

Efekt simultanog kontrasta u grafičkoj komunikaciji

Pavlinić, Ana

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts / Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:756637>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-31**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB

ZAVRŠNI RAD

Ana Pavlinić



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

Smjer: tehničko-tehnološki

ZAVRŠNI RAD

EFEKT SIMULTANOG KONTRASTA U GRAFIČKOJ KOMUNIKACIJI

Mentor:

Doc. dr. Sc. Ivan Budimir

Student:

Ana Pavlinić

Zagreb, 2019.

SAŽETAK

U ovom završnom radu će biti definirana boja i njene karakteristike, prostori boja te psihofizički doživljaj boja. Također će se opisati općenito psihofizički efekti, zatim detaljnije i simultani kontrast kao i njegova primjena. Simultani kontrast ili kromatska indukcija je psihofizikalni efekt koji se javlja na akromatskim i kromatskim uzorcima kao doživljaj samog promatrača. Kromatska indukcija podrazumijeva pojavu pri kojoj dvije susjedne boje međusobno djeluju jedna na drugu te dolazi do prividne promjene u percepciji i tonu obojenja.

U eksperimentalnom dijelu rada će se provesti ispitivanje simultanog kontrasta u određenim uvjetima na prethodno kreiranim originalnim uzorcima. Cilj rada je evaluacija kvantitativno dobivenih vrijednosti pomoću statističke analize iz eksperimenta nad ispitanicima.

KLJUČNE RIJEČI: boja, prostori boja, psihofizički efekti, simultani kontrast.

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Teorijski dio	2
2.1. Boja	2
2.2. Svjetlost i njene karakteristike	3
2.3. Miješanje boja	4
2.4. Atributi boja	6
3. Prostori boja	9
3.1. Munsellov prostor boja	9
3.2. CIE XYZ sustav	10
3.3. CIE LAB sustav	10
3.4. CIE LUV sustav	12
4. Psihofizika	13
5. Psihofizički vizualni efekti	13
5.1. Pozadinski efekti	14
5.2. Adaptacijski efekti	14
6. Simultani kontrast	16
7. Eksperimentalni dio	19
7.1. Plan i izvedba eksperimenta	19
7.2. Izrada testnog uzorka	20
7.3. Rezultati eksperimenta	22
8. Zaključak	28
9. Literatura	29

1. UVOD

Boja je fizikalna osobina svjetlosti, valna duljina odaslana iz nekog prirodnog ili umjetnog izvora, ali i osjećaj. Nastanak i doživljaj boje ovisi o spektralnom sastavu svjetla koje pada na promatrani predmet, molekularnoj strukturi materijala s kojeg se svjetlo reflektira ili propušta te čovjekovim osjetom boje putem vidnog sustava i mozga. Boja je psihofizičko svojstvo, što znači da će isti uzorak pod jednakim osvjetljenjem dva različita promatrača percipirati drugačije. [1] To znači da se percepcija boje može znatno razlikovati od njezinih fizičkih vrijednosti, te se ova pojava naziva psihofizički vizualni efekt boje. Ovaj završni rad sadrži teorijsko znanje o psihofizičkim vizualnim efektima, psihofizici, te simultanom kontrastu detaljnije.

U drugom dijelu završnog rada biti će prikazan eksperimentalni dio. U eksperimentalnom dijelu će se prikazati kako promatrači percipiraju efekt simultanog kontrasta. Ispitanici će vizualno ocjenjivati boje na prethodno originalno kreiranim uzorcima s određenim parovima boja. Također će biti prezentirani rezultati ispitivanja te analiza istih. Ovaj rad pokazuje odstupanja u percepciji boje na uzorcima između ispitanika.

Cilj rada je evaluacija kvantitativno dobivenih vrijednosti efekta simultanog kontrasta pomoću statističke analize iz eksperimenta nad ispitanicima. Na temelju dobivenih rezultata prikazana su odstupanja u percepciji između ispitanika.

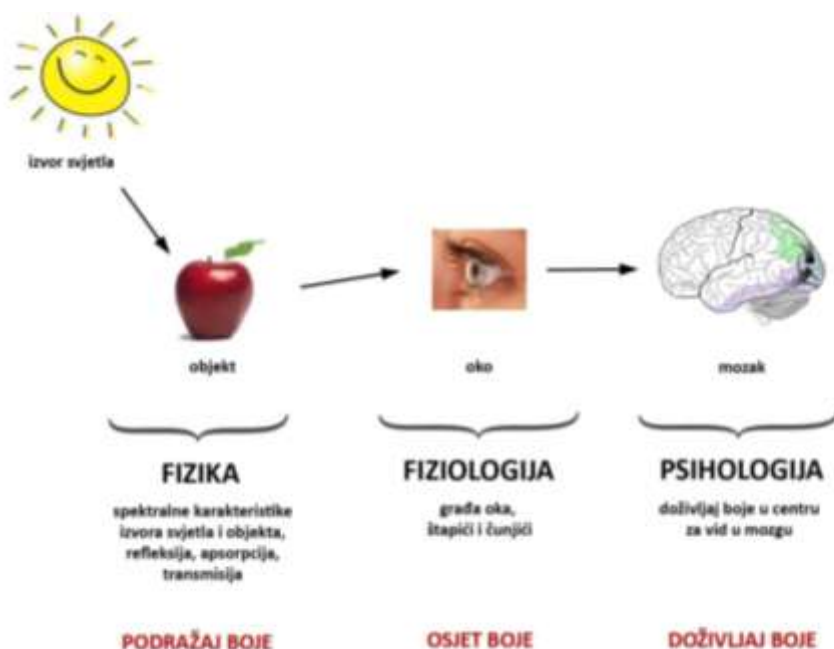
2. TEORIJSKI DIO

2.1. Boja

Pojam boje možemo sagledati sa dva aspekta: boja s psihofizičkog aspekta i boja s fizikalnog aspekta.

Boju s psihofizičkog aspekta možemo opisati kao "osjet" boje, odnosno psihički doživljaj boje uzrokovan nekim fizičkim podražajem (stimulusom). Oko prihvata reflektirano svjetlo od predmeta, taj svjetlosni signal se pretvara u živčani, koji se putem živaca prenosi u mozak i tu se stvara osjet boje. Osjet boje u našem oku izaziva elektromagnetsko zračenje valnih duljina 380 - 750 nm. To zračenje predstavlja fizički uzrok radi kojeg "vidimo" boju. [2] Ta boja koju vidimo nije fizikalno svojstvo predmeta već isključivo naš doživljaj boje.

Boju s fizikalnog aspekta možemo opisati kao elektromagnetsko zračenje odgovarajuće energije i valne duljine (380 - 750 nm). Pritom taj podražaj može biti uzrokovan elektromagnetskim zračenjem iz odgovarajućeg izvora svjetlosti koji mogu biti izravni (prirodni, umjetni) ili neizravni (apsorpcija, refleksija ili transmisija). Boju s fizikalnog aspekta se može izmjeriti odgovarajućim spektrofotometrijskim ili dezinometrijskim uređajima.



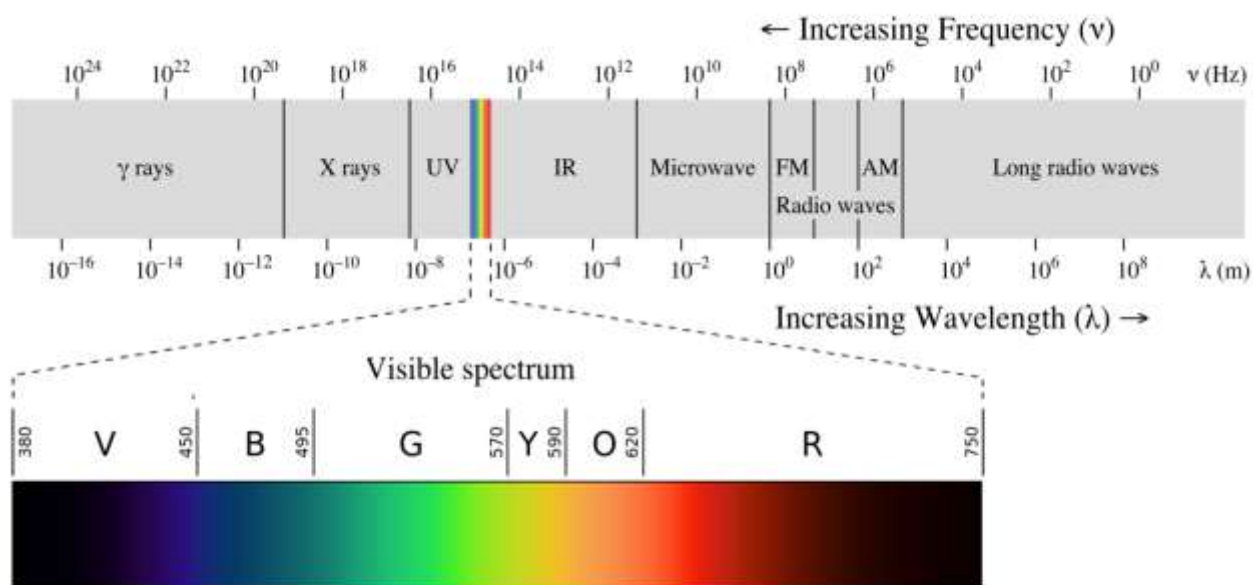
Slika 1. Nastanak i opažanje boje

Izvor: http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/OSNOVE%20%20BOJI%201.dio.pdf

2.2. Svjetlost i njene karakteristike

Svjetlost je po najjednostavnijoj definiciji pojava koja nam omogućuje vidjeti, bez nje ne vidimo ni boje. Svjetlost predstavlja zračenje koje djeluje na mrežnicu oka i izaziva osjet vida. Dakle, svjetlost je elektromagnetsko zračenje koje je vidljivo ljudskom oku.

Ljudsko oko reagira na vrlo ograničeni raspon valnih duljina, na vidljivu svjetlost. Međutim, ono odlično raspoznaje i vrlo male razlike unutar tog raspona. Te male razlike su određene valne duljine koje predstavljaju boje. Taj se raspon naziva vidljivim dijelom spektra elektromagnetskog zračenja.



