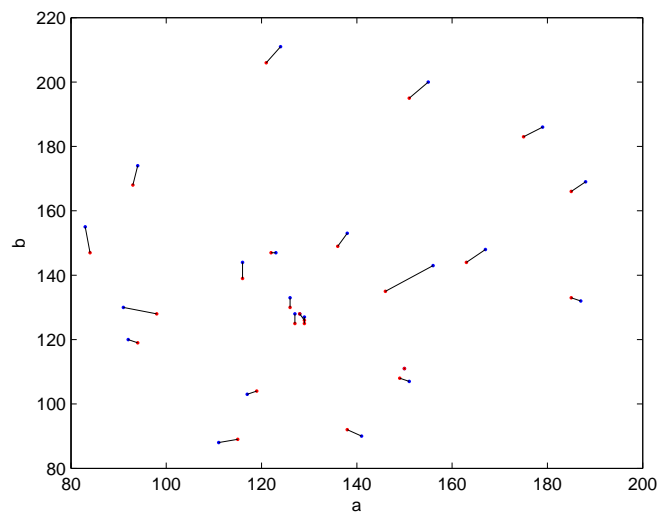


Obr. 5.9: Graf sytostní transformace (průmět do roviny „a, b“)

5.3.3 Relativní kolorimetrická transformace

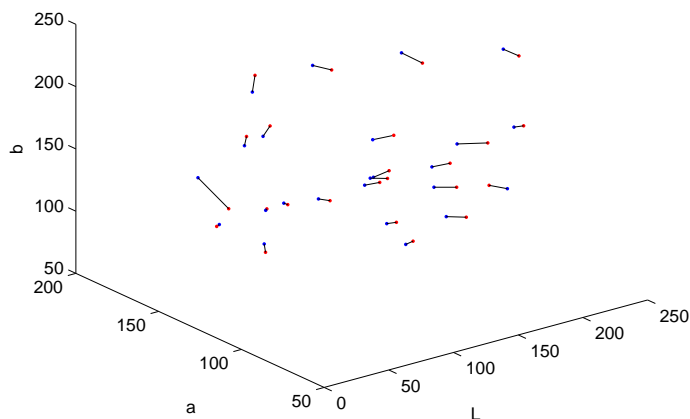


Obr. 5.10: Graf relativní kolorimetrické transformace

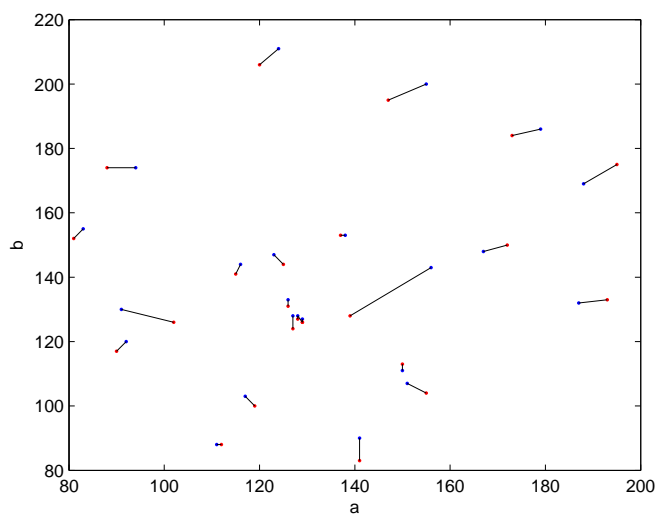


Obr. 5.11: Graf relativní kolorimetrické transformace (průmět do roviny „a, b“)

