

Utjecaj kolorimetrijskih vrijednosti kromatskog efekta nabiranja na percepciju promatrača

Bradić, Petra

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:503689>

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

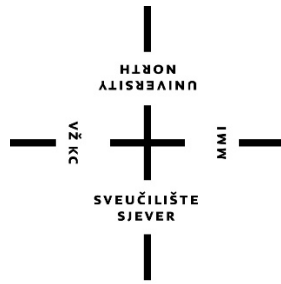
Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-23**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





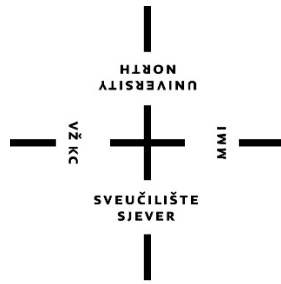
Sveučilište Sjever

Završni rad br. 543/MM/2017

Utjecaj kolorimetrijskih vrijednosti kromatskog efekta nabiranja na percepciju promatrača

Petra Bradić, 5496/601

Varaždin, rujan 2017. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za Multimedija, oblikovanje i primjena

Završni rad br. 543/MM/2017

Utjecaj kolorimetrijskih vrijednosti kromatskog efekta nabiranja na percepciju promatrača

Student

Petra Bradić, 5496/601

Mentor

Doc. dr. sc. Krunoslav Hajdek

Varaždin, rujan 2017. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za multimediju, oblikovanje i primjenu		
PREDSJEDNIK	Petra Bradic	MATIČNI BROJ	5495/501
DATUM	29.08.2017.	NASLOV	Kolorimetrija
NASLOV RADA	Utjecaj kolorimetrijskih vrijednosti kromatskog efekta nabiranja na percepciju promatrača		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Influence of colorimetric values of chromatic crispening effect on the perception of the observer		
MENTOR	dr. sc. Krunoslav Hajdek	ZVANJE	Docent
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. doc.dr.sc. Darijo Čerepinko - predsjednik		
	2. doc. art. Robert Geček - član		
	3. doc.dr.sc. Krunoslav Hajdek - mentor		
	4. v. pred. Mario Periša, dipl.ing. - zamjenski član		
	5. _____		

Zadatak završnog rada

BROJ 543/MM/2017

OPIS

U današnje vrijeme dizajneri prijelazuju korištenju sve zahtjevnijih i idejnih rješenja izgleda proizvoda s ciljem izdizavanja reakcije kod ciljanih potrošača. Samim time dizajneri koriste određene vizualne efekte kako bi krajnje rješenja izgleda proizvoda koji izrađuju bilo zanimljivo potrošačima. Određeni vizualni efekti kojima dizajneri prijelazuju imaju nabažene posljedice na izgled gotovog proizvoda, a jedan od tih nabaženih efekata je i efekt nabiranja. U radu će biti prikazano kako promatrači percipiraju kromatski efekt nabiranja s određenim parametrima boje prilikom promjene sjajne pozadine. Završni rad je podijeljen u dvije cjeline: teorijski dio i eksperimentalni dio u kojem će biti prikazani dobiveni podaci istraživanja te će se prikazati obrađeni rezultati. Cilj ovog rada je istražiti doživljaj i percepciju intenziteta kromatskog efekta nabiranja te na temelju dobivenih podataka prikazati razliku i odstupanje u percepciji islog.

U radu je potrebno:

- Objasniti pozadinske efekte
- Izraditi i provesti istraživanje na percepciju ispitnika prilikom promjene kolorimetrijskih vrijednosti pozadine efekta nabiranja
- Prikazati odstupanje razika u boji između primarnih stimulusa efekta nabiranja, prilikom varijacije sjajne pozadine
- Na temelju dobivenih rezultata dati prijedlog za dizajnersko rješenje kod kojeg je intenzitet efekta najoptimalniji
- Provesti diskusiju rezultata i napraviti zaključak

ZADATAK IŠTUČEN

15.09.2017.



[Handwritten signature]

Sažetak

Kroz rad je definirano što je boja tj. doživljaj, miješanje, atributi i prostori boja te kako oko formira sliku i postiže viđenje određene boje. Pojašnjen je pojam psihofizike općenito te vizualne psihofizike kao jednog od njenih područja. Važan segment također ima percepcija i perceptivni procesi. Ključni dio ovog rada čini definiranje vizualnih efekata i njihova analiza. Za potrebe istraživanja napravljeni su testni uzorci sa sekundarnim stimulusom purpurne boje i primarnim stimulusom zeleno plave boje te obratno. Vizualno ocjenjivanje provedeno je tako da su se referentni i testni uzorak nalazili istovremeno u cjelovitom vidnom području (jedan iznad drugog), primjenom jedne od standardnih tehnika vizualnog ocjenjivanja - simultanog binokularnog usuglašavanja. Odstupanja koja se javljaju između testnih i referentnih uzoraka prikazana su vrijednostima ΔE_{00} . Evaluacija testnih uzoraka provedena je na uzorku od 10 ispitanika. Na osnovi dobivenih rezultata prikazana su odstupanja u percepciji između testnih i referentnih uzoraka vizualnog efekta nabiranja.

Ključne riječi:

kolorimetrija, percepcija, stimulus, vizualni efekt nabiranja, vizualna psihofizika

Summary

This work has defined the means of color, that is, what is experience, mixing, attributes and color spaces, and how the eye forms the picture and achieves the visibility of certain colors. Also, the concept of psychophysics in general has been explained as well as the visual psychophysics as one of its areas. Another important segment is perception and perceptual processes. Visual effects and their analyses make the crucial part of this work. For research purposes, the test samples have been made in which magenta is the secondary stimulus while cyan is primary stimulus and vice versa. The visual evaluation was performed in a way in which the reference and test samples were simultaneously in the entire visual area (one above the other), using one of the standard visual evaluation techniques - technique of simultaneous binocular harmonization. The deviations that occur between test and reference sample are shown in ΔE_{00} values. Evaluation of test samples was performed on a sample of 10 subjects. Based on the obtained results, deviations in the perception of the test and reference samples of the visual effects of crispening are shown.

Key words:

colorimetry, perception, stimulus, visual effect of crispening, visual psychophysics

Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Boja.....	2
2.1.	Povijest psihologije boja	2
2.2.	Psihologija boja danas	5
2.3.	Boja (tri osnovna pojma).....	5
2.4.	Simbolika boje.....	6
2.5.	Doživljaj boje	8
3.	Miješanje boja	10
3.1.	Aditivna sinteza.....	10
3.2.	Suptraktivna sinteza	11
3.3.	Atributi boje	12
3.4.	Prostori boja	13
3.4.1.	Munsellov prostor boja	13
3.4.2.	NCS prostor boja.....	14
3.4.3.	OSA prostor boja	15
3.4.4.	CIE prostor boja.....	16
3.4.5.	CIE XYZ dijagram.....	17
3.4.6.	CIE LAB	19
3.4.7.	Kolorimetrijska razlika	20
4.	Oko.....	22
4.1.	Formiranje slike u oku.....	22
4.2.	Anatomija oka	23
4.3.	Viđenje boja	24
4.4.	Mrežnica (retina), štapići i čunjići.....	25
4.5.	Adaptacija na svjetlo i mrak.....	26
4.6.	Kromatska adaptacija oka	27
4.7.	Defektno viđenje boja	27
5.	Psihofizika.....	31
5.1.	Vizualna psihofizika.....	31
5.2.	Metode psihofizikalnih istraživanja	32
5.2.1.	Metoda konstantnih stimulusa	32
5.2.2.	Metoda limita	33
5.2.3.	Metoda ugađanja	33
5.3.	Konfiguracija vidnog polja za vizualno ocjenjivanje.....	34
5.4.	Tehnike vizualnog ocjenjivanja	35
6.	Percepcija	37
6.1.	Teorije ljudske percepcije	37
6.2.	Faktori koji utječu na percepciju	37
6.3.	Perceptivni proces	38
6.4.	Perceptivna organizacija	38

6.4.1.	Principi perceptivne organizacije.....	39
6.4.2.	Načelo figure i pozadine	43
6.5.	Percepcija dubine, konstantnosti i percepcija pokreta.....	44
6.6.	Perceptivne varke.....	45
6.6.1.	Naknadne slike.....	47
6.6.2.	Različite percepcije geometrijskih likova	47
6.6.3.	Pogrešne percepcije veličine i oblika.....	48
6.6.4.	Položaj i oblik linija	48
6.6.5.	Kriva percepcija boja.....	49
6.6.6.	Višeznačne slike.....	50
7.	Psihofizikalni vizualni efekti	51
7.1.	Pozadinski efekti	51
7.1.1.	Simultani kontrast	51
7.1.2.	Nabiranje.....	54
7.1.3.	Proširivanje	55
7.1.4.	Adaptacijski efekti	56
7.1.5.	Adaptacijski efekti temeljeni na višim ili kortikalnim nivoima percepcije	57
7.1.6.	Geometrijsko-strukturalni efekti koji induciraju iluziju kretanja	57
7.2.	Ostali psihofizikalni vizualni efekti	58
7.2.1.	Hermannov efekt.....	58
7.2.2.	Bezold-Brücke efekt	58
7.2.3.	Helmholtz-Kohlrausch efekt.....	59
7.2.4.	Abney efekt.....	59
7.2.5.	Huntov efekt.....	60
7.2.6.	McCulloughov efekt	61
7.2.7.	Efekt neonskog proširivanja	62
8.	Eksperimentalni dio	63
8.1.	Metodologija i plan istraživanja.....	63
8.1.1.	Dizajn uzoraka	63
8.1.2.	Tijek ispitivanja	66
8.1.3.	Vizualna evaluacija.....	66
8.2.	Rezultati istraživanja.....	67
8.2.1.	Prikaz dobivenih vrijednosti ΔE_{00} između referentnog i testnog uzorka	67
9.	Zaključak.....	87
10.	Literatura.....	90

1. Uvod

U današnje vrijeme dizajneri pribjegavaju korištenju sve zahtjevnijih idejnih rješenja izgleda krajnjeg proizvoda s ciljem izazivanja reakcije kod ciljanih potrošača. Samim time dizajneri koriste određene vizualne efekte kako bi krajnje rješenje izgleda proizvoda koji izrađuju bilo zanimljivo potrošačima. Određeni vizualni efekti kojima dizajneri pribjegavaju imaju neželjene posljedice na izgled gotovog proizvoda, a jedan od tih neželjenih efekata je i efekt nabiranja.

Ovaj završni rad sadrži teorijsko znanje o vizualnim efektima, kolorimetrijskoj razlici te psihofizici općenito. Eksperimentalni dio rada pokazuje odstupanja u percepciji kromatskog efekta nabiranja između testnog i referentnog uzorka.

Unutar teorijskom dijelu rada bit će definirano što je boja te kako su se znanje o boji i utjecaj boje razvijali kroz povijest. Također vezano za boju, rad će obraditi područja koja govore o samom doživljaju boje, miješanju boje, njenim atributima te prostorima boje i njihovom razvoju. Poglavlje Oko uputit će u proces formiranja slike u oku, viđenje boje te adaptaciju oka. Osnove vizualne psihofizike, metode psihofizikalnih istraživanja i tehnike vizualnog ocjenjivanja činit će dijelove poglavlja pod nazivom Psihofizika. Nastavak na to je poglavlje o percepciji koje će govoriti o povezanosti osjetilnih sustava s interpretacijom informacija kao i o perceptivnim procesima. Slijedi ga poglavlje o psihofizikalnim vizualnim efektima u kojem će se objasniti priroda efekata te pojedine vrste istih s naglaskom na pozadinske vizualne efekte.

U drugom dijelu bit će prikazan eksperimentalni dio završnog rada. U radu će se prikazati kako promatrači percipiraju kromatski efekt nabiranja s određenim parovima boja prilikom promjene svjetline pozadine. Uvodna poglavlja sadržavat će plan istraživanja i objašnjena izrade dizajna testnih uzoraka. Nakon toga slijedi opis samog istraživanja te opis vizualne evaluacije testnih uzoraka. Vizualno ocjenjivanje bit će provedeno tako da se referentni i testni uzorci nalaze istovremeno u cjelovitom vidnom području (jedan iznad drugog), primjenom jedne od standardnih tehnika vizualnog ocjenjivanja - simultanog binokularnog usuglašavanja. Moguća odstupanja koja će se javljati biti će prikazana vrijednostima ΔE_{00} . Na kraju će biti prezentirani rezultati istraživanja te analiza istih.

Cilj ovog rada je istražiti doživljaj i percepciju intenziteta kromatskog efekta nabiranja te na temelju dobivenih podataka prikazati razliku i odstupanje u percepciji istog.

2. Boja

Ljudi su oduvijek bili fascinirani bojama te se boja smatra jednom od najvećih misterija života. Svaka civilizacija je imala, te još uvijek ima, mitove te asocijacije vezane uz boje. Prije ljudi nisu imali nazive za boje te su ih morali sami smišljati. Najčešće bi to bila riječ koja asocira na tu boju te nije tako rijetko za pronaći da se za crvenu govorilo boja krvi. Antropolozi Berlin i Kay 1960-ih proveli su svjetsko istraživanje imenovanja boja. Mnogo jezika ima samo dva naziva za boju koji su najčešće svijetlo i tamno, odnosno bijelo i crno. Od 98 jezika koliko su proučavali, najveći broj osnovnih pojmova našao se u engleskom jeziku koji ima jedanaest naziva. Postoje još milijuni boja koje imaju, tako reći, posuđene nazive poput: avokado, grožđe, breskva, zlato [1, 2].

2.1. Povijest psihologije boja

Točno vrijeme „početka viđenja boje“ se ne zna. Istraživanja i pretpostavke pokazuju da su još u nomadska vremena žene bile te koje su otkrile i razvile viđenje boja. Znanstvenici smatraju da su žene zbog poslova koje su obavljale, poput hranjenja obitelji, naučile raspoznavati boje metodom pokušaja i pogrešaka. Naime, morale su naučiti razlikovati boje hrane kako bi bile sposobne razlikovati otrovne biljke i njihove plodove od onih jestivih [2, 3].

- **350.g.pr.Kr. – 1500.g.po.Kr.**

Aristotel je, u 4. stoljeću pr. Kr., smatrao plavu i žutu osnovnim primarnim bojama povezujući ih sa osnovnim životnim polaritetima kao što su sunce-mjesec, žena-muškarac, van-unutra, Yin-Yang. Nadalje, povezao je boje sa četiri elementa: vatrom, vodom, zemljom, zrakom. Promatrao je promjenu svjetla tokom dana te je od ovog eksperimenta razvio linearni sustav boja čiji se raspon kretao od bijele svjetlosti podneva pa sve do crne, tamne u noći. Umjetnici su univerzalno prihvatili Aristotelove principe te su ih koristili dvije tisuće godina, sve dok ih Newtonova otkrića u 17. i 18. stoljeću nisu zamijenila općom teorijom o bojama. Hipokrat, otac medicine i suvremenik Aristotela, intenzivno je koristio boju u medicini i prepoznao njezin terapijski učinak [2, 3].

- **1500.g. – 1650.g.**

Švicarski liječnik Theophrastus Phillippus Aureolus Bombastus von Hohenheim, poznat kao Paracelsus, stavio je osobitu važnost na ulogu boja u ozdravljenju. Najveći doprinos našem razumijevanju boje, povijesno, došao je od ljudi čiji je rad bio kombinacija znanosti i matematike s umjetnosti, metafizike i teologije. Može se reći da je došlo do virtualnog odvajanja znanosti od umjetnosti. Nakon toga proučavanje boja radili su znanstvenici dok su umjetnike smatrali prirodnim talentima za boje [2, 3].

- **1650 god. – 1900 god.**

Isaac Newton je 1672. godine objavio svoj prvi rad o bojama pod nazivom „Nova teorija svjetla i boja“ (New Theory about Light and Colour), poznato i pod nazivom Optika (Opticks), koji je tada bio kontroverzan. Četrdeset godina nakon objavljivanja, njegov rad postao je temelj optike. Newton je kroz trokutastu prizmu pustio bijelo svjetlo da se valne duljine svjetlosti lome pod različitim kutovima što mu je omogućilo da vidi odvojene komponente boja u spektru. Također je napravio i prvi kotač boja [2, 3].

Johannes Wolfgang von Goethe nije se slagao sa Newtonovom interpretacijom boja te je izdao knjigu „Teorija boja“ 1810. godine koja je tiskana 1840. godine. Usprkos tome što je Newtonov eksperiment sa prizmom dokazao da se svjetlost dijeli na sastavne boje, smatrao je da ako je Newton u pravu, bijelu svjetlost bi trebalo podijeliti u svim okolnostima. Kada je uperio bijelo svjetlo na zaslona, primijetio je da je u središtu slike i dalje bijela, dok se ostale boje pojavljuju na rubovima. To ga je odvelo do Aristotelove ideje da je plava prva vidljiva boja u mraku, dok je žuta prva vidljiva boja po danu. Dok je Newtonova teorija znanstveno potvrđena, Gothe-a je više zanimao psihološki učinak boje. Vjerovao je da je važno pratiti ljudsku reakciju na podražaj boje, što je ujedno bio i početak današnje psihologije boja [2, 3].

U drugom dijelu 19. stoljeća tempo razumijevanja boja drastično se ubrzava. Škotski fizičar James Clerk Maxwell, 1872. godine razvio je grafikon u obliku trokuta iz svojeg istraživanja o elektromagnetskoj teoriji svjetlosti. Za primarne boje je uzeo crvenu, plavu i zelenu te je vjerovao da se iz tih boja miješanjem mogu dobiti sve druge boje u trokutu. Njegova trokutasta shema temelj je za Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), kromatski graf koji se i danas koristi za mjerenje i određivanje svjetlosti [2, 3].

Ewald Hering 1878. godine objavio je svoj rad „O teoriji osjećaja svijetlosti“ u Beču. Hering je također istraživao trodimenzionalni prostor percepcije oka te mu je više bilo stalo do introspektivnog aspekta boje. Njegov rad predstavio je problematiku žute svjetlosti u sustavu tri boje. Prema Helmholtz-u, žuta je nužan produkt mješavine zelene i crvene, ali Hering je shvatio da to nije u skladu s ljudskim iskustvom. Hering je tvrdio da se mješavina crvene i zelene svjetlosti nikada neće dogoditi, nego će se međusobno eliminirati. Zaključio je da ne postoje samo tri, već četiri elementarna podražaja boje koji kodiraju našu percepciju pomoću, takozvanih, suprotnih procesa [2, 3].

U kasnom 20. stoljeću Anders Hard, Gunnar Tonquist i Lars Sivik stvorili su sustav prirodnih boja (NCS) koji se uglavnom temelji na Heringovoj teoriji kako ljudi doživljavaju boje. [2, 3].

- **1901.g. – danas**

U 20. stoljeću interes o boji sve više raste te je umijeće korištenja boje u terapijske svrhe današnja svakodnevica liječnika. Albert H. Munsell, učitelj umjetnosti, radio je na Roungovom radu za razvoj vlastite sfere 3D boja koja se temelji na pigmentu, a ne na svjetlosti. Primijetio je da čisti tonovi variraju u svojem stupnju svjetlosti te da su neke boje življe od drugih. Odlučeno je da svi čisti tonovi ne bi smjeli biti na istoj horizontalnoj ravnini i da bi življe boje trebale biti dalje od osi. Johannes Itten bio je posebno zainteresiran za vezu između boja i emocija te boja i oblika. Primijetio je da svaki od njegovih učenika favorizira određenu paletu boja za svoj rad. Itten je napisao knjigu *The art of colour* [2, 3].

Kad je Angela Wright počela proučavati dublje razumijevanje psihologije boja, sredinom 1970-ih godina, uvidjela je da nema mnogo napretka u razumijevanju boje od 1920. godine. Nalazi istraživanja često su kontradiktorni te se nije izgradila niti jedna čvrsta teorija. Iz istraživanja je zaključeno da niti jedan od tih eksperimenata nije uzeo u obzir sitnije detalje boje kao što su nijansa i ton boje. Oblikovana je jasna hipoteza, uključujući vezu između obrasca boja i tipa osobnosti, koja je pristupila harmoniji boja iz druge perspektive. Vraćajući se Aristotelovoj ideji da su plava i žuta prave primarne boje. Klasificirane su sve boje, prvo u hladne, koje sadrže plavu pa onda u tople, koje sadrže žutu. Zatim su podijeljene u grupe po intenzitetu i dodatku crne ili sive boje. To je proizvelo četiri tonske skupine, koje je Angela Wright asocijala s četiri tipa osobnosti. Na temelju toga proizveden je čisti, racionalni sustav boja, „The colour affects system“. On omogućava individualni odgovor za specifičnu kombinaciju boje s iznenađujućom preciznosti te je praksa psihologije boja mnogo preciznija i razumljivija. Colour & Imaging Institute iz Engleske, 1990.godine, potvrdilo je da boje svrstane u Colour Affects System zbilja

imaju matematičke odnose između svake grupe boja koje ne postoje između boja iz druge grupe. Barem koje nisu prije identificirane [2, 3].

2.2. Psihologija boja danas

Boje i njihovu percepciju kao i utjecaj na čovjeka možemo vidjeti kroz čovjekov odnos prema bojama i način reagiranja na viđenje određene boje. Svjedoci smo primjera korištenja psihologije boja u mnogim poljima iako toga ni sami nismo svjesni. Razvojem današnjih digitalnih i ostalih medija te dostupnosti i brzinom širenja informacija, grana psihologije koja se bavi proučavanjem boja u današnje vrijeme nalazi se u svim porama društva. Mnoge informacije pojavljuju se u primitivnom obliku u raznim medijima, ali utjecaj boja sve više je uočljiv kod šire publike koja na taj način aktivno sudjeluje u poboljšanju svoga života [2, 3].

2.3. Boja (tri osnovna pojma)

Pojam „boje“ obuhvaća više različitih značenja od kojih razlikujemo tri osnovna. Prvi je pojam materijalne naravi i vezan je za tvar kao nosioca obojenja te ga obično nazivamo imenom pojedinih pigmenata (npr. kromova-zelena, cinkova-bijela ili kobalt-plava) [4].

Drugi pojam odnosi se na fizikalno mjerljiv stimulus (određena dominantna valna dužina svjetlosti vidljivog dijela spektra) koji uzrokuje percepciju boje. Specificiranje boja isključivo kao čisto fizikalni fenomen spada u područje spektrofotometrije i spektroradiometrije čiji je produkt spektralna informacija. To je potpun i jasan opis boje koja napušta površinu, dobiven mjerenjem energije na svakoj valnoj dužini. Međutim, ona ne opisuje kako ljudsko oko doživljava tu informaciju niti razjašnjava odnose među bojama [4].

Treći je pojam apstraktne naravi te izražava osjet čovjeku izazvan percepcijom svjetlosti emitirane od nekog izvora ili reflektirane od površine nekog tijela, koji se javlja kada gledamo obojenu tvar (određeni stimulusi se pod određenim definiranim uvjetima gledanja percipiraju kao njihova boja). Taj percipirani osjet izražavamo riječima koje opisuju boju pa kažemo da je nešto zeleno, crveno ili žuto [4].

Na osnovnu tri osnovna pojma boje dobivene su mnoge definicije boje od kojih se izdvajaju sljedeće:

Boja je vlasništvo svijeta (vlasništvo objekta) na koje je osjetljivo naše oko. Ona je kvaliteta doživljaja percepcije prezentirane od objekta [5].

Boja je subjektivan psihofizikalni doživljaj izazvan elektromagnetskim zračenjem valne duljine od 380 do 750 nm (psihički doživljaj nastao fizičkim stimulusom - elektromagnetskim valom) [4].

Boja je svojstvo sustava vizualne percepcije sačinjeno od kombinacije kromatskog i akromatskog sadržaja. Navedeno svojstvo može se opisati kromatskim nazivnom 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 [4].

Boja je fizikalna osobina svjetlosti, valna duljina odaslana iz nekog prirodnog ili umjetnog izvora, ali i osjećaj. Boja svjetlosti je bijela, a površine predmeta koje ona obasjava vidimo kao obojene [2].

2.4. Simbolika boje

Simbolika boja u ljudima postoji stoljećima. Zbog povezanosti s cikličnom promjenom vremena, ljudi su počeli instinktivno prihvaćati zemaljske boje kao asocijaciju na toplinu i veselje. Kao što neki ljudi pronalaze boje iz prirode komfornima, postoji mogućnosti da se drugi s tim neće slagati. Put kojim određene boje postaju preferirane ili ne, može biti povezan sa sretnim i nesretnim događajima kod pojedinca. Naša prva percepcija boje može biti povezana s ljudskim tijelom. Boja krvi i boja kože bile su prve koje su dobile imena. U počecima prikazivanja boja, prikaz boja sastojao se od pet osnovnih nijansi: plava, crvena, zelena, crna i ljubičasta [1].

Može se reći da su boje kroz stoljeća mijenjale svoje značenje ovisno o vremenu, kulturi i području. Čak su i psiholozi poput Freuda istraživali značenje i utjecaj boja na čovjeka. Simbolizam boja gradio se kroz čitavu povijest, regije, vjerovanja i tradiciju. Svaka rasa i kultura ima svoj simbolizam povezan uz određene boje. [1].

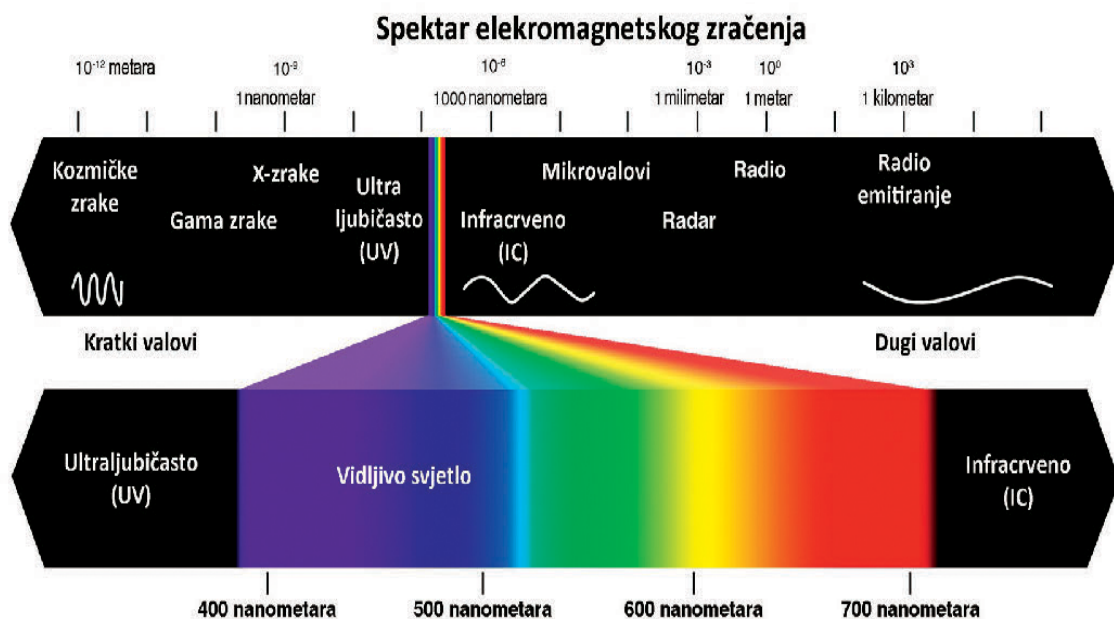
Kad je riječ o stvaranju sustava simbola ili sustava senzibiliteta koji se temelje na bojama, rani je srednji vijek zapadne Europe bio ograničen na tri boje: bijelu, crvenu i crnu, koje su tri temeljne antropološke boje i koje jedine nalazimo u svim civilizacijama. Njihovo značenje u svim kulturama i civilizacijama bilo je slično: nebojano i čisto za bijelu, nebojano i prljavo za crnu, i obojano za crvenu. [1].

