

Računalni program za određivanje boja prema katalogu boja

Prof. dr. sc. **Željko Penava**, dipl.ing.
Sveučilište u Zagrebu
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zagreb, Hrvatska
e-mail: zpenava@ttf.hr
Prispjelo 20.9.2017.

UDK 677.017.55:535.66
Izvorni znanstveni rad

*U radu je prikazana problematika rada s bojama na tekstilnim uzorcima usprkos znatnom olakšanju koje je donio razvoj računalne tehnologije. Obradeni su osnovni sustavi boja i objašnjen način njihovog međusobnog preračunavanja. Navedeni su glavni tekstilni katalogi boja koji se koriste u svijetu. Projektiran je i izrađen računalni program *zpTextileColor* inačica 1.0 za vizualno i broičano određivanje i preračunavanje RGB, CIEL*a*b*, HSL, CMYK u PANTONE katalog boja. Izneseni su osnovni podaci o programu i objašnjena njegova uloga u olakšanju rada kod pretvaranja vrijednosti boja iz jednog u drugi sustav. Opisan je način rada s programom i njegove karakteristike. Prikazana je i dokazana nužnost primjene računala na području rada s bojama i metrikom boje.*

Ključne riječi: boja, katalog boja, sustavi boja, računalo, program

1. Uvod

Izrada tkanina i tekstilnih plošnih proizvoda je nekoliko posljednjih desetljeća doživjela mnoge promjene. Masovna proizvodnja preseljena je u zemlje trećeg svijeta, a u razvijenim zemljama je zadržana proizvodnja malih serija, unikata, specijalnih tehničkih proizvoda, kao i proizvoda čija izrada zahtijeva visoku tehnologiju. Upravo ta proizvodnja malih serija i unikata traži stalne i velike izmjene na proizvodnim strojevima, a i užurban i zahtjevan rad dizajnerskih odjela. Mnogi maloserijski proizvodi proizvode se prema narudžbi na temelju određenog uzorka gdje naručitelj zahtijeva veliku preciznost izrade, posebno u pogledu boja. To je posebno izraženo u proizvodnji raznih tkanih oznaka i etiketa. Korištenjem računala, u pripremi proizvod-

nje i u samoj proizvodnji, posao je olakšan i danas se svi pripremni procesi odvijaju uz pomoć računala. Unatoč relativno lakoj dostupnosti i velikoj ponudi, vrhunski računalni programi za te svrhe imaju visoku cijenu pa mnogim manjim proizvođačima nisu isplativi. Takvi vrhunski programi imaju ugrađene sustave za prepoznavanje boja na uzorku unesenom u računalo skeniranjem, kamerom ili preko posebnog uređaja za prepoznavanje boja. Cjenovno povoljniji programi nemaju taj dodatak pa je stoga projektiran računalni program koji procesira vrijednosti boja s unesene slike tekstilnog uzorka i pronalazi najpribližniju boju iz PANTONE kataloga boja. Primjenom ovog programa znatno će biti olakšan rad u manjim tvrtkama, posebno zato jer je program potpuno slobodan za korištenje i dostupan putem interneta.

2. Boje i njihovo vrednovanje

Budući da čovjek može razlikovati približno 350 tisuća boja neophodno je postaviti matematički model boje koji će točno opisati svaku nijansu u obliku broičane vrijednosti. Današnje broičano vrednovanje boje pretpostavlja dobro poznavanje fiziopsiholoških događanja kod prepoznavanja boja te njeno osmišljeno pretvaranje u tehničku varijantu. Za vrednovanje boje potrebna su opširna interdisciplinarna znanja, odgovarajući mjerni aparati, i posebno nova ideja za drugačije nesporno određenje boja.

Boja se znanstveno definira sa tri veličine, odnosno dimenzije: ton boje, svjetlina boje, zasićenost (kroma) boje. Te tri dimenzije boje omogućuju interpretaciju boje u tzv. prostoru boje ili tijelu boje, npr. CIE prostor boje. Svaku dimenziju boje moguće

je metrički i brojčano definirati. Današnje stanje brojčanog vrednovanja boje još uvijek nije konačno definirano [1].

2.1. Percepcija boje

Čovjekova percepcija boje prirodno ovisi o dominantnoj valnoj duljini reflektiranog upadnog svjetla s obojene površine pri čemu na percepciju boje utječe i spektralna distribucija upadnog svjetla odnosno vrsta izvora svjetlosti. Na primjer, ako svjetlo sadrži samo valne duljine od približno 620 nm moguće je jedino vidjeti crvenu boju uz pretpostavku da osvijetljeni objekt ima mogućnost refleksije valne duljine u tom području. Kompozicija dnevnog svjetla se mijenja tijekom dana, pa je tako udio crvene najveći u jutro, a udio plave raste prema večeri. To može uzrokovati drugačiji osjećaj boje. Spektralna kompozicija svjetla je također važna kod ispitivanja boje tkanine. Tkanina odaje različiti osjećaj boje kada je izložena različitim uvjetima osvjetljenja [2].

Nadalje, boja na tkanini - predlošku bitno se razlikuje od boje na zaslonu. U prvom slučaju dojam boje određen je intenzitetom i spektralnom distribucijom svjetla iz određenog izvora, koji osvjetljava uzorak u boji, a spektralna raspodjela refleksije predloška u boji, "remisijskom krivuljom". Zbroj obiju ovih krivulja tek u oku daje doživljaj boje. Dakle, pojam boje ovisi o izvoru svjetla i o obojenom uzorku. Obojena tkanina pod drugačijim svjetlom ima drugačiji izgled boje [3].

2.2. Miješanje boja

Uvažavajući činjenicu da retina u ljudskom oku sadrži tri različita tipa konusnih ćelija koje su osjetljive na tri primarne boje (crvenu, zelenu i plavu) moguće je formulirati zakonitosti koje govore da se sve boje mogu dobiti miješanjem tih triju primarnih boja. Danas postoji više od deset različitih pravila o miješanju boja [4].

Aditivni proces miješanja boja razumijeva miješanje obojenog svjetla

pri čemu se miješanjem triju primarnih boja dobije bijela boja (bijelo svjetlo). Ovaj proces miješanja boja nastaje uvijek kad svjetlo dolazi direktno u oko bez da je reflektirana od nekog objekta. Žuta boja se dobije miješanjem crvene i zelene, a miješanjem zelene i plave nastaje tirkizna (cijan), dok se miješanjem crvene i plave dobiva crvenoljubičasta (magenta). Miješanjem svih primarnih boja dobije se bijela boja. Ovakav se proces miješanja boja koristi u zaslonima, televizorima i skenerima, odnosno u svim uređajima koji imaju izvor svjetlosti širokog spektra [5].

Suptraktivno miješanje boja razumijeva miješanje obojenih pigmenta. Primarne boje suptraktivnog sustava miješanja boja su magenta, cijan (tirkizni ili specifičan plavo zeleni ton boje) i žuta koristeći proces suptraktivne ili filtriranja. Suptraktivni proces miješanja boja nastaje kada u oko dolazi reflektirano svjetlo, primjerice s obojene tkanine. Plava boja u ovom procesu nastaje miješanjem magente i cijana. Miješanjem magente i žute nastaje crvena, a miješanjem žute i magente nastaje zelena. Suptraktivijom svih triju primarnih boja dobije se crna boja.

2.3. Sustavi boja

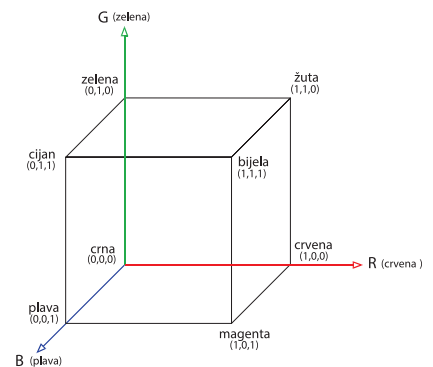
Problematikom opisivanja boja se već stotinu godina intenzivno bave likovni teoretičari i grafičari pronalazeći brojne modele (sustave, prostore) od kojih se nijedan nije pokazao jedinstveno primjenjivim. Tako su nastali različiti modeli koji opisuju boje, a značajniji je RGB model dobiven direktno od aditivnog sustava miješanja boja, zatim CMYK model dobiven od suptraktivnog miješanja boja, kao i CIE Lab model koji se spominje kada se govori o apsolutnom i preciznom opisivanju boja, posebno u znanstvene svrhe [6].

2.3.1. RGB (aditivni) model

Prvi dio naziva ovog modela potječe od engleskog akronima osnovnih boja ovog modela (Red, Green, Blue - crvena, zelena i plava), a drugi dio

od činjenice da u tom modelu bijela "boja" nastaje miješanjem osnovnih svjetlosnih komponenata u punom (100 %) intenzitetu (dakle, dodavanjem - adicijom), a crna njihovom potpunom odsutnošću. Razlog tome je jednostavan: RGB model se u praksi redovito koristi u uređajima koji raspoložu izvorom raznobojne svjetlosti (npr. televizorima, računalnim zaslonima i skenerima).

Koristeći RGB model moguće je kreirati svaku boju iz triju primarnih boja (crvena, zelena i plava). Ovim modelom miješanja boja provodi se direktna pretvorba u digitalni sustav, što je prikazano trodimenzionalno na sl.1.



Sl.1 Trodimenzionalni prikaz RGB modela boja

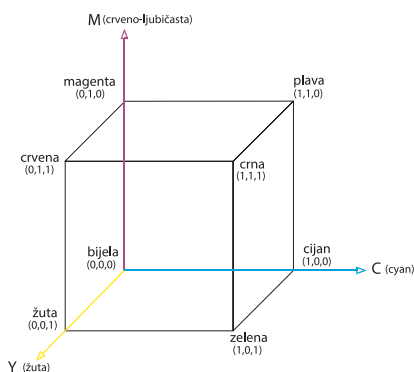
Svaka od primarnih boja (crvena, zelena, plava, magenta, cijan i žuta te crna i bijela) pridružena je na jedan od osam vrhova kocke i definirana je svojom koordinatom. Koordinate se sijeku na sastavnici primarnih boja crvene, zelene i plave. Broj sjena i međuboj kod ovog modela boja ovisi o finoći podjele na koordinatama za crvenu, zelenu i plavu boju. Za dobivanje blagog prijelaza od jedne boje do druge, dvije točke boje u kocki se spajaju ravnom linijom. Situacije koje nastaju uzduž te linije predstavljaju sve promjene od jedne boje do druge. RGB model boja se često koristi u programiranju kao interni model boja budući da ne zahtijeva pretvorbu za prikazivanje boja na zaslonu. Nedostatak ovog modela je u nemogućnosti čovjeka da predstavi nijanse boja u obliku koordinatnih

vrijednosti. Dodatna slabost ovog modela je u činjenici da geometrijska udaljenost između boja ne odaje uvijek različiti osjećaj tih boja [7].

2.3.2. CMYK (suptraktivni) model boja

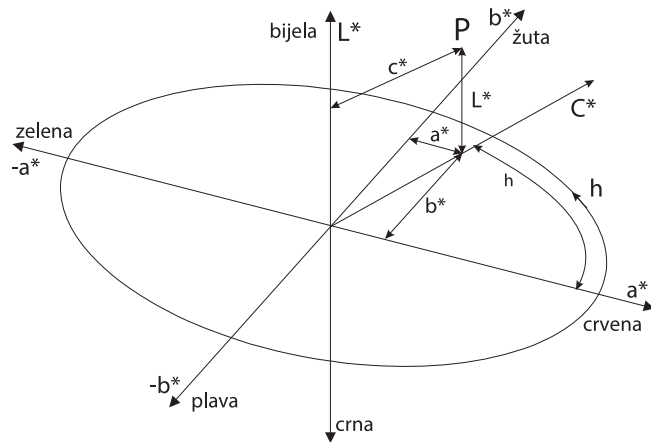
CMYK je naziv modela koji sve boje opisuje kao kombinaciju triju primarnih boja plus crna: tirkizne (plavo-zelene) - cijan engl. Cyan (C), crvenoljubičaste – magente, engl. Magenta (M), žute, engl. Yellow (Y) i crne, koja se označava s K od engl. riječi engl. Key. Naziv “suptraktivni” odnosi se na način stvaranja bijele “boje”, koja se ne može dobiti miješanjem ovih sastojaka, već njihovom odsutnošću (oduzimanjem, tj. suptrakcijom), pod uvjetom da je riječ o bijeloj podlozi. Puna mješavina (100 % svih komponenata) proizvodi crnu “boju”. Teoretski, crna boja bi trebala nastati već samim miješanjem 100 % C, M i Y, ali u praksi to daje samo tamnu, “prljavosmeđu” boju pa je stoga u model ušla i “ključna” crna komponenta.

CMYK model ili suptraktivni model boja omogućuje direktnu pretvorbu boja u digitalni sustav, a uobičajeno se prikazuje trodimenzionalno, slično kao i RGB sustav, kako je prikazano na sl.2.



Sl.2 Trodimenzionalni prikaz CMYK modela

Svaka boja u toj kocki je definirana svojom koordinatom koje su oblikovane u odnosu na primarne boje (cijan, magenta i žuta). U CMYK modelu se svaka od boja izražava postotkom zastupljenosti pojedine C,



Sl.3 Prikaz CIE L*a*b* prostora boja

M, Y i K komponente. Ovaj model boja se uglavnom koristi kod uređaja za tisak u boji [7].

2.3.3. CIE L*a*b* (ili L*a*b*) model boja

Ovaj model boja nastao je još 1930-ih, kada ga je prihvatila *Commission Internationale d'Eclairage* (CIE) komisija za standardizaciju izvora svjetla, a nakon manjih modifikacija u definiranju koordinata, 1976. godine je prihvaćena verzija koja je aktualna i danas. CIE L*a*b* model najviše se približio matematičkom opisivanju boja kroz parametre koji imaju ulogu i u ljudskoj percepciji, i to koristeći L (Lightness - svjetlinu) i dvije kromatičke koordinate: a*, koja se proteže od žute do plave i b*, koja spaja crvenu i zelenu boju. Taj je model kombinacija kartezijskog i cilindričnog koordinatnog sustava. Tri osi kartezijskog sustava 1 - a*, 2 - b* i 3 - L* određuju položaj boje u sustavu. Samo treća os ima fizičko značenje koje odgovara svjetlini kao jednoj od dimenzija boje [8]. Na sl.3 prikazan je način prostornog prikazivanja ovog sustava boja.

Značenje pojedinih oznaka i vrijednosti koje zauzimaju su sljedeće:

L* - svjetlina boje, koordinata 3, koja zauzima vrijednosti od 0 (apsolutno crno) do 100 (apsolutno bijelo)

a* - koordinata 1, koja određuje položaj boje na zeleno-crvenoj osi i zauzima vrijednosti od -80 do +80 i

b* - koordinata 2, koja određuje položaj boje na plavo-žutoj osi i zauzima vrijednosti od -80 do +80

Sve tri dimenzije boje imaju fizičko značenje u cilindričnom koordinatnom sustavu, gdje se boji dodaju zasićenost - C* (chroma) i ton boje h (hue). Vrijednosti su u matematičkoj vezi sa a* i b* vrijednostima, a ta veza je jednaka matematičkoj relaciji između kartezijskog i cilindričnog koordinatnog sustava [9].

Boje opisane u L*a*b* prostoru neovisne su o uređajima na kojima se prikazuju i reproduciraju, što ih čini idealnima za područje računalne grafike. S druge strane, koliko god je L*a*b* model sličan djelovanju čovjekovih očiju i mozga, toliko je različit od načina dobivanja boja na ekranu i papiru, što ga za korak (tj. neizbježnu pretvorbu) udaljava od praktične primjene. Realni (RGB/CMYK) svijet može koristiti L*a*b* prostor tek kao referencu, što skuplji i napredniji sustavi za obradu slike i čine, u nekim slučajevima čak potpuno sakrivajući od korisnika podatke o RGB i/ili CMYK vrijednostima i baratajući isključivo L*a*b* koordinatama. Ipak, takvi su primjeri rijetki, pa imaju i manji praktični značaj.

2.3.4. Međusobni odnos RGB, CMYK, i CIE L*a*b* sustava boja

Za pretvorbu iz RGB sustava boje u CMYK sustav boje potrebne su odgovarajuće matematičke transforma-

cije. Jednadžbama (1) i (2) može se opisati pretvaranje RGB sustava u CMYK sustav [7]:

$$\begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} W \\ W \\ W \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (1)$$

gdje je $W=100\%$ bijelo.

$$\begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0.5 \\ 1 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \\ K \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1-0.5 \\ 0.5-0.5 \\ 1-0.5 \\ 0.5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.5 \\ 0 \\ 0.5 \\ 0.5 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Definiranjem vrijednosti primarnih komponenata boja na uzorku sustav uzrokovanja je upotpunjen. Ako se dijelovi primarnih komponenata boje CIE 1931 označe kako slijedi:

$$\begin{array}{l} \text{crvena: } x_r \quad y_r \quad z_r \\ \text{zeleni: } x_g \quad y_g \quad z_g \\ \text{plava: } x_b \quad y_b \quad z_b \end{array}$$