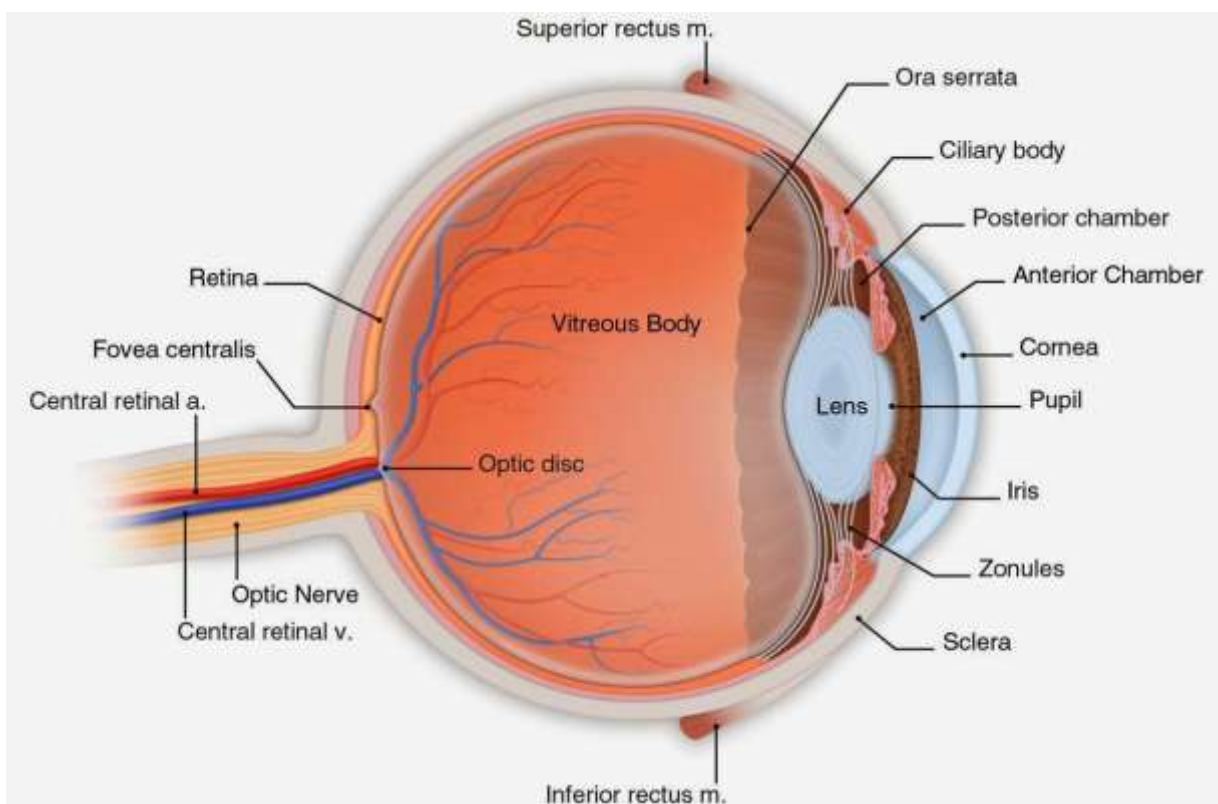
Slika 2. Spektar elektromagnetskog zračenja

Izvor: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/30/EM_spectrumrevised.png

Bijelo svjetlo se sastoji od kontinuiranog niza svih boja vidljivog spektra. U praksi se pod bojom tijela može smatrati boja koju tijelo reflektira kada je osvijetljena bijelom svjetlošću, tj. tijelo će biti obojeno nekom bojom ako njegova površina apsorbira bijelu svjetlost samo na određenom valnom području. Boja, dakle, ovisi o učestalosti reflektiranog zračenja. Bijela površina je ona koja jednako odražava sve valne duljine bijele svjetlosti. Crna površina je ona koja u potpunosti apsorbira bijelu svjetlost. Siva površina jednako odražava sve valne duljine bijele svjetlosti, ali ih djelomično i apsorbira. [3]

Također, svjetlo je i osjećaj koji nastaje podražajem oćnog ųivca u oku. Taj podražaj dolazi u naše oko s pojedinih tijela koja nas okruųuju, pa ih tako vidimo. [3] Za to su zasluųne fotoosjetljive fotoreceptorske vidne stanice koje se nalaze u mreųnici (ųtapićii i ćunjićii). ųtapićii i ćunjićii sluųe za pretvaranje svjetlosnog signala u nervni elektrićni signal.

ųtapićii reagiraju na svjetlo slabijeg intenziteta. Karakterizira ih niųa rezolucija, sposobnost razlikovanja akromatskih boja te noćni vid, dok ćunjićii pokazuju reakciju na svjetlo visokog intenziteta, omogućavaju visoku rezoluciju vida i percepciju boja. [4]



Slika 3. Presjek ljudskog oka

Izvor: <https://vasa-enciklopedija.blogspot.com/2014/04/ljudsko-oko.html>

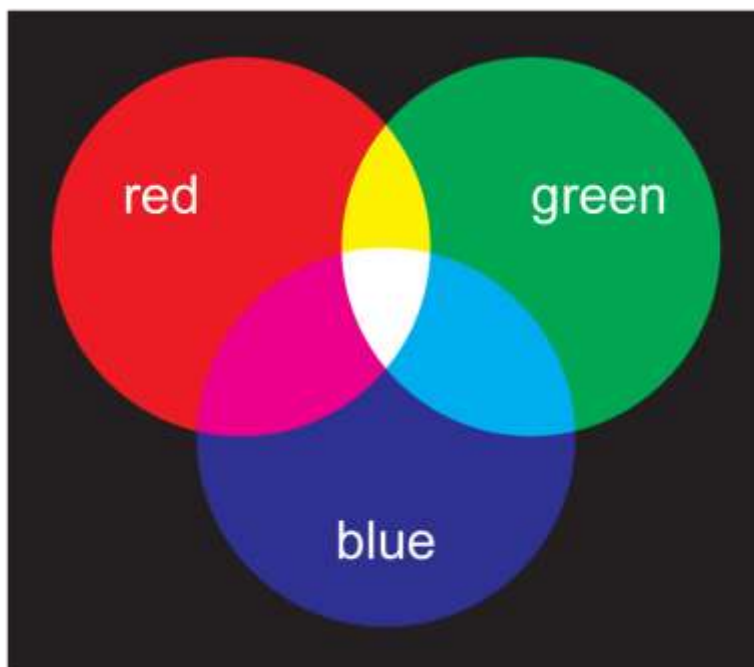
2.3. Miješanje boja

Dva su osnovna načina miješanja boja: aditivno i suptraktivno. I jedna i druga sinteza se temelje na trikromatskom principu reprodukcije boja, a razlika je samo u načinu na koji se ta sinteza vrši. [2] U oba slučaja postoje primarne i sekundarne boje, koje su ovisne o načinu miješanja boja.

Aditivna sinteza (RGB miješanje boja)

Aditivno miješanje boja se temelji na zbrajanju tj. dodavanju pojedinih valnih duljina. RGB sustav miješanja boja se koristi u elektroničkim medijima poput televizije, interneta. Ovu metodu je najjednostavnije opisati pomoću zbrajanja tri snopa svjetlosti, crvenog, zelenog, i plavog.

Različitim omjerima intenziteta snopova moguće je ostvariti širok raspon različitih boja. To je moguće jer se maksimalne osjetljivosti pojedinih čunjića u mrežnici ljudskog oka djelomično poklapaju sa crvenim, zelenim i plavim dijelom vidljivog spektra, pa će ovisno o stupnju pobuđenosti pojedinih čunjića, promatrač doživjeti neku boju. [2]



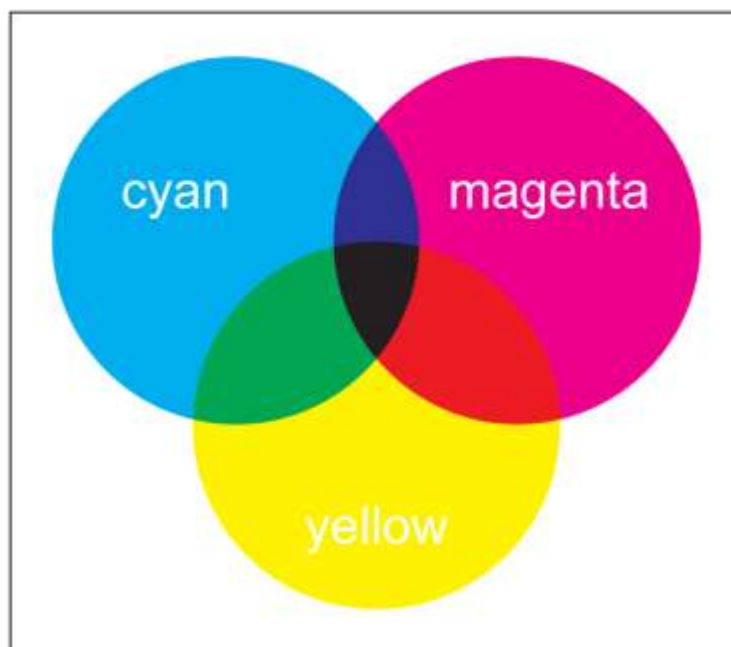
Slika 4. Aditivna sinteza

Izvor: http://www.supertisak.hr/boje/cmyk-rgb-spot-boje-o-cemu-se-tu-radi?doing_wp_cron=1567449012.3270759582519531250000

Suptraktivna sinteza (CMYK miješanje boja)

Suptraktivna sinteza se temelji na apsorpciji tj. oduzimanju pojedinih valnih duljina od bijele svjetlosti. CMYK sustav boja prisutan u tisku gdje se bojilo nanosi na neku podlogu. Osnovne boje suptraktivnog miješanja boja su cijan, žuta i purpurna. Suptraktivnim miješanjem dviju osnovnih boja dobiva se osnovna boja aditivnog načina miješanja boja, a miješanjem sve tri osnovne boje dobiva se crna boja.

Selektivno uklanjanje valnih duljina vrši se pomoću filtera. Zelenoplavim filterom oduzimamo crveni (apsorbira se), purpurnim oduzimamo zeleni, a žutim oduzimamo plavi dio spektra. Različitim stupnjem apsorpcije pojedinih valnih duljina moguće je ostvariti širok raspon različitih boja.

