

Univerza v Ljubljani  
Naravoslovnotehniška fakulteta  
Oddelek za tekstilstvo  
Informacijska in grafična tehnologija

## **LUT tabele in matrike – Osnova ICC Profilov**

Martin Lah

Marec 2006

<b>1 UVOD.....</b>	<b>3</b>
<b>2 ICC-BARVNO UPRAVLJANJE.....</b>	<b>4</b>
<b>3 ANATOMIJA ICC-PROFILOV .....</b>	<b>7</b>
3.1 MATRIČNI PROFILI.....	7
3.1.1 <i>Matrike</i> .....	7
3.2 LUT PROFILI .....	9
3.2.1 <i>LUT tabele</i> .....	10
<b>4 PROFILI GLEDE NA NAPRAVO .....</b>	<b>11</b>
<b>5 ZAKLJUČEK.....</b>	<b>11</b>
<b>6 LITERATURA.....</b>	<b>12</b>

# 1 Uvod

Problem barvnega upravljanja v tisku je prisoten že od prvih večbarvnih reprodukcij. Metode za reproduciranje večbarvnih in/ali večtinskih originalov so bile najprej ročne (npr. risba z litografsko kredo ali tušem), zatem fotomehانيčne, sodobne metode pa temeljijo na računalniški reprodukciji. Barvno upravljanje v reprodukcijskem procesu je bilo prvotno prepuščeno posameznim strokovnjakom, predvsem litografskim risarjem, reprodukcijskim fotografom in kemigrafom. Ti so na osnovi poskusno odtisnjene reprodukcije opravljali barvno korekcijo z dodajanjem manjkajočih barv ali s spreminjanjem rastrske tonske vrednosti oz. gradacijske krivulje posamezne osnovne barve.

S preходом iz zaprtih na odprte sisteme grafične proizvodnje se je pojavila velika potreba po standardiziranem barvnem upravljanju, saj dandanes ni nič čudnega, če se priprava dela v enem podjetju, tisk v drugem in dodelava v tretjem. Da dobimo v takem sistemu kvalitetno reprodukcijo je potrebno upoštevati več parametrov, ki so s pomočjo ICC-profilov definirani in nam omogočajo lažje doseganje kvalitetne barvne reprodukcije.

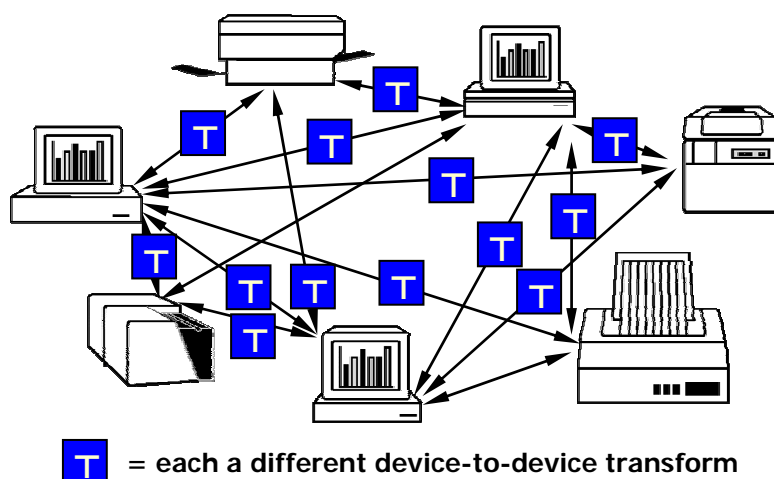
V seminarski nalogi bom predstavil ICC- barvne profile, osredotočil pa se bom na njihove osnovne gradnike, to so LUT-tabele in pa matrike.

## 2 ICC-barvno upravljanje

Leta 1993 je bil na pobudo Fogre ustanovljen International Color Consortium (ICC). Med ustanovnimi člani so bili: Adobe, Agfa Gevaert, Apple, Eastman Kodak, Microsoft, Silicon Graphic, Sun in Taligent. Te družbe so se združile z namenom, da dosežejo standardizacijo na področju barvnega upravljanja.

