

Univerza v Ljubljani  
Naravoslovnotehniška fakulteta  
Oddelek za tekstilstvo  
Grafična tehnologija

Seminarska naloga:

# REPRODUCIRANJE BARV V RAZLIČNIH MEDIJIH

Mentorica:  
prof. dr. Sabina Bračko

Nataša Ahačič  
Silva Grilj

Ljubljana, 2005

## KAZALO

## UVOD

Za barvno reprodukcijo originalnih predlog v sodobnih medijih se uporabljajo reprodukcijski sistemi z različnimi tehnologijami, med katerimi so znane predvsem: barvna fotografija, barvna televizija (video), barvni tisk in internet.

Te tehnologije (razen interneta) so lahko analogne ali pa je proces delno ali v celoti digitaliziran. Pri digitaliziranih procesih ostaja analogno zajemanje barvne slik in upodabljanje njene reprodukcije ali digitalnih tiskarskih tehnikah.

V vseh sistemih za barvno reprodukcijo so prisotni problemi upravljanja barv pri zajemanju, obdelavi oz. pretvarjanju in upodabljanju barv. Končni cilj barvnega reprodukcijskega procesa je praviloma reprodukcija, ki je pogojno enaka kakovostni predlogi, v primeru neustreznih predlog pa naj bi bila čim bolj podobna originalu oz. našim pričakovanim vtisom pri njenem opazovanju. Vodenje reprodukcijskega procesa poteka na osnovi barvnega upravljanja, ki je v preteklosti temeljilo predvsem na izkušnjah in vizualnem ocenjevanju rezultatov, kasneje pa so pričeli uvajati tudi sodobnejše denzitometrične in druge merske metode.

# 1 ZGODOVINA RAZVOJA SODOBNIH SISTEMOV ZA BARVNO REPRODUKCIJO V FOTOGRAFIJI IN TISKU

Prve poskuse s trikromatsko aditivno barvno fotografijo je leta 1861 opravil J. C. Maxwell. Poskuse, ki jih je teoretično utemeljil že leta 1855, niso povsem uspeli zaradi neustrezne spektralne občutljivosti fotografskih slojev; so pa potrdili idejo o **trikromatski barvni fotografiji**.

Od leta 1906 so se začele uporabljati **aditivne tehnologije s tremi negativi ali diapozitivi** in **rastrske (mozaik) aditivne tehnologije**, pri katerih so se uporabljale rastrske pike ali črte modre, zelene in rdeče barve.

**Osnove subtraktivne barvne trikromatske fotografije** je leta 1869 opisal Ducos Du Hauron (Les Couleurs en Photographie). Metoda je postala praktična šele z izumom kromogenega razvijanja. V tridesetih letih so se subtraktivne tehnologije pričele tudi komercialno uporabljati in danes prevladujejo v konvencionalni barvni fotografiji, tako za izdelavo refleksnih barvnih slik (negativ-pozitiv) kot tudi za diapozitive.

Osnova digitalne fotografije so CCD (Charged-coupled Device) ali CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) svetlobni senzorji, s katerimi se barvni dražljaji pretvorijo v električne signale, ki se zatem digitalizirajo in zapišejo v pomnilnik. Prvi CCD element so izdali Boyle, Smith in Amelio v Bellovih laboratorijih leta 1969/70, komercialno pa se uporabljajo od leta 1975 v video kamerah, kasneje tudi v digitalnih fotoaparatih.

Trikromatsko barvno reprodukcijo so uvedli tudi v tehniki globokega tiska z ročno izdelanimi tiskovnimi formami, ki jo je prvi izdelal J. C. LeBlon. V 19. stol. sta se uveljavila kromolitografija in barvni knjigotisk, leta 1881/82 je G. Meisenbach razvil tehnologijo rastriranja s steklenim rastrom, na osnovi katere se je uveljavila avtotipijska barvna reprodukcija, ki danes prevladuje v večini tiskarskih tehnik. Analogni procesi izdelave tiskovnih form v konvencionalnih tiskarskih tehnikah so se v preteklih letih postopoma digitalizirali, uvedle pa so se tudi nove digitalne tiskarske tehnike, ki omogočajo tiskanje barvnih reprodukcij.

## 2 NA SPLOŠNO O BARVNEM REPRODUCIRANJU

Vsem tehnologijam za barvno reprodukcijo je skupna delitev procesa na analizo barv, obdelavo informacij in sintezo.

