

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAFIČKI FAKULTET

DOMAGOJ TROJKO

**UTJECAJ BOJE U DIGITALNIM
MEDIJIMA NA DOŽIVLJAJ DIZAJNA I
KORISNIČKO ISKUSTVO**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2013.



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

DOMAGOJ TROJKO

**UTJECAJ BOJE U DIGITALNIM
MEDIJIMA NA DOŽIVLJAJ DIZAJNA I
KORISNIČKO ISKUSTVO**

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Lidija Mandić

Student:

Domagoj Trojko

Zagreb, 2013

Sažetak:

Računala su postala dio svakodnevice i sve više osoba, pogotovo mladih, provodi veliki dio svog vremena gledajući u zaslon svog prijenosnog računala, tableta ili pametnog telefona. Tako je za grafičke i web dizajnere postalo nužno znati kako u digitalnom svijetu neki proizvod, bio to program, aplikacija, internetska stranica ili nešto drugo, učiniti vizualno primamljivim i prepoznatljivim te što jednostavnijim za korištenje. Boja se smatra jednim od najvažnijih elemenata kod izrade bilo kakvog grafičkog korisničkog sučelja te je pravilno korištenje njezinih svojstava jedna od najvažnijih vještina.

U ovom radu cilj je bio ispitati na koji način osobe koje se redovito koriste računalima i posjećuju internetske stranice doživljavaju boje u njihovim korisničkim sučeljima i kakvu percepciju imaju o sposobnosti utjecaja boje na privlačenje njihove pažnje i utjecaja na njihove odluke i radnje pri korištenju tih korisničkih sučelja. To je učinjeno pomoću dviju neovisnih internetskih anketa i pomoću pokusa gdje se pravilnim odabirom boja na dvije internetske stranice tražilo ispitanike da izvrše zadatke te se pomoću boja pokušavalo upravljati njihovim ponašanjem. Rezultati istraživanja pokazali su kako sve osobe imaju izgrađene stavove prema bojama i kako one utječu na njihovo ponašanje u digitalnom svijetu iako su rezultati pokusa pokazali kako se bojom može utjecati na način korištenja internetskih stranica.

Ključne riječi: korisničko iskustvo, grafičko korisničko sučelje, boja, digitalni mediji

Abstract:

Computers have become a part of everyday life and more and more people, especially younger ones, spend much of their time watching at the screen of a laptop, tablet or a smartphone. So it's an imperative for web and graphic designers to know how to make a product in the digital world, be it a program, application, web site or something else, visually attractive and memorable, and easy to use. Color is considered to be one of the most important elements of a graphic user interface so one of the most important skills is correct use of all her components.

The goal of this paper was to examine how users who use their computers and visit web sites on a regular basis, experience colors in user interfaces and how their perception is about the colors ability to attract their attention and affect their decisions and the things they do when they use a user interface. This was done with two different online surveys and an experiment where two websites where designed whit a thoughtfully picked color scheme and the participants were asked to do assignments, and we tried to guide their behavior with colors. The results of the surveys and experiment showed that all participants have built attitudes towards colors and how they affect their behavior in the digital world although the results of the experiment show that color can be used to control the way web sites are used.

Keywords: user experience, graphic user interface, color, digital medium

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Korisničko sučelje.....	3
2.1. Povijesni razvoj korisničkih sučelja u računalnoj tehnologiji.....	5
2.1.1. <i>Batch</i> razdoblje.....	6
2.1.2. Razdoblje naredbenih linija.....	7
2.1.3. Grafička korisnička sučelja.....	9
2.2. Novosti kod korisničkih sučelja i budućnost.....	15
2.3. Kako pristupiti izradi korisničkog sučelja.....	19
3. Korisničko iskustvo.....	22
3.1. Porijeklo pojma korisničko iskustvo.....	22
3.2. Razumijevanje korisničkog iskustva.....	24
3.3. Dobro i loše korisničko iskustvo.....	25
3.4. Korisnički angažman.....	26
3.5. Ljudski dio korisničkog iskustva.....	27
4. Boje i znanost o boji.....	31
4.1. Izvori svjetla.....	34
4.2. Utjecaj koji promatrani objekt ima na svjetlost.....	37
4.3. Kako vidimo.....	39
4.4. Kako se mogu mjeriti boje.....	42
4.5. Modeli za prikaz izgleda boje.....	49
4.6. Osnovne karakteristike boje.....	53
5. Teorija i harmonija boja.....	71
5.1. Kotač boja.....	74
5.2. Harmonija boja.....	75
5.3. Kontekst u kojem se boje koriste.....	79
5.3.1. Vizualna psihofizika.....	79
5.3.2. Psihologija boja.....	85
6. Boja u digitalnim medijima.....	94
6.1. CRT zaslone.....	94
6.2. LCD zaslone.....	95

6.3. PDP zasloni	97
6.4. Elektroluminiscentni zasloni	97
6.5. Boje kod računalnih zaslona	98
7. Kako boje utječu na ljudsku percepciju grafičkih elemenata korisničkog sučelja	99
7.1. Istraživanje općih preferencija o bojama pomoću ankete	100
7.1.1. Diskusija rezultata ankete.....	106
7.2. Anketiranje ispitanika o bojama u internetskim sučeljima	112
7.2.1. Diskusija rezultata ankete.....	117
7.3. Utvrđivanje vidljivosti grafičkih elemenata u internetskim sučeljima metodom prepoznavanja žarišnih točaka klikova mišem.....	121
7.3.1. Diskusija rezultata utvrđivanja žarišnih točaka.....	127
8. Zaključak	130
9. Literatura.....	134

1. UVOD

U ovom razdoblju kad informatizacija svakodnevnog života poprima neslućene razmjere te računala, pametni telefoni i tableti postaju neizostavni dio modernog načina života, proizvođači se bore za svakog klijenta i u toj borbi jedno od najjačih oružja je ponuda dobrog korisničkog iskustva. Pružiti dobro korisničko iskustvo iziskuje usuglašavanje znanja iz raznih struka i znanstvenih disciplina poput psihologije, inženjerstva, dizajna, istraživanja tržišta i sl. Pravilnim korištenjem svog tog znanja može se postići krajnji cilj u izradi dobrog korisničkog iskustva, a to je korisnički angažman. Ipak, nužno je znati kako je korisničko iskustvo osobno za svakog korisnika te je stoga nemoguće napraviti proizvod koji će svima pružiti jednaku količinu zadovoljstva. Čak je nemoguće napraviti proizvod kojime će svi korisnici biti zadovoljni.

Jedan od najvažnijih elemenata kvalitetnog korisničkog iskustva je uravnoteženo grafičko korisničko sučelje. Korisničko sučelje predstavlja sučelje kroz koje korisnik koristi određeni proizvod. Kad se govori o grafičkim korisničkim sučeljima, tada se isključivo misli na korisnička sučelja koja su vizualno prikazana na nekom zaslonu pomoću raznih grafičkih elemenata te ono predstavlja vizualnu prezentaciju upravljanja nekim računalnim programom. Kroz godine razvoja korisničkog sučelja, došlo se do sadašnjih grafičkih korisničkih sučelja, a sukladno tom razvoju postojali su i postoje razni pokušaji sastavljanja pravila kako napraviti dobro korisničko sučelje. Ipak, te liste pravila se lakše čitaju kao smjernice koje bi bilo dobro slijediti, no njihova primjena ne mora rezultirati dobrim korisničkim sučeljem.

Boja je grafički element kod izrade grafičkog sučelja kojemu je možda potrebno dati i najviše pažnje. To je s toga što boje, više od ičeg, u korisnicima pobuđuju osobne preferencije ili osjećaje odbojnosti. Boja se fizikalno može objasniti pomoću svjetlosnog zračenja, valnih duljina, luminancije i čistoće pobude, može se mjeriti uređajima i može se prikazati modelima boja, no ipak se ne može sa sigurnošću odrediti kako će i na koji način pojedinac reagirati na određenu boju. To je i s toga što taj osoban doživljaj ovisi i o uvjetima promatranja, okruženju u kojem se ta boja promatra, ali i

psihičkom stanju u kojem se pojedinac nalazi, a i o naučenim predrasudama o bojama koje su uvjetovane odrastanjem.

Posebno je teško odrediti kako će boje doživjeti korisnik digitalnih sadržaja. To je s toga što je nemoguće biti siguran kako će korisnik te boje vidjeti na računalnom ili nekom drugom zaslonu. Problem nastaje s toga što se u digitalnim medijima koriste mnoge različite tehnologije za izradu zaslona koje podrazumijevaju različitu tehnologiju prikaza boja i njezinih različitih tonova.

2. KORISNIČKO SUČELJE

Kad bi na ulici ispitivali prolaznike o pojmu korisničko sučelje, gotovo bi sigurno svi taj pojam povezali s računalima i onim što se prikazuje na zaslonu kad ih koriste. I to je sasvim logičan pogled na sam pojam pošto se u svakodnevni život ljudi uvukla moderna računalna tehnologija i postala sveprisutna. Tome su doprinijeli mobilni uređaji koji uspijevaju računalnu tehnologiju ugraditi u uređaje koji stanu u torbu ili džep svakog, a imaju dovoljno snage za pokretanje filmskih zapisa, glazbe, igara, čak i kompleksnih programa kojima se povećava efikasnost i fleksibilnost u radu. Dakle, ti maleni uređaji u modernom, tehnološkom svijetu postali su gotovo obavezan alat kako bi se mogao držati korak s užurbanim načinom rada i života. No može li se pojam korisničkog sučelja ograničiti na računalnu tehnologiju i grafički prikaz nekog programa, aplikacije ili nečeg trećeg na zaslonu?

Ne koristimo se samo računalima kroz neko korisničko sučelje. U industrijskoj proizvodnji postoji nebrojeno mnogo strojeva koji su automatizirani i gotovo sami mogu ispunjavati svoje zadaće, no svejedno se mora odvijati interakcija između stroja i čovjeka koji određuje osnovne parametre koje stroj mora izvršiti prije nego se taj stroj pokrene i počinje proizvoditi ili izrađivati ono što je određeno tim parametrima. Ta interakcija između osobe i stroja se opet odvija kroz neku vrstu korisničkog sučelja, koje može biti povezano s računalom, ali i ne mora. Tako je u grafičkoj industriji osnovni stroj za proizvodnju tiskarski. Njegova zadaća je, primjerice, otisnuti knjigu, i to se može napraviti strojem koji je star 100-tinjak godina, a i modernim strojem. Kod modernog stroja, taj proces je usko povezan s računalom, ako smo precizniji, programom koji je pokrenut na tom računalu, u kojem se odrede svi parametri i pokrene tiskarski stroj. Ovisno o stupnju automatizacije, osoba jako malo ili uopće ne mora više biti uključena u proizvodni proces. Korisničko sučelje su ovdje ulazne jedinice, tipkovnica, zaslon osjetljiv na dodir, skener, program kojim se upravlja strojevima i sl. U drugom slučaju, kod 100 godina starog tiskarskog stroja, osoba podešava i poslužuje stroj u svakom dijelu proizvodnog procesa i mora ga detaljno nadzirati. Iako se u ovom slučaju mehanički upravlja procesima, još uvijek osoba koja upravlja tim strojem s

njime komunicira kroz njegovo korisničko sučelje. Dakle, ista se zadaća može postići interakcijom između osobe i računala ili osobe i stroja.

Korisničko sučelje kao pojam teško je definirati jer ga određuje kontekst, situacija u kojoj se to korisničko sučelje koristi i kako se široko gleda na sam pojam. Već je objašnjeno kako se korisničko sučelje najviše povezuje s računalima, no korisničko sučelje postoji i kod drugih stvari koje su u svakodnevnoj upotrebi. Kad vozač sjedne u automobil i želi se odvesti nekamo treba ključem pokrenuti automobil i pri tom mora pritisnuti kvačilo. Zatim vozač mora mjenjač staviti u prvu brzinu, otpustiti kvačilo i pritisnuti papučicu gasa i krenuti. U vožnji koristi volan, pokazivače smjera te sve papučice i još cijeli niz drugih prekidača kojima pokušava učiniti svoju vožnju ugodnijom. Dakle, vozač u interakciji s automobilom koristi različite poluge, papučice i prekidače kako bi ga mogao koristiti. Ta interakcija se provodi kroz sve te poluge i prekidače i oni predstavljaju korisničko sučelje tog automobila. Tako neku vrstu korisničkog sučelja imaju i pećnica ili perilica suđa u kuhinji, glazbena linija i televizor, vaga i još cijeli niz svakodnevnih kućanskih aparata. Pojam korisničkog sučelja može se i još dodatno pojednostavniti. Ako striktno gledamo, na svaki alat ili predmet koji se koristi kroz dan može se gledati kao da ima korisničko sučelje. Svaki predmet s kojim osoba može biti u bilo kakvoj interakciji, ima neku vrstu korisničkog sučelja. Tako osoba, koja je korisnik, uzima u ruke kišobran i izlazi van iz kuće. Ukoliko vani pada kiša, ona će taj kišobran otvoriti i njime će se zaštititi od kiše. Dakle, ta osoba je u interakciji s kišobranom i koristi se njegovim sučeljem, koliko god ono bilo jednostavno, kako bi se zaštitila od kiše. Iako se ovaj pristup može veoma lako shvatiti kao banaliziranje problematike korisničkog sučelja, cilj mu je staviti u prvi plan najvažnije kod svakog korisničkog sučelja, a to je brzo i efikasno ispunjavanje svrhe tj. zadaće koju želimo postići korištenjem određenog predmeta.

Ako zanemarimo taj "banalni" pristup prema pojmu korisničkog sučelja, najlakše ga je definirati kao neku vrstu prostora gdje se odvija bilo kakva interakcija između osobe i nekog stroja. U toj interakciji osobi je nužno omogućiti unos, manipulaciju sa strojem, na koji stroj reagira nekim izlaznim rezultatom ili podatkom. Svrha korisničkog sučelja je da se ta interakcija odvije na što jednostavniji, brži i ugodniji način.

Kako to postići? Možda najbolji pristup je proučiti povijest razvoja korisničkih sučelja kako se ne bi radile greške koje su se u prošlosti javljale, a i proučiti pravila koja su proizašla iz tog povijesnog razvoja te ih pravilno primjenjivati, kršiti ili mijenjati, ali sa svrhom i razlogom.

Tema ovog rada su digitalni mediji tako da će se nadalje proučavati korisnička sučelja koja se koriste u komunikaciji čovjek-računalo, prvenstveno grafička korisnička sučelja.

2.1. Povijesni razvoj korisničkih sučelja u računalnoj tehnologiji

Kod dizajniranja korisničkih sučelja za računala, pogotovo programskih rješenja, problematici je pristupano na mnogo načina i teško da postoji pristup koji nije isproban na postojećoj tehnologiji. Stoga je i dobro znati koji su pristupi korišteni i koje su njihove prednosti i nedostaci, a to je najlakše napraviti proučavanjem korisničkih sučelja kroz povijest.

Prije nego se prouči detaljno razvoj korisničkih sučelja kroz povijest, nužno je identificirati koje vrste korisničkih sučelja se koriste u računalnoj tehnologiji. Najosnovnija i važna podjela u ovom trenutku je podjela na sklopovlje i program - na sučelja koja koristimo fizički za unos naredaba i na sučelja kojima pomoću tog fizičkog unosa upravljamo.

Sučelja, koja bi mogli nazvati sučeljima sklopovlja, razvijala su se ovisno o napretku tehnologije i njima je teško mijenjati njihova svojstva pošto su općeprihvaćena i ergonomski veoma razvijena, a u osnovi jednostavna za korištenje. Tako se veoma brzo, za razvoja računala, 1960-tih godina sa bušenih kartica prešlo na korištenje tipkovnica napravljenih prema uzoru pisacih mašina, kako bi se unosili podaci. Miš, kao dio sučelja sklopovlja se pojavljuje krajem 1960-tih i zajedno s računalnom tipkovnicom postaje dio korisničkog sučelja koji se u usavršenim oblicima koristi i danas kako bi se preko računalnog zaslona upravljalo računalnim operacijama i programima. Još jedno korisničko sučelje sklopovlja koje je danas sveprisutno je monitor osjetljiv na dodir, razvijan još od kraja 1970-tih godina, koji je svoju punu primjenu našao u mobilnoj tehnologiji, kao način upravljanja pametnim mobilnim telefonima i tablet računalima.

Kod sučelja sklopovlja daljnji razvoj uvjetuje novac i vrijeme koje je potrebno utrošiti u novi način upravljanja računalima. Hoće li to biti povezano s gestama (*Wii* ili *PS3 move*), glasovnim naredbama (*Google Glass*) ili nečim trećim, revolucionarnim je nemoguće predvidjeti.

Kod programskih sučelja promjene su se dešavale i dešavati će se mnogo brže i učestalije. Trendovi i obrasci prema kojima su se programska korisnička sučelja razvijala usko je bilo povezano s procesnom snagom računala - što se snaga računala povećavala, dio te snage se mogao odvajati na prezentaciju operacija koje je računalo izvršavalo. Tu se desila i najveća promjena trendova i obrazaca, dizajn programskih korisničkih sučelja prešao je iz dizajna kojemu je u centru interesa bila brzina izvršavanja operacija, u dizajn koji je bio usredotočen na prezentacijski dio korisničkih sučelja. Povijesno taj razvoj, tj. promjenu trendova i obrazaca, neki autori dijele na tri razdoblja: *batch* (1945. - 1968.), naredbene linije (1969. - 1983.) i grafičko (1984. -) [1].

2.1.1. *Batch* razdoblje

Riječ *batch* (engl. množina, serija, gomila istih stvari) odnosi se na način na koji su rana računala obrađivala podatke. Naime, računala tog razdoblja mogla su obrađivati samo jedan program u određenom trenutku, a podatke koje je to računalo obrađivalo, obrađivani su u skupinama. U tom razdoblju, računala su bila velika, skupa i rijetka. Najveća računala zauzimala su cijele prostorije, a mogla su obrađivati manje operacija u sekundi nego digitalni satovi koji se danas proizvode. S obzirom na veličinu, cijenu i svrhu, korisnička sučelja su bila bazična i kompleksna (slika 1). Sve što je procesor opterećivalo izvan njegove osnovne zadaće izvršavanja određene naredbe smatralo se suvišnim.



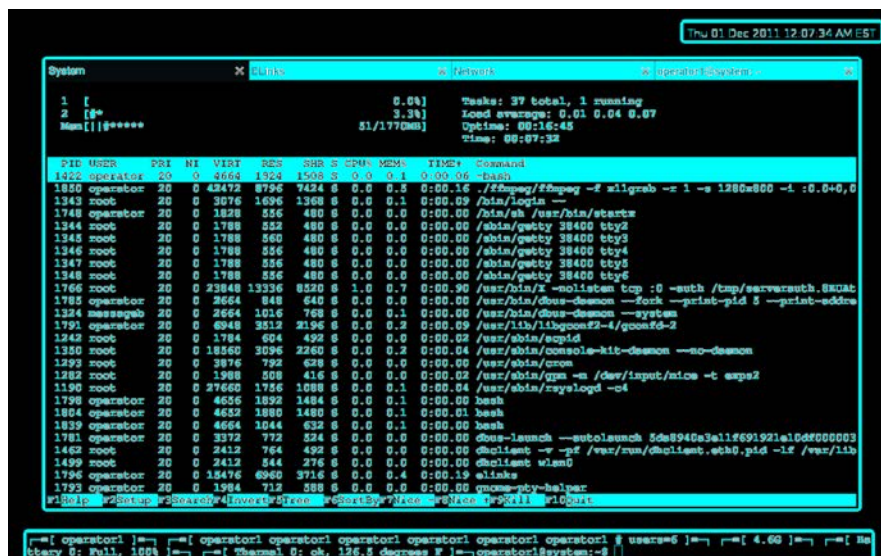
*Slika 1: Batch korisničko sučelje
izvor: Raymond E. R. (2004). The Art of Unix Usability*

Korisnik je, kako bi mogao koristiti računalo, prvo trebao pripremiti bušene kartice koje su opisivale zadatke koje je računalo trebalo obaviti. One su bile pripremane pomoću specijalnih strojeva sličnih pisaćim mašinama. Zatim su se te kartice stavile u računalo i tu je prestajala svaka interakcija s računalima sve dok zadatak nije bio obavljen. Najveći problem tih računala, pored sklonosti izbacivanja grešaka i kvarenja, bio je taj da se s računalom nije moglo komunicirati u realnom vremenu. Ako je netko napravio neku grešku u pripremi u unošenju podataka, svoju grešku bi vidio tek kad su svi procesi bili završeni. A to je znalo trajati danima.

2.1.2. Razdoblje naredbenih linija

Razvoj korisničkih sučelja naredbenih linija desio se pojavom nekoliko faktora koji su se sami po sebi logično nametali. Osnovni faktor je napredovanje tehnologije, posebno masovno korištenje silicijskih tranzistora, koje je omogućavalo znatno veću snagu samog računala te se dio te snage mogao odvojiti na pojednostavljene interakcije s računalima. Tim ubrzavanjem znatno se smanjilo vrijeme obrade podataka te se mogao omogućiti odziv na neki unos ili naredbu gotovo u realnom vremenu. Zatim su stručnjaci i ljudi koji su radili na računalima počeli povezivati starije tehnologije kako

bi olakšali svoj rad - npr. koristili su teleprinterne koje su poštanski i novinski uredi već duže vremena koristili za obavljanje svojih djelatnosti ili kasnije video terminala za prikaz. Kao posljednji faktor u razvoju korisničkih sučelja naredbenih linija tu je razvoj koncepta dijeljenja vremena na računalima. Operateri na računalima su shvatili kako pojedini korisnik radi na način da brzo unese određenu količinu podataka i nakon toga slijedi duga pauza. U konceptu dijeljenja vremena na računalima, na jednom računalu je bilo nekoliko korisnika koji su radili istovremeno - svaki korisnik bi unosio podatke nakon kojih bi slijedila pauza, ali u vrijeme kad je jedan korisnik imao pauzu, drugi su mogli obavljati svoj unos te se tako znatno povećala iskorištenost računala. Najpoznatiji rani eksperiment baziran na tom konceptu bio je MULTICS operacijski sustav razvijan od 1965., a najutjecajniji projekt bio je Unix (slika 2), započet 1969.



Slika 2: Unix korisničko sučelje naredbenih linija
izvor: Raymond E. R. (2004). *The Art of Unix Usability*

Korisničko sučelje naredbene linije se na već spomenutim teleprinterima manifestiralo tako da se upisala linija koda koju je zatim računalo u gotovo realnom vremenu obradilo i ispisalo zahtijevani podatak. Sredinom 1970-tih i prihvaćanjem terminala za video prikazivanje kao zamjenu za ispis obrađenih podataka na papir, došlo je druge faze u razvoju korisničkih sučelja naredbene linije. Oni su dodatno ubrzali rad na računalima pošto se više nije moralo ni čekati na ispis nego je rezultat prikazan na zaslonu, a i samo programiranje postaje interaktivnije pošto se na zaslonu mogla uočiti greška i lagano ispraviti u nekoliko sekundi.

Operacijski sustavi od kraja 1960-tih oslanjaju se na upisivanje i obradu podataka pomoću naredbenih linija pa iz tog razdoblja svi važniji proizvođači računala i programa za računala imaju svoju inačicu sučelja s naredbenim linijama poput Microsoftovog DOS-a prikazanog na slici 3, Appleovog OS/2, Amiga Shella, Atari TOS shella, da spomenemo samo neke. Korisnička sučelja naredbenih linija dugo su se koristila kao jedino sučelje i bila su efikasna za programere naviknute upisivati linije koda kako bi izradili programe. Stoga nije ni čudno što se i danas programski jezici poput Perla, Pythona, Basica ili Rubyja i dalje koriste istim tipom korisničkog sučelja koji samo u manjim mjerama ima elemente grafičkog korisničkog sučelja.

```
Microsoft(R) Windows DOS
(C)Copyright Microsoft Corp 1990-2001.

C:\>mem

      655360 bytes total conventional memory
      655360 bytes available to MS-DOS
      578352 largest executable program size

      4194304 bytes total EMS memory
      4194304 bytes free EMS memory

      19922944 bytes total contiguous extended memory
           0 bytes available contiguous extended memory
      15580160 bytes available XMS memory
      MS-DOS resident in High Memory Area

C:\>
```

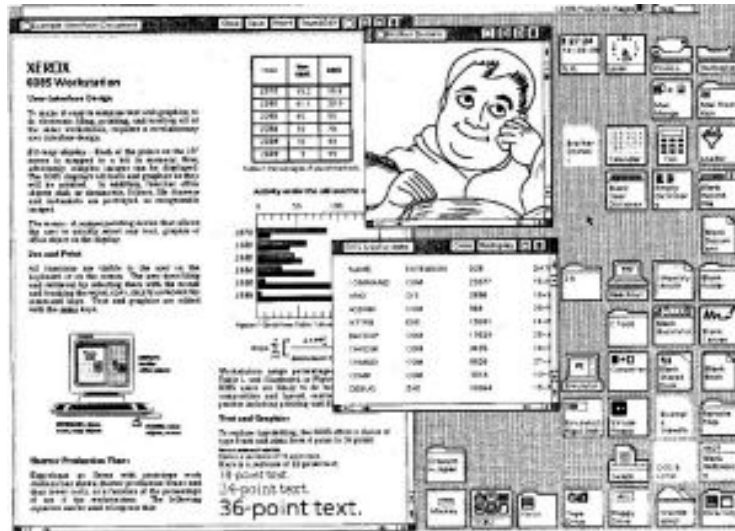
Slika 3: Microsoft DOS
izvor: Raymond E. R. (2004). The Art of Unix Usability

2.1.3. Grafička korisnička sučelja

Do nove revolucije u razvoju grafičkih sučelja došlo je postupno. Ubrzo nakon uvođenja terminala za video prikazivanje, programeri su se zaigrali i počeli proučavati i pomicati granice prikazivanja grafičkih elemenata na zaslonima pomoću računala. Tako je već 1962. pomoću računala PDP-1 na modificiranom zaslonu osciloskopa napravljena igra "Spacewar". Slijedeća stepenica u razvoju grafičkih korisničkih sustava bila je javna demonstracija prvog hipertekstualnog sustava NSL/Augment u prosincu 1968., koji su razvili tim SRI na čelu sa Dougom Engelbartom. Na toj prezentaciji

predstavljen je, između ostalog, miš sa tri tipke, video konferencija preko zaslona i hiperlinkovi. Direktna posljedica te demonstracije bio je čak i razvoj World Wide Weba više od dvadeset godina kasnije. Ipak, za ovaj rad najznačajnije je bilo prezentacija grafičkih prikaza pomoću sučelja sa više prozora. U svakom slučaju, ovi primjeri dokazuju kako je već 1960-tih postojala svijest kako se korisničko iskustvo može obogatiti grafičkom prezentacijom, no u to vrijeme je još uvijek cijelo računalno sklopovlje bilo dovoljno skupo da nije bilo dostupno većini kućanstava.

Dvije su stvari, odnosno problema, u to vrijeme kočile ozbiljniji razvoj grafičkih korisničkih sučelja. Prvi problem je bio odsustvo ulaznog uređaja koji bi bio prikladan za korištenje s grafičkim prikazom na zaslonima, a drugi što je bilo nemoguće kroz serijsku vezu, koja je tada bila korištena u povezivanju računala i zaslona, propustiti dovoljnu količinu bitova po sekundi kako bi se zaslon, odnosno grafika na zaslonu, osvježavala dovoljno brzo. Rješavanju ta dva problema i razvoju prvog pravog grafičkog korisničkog sučelja, pristupilo se u Xerox Palo Alto istraživačkom centru (engl. Xerox Palo Alto Research Center - PARC) gdje su znanstvenici 1973. izradili računalni stroj koji su nazvali Alto. Iskoristili su silicijske tranzistore koji su u to vrijeme postali jeftiniji i podržavali veću snagu te tako mogli koristiti zaslon zasnovan na bitmapama. Također su iskoristili u to vrijeme već razvijen miš kao ulaznu jedinicu. time su riješili dva gore navedena problema i stoga se Alto može nazvati direktnim pretkom računalnih radnih stanica (engl. *workstation*) odnosno osobnih računala (engl. *personal computer* - PC). Grafičko korisničko sučelje, prikazano na slici 4, koje su prezentirali, uspoređujući ga sa današnjim sučeljima, izgledalo je kruto i nedovršeno, no ipak je sadržavalo većinu elemenata koji su danas osnovni dio bilo kojeg grafičkog korisničkog sučelja. Ono je imalo ikone, prozore, trake za pomicanje i klizne trake i slično. Jedini važniji element sadašnjih sučelja koji je tada nedostajao bili su padajući izbornici koje je Apple prezentirao 1979. u svom računalu Lisa. Još jedna stvar koja je nedostajala bila je boja. U osnovi, može se rezimirati kako je to korisničko sučelje izgledalo kao skice koje se danas crtaju pri izradi koncepta modernog sučelja. Ipak, u osnovi se moderno grafičko korisničko sučelje nije maknulo daleko do svojih prvih predaka - sve što je "moderno" u biti se odnosi na vizualno uljepšavanje te kockaste "skice" dodavanjem 3D efekata, sjenčanja, boje i slično. Razvoj se dešavao na prezentacijskoj razini, kostur sučelja gotovo da i nije doživio promjene.

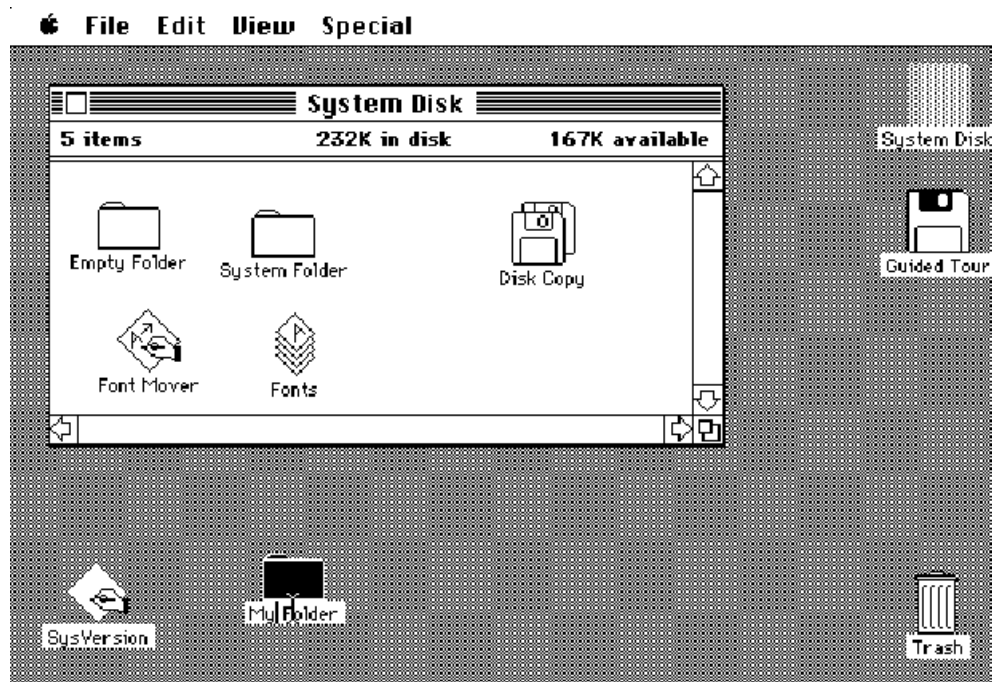


Slika 4: Originalno PARC grafičko korisničko sučelje
izvor: Raymond E. R. (2004). *The Art of Unix Usability*

Alto je bilo računalo izrađeno u laboratoriju i njegova namjena je bila istražiti mogućnosti koje je pružala tadašnja računalna tehnologija. Komercijalni uspjeh bio je nemoguć pošto bi računalo bilo preskupo i ekonomski neisplativo za bilo kakvu komercijalnu primjenu, a kamoli osobnu, privatnu upotrebu. Stoga je Xerox 1981. razvio prvo računalo s grafičkim korisničkim sučeljem namijenjeno za širu publiku i nazvao ga je Star. Razlozi neuspjeha tog računala leže u tome što mu je procesorska snaga bila veoma mala, bio je spor i preskup, a i loš marketing nije pomogao njegovom uspjehu. Još je jedan događaj iz 1981. važan za razvoj grafičkih korisničkih sučelja - te godine IBM izdaje svoj prvi PC sa 8088 procesorom. On je također bio prespor i grafičko korisničko sučelje nije bio dio osnovne opreme nego se moglo dokupiti. Unix zajednica je svoje osobno računalo dobilo 1982. kad je Sun Microsystems bacio na tržište svoje računalo. Bitmapna grafika i brzi procesori kojima PC sklopovlje nije moglo konkurirati, bili su zaslužni za uspjeh tih računala, pogotovo u programerskoj zajednici. Ipak, korisničko sučelje se gotovo u potpunosti oslanjalo na PARC tehnologiju i kod njega nije bilo velikih tehnoloških pomaka, kao kod sklopovlja u tim računalima.

Prvo pravo grafičko korisničko sučelje izašlo je na tržište 1984. i označilo pravu revoluciju u poimanju osobnih računala. Steve Jobs, čelnik tvrtke Apple, još od kasnih 1970-tih posjećuje Xerox Palo Alto i proučava njihov razvoj računala i grafičkih

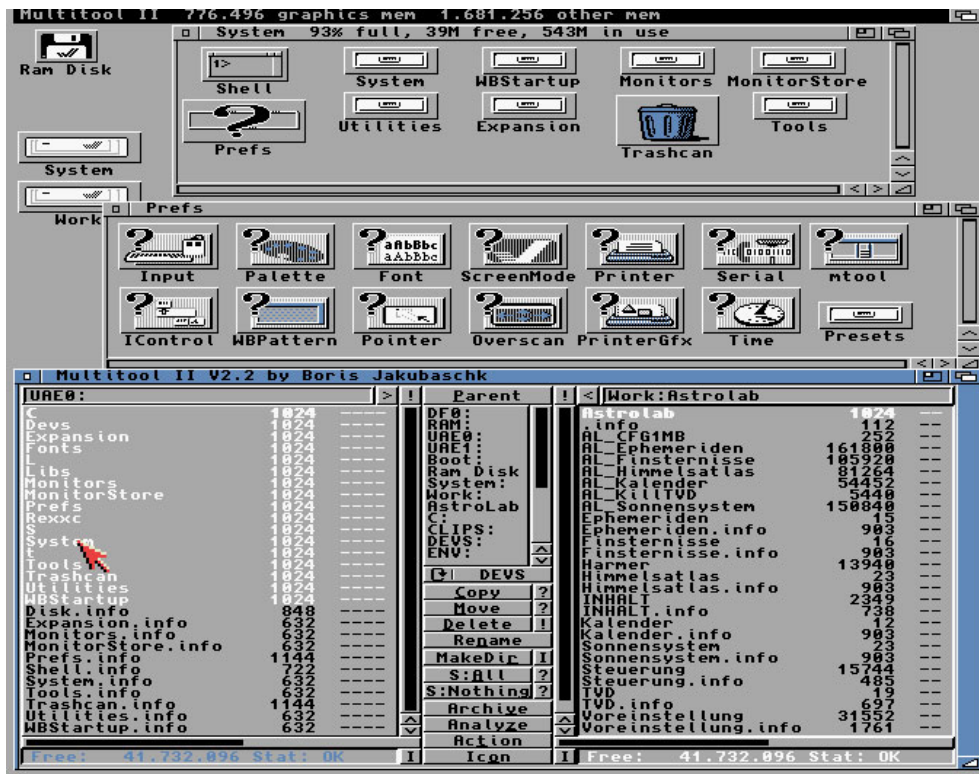
korisničkih sučelja. Rezultat toga je bio Apple Macintosh, računalo koje je konačno bilo napravljeno, ali i dostupno, za masovno tržište. Razlozi uspjeha Macintosha leže dobrim dijelom u činjenici kako inženjeri koji su radili na tom projektu, nisu odlučili kopirati obrazac zadan od strane PARC-a, već su krenuli s novim načinom razmišljanja i znatno poboljšali grafičko korisničko sučelje (slika 5). Među prvima su krenuli s korištenjem psihologije i dizajnerskim pristupom problematici korisničkog sučelja i time uzeli primat na tom tržištu, a i usput započeli pravu revoluciju. Najvažnije što je dokazano izlaskom Apple Macintosha je da dobro grafičko korisničko sučelje može biti okidač za uspjeh osobnog računala na tržištu. Macintosh je imao i velike tehnološke nedostatke, pogotovo u području *multitaskinga*, no to nije umanjilo njegov uspjeh.



Slika 5: Apple Macintosh grafičko korisničko sučelje
izvor: Raymond E. R. (2004). *The Art of Unix Usability*

1985. godine danas sveprisutni Microsoft izdaje svoje Windowse 1.0 koji u bili ružni i neuspješni. Njihov uspjeh morati će pričekati još nekoliko godina. Ipak, Apple neće dugo zadržati primat na tržištu grafičkih korisničkih sučelja zadugo. Iz Unix zajednice, preciznije iz sveučilišta MIT, 1986. dolazi X windows system. Ono što je značajno za taj sistem je što je bio otvorenog koda, nije bio vezan za određenu konfiguraciju sklopovlja, kao što je to bilo u slučaju Apple Macintosha, i njegove su se aplikacije

mogle distribuirati putem TCP/IP mreže što je značilo da grafičko prikazivanje korisničkog sučelja preuzima server. Pored Macintoshovog pristupa dizajniranju korisničkog sučelja, X-ova neovisnost o značajkama sklopovlja pojedinog računala bila je važan pokretač ubrzanog razvoja u području grafičkih korisničkih sučelja.

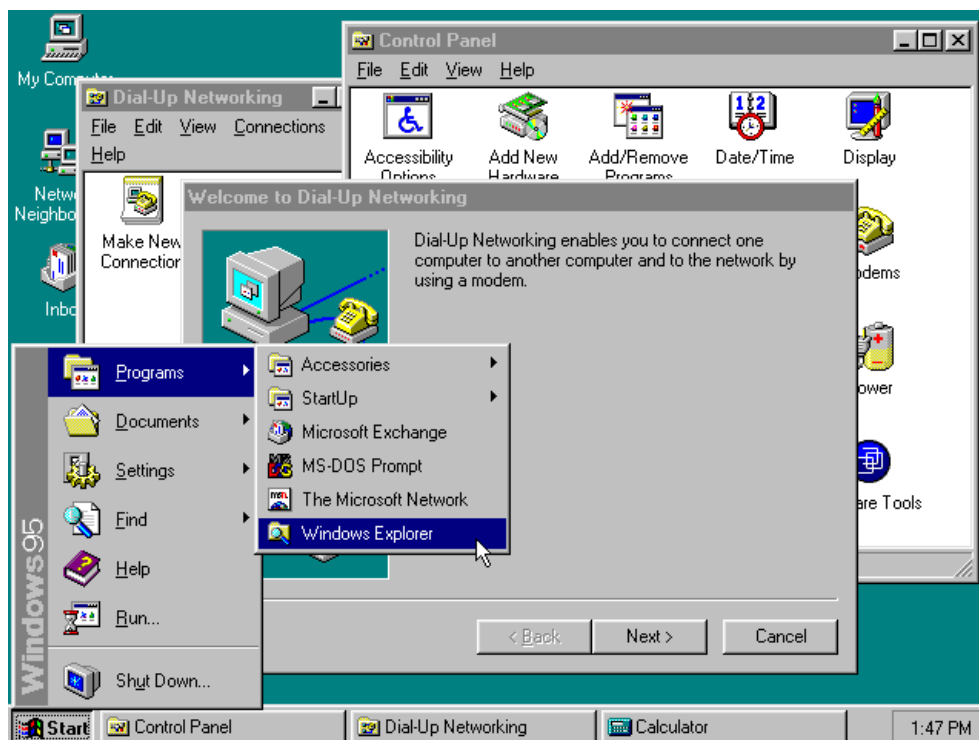


Slika 6: X windows korisničko sučelje
izvor: Raymond E. R. (2004). *The Art of Unix Usability*

Još jedna novost iz X sistema je ta što je podržavao prikaz sučelja u boji. Jedini problem je bio taj što 1986. računalni zaslone nisu podržavali prikaz u boji, a oni koji jesu podržavali, bili su veoma skupi i rijetki. Zapravo, zaslone velike rezolucije koji su podržavali prikaz u boji, prodrli su na masovno tržište tek 1992. Iz tog razloga desila se podjela u računalnom svijetu. Apple, sa svojim računalom Apple II, izabrao je smjer osobnih računala koja su se povezivala sa standardnim TV uređajima na kojima se sučelje prikazivalo u boji i maloj rezoluciji. S druge strane su bila Alto/Star računala s X grafičkim korisničkim sučeljem i zaslonom koji je podržavao veliku rezoluciju, ali bio crno-bijeli. Smjer koji je s tom konfiguracijom odabran je onaj radne stanice koja je preuzela tržište poslovnog svijeta. IBM-ov PC je u to vrijeme pokušavao pokriti zahtjeve oba tržišta.