5.3.4 Absolutní kolorimetrická transformace



Obr. 5.12: Graf absolutní kolorimetrické transformace

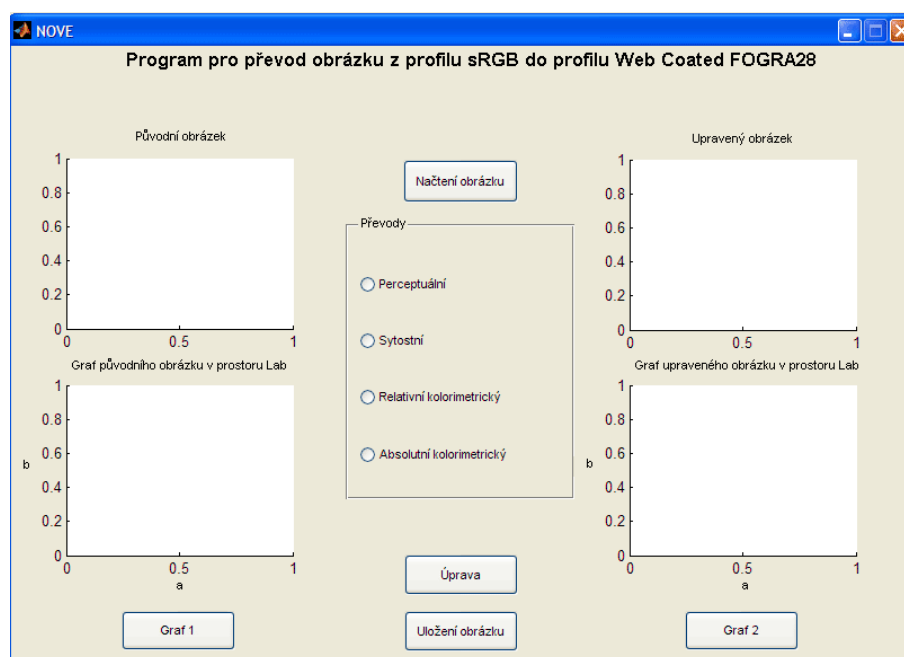


Obr. 5.13: Graf absolutní kolorimetrické transformace (průmět do roviny „a, b“)

Z těchto grafů můžeme vidět, že při perceptuálním převodu gamutu se transformují všechny barvy, z toho vyplývá, že tento způsob udržuje poměry mezi barvami. U sytostní transformace se barvy, které se nacházejí mimo cílový gamut, posunou na okraj tohoto gamutu. Při porovnání relativního a absolutního kolorimetrického převodu gamutu lze zjistit, že jsou si velmi podobné, pouze absolutní kolorimetrický způsob nechává „bílý bod“ beze změny.

6 PROGRAM PRO PŘEVODY GAMUTŮ

Jako další bod bakalářské práce jsem vytvořil program pro převod obrázků z profilu sRGB do profilu Web Coated FOGRA 28 (CMYK). Tento program je velmi jednoduchý a intuitivní na ovládání (viz obr. 6.1). Po stisknutí tlačítka „Načtení obrázku“ se objeví okno pro výběr určitého souboru, implicitně nastaveného na „.jpg“ (vybrat se dá samozřejmě i z ostatních grafických souborů). Po potvrzení této volby se zobrazí náhled obrázku do levého horního okna. V tomto kroku se rovnou přiřadí profil sRGB. K tomuto obrázku si můžeme nechat vykreslit graf, pomocí tlačítka „Graf 1“ v prostoru Lab. V tomto grafu jsem vynechal třetí souřadnici (jasovou), která v našem případě nehraje významnou roli. Každý pixel obrázku je vykreslen do grafu jako bod o určitých souřadnicích. Dalším krokem je výběr metody (perceptuální, sytostní, relativní kolorimetrický, absolutní kolorimetrický), podle které se bude převádět gamut výchozího prostoru do gamutu cílového prostoru. Po stisknutí tlačítka „Úprava“ se zobrazí náhled přepočítaného obrázku do pravého horního okna. Stisknutím tlačítka „Uložit obrázek“ se otevře okno výběru, kam chceme příslušný obrázek uložit. I z tohoto upraveného obrázku si můžeme nechat vykreslit graf pomocí tlačítka „Graf 2“ (v prostoru Lab) a opticky porovnat změnu, která nastala oproti grafu původního obrázku.