Z analizo zajamemo informacijo o barvi signala. Uporabljajo se primerni optični filtri, praviloma RGB (red, green, blue) oz. prepustni za rdeče, zelene in modre barvne dražljaje, ki omogočajo delitev barve na tri dele (barvne izvlečke), ki ustrezajo občutljivosti barvnih receptorjev v očesu. Informacija o barvi je lahko zapisana kot kemijska sprememba v fotografskih slojih ali kot analogni ali digitalizirani električni signal na izhodu iz CCD ali drugega senzorja.

Obdelava informacij je odvisna od medija in tehnologije. Pri barvni fotografiji je to kemična obdelava, npr. črno-belo razvijanje, difuzno osvetljevanje, barvno razvijanje, slabitev, fiksiranje, pranje, sušenje pri barvnem diapozitivu, ali druga ustrezna obdelava pri preostalih fotografskih tehnologijah. Pri električnih signalih (skeniranje, digitalna fotografija) je po digitalizaciji potrebno zapisovanje podatkov v primernem formatu. Pri tiskarskih tehnikah je potrebno te podatke primerno obdelati, urediti in pripraviti za tiskanje na ustrezen tiskovni material, pri konvencionalnih tiskarskih tehnikah je poleg tega potrebna še izdelava vmesnega nosilca informacij – tiskovne forme.

Sintezo barv dosežemo na koncu procesa z aditivnim ali subtraktivnim mešanjem barv, ki se uporablja pri upodabljanju barv na zaslonih monitorjev oz. televizijskih sprejemnikov in v tisku, lahko obravnavamo kot oblike aditivnega mešanja, ker nove barve nastajajo po enakih načelih kot pri aditivnem mešanju.

## 3 BARVNA FOTOGRAFIJA

Barvna fotografija je najustreznejša tehnologija za snemanje slik originalov (npr. scene v naravi) v primerni kakovosti za shranjevanje ali kot predloga za nadaljnjo reprodukcijo. Prevladuje analogna fotografija, vendar jo v zadnjih letih uspešno nadomešča digitalna,

predvsem takrat, kadar so pomembni majhni stroški, kratek čas izdelave in je zagotovljena ustrezna kakovost. Črno-bela fotografija se uporablja samo izjemoma: za umetniško fotografijo, mikrofilmanje dokumentov, v medicini, za izdelavo kopirnih predlog v tisku in na drugih tehničnih področjih.

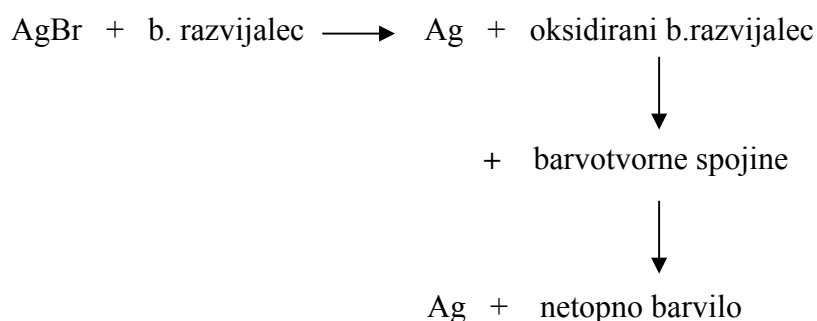
### 3.1 Analogna barvna fotografija

Najbolj razširjena je negativ-pozitiv fotografska tehnologija, predvsem v profesionalni in studijski fotografiji se uporabljajo diapozitivi, izdelani s preokretnim postopkom (reversal processing).

Pri negativ-pozitiv tehnologiji sledi osvetljevanju takoj barvno razvijanje in slabitev tako, da dobimo najprej barvni negativ, pri katerem so barve originala prikazane s komplementarnimi barvami in obratno sorazmerno svetlostjo.

Negativni fotografski filmi imajo spektralno občutljivost in gradacijo prilagojeno tako, da dobimo uporabne rezultate tudi pri manj ustreznih svetlobnih pogojih in ekspoziciji, ki več kot dvakrat odstopa od idealne. Končna korektura se opravi pri izdelavi pozitivu. Tipičen proces barvnega razvijanja ima oznako C-41, negativ filmi pa besedo »color« (npr. Agfacolor, Kodacolor).

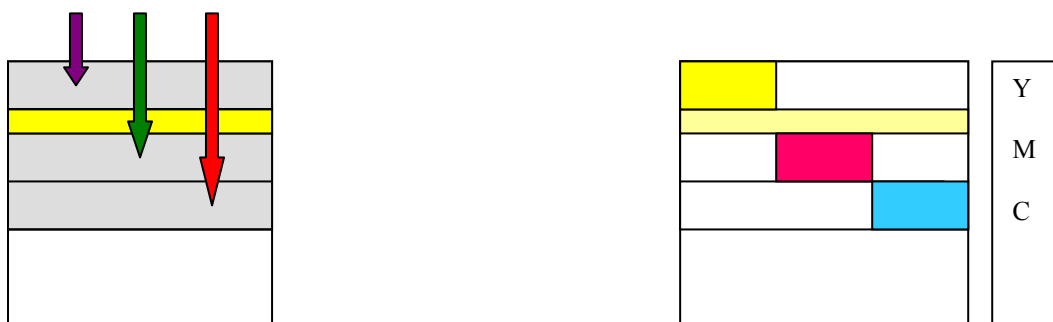
Barvila v fotografskih slojih barvnega diapozitiva, negativa ali reprodukcije na papirju nastanejo skladno z naslednjo kemijsko reakcijo:



Ta reakcija poteka zadovoljivo le z nekaterimi barvnimi razvijalci, predvsem parafenildiaminom in njegovimi derivati. Barvilo nastane z reakcijo med barvotvorno spojino in oksidiranim barvnim razvijalcem, od njiju pa je odvisna tudi dobljena barva. Proces je

voden tako, da nastanejo barvila komplementarne barve tisti barvi, na katero je sloj občutljiv oz. ki povzroči nastanek latentne slike. Količina barvila je odvisna od količine oksidirane barvnega razvijalca in sorazmerna s količino izločenega srebra oz. ekspozicijo AgBr. Kot barvotvorne spojine se uporabljajo aciklične metilenske spojine za rumeno (Y, yellow) barvo, ciklične metilenske spojine za magenta (M, magenta) barvo in fenolne spojine z aktivno metinsko skupino za cian (C, cian) barvo. Nastala barvila so kompleksne organske spojine.

Proces barvnega razvijanja je dopolnjen s slabitvijo iz. Odstranjevanjem črnega izločenega srebra iz fotografskih slojev.



*Slika 1: Občutljivost fotografskih slojev in barvila, ki nastanejo na koncu obdelave pri trikromatskem barvnem filmu.*

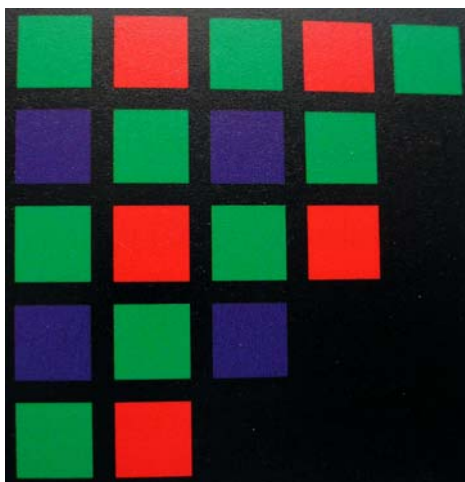
Iz negativa se izdelava barvni pozitiv po podobnem postopku na trikromatskem fotografskem materialu (papirju) po podobnem postopku. Celoten sistem mora omogočati doseganje barvnega in sivega ravnovesja v svetlih, srednjih in temnih tonih; to je zagotovljeno z medsebojno prilagojenimi gradacijskimi krivuljami.

Za izdelavo diapozitivov po preokretnem postopku se uporabljajo barvni filmi s trdo gradacijo, ki ne dopuščajo večjih odstopanj pri ekspoziciji. Pri obdelavi se filmi najprej razvijejo s črno-belimi razvijalci, po prekinjanju razvijanja pa sledi difuzno osvetljevanje ali kemijsko aktiviranje preostalega AgBr. Tako nastala nova latentna slika se razvije z barvnimi razvijalci, zatem pa se odstrani elementarno srebro.

## 3.2 Digitalna fotografija

Pri digitalni fotografiji je uveljavljenih več tehničnih rešitev zajemanja slike z osvetlitvijo senzorjev na CCD ali CMOS elementih skozi optične filtre.

Pri najbolj razširjenih »one-shot« digitalnih fotoaparatih se uporabljajo senzori, izmenično prekriti s filtri RGB ali izjemoma zaradi povečane splošne občutljivosti tudi CMY barve. Praviloma se uporablja razmerje 50 % G, 25 % B.



*Slika 2: Kovencionalna razporeditev barvnih filtrov nad CCD elementom. Pod vsakim filtrom je en senzor oz. slikovni element.*

Pri studijskih kamerah z visoko ločljivostjo se uporablja tehnika večkratnega snemanja skozi različne barvne filtre (praviloma RGB). Pri teh kamerah se za vsak slikovni element posname jakost vseh treh RGB signalov, pri »one-shot« kamerah pa se izračuna z interpolacijo.

Senzorji imajo zelo široko spektralno občutljivost, ki poleg vidnega dela spektra vključuje tudi UV in IR del spektra, zato se za omejevanje na vidni del spektra uporabljajo ustrezni filtri, ki so pri večini fotoaparotov stalno vgrajeni. Jakost električnega toka, ki nastane pri odtekanju el. naboja s senzorjev, je linearno odvisna od jakosti barvnega dražljaja, zato se RGB signali pred digitalizacijo pretvorijo v nelinearne signale R'G'B'.

Slika:



Dodatne pretvorbe se lahko opravijo tudi po digitalizaciji, predvsem kadar se signali kodirajo z več kot 8 biti/barvo. Pri digitalni fotografiji je pomembno tudi shranjevanje slik, kjer pri shranjevanju z uporabo neustrezne tehnike stiskanja podatkov lahko pride do trajne izgube podatkov o barvah.

## **4 BARVNI SKENERJI**

Barvni skenerji se uporabljajo za analizo in zajemanje predlog. Predloga je lahko original (npr. risba, slika, tkanina itd.) ali reprodukcija (npr. diapozitiv). Prvotno (od leta 1954 podjetje R.C.A.) so se uporabljali analogni skenerji, ki omogočajo zajem podatkov v digitalni obliki. Razlikujejo se po geometriji skeniranja (ploski, bobnasti), načinu osvetljevanja predlog (refleksijski, transmisijski) in drugih značilnosti, ki so odvisne predvsem od kakovostnega in cenovnega razreda.

### **4.1 Bobnasti skenerji**

Predloga je pri skeniranju pritrjena na steklen boben, ki se vrti z enakomerno hitrostjo. Ob valju se pomika snemalna glava, ki z mikroskopsko optiko usmerja barvne dražljaje skozi razklonski optični sistem (polpropustna zrcala, prizma) prek RGB filtrov na fotopomnoževalke (PMT, photomultiplier), kjer se barvni dražljaji pretvorijo v električne signale. Fotopomnoževalka ojačuje signal eksponentno, ker vsak foton ali izbiti elektron povzroči izbijanje več novih elektronov. Zatem sledi digitalizacija na osnovi vzorčenja analognih električnih signalov in prenos v delovno postajo, kjer se poskenirane slike še dodatno obdelajo in shranijo.

### **4.2 Ploski skenerji**

Pri ploskih skenerjih se predloga položena na ravno stekleno ploščo, ob kateri se pomika nosilec s svetlobnim virom z RGB barvnimi filtri. Pri transmisijskih predlogah leži predloga med svetlobnim virom in nosilcem. Skeniranje na ploskem skenerju je analogen diskreten proces, kjer se zajamejo električni signali z vsake točke (senzorja na CCD elementu) v prečni smeri glede na gibanje CCD elementov, vzdolžno pa se opravi dodatno vzorčenje pred digitalizacijo. Analogni električni signali pri skeniranju so linearno odvisni od jakosti barvnih dražljajev, zato se digitalizacija izvede z 8 do 16 biti/barvo in to omogoča kasnejšo nelinearno pretvorbo RGB vrednosti v skenerju ali na delovni postaji.

## **5 ICC-SISTEM BARVNEGA UPRAVLJANJA**

ICC sistem je bil ustanovljen na pobudo Fogre leta 1993. 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-specifikacije od leta 1995 načeloma rešujejo upravljanje z barvami v odprtih digitaliziranih reproduksijskih sistemih.

Osnovna funkcija sistema barvnega upravljanja je zagotavljanje preglednega kolorimetričnega pretvarjanja barv med različnimi primarnimi barvnimi sistemi (prostori), uporabljenimi v reproduksijskem 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 reproduksijskih lastnosti vhodnih in izhodnih naprav (tudi končnih rezultatov reproduksijskega procesa, npr. konvencionalnega ofset tiska).
- Barvni računalnik (CMM, Color Matching Module, Color Management Module) oz. programsko opremo za preračunavanje podatkov o barvah pri prehodu iz enega v drug barvni prostor s pomočjo barvnih profilov.
- Programsko opremo (npr. Adobe Photoshop), ki omogoča uporabo funkcij barvnega računalnika (CMM) pri transformacijah med barvnimi prostori.

Pri kolorimetričnem barvnem upravljanju se kolorimetrično opišejo lastnosti vseh naprav, ki se uporabljajo v reproduksijskem procesu. Na snovi njihovih barvnih profilov se opravljajo

barvne pretvorbe v reprodukcijskem sistemu tako, da se dosežejo optimalne reprodukcijske predloge.

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.

CMM je del operacijskega sistema računalnika. Apple je za računalnike Macintosh razvil ColorSync modul operacijskega sistema, ki omogoča barvno upravljanje na sistemskem nivoju. Poleg Apple CMM se lahko v ColorSync modulu uporabijo tudi CMM drugih proizvajalcev. Danes so na trgu dostopni CMM različnih proizvajalcev za uporabo tudi na Windows in UNIX operacijskih sistemih. Barvne pretvorbe lahko potekajo na osnovi različnih algoritmov, narejenih na osnovi poznanih matematičnih modelov v obliki matričnih transformacij.

Neposreden prehod iz barvnega prostora vhodne naprave (npr. skener, RGB) v barvni prostor izhodne naprave (npr. tiskarski stroj, CMYK) se uporablja v zaprtih sistemih s popolnoma poznanimi lastnostmi (barvnimi obsegi, gradacijo, ...) obeh naprav.

V sistemu barvnega upravljanja, kot ga definira ICC, se RGB vrednosti vhodne naprave (skener) najprej pretvorijo v barvne vrednosti referenčnega sistema. V ICC terminologiji je to vezni barvni prostor (PCS, Profile Connection Space). Po ICC specifikaciji je to predvsem CIELAB', vendar je uporaben tudi CIEXYZ ali celo kolorimetrično definiran sRGB barvni prostor. Iz enega od omenjenih standardnih veznih barvnih prostorov se zatem opravi pretvorba v barvni prostor izhodne naprave (tiskarski stroj).

V reprodukcijskem procesu je potrebno barve originala oz. njegovo barvno območje transformirati v reprodukcijo.

Pri pretvorbi iz barvnega prostora vhodne naprave v barvni prostor izhodne naprave se najpogosteje barvno območje zmanjša. V sistemu za barvno upravljanje se določi najsvetlejša in najtemnejša točka slike in dinamični tonski obseg. Ta funkcija se označuje kot Color Space Interpretation. Poleg tega se v sistemu barvnega upravljanja določi, s katerimi barvami se nadomestijo barve originala (oz. barve, ki smo jih zajeli na vhodni napravi, npr. skenerju), ki jih na izhodni napravi ne moremo reproducirati zaradi manjšega barvnega območja. Ta funkcija se označuje kot Gamut Mapping.

ICC je določil štiri upodobitvene metode, s katerimi je določen način reproduciranja barv pri pretvorbi med različnimi barvnimi območji oz. prostori:

- Percepcijska metoda (pri reprodukciji slike se upoštevajo barva papirja, dinamične in barvne značilnosti izhodnega sistema tako, da je zagotovljena najustreznejša barvna reprodukcija originala. Spremenijo se vse barve, relativne razlike med njimi pa ostajajo enake).
- Absolutno kolorimetrična metoda (Barve, ki se prekrivajo v barvnih območjih vhodnih in izhodnih naprav, prenesejo z najmanjšim možnim odstopanjem ( $\Delta E_{ab}^*$ ). Med procesom prenosa se bela točka izvirnega sistema prilagodi na belo točko ciljnega sistema. Barve, ki se ne prekrivajo, se prenesejo na rob barvnega prostora izhodne naprave. Ta metoda se uporablja predvsem v digitalnem poskusnem tisku, ko se simulira reprodukcija na drugem poskusnem tisku, ko se simulira reprodukcija na drugem izhodnem sistemu (npr. simuliranjr časopisnega tiska na termosublimacijskem tiskalniku).
- Relativno kolorimetrična metoda (upodabljanje barv je enako kot pri absolutno kolorimetričnem, s tem da se bela točka ciljnega sistema (belina papirja) ne simulira, temveč doda (projecira) na belo točko izvirne naprave. To povzroči tudi pomik črne točke. Razlike v reprodukciji med absolutno in relativno kolorimetrično metodo so opazne samo pri večjih razlikah med barvnima območjema dveh naprav.
- Metoda nasičenja (na reprodukciji se upodobijo nasičene barve, ker pride do pomika proti robu barvnega prostora izhodne naprave. Uporablja se za reproduciranje posebnih barv in takrat, ko je barvni obseg izhodne naprave večji od barvnega obsega vhodne (npr. kapljični tisk). Je najmanj uporabljen model).