Postepeno su nastajali simbolički sustavi boja koji su se temeljili na stvaranju hijerarhijske ljestvice koja se proteže od bijelog preko crvenog do crnog. Također, u ranom razvoju zapadne

civilizacije, koja je u formi simbola bila korištena i u komunikaciji s populacijom koja još nije naučila čitati i pisati. [1].

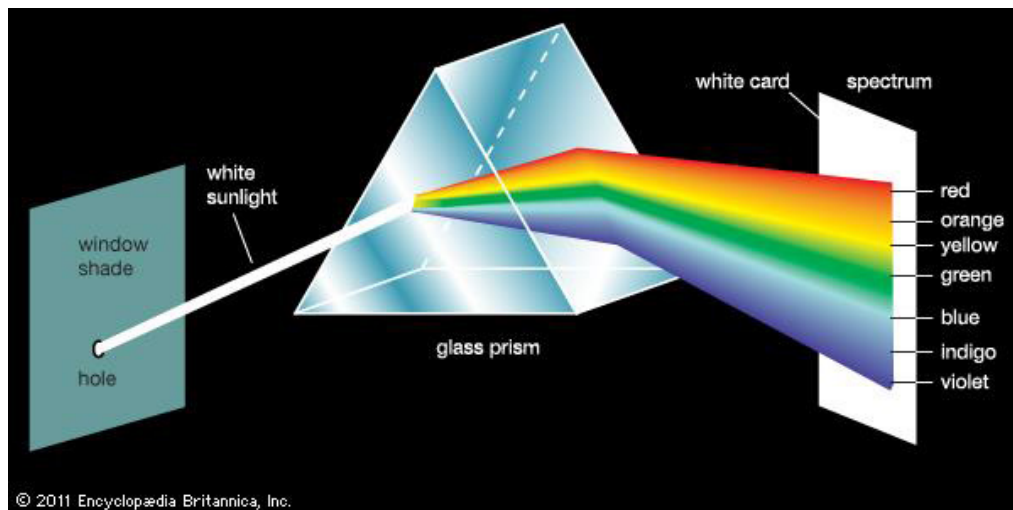
2.5. Doživljaj boje

Boja je psihofizički doživljaj uzrokovan nekim od izvora svjetlosti, osjetilom vida te promatranim objektom. Izvori svjetlosti mogu prirodni (Sunce) ili umjetni (lampa). Svjetlo je elektromagnetsko zračenje sastavljeno od kraćih i dužih valnih duljina. Čovjekovo oko može prepoznati valne duljine od 380 nm do 750 nm, i te se valne duljine u ljudskom oku percipiraju kao boje [6].



Slika 2.1. Vidljivi dio spektra elektromagnetskog zračenja

One zajedno čine tzv. „bijelo svjetlo“, stoga se taj dio elektromagnetskog zračenja naziva „vidljivi spektar“. Do tog otkrića došao je engleski fizičar Isaac Newton još davne 1671. godine propuštajući uski snop bijelog svjetla pod određenim kutom kroz prizmu. Prolaskom svjetlosti kroz prizmu došlo je do disperzije svjetlosti na boje različitih valnih duljina koje su se potom projicirale na platno. Tako primjerice, valne duljine od 380 do 500 nm daju ljubičasto-plavu boju, valne duljine od 520 do 565 nm zelenu te između 625 i 700 nm imamo crvenu svjetlost. Elektromagnetska zračenja valnih duljina kraćih od 380 nm su UV zrake, x zrake ili gama zrake, a zračenja valnih duljina iznad 750 nm nazivaju se IR zrake ili radio valovi [6].



Slika 2.2. Newton-ov eksperiment sa staklenom prizmom

Ukoliko dođe do apsorpcije ili refleksije ukupnog spektra „bijelog“ spektra promatrač će doživjeti određenu boju. Obojena tijela reflektiraju boju jednaku njihovoj boji pa će to tijelo biti one boje čija je valna duljina najvećim dijelom reflektirana tj. transmitirana [6]. Dođe li do potpune apsorpcije upadnog svjetla tada će promatrani objekt djelovati crno, a pri potpunoj refleksiji objekt će djelovati bijelo [6].

Doživljaj boje nastaje u mozgu zahvaljujući dvama fotoreceptorima u oku: čunjićima i štapićima. Upadno svjetlo prolazi kroz leću oka te dopijeva u mrežnicu gdje fotoreceptori pretvaraju upadno svjetlo u električne impulse koji se u mozgu registriraju kao ton određen boje [6].

Nakon Newtonova pokusa sa prizmom, znanstvenik Mariotte konstatirao je da se kombinacijom samo triju boja mogu dobiti sve ostale boje. To je tzv. „Tristimulusna teorija“ na koju se 1802. nadovezao engleski fizičar Thomas Young rekavši da se sve boje u prirodi mogu upariti s tim trima bojama koje je nazvao osnovne ili primarne boje [6]. Također je zaključio da ljudsko oko prepoznaje boje pomoću tri tipa fotoreceptora, po jedan za svaku od primarnih boja. Te tri primarne boje ne mogu se dobiti međusobnim miješanjem svjetla drugih boja. Apsorpcija i refleksija pojedinih valnih duljina iz bijelog spektra događa se po principu komplementarnih boja. Komplementarne su one boje koje se nalaze jedna nasuprot drugoj. Svaka obojena podloga kao filter propušta ili reflektira svjetlo vlastite boje, a apsorbira svjetlo komplementarne boje. Općenito, jedna boja je komplementarna drugoj ako njihova svjetla (reflektirani i apsorbirani dio) zbrajanjem daju bijelo svjetlo [6].

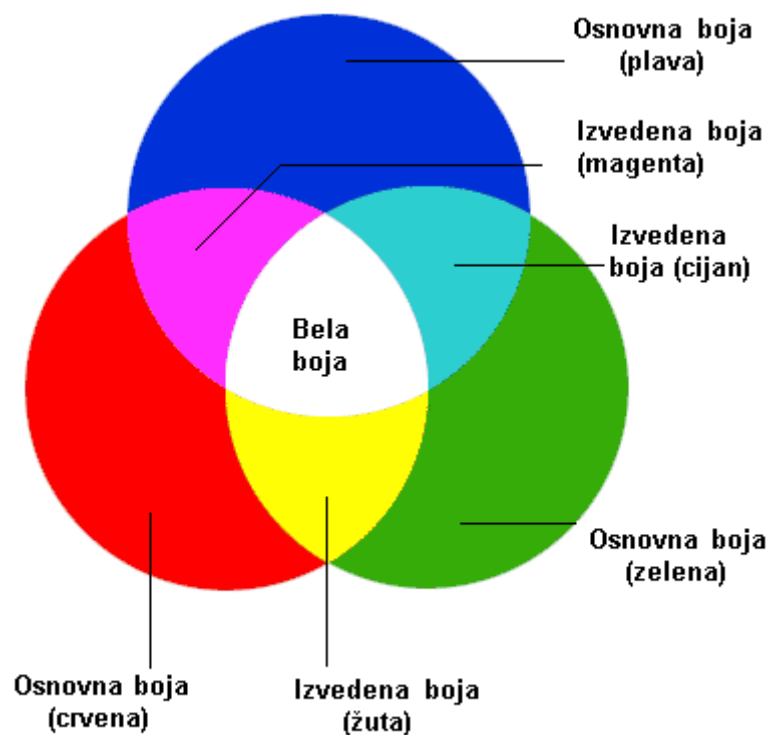
Zavisno o principu miješanja boja, rezultat miješanja komplementarnih boja će biti bijela, crna ili siva boja. Inače, razlikujemo aditivno i suptraktivno miješanje boja [6].

3. Miješanje boja

3.1. Aditivna sinteza

Aditivna sinteza podrazumijeva svjetlosno zbrajanje pojedinih boja vidljivog dijela spektra pri čemu kao rezultat zbrajanja nastaje bijelo svjetlo. Čovjekovo oko počiva na tom principu, kao i elektronički zasloni na računalima i mobitelima. Ljudsko oko percipira tri primarne boje svjetla: plavu, zelenu i crvenu. Sukladno tome, postoje tri različite vrste čunjića, po jedan za svaku primarnu boju. U idealnom pogledu, za doživljaj bijele boje stimulirane su sve tri vrste čunjića. Za doživljaj crne nije potreban nijedan čunjić. Za doživljaj pojedine boje, primjerice plave, samo jedna vrsta, a za doživljaj njoj komplementarne, žute, potrebne su pak dvije vrste čunjića [6].

U kolorimetriji aditivna sinteza je definirana kao RGB sustav (eng. Red-crvena, Green-zelena i Blue-plava). Zbrajanjem primarnih boja dobivamo sekundarne boje: crvena i zelena daju žutu (eng. Yellow), zelena i plava daju cijan (eng. Cyan), a plava i crvena daju purpurnu (eng. Magenta). Crna boja ne postoji kod aditivne sinteze [6].



Osnovne i izvedene boje

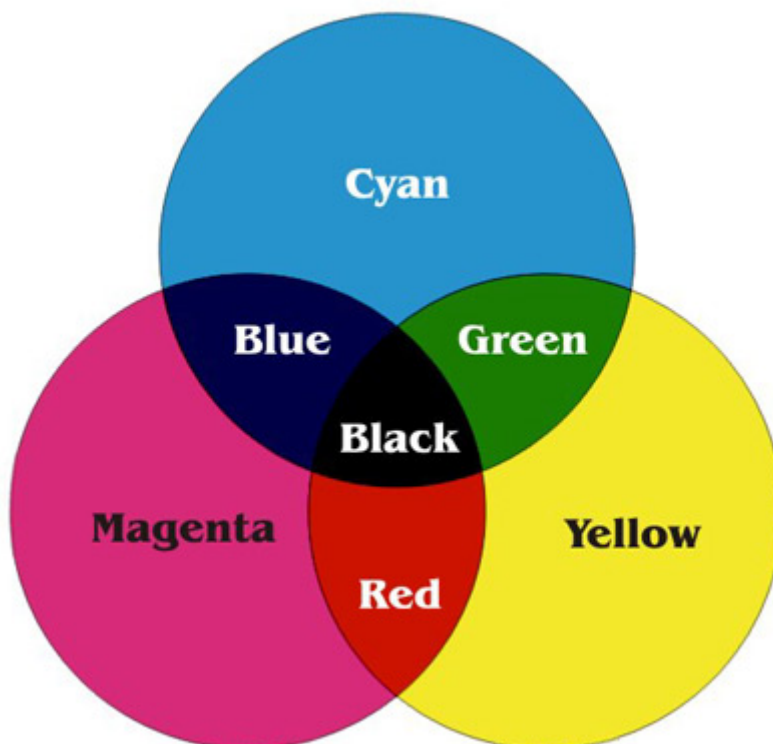
Slika 3.1. Aditivna sinteza

3.2. Suptraktivna sinteza

Suptraktivna sinteza podrazumijeva miješanje boja oduzimanjem jedne ili više boja iz ukupne količine apsorbiranog svjetla pri čemu se javlja crna boja. Koristi se na tiskovnim podlogama od najrazličitijih materijala (papir, karton, keramika, gips i sl.). Suptraktivno miješanje prvenstveno se odnosi na promjenu doživljaja boje nastale prolaskom svjetla ili refleksijom svjetla s obojene površine tj. miješanje svjetlosnih podražaja selektivnom apsorpcijom [6].

Osnova suptraktivnog miješanja je podešavanje svjetlosnih podražaja reflektiranih s obojene površine. Reflektirana svjetlost je obojena, a promatrani objekt je one boje svjetlosti koja je najviše reflektirana [6].

Za razliku od aditivne sinteze, u suptraktivnoj sintezi tri primarne boje su žuta, cijan i purpurna. Tako primjerice miješanjem purpurne i žute dobijemo crvenu boju. Purpurna i žuta su u komplementarnom odnosu tj. purpurna apsorбира žutu iz upadnog svjetla i obrnuto [6].



Slika 3.2. Suptraktivna sinteza

3.3. Atributi boje

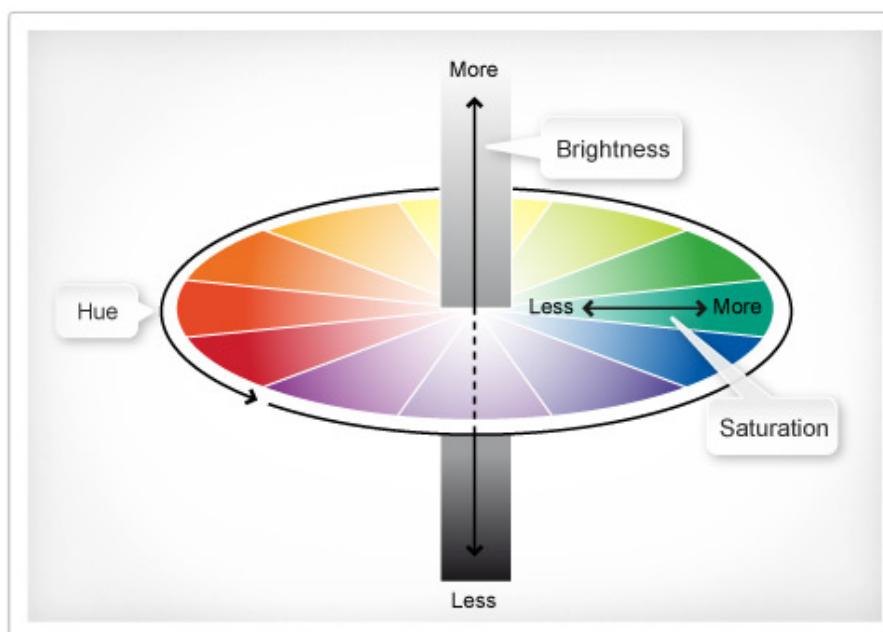
Svaku boju definiraju tri stvari: ton (eng. Hue), zasićenje (eng. Chroma), svjetlina (eng. Lightness). To su dimenzije boje tj. psihološki atributi boje.

Ton boje točno određuje pojedinu boju prema dominirajućoj valnoj duljini svake boje svjetla. Ne ovisi o intenzitetu pojedine boje niti o svjetlini same boje. Kromatske boje su svi tonovi boja raspoređeni u zatvorenom krugu od 0 do 360 stupnjeva. Vrijednost boje čita se u smjeru suprotnom od kazaljke na satu, a svaka boja se određuje radijusom kruga. Sredina kruga boje su svi akromatski tonovi od crne preko sivih do bijele boje. Akromatske boje ili neboje su crna, siva, bijela boja tj. boje koje nemaju obojenje [6].

Svjetlina je pokazatelj koliko je neka boja istog tona svijetla tj. tamna. Označuje se svjetlosnim stupnjevima 0 do 100 gdje 0 označuje apsolutno crno, a 100 apsolutno bijelo tijelo. Svjetlina je karakteristika koja opisuje sličnost boje s nizom akromatskih boja, od crne preko sive do bijele [6].

Zasićenje je pokazatelj udjela čiste boje sadržane u ukupnom doživljaju boje. Kromatičnost definira karakter boje svjetla ili neke površine u kontrastu s bijelim [6].

Promjena zasićenosti je neovisna o tonu. Saturacija (eng. Saturation) je stupanj zasićenosti tj. stupanj do kojeg boja ima čisti ton [6].

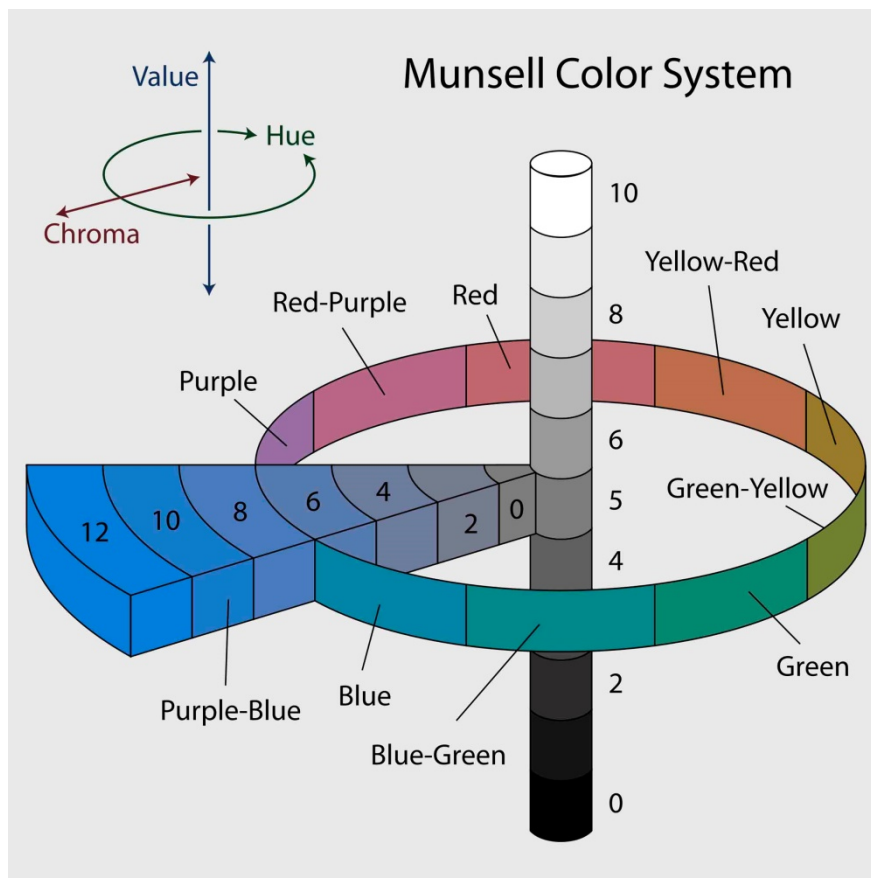


Slika 3.3. Prikaz atributa boje, ton, zasićenje i svjetlina

3.4. Prostori boja

3.4.1. Munsellov prostor boja

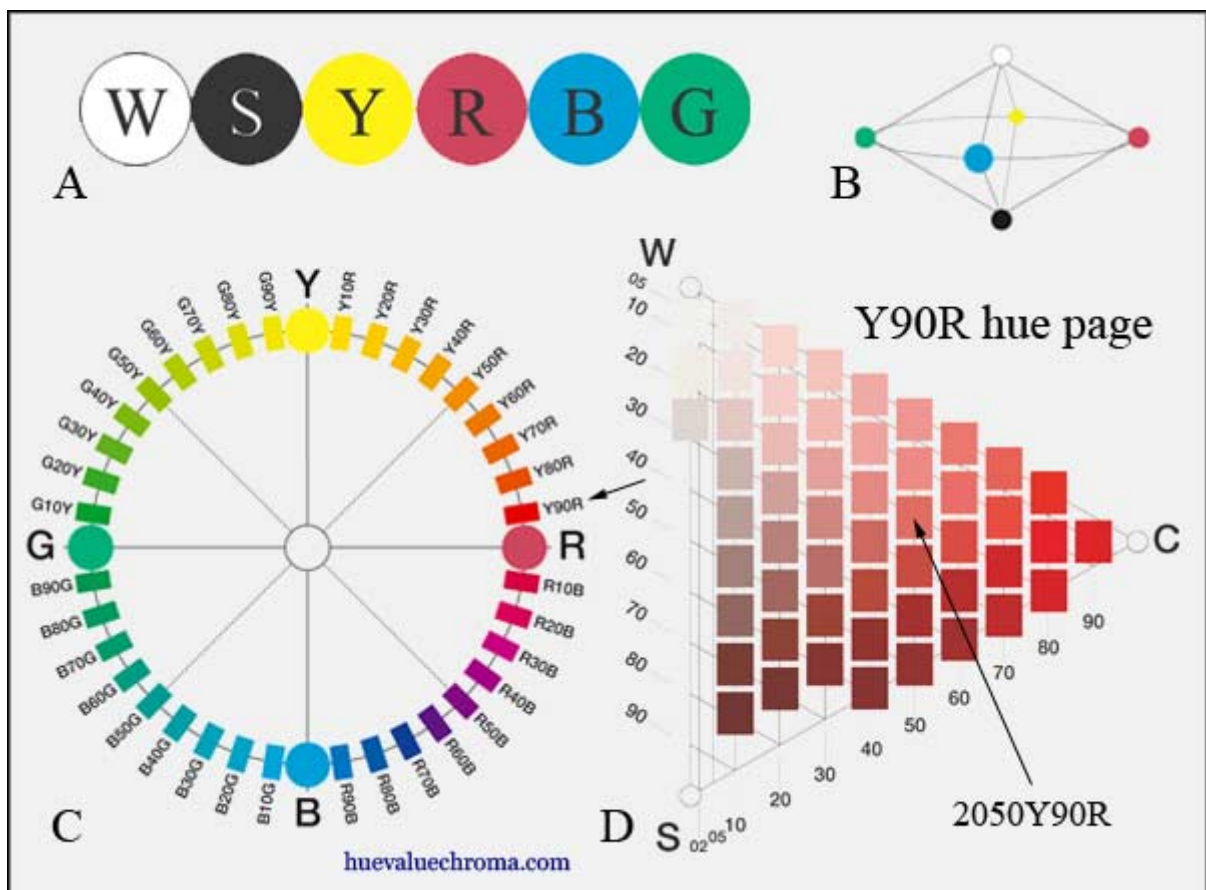
Prostor boja razvio je Munsell 1905. godine, prema kojem je trodimenzionalni prostor podijeljen na tri dimenzije: ton, svjetlinu i kromu (poznato kao i „Munsell hue“, „Munsell value“, i „Munsell chroma“). Budući da je inzistirao na numeričkoj klasifikaciji, ton i svjetlost podijelio je na deset razina, po uzoru na decimalni sustav. Svaka od tih razina opet se mogla podijeliti na još 10 pod razina što je na kraju rezultiralo podjelom tona na 100 razina čime se dobila puno veća vizualna jednakost među susjednim tonovima u odnosu na prethodni sustav sa četiri različita tona (crveni, zeleni, plavi i žuti). U Munsellovom novom sustavu, s pet tonova (crveni, plavi, zeleni, žuti i purpurni), specifične boje pojedinih tonova određivale su se vizualno. Sukladno svemu navedenom Munsell je zaključio da bi tih prethodno navedenih pet tonova boja međusobnim miješanjem (uz istu svjetlinu i kromu) trebalo dati neutralnu boju [7].



Slika 3.4. Munsellov prostor boja

3.4.2. NCS prostor boja

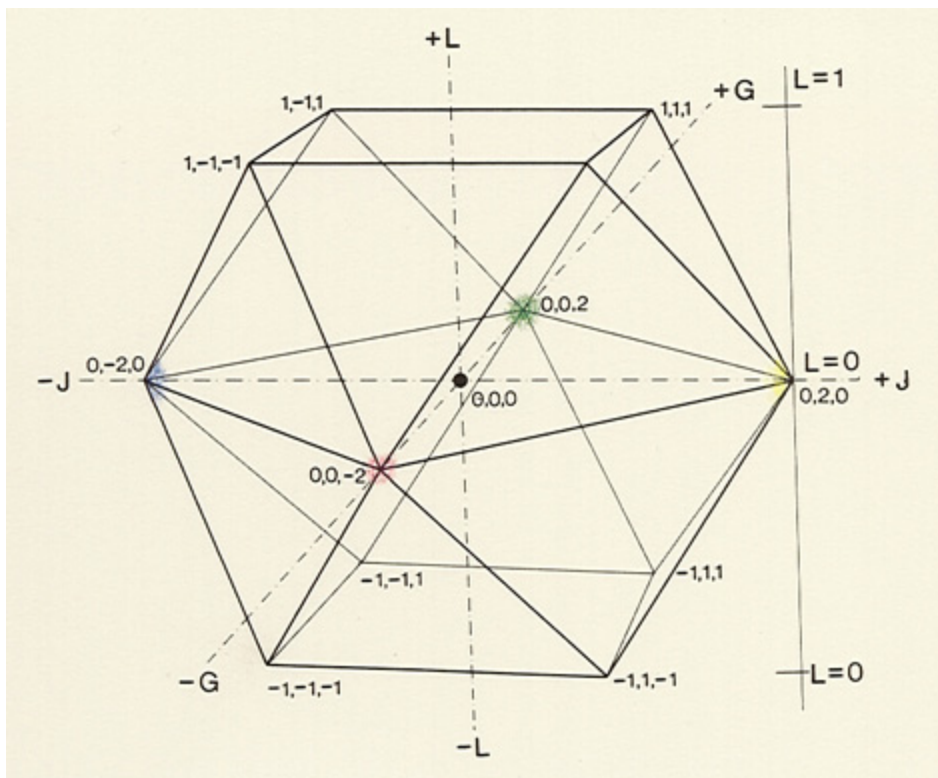
NCS (eng. Natural Color System) je prostor boja koji se temelji na šest osnovnih boja (crna, bijela, crvena, plava, zelena i žuta) koje se prema njemačkom psihologu E. Hering-u smatraju prirodnim. Boje se definiraju prema njihovoj sličnosti s primarnim bojama, izraženoj u postocima. Elementarne boje mogu se složiti u heksagon te se na taj način mogu vidjeti moguće dopuštene kombinacije prema Heringovoj teoriji suprotnosti boja. Tako se, primjerice, elementarna zelena spaja sa zelenom, crvenom, crnom i bijelom, a ne spaja sa žutom. Elementarne boje prikazane su u trodimenzionalnom prostoru boja pa imamo NCS ton, NCS bjelinu i NCS kromatičnost. Podjelom tog trodimenzionalnog prostora pri konstantnoj crnoj dobivamo krug za ton. Podražaj je određen tonom, bjelinom, i kromatičnošću. Primjerice, kod zelene boje s vrijednostima 10,80,G, broj 10 označava bjelinu, broj 80 kromu, i G oznaku za ton [7].



Slika 3.5. NCS krug i NCS atlas

3.4.3. OSA prostor boja

Američko optičko društvo razvijalo je prostor boja između 1947. i 1974. godine, s ciljem ispravljanja nedostataka prijašnjih sustava. Konkretno, radilo se o tome da za određeni ton, boja ima jednak vizualni razmak u svakom od prostora boja. Međutim, između pojedinih tonova, kromatičnije boje više su udaljene jedne od drugih nego što su to manje kromatične boje. Analizom kristalnih struktura, stvoren je novi, geometrijski oblik (eng. cuboctahedron) s jednolikim razmakom u svim trima dimenzijama. Jedna dimenzija je svjetlina (eng. Lightness, L), prikazana vertikalnim linijama, druga je crvenost-zelenost (redness-greenness, G), prikazana horizontalnim linijama, i treća je žutoća-plavoća (eng. yellowness-blueness, J), prikazana linijama okomitim na prethodne dvije dimenzije. Složenost prostora i otežanost uzimanja uzorka pri konstantnoj kromi ili tonu ograničavaju navedeni OSA prostor boja [7].