Obr. 6.1: Screenshot programu

7 ZÁVĚR

V této práci jsem se zabýval základními vlastnostmi světla a jejím působením na pozorovatele. Dále jsem vysvětlil, k čemu se správa barev používá a jaké jsou její základní složky.

Při vlastní implementaci jsem stručně popsal, jakým způsobem se kalibruje monitor a jaké jsou rozdíly mezi standardním profilem RGB a profilem zkalibrovaného monitoru. V další části jsem pomocí Matlabu vykreslil grafy jednotlivých převodů gamutu. Odtud lze zjistit, že perceptuální a relativní kolorimetrický převod gamutu jsou nejvhodnější při použití u fotografií. Sytostní transformace se používá u obrázků s malým počtem barev, například loga firem. Absolutní kolorimetrická transformace, se používá pro obtahy nebo pro názornou ukázkou jak ovlivní barva papíru celkový barevný dojem.

V další části implementace jsem vytvořil grafické rozhraní programu, pro převod gamutu vstupního zařízení na gamut výstupního zařízení a pro optické porovnání výsledků, schopnost vykreslit grafy původního obrázku a upraveného obrázku. Tento program se nachází na přiloženém CD a spouští se pomocí souboru `Prevod_gamutu.m`, čímž se spustí matlab a příslušný m-file a následně klávesou – F5 se spustí samotný program. Dále jsou na CD vloženy dva ICC profily, ve kterých je převod prováděn, již zmíněný m-file a uložené grafické okno s příponou „.fig“.

LITERATURA

- [1] DVOŘÁKOVÁ, Z. *DTP a předtisková příprava* Brno: COMPUTER PRESS, 2008. ISBN 978-80-251-1881-8
- [2] FRASER, B., MURPHY, CH., BUNTING, F. *Správa barev (průvodce profesionála v grafice a pre-pressu)*. Brno: COMPUTER PRESS, 2003. ISBN 80-7226-943-7
- [3] GONZALEZ, R., WOODS, R., EDDINS, S. *Digital Image Processing, Using MATLAB*. New Jersey: PEARSON PRENTICE HALL, 2004. ISBN 0-13-008519-7
- [4] JANKOVIČ, A. *Vnímání barev* [on-line]. Brno 2005, [cit. 2009-04-02]. Dostupné z URL: <<http://www.ped.muni.cz/wphy/publikace/Jancovic1.html>>
- [5] HÁJEK, M. *Kalibrační sonda Pantone Eye-One Display 2 v praxi* [on-line]. 5.5.2006 [cit. 2008-11-20]. Dostupné z URL: <<http://www.grafika.cz/art/hw/Pantone-Eye-One-Display2-rec.html>>
- [6] PIHAN, R. *Vše o světle* [on-line]. 26.01.2007 [cit. 2008-11-1]. Dostupné z URL: <http://www.fotografovani.cz/art/fozak_df/rom_1_01_cojetosvetlo.html>
- [7] TEZAUER, R. *Barevná vidění: druhý pohled* [on-line]. 7.5.2003 [cit. 2008-11-6]. Dostupné z URL: <<http://www.paladix.cz/clanky/barevne-videni-druhy-pohled.html>>
- [8] ZAPLATÍLEK, K., DOŇAR, B. *MATLAB tvorba uživatelských aplikací*. Praha: BEN – TECHNICKÁ LITERATURA, 2004. ISBN 80-7300-133-0

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

CIE Mezinárodní komise pro osvětlování – Commission internationale de l'éclairage

CMM správce barev – color management modul

CMYK azurová, purpurová, žlutá – cyan, magenta, yellow, black

CRT katodová trubice – cathode ray tube

ICC Mezinárodní konsorcium pro barvu – International Color Consortium

LCD displej z tekutých krystalů – Liquid crystal display

PCS obecný propojovací prostor – profile connection space

RGB červená, zelená, modrá – red, green, blue

sRGB standardní RGB – standard RGB

USB univerzální sériová sběrnice – Universal Serial Bus