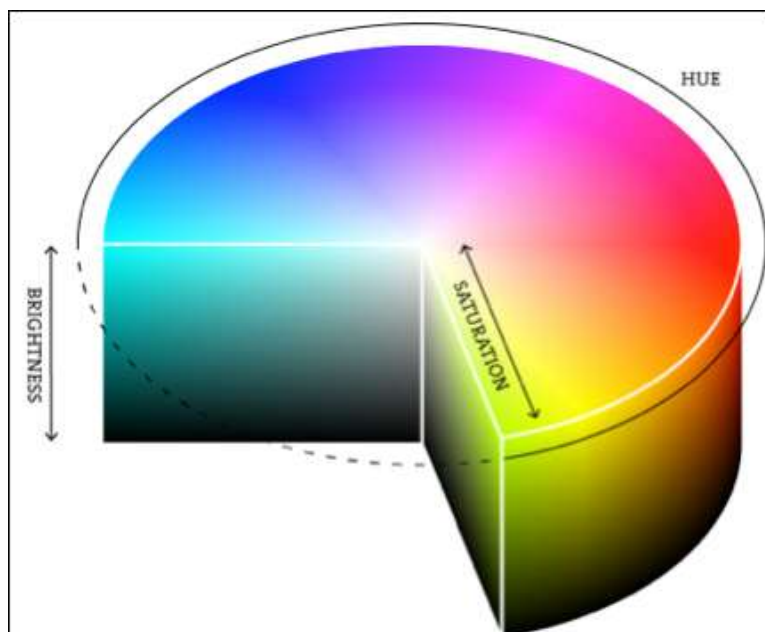


Slika 5. Suptraktivna sinteza

Izvor: http://www.supertisak.hr/boje/cmyk-rgb-spot-boje-o-cemu-se-tu-radi?doing_wp_cron=1567449012.3270759582519531250000

2.4. Atributi boja

Atributi boje su percepcijske karakteristike boje povezane s njezinim psihofizičkim doživljajem pomoću kojih pobliže opisujemo boje. Atribute predstavljaju tri parametra: ton, zasićenje i svjetlinu. Svaka boja u ljudskom oku ujedinjuje te tri dimenzije, prema tome je boja u prostoru definirana trodimenzionalno.



Slika 6. Trodimenzionalni prikaz atributa boja

Izvor: <https://www.2020mag.com/article/human-perception-of-color>

Ton (engl. hue) je atribut vizualnog doživljaja na osnovi kojega točno definiramo pojedinu boju kao npr. crvenu, plavu, žutu, itd. ovisno o dominantnoj valnoj duljini.[2] Za ton se može reći da je dominantna valna duljina koja prevladava u određenom uzorku boje. Bojama je dodijeljeno ime prema tonu, npr. crvena, plava, zelena, te također opisuje i kvalitetu svjetla.



Slika 7. Ton (hue) boje

Izvor: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Boja>

Zasićenje (engl. saturation) je punoća odnosno čistoća boje na određenom području određena u proporciji do njene svjetline. Zasićenje se odnosi na čistoću određenog tona, manje zasićeni ton se javlja kao zamućen i sivi, a više zasićenje tona se vidi kao intenzivna boja. Boje nastale miješanjem manje su zasićene od onih od kojih su nastale. Ova vizualna karakteristika je uzrokovana udjelom pojedinih valnih duljina u ukupnom doživljaju boje.



Slika 8. Zasićenje (saturation) boje

Izvor: https://hr.wikipedia.org/wiki/Jedinice_boje_u_jeziku_CSS

Svjetlina (engl. lightness) boje predstavlja obilježje vizualnog osjeta koje opisuje sličnost boje s nizom akromatskih boja od crne preko sive do bijele. [2] Također podrazumijeva koliko je neka boja istog tona svijetla tj. tamna. Apsolutna crna se označava sa broјčano 0 dok 100 predstavlja apsolutnu bijelu.



Slika 9. Atributi boja

Izvor: <https://purple11.com/basics/hue-saturation-lightness/>

3. PROSTORI BOJA

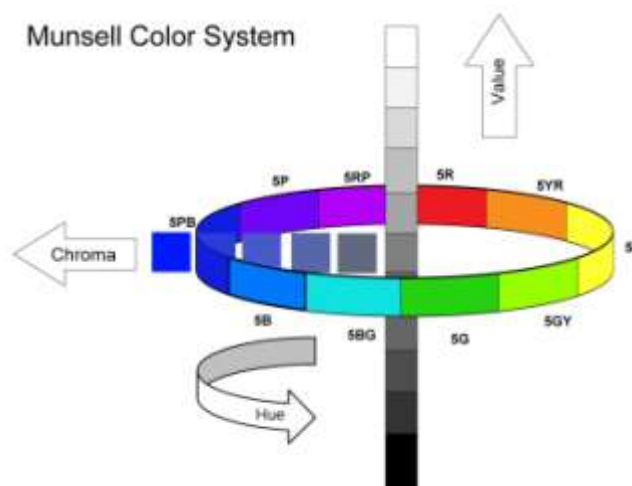
Sustavi za prikaz boja su nastali iz potrebe za sustavnom i objektivnom klasifikacijom boja cjelokupnog spektra, te egzaktnim vrednovanjem odnosa među bojama. [2]

Osnovna podjela prostora boja:

- Sustavi bazirani na psihološkim atributima boje (Munsellov, Natural Colour System -NCS)
- Objektivni sustavi bazirani na CIE zakonitostima (CIE XYZ, CIE LAB, CIE LUV)
- Sustavi bazirani na miješanju boje svjetla i pigmenta (Ostwaldov sustav, Pantone)

3.1. Munsellov prostor boja

Munsell je početkom dvadesetog stoljeća razvio prostor boja prema kojem je trodimenzionalni prostor podijeljen na tri dimenzije: ton, svjetlinu i zasićenje (poznato kao i „Munsell hue“, „Munsell value“, i „Munsell chroma“); time počinje tzv. kolorimetrija. Na grafikonu se može pratiti promjena tona boje po visini, kromatsku promjenu po obodu kružnice i promjenu zasićenja od oboda prema centralnoj osovini (sivoj).



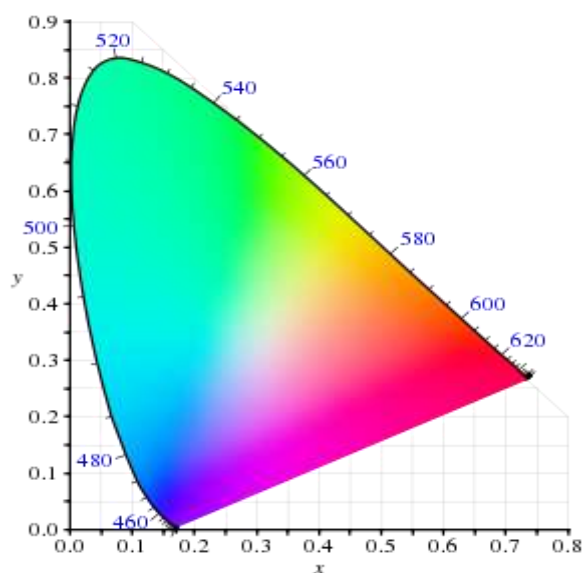
Slika 10. Munsellov prostor boja

Izvor: <https://www.justpaint.org/munsell-notations-for-golden-and-williamsburg-paints/>

3.2. CIE XYZ sustav

CIE XYZ dijagram prikazuje prostor boja koji je definiran u dvodimenzionalnom prostoru. U kolorimetriji CIE sustav doživljaj boje ne opisuje tonom, zasićenjem i svjetlinom nego sa trikromatskim komponentama XYZ. One prikazuju numeričke vrijednosti udjela primarnih boja gdje X predstavlja koliko je crvene, Y zelene, a Z koliko je plave.

Pretvorbom u dvodimenzionalni prostor dolazi do gubitka jedne od varijabli (svjetline), a time i do vizualne informacije o nekoj boji. Prema tome, položaj boje ovisit će o izvoru svjetla. Kromatske koordinate x, y, i z dobivene su iz omjera sume tristimulusnih vrijednosti, $X+Y+Z$. Budući da je njihova suma jednaka 1, očito je da izuzimanjem jedne od kromatskih koordinati, XYZ dijagram neće moći u potpunosti opisivati neku boju. [7] Također je nedostatak CIE XYZ dijagrama da jednaka udaljenost u dijagramu ne odgovara jednakim vizualnim razlikama.



Slika 11. CIE dijagram kromatičnosti

Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/CIE_1931_color_space

3.3. CIE LAB sustav

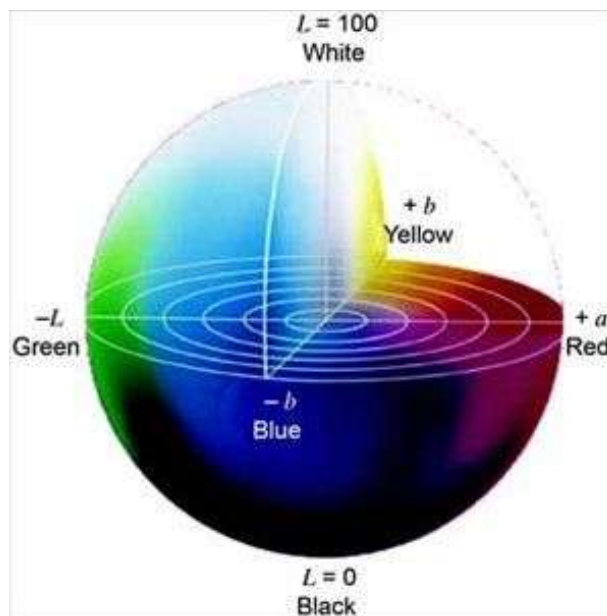
CIE $L^*a^*b^*$ je trodimenzionalni model prikazivanja boja temeljen na objektivnom vrednovanju boja. Najbliži je vizualnoj percepciji te se pokazao kao najprihvatljivijim za brojčano vrednovanje boja. Pritom dva parametra a i b definiraju ton boje, dok parametar L predstavlja njezinu svjetlinu. CIE Lab prostor boja je osmišljen kao nadopuna prostora CIE

XYZ. Naime, CIE XYZ prostor nije prikladan za opisivanje psihofizičke percepcije boja jer kolorimetrijske razlike među različitim bojama se ne podudaraju s njihovom vizualnom percepcijom.

CIE L*a*b* sustav označava trodimenzionalni prostor boja definiran kao pravokutni koordinatni sustav s osima L* te dvije kromatske osi a*, i b*, gdje L* označava svjetlinu, a* crveno-zelenu te b* žuto-plavu. Pomoću svjetline, ovaj prostor boja daje kompletniju sliku o boji. Svjetlina je akromatska os koja se po vertikalnoj osi mjeri od 0 do 100. Vrijednost 0 predstavlja crnu, a 100 bijelu.

CIE L*a*b* sustav se koristi kao model za modeliranje boja u psihofizičkim eksperimentima upravo radi kromatske adaptacije. Također CIE L*a*b* je uveo formulu za izračun kolorimetrijske razlike boja (ΔE^*).

$$\Delta E = \sqrt{(L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2}$$

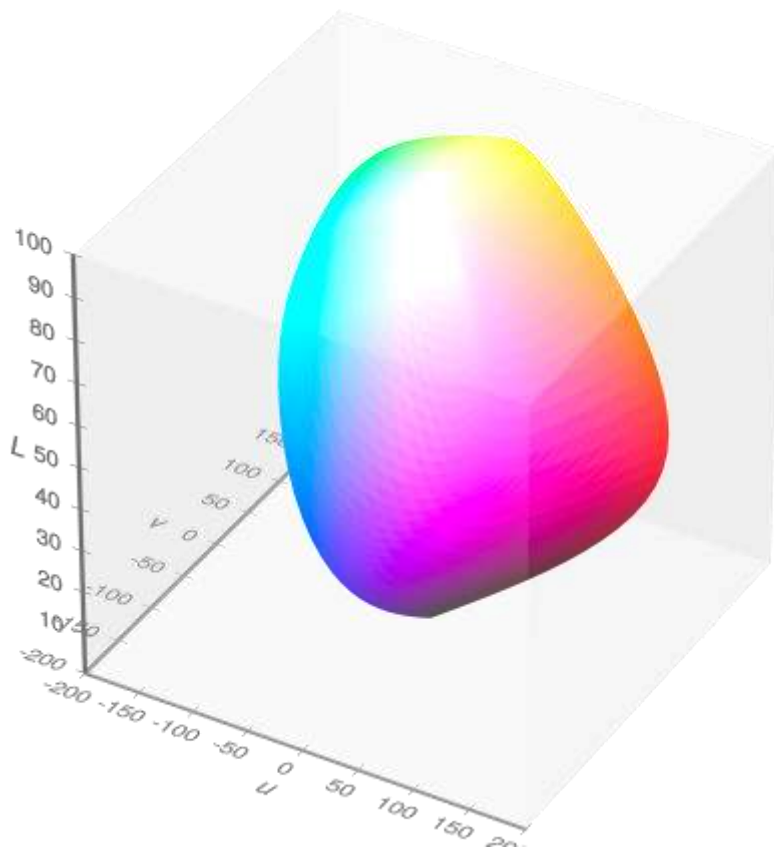


Slika 12. CIE LAB prostor boja

Izvor: http://colorapplications.com/2018/09/14/17/03/30/241/color-measurement/cas_km/what-is-cie-lab-color-space/

3.4. CIE LUV sustav

CIE $L^*u^*v^*$ je trodimenzionalni prostor boja temeljen na aditivnoj sintezi, te se najviše primjenjuje u industriji svjetlosnih uređaja. CIE $L^*u^*v^*$ se sastoji od tri vrijednosti od kojih je prva vrijednost svjetlina (L^*), a druge dvije opisuju raspon boja (u^* i v^*).



Slika 13. CIE LUV prostor boja

Izvor:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Visible_gamut_within_CIELUV_color_space_D65
whitepoint_mesh.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Visible_gamut_within_CIELUV_color_space_D65_whitepoint_mesh.png)

4. PSIHOFIZIKA

Psihofizika (psih- + fizika), najstarija disciplina znanstvene psihologije koja se bavi odnosom između objektivnih svojstava vanjskih podražaja (fizikalno-kemijskih promjena u okolini) te osjeta i percepcije koje ti podražaji izazivaju. Osnivač je klasične psihofizike G. T. Fechner, a suvremene ili subjektivne psihofizike Stanley Smith Stevens. Psihofizika je bitna za psihologiju, jer su se u njezinim okvirima razvile mnoge metode koje su se (prilagođene) proširile u ostala područja psihologije. Teorijska i praktična mjerenja te skaliranja u psihologiji razmatraju se i rješavaju u sklopu psihofizike. [8]. Cilj psihofizike je određivanje načina na koji fizički fenomeni uzrokuju psihičke doživljaje, te se pritom najčešće mjere kvantitativni odnosi između podražaja i njegove percepcije.

Psihofizičke metode

Znanstvene metode određivanja praga vizualne percepcije u psihofizikalnim istraživanjima mogu se podijeliti na: metodu konstantnih stimulusa, metodu limita i metodu ugađanja ili podešavanja [15]. Psihofizičke metode su skup alata koji se koriste za procjenu i mjerenje percepcije kao i reakcije ispitanika na podražaje ili stimulse.

5. PSIHOFIZIČKI VIZUALNI EFEKTI

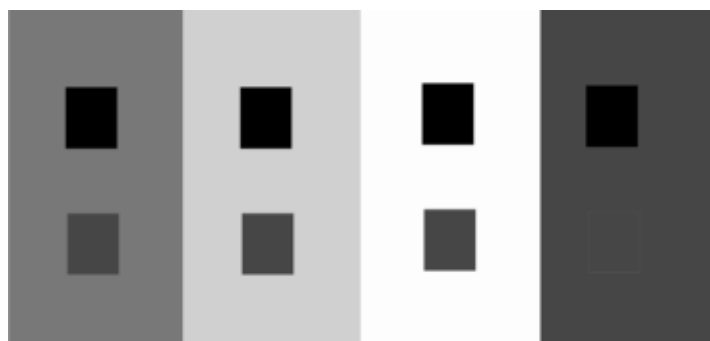
Psihofizikalni vizualni efekti su percepcijski „prividi“ nastali u psihofizikalno određenim situacijama uslijed djelovanja različitih parametara te su povezani s „pogrešnom“ percepcijom boje. Promatrač percipira boje koje ne postoje ili boje percipira nesukladno fizikalnim vrijednostima istih. Javljaju se zbog djelovanja brojnih parametara, poput svojstava i oblika stimulusa, djelovanja boje pozadine, prividnog miješanja stimulusa sa svojom pozadinom, adaptacije vizualnog sustava na svjetlo ili tamu. Također, percepcija boje promatrača može biti uzrokovana i sociološkim i psihološkim stanjima promatrača, njegovim očekivanjima i navikama. Percepcija boje pojedinog predmeta nikada nije u potpunosti usklađena samo sa spektralnim informacijama koje nastaju refleksijom svjetlosti od samog predmeta. Percepcija svake pojedine boje nekog predmeta ovisi o integriranom utjecaju boja svih ostalih objekata koji okružuju predmet. Pomak pojavnosti boje je uobičajena percepcijska pojava koja se javlja na svakoj slikovnoj grafičkoj reprodukciji. [10]

Psihofizikalni vizualni efekti mogu se klasificirati na: pozadinske efekte i adaptacijske efekte.

5.1. Pozadinski efekti

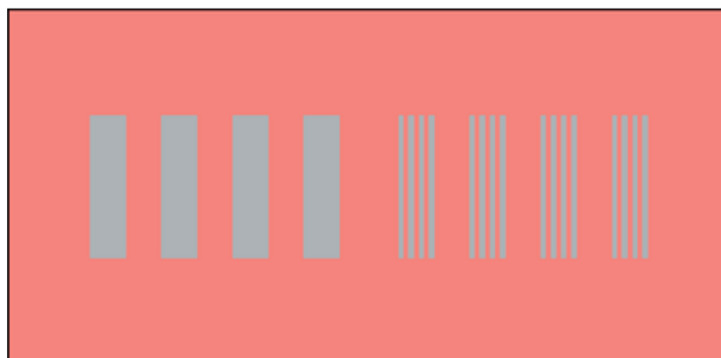
Pozadinski psihofizikalni vizualni efekti nastaju djelovanjem karakteristika i oblika prostorne strukture stimulusa te okruženja (pozadine). U tu skupinu spadaju sljedeći efekti: simultani kontrast (indukcija), nabiranje, i proširivanje. [11]

Kako su različiti psihofizički efekti međusobno povezani, njihova podjela nije jednoznačna. Naime, vrlo se često na istim uzorcima može pojaviti i više psihofizičkih efekata. [10]



Slika 14. Nabiranje

Izvor: <https://repositorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A1586/datastream/PDF/view>



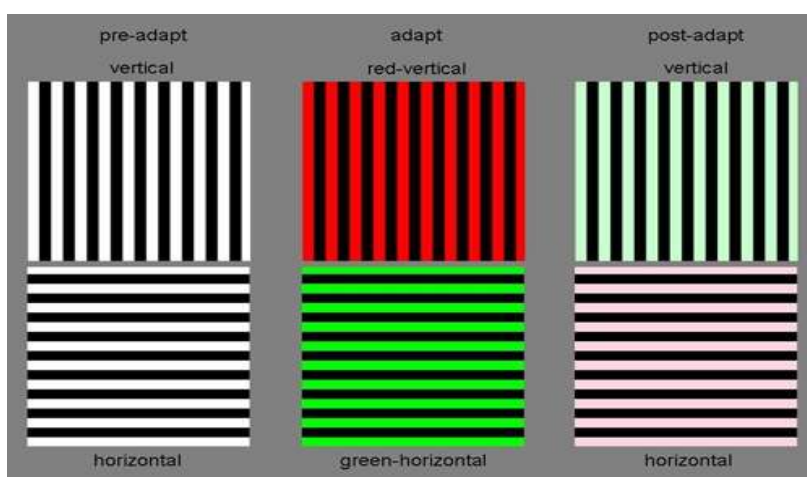
Slika 15. Proširivanje

Izvor: <https://repositorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A1586/datastream/PDF/view>

5.2. Adaptacijski efekti

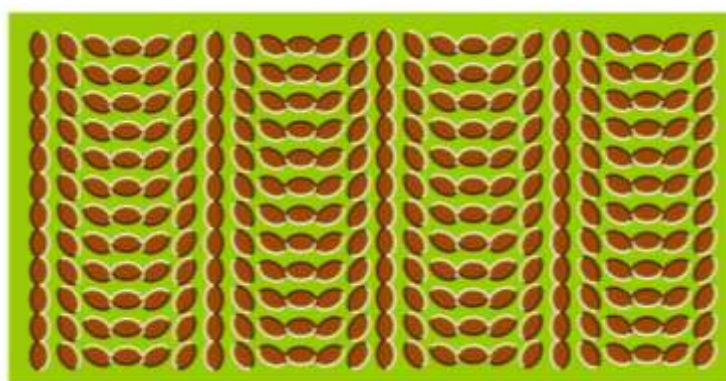
Osim pozadinskih vizualnih efekata, postoji i široki raspon tzv. adaptacijskih psihofizikalnih vizualnih efekata, čija je manifestacija osim uz bojene karakteristike stimulusa vezana i uz

njihov položaj u prostoru te uz geometrijsku strukturu (oblik, veličinu, složenost, ponovljivost, međusobni položaj elemenata u kompleksnom stimulus, međusobni odnos veličina elemenata, kut gledanja i udaljenost, površinske karakteristike, rezolucija slike, kut rastriranja ...) pa se isti zbog pripadajuće kompleksnosti mehanizama potrebnih za njihovu percepciju nazivaju adaptacijskim efektima temeljenim na “višim” ili kortikalnim nivoima percepcije. Primjer jednog od takvih efekta je McCollugh efekt (Slika 16.) čija je manifestacija osim bojom određena i smjerom, odnosno organizacijom i orijentacijom linija u percepcijskom polju. [12]



Slika 16. McCollugh efekt

Izvor: <https://hackaday.com/2016/01/06/hack-your-brain-the-mccollough-effect/>



Slika 17. Donguri uzorak

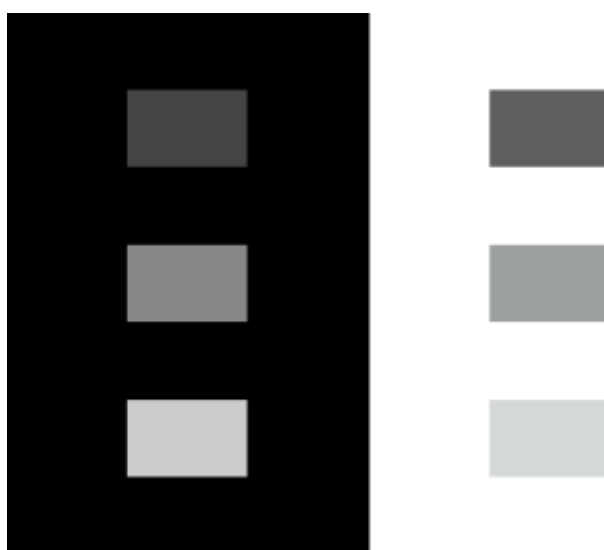
Izvor: <http://jaced.com/2006/05/26/donguri-pattern-curtain-illusion/>

Efekt pod nazivom „Donguri uzorak“ (Slika 17) uzrokovan je promjenom orijentacije stimulusa. Veličine svih uzoraka na zelenkastoj površini su iste. Promijenjen je jedino smjer orijentacije pojedinih uzoraka te se kao posljedica stvara privid kretanja slike u obliku valova.

6. SIMULTANI KONTRAST

Simultani kontrast ili indukcija je psihofizikalni vizualni efekt koji izaziva pomak pojavnosti boje, a uzrokovan je promjenom boje pozadine. U slučaju simultanog kontrasta, svjetlija pozadina uzrokuje tamniju percepciju boje promatranog podražaja, a isto vrijedi i u obrnutom slučaju.

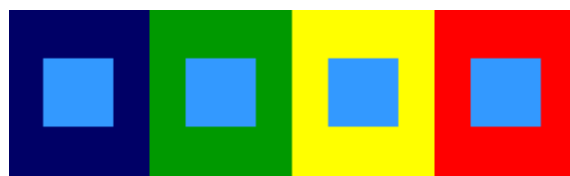
Efekt se može manifestirati kao kromatski i akromatski, s tim da se kod akromatskog simultanog kontrasta doživljaj temelji na razlici svjetline pozadine i promatranog stimulusa, dok se kromatski simultani kontrast zasniva na razlici između kromatskih parova boja. Efekt simultanog kontrasta jače se manifestira na predmetima komplementarnih boja. [11]



Slika 18. Akromatski simultani kontrast

Izvor: <http://scanline.ca/ciecam02/>

Na Slici 18. kvadrati u svakom redu su iste svjetline. Kvadrati na crnoj pozadini se čine svjetlijima dok kvadrati na bijeloj pozadini se čine tamnijima. Tamnija pozadina inducira svijetli stimulus dok svijetla pozadina inducira tamniji stimulus.



Slika 19. Kromatski simultani kontrast

Izvor: http://www.montada.de/Bilder/kontrast_simultan.gif

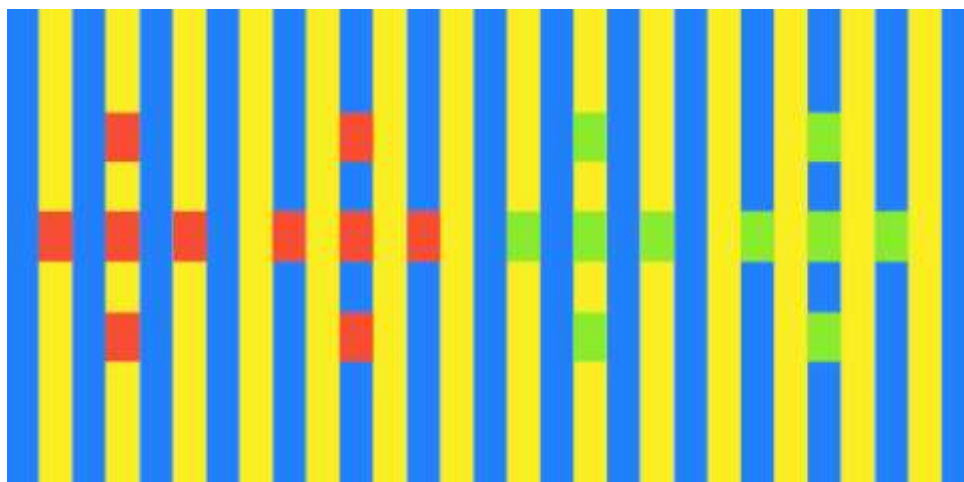
Na tamnoplavoj pozadini cijan pravokutnik se percipira svjetlijim od identičnog pravokutnika na zelenoj pozadini (Slika 19.). Isto tako, na žutoj pozadini pravokutnik se čini tamnijim od identičnog pravokutnika na crvenoj pozadini.



Slika 20. Albersov model kromatskog simultanog kontrasta

Izvor: <http://www.andrewkelsall.com/color-effect-designers-should-see/>

Josef Albers objasnio je različite aspekte simultanog kontrasta (Slika 20.), s ciljem primjene efekta u području grafičkog dizajna. [11] U ovom primjeru simultanog kontrasta X-evi su zapravo iste boje, no zbog boje pozadine ih percipiramo drukčijima. Tako je na lijevoj strani X svjetliji nego na desnoj jer se nalazi na tamnijoj pozadini.



Slika 21. Robertson-Whiteov model kromatskog simultanog kontrasta

Izvor: <https://www.colorduels.com/what-is-simultaneous-contrast/>

Robertson-Whiteov model kako je vidljivo iz Slike 21. se sastoji od crvenih kvadrata na lijevom dijelu i plavozelenih kvadrata na desnom dijelu koji su okruženi istim kromatičnim rubom (dvije žute i dvije plave linije). U ovom slučaju simultani kontrast ovisi o prostornoj strukturi i obliku podražaja. Crveni i zeleni kvadrati na lijevoj i desnoj strani su jednake boje, no kada se ispod kvadrata stave linije žute i plave boje, oni se percipiraju drugačije. Crveni kvadrati na žutoj podlozi percipiraju se tamnije nego crveni kvadrati na plavoj pozadini, jednako tako se i zeleni kvadrati percipiraju tamnijim na žutoj pozadini nego zeleni kvadrati na plavoj pozadini.

Jačina intenziteta doživljaja efekta kromatskog simultanog kontrasta proporcionalno utječe na doživljaj kvalitete reprodukcije, stoga je u istraživanjima intenziteta efekta simultanog kontrasta zaključeno da je veličina efekta simultanog kontrasta varijabilna u ovisnosti o boji, zasićenju podloge, i o samom kontrastu. [11]



Slika 22. Robert Delaunay: "Homage to Bleriot", 1914.

Izvor: <http://likovna-kultura.ufzg.unizg.hr/kontrast.htm>

Simultani kontrast ima široki spektar primjene (grafički proizvodi, marketing...) te se može primijetiti i u likovnoj umjetnosti kao npr. na slici Roberta Delaunaya iz 1914.g. Simultani kontrast je na slici najizraženiji na mjestima na kojima se susreću dvije komplementarne boje, npr. crvena se pored ljubičaste boje doima svjetlije nego pored žute boje.

7. EKSPERIMENTALNI DIO

7.1. Plan i izvedba eksperimenta

U praktičnom dijelu ovog rada će se provesti istraživanje psihofizičkog vizualnog efekta simultanog kontrasta. Ispitivanje je podijeljeno u dva dijela: na simultani kontrast s promjenom boje pozadine i simultani kontrast s promjenom svjetline pozadine. Kromatska indukcija predstavlja pojavu pri kojoj dvije susjedne boje međusobno djeluju jedna na drugu te dolazi do prividne promjene u percepciji i tonu obojenja. U eksperimentalnom dijelu će se prikazati kako promatrači percipiraju efekt simultanog kontrasta, stoga cilj ovog eksperimenta je istražiti odstupanja u percepciji ispitanika.

Eksperiment će biti proveden na 25 ispitanika. Ispitanicima će biti prikazani na zaslonu dva prethodno napravljena originalna testna uzorka od kojih će na prvom biti prikazan simultani kontrast s promjenom boje pozadine, dok na drugom simultani kontrast s promjenom svjetline pozadine. Ispitanici će trebati na oba testna uzorka vizualno ocijeniti odnosno odabrati jednu od sedam ponuđenih nijansi uzorka koja prema njihovoj percepciji odgovara onoj na testnom uzorku.

Rezultati ispitivanja će biti prikazani u tablici. Nakon toga će se kvantitativno dobiveni podaci analizirati i pomoću statističke obrade evaluirati. Na temelju dobivenih rezultata će na grafovima biti prikazana odstupanja u percepciji boje odnosno svjetline između ispitanika.

Svaki promatrač ima svoj doživljaj boje te se prema tome od ovog eksperimenta očekuju odstupanja ispitanika u percepciji boja i svjetline.

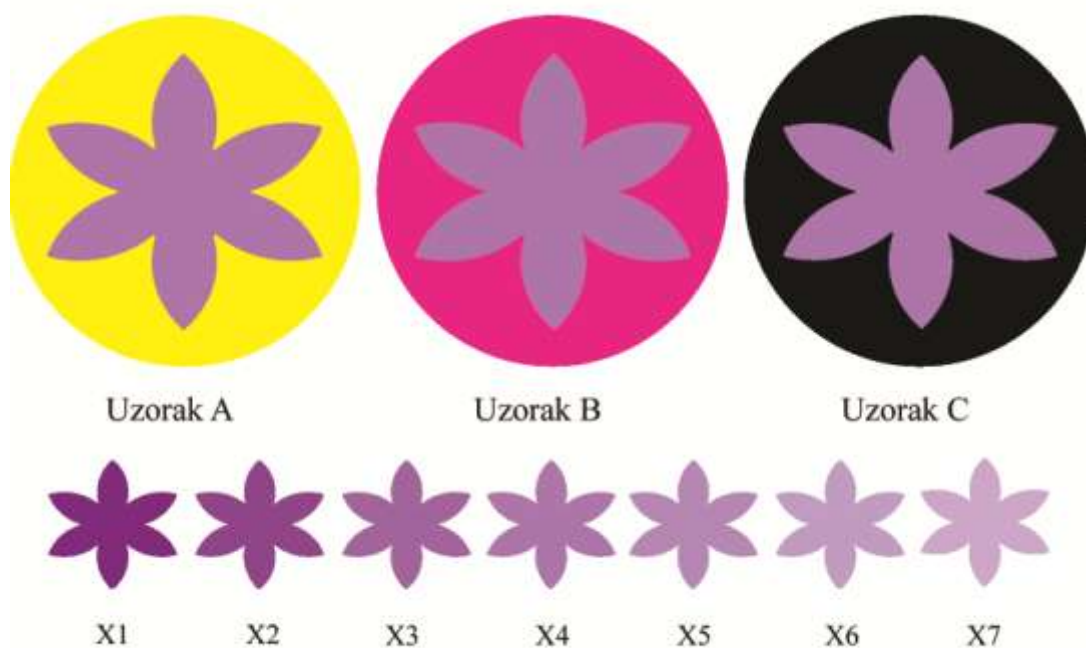
7.2. Izrada testnog uzorka

Testni uzorci su izrađeni u programu Adobe Illustratoru, a potom dorađeni u Adobe Photoshopu.

1. Testni uzorak

Pozadine uzoraka su napravljene u obliku kruga koje su obojene žutom, magentom i crnom bojom. U krugu se nalazi oblik cvijeta koji je obojen ljubičastom bojom i Pantone kataloga (Pantone DS 168-4 C).

Ispod uzorka se nalaze cvjetni oblici koji su ispunjeni nijansama ljubičaste boje iz Pantone kataloga: Pantone DS 168-1 C, Pantone DS 168-2 C, Pantone DS 168-3 C, Pantone DS 168-4 C, Pantone DS 168-5 C, Pantone DS 168-6 C i Pantone DS 168-7 C.



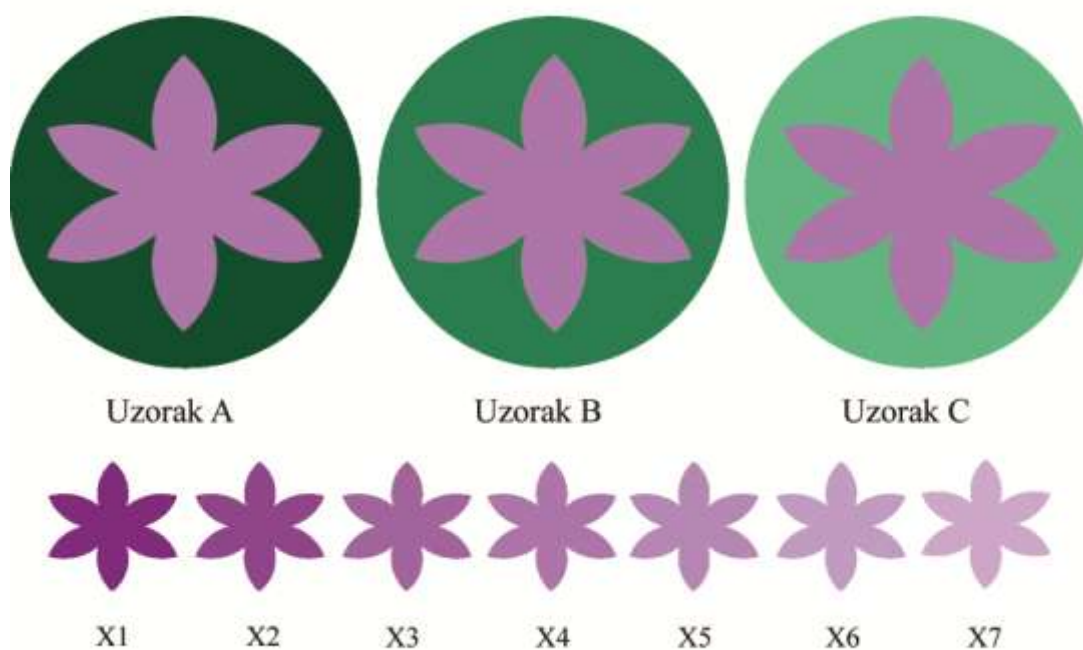
Slika 23. Uzorak simultanog kontrasta sa promjenom boje pozadine

Izvor: Fotografija autora

2. Testni uzorak

Pozadine uzoraka su napravljene u obliku kruga koje su ispunjene zelenom bojom iz Pantone kataloga Pantone DS 273-2 C. Svaki od tih krugova je zelene boje različite svjetline. U krugu se nalazi oblik cvijeta koji je obojen ljubičastom bojom i Pantone kataloga (Pantone DS 168-4 C).

Ispod uzorka se nalaze cvjetni oblici koji su ispunjeni nijansama ljubičaste boje iz Pantone kataloga: Pantone DS 168-1 C, Pantone DS 168-2 C, Pantone DS 168-3 C, Pantone DS 168-4 C, Pantone DS 168-5 C, Pantone DS 168-6 C i Pantone DS 168-7 C.



Slika 24. Uzorak simultanog kontrasta sa promjenom svjetline pozadine

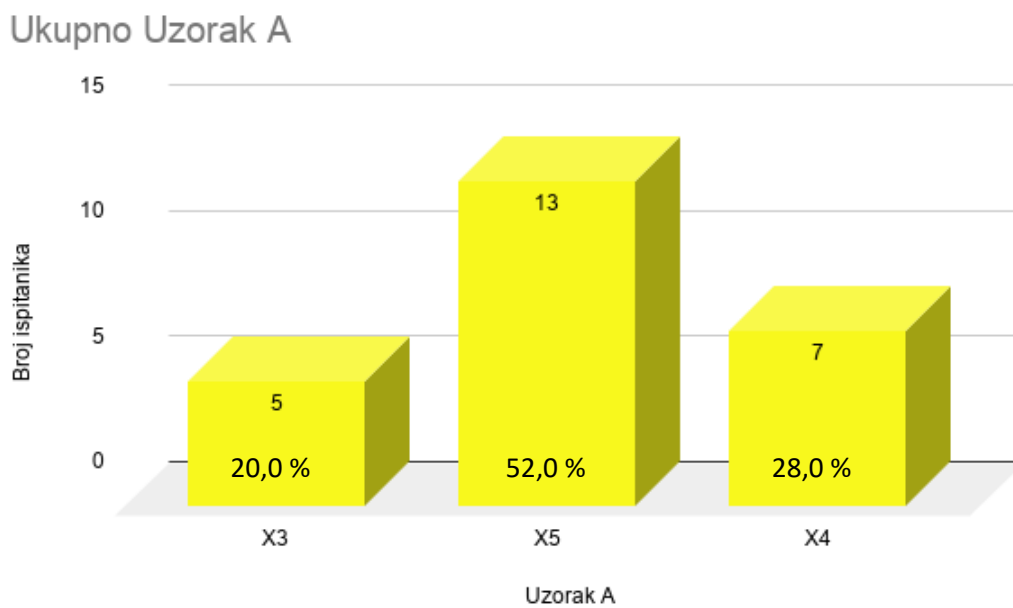
Izvor: Fotografija autora

7.3. Rezultati eksperimenta

Tablica 1. Rezultati ispitivanja

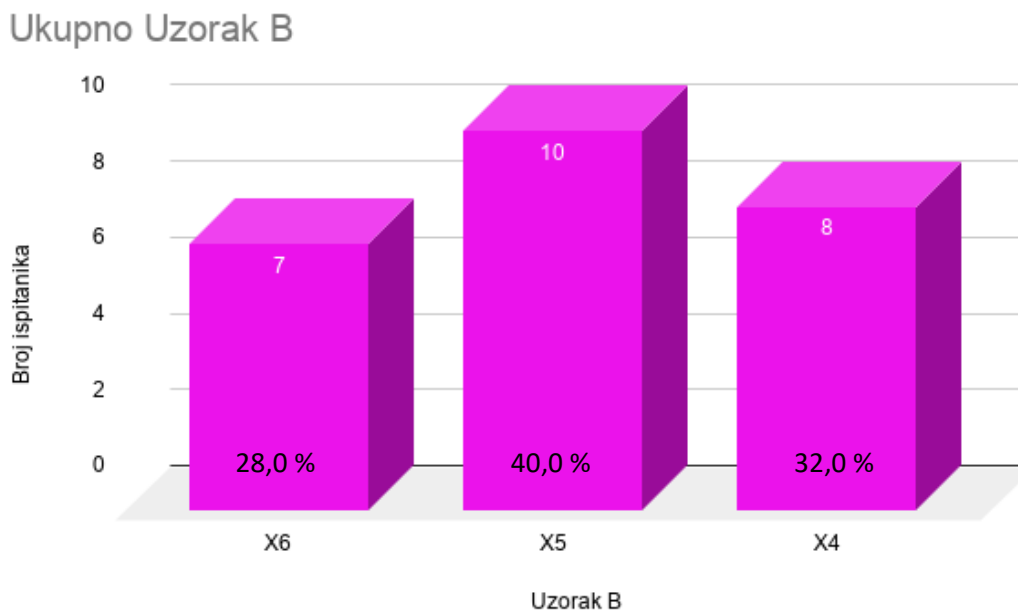
Redni broj ispitanika	Uzorak A	Uzorak B	Uzorak C	Nijanse DA/NE	Uzorak A	Uzorak B	Uzorak C	Nijanse DA/NE
1	X3	X6	X6	NE	X5	X4	X3	NE
2	X5	X5	X5	NE	X4	X5	X4	NE
3	X5	X4	X5	NE	X2	X4	X6	NE
4	X5	X4	X4	NE	X5	X4	X3	NE
5	X4	X4	X3	NE	X5	X3	X4	NE
6	X5	X5	X5	NE	X4	X4	X5	NE
7	X3	X5	X5	NE	X3	X7	X3	NE
8	X3	X6	X3	NE	X3	X4	X4	NE
9	X4	X6	X3	NE	X5	X3	X3	NE
10	X5	X6	X3	NE	X3	X4	X4	NE
11	X5	X4	X3	NE	X4	X4	X3	NE
12	X5	X4	X5	NE	X3	X3	X3	NE
13	X5	X4	X5	NE	X2	X5	X5	NE
14	X4	X5	X4	NE	X3	X5	X4	NE
15	X3	X5	X5	NE	X5	X5	X3	NE
16	X3	X5	X6	NE	X4	X4	X3	NE
17	X4	X4	X6	NE	X4	X7	X3	NE
18	X4	X5	X5	NE	X3	X4	X4	NE
19	X5	X6	X4	NE	X3	X4	X4	NE
20	X4	X6	X5	NE	X5	X5	X3	NE
21	X5	X5	X5	NE	X3	X3	X5	NE
22	X5	X4	X5	NE	X4	X4	X4	NE
23	X5	X5	X4	NE	X3	X4	X3	NE
24	X5	X6	X4	NE	X4	X5	X6	NE
25	X4	X5	X5	NE	X4	X4	X4	NE

1. Testni uzorak:



Slika 25. Dijagram rezultata na uzorku A (na žutoj pozadini)

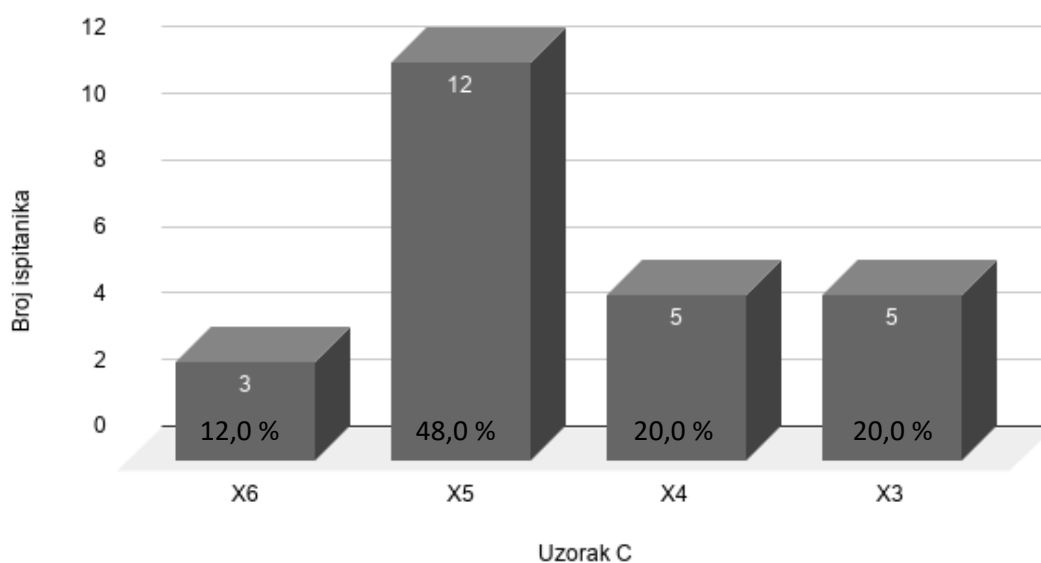
Izvor: Fotografija autora



Slika 26. Dijagram rezultata na uzorku B (na magenti)

Izvor: Fotografija autora

Ukupno Uzorak C



Slika 27. Dijagram rezultata na uzorku C (na crnoj pozadini)

Izvor: Fotografija autora

Tablica 2. Tablica L*a*b* vrijednosti boja pozadine

Broj uzorka	Naziv boje	L*	a*	b*
Uzorak A	Žuta	95	-6	95
Uzorak B	Magenta	52	81	-7
Uzorak C	Crna	0	0	0

Tablica 3. Tablica L*a*b* vrijednosti nijansa X1-X7

Broj nijanse	Naziv boje	L*	a*	b*
X1	Pantone DS 168-1 C	34	48	-39
X2	Pantone DS 168-2 C	43	40	-33
X3	Pantone DS 168-3 C	52	33	-27
X4	Pantone DS 168-4 C	57	28	-24
X5	Pantone DS 168-5 C	63	23	-22
X6	Pantone DS 168-6 C	69	18	-19
X7	Pantone DS 168-7 C	73	17	-16

Izračun kolorimetrijske razlike (ΔE):

$$\Delta E = \sqrt{(L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2}$$

$$\Delta E_{x4-x1} = 33.9706$$

$$\Delta E_{x4-x5} = 8.0623$$

$$\Delta E_{x4-x2} = 20.5183$$

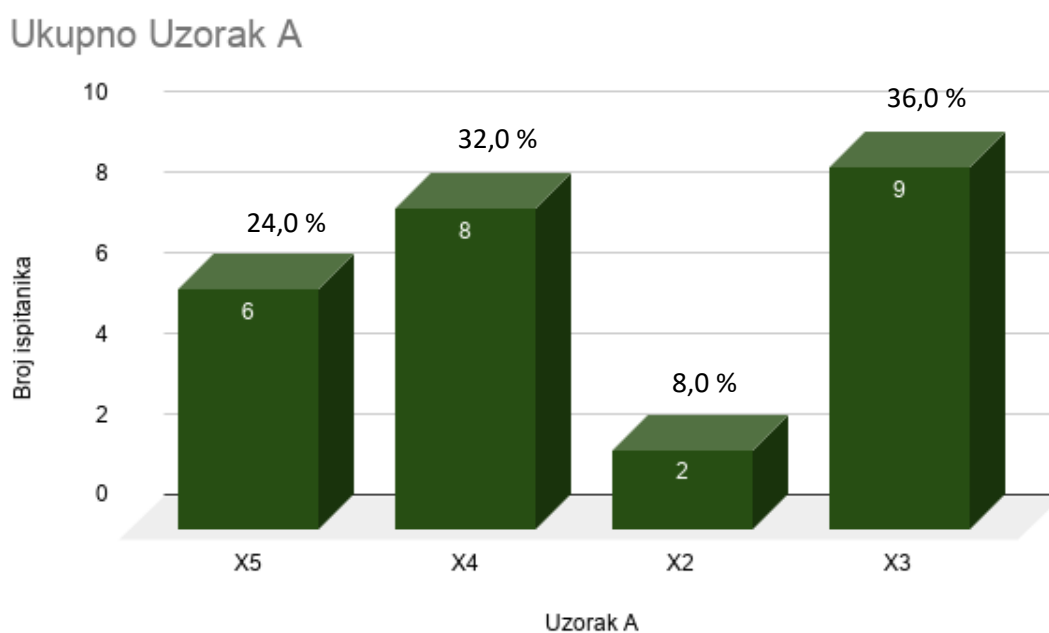
$$\Delta E_{x4-x6} = 16.4012$$

$$\Delta E_{x4-x3} = 7.6811$$

$$\Delta E_{x4-x7} = 21$$

Pri računanju ΔE se primijenila nijansa X4 (Pantone DS 168-4 C) kao referentna vrijednost svih nijansa. Uzimajući u obzir koji su kriteriji odstupanja ΔE dozvoljeni, primjećuje se da kod X1, X2, X6 i X7 su očigledno velika odstupanja odnosno razlika u boji je jako vidljiva.

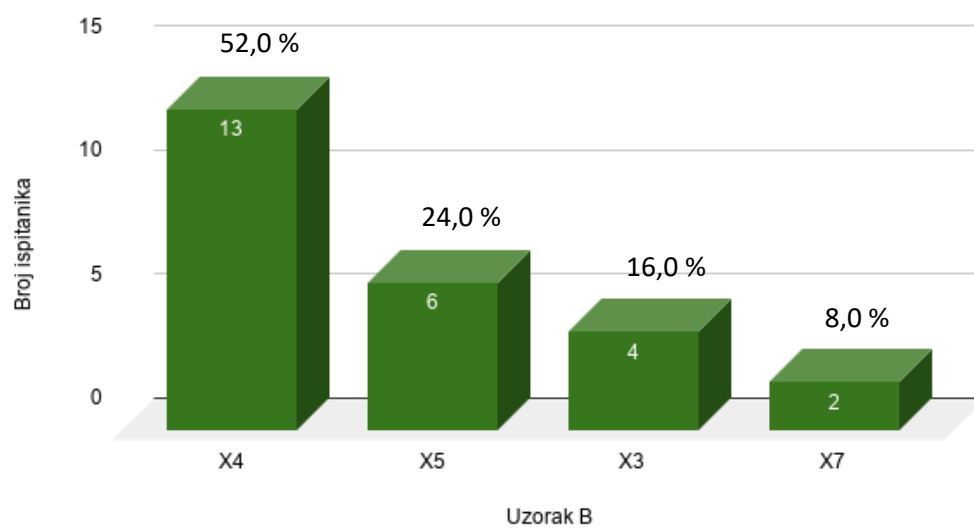
2. Testni uzorak:



Slika 28. Dijagram rezultata na uzorku A (na tamnozelenoj pozadini)

Izvor: Fotografija autora

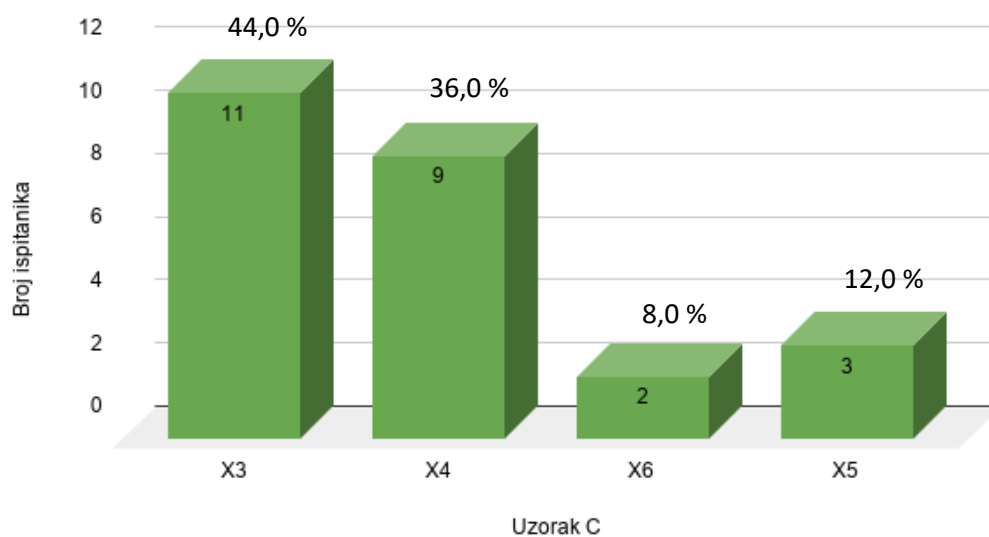
Ukupno Uzorak B



Slika 29. Dijagram rezultata na uzorku B (na zelenoj pozadini)

Izvor: Fotografija autora

Ukupno Uzorak C



Slika 30. Dijagram rezultata na uzorku C (na svijetlozelenoj pozadini)

Izvor: Fotografija autora

Tablica 4. Tablica L*a*b* vrijednosti boja pozadine

Broj uzorka	Naziv boje	L*	a*	b*
Uzorak A	Tamno zelena	30	-41	15
Uzorak B	Zelena	50	-41	15
Uzorak C	Svijetlo zelena	70	-41	15

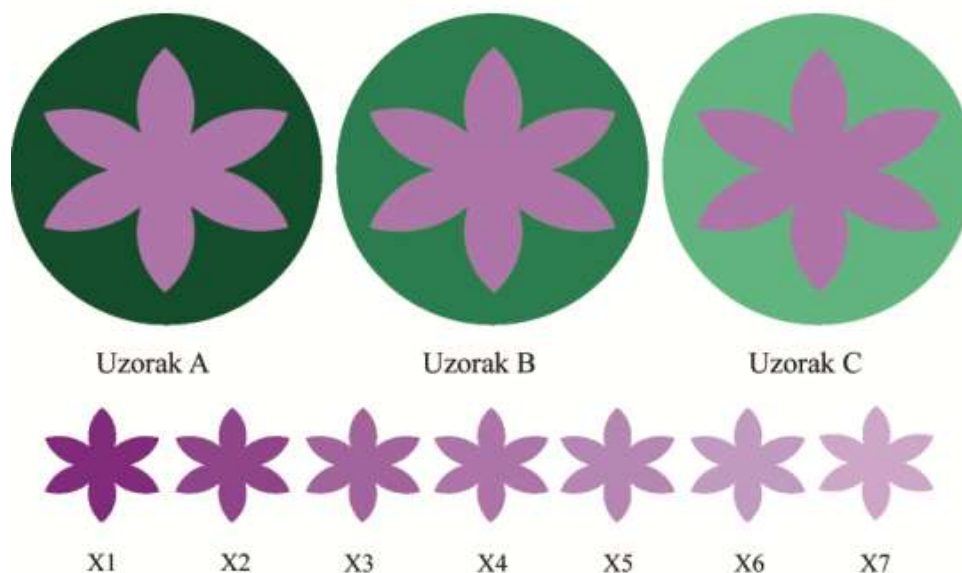
$\Delta L^* = L_1^* - L_2^*$, gdje je L_1^* svjetlina boje na kojoj se mjeri odstupanje, a L_2^* je svjetlina referentnog (standard) uzorka.

Uzorak A: $\Delta L^* = 30 - 57 = -27$

Uzorak B: $\Delta L^* = 50 - 57 = -7$

Uzorak C: $\Delta L^* = 70 - 57 = 13$

Prema kriteriju, pozitivne vrijednosti pojedinih razlika (ΔL^* , Δa^* , Δb^*), znače da uzorak ima više te varijable nego standard. Na primjer, ako je razlika u svjetlini pozitivna vrijednost ($\Delta L^* > 0$), to znači da je uzorak svjetliji od standarda. Također vrijedi i obrnuto, kao što je prikazano na slici 24. Kod uzorka C je $\Delta L^* > 0$ što znači da je boja pozadine svjetlija od referentne vrijednosti cvijeta. Dok kod uzoraka A i B je $\Delta L^* < 0$ pa je time boja pozadine tamnija od boje cvijeta.



Slika 24. Uzorak simultanog kontrasta sa promjenom svjetline pozadine

Izvor: Fotografija autora

8. ZAKLJUČAK

Prema dobivenim podacima ispitivanja, može se zaključiti da je u prvom testnom uzorku (simultani kontrast s promjenom boje pozadine) najviše ispitanika pogriješilo u biranju referentne nijanse uzorka (njih 13 od 25). Pošto na uzorku B čak 8 ispitanika izabralo referentnu nijansu, može se zaključiti da na magentnoj pozadini simultani kontrast nije izražajan. Budući da je na uzorku C samo 5 ispitanika od 25 izabralo referentnu vrijednost uzorka, može se reći da je na crnoj pozadini efekt jače izražen nego u prethodna dva slučaja (žuta i magenta). Također, vidljivo je da je na žutoj pozadini simultani kontrast bio najuočljiviji zato što je žuta boja komplementarna ljubičastoj. Stoga može se reći da simultani kontrast jači kod komplementarnih boja.

Nakon ispitivanja na drugom testnom uzorku (simultani kontrast s promjenom svjetline pozadine), uočljivo je da je na uzorku A najmanje ispitanika (8) odabralo referentnu vrijednost uzorka, što znači da su krivo percipirali boju cvijeta. Zanimljivo je da je na uzorku B najviše ljudi odabralo referentnu nijansu, što znači da na toj zelenoj pozadini simultani kontrast nije uspio. Na uzorku C je očekivano da su ispitanici najviše odabrali tamne nijanse cvijeta jer se ljubičasti cvijet na svijetlozelenoj pozadini čini puno tamnije. Isto tako, ljubičasti cvijet iste nijanse se percipira kao puno svjetliji na tamnozelenoj pozadini.

Dakle, ovo istraživanje je prezentiralo da je simultani kontrast ovisan o boji kao i o svjetlini boje. Međutim, ovaj eksperiment je pokazao i da je simultani kontrast izraženiji na pozadinama s promjenom boje, za razliku od pozadina s promjenom svjetline, jer boje utječu jedna na drugu pa tako mijenjanju cijelu percepciju promatrača te mu se boja čini svjetlijom odnosno tamnijom, tj. boja "poprimi" vrijednosti druge boje. Taj psihofizički vizualni efekt pomaže dizajnerima kako osmisliti što bolje i kreativnije proizvode, a da se pritom koristi, zapravo, ista nijansa boje. Simultani kontrast ima široku primjenu te ima veliku ulogu i u grafičkoj komunikaciji odnosno tehnologiji.

8. LITERATURA

1. Mihoci M. (2015.), Spektrofotometrijsko određivanje boje
2. Strgar Kurečić M. (2018.), Predavanja iz kolegija "Reprodukcijnska fotografija 2", Osnove o boji, pdf
3. <https://hr.wikipedia.org/wiki/Svjetlost>
4. [https://hr.wikipedia.org/wiki/Mre%C5%BEnica_\(oko\)](https://hr.wikipedia.org/wiki/Mre%C5%BEnica_(oko))
5. <https://vasa-enciklopedija.blogspot.com/2014/04/ljudsko-oko.html>
6. <http://likovna-kultura.ufzg.unizg.hr/boja.htm>
7. R.S Berns(2000.),Principles of color technology,Wiley&Sons,New York
8. <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=50925>
9. D. Ivanec, K. Modić Stank,: Klasična psihofizika, Skripta, Neobjavljeni rukopis, Odsjek za psihologiju, FF u Zagrebu, 2007.
10. Budimir I. (2015.), Nove varijacije Munker-Whiteovoga efekta u procesu grafičke komunikacije, Zagreb
11. <https://repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A1586/datastream/PDF/view>
12. Lukaček M., Hajdek K., Milković M. (2013.), Analiza manifestacije McCollugh efekta u cross-media reprodukcijnskim sustavima
13. <http://likovna-kultura.ufzg.unizg.hr/kontrast.htm>

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAFIČKI FAKULTET

Getaldićeva 2

Zagreb, 16. 9. 2019.

Temeljem podnietog zahtjeva za prijavu teme završnog rada izdaje se

R J E Š E N J E

kojim se studentu/ici Ani Pavlinić, JMBAG 0035208115, sukladno čl. 5. st. 5. Pravilnika o izradi i obrani završnog rada od 13.02.2012. godine, odobrava izrada završnog rada, pod naslovom: Efekt simultanog kontrasta u grafičkoj komunikaciji, pod mentorstvom doc. dr. sc. Ivana Budimira.

Sukladno čl. 9. st. 1. Pravilnika o izradi i obrani završnog rada od 13.02.2012. godine, Povjerenstvo za nastavu, završne i diplomske ispite predložilo je ispitno Povjerenstvo kako slijedi:

1. izv. prof. dr. sc. Žiljak Stanimirović Ivana, predsjednik/ica
2. doc. dr. sc. Budimir Ivan, mentor/ica
3. doc. dr. art. Jurković Vanda, član/ica

Dekan
Prof. dr. sc. Nikola Mrvac