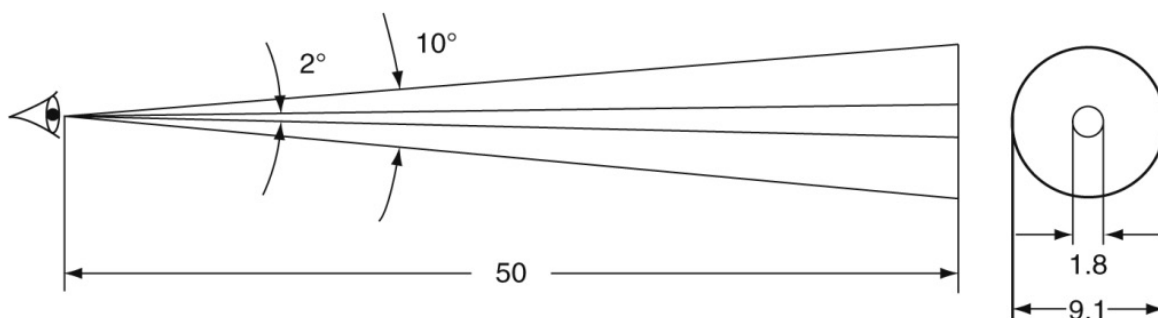
Slika 3.6. OSA prostor boja

3.4.4. CIE prostor boja

CIE (fran. Commission Internationale de l'Eclairage) ili Internacionalna komisija za rasvjetu, 1931. godine je standardizirala uređaj za mjerenje vrijednosti boja (kolorimetar) i uvela pojam standardnog promatrača. Standardni promatrač zapravo je statistički podatak dobiven ispitivanjem grupe ljudi zdravog vida na doživljaje različitih boja. CIE komisija trebala je metodu za određivanje crvene, zelene i žuto obojene svjetlosti korištene u željeznici, a kasnije i u prometu [7].

Navedeno se ubrzo razvilo u sustav temeljen na mjerenju gdje se stimulans (podražaj) potreban za određivanje mjerio spektralno. Zatim se ta spektralna informacija koristila za izračunavanje standardiziranih kontrola uređaja kako bi prilikom promatranja boje s uređajem i podražajno, standardni promatrač zaključio da se radi o istoj boji. Spektralna informacija dobila bi se mjerenjem spektralne osjetljivosti prosječnog promatrača i spektralnim mjerenjem podražaja. Za standardiziranje boja potrebno je izraditi kolorimetar koji prikazuje vrijednosti boja koje odgovaraju podražaju idealnog promatrača. Najlakši način je da kolorimetar koristi samo tri svjetlosti pod pretpostavkom da su monokromatične (jedne valne duljine). Te tri svjetlosti su: plavoljubičasta-450 nm, zelena-550 nm, i crvena 650 nm. Svaka od tih boja stimulira samo jedan tip receptora. Promjenom plavoljubičastog mijenjamo odaziv samo za kratkovalni receptor, promjenom zelenog receptora mijenjamo srednjevalni receptor te promjenom crvene svjetlosti mijenjamo odaziv dugovalnog receptora idealnog promatrača [7].

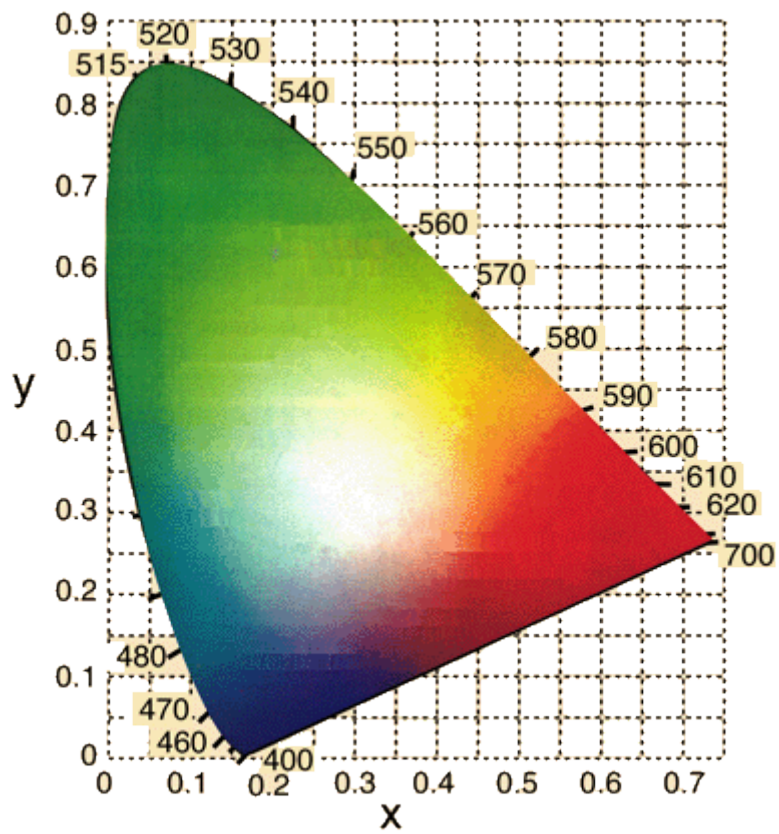
Godine 1964. CIE komisija odlučuje ponovo standardizirati promatrača, ovaj put koristeći veći uzorak i veći kut gledanja. Standardni promatrač iz 1931. godine utemeljen je koristeći žutu pjegu koja ima pokrivenost gledanja od 2 stupnja. Razlog tomu leži u činjenici što je dvadesetih godina bilo puno jeftinije koristiti bipartitna polja (dva polja od kojih je jedno referentno dobiveno kombinacijom primarnih boja, a drugo testno dobiveno kombinacijom identičnih primarnih boja s dodatkom testnog svjetla) malih opsega. Uz to, svjetlo koje se koristilo za eksperiment bilo je pomalo maglovito. Kako žuta pjega ne sadrži štapiće koji bi mogli ometati signale čunja pri slabijem osvjetljenju, komisija odlučuje provjeriti može li standardni promatrač od 2 stupnja precizno odrediti podudaranja boja i pri većim poljima gledanja. Na kraju se došlo do zaključka da standardni promatrač iz 1931. godine ipak vrijedi samo za manja polja podudaranja boja te se istraživanja za podudaranja boja pri većim poljima moraju nastaviti [7].



Slika 3.7. Prikaz veličine uzorka i udaljenost kod CIE 1931 i CIE 1964 standardnog promatrača (2° i 10°)

3.4.5. CIE XYZ dijagram

CIE XYZ dijagram prikazuje prostor boja koji je definiran u dvodimenzionalnom prostoru. Tristimulusne vrijednosti (definiiraju količine primarnih boja i usklađuju boje za određeni podražaj) određene su s tri varijable (ton, zasićenje, i svjetlina) u trodimenzionalnom prostoru, no 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. Nadalje, spomenuti dijagram ustanovljava imaju li dvije boje isto zasićenje ili kromatičnost i ne govori nam kako te boju izgledaju ili koliko odstupaju jedna od druge ako se ne poklapaju. Stoga se koordinate x, y , i z ne bi trebale koristiti za izravnu procjenu izgleda boje. U dijagramu crna boja nije prikazana jer odgovara na sve tristimulusne vrijednosti [7].



Slika 3.8. CIE XYZ dijagram

3.4.6. CIE LAB

CIE LAB označava trodimenzionalni prostor boja definiran kao pravokutni koordinatni sustav s osima L^* , a^* , i b^* gdje L^* označava svjetlinu, a^* crveno-zelenu te b^* žuto-plavu. Zahvaljujući toj trećoj dimenziji svjetline, ovaj prostor boja daje potpuniju sliku o boji. Ispitivanje boja u eksperimentalnom dijelu ovog rada bazirat će se baš na ovom prostoru boja [7].

Razlike u boji između mjerenog materijala i standarda definirane su razlikama u svjetlu (ΔL), crvenoj-zelenoj (Δa^*), i žutoj-plavoj (Δb^*).

$$\Delta L^* = L^*_{mjereno} - L^*_{standard} \quad (3.1)$$

$$\Delta a^* = a^*_{mjereno} - a^*_{standard} \quad (3.2)$$

$$\Delta b^* = b^*_{mjereno} - b^*_{standard} \quad (3.3)$$

Slično tome, razlike u boji definirane su za svjetlinu (ΔL^*), zasićenje (ΔC^*ab), i ton (ΔH^*ab):

$$\Delta L^* = L^*_{mjereno} - L^*_{standard} \quad (3.4)$$

$$\Delta C^* = \Delta C^*ab - \Delta C^*ab = [(a^*_{mjereno})^2 + (b^*_{mjereno})^2]^{0.5} \quad (3.5)$$

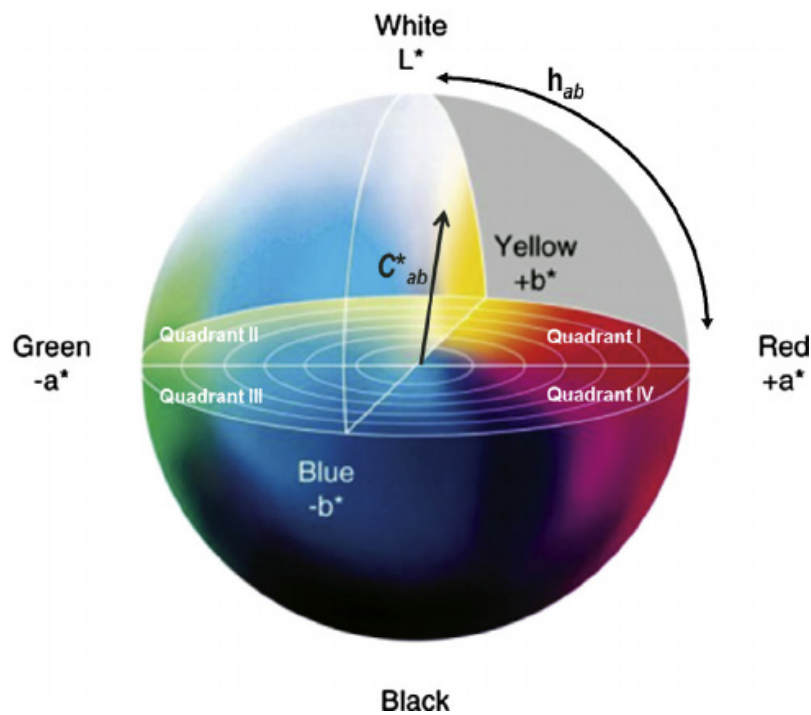
$$\Delta H^*ab = [(\Delta E^*ab)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*ab)^2]^{0.5} \quad (3.6)$$

Ukupna razlika između boje koja se mjeri i referentne (standardne) boje naziva se Euklidska (kolorimetrijska) razlika, i u CIE LAB se označava sa ΔE^*ab . Može se izračunati na dva načina: koristeći ΔL^* , Δa^* , i Δb^* ili ΔL^* , ΔC^*ab , i H^*ab .

$$\Delta E^*ab = [(\Delta L^*)^2 - (\Delta a^*)^2 - (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (3.7)$$

Kada je svjetlosna razlika veća od nule ($\Delta L > 0$) mjerena boja uzorka svjetlija je od standardne boje, a ako je ta razlika manja od nule ($\Delta L < 0$) mjerena boja tamnija je od standardne boje. Za mjerenje crvene imamo $\Delta a^* > 0$, zelene $\Delta a^* < 0$, žute $\Delta b^* > 0$ te plave $\Delta b^* < 0$ [7].

Kod mjerenja svjetline boje nailazimo na određena ograničenja. Naime, ako je izmjereni uzorak crvene boje manje crven od standarda, tada ispada da je zapravo zelene boje. Isto tako, ako je izmjereni uzorak žute boje manje žut od standarda ispada da je plave boje [7].



Slika 3.9. CIE Lab prostor boja

Zbog toga se nameće korištenje i ostala dva psihološka atributa boje, a to su ton i zasićenje. Ton je definiran kao kut koji ima vrijednost nula kad je paralelan s a^+ osi. Povećava se u smjeru suprotnom od kazaljke na satu [7].

Kroma ili zasićenje definirano je kao duljina linije od ishodišne točke (neutralna točka) do točke uzorka [7].

Razlike između kutova tona su razlike u kromi, C^*_{ab} , a razlike okomite na kut tona su razlike u tonu H^*_{ab} [7].

Za određivanje neutralnih uzoraka poput crne, bijele i sive preporuča se korištenje ΔL^* , Δa^* , i Δb^* , a za određivanje uzoraka sa zasićenjem preporuča se uporaba ΔL^* , ΔC^*_{ab} , i H^*_{ab} [7].

3.4.7. Kolorimetrijska razlika

Kolorimetrijska razlika, ΔE , razlika je u pozicijama između dva mjerena uzorka u CIE LAB koordinatnom sustavu. To je isto što i ΔE_{ab}^* i radi se o Euklidskoj razlici tj. razlici u senzaciji koja je dobila naziv po njemačkoj riječi Empfindung [8].

Prvo se mjere LAB vrijednosti dvaju uzoraka, a potom se izračunava njihova udaljenost u koordinatnom sustavu. Razlika u toj udaljenosti je ΔE . Pri tom se u obzir uzimaju L^* , a^* , i b^* vrijednosti. Prema tome jednadžba će izgledati otprilike ovako:

$$\Delta E = [(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2]^{0.5} \quad (3.8)$$

gdje su L_1 , a_1 , i b_1 LAB mjerenja originala, a L_2 , a_2 , i b_2 mjerenja reprodukcije. Izračunavanjem ΔE gubimo informacije o razlikama u L^* , a^* , i b^* kanalima. Pri procjenjivanju boja ili otkrivanju uzroka grešaka potrebno je izračunati pojedinačne kolorimetrijske razlike za L^* , a^* , i b^* . Ponekad je korisno znati da kolorimetrijska razlika dolazi većinom od razlike u svjetlini ili kromi. To možemo izračunati na sljedeći način:

$$\Delta L = (L_1 - L_2) \quad (3.9)$$

$$\Delta c = [(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2]^{0.5} \quad (3.10)$$

U praksi, vidljiva kolorimetrijska razlika ne mora nužno značiti ponavljanje procesa. Naime, postoji razlika između percipirane i prihvatljive kolorimetrijske razlike. Percipirana kolorimetrijska razlika može kupcu biti prihvatljiva. Razlike u boji manje od $2 \Delta E$ ne primjećuju se golim okom. Čak su i razlike manje do $4 \Delta E$ prihvatljive većini ljudi. Općenito, kod procesa pripreme obrade slike, razlike od 4 do $8 \Delta E$ smatraju se dopuštenim. Svaka grana industrije (ambalažna, automobilska, tekstilna) posebno određuje dopuštene granice odstupanja kolorimetrijske razlike. Zbog oscilacija u procesu tiska i drugih čimbenika poput opreme i ljudskog vida, smatra se da je besmisleno pokušati reducirati ΔE ispod 1 [8].

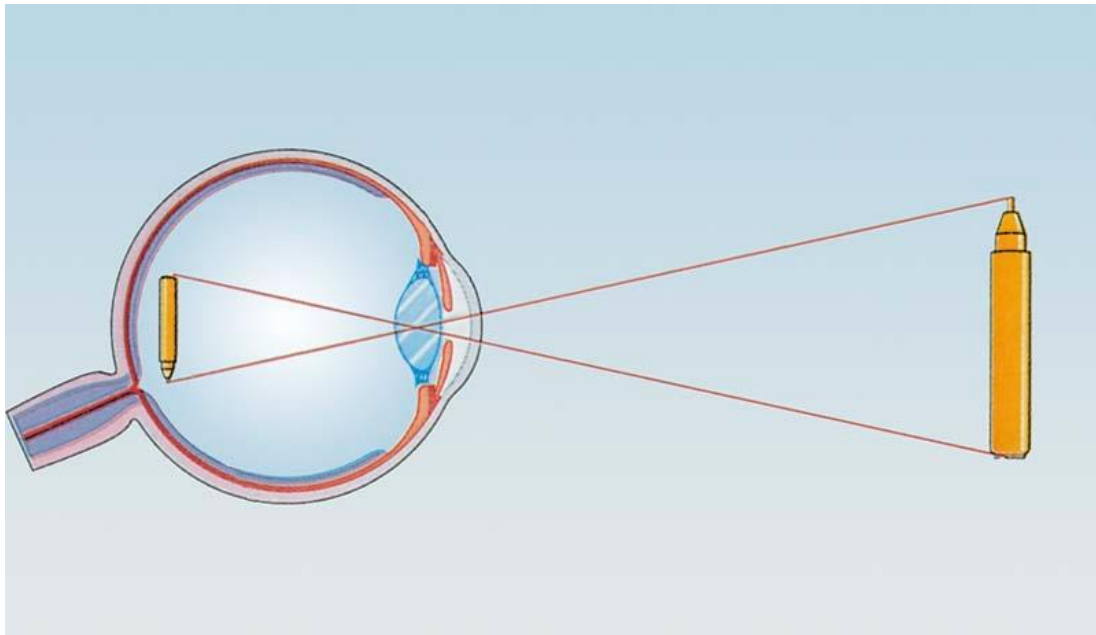
4. Oko

Oči se koriste u gotovo svakoj aktivnosti (kod čitanja, gledanja televizora i sl.) jer nam dozvoljavaju viđenje i razjašnjavanje obrisa, boje i dimenzije objekta obrađujući svjetlo koje se reflektira ili emitira. Različiti organizmi imaju različite organe koji osjete svjetlo. Za razliku od ostalih osjetila (sluha, njuha, okusa i dodira), vid se smatra najvažnijim jer je dominantan osjet te se istovremeno sljepoću drži najtežim osjetilnim gubitkom [9].

Oko je organ čovjeka koji služi pretvaranju svjetlosti u živčane impulse. Ljudsko oko je parni organ koji djeluje slično fotoaparatu i kamerama: prozirni prednji dijelovi oka lome zrake svjetlosti projicirajući umanjenu i obrnutu sliku na fotosenzitivnu mrežnicu gdje se u specijaliziranim živčanim stanicama obavlja pretvorba u električne živčane impulse. Oko je najvažnije ljudsko osjetilo jer njime primamo 90% svih informacija iz okoline. Vid omogućuje svjesnu percepciju svjetla i omogućava razlikovanje boja i percepciju dubine. Ljudsko oko ima vidni kut od 200° i može razlikovati 10 milijuna nijansi boja [10].

4.1. Formiranje slike u oku

Kod nekih mekušaca i većine kralježnjaka princip rada oka temeljen je na dopuštanju ulaska podražaja svjetla kroz rožnicu. Svjetlost dalje prolazi kroz zjenicu, šarenicu, i leću koja se nalazi odmah iza šarenice i zjenice. U prolazu se svjetlosni val od rožnice i leće savija i konvergira, a slika, zrcalna i preokrenuta, dolazi do točke iza površine leće. Svjetlost dalje prolazi kroz prozirni gel koji čini 80% oka te dolazi do žarišta na mrežnici gdje se nalazi žuta pjega koja reproducira vid, najbolji od bilo koje lokacije na mrežnici [9].

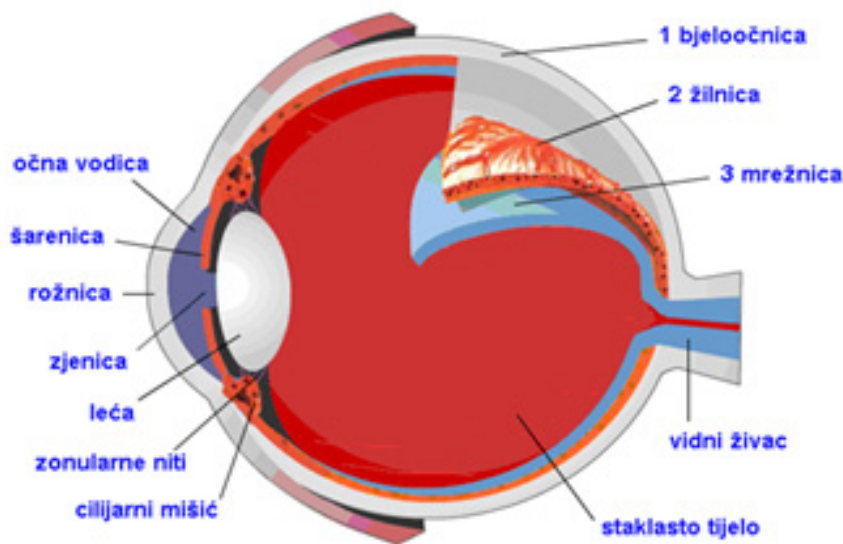


Slika 4.1. Formiranje slike u oku

4.2. Anatomija oka

Ljudsko oko sastoji se od očne jabučice uložene u očnu šupljinu. Zaštitu oka čine gornja i donja vjeđa, obrve, trepavice i spojnice. Očna jabučica izgrađena je od tri sloja. Vanjski se sloj očne jabučice sastoji od bjeloočnice i rožnice. Bjeloočnica prekriva oko 85% ukupnog oplošja oka i daje oku pretežno bijelu boju. Bijelo plavkaste je boje te se sastoji od vlakanaca i služi za zaštitu unutrašnjosti oka. Rožnica je transparentna struktura debljine 0,5 mm, promjera 12 mm i glavna je leća u očnom optičkom sistemu te radi najviše na fokusiranju svjetla. Srednji, krvni sloj oka uključuje šarenicu i žilnicu. Šarenica se sastoji od mišića i djeluje kao dijafragma, a nalazi se između rožnice i leće te sadrži razne pigmente koji su odgovorni za boju očiju. U središtu se nalazi otvor koji se naziva zjenica i ona je crne boje jer se iz oka ne reflektira svjetlost. Žilnica je dio očne ovojnice između bjeloočnice i mrežnice, sadrži brojne krvne žile i živce, a glavna joj je funkcija ishrana oka. Također sadrži i tamne pigmente što je jako bitno jer na taj način unutrašnjost oka drži u tami. Unutrašnjost oka sadrži mrežnicu koja je mozaik od dva temeljna tipa fotoreceptora: štapića i čunjića te udruženih neurona. Od čunjića i štapića polaze osjetna vlakanca vidnog živca. Zbog maksimalizacije vida i apsorpcije svjetla, mrežnica je relativno malo zakrivljena i ima dva mjesta gdje je različita, a to su žuta pjega i optički disk. Žuta pjega je udubina u mrežnici direktno suprotna od leće te je popunjena sa stanicama čunjića koji su odgovorni za viđenje boja u ljudi. Optički disk, ponekad poznat kao slijepa točka, je točka na mrežnici gdje korijen vidnog živaca probija mrežnicu povezujući sve živčane stanice gdje se ne nalaze nikakve fotoosjetljive stanice. Ovdje još treba navesti i leću koja upotpunjuje dioptrijski

aparatus i ima najveću ulogu kod akomodacije, a nalazi se na prednjoj strani očne jabučice. Vrlo je složena, promjera 9 mm i debljine 4 mm. Sastoji se od oko 22 000 vrlo tankih slojeva s različitim indeksom loma. Pomoću posebnih mišića mogu se mijenjati polumjeri zakrivljenosti prednje i stražnje plohe leće, a i pomaknuti slojevi različitog indeksa loma čime se mijenja i dioptrija leće. Debljina leće se mijenja s godinama života te starenjem postaje deblja i manje elastična. Akomodacija leće je prilagodba oka za gledanje bliskih predmeta, a ostvaruje se promjenom zakrivljenosti (promjera) leće. Pri akomodaciji, leća poprima oblik kugle i time postaje deblja i pri tome se uglavnom izbočuje prednja strana leće te se prema naprijed pomiče za 0,4 do 0,7 mm. Kod gledanja dalekog predmeta, ulazni snop svjetla je gotovo paralelan, kružni mišići leće su opušteni i leća je prilagođena za gledanje dalekog predmeta. Kod gledanja bliskog predmeta, ulazni snop svjetla je divergentan. Kružni mišići leće zatežu prednju stranu leće i povećavaju njezinu zakrivljenost. Osim očne jabučice, u očnoj šupljini nalaze se i očni mišići koji imaju zadatak pokretanja očne jabučice. Postoje četiri prava i dva kosa očna mišića, a zbog njihovih se položaja oko lakše pokreće u horizontalnim smjerovima, nego u vertikalnim [11].



Slika 4.2. Anatomija oka

4.3. Videnje boja

Proces doživljaja boja odigrava se u mozgu. Oko je vidni organ koji upija svjetlost, tj. elektromagnetske valove. Uloga oka je da ulaznu svjetlost, u ovisnosti o njezinoj snazi, propušta kroz rožnicu koja je zakrivljena i koja fokusira svjetlost na stražnji dio oka dajući umanjenu i obrnutu sliku. S prednje strane oka nalazi se šarenica unutar koje se nalazi zjenica koja

mijenjajući svoj oblik regulira ulaznu energiju svjetlosti. Na stražnjem dijelu oka smještena je mrežnica u čijih se devet slojeva nalaze vidni receptori koji se nazivaju štapići i čunjići [12].

Doživljaj boje ovisi o tome kako mozak reagira na stimulaciju. Ulazna elektromagnetska energija iz svjetlosti pretvara se u živčane impulse koji se preko milijun živčanih vlakana prenose ka zatiljnom dijelu kore velikog mozga i interpretiraju kao slika. Optičkim živcima signal putuje do dijela mozga zaduženog za vid i negdje na tom putu između fotoreceptora i mozga, informacija se o boji, pokretu, svjetlini i sjajnosti kodira i dekodira te stvara vidni osjećaj. Informacija o intenzitetu svjetlosti dobiva se preko štapića kojih u oku ima oko sto milijuna i koji se nalaze na periferiji mrežnice. Osjetljivost štapića omogućuje monokromatski vid uz osvjetljenje veće od 0,2 lux-a koje se dobiva fotoosjetljivim pigmentom nazvanim rodopsin. Na intenzitete osvjetljenja veće od 30 lux-a, u oku reagiraju čunjići koji su kraći i deblji za razliku od štapića, a koji ujedno i omogućuju vidni osjećaj boje [13].

4.4. Mrežnica (retina), štapići i čunjići

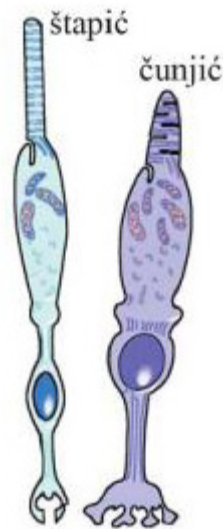
Mrežnica je ovojnica, debljine najmanje pola milimetra, koja prekriva najveći dio unutrašnjosti očne jabučice. Sastavljena je od pet različitih slojeva i stanica: receptora, horizontalnih stanica, bipolarnih stanica, amakrinskih stanica i mrežničnih ganglijskih stanica [9].

Štapići (eng. rods) su fotoreceptori i ima ih približno oko 125 000 000 te su promjera oko 0,002 mm. Osjetljivi su na plavozelenu svjetlo s vrhuncem osjetljivosti na valnoj duljini od 498 nm. Jako su osjetljivi na svjetlost pa je za osjet potrebno samo nekoliko fotona. Ne razlikuju boje, a koriste se za gledanje u mraku. Stanice štapića zbog velikog broja spojene su u skupine, a svaka od skupina vlaknom je spojena sa centrom za vid i mozgom [9].

Čunjići (eng. cones) također su fotoreceptori i ima ih između 6 i 7 milijuna. Svaki čunjić je promjera 0,006 mm, a rade pod jakim svjetlom i pomoću njih se razlikuju boje. Oni su manje osjetljivi na svjetlo od stanica štapića u mrežnici te nam omogućuju prikazivanje finih detalja i razlika u slikama jer je njihovo vrijeme stimulansa brže od vremena štapića [9].