Vrijednosti boje CIE moraju biti proporcionalne komponentama boje CIE i definiraju se jednadžbama (3a), (3b) i (3c):

$$x = \frac{X}{(X+Y+Z)} \quad (3a)$$

$$y = \frac{Y}{(X+Y+Z)} \quad (3b)$$

$$z = \frac{Z}{(X+Y+Z)} \quad (3c)$$

Iz toga proizlazi da su vrijednosti boja CIE primarnih komponenata definirane jednadžbama (4a), (4b) i (4c):

$$\text{crvena: } X_r = c_r x_r \quad Y_r = c_r y_r \quad Z_r = c_r z_r \quad (4a)$$

$$\text{zeleni: } X_g = c_g x_g \quad Y_g = c_g y_g \quad Z_g = c_g z_g \quad (4b)$$

$$\text{plava: } X_b = c_b x_b \quad Y_b = c_b y_b \quad Z_b = c_b z_b \quad (4c)$$

gdje su c_r, c_g, c_b proporcionalni faktori odgovarajućih vrijednosti boje. Prikazani su u izrazima (5a), (5b) i (5c):

$$c_r = X_r + Y_r + Z_r \quad (5a)$$

$$c_g = X_g + Y_g + Z_g \quad (5b)$$

$$c_b = X_b + Y_b + Z_b \quad (5c)$$

Jednadžbe koje definiraju vrijednosti boje CIE XYZ na temelju vrijednosti RGB modela boja mogu se napisati u sljedećem obliku:

$$X = c_r x_r R + c_g x_g G + c_b x_b B \quad (6a)$$

$$Y = c_r y_r R + c_g y_g G + c_b y_b B \quad (6b)$$

$$Z = c_r z_r R + c_g z_g G + c_b z_b B \quad (6c)$$

Iz jednadžbi (6a), (6b) i (6c) slijede jednadžbe (7a), (7b) i (7c) koje definiraju pretvorbu RGB vrijednosti boja u CIE XYZ vrijednosti:

$$R = \frac{((y_g z_b - y_b z_g)X)}{c_r H} + \frac{((x_b z_g - x_g z_b)Y)}{c_r H} + \frac{((x_g y_b - x_b y_g)Z)}{c_r H} \quad (7a)$$

$$G = \frac{((y_b z_r - y_r z_b)X)}{c_g H} + \frac{((x_r z_b - x_b z_r)Y)}{c_g H} + \frac{((x_b y_r - x_r y_b)Z)}{c_g H} \quad (7b)$$

$$B = \frac{((y_r z_g - y_g z_r)X)}{c_b H} + \frac{((x_g z_r - x_r z_g)Y)}{c_b H} + \frac{((x_r y_g - x_g y_r)Z)}{c_b H} \quad (7c)$$

gdje je:

$$H = x_r (y_g z_b - y_b z_g) + x_g (y_b z_r - y_r z_b) + x_b (y_r z_g - y_g z_r) \quad (8)$$

Ako se želi bilo koja boja specificirati na modelom boja CIE XYZ prikazati na grafičkom terminalu s primarnim komponentama RGB pomoću jednadžbi (6a), (6b), (6c), neposredno se definiraju katodni naponi na RGB elektronskim topovima [10].

Ovakvo stanje s raznim modelima boja i njihovim međusobnim odnosima nije posljedica neusuglašenih stavova i nesklada u standardima, već neposredno proizlazi iz fizikalne prirode svijeta koji nas okružuje te nam preostaje samo da ga prihvatimo takvo kakvo jest.

2.4. Boje u tekstilnoj tehnologiji

Mnogi pokušaji sistematizacije boja rezultirali su nastankom raznih nesistematičnih sustava koji su prilično rašireni i usmjereni k upotrebi u specifičnim područjima. Sustavi su nastali običnim nizanjem uzoraka boja ili s raspoređivanjem boja po određenom ključu [11].

Većina sustava koji su sastavljeni od realnih uzoraka boja su nesustavni. U tu skupinu se ubrajaju boje prema modnim kartama i različiti katalozi proizvođača. Vodeći predstavnik kataloga boja za tekstil je SCOTDIC katalog boja, kojeg je za tekstilnu industriju pripremila i uredila tvrtka

SCOTDIC Colours Ltd, iz New Yorka. SCOTDIC je kratica za Standard Color of Textile Dictionary Internationale de la Couleur. Ovaj katalog predstavlja kolekciju boja modnih tkanina od PES, pamuka i vune. Zbirka se zasniva na vizualnom dojmu, a za označavanje boja koristi Munsellove oznake: Hue (tonalitet boje), Value (svijetlina) i Chroma (zasićenost boje). Svaka boja je kodirana sa šest oznaka gdje prve dvije označuju H, druge dvije V, a treći par C. Katalog je podijeljen u dvije glavne skupine "2020 Pamuk" i "2450 PES". Katalog koji proizvodi Kensaiken Int. (već 80 godina) predstavlja najširu paletu boja koju je moguće nabaviti na tržištu. Uzorci su podijeljeni u skupine po tonalitetu boje (54 tonova boja). Svaka boja se još dijeli prema svjetlini (Value) i čistoći, odnosno zasićenosti boje (Chroma). Korisniku je na raspolaganju više od 6000 uzoraka načinjenih od tekstila (a ne od papira). To je razlog da se taj katalog u tekstilu koristi kao standard [5].

3. Računalo i boje

Simulacija boje i oblikovanje uzoraka boje, reprodukcija boje na zaslonu u boji, vizualizacija boje izrađene računalnom recepturom, vizualizaci-

ja kod raznih osvjetljenja, simulacija procesa vođenja proizvodnje itd. su svojstva CAC, CAD, CAM sustava. Boja na katodnom grafičkom terminalu nastaje aditivnim miješanjem triju monofrekventnih svjetlosti što ih emitiraju tri vrste fosfora. Kod terminala je područje boja definirano s dijelovima normiranih (standardnih) vrijednosti boja svih triju vrsta fosfora. Njihove karakteristike su određene propisima CIE i SMPTE [12]. Kod najnovije generacije LCD monitora to je riješeno na drugačiji način (prolaskom svjetlosti kroz tekuće kristalice), ali je problem realnog prikaza boje i dalje aktualan. Danas još uvijek nije poznato idealno rješenje koje bi na grafičkom zaslonu omogućilo realan prikaz boje, istovjetan s bojom objekta što znači da bi dojam boje u oba primjera bio identičan. U vezi s rješavanjem ove problematike još uvijek se istražuje način optimalnog rješavanja mjerenja i vrednovanja boja na terminalu. Pritom je potrebno definiranje korekturnih faktora za izvor svjetla i standardiziranog izvora svijetlosti, odgovarajuća adaptacija promatrača i uvjeti promatranja. Jednostavno rješenje za vrednovanje boja na zaslonu je upotreba zaslon-skog kolorimetra [13]. U vezi s grafičkim terminalom u boji važni su također ulazno-izlazno uređaji. Kao ulazni uređaj često se koristi skener, video kamera, kopirni aparat. Kao izlazni uređaji služe tiskači u boji koji u većini slučajeva kod reprodukcije boje djeluju na načelu suptraktivnog miješanja boja (CMYK).

3.1. Prikaz boja na zaslonu

Boja na zaslonu nastaje iz mješavine intenziteta triju osnovnih boja R, G, B (Red - crvene, Green - zelene, Blue - plave). Ako želimo boju predložka imitirati na zaslonu, to se postiže aditivnim miješanjem triju osnovnih boja R, G i B. Jednakost boje na zaslonu s bojom predložka postiže se samo kod jedne određene vrste svjetla, a na zaslonu se mogu dobiti jednake R, G i B vrijednosti, slično kao što se dobiva kod obojenih uzorka kod osvjetljavanja određenim izvorom svjetlosti.

Na zaslonu postoji mogućnost prikazivanja 16 mil. različitih nijansi boja određenog "prostora boja". Međutim, na zaslonu se ne mogu reproducirati sve boje koje susrećemo u prirodi. Tako se, primjerice ne mogu reproducirati efekti koji nastaju refleksijom optičkih bjelila. Boje iz kolekcija pređa, iz kojih dizajner želi izraditi svoje tkanine, moraju biti prethodno unesene u program za dizajniranje sa svojim "vrijednostima boja". Pritom postoje dvije različite mogućnosti:

- usporedba proba, koje se osvjetljavaju definiranim izvorom svjetlosti s obojenom površinom na zaslonu (program za podešavanje boje) ili
- mjerenje vrijednosti boja (X, Y, Z, H, L, S) aparatom za mjerenje boja i prenošenje dobivenih vrijednosti boja u program.

3.2. Kalibracija uređaja

Kalibracija ili umjeravanje je postupak koji podrazumijeva usklađivanje očitavanja i prikazivanja boje na svim uređajima koji sudjeluju u postupku računalne obrade nekog uzorka u boji, što predstavlja možda i najvažniji, ali i najteže dostižan cilj. U idealno kalibriranoj liniji uređaja skenerom se precizno očitaju sve boje s uzorka, a podaci prosljede grafičkom programu koji sliku na zaslonu prikaže maksimalno sličnom skeniranom uzorku. Probni otisak na pisaču u boji praktički se uopće ne razlikuje od uzorka s kojim se krenulo u postupak, a nakon izrade novog uzorka potrebno je samo paziti da se ovaj ne pomiješa s onim početnim.

U praksi stvari stoje sasvim drugačije. Opisani postupak predstavlja putovanje vijugavom cestom poznatom kao CMYK -> RGB -> CMYK koju je zbog razlika u preciznosti, tj. kvaliteti pojedinih uređaja vrlo teško proći bez manje ili veće pogreške. Konačno, i sama izrada uzorka u lanac unosi parametre koji su često nepredvidljivi u procesu pripreme, kao npr. kemijska svojstva bojila i sirovine (često vezana uz njenu starost, proizvođača, skladištenje itd.) i drugo

[14]. Svaki uređaj i program danas se može kalibrirati putem softvera, a softverski sustav koji to obavlja zove se CMS sustav za upravljanje bojom (Color Matching System, Color Management System). Njegov se rad temelji na stvaranju posebnog profila za svaki uređaj u lancu. Taj profil sadrži podatke o tome kako uređaj utječe na boje. Pri korištenju pojedinog uređaja CMS sustav automatski uzima u obzir njegove karakteristike, formira odgovarajući algoritam i prebacuje podatke u prostor boja tog uređaja. Najpoznatiji takvi sustavi su ColorSync, MonacoColor, Precision Input Color Characterization, DayStar, ColorMatch, FotoTune i EFI-Color Works [15].

Prvi korak, od uzorka do RGB raster-ske slike se odvija u skeniranju tako da se provodi skeniranje fotografskog predložka s punim spektrom boja, koji je kalibracijskom potprogramu već poznat. Usporedbom s onim što daje skeniranje u realnim uvjetima, kalibracijski program formira korekcijski algoritam koji dobivene rezultate sa skenera automatski preračunava u one kakvi su na predložku.

Zaslone s vremenom gube na svjetlini slike i potrebno ih je kalibrirati da bi dobili vrijednosti koje odgovaraju prirodnim bojama. Zaslon se kalibrira posebnim kalibratorom. Riječ je opet o spektrofotometru kolorimetru, koji u računalo šalje podatke o bojama izmjerenima na ekranu te se na temelju tih podataka formira odgovarajući algoritam za korekciju [16].

Zadnju fazu predstavlja kalibracija ispisne jedinice, a izrađuje se tako da se ispiše kalibracijski otisak, koji se zatim skenira na kalibriranom skeneru, a CMS sustav tada uspoređi dobivene rezultate s onima koji su stvarno poslani na pisač. Nakon korekcije ta se operacija obično iterativno ponavlja nekoliko puta, sve dok se ne postigne dovoljno dobro poklapanje rezultata sa željenim ispisom.

3.3. Skeniranje boja

U grubim crtama rad skenera može se jednostavno opisati: predložak se u

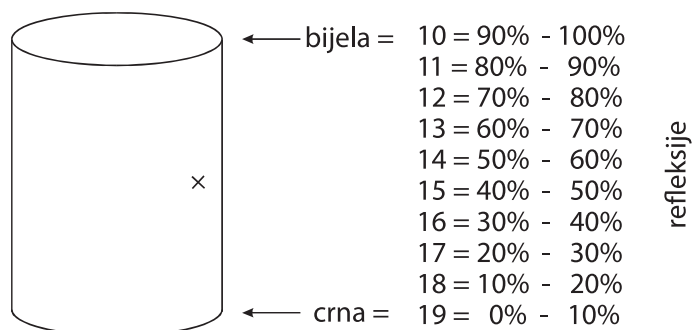
skeneru izlaže bijeloj svjetlosti (jer ona sadrži sve valne duljine koje ljudsko oko vidi) te se registrira kojim se intenzitetom svjetlost od pojedine točke odbila (refleksivni način rada), odnosno koliko je svjetlosti kroz točku predložka prošlo (transparentni način) i taj podatak se pretvara u numeričku vrijednost.

Kao trajan i stabilan izvor bijelog svjetla obično se koriste fluorescentne lampe, a za sam postupak pretvorbe zadužena je glava, najvažniji dio skenera, bogato opremljena sićušnim fotoosjetljivim elementima. Skeniranje u boji je dodatni problem jer se u tom slučaju ne mjeri samo intenzitet svjetlosti, već i njezina nijansa. Kromatske teorije odavno su utvrdile i u praksi taj zadatak ostvarile opisivanjem boja putem triju osnovnih komponenata, crvene, zelene i plave svjetlosti (RGB - Red, Green i Blue) čije miješanje punim intenzitetom stvara bijelu svjetlost [17]. Dok ovakav sustav u npr. televizoru funkcionira za stvaranje boja, kod skenera je put obrnut: bijela se svjetlost razlaže na crvenu, zelenu i plavu komponentu te se posebno bilježe intenziteti svake komponente u pojedinim točkama. Budući da glava skenera sadrži konačan broj fotoosjetljivih elemenata (tu postoje relativno kruta ograničenja nametnuta njihovim fizičkim dimenzijama, a i cijenom, tj. isplativošću), kao i s obzirom na prirodu pohranjivanja svih podataka na računalo, jasno je da skenirana slika mora biti diskretizirana, tj. podijeljena na konačan broj osnovnih elemenata. Ono što skener prenosi računalo je mreža polja u kojima se nalaze numerički podaci koje je skener očitao. Takav se oblik predstavljanja slike naziva raster, a njeni elementi pikseli (od engl. Pixel - picture element) [18].

4. Računalni program za definiranje boja prema PANTONE katalogu

4.1. Katalog boja PANTONE

PANTONE je naziv za profesionalni katalog koji sadrži više od 1000 boja,



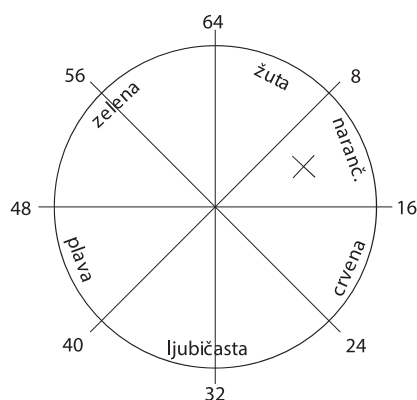
Sl.4 PANTONE prostor boja

a namijenjen je industriji, arhitekturi, oblikovanju, grafici, modi, itd. U ovom sustavu boje su brojčano označene što omogućava uspješnu komunikaciju među korisnicima.

Sustav je temeljen na valjkastom tijelu boja, a boja se označava brojem od šest znamenaka.

Prve dvije znamenke označavaju svjetlinu boje (sl.4).

Druge dvije znamenke pokazuju ton boje, koji je podijeljen u 64 sekcija (sl.5).



Sl.5 Krug boja PANTONE

Kontinuirane promjene tonova boje započinju od žute, narančaste, crvene, ljubičaste, plave i zelene.

Peta i šesta znamenka označavaju udaljenost od centra središnje osi valjka na kojoj su bijela, siva i crna boja, a s povećanjem udaljenosti od središnje osi intenzitet boje (kromazasićenost) se povećava i kod broja 64 dostiže maksimum [19].

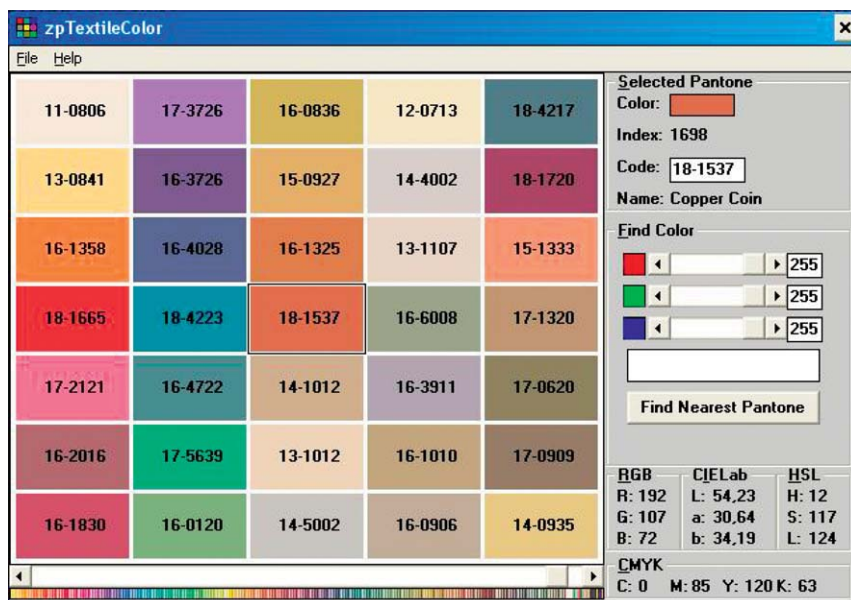
Boje PANTONE kataloga su predstavljene u raznim oblicima: "Pantone Matching System" (PMS) postoji već 37 godina i usvojen je se kao

standard boja. 1000 uzoraka boje je izrađeno od 16 osnovnih boja i na raspolaganju su grafičkoj industriji. U 1980. godinama razvijen je takozvani DTP, koji predstavlja digitalni oblik kataloga, a danas je na raspolaganju i programska oprema za upotrebu u tekstilnoj tehnologiji, arhitekturi i plastičnoj industriji.

Najnovija verzija "PANTONE Color Formula Guide" je dopunjena s novim tonovima boja (147 običnih i 7 metalik boja) i otisnuta na klasičnom bijelom papiru u verziji sa sjajnim premazom, kao i na običnom papiru bez sjajnog premaza.

4.2. Program za TextileColor

Kako je već u uvodu spomenuto, na tržištu postoje specijalni programi ili dodatni potprogrami za prepoznavanje boja na uzorku unesenom u računalo skeniranjem, kamerom ili posebnim uređajem za prepoznavanje boja. Ti programi su relativno skupi, a mnogi zahtijevaju dodatnu hardversku opremu. Cilj autora ovog programa je omogućavanje jednostavnijeg pristupa problematici određivanja boja na tekstilnim uzorcima, njihovoj pretvorbi u različite numeričke sustave i shodno tome olakšanje i ubrzanje rada dizajnera u manjim tekstilnim tvrtkama. Kako je u praksi zamijećeno, velika većina narudžbi u tekstilnoj proizvodnji kod definiranja boje proizvoda daje se prema PANTONE katalogu boja. Zbog toga je izrađen računalni program koji obradom unesene slike tekstilnog uzorka definira najpribližnju boju iz PANTONE kataloga boja, i to na temelju komponenti boja RGB modela. U njemu su



Sl.6 Prozor programa zpTextileColor 1.0

obrađene dvije tekstilne palete boja, prva sa 1701 bojom i druga od 56 boja. Program je svima dostupan na internetu i potpuno slobodan za korištenje. Autori su zahvalni svim korisnicima koji ukažu na nedostatke kao i na konstruktivnim primjedbama i prijedlozima u svrhu ispravaka i poboljšanja novih verzija programa.

Program zpTextileColor inačica 1.0 je zaista moderno koncipiran - s izvanrednim glavnim prozorom koji je briljantno dizajniran (sl.6), s jednostavnom logikom aktivirajućih objekata (polja u bojama), pristupačan je i pregledan i što je i najvažnije, potpuno interaktivan za korisnika.

Obrada podataka u programu nije vezana za poznavanje metoda preračunavanja između modela boja jer se algoritmi koriste automatski, i jedino što korisnik može vidjeti je gotov rezultat na temelju unesenih podataka ili svog izbora boje. Program je pisan u komercijalnom programskom jeziku Visual Studio 6.0, izrađen je za Windows okruženje i preveden u izvršni oblik. Program zahtijeva izuzetno mali dio resursa računala, jer je inženjerski orijentiran i koncipiran. Minimalni sistemski zahtjevi za računalo su:

- Win 95/98/Me/NT4/2000/XP
- Procesor 486DX ili veći

- 32 MB RAM ili više
 - 4 MB slobodnog prostora na disku
- S programom se radi vrlo jednostavno. U slučaju da je poznata samo PANTONE vrijednost boje, upisuje se u polje "Code", a program aktivira pronađeno polje te boje i istovremeno prikaže vrijednosti tražene boje u RGB, CIE $L^*a^*b^*$, HSL i CMYK sustavu. Na gornjoj desnoj strani prozora se pritom prikaže boja, redni broj te boje u programu kao i naziv boje. Jednako tako je moguće i vizualno odabrati neku boju iz PANTONE kataloga boja i jednostavnim aktiviranjem (klikom miša na nju) dobiju se odgovarajuće RGB, CIE $L^*a^*b^*$, HSL i CMYK vrijednosti te boje. Na dnu prozora su klizač i traka sa cjelokupnom paletom boja za olakšavanje brzog pronalazjenja tražene boje.

U praksi je vrlo često potreban i obrnuti postupak, jer su skeniranjem unesene boje uzorka u neki od raster-skih programa dostupne samo u obliku RGB modela. Za određivanje najbliže vrijednosti iz PANTONE kataloga boja ti se podaci jednostavno prenese (prepišu ili klizačem namjestite) u za to predviđene okvire na desnoj strani glavnog prozora. Upisom RGB vrijednosti ili namještanjem pomoću klizača unesena boja se po-

javi u oglednom okviru neposredno ispod klizača. Pritiskom na gumb "Find Nearest Pantone" program automatski proračuna i vizualno prikaže traženu boju po PANTONE katalogu. Pritom se izračunava i maksimalno odstupanje od originalne PANTONE boje i prikazuje u postocima. Objašnjenjima i uputama o načinu rada s programom pristupa se odabirom opcije "Help" iz glavnog izbornika, a pod opcijom "File" nalazi se samo naredba za izlaz iz programa.

Program zpTextileColor će nesumnjivo u sljedećim verzijama programa biti pojačan, doraden i proširen sa drugim sustavima boja, iako već i sada predstavlja značajnu pomoć za znanstvenike, inženjere, studente i sve ostale koji se susreću s ovom problematikom.

5. Zaključak

Na temelju sadržaja opisanih modela boja može se zaključiti da svaki model ima svoje zakonitosti, svoje karakteristike, te da je više ili manje korisnički usmjeren.

Neki modeli se zadovoljavaju vizualnim opredjeljenjem jednakosti razmaka i prikazom manjeg broja realnih uzoraka dok su drugi izgrađeni na znanstvenoj osnovi i daju mogućnost numeričkog vrednovanja boje što je prije svega izuzetno važno za industriju. I dalje postoje pokusi traženja relacija između modela odnosno pretvaranja vrijednosti iz jednog u drugi model. Svaki pojedini model ima svoju specifičnu oznaku dimenzije za odgovarajuće boje, a svima je zajednička raspodjela boja u takozvano tijelo boja što omogućuje određivanje čistoće i tona boje kao i odnosa s bijelom ili crnom bojom.

Računalna tehnika s vrlo širokim mogućnostima vizualizacije velikog broja boja već danas znatno pojednostavljuje komunikaciju kod korisnika različitih modela boja.

Program zpTextileColor je potpuno neovisan o drugim programima i o vanjskim uređajima. Potpuno je automatiziran i oslobađa korisnika od

mukotrpnih preračunavanja između modela boja.

Uz navedeno, program ima ugrađenu automatsku detekciju greške što znači da izračunava grešku koja se pojavljuje zbog nepostojanja određene boje u PANTONE katalogu boja. Program je vrlo jednostavan za korisnika, potpuno je slobodan i svima dostupan na internet adresi <http://www.ttf.unizg.hr/~zpenava/>, a njegovo pokretanje i instalacija su istovjetni pokretanju i instalaciji bilo koje aplikacije pisane za Windows okruženje.

Literatura:

- [1] Jeler S.: Vrednotenje barve danes – nove zamisli, *Tekstilec* 34 (1991.) 11-12, 425
- [2] Žiberna-Šujica M., Dobnik Dubrovski P.: Barva i vzorčenje tkanin, *Tekstilec* 37 (1994.) 11-12, 352
- [3] Mladenović S.: Karakterisanje boje pomoću hromatskih koordinata i drugih hromatskih veličina, *Tekstilna industrija* 31 (1983.) 5-6, 17-23
- [4] Jelar S.: Barva, znanost, tehnika, *Tekstilec* 30 (1987.) 12, 421-430
- [5] Interdisciplinarnost barve, 1 del, v znanosti, Društvo koloristov Slovenije, Maribor, 2001., 192-193
- [6] Jelar S.: Barvni sistemi, *Tekstilec* 28 (1985.) 5, 168-176
- [7] Epson: The theory and practice of color, Epson, Düsseldorf, 1995.
- [8] Čavara L.: Osnove mjerenja boje i dostignuća na području tekstila, *Tekstil* 41 (1992.) 8, 406-412
- [9] Dimitrovski K., H. Gabrijelčič: Izračunavanje i mjerenje boja tkanina iz različito obojenih niti, *Tekstil* 50 (2001.) 11, 558-567
- [10] Neral B.: Računalniški prikazovalniki in barva, *Tekstilec* 34 (1991.) 11-12, 449-452
- [11] Jelar S., V. Golob: Znanost o barvi in njena uporaba v tekstilni proizvodnji, *Tekstil* 38 (1989.) 4, 199-206
- [12] Parac-Osterman Đ., M. Joanelli: Računalno određivanje razlike u boji i tolerancije u tekstilu, *Tekstil* 53 (2004.) 1, 10-17
- [13] Jelar S.: Spektrofotometri novejše generacije kot sestavni del sistema za vrednotenje barve, *Tekstilec* 34 (1991.) 6, 210
- [14] Vlašić K.: Priručnik o skeniranju tehnike i trikovi, KristalPrint, Zagreb, 1995.
- [15] Šipek R.: Kako osjetiti boju, *Bug* (1996.) 40, 57-65
- [16] Jelar S.: Vrednotenje barve v znanosti in tehniki, *Tekstilec* 34 (1991.) 11-12, 431
- [17] Šipek R.: Nijanse na matematički način, *Bug* (1996.) 40, 69-73
- [18] Jurić-Kokić V.: Stari su znali..., *PC CHIP* (2004.) 108, 123-124
- [19] Interdisciplinarnost barve v znanosti, 1 del, Društvo koloristov Slovenije, Maribor, 2001., 181-182

SUMMARY

A computer program for determining colors according to the catalog of colors

Ž. Penava

The paper deals with the problem of dyeing on textiles samples despite the considerable relief brought by the development of computer technology. The basic color systems and their way of interworking have been elaborated. The main textile color catalogs used in the world are listed. The zpTextileColor version 1.0 software for the visual and numerical determination and conversion of RGB, CIEL*a*b*, HSL, CMYK into the PANTONE color catalog was designed and created. The basic information about this program is listed and its role in facilitating the conversion of color values from one system to another has been explained. The mode of operation with the program and its characteristics is described. It is presented and proven the necessity of computer application in the field of working with colors and color metrics.

Key words: color, color catalog, color systems, computer, program

University of Zagreb

Faculty of Textile Technology

Zagreb, Croatia

E-mail: zpenava@ttf.hr

Received September 20, 2017

Computerprogramm zur Farbbestimmung laut Farbkatalog

Die Arbeit befasst sich mit Problemen beim Färben von Textilien trotz einer erheblichen Erleichterung durch die Entwicklung der Computertechnologie. Grundlegende Farbsysteme werden behandelt und wie sie gegenseitig umgewandelt werden. Es werden die wichtigsten in der Welt verwendeten Textilfarbkataloge erwähnt. Die zpTextileColor-Version 1.0-Software zur visuellen und numerischen Bestimmung und Konvertierung von RGB, CIEL * a * b *, HSL, CMYK in den PANTONE-Farbkatalog wurde entworfen und erstellt. Es werden grundlegende Informationen zum Programm gegeben und seine Rolle bei der Erleichterung der Umwandlung von Farbwerten von einem System in ein anderes erklärt. Die Funktionsweise des Programms und seine Eigenschaften werden beschrieben. Auf die Notwendigkeit der Verwendung von Computern bei der Arbeit mit Farben und Farbmeterik wird näher eingegangen.