ICC-profilni so uporabljeni v sistemih za barvno upravljanje, da bi dobili natančno barvno reprodukcijo na različnih izhodnih napravah. ICC-profilni so neodvisni od operacijskih sistemov in so lahko uporabljeni na Windows, MacOS in Unix računalniških sistemih.

ICC-barvnih profilov ne potrebujemo v zaprtih sistemih, saj se tam izvaja neposreden prehod iz barvnega prostora vhodne naprave v barvni prostor izhodne naprave. Tukaj so popolnoma poznane lastnosti obeh naprav.

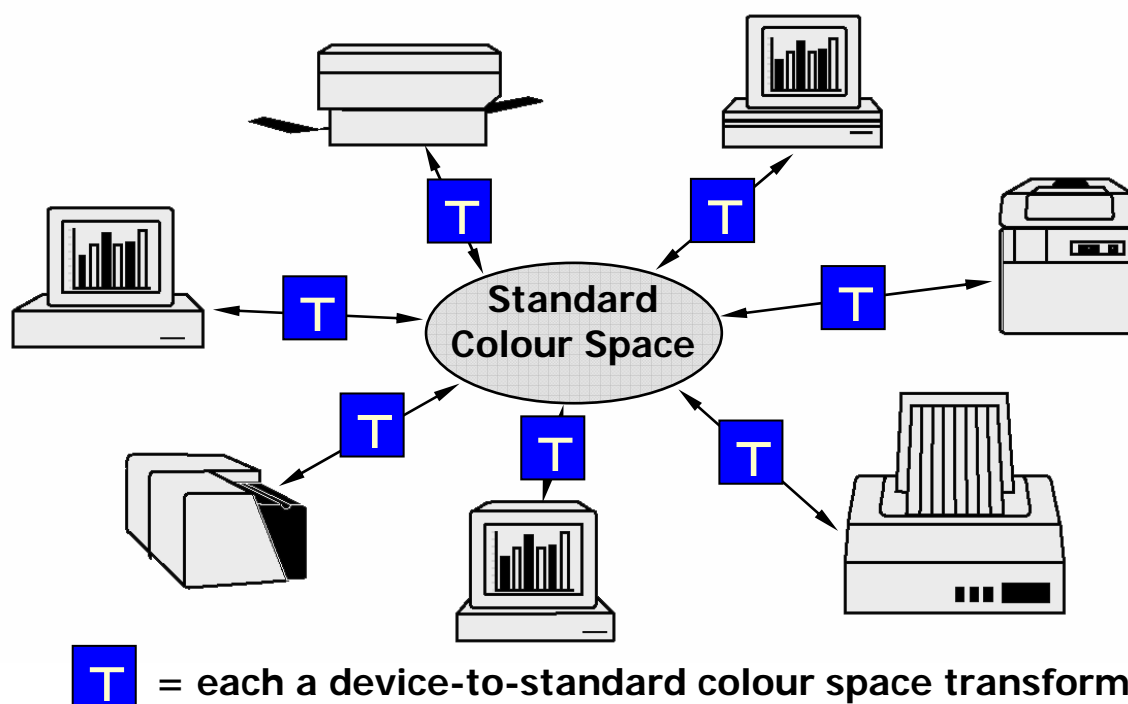


Slika 1: Zaprt reprodukcijski model

Vsekakor pa so ICC- profili potrebni za prehod na odprte reprodukcijske sisteme s sledečimi razlogi:

- ❖ ker naprave, gonilniki, operacijski sistemi in aplikacije lahko interpretirajo in reproducirajo barve različno,
- ❖ vhodne naprave imajo pogosto različno spektralno odzivnost,
- ❖ različne izhodne naprave zahtevajo različne mešanje barv (različni barvni prostori) da se lahko producira pričakovan izdelek,

- ❖ različne naprave uporabljajo različne barvne prostore z različnim barvnim obsegom.



Slika 2: Odprt reprodukcijski sistem

Sistem za ICC-barvno upravljanje (CMS – Color Management System) vsebuje barvne profile in modul za barvno upravljanje (CMM – Color Management Modul oz. Color Engine). V različnih operacijskih sistemih ima modul za barvno upravljanje različno ime, na MacOS barvno upravlja ColorSync, v Windowsih pa ICM. Dandanes zelo popularne aplikacije za namizno založništvo (DTP) in aplikacije za urejanje slik imajo vključeno podporo za barvno upravljanje z ICC-profilu.

Osnovna funkcija CMS je zagotavljanje preglednega kolorimetričnega pretvarjanja med različnimi primarnimi barvnimi sistemi (prostori oz. območji), uporabljenimi v reprodukcijskem procesu. Za doseganje tega cilja potrebujemo:

- ❖ Programsko opremo za izdelavo barvnih profilov in opremo za barvno metriko.
- ❖ Barvne profile (ICC barvne profile) za kolorimetrično opisovanje reprodukcijskih lastnosti vhodnih in izhodnih naprav (tudi končnih rezultatov reprodukcijskega procesa, npr. časopisnega ofset tiska).
- ❖ Barvni računalnik (Color Matching Module, CMM), oz. programsko opremo za preračunavanje podatkov o barvah pri prehodu iz enega v drugi barvni prostor s pomočjo barvnih profilov.

- ❖ Programsko opremo (npr. Adobe Photoshop), ki omogoča uporabo funkcij barvnega računalnika (CMM) pri transformacijah med barvnimi prostori.

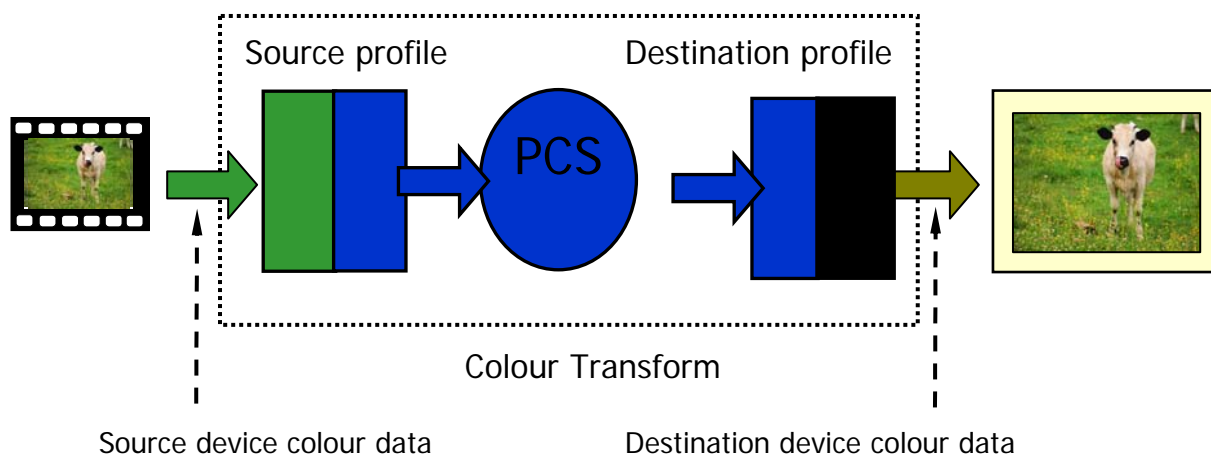
Struktura ICC barvnih profilov za vhodne in izhodne naprave je določena v specifikaciji standarda, in je neodvisna od uporabljene strojne in programske opreme. Profili so po tej specifikaciji prenosljivi med različnimi računalniki in operacijskimi sistemi.

Glavne komponente barvnega upravljanja so:

- ❖ Profil ki opisuje vhodno napravo, zajem (Source Profile) – Od naprave odvisen barvni prostor
- ❖ Profil ki opisuje napravo za reprodukcijo barv – izhodno napravo (Output Profile) – Od naprave odvisen barvni prostor
- ❖ PCS (Profile Connection Space) – vezni barvni prostor oz. vmesni barvni prostor pri pretvorbah – Od naprave neodvisen barvni prostor
- ❖ CMM (Color Matching Modul), ki pretvarja barve med dvema ali več napravami

Pred izdelavo profilov se najprej opravi kalibracija oz. umerjanje vhodnih in izhodnih naprav ali sistemov (standardizirani tisk), pri čemer se zagotovi največja možna ponovljivost in največje možno barvno območje vsake naprave.

CMM – modul za barvno upravljanje izvaja kalkulacije med barvno transformacijo od barvnega prostora naprave do PCS ali obratno. ICC-standard dovoljuje dva vmesna prostora pri pretvorbah (PCS), to sta CIE-XYZ in CIELab in to sta od naprav neodvisna barvna prostora.



**Slika 3:** ICC-barvna transformacija

## 3 Anatomija ICC-profilov

Izmed vrst profilov ločimo dva različna tipa profilov:

- ❖ Matrični profili
- ❖ LUT profili

### 3.1 Matrični profili

Na matrikah temelječi profili so preprosti ICC profili prvenstveno uporabljeni za opisovanje barvnih prostorov vhodnih naprav, zaslonov in delovnih okolij, torej za naprave ki temeljijo na RGB barvnem prostoru. Če pogledamo katerikoli profil za RGB napravo, lahko opazimo da je relativno majhen (nekaj KB do nekajdeset KB). Majhni pa so zato, ker na matrikah temelječi barvni profili potrebujejo le nekaj specifikacij da se jih definira, to pa so:

- ❖ Gama
- ❖ Vrednost bele točke
- ❖ Kromatičnost
- ❖ Barvna vrednost

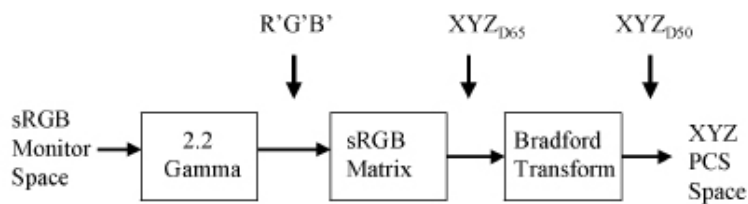
Matrični profil uporablja en upodobitveni model, relativno kolorimetrični. Če pretvarjamo med dvema delovnima okoljema in izberemo relativni kolorimetrični upodobitveni model, bo končna pretvorba identična, ker relativni kolorimetrični model temelji na isti tabeli kot absolutni kolorimetrični upodobitveni model. Kjer so uporabljeni matrični profili se za PCS uporablja CIEXYZ barvni prostor

#### 3.1.1 Matrike

Matrični profili so definirani z XYZ barvnimi vrednostmi ter z linearizacijskimi krivuljami za vsak kanal posebej. Linearizacijska krivulja je lahko definirana s pomočjo 1D LUT tabele ali kot gama vrednost. Matrični profili torej uporabljajo CIEXYZ za PCS.

sRGB specifikacija definira matematiko za linearizacijsko krivuljo in vsebino 3x3 matrike za transformiranje sRGB v XYZ. Ker je XYZ v PCS določen glede na D50 je treba tudi to

upoštevati pri pretvorbah in če vhodni profil ni definiran s to osvetlitvijo, se uporabi še ena matrika (Bradfordova) za pretvorbo XYZ(D65) v XYZ(D50).



**Slika 4:** Blok diagram matematičnih pretvorb v matričnem profilu

Končna matrika je produkt Bradfordove matrike in sRGB matrike.

$$\begin{matrix} \text{Bradford } XYZ_{D65} \text{ to} \\ XYZ_{D50} \end{matrix} \quad \text{sRGB Matrix}$$

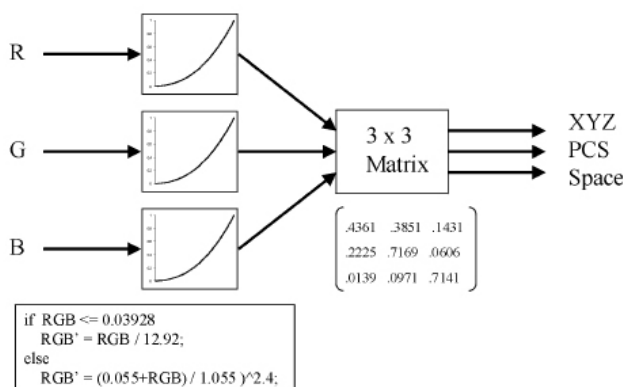
$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{D50} = \begin{pmatrix} 1.0479 & 0.0229 & -0.0502 \\ 0.0296 & 0.9904 & -0.0171 \\ -0.0092 & 0.0151 & 0.7519 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} .4124 & .3576 & .1805 \\ .2126 & .7152 & .0722 \\ .0193 & .1192 & .9505 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

Final Matrix is:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{D50} = \begin{pmatrix} .4361 & .3851 & .1431 \\ .2225 & .7169 & .0606 \\ .0139 & .0971 & .7141 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

**Slika 5:** Končna matrika za sRGB profil

Končen matrični profil pa zgleda takole.



**Slika 6:** Matrični ICC profil



## 3.2 LUT profili

Profili temelječi na LUT tabelah so dosti bolj kompleksni in veliko večji (nekaj MB). LUT tabela je večdimenzionalna z vrednostmi ki določajo točno pozicijo barve skozi celoten barvni prostor, kot kocka točk, ki lahko pokaže na katerokoli lokacijo v kocki. LUT profili so pogosto uporabljeni za naprave kot so printerji, ker ti profili potrebujejo več podatkov, da producirajo rezultate, ki se jih pričakuje. Tako ni nič neobičajnega če je LUT profil velik nekaj MB.

LUT profil vsebuje vse upodobitvene modele, ki jih ima uporabnik na razpolago, zraven tega pa še podatke za tabele in tage, ki jih najdemo znotraj profila. Nekatere aplikacije, kot npr. ColorSync Utility nam omogoča vpogled v ICC profil. Koristna stvar je tudi ColorThink, ki omogoča pregledovanje strukture ICC profilov.

ICC profil ima lahko več kot eno ime, če je narejen za križne platforme. Zunanje ime, s katerim so si uporabniki najbolj domači, se pojavi ko gledamo profil na namizju našega računalnika, to je ime datoteke. Ustvarjeno je ko uporabnik ustvari in shrani profil na disk. ICC profil ima tudi notranje ime, ki jih prikazujejo različni programi.

Uporabna lastnost LUT profilov je kako se upravlja predogled (soft proof) na monitorju in kako pretvarja vrednosti za potrebe izhodnih naprav. Pri tem sodelujeta dva dela, eden ki vpliva na to kar vidimo na monitorju in drugi, ki vpliva na vrednosti generirane pri pretvorbi barvnih prostorov. Npr.: lahko bi imeli printer profil, ki producira zelo natančen soft proof, vendar pa generira slab print. Z delom profila za predogled je možno uporabiti programsko orodje za spremembo samo dela profila za izhodne naprave, da se spremeni (popravi) samo del za print, brez da bi spreminjali del profila, ki upravlja soft proof. Nič neobičajnega ni če se zgodi obratno (print zgleda dobro, soft proof pa ne). Tudi to se da urediti tako da se popravi samo tisti del, ki je odgovoren za soft proof. Nekatera orodja dovoljujejo urejanje posameznih upodobitvenih modelov, brez da bi spreminjali druge. LUT profili so večji in bolj kompleksni, ker ločujejo posamezne komponente za urejanje in kontrolo.

### 3.2.1 LUT tabele

LUT je akronim za Look-Up Table, in pomeni način kako povezati eno vrednost z drugo brez preračunavanja. Zelo preprost primer LUT tabele je tabela za pretvarjanje Celzijeve temperaturne skale v Fahrenheitovo. Vsaka vrednost v Celzijevi skali ima natančno določeno vrednost v Fahrenheitovi. Razmerje bi lahko bilo narejeno s pomočjo formule, vendar je LUT hitrejša in enostavnejša rešitev. Zelo dobra analogija za LUT tabelo je hotel. Ko se prijavimo v hotel dobimo ključ od sobe na katerem je številka sobe in če je recimo št. sobe 235, lahko iz tega lepo razberemo, da je soba v 2. nadstropju, kjer potem najdemo svojo sobo z vsem kar spada v to sobo. LUT tabela drugače povedano je numerični naslov.

**Tabela 1:** Preprost primer LUT tabele

Celsius	Fahrenheit
0°	32°
20°	68°
40°	104°
60°	140°
80°	176°

LUT tabele se v grafični reprodukciji uporabljajo za pretvarjanje barv med različnimi barvnimi prostori. Preprosta 1D LUT tabela je pretvorba iz RGB ene naprave v drug RGB, za vsako vhodno vrednost imamo eno izhodno.

**Tabela 2:** 1D LUT tabela

Input		Output	
R	1	R	.9
G	.5	G	.47
B	.3	B	.21

Za bolj dovršen pristop pretvarjanja iz RGB v RGB se uporablja 3D LUT, tukaj pa imamo za vsak input imamo 3 izhodne vrednosti.

**Tabela 3:** 3D LUT tabela

Input		Output		
		R	G	B
R	1	.9	.01	.01
G	.5	.01	.6	.02
B	.3	.01	.03	.5

LUT tabele so uporabljene za definiranje relacij, da se pospeši potek dela in da se izognemo potrebi po procesiranju kompleksnih preračunavanj.

## **4 Profili glede na napravo**

Glede na to za katero napravo nameravamo narediti barvni profil, se odločamo na kakšni osnovi bo profil narejen.

Vsi printerji uporabljajo LUT profile, ki so dvosmerni, to pomeni da je pinter lahko input ali output.

Monitorji lahko uporabljajo tako LUT profile kot tudi matrične, vendar se v večji meri uporabljajo matrični. Tudi profili za monitor so dvosmerni, saj se monitor lahko smatra za input ali output.

Optični čitalniki imajo enosmerne profile, ta naprava se uporablja le za input. Optični čitalniki lahko uporabljajo LUT profile ali pa matrične.

## **5 Zaključek**

S prehodom iz zaprtega na odprti sistem grafične reprodukcije so se pojavili ICC profili, katerih osnovni gradniki so LUT tabele ali matrike. S pomočjo teh tehnologij se je zanesljivost oz. ponovljivost ter natančnost grafične reprodukcije izdatno izboljšala. Glavna prednost grafične produkcije vodene z ICC profili je, obvladovanje grafične reprodukcije s kolorimetričnimi metodami v heterogenih okoljih.

Na trgu je kar nekaj ponudnikov ICC profilov, s tem da grafični programi podpirajo ICC barvno upravljanje, imamo ICC profile ki zelo dobro služijo svojemu namenu, in tiste ki to manj. Problem ni v profilu, ampak v tistem, ki ga je izdelal, gre torej samo zato ali je profil kvalitetno narejen in ustrezno deluje ali pa ne. Za dobro izdelan profil pa je treba upoštevati več dejavnikov in za to je potreben ustrezen strokovnjak. Z razvojem nastajajo vedno bolj dovršeni profili, ki vse manj stvari prepuščajo naključju.

## 6 Literatura

Plaisted P., Rodney A., *Color Management Day, Part 2: How to Create ICC Profiles*, Seybold San Francisco/Publishing 1998.

ICCView, *ICCView presents the colorspace of an ICC-profile as 3D-model*, dostopno na spletu [[http://www.iccview.de/index\\_eng.htm](http://www.iccview.de/index_eng.htm)]

Golob G., *Barvno upravljanje v grafičnih reproduksijskih procesih*

Nielsen M., Stokes M., *The Creation of the sRGB ICC Profile*, Boise, Idaho/USA

Rodney A., *The Anatomy of ICC Profiles*, 2005