Postoje tri vrste čunjića koje daje naš temeljni vid: L-čunjić (eng. L=long) (crveni) s vrhuncem osjetljivosti od 564 nm, M-čunjić (eng. M=medium) (plavi) s vrhuncem osjetljivosti od 534 nm, i S-čunjić (eng. S=short) (zeleni) s vrhuncem osjetljivosti od 420 nm [9]. Čunjići su najviše koncentrirani u području bliže centru mrežnice zvanom „područje najoštrijeg vida“ (područje žute pjege). Maksimalna koncentracija čunjića je oko 180 000 po mm² u području

najoštrijeg vida. Ova gustoća rapidno pada izvan njega, do područja s koncentracijom nešto manjom od 5 000 po mm², najviše ih je u žutoj pjezi [9].



Slika 4.3. Prikaz fotoreceptora štapića i čunjića

4.5. Adaptacija na svjetlo i mrak

Svima je poznato da se u mraku bolje vidi kada se oko privikne na mrak. Vidni sustav djeluje učinkovito uz golem raspon intenziteta okolnog svjetla. Primjerice, svjetlo podnevnog Sunca oko milijun je puta intenzivnije od svjetla punog mjeseca. Opisana sposobnost naziva se adaptacija. Adaptacija na mrak proces je prilagodbe na gledanje u sumraku ili potpunom mraku dok je adaptacija na svjetlo obrnuti proces. Radi se o procesu prilagodbe na gledanje pri jakom danjem ili umjetnom svjetlu [9].

Adaptaciji doprinosi veće širenje i sužavanje zjenice. Glavni mehanizam adaptacije temelji se na funkcionalnim razlikama sustava čunjića i sustava štapića, a pri tome bitnu ulogu ima ciklus razgradnje i obnavljanja vidnog pigmenta. Kako ljudska mrežnica ima sustav čunjića i sustav štapića, često se za nju rabi slikoviti naziv dvostruka mrežnica. Time se želi naglasiti da je golemi raspon adaptacije omogućen odabranom aktivacijom jednog ili drugog sustava, kao i prilagodbama osjetljivosti fotoreceptora unutar svakog od tih sustava [9].

Adaptacija na mrak najbolje se očituje kada se, na primjer, za vedrog, jako osunčanog dana ulazi u zamračenu kino dvoranu. U početku, cijela kino dvorana izgleda mračno, tamno, ništa se ne raspoznaje, ali nakon nekoliko minuta već se mogu razaznati pojedini predmeti kao što su

sjedala, drugi posjetitelji itd. U navedenom primjeru se receptorske stanice nalaze na visokom nivou osjetljivosti pa im treba vremena da se prilagode, tj. snize osjetljivost [9].

Adaptacija na svjetlo je upravo suprotno. Pri izlasku iz dvorane na jako dnevno svjetlo, nismo u stanju percipirati objekte i predmete u okolini dok se receptorske stanice ne prilagode na visoki nivo osjetljivosti [9]. Štapići prvih desetak minuta u mraku zahtijevaju manje svjetla kako bi dostignuli prag reagiranja nego čunjići zbog čega štapići zahtijevaju manje svijetla. Točka kod koje štapići postaju osjetljiviji se zove se „rod-cone break“ [9]. Oku treba otprilike 20-30 minuta da se potpuno adaptira s jake svijetlosti na potpuni mrak te postaje tisuću do milijun puta osjetljivije nego na dnevnom svijetlu. Međutim, prilagodba oka na tamu traje oko pet minuta zbog toga što su čunjići osjetljiviji i brže reagiraju te im treba otprilike devet minuta da se prilagode na mrak, dok ostalo vrijeme, do trideset minuta, treba štapićima da se prilagode mraku. [9]

4.6. Kromatska adaptacija oka

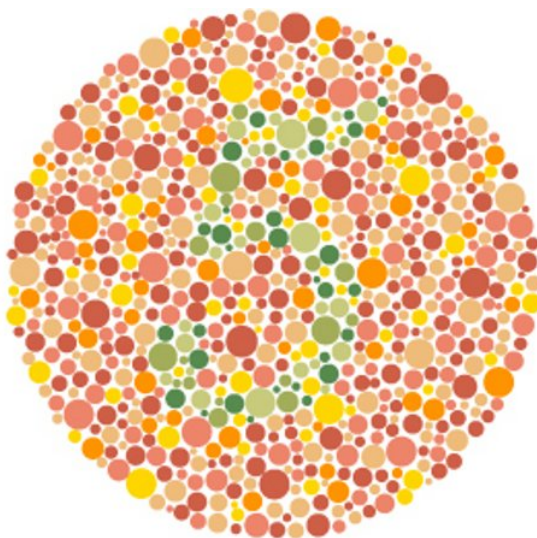
Kromatska adaptacija neovisna je osjetljivost triju skupina receptorskih stanica (L, M i S čunjića). To je mogućnost vizualnog sustava da očuvata izgled objekta pod širokim rasponom izvora svjetlosti [9].

Primjer kromatske adaptacije može se prikazati ako se bijeli papir promatra pod različitim područjima osvjetljenja (mala, srednja, i visoka valna duljina). Iako su intenziteti svjetlosti različiti bijeli će papir „ostati bijel“ kod sva tri izvora svjetlosti jer će se osjetljivost svih triju receptorskih stanica (L, M i S čunjića) adekvatno smanjiti, odnosno povećati, u određenom spektralnom području [9]. Jedan od poznatih primjera kromatske adaptacije je tzv. naknadni posljedični efekt (eng. afterimages) i predstavlja iluziju kada se slika i dalje pojavljuje iako se original prestao gledati. Naknadni posljedični efekt može se opisati kao manifestacija određenog doživljaja stimulusa kroz određeni vremenski period i kada više on ne podražava vizualni sustav, a može biti negativan ili pozitivan [9]. Negativni naknadni posljedični efekti često slabe i nestaju u roku od 15 sekundi, dok pozitivni naknadni posljedični efekti rijetko traju duže od 5-10 sekundi [9].

4.7. Defektno viđenje boja

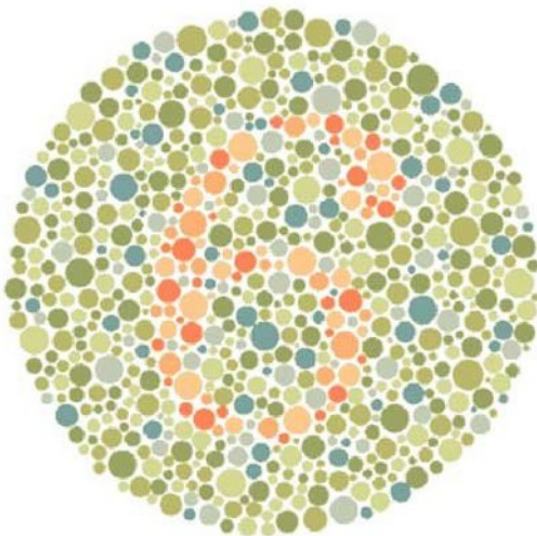
Sljepoća na boje ili defektno viđenje boje je nemogućnost percepcije različitih ili istih boja koje drugi ljudi mogu razlikovati. Uzroci mogu biti oštećenja živca, mozga ili samog oka, ali su najčešće genetske prirode [9]. Pod pojmom defektnog vida, u prvom redu podrazumijevaju se

određene fiziološke anomalije i oštećenje vidnih organa. Smatra se da određeni oblik defektnog vida ima oko 8.4% stanovništva na zemlji, a višestruko je izraženiji u muškoj populaciji u odnosu na žensku. Jedan od najčešćih tipova defektnog viđenja boja jest nemogućnost razlikovanja suprotnih parova boja odnosno crvene i zelene ili ljubičasto-plave i žute boje. Ovaj tip defektnog viđenja naziva se daltonizam i najčešće je genetski uzrokovan [4].



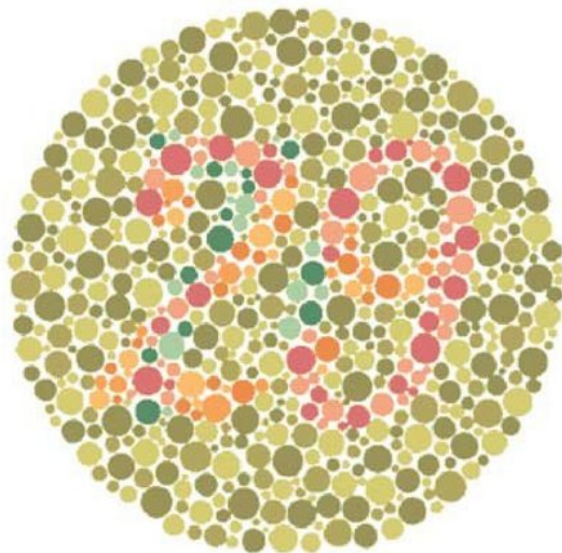
Slika 4.4. Prikaz testnog polja za detekciju vizualne defekcije (broj 5)

U prvom primjeru osoba s normalno razvijenim vizualnim sustavom vidjet će broj 5, dok će osoba koja ne razlikuje crvenu i zelenu boju vidjeti broj 2.



Slika 4.5. Prikaz testnog polja za detekciju vizualne defekcije (broj 6)

Osoba koja nema daltonizam u krugu će vidjeti broj 6, a osoba koja ima bilo koji oblik daltonizma neće vidjeti niti jedan broj.



Slika 4.6. Prikaz testnog polja za detekciju vizualne defekcije (broj 29)

Osoba sa zdravim vidom vidjet će broj 29, dok će osoba koja ne razlikuje zelenu i crvenu vidjeti broj 70.

Daltonizam se pojavljuje pri izostanku pojedinih vrsta čunjića. Populacija ljudi kojima izostaju pojedini tipovi čunjića u mrežnici oka nazivaju se dikromati, odnosno, posjeduju stranice za pobudu dvaju kromatskih stimulusa umjesto potrebnih tri [4].

Defektna pojava viđenja uzrokovana izostankom L čunjića naziva se protanopija i onemogućava diskriminaciju crvene i zelene boje. Izostanak M čunjića naziva se deuteranopija i također onemogućava razlikovanje crvene i zelene boje [4].

Defektna pojava izostanka S čunjića ima za posljedicu nemogućnost razlikovanja žute i plave boje, a naziva se tritanopija. Tritanopija kao defektna pojava vida obično je uzrokovana bolešću, dok se protanopija i deuteranopija smatraju genetski nasljeđenima. Oko 2% do 3% populacije s dijagnozom jedne od navedenih poremećaja može zbog prilagodbe vizualnog sustava steći dojam svih boja miješanjem samo dvaju preostalih stimulusa. Ljudi koji posjeduju samo jedan tip čunjića za pobudu nazivaju se monokromati [4].

Defektna pojava viđenja kod koje postoje svi čunjići, ali je reakcija fotopigmenta koji su osjetljivi na veće (duge) valne dužine vrlo slaba, naziva se protanomalijska. Izostanak ili slaba reakcija fotopigmenta unutar M čunjića naziva se deuteranomalijska. Slučaj defektnog vida koji je

uzrokovan izostankom ili slabom osjetljivošću fotopigmenata unutar S čunjića osjetljivih na stimulaciju kratkim valnim duljinama naziva se tritanomalija i vrlo se rijetko manifestira [4].

5. Psihofizika

Psihofizika je znanost koja istražuje odnos između fizičkog stimulusa (podražaja) i pripadajuće perceptualne reakcije (doživljaja). Obuhvaća više različitih područja te je danas osnova eksperimentalne psihologije koja obuhvaća istraživanja odnosa između određenog stimulusa i osjeta koji taj stimulus izaziva uključujući sve osjete (njih, sluh, vid, okus, dodir, osjećaj za ravnotežu...) [9]. Iako se na prvi pogled radi o relativno jednostavnim područjima koja se ovdje istražuju, pokazalo se da i u tim područjima postoji dosta metodoloških problema koje je trebalo riješiti. Psihofizičari su, stoga, izgradili širok metodološki okvir, niz metoda i postupaka kojima su valjano htjeli odgovoriti na pitanja iz područja interesa psihofizike [14].

Psihofizika započinje razdobljem koje s današnje perspektive nazivamo klasičnom psihofizikom. Razdoblje klasične psihofizike proteže se od sredine 19. stoljeća pa sve do pedesetih godina 2. stoljeća kada su se u značajnijoj mjeri počeli javljati i radikalno drugačiji pristupi u psihofizičkoj teoriji i mjerenju. Najvažniji nositelj klasičnog psihofizičkog pristupa, zapravo i osnivač, bio je G. T. Fechner [14].

5.1. Vizualna psihofizika

Intenzitet doživljaja kvalitete neke reprodukcije ovisan je, pored različitih gamuta reprodukcije, o nizu parametara kojima je definirana pojavnost boje, kao što su diferencijacija tonova, psihofizikalni vizualni efekti, ambijentalni uvjeti itd [15].

Većina definicija boje uključuju tri uvjeta koji pretpostavljaju vizualnu percepciju boje: izvor svjetla potreban za pobudu osjeta vida, objekt koji se promatra i njegove karakteristike koje moduliraju svjetlost te osjet vida. Ukoliko se u takvom sustavu vrši vrednovanje intenziteta percepcije boje neke reprodukcije, dolazi do stanovitih odstupanja praga vizualne percepcije prezentiranih stimulusa na različitim medijima. Odstupanja su uzrokovana utjecajem pojedinih psihofizikalnih vizualnih efekata i karakteristikama uvjeta promatranja stimulusa [15].

Većina psihofizikalnih vizualnih istraživanja temeljena je na utvrđivanju tzv. praga percepcije (eng. threshold). Prag percepcije je točka intenziteta kod koje subjekt može samo detektirati prisustvo i/ili razliku u podražaju. Postoje dvije vrste praga percepcije: apsolutni i razlikovni [9].

Apsolutni prag percepcije definiran je kao minimalna količina podražaja potrebna da bi se izazvala percepcija. Razlikovni prag se definira kao prag percepcije koji određuje razlike između dvaju uspoređivanih podražaja s obzirom na neke njihove karakteristike [9].

Svrha svakog vizualnog psihofizikalnog istraživanja je kvantitativno odrediti i definirati percepcijsku reakciju ispitivanog subjekta izazvanu stimulusom točno definiranih fizikalnih karakteristika (instrumentalno mjerljivih) [15].

Vizualna psihofizikalna istraživanja imaju:

- deskriptivni karakter (daje opis doživljaja) – omogućavaju definiranje i specificiranje sposobnosti ljudskog osjetila da percipiraju pojedine vrste stimulusa [15],
- analitički karakter (povezuje vrijednost veličine stimulusa i doživljaja) – do rezultata istraživanja dolazi se instrumentalnom analizom neuralnih mehanizama i reakcija u ljudskom mozgu uzrokovanih poznatim fizikalnim stimulusom [15].

Kvalifikacija praga vizualne percepcije u istraživanjima moguća je na nekoliko načina: procjena ispitanika da li nešto zamjećuje ili ne zamjećuje - vizualna detekcija, procjena ispitanika potencijalnog odstupanja između referentnog i uspoređivanog stimulusa – vizualna diskriminacija te ispitanikovo prepoznavanje, imenovanje ili opisivanje promatranog stimulusa s obzirom na određene karakteristike - vizualno prepoznavanje [15].

Psihofizikalna istraživanja praga vizualne percepcije nisu jednoznačna i univerzalna - ukoliko ih se promatra kroz niz ponavljanja unutar jednog eksperimenta (isti stimulusi i isti promatrači u jednakim uvjetima) ili pak kroz pregled cijelog niza različitih eksperimenata, rezultati istraživanja skloni su osciliranju. Razlog tome su fluktuacije stimulusa, neuralnih aktivnosti, pozornosti, psiholoških predrasuda i slično [15].

5.2. Metode psihofizikalnih istraživanja

Znanstvene metode određivanja praga vizualne percepcije u psihofizikalnim istraživanjima mogu se podijeliti na: metodu konstantnih stimulusa, metodu limita i metodu ugađanja ili podešavanja [15].

5.2.1. Metoda konstantnih stimulusa

Metoda konstantnih stimulusa smatra se jednom od najtočnijih metoda psihofizikalnog određivanja praga vizualne percepcije. U metodi konstantnih stimulusa ispitaniku se prema slučajnom uzorku prezentira niz različitih stimulusa (najčešće 5-9), predefinirani i fiksni vrijednosti. Vrijednosti se odabiru tako da se pokrije cjelokupno potencijalno područje praga

vizualne percepcije. Najmanja vrijednost stimulusa postavlja se malo ispod, a najveća malo iznad očekivanog praga vizualne percepcije. Odabrane vrijednosti stimulusa u nekoliko se ponavljanja (do 50) predstavljaju ispitaniku prema slučajnom redoslijedu pri čemu se od njega zahtjeva da procijeni je li promatrani stimulus detektirao ili nije [15].

5.2.2. Metoda limita

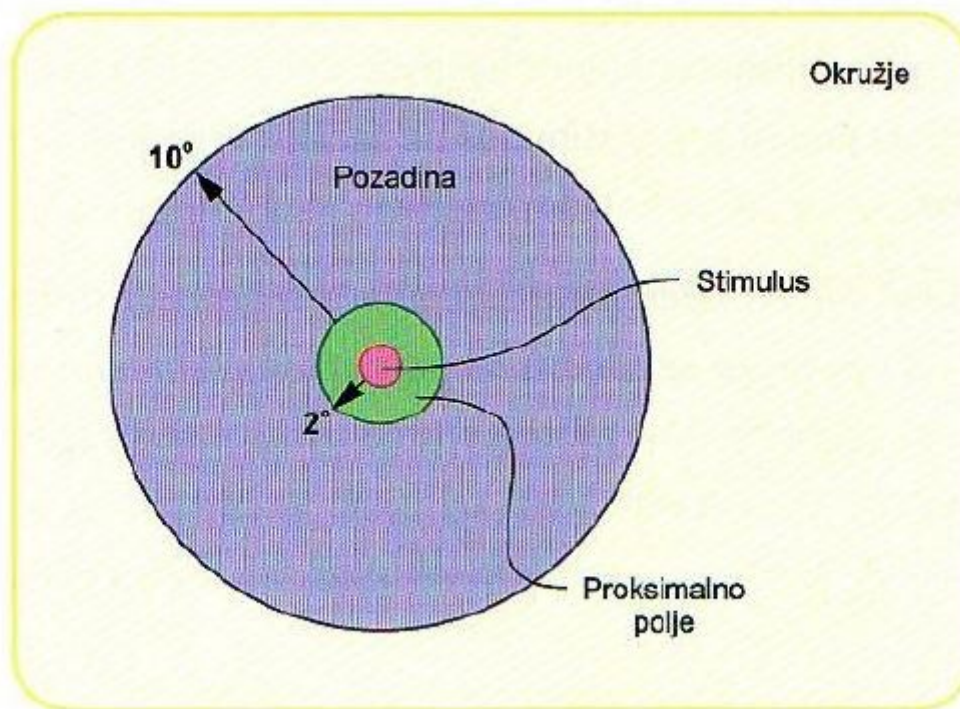
Metoda limita koncipirana je tako da se ispitaniku uzastopno prezentira niz stimulusa fiksnih vrijednosti koji obuhvaćaju potencijalno područje praga vizualne percepcije. Stimulusi se prezentiraju uglavnom od većeg prema manjem (ili obratno). Prilikom detekcije stimulusa ispitanik daje pozitivan odgovor. Stimulusi koji nisu detektirani označavaju se negativno od strane ispitivača. Eksperiment se ponavlja nekoliko puta (do 20). Pragom vizualne percepcije smatra se vrijednost stimulusa koja je detektirana u najmanje 50% ponavljanja. Metoda limita relativno je brza i jednostavna te polučuje zadovoljavajuće rezultate istraživanja [15].

5.2.3. Metoda ugađanja

U metodi ugađanja ili podešavanja ispitivač podešava uređaj za regulaciju stimulusa niže ili više od potencijalnog područja praga vizualne percepcije. Zadatak ispitanika je podesiti uređaj na vrijednost kod koje stimulus izaziva očekivanu percepciju kod ispitanika. Eksperiment se ponavlja nekoliko puta (do 10). Pragom vizualne percepcije smatra se vrijednost stimulusa koja je detektirana u najmanje 50% ponavljanja. Metoda ugađanja najjednostavnija je i najdirektnija metoda određivanja praga vizualne percepcije (ispitanik sam regulira vrijednosti stimulusa) [15].

5.3. Konfiguracija vidnog polja za vizualno ocjenjivanje

Pojavnost boje kao stimulusa koji se određenim vizualnim tehnikama prema traženim kriterijima procjenjuje, ovisna je ne samo o karakteristikama samog stimulusa, već i o karakteristikama cjelokupnog vidnog polja. Hunt je 1991. godine cjelokupno vidno polje podijelio na 4 osnovne cjeline: stimulus, proksimalno polje, pozadina, i okružje [4].



Slika 5.1. Raspodijela vidnog polja prema Huntu-u

Sa stajališta razjašnjavanja značenja pojedinih elemenata vidnog polja, Hunt definira područje stimulusa kao osnovno uniformno polje čije se informacije o boji analiziraju, i koje posjeduje veličinu koja obuhvaća vidni raspon od 2 stupnja (usklađenost s funkcijama standardnog promatrača iz 1931. godine) [4]. Međutim, Fairchild napominje da je prilikom vizualne procijene realnih scena i njihovih 2D slikovnih zapisa potrebno cjelokupne objekte (istovjetnih karakteristika) na istim promatrati kao „uniformne stimuluse“ iako njihova veličina prelazi raspon od 2 stupnja i kreće se u pravilu do veličine koju obuhvaća kut gledanja od 10 stupnjeva (sukladno funkcijama usklađivanja boja za CIE standardnog promatrača iz 1964. godine), a ponekad čak i veći [4].

Pojam „proksimalno polje“ Hunt određuje kao neposredno najbliže proksimalno područje koje se proteže od rubnih granica stimulusa u svim smjerovima (ili većini smjerova) u iznosu širine vidnog polja od oko 2 stupnja [4].

Pojam „pozadina“ definiran je kao okolina koja okružuje stimulus koji se promatra u veličini (opsegu) vidnog polja (u svim ili većini smjerova) u iznosu oko 10 stupnjeva [4].

Pojam „okružje“ definira se kao sveukupno vidno polje izvan područja pozadine. Sama veličina okružja nije određena. Za razliku od ostalih elemenata vidnog polja, može obuhvaćati cjelokupni ostatak prostorije ili cjelokupno područje prirodne scene u kojoj se primarni stimulus vizualno ocijenio [4].

5.4. Tehnike vizualnog ocjenjivanja

Vizualno ocjenjivanje u procesu grafičke reprodukcije podrazumijeva uspoređivanje originala i reprodukcije prema ciljanim kvalitativnim i/ili kvantitativnim mjerilima. Ujedno se može opisati i kao usporedba referentnog stimulusa s testnim, odnosno, uspoređujućim stimulusom [15].

Godine 1996. Braun, Fairchild i Alessi definirali su pet tehnika vizualnog ocjenjivanja odnosa između originala i reprodukcije (referentnog i uspoređivanog stimulusa): [6] memorijsko usuglašavanje, sukcesivno-binokularno-memorijsko usuglašavanje, simultano-binokularno usuglašavanje, simultano-haploskopsko usuglašavanje i sukcesivno-„Gazfeldovo“-haploskopsko usuglašavanje [15].

- **Memorijsko usuglašavanje**

Memorijsko usuglašavanje je tehnika ocjenjivanja kod koje se original i njegova reprodukcija ne mogu vidjeti u isto vrijeme niti promatrač može nanovo pogledati original kako bi dao svoju konačnu ocjenu. Ocjena se daje na osnovi pamćenja, odnosno, memorijske usporedbe u odstupanju reprodukcije i originala [4].

- **Sukcesivno binokularno memorijsko usuglašavanje**

Sukcesivno binokularno memorijsko usuglašavanje je tehnika ocjenjivanja koja je po svojim principima slična memorijskoj, s tom razlikom što promatrač može u bilo kojem trenutku iznova pogledati original no ocjenjivanje se u principu ipak primarno temelji na osnovi pamćenja [4].

- **Simultano binokularno usuglašavanje**

Simultano binokularno usuglašavanje je tehnika ocjenjivanja kod koje se original i reprodukcija nalaze jedno pored drugog, u cijelovitom vidnom području u isto vrijeme. Kod ove tehnike ocjenjivanje se provodi simultanom usporedbom originala i reprodukcije. Vrijeme „procjenjivanja“ nesukladnosti između originala i reprodukcije mnogo je kraće nego kod dvije prethodne tehnike te je moguća i točnija ocjena [4].

- **Simultano haploskopsko usuglašavanje**

Simultano haploskopsko usuglašavanje je tehnika ocjenjivanja kod koje se original promatra jednim okom, a reprodukcija drugim okom, u isto vrijeme. Između očiju nalazi se simetrična pregrada koja onemogućuje da se jednim okom vide i original i reprodukcija [4].

- **Sukcesivno „Ganzfeldovo“ haploskopsko usuglašavanje**

Sukcesivno „Ganzfeldovo“ haploskopsko usuglašavanje je tehnika ocjenjivanja slična simultativnom haploskopom usuglašavanju, odnosno, original se promatra jednim, reprodukcija drugim okom, ali je promatrač spriječen da ih promatra istodobno [4].

6. Percepcija

Percepcija je područje psihofizike povezano s funkcioniranjem osjetilnih sustava i interpretacijom informacija. Velik dio istraživanja o percepciji uključen je u istraživanja vida zbog činjenice da osjet vida naspram ostalih osjeta (okus, miris, njuh, dodir, ravnoteža...) u velikom dijelu dominira u ljudskoj percepciji zbog načina na koji ljudi obraćaju pažnju na svijet oko sebe i percipiraju samo one informacije koje su za njih bitne u danom trenutku dok ostale ignoriraju [9]. Psiholozi posebno proučavaju područja kao što su dubina percepcije, percepcija oblika, perceptivna konstantnost i percepcijska organizacija. Kada područje koje se promatra sadrži informacije koje proturječe informacijama o dubini, obliku, i organizaciji, tada se kao rezultat javlja optička iluzija i javlja se kada postoji premalo informacija na raspolaganju za točno tumačenje podražaja [9].

6.1. Teorije ljudske percepcije

O percepciji su razvijene brojne teorije, a najvažnije su direktna i konstruktivna teorija. Direktnu teoriju razvio je E. Gibson, a zasniva se na *bottom-up* pristupu. Takva teorija polazi od dna, proučavajući fizički podražaj i zatim se „penje“ gore, do viših kognitivnih procesa. Gibson smatra da su podražaji dovoljno bogati informacijama, a da znanje ili procesi mišljenja nisu potrebni za percepciju. Druga teorija je konstruktivna teorija koju je razvio Gregory te se zasniva na *top-down* pristupu. Teorija se fokusira na kognitivne procese višeg nivoa, postojeće znanje i očekivanja. U teoriji tijekom percipiranja u obzir uzimamo očekivanja, poznata znanja o situaciji te one zaključke do kojih smo došli na osnovi podataka. Uspješna percepcija zahtjeva inteligenciju i mišljenje pri kombiniranju senzornih informacija, smatra Gregory [16].

6.2. Faktori koji utječu na percepciju

Karakteristike promatrača su prethodno nepoznavanje osobe, stavovi i iskustvo, raspoloženje, interesi, motivi, očekivanja, struktura kognitivnog razmišljanja, sinestezija (neuropsihološki fenomen ujedinjenja osjetila). Karakteristike promatranog objekta mogu biti fizičke, verbalna i neverbalna komunikacija. Karakteristike situacije: kontekst i vrsta interakcije, uvjeti okoline, društveno i socijalno okruženje [16].

6.3. Perceptivni proces

Percepcija je rezultat složenih procesa „iza scene“ od kojih mnogi nisu dostupni našoj svijesti. Uzmimo za primjer kazališnu predstavu. Dok je naša pažnja usmjerena na odvijanje drame koju stvaraju glumci na pozornici, druga drama odvija se iza pozornice. Jedna glumica žuri se presvući u drugi kostim, jedan glumac nervozno korača gore-dolje ponavljajući tekst, a iznad zadnjeg reda gledališta osvjetljavač priprema promjenu za sljedeću scenu [17]. Upravo na ovom primjeru možemo vidjeti da čovjek primjećuje samo mali dio onoga što se stvarno događa za vrijeme predstave. Naša percepcija svijeta oko nas samo je mali dio onoga što se događa kada percipiramo. Jedan od načina na koji se može objasniti proces iza scene jest promatranje percepcije kao niza koraka, a to nazivamo perceptivni proces. [17]

U perceptivni proces svrstavamo ove pojmove:

1. Percepcija - svjesni osjetni doživljaj
2. Prepoznavanje - sposobnost smještanja predmeta u određenu kategoriju
3. Djelovanje - uključuje motorne aktivnosti poput pomicanja glave ili očiju kroz okolinu
4. Podražaj iz okoline - sve stvari u našoj okolini koje potencijalno možemo percipirati
5. Opažani podražaj - središte pažnje kod percipiranja, podražaj na receptorima
6. Transdukcija - pretvaranje jednog oblika energije u drugi
7. Procesiranje
8. Znanje [17]

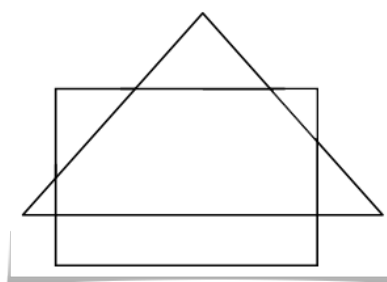
6.4. Perceptivna organizacija

Osnova percepcije je organizacija podataka iz osjetila. Te procese proučava *geštaltizam*, pravac koji se početkom 20. stoljeća razvio u Njemačkoj. U prijevodu riječ *Gestalt* označava obličje ili cjelinu pa tako geštaltistički pristup ističe važnost cjeline za percepciju. Osnovna ideja geštaltata je da se cjelina razlikuje od zbroya pojedinačnih dijelova. Geštaltistički orjentirani psiholozi naglašavali su važnost dva načela: načela perceptivnog grupiranja te razlikovanje figure i pozadine [16].

6.4.1. Principi perceptivne organizacije

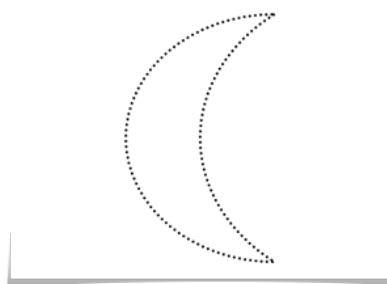
Najopćenitije, osnovno načelo perceptivne organizacije je načelo dobre forme. Prema ovom načelu svaki skup podražajnih elemenata vidjet ćemo na način da izgleda što je jednostavnije moguće. Promatrač će dane elemente nastojati organizirati na najjednostavniji način. Svaki skup podražaja tvorit će cjelinu, koliko to dani podražajni uvjeti dozvoljavaju [18].

U primjeru na slici 6.1 vidimo jedan trokut i jedan pravokutnik, vidimo dva elementa, a ne više složenijih oblika. [18]



Slika 6.1. Trokut i pravokutnik

Na sljedećem primjeru (Slika 6.2) skup točkica vidjet ćemo kao polumjesec, a ne kao skup točkica [18].



Slika 6.2. Polumjesec

Ostala načela perceptivne organizacije su: načelo sličnosti, načelo blizine, načelo kontinuiteta, načelo zatvorenosti, i načelo zajedničkog kretanja [18].

Načelo sličnosti – elemente koji su slični doživjet ćemo kao da su grupirani zajedno. Sličnost može biti na temelju boje, forme, veličine ili svjetline [18].



Slika 6.3. Načelo sličnosti

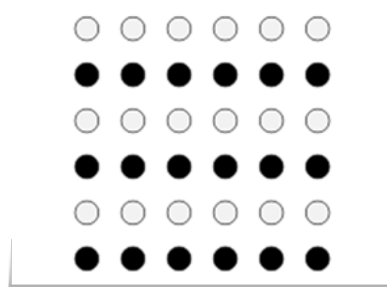
Na slici 6.3 većina ljudi vidjet će kosu liniju slova „O“ među slovima „X“ [18].



Slika 6.4. Načelo sličnosti-stupci

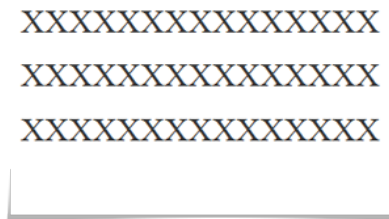
Na slici 6.4 većina ljudi vidi stupce slova „X“ i slova „O“ [18].

Na sljedećem je primjeru (slika 6.5) vidljivo načelo sličnosti na temelju boje. Krugovi na slici vide se kao horizontalni redovi bijelih i crnih krugova. [18].



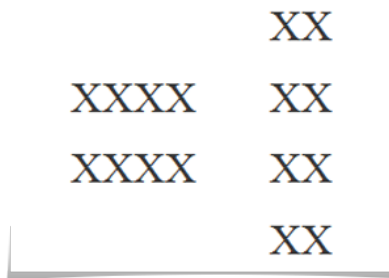
Slika 6.5. Načelo sličnosti na temelju boje

Načelo blizine – elemente koji su blizu jedan drugome doživjet ćemo kao da su grupirani zajedno. U primjeru na slici 6.6 vidimo tri linije slova „X“, a ne 15 stupaca slova „X“ i u svakome od njih po tri slova [18].



Slika 6.6. Načelo blizine-linije

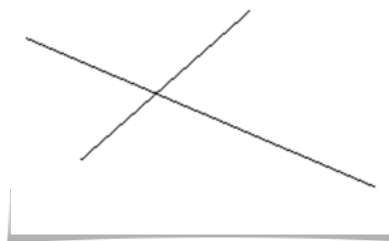
Na sljedećem primjeru (slika 6.7) vidimo dvije grupe od 8 slova „X“, a ne jednu grupu od 16 slova [18].



Slika 6.7. Načelo blizine - grupe

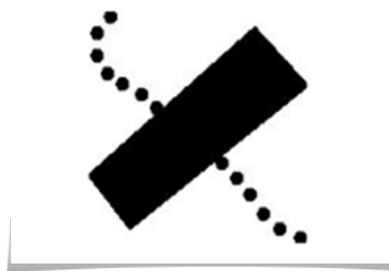
Načelo kontinuiteta – elementi koji imaju tendenciju kontinuiteta doživjet će se kao jedna grupa.

U primjeru na slici 6.8 vidimo dvije ravne crte koje prolaze jedna kroz drugu, crtež ne vidimo kao kombinaciju dvaju kutova [18].



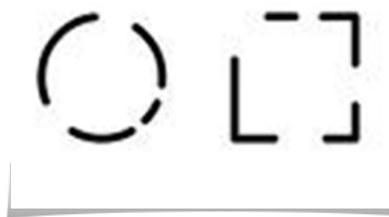
Slika 6.8. Načelo kontinuiteta –dvije ravne crte

Na primjeru slike 6.9. serija točkica formirana u red vizualno će se grupirati zajedno čak i ako je taj put prekinut nekom drugom formom [18].



Slika 6.9. Načelo kontinuiteta-serija točkica

Načelo zatvorenosti – ukoliko neki dio elementa ili lika nedostaje na inače kompletnoj figuri, popunit ćemo te praznine kako bi se dobila cjelina. U primjeru na slici 6.10 vidimo krug i kvadrat iako u realnosti svi dijelovi likova nisu nacrtani [18].



Slika 6.10. Načelo zatvorenosti

Sami nadopunjujemo praznine kako bi dobili cjelovit i smislen lik. Ukoliko je predstavljen dovoljan dio lika ili elemenata, promatrač će sebi predočiti cijeli lik. Na primjeru na slici 6.11 vidimo pandu iako ona nije u potpunosti nacrtana [18].



Slika 6.11. Načelo zatvorenosti-smislen lik

Ljudi teže zatvaraju prostor dovršavajući konture i ignorirajući praznine u figuri. Na slici 6.12 nema trokuta niti krugova, ali naš mozak nadopunjuje informacije koje nedostaju kako bi stvorio poznate oblike ili slike [18].



Slika 6.12. Načelo zatvorenosti-trokuti i krugovi

Načelo zajedničkog kretanja – predmete koji se kreću zajedno u istom smjeru doživljavamo kao jednu cjelinu. Dvije forme sa sličnom orijentacijom doživjet će se kao da pripadaju jedna drugoj. U primjeru na slici 6.13 crte koje su položene u istom smjeru doživljavamo kao jednu grupu [18].



Slika 6.13. Načelo zajedničkog kretanja

U podlozi načela perceptivne organizacije je pretpostavka da će se, kad god je to moguće, elementi ili podražaji u perceptivnom polju spojiti, odnosno, organizirati u figure ili uzorke figura. Te figure ili uzorci imat će karakteristike čija podloga nije u samim podražajima. Iako su omogućeni podražajima, oni su kreirani perceptivnim sistemom, odnosno, samim promatračem. Ono što ljudi doživljavaju nije određeno samo onime što se direktno promatra, već onim što nastaje u cjelokupnom podražajnom kontekstu [18].

6.4.2. Načelo figure i pozadine

Percepcija je organizirana na način da se pojedini elementi u nekom trenutku ističu kao figura (lik) naspram nediferencirane pozadine. Imamo prirodnu tendenciju da jedan aspekt događaja doživljavamo kao figuru a ostale kao pozadinu. Što će biti figura, a što pozadina u nekom trenutku, ovisi o karakteristikama podražaja, ali i o interesu i namjeri promatrača. Nešto

što je u jednom trenutku bilo figura može postati pozadina i obrnuto. Klasični primjer načela figure i pozadine prikazan je na slici 6.14 [18].



Slika 6.14. Načelo figure i pozadine

U ovom primjeru imamo jednu podražajnu strukturu, jednu sliku, a ovisno o načinu na koji promatramo sliku, o našem stavu, možemo vidjeti različite stvari. Ili vidimo dvije siluete okrenute jednu prema drugoj ili vidimo vazu. Još jedna zanimljivost je ta da teško možemo vidjeti oboje istovremeno [18].

6.5. Percepcija dubine, konstantnosti i percepcija pokreta

- **Percepcija dubine**

Percepcija dubine je mogućnost percipiranja udaljenosti unutar vizualne scene. Ljudi su sposobni percipirati tri vrste udaljenosti: egocentrična udaljenost (udaljenost objekta od nas samih), relativna udaljenost (udaljenost dva objekta međusobno), i trodimenzionalnost (doživljaj istog objekta kao bližeg ili daljeg) [19].

Tablica 6.1. Znakovi dubine: Binokularni znakovi i monokularni znakovi dubine

MONOKULARNI ZNAKOVI DUBINE	BINOKULARNI ZNAKOVI
akomodacija - promjena oblika leće kada fokusiramo objekte. Kada gledamo udaljene objekte leća je relativno tanka. Očni mišići kontroliraju oblik leće i drugačije reagiraju na objekte različite udaljenosti.	konvergencija - oči konvergiraju - kreću se zajedno kada gledaju objekt koji je blizu.
piktorialni znakovi - statični znakovi - slikari ih koriste da bi dočarali udaljenost na slikama. Automatski, ne obraćamo pažnju na njih. Neki su vjerojatno i urođeni.	binokularna disparatnost - razmak između očiju garantira da će oči imati različite poglede kad god su objekti relativno blizu, a na različitim udaljenostima.

- **Konstantnost opažanja**

Kada govorimo o konstantnosti opažanja obično govorimo o vidnoj konstantnosti oblika, svjetline i boje no ne ograničava se samo na vidni osjećaj zbog integracije senzornih inputa i iskustva [19].

Tablica 6.2. Konstantnost opažanja

Konstantnost veličine	Konstantnost oblika	Konstantnost boja	Konstantnost svjetline
kad se čovjek kreće slika na mrežnici se neprestano mijenja, ali opažanje ostaje isto	slika na mrežnici mijenja oblik, ali čovjek to ne uzima u obzir	list bijelog papira je bijel i u prostoriji osvjetljenoj crvenom svjetlošću	bijeli list izgleda bijelo i kad ga gledamo u polutami
slika na mrežnici se mijenja zavisno od udaljenosti			nije važna apsolutna svjetlina nego odnos na okolinu
kad su dubinski znakovi slabi, čovjek se orijentira na osnovi znanja			

- **Percepcija kretanja**

Percepcija kretanja temeljni je i točni perceptualni proces. Ona je kompleksna i omogućuje nam da percipiramo vlastite pokrete i pokrete objekata oko nas. Često govorimo o „retinalnoj slici”, ali mnogi psiholozi tvrde da je „flow” bolji izraz. Sve retinalne reprezentacije su dinamične pa i kad se radi o statičnim objektima. Naše oči i glava stalno su u kretanjima. Kada se nešto približava - izmaknemo se a da ne registriramo što je to [19].

6.6. Perceptivne varke

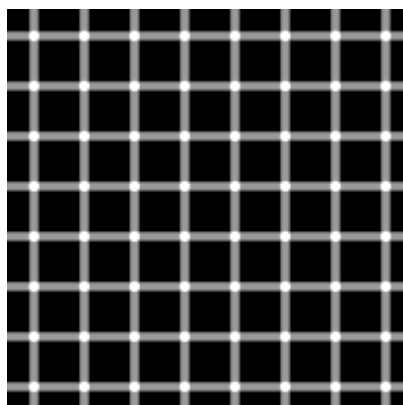
Perceptivne varke ili iluzije krivo su percipirane pojave koje često mogu biti zbunjujuće. Najčešće su optičke iluzije koje uključuju samo pojave koje percipiraju oči. Mozak prima informacije iz oba oka, a onda te informacije pokušava osmisliti. Faktori kao što su prijašnje znanje i iskustvo, kontekst u kojem se javlja objekt koji percipiramo, kao i stupanj naše pažnje

usmjerene na njega, sve to igra određenu ulogu u nastajanju perceptivnih varki [20]. Neke su perceptivne varke uzrokovane nesavršenošću naših osjetila, primjerice tromost oka, a neke radom mozga.

Perceptivne varke treba razlikovati od halucinacija jer kod perceptivnih varki podražaj postoji, ali je pogrešan, dok ga kod halucinacija nema [21]. Varke su univerzalne, tj. njih na isti način percipiraju svi ljudi (ili bar većina) i baziraju se na podražajima i osjetima koje percipiramo pod određenim uvjetima. Neki eksperimenti su pokazali da određene varke postoje i kod životinja, većinom majmuna i viših tipova sisavaca, a neke i kod ptica. Halucinacije se, međutim, događaju pojedincima, rezultat su ili mentalne bolesti, ili neke droge i opijate, među koje spada i alkohol. Ono što razlikuje halucinacije od varki je to što se halucinacije javljaju bez obzira na osjete, a varke su naprosto krive interpretacije osjeta. Međutim, i halucinacije i varke javljaju se u svim osjetnim modalitetima - vidu, njuhu, zvuku, dodiru [19].

U nekim situacijama može se dogoditi da naš perceptivni sustav analizira podražajnu situaciju tako da vidimo nešto što u stvarnosti ne postoji. Do toga može doći iz više razloga no najčešće radi procesa koji se događaju u samom mozgu [16].

Slika 6.15 predstavlja vrlo poznatu optičku varku koja rezultira percepcijom mutnih poluprozirnih točaka na presjecima elemenata rešetke. „Otkrio“ ju je Ludimar Hermann 1870. godine. Na presjecima crta rešetke vidjet ćemo crne mutne točke, ali gledamo li ravno u presjek, vidjet ćemo samo prazninu (bijeli prostor) jer se točke vide na presjecima u koje ne gledamo direktno [21].



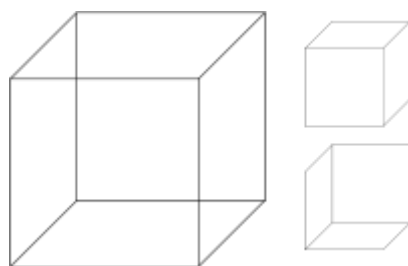
Slika 6.15. Hermanova iluzija

6.6.1. Naknadne slike

Naknadne slike, ili pa-slike, optičke su varke koje koriste adaptaciju oka da bi se, nakon netremičnog gledanja, na neutralnoj pozadini vidio negativ dotične slike. Riječ je o već spomenutoj osjetilnoj adaptaciji. Oko se automatski „privikava“ na trenutačnu količinu svjetlosti. Kod ovakvih kontrasta, pojedini se dijelovi mrežnice različito privikavaju na svjetlost. Kada se pogleda u neutralnu pozadinu, dijelovi mrežnice još ostaju priviknuti na prijašnje stanje, odnosno, posvjetljuju dijelove koji su bili pretamni (na neutralnoj pozadini rezultirajući svjetlijim područjima), a potamnjuju dijelove koji su bili svijetli (rezultirajući tamnim područjima). Uvjetno kažemo da slika ostaje na mrežnici još neko vrijeme [21].

6.6.2. Različite percepcije geometrijskih likova

Kod geometrijskih objekata koji su nacrtani (dvodimenzionalni), a mogu se percipirati kao trodimenzionalni objekti često dolazi do različitih mogućnosti percepcije. Neckerova kocka (Slika 6.16) zapravo je obična projekcija žičanog modela kocke na dvije dimenzije. S desne strane slike nalaze se dva moguća načina percepcije - prvi je takav da je donji lijevi kvadrat prednja ploha kocke, a drugi takav da je gornji desni kvadrat prednja ploha kocke. Moguće je da se ta dva načina izmjenjuju dok gledamo u sliku. Ako kocku percipirate na samo jedan način, probajte trepnuti [21].

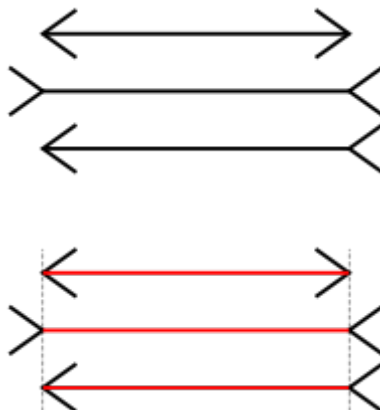


Slika 6.16. Neckerova kocka

„Trik“ je u tome da se trodimenzionalni objekti ne mogu projicirati na dvodimenzionalnu površinu bez jakog izobličenja. Da je žičani model kocke stvarno ispred nas, zbog konvergencije očiju znali bismo koja je stranica prednja. Kako je papir (ili zaslon) dvodimenzionalan, oba su kvadrata na istoj udaljenosti od oka pa to omogućava mozgu da „zamisli“ obje situacije. Zanimljivo je to da je mozgu gotovo nemoguće zamisliti figuru kocke kao plošnu, odnosno, kao skup od tri kvadrata (dva veća i jednog manjeg) i dva pravokutna trokuta [21].

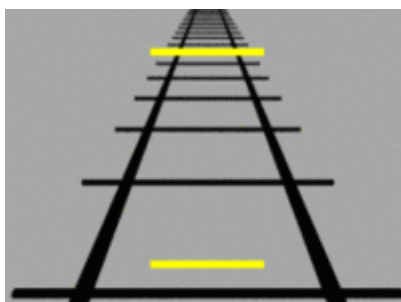
6.6.3. Pogrešne percepcije veličine i oblika

Unatoč tome što se čini da je na slici 6.17 druga linija po redu dulja, sve tri linije jednake su duljine. Jedno od objašnjenja je to da dijelovi strelice koji „strše“ iz prividno dulje crte vizualno jednostavno produžuju tu crtu. Drugo je to da mozak te crte percipira kao trodimenzionalne, a za kutove pretpostavlja da su pravi [21].



Slika 6.17. Müller-Lyerova varka

Lakši primjer za shvaćanje ovog objašnjenja je Ponzova varka (Slika 6.18) - mozak sliku percipira kao tračnice (ili što slično) pa vodoravne crte prilagođava njima. Važno je napomenuti da Müller-Lyerova varka ne zavarava sve ljude [21].



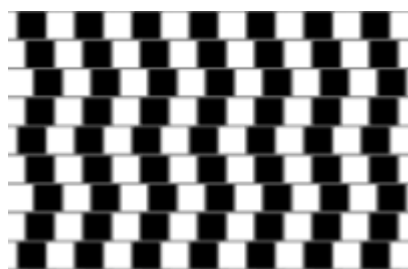
Slika 6.18. Ponzova varka

6.6.4. Položaj i oblik linija

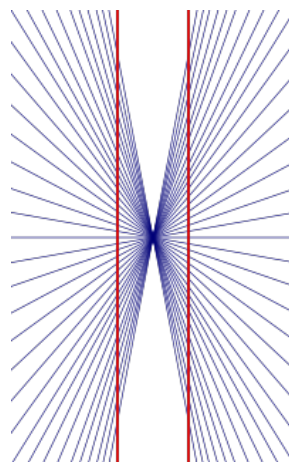
Jedna od najpoznatijih iluzija ovog tipa je tzv. iluzija zida (eng. Café wall illusion) (Slika 6.19). Vodoravne linije zida su usporedne. Svaka „cigla“ zida mora biti okružena neutralnim

dijelom (u ovom slučaju sive boje). Još jedna takva varka je Heringova iluzija (Ewald Hering, 1861.) (Slika 6.20) [21].

Za obje iluzije zaslužan je naš mozak. Kod Heringove, on percipira pravce koji se sijeku u sredini (u ovom slučaju plave crte) kao paralelne linije koje se prividno spajaju u daljini. Crvene crte (koje jesu paralelne) zatim prilagođava plavima. Iluzija zida nema veze s percepcijom dubine. Ovdje je problem u sivim crtama (koje su prividno nakošene). Ako se pogleda u umanjenju verziju, može se primijetiti da se sive linije bez problema vide na spoju crne i crne „cigle“ te na spoju bijele i bijele. No, na spoju crne i bijele „cigle“, crta se ne vidi dobro, odnosno, izgleda kao dio crne „cigle“. Kada bi to bilo točno, sive bi se linije činile ispresijecanima. Zbog toga mozak traži najjednostavnije rješenje, a to je da postoje ravne crte između slojeva „cigli“, ali da su one nagnute na jednu stranu [21].



Slika 6.19. Iluzija zida



Slika 6.20. Heringova iluzija

6.6.5. Kriva percepcija boja

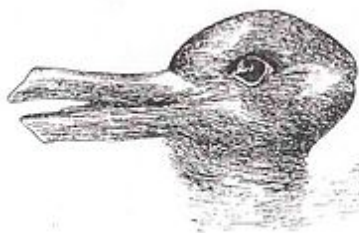
Mehanizam ovakvih iluzija je jednostavan: mozak stavlja boje u kontekst, što je savršeno logično. Zbog toga mozak u Adelsonovoj varci (Slika 6.21) uzima u obzir sjenu koja prekriva polje B i prema tome određuje koje je boje to polje. Na slici se čini da boja manjeg pravokutnika prelazi iz svjetlije u tamniju jer mozak uspoređuje taj pravokutnik s okolinom koja prelazi iz tamnije u svjetliju [20].



Slika 6.21. Horizontalni pravokutnik ispunjen je jednom

6.6.6. Višeznačne slike

Postoje neke slike koje možemo vidjeti na razne načine. Na slici 6.22 moguće je vidjeti glavu patke (lijevo je kljun) ili zeca (lijevo su uši, desno usta) [21].



Slika 6.22. Višeznačna slika

Naš mozak uvijek pokušava optičke podražaje (koji su zapravo skup boja) interpretirati kao smislene cjeline. To postiže uočavanjem poznatih oblika i zaključivanjem u skladu s njima. No, postoje oblici koji mogu biti interpretirani kao više različitih poznatih predmeta. U ovom slučaju, lijevi dio objekta može podsjećati na zečje uši ili patkin kljun. Ostatak slike je napravljen tako da se zapravo pomoću obje verzije mogu percipirati smislene cjeline [21].

7. Psihofizikalni vizualni efekti

Psihofizikalni vizualni efekti su percepcijski „prividi“ nastali u psihofizikalno određenim situacijama uslijed djelovanja različitih parametara (karakteristike prostorne strukture i oblika stimulusa i pozadine, vrste izvora svjetlosti, razina osvjetljenja, vrsta medija...). Promatrač percipira boje koje ne postoje ili boje percipira nesukladno fizikalnim vrijednostima istih. Psihofizikalni vizualni efekti mogu se klasificirati na: pozadinske efekte, adaptacijske efekte te ostale psihofizikalne vizualne efekte [22].

7.1. 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 [15].

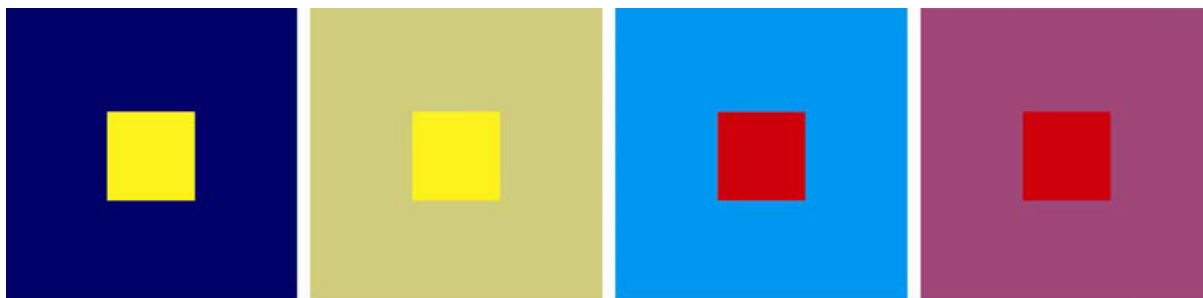
7.1.1. Simultani kontrast

Efekt simultanog kontrasta se još naziva i efekt indukcije. To je efekt koji izaziva pomak pojavnosti boje, a do efekta dolazi prilikom promjene boje promatrane 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 [23].



Slika 7.1. Akromatski simultani kontrast

Na slici 7.1 unutarnji kvadrati jednake su svjetline, dok se mijenja svjetlina pozadine te se unutarnji kvadrat na crnoj pozadini čini svjetlijim, a unutarnji se kvadrat na bijeloj pozadini čini tamnijim. Tamnija pozadina inducira svijetli stimulus dok svijetla pozadina inducira tamniji stimulus[23].



Slika 7.2. Kromatski simultani kontrast

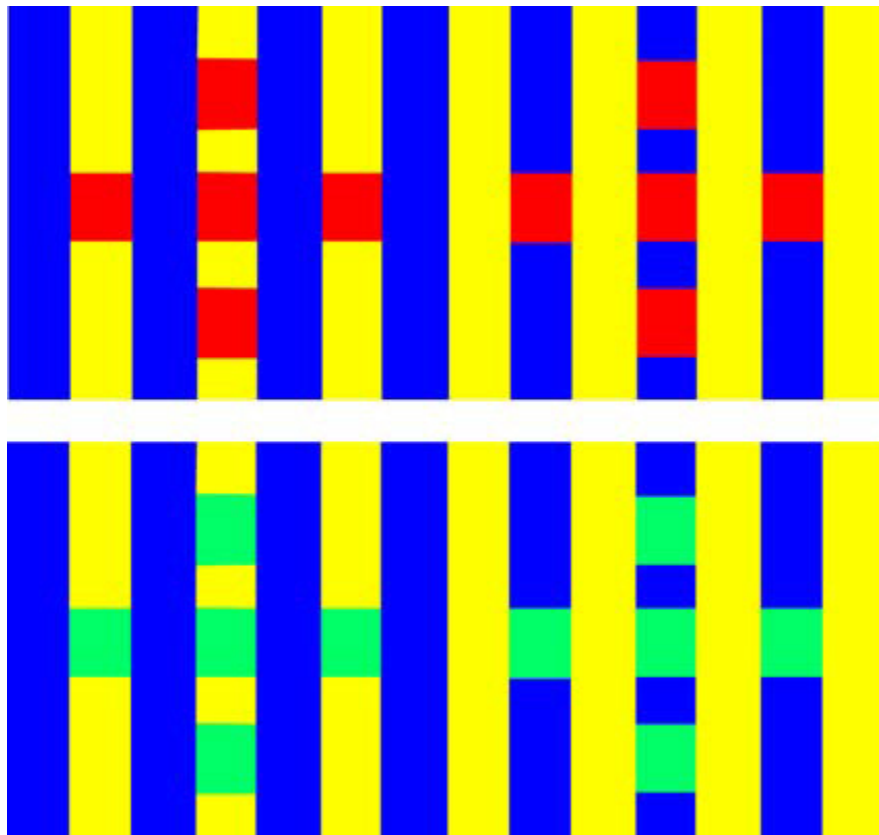
Kod kromatskog simultanog kontrasta (Slika 7.2) ljubičastoplava pozadina inducira žuti stimulus više nego oker pozadina, dok cijan pozadina inducira crveni stimulus više nego magenta pozadina. Naime, pomak pojavnosti boje uobičajena je percepcijska pojava koja se javlja na svakoj slikovnoj grafičkoj reprodukciji [23]. Uslijed djelovanja simultanog kontrasta, ukoliko se uzme sivi uzorak te pokraj takvog sivog uzorka stavi bijeli uzorak, pokraj bijelog uzorka siva će izgledati tamnije nego pokraj tamnog uzorka. 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. Simultani kontrast također se manifestira kada na percepciju svjetline neke površine utječu susjedne, tj. okolne površine [23].

Josef Albers objasnio je različite aspekte simultanog kontrasta (Slika 7.3), s ciljem primjene efekta u području grafičkog dizajna.



Slika 7.3. Albersov model kromatskog simultanog kontrasta

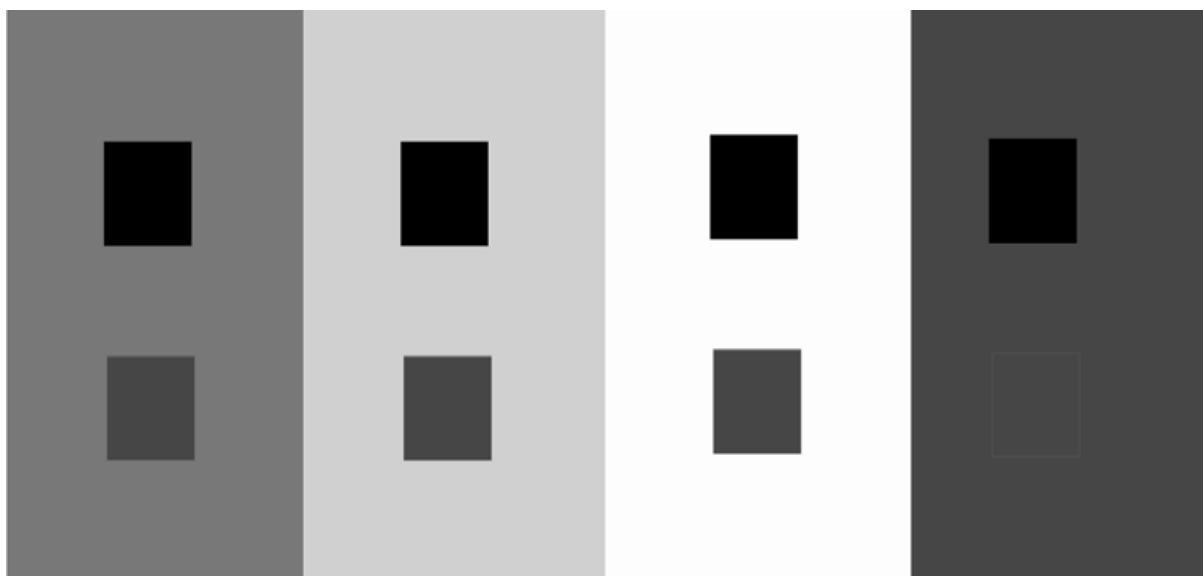
Kod Robertsonovog efekta (Slika 7.4) crveni kvadratići koji se nalaze na žutoj podlozi percipiraju se „crvenijim“ i tamnijim od kvadratića na plavoj podlozi iako bi se trebali percipirati jednako. U ovom slučaju simultani kontrast ovisi o prostornoj strukturi i obliku podražaja. Govoreći o simultanom efektu na čiju pojavnost utječe nekoliko parametara, jedan od njih predstavljaju prostorni parametri podražaja, tu je i utjecaj percepcijske organizacije, kao i stanje prilagodbe (trenutno). Na slici 7.4 vide se kvadrati u crvenoj i zelenoj boji, kvadrati su i na lijevoj i desnoj strani jednake boje s time da 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 plavi kvadrati percipiraju tamnijim na žutoj pozadini nego zeleni kvadrati na plavoj pozadini upravo zbog Robertsonov-og efekta [23].



Slika 7.4. Robertson-Whiteov model kromatskog simultanog kontrasta

7.1.2. Nabiranje

Nabiranje (eng. crispening) je psihofizikalni vizualni efekt koji se manifestira prilikom pomaka percepcije boje promatranog stimulusa ovisno o svjetlini pozadine, tj. kao prividno povećanje intenziteta doživljaja boje između dva promatrana stimulusa. Da bi došlo do manifestacije efekta nabiranja, preduvjet je da je pozadina vrlo slična boji svih promatranih stimulusa [23]. Što se više okolina razlikuje u tonu, zasićenju, i svjetlini, potreban će biti veći stimulusni porast za razlikovanje percipirane boje [9]. Efekt je prvi otkrio japanski znanstvenik Hiroshi Takasaki 1966. godine [23].



Slika 7.5. Akromatsko nabiranje

Na slici 7.5 može se vidjeti da je razlika svjetlina između promatranih stimulusa perceptivno veća na podlozi čija je svjetlina slična svjetlini stimulusa [23]. Efekt nabiranja javlja se i kod kombinacija kromatskih stimulusa te se naziva kromatsko nabiranje. Ukoliko se pored efekta nabiranja pojavljuju i efekti kromatske adaptacije te kromatske indukcije, nastaje efekt koji se naziva kromatska asimilacija (Slika 7.6) [15].

KROMATSKA ASIMILACIJA

KROMATSKA ASIMILACIJA

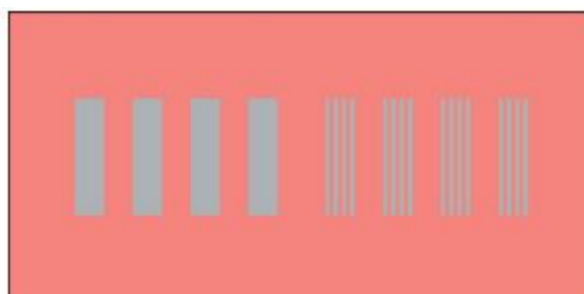
KROMATSKA ASIMILACIJA

KROMATSKA ASIMILACIJA

Slika 7.6. Kromatska asimilacija

7.1.3. Proširivanje

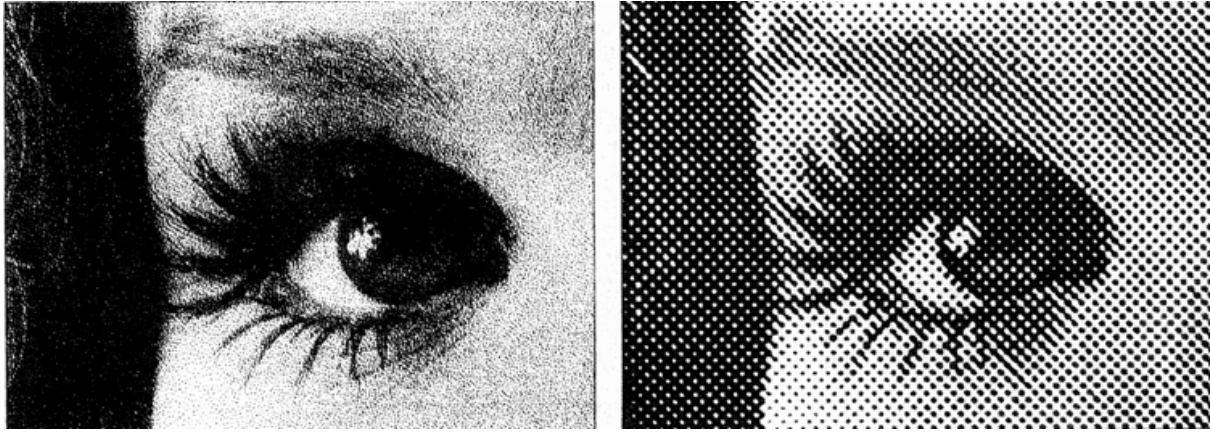
Proširivanje (eng. spreading) je vizualni efekt koji nastaje prilikom prividnog miješanja primarnog stimulusa boje sa svojom pozadinom. Efekt proširivanja javlja se prilikom udaljavanja od promatranog objekta u toj mjeri da se primarni stimulus počinje stapati sa svojom pozadinom i percipira se jednako kao i pozadina (ne razlikuju se). U području grafičke tehnologije sve tehnike rastriranja temelje se na efektu proširivanja [23].



Slika 7.7. Efekt proširivanja i simultanog kontrasta

Na slici 7.7 prikazan je efekt proširivanja i simultanog kontrasta uključujući i promjenu frekvencije. Oblik pojavljivanja stimulusa manifestira se na način da će se kod debljih linija (niža frekvencija) linije doživljavati zelenkastije, a kod tanjih linija (viša frekvencija) ružičastije [9].

Tehnike rastriranja u području grafičke tehnologije temeljene su na efektu proširivanja. Amplitudno i frekventno modulirani rasteri (Slika 7.8) određeni su veličinom, odnosno, frekvencijom pojavljivanja rasterskih elemenata kao stimulusa na pozadini [15].



Slika 7.8. AM i FM tehnike rastriranja

7.1.4. Adaptacijski efekti

Sposobnost čovjeka da nelinearno prilagođava i mijenja osjetljivost svojih receptorskih stanica s obzirom na pojedina svojstva stimulusa naziva se adaptacija. Razlog adaptaciji je specifikiranje stimulusa s dovoljnom količinom informacija potrebnih za procesiranje na osjetljivim ili kognitivnim nivoima percepcije. Glavna uloga mehanizama adaptacije u ljudskom organizmu je da se promatrača učini manje osjetljivim na promjene stimulusa. Pojedini mehanizmi adaptacije u ljudskom organizmu specifikirani su ovisno o karakteristikama stimulusa te s obzirom na vrijeme djelovanja mehanizama (kreće se od malog dijela sekunde do jedne godine) [15]. Osnova adaptacijskih efekata, kao produkta procesa adaptacije, je nelinearnost u percepciji. Ona je naročito prisutna u percepciji odnosa između intenziteta svjetlosti i svjetline (percepcija ili doživljaj intenziteta svjetlosti). Odnos između intenziteta svjetlosti i svjetline nije linearan nego više nalikuje logaritamskoj funkciji [15].

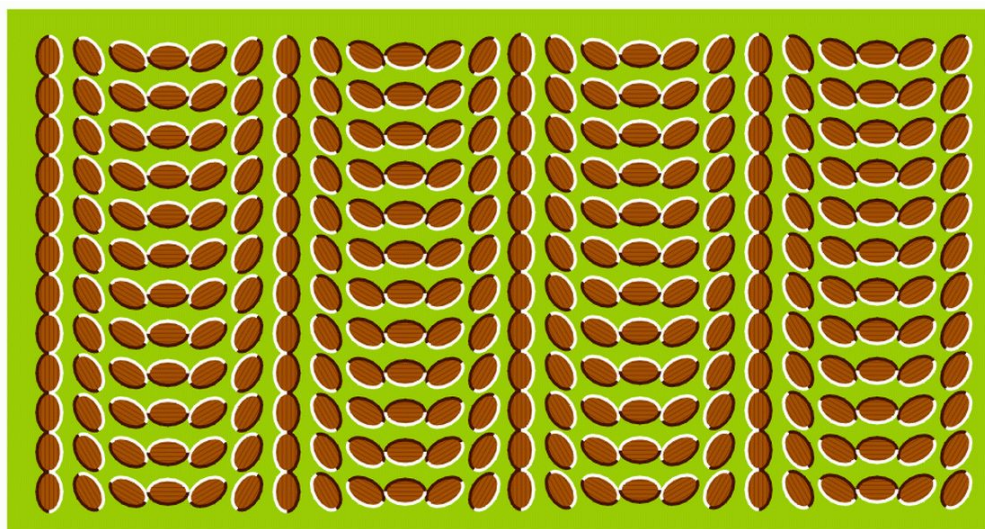
Psihofizikalni adaptacijski vizualni efekti temeljeni na jednostavnijim karakteristikama stimulusa ili fizikalnim karakteristikama (senzorski nivoi percepcije) nazivaju se, u pojedinim literaturama, adaptacijski efekti temeljeni na nižim mehanizmima percepcije [15]. S druge strane, postoji skupina adaptacijskih psihofizikalnih vizualnih efekata čija je manifestacija, osim uz bojene karakteristike stimulusa, vezana i uz položaj stimulusa u prostoru te uz geometrijsku strukturu stimulusa. Oni se nazivaju adaptacijski efekti temeljeni na višim ili kortikalnim nivoima percepcije, odnosno, geometrijsko-strukturalni adaptacijski efekti [15].

7.1.5. Adaptacijski efekti temeljeni na višim ili kortikalnim nivoima percepcije

Percepcija ove skupine efekata ostvaruje se u višim razinama vizualnog sustava, odnosno, u korteksu ljudskog mozga. Kako je ranije spomenuto, njihova manifestacija vezana je uz bojene karakteristike stimulusa, položaj stimulusa u prostoru te uz geometrijsku strukturu stimulusa (oblik, veličina, složenost, ponovljivost, pozicija pojedinih elemenata kompleksnog stimulusa, međudodnos veličina elemenata, kut gledanja, udaljenost, površinske karakteristike, rezolucija, kut rastriranja ...) [15].

7.1.6. Geometrijsko-strukturalni efekti koji induciraju iluziju kretanja

Geometrijsko-strukturalni efekti koji induciraju iluziju kretanja posljedica su većinom nerazjašnjenih nemogućnosti ljudskog vizualnog sustava prilikom interpretacije niza kompleksnih karakteristika stimulusa u određenom vidnom polju poput: različitost u vremenu procesiranja određenih karakteristika stimulusa u mozgu, periferna retinalna percepcija te vidno polje izvan fokusa, lateralna inhibicija, neregistrirane karakteristike stimulusa, dinamička kromatska aberacija, krivo interpretirane karakteristike itd. [15]. Najčešći uzrok nastajanja ovakvih efekata je kombiniranje odabranih geometrijskih struktura različitih prostornih frekvencija (učestalost ponavljanja stimulusa u određenom prostoru ili površini) [15].



Slika 7.9. Donguri uzorak

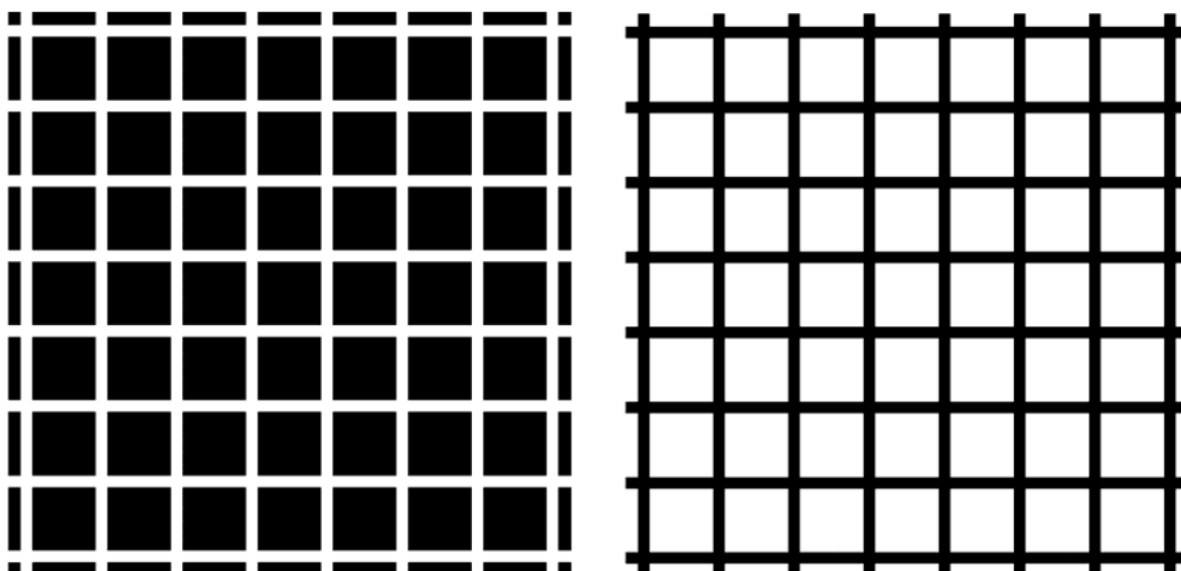
Efekt pod nazivom „Donguri uzorak“ (Slika 7.9) uzrokovan je promjenom orijentacije stimulusa. Veličine svih uzoraka na zelenkastoj površini su iste. Promijenjen je jedino smjer

orijentacije pojedinih uzoraka te se kao posljedica stvara privid kretanja slike u obliku valova [15].

7.2. Ostali psihofizikalni vizualni efekti

7.2.1. Hermannov efekt

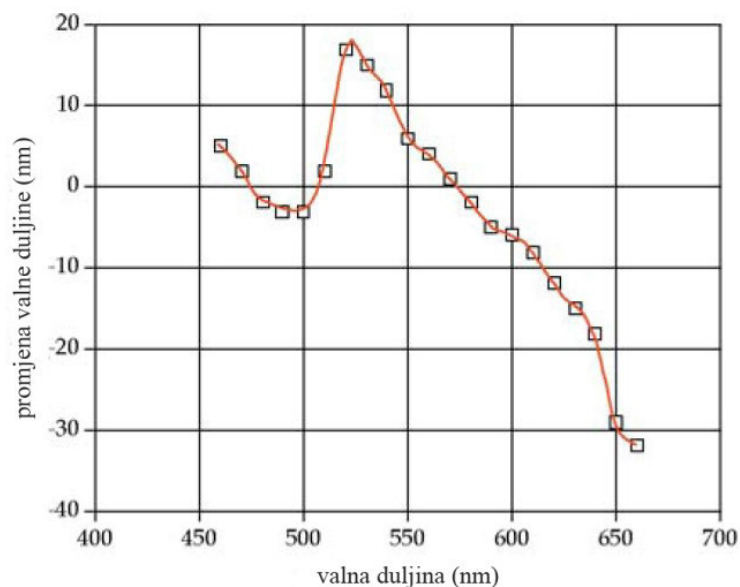
Hermannov ili efekt Hermannove rešetke (Slika 7.10) je geometrijsko-strukturalni adaptacijski efekt čija je manifestacija ovisna o geometrijskoj strukturi stimulusa i njihovoj percepcijskoj organizaciji unutar vidnog polja te posljedici strukture i organizacije koja se povezuje s izazivanjem mehanizama na kojima se temelji lateralna inhibicija. Posljedica je percepcija nepostojećih tonova na sjecištima zadanih geometrijskih struktura - sustava crnih horizontalnih i vertikalnih linija [15].



Slika 7.10. Hermannov efekt

7.2.2. Bezold-Brücke efekt

Kod Bezold-Brücke efekta dolazi do promjene u percepciji tona ako je spektralna kompozicija bojenog stimulusa određena, ali se sjaj mijenja. Obično je objašnjen kao efekt nelinearnosti u odazivu boje. Neki su eksperimenti pokazali da je bojeni stimulus od monokromatskog svjetla kod tri valne duljine (≈ 478 nm, 500 nm, 578 nm) imao malu ili gotovo nikakvu promjenu u tonu kada se njihova luminacija mijenja u okviru od 1-2 log jedinice. Navedeno se još naziva i invarijantni ton [9].



Slika 7.11. Prikaz promjena vrijednosti stimulusa kod Bezold Bruckeovog efekta

7.2.3. Helmholtz-Kohlrausch efekt

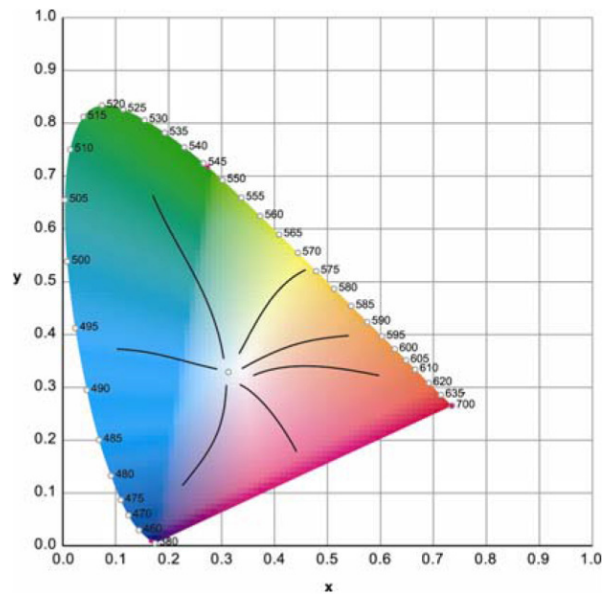
Helmholtz-Kohlrausch efekt (Slika 7.12) pokazuje kako se zasićene boje doimaju svjetlije nego pastelne boje iste svjetline određene unutar CIE dijagrama kromatičnosti (100) te da svjetlina nije jednodimenzionalna funkcija stimulusa [9].



Slika 7.12. Prikaz Helmholtz-Kohlrausch efekta

7.2.4. Abney efekt

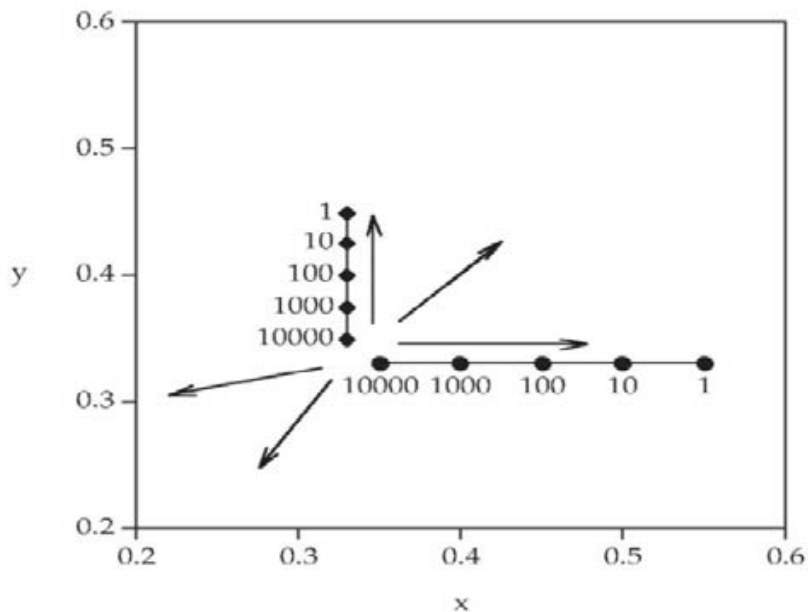
Abneyev efekt nastaje ako se bijelu svjetlost doda spektru boja jer tada ona, osim što se pojavljuje nezasićeno, mijenja i ton percepcije. Na slici 7.13 prikazan je efekt unutar CIE dijagrama kromatičnosti. U dijagramu bi linije trebale biti pravci prema zakonu kromatičnosti, ali su njime vidljive zakrivljenosti čime je pokazano da u slučaju promjene čistoće pobude nema konstante u predviđanju tona boje [9].



Slika 7.13. Abneyev efekt unutar CIE dijagrama kromatičnosti

7.2.5. Huntov efekt

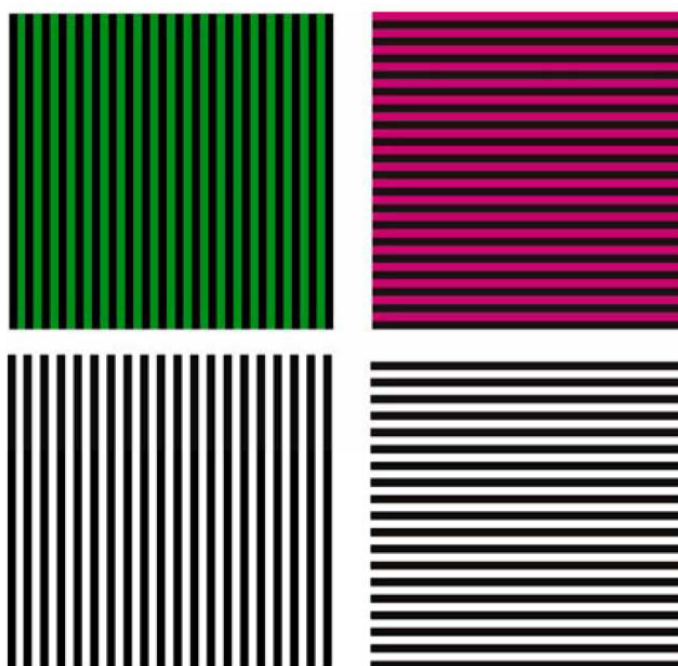
Huntov efekt se zasniva na studiji iz 1952. godine R.W.G. Hunta pod nazivom *Light and Dark adaption and the perception of Color*. U studiji je Hunt zaključio da se povećanjem luminacije nekog bojenog stimulusa povećava i njegova čistoća pobude [9].



Slika 7.14. Huntov eksperiment

7.2.6. McColloughov efekt

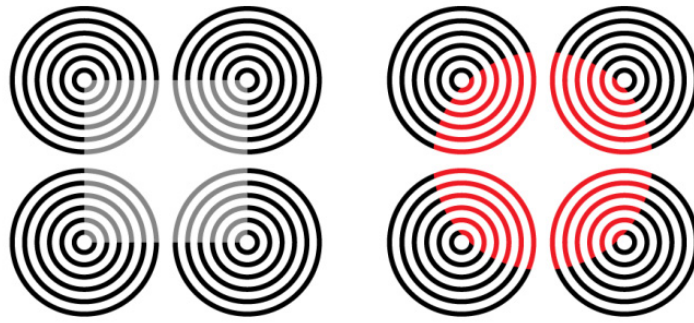
McColloughov efekt (Slika 7.15) prvi je put objavljen u radu „*Color adaptation of edge detectors in the human visual system*“, a javlja se ako se gledaju horizontalne crvene i crne linije, i okomite zelene i crne linije u vremenskom trajanju 3 do 6 minuta. Nakon protoka vremenskog ograničenja gledaju se istovjetne bijele i crne horizontalne i vertikalne linije. Bijele horizontalne linije će se pojavljivati kao komplementarna boja crvenoj (kao cijan), odnosno, vertikalne linije kao komplementarna boja zelenoj (kao magenta). Efekt pripada dijelu vizualnih efekata zvanih potencijalni naknadni posljedični efekti [9].



Slika 7.15. Prikaz McCollough efekta

7.2.7. Efekt neonskog proširivanja

Neonsko proširivanje boja obično se događa kada su uzorci s nepotpunim crnim linijama upotpunjeni linijama drugog obojenja. Obojeni dijelovi slike tada oslabe i postaju nejasni kako je prikazano na slici 7.16. Crvena boja linija se „proširuje" u susjedno okruženje, ali je navedeno zaustavljeno zbog konture [9].



Slika 7.16. Efekt neonskog proširivanja

8. Eksperimentalni dio

Eksperimentalni dio ovog završnog rada, uz prethodno iznesene hipoteze i ciljeve, pokazat će razlike u percepciji vizualnog efekta nabiranja, odnosno, pokazat će odstupanja u percepciji boja s obzirom na promjenu boje pozadine prezentiranog uzorka.

8.1. Metodologija i plan istraživanja

Određivanje pojavnosti boje, u uvjetima manifestacije psihofizikalnih vizualnih efekata, temelji se na procjenjivanju psihofizikalnog doživljaja pojedinog percepcijskog atributa boje. Takvo što omogućuje primjena kolorimetrijskih i psihofizikalnih metoda istraživanja. Zajednički tvore metodologiju određivanja fizikalnih vrijednosti vizualne percepcije obojenog stimulusa [15].

Odstupanje u percepciji (doživljaju) boje koje je uzrokovano manifestacijom vizualnog efekta nabiranja može se prikazati putem kolorimetrijske razlike boja ΔE , pridruživanjem referentnog uzorka ispitivanom uzorku kao kolorimetrijske vrijednosti CIE Lab veličine [23].

Eksperimentalni dio započet je izradom testnih uzoraka koji uzrokuju manifestaciju vizualnog efekta nabiranja. Napravljeni testni uzorci prikazani su ispitanicima te su usuglašavanjem testnih i referentnih uzoraka ispitanika prikazani rezultati koji će utvrditi razliku u percepciji između uzorka.

8.1.1. Dizajn uzoraka

Izrada uzoraka u ovom radu podijeljena je na dva dijela, a korišteni su komplementarni parovi boja prilikom ispitivanja u kombinaciji zeleno plava i purpurna boja.

U prvom dijelu napravljen je uzorak koji uzrokuje manifestaciju vizualnog efekta nabiranja, a to je postignuto na sljedeći način: izrađen je pravokutnik (sekundarni stimulus) koji je obojen purpurnom bojom vrijednosti 25% RTV. Napravljeni su četiri polja sekundarnih stimulusa sa povećanjem svakog sljedećeg polja za 25% RTV. Unutar tog pravokutnika nalaze se dva manja pravokutnika (primarni stimulus) obojana zeleno plavom bojom (slike 8.1. – 8.4.) vrijednosti 55% RTV lijevog polja i 65% RTV desnog polja. Izrađen uzorak smatra se referentnim te se ispod navedenog referentnog uzorka nalazio testni uzorak sa sekundarnim stimulusom određene vrijednosti te praznim poljima primarnih stimulusa, u koje je ispitanik trebao unijeti usuglašane

vrijednosti za primarne stimulse referentnog uzorka, kako bi testni uzorak bio što sličniji referentnom.



Slika 8.1 Testni uzorak efekta nabiranja sa sekundarnim stimulusom 25% RTV i primarnim stimulusom 55% i 65% RTV



Slika 8.2. Testni uzorak efekta nabiranja sa sekundarnim stimulusom 50% RTV i primarnim stimulusom 55% i 65% RTV



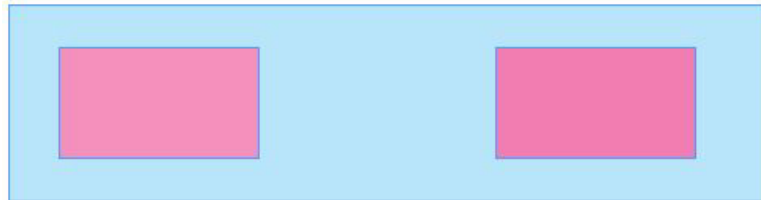
Slika 8.3. Testni uzorak efekta nabiranja sa sekundarnim stimulusom 75% RTV i primarnim stimulusom 55% i 65% RTV



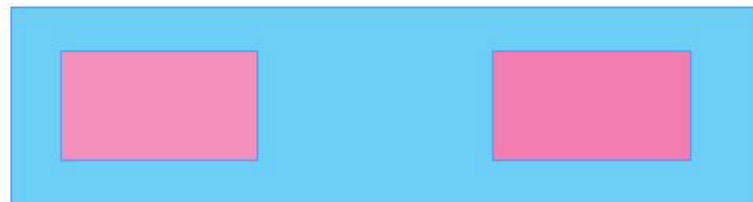
Slika 8.4. Testni uzorak efekta nabiranja sa sekundarnim stimulusom 100% RTV i primarnim stimulusom 55% i 65% RTV

U drugom dijelu napravljen je uzorak koji uzrokuje manifestaciju vizualnog efekta nabiranja, a to je postignuto na sljedeći način: izrađen je pravokutnik (sekundarni stimulus) koji je obojen zeleno plavom bojom vrijednosti 25% RTV. Napravljeni su četiri polja sekundarnih stimulusa sa povećanjem svakog sljedećeg polja za 25% RTV. Unutar tog pravokutnika nalaze se dva manja pravokutnika (primarni stimulus) obojana purpurnom bojom (slike 8.5. – 8.8.) vrijednosti 55%

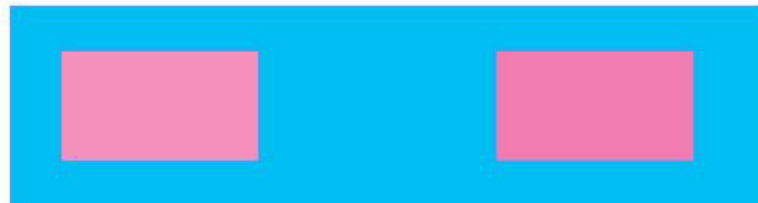
RTV lijevog polje i 65% RTV desnog polja. Izrađen uzorak smatra se referentnim te se ispod navedenog referentnog uzorka nalazio testni uzorak sa sekundarnim stumulusom određene vrijednosti te praznim poljima primarnih stimulusa, u koje je ispitanik trebao unijeti usuglašane vrijednosti za primarne stimuluse referentnog uzorka, kako bi testni uzorak bio što sličniji referentnom.



Slika 8.5. Testni uzorak efekta nabiranja sa sekundarnim stimulusom 25% RTV i primarnim stimulusom 55% i 65% RTV



Slika 8.6. Testni uzorak efekta nabiranja sa sekundarnim stimulusom 50% RTV i primarnim stimulusom 55% i 65% RTV



Slika 8.7.. Testni uzorak efekta nabiranja sa sekundarnim stimulusom 75% RTV i primarnim stimulusom 55% i 65% RTV



Slika 8.8. Testni uzorak efekta nabiranja sa sekundarnim stimulusom 100% RTV i primarnim stimulusom 55% i 65% RTV

8.1.2. Tijek ispitivanja

U sklopu eksperimenta ispitanici su imali zadatak usuglasiti prazne pravokutnike, odnosno, unutarnja polja tako da budu što sličniji ili isti sa zadanim (gornjim) primjerom koji se uzima kao referentni. Unutarnja polja (referentna) istih su vrijednosti kroz cijeli eksperimentalni dio neovisno o promjeni pozadine (55% i 65% RTV).

Eksperimentalni dio proveden je na prijenosnom računalu Lenovo G580 koji ima LED blacklit HD Vibrant View zaslon čija dijagonala iznosi 15,6" te ima rezoluciju 1366x768. Proveden evaluacijski dio bio je u skladu sa standardnim promatračem što znači da je udaljenost ispitanika od testnog uzorka bila 60 cm te da su testni uzorci bili evaluirani pod standardnom CIE rasvjetom D50. Vrijeme koje su ispitanici imali na raspolaganju bilo je neograničeno no svakom ispitaniku trebalo je 15 minuta za rješavanje testnog dijela.

8.1.3. Vizualna evaluacija

Evaluacija testnih uzoraka provedena je na uzorku od 10 ispitanika (miješana žensko-muška populacija, s malim iskustvom u vrednovanju ovakvih testova), u strogo kontroliranim ambijentalnim uvjetima. Svi ispitanici prije samog istraživanja bili su podvrgnuti testiranju defektnosti vida kako bi se uvjerali da su mjerodavni za ovakvu vrstu testiranja. Defektnost vida provjerena je pomoću Ishihara testa koji je pokazao kako su svi ispitanici bili 100% uspješni na testiranju.

Vizualno ocjenjivanje provedeno je tako da su se referentni i testni uzorak nalazili istovremeno u cjelovitom vidnom području (jedan iznad drugog), primjenom jedne od standardnih tehnika vizualnog ocjenjivanja - simultanog binokularnog usuglašavanja. Svaki od ispitanika morao je izjednačiti testni uzorak unutarnjih polja s onim referentnim koji se nalazio iznad.

Nakon vizualnog ocjenjivanja izmjerene su CIE Lab vrijednosti unutarnjih polja testnih uzoraka. Vrijednosti referentnih uzoraka uspoređene su s testnim vrijednostima te izmjerena vrijednost ΔE_{00} .

8.2. Rezultati istraživanja

U tablicama su prikazane razlike između testnih i referentnih uzoraka, prikazani su i analizirani podaci vrijednosti ΔE_{00} primarnih stimulusa.

8.2.1. Prikaz dobivenih vrijednosti ΔE_{00} između referentnog i testnog uzorka

□ ISPITANIK 1

Tablica 8.1. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, kod ispitanika 1

Sekundarni stimulus 25% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	7,5597	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	1,1152
Ispitanikove vrijednosti	85,00	-6,00	-21,00		Ispitanikove vrijednosti	74,00	-27,00	-35,00	
Sekundarni stimulus 50% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	6,1729	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	4,7033
Ispitanikove vrijednosti	83,00	-17,00	-22,00		Ispitanikove vrijednosti	78,00	-23,00	-30,00	
Sekundarni stimulus 75% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	1,2851	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	3,9750
Ispitanikove vrijednosti	78,00	-22,00	-29,00		Ispitanikove vrijednosti	77,00	-24,00	-30,00	
Sekundarni stimulus 100% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	4,8274	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	2,9407
Ispitanikove vrijednosti	82,00	-19,00	-24,00		Ispitanikove vrijednosti	76,00	-25,00	-32,00	

Dobivene vrijednosti pokazuju da se najveće odstupanje postiže kod uzorka gdje je sekundarni stimulus purpurne boje vrijednosti 25% RTV dok je primarni stimulus 55% RTV.

ΔE_{00} za ovaj primjer iznosi 7,5597 što je veliko odstupanje. Najmanje odstupanje ispitanik je imao kod uzorka gdje je sekundarni stimulus 25% RTV, a primarni stimulus zeleno plavi 65% RTV. Njegovo odstupanje za ovaj uzorak je 1,1152.

Tablica 8.2. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje, kod ispitanika 1

Sekundarni stimulus 25% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	5,0392	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	1,0180
Ispitanikove vrijednosti	77,00	32,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	66,00	51,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 50% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	2,8962	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	0,8579
Ispitanikove vrijednosti	75,00	35,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	68,00	48,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 75% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	3,1592	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	3,9021
Ispitanikove vrijednosti	75,00	35,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	63,00	56,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 100% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	5,8262	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	4,7079
Ispitanikove vrijednosti	78,00	31,00	-5,00		Ispitanikove vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	

Tablica 8.2. prikazuje izmjerene vrijednosti ΔE_{00} između referentnog primarnog stimulusa i ispitanikovog primarnog stimulusa. Analizom podataka vidljivo je kako ispitanik ima najveće odstupanje kod uzorka gdje je sekundarni stimulus 100% RTV dok je primarni 55% RTV, ΔE_{00} u ovom uzorku je 5,8262. Najmanje odstupanje ispitanik ima na uzorku gdje je sekundarni stimulus 50% RTV, a primarni 65%. ΔE_{00} ovdje iznosi 0,8579 što je relativno mala razlika u percepciji.

□ **ISPITANIK 2**

Tablica 8.3. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, kod ispitanika 2

Sekundarni stimulus 25% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	2,6520	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	1,8923
Ispitanikove vrijednosti	74,00	-27,00	-34,00		Ispitanikove vrijednosti	71,00	-31,00	-38,00	
Sekundarni stimulus 50% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	2,6520	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	1,8923
Ispitanikove vrijednosti	74,00	-27,00	-34,00		Ispitanikove vrijednosti	71,00	-31,00	-39,00	
Sekundarni stimulus 75% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	2,6520	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	1,8923
Ispitanikove vrijednosti	74,00	-27,00	-34,00		Ispitanikove vrijednosti	71,00	-31,00	-39,00	
Sekundarni stimulus 100% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	2,6520	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	1,8923
Ispitanikove vrijednosti	74,00	-27,00	-34,00		Ispitanikove vrijednosti	71,00	-31,00	-39,00	

U prvoj tablici 8.3., gdje je sekundarni stimulus purpurne boje i primarni stimulus zeleno plave, vidljivo je kako ispitanik ima identične rezultate na svim uzorcima. Ispitanik ima odstupanje od 2,6520 na svim uzorcima gdje je primarni stimulus 55% RTV i 1,8923 odstupanje na svim uzorcima gdje je primarni stimulus 65% RTV.

Tablica 8.4. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje, kod ispitanika 2

Sekundarni stimulus 25% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	2,8757	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	3,0478
Ispitanikove vrijednosti	69,00	46,00	-7,00		Ispitanikove vrijednosti	64,00	55,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 50% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	2,8757	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	2,2238
Ispitanikove vrijednosti	69,00	46,00	-7,00		Ispitanikove vrijednosti	65,00	54,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 75% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	1,8484	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	2,2238
Ispitanikove vrijednosti	70,00	44,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	65,00	54,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 100% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	2,8757	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	3,0478
Ispitanikove vrijednosti	69,00	46,00	-7,00		Ispitanikove vrijednosti	64,00	55,00	-7,00	

Najveće odstupanje u ovom uzorku je 3,0478 dok je najmanje 1,8484 koje je ujedno i najmanje odstupanje ovog ispitanika. Najveće odstupanje vidljivo je kod uzorka gdje je primarni stimulus 65% RTV, a sekundarni 100% i 25% RTV što znači da su ispitanikove vrijednosti za ova dva uzorka identične unatoč odstupanjima. Kod ovog ispitanika i preostale dvije vrijednosti također su iste, ali uz manja odstupanja. Odstupanje od 1,8484 je najmanje odstupanje kod sekundarnog stimulusa vrijednosti 75% RTV.

□ **ISPITANIK 3**

Tablica 8.5. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, kod ispitanika 3

Sekundarni stimulus 25% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	3,8206	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	3,6462
Ispitanikove vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00		Ispitanikove vrijednosti	69,00	-33,00	-41,00	
Sekundarni stimulus 50% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	1,7683	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	1,7654
Ispitanikove vrijednosti	75,00	-26,00	-33,00		Ispitanikove vrijednosti	71,00	-31,00	-38,00	
Sekundarni stimulus 75%									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	0,0000	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	0,0000
Ispitanikove vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00		Ispitanikove vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	
Sekundarni stimulus 100% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	1,9198	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	1,7654
Ispitanikove vrijednosti	75,00	-26,00	-34,00		Ispitanikove vrijednosti	71,00	-31,00	-38,00	

U tablici 8.5 gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, a primarni zeleno plave pokazuje sljedeće rezultate: najmanje ispitanikovo odstupanje događa se na uzorku gdje je sekundarni stimulus 75% RTV, a primarni stimulusi 55% RTV i 65% RTV. Naime, ispitanik kod ovog uzorka ima vrijednosti identične referentnim tako da kod ovog uzorka odstupanja nema. Najveće odstupanje ispitanik ima na uzorku gdje je sekundarni stimulus 25% RTV, a primarni 55% RTV. ΔE_{00} kod ovog uzorka iznosi 3,8206 što je ujedno i najveće odstupanje ovog ispitanika.

Tablica 8.6. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje, kod ispitanika 3

Sekundarni stimulus 25% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	0,8375	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	3,2268
Ispitanikove vrijednosti	71,00	42,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	64,00	56,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 50% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	1,0319	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	3,0478
Ispitanikove vrijednosti	71,00	43,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	64,00	55,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 75% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	0,8375	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	3,0478
Ispitanikove vrijednosti	71,00	42,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	64,00	55,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 100% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	0,0000	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	1,0180
Ispitanikove vrijednosti	72,00	41,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	66,00	51,00	-6,00	

Uzorci gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje, a primarni purpurne imaju veću razliku od uzoraka gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, a primarni zeleno plave. Ovdje je najveće odstupanje 3,2268 kod uzorka s vrijednostima primarnog stimulusa 65% RTV i sekundarnog stimulusa 25% RTV. Najmanje odstupanje je 0,8375 kod uzoraka gdje je sekundarni stimulus 75% i 25% RTV, a primarni su 55% RTV. Ovaj ispitanik na uzorku gdje je sekundarni stimulus 100% RTV i primarni stimulus 55% RTV nema odstupanja. Na tom uzorku ispitanik je imao vrijednosti jednake referentnima.

□ **ISPITANIK 4**

Tablica 8.7. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, kod ispitanika 4

Sekundarni stimulus 25% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	1,9198	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	2,7648
Ispitanikove vrijednosti	75,00	-26,00	-34,00		Ispitanikove vrijednosti	70,00	-32,00	-40,00	
Sekundarni stimulus 50% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	0,8845	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	0,0000
Ispitanikove vrijednosti	76,00	-25,00	-32,00		Ispitanikove vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	
Sekundarni stimulus 75% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	1,2473	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	0,8420
Ispitanikove vrijednosti	76,00	-26,00	-33,00		Ispitanikove vrijednosti	72,00	-29,00	-37,00	
Sekundarni stimulus 100% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	2,6520	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	1,7654
Ispitanikove vrijednosti	74,00	-24,00	-34,00		Ispitanikove vrijednosti	71,00	-31,00	-38,00	

Tablica 8.7 koja prikazuje uzorke kojima je sekundarni stimulus purpurne boje, a primarni stimulus zeleno plave boje, pokazuje kako na jednom uzorku odstupanja nema dok je najveće odstupanje 2,7648. Najmanje odstupanje ispitanik ima na uzorku gdje je primarni stimulus 65% RTV, a sekundarni 75% RTV, ovdje je odstupanje 0,8420. Na uzorku gdje je sekundarni stimulus 50% RTV i primarni stimulus 65% RTV ispitanik ima iste vrijednosti kao i referentne. Najveće odstupanje od 2,7648 je na uzorku kojem je sekundarni stimulus 25% RTV i primarni 65% RTV.

Tablica 8.8. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje, kod ispitanika 4

Sekundarni stimulus 25% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	2,6851	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	3,0478
Ispitanikove vrijednosti	69,00	45,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	64,00	55,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 50% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	2,8757	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	3,2268
Ispitanikove vrijednosti	69,00	46,00	-7,00		Ispitanikove vrijednosti	64,00	56,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 75% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	2,6851	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	2,0336
Ispitanikove vrijednosti	69,00	45,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	65,00	53,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 100% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	1,8484	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	1,2268
Ispitanikove vrijednosti	70,00	44,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	66,00	52,00	-7,00	

U tablici 8.8. je vidljivo najveće odstupanje od 3,2268 koje je ujedno i najveće ispitanikovo odstupanje od svih uzoraka. Najveće odstupanje vidljivo je kod uzorka gdje je sekundarni stimulus 50% RTV i primarni stimulus 65% RTV. Najmanje odstupanje također je na uzorku gdje je primarni stimulus 65% RTV, ali je vrijednosti sekundarnog stimulusa 100% RTV. Kod ovog ispitanika vidljivo je kako sveukupno ima manja odstupanja na uzorcima gdje je sekundarni stimulus purpurne boje. Odstupanja gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje znatno su veća.

□ **ISPITANIK 5**

Tablica 8.9. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, kod ispitanika 5

Sekundarni stimulus 25% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	3,8206	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	5,7747
Ispitanikove vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00		Ispitanikove vrijednosti	67,00	-37,00	-44,00	
Sekundarni stimulus 50% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	2,9525	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	3,8887
Ispitanikove vrijednosti	74,00	-28,00	-35,00		Ispitanikove vrijednosti	69,00	-34,00	-42,00	
Sekundarni stimulus 75% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	3,8206	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	4,7634
Ispitanikove vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00		Ispitanikove vrijednosti	68,00	-35,00	-43,00	
Sekundarni stimulus 100% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	3,8206	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	5,6455
Ispitanikove vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00		Ispitanikove vrijednosti	67,00	-36,00	-44,00	

Tablica 8.9. prikazuje uzorke gdje je sekundarni stimulus purpurne boje dok su primarni zeleno plavi. Najveće odstupanje vidljivo je na uzorku kojemu je sekundarni stimulus 25% RTV, a primarni stimulus 65% RTV. Najmanja razlika ovog ispitanika vidljiva je na uzorku gdje je sekundarni stimulus 50% RTV, a primarni 55% RTV. Na tom uzorku ΔE_{00} iznosi 2,9525.. Na ovim uzorcima razlika u percepciji veća je nego na uzorcima kojima je sekundarni stimulus zeleno plave boje.

Tablica 8.10. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje, kod ispitanika 5

Sekundarni stimulus 25% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	1,8484	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	2,2238
Ispitanikove vrijednosti	70,00	44,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	65,00	54,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 50% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	1,8484	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	0,0000
Ispitanikove vrijednosti	70,00	44,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 75% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	3,8803	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	4,0615
Ispitanikove vrijednosti	68,00	48,00	-7,00		Ispitanikove vrijednosti	63,00	57,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 100% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	3,0728	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	1,0180
Ispitanikove vrijednosti	69,00	47,00	-7,00		Ispitanikove vrijednosti	66,00	51,00	-7,00	

Tablica 8.10. prikazuje podatke ispitanikovih uzoraka gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje, a primarni purpurne. Najmanje odstupanje ispitanik ima na uzorku gdje je sekundarni stimulus 100% RTV, a primarni 65% RTV. ΔE_{00} za te vrijednosti iznosi 1,0180. Uzorak gdje je sekundarni stimulus 50% RTV, a primarni stimulus 65% RTV, ispitanik je ocijenio vrijednostima koje su jednake s referentnim tako da odstupanja za taj uzorak nema. Najveće odstupanje vidljivo je na uzorku kojem je sekundarni stimulus 75% RTV, a primarni stimulus 65% RTV. Odstupanje za taj uzorak iznosi 4,0615 što čini veliku razliku u percepciji purpurne boje na zeleno plavoj pozadini.

□ **ISPITANIK 6**

Tablica 8.11. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, kod ispitanika 6

Sekundarni stimulus 25% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	0,0000	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	0,8815
Ispitanikove vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00		Ispitanikove vrijednosti	72,00	-30,00	-37,00	
Sekundarni stimulus 50%									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	0,8857	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	2,9407
Ispitanikove vrijednosti	78,00	-23,00	-30,00		Ispitanikove vrijednosti	76,00	-25,00	-32,00	
Sekundarni stimulus 75% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	0,0000	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	1,2078
Ispitanikove vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00		Ispitanikove vrijednosti	74,00	-27,00	-34,00	
Sekundarni stimulus 100% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	0,0000	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	1,2078
Ispitanikove vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00		Ispitanikove vrijednosti	74,00	-27,00	-34,00	

Tablica 8.11. prikazuje kako ovaj ispitanik ima male razlike u percepciji boje. Ispitanik na uzorcima kojima je sekundarni stimulus purpurne boje, a primarni stimulus zelene boje dok čak na tri uzorka nema odstupanja. Njegove vrijednosti uzoraka kojima je primarni stimulus 55% RTV, a sekundarni 25% te 75% i 100% RTV iste su kao i referentne vrijednosti. Najveću razliku ispitanik ima na uzorku kojem je sekundarni stimulus 50% RTV i primarni stimulus 65% RTV. Tom uzorku ΔE_{00} iznosi 2,9407 što je također najveće odstupanje na uzorcima sa sekundarnim stimulusom purpurne boje i primarnim stimulusom zeleno plave boje .

Tablica 8.12. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje, kod ispitanika 6

Sekundarni stimulus 25% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	1,0415	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	1,8551
Ispitanikove vrijednosti	73,00	39,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	69,00	46,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 50% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	1,0319	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	1,8551
Ispitanikove vrijednosti	71,00	43,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	69,00	46,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 75% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	0,0000	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	0,0000
Ispitanikove vrijednosti	72,00	41,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 100% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	1,9508	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	0,8579
Ispitanikove vrijednosti	70,00	44,00	-5,00		Ispitanikove vrijednosti	68,00	48,00	-7,00	

Tablica 8.12. prikazuje kako kod ispitanika postoje dva uzorka na kojima su vrijednosti jednake referentnima. Njihov ΔE_{00} iznosi 0,0000. Najveća razlika vidljiva je na uzorku kojem je sekundarni stimulus 100% RTV, a primarni 55% RTV. ΔE_{00} na tom uzorku iznosi 1,9508. To je ujedno i najveće odstupanje od svih uzoraka sa sekundarnim stimulusom zeleno plave boje.

□ **ISPITANIK 7**

Tablica 8.13. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, kod ispitanika 7

Sekundarni stimulus 25% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	0,8845	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	0,4710
Ispitanikove vrijednosti	76,00	-25,00	-32,00		Ispitanikove vrijednosti	73,00	-28,00	-35,00	
Sekundarni stimulus 50% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	0,8845	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	0,0000
Ispitanikove vrijednosti	76,00	-25,00	-32,00		Ispitanikove vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	
Sekundarni stimulus 75% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	0,0000	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	2,0660
Ispitanikove vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00		Ispitanikove vrijednosti	75,00	-26,00	-33,00	
Sekundarni stimulus 100% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	1,7683	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	0,4710
Ispitanikove vrijednosti	75,00	-26,00	-33,00		Ispitanikove vrijednosti	73,00	-28,00	-35,00	

U tablici 8.13. je vidljivo kako ispitanik ima dva uzorka koja su jednaka referentnim. Ostala odstupanja su minimalna. Najveća razlika između ispitanikove i referentne vrijednosti je na uzorku kojem je sekundarni stimulus 75% RTV purpurne boje i 65% RTV zeleno plave boje. Tom uzorku ΔE_{00} iznosi 2,0660. Unatoč tome što postoje odstupanja, ispitanik ima iste vrijednosti referentima na sekundarnim stimulusima od 50% i 25% RTV kod primarnog stimulusa 55% RTV te na uzorcima sekundarnih stimulusa 100% i 25% RTV kod primarnih stimulusa 65% RTV.

Tablica 8.14. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje, kod ispitanika 7

Sekundarni stimulus 25% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	0,8375	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	2,0669
Ispitanikove vrijednosti	71,00	42,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	69,00	45,00	-6,00	
Sekundarni stimulus 50% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	0,8375	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	0,3123
Ispitanikove vrijednosti	71,00	42,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	67,00	50,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 75% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	0,8375	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	1,8551
Ispitanikove vrijednosti	71,00	42,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	69,00	46,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 100% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	0,8321	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	0,8579
Ispitanikove vrijednosti	73,00	40,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	68,00	48,00	-7,00	

Tablica 8.14. prikazuje uzorke kojima je sekundarni stimulus zeleno plave boje, a primarni purpurne sadrži sljedeće rezultate: najmanja razlika vidljiva je na uzorku kojem je sekundarni stimulus 50% RTV, a primarni stimulus 65% RTV. Vrijednost ΔE_{00} kod tog uzorka iznosi 0,3123, što je minimalna razlika u percepciji purpurne boje. Ovakva razlika gotovo je nevidljiva. Najveće odstupanje ispitanikove vrijednosti u odnosu na one referentne vidljivo je na uzorku kojem je sekundarni stimulus 25% RTV, a primarni stimulus 65%. Tom uzorku ΔE_{00} iznosi 2,0669. Unatoč odstupanjima od referentnih uzoraka, vidljiva su ponavljanja u vrijednostima što znači da je ispitanik vidio purpurnu boju kao jednaku na svim sekundarnim stimulusima.

□ **ISPITANIK 8**

Tablica 8.15. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, kod ispitanika 8

Sekundarni stimulus 25% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	5,5678	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	7,6797
Ispitanikove vrijednosti	71,00	-31,00	-38,00		Ispitanikove vrijednosti	65,00	-40,00	-46,00	
Sekundarni stimulus 50% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	1,9198	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	2,8974
Ispitanikove vrijednosti	75,00	-26,00	-34,00		Ispitanikove vrijednosti	70,00	-33,00	-40,00	
Sekundarni stimulus 75% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	2,6520	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	5,7747
Ispitanikove vrijednosti	74,00	-27,00	-34,00		Ispitanikove vrijednosti	67,00	-37,00	-44,00	
Sekundarni stimulus 100% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	1,9198	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	3,8887
Ispitanikove vrijednosti	75,00	-26,00	-34,00		Ispitanikove vrijednosti	69,00	-34,00	-42,00	

Tablica 8.15 prikazuje da ispitanik ima veliko odstupanje na uzorku kojem je sekundarni stimulus 25% RTV, a primarni stimulus 65% RTV. Na tom uzorku ΔE_{00} iznosi 7,6797 što je velika razlika u percepciji zeleno plave boje. Ispitanik na uzorku gdje je sekundarni stimulus 25% RTV ima najveće razlike u percepciji zeleno plave boje. Najmanje odstupanje vidljivo je na uzorku kojem je sekundarni stimulus 50% RTV, a primarni stimulus 55% RTV. Razlika u percepciji zeleno plave boje na tom uzorku je mala no vidljiva, a ΔE_{00} tog uzorka iznosi 1,9198.

Tablica 8.16. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje, kod ispitanika 8

Sekundarni stimulus 25% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	2,8757	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	0,0000
Ispitanikove vrijednosti	69,00	46,00	-7,00		Ispitanikove vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 50% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	3,8803	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	2,0336
Ispitanikove vrijednosti	68,00	48,00	-7,00		Ispitanikove vrijednosti	65,00	53,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 75% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	2,6851	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	2,0336
Ispitanikove vrijednosti	69,00	45,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	65,00	53,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 100% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	2,8757	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	3,0478
Ispitanikove vrijednosti	69,00	46,00	-7,00		Ispitanikove vrijednosti	64,00	55,00	-7,00	

Kod uzorka kojem je sekundarni stimulus 25% RTV zeleno plave boje, a primarni stimulus 65% RTV purpurne boje nema razlike u percepciji, ispitanikove i referentne vrijednosti su iste. Najmanje odstupanje ima ΔE_{00} vrijednosti 2,0336 kod primarnih stimulusa 65% RTV i sekundarnim stimulusima 50% i 75% RTV. Ispitanik je dva uzorka percipirao kao ista iako ima odstupanja od referentnog uzorka. Najveće odstupanje vidljivo je kod uzorka sa sekundarnim stimulusom 50% RTV i primarnim stimulusom 55% RTV. ΔE_{00} kod tog uzorka iznosi 3,8803.

ISPITANIK 9

Tablica 8.17. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, kod ispitanika 9

Sekundarni stimulus 25% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	1,7683	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	5,7747
Ispitanikove vrijednosti	75,00	-26,00	-33,00		Ispitanikove vrijednosti	67,00	-37,00	-44,00	
Sekundarni stimulus 50% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	0,8845	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	1,8923
Ispitanikove vrijednosti	76,00	-25,00	-32,00		Ispitanikove vrijednosti	71,00	-31,00	-39,00	
Sekundarni stimulus 75% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	2,6520	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	0,8815
Ispitanikove vrijednosti	74,00	-27,00	-34,00		Ispitanikove vrijednosti	72,00	-30,00	-37,00	
Sekundarni stimulus 100% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	0,0000	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	2,8974
Ispitanikove vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00		Ispitanikove vrijednosti	70,00	-33,00	-40,00	

Tablica 8.17. prikazuje kako ispitanik ima jedan uzorak koji je jednak referentnome, a to je uzorak kojem je sekundarni stimulus 100% RTV purpurne boje i primarni stimulus 55% RTV zeleno plave. Sljedeće najmanje odstupanje je na uzorku koji ima vrijednosti sekundarnog stimulusa 75% RTV i primarnog stimulusa 65% RTV. Najveće odstupanje vidljivo je kod uzorka kojem je sekundarni stimulus 25% RTV, a primarni 65% RTV. ΔE_{00} iznosi 5,7757. Razlika u percepciji je velika s obzirom na ostale ocijenjene uzorke.

Tablica 8.18. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje, kod ispitanika 9

Sekundarni stimulus 25% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	1,8484	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	2,2238
Ispitanikove vrijednosti	70,00	44,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	65,00	54,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 50% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	1,8484	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	3,2268
Ispitanikove vrijednosti	70,00	44,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	64,00	56,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 75% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	1,0319	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	3,0478
Ispitanikove vrijednosti	71,00	43,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	64,00	55,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 100% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	0,0000	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	3,9021
Ispitanikove vrijednosti	72,00	41,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	63,00	56,00	-7,00	

U tablici 8.18. vrijednosti jednake referentnim dobivene su na uzorku kojem je sekundarni stimulus 100% RTV, a primarni stimulus 55% RTV. Najveće odstupanje vidljivo je kod uzorka sa sekundarnim stimulusom 100% RTV, a primarnim stimulusom 65% RTV. Ispitanik je na prvom uzorku postigao najveće i najmanje odstupanje. Ostale uzorke s primarnim stimulusima 55% RTV ispitanik je bolje percipirao nego one kojima je primarni stimulus 65% RTV.

□ **ISPITANIK 10**

Tablica 8.19. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, kod ispitanika 10

Sekundarni stimulus 25% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	0,4210	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	1,9639
Ispitanikove vrijednosti	77,00	-24,00	-30,00		Ispitanikove vrijednosti	75,00	-26,00	-34,00	
Sekundarni stimulus 50% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	1,0920	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	1,1152
Ispitanikove vrijednosti	78,00	-23,00	-29,00		Ispitanikove vrijednosti	74,00	-27,00	-35,00	
Sekundarni stimulus 75% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	0,4210	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	0,8420
Ispitanikove vrijednosti	77,00	-24,00	-30,00		Ispitanikove vrijednosti	72,00	-29,00	-37,00	
Sekundarni stimulus 100% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	77,00	-24,00	-31,00	0,4210	Referentne vrijednosti	73,00	-29,00	-36,00	0,8795
Ispitanikove vrijednosti	77,00	-24,00	-30,00		Ispitanikove vrijednosti	74,00	-28,00	-35,00	

Tablica 8.19. prikazuje kako je ispitanik postigao najmanje i najveće odstupanje na uzorku kojem je sekundarni stimulus 25% RTV purpurne boje. Najmanje odstupanje vidljivo je na uzorku kojem je primarni stimulus 55% RTV, a najveće odstupanje je vidljivo kod uzorka kojem je primarni stimulus 65% RTV. Kod svih ostalih uzoraka postoje mala odstupanja od referentnih uzoraka.

Tablica 8.20. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje, kod ispitanika 10

Sekundarni stimulus 25% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	1,8484	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	0,8579
Ispitanikove vrijednosti	70,00	44,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	68,00	48,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 50% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	0,0000	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	0,8579
Ispitanikove vrijednosti	72,00	41,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	68,00	48,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 75% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	0,0000	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	1,7084
Ispitanikove vrijednosti	72,00	41,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	69,00	47,00	-7,00	
Sekundarni stimulus 100% RTV									
Primarni stimulus 55% RTV					Primarni stimulus 65% RTV				
	L	a	b	ΔE_{00}		L	a	b	ΔE_{00}
Referentne vrijednosti	72,00	41,00	-6,00	1,8500	Referentne vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	0,0000
Ispitanikove vrijednosti	74,00	38,00	-6,00		Ispitanikove vrijednosti	67,00	49,00	-7,00	

Tablica 8.20. prikazuje kako ispitanik ima tri uzorka jednaka referentnome, i to na uzorcima sa sekundarnim stimulusima od 50% RTV, 75% RTV i 100% RTV, od toga su dva uzorka s referentnim primarnim stimulusom od 55% RTV i uzorak sa sekundarnim stimulusom 100% RTV, a referentnim primarnim stimulusom 65% RTV. Na svim uzorcima na kojima postoje odstupanja, ona su vrlo mala. Ispitanik je vrlo dobro usuglasio boje sa referentnim. Najveće odstupanje na ovim uzorcima je kod uzorka sa sekundarnim stimulusom 100% RTV i referentnim primarnim stimulusom 55% RTV. Kod uzorka s najvećim odstupanjem ΔE_{00} je 1,8500 što ovdje čini najveće odstupanje.

9. Zaključak

Pregledom tablica (8.1-8.20) mogu se vidjeti kolorimetrijske razlike vrijednosti ΔE_{00} između referentnih uzoraka te vrijednosti testnih uzoraka.

Iz dobivenih podataka može se uočiti kako razlika varira, no najveća razlika u percepciji događa se kod uzorka kojem je sekundarni stimulus 25% RTV purpurne, a referentni primarni stimulus 65% RTV zeleno plave. Upravo na tom uzorku izmjerena su najveća odstupanja kod većine ispitanika što znači da promatrač zeleno plavu nije mogao usuglasiti s referentnim uzorkom. Najveće odstupanje ima vrijednost ΔE_{00} 7,6797. Svi ostali uzorci imaju znatno manje odstupanje ili su usuglašeni s referentnima uzorcima.

Najveće odstupanje na uzorku kojem je sekundarni stimulus purpurne boje vidljivo je kod ispitanika 8; izmjerena vrijednost ΔE_{00} je 7,6797. Ispitanik najveće odstupanje ima na uzorku kojem je sekundarni stimulus 25% RTV, a primarni stimulus 65% RTV. Također, najmanje odstupanje ovog ispitanika je na uzorku sa sekundarnim stimulusom purpurne boje. Najmanje izmjereno odstupanje ima vrijednost ΔE_{00} 1,9198 kod uzoraka kojima sekundarni stimulusi imaju vrijednost 50% i 100% RTV dok oba primarna imaju vrijednosti 55% RTV. Ispitanik 8 ima jedan usuglašen uzorak kod uzoraka gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje. Uzorak koji je ispitanik usuglasio jednako referentnom ima vrijednost sekundarnog stimulusa 25% RTV i primarnog stimulusa 65% RTV.

Odstupanje koje je izmjereno kao najmanje od svih za uzorke sa sekundarnim stimulusom purpurne boje vrijednosti ΔE_{00} 0,4210 koje je izmjereno kod ispitanika 10. Najmanje odstupanje kod ispitanika 10 javlja se na čak tri uzorka. Ispitanikova najmanja odstupanja vidljiva su na uzorcima sa sekundarnim stimulusom 25%, 55%, i 100% RTV te primarnim stimulusima 55% RTV za sva tri uzorka. Unatoč odstupanjima, ispitanik je ta tri uzorka ocijenio istim vrijednostima. Najveće odstupanje ispitanik 10 postiže također na uzorku gdje je sekundarni stimulus purpurne boje. Kod uzorka kojem sekundarni stimulus ima vrijednost 25% RTV, a primarni stimulus 65% RTV izmjerena vrijednost ΔE_{00} je 1,9639 što je najveće odstupanje ovog ispitanika od svih uzoraka. Ispitanik 10 također postiže usuglašavanje testnih uzoraka s referentnima kod tri uzorka kojima je sekundarni stimulus zeleno plave boje. Uzorci kojima je primarni stimulus 55% RTV, a sekundarni stimulus 50% i 75% RTV ispitanik je usuglasio sa referentnim uzorkom kao i uzorak kojem je sekundarni stimulus 100% RTV, a primarni stimulus 65% RTV. Kod tih uzoraka nema odstupanja te su testni uzorci jednaki referentnima.

Kod uzoraka kojima je sekundarni stimulus zeleno plave boje, a primarni stimulus purpurne, najveće odstupanje vidljivo je kod uzorka kojem je sekundarni stimulus 100% RTV, a primarni

stimulus 55%. Na tom uzorku javljale su se najveće razlike kod više ispitanika. Najveće odstupanje ima vrijednost ΔE_{00} 5,8262 dok najmanje ima vrijednost 0,3123. Najmanja razlika u percepciji javlja se kod uzorka kojem je sekundarni stimulus 50% RTV, a primarni stimulus 65% RTV. Odstupanja kod drugih uzoraka bila su manja no neki od uzoraka su više puta bili usuglašeni s onim referentnim.

Najveću razliku u percepciji purpurne boje ima ispitanik 1. Testni uzorak na kojem je vidljiva najveća razlika ima vrijednosti sekundarnog stimulusa 100% RTV i primarnog stimulusa 55% RTV. Izmjereni ΔE_{00} kod tog uzorka je 5,8262. Na uzorku kojem je primarni stimulus 65% RTV, a sekundarni 50% RTV ispitanik postiže najmanje odstupanje. ΔE_{00} za taj uzorak iznosi 0,8579. Ispitaniku 1 to je ujedno i najmanje odstupanje od svih uzoraka koje je ocijenio. Kod ovog ispitanika razlike u percepciji su velike kod gotovo svih uzoraka i znatno veće od razlika ostalih ispitanika. Ispitanik 1 nije usuglasio ni jedan testni uzorak s referentnim.

Najmanje izmjereno odstupanje na uzorcima kojima je sekundarni stimulus zeleno plave boje je ΔE_{00} 0,3123 što je ujedno i najmanje odstupanje od svih ocijenjenih uzoraka. Najmanje odstupanje javlja se kod ispitanika 7 na uzorku kojem je sekundarni stimulus 50% RTV, a primarni stimulus 65% RTV. Ovakva razlika u percepciji gotovo je nevidljiva, uočljiva je jedino numeričkim prikazom vrijednosti. Najveće odstupanje ispitanik 7 postiže na uzorku kojem je sekundarni stimulus također zeleno plave boje. Kod uzorka kojem je sekundarni stimulus 25% RTV, a primarni stimulus 65% RTV izmjereno odstupanje iznosi ΔE_{00} 2,0669 koje je najveće odstupanje ispitanika 7 od svih uzoraka koje je ocijenio. Ispitanik 7 uspješno je usuglasio dva testna uzorka s referentnim. Usuglašavanje uzoraka s referentnim uzorkom ispitanik je postigao kod uzorka gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, a primarni zeleno plave boje. Prvi uzorak kod kojeg je ispitanik postigao vrijednosti jednake referentnima ima vrijednosti sekundarnog stimulusa 50% RTV, a primarnog stimulusa 65% RTV. Drugi uzorak gdje je ispitanik 7 postigao vrijednosti jednake referentnima ima vrijednosti sekundarnog stimulusa 75% RTV, a primarnog stimulusa 55% RTV.

Kod uzorka gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, a primarni stimulus zeleno plave boje ispitanik 2 ima određena odstupanja od referentnog uzorka, ali sve svoje testne uzorke za primarne stimuluse usuglasio je jednako što znači da je primarni stimulus imao iste vrijednosti kod svih ocijenjenih uzoraka bez obzira na mijenjanje sekundarnog stimulusa. Kod uzoraka kojima je sekundarni stimulus zeleno plave boje, ispitanik nije usuglasio sve vrijednosti s onim referentnim.

Razloga zbog kojih promatrači nisu mogli usuglasiti vrijednosti može biti više. Postoji mogućnost umora oka promatrača zbog prethodnog usuglašavanja više uzoraka bez pauze, neiskustvo te nedovoljno poznavanje boja i nesvjesnost vizualnih efekata u ovakvom tipu ocjenjivanja također mogu biti neki od razloga odstupanja vrijednosti referentnih i testnih uzorka.

U Varaždinu, 26. rujan 2017.

10. Literatura

- [1] I. Zjakić, M. Milković.: Psihologija boja, Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, 2010.
- [2] Hunjet, A.: Psihologija boja, Materijali s predavanja- ak. god. 2014./2015.
- [3] <http://www.colour-affects.co.uk/history-of-colour>, Dostupno: 11.08.2017
- [4] M. Milković, N. Mrvac, D. Vusić: Vizualna psihofizika i dizajn, Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, 2010.
- [5] <http://plato.stanford.edu/entries/color/#Phil>, 2012
- [6] Đ. Parac-Osterman: Osnove o boji i sustavi vrednovanja, Grafički zavod Hrvatske, Zagreb, 2010.
- [7] R.S. Berns: Principles of color technology, Wiley&Sons, New York, 2000.
- [8] A.Sharma: Understanding Color Management, Cengage Learning, New York, 2004.
- [9] M. Matijević: Vizualni efekti proširivanja i simultanoga kontrasta u grafičkoj komunikaciji, Doktorski rad, Grafički fakultet, Zagreb, 2013.
- [10] https://hr.wikipedia.org/wiki/Ljudsko_oko, Dostupno: 16.08.2017
- [11] J. Šentija: Opća enciklopedija, Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb, 1977
- [12] K. Gegenfurtner: Cortical Mechanism of Colour Vision, Nature Reviews. Neuroscience. 4, 2003
- [13] R.W.G. Hunt, M.R. Luo: Using Magnitude Estimation Percepts to Evaluate a Model of Colour Vision, Color Res, 1994.
- [14] D. Ivanec, K. Modić Stank,: Klasična psihofizika, Skripta, Neobjavljeni rukopis, Odsjek za psihologiju, FF u Zagrebu, 2007.
- [15] D. Vusić: Efekt neonskoga proširivanja boje u procesu grafičke reprodukcije, Doktorski rad, Grafički fakultet, Zagreb, 2012.
- [16] J. Fereža: Percepcija, Seminarski rad, Visoka škola za menadžment u turizmu i informatici, Virovitica, 2009.
- [17] B. Goldstein: Osjeti i percepcija, Naklada Slap, Jastrebarsko, 2011.

- [18] <http://www.psiholoskicentar-razvoj.hr/?p=40>, Dostupno: 19.08.2017
- [19] T. Brkljačić: Materijali s predavanja „Percepcija“, Hrvatski studiji, Sveučilište u Zagrebu
- [20] <http://www.optical-illusion-pictures.com>, Dostupno: 19.08.2017
- [21] https://hr.wikipedia.org/wiki/Perceptivne_varke, Dostupno: 19.08.2017
- [22] M. Milković, D. Vusić, N. Mrvac: Percepcija boje u cross-media komunikacijskim sustavima, Zbornik radova Tiskarstvo 2012 & Design, Donja Stubica, 2012., str. 27-
- [23] K. Hajdek: Akromatske reprodukcije uvjetovane pojavnošću pozadinskih efekata, Doktorski rad, Grafički fakultet, Zagreb, 2016.

Popis slika

Slika 2.1. Vidljivi dio spektra elektromagnetskog zračenja	8
Slika 2.2. Newton-ov eksperiment sa staklenom prizmom	9
Slika 3.1. Aditivna sinteza	10
Slika 3.2. Suptraktivna sinteza	11
Slika 3.3. Prikaz atributa boje, ton, zasićenje i svjetlina	12
Slika 3.4. Munsellov prostor boja	13
Slika 3.5. NCS krug i NCS atlas	14
Slika 3.6. OSA prostor boja	15
Slika 3.7. Prikaz veličine uzorka i udaljenost kod CIE 1931 i CIE 1964 standardnog promatrača (2° i 10°)	17
Slika 3.8. CIE XYZ dijagram	18
Slika 3.9. CIE Lab prostor boja	20
Slika 4.1. Formiranje slike u oku	23
Slika 4.2. Anatomija oka	24
Slika 4.3. Prikaz fotoreceptora štapića i čunjića	26
Slika 4.4. Prikaz testnog polja za detekciju vizualne defekcije (broj 5)	28
Slika 4.5. Prikaz testnog polja za detekciju vizualne defekcije (broj 6)	28
Slika 4.6. Prikaz testnog polja za detekciju vizualne defekcije (broj 29)	29
Slika 5.1. Raspodijela vidnog polja prema Huntu-u	34
Slika 6.1. Trokut i pravokutnik	39
Slika 6.2. Polumjesec	39
Slika 6.3. Načelo sličnosti	40
Slika 6.4. Načelo sličnosti-stupci	40
Slika 6.5. Načelo sličnosti na temelju boje	40

Slika 6.6. Načelo blizine-linije	41
Slika 6.7. Načelo blizine - grupe	41
Slika 6.8. Načelo kontinuiteta –dvije ravne crte.....	41
Slika 6.9. Načelo kontinuiteta-serija točkica	42
Slika 6.10. Načelo zatvorenosti	42
Slika 6.11. Načelo zatvorenosti-smislen lik	42
Slika 6.12. Načelo zatvorenosti-trokuti i krugovi.....	43
Slika 6.13. Načelo zajedničkog kretanja.....	43
Slika 6.14. Načelo figure i pozadine.....	44
Slika 6.15. Hermanova iluzija	46
Slika 6.16. Neckerova kocka	47
Slika 6.17. Müller-Lyerova varka.....	48
Slika 6.18. Ponzova varka	48
Slika 6.19. Iluzija zida.....	49
Slika 6.20. Heringova iluzija	49
Slika 6.21. Horizontalni pravokutnik ispunjen je jednom	50
Slika 6.22. Višeznačna slika	50
Slika 7.1. Akromatski simultani kontrast	51
Slika 7.2. Kromatski simultani kontrast	52
Slika 7.3. Albersov model kromatskog simultanog kontrasta	52
Slika 7.4. Robertson-Whiteov model kromatskog simultanog kontrasta	53
Slika 7.5. Akromatsko nabiranje	54
Slika 7.6. Kromatska asimilacija	55
Slika 7.7. Efekt proširivanja i simultanog kontrasta.....	55
Slika 7.8. AM i FM tehnike rastriranja.....	56

Slika 7.9. Donguri uzorak.....	57
Slika 7.10. Hermannov efekt	58
Slika 7.11. Prikaz promjena vrijednosti stimulusa kod Bezold Bruckeovog efekta.....	59
Slika 7.12. Prikaz Helmholtz-Kohlrausch efekta	59
Slika 7.13. Abneyev efekt unutar CIE dijagrama kromatičnosti	60
Slika 7.14. Huntov eksperiment	60
Slika 7.15. Prikaz McCollough efekta.....	61
Slika 7.16. Efekt neonskog proširivanja	62
Slika 8.1 Testni uzorak efekta nabiranja sa sekundarnim stimulusom 25% RTV i primarnim stimulusom 55% i 65% RTV.....	64
Slika 8.2. Testni uzorak efekta nabiranja sa sekundarnim stimulusom 50% RTV i primarnim stimulusom 55% i 65% RTV	64
Slika 8.3. Testni uzorak efekta nabiranja sa sekundarnim stimulusom 75% RTV i primarnim stimulusom 55% i 65% RTV	64
Slika 8.4. Testni uzorak efekta nabiranja sa sekundarnim stimulusom 100% RTV i primarnim stimulusom 55% i 65% RTV	64
Slika 8.5. Testni uzorak efekta nabiranja sa sekundarnim stimulusom 25% RTV i primarnim stimulusom 55% i 65% RTV	65
Slika 8.6. Testni uzorak efekta nabiranja sa sekundarnim stimulusom 50% RTV i primarnim stimulusom 55% i 65% RTV	65
Slika 8.7. Testni uzorak efekta nabiranja sa sekundarnim stimulusom 75% RTV i primarnim stimulusom 55% i 65% RTV	65
Slika 8.8. Testni uzorak efekta nabiranja sa sekundarnim stimulusom 100% RTV i primarnim stimulusom 55% i 65% RTV	65

Popis tablica

Tablica 6.1. Znakovi dubine: Binokularni znakovi i monokularni znakovi dubine	44
Tablica 6.2. Konstantnost opažanja.....	45
Tablica 8.1. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, kod ispitanika 1	67
Tablica 8.2. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje, kod ispitanika 1	67
Tablica 8.3. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, kod ispitanika 2	69
Tablica 8.4. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje, kod ispitanika 2.....	70
Tablica 8.5. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, kod ispitanika 3	71
Tablica 8.6. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje, kod ispitanika 3.....	72
Tablica 8.7. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, kod ispitanika 4	73
Tablica 8.8. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje, kod ispitanika 4.....	74
Tablica 8.9. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, kod ispitanika 5	75
Tablica 8.10. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje, kod ispitanika 5.....	76
Tablica 8.11. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, kod ispitanika 6	77
Tablica 8.12. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje, kod ispitanika 6.....	78
Tablica 8.13. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, kod ispitanika 7	79

Tablica 8.14. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje, kod ispitanika 7.....	80
Tablica 8.15. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, kod ispitanika 8	81
Tablica 8.16. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje, kod ispitanika 8.....	82
Tablica 8.17. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, kod ispitanika 9	83
Tablica 8.18. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje, kod ispitanika 9.....	84
Tablica 8.19. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus purpurne boje, kod ispitanika 10	85
Tablica 8.20. Rezultati odstupanja testnog uzorka od referentnog, gdje je sekundarni stimulus zeleno plave boje, kod ispitanika 10.....	86

Popis formula

- (3.1) R.S. Berns: Principles of color technology, Wiley&Sons, New York, 2000., str. 19
- (3.2) R.S. Berns: Principles of color technology, Wiley&Sons, New York, 2000., str. 19
- (3.3) R.S. Berns: Principles of color technology, Wiley&Sons, New York, 2000., str. 19
- (3.4) R.S. Berns: Principles of color technology, Wiley&Sons, New York, 2000., str. 19
- (3.5) R.S. Berns: Principles of color technology, Wiley&Sons, New York, 2000., str. 19
- (3.6) R.S. Berns: Principles of color technology, Wiley&Sons, New York, 2000., str. 19
- (3.7) R.S. Berns: Principles of color technology, Wiley&Sons, New York, 2000., str. 19
- (3.8) R.S. Berns: Principles of color technology, Wiley&Sons, New York, 2000., str. 21
- (3.9) R.S. Berns: Principles of color technology, Wiley&Sons, New York, 2000., str. 21
- (3.10) R.S. Berns: Principles of color technology, Wiley&Sons, New York, 2000., str. 21



IZJAVA O AUTORSTVU

I

SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Petra Bradić (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Utjecaj kolorimetrijskih vrijednosti kromatskog efekta nabiranja na percepciju promatrača (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

Bradić

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Petra Bradić (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Utjecaj kolorimetrijskih vrijednosti kromatskog efekta nabiranja (upisati naslov) čiji sam autor/ica. na percepciju promatrača

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

Bradić

(vlastoručni potