



IZBIRA BARVNEGA MODELA V CBIR-SISTEMIH

Choosing a Color model in CBIR-Systems

Andrej Cimerman, Jasna Maver

Oddano: 15. 4. 2014 – Sprejeto: 26. 5. 2014

1.01 Izvirni znanstveni članek

1.01 Original scientific article

UDK 025.4.036

Izveček

V delu je raziskan vpliv izbranega barvnega prostora na prijaznost grafičnega uporabniškega vmesnika za nastavitev barv v iskalni zahtevi v sistemih za poizvedovanje po slikah na podlagi vsebine oz. CBIR-sistemih. Raziskava je pilotska, opravljena na 46 študentih bibliotekarstva, informacijske znanosti in knjigarstva na Filozofski fakulteti v Ljubljani. Raziskava je pokazala, da so vmesniki, zasnovani na barvnem prostoru HSV, preprosti za uporabo tudi za uporabnike, ki nimajo teoretičnega znanja o barvah in ne razumejo barvnega prostora HSV, medtem ko tudi precej dobro razumevanje barvnega prostora RGB ne zagotavlja uporabe RGB-vmesnika brez težav. Uporabniški vmesniki, pri katerih se barve izbira zgolj s klikanjem, so bili bolj sprejeti od vmesnikov, ki uporabljajo drsnike. V članku so podane smernice za oblikovanje vmesnika za izbiro barve v CBIR-sistemih.

Ključne besede: *CBIR, vsebinsko poizvedovanje po slikah, sistemi za poizvedovanje, barvni prostori, uporabniški vmesniki*

Abstract

In the paper we study how the choice of color space affects the user-friendliness of the graphical user interface of CBIR. The pilot study was carried out on 46 students of the Department of Library and Information Science and Book Studies at the Faculty of Arts at the University of Ljubljana. The study showed that user interfaces based on HSV color space are simple to use even for users who do not possess the theoretical knowledge about colors and do not understand HSV color space, while even reasonably good understanding of RGB color space does not guarantee frustration-free user experience when using RGB user interface. User interfaces offering



color choice just by clicking were better received than user interfaces that make use of color sliders. This article provides guidance for designing an interface for selecting color in CBIR systems.

Keywords: *CBIR, content-based image retrieval, retrieval systems, color spaces, user interfaces*

1 Uvod

Velik del informacij, ki se danes pojavlja, je slikovno gradivo. S sistemi za poizvedovanje po slikah na podlagi vsebine ali CBIR-sistemi (angl. content based image retrieval) lahko povečamo uporabnost slikovnih zbirk. CBIR-sistemi avtomatsko indeksirajo slike na osnovi značilnic, ki jih pridobijo iz slikovne datoteke. To pomeni, da po neki metodi vsebino slike opišejo s številčnimi vrednostmi, ki se uporabijo pri računanju podobnosti z iskalno zahtevo (Smeulders et al., 2000; Kranjc in Maver, 2007). Barva je najbolj raziskana in najpogosteje uporabljena značilnica pri avtomatskem indeksiranju slik. Na podlagi barve se slike lahko indeksira na različne načine. Najpogosteje uporabljena metoda je barvni histogram, kljub temu, da v najpreprostejši obliki običajno ne daje dobrih rezultatov. Druge metode, poleg barvnega histograma, so še barvni korelogram, barvni avtokorelogram, vektor barvne koherence, barvni moment, ugotavljanje dominantne barve ipd. (Albanesi, Bandelli in Ferretti, 2001; Lu in Phillips, 1998). Naštete barvne značilnice so relativno preprosto pridobljene iz slik. Možno jih je izračunati za izbrane regije poljubnih oblik na slikah in so običajno neodvisne od velikosti in orientacije slike (Balamurugan in Anandhakumar, 2008; Wang, Yu in Yang, 2011).

Iskalna zahteva za iskanje po barvni vsebini slike se v CBIR-sistemu generira bodisi s pomočjo slike za primer bodisi z uporabniškim vmesnikom, kjer uporabnik izbere zelene barve. Tako implementacija iskalnega mehanizma CBIR-sistema kot tudi oblikovanje uporabniškega vmesnika za nastavitve barv v iskalni zahtevi zahteva odločitve o izbiri barvnega prostora in na obeh ravneh izbira barvnega prostora vpliva na izkušnjo uporabnika. V članku raziskujemo le vpliv barvnega prostora na prijaznost uporabniškega vmesnika.

Članek je organiziran, kot sledi. V naslednjem poglavju so predstavljeni barvni prostori in to tisti, ki so potrebni za razumevanje raziskovalne naloge. V tretjem poglavju so predstavljeni nekateri grafični vmesniki za nastavitve barv v CBIR-sistemih, dostopnih po svetovnem spletu. Sledi opis raziskave in njenih izsledkov.

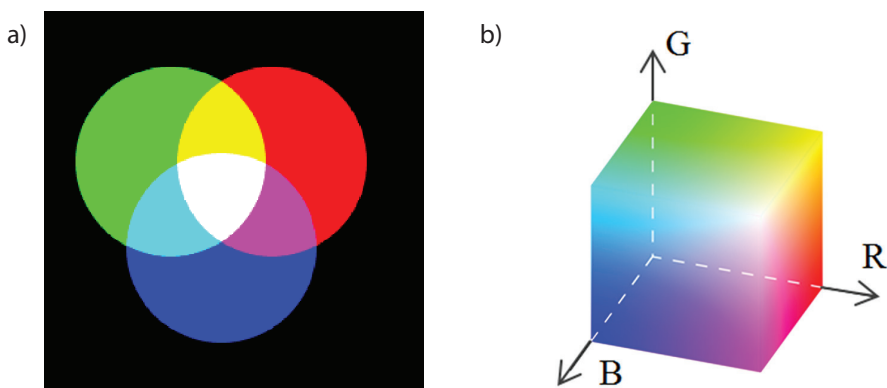


2 Barvni prostori

V informacijskih okoljih, ki uporabljajo barvne slike, je mnogo barvnih modelov kot so RGB, CMY, HSV, HSL, YIQ, YUV, CIE L^*a^*b , CIE L^*u^*v in druge. Različni barvni prostori so bili razviti za različne potrebe: za prikaz slike na zaslonu RGB, za tisk CMY, za prenos video signala YIQ in YUV, za intuitivno predstavitev barv HSV in HSL (Gevers in Smeulders, 2004).

2.1 Barvni prostor RGB

V barvnem modelu RGB so primarne barve rdeča, zelena in modra. Z mešanjem dveh različnih svetlob primarnih barv nastanejo sekundarne barve. Aditivno mešanje barv prikazuje Slika 1 (a). Kombinacija primarne rdeče in zelene svetlobe deluje kot rumena, rdeča in modra kot magenta ter modra in zelena kot cian. Barva je v barvnem prostoru RGB določena z vrednostmi treh primarnih komponent (R,G,B), kar prikazuje Slika 1 (b).



Slika 1: (a) Aditivno mešanje barv, (b) RGB barvni prostor

Problem, ki se pojavi, je, da ni univerzalno sprejetega standarda, ki bi določal, kaj točno so rdeča, modra in zelena barva. Odsotnost univerzalno sprejetega standarda pomeni, da je RGB barvni prostor (kot tudi CMY, katerega opis sledi) odvisen od naprave, ki proizvede barvo in se zato lahko od naprave do naprave razlikuje.