Do 1991. IBM-ov pristup je doveo do sve veće standardizacije i pojavom njihovog modela 386, zaslone u boji postali su dostupni i za radne stanice i nove 32-bitna poslovna računala. Uskoro je, padanjem cijena, napredna tehnologija postala dostupna i običnim potrošačima.

Do 1992. Appleov studiozni i gotovo umjetnički pristup grafičkim korisničkim sučeljima držao je primat na tržištu. Promjene na sučelju gotovo da se i nisu dešavale, a one koje su se dogodile, bile su rezultat rada Appleovih dizajnera i tima stručnjaka. Tad je Microsoft iskoristio potencijal 32-bitnih računala i izdao operacijski sustav Windows 3.1. Sam izgled korisničkog sučelja i rješenja koja su u Microsoftu izabrali bila su loše dizajnirana i već viđena, nisu predstavljala nikakvu novost. No ipak je tih godina Microsoftovo loše dizajnirano korisničko sučelje preuzelo primat na tržištu i Appleu i njegovom gotovo savršeno dizajniranom i implementiranom sučelju ostavio mali, specifičan dio tržišta. Veoma jednostavan je razlog tomu, Microsoft je svoje proizvode i verzije nemilosrdno testirao pomoću ispitivanja ciljnih skupina, slušao njihove zahtjeve i implementirao ih. Korisnici su imali dojam kako se poštuju njihove želje i potrebe te je s dobrim marketingom i sve većom rezolucijom računalnih zaslona, Microsoftov proboj na tržište u potpunosti uspio. Microsoft je svoj tržišni udio u potpunosti potvrdio izlaskom Windows 95 operacijskog sustava (slika 7) na tržište i od tada se, osim poboljšanih mogućnosti samih sustava i ljepšeg izgleda ništa znatnije nije dogodilo sve do 2007. godine. Pristup koji je uveden već kod PARC Alto računala, još i danas drži primat kod korisničkih sučelja kod računala - prozor, ikona, miš, pokazivač odnosno WIMP (*windows, icon, mouse, pointer*) je općeprihvaćen i sveprisutan pristup kod dizajniranja korisničkih sučelja.



Slika 7: Microsoft Windows 95
 izvor: Raymond E. R. (2004). *The Art of Unix Usability*

2.2. Novosti kod korisničkih sučelja i budućnost

Novi pristup razmišljanju o korisničkim sučeljima, kao i svaki put do sada, došao je sa napretkom i novostima u računalnoj tehnologiji. Taj napredak se najviše očitovao u sve većoj i jeftinijoj snazi procesora koji su postajali sve manji. Nova tehnologija koja je najviše profitirala od takvih kretanja na tržištu bila je mobilna tehnologija, a u njoj su ti procesori najveću primjenu dobili kod mobilnih telefona. Pogotovo dolaskom druge generacije (2G) mobilni telefoni su veoma brzo našli svoje mjesto u svakodnevici svakog čovjeka i gotovo da više ne postoji osoba koja ne koristi mobilni telefon. Već spomenuti trendovi u računalnoj i mobilnoj tehnologiji kroz 1990-te su se manifestirali tako da su mobilni telefoni postajali sve manji i tanji. Taj trend se nastavio i do sredine 2000-tih tako da je, primjerice, Motorola 2003. godine predstavila svoj mobilni telefon nazvan Razr V3 koji je bio debljine samo 12,5 mm i koji je bio snažniji od osobnih računala s početka 1990-tih. No prvotna namjena mobilnih telefona u to vrijeme bila je komunikacija. Korisnička sučelja bila su bazirana na već poznatim grafičkim korisničkim sučeljima koja su njegovali Microsoft sa svojim Windows operacijskim

sustavom i Apple sa svojim Mac OS (od 2001. OS X) operacijskim sustavom, a to je već prije opisan WIMP pristup. Korisnička sučelja bila su grafička, gdje su se prikazivale postojeće aplikacije unutar sustava koje su bile prezentirane ikonama, kroz koje se upravljalo pomoću tipaka koje su na neki način emulirale pokrete koje radimo mišem (posebne tipke za gore, dolje, lijevo, desno i dvije tipke za potvrđivanje ili odbacivanje neke radnje), koje su, ukoliko se navigiralo do njih, bile istaknute posebnom bojom u pozadini, te se njihovim izborom otvarala neka inačica prozora. Takav pristup postoji još i danas na velikoj većini mobilnih telefona iako mobilni telefon, kao sasvim posebna i drugačija platforma, dopušta razvoj sasvim novog i drugačijeg pristupa grafičkim korisničkim sučeljima.

Ipak se mobilna tehnologija razvijala i u drugim smjerovima i cilj joj nije bio isključivo pružanje mobilne komunikacije. Tako se već 1984. počinje s razvijanjem takozvanih PDA uređaja (engl. *personal digital assistant*) iako se taj termin prvi puta koristi 1992. pri predstavljanju tadašnjeg novog Appleovog proizvoda Newton. Godinu dana kasnije IBM također predstavlja prototip mobilnog telefona, Simon Personal Communicator, sa značajkama PDA ukomponiranim u uređaj i s još jednim značajnim novitetom - ekranom osjetljivim na dodir. 1997. Ericsson predstavlja konceptualni uređaj GS 88 "Penelope" kao pametni telefon, pojam koji će kroz 10 godina zaista zaživjeti i predstaviti pravu evoluciju u mobilnom uređajima, ali i u grafičkim korisničkim sučeljima. Prvi pametni telefon koji je imao uspjeh na tržištu bio je Nokia Communicator 9000, predstavljen 1998. Uskoro se pojavljuju brojni operacijski sustavi poput Palm OS, BlackBerry OS ili Windows CE, koji se ugrađuju u mobilne uređaje jačih procesnih mogućnosti. Ti mobilni uređaji nerijetko imaju ugrađene ekrane osjetljive na dodir, kojima se upravlja pomoću posebne olovke - tzv. *stylus*. Ekran osjetljiv na dodir, odnosno njegova evoluirana verzija, tzv. *multitouch* ekran koji je osjetljiv na više istovremenih dodira, posljednji je dio tehnološkog napretka koji je doveo do velike evolucije u mobilnoj tehnologiji, koja bi u konačnici mogla i preuzeti dobrim dijelom tržište mobilnih računala, a i početak nove revolucije u korisničkim sučeljima.

Revoluciju je ponovno pokrenuo Apple na čelu sa Steveom Jobsom. Jedna zanimljiva anegdota iz biografske knjige Waltera Isaacsona o Steveu Jobsu govori kako je zapravo

Microsoft bio na neki način začetnik te revolucije. Naime, Microsoft je 2000. godine napravio računalo koje je bilo dimenzija približno veličini papira A4 formata, a kojim se upravljalo preko ekrana osjetljivog na dodir, tj. Microsoft je razvio programsku podršku i grafičko korisničko sučelje za taj uređaj (dvije godine kasnije, korisničko sučelje je bilo razvijeno iz Windows XP platforme). Bill Gates je čvrsto stajao iza tog koncepta te je predviđao kako će tablet računala u potpunosti istisnuti prijenosna računala sa tržišta. Slučajno se desilo da se Steve Jobs našao na rođendanskoj proslavi čovjeka koji je u Microsoftu radio na njihovom tablet računalu. Prema riječima Stevea Jobsa taj ga je čovjek gnjavio izjavama kako će Microsoft promijeniti svijet svojim programima i kako će s tim programom za tablet PC-e u potpunosti zamijeniti prijenosna računala i kako bi Apple trebao licencirati taj Microsoftov program. No on je bio svjestan kako je zbog *stylusa* taj uređaj bio pogrešno koncipiran. Iziritiran time što s tim čovjekom već deseti put razgovara o toj istoj stvari, odlučio im je pokazati sav potencijal koji se krije u njihovoj ideji. Slijedećeg je dana u Appleu zatražio od svojih inženjera tablet računalo s *multitouch* ekranom, bez tipkovnice i *stylusa*. Šest mjeseci kasnije, inženjeri su bili gotovi, no Apple se odlučio nešto smanjiti taj aparat. S njim su izašli na tržište 2007. pod nazivom iPhone i u potpunosti promijenili način kako i u koje svrhe ljudi koriste svoje mobilne telefone[2]. Odjednom mobilni uređaj nije bio samo za komunikaciju, a pametni telefoni nisu bili samo za poslovne ljude. iPhone je, pored komunikacijskog sredstva, postao i sredstvo za poslovno planiranje, ali i za razonodu. Apple je na originalan način iskoristio tehnologiju ugrađenu u sam uređaj, ali i najvažnije značajke mobilnih telefona, to da su mobilni telefoni osobne stvari koje ne dijelimo s drugima, da su uvijek pri ruci, da su uvijek uključeni, i to sve povezo pomoću inovativnog, dizajnerski gotovo savršenog, grafičkog korisničkog sučelja, kao što je već to napravio i prije. Ponovno su Appleovi stručnjaci za korisničko sučelje uzeli iz PARC Alto onu esenciju koja je postala svima poznata i prepoznatljiva - prozore i ikone, i tome pridodala interaktivnost s uređajem pomoću prstiju. Iste godine Google izdaje svoj operacijski sustav nazvan Android koji je namijenjen isključivo mobilnim platformama. Apple, sa svojim iOS operacijskim sustavom ponovno radi jednu grešku iz svoje povijesti, naime ponovno se veže na konfiguraciju sklopovlja i inzistira na svojem dizajnerskom perfekcionizmu, dok se Google odlučuje na pristup slušanja korisnika, nevezanja na jednu konfiguraciju sklopovlja i otvoreni kod. Iako se čini kao

situacija iz 1990-tih i preuzimanja tržišta operacijskih sustava od strane Microsoftovih Windowsa, Apple ovaj put nije napravio jednu grešku, a to je marketinško pozicioniranje iPhonea (slika 8) kao proizvoda koji je drugačiji i stoga poseban. Temeljeno na tom uspjehu, Apple 2010. predstavlja iPad, tablet računalo sa svim mogućnostima iPhonea, koje predstavlja potpuno novi pristup prijenosnim računalima. Trenutno iPad i ostala tablet računala sve više prodiru na tržište prijenosnih računala i ozbiljno se može razmišljati o situaciji koju je Bill Gates predvidio 2000. kako će tablet računala jednog dana u potpunosti istisnuti prijenosna.



*Slika 8: Apple iPhone
izvor: <http://kako.hr>*

Naravno kako Microsoft nije sjedio skršenih ruku i odustao od izrade operacijskih sustava i programa za mobilne platforme, no ovaj puta nije pogodilo pravi trenutak i u trenu pisanja ovog rada kaska za vodećim operacijskim sustavima - iOSom i Androidom. Iako je sa Windows Mobile sustavom u potpunosti pogriješio u pristupu mobilnim uređajima pošto se previše oslanjao na svoje operacijske sustave za osobna

računala, Windows Phone operacijskim sustavom i posebno Windows Phone 8 inačicom, dodao je novosti za interakciju s mobilnim uređajima. Problem kod iOS i Android operacijskih sustava je što se previše oslanjaju na grafička korisnička sučelja razvijena za osobna računala. Prednosti kao što je *multitouch* ekran osjetljiv na dodir, mogućnost pozicioniranja ekrana u prostoru, povezivanja zaslona s kamerom koja je ugrađena u sam uređaj i slične tehnološke novosti ugrađene u moderne pametne telefone, zahtijevaju drugačiji pristup grafičkom prikazu aplikacija, radnji i sl. Ikone su dio osobnih računala i njihovog korisničkog WIMP sučelja koje se u slučaju kad sa mobilnim uređajem možemo komunicirati pomoću dodira ekranom, čine zastarjele i izvan svojeg medija. Stoga je Microsoft u svom pristupu krenuo inovativno tako da se sa uređajem može interaktivno komunicirati i veoma se lako korisničko sučelje može prilagođavati potrebama korisnika. Iako nije idealno rješenje konačno se napravio odmak od PARC Alto grafičkog korisničkog sučelja te je to smjer kojim bi korisnička sučelja za mobilne uređaje trebala krenuti. Tako da nađu korisničko sučelje koje je svojstveno njima i koje će ih odmaknuti kako vizualno tako i funkcionalno od korisničkih sučelja za osobna računala.

2.3. Kako pristupiti izradi korisničkog sučelja

Kao što je bilo spomenuto na početku povijesnog pregleda razvoja korisničkih sučelja, dobro je proučiti povijest, jer ona krije važne lekcije. Mnogo je dizajnera radilo kako bi korisničko sučelje proizvelo ugodno korisničko iskustvo i potrebno je naučiti greške koje su oni radili kako se ne bi u budućnosti ponavljale.

U povijesnom pregledu već je bilo natuknuto jedno od pravila kad se spomenuo nagli rast udjela Microsoft Windowsa naspram Mac OS operacijskog sustava. Iako su u Appleu imali daleko bolji i gotovo savršen proizvod sa odlično izbalansiranim, konzistentnim korisničkim sučeljem, opet su izgubili gotovo 90% udjela u tržištu naspram proizvoda koji je bio znatno lošije dizajniran[1]. Zaboravili su slušati korisnike i njihove potrebe i to je nemilosrdno iskoristio Microsoft koji je sav svoj razvoj orijentirao na istraživanju korisnika i njihovih potreba. Dakle, jedno od najvažnijih pravila bi se moglo reći kako uvijek treba slušati korisnika i njihove potrebe. Još jedno

pravilo koje bi trebalo poštivati proizlazi još iz dugog razdoblja prelaska sa monokromatskih zaslona, na zaslone u boji. To pravilo kaže kako se bitne informacije ne bi trebale isticati samo bojom, već i oblikom ili pozicioniranjem tog elementa. To pravilo, odnosno smjernicu, dobro je pratiti i danas, pošto je poznato kako na svijetu postoji nešto više od 10% ljudi koji pate od nekog oblika sljepoće na boju.

Postoji još cijeli niz pravila čijim korištenjem se može napraviti korisničko sučelje koje je i vizualno i funkcionalno usavršeno, a time se može postići zadovoljavajuće korisničko iskustvo. U stvari to nije set pravila, pošto ne postoje striktna pravila i metode kojima se može napraviti dobro korisničko sučelje, više je to skup smjernica koje je uputno pratiti kako bi se postigao zadovoljavajući rezultat. Taj pristup heurističke evaluacije pokušalo je opisati nekoliko cijenjenih stručnjaka na području interakcije između čovjeka i računala poput Jill Gerhart-Powalls ili Susane Weinschenk i Deana Barkera, ali ipak su najpoznatije i najčešće spominjane smjernice vodećeg čovjeka tog područja, Jakoba Nielsena koji, radeći zajedno s Rolfom Molichom, 1990. prvi put sastavio popis smjernica koje je do 1994. usavršio i objavio u svojoj knjizi "Usability Engineering". To je set od 10 osnovnih principa koje bi trebalo slijediti pri dizajnu sučelja u interakciji čovjeka i računala koje je Nielsen identificirao proučavajući 249 problema kod korištenja računalnih sustava[3].

- upućenost u stanje sistema - sistem bi uvijek trebao informirati korisnika o tome što se dešava i to prikladnim obavijestima u razumnom vremenu
- suglasnost između sistema i pravog svijeta - riječi, fraze i koncepti koje se koriste kod nekog sistema trebali bi biti u skladu s pojmovima koji su poznati korisniku, a ne biti prilagođeni samom sistemu. Konvencije koje se koriste trebale bi biti iz stvarnog svijeta tako da su informacije u prirodnom i logičnom rasporedu.
- korisnička kontrola i sloboda - korisnici često slučajno izaberu funkcije sistema i potrebno im je jasno označen izlaz iz neželjene funkcije bez da se treba ulaziti u neke dodatne izbornike.

- konzistencija i standardi - korisnici ne bi trebali razmišljati imaju li različite riječi, situacije ili akcije isto značenje. Potrebno je držati se konvencija određenih platforma.
- sprečavanje grešaka - pokazalo se da se bolji rezultati postižu ako se spriječi događanje te greške. Ili neka se uklone stanja koja dovode do grešaka ili ih identificirajte i ponudite korisnicima opciju za potvrđivanje prije nego pokrenu to stanje.
- radije prepoznavanje nego prisjećanje - objekti, akcije i opcije bi trebale biti vidljive kako se ne bi opterećivalo korisnikovo pamćenje. Korisnik se ne bi trebao prisjećati koju je informaciju gdje našao.
- fleksibilnost i efikasnost kod korištenja - ubrzivači, koje neiskusni korisnik ne mora primjećivati, mogu iskusnom korisniku znatno ubrzati interakciju. Poželjno je da se korisnicima dozvoli prilagođavanje akcija koje često koriste.
- estetika i minimalistički dizajn - prozori s dijalozima ne bi trebali sadržavati informacije koje nisu bitne ili koje se rijetko koriste. Svaka dodatna informacija natječe se s bitnim informacijama i umanjuje njihovu relativnu vidljivost.
- pomognite korisnicima da prepoznaju i dijagnosticiraju greške te da ih savladaju - poruke koje upozoravaju na greške trebaju biti napisane jednostavnim jezikom, precizno opisivati problem i konstruktivno predlagati rješenje.
- pomoć i dokumentacija - iako je bolje da se sistem može koristiti bez popratne dokumentacije, ponekad je potrebno pružiti neki oblik pomoći kod korištenja. Svaka takva informacija treba se lako pronalaziti, predlagati konkretne korake kako bi se izvršio neki zadatak i ne treba biti preduga.

3. KORISNIČKO ISKUSTVO

Što je korisničko iskustvo i koja je njegova uloga kod dizajniranja korisničkog sučelja pitanje je koje se nameće. Pojmove korisničko iskustvo i korisničko sučelje veoma je lako povezati, čak i poistovjetiti, a razlog tome je što svaki korisnik kod korištenja nekog korisničkog sučelja povezuje neko osobno iskustvo koje važi isključivo za njega.

Tako se korisničko iskustvo (engl. *user experience*, skraćeno UX) odnosi upravo na kako se korisnik osjeća koristeći neki sustav, proizvod, servis. Posebno se u interakciji čovjek-računalo korisničko iskustvo ističe kao jedno od ključnih. Tu korisnik svaki za sebe doživljava subjektivnu interakciju u kojoj percipira aspekte korištenja tog proizvoda koji su njemu osobno važni. Stoga i on sam određuje je li taj proizvod jednostavan za korištenje, efikasan i precizan, ovisno o subjektivnim očekivanjima samog korisnika. Budući da je korisničko iskustvo subjektivno, ono je i dinamično jer se promjenom okolnosti u kojima se proizvod koristi, može promijeniti i cijelo korisničko iskustvo.

Za precizniju definiciju ISO 9241 standard koji se bavi ergonomijom interakcije između čovjeka i sistema, tj. odlomak 210 u kojem se govori o dizajnu za interaktivne sisteme usredotočenom na čovjeka, definira korisničko iskustvo kao percepcije i odgovore osobe koji proizlaze iz korištenja proizvoda, sistema ili servisa. Dodatno se objašnjava da korisničko iskustvo uključuje korisnikove osjećaje, uvjerenja, sklonosti, doživljaje, fizičke i psihološke odgovore, ponašanja i postignuća koja nastaju prije, za vrijeme i nakon korištenja. Objašnjenja spominju i tri faktora koja utječu na korisničko iskustvo: sistem, korisnik i kontekst korištenja[4, 5].

3.1. Porijeklo pojma korisničko iskustvo

Za vremena Drugog svjetskog rata, nakon što su znanstvenici shvatili kako ne treba zanemarivati faktore ljudske interakcije sa tehnički naprednim sistemima, došlo je do razvoja istraživanja u području znanosti o ljudskim faktorima, multidisciplinarnom

polju koje uključuje doprinose iz psihologije, strojarstva, industrijskog dizajna, statistike, istraživanja operacija i antropometriji[5]. U to vrijeme primijećeno je kako operateri na tehničkim sistemima prije ili kasnije dostižu jasna ljudska ograničenja, čak i kad životi ovise o njihovoj preciznosti i pouzdanosti. Te spoznaje dovele su do istraživanja da se ustanovi što ljudska ograničenja znače pri dizajniranju sustava i kako se njihov dizajn može prilagoditi tako da pomogne pri stizanju do tih ograničenja. Tako se s vremenom interes istraživanja u području korisničkog iskustva preselio s istraživanja faktora ljudske interakcije u područje istraživanja dizajna usredotočenog na korisnika. Također, isprva su se istraživanja temeljila na istraživanju sklopovlja, no s vremenom se taj pogled usmjerio na programska rješenja kojima je fokus bio sustave učiniti individualnijima, jednostavnijima za učenje i korištenje te sa korisničkim sučeljima koji su sve ugodniji za korištenje.



Slika 9: Jakob Nielsen
izvor: <http://images.businessweek.com>

Pravi proboj pojma korisničko iskustvo dolazi u 1980-tima i 1990-tima nakon što su računala postala redovni inventar ureda. Tematikom su se tih godina bavili Donald Norman u knjizi "The Design of Everyday Things" i Jakob Nielsen (na slici 9) u knjizi "Designing Web Usability" koji dodatno objašnjavaju važnost dizajna usredotočenog na korisnika[6]. Sam pojam popularizira sredinom 1990-tih Donald Norman spominjući u jednoj publikaciji pojam arhitekt korisničkog iskustva. Razlozi povećanom interesu nalaze se u uzletu računalnih tehnologija koje su postajale sve mobilnije, sveprisutne, dostupne široj masi, a s tim i pomaknule interakciju čovjek - računalo u sva područja ljudske aktivnosti. Drugi razlog je širenje World Wide Weba, tj. Interneta kao sredstva

komunikacije, a time i razvoja dizajna web stranica koji je postao meta interesa oglašivačke industrije, osobito njezinih grana: marketinga, brandinga, vizualnog dizajna i upotrebljivosti. Tako su ljudi koji se bave marketingom i brandingom ulaskom u interaktivni svijet shvatili važnost upotrebljivosti, a ljudi koji su se njome bavili trebali su elemente marketinga, brandinga i estetike kako bi, preko korisničkog iskustva kao nove platforme, stvorili web stranice koje su jednostavne za korištenje, uzbudljive za korisnike i imaju svoju vrijednost. Stoga i ne čudi što se rane publikacije o korisničkom iskustvu fokusiraju na korisničko iskustvo internetskih stranica.

Iako se popularnost upotrebljivosti čvrsto ukorijenila, ono što se danas smatra korisničkim iskustvom još se trebalo definirati. Glavni fokus upotrebljivosti usmjeren je prema tome da korisnička sučelja postignu efikasnost, efektivnost i zadovoljstvo kod korisnika, dok se korisničkom iskustvu dodaje i pozornost na detalje poput emocija koje korisničko sučelje pobuđuje kod korisnika, njegova privlačnost i vizualni dizajn.

U današnje doba, u području korisničkog iskustva sudjeluju profesionalci iz raznih disciplina:

- inženjerstva
- psihologije
- istraživanja korisnika
- vizualnih i grafičkih dizajnera
- testiranja

3.2. Razumijevanje korisničkog iskustva

Područje korisničkog iskustva stvoreno je kako bi pokrilo cjelokupnu perspektivu korisnika koji koristi neki sustav. Takav pristup pomiče interes u smjeru zadovoljstva i vrijednosti koje korisničko sučelje daje, prije nego na njegove performanse.

Kad se razmišlja o izgrađivanju efikasnog korisničkog sučelja prema svim modernim standardima koji se koriste za postizanje kvalitetnog korisničkog iskustva, svakako se

misli na najmoderniji dizajn koji je inovativan i koji koristi najbolje što tehnika nudi. U svakom slučaju to su sve važne komponente u pružanju odličnog korisničkog iskustva, no sve ne ovisi o kreativnosti i kompetenciji. Važan faktor je i klima u kojoj klijent dozvoljava razvijanje inovativnog i modernog proizvoda, bez gušenja kreativnost. Tako se dozvoljava razvojnom timu da bude efikasan, a uspjeh lakši i vjerojatniji.

3.3. Dobro i loše korisničko iskustvo

Iako svatko može relativno jednostavno prepoznati dobro ili loše korisničko iskustvo, izvesti neke definicije koje bi generalno mogle opisati razloge zašto je korisničko iskustvo dobro ili loše težak je zadatak pošto korisničko iskustvo predstavlja osobno iskustvo korisnika i ono se razlikuje od osobe do osobe. No, kako bi se stvorilo korisničko iskustvo koje se može nazvati dobrim, ipak je korisno imati smjernice u dizajniranju korisničkog iskustva, a i razloge koji dovode do pozitivnog korisničkog iskustva.

Nešto što možemo nazvati objektivno lošim ili dobrim korisničkim iskustvom ne postoji. Isto kao što i ne možemo objektivno reći da je rock muzika, komedijski žanr unutar filma ili dadaistički stil u slikarstvu dobar ili loš. Samo postoji subjektivan doživljaj istog, tj. iskustvo pojedinog korisnika koji za sebe može reći da je nešto dobro ili loše. Pristup izradi kvalitetnog korisničkog iskustva mora dolaziti iz tri smjera: znanstvenog, kvalitete tj. vještini izrade i umjetničkog smjera. Iz znanosti moramo iskoristiti spoznaje iz područja upotrebljivosti i arhitekture informacija, vještina izrade koje uključuju sva tehnička znanja koja će dozvoliti ne samo izradu kvalitetnog korisničkog sučelja, već izradu programa koji funkcionira. S umjetničkog stajališta mogu se predvidjeti različite subjektivne perspektive, odnosno osoban doživljaj pojedinog segmenta programa, i dizajnirati u skladu s predviđanjima i zaključcima. Zanemarivanje znanstvenog smjera rezultira proizvodima koje se teško koristi, koje je frustrirajuće koristiti i koji su loše organizirani. Zanemarivanjem vještine izrade obično se proizvode lijepa korisnička sučelja, no finalni proizvod ipak je obično rezultat kompromisa, loših rješenja i sve u svemu je razočaravajući te loših performansi. Zanemarivanjem umjetničke strane, zanemaruje se prije svega subjektivni doživljaj koji

korisnik ima prilikom korištenja proizvoda i, koliko je god truda i dobrih namjera bilo kod izrade, proizvod će redovno biti veoma loše prihvaćen.

3.4. Korisnički angažman

Stremiti ka kvalitetnom korisničkom iskustvu trebao bi biti cilj pri razvijanju bilo kojeg softverskog proizvoda. Takav cilj može samo doprinijeti kvaliteti proizvoda, no bilo bi pogrešno inzistirati isključivo na odličnom korisničkom iskustvu. Njega više treba smatrati kako sredstvo za postizanje cilja, a taj cilj je korisnički angažman.

Kako bi pokazao kako korisnički angažman treba izgledati fotograf Robbie Cooper 2009. započeo je projekt nazvan "Immersion" koji se bavi interakcijom ljudi sa zaslonom. Cilj mu je bio skupiti slikovne zapise o ljudima svih godina kako gledaju filmove, igraju računalne igre ili koriste internet. U sklopu tog projekta započeo je malu studiju u medijskom centru Sveučilišta u Bournemouthu koju je nazvao "War and Leisure" – rat i odmor. Namjera je bila kroz 18 mjeseci snimati adolescente za vrijeme igranja računalnih igara sa ratnom tematikom i za vrijeme gledanja stvarnih snimaka rata. Studija je postala popularna i prije nego je objavljena, a nakon izlaska video montaže koju je objavio New York Times, a koja prikazuje koliko adolescenti uranjaju u virtualni svijet[7]. U tim snimkama se jasno vidi kako se oni uživljavaju u iskustvo koje sama računalna igra pruža, da prestaju biti svjesni svoje okoline i počinju tjelesno sudjelovati u njoj tako da izmiču tijelom, nagingu se ili komuniciraju s virtualnim likovima kao što se može vidjeti na slici 10. Oni su, kao korisnici, u potpunosti angažirani u tom svijetu.



Slika 10: Fotografije iz projekta "Immersion" Robbieja Coopera

Cilj u razvoju programa ne može biti takva, ekstremna, razina korisničkog angažmana, no ovaj primjer pokazuje što se smatra korisničkim angažmanom: postizanje neometanog i neopterećenog fokusa koji omogućuje postizanje cilja neke aktivnosti. Dakle, cilj nije da korisničko iskustvo ovlada korisničkom pažnjom pri upotrebi proizvoda, već da sam korisnik ostane fokusiran na ono što on želi postići koristeći proizvod. Tako je najbolje program shvatiti kao sredstvo za postizanje cilja koje, kako bi ispunilo svoju svrhu, mora omogućiti najizravniji put prema ispunjenju korisničkih ciljeva.

Ako kao cilj kod dizajna korisničkog iskustva postavimo stvaranje i održavanje korisničkog angažmana, možemo proći granicu između lošeg i dobrog programa, između programa koje stvara nezadovoljstvo i zadovoljstvo. Povećavanjem razine angažmana izbjegavaju se uzroci koji u korisniku bude osjećaj poteškoće, nezadovoljstva, frustracije ili srdžbe. Eliminiranjem tih uzroka postižu se osjećaji lakoće, zadovoljstva, zabave ili radosti.

3.5. Ljudski dio korisničkog iskustva

Kako ljudi evolucijski još nisu dostigli razinu da im je korištenje računala i računalnih programa upisano u genetski kod, računalni kod mora biti dizajniran tako da je

prilagođen ljudima. Efikasna korisnička sučelja dizajniraju se oko kognitivnih sposobnosti ljudskih bića i ograničenosti koje im je postavila evolucija kroz tisuće godina, a s kojima su se ljudi naučili nositi. Kroz evoluciju možemo vidjeti ograničenosti ljudskih bića u području razmišljanja, pamćenja i zadržavanja pozornosti, ali i bioloških ograničenja koje se manifestiraju kroz naše ruke, oči, uši, kostur itd. Sva ta ograničenja razlikuju se od osobe do osobe, imaju razne podvrste, granice i nelinearnosti i sve to je od iznimne važnosti kad se govori o dizajnu korisničkih sučelja. Ispod sve te zbrke treba se naći neka logika i prenijeti na računalo, kako bi se ono moglo adaptirati u određenoj situaciji. Stoga je uputno identificirati najvažnija ograničenja u ljudskoj psihologiji i fiziologiji i shvatiti kako ih se može zaobići ili iskoristiti.

Jedan od najvećih problema u kreiranju korisničkih sučelja i zadovoljavajućeg korisničkog iskustva identificirao je Jef Raskin, stručnjak za interakciju između ljudi i računala i jedan od stručnjaka zaslužan za razvoj Apple Macintosha. On je taj problem nazvao spoznajnom svijesti ljudi. Tu svijest ljudi prizivaju kako bi savladali nepoznate situacije ili situacije kad treba izabrati jedan od ponuđenih smjerova i ona se može održati samo nekoliko sekundi. Uobičajen način rješavanja takvih problema je nesvjesna spoznaja ili navika prilagođavanja. U proučavanju spoznajne svijesti, Raskin je primijetio dvije bitne stvari. Prva je da se većina ljudi može koncentrirati samo na jednu stvar odjednom, a druga da ljudima treba i do deset sekundi da se pripreme na zadaće koje zahtijevaju spoznajnu svijest, a nisu ni svjesni vremena koje je prošlo. Raskin je to iskoristio na zanimljiv način. Pri dizajniranju tekstualnog procesora, u trenutku spremanja određenog dokumenta on je standardnom toku procesa spremanja dodao i snimanje slike zaslona u tom trenutku. Tada je, u procesu pokretanja dokumenta prvo pozivao tu sliku zaslona sve dok se dokument nije u potpunosti očitao. Kako je ta sekvenca trajala nešto ispod 7 sekundi, većina korisnika je dobilo dojam da se dokument očitao trenutačno jer im je trebala mentalna priprema za početak rada na tom dokumentu, a da toga nisu ni bili svjesni[1].

Pri izradi Mackintosh sučelja još jedan stručnjak, Bruce Tognazzini, je primijetio kako korisnici redovito pogrešno percipiraju vrijeme koje im je potrebno za izvršavanje nekih zadataka. Tako je primijetio kako su korisnici mislili kako su neki zadatak brže obavili

koristeći miš, nego koristeći prečace na tipkovnici iako je objektivno mjereno vrijeme pokazivalo upravo suprotno. Razlog tomu je nesposobnost ljudi da primijete mijenjanje središta fokusa, ako se ono dešava brzo. Tako je pokazao da ljudska percepcija nije mjerodavna kad se želi mjeriti efikasnost određenog korisničkog sučelja. Tako je razvijena cijela disciplina koja se bavi stvarnim mjerenjem efikasnosti, a iz koje su se ponovno razvile smjernice kod dizajna korisničkog iskustva. Tako proizlazi kako dobro dizajnirana sučelja podržavaju samo jedan način kako da se obavi određeni zadatak, takva sučelja izbjegavaju i pretjerano korištenje miša, a i kod njih se ne pretpostavlja kako će korisnik zapamtiti neku informaciju nakon što ona nestane sa zaslona.

Ljudski organizam reagira i pravilno, u nekim slučajevima toliko pravilno da se reakcije mogu matematički izraziti. Statističara u interakciji čovjeka i računala mogu tako zadovoljiti dva zakona, Hicksov i Fittsov. Hicksov zakon opisuje vrijeme potrebno nekoj osobi za odluku, koje nastaje kao uzrok različitih izbora koji joj se pružaju i glasi:

$$T = b \times \log_2(n + 1) \quad (1)$$

Gdje je T vrijeme potrebno za izvršavanje zadaće, n broj različitih izbora, a b konstanta koja određuje empirijski iz podataka mjerenja. Zakon se često nalazi u primjeni kod dizajniranja velikih izbornika gdje proizlazi kako je jedan veliki izbornik vremenski efikasniji od nekoliko manjih podizbornika sa istim ponuđenim izborima.

Fittsov zakon predviđa vrijeme koje je potrebno kako bi se naglo pomaknuli u ciljano područje. U praksi, zakon se primjenjuje kako bi se izmjerila radnja ciljanja, bilo to fizičko dodirivanje nekog objekta pomoću ruke ili prsta ili virtualno ciljanje nekog objekta na zaslonu pomoću ulaznog uređaja poput miša. On glasi:

$$T = a + b \log_2 \left(1 + \frac{2D}{W} \right) \quad (2)$$

Gdje je T prosječno vrijeme potrebno za izvršavanje pokreta, a predstavlja početno/završno vrijeme uređaja, a b je brzina svojstvena uređaju, D je udaljenost od početne točke do sredine ciljnog objekta i W je širina objekta mjerena u smjeru kretanja. Prema ovom zakonu može se izvući nekoliko zaključaka u vezi s dizajnom grafičkog korisničkog sučelja. Možda najvažnije je kako bi gumbi i druge kontrole trebale biti razumne veličine, ovisno o njihovom značaju, da su rubovi monitora znatno prikladniji

za smještanje izbornika pošto pokazivač miša ne putuje dalje, iako se miš miče i da su tzv. pop-up izbornici bolji od padajućih jer se oni pojavljuju na mjestu gdje se nalazi pokazivač, odnosno nije potrebna nikakva kretnja za njihovo korištenje.

U ljudskoj je prirodi stvarati navike i jednom kad se stvori navika, osoba može puno brže završavati zadatke jer je psihički i fizički naviknuta na procese potrebne za izvršavanje zadatka. Ponavljanjem radnji ljudi stvaraju navike što ima za posljedicu premještanje obavljanja zadataka iz svjesne u nesvjesnu spoznaju i tako se zadaci obavljaju brže i kvalitetnije.

Pri dizajniranju grafičkih korisničkih sučelja uputno je iskoristiti ljudsku tendenciju stvaranja navika tako da se omogući tok radnji koji je konzistentan i kojeg se može ubrzano obavljati češćim korištenjem. Na neki način se treba poticati stvaranje navika kod korištenja i time stvoriti korisnika koji je stručan za obavljanje zadataka u određenom okruženju. To se najlakše postiže konzistentnim dizajnom i pridržavanjem konvencija koji se koriste u korisničkim sučeljima.

4. BOJE I ZNANOST O BOJI

Boja može smirivati ili uzbuđivati, može biti izražajna, uznemirujuća, može proizvesti čitav niz ljudskih osjećaja. Također može imati kulturološka ili simbolička značenja, može predstavljati nacionalni ponos. Ona se nalazi u gotovo svakom aspektu života i povremeno može i nekog odrediti kao osobu. Tako svaka osoba ima neku omiljenu boju ili više njih, boju kojom zaokružuje svoj stil odijevanja, ali ima i boju koju nikako ne voli pa ju izbjegava koliko je to god moguće. U svakom slučaju, kod rijetkih osoba ne prouzrokuje neku vrstu emocije i stoga je poznavanje boja i njihovo pravilno korištenje jedan od najvećih aduta svakog dizajnera. Tako vješt dizajner zna značenje boje i koje emocije ona pobuđuje te kako to iskoristiti da se poboljša neki proizvod. Stoga je potrebno objasniti što je boja i kako nastaje, kako bi mogli pokušati objasniti zašto ima toliko snažan utjecaj na ljude.

Međunarodna komisija za osvjetljenje, odnosno CIE (franc. *Commission internationale de l'éclairage*), bavi se svjetlom, osvjetljenjem, bojom i prostorima boja te je na sebe preuzela definiranje i znanstveno istraživanje i objašnjavanje slijedećih osam područja[8]:

- vid i boje
- mjerenje svjetla i radijacije
- unutarne okruženje i dizajn osvjetljenja
- osvjetljenje i signali u transportu
- vanjsko osvjetljenje i druge aplikacije
- fotobiologija i fotokemija
- opći aspekti osvjetljenja (trenutno nije aktivno)
- tehnologija slike

Na tim područjima komisija je oformila posebne timove koji se bave standardiziranjem procesa povezanih sa viđenjem i reprodukcijom boja i rasvjetnih tijela. Od svojeg osnutka 1913. godine zaslužna je za mnoge prekretno trenutke, pogotovo definiranjem prostora boja CIE XYZ, CIE LAB i CIE LUV te određivanjem temperature boje svih relevantnih rasvjetnih tijela koji se danas koriste.

Boja je prije svega osjetilni doživljaj koji proizlazi iz podražaja. Ona nije ni apstraktna ni neka ideja, već se može sasvim precizno definirati i objasniti na striktno znanstven način. Boje se mogu doživjeti na dva različita načina. Svim objektima u materijalnom svijetu može se pridodati boja zbog reflektirajuće svjetlosti. Nasuprot, u digitalnom (i analognom) svijetu TV ekrana i računalnih zaslona, boja se doživljava zbog svjetlosti koju oni emitiraju. Doživljaj boje koji nastaje kao posljedica emisije izvora svjetla može se veoma lako objasniti - obojena svjetlost dolazi u oko iz izvora svjetlosti i izaziva podražaj koji se percipira kao boja. Doživljaj obojenosti nekog materijalnog objekta nije tako jednostavna i neposredna stvar. U stvarnom svijetu, svjetlo koje u sebi sadrži vidljiv dio spektra elektromagnetskog zračenja se reflektira od neke površine koja je obojena. Pigmenti i koloranti na površini nekog objekta reflektiraju dio spektra koji dolazi do fotoosjetljivih stanica na mrežnici oka i kao rezultat nastaje doživljaj boje.