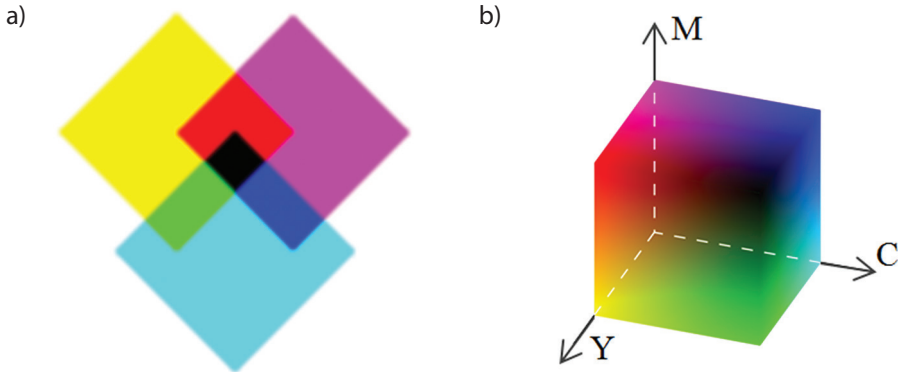
Ideja, da z mešanjem treh komponent R, G in B lahko predstavimo določeno barvo, je skladna z dejstvom, da je človeška zaznava barve posledica treh signalov iz treh tipov barvnih fotoreceptorjev v retini. Vendar ta analogija ni povsem točna. Eksperiment namreč pokaže, da rumena barva, ki je ustvarjena z mešanjem zelene in rdeče svetlobe, ni tako nasičena kot spektralna rumena barva. Enako velja za cian, ki je mešanica



modre in zelene svetlobe. Magenta ni spektralna barva, temveč človeški vidni sistem tako interpretira mešanico rdeče in modre barve. Z mešanjem treh primarnih RGB-barv lahko prikažemo le del barv, ki jih sicer prepozna človeški vid, četudi je spektralna distribucija RGB-komponent izbrana tako, da se ujema s spektralno občutljivostjo očesa. Človeški vidni sistem deluje na bolj zapleten način, kot je ta, ki določi barvo na podlagi treh pozitivnih izhodov iz pripadajočih fotoreceptorjev. Leta 1931 je komisija CIE (francosko Commission Internationale de l'Éclairage) sprejela barvni model CIEXYZ, izdelan na osnovi barv, ki jih zazna opazovalec. Primarne komponente, imenovane X, Y in Z, so definirane matematično s pozitivnimi in negativnimi vrednostmi RGB-komponent. Slabost modela CIEXYZ je, da ni zaznavno izenačen. To pomeni, da razdalja med dvema točkama oz. barvama znotraj modela ne ustreza barvni razliki, kot jo doživlja opazovalec. Dve barvi, ki sta na večji razdalji, se na primer lahko zdita opazovalcu bolj podobni kot drugi dve barvi, ki sta na manjši razdalji. Leta 1976 sta na osnovi modela CIEXYZ nastala dva nova modela, imenovana CIE L^*a^*b in CIE L^*u^*v , ki sta približno zaznavno izenačena in se uporabljata kot strojno neodvisna referenčna modela (Golob in Golob, 2001; Guid, 2001; Chapman in Chapman, 2000, str. 155–195; Williamson in Cummins, 1983).

2.2 Barvni prostor CMY

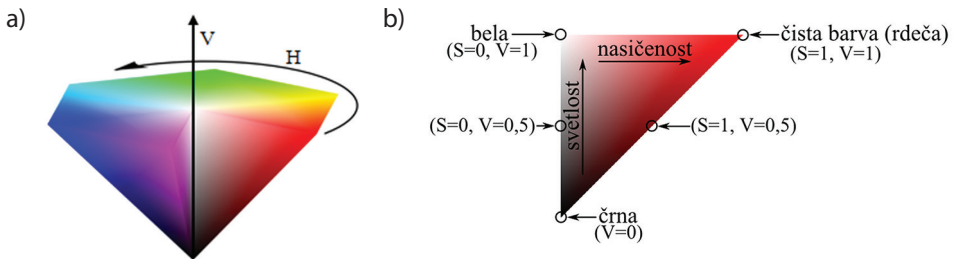
Barvni model CMY uporablja barve, ki so komplementarne primarnim barvam v modelu RGB. Rdeči barvi je komplementarna cian, zeleni barvi je komplementarna magenta in modri barvi je komplementarna rumena. V modelu CMY dobimo izbrano barvo tako, da od bele svetlobe z barvnimi filtri CMY odštejemo njej komplementarno barvo. Rumeno barvo npr. dobimo, če iz bele svetlobe s filtri izločimo modro komponento. Barve cian, magenta in rumena imenujemo subtraktivne primarne barve. Subtraktivni princip mešanja barv prikazuje Slika 2(a). V CMY modelu so sekundarne barve rdeča, zelena in modra, ki so v modelu RGB primarne barve. Barva je v barvnem prostoru CMY določena z vrednostmi treh primarnih komponent (C,M,Y), kar prikazuje Slika 2(b). Maksimalne vrednosti rdeče, zelene in modre barve predstavljajo v modelu RGB belo barvo, v modelu CMY pa maksimalne vrednosti za cian, magento in rumeno pomenijo črno barvo.



Slika 2: (a) Subtraktivno mešanje barv, (b) CMY barvni prostor

2.3 Barvni prostor HSV

Barvna modela RGB in CMY sta strojno pogojena. Model HSV pa je uporabniško usmerjen (Guid, 2001) in ga pri CBIR-sistemih pogosto srečamo (Zhang, Li in Li, 2009). Barvni model HSV prikazuje Slika 3(a). Črka H v kratlici označuje barvni ton (angl. hue), S označuje nasičenost barve (angl. saturation) in V svetlost (angl. value).



Slika 3: (a) Barvni model HSV, (b) Prerez barvnega prostora HSV za rdečo barvo

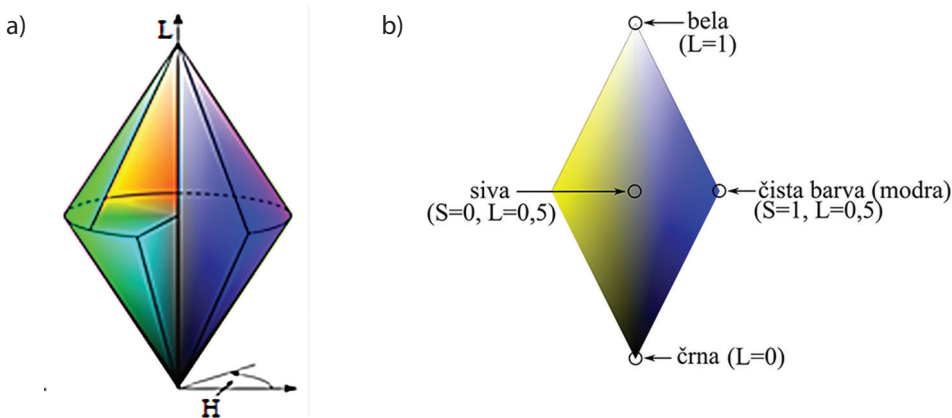
Ggeometrijsko se lahko barvni prostor HSV opiše s šeststrano piramido, ki je obrnjena navzdol. Vrednosti treh komponent (H, S, V) določajo lokacijo barve v šeststrani piramidi. Na meji osnovne ploskve piramide se nahajajo čiste barve, določene s kotom H. Kot 0° določa rdečo barvo, koti 60° , 120° , 180° , 240° in 300° pa v tem vrstnem redu ustrezajo rumeni, zeleni, cian, modri in magenti. Manjša ko je vrednost S, manj nasičena oziroma izrazita je barva, in manjša ko je vrednost V, temnejša bo barva in bližje črni (Slika 3(b)). Na osi piramide HSV so sivi odtenki oz. akromatska lestvica, tu je nasičenost $S=0$. Na plašču piramide pa je nasičenost maksimalna, $S=1$. Vrednost svetlosti



V ponazarja višina. Na osnovni ploskvi piramide velja $V=1$, v vrhu piramide pa $V=0$. Na meji osnovne ploskve piramide velja ($S=1, V=1$). Proti središču osnovne ploskve piramide barve bledijo, nasičenost S se manjša. V središču se nahaja bela barva ($S=0, V=1$). Vrh piramide pomeni črno barvo, ne glede na vrednost H ali vrednost nasičenosti S .

2.4 Barvni prostor HSL

Glavne komponente barvnega prostora HSL so barvni ton (angl. hue), nasičenost barve (angl. saturation) in svetlost (angl. lightness). Barvni model prikazuje Slika 4(a). Prostorsko ga opredelimo z dvema stožcema, ki sta združena z osnovnima ploskvama in orientirana pokončno. Barvni ton je določen s kotom H . V prostoru HSL so barve postavljene pri drugačnih kotih kot v HSV. Kot 0° pomeni modro barvo, 120° rdečo, 240° zeleno itd.



Slika 4: (a) Barvni model HSL, (b) Prerez barvnega prostora, ki teče skozi modro in njej nasproti ležečo rumeno barvo

Svetlost L narašča od vrha spodnjega stožca, kjer je $L=0$, do vrha zgornjega stožca, kjer je $L=1$ (Slika 4(b)). Na navpični osi, ki povezuje vrhova obeh stožcev, se nahajajo sivi odtenki, nasičenost je tu minimalna, velja $S=0$, na površini obeh stožcev pa je nasičenost maksimalna, velja $S=1$. Ploskev, kjer se združita oba stožca, ima svetlost $L=1/2$. Na skrajnem robu te ploskve se nahajajo čiste barve (Guid, 2001). Čiste barve imajo v modelu HSL vrednost svetlosti $L=1/2$.

Nasičenost S ima v modelu HSL nekoliko drugačen pomen kot v modelu HSV. Če čisti barvi dodajamo belo, bomo v modelu HSV zmanjševali nasičenost. Če čisti barvi



dodajamo črno, ostane nasičenost enaka 1. V primeru modela HSL pa ostane nasičenost 1 v obeh primerih, torej, če dodajamo čisti barvi belo ali črno barvo. Nasičenost se zmanjša, če čisti barvi dodamo sivo.

2.5 Barvni modeli YUV, YIQ, YCbCr in Y, R-Y, B-Y

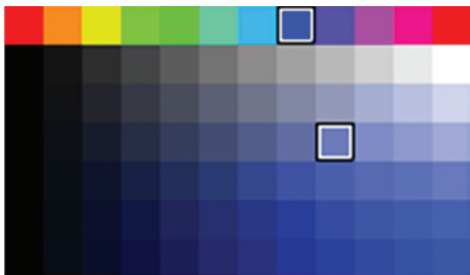
Gre za barvne modele, ki so bili razviti za prenos barvne televizijske slike v analogni (YUV in YIQ) in digitalni (YIQ in YCbCr) obliki. Njihova skupna lastnost je komponenta Y, ki nosi informacije o svetlosti slike. Ravno zaradi te komponente, imajo ti prostori poseben pomen pri indeksiranju slik. Pri prostoru RGB informacija o svetlosti barve ni posebej shranjena, svetlost je odvisna od seštevka treh komponent in se računa po enačbi $Y=0,299 \times R + 0,587 \times G + 0,114 \times B$. V prostoru HSV pa je svetlost Y najbolj odvisna od komponent S in V. Pri komponenti H se srečujemo s težavo, da bodo odtenki z isto vrednostjo S in V človeškemu očesu delovali različno svetlo, kar smo pokazali tudi z raziskavo. Npr. po zgornji enačbi bo imela izračunana komponenta Y bistveno višjo vrednost za čisto rumeno barvo kot pa za čisto modro.

3 Barvni modeli v grafičnih vmesnikih CBIR-sistemov

Uporabniki CBIR-sistema potrebujejo vmesnik, po katerem lahko izbirajo barve, ki jih želijo videti na priklicanih slikah. Grafični uporabniški vmesniki so predstavljeni na dvodimenzionalnem zaslonu, medtem ko so barvni prostori tridimenzionalna geometrijska telesa. Potrebujemo torej način, da tridimenzionalni gamut predstavimo v dvodimenzionalni ravnini. V praksi se srečujemo z različnimi rešitvami. V nadaljevanju predstavimo vmesnike za nastavitev barv treh popularnih CBIR-sistemov, dostopnih na spletu: Retrievr, QBIC Color Search in Chromatik. Poleg izbire barvnega odtenka omogočajo vmesniki navedenih CBIR-sistemov tudi določitev deleža izbranih barvnih odtenkov na sliki in v primeru Retrievr in QBIC Color Search tudi njihovo razporeditev na sliki. Te funkcije vmesnikov ne raziskujemo in jih zato tukaj tudi ne komentiramo.

3.1 Retrievr

Grafični vmesnik zbirke Retrievr (<http://labs.systemone.at/retrievr>) nam za izbiro barve ponudi barvni zemljevid, sestavljen iz matrice 12×7 celic (Slika 5). V prvi vrstici matrice se nahajajo čiste barve, ki jih najdemo na obodu osnovne ploskve HSV-piramide v razmiku 32,7 stopinje. Prvo in zadnjo celico zavzema čista rdeča barva, se pravi, da imamo na izbiro 11 različnih čistih barv.

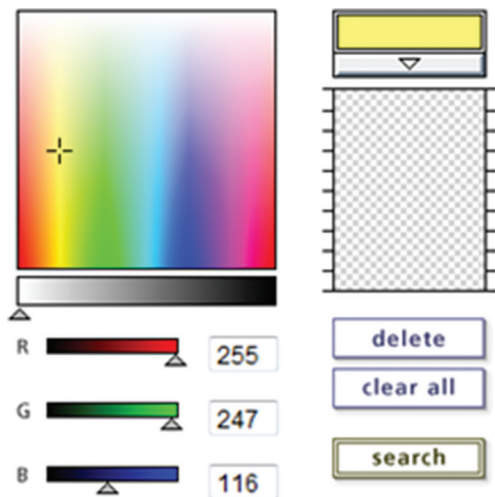


Slika 5: Izbira barve v grafičnem vmesniku orodja Retrievr.

V drugi vrstici matrike se nahajajo sive vrednosti, ki jih najdemo na osi HSV-piramide, in sicer od črne do bele. Barvo začnemo izbirati tako, da v prvi vrstici izberemo eno izmed čistih barv, v našem primeru je izbrana modra. Izbrana čista barva se nato prikaže tudi v skrajni spodnji desni celici matrike. S pomikanjem po matriki navzgor se zmanjšuje nasičenost barve, s premikanjem proti levi se zmanjšuje svetlost barve. Barve skrajnega desnega stolpca matrike so barve, ki ležijo na osnovni ploskvi HSV-piramide. Barve zadnje spodnje vrstice matrike ležijo na plašču HSV-piramide. Barve v preostalih celicah matrike najdemo znotraj HSV-piramide. Izbrani barvni odtenek je označen z okvirčkom.

3.2 QBIC Color Search

QBIC Colour Search je spletno orodje, ki omogoča izbiro barv v dveh barvnih prostorih: HSV in RGB. Uporabniški vmesnik za izbiro barve prikazuje Slika 6. Del uporabniškega vmesnika, namenjen prostoru HSV, je predstavljen s kvadratnim poljem in drsnikom. V kvadratnem polju se nahajajo barve osnovne ploskve HSV-piramide. S klikom na polje izberemo vrednost barvnega tona H in nasičenost barve S. Z drsnikom, nameščenim pod kvadratnim poljem, določimo vrednost V in se pomikamo po osi HSV-piramide. Sprememba položaja drsnika oz. sprememba vrednosti V ustrezno spremeni barvne odtenke v kvadratnem polju, kar omogoča izbiro barvnih odtenkov, ki se nahajajo tako na površini kot tudi v notranjosti HSV-piramide. Izbrani barvni odtenek je prikazan v pravokotniku, ki se nahaja desno od kvadratnega polja.

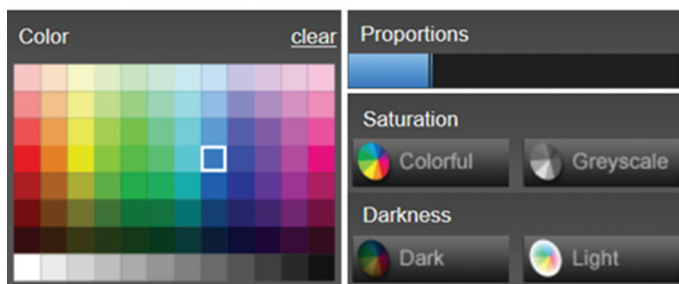


Slika 6: Izbira barve v grafičnem vmesniku orodja QBIC Color Search.