Dodatni problem u realnoj percepciji boje je taj što ovisi o upadnom svjetlu, okolini i mediju. Prikaz boja mijenja se ovisno o prethodno navedenim parametrima. A ovisi i o samom promatraču i njegovom iskustvu i osobnom doživljaju. Tako neko može jednu boju opisati kao tamno zelenu, ali neka druga osoba može tu istu zelenu doživjeti na potpuno drugačiji način. Iako im se vizualni sustav ne razlikuje, ono što oni iskustveno pohrane kao naziv neke boje i povežu s doživljajem određene boje, ne mora biti isto pa čak ni slično. Doživljaji boje se mogu znatno razlikovati od osobe do osobe. Na isti problem nailazimo i kad boje koristimo simbolički. Tad također ovisi o kontekstu i situaciji i ovisno o tome čak može ista boja imati drugačiji naziv.

Ukoliko leksikografski pogledamo na pojam boje u hrvatskom jeziku, od nekoliko različitih značenja možemo iskristalizirati tri osnovna:

Prvo se objašnjenje povezuje s materijalnim aspektom boje i objašnjava je kao tvar koja nosi obojenje, koje obično nazivamo imenom pojedinih pigmenata (npr. kobalt-plava)

Drugo se odnosi na podražaj, odnosno stimulus, na fizikalnoj osnovi koji možemo izmjeriti instrumentima (određena dominantna valna duljina svjetlosti vidljivoga dijela spektra) zbog kojeg se boja percipira. Pristup određivanja boje kao fizikalnog fenomena daje nam spektralnu informaciju koja je produkt spektrofotometrije i spektroradiometrije. Oni daju potpuni i jasni opis boje odnosno sastava spektra koji

nastaje reflektiranjem svjetlosti sa površine, dobivenog mjerenjem energije na svakoj valnoj dužini. Jedini je problem što ne opisuju doživljaj te informacije kroz ljudski vizualni sustav, niti se ne razjašnjavaju odnosi među bojama.

Treći pristup dolazi iz apstraktne sfere te objašnjava kako čovjek percipira svjetlost koju emitira neki izvor ili koja se reflektira od površine nekoga tijela, odnosno osjet koju ta svjetlost prouzrokuje, a koji se javlja kad gledamo obojeni objekt, pošto su podražaji ovisni o uvjetima gledanja koji direktno utječu na osobni doživljaj boje. Tako određeno, osjet koji se percipira izražava se riječima koje se koriste kako bi se opisala boja, dakle tada se veli da je nešto plavo, crveno ili zeleno. Na osnovi trećeg objašnjenja izvedene su razne definicije boje:

Boja je subjektivan doživljaj izazvan elektromagnetskim zračenjem valne duljine u rasponu od 380 do 750 nm (psihički doživljaj nastao fizičkim podražajem - elektromagnetskim valom).

Boja je svojstvo sustava vizualne percepcije sačinjeno od kombinacije kromatskog i akromatskog sadržaja.

Navedeno svojstvo može se opisati kromatskim nazivom boja kao što je žuta, narančasta, smeđa, crvena, purpurna, zelena, plava, ... ili akromatskim nazivom boja kao što je bijela, siva, crna, uz dodatak pridjeva kao što su svijetla, tamna, prigušena, ... ili kombinacijom navedenih naziva i pridjeva.

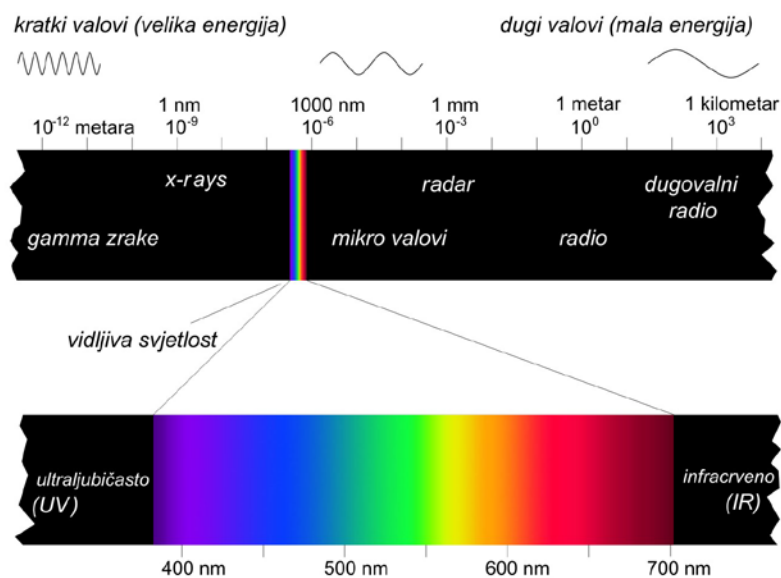
(CIE definicija 845-02-18)[9]

Na doživljaj boje utječu:

- izvor svjetla (spektralnom raspodjelom zračenja)
- objekt (geometrijska i spektralna raspodjela reflektirane ili propuštene snage)
- ljudski vizualni sustav

4.1. Izvori svjetla

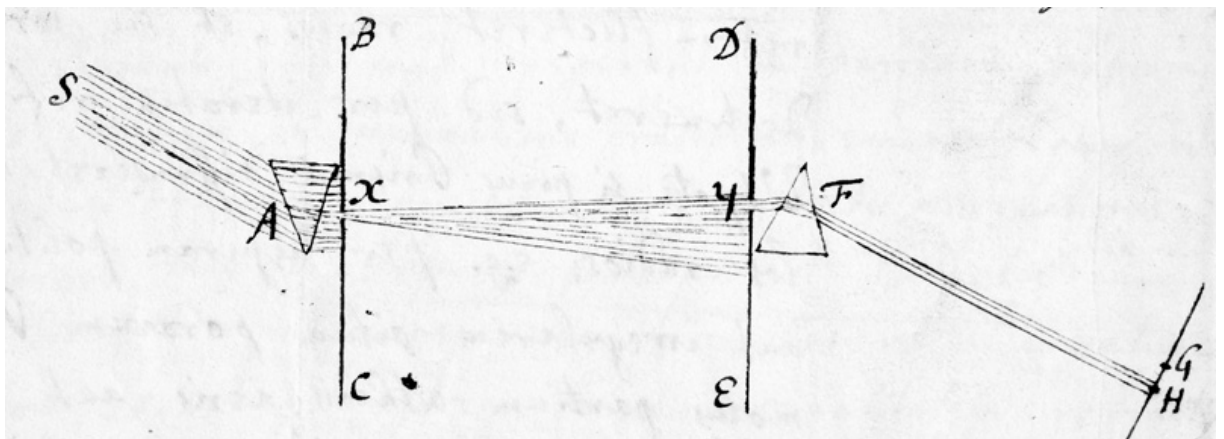
Svjetlost je elektromagnetski val nastao poremećajem elektromagnetskog polja. Poput svakog drugog vala i svjetlost se može opisati amplitudom (veličinom na kojoj se prostire) i frekvencijom (brzinom kojom se prostire). Udaljenost koju svjetlost prijeđe u smjeru širenja za jednu osnovnu periodu (koja se izračunava kao kvocijent brzine elektromagnetskog vala i njegove frekvencije) zove se valna duljina. Vidljiva svjetlost predstavlja mali dio spektra elektromagnetskih valova, a ako se žali definirati unutar tog spektra, onda je to energija zračenja nekog izvora čije se valne dužine kreću u rasponu od 380 do 750 nm, a ako ju želimo definirati pomoću frekvencije onda se kreće u rasponu od 790 do 385 THz. Boja kako ju čovjek percipira je zapravo dominantna valna duljina svjetlosti unutar navedenog raspona. Elektromagnetsko zračenje ispod 380 nm nazivamo ultraljubičasto, a iznad 750 nm infracrveno. (slika 11)



Slika 11: Elektromagnetsko zračenje i vidljiva svjetlost
izvor: <http://preventivna.blogspot.com/2012/05/kome-treba-svjetlost-nama-ili.html>

Bijela svjetlost je u stvari pojam i ona nema svoju vlastitu valnu dužinu već nastaje miješanjem valnih dužina svih vidljivih frekvencija. Preciznije, bijela svjetlost je kombinacija, odnosno zbroj, svih valnih dužina koje ljudsko oko percipira. Navedeno se može prezentirati konkretnim eksperimentom koji je proveo Issac Newton,

propuštanjem bijele svjetlosti kroz optičku prizmu. Kasnih 1660-tih godina, Newton je počeo eksperimentirati sa fenomenom boja - u to doba, ljudi su vjerovali kako je boja mješavina svjetla i tame i kako prizme obojavaju svjetlost. Robert Hooke, još jedan veliki um iz tog razdoblja, zastupao je takvu teoriju i prema njoj je izradio skalu boja koja se kretala od sjajno crvene, koja je bila čisto bijelo svjetlo pomiješano s najmanje tame, sve do prigušene plave koja je dolazila prije crne, odnosno potpunog prevladavanja tame nad svjetlom. Newton je shvatio kako je ta teorija pogrešna i to je dokazao tako da je postavio prizmu kod prozora i projektirao spektar svjetlosti na zid. Kako bi pobio tvrdnju da prizma oboji svjetlo, on je zatim to svjetlo natrag refraktirao i nepobitno dokazao kako je samo svjetlost odgovorna za osjet boja. (slika 12)



Slika 12: Shema Newtonovog eksperimenta s prizmom
 izvor: trailblazing.royalsociety.org

Svjetlo nastaje u "izvorima svjetla" koji se mogu podijeliti na[9]:

- primarne i sekundarne
- točkaste ili plošne
- hladni i temeljeni na zračenju crnoga tijela

Primarni izvori svjetla isijavaju svjetlosnu energiju (sunce, žarulja, UV lampa). Ta emisija svjetlosti kod primarnih, tj. izravnih, izvora svjetla najčešće je kontinuirani spektar koji ljudsko oko vidi kao bijelo svjetlo. Sekundarni, tj. neizravni, izvori svjetla emitiraju, reflektiraju ili transmitiraju već primljenu energiju zračenja, čime se oni mogu nazvati prenosiocima energije zračenja (a to su gotovo sva tijela u prirodi).

Točkasti (ili hipotetski) izvori isijavaju svjetlost u raznim smjerovima. Predstavlja primarne, pojednostavljeno, izvore promatrane s determinirane udaljenosti. Međutim matematički gledano su oni apstrakcija pošto promjenom udaljenosti, odnosno kad im se dovoljno približi, pomoću svjetlosti koja se emitira sa njihove površine, možemo vidjeti tijela i tada govorimo o plošnim izvorima.

Hladni ili luminiscentni izvori emitiraju svjetlost bez zagrijavanja. Tekućine ili kruta tijela mogu se ugrijati do visokih temperatura i tad se redovito dešava pojava u kojoj oni emitiraju svjetlost isijavanjem, primjerice kad se radi čelik, koji je slitina željeza i ugljika, željezo se može zagrijati i do 1200 °C i tad isijava svjetlost. Mnogi izvori koji emitiraju svjetlost isijavanjem, emitiraju svjetlost čiji je spektralni sastav (ili boja) u određenoj vezi s onim crnog tijela pa govorimo o temperaturi boje svjetlosti (TBS). Temperatura boje svjetla (TBS) fizikalno se objašnjava kao emisija koja predstavlja spektralnu gustoću zračenja crnog tijela. Svjetlina i boja idealnog crnog tijela ovisi o njegovoj temperaturi. Velika energija izvora daje bijelu - svjetliju boju, a mala energija izvora tamniju – crnu, odnosno što je veća energija zagrijavanja veća je i temperatura boje svjetla, te se tako mijenja i njihova svjetlina.

CIE standardni izvori svjetla (1931)[8]:

- A izvor - klasično umjetno svjetlo - žarulja s volframovom niti (2856 ° K),
- B izvor - filtrirano sunčevo svjetlo (4874 ° K),
- C izvor - sunčevo dnevno svjetlo (6774 ° K),
- D izvor - izvedeni izvori svjetla (5500 ° K, 6500 ° K, 7500 ° K),
- E izvor - izoenergetsko svjetlo, hipotetski izvor koji na svim valnim duljinama zrači jednaku količinu energije (5600 ° K),
- F izvor - fluorescentni izvori od F1 do F12 (F2 = 4260 K, F8 = 5000 K, F11 = 4000 K)

4.2. Utjecaj koji promatrani objekt ima na svjetlost

Kao što je već i navedeno, svjetlost dolazi do oka iz izravnih ili neizravnih izvora. Svjetlost iz neizravnih izvora, koja se reflektira od objekata, ima određene karakteristike zbog kojih te objekte vidimo "u boji". Može se reći da neizravni izvori svjetlosti utječu na upadnu energiju zračenja primljenu od primarnih izvora na barem jedan od slijedećih načina:

- refleksijom
- apsorpcijom
- raspršivanjem
- transmitiranjem

Ako ljudsko oko vidi neko tijelo, to se dešava isključivo iz razloga što je iz smjera površine tog tijela do oka dopro određeni svjetlosni tok, što znači da ono zrači svjetlosnu energiju koja se reflektira ili transmitira od njega. Obojena tijela imaju utjecaj na upadni tok svjetlosti tako da mu mijenjaju dominantnu valnu dužinu i intenzitet, tj. ona upadnom toku svjetlosti moduliraju te njegove značajke.

Boja nekog objekta upravo najviše ovisi o stupnju apsorpcije, refleksije, raspršivanja i transmisije. Pri tome mora biti ispunjen zakon očuvanja energije koji kaže da količina apsorbirane, reflektirane, raspršene i propuštene zračene svjetlosne energije mora biti jednaka upadnoj zračevoj svjetlosnoj energiji na svakoj valnoj duljini. Prema tom zakonu očuvanja energije, postoje nekoliko idealnih, matematičkih tijela:

- idealno crno tijelo
- idealno bijelo tijelo
- idealno prozirno tijelo
- neutralno ili sivo tijelo

Idealno crno tijelo definira se kao tijelo (ili površinu) koje apsorbira cijelo upadno

zračenje. Suprotno tome, idealno bijelo tijelo (ili površina) reflektira cijelo upadno zračenje. Kod idealnog prozirnog tijela cijelo upadno zračenje se transmitira. Neutralno ili siva tijelo reflektira ili transmitira upadno zračenje podjednako na svim valnim duljinama i zbog toga se može još nazvati akromatskim. Sva ta tijela ili površine, bijelo, sivo ili crno, ne izazivaju doživljaj boje u užem smislu, već se ta doživljaj bijele, sive ili crne može opisati kao akromatski. Naravno da takva idealna tijela (crno i bijelo) u prirodi ne postoje i mogu se opisati samo pomoću matematičkih formula. Kromatska tijela utječu na upadni tok svjetlosti tako da apsorpcija, odnosno refleksija, ovise i o njihovoj boji. To je stoga što takva tijela reflektiraju ili transmitiraju upadnu bijelu svjetlost selektivno na način da pojedine valne dužine ne apsorbiraju. Ta selekcija je zapravo direktno povezana s bojom koju vidimo.

Boja tijela odgovara onim valnim dužinama koje imaju najveći stupanj refleksije s njegove površine. Boju određuje spektralna refleksija - omjer reflektiranog svjetla određene valne dužine i upadnog toka svjetla.

$$R = \frac{I_r}{I_o} \quad (3)$$

Refleksija ili reflektancija označena sa R , definira se kao omjer intenziteta reflektiranog svjetla označenog s I_r i intenziteta upadnog toka svjetla označenog s I_o . Ako je refleksija veća od nule, tada valne duljine koja se najviše reflektira s površine određuje obojenje tijela. Kad bijela svjetlost pada na zelenu površinu, reflektira zelenu komponentu spektra, a druge dvije komponente, crvena i ljubičasto-plava, se apsorbiraju na površini tijela.

Kao što je već navedeno, idealno crno tijelo apsorbira cijelo upadno zračenje, što znači da od njegove površine nema refleksije u nijednom smjeru i to tijelo se ne može vidjeti. Tada je apsorpcija maksimalna, a u svim ostalim uvjetima se računa preko slijedeće formule:

$$A = \frac{I_a}{I_o} \quad (4)$$

Dakle, apsorpcija ili apsorbanacija (A) je omjer intenziteta apsorbiranog svjetla (I_a) i intenziteta upadnog toka svjetlosti (I_o).

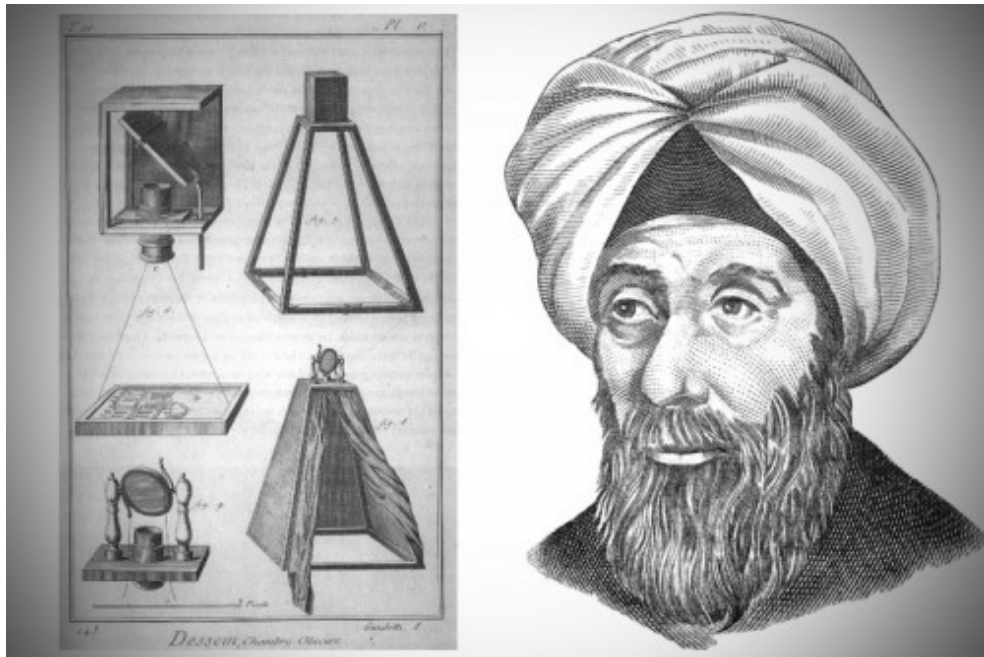
Treći način na koji tijelo može utjecati na upadni tok svjetlosti je ukoliko je tijelo prozirno. Tada ono prenosi (transmitira) primljenu energiju zračenja i tada je prijenos određen spektralnom transmisijom koja se može odrediti pomoću formule:

$$T = \frac{I_t}{I_o} \quad (5)$$

Spektralna transmisija (T) je tako definirana omjerom transmitiranog svjetla određene valne duljine (I_t) i upadnog toka svjetla (I_o).

4.3. Kako vidimo

U helensko doba (582.-500. g.p.n.e) sljedbenici Pitagore vjerovali su kako se mehanizam vida može usporediti s mehanizmom dodira. Smatrali su kako oči emitiraju svjetlost koja zatim iz oka putuje do objekata i na neki način ih "dodiruje" i tako omogućuje da ih se vidi. Podrijetlo te svjetlosti u oku bila je unutarnja "vatra". Platon (428.-348. g.p.n.e.) je toj teoriji dodao, pošto se objekte nije moglo vidjeti noću, da, uz "unutarnju vatru", vid omogućuje i dnevna svjetlost ili drugi izvor svjetlosti poput vatre. Tek je arapski fizičar Ibn Al-Haytam (935.-1039.), u svojoj knjizi "Knjiga o optici" počeo detaljnije proučavati svjetlost kroz eksperimente u kontroliranim uvjetima i kombiniranjem klasične fizike i matematike (slika 13). Njegova hipoteza kako svjetlost koja oslikava objekte dolazi u naše oko od samih objekata bila je revolucionarna, no ipak nije uspijevala u potpunosti objasniti mehanizme ljudskog vida.



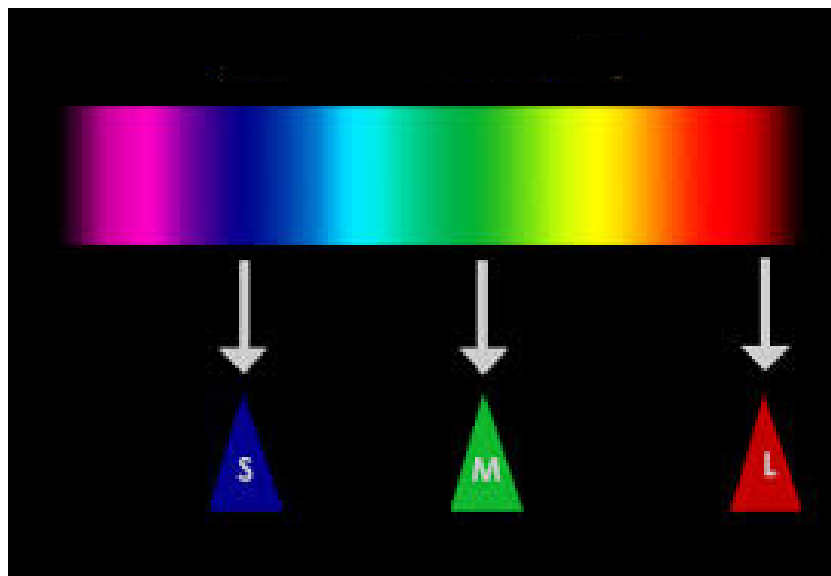
Slika 13: Ibn Al-Haytam i camera obscura
 izvor: <http://www.greenprophet.com>

Tek u 15. i 16. stoljeću Leonardo da Vinci (1452.-1519.) i kasnije Kepler (1571.-1630.), pokušavaju objasniti te mehanizme proučavajući anatomiju oka, optiku i svjetlost. Termini i načini na koje su objasnili vid, poput percepcija boje, sustavi odnosa među bojama, simultani kontrast, kolorni filtri kojima se je ustanovljavala "smjesa" boja i sl., koriste se dijelom i danas. U 18. stoljeću Isaac Newton je eksperimentalno objasnio rastavljanje bijele svjetlosti na pojedine boje pomoću prizme i time nepobitno dokazuje da je boja objekata u direktnoj vezi sa njihovom spektralnom refleksijom, a ne, kako se do tada mislilo, da je svjetlost obojena. Time je pokazao kako se percepcija boja odvija u ljudskom vizualnom sustavu u koji ne spadaju samo oči već i mozak.

Moderne spoznaje osjet, odnosno doživljaj, boja objašnjavaju "zonskom teorijom viđenja boja" koja objedinjuju:

- teoriju suprotnih procesa
- tropodražajnu teoriju

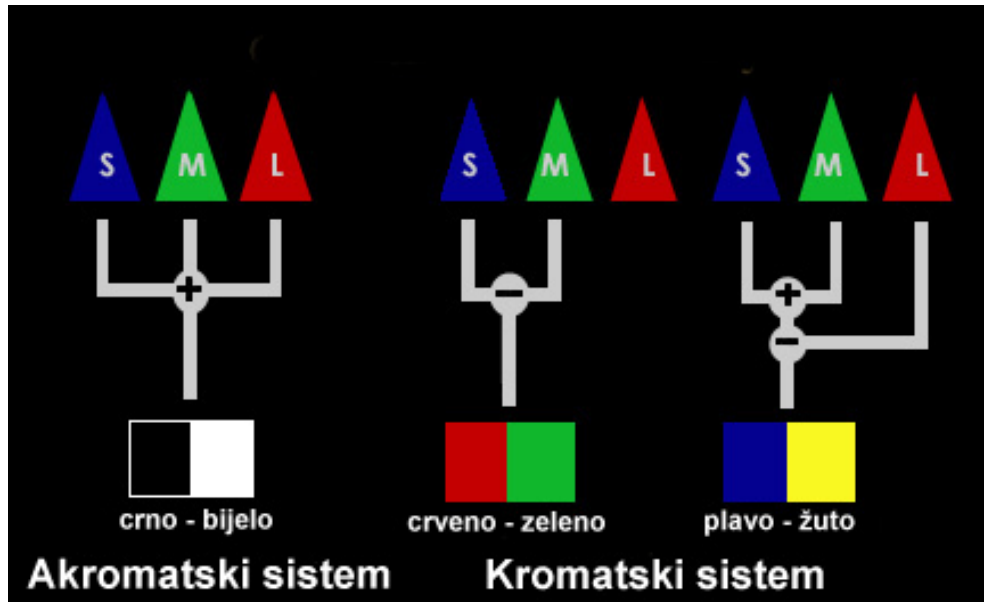
Tropodražajna teorija temelji se na radovima znanstvenika s kraja 19. stoljeća (Maxwell, Young i Helmholtz), koji su pretpostavili da je dizajn ljudskoga oka tropodražajni, odnosno da ljudsko oko (njegova mrežnica) posjeduje tri tipa nezavisnih “senzora” za boje (čunjića) koji približno pokrivaju crveni, zeleni i ljubičasto-plavi dio spektra, što oni smatraju osnovom za sva razmatranja doživljaja boja. Tropodražajni dizajn oka je naknadno dokazao MacNichol 1964. godine. Tako miješanjem tri vrste pigmenta možemo generirati ili reproducirati željenu vrstu boje. Young je pretpostavio postojanje tri tipa receptora, S, M i L, na kojima se, ovisno o odgovarajućim valnim dužinama svjetlosti koja predstavljaju tri primarna kromatska područja, stvaraju tri slike objekta koji se promatra koje se u mozgu kombiniraju, odnosno zbrajaju, u obojeni doživljaj promatranoga objekta (slika 14).



Slika 14: Tropodražajna teorija

Teorija suprotnih procesa koja se još naziva i Heringova teorija prema Ewaldu Heringu. On se suprotstavio tada popularnoj tropodražajnoj teoriji i objasnio kako čunjići koji se nalaze u mrežnici ljudskoga oka nisu osjetljivi na tri kromatska područja (crveno, zeleno i ljubičasto-plavo), nego da se signal generira na osnovi principa suprotnih parova boja (slika 15). Promatrajući boje, Hering je ustanovio da se određeni tonovi nikada ne mogu percipirati zajedno. Odnosno moguće je percipirati žučkasto-zelenu ili ljubičasto-plavu boju ali ne i bijelo - crnu ili žuto - plavu. Suprotni parovi boja su ljubičasto-plava - žuta, crveno - zelena i bijelo - crna. Do te teorije došao je zbog

činjenice da pojedini defekti koji uključuju slijepost na pojedine boje, uvjetuju slijepost na parove suprotnih boja. Dakle, čovjek koji ne vidi ili vremenom izgubi osjećaj za crvenu boju ujedno izgubi i osjećaj za njenu suprotnu boju - zelenu. Isto vrijedi i za slijepilo na plavu boju pri čemu se gubi i osjećaj za raspoznavanje žute boje.



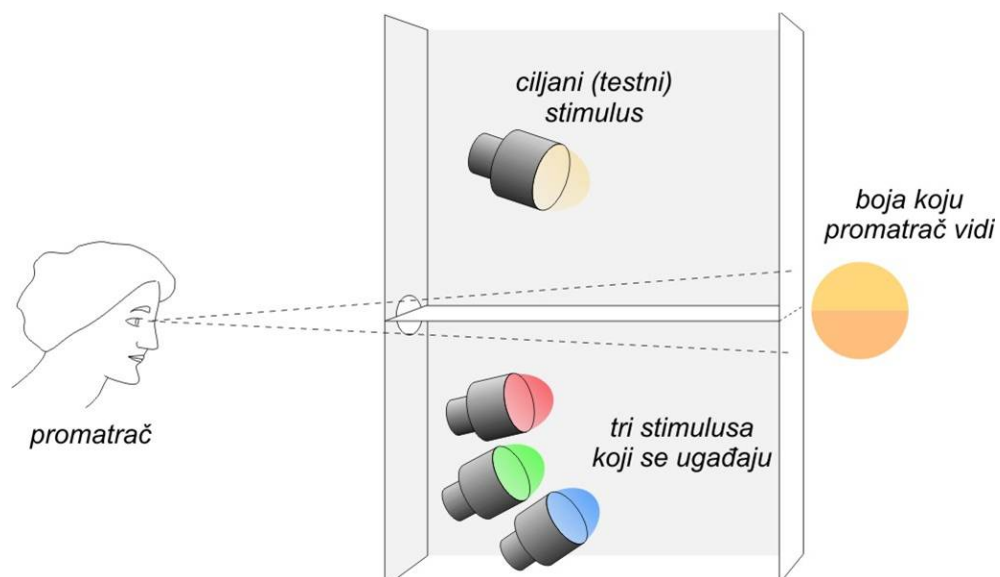
Slika 15: Teorija suprotnih procesa

4.4. Kako se mogu mjeriti boje

Kolorimetrija je znanstvena disciplina koja se u prvom redu bavi mjerenjem i uspoređivanjem boja pri čemu se stvaraju modeli boja koji ih pokušavaju prezentirati na način kako ih čovjek vidi. Mjerenje i uspoređivanje boja u kolorimetriji se radi raznim instrumentima i postupcima.

Instrument za mjerenje boje na način sličan ljudskom doživljaju koji principe svoga rada temelji na vizualnom tropodražajnom eksperimentu usklađivanja boja naziva se vizualni kolorimetar. U vizualnom tropodražajnom eksperimentu prikazanom na slici 16 postoji promatrač, tj. osoba, koji gleda vidno polje kroz otvor u zastoru, što se radi kako bi se osiguralo da vidi samo ispitivanu plohu, bez percipiranja okoline koja može utjecati na subjektivni osjet boje. Zaslون je podijeljen na dvije polovice, gornju i donju,

i svaka od tih polovica osvijetljena je bijelim svjetlom. Svjetlo koje pada na gornju polovicu bijelog zaslona generira bijeli izvora svjetla, a donji dio zaslona osvjetljava se pomoću bijelog svjetla koje dolazi iz tri različita izvora koji emitiraju primare aditivne sinteze (crveni, zeleni i ljubičasto-plavi) koji se mogu pojedinačno podešavati. Oba se dijela promatraju istovremeno te promatrač, ovisno o doživljaju boje na gornjoj polovici zaslona, podešava intenzitete monokromatskih izvora na donjoj polovici zaslona kako bi dobio boju jednaku boji uzorka na gornjoj polovici. Sam mjerni uređaj u sebi sadrži sustav koji uspoređuje i usklađuje boje po jednakosti. Ukoliko se jednakost ne može postići nikakvom kombinacijom zbrajanja tri primara odnosno aditivnom sintezom, što se može dogoditi kada su ispitivane boje više zasićene od boja koje se mogu dobiti u kolorimetru, tada se boja koja se uspoređuje bijelom svjetlu dodaje komplementarno svjetlo, pri čemu postaje manje zasićena te se može uspoređivati s primarima. No primjena komplementarnih boja i njihovih filtara (kolorimetar sa 6 filtra) povezana je sa suptraktivnom sintezom i stoga je potrebno računanje sa negativnim tropodražajnim vrijednostima. Rezultat dobiven vizualnim kolorimetrom može biti apsolutan, no specifičan je za jednog promatrača, odnosno za njegov osjet vida i percepciju boja.



Slika 16: Tropodražajni eksperiment
 izvor: Milković M. (2007). Kolorimetrija i multimedija

Ponovljive tropodražajne vrijednosti mogu se izmjeriti samo pomoću fotoelektričnih kolorimetara kojima je princip rada identičan. Pri tome se koriste isključivo

standardizirani izvori svjetala i filtara, dok je ljudsko oko zamijenjeno optoelektroničkim senzorom sa ugrađenim specifikacijama standardnog promatrača. Mjerenje boja instrumentalnim kolorimetrom temelji se na prethodno opisanom vizualnom tropodražajnom eksperimentu, odnosno na uspoređivanju ispitivane boje s bojom nastalom u kolorimetru miješanjem triju osnovnih podražaja (crvenog, zelenog i ljubičasto-plavog) prema Grassmanovim zakonima koji glase[9]:

- I. zakon: Svaki doživljaj boje može se imitirati s tri nezavisna primarna stimulusa (podražaja) koji su odgovarajuće izabrani, tako da se svaki osjet može imitirati samo jednom kombinacijom određenih osnovnih podražaja. Svaka boja, nezavisno od spektralnog sastava svjetlosti koje ju je izazvalo može se jednoznačno odrediti s tri broja, odnosno omjerom u kojem treba aditivno pomiješati osnovna tri podražaja kako bi se dobio doživljaj tražene boje.
- II. zakon: Ako dva različita podražaja daju isti doživljaj boje, on ostaje isti ako se promijeni intenzitet zračenja obaju podražaja (bez promjene spektralnog sastava). Prema tom zakonu, ton i zasićenje boje koji zajedno definiraju kromatičnost boje nezavisni su od svjetline.
- III. zakon: Dva podražaja koji imaju različiti spektralni sastav, a daju isti doživljaj boje vladaju se jednako i pri miješanju s nekim trećim podražajem.

Uz Grassmanove zakon, osnovu instrumentalne kolorimetrije čine:

- definirani spektralni sastav filtara koji se koriste za generiranje R, G i B primara,
- definirani spektralni sastav svjetla kojim se osvjetljava uzorak
- definirani, odnosno "standardni promatrač"

Standardni promatrač predstavlja promatrača koji percipira boje po nekakvoj statističkoj raspodjeli svih ljudi (bez vidnih anomalija) i postoji samo hipotetski. Kod instrumentalne kolorimetrije prilikom tropodražajnog vizualnog eksperimenta on zamjenjuje čovjeka. Kad se mjeri, uz standardnoga promatrača ujedno se definiraju i dva kuta promatranja s obzirom na veličinu vidnog polja u vizualnom tropodražajnom eksperimentu i to kut od 2^0 (CIE, 1931.) i kut od 10^0 (CIE, 1964.). Tako se može lako zaključiti kako se za kvantitativno opisivanje boje u vizualnim i instrumentalnim kolorimetrijskim mjerenjima treba koristiti kombinacija triju primarnih podražaja, odnosno funkcijama izjednačenja boje. Tropodražajna informacija jednoznačno određuje boju na taj način da dvije boje s jednakim tropodražajnim funkcijama, pod jednakim uvjetima promatranja, standardni promatrač doživljava kao jednake. Takve su dvije boje bezuvjetno jednake, a i obratno, u slučaju kada dvije boje standardni promatrač u jednakim uvjetima promatranja, doživljava kao jednake, tada i njihove tropodražajne funkcije moraju biti jednake. Dvije boje koje standardni promatrač doživljava kao jednake, a imaju različite stimulusne funkcije, nazivaju se uvjetno jednakima (ovisne o uvjetima promatranja: izvor svjetla, kut gledanja i sl.) tj. metamerijske boje.

Osim tropodražajnom informacijom (koja je u osnovi psihofizikalna informacija) opis neke boje može biti dan i fizikalnom, u mjerenjima točnijom spektralnom informacijom. Primjena preciznih spektrometrijskih metoda, čiji je rezultat spektralna informacija u kolorimetrijskim mjerenjima kojima je osnova tropodražajna informacija naziva se spektrokolorimetrija. Spektrokolorimetrija (stariji naziv je spektrofotometrija) znatno je poboljšala kvalitativnu i kvantitativnu preciznost kad se boje mjere. Spektrokolorimetrijska mjerenja temelje se na CIE standardima gdje je nužno definirati:

- geometriju osvjetljavanja i mješanja
- izvor svjetla kojim su uzorci osvjetljeni
- standardnog promatrača
- spektralni sastav filtra za dobivanje boja.

Kad se mjeri pomoću spektrometra primjenjuje se ovaj princip:

U spektrometru se iz bijelog svjetla pomoću monokromatora, koji iz polikromatske svjetlosti može izdvojiti monokromatsku svjetlost, izdvoje pojedinačne valne duljine te se s njima osvjetljava ispitivani uzorak i etalon bijelog, odnosno površina koja reflektira praktično sve upadno svjetlo. Taj se postupak se provodi redom s monokromatskim svjetlima duž čitavog spektra, od 380 do 750 nm, i to najčešće korakom od 10 ili 20 nm. Reflektirani tokovi svjetla s mjerenoga uzorka i bijelog etalona su različiti i mogu se usporediti različitim postupcima. Iz dobivenih refleksija i odgovarajućih valnih dužina odrede se vrijednosti spektralne informacije te se može konstruirati krivulju koja prikazuje stimulusnu funkciju, što se naziva spektrometrijskom krivuljom. Ta se funkcija može konstruirati povezivanjem rezultata mjerenja faktora refleksije ili relativnog zračenja u pojedinim valnim područjima, odnosno u pojedinom monokromatskom svjetlu.

Spektralna informacija je potpuni i jasni opis boje dobivena mjerenjem energije svjetla na svakoj valnoj dužini i predstavlja iznos svake od boja spektra sadržane u svjetlosti koja se ovisno o vrsti objekta reflektira, transmitira ili emitira. U osnovi je to informacija koja nam daje fizikalne karakteristike svjetla koja se reflektira od površine, no ne opisuje kako ljudsko oko doživljava tu informaciju. Tako se pomoću nje ne može jednostavno matematički izračunati i prikazati odnos među bojama, odnosno nije moguće napraviti grafikone više boja i izračunati kako njihova međusobna blizina utječe na njih. Grafički prikaz spektralne informacije je spektrometrijska krivulja, koja je funkcija pomoću koje se pokazuju promjene u refleksiji, transmisiji ili apsorpciji duž valnih duljina vidljivog dijela spektra. Spektrofotometar koji je dovoljno osjetljiv za otkrivanje malih promjena u intenzitetu svjetla i koji ima odgovarajuće filtre može izvršavati sve denzitometrijske funkcije. Spektrofotometar koji posjeduje informacije o CIE standardnom promatraču, krivuljama spektralne emisije za standardne iluminatore, te pomoćne algoritme za izračunavanje CIE tropodražajnih vrijednosti može izvršavati sve kolorimetrijske funkcije.

Ukoliko se želi uspostaviti relacija između spektralne informacije kao fizikalnoga načina opisa boje i tropodražajne informacije kao psihofizikalne metode opisa boje, tada se može konstatirati kako tropodražajnu informaciju nije moguće prevesti u spektralnu informaciju, kako bi svaka spektralna informacija proizvedena iz tropodražajne

informacije bila nešto proizvoljno, kako postoji neodređeni broj prostora koji će proizvesti dobivene tropodražajne vrijednosti pod određenim uvjetima i kako spektralna informacija može biti prevedena u bilo koji oblik tropodražajne informacije za bilo koji uređaj, pod bilo kojim uvjetima.

Denzitometrijske mjerne metode nam omogućavaju određivanje optičke gustoće obojenih uzoraka i temelje se na određivanju stupnja refleksije i transmisije s ciljem izračunavanja optičke gustoće izražene na logaritamskoj skali. Denzitometrijske veličine su puno jednostavnije za rukovanje u matematičkim izrazima, nego što je uporaba vrijednosti faktora refleksije i transmisije pošto se može konstatirati da je ljudski vizualni sustav nelinearan, odnosno da vidi jednake razlike između tonova ili jednakomjerno stupnjevanje tonova od bijelog, preko različitih nijansi sivog, pa sve do crnog. Nelinearnost je stalna pojava u ljudskoj percepciji, i to ne samo u vizualnom sustavu nego i kod mnogih drugih osjetila. Tako se osjećaj slatkoće neće udvostručiti ukoliko dodamo dvije žličice šećera umjesto jedne ili ukoliko dvostruko pojačamo glasnoću zvuka, osjećaj glasnoće neće biti duplo glasniji. Nelinearnost se naročito očituje u percepciji u odnosu između intenziteta svjetlosti i svjetline. Intenzitet svjetlosti je u stvari broj fotona koji dopru do oka i podražavaju osjetilne stanice u njemu, a svjetlina je ništa više doli osjećaja koji stvara ljudski mozak, odnosno kako ju mozak percipira. Tako u slučaju kada se za dvostruko poveća intenzitet nekoga svjetla, ljudski mozak navedenu pojavu neće percipirati kao dvostruko svjetlije, tako da se taj odnos neće moći prikazati kao linije već će se prikazivati u obliku krivulje slične logaritamskoj. Štapići, koji su receptorske stanice u ljudskom oku koji percipiraju intenzitet svjetla, mogu se pobuditi u varijacijama do čak 1 000 000 različitih intenziteta, no ljudski mozak filtrira taj doživljaj te se ne može osjetiti svaka od tih varijacija. Tako niz tonova od bijele do crne, koje prosječni promatrač može osjetiti, iznosi oko 200. Jednostavno se smatra da te informacije s evolucijskog stajališta nisu bitne za funkcioniranje čovjeka te se one većim dijelom zanemaruju.

Denzitometar je fotoelektrični uređaj koji mjeri faktor refleksije odnosno faktor transmisije, određujući pritom veličinu optičke gustoće (logaritamsku vrijednost opaciteta ili neprozirnosti) koja se označava s D (engl. *density* - gustoća). Kod njih, za razliku od spektrofotometara, izvor svjetla nije definiran i mogu imati ugrađene

polarizirajuće filtre ili filtre boja aditivne sinteze pomoću kojih se mjeri gustoća obojenja njihovih komplementarnih boja suptraktivne sinteze.

Slijedeće formule određuju vrijednosti optičke gustoće:

$$D = \log O \quad (6)$$

$$O = \frac{1}{T} \quad \text{ili} \quad O = \frac{1}{R} \quad (7)$$

$$T = \frac{I_t}{I_o} \quad (8)$$

$$R = \frac{I_r}{I_o} \quad (9)$$

$$D = \log \frac{1}{T} = \log \left(\frac{I_o}{I_t} \right) \quad (10)$$

$$D = \log \frac{1}{R} = \log \left(\frac{I_o}{I_r} \right) \quad (11)$$

gdje je:

D - optička gustoća (gustoća zacrnljenja/obojenja)

O - opacitet ili neprozirnost

T - faktor transparentije (propusnosti)

R - faktor reflektancije (refleksije)

I_o - intenzitet upadnog toka svjetlosti

I_t - intenzitet transmitiranog (propuštenog) svjetla

I_r - intenzitet reflektiranog (odbijenog) svjetla



Slika 17: Densitometar
izvor: <http://www.intranetcentar.rs>

Kod denzitometrijskih mjerenja (slika 16) važno je napomenuti da su refleksija i transparentija u osnovi funkcije valne dužine, te je stoga za određivanje optičke gustoće, prilikom mjerenja potrebno koristiti funkcije koja opisuje na koji način refleksija i transparentija moraju biti definirane za jednadžbu optičke gustoće. U praktičnoj primjeni, radi svoje jednostavnosti, denzitometrijska mjerenja koriste se kao sredstvo kontrole različitih parametara tiskarskog procesa. Mjerenje karakteristika boja u tiskarskom procesu vrši se pomoću filtra u tri spektralna područja: ljubičasto-plavom, zelenom i crvenom (RGB) kako bi se odredile vrijednosti njima komplementarnih boja; žuti, purpurni i zeleno-plavi (CMY). Mjerenjem kroz filtre komplementarnih boja, uzorak koji se određuje, s obzirom na refleksiju, definira se kao "crno tijelo", te se stoga često određivanje optičke gustoće naziva i određivanje "gustoće zacrnljenja". Konkretno, u grafičkoj tehnologiji mjerenje se najčešće provodi na nizu precizno definiranih polja (poznate RTV) koje nazivamo mjerni klinovi.

4.5. Modeli za prikaz izgleda boje

Sa dobivenim rezultatima iz različitih mjerenja i eksperimenata moglo se tumačiti međusobni odnos boja i njihovih svojstava te su znanstvenici osjetili potrebu te rezultate sistematizirati i nastali su različiti modeli boja. Pošto još uvijek nije napravljen model

koji može u potpunosti prikazati sve odnose između boja, postoji veći broj različitih modela koje možemo sistematizirati kako slijedi[9]:

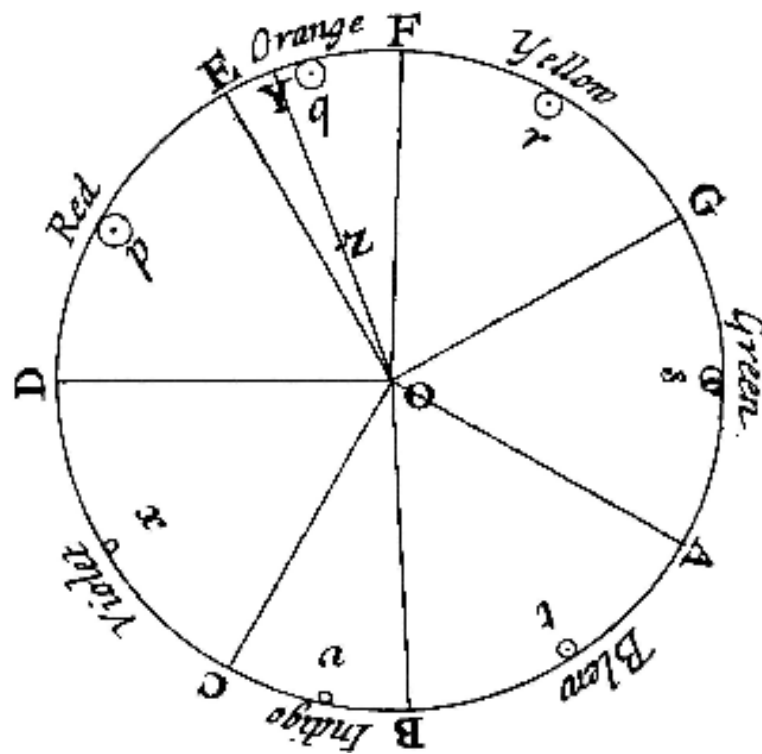
- Intuitivni modeli boja (ili modeli koji se zasnivaju na opažanju boje)
 - Munsell, NSA
 - HLS, HSB, HLS, CIE L*C*h°
 - Pantone, Toyo, Trumach, HKS
- Kolorimetrijski modeli boja (prostori boja koji se zasnivaju na izjednačenju boja)
 - Tropodražajni prostor boja i CIE XYZ
 - CIE Grafikon kromatičnosti
 - CIE UCS
 - CIE L*u*v* i CIE L*a*b*
- Modeli boja ovisni o uređaju
 - aditivni (RGB, sRGB ...)
 - suptraktivni (CMY i CMYK)
 - modeli boja za video-signale (YUV, YcbCr, YPbPr, Kodak YCC)
- Modeli za opis pojavnosti boja
 - Guth, Nayatani, Hunt, CIE CAM02

Intuitivni modeli boja neki autori još nazivaju i sustavima notiranja (označavanja) boja (*Colour Notation Systems*) ili sustavima usporedbe boja (*Colour Order Systems*) i dijele se u tri osnovne kategorije:

- intuitivni modeli temeljeni na aditivnoj sintezi (Ostwaldov krug boja)
- intuitivni modeli temeljeni na suptraktivnoj sintezi (Tintometar)
- intuitivni modeli temeljeni na percepciji boja i pojavnosti boja (Munsell, NCS...)

Intuitivni modeli boja pokušavaju izostavljajući fizikalne karakteristike boja, isključivo na osnovi ljudske intuicije o međusobnom odnosu među bojama, iste razvrstati i

organizirati prema definiranom redosljedu temeljenom na određenim perceptualnim karakteristikama boja koje se opisuju riječima kao što su: sličnost, ton, zasićenje, kromatičnost, svjetlina, jačina, komplementarnost, redosljed i sl. Tako se u većini slučajeva intuitivni modeli boja posjeduju i fizički tiskaju pa postoje atlas i sl. Problemom razvrstavanja boja i postavljanja odnosa među njima, među prvima ozbiljnije su se počeli baviti Šveđani Frosius i Brenner koji su početkom 17. stoljeća zasebno objavili prve krugove boja odnosno mape boja postavljajući pri tome boje u određene međusobne relacije. Newton je 1671. godine na osnovi eksperimenta difrakcije bijele svjetlosti putem optičke prizme na spektarske boje te na osnovi njihovog tona, tj. poretka u spektru konstruirao zatvoreni krug boja, prikazan na slici 18, koji je sadržavao sedam osnovnih boja: crvena, narančasta, žuta, zelena, plava, indigo i purpurna.

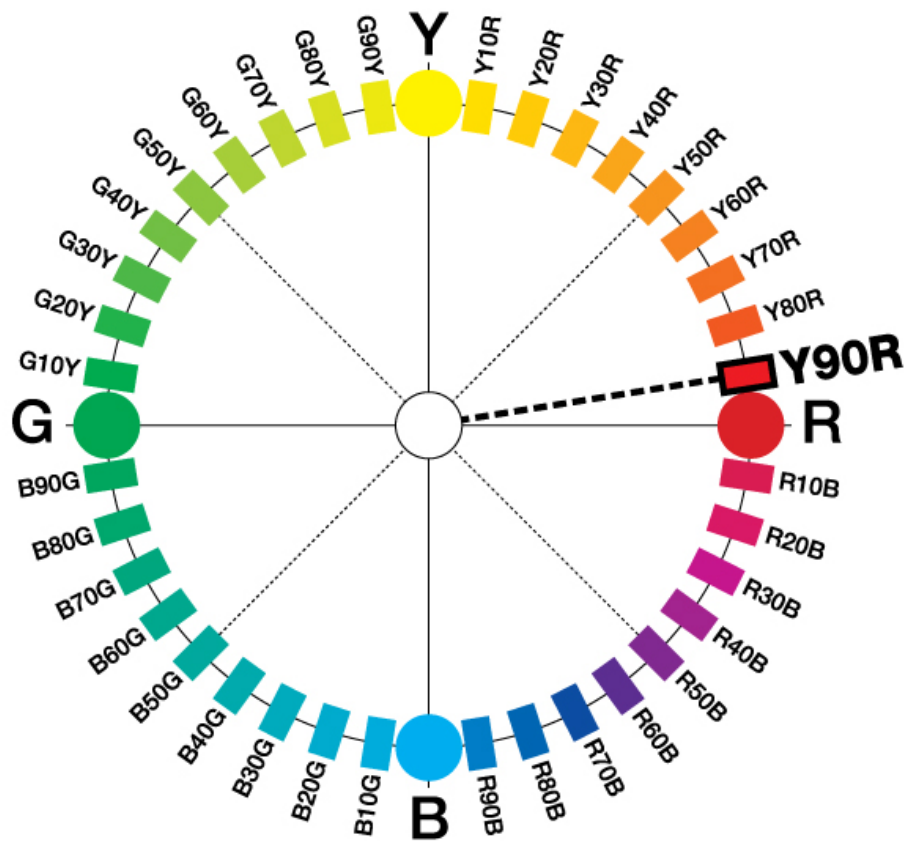


Slika 18: Newtonov krug boja

izvor: Stone T. L., Adams S., Morioka N. (2006). *Color design workbook*, Rockport publishers, Beverly

Goethe, otkrićem komplementarnosti boja, taj Newtonov krug boja reducira na šest boja i slaže ih na način da se komplementarne boje nalaze nasuprot jedna drugoj. Daljnjim razvojem znanosti o percepciji boja i pojavom tropodražajne ili Helmholtzove i teorije

suprotnih procesa ili Heringove teorije, krajem 19. stoljeća dolazi do razvoja novih modela usporedbe i razvrstavanja boja ovisno o karakteristikama boja koje su bile razjašnjene navedenim teorijama. Na osnovi Heringove teorije švedski fizičar Tryggve Johansson (1905.-1950.) razvio je sustav usporedbe boja nazvan NCS sustav (*Natural Colour System*) pošto se temeljio na prirodi viđenja boja čovjeka. Taj sustav, prikazan na slici 19, sastoji se od 4 elementarne boje, crvene, žute, zelene i plave, koje stvaraju krug boja, a crne i bijele stvaraju nivoe. Problem je što u njemu niti ton, a niti i zasićenje, nisu postavljeni kao osnovni atributi boje, nego su boje poredane kao relacije između suprotnih parova i to crveno - zelenog i žuto - plavog. NCS je postao standard za opisivanje boja švedskih arhitekata i dizajnera u prvoj polovici dvadesetog stoljeća.



Slika 19: NCS sustav prikazivanja boja
 izvor: Stone T. L., Adams S., Morioka N. (2006). *Color design workbook*, Rockport publishers, Beverly

4.6. Osnovne karakteristike boje

Kad se boja opisuje intuitivno, opis se temelji na osnovnim karakteristikama koje se subjektivno percipiraju i koje nazivamo ton, zasićenje i svjetlina.

Ton boje je njena karakteristika prema kojoj se vizualna percepcija neke površine ili objekta slična jednoj od percepcija suprotnih parova boja koje nazivamo crvena, zelena, žuta i ljubičasto-plava ili određenoj kombinaciji dviju od navedenih percepcija boja. Uzrokuju ga različite valne duljine i opisuje boju koju osjeća naše oko. Za razliku od ostalih elektromagnetskih valova, kod elektromagnetskih valova duljina od 380 do 750 nm postoji mogućnost izdvajanja pojedinih valnih dužina čime se može dobiti monokromatsko svjetlo.

Zasićenje je karakteristika koja pokazuje stupanj odstupanja boje od akromatske boje iste svjetline, odnosno predstavlja odstupanje boje od svoje potpune vrijednosti kad ne sadrži akromatsku komponentu. Smanjuje se miješanjem boja koje su udaljenije u spektru i može se definirati i kao stupanj sivosti u boji. Boja koja se dobije miješanjem uvijek je manje zasićena od boja od kojih je nastala.

Svjetlina je karakteristika kod koje se neka površina uspoređuje s nizom akromatskih boja od crne preko sivih do svijetlih tonova definiranom površinom emitira ili reflektira više ili manje svjetla. Tom se karakteristikom opisuje sličnost boje s nizom akromatskih boja, od crne preko sive do bijele pa se njom može i odrediti stupanj crne boje u određenoj boji. Količina crne boje u određenoj boji određuje njenu refleksiju.

Sve te karakteristike su perceptualne i subjektivne i služe za opisivanje boje i ovise o promatraču, uvjetima promatranja, osvjetljenju i sl. Međutim, svakoj od navedenih subjektivnih perceptualnih karakteristika mogu se procesom karakterizacije pridružiti objektivne fizikalno mjerljive veličine. Tako perceptualnoj karakteristici nazvanoj ton boje odgovara fizikalna veličina dominantne valne duljine, perceptualnoj karakteristici nazvanoj zasićenje odgovara fizikalna veličina koju nazivamo čistoća pobude koja se definira kao odnos luminancije svjetlosti pojedine frekvencije prema luminanciji pomiješane te iste svjetlosti s akromatskom svjetlošću, a perceptualnoj karakteristici koju nazivamo svjetlina odgovara fizikalno mjerljiva veličina koju nazivamo luminancija, definiranoj kao odnos luminantnog toka emitiranog po jediničnom

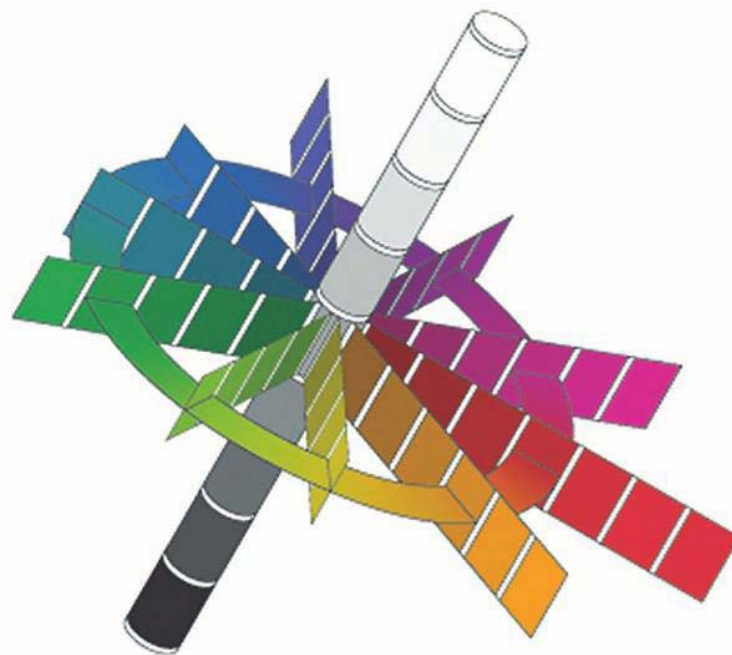
prostornom kutu izvora svjetlosti prema površini izvora projiciranog na ravninu okomitu na liniju svjetlosti.

Munsellov sustav prikaza boja (Albert H. Munsell, 1858.-1918.) ili HVC model boja jedan je od prvih intuitivnih modela za prikaz perceptualnih atributa boja. Ujedno to je i jedini intuitivni model za koji od dana predstavljanja (1905.) do današnjih dana postoji kontinuiranost primjene obojenih fizičkih uzorka (tzv. obojeni Munsellovi čipsovi i Munsellov atlas boja) koji su prihvaćeni u vrlo velikom broju od strane mnogih nacionalnih standardizacijskih ustanova i organizacija. Munsellov model organiziranosti i usporedbe boja zasnovan je na ljudskoj osjetljivosti za razlike i odnose među bojama koji omogućuje određivanje komplementarnih boja, balansa i kombinacije boja. Uz navedeno definirane su i sljedeće karakteristike: mogućnost izdvajanja komponenti ovisno o boji (kromatičnosti), odnosno odvajanje svjetline od tona boje i zasićenja što omogućuje prikaz boje u dvije dimenzije. Također postoji jedinstvenost u zapažanjima između boja. Razmak između uzoraka boje odgovara ljudskim razlikama percepcije među bojama (perceptualna uniformiranost). Omogućeno je jasno i precizno označavanje boja za potrebe komunikacije (Munsellov atlas boja, izveden je na različitim podlogama: mat ili sjajnim). Munsellov atlas boja prvi puta komercijalno je predstavljen 1915. godine. Konačna unaprijeđena verzija atlasa koja je i danas u uporabi predstavljena je 1931. godine, od strane Optičkog udruženja Amerike (OSA - *Optical Society of America*). OSA je kolorimetrijski specificirala Munsellov atlas boja (*Munsell Book of Colors*) sa CIE standardnim C izvorom i kutom gledanja od 2⁰. Munsellov atlas boja sadrži oko 1500 uzoraka raspoređenih na 40 stranica konstantnoga tona, pri čemu je svaka stranica tona uređena na način da se svjetlina povećava od nogu prema glavi a zasićenje od hrpta knjige do vanjskog ruba. Atlas je standardno dostupan otisnut na papiru u matt i sjajnoj izvedbi, ali postoje i opširnije izvedbe i na drugim materijalima.

U Munsellovom modelu svaka je boja određena s tri veličine:

- tonom – *Munsell hue*,
- zasićenjem – *Munsell chroma*
- svjetlinom/sjajnošću - *Munsell value*

Veličina *Munsell hue* (ton) podijeljena je 10 integralnih cjelina i to u pet osnovnih tonova boja: 5R (crvena), 5Y (žuta), 5G (zelena), 5B (plava) i 5P (purpurna) i pet međutonova sa oznakama 5YR, 5GY, 5BG, 5PB i 5RP. Svaka od integralnih cjelina podijeljena je u daljnjih deset cjelina, odnosno ukupno 100 tonova. Veličina *Munsell chroma* (zasićenost) predstavlja stupanj pomaka veličine *Munsell hue* (tona) prema neutralnoj akromatskoj osi u rasponu od 0 (neutralna siva) u središtu do 10 ili 14 na obodu (ovisno o gamutu medija). Veličina *Munsell value* predstavlja sivi stepenasti klin koji ima nivoe između nula (0 = idealna crna boja) i deset (10 = apsolutna bijela boja) i koji su vizualno prema navedenom principu perceptualno uniformirano razmaknuti. Osnova veličine *Munsell value* uzima u obzir činjenicu da ljudsko oko ne registrira svjetlinu linearno, već logaritamski. U Munsellovom atlasu boja zbog ograničenja vezanih za gamut (nemogućnost postizanja idealnih boja - crne i bijele na fizičkim objektima), predočene su vrijednosti *Munsell value* u rasponu od 0.5 do 9.5. U navedenom sustavu ton boje označava se slovima i brojem, drugi broj koji označava boju predstavlja zasićenje u rasponu od 0 do 14 i raste od središta prema obodu. Svjetlina boje nanosi se okomito kroz centar sustava i označava se brojevima od 0 (bijela) do 10 (crna).

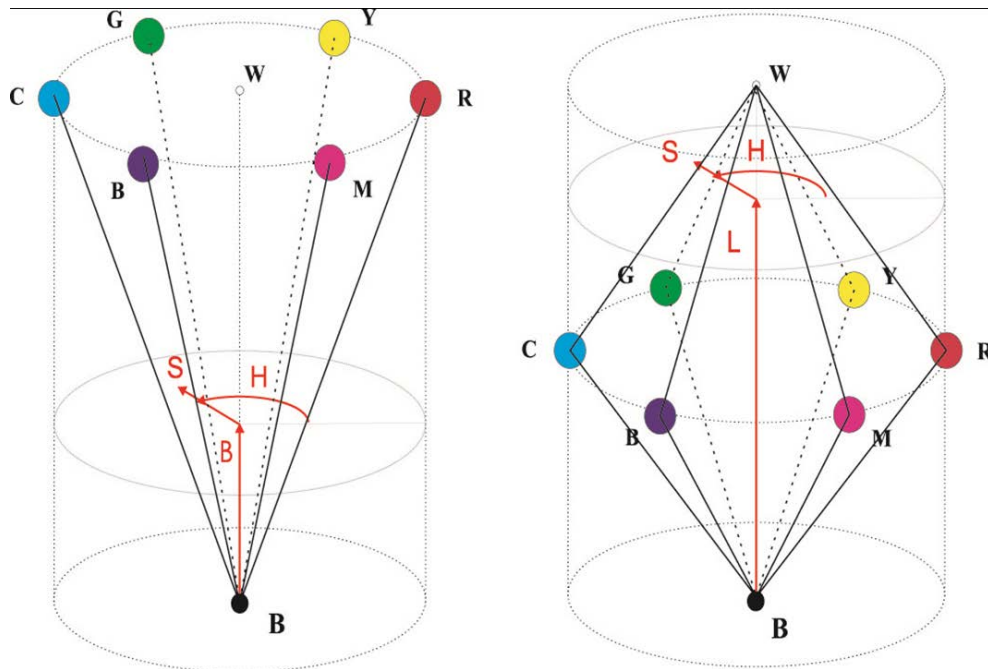


Slika 20: Munsellov model boja
izvor: Stone T. L., Adams S., Morioka N. (2006). *Color design workbook*, Rockport publishers, Beverly

Model boja pod nazivom HSB sustav konstruirao je A. R. Smith, 1978. godine derivacijom direktno iz RGB modela boja. Naziv HSB model boja temelji se na engleskim kraticama perceptualnih atributa *Hue*, *Saturation* i *Brightness*, što prevedeno na hrvatski jezik znači: ton, zasićenje i svjetlina (bjelina). HSB model boja je organiziran tako da se u krugu boje na međusobnoj udaljenosti od 120° nalaze tri aditivna primara R, G i B raspoređena u obliku trokuta (tako da su što je moguće više udaljeni jedan od drugoga). Između aditivnih primara nalaze boje koje nastaju njihovim miješanjem, sekundarne boje C, M i Y. Na opisan način omogućeno je da su suprotne boje u krugu komplementarne. Zelena se nalazi nasuprot purpurnoj, plava nasuprot žutoj, a crvena nasuprot zeleno-plavoj. Navedenim razmještajem boja percepcija njihovoga tona usklađena je s mehanizmima ljudske percepcije prema Heringovoj teoriji suprotnih procesa.

Jedan od većih problema HSB modela boja je u tome što ne uzima u obzir nelinearnost svjetline, odnosno nije postignuta perceptualna uniformiranost svjetline. Tako svjetlina od npr. 50% zapravo ovisi o tonu boje o kojoj se radi. Nije postignuta ni neovisnost kromatičnosti o svjetlini, pa tako npr. žuta ispada šest puta intenzivnija od plave boje s istom svjetlinom. Razlog je u tome što se maksimalna vrijednost svjetline nalazi na istoj ravnoj plohi heksagona zajedno sa svim ostalim čistim bojama. HSB sustav iako je pogodan za periferne jedinice računala kao što su monitori i skeneri, nije intuitivan i praktičan za primjenu u aplikacijama.

Intuitivni model boja pod nazivom HLS model boja, čije ime tvore kratice atributa: *Hue*, *Luminescence* i *Saturation* (ton, svjetlina i zasićenje) razvila je tvrtka Tektronix 1977. godine s ciljem primjene u računalnim sustavima kao alternativu HSB modelu boja zbog neuspješnog u definiranju vrijednosti svjetline. HLS model boja pokušao je riješiti probleme svjetline koji su se javljali u HSB modelu na način da je model izveden sa dva heksagona koja su spojena na svojim ravnim gornjim ploham. Na taj je način za dvostruko je povećana vrijednost koja opisuje svjetlinu, u odnosu na prethodni HSB model.



Slika 21: HSB i HSL model boja
 izvor: Stone T. L., Adams S., Morioka N. (2006). *Color design workbook*, Rockport publishers, Beverly

Obojenje (H) se kod oba modela, definira kao kut u rasponu od 0° do 360° , i to na sljedeći način:

- 0° - crvena (R),
- 60° - žuta (Y),
- 120° - zelena (G),
- 180° - zeleno-plava (C),
- 240° - plava (B),
- 300° - purpurna (M).

Zasićenost (S) raste odmicanjem od središta tijela i stoga je najveća na obodu. Izražava se u postocima, od 0% do 100%. Zasićenost u središtu iznosi 0%, a na obodu 100%. Svjetlina (B) kod HSB modela, odnosno (L) kod HLS modela prikazuje se u postocima u rasponu od 0% do 100%.

Pantone sustav boja jedan je od najznačajnijih sustava za grafičku struku, a temelji se na dva atlasa i recepturama miješanja boja. Prvi atlas boja (*Pantone Color Formula Guide*) sastoji se od 1012 uzoraka otisnutih kombinacijama *Pantone* spot boja s pripadajućim formulama omjera miješanja, izvedenih na premazanim i nepremazanim papirima. Drugi atlas boja (*Pantone Process Color Imaging Guide*) sastoji se od 924 uzorka otisnutih na sjajnim ili mat papirima, s formulacijom omjera procesnih boja suptraktivne sinteze (CMYK) za postizanje navedenih uzoraka.

Trumach sustav boja (*Trumach ColorFinder*) je atlas boja temeljen na preko 2000 uzoraka otisnutih procesnim bojilima (CMYK), koji su međusobno organizirani perceptualno uniformiranije nego *Pantone* sustav. Druga prednost *Trumach* sustava je omogućavanje, u svom digitalnom obliku, korisnicima računalnih aplikacija odabira pojedinog uzorka iz ponuđenih te otiskivanje istih na pisaču, stroju za digitalni tisak ili tiskarskom stroju, kako bi se odredila korelacija percepcije između CRT prikaza i CMYK otiska te na taj način omogućio točniji odabir željene boje, s obzirom na njezinu pojavnost u drugom mediju.

Tvrtka Agfa je na način sličan prethodno opisanom, odnosno otiskivanjem 16 000 uzoraka procesnih boja u kombinacijama od 0% do 100% i korakom od 5%, na osnovi PostScript koda izradila atlas boja (*PostScript Proces Colour Guide*) na premazanim i nepremazanim papirima.

Modeli boja uređaja najčešće su orijentirani na podršku sklopovlja pojedinog uređaja te im nije prioritet prikazivati povezanost boje s psihofizikalnim veličinama, već s veličinama i karakteristikama koje su bitne za funkcionalnost pojedinog uređaja.

Tipični primjeri takvih modela su RGB i CMY prostor boja. RGB prostor boja koristi se za procesiranje vizualnih signala na uređajima koji prilikom interpretacije boja koriste primare aditivne sinteze kao što su zaslone računala, skeneri, digitalne kamere i sl. CMY prostor boja koristi se za modeliranje boje na pojedinim uređajima ili medijima koji se služe primarima suptraktivne sinteze, u prvom redu grafički otisci. Navedeni modele boja su zavisni jer ovise o značajkama uređaja na kojem se primjenjuju.

RGB model boja je trodimenzionalno tijelo koje se prikazuje kao kocka kojoj su tri osnovne koordinate boje aditivne sinteze: crvena, zelena i ljubičasto-plava. U ishodištu

je crna boja, a nasuprot, gledajući prostornu dijagonalu kocke, nalazi se bijela boja. Na bridovima kocke koji su nastali spajanjem koordinata koje odgovaraju kombinaciji dvaju primara aditivne sinteze nalaze se tri sekundarne boje: zelenoplava, purpurna i žuta. Prostorna dijagonala, kojoj su krajnje točke crna i bijela boja, naziva se još i akromatska dijagonala i na njoj su smještene sve nijanse sive boje.

CMY model boja je također trodimenzionalno tijelo tj. kocka u čijem se ishodištu nalazi bijela boja, a na suprotnom kraju dijagonale crna što je suprotno od RGB modela. Osnovne koordinate kod CMY modela boja su primari suptraktivne sinteze, odnosno zelenoplava, purpurna i žuta, a na bridovima između dva primara suptraktivne sinteze nalaze se crvena, zelena i ljubičasto-plava boja.

Pojedine boje u navedenim modelima označavaju se koordinatama na tijelu kocke kojoj je dužina brida predstavljena jediničnom vrijednošću, koja ujedno predstavlja apsolutnu vrijednost pojedinoga primara R, G i B odnosno C, M i Y. Ishodište kocke označeno je sa nula, a ukupna vrijednost sva tri primara sa (1,1,1).

Kod računalnih aplikacija, kako bi se mogli jednostavnije prikazati, bridovi kocke raspodijeljeni su na 256 jednakih dijelova, u rasponu od 0 do 255 i vrijednost od 8 bita po boji, što omogućuje definiranje raspona od 16.7 miliona boja. Problem u trodimenzionalnim RGB i CMY modelima boja je u tome što nisu jasni i intuitivni. Kada se navedu tri broja (0 do 255) nemoguće je zamisliti koja je to boja, a i u takvom koordinatnom sustavu slične boje nisu susjedne. Prostorna udaljenost između boja u grafikonu ništa ne govori o njihovom odnosu, pa relativno mala razlika u numeričkoj vrijednosti jedne od komponenti boje rezultira često relativno velikom razlikom u percepciji boja. Opseg boja koji se mogu prikazati RGB i CMYK modeli boja definiran je kromatskim vrijednostima njihovih primara.

Najveći nedostatak svih modela boja koji su ovisni o uređaju je različito prikazivanje boja na različitim uređajima. Rješenje navedenoga problema postiže se postupcima kalibracije i karakterizacije. Kalibracijom se medij, uređaj ili proces podešava tako da on daje ponovljive vrijednosti. Kako bi se ostvarila visoka vjernost u procesu reprodukcije boja prvi korak koji se mora poduzeti je osiguravanje konzistentne reprodukcije istovjetne boje iz istovjetnih ulaznih podataka.

Karakterizacija definira odnose između prostora boja uređaja i uniformiranih prostora boja CIE sustava na kojima se temelji kolorimetrija.

Prethodno je navedeno je da su svi RGB modeli zavisni prostor boja, odnosno da njihove karakteristike reproduciranja ovise o pojedinom uređaju.

Kako bi se izbjegla situacija gdje su modeli boja uređaja ovisni o pojedinom uređaju koji koristimo kod reprodukcije boja, IEC (*International Electrotechnical Commission*) je 1998. godine definirao standardni prostor boja (sRGB) za primjenu kod aditivnih uređaja te njegove karakteristike reproduciranja stavio u usku vezu sa CIE sustavima. Iako RGB modeli imaju najširi spektar od svih modela u kojima je moguć prikaz boja, oni su usko vezani za geometriju osvjetljavanja i temperaturu boje svjetla te svaki prijelaz u drugi način rada znači gubitak dijela tonova, zasićenosti ili svjetline. CMY i CMYK modeli temeljeni na suptraktivnoj sintezi u odnosu na RGB modele imaju suženi spektar tonova i smanjenu svjetlinu. CIE $L^*u^*v^*$ i CIE $L^*a^*b^*$ kolorimetrijski modeli su uniformirani i omogućuju kompromis između RGB i CMYK modela popunjavajući razlike u svjetlini i broju tonova između ova dva osnovna sustava rješavajući problem percepcijske neuniformiranosti.

Oni su definirani tako da su nezavisni od uređaja, odnosno mogu prikazati sve realne opsege boja (gamuta) te omogućiti transformaciju boja iz prostora boja ulaznog uređaja u prostor boja izlaznog uređaja.

Prostori boja koji se zasnivaju na izjednačenju boja (CIE XYZ, CIELAB) obuhvaćaju utjecaj podražaja fizikalne prirode, odnosno obojene svjetlosti koja dopire u ljudsko oko, i njegovih karakteristika u definiranim uvjetima, na ljudsku percepciju boje. Poznato je da na doživljaj boje utječu još neki parametri kao što su pozadina, osvjetljenost i sl., tako da su predmet trenutnih istraživanja modeli za prikaz boja koji uključuju te parametre.

Takav model boja mora ispuniti sljedeće osnovne zahtjeve[9]:

1. Svaka pojedina boja mora imati jedinstvene koordinate opisa unutar modela, odnosno dvije boje koje imaju iste kolorimetrijske vrijednosti moraju se percipirati kao jednake, ako su uvjeti prethodno definirani.

2. Kolorimetrijske vrijednosti trebaju se prezentirati unutar koordinatnoga sustava čije su dimenzije perceptualno ortogonalne i u određenoj mjeri u korelaciji s karakteristikama koje definiraju osnovne perceptualne attribute boja.
3. Stupanj (veličina) različitosti između numeričkih vrijednosti koje prezentiraju dvije boje treba biti proporcionalno usklađen s percipiranom različitosti između navedenih boja.

Prvi od prethodno postavljenih zahtjeva ostvaren je primjenom funkcija usklađivanja boja na osnovi CIE standardnog promatrača (CIE 1931. za 2° i CIE 1964. za 10°). Za ostvarenje prvog cilja korišteni su eksperimentalni podaci dobiveni iz funkcija usklađivanja R, G i B primara u tropodražajnom vizualnom eksperimentu na osnovi *Grassmanovih* zakona. Koncept ovako postavljenoga tropodražajnog eksperimenta omogućava opisivanje i definiranje svake boje kombinacijom udjela (R_Q , G_Q i B_Q) triju osnovnih aditivnih primara R, G i B.

$$Q = R_Q R + G_Q G + B_Q B \quad (12)$$

Gdje je Q stimulus koji uzrokuje doživljaj neke boje, R, G i B jedinični vektori primarnih stimulusa (crvena, zelena i ljubičasto-plava), a R_Q , G_Q i B_Q skalarne vrijednosti primarnih stimulusa.

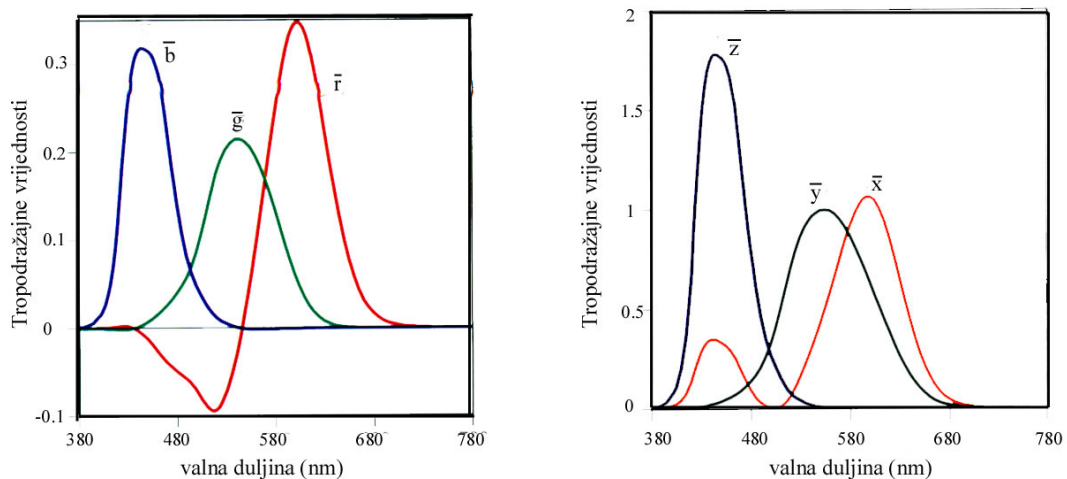
Tropodražajne funkcije usklađivanja boja $r(\lambda)$, $g(\lambda)$ i $b(\lambda)$ kojima je moguće opisivanje cjelokupnog vidljivog spektra izračunate su kao funkcije spektralne distribucije tropodražajnih primara R, G i B koji odgovaraju monokromatskoj svjetlosti sa dominantnim valnim duljinama za R - $\lambda = 700$ nm, za G - $\lambda = 546.1$ nm i za B - $\lambda = 435.8$ nm. Funkcije usklađivanja boja pokazuju udio svakog od triju osnovnih primara R, G i B na svakoj od valnih dužina potrebnih da bi se uskladila percepcija doživljaja kombinacije triju osnovnih primara sa testnim monokromatskim stimulusom na toj istoj valnoj dužini. Na osnovi prethodno navedenog opis neke tražene boje Q može biti definiran sljedećom formulom:

$$Q = r(\lambda)R + g(\lambda)G + b(\lambda)B \quad (13)$$

Gdje je Q stimulus koji uzrokuje doživljaj neke boje, R, G i B jedinični vektori primarnih stimulusa (crvena, zelena i ljubičasto-plava), a $r(\lambda)$, $g(\lambda)$ i $b(\lambda)$ tropodražajne funkcije usklađivanja primara.

Ljudski vizualni sustav je određen funkcijama izjednačenja boja standardnog promatrača.

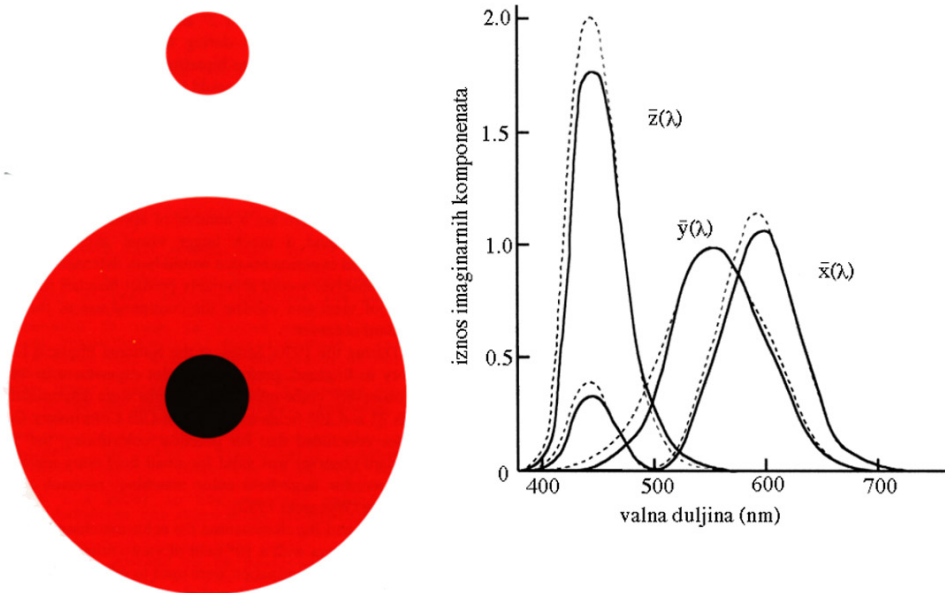
Doživljaj boje je različit za različite ljude i različitu starosnu dob. Zbog toga je CIE komisija uvela standardnog promatrača, kao matematički način prezentiranja prosječnog doživljaja boje ljudske populacije. CIE komisija je odredila tri fiksna primarna podražaja, R, G i B, koji su monokromatski podražaji sa $\lambda_R=700$, $\lambda_G=546,1$ i $\lambda_B=435,8\text{nm}$. i provela istraživanja s ciljem utvrđivanja koliko je svakom promatraču potreban udio tri primarna podražaja da se dobiju sve boje spektra. 1931. godine CIE komisija je objavila rezultate dajući ih u obliku funkcija izjednačenja boja, $\bar{r}, \bar{g}, \bar{b}$. Pojedinačni skup primarnih podražaja može imati jednu ili dvije vrijednosti negativne, pa su iz praktičnih razloga uvedene imaginarne funkcije izjednačenja boje $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$, koje nemaju negativnih dijelova kao što je prikazano na slici 22.



Slika 22: Realne ($\bar{r}, \bar{g}, \bar{b}$) i imaginarne ($\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$) funkcije izjednačenja boje

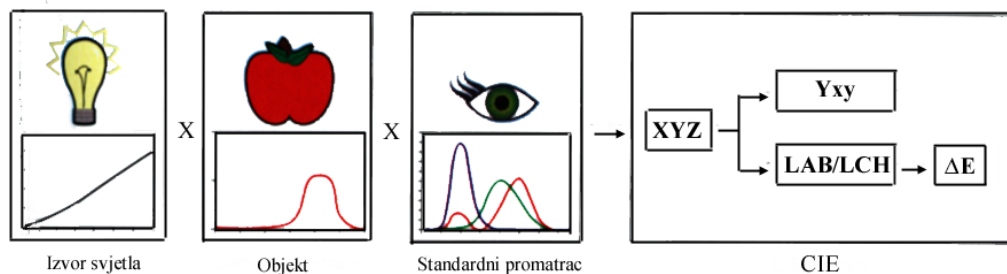
Kod istraživanja 1931. godine CIE se koristila malim uzorcima boja, pa je vidni kut bio 2° , (kut koji objekt formira na oku na normalnoj udaljenosti od promatrača, oko 45 cm).

CIE komisija je 1964. ponovila istraživanja za veće uzorke, 10° , tako su dobivene i funkcije izjednačenja boja za 10° standardnog promatrača. Na slici 23 prikazane su funkcije izjednačenja boja za 2° i 10° standardnog promatrača i prikaz polja.



Slika 23: Prikaz 2° polja (lijevo gore) i 10° polja i odgovarajućih funkcija

Množenjem tri spektralne krivulje koje predstavljaju izvor svjetla, objekt i promatrača, dobivaju se tropodražajne vrijednosti X, Y i Z, početna su točka za specifikaciju boja u svim prostorima boja (slika 24) .



Slika 24: Dobivanje tropodražajnih vrijednosti

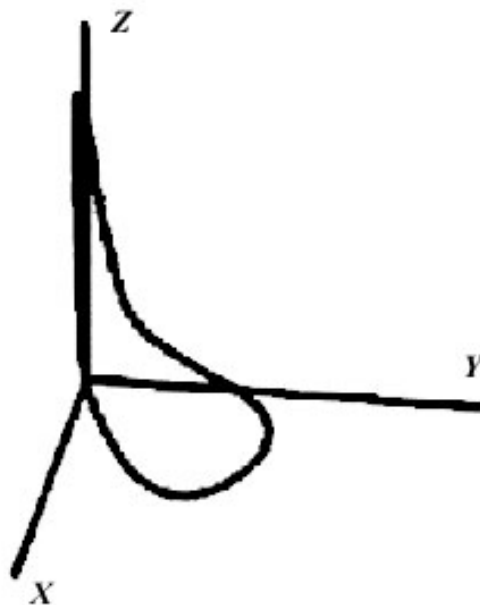
$$X = k \int_{\lambda} S(\lambda) x(\lambda) d(\lambda) \quad (14)$$

$$Y = k \int_{\lambda} S(\lambda) y(\lambda) d(\lambda) \quad (15)$$

$$Z = k \int_{\lambda} S(\lambda) z(\lambda) d(\lambda) \quad (16)$$

gdje je S_{λ} relativna snaga CIE standardiziranog izvora svjetlosti, R_{λ} faktor refleksije objekta, x_{λ} , y_{λ} i z_{λ} funkcije izjednačenja boja standardnog promatrača, Σ_{λ} predstavlja zbroj u vidljivom spektru, k je konstanta normaliziranja i $\Delta\lambda$ je interval valnih duljina.

CIE metrika uključuje sve faktore koji utječu na doživljaj boje i slaže se sa ljudskom percepcijom. Početna točka su topodražajne vrijednosti, koje su normalizirane, tako da Y pripisujemo vrijednost 100 za tijelo koje u potpunosti reflektira ili propušta svjetlo. Tropodražajne vrijednosti, kao tri varijable, možemo promatrati kao trodimenzionalni prostor u kojem je svaka os jedna primarna boja, a tropodražajne vrijednosti uzorka određuju položaj unutar trodimenzionalnog prostora (slika 25). Iako su osnova mjerenja boja ne daju opis boje, pa se moraju transformirati u Yxy , LAB ili LCH prostor boja.



Slika 25: XYZ prostor boja

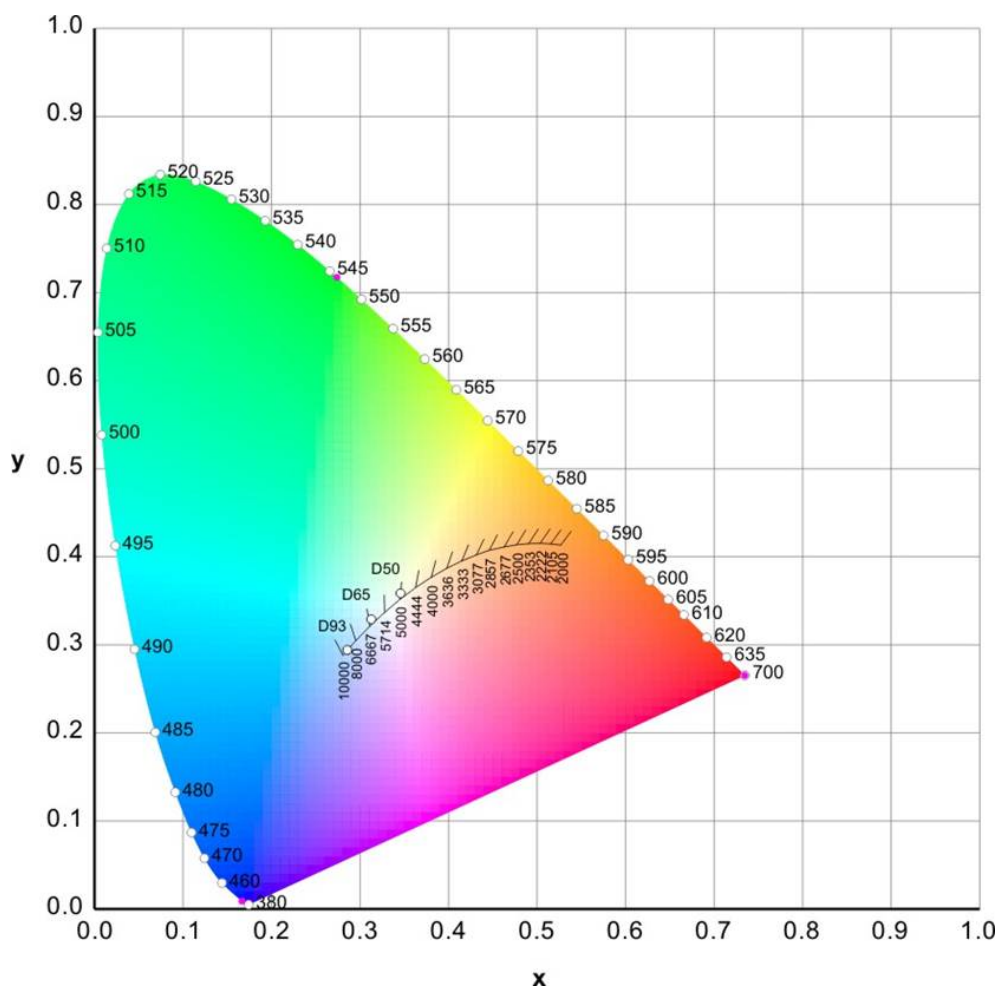
Ako povučemo linije iz ishodišta kroz svaku tropodražajnu vrijednost i završimo na istoj udaljenosti od ishodišta, javlja se oblik potkove, poznat kao spektralni luk. Dva kraja spektra su povezana, formirajući purpurnu liniju.

Dvodimenzionalni prikaz se dobije primjenom projekcija iz trodimenzionalnog sustava u dvodimenzionalni, dijagram kromatičnosti

Kromatske koordinate x , y se izračunavaju iz tropodražajnih vrijednosti prema slijedećim jednažbama

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad (17)$$

U x, y kromatskom diagramu se ne može prikazati svjetlina, Y se mora navoditi posebno, što je jedan od nedostataka ovog prostora. Ostali nedostaci su perceptualna neujednačenost i međusobna udaljenost dominantnih valnih duljina (slika 26).



Slika 26: CIE Grafikon kromatičnosti
 izvor: Lee, H. C. (2005). *Introduction to Color Imaging Science*, Cambridge University Press, Cambridge

Tako je zbog navedenih problema s razmakom između susjednih boja unutar CIE Grafikona kromatičnosti 1960. godine uveden sistem koji daje ravnomjernija tolerantna područja, pod nazivom CIE UCS model boja. Taj je model boja nastao kao pokušaj rješavanja jednog od bitnih nedostataka ostalih dotadašnjih sustava, koji se zove percepcijska neuniformiranost, odnosno pokušaj oblikovanja osjetilno jedinstvenog prostora boje u kojem udaljenost između bilo koje dvije boje u prostoru odgovara osjetilnoj blizini te dvije boje. CIE UCS model boja, koji se u pojedinoj literaturi naziva se i CIE Luv model boja, nastao je pokušajem jednostavnog iskrivljenja i rotiranja CIE kromatskog dijagrama tako da standardizirani izvor svjetla pada upravo u centar koordinatnog sistema, dok se oko njega ovija spektralni luk. Opisanim postupkom postignuta je veća perceptualna uniformnost. MacAdamove elipse su smanjene i to

neproporcionalno (ovisno o području u kojem su se prvobitno nalazile) na međusobno sličnu veličinu.

Koordinate za prikazivanje boja unutar CIE UCS modela boja izračunavaju se jednostavnom linearnom transformacijom:

$$u = \frac{4x}{-2x + 12y + 3} = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z} \quad (18)$$

$$v = \frac{6y}{-2x + 12y + 3} = \frac{6Y}{X + 15Y + 3Z} \quad (19)$$

Veličina Y je nepromijenjena, istovjetna je veličini Y u CIE xyY modelu boja. CIE UCS model boja je bio prvi pokušaj oblikovanja standardiziranog osjetilno jedinstvenog modela boja, a izašao je iz uporabe uvođenjem njegovih derivata, u prvom redu CIE L'u'v' modela boja (1964. i 1967.), prikazanog na slici 27, odnosno, nešto kasnije CIE L*u*v* modela (1976.).

CIE L'u'v' je još jedna linearna transformacija CIE Yxy modela boja kod koje veličina Y ostaje nepromijenjena, dok se kromatične koordinate u' i v' izračunavaju putem sljedećih formula:

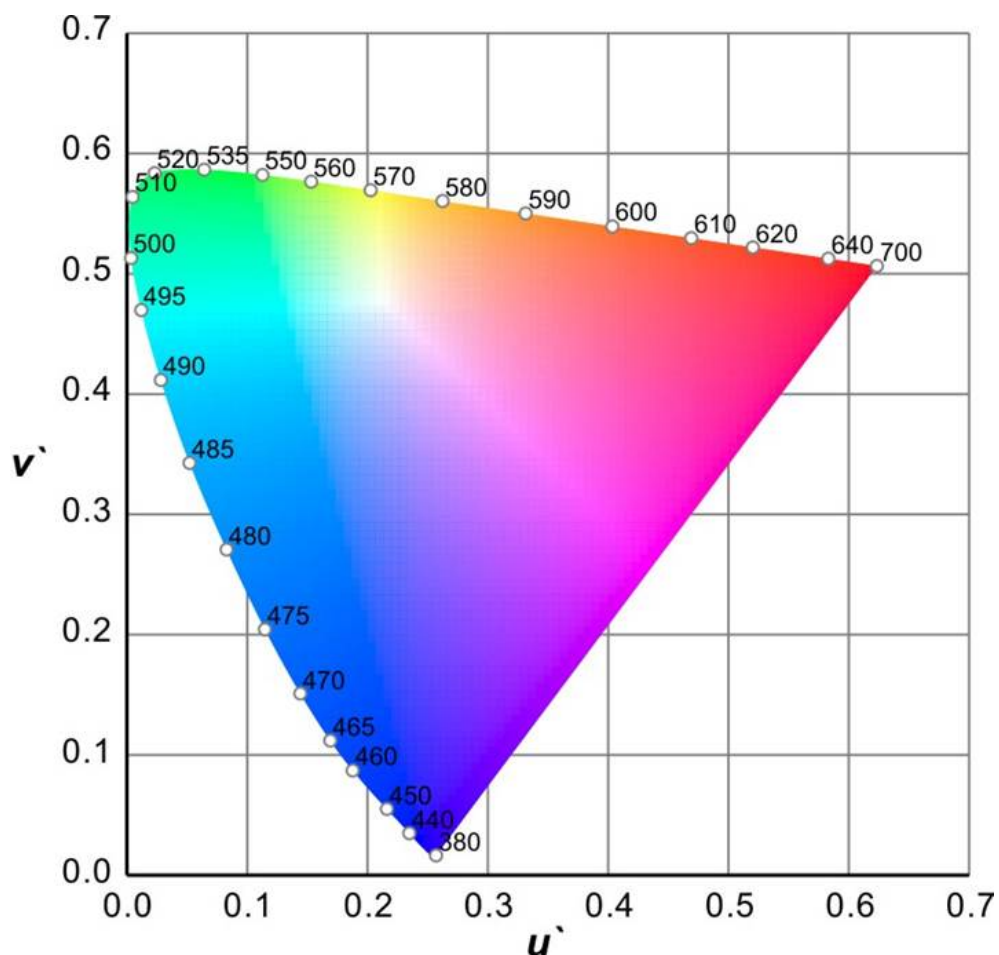
$$u' = u \quad (20)$$

$$v' = \frac{3}{2}v \quad (21)$$

odnosno izraženo x i y kromatskim koordinatama i X i Y imaginarnim stimulusima:

$$u' = \frac{4x}{-2x + 12y + 3} = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z} \quad (22)$$

$$v' = \frac{9y}{-2x + 12y + 3} = \frac{9Y}{X + 15Y + 3Z} \quad (23)$$



Slika 27: CIE L'u'v' model boja

izvor: Lee, H. C. (2005). *Introduction to Color Imaging Science*, Cambridge University Press, Cambridge

CIELAB prostor boja (slika 28) je nastao kao rezultat rada kolorimetrijskih znanstvenika koji su imali cilj dobivanja linearnijeg prostora boje koji će se bolje slagati sa ljudskim opažanjem boja. Sustav upravljanjem bojama zasniva se na LAB prostoru boja, pri čemu se koristi kao prostor koji povezuje profile i kroz koji prolaze svi podaci.

CIE L*a*b* također je trodimenzionalni perceptualno uniformirani i o uređaju neovisan model prikazivanja boja temeljen na tri kanala veličina L*, a* i b* čije se koordinate dovode u vezu sa psihičkim karakteristikama boje prema principu Heringove teorije suprotnih procesa boja (svijetlo-tamno, crveno-zeleno i žuto-plavo). Kanal L* prikazuje svjetlinu u rasponu od 0 što predstavlja idealno bijelo do 100 što predstavlja idealno crno. Kanal a* prikazuje raspon boja između zelene i crvene (od -200 do +200), a kanal

b^* raspon boja između žute i ljubičasto-plave boje (također od -200 do +200). Točka u kojoj je $a^* = b^* = L^* = 0$ predstavlja ishodište CIE $L^*a^*b^*$ modela.

Najvažnije prednosti CIE $L^*a^*b^*$ modela boja vezane su za uvođenje svjetline kao treće dimenzije i koordinata koje slijede zonsku teoriju te formule za izračunavanje kolorimetrijske razlike boja koje su pridonijele širokoj primjeni u upravljanju bojama. Izračunavanje koordinata za opisivanje boje unutar CIE $L^*a^*b^*$ modela boja zasniva se na sljedećim formulama:

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - 16 \quad (24)$$

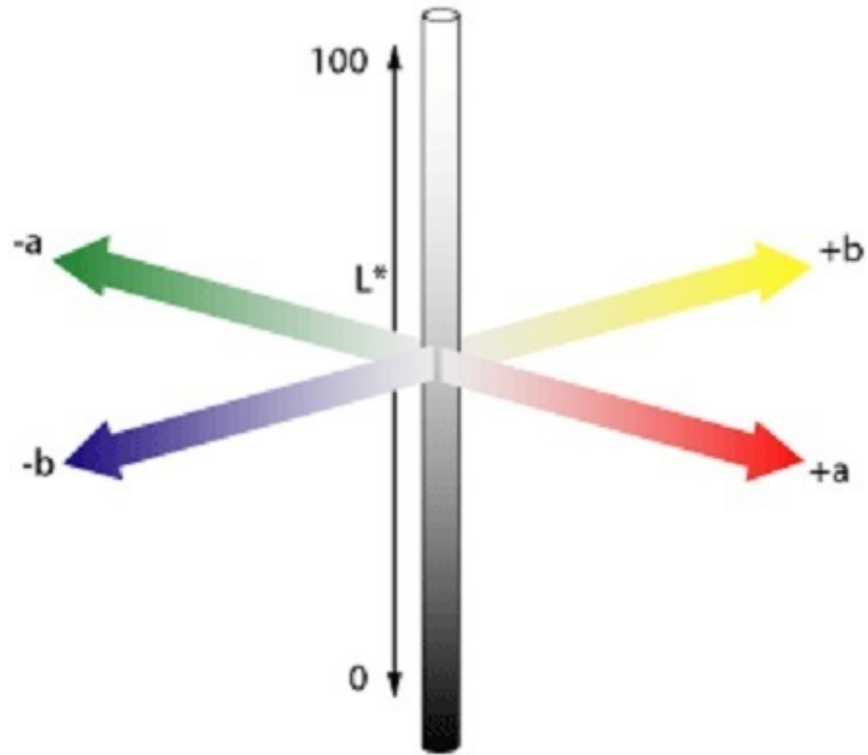
$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad (25)$$

$$b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Z}{Z_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad (26)$$

pod uvjetom da su omjeri X/X_n , Y/Y_n i Z/Z_n veći od 0,008856. U slučaju da su vrijednosti omjera X/X_n , Y/Y_n i Z/Z_n manje ili jednake 0,008856, tada se koriste sljedeća modificirana formula:

$$Lm^* = 903,3 \frac{Y}{Y_n} \quad (27)$$

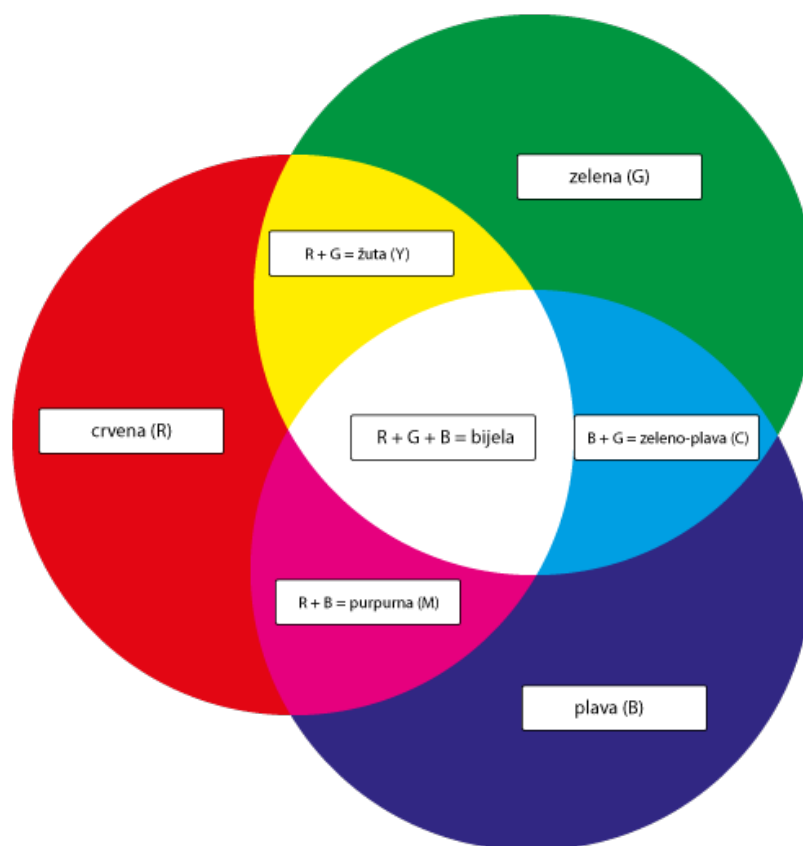
gdje X, Y i Z predstavljaju tristimulusne vrijednosti podražaja, a oznake X_n , Y_n i Z_n odnose se na stimulse bijelog objekta koji je određen energijom zračenja standardnog izvora svjetla[13].



Slika 28: CIE $L^*a^*b^*$ model boja
izvor: Lee, H. C. (2005). *Introduction to Color Imaging Science*, Cambridge University Press, Cambridge

5. TEORIJA I HARMONIJA BOJA

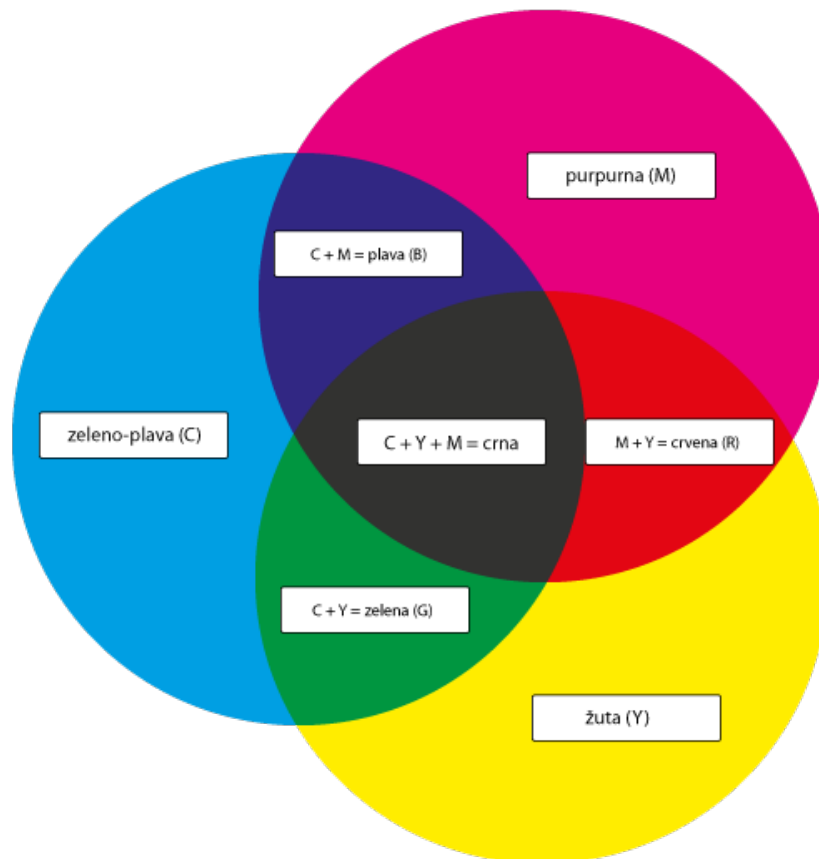
Aditivna sinteza temeljni je sustavu miješanja boja koji je temeljen na fiziologiji ljudskog oka. Odnosi se na miješanje svjetlosnih podražaja bez selektivne adsorpcije pojedinih komponenti prije ulaska u oko, odnosno one se ne moduliraju. Svjetlosni podražaji ulaze u oko istovremeno na isto mjesto na mrežnici, a do aditivnog miješanja dođe kada se aktiviraju čunjići koji su vrlo blizu. Primarni podražaji, koje nazivamo i primarne boje aditivne sinteze, odgovaraju trima spektralnim područjima - crvenom, zelenom i ljubičasto-plavom. Miješanjem dvaju primara aditivne sinteze, nastaje sekundarna boja aditivnog miješanja. Dakle, miješanjem ljubičasto-plave i zelene boje nastaje zeleno-plava (engl. *cyan*), miješanjem ljubičasto-plave i crvene boje nastaje purpurna (engl. *magenta*), a miješanjem crvene i zelene boje nastaje žuta ili (engl. *yellow*). Konačno, miješanjem sva tri primara, dakle ljubičasto-plave, crvene i zelene boje, nastaje bijela. U aditivnoj sintezi se kreće od crne boje. Svaka se nijansa određene boje može dobiti miješanjem tri osnovne boje aditivne sinteze, ali se nijedna osnovna boja aditivne sinteze ne može dobiti miješanjem druge dvije osnovne boje (bilo koje vrste sinteze). Ako se sve sumira, postupak kombiniranja primarnih aditivnih podražaja koje nazivamo ljubičasto-plava, zelena i crvena boja, a koje istovremeno emitiraju primarni izvori svjetla u različitim omjerima i s različitim intenzitetima, naziva se aditivna sinteza odnosno aditivno miješanje boja i prikazano je na slici 29.



Slika 29: Aditivna sinteza

Suptraktivna sinteza (slika 30) polazi od bijelog svjetla, međutim u toj sintezi se bijelom svjetlu s pomoću filtra oduzimaju pojedini dijelovi spektra na način da se apsorbiraju. Suptraktivna sinteza se dešava kod promjene doživljaja boje prolaskom svjetla ili refleksijom svjetla s obojene ili pigmente površine. Suptraktivna sinteza je miješanje svjetlosnih podražaja pomoću selektivne adsorpcije, pri čemu postoji modulacija pojedinih komponenti boja izvan ljudskog oka. To se odnosi na miješanje obojenih otopina ili pigmenata u nekom supstitutu, djelovanje obojenih filtera ili otisnutih obojenih površina jedne preko druge, tako da oduzimaju upadnoj svjetlosti određene dijelove spektra. Primarne boje suptraktivne sinteze su: zeleno-plava, purpurna i žuta. Kao što je navedeno suptraktivna sinteza polazi od bijelog svjetla. Međutim u ovom se slučaju, kao što je navedeno bijelom svjetlu pomoću svojstava "filtra" oduzimaju pojedini dijelovi spektra. Tako žuti filter apsorbira ljubičasto-plavu dio spektra, purpurni filter apsorbira zeleni dio spektra, a zeleno-plavi filter apsorbira crveni dio

spektra. Totalnom suptraktivnom sintezom, kad se upotrijebe sva tri filtara nastaje crna boja, odnosno nema boje. Miješanjem dviju boja suptraktivne sinteze dobiti ćemo sekundarne boje suptraktivnog miješanja: miješanjem purpurne i žute dobivamo crvenu, miješanjem zeleno-plave i žute dobivamo zelenu, a miješanjem purpurne i zeleno-plave dobivamo ljubičasto-plavu. Sumirano se može napisati kako je suptraktivna sinteza postupak moduliranja vidljive svjetlosti koji se zasniva na apsorpiranju pojedinih područja valnih duljina koja odgovaraju nižim (S), srednjim (M) i višim (L) valnim duljinama, u različitim omjerima i intenzitetima, kako one ne bi mogle doći u ljudsko oko i izazvati osjećaj doživljaja pojedine boje.



Slika 30: Suptraktivna sinteza

Teorija boje obuhvaća mnogo definicija o korištenju boja, konceptima i dizajniranjima sa ispravnim načinom korištenja boja. Te definicije dovoljno su brojne i opširne, a i

mišljenja i primjeri načina korištenja boja, pa se teorija boja može navesti i kao grana znanosti o bojama i kao takva ima brojne knjige i priručnike koji sadržavaju to znanje. Ipak, u cijeloj toj teoriji, postoje tri osnovne kategorije koje mora poznavati svaki dizajner i koje su veoma korisne.

- kotač boja
- harmonija boja
- kontekst u kojem se boje koriste

5.1. Kotač boja

Kotač boja se može okarakterizirati kako neka vrsta alata koji se tradicionalno koristi u umjetnosti i dizajnu. Kao što se već u poglavlju o izvorima svjetlosti spomenulo, Isaac Newton je, nakon što je pomoću prizme uspio objasniti pravu ulogu svjetlosti kod percepcije boja, 1666. razvio prvi kružni prikaz boja u koji je stavio 7 boja, a koji je kasnije revidirao Johann Wolfgang Goethe, koji je svoj kružni prikaz ograničio na 6 boja. Radovi ova dva znanstvenika dovela su do istraživanja i sastavljanja brojnih kotača boja i može se reći kako je svaka verzija kotača boja ili kruga boja mjerodavan ukoliko su boje u njemu raspoređene na logičan način. Ako seciramo kotač boja koji koriste umjetnici, boje unutar njega možemo rasporediti u tri kategorije

- primarne boje
- sekundarne boje
- tercijarne boje

Primarne boje su crvena, žuta i plava koje u tradicionalnoj teoriji boja predstavljaju tri pigmenta koja se ne mogu dobiti miješanjem bilo kakve kombinacije drugih boja. Sve ostale boje se mogu izvesti iz ta tri tona. Sekundarne boje su zelena, narančasta i ljubičasta i one se dobivaju miješanjem primarnih boja. Tercijarne boje, žuto-narančasta, crveno-ljubičasta, plavo-ljubičasta, plavo-zelena i žuto-zelena, dobivaju se miješanjem jedne primarne i jedne sekundarne boje i stoga su i nazvane kao kombinacija imena boja od kojih su sastavljene.

5.2. Harmonija boja

Kad se spomene sam pojam harmonije, automatski se pomisli na nešto što je ugodno uređeno iz više dijelova. Ti dijelovi mogu biti note ili riječi u nekoj pjesmi, mirisi u nekom parfemu ili boje na nekoj slici. Kad se spominju boje, onda se njihova harmonija odnosi na raspoređenost boja koja je napravljena tako da je ta kompozicija oku ugodna i predstavlja izbalansirano vizualno iskustvo. Kad se nešto vizualno ne prezentira na harmoničan način, tada ljudima to izgleda ili dosadno ili kaotično. Kod dosadnog vizualnog iskustva ljudski mozak odbacuje informacije koje ga ne stimuliraju i tako se gledaoca vizualno ne stimulira. Kod kaotičnog korištenja boja, vizualno iskustvo je do te mjere preopterećeno pa gledatelj ne može to gledati. To se dešava stoga što je mozak preopterećen količinom boja koje ne može organizirati ni shvatiti i stoga takvo vizualno iskustvo odbacuje. Stoga se koristimo harmonijom kako bi stvorili balans boja, a to se može stvoriti logičnim strukturiranjem boja. Alat koji se koristi pri logičnom strukturiranju je kotač boja na način da se stvaraju odnosi među bojama u krugu, odnosno napravljeno je nekoliko formula pomoću kojih se stvara zadovoljavajuće vizualno iskustvo. Slijedi nekoliko koncepata, odnosno odnosa među bojama, koje imaju široku primjenu kod umjetnika i dizajnera[10].

- **Koncept komplementarnih parova** (slika 31)

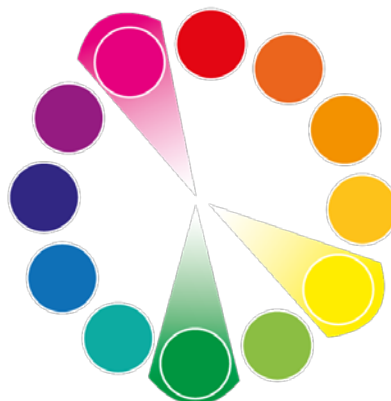
Komplementarne boje su ljubičasto-plava i žuta, zelena i purpurna, crvena i zeleno-plava, odnosno par boja koji se u kotaču boja nalazi nasuprot jedan drugome. Korištenjem takvih parova boja dobiva se najveći kontrast te se postiže vizualna vibracija koja na ljudski vizualni sustav djeluje uzbuđujuće.



Slika 31: Koncept komplementarnih parova

- **Koncept podijeljenih komplementara** (slika 32)

Iako se i ovaj koncept zasniva na korištenju komplementarnih boja, pošto se u njemu koriste tri boje, one se iz kotača boja izabiru na način da se odabere primarna boja i tad se ostale dvije boje izaberu tako da se identificira njezin komplementarni par i uzmu se dvije boje koje se tom komplementarnom paru nalaze najbliže, odnosno one koje su s njegove lijeve i desne strane. Time se prigušuje naglašeni kontrast te se korištenjem takvog koncepta boja postiže nešto profinjeniji izgled.



Slika 32: Koncept podijeljenih komplementara

- **Koncept dvostrukih komplementarnih parova** (slika 33)

Još jedan koncept na osnovi komplementarnosti boja, u njemu se izabiru četiri boje, odnosno dva komplementarna para. Problem nastaje ako se sve četiri boje

koriste u istoj mjeri pošto se komplementari naglašavaju, pa rezultat lako može biti previše neskladan.



Slika 33: koncept dvostrukih komplementarnih parova

- **Koncept analogne boje** (slika 34)

Kod njega se koriste dvije ili više boja koje se u kotaču boja nalaze jedna uz drugu i razmak među njima je ravnomjeran. Tada te boje imaju valnu dužinu koja je međusobno bliska. Rezultat je koncept boja koji nije napadan i ne opterećuje vizualni sustav.



Slika 34: Koncept analogne boje

- **Koncept trijada** (slika 35)

Trijade u ovom konceptu predstavljaju bilo koje tri boje koje su pravilno raspoređene po kotaču boja sa razmakom među bojama koji je jednak. Kad je

trijada sastavljena od primarnih boja, rezultat je kričav, stoga su sekundarne i tercijarne trijade puno prikladnije pošto je među njima kontrast znatno mekši. Najbolji rezultati, kod ovog koncepta, dobivaju se kada se dvije boje izaberu tako da primarna boja, koja čini treću boju trijade, bude zajednička sastavnica u mješavini kojom se te dvije boje dobivaju.



Slika 35: Koncept trijada

- **Monokromatski koncept** (slika 36)

Kako i samo ime govori, u ovom se konceptu koristi samo jedna boja. Koncept se stvara tako da se toj jednoj boji mijenja svjetlina i zasićenje kako bi se dobila prihvatljiva kombinacija boja koje su slične jedna drugoj.



Slika 36: Monokromatski koncept

5.3. Kontekst u kojem se boje koriste

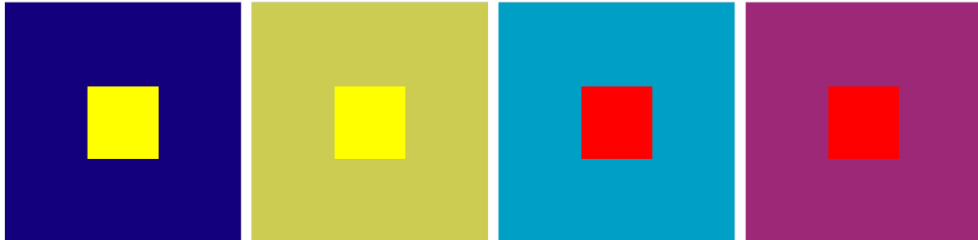
U ovoj kategoriji najviše se obraća pozornost na načine kako ljudski mozak interpretira boje, odnosno kako vizualni sustav percipira fizički stimulus koji je boja. Kao što je već spomenuto, mozak stimulus koji izaziva svjetlost koja dođe u oko filtrira i uzima samo ono što on smatra najvažnijim. U tom procesu filtriranja, mozak može u različitim uvjetima jednak podražaj protumačiti kao dva različita. To se dešava zbog utjecaja drugih podražaja ili zbog psihičkog kondicioniranja. Stoga i postoje dvije znanstvene discipline koje se bave dvama različitim mehanizmima koji u mozgu mogu utjecati na percepciju, a to su vizualna psihofizika i psihologija boja.

5.3.1. Vizualna psihofizika

Općenito, psihofizika kao znanstvena disciplina obuhvaća više različitih područja, kojima pripadaju istraživanja relacija između fizikalno determiniranog stimulusa i njima pripadajuće percepcije, odnosno osjeta koji ti stimulusi izazivaju. Ipak, u ovom radu interesantna je jedino psihofizika vizualne percepcije, koju je Gescheider 1985. godine definirao kao deskriptivnu znanost orijentiranu ka specifikiranju sposobnosti senzora normalnog ljudskog vizualnog sustava. No i veći dio vizualne psihofizike u ovom radu nije od veće važnosti, nego će biti spomenuti samo dio koji se odnosi psihofizikalne vizualne efekte kako bi se pokazao način na koji mozak može mijenjati karakteristike boja, ovisno o okruženju u kojem se nalaze.

Tako se psihofizikalni vizualni efekti mogu pojaviti ovisno o pozadini na kojoj se određena boja prezentira. Tri takva efekta su indukcija, nabiranje i proširivanje. Indukcija ili simultani kontrast je psihofizikalni vizualni efekt koji promjenom boje pozadine izaziva pomak pojavnosti boje nekoga stimulusa. Drugim riječima, svijetla pozadina uzrokuje pojačavanje, odnosno indukciju, karakteristika nekoga stimulusa tako da se on čini tamnijim, odnosno tamna pozadina inducira doživljaj na svojoj površini uslijed kojega se promatrani stimulus na njoj čini svjetlijim. Indukcija, kao pojava na određeni način potvrđuje jednu od teorija ljudske percepcije boja o nemogućnosti istovjetnoga doživljaja suprotnih parova boja. Osim akromatske indukcije koja se temelji na razlici u svjetlini između pozadine i primarnoga stimulusa poznati su i odnosi između kromatskih parova boja koje uzrokuju psihofizikalni vizualni efekt koji nazivamo kromatska indukcija. Ona je najizraženija kod komplementarnih boja pa tako

ljubičasto-plava boja pozadine inducira doživljaj žutog stimulusa koji se nalazi na njenoj površini, zeleno-plava pozadina inducira doživljaj crvenog stimulusa na svojoj površini dok purpurna boja pozadine inducira doživljaj zelenoga stimulusa na svojoj površini. Navedene relacije vrijede i u suprotnim slučajevima, odnosno u situacijama zamjene položaja navedenih primarnih stimulusa i pozadina.



Slika 37: Kromatska indukcija

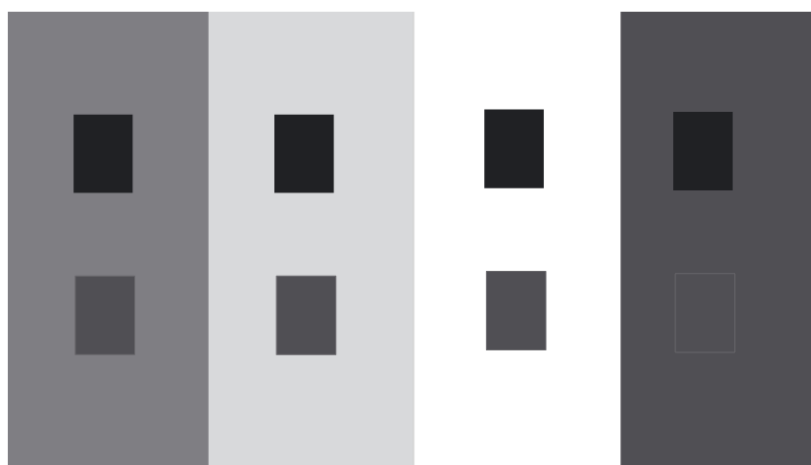
izvor: <http://claroline.velv.hr/claroline/claroline/document/document.php>

Robertson je 1996. godine prezentirao zanimljiv primjer kromatske indukcije koji djelomično rasvjetljava kompleksnost prirode ovoga fenomena (slika 37). Crvene kvadrate i zeleno-plave kvadrate okružio je sa istovjetnim kromatičnim rubom (dvije žute i dvije plave rubne linije za svaki kvadrat). Iz navedenog slučaja vidljivo je kako je simultani kontrast prezentiranih stimulusa ovisan više o prostornoj strukturi i samom obliku, nego o lokalnim kromatskim karakteristikama pozadine odnosno rubova. Josef Albers je u svojem djelu "Interakcija boja" iz 1963. godine istraživao različite aspekte indukcije (simultanoga kontrasta), s ciljem usmjeravanja umjetnika i dizajnera na izbjegavanje zamki koju taj vizualni efekt postavlja, ali i na iskorištavanje njegove prednosti. Albersov model prezentacije efekta kromatske indukcije, prikazan na slici 38, napravljen je tako da linije koje formiraju slova "X" psihofizički se zbog pozadine doživljavaju drugačijima, no u stvari su istovjetnoga obojenja tj. istovjetne fizikalne karakteristike. To je vidljivo ukoliko se promotri njihovu dodirnu točku na donjem dijelu granica njihovih pozadina.



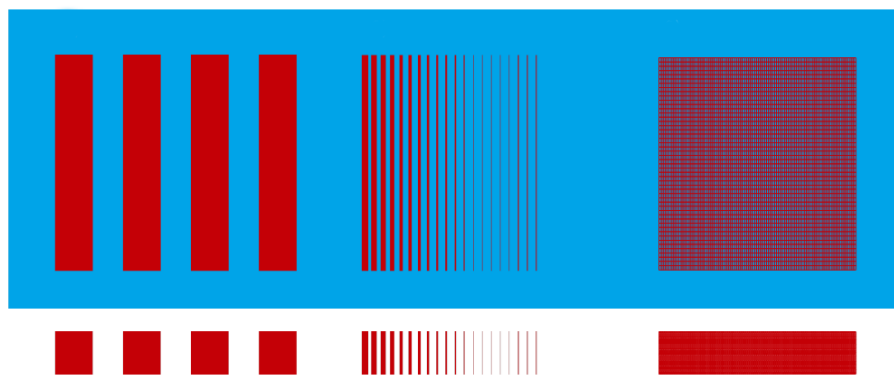
Slika 38: Albersov model kromatske indukcije
 izvor: <http://claroline.velv.hr/claroline/claroline/document/document.php>

Nabiranje (engl. *crispning*) je psihofizikalni vizualni efekt koji je u velikoj mjeri povezan s indukcijom. Nabiranje je efekt povećanja u prividnoj jačini intenziteta doživljaja boje između stimulusa dvije boje koje se uspoređuju, a koji se javlja kada je pozadina na kojoj se navedeni stimulusi uspoređuju vrlo slična doživljaju boje samih stimulusa, kao što je to pokazano na slici 39. Različite percepcije događaju se i prilikom uspoređivanja istovjetnih odnosa između stimulusa kromatskih karakteristika na pozadinama koje su perceptualno slične samim stimulusima. Uključivanjem efekta kromatske adaptacije i kromatske indukcije dobiva se psihofizikalni vizualni efekt koji se naziva kromatska asimilacija, kromatsko nabiranje ili globalna kromatska indukcija temeljen na lokaliziranoj kromatskoj adaptaciji.



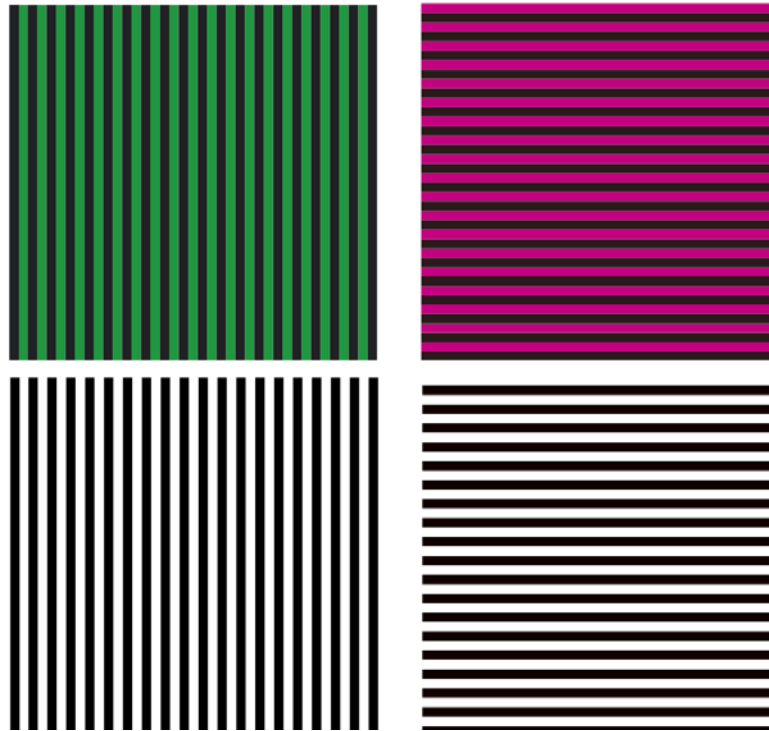
Slika 39: Vizualni efekt nabiranja
 izvor: <http://claroline.velv.hr/claroline/claroline/document/document.php>

Kada se u vidnom polju pozadine koja se promatra poveća učestalost pojavljivanja određenoga istovjetnog stimulusa ili taj stimulus svojom veličinom postaje manji, efekt indukcije polako se gubi i preko efekta koji nazivamo asimilacija zamjenjuje efektom koji nazivamo proširivanje (engl. *spreading*). Proširivanje je psihofizikalni vizualni efekt prividnog miješanja primarnog stimulusa boje sa svojom pozadinom (slika 40). Efekt proširivanja smatra se potpunim ukoliko je širina vidnog polja te udaljenost između promatrača i pozadine sa stimulusom tolika da dolazi do njihovoga stapanja, odnosno točke kada se stimulus i pozadina ne mogu razlikovati. Tako stopljeni stimulusi, tada se promatraju kao jedan jedinstveni.



Slika 40: Vizualni efekt proširivanja
izvor: <http://claroline.velv.hr/claroline/claroline/document/document.php>

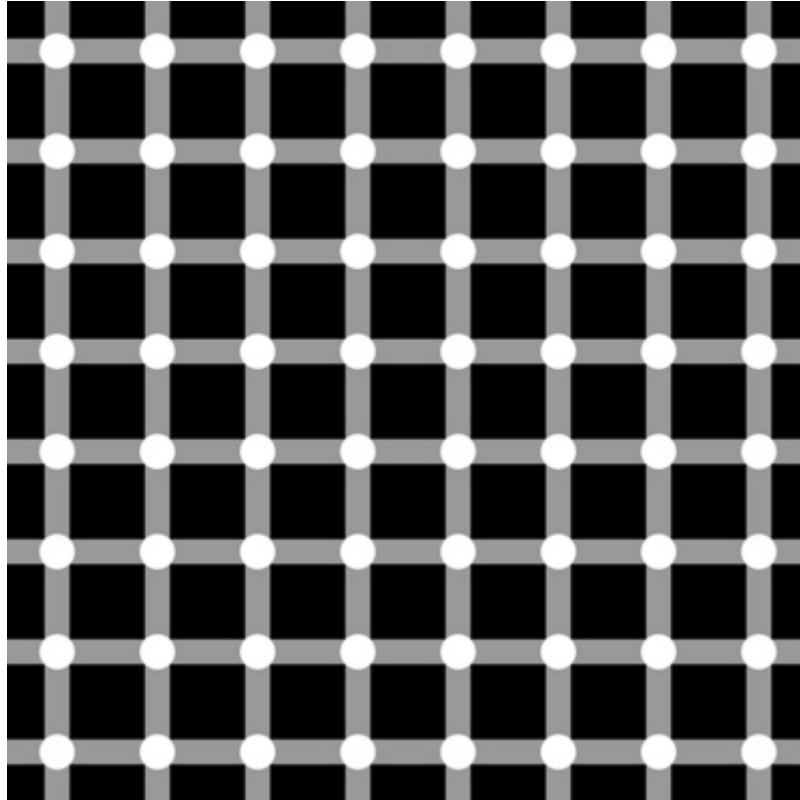
Jedan od najčešće analiziranih, ali još uvijek nerazjašnjenih geometrijsko-strukturalnih adaptacijskih psihofizikalnih vizualnih efekata je McCollough efekt, prikazan na slici 41, koji je po prvi put opisan u časopisu "Science" iz 1965. godine u sklopu članka Celeste McCollough pod nazivom "Color adaptation of edge-detectors in the human visual system". McCollough je otkrila postojanje geometrijsko-strukturalnog adaptacijskog efekta determiniranog smjerom, organizacijom i orijentacijom linija u percepcijskom polju. Efekt se javlja nakon određenog naizmjeničnog promatranja sustava okomitih linija na narančastoj podlozi i sustava horizontalnih crnih linija na plavoj podlozi u vremenskom trajanju od otprilike 2 do 4 minute. Nakon navedenog vremenskog perioda, ispitanicima se paralelno prezentiraju sustavi istovjetnih horizontalnih i vertikalnih crnih linija na bijeloj podlozi. Velika većina ispitanika između crnih linija na mjestima koje odgovaraju bijeloj podlozi percipirati će nijanse prethodnih podloga.



Slika 41: McColloughov efekt

izvor: <http://claroline.velv.hr/claroline/claroline/document/document.php>

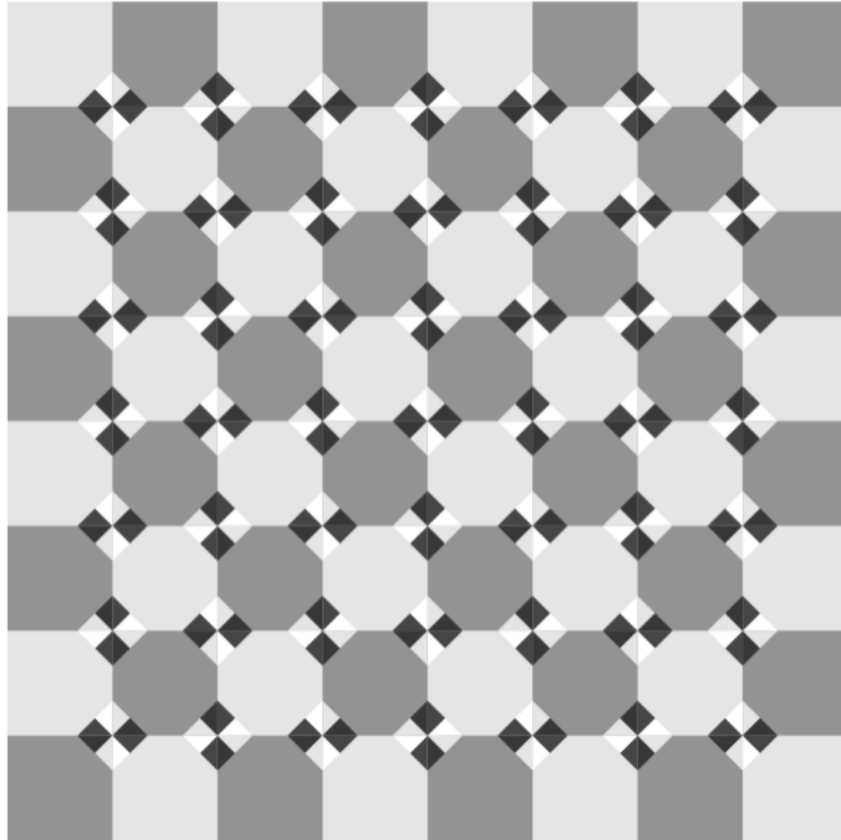
Efekt Hermannove rešetke (slika 42) još je jedan od geometrijsko-strukturalnih adaptacijskih efekata čija je manifestacija ovisna o geometrijskoj strukturi i perceptualnoj organizaciji unutar vidnoga polja na kojima se temelji lateralna inhibicija koja uzrokuje percepciju nepostojećih tonova na sjecištima zadanih geometrijskih struktura, odnosno sustava crnih horizontalnih i vertikalnih linija. Danas gotovo jedino postojeće, ali i najprihvaćenije objašnjenje efekta Hermannove rešetke naziva se Baumgartnerov model koji pretpostavlja da navedeni efekt nije isključivo ovisan o smjeru geometrijski pravokutne strukture pojedinih elemenata kao što je slučaj kod McColloughovog efekta, već da postoji i utjecaj lateralne inhibicije temeljene na kontrastu u područjima prividnih sjecišta geometrijskih struktura. Efekt se generira u navedenim područjima sjecišta na temelju odaziva ganglijskih skupina osjetilnih stanica unutar vidnog organa, koje imaju koncentrična receptivna polja suprotnih karakteristika.



Slika 42: Hermannova rešetka
izvor: <http://claroline.velv.hr/claroline/claroline/document/document.php>

Efekti koji induciraju iluziju kretanja su posebna skupina geometrijsko-strukturalnih psihofizikalnih vizualnih efekata čija konfiguracija izaziva iskrivljenje percepcije u polju promatranih stimulusa uslijed koje promatrač doživljava kretanje elemenata koji su u osnovi stacionarni. Geometrijsko-strukturalni efekti koji induciraju iluziju kretanja posljedica su još uvijek većim dijelom nerazjašnjenih neuspjeha našeg vizualnog sustava koji se javljaju u interpretaciji niza kompleksnih karakteristika stimulusa. U prvom redu to se odnosi na različitost u vremenu procesiranja određenih karakteristika stimulusa unutar našeg mozga, periferna retinalna percepcija te vidno polje izvan fokusa, lateralna inhibicija, neregistrirane karakteristike stimulusa, dinamička kromatska aberacija, krivo registrirane/interpretirane karakteristike i slično u određenom vidnom polju. Najčešći uzroci nastajanja geometrijsko-strukturalnih efekata iluzije kretanja, poput onog na slici 43, su kombiniranje odabranih geometrijskih struktura različitih prostornih frekvencija, pri čemu je ustanovljeno da prilikom kombinacija dvaju površina različitih frekvencija ona koja ima veću učestalost ponavljanja, se u većoj mjeri "kreće" u odnosu na površinu koja ima manju učestalost

ponavljanja. Većina "spiralnih" iluzija kretanja, uz geometrijsko strukturalne karakteristike, uzrokovana je upravo opisanim karakteristikama frekvencije stimulusa u vidnom polju.



*Slika 43: Kitaokin efekt Noshi koji inducira iluziju kretanja
izvor: <http://claroline.velv.hr/claroline/claroline/document/document.php>*

5.3.2. Psihologija boja

Ljudsko oko i mozak omogućavaju ljudima da boje dožive fizičkoj, mentalnoj i emocionalnoj razini. Kao rezultat toga, ljudi su kroz stoljeća bojama pridodali značenje koje je često stvar dogovora unutar neke kulture pa se, stoga, mišljenja o značenjima određenih boja razlikuju, a ponegdje imaju i potpuno suprotno značenje. Stoga se u tabelama br.1 i br. 2 prikazuju razne razine interpretacije boje na emocionalnoj razini, s čim se boje povezuju, pozitivne i negativne konotacije, ovisnosti značenja o kulturi i zanimljivosti povezane sa specifičnom bojom.[9, 10, 11]

Tabela 1: Značenja povezana s bojama

boja	povezana sa	pozitivno	negativno
crvena	vatra krv seks	strast	
		ljubav	agresija
		krv	srdžba
		energija	borba
		entuzijazam	revolucija
		uzbuđenost	okrutnost
		toplina snaga	nemoral
žuta	svijetlost	intelekt	
		mudrost	ljubomora
		optimizam	kukavičluk
		zračenje	prevara
		radost	oprez
		idealizam	
plava	more nebo	znanje	
		smirenost	depresija
		mir	apatija
		muževnost	hladnoća
		inteligencija	otuđenost
		pravda	
		odanost	
zelena	biljke prirodno okruženje	plodnost	
		novac	pohlepa
		rast	ljubomora
		ozdravljenje	mučnina
		uspjeh	otrov
		priroda	raspadanje
		harmonija	neiskustvo
		iskrenost	
		mladost	
ljubičasta	uzvišenost duhovnost	luksuz	pretjeranost
		mudrost	prekomjernost
		mašta	ludost
		sofisticiranost	okrutnost

		inspiracija bogatstvo plemstvo misticizam	
narančasta	jesen citrusno	kreativnost jedinstvenost energija stimulacija društvenost zdravlje aktivnost osvježavajuće	glasnoća pomodarstvo grubost
crna	noć smrt	snaga autoritet sofisticiranost elegancija formalnost ozbiljnost misterij	strah negativnost skrovitost zlo praznina žaljenje oplakivanje
bijela	svijetlo čistoća	savršeno vjenčanje čistoća nevinost istina jednostavnost mekoća	izolacija krhkost
siva	neutralnost	balans sigurnost pouzdanost skromnost inteligencija mudrost zrelost	nesigurnost dosada starost neodlučnost loše vrijeme tuga

Tabela 2: Kulturološki uvjetovana značenja boja i zanimljivosti

boja	kulturne razlike	zanimljivost
crvena	<p>Obala Bjelokosti, Afrika</p> <ul style="list-style-type: none"> • tamno crvena označava smrt <p>Francuska</p> <ul style="list-style-type: none"> • muževnost <p>Većina Azije</p> <ul style="list-style-type: none"> • brak, izobilje, sreća <p>Indija</p> <ul style="list-style-type: none"> • vojnički simbol <p>Južna Afrika</p> <ul style="list-style-type: none"> • boja oplakivanja 	<ul style="list-style-type: none"> • vizualno najdominantnija boja • sugerira brzinu, akciju • stimulira brzinu kucanja srca, disanja i apetit • ljudi izgledaju teži u crvenoj odjeći • crveni auti se najčešće krađu
žuta	<p>Budističke kulture</p> <ul style="list-style-type: none"> • svećenici nose žute halje <p>Egipat i Burma</p> <ul style="list-style-type: none"> • boja oplakivanja <p>Indija</p> <ul style="list-style-type: none"> • simbol trgovca ili poljoprivrednika <p>Hindu kulture</p> <ul style="list-style-type: none"> • boja odjeće za festivala proljeća <p>Japan</p> <ul style="list-style-type: none"> • povezuje se s hrabrošću 	<ul style="list-style-type: none"> • boja koju oko najprije zamjećuje • svjetlija od bijele • ubrzava metabolizam • svijetlo žuta boja najbrže umara oko • blijedo žuta može povećati koncentraciju
plava	<p>Većina svijeta</p> <ul style="list-style-type: none"> • smatra se muževnom bojom <p>Kina</p> <ul style="list-style-type: none"> • boja djevojčica <p>Iran</p> <ul style="list-style-type: none"> • boja oplakivanja <p>Diljem svijeta</p> <ul style="list-style-type: none"> • najpopularnija korporativna boja 	<ul style="list-style-type: none"> • plava hrana je rijetka u prirodi, smanjuje apetit i glad • uzrokuje proizvodnju kemijskih spojeva koji smiruju • ljudi su produktivniji u plavim sobama • plava odjeća često simbolizira odanost ili povjerenje
zelena	<p>Islam</p> <ul style="list-style-type: none"> • povezuje se s Rajem i simbolična je za Islam <p>Keltske kulture</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zeleni čovjek je bio bog plodnosti 	<ul style="list-style-type: none"> • ne napreže oči • smirujuća i osvježujuća boja • zeleno znači kreni, sve je u redu • pomaže probavi i smanjuje bolove u želucu

ljubičasta	<p>Latinska Amerika</p> <ul style="list-style-type: none"> • simbol za smrt <p>Tajland</p> <ul style="list-style-type: none"> • nose udovice <p>Japan</p> <ul style="list-style-type: none"> • označava ceremoniju, prosvijetljenost i arogantnost 	<ul style="list-style-type: none"> • rijetka u prirodi, dojam umjetnoga • u povijesti, ljubičasta bojila su bila skupa pa ih je koristilo samo plemstvo i bogati • potiče maštu
narančasta	<p>Irska</p> <ul style="list-style-type: none"> • boja protestantskog pokreta <p>Kulture američkih Indijanaca</p> <ul style="list-style-type: none"> • povezana s učenjem <p>Indija</p> <ul style="list-style-type: none"> • označava hinduizam 	<ul style="list-style-type: none"> • pojačava apetit • narančaste sobe potiču razmišljanje i razgovor • ostavlja dojam zabave i prijateljstva • pojačava vidljivost
crna	<p>Kina</p> <ul style="list-style-type: none"> • boja za dječake <p>Azija</p> <ul style="list-style-type: none"> • povezana s karijerom, znanjem, oplakivanjem i pokorom <p>Američka, europska i japanska mladež</p> <ul style="list-style-type: none"> • boja buntovnosti 	<ul style="list-style-type: none"> • ljudi izgledaju mršavije u crnoj odjeći • crni humor je morbidan • posvjetljuje ostale boje • povezuje se s tajnim društvima
bijela	<p>Japan i Kina</p> <ul style="list-style-type: none"> • pogrebna boja <p>Cijeli svijet</p> <ul style="list-style-type: none"> • bijela zastava je znak primirja <p>Indija</p> <ul style="list-style-type: none"> • udane žene u bijeloj odjeći prizivaju nesreću 	<ul style="list-style-type: none"> • savršeno balansirana boja • toliko svijetla da neki dobivaju glavobolju • podsjeća na bogove i anđele
siva	<p>Azija</p> <ul style="list-style-type: none"> • označava ljude koji pomažu i putovanje <p>Amerika</p> <ul style="list-style-type: none"> • simbol industrijalizma 	<ul style="list-style-type: none"> • rijetko izaziva jake emocije • balans između crne i bijele • sama je sebi komplementarna

Iz prethodnih tabela može se iščitati kako se bojama pridodaju različita značenja, ali i dvije različite boje mogu imati isto značenje. Također se može zaključiti kako su individualna značenja dobivena zaključkom i još ne postoji znanstveni način koji bi uspješno dokazao da jedna boja utječe na većinu ljudi na identičan način. Činjenica je kako se ljudski odaziv i percepcija boja može kondicionirati i naučiti, a to je osobito ovisno o kulturi u kojoj se odrasta. Primjerice, u Kini se plava boja smatra prikladnom za djevojčice, a crna boja za dječake, a u zapadnjačkim kulturama, kada se sazna spol djeteta, uvriježeno je da se za žensko dijete kupuju ružičaste stvari, dok se za muško dijete kupuju svijetlo plave stvari. U zapadnjačkoj kulturi bi djevojčica obučena u plavo bila iznimka, no ipak društvo ne bi na to gledalo neodobravanjem, dok bi crna boja na dječaku od godinu dana vjerojatno bila prihvaćena s neodobravanjem, tj. ljudi bi ju smatrali neprikladnom.

Postoji mnogo znanstvenika koji su se bavili pitanjem utjecaja boje na ljude na psihološkoj razini te da li se može bojama utjecati na ljudsko ponašanje i, pogotovo, poboljšati njihova efikasnost i produktivnost. Iz svih istraživanja se dolazi do zaključka kako su boje s većom valnom duljinom stimulativne (crvena i nešto manje žuta), potiču na razmišljanje i individualne osobe potiču na interakciju s okolinom, dok boje s manjom valnom duljinom (zeleno i nešto manje plavo) djeluju smirujuće i potiču povlačenje u sebe. Te zaključke, znanstvenici su, u odnosu na produktivnost na radu, povezali s Yerkes-Dodsonovim zakonom koji pokazuje kako stupanj općeg uzbuđenja utječe na radni učinak, odnosno na uspjeh kad se radi aktivnost u kojoj je potrebna preciznost. Finalni zaključci tog zakona su kako učinak osobe pri nekoj aktivnosti raste s porastom emocionalne angažiranosti, no kad se optimalna razina prijeđe i osoba se nađe u zoni pretjerane uzbuđenosti, tada učinak rapidno pada. Povezanost tog zakona s bojama se manifestira tako da stimulativne boje mogu negativno utjecati na učinak u radu, pogotovo kad se od radnika očekuje preciznost i efikasnost. Biološka proučavanja utjecaja boja otkrila su naznake da svijetlo koje ulazi kroz oči indirektno utječe na hipotalamus koji zatim utječe na hipofizu, endokrinu žlijezdu koja upravlja izlučivanjem mnogih hormona, a koji znatno mogu utjecati na emotivno stanje čovjeka. Iako ne postoji nijedno istraživanje koje nepobitno dokazuje utjecaj neke boje na emotivno stanje kod prosječnog čovjeka, vjerojatno iz tog razloga što ljudska reakcija na boju nije jednostavna i ne može se jednoznačno ispitivati standardnim znanstvenim

načinom, ipak je dokazano kako se neke općenite reakcije na boje mogu primijeniti na veći broj ljudi. Te reakcije mogu biti naučene ili rezultat neki osobnih iskustava ili rezultat fizičkog razvoja.

Od rođenja pa do treće godine, djeca prije zamjećuju jarke boje i preferiraju ih u odnosu na pastelne boje. Stoga je i teško naći igračku koja nije neke boje velikog intenziteta, a i sve televizijske emisije namijenjene djeci do 3 godine, veoma su živih boja, pretežito crvenih, žutih, narančastih, ružičastih, purpurnih, a povremeno i jarko zelenih tonova. Već nakon druge godine života, a najkasnije oko šeste godine, počinje razvoj vizualnog sustava koji tada sve preciznije i raznovrsnije razlikuje boje. Taj razvoj se nastavlja do petnaeste godine života kad mladi dosegnu stupanj preciznog raspoznavanja boja poput odraslih ljudi. Vrhunac raspoznavanja boja ljudi dosegnu između dvadesete i tridesete godine života, i tad slijedi smanjenje raspoznavanja pa se do šezdesete godine života primjećuje smanjenje preciznosti raspoznavanja boja kod odgovarajućih testova čak i za 70%. To se objašnjava promjenama na leći u oku koja lagano požuti pa stoga u plavom dijelu spektra stariji ljudi teže percipiraju suptilne razmake u tonovima. U osnovi se, djelomično zbog promjena u oku, djelomično zbog kondicioniranja i naučenih reakcija, preferencija naspram boja mijenja kroz godine, od zasićenih, primarnih boja u mladosti, preko preferiranja boja kraćih valnih duljina, poput zelene i plave, u srednjim godinama (neki znanstvenici navode kako je redoslijed boja koje odrasli ljudi preferiraju plava, crvena, zelena, ljubičasta, narančasta i žuta) pa sve do preferencije svijetlih boja naspram blijedih pastelnih između 65-te i 90-te godine života.

Neka od zanimljivijih istraživanja o reakciji ljudi na boje pokazala su kako ljudi u sobi obojenoj crvenom bojom imaju dojam kako vrijeme protječe brže nego što zaista protječe, dok u sobi obojenoj zelenom smatraju kako vrijeme protječe sporije. Također je jedno drugo istraživanje pokazalo kako su se radnici koji su dizali kutije obojene crnom bojom, žalili na njihovu težinu, no kad su dizali kutije iste težine, samo obojene zelenom bojom, percipirali su ih znatno lakšima. Zanimljivo kako se već u srednjem vijeku primijetio emocionalni utjecaj boja na ljude. Naime most Blackfriar u Londonu, za vrijeme kad je bio obojen u crno, bio je omiljeno mjesto za samoubojice, no broj samoubojica znatno se smanjio kad se most obojio u zeleno. Tako se također istražuje i način na koji boje mogu utjecati na zdravlje pacijenata koji boluju od različitih bolesti.

Najduže se ispituje utjecaj boja na mentalno zdravlje pacijenata. Ranih četrdesetih godina 20. stoljeća Cecil Stokes snimio je filmove koje je on nazvao Auroratorne filmovi i oni su korišteni u liječenju mentalno bolesnih pacijenata. U tim filmovima prikazivani su apstraktni oblici obojeni punim bojama koji su se prelijevali jedan u drugi, a kao tonska pozadina poslužile su pjesme Binga Crosbyja. Utjecaj tih filmova na mentalno bolesne pacijente proučavali su i dokumentirali Herbert E. Rubin i Elias Katz koji su primijetili kako je većina pacijenata, koji su se borili s depresijom, postajala dostupnijima i otvorenijima pa se time omogućila komunikacija pacijenta i psihijatra, koja je prethodno bila bojkotirana od strane pacijenata. No s bojama se nije eksperimentiralo samo kod mentalno bolesnih pacijenata. Tako je primijećeno kako plavo svijetlo pozitivno utječe kod novorođenačke žutice te je stoga u današnje doba plavo svijetlo uobičajeno kod liječenja. Kod pacijenata koji boluju od Parkinsonove bolesti, kroz jedno istraživanje, primijećeno je kako prisutnost crvene boje pogoršava simptome, dok ih prisutnost zelene boje naočigled smanjuje. 2007. je provedeno jedno istraživanje nazvano "Color and Psychological Functioning: The Effect of Red on Performance Attainment". U njemu je grupa znanstvenika istraživala utjecaj crvene boje na preciznost rješavanja intelektualnih zadataka poput rješavanja anagrama ili različitih vrsta testova inteligencije. U nekoliko različitih eksperimenata, podvrgnuli su studente kratkim i naočigled nevažnim podražajima različitih boja te su izmjerili njihov realan utjecaj na performanse studenata kod rješavanja logičkih zadataka. Tako su u jednom eksperimentu studente podijelili u tri skupine. Sve tri skupine rješavale su iste logičke zadatke, jedina razlika je bila što su u jednoj skupini studenti morali u gornji desni kut svakog papira na kojem su rješavali zadatke (osim naslovnog lista) upisati sebi pridodanu šifru kemijskom olovkom s crvenom tintom, druga skupina je šifru na identičan način upisivala kemijskom olovkom sa zelenom tintom, dok je posljednja skupina šifru upisivala kemijskom olovkom s crnom tintom. U drugom eksperimentu studenti su ponovno rješavali logičke zadatke podijeljeni u tri skupine te je od njih zahtijevano da prije početka rješavanja zadataka pročitaju naslov ispita koji je bio otisnut crnom bojom na bijeloj stranici papira. Kod jedne skupine naslov ispita bio je okružen pravokutnikom crvene boje, u drugoj skupini naslov je bio okružen pravokutnikom identične veličine, no zelene boje, a u trećoj je pozadina bila bijela. Rezultati te kratke i naoko nebitne stimulacije zanimljivi su. U oba eksperimenta (a i u

dodatnima koji su slijedili isti princip stimulacije bojama), primijećeno je kako kod kondicioniranja zelenom i neutralnom bojom (crna, bijela ili siva) ne postoji neka znatna razlika u broju točno riješenih zadataka. No kod kondicioniranja crvenom bojom primijećeno je kako su studenti u svakom eksperimentu primjetno lošije rješavali ispite. Cijelo to zanimljivo ispitivanje pokazalo je ono što su znanstvenici koji se bave psihologijom boja odavno pokazali, a to je da upravo crvena boja najburnije djeluje na ljude na psihološkoj i emocionalnoj razini. No još uvijek postoji individualnost osoba koje se, primjerice, stojeći pred crvenim zidom mogu osjećati inspirirano, a druge se mogu osjećati uznemireno. Takve oprečne reakcije znanstvenici još uvijek nisu uspjeli objasniti.

6. BOJA U DIGITALNIM MEDIJIMA

Slika u boji je u digitalnom dobu već odavno postala norma te se praktički ne koriste zaslone koji ih ne mogu prikazivati. Tek se nova i inovativna tehnologija elektroničke tinte većim dijelom koristi za prikaz sadržaja u crno-bijelom, odnosno u sivoj skali, iako je krajem 2010. predstavljena nova generacija komercijalnih zaslona zasnovanih na tehnologiji elektroničke tinte pa se može kroz dogledno vrijeme očekivati sve češće korištenje zaslona s elektroničkom tintom u boji. Danas postoji nekoliko tehnologija pri izradi zaslona u boji pa stoga zaslone možemo podijeliti na[13]:

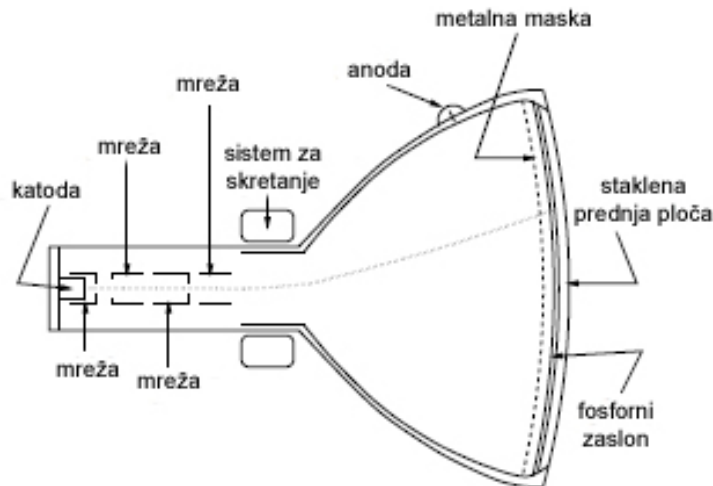
- CRT zaslone
- LCD zaslone
- PDP zaslone
- elektroluminiscentne zaslone (LED, OLED, PLED, ELD)

Svi ti zaslone prikazuju sliku na način da električne signale pretvaraju u slikovni zapis, pri čemu svaki zaslon ima svoj način na koji vrši tu pretvorbu. Kod svih zaslona slika ne traje znatno duže od podražaja koji vrše električni signali pa se slika koja je reproducirana na zaslonu naziva i meka kopija (suprotno od tvrde kopije koja se reproducira tiskarskim procesima). Još jedna značajka je zajednička svim zaslonima, a ta je da za prikaz slike u boji na zaslonu koriste aditivnu sintezu.

6.1. CRT zaslone

Zaslone zasnovani na tehnologiji koju je izumio Ferdinand Braun 1897. godine, u današnje se vrijeme, iako tehnologija koju su mnogi proglasili mrtvom, može još uvijek naći u mnogo kućanstava. CRT kratica dolazi od engleskog naziva *Cathod Ray Tube* koji se odnosi tehnologiju pomoću koje se proizvodi slika, odnosno katodnu cijev. Tipični CRT zaslon sastoji se od sistema koji stvara elektronsku zraku i ubrzava ju, sistema koji skreće tu zraku, metalne maske i fosfornog zaslona, a svi ti elementi su zatvoreni u vakumiranu cijev. Slika se stvara na način da producirana i fokusirana zraka

elektrona, koju skreće elektromagnetsko polje tako da ju linijski pomiče po cijeloj širini zaslona tako da može stvoriti raster, udara u zaslon presvučen fosforom koji zasvijetli ovisno o energiji koja udara u sloj (slika 44). Taj način stvaranja slike se naziva još analognim načinom pošto se boje i prikaz na zaslonu može prikazati kao val te se ne koriste pikseli za prikaz slike.



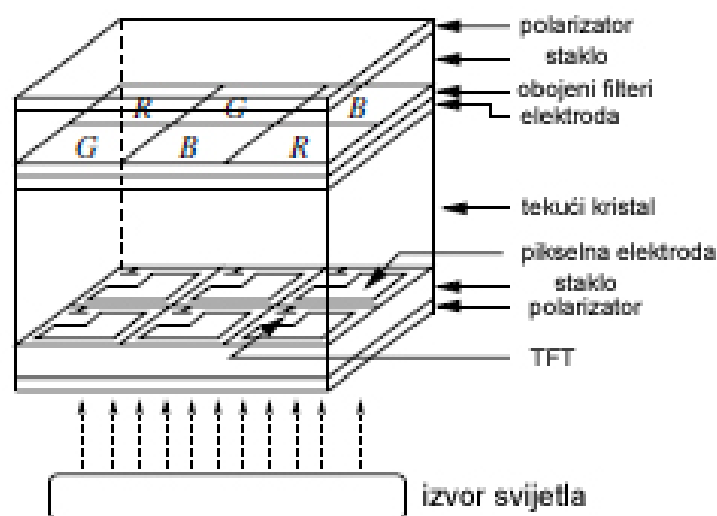
Slika 44: Katodna cijev
izvor: Lee, H. C. (2005). *Introduction to Color Imaging Science*

CRT zaslone još uvijek u nekim slučajevima koriste grafički dizajneri jer imaju superiorniji prikaz kontrasta i dubine boje, iako se kod novijih LCD i drugih zaslona koji koriste digitalne tehnologije ta razlika više ne vidi u tolikoj mjeri. Najveći razlog zbog čega se CRT zaslone više praktički ne proizvode su njihova veličina i težina te količina električne struje koju koriste kako bi proizveli sliku.

6.2. LCD zaslone

Zaslone zasnovani na tehnologiji tekućih kristala (engl. *Liquid Crystal Display* - LCD), trenutno su najpopularniji kod prosječnog korisnika, te su stoga i najrasprostranjeniji. Razlozi zbog kojih su oni preuzeli primat na tržištu od CRT zaslona su manja težina, veći zaslone i manja potrošnja energije, a i kvaliteta slike se drastično poboljšala od početka 2000. godina.

LCD zasloni dolaze u mnogo varijanta i podtehnologija koje su pretežito određene strukturama matrica i načinima kako se tekući kristali kreću. Najprodavanija i najprisutnija varijanta je TFT (od engl. *thin-film transistor*), TN (od engl. *twisted nematic*) LCD zaslon s aktivnom matricom. Molekule tekućih kristala nalaze se između dvije staklene ploče, gornje i donje, prema kojima se orijentiraju (slika 45). Orijentacija je drugačija kod gornje staklene ploče nego kod donje staklene ploče. Orijentacija se među dvije staklene ploče postepeno izvija iz jednog smjera u drugi i iz te pojave dolazi i naziv *twisted* (engl. *to twist* - izviti). Na vanjskoj strani svake staklene ploče nalaze se polarizatorske ploče, polarizirane ovisno o smjeru u kojem se izvijaju tekući kristali na toj strani. Svijetlo prolaskom kroz takav sistem postaje polarizirano, a tu polarizaciju postepeno izvijaju molekule tekućih kristala tako da kad svijetlo stigne do donje ploče ima pravilnu polarizaciju te može izaći kroz donju staklenu i polarizacijsku ploču. Svijetlo se tako transmitira kad sistem nije priključen na električnu energiju, a, ovisno o voltaži kojoj se izlože gornja i donja ploča, molekule tekućih kristala se polariziraju i stvaraju dipole koji se orijentiraju u smjeru električnog polja. Stoga se polarizirano svijetlo ne izvrće ili se izvrće samo djelomično i zraka svjetlosti ne prolazi ili prolazi samo djelomično kroz donju staklenu i polarizatorsku ploču. Tako se taj sustav, odnosno ćelija koju tvore staklene ploče s tekućim kristalima, kad ne propušta svjetlost nalazi u crnom stanju, a kad propusti svu svjetlost, tada se nalazi u bijelom stanju. Tako opisana ćelija predstavlja jedan piksel, a mnogo piksela posloženih u mrežu stvara sliku.



Slika 45: LCD ćelija
 izvor: Lee, H. C. (2005). *Introduction to Color Imaging Science*

Najveći nedostatak ovako opisane tehnologije je kut pod kojim se zaslon može promatrati, a da slika ne postane tamnija sve do neprepoznatljivosti i taj kut je trenutno standardno oko 135° . Ipak postoje tehnologije unutar LCD zaslona koje mogu zamijeniti TN tehnologiju, poput IPS ili PVA tehnologije i koje se uspješno nose s problemom kuta gledanja, no te tehnologije su skuplje od TN.

6.3. PDP zasloni

Zasloni koji koriste plazmu (engl. *plasma display panel*), odnosno električno nabijene ione plinova, svoju tehnologiju zahvaljuju fluorescentnim i neonskim žaruljama. Iako su takve žarulje već dugo vremena na tržištu, PDP tehnologija je predstavljena početkom 2000-tih. Krasi ju veoma kvalitetni prikaz slike na zaslonu te se može očekivati preuzimanje dijela tržišta od LCD zaslona. U osnovi ove tehnologije su neonska svjetla koja predstavljaju svaki piksel. Svaka ćelija je napunjena inertnim plinom koji se nalazi između dvije elektrode od kojih je jedna transparentna za svjetlo. Kad se povećava voltaža između te dvije elektrode, elektroni dobivaju energiju kojom zatim u kolizijama pobuđuju atome plina i to se dešava sve do točke kad je taj proces samoodrživ. Daljnjim povećanjem dolazi do negativnog otpora i u tom trenutku plinska plazma počinje svijetliti. Spektralni sastav tog svjetla ovisi o sastavu plina.

6.4. Elektroluminiscentni zasloni

Mnogo je novih tipova zaslona u boji koji sami zrače i većina od njih ovisna je o vanjskom izvoru energije koja se zatim pretvara u fotone. Kod elektroluminiscentnih zaslona događa se pojava nazvana luminiscencija gdje pomoću električne energije neki materijal emitira fotone tako da ne proizvode toplinsku energiju, već se kroz električna polja stvara svjetlo. LED svjetla (engl. *light emitting diode*) su veoma obećavajući izvori svjetla koji se sve više koriste zbog svoje iznimno male potrošnje energije pri stvaranju svjetla. Tipična LED svjetla izrađuju se od neorganskih poluvodičkih materijala poput kristala silicija i galija, i kako bi se mogao napraviti korisni zaslon u boji visoke rezolucije potrebno je na mali prostor stisnuti desetke tisuća LED svjetla.

Prva primjena LED tehnologije kod komercijalne primjene na tržištu zaslona desila se u kombinaciji sa LCD tehnologijom, gdje je standardno pozadinsko osvjetljenje pomoću hladne katode (elektrode koja emitira elektrone bez električnog zagrijavanja) zamijenjeno LED pozadinskim osvjetljenjem. Ipak to nije pravi zaslon visoke rezolucije koji koristi isključivo LED tehnologiju. Za takav zaslon bio je potreban pronalazak organskih elektroluminiscentnih materijala pomoću kojih se danas izrađuju OLED zasloni, a i pronalazak polimernih dioda koje emitiraju svjetlo (PLED) i polimera koji emitiraju svjetlo (LEP) pomogao je njihovom daljnjem razvoju. U toj tehnologiji postoji pet slojeva među katodom i anodom koji proizvode svjetlo i mogu njime manipulirati, a debljina tih slojeva je manja do mikrometra. OLED zasloni koji su predstavljeni na tržištu imaju veliku svjetlinu, dugotrajni su, imaju velike kutove gledanja i brzo vrijeme odziva. Usavršavanjem proizvodnih procesa i povećavanjem količine dostupnih OLED zaslona, zbog njihovih veoma pozitivnih karakteristika nije teško zamisliti kako bi ta tehnologija u slijedećih nekoliko godina mogla zauzeti veliki dio tržišta zaslona.

6.5. Boje kod računalnih zaslona

Opseg boja kod računala se definira pomoću termina dubina boja što označava ukupan broj boja koje zajedno računalo i zaslon mogu prikazati korisniku. Najčešće dubine boja s kojima su se korisnici osobnih računala susretali kroz godine su 8 bita (256 boja), 16 bita (65,536 boja), 24 bita (16,7 milijuna boja) nazvanu pravom bojom, 30 bita, 36 bita, 40 bita pa sve do 48 bita kod današnjih najsofisticiranijih video kartica i zaslona. Dubina boja predstavlja način opisivanja broja informacija o boji svakog piksela u bitmapiranoj slici.

7. KAKO BOJE UTJEČU NA LJUDSKU PERCEPCIJU GRAFIČKIH ELEMENATA KORISNIČKOG SUČELJA

U prethodnim je poglavljima obrađeno mnogo tema potrebnih kako bi se moglo pristupiti praktičnom dijelu, odnosno znanstvenom istraživanju utjecaja boja na doživljaj dizajna i korisničko iskustvo u digitalnim medijima. Objasnjeno je što je korisničko sučelje, koje su njegove značajke te kakav pristup treba bit prisutan kad se korisničko sučelje izrađuje. Zatim je objašnjeno korisničko iskustvo i na koje se sve načine može utjecati na njega i poboljšati ga. Boja je objašnjena s dva aspekta, fizikalnog pristupa koji objašnjava kako boje nastaju i kako ih ljudski vizualni sustav percipira i interpretira. Objasnjeno je također kako je prikaz boja u grafičkim i digitalnim medijima standardiziran pomoću modela za prikaz boja te kako se boje u tim medijima precizno mogu izmjeriti. Kod drugog aspekta doživljaja boja objašnjena je ljudska strana percepcije i kako se bojama može utjecati na čovjeka pomoću harmonije među bojama, upravljanjem saznanjima o psihološkom djelovanju boja na čovjeka i iskorištavanjem ograničenja ljudskog vizualnog sustava. Za kraj su objašnjene različite tehnologije koje se koriste za digitalno prikazivanje boje.

Cilj znanstvenog istraživanja bio je ispitati osobne poglede korisnika digitalnih medija prema tome kako boja percipiraju boju u bilo kojem grafičkom korisničkom sučelju te može li se pomoću boja usmjeravati pozornost na željene elemente. Kako bi se postigao taj cilj učinjeni su slijedeći koraci:

- istraživanje općih preferencija o bojama pomoću ankete
- anketiranje ispitanika o bojama u internetskim sučeljima
- utvrđivanje vidljivosti grafičkih elemenata u internetskim sučeljima metodom prepoznavanja žarišnih točaka klikova mišem

7.1. Istraživanje općih preferencija o bojama pomoću ankete

Kod provođenja ankete trebao se identificirati dio ispitanika koji dovoljno vremena provodi za računalom ili pametnim telefonom te se redovito koristi programima i Internetom kako bi se anketirale one osobe koje su redovito izložene grafičkim korisničkim sučeljima i koje, stoga, imaju iskustva prema kojima mogu izvući zaključke o tome kako boje utječu na njihovo ponašanje. Stoga je i ciljna skupina ispitanika ona koja se barem povremeno koristi računalima pa je u tu svrhu anketa provedena preko internetskog preglednika, pomoću internetske stranice www.surveymoz.com. Na njoj se nalazi internetska aplikacija pomoću koje se mogu izrađivati ankete koje se distribuiraju internetskim linkovima te su iskorištene njezine mogućnosti.

U svrhu istraživanja izrađena je anketa od 20 pitanja koja su bila podijeljena u tri skupine. Prva skupina sastojala se od pitanja o samom ispitaniku i njegovom ponašanju za računalom. Druga skupina je sadržavala pitanja o ispitanikovim preferencijama što se tiče boja, dok je treća skupina sadržavala pitanja koja su ispitivala o percepciji boja u grafičkim korisničkim sučeljima. Pitanja i ponuđeni odgovori su bili slijedeći:

1. Kojeg ste spola?

- muški
- ženski

2. Koliko imate godina?

- manje od 18
- 18 do 30
- 31 do 50
- iznad 50

3. Koje ste stručne spreme?

- učenik
- kvalificirani radnik
- srednja stručna sprema
- viša stručna sprema / prvostupnik
- visoka stručna sprema / magistar struke

- magistar/doktor znanosti
- ostalo

4. Koliko često se koristite računalom? (Uključujući pametne telefone i tablet računala u trenutku dok koristite aplikacije ili internet.)

- nikad ili gotovo nikad
- rijetko
- povremeno
- često
- veoma često

5. Koliko u prosjeku dnevno potrošite vremena na računalima?

- 0 do 2 sata
- 3 do 5 sata
- 6 do 8 sati
- 8 do 10 sati
- više od 10 sati

6. Poredajte radnje za koje koristite računalo po učestalosti. (1. za onu najučestaliju, a 6. za onu koju najrjeđe koristite)

- posao
- internet
- igranje
- učenje
- slušanje glazbe
- gledanje videa

7. Od ponuđenih koja Vam je boja najdraža?

- crvena
- narančasta
- žuta
- zelena
- cijan

- plava
- roza
- ljubičasta
- roza
- crna
- bijela

8. Uzimajući u obzir presjek svih boja, volite li radije svjetlije, tamnije ili zagasite boje? (npr. svjetloplava, plava ili tamnoplava)

- svjetlije
- tamnije
- zagasite

9. Uzimajući u obzir presjek svih boja, volite li radije zasićene ili nezasićene boje? (zasićene boje su čiste i jarke boje, a nezasićene boje su one koje izgledaju blijedo, pastelno)

- zasićene
- nezasićene

10. Smatrate li da boje mogu utjecati na Vaše raspoloženje?

- naravno
- često
- samo u određenim slučajevima
- nikada

11. Koje od ovih boja mogu pozitivno utjecati na Vaše raspoloženje?

- crvena
- narančasta
- žuta
- zelena
- cijan
- plava

- roza
- ljubičasta
- roza
- crna
- bijela

12. Koje od ovih boja mogu negativno utjecati na Vaše raspoloženje?

- crvena
- narančasta
- žuta
- zelena
- cijan
- plava
- roza
- ljubičasta
- roza
- crna
- bijela

13. Maksimalno koliko dominantnih boja volite vidjeti na internetskim stranicama?

- jednu
- dvije
- tri
- četiri
- pet ili više

14. Koju od ovih boja volite vidjeti kao dominantnu na internetskim stranicama?

- crvena
- narančasta
- žuta

- zelena
- cijan
- plava
- roza
- ljubičasta
- roza
- crna
- bijela

15. Izborom nekih boja može se upravljati mojim ponašanjem. (ocijenite u kojoj se mjeri slažete s ovom tvrdnjom)

- uopće se ne slažem
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- slažem se u potpunosti

16. Određena boja može privući moju pozornost. (ocijenite u kojoj se mjeri slažete s ovom tvrdnjom)

- uopće se ne slažem
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- slažem se u potpunosti

17. Tople boje (crvena, žuta, narančasta) bolje privlače pozornost od hladnih boja (plava, zelena, ljubičasta). (ocijenite u kojoj se mjeri slažete s ovom tvrdnjom)

- uopće se ne slažem

1

2

3

4

5

- slažem se u potpunosti

18. Zagasite, jarke boje bolje privlače pozornost. (ocijenite u kojoj se mjeri slažete s ovom tvrdnjom)

- uopće se ne slažem

1

2

3

4

5

- slažem se u potpunosti

19. Dobrim izborom korištenih boja, razgledat ću neku internetsku stranicu iako mi njezin sadržaj nije previše zanimljiv. (ocijenite u kojoj se mjeri slažete s ovom tvrdnjom)

- uopće se ne slažem

1

2

3

4

5

- slažem se u potpunosti

20. Neću se dugo zadržati na internetskoj stranici na kojoj prevladavaju meni odbojne boje, iako mi je njezin sadržaj koristan. (ocijenite u kojoj se mjeri slažete s ovom tvrdnjom)

- uopće se ne slažem

1

2

3

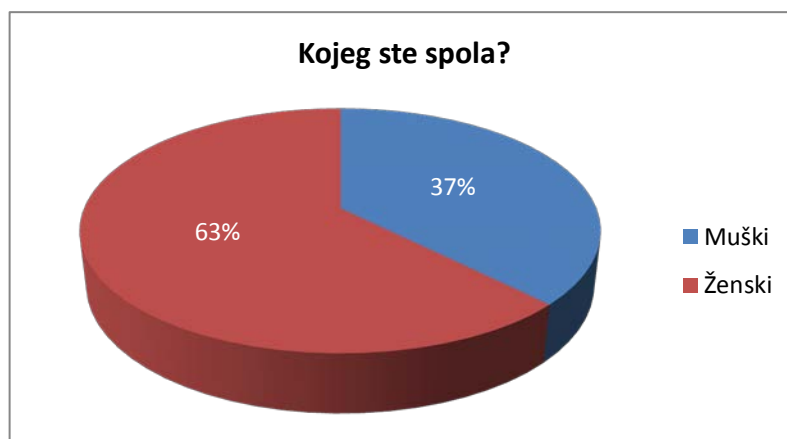
4

5

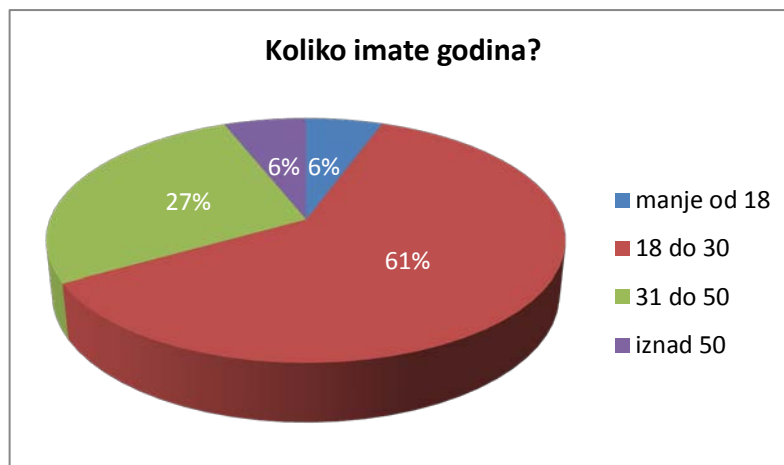
- slažem se u potpunosti

7.1.1. Diskusija rezultata ankete

Anketirano je 232 ispitanika od kojih je bilo 62,5% žena i 37,5% muškaraca (grafikon 1). Najviše ispitanika imalo je između 18 i 30 godina, njih 61,2%, ispitanika između 31 i 50 godina bilo je 27,2% dok je ispitanika ispod 18 i iznad 50 godina bilo ispod 10%, odnosno ispod 18 godina je bilo 5,6%, a iznad 50 bilo je 6% ispitanika (grafikon 2). Što se tiče stručne spreme, najviše ispitanika imalo je višu stručnu spremu ili imaju titulu prvostupnika, njih 32,3%. Odmah do njih, 28% bilo je ispitanika sa visokom stručnom spremom, odnosno magistara struke, a na trećem mjestu su oni sa srednjom stručnom spremom, njih 25,4%. Ostatak od 14,3% ispitanika su označili neku od preostalih stručnih sprema.

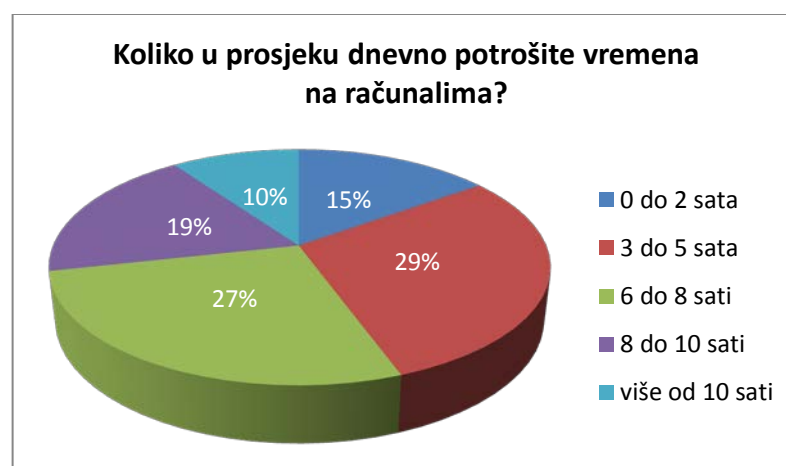


Grafikon 1: Prvo pitanje ankete



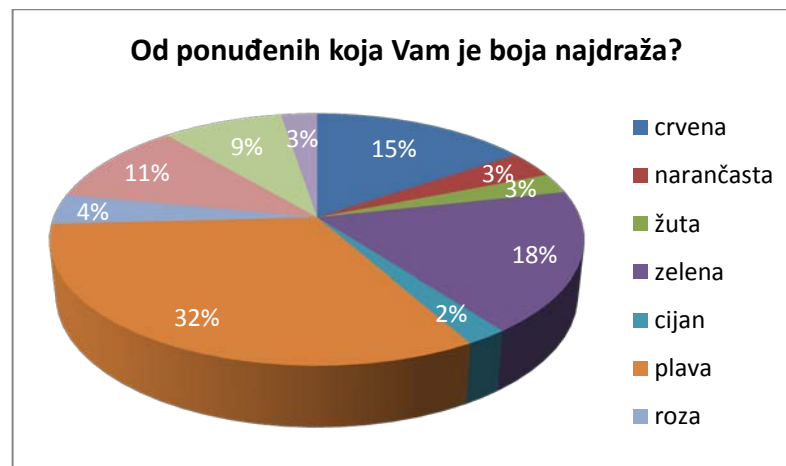
Grafikon 2: Drugo pitanje ankete

Čak 94,8% ispitanika reklo je da se često ili veoma često koristi računalom, pametnim telefonom ili tablet računalom kako bi koristili neku aplikaciju, program ili pristupili internetu. Može se zaključiti i da većina ispitanih na računalu provodi dosta vremena. Samo 15,1% ispitanika reklo je da provodi na računalu manje od 2 sata dnevno, a većina od 56,5% ispitanika provodi od 3 do 8 sati dnevno na računalu, što se može pripisati tome što je danas uobičajeno veći dio radnog vremena provesti za računalom. Ipak, više od četvrtini ispitanih računalo spada u dio života i tako za računalom provode više od 8 sati dnevno (grafikon 3). Vrijeme koje provode za računalom ispitanici najčešće koriste redom za posao, za internet i za učenje.



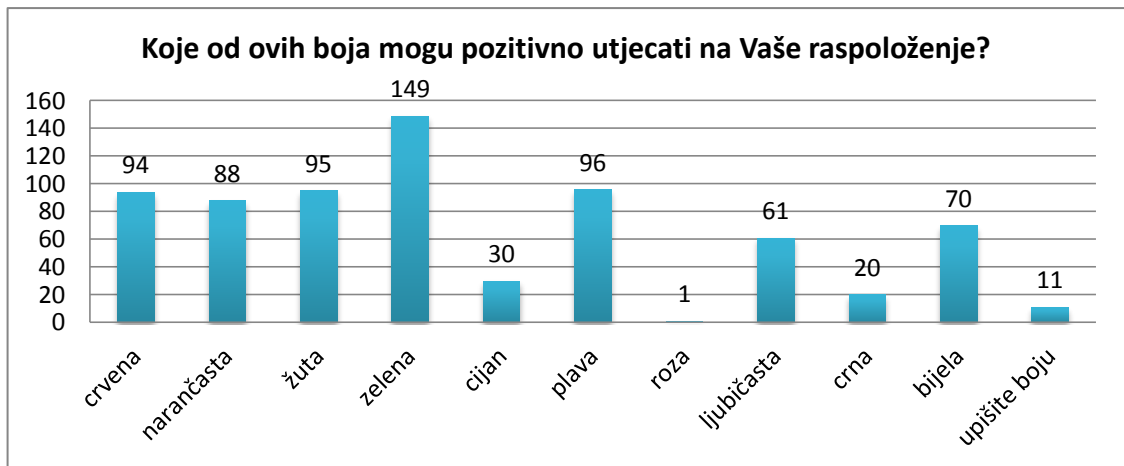
Grafikon 3: Peto pitanje ankete

Od ponuđenih boja, najviše je izabralo plavu za svoju najdražu boju, njih 32,3%. Iza plave slijede ostale primarne boje, zelena sa 18,1% te crvena sa 15,5%. Najmanje ispitanika za svoju najdražu boju izabralo je cijan, njih 2,2%, i žutu, njih 2,6% (grafikon 4). Iako preferiraju svijetle boje, 45,3% se izjasnilo za te tonove, ne postoji nadmoćna prevaga tako tamne boje voli 34,1%, a zagasite 20,7%. Tako su i zasićene boje omiljenije sa 61,2% no to ipak nije nadmoćna većina.



Grafikon 4: Sedmo pitanje ankete

Iako je poznato da boje mogu imati veliki utjecaj na psihološko stanje pojedine osobe, tek 49,6% ispitanika je svjesno da boje utječu na njihovo raspoloženje. 31,5% smatra kako je utjecaj boja moguć samo u određenim slučajevima. Najpozitivnije na raspoloženje ispitanika djeluje zelena. Čak 64,2% ih se odlučilo za tu boju, dok se i za plavu i za tzv. "tope" boje - crvenu, žutu i narančastu odlučilo oko 40%. S druge strane, kod boje koja negativno djeluje na raspoloženje nema previše dvoumljenja, 50,4% ih se odlučilo za crnu, a slijedi ju crvena s tek 18,1% (grafikon 5).



Grafikon 5: Jedanaesto pitanje ankete

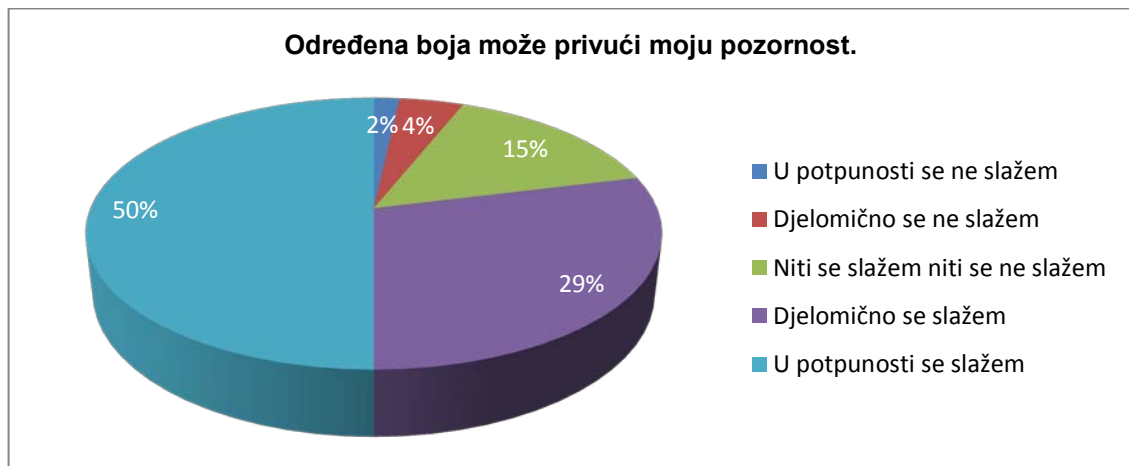
Na internetskim stranicama ispitanici ne vole previše boja pa tako 77,2% njih preferira da su u dizajnu prisutne dvije do tri dominantne boje. Još ih 15,5% voli vidjeti samo jednu dominantnu boju (grafikon 6). Od tih dominantnih boja, 51,7% voljelo bi da jedna bude plava, 30,6% da to bude bijela, 27,6% da to bude zelena i 20,7% da to bude crvena.



Grafikon 6: Trinaesto pitanje ankete

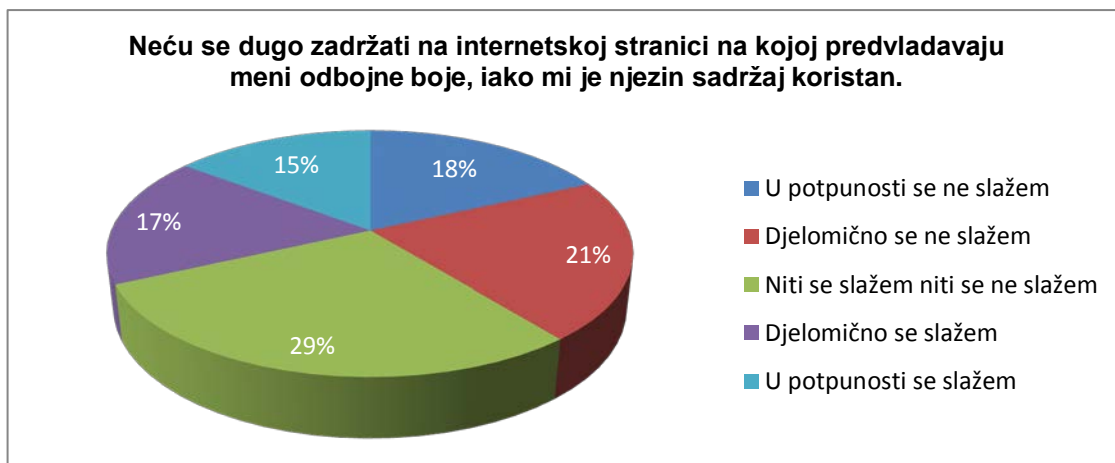
Posljednjih 6 pitanja bilo je koncipirano na način da su ispitanici ocjenjivali u kojoj se mjeri slažu s tvrdnjom u pitanju. Odgovoriti se moglo s ocjenom između 1 i 5 gdje je brojka 1 označavala kako se ispitanik uopće ne slaže s tvrdnjom, a brojka 5 je označavala kako se ispitanik u potpunosti slaže s tvrdnjom. Na tvrdnju kako boje mogu utjecati na ponašanje ispitanika, mali broj ispitanika se odlučio kako se u potpunosti

slaže ili ne slaže s tvrdnjom. Većina od 33,6% ih je bila neodlučna, ali je ipak više smatralo kako se djelomično ili u potpunosti ne može bojama upravljati njihovim ponašanjem, njih 40,1%. Ispitanici su svjesni kako im određene boje privlače pozornost i s tom se tvrdnjom slaže njih 50% u potpunosti, a još 28,9% djelomično (grafikon 7). S tvrdnjom da tople boje bolje privlače pozornost djelomično ili u potpunosti se slaže 55,6%, no ipak je 28,9% ispitanih neodlučno što se tiče te tvrdnje.



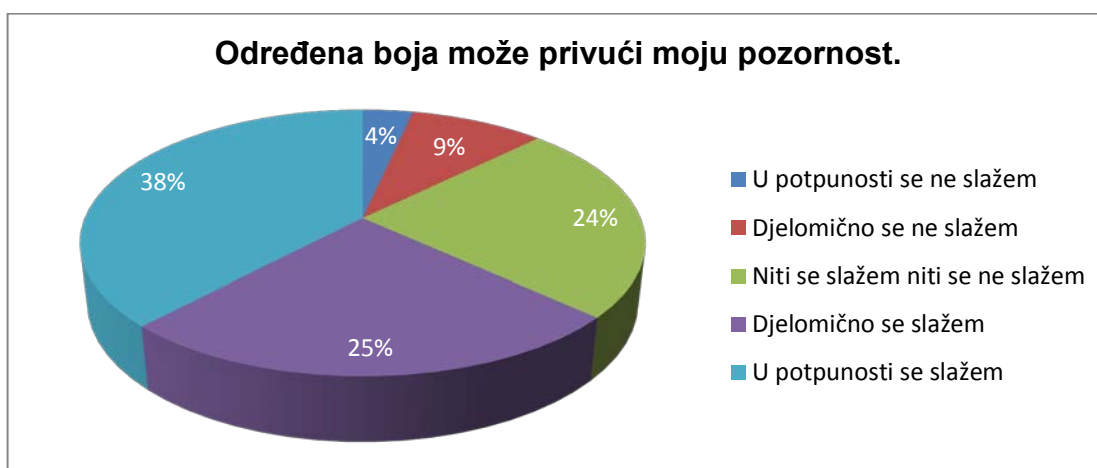
Grafikon 7: Šesnaesto pitanje ankete

Slična situacija je i s tvrdnjom da zagasite boje bolje privlače pozornost, gdje se pozitivno o toj tvrdnji izjasnilo 56,4%, a neodlučnih je bilo 31%. Zanimljivo je kako će 43,1% ispitanika redovito razgledati internetske stranice koje su dobro iskoristile boje u svojem dizajnu, mada nemaju zanimljiv sadržaj, ali izgleda kako je sadržaj još uvijek bitniji od dizajna pošto se 68,1% ispitanika ne slaže ili je neodlučno u vezi s tvrdnjom da bi zbog odbojnih boja isključili neku internetsku stranicu makar ona sadržavala koristan sadržaj. Ipak je zanimljivo kako gotovo trećini ispitanika sadržaj ne bi bio bitan ukoliko je dizajn stranice iritantan (grafikon 8).



Grafikon 8: Dvadeseto pitanje ankete

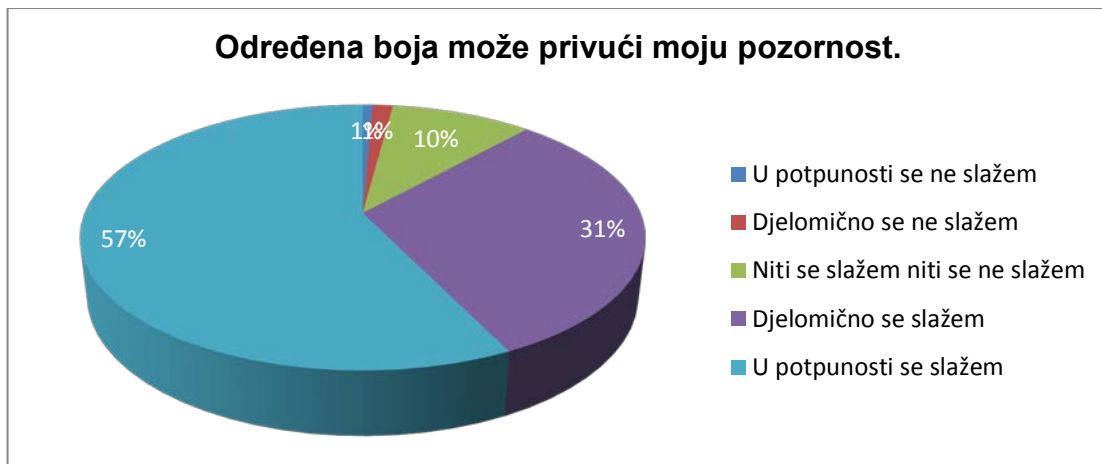
U detaljnijoj analizi rezultata ankete pokazalo se kako muškarci od ukupnih rezultata odskaku kod omiljene boje - za plavu se odlučilo čak 49,4% njih što i nije iznenađujuće. Također nije iznenađujuće kako manje njih smatra kako boje mogu utjecati na raspoloženje, tek njih 36,8% se slaže da mogu, no iznenađujuće je kako tek 37,9% muških ispitanika smatra da im određena boja može privući pozornost (grafikon 9). Povezani s tim tek će 35,6% muških ispitanika razgledati neku internetsku stranicu jer su im boje dobro dizajnerski iskorištene.



Grafikon 9: Šesnaesto pitanje ankete - odgovori muških ispitanika

Kod ženskih se ispitanika može primijetiti da ne postoji nijedna dominantna omiljena boja, čak ih je četiri koje su gotovo ravnomjerno omiljene - zelena i plava sa 22,1%,

crvena sa 17,9% te ljubičasta sa 15,9%. Više ih je svjesno kako boje utječu na raspoloženje, pa tako i više njih kaže kako im boje privlače pozornost, njih 57,2% (grafikon 10), a i da će zbog dobro iskorištenih boja razgledati internetsku stranicu koja im je nezanimljiva, njih 47,6%.



Grafikon 10: Šesnaesto pitanje ankete - odgovori ženskih ispitanika

7.2. Anketiranje ispitanika o bojama u internetskim sučeljima

Anketa je provedena preko Internet preglednika pomoću internetske aplikacije za anketiranje putem internetskih linkova. Ponovno je korištena aplikacija s internetske stranice www.surveygizmo.com. Cilj ankete je bio vidjeti kako ispitanici primjećuju elemente na internetskim stranicama te je li primjećivanje pojedinih elemenata povezano s bojom. Anketiranima su prvo ispitanici o osobnim preferencijama što se tiče boja, a zatim im je prikazano dva standardna tipa rasporeda elemenata na dvije različite internetske stranice te su zatim ispitanici koje elemente prve primjećuju. Pitanja i ponuđeni odgovori bili su slijedeći:

1. Kojeg ste spola?

- muški
- ženski

2. Koliko imate godina?

- manje od 18
- 18 do 30
- 31 do 50
- iznad 50

3. Koliko dnevno provodite vremena na internetu?

- manje od 1 sat
- 1 - 3 sata
- 3 - 5 sata
- više od 5 sata

4. Koju od ovih boja volite najviše?

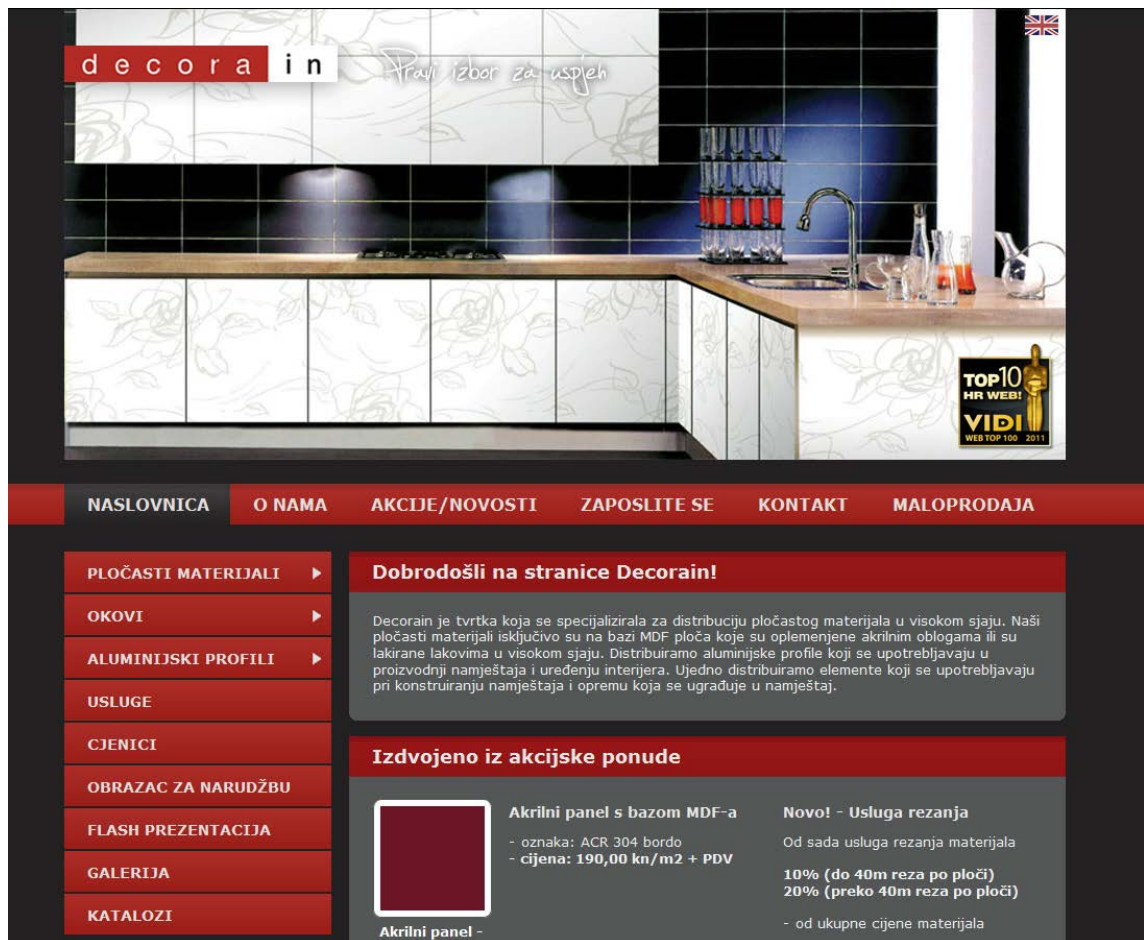
- crvena
- plava
- zelena
- žuta
- narančasta
- ljubičasta
- ružičasta
- crna
- bijela
- siva
- smeđa

5. Koju od ovih boja volite najmanje?

- crvena
- plava
- zelena
- žuta
- narančasta
- ljubičasta

- ružičasta
- crna
- bijela
- siva
- smeđa

Pregledajte sliku internetske stranice koja slijedi 5 sekundi te zatim krenite na slijedeće pitanje.



6. Poredajte elemente koje ste vidjeli na prethodnoj slici po redu kojem ste te elemente primijetili. (Poredajte ih od broja 1 za element koji ste najprije vidjeli do broja 9 za element koji ste vidjeli najkasnije tako da povučete element s lijeve na desnu stranu na dodijeljeni rang.)

- Logotip

- Slika
- Vertikalni izbornik
- Horizontalni izbornik
- Slogan
- Vidi Top 10 logo
- Označeni element u vodoravnom izborniku
- Tekst dobrodošlice
- Tekst akcijske ponude

7. Poredajte elemente koje ste vidjeli na web stranici po važnosti.

(Poredajte ih od broja 1 za najvažniji element do broja 9 za najmanje važan element tako da povučete element s lijeve na desnu stranu na dodijeljeni rang.)

- Logotip
- Slika
- Vertikalni izbornik
- Horizontalni izbornik
- Slogan
- Vidi Top 10 logo
- Označeni element u vodoravnom izborniku
- Tekst dobrodošlice
- Tekst akcijske ponude

8. U kojoj mjeri smatrate da bi korištenje različitih svjetlina dominantne boje na ovoj internetskoj stranici povećalo vidljivost pojedinih elemenata.

- Pomoglo bi mnogo
- Pomoglo bi
- Pomoglo bi malo
- Ne bi uopće pomoglo

Pregledajte sliku internetske stranice koja slijedi 5 sekundi te zatim krenite na slijedeće pitanje.

QR MARKA Hrvatska pošta



Unesite kod sa marke

QR marka Interaktivna karta Izložba English

Koliko su proputile QR marke?

Proputile su **130 312,00 km**

Posljednja marka je poslana iz: **porec**

Posljednja marka je doputovala u: **hong kong**

Najduži put marke bio je: **13 661,12 km**

Ukupno poslano maraka: **675**



Posljednja aktivnost

Marka doputovala u: **hong kong**
"Xie xie"
ciao prije 11 dana, 22h

Marka poslana iz: **porec**
michete skofic prije 14 dana, 20h

Marka doputovala u: **Metković**
"Newsletter"
Mis Metković prije 38 dana, 15h

Što je QR marka?

QR marka omogućuje vam da odmah dobijete potvrdu o prispjehu svoje pošiljke, kao i dodatne podatke o njezinoj putovanju.

Što je potrebno za sudjelovanje?

1. Smartphone – za lakše korištenje
2. QR čitač – [preuzmite ga ovdje](#)



9. Poredajte elemente koje ste vidjeli na prethodnoj slici po redu kojem ste te elemente primijetili. (Poredajte ih od broja 1 za element koji ste najprije vidjeli do broja 9 za element koji ste vidjeli najkasnije tako da povučete element s lijeve na desnu stranu na dodijeljeni rang.)

- Logotip "QR marka"
- Logotip "Hrvatska pošta"
- Tekst "Unesite kod sa marke"
- Gumb "Nastavi"
- Izbornik
- Gumb "Engleski"
- Tekst "Koliko su proputile QR marke"
- Gumb "Pogledajte interaktivnu mapu"
- Tekst "Posljednja aktivnost"

10. Poredajte elemente koje ste vidjeli na web stranici po važnosti.

(Poredajte ih od broja 1 za najvažniji element do broja 9 za najmanje važan element tako da povučete element s lijeve na desnu stranu na dodijeljeni rang.)

- Logotip "QR marka"
- Logotip "Hrvatska pošta"
- Tekst "Unesite kod s marke"
- Gumb "Nastavi"
- Izbornik
- Gumb "Engleski"
- Tekst "Koliko su proputovale QR marke"
- Gumb "Pogledajte interaktivnu mapu"
- Tekst "Posljednja aktivnost"

11. U kojoj mjeri smatrate da bi korištenje kontrastne boje (u ovom slučaju zelene) na ovoj internetskoj stranici povećalo vidljivost pojedinih elemenata.

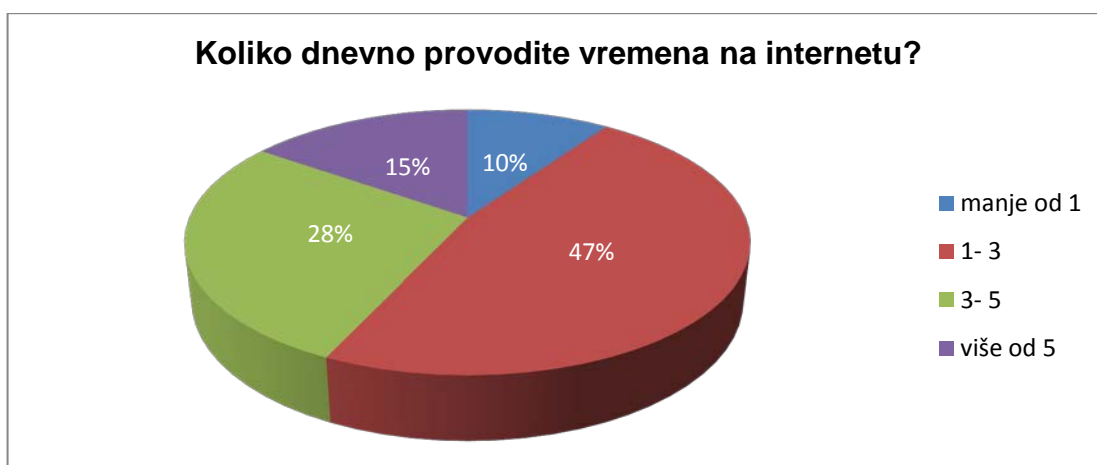
- Pomoglo bi mnogo
- Pomoglo bi
- Pomoglo bi malo
- Ne bi uopće pomoglo

7.2.1. Diskusija rezultata ankete

Ovoj anketi je pristupilo 72 ispitanika od kojih je 58% bilo žena, a 42% muškaraca (grafikon 11). Što se tiče dobnih skupina, 56,94% imalo je između 18 i 30 godina, 36,11% imalo je između 31 i 50 godina, 4,17% ih je bilo mlađih od 18 i 2,78% je bilo starijih od 51 godinu. Na pitanje koliko vremena provode koristeći se internetom, njih 47,22% reklo je kako na internet potroše između 1 i 3 sata dnevno, 27,78% kako koriste internet između 3 i 5 sata dnevno, a čak 15,28% više od 5 sati dnevno odvoje za internet (grafikon 12).

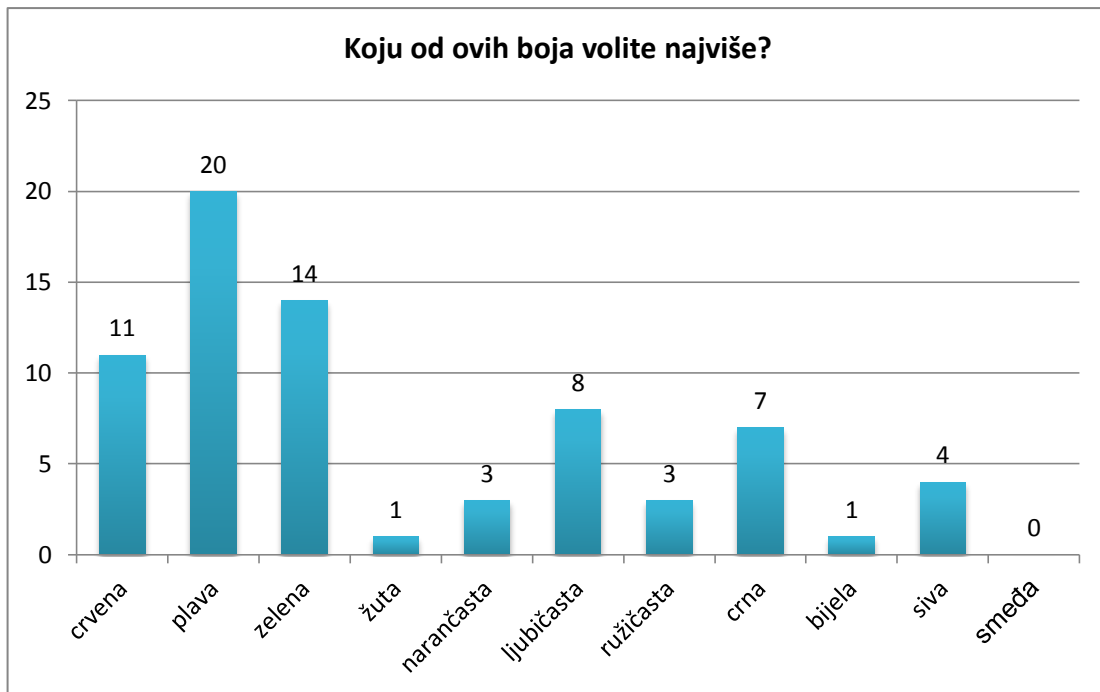


Grafikon 11: Prvo pitanje ankete



Grafikon 12: Treće pitanje ankete

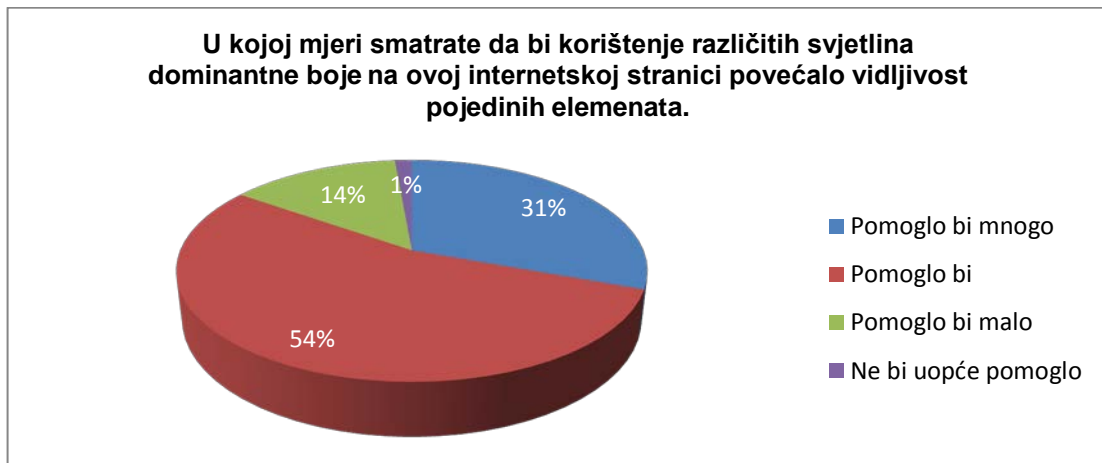
Što se tiče osobnih naklonosti nekoj boji, 27,78% izjasnilo se za plavu kao svoju omiljenu boju, 19,44% za zelenu, a 15,28% za crvenu boju što je usporedivo s rezultatima prošle ankete (grafikon 13). Najviše antipatija gaje prema ružičastoj boji, koju ne voli 38,89% ispitanika, zatim prema smeđoj, 13,89% ispitanika, a treće mjesto po antipatiji dijele narančasta i crvena boja sa 11,11%, čime crvena potvrđuje svoj status boje koja izaziva oprečne reakcije.



Grafikon 13: Četvrto pitanje ankete

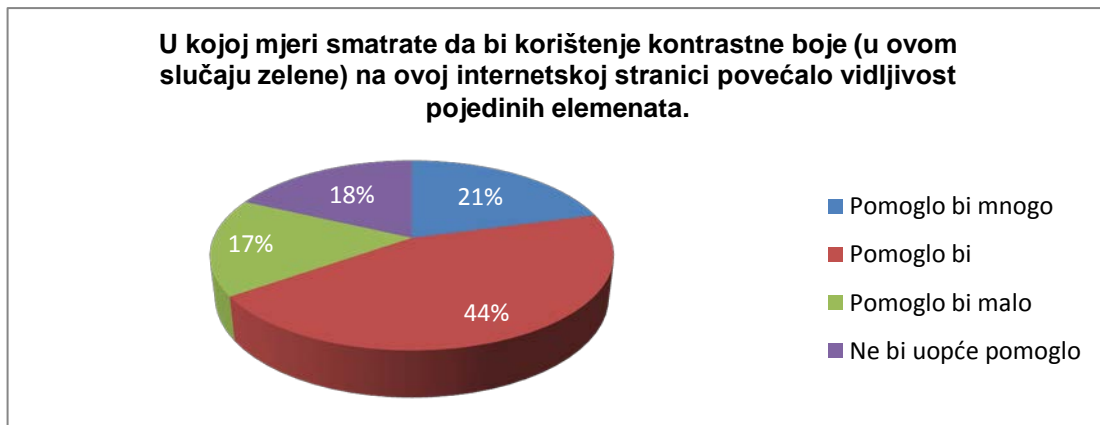
Kod prvog ponuđenog dizajna internetske stranice, ispitanicima se ponudio spisak elemenata koji su najuočljiviji, te se od njih zatražilo da rangiraju elemente prema uočljivosti - na prvo mjesto morali su postaviti njima najuočljiviji element, a na posljednje element koji su posljednji uočili ili nisu uopće uočili. Bez iznenađenja, prvi element koji su uočili bio je slika koja zauzima najveći dio prostora. Drugi element koji su ispitanici uočili bio je logotip koji zauzima gornji lijevi kut, prema mnogim ispitivanjima, kut u koji većina korisnika prvo pogleda na bilo kojoj Internet stranici. Vertikalni izbornik je treći na poziciji po uočljivosti dok je četvrti po redu horizontalni izbornik. Zatim se, za isti dizajn, zahtijevalo od ispitanika neka rasporede te iste elemente po važnosti. Oni su na prvo mjesto postavili logotip, a zatim sliku. Slijedeće što su smatrali da je važno je slogan, kojeg su u poretku uočljivosti smjestili tek na osmo mjesto. Vertikalni izbornik je ispitanicima četvrti po važnosti, a peti im je tekst o akcijskoj ponudi, koji je kod poretka uočljivosti bio na posljednjem mjestu. Pošto je kod korištenja boja dizajner iskoristio samo jedan ton crvene kao dominantan, a drugu boju koju je koristio bila je siva, ispitanike se pitalo bi li se pojedini elementi mogli učiniti uočljivijima ukoliko bi se kod harmonije boja koristilo više tonova dominantne, crvene

boje, 84,73% reklo je kako bi taj pristup pomogao ili jako pomogao kod uočljivosti (grafikon 14).



Grafikon 14: Osmo pitanje ankete

Za drugi ponuđeni dizajn internetske stranice, način ispitivanja bio je identičan kao i kod prvog dizajna. Najuočljiviji element bio je logotip "QR marka", drugi po uočljivosti bio je tekst "Unesite kod s marke", treći logotip Hrvatske pošte, a izbornik, jedan od najvažnijih elemenata, bio je tek na petom mjestu. Kad se uspoređi redoslijed elemenata po uočljivosti i po važnosti, ispitanici su većinu elemenata smjestili na isti ili sličan rang u poretku iz čega se može zaključiti kako ovaj dizajn dobro ispunjava svoju zadaću. I ovaj dizajn izabran je zbog jednostavnosti korištenja boja, korištene su samo crvena i bijela, pa se ispitanike stoga upitalo bi li korištenje boje komplementarne crvenoj, dakle zelene, pridonijelo većoj uočljivosti elemenata. Iako se većina od 65,27% ispitanika izjasnilo kako bi pomogla ili mnogo pomogla, osjetno je manji broj ispitanika koji se tako izjasnio ako se uspoređi sa sličnim pitanjem kod prošlog dizajna (grafikon 15).

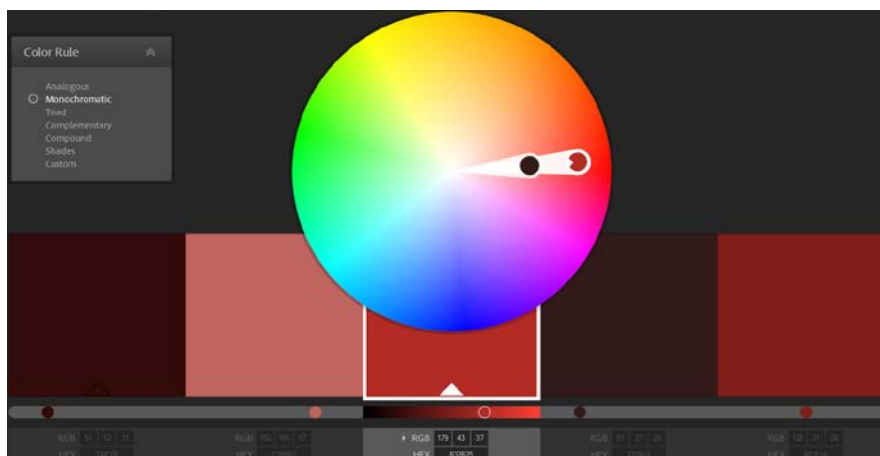


Grafikon 15: Jedanaesto pitanje ankete

7.3. Utvrđivanje vidljivosti grafičkih elemenata u internetskim sučeljima metodom prepoznavanja žarišnih točaka klikova mišem

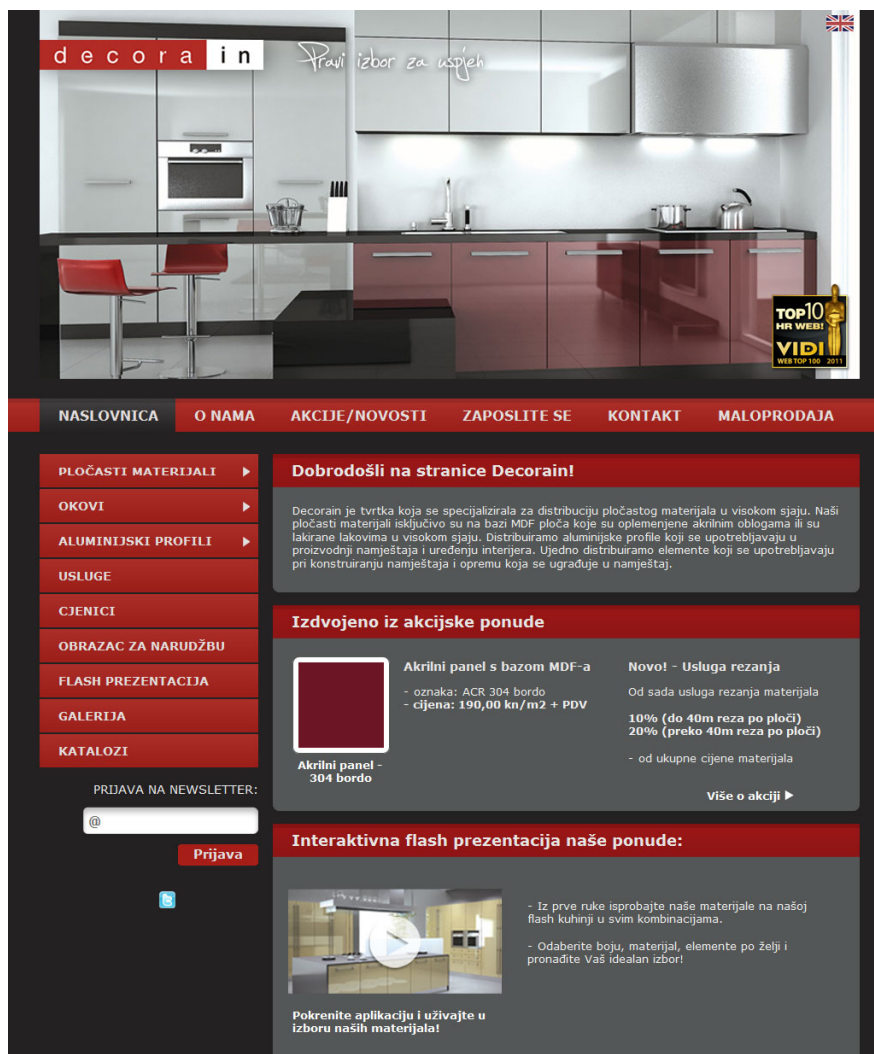
Posljednji stadij istraživanja ponovno se odradio putem interneta. Cilj mu je bio provjeriti hoće li promjenom harmonijskih koncepata boja kod jednostavnih dizajna internetskih stranica, pojedini elementi biti uočljiviji. U tu svrhu, na kraju prethodne ankete, za prethodno ispitana dva dizajna internetskih stranica, napravljeni su zadaci koje su ispitanici morali riješiti. U svrhu ispitivanja, korištenim Internet stranicama napravljene su identične kopije, a zatim su tim kopijama mijenjani harmonijski koncepti boja. Kod jedne Internet stranice korišten je monokromatski koncept boja, a kod druge je korišten komplementarni koncept boja na slijedeći način.

Kod monokromatskog koncepta boja su kod matične Internet stranice pomoću alata Rainbow 1.5.2, koji se koristi kao dodatak Internet pregledniku Mozilla Firefox, određene RGB vrijednosti dominantne boje na toj Internet stranici. One su glasile: $R = 179$, $G = 43$, $B = 37$. Unošenjem tih vrijednosti u Internet aplikaciju Adobe Kuler (kuler.adobe.com/create/color-wheel/), aplikacija je automatski izračunala vrijednosti dodatnih 4 boje koje se uklapaju u monokromatski koncept harmonije boja (slika 46). RGB vrijednosti tih dodatnih boja su za prvu boju - $R = 127$, $G = 0$, $B = 0$, za drugu boju - $R = 255$, $G = 76$, $B = 76$, za treću boju - $R = 127$, $G = 38$, $B = 38$ i za četvrtu boju - $R = 204$, $G = 0$, $B = 0$.

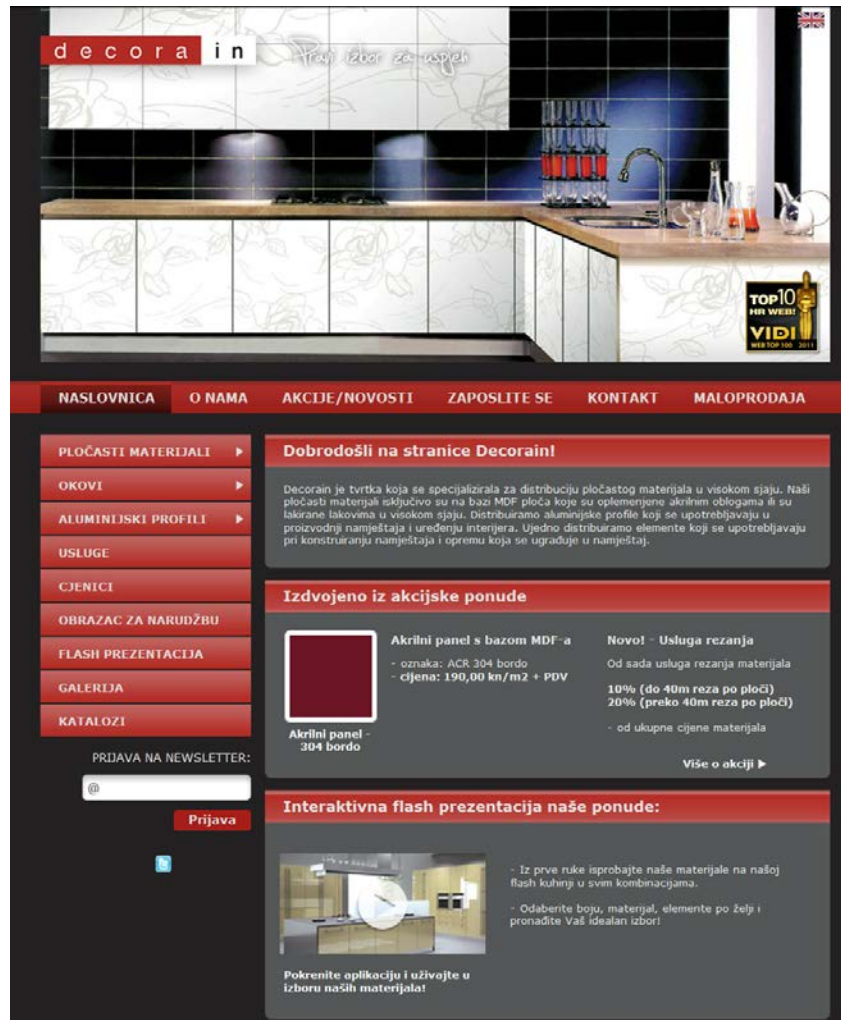


Slika 46: Monokromatski koncept s izabranom dominantnom bojom

Mijenjanjem postavaka u HTML i CSS datoteci za tu internetsku stranicu, uklopljen je monokromatski koncept boja, te su obadva koncepta stavljena na internet poslužitelj (slike 47 i 48).



Slika 47: Dizajn za ispitivanje monokromatskog koncepta boje - originalan



Slika 48: Dizajn za ispitivanje monokromatskog koncepta boje - promijenjeni

Na kraju prethodne ankete ispitanici su bili zamoljeni neka riješe tri zadatka na tim internetskim stranicama:

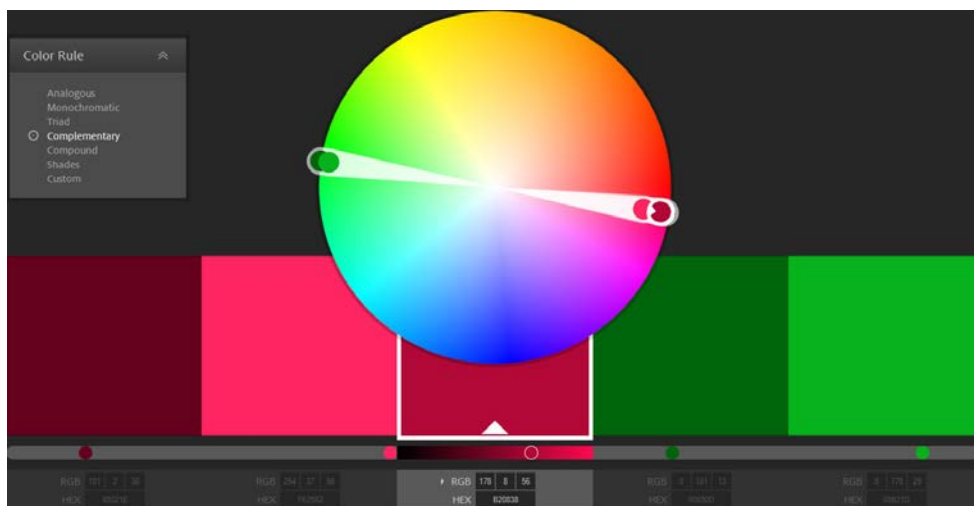
Na stranici decorain molimo Vas da izvršite zadane zadatke. Nakon svakog izvršenog zadatka vratite se na početnu stranicu.

1. Pronađite galeriju slika i malo ju pregledajte.
2. Pronađite Spojni (H) profil za klizna vrata
3. Pogledajte kako se možete prijaviti za zaposlenje u tvrtci decorain.

Poslije tih uputa slijedila je poveznica na internetski poslužitelj s internetskom stranicom s originalnim konceptom boja ili s internetskom stranicom s monokromatskim konceptom boja. Način na koji je to izvršeno je da je prethodna

anketa distribuirana u dva gotovo identična oblika. Jedina promjena je bila u poveznicama. Tako je grupa koja je zadatke rješavala na originalnom konceptu boja služila kao kontrolna grupa, a grupa koja je rješavala zadatke na promijenjenom konceptu boja bila je ona koja je ispitana. U kontrolnoj grupi bilo je 20 ispitanika, dok je u ispitanoj grupi bilo 37 ispitanika. Ispitivanje se vršilo pomoću besplatnog alata ClickHeat koji sprema svaki klik mišem na stranici i određuje žarišna područja na kojima su ispitanici najčešće kliknuli mišem. Alat je preuzet s internetske stranice <http://www.labsmedia.com/clickheat/index.html>.

Kod komplementarnog koncepta primijenjen je identičan način rada. RGB vrijednosti dominantne boje određene alatom Rainbow glasile su: R = 178, G = 8, B = 56. Alat Adobe Kuler je za komplementarni koncept boja odredio RGB vrijednosti sljedeće četiri boje (slika 49): za prvu boju - R = 101, G = 2, B = 30, za drugu boju - R = 254, G = 37, B = 98, za treću boju - R = 0, G = 101, B = 13, i za četvrtu boju - R = 8, G = 178, B = 29.



Slika 49: Komplementarni koncept boja s izabranom dominantnom bojom

Ponovno su, sukladno konceptu boja, napravljene preinake u HTML i CSS datotekama (slike 50 i 51).



Unesite kod sa marke

ABC123

Nastavi

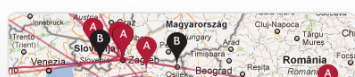
QR marka

Interaktivna karta

Izložba

English

Koliko su proputovale QR marke?

Proputovale su **130 312,00 km**Posljednja marka je poslana iz: **porec**Posljednja marka je doputovala u: **hong kong**Najduži put marke bio je: **13 661,12 km**Ukupno poslano maraka: **675**

Pogledaj interaktivnu kartu

Posljednja aktivnost

Marka doputovala u: **hong kong**
"Xie xie"
ciao prije 11 dana, 22hMarka poslana iz: **porec**
michele skotić prije 14 dana, 20hMarka doputovala u: **Metković**
"Newsletter"
Mis Metković prije 38 dana, 15h

Uključite se u razgovor #qrmarka

Što je QR marka?

QR marka omogućuje vam da odmah dobijete potvrdu o prispjecu svoje pošiljke, kao i dodatne podatke o njezinu putovanju.

Saznajte više o QR marki >

Što je potrebno za sudjelovanje?

1. Smartphone – za lakše korištenje
2. QR čitač – preuzmite ga ovdje
3. QR marka – kupite ju ovdje



POSJETITE IZLOŽBU

Saznajte više o izložbi >

DAN MARKE - Izložba: 20 godina putujemo svijetom
Stara gradska vijećnica
Narodni trg, Split
Od 18. travnja do 2. svibnja 2012.

QR MARKA Hrvatska pošta



Unesite kod sa marke

QR marka
Interaktivna karta
Izložba
English

Koliko su proputovale QR marke?

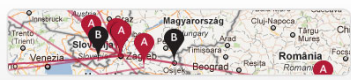
Proputovale su **130 312,00 km**

Posljednja marka je poslana iz: **porec**

Posljednja marka je doputovala u: **hong kong**

Najduži put marke bio je: **13 661,12 km**

Ukupno poslano maraka: **675**



Posljednja aktivnost

Marka doputovala u: **hong kong**
"Xie xie"
ciao prije 11 dana, 22h

Marka poslana iz: **porec**
michele skofic prije 14 dana, 20h

Marka doputovala u: **Metković**
"Newsletter"
Mls Metković prije 38 dana, 15h


Što je QR marka?

QR marka omogućuje vam da odmah dobijete potvrdu o prispjecu svoje pošiljke, kao i dodatne podatke o njezinu putovanju.

[Saznajte više o QR marki](#)

Što je potrebno za sudjelovanje?

1. Smartphone – za lakše korištenje
2. QR čitač – [preuzmite ga ovdje](#)
3. QR marka – [kupite ju ovdje](#)



POSJETITE IZLOŽBU

[Saznajte više o izložbi](#)

DAN MARKE - Izložba: 20 godina putujemo svijetom
Stara gradska vijećnica
Narodni trg, Split
Od 18. travnja do 2. svibnja 2012.

Copyright Hrvatska Pošta 2011. Sva prava pridržana. [Pravne napomene](#) Blog

Slika 51: Dizajn za ispitivanje komplementarnog koncepta boje - promijenjeni

Također su na kraju prethodne ankete zadani slijedeći zadaci:

Na stranici QRmarka molimo Vas da izvršite zadane zadatke. Nakon svakog izvršenog zadatka vratite se na početnu stranicu.

1. Otvorite interaktivnu kartu
2. Pogledajte fotografije s izložbe
3. Potražite što je QR kod i kako možete sudjelovati u QRmarka projektu

Kao i kod monokromatskog koncepta u distribuirane su dvije ankete na kojima je na jednoj bila poveznica na originalni koncept boja, a na drugoj komplementarni koncept.

126

Kontrolnu grupu je ponovno sačinjavalo 20 ispitanika, a ispitanu grupu 37 ispitanika, a ispitivanje se također vršilo pomoću alata ClickHeat.

7.3.1. Diskusija rezultata utvrđivanja žarišnih točaka

Alat ClickHeat generirao je transparentni sloj na kojem prikazuju točke gdje su ispitanici klikali mišem. Kod monokromatskog koncepta na kontrolnoj internetskoj stranici (slika 52) vidljivo je kako su, kod izvršavanja zadatka najviše klikali na izbornicima kod kontakata i galerije. Vidljivo je kako su klikovi poprilično raštrkani, ali izgleda da su ispitanici bez većeg broja klikanja izvršavali zadane zadatke.



Slika 52: Rezultati ispitivanja žarišnih točaka klikova kod testnog dizajna - monokromatsko

U dizajnu gdje je primijenjen monokromatski koncept boja (slika 53), primjećuje se gotovo identičan uzorak klikova mišem, no ipak se može primjetiti kako su klikovi znatno manje raštrkani, odnosno čini se da su korisnici preciznije pronalazili poveznice za izvršavanje zadataka.



Slika 53: Rezultati ispitivanja žarišnih točaka klikova kod ispitivanog dizajna - monokromatsko

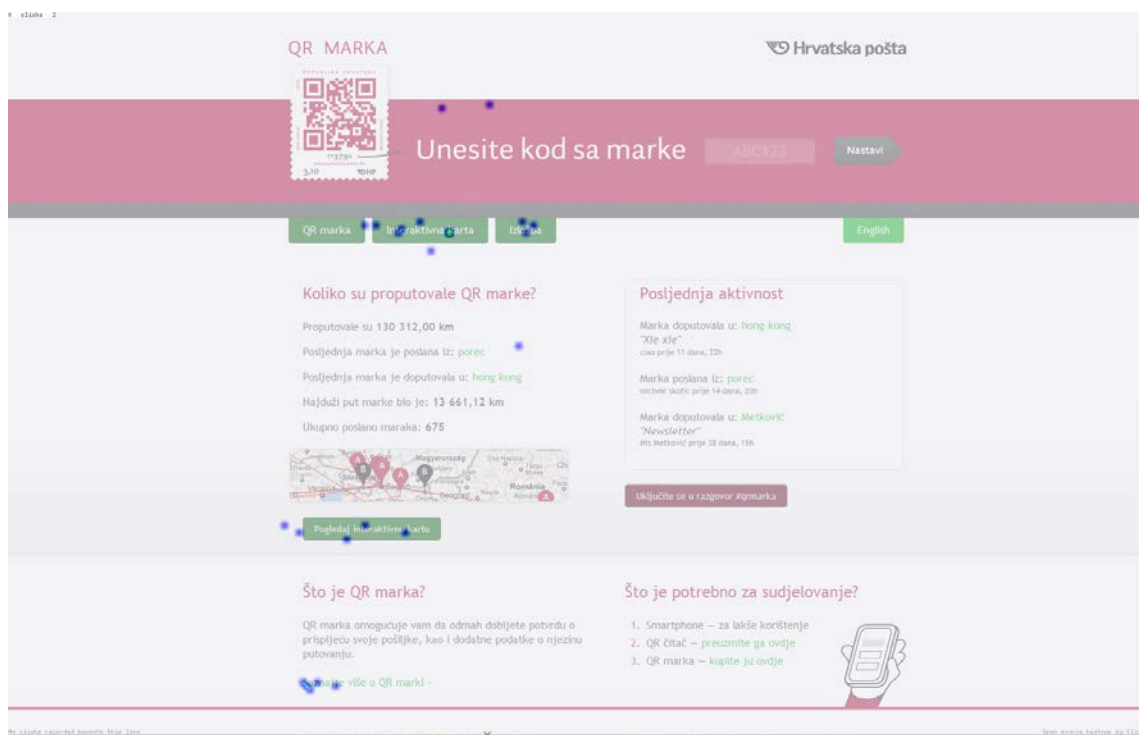
U ispitivanju gdje je primijenjen komplementarni koncept boja, na testnoj internetskoj stranici se primjećuje kako su ispitanici dosta precizno koristili poveznice tako da nema mnogo klikova van okvira tih poveznica koje su koristili. Može se primjetiti kako su kod izvršavanja prva dva zadatka koristili dvije mogućnosti izvršavanja zadatka, dijelom preko izbornika, a dijelom preko poveznica u sadržaju naslovne stranice.



Slika 54: Rezultati ispitivanja žarišnih točaka klikova kod testnog dizajna - komplementarno

U dizajnu gdje je primijenjen komplementarni koncept boja, uzorak klikova mišem je također gotovo identičan i kod testnog dizajna (slika 54) i kod dizajna koji je služio za ispitivanje (slika 55). Ipak, ovdje se može primijetiti tri očite različitosti. Prvi zadatak gdje je bilo potrebno otvoriti interaktivnu kartu, ispitanici su na testnom dizajnu koristili podjednako pristup stranici kroz izbornik kao i kroz gumb koji se nalazi nešto niže na naslovnoj stranici. To se može objasniti time što je za izbornik korištena siva boja koja je neupadljiva, a za gumb crvena koja se ističe zbog bijele okoline, a time nadoknađuje lošiju poziciju na internet stranici za primjećivanje. Kod dizajna s promijenjenim bojama očito je da se za pristupanje interaktivnoj karti više ispitanika koristilo pristupom kroz izbornik, nego pristupom kroz gumb, a to se postiglo korištenjem komplementarne boje i za izbornik i za gumb, čime je izbornik postao uočljiviji. U drugom zadatku, gdje su se trebale pronaći fotografije sa izložbe, tom se sadržaju pristupalo isključivo pomoću izbornika, dok se na testnom dizajnu pristupalo i pomoću linka koji se nalazio znatno niže na naslovnoj stranici. Ponovno se može to objasniti korištenjem komplementarne boje za izbornik te su ga tako ispitanici lakše uočavali pa

je nestala potreba za korištenjem poveznice niže na naslovnoj stranici. Kod trećeg zadatka nema promjene kod korištenja poveznice za izvršavanje zadatka, no ipak se može primijetiti kako su klikovi na poveznicu znatno gušće raspoređeni na dizajnu u kojem je korišten komplementarni koncept boja. To se ponovno može objasniti korištenjem komplementarne boje za označavanje poveznice, čime su ispitanici bili uvjereni da klikom na nju mogu izvršiti svoj zadatak te se tako uklonila bilo kakva nedoumica. Također, pošto je komplementarna boja u ovom slučaju bila zelena, pozitivni rezultati ispitivanja mogu se pripisati i psihološkom utjecaju zelene kao boje koja ima veoma pozitivno značenje.



Slika 55: Rezultati ispitivanja žarišnih točaka klikova kod ispitivanog dizajna - komplementarno

Iz ovog se ispitivanja može zaključiti kako se pomoću promjene korištenja koncepta boja i stvaranja većih razlika među bojama, da li u tonu, svjetlini ili zasićenju, mogla povećati koncentracija klikova na određene poveznice i time ispitanicima povećati uočljivost njima važnih elemenata. Pogotovo se to moglo uočiti kod korištenja komplementarnog koncepta boja, gdje je očito kako se korištenjem komplementarne boje u dva slučaja promijenio način pristupanja nekom sadržaju, dok se u trećem slučaju

sadržaju pristupalo preciznije, a zbog te koncentracije klikova može se zaključiti i kako su ispitanici željeni sadržaj pronalazili brže.

8. ZAKLJUČAK

U ovom radu pokušalo se dokazati kako boje uvelike mogu utjecati na način koji se koristi određeno korisničko sučelje, a time i na korisničko iskustvo. Taj utjecaj može biti i dobar i loš. Kroz istraživanje se saznalo kako je grafičko korisničko sučelje jedan od najvažnijih pojmova u današnjoj informatičkoj tehnologiji te kako ono treba biti u samom centru razvoja računalnih programa. Također je pokazano kako se ne može pouzdati na brojna pravila za pravilnu izradu korisničkog sučelja, već ta pravila treba shvatiti kao smjernice kojima se može postići glavni cilj kod izrade grafičkog korisničkog sučelja, a to je dobro korisničko iskustvo, što je veoma teško postići pošto je korisničko iskustvo osobna stvar pojedinca i ovisi o mnogo faktora.

Jedan od važnijih faktora je boja za koju je pokazano na koji način ju ljudski vizualni sistem percipira i interpretira. Također su proučeni svi fizikalni elementi boje i na koji način okoliš može utjecati na njih i mijenjati ih. S obzirom da postoji veliki broj različitih tonova koji imaju različita zasićenja i različitu svjetinu, objašnjeni su razni pristupi sistematizaciji boja i prostora u kojem se boje nalaze. To se učinilo kroz istraživanje raznih modela boja koji pokušavaju određenu boju, prema njezinim fizikalnim i mjerljivim svojstvima, smjestiti u određeni prostor boja. Prikazano je i kako boja nije samo zbroj svojih fizikalnih svojstava, već kako se kroz umjetnički pristup i umjetničke alate može bojom upravljati i tako težiti harmoniji kod njihovog korištenja. Objasnjeni su i psihofizikalni i psihološki utjecaji na pojedinca kad se nalazi u okruženju gdje se koristi boja.

Kod znanstveno-istraživačkog dijela rada provedene su ankete u kojima se pokazalo kako sve osobe imaju unaprijed određen odnos prema bojama koji je naučen i stjecan kroz godine. Pokazano je kako različite osobe imaju različite stavove prema određenim tonovima boja i kako su te različitosti očite, pogotovo ako ih se promatra iz smjera muškog ili ženskog spola. U istraživanju je pokazano kako grafičko korisničko sučelje, iako u potpunosti ispunjava svoje zadaće i pruža zadovoljavajuće korisničko iskustvo, svejedno može biti poboljšano pažljivijim izborom boja. Iz dobivenih rezultata

istraživanja vidljivo je kako se može povećati vidljivost pojedinih elemenata korisničkog sučelja korištenjem raznih koncepata boja. Kod korištenja komplementarnog koncepta boja vidljivo je čak kako su ispitanici mijenjali obrasce ponašanja i korištenja internetske stranice kad se u dizajn uključila komplementarna boja boji koja je korištena kao dominantna u dizajnu. Može se zaključiti kako se pomoću komplementarne boje stvorio kontrast koji je djelovao harmonično, a koji je povećao vidljivost izabranih grafičkih elemenata i time olakšao ispunjavanje zadataka iz pokusa.

9. LITERATURA

- [1] Raymond E. R. (2004). *The Art of Unix Usability*, dostupno na: <http://catb.org/~esr/writings/taouu/html/>, 14. svibanj 2013.
- [2] <http://www.businessinsider.com/steve-jobs-describing-the-moment-he-decided-to-do-the-ipad-2013-5> - *Here's Steve Jobs Describing The Exact Moment He Decided To Do The iPad To Destroy Microsoft*, 20. svibanj 2013.
- [3] <http://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>, *10 Usability Heuristics for User Interface Design*, 17. svibanj 2013.
- [4] Bevan N. (2008). *Classifying and selecting UX and usability measures*, dostupno na: <http://www.nigelbevan.com/papers/Classifying%20and%20selecting%20UX%20and%20usability%20measures.pdf>, 20. travanj 2011.
- [5] Galitz, W. O.(2007). *The Essential Guide to User Interface Design*, Third Edition, Wiley Computer Publishing, Indianapolis
- [6] Unger R., Chandler C. (2012). *A Project Guide to UX Design*, New Riders, Berkeley
- [7] <http://www.nytimes.com/video/2008/11/21/magazine/1194833565213/immersion.html>, *Immersion*, 24. travanj 2011.
- [8] <http://www.cie.co.at/index.php>, *CIE - International commission on illumination*, 23. svibanj 2013.
- [9] Beretta G. (2008). *Understanding color*, dostupno na: <http://www.inventoland.net/imaging/uc/understandColor.pdf>, 24. svibanj 2013.
- [10] Stone T. L., Adams S., Morioka N. (2006). *Color design workbook*, Rockport publishers, Beverly
- [11] Smith S. (2006). *Color affects our mood: The human reaction*, dostupno na: http://thaddeussmith.info/uploads/Color_and_Mood_Paper.pdf, 01. lipanj 2013.
- [12] Weiner I. B. (2003). *Handbook of psychology*, volume 3., John Wiley & Sons, Hoboken
- [13] Lee, H. C. (2005). *Introduction to Color Imaging Science*, Cambridge University Press, Cambridge