Pod drsnikom se nahaja tipični uporabniški vmesnik barvnega prostora RGB. Vsaka od vrednosti R, G in B ima svoj drsnik in polje, ki prikazuje številčno vrednost komponente v izbrani barvi. Barve izberemo ali s premikanjem drsnikov ali z vpisom numeričnih vrednosti v polje.

3.3 Chromatik

Sistem Chromatik je dostopen na spletnem naslovu <http://chromatik.labs.exalead.com/>. Uporabniški vmesnik za izbiro barve prikazuje Slika 7.



Slika 7: Izbira barve v grafičnem vmesniku orodja Chromatik



Barvni zemljevid tvori matrika 12×8 celic. Zemljevid lahko razložimo s pomočjo barvnega prostora HSL. Barvne nianse v prvih treh vrsticah matrike se nahajajo na plašču zgornjega stožca. Četrta vrstica predstavlja čiste barve na skrajnem robu ploskve, kjer se stikata oba stožca. Barvni odtenki v peti, šesti in sedmi vrstici matrike se nahajajo na plašču spodnjega stožca. Zadnja vrstica v matriki pomeni akromatske vrednosti, ki jih najdemo na osi, ki povezuje vrhova obeh stožcev. Z izjemo akromatske osi matrika ne omogoča izbire barvnih odtenkov znotraj dvojnega stožca HSL. Izbrani barvni odtenek je označen z belim okvirčkom. Drsnik, ki prikazuje delež izbrane barve, pa v prikazu vsebuje tudi druge odtenke izbrane barve. Chromatik ponuja še 4 gumbе, s katerimi vplivamo na nasičenost barve in svetlost oziroma temnost barve. O pomenu funkcij, ki jih omogočajo gumbi, lahko uporabnik zgolj ugiba, saj ob kliku na gumb Chromatik ne nudi povratne informacije oz. uporabniku ne prikaže spremenjenega izbranega barvnega odtenka.

4 Raziskava

Z raziskavo želimo ugotoviti, kako uporabniki CBIR-sistemov razumejo in sprejemajo različne oblike barvnih modelov, kako izbira barvnega modela vpliva na prijaznost in razumljivost uporabniškega vmesnika. Raziskati želimo tudi, koliko predznanja lahko pričakujemo od naključnega uporabnika in ali predznanje pomembno vpliva na razumljivost vmesnika. Raziskava je pilotska. V raziskavi je sodelovalo 46 študentov dodiplomskega in podiplomskega študija Oddelka za bibliotekarstvo, informacijsko znanost in knjigarstvo na Filozofski fakulteti Univerze v Ljubljani v letu 2013/14.

4.1 Raziskovalna metoda

Raziskava je bila opravljena v obliki večdelne ankete. V prvem delu anketiranci odgovarjajo na vprašanja, s katerimi ugotavljamo njihovo teoretično znanje o barvah in barvnih prostorih. V drugem delu so anketiranci testirali pet različnih vmesnikov in podali oceno o težavnosti uporabe. Vmesniki so bili zasnovani na različnih barvnih prostorih, in sicer na RGB, HSL in HSV. V tretjem delu anketiranci podajo svojo izkušnjo z različnimi uporabniškimi vmesniki CBIR-sistemov, ki omogočajo iskanje na podlagi barvne informacije. Za lažje delo sta bili za anketirance postavljeni dve spletni strani s povezavami na spletne strani grafičnih uporabniških vmesnikov in slikovnih zbirk, po katerih so anketiranci poizvedovali med opravljanjem ankete.



4.2 Vmesniki, ki smo jih testirali v anketi

4.2.1 RGB-vmesnik

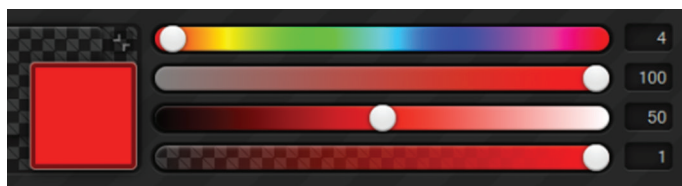
Klasični RGB-vmesnik prikazuje Slika 8. Z vsakim od drsnikom določimo, kolikšen delež izbrane primarne barve bo vsebovala končna mešanica. S premikanjem drsnika se v poljih izpisujejo tudi številčne vrednosti treh osnovnih komponent. Možno je tudi neposredno vpisati številčne vrednosti vseh treh barvnih komponent.



Slika 8: RGB-vmesnik

4.2.2 HSL-vmesnik

Pri tem vmesniku vse spremenljivke nastavljamemo z drsniki (Slika 9). S prvim drsnikom izberemo čisti odtenek barve. Z drugim drsnikom spreminjamo nasičenost barve oz. barvi dodajamo sivo. S premikanjem drsnika od desne proti levi, potujemo od oboda dvojnega stožca, kjer je nasičenost $S=1$, do sredinske osi, kjer je nasičenost $S=0$. S tretjim drsnikom potujemo od vrha spodnjega stožca, kjer je svetlost L minimalna, do vrha zgornjega stožca, kjer je svetlost maksimalna. Potujemo po krivulji, s konstantno nasičenostjo, določeno z drugim drsnikom. Če je drugi drsnik nastavljen na maksimalno vrednost ($S=100\%$), kot na Sliki 9, potujemo po plašču dvojnega stožca. Četrti drsnik na vmesniku ne določa barve, ampak stopnjo njene prosojnosti.



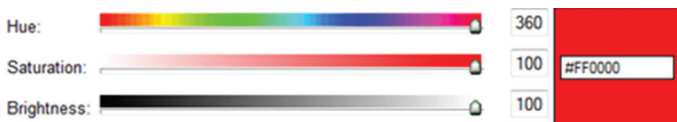
Slika 9: HSL-vmesnik

4.2.3 HSV-vmesniki

Raziskujemo tri tipe HSV-vmesnikov. Za namen raziskave smo vsakega poimenovali drugače. Prvi tip imenujemo HSB. Vmesnik prikazuje Slika 10. Vrednosti vseh treh komponent barvnega prostora HSV nastavljamemo z drsniki. S prvim drsnikom določimo čisti

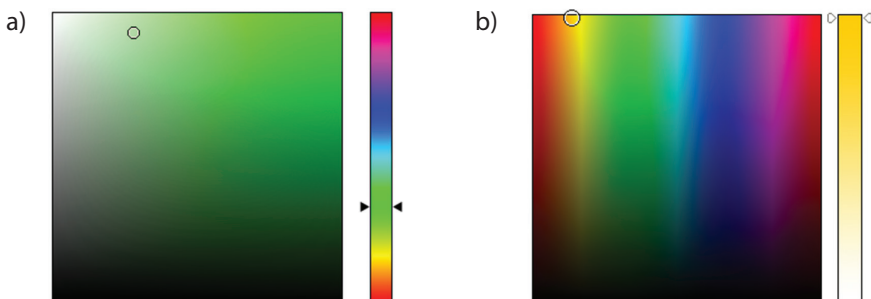


odtenek barve. S premikanjem drugega drsnika od desne proti levi zmanjšujemo nasičenost barve oz. se pomikamo proti notranjosti HSV-piramide, pri tem ostajamo na isti višini. Z zadnjim drsnikom nastavljammo svetlost barve oz. višino v piramidi, z drsnikom se pomikamo po osi HSV-piramide.



Slika 10: HSB-vmesnik

Drugi tip vmesnika, za potrebe ankete imenovan HSV-1, je sestavljen iz dveh delov (Slika 11 (a)). Z drsnikom na desni izberemo čisto barvo. Vrednosti za nasičenost in svetlost izberemo v kvadratnem polju. Na horizontalni osi kvadratnega polja imamo nasičenost, na vertikalni osi pa svetlost. Izbrani barvni odtenek predstavlja vrednost v krogu.



Slika 11: (a) Vmesnik HSV-1, (b) vmesnik HSV-2

Tretji tip vmesnika, imenovan HSV-2 (Slika 11 (b)) prav tako sestavljata dva dela. S premikanjem drsnika na desni strani od zgoraj navzdol potujemo od točke na plašču proti osi HSV-piramide oz. zmanjšujemo nasičenost barv. Barvna paleta na levi strani pa omogoča izbiro barve H in svetlosti V. Horizontalna os določa barvo, vertikalna os pa ustreza vrednosti V. Izbrani barvni odtenek predstavlja vrednost v krogu.

4.3 Utemeljitev anketnih vprašanj in razlaga rezultatov

1. del ankete – preverjanje teoretičnega znanja o barvah in barvnih prostorih

V prvem delu ankete smo preverjali, ali so anketiranci že slišali za pojem barvni prostor in ali znajo pojem razložiti. Zanima nas, kateri barvni prostori so med anketiranci najbolj poznani, ali razumejo pomen kratic v oznakah barvnih prostorov, ali ločijo med



aditivnim in subtraktivnim mešanjem barv. Ugotavljamo, ali je anketirancem kateri od načinov mešanja barv vizualno bližji.

Poznavanje in razumevanje barvnih prostorov je med anketiranci slabo. Za barvne prostore je že slišalo in hkrati tudi znalo zadovoljivo pojasniti, zakaj pri barvnih prostorih gre, le 6,5 % anketirancev. Enega ali več barvnih prostorov je znalo naštetih le 23,9 % anketirancev. Med naštetimi barvnimi prostori najdemo naslednje: RGB, CMY, CMYK, HSB, HSV in HSL. Daleč najbolj poznan je barvni prostor RGB, navedlo ga je 19,6 % anketirancev. Na drugem mestu je bil CMYK s 6,5 %. HSB je navedlo 4,4 % anketirancev in najmanj, 2,2 % anketirancev je navedlo enega izmed barvnih prostorov CMY, HSV in HSL. Nalogo (Slika 12), s katero smo preverjali ločevanje med RGB in CMY barvnima prostoroma ter aditivnim in subtraktivnim mešanjem barv, je v celoti pravilno rešilo le 6,5 % anketirancev. Barvni model RGB je prepoznalo 32,6 % anketirancev, 28,3 % anketirancev je vedelo, da gre za aditivni princip mešanja barv. Barvni model CMY je prepoznalo 23,9 % anketirancev, da gre za subtraktivni način mešanja barv, je vedelo 26,1 % anketirancev.



Slika 12: Naloga: Odločanje med barvnim prostorom RGB ali CMY ter aditivnim ali subtraktivnim mešanjem barv.

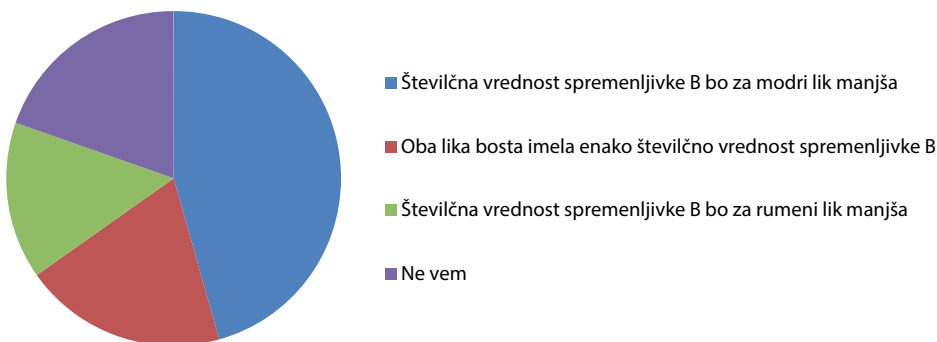
V tem delu ankete smo tudi ugotavljali, ali je utemeljena kritika barvnega prostora HSV oziroma HSB, da imajo vse čiste barve enako vrednost svetlosti (angl. *value* ali *brightness*). Tako imata rumena in modra barva v prostoru HSV obe vrednosti $V=1$, čeprav modra barva deluje manj svetlo kot rumena. Anketiranci so morali za lika na Sliki 13 obkrožiti enega od spodnjih odgovorov:



Slika 13: Rumena in modra barva, uporabljena v anketnem vprašanju

1. Oba lika bosta imela enako številčno vrednost spremenljivke B.
2. Številčna vrednost spremenljivke B bo za modri lik manjša.
3. Številčna vrednost spremenljivke B bo za rumeni lik manjša.
4. Ne vem.

Kar 45,6 % anketirancev je napačno, čeprav intuitivno, presodilo, da bo vrednost B za rumeno barvo večja. Pravilno, da bo vrednost B v HSB oziroma V v HSV enaka za modro in rumeno barvo, je sklepalo 19,6 % anketirancev. Da bo vrednost za svetlost večja pri modri barvi se je zmotilo 15,2 % anketirancev, in 19,6 % anketirancev ni vedelo, kako bi odgovorili. Rezultate prikazuje Slika 14.



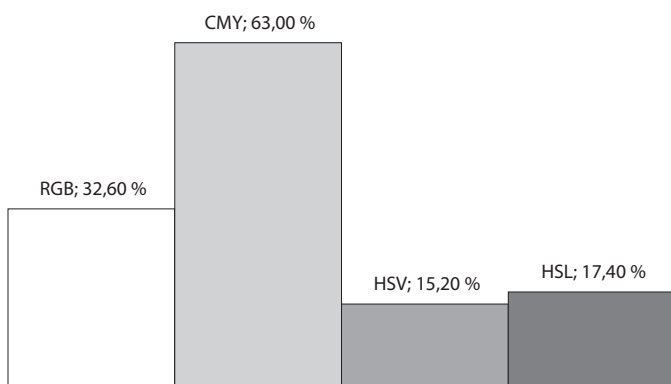
Slika 14: Dojemanje svetlosti rumenega in modrega odtenka

Večina uporabnikov bi znala poiskati določen barvni odtenek v vmesnikih, s katerimi se srečujemo pri programski opre, ker nam grafični vmesniki pokažejo barvo, ki smo jo določili s številčnimi vrednostmi ali nastavili z drsniki, in sproti osvežujejo rezultat, ko vnesemo novo številčno vrednost ali premaknemo drsnik. V anketi smo preverjali, ali bi anketiranci znali prepoznati barvo zgolj iz številčnih vrednosti komponent barv-



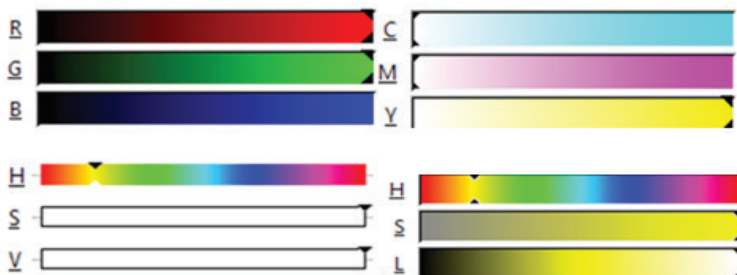
nega prostora ali položaja drsnikov na grafičnem vmesniku. Zaradi preprostosti smo se omejili na belo in rumeno barvo.

Številčne vrednosti za belo barvo so bile podane v štirih barvnih prostorih: RGB, CMY, HSV in HSL. Anketiranec je moral označiti tiste, za katere je menil, da predstavljajo belo barvo. Slika 15 podaja odstotek pravih odgovorov za različne barvne prostore. Največkrat so številčne vrednosti, ki pomenijo belo barvo, razbrali v prostoru CMY. Kar 63,0 % anketirancev je menilo, da bo odsotnost vseh treh komponent pomenila belo barvo, čeprav jih glede na preverjanje na začetku ankete večina ne ve, da se v barvnem prostoru CMY barve mešajo po odštevalnem principu. Vrednost za belo barvo v prostoru RGB je prepoznalo 32,6 % uporabnikov. Na tretjem mestu je prostor HSL, ki je sicer podoben prostoru HSV. Pravilno ga je obkrožilo 17,4 % anketiranih. Najslabše so se anketiranci odrezali pri prostoru HSV, čeprav naj bi bil ta prostor uporabniku prijazen. Le 15,2 % anketirancev je tu ugotovilo, da bo izbrana kombinacija številčnih vrednosti pomenila belo barvo.



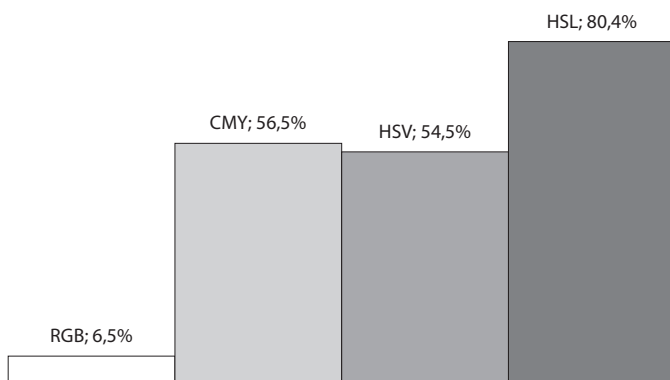
Slika 15: Razumevanje vrednosti komponent za belo barvo v različnih barvnih prostorih

Tudi iz pozicije drsnikov, Slika 16, so anketiranci težko razbrali, za katero barvo gre. V treh vmesnikih RGB, HSV, CMY je nastavljena rumena barva, v HSL-vmesniku pa je nastavljena bela barva. Anketiranci so bili pozvani, naj označijo kombinacije, ki pomenijo rumeno barvo. Slika 17 prikazuje rezultate. Glede na to, da iščemo rumeno barvo, preverjamo tudi, ali je barvni prostor CMY nemara primernejši v primerih, ko je iskana barva blizu kateri od treh barv, ki so v prostoru CMY primarne, oziroma ali sta barvna prostora HSV in HSL vedno uporabniku prijaznejša, ne glede na to, katero barvo želi najti.



Slika 16: Položaj drsnikov na različnih vmesnikih

Pri nastavitvah za rumeno barvo so največkrat pravilno odgovorili pri CMY-kombinaciji, obkrožilo jo je 56,5 % anketirancev. To tudi ne preseneča, ker se hitro vidi, da je vrednost za Y nastavljena na 100 %, preostale komponente pa so nastavljene na vrednost 0. Sledi HSV-vmesnik, za katerega se je odločilo 54,4 % anketirancev. Da pozicije drsnikov tudi pri RGB-vmesniku pomenijo rumeno barvo, je vedelo le 6,5 % anketirancev. Kar 80,4 % anketirancev se je zmotilo in napačno presodilo, da položaji drsnikov pri HSL-vmesniku pomenijo rumeno barvo. V resnici gre, zaradi nastavitve vrednosti L, za belo barvo.



Slika 17: Razumevanje položajev na drsnikih

2. del ankete – testiranje različnih vmesnikov za nastavitvev oz. izbiro barve

Anketiranci so v tem delu uporabljali uporabniške vmesnike, ki smo jih predstavili v poglavju 4.2, in ocenili, kako preprosti ali težavni so za uporabo. Uporabniški vmesniki niso bili vezani na noben iskalni mehanizem in so bili samostojni. V vmesnikih so morali anketiranci nastaviti barvne odtenke, ki jih prikazuje Slika 18.



Slika 18: Barvni odtenki, uporabljeni v raziskavi

Na vsakem vmesniku so morali nastaviti vse barve in nato označiti vmesnik, enega ali več, ki se jim je zdel preprost za uporabo, in označiti vmesnik, enega ali več, ki se jim je zdel težek za uporabo. Anketirance smo tudi prosili, naj ocenijo težavnost vmesnika z oceno od 1 do 5.

Največ anketirancev (67,4 %) je menilo, da je za uporabo preprost vmesnik, ki smo ga označili kot HSV-1. Na drugem mestu je bil vmesnik HSV-2 s 56,5 %. Za HSB- in HSL-vmesnik se je odločilo enako število anketirancev, in sicer 45,7 %. Najmanj anketirancev (10,9 %) pa je to menilo za RGB-vmesnik. Kot težek vmesnik je daleč največ anketirancev (67,4 %) ocenilo RGB-vmesnik. Preostali vmesniki si sledijo v naslednjem vrstnem redu: HSL (28,3 %), HSB (21,7 %), HSV-2 (18,7 %) in HSV-1 (13,0 %).

Preglednica 1 podaja ocene, ki so jih prejeli vmesniki. Ocena 1 pomeni zelo preprost vmesnik, ocena 5 pa zelo zapleten.

Preglednica 1: Ocene uporabniških vmesnikov

	Ocena 1	Ocena 2	Ocena 3	Ocena 4	Ocena 5
HSL	30,4 %	21,7 %	26,1 %	13,0 %	10,9 %
HSB	32,6 %	19,6 %	21,7 %	13,0 %	13,0 %
RGB	6,5 %	15,2 %	15,2 %	21,7 %	39,1 %
HSV-1	37,0 %	43,5 %	8,7 %	15,2 %	4,3 %
HSV-2	30,4 %	32,6 %	19,6 %	13,0 %	2,2 %

3. del ankete – testiranje vmesnika za nastavev barve v sistemih QBIC Colour Search in Retrievr

V tem delu ankete so anketiranci najprej praktično preizkusili vmesnik za nastavljanje barve v sistemu QBIC Colour Search (Slika 6) in Retrievr (Slika 5) nato pa odgovorili na zastavljena vprašanja. Anketirance smo opozorili, naj ocenjujejo zgolj tisti del vmesnika, ki je namenjen izbiranju barve.

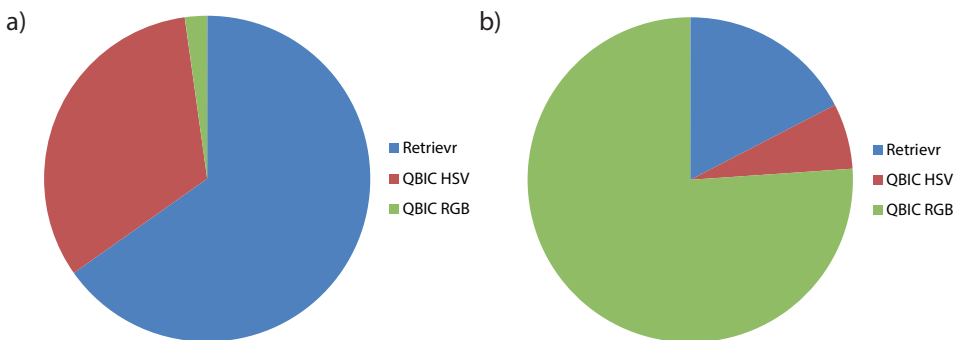
Ker ima QBIC Colour Search tako RGB- kot HSV-vmesnik, smo poskusili ugotoviti, kateri se je anketirancem zdel preprostejši. Z vsakim posebej so morali tvoriti poizvedbe,



nato pa so se morali opredeliti. Kar 95,7 % anketirancev se je odločilo, da je lažji vmesnik QBIC Colour Search-HSV in le 4,3 % anketirancev je menilo, da je lažji QBIC Colour Search-RGB.

Glede nato, da so se morali anketiranci odločiti za lažji vmesnik, nas je zanimalo tudi, ali jim je uporaba drugega vmesnika vseeno koristila. Dodatno možnost je ocenilo za koristno 56,5 % anketirancev. Da jim dodatna možnost ni prišla prav, je menilo 32,6 % vprašanih. Približno ena desetina anketirancev (10,9 %) pa jih na vprašanje ni odgovorila.

Anketiranci so nato morali izbrati med tremi vmesniki: Retrievr, QBIC Colour Search-HSV in QBIC Colour Search-RGB. Označiti so morali, kateri vmesnik se jim je zdel najlažji in kateri najtežji ter po želji pojasniti, zakaj so se tako odločili. Tako Retrievr kot tudi QBIC Colour Search-HSV temeljita na prostoru HSV, vendar so uporabljeni različni prikazi barvnega prostora. Sliki 19 (a) in 19 (b) podajata rezultate.

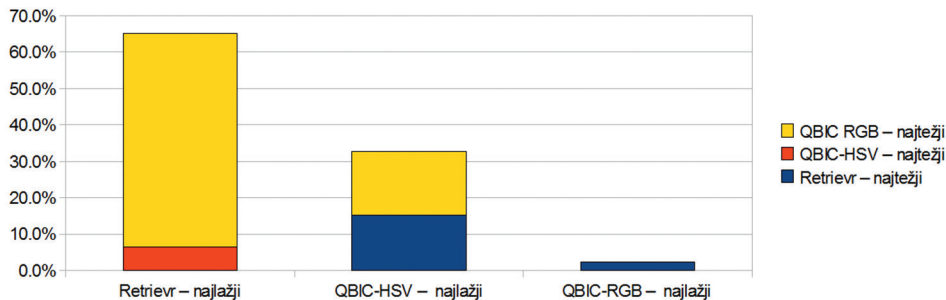


Slika 19: (a) Najlažji uporabniški vmesnik, (b) najtežji uporabniški vmesnik

Vmesnik Retrievr je za najlažjega izbralo 65,2 % anketirancev, 32,6 % se jih je odločilo za vmesnik QBIC Colour Search-HSV in 2,2 % za vmesnik QBIC Colour Search-RGB.

Vmesnik QBIC Colour Search-RGB je bil označen za najtežjega. Tako meni 76,1 % anketirancev. Sledi vmesnik sistema Retrievr s 17,4 % in vmesnik QBIC Colour Search-HSV s 6,5 %.

Da je vmesnik orodja Retrievr najlažji, je menilo dvakrat več anketirancev, kot jih je menilo za vmesnik QBIC Colour Search-HSV. Hkrati pa so tudi menili, da je vmesnik Retrievr najtežji, dvakrat več anketirancev kot jih je menilo za vmesnik QBIC Colour Search-HSV. Vmesnik, ki ga je največ anketirancev označilo za najlažjega, je hkrati znan del anketirancev označilo za najtežjega. Primerjavo kaže Slika 20.



Slika 20: Primerjava vmesnikov glede na težavnost uporabe

4.4 Izsledki

4.4.1 Uporabnost prostora RGB

Kar nekaj anketirancev ugotavlja, da bi za uporabo RGB-vmesnika potrebovali neko predhodno znanje in tudi več vaje. Delo s tem vmesnikom so ocenili kot ugibanje. Kakšno barvo bodo dobili z določenimi vrednostmi, se jim je zdelo nepredvidljivo. Vmesnik so ocenili kot nejasen, zapleten, da zahteva več dela, da je njegova uporaba težka in zamudna. Pridevniki, ki se največkrat pojavljajo v njihovih opisih izkušenj z RGB-vmesnikom, so: zamuden, nepredvidljiv, težak, nejasen, zapleten. Tisti uporabniki, ki so bili med vsemi ponujenimi vmesniki najbolj zadovoljni z RGB, so kot razlog navedli njegovo točnost.

V kar nekaj primerih so anketiranci RGB-vmesnik uporabili kot drugi korak pri iskanju barvnega odtenka in kar nekaj anketirancev je RGB-vmesnik doživljalo kot bolj natančen. Iz odgovorov izvemo tudi to, da so anketiranci določene odtenke lažje poiskali z RGB-vmesnikom. Čeprav jih večina ne mara prostora RGB, pa precejšen delež anketiranih meni, da je vmesnik opremljen tudi z RGB načinom mešanja barv boljši. Povzamemo lahko, da so RGB-vmesnik ocenili kot dobrodošlo dopolnilo k HSV-vmesniku:

- kot drugi korak za korekcijo odtenka izbranega s HSV-vmesnikom
- za nekatere odtenke, ki so jih lažje poiskali z RGB-vmesnikom
- preprosto jim je bilo všeč, da imajo izbiro.

4.4.2 Uporabnost prostora HSV

Znanje anketirancev o prostoru HSV je bilo nekoliko slabše kot njihovo znanje o prostoru RGB. Anketiranci so se z njim sicer srečali in ga poznali, niso pa vedeli, kakšen je pomen posameznih črk v kratici HSV. Iz rezultatov ankete lahko sklepamo, da prostora



HSV teoretično ne poznajo dovolj dobro, so ga pa pri praktičnem delu ankete kljub temu ocenili za najlažjega. Pomanjkanje znanja jih pri vmesniku HSV torej ni oviralo.

Vmesniki, osnovani na prostoru HSV, so bili bolje sprejeti kot RGB-vmesnik. Dobili so bistveno manj glasov za težek vmesnik. Pri izbiri med HSV- in RGB-vmesnikom se je velika večina anketirancev odločila za HSV. Anketiranci, zadovoljni s QBIC Colour Search-HSV, pa so ga označili kot preglednega, preprostega in mnogim je bila všeč hitrost, s katero so lahko delali. Če upoštevamo, da sta vmesnika tako sistema Retrievr kot QBIC Colour Search-HSV zasnovana na prostoru HSV, ugotovimo, da se je za vmesnik, osnovan na prostoru HSV, odločilo kar 97,8 % anketiranih.

Na prostoru HSV osnovani vmesniki niso bili vsi enako sprejeti. Daleč najbolj priljubljen je vmesnik sistema Retrievr. Pri utemeljitvah, ki so jih anketiranci zapisali pod odgovore, najdemo pojasnilo, zakaj je tako. Mnogim anketirancem je bilo všeč, da so namesto drsnikov, s katerimi mešamo barve, izbrali barvo s klikom na določen čisti odtenek in nato z drugim klikom izbrali nasičenost in svetlost. Anketiranci so o uporabi Retrievrja pogosto zapisali, da jim je prihranjeno mešanje barv z drsniki ter s tem tudi delo in čas. Iz opisov anketirancev o svojih izkušnjah s tem vmesnikom ugotavljamo, da jim ustreza način prikaza različnih odtenkov za izbrano čisto barvo. Retrievr namreč za izbrano čisto barvo H na paleti hkrati izriše variacije z različnimi vrednostmi za nasičenost S in različnimi vrednostmi za svetlost V (Slika 5). Medtem ko vmesnik QBIC Colour Search-HSV na paleti prikaže čiste odtenke H z različno vrednostjo za nasičenost in morajo uporabniki za svetlost, ki je drugačna od vrednosti 1, le-to nastaviti z drsnikom (Slika 6). Anketiranci so Retrievr najpogosteje označili s pridevniki preprost, pregleden, jasen, hiter in celo zabaven.

Uporaba prostora HSV pa sama po sebi ne zagotavlja preprostega vmesnika. To dokazujejo rezultati, povezani z vmesnikom, ki je bil v anketi poimenovan HSB (Slika 10). Ta za vse tri vrednosti prostora HSV uporablja drsnike in ne uporablja nikakršnega prereza HSV-piramide. Ocene za HSB so bile mnogo boljše kot ocene za vmesnik RGB, a kljub temu slabše kot za vmesnika HSV-1 in HSV-2. V skupini HSV-vmesnikov je bil izbran za najtežjega.

4.4.3 Uporabnost prostora HSL

Barvni prostor HSL je podoben barvnemu prostoru HSV in tudi velja za uporabniku intuitivnega. Znanje anketirancev o prostoru HSL je slabo, številčnih vrednosti na znajo interpretirati, kar štiri petine anketirancev ni znalo razbrati barve iz položaja drsnikov (Slika 13). Manj kot polovica anketirancev meni, da je HSL preprost za uporabo. Skoraj



ena tretjina anketirancev (28,3 %) ga je označila kot težek vmesnik za uporabo, kar ga je po težavnosti uvrstilo na drugo mesto, takoj za RGB-vmesnikom.

5 Zaključek

Uporabniški vmesnik za izbiro barv je oblikovan na osnovi izbranega barvnega prostora. Z izbiro barvnega prostora se določi, s katerimi komponentami bo uporabnik kreiral barvni odtenek, ki ga želi videti na poiskanih slikah. Vmesniki s komponentami RGB, HSV in HSL so v CBIR-sistemih med najpogostejšimi. Za uporabnike niso vsi enako intuitivni. Tudi znotraj enega barvnega prostora je možno oblikovati različne vmesnike, ki temeljijo na različnih prerezih geometrijskega telesa, ki opredeljuje določen barvni prostor. Glede na opravljeno anketo so uporabniki najraje uporabljali vmesnik, osnovan na prostoru HSV, vendar pa to ni zagotovilo, da ga bodo sprejeli za preprostega, in ne pomeni, da bodo z njim vedno in vsi zadovoljni.

Pri izbiri barvnega prostora, na podlagi katerega bomo oblikovali vmesnik za CBIR-zbirko, se HSV-vmesniku ne moremo izogniti, razen v primeru, da bi bili ciljni uporabniki ljudje z dovolj znanja in izkušnjami.

Z barvnim prostorom RGB se srečajo vsi, ki urejajo tekst z urejevalniki besedil WYSIWYG ali se kakorkoli ukvarjajo z računalniško grafiko. Vendar pa za uspešno uporabo zahteva tako teoretično znanje kot prakso, ki je od naključnega uporabnika ne moremo pričakovati. To pa ne pomeni, da RGB-vmesnik med uporabniki ne bo dobrodošel kot dopolnilo, zato ga je smiselno dodati. Kombinacija HSV- in RGB-vmesnika pa ni zagotovilo, da bo ta vmesnik med uporabniki bolje sprejet od tistega, ki nudi samo eno možnost, če bodo uporabnike motile druge reči. Vmesnik CBIR-sistema QBIC Colour Search je bil nekoliko slabše ocenjen kot vmesnik sistema Retrievr, kljub temu, da je imel na izbiro več različnih načinov izbiranja barve.

Tudi zadovoljivo znanje o načinu mešanja barv RGB in CMY ni zagotovilo, da bodo imeli uporabniki raje RGB-vmesnik, in tudi slabo poznavanje prostora HSV ne vpliva bistveno na spodobnost uporabnika, da ga uporablja.

Smernice za oblikovanje vmesnika za izbiro barve pri CBIR-sistemih, ki jih je dala raziskava, so naslednje:

1. Vmesnik, ki bo od uporabnika zahteval delo in čas, bo s strani uporabnika ocenjen kot manj zaželen.
2. Vmesnik mora biti oblikovan tako, da ga lahko uporablja tudi uporabnik brez predznanja in izkušenj.



3. Uporabniki bolj cenijo vmesnik, pri katerem pridejo do zelenega barvnega odtenka zgolj z nekaj kliki, kot pa tistega, pri katerem morajo sami mešati odtenke.
4. Uporabniki niso zadovoljni, če imajo občutek, da o pomenu nekaterih funkcij lahko zgolj ugibajo.
5. Uporabniki cenijo, če se ob vsaki spremembi, ki jo naredijo, osveži tudi vmesnik. Tako lahko vidijo, kakšen učinek je imela sprememba, ki so jo naredili pri uporabi vmesnika. Na primer, da ob spremembi drsnikov sproti vidijo, kako se izbrani barvni odtenek spreminja.
6. Na dvodimenzionalni površini moramo za izbrano čisto barvo prikazati barvne odtenke, ki jih najdemo na različnih delih površine kot tudi znotraj izbranega barvnega prostora. Npr. v primeru modela HSV barvne odtenke, ki ležijo na osnovni ploskvi piramide, na površini plašča piramide in v notranjosti piramide. Takšen način prikaza v vmesniku sistema Retrievr omogoča, da pridejo uporabniki do zelenega barvnega odtenka le z dvema klikoma. To so anketiranci zelo cenili in tudi pojasnili, da imajo manj dela in ne želijo uporabljati drsnikov.

Kako hitro bodo uporabniki znali poiskati barvo, ni odvisno samo od grafičnega vmesnika in kateremu barvnemu prostoru je podrejen, ampak tudi od tega, kakšno barvo želijo uporabniki izbrati. Npr. pri izbiri rumene barve je CMY-vmesnik najlažji.

Navedeni viri

- Albanesi, M. G., Bandelli, S. in Ferretti, M. (2001). Quantitative Assessment of Qualitative Color Perception in Image Database Retrieval. V *11th International Conference on Image Analysis and Processing* (str. 410-415). New York: IEEE. Pridobljeno 12. 10. 2012 s spletne strani: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=957044>
- Balamurugan, V. in Anandhakumar, P. (2008). An Integrated Color and Texture Feature Based Framework for Content Based Image Retrieval Using 2D wavelet Transform. V *Proceedings of the 2008 International Conference on Computing, Communication and Networking* (str. 1-16). New York: IEEE. Pridobljeno 5. 12. 2012 s spletne strani: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4787734>
- Chapman, N. in Chapman, J. (2009). Colors. V *Digital Multimedia* (3rd ed.) (str. 155–195). Chichester : John Wiley & Sons Ltd.
- Gevers, T. in Smeulders, A. W. M. (2004). *Image Search Engine Overview*. Amsterdam: Faculty of Science, University of Amsterdam. Pridobljeno 18. 9. 2012 s spletne strani: www.science.uva.nl/~gevers/pub/overview.pdf
- Golob, V. in Golob, D. (2001). Teorija barvne metrike. V S. Jerel in M. Kumar (Ur.), *Interdisciplinarnost barve: 1. del v znanosti* (str. 199–230). Maribor: Društvo koloristov Slovenije.



- Guid, N. (2001). *Računalniška grafika*. Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko.
- Kranjc, T. in Maver, J. (2007). Poizvedovanje po slikah na podlagi vsebine. *Knjižnica*, 51 (3/4), 41–66.
- Lu, G. in Phillips, J. (1998). Using Perceptually Weighted Histograms for Colour-based Image Retrieval. V *Fourth International Conference on Signal Processing Proceedings* (str. 1150 - 1153 vol.2). New York: IEEE. Pridobljeno 12. 10. 2012 s spletne strani: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=770820>
- Saad, M. H., Saleh, H. I., Konobor in H., Ashour, M. (2008). Image Retrieval based on Integration between YCbCrColor Histogram and Shape Feature. V *9th International Conference on Signal Processing Proceedings* (str. 97–102). New York: IEEE. Pridobljeno 12. 10. 2012 s spletne strani: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6153939>
- Smeulders, A. W. M., Worring, M., Santini, S., Gupta, A., Jain, R. (2000). Content-Based Image Retrieval at the End of the Early Years. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 22(12).
- Wang, X. Y., Yu, Y. J. in Yang, H. Y. (2011). An effective image retrieval scheme using color, texture and shape features. *Computer Standards&Interfaces*, 33(1), 59–68.
- Williamson, S. J. in Cummins, H. Z. (1983). *Light and Color in Nature and Art*. New York : John Wiley and Sons.
- Zhang, Z., Li, W. in Li, B. (2009). An improving technique of color histogram in segmentation-based image retrieval. V *Fifth International Conference on Information Assurance and Security* (str. 381–384). New York: IEEE. Pridobljeno 5. 12. 2012 s spletne strani: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5283441>

Andrej Cimerman

e-pošta: drejc120@gmail.com

Jasna Maver

Oddelek za bibliotekarstvo, informacijsko znanost in knjigarstvo, Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Aškerčeva 2, 1000 Ljubljana
e-pošta: jasna.maver@ff.uni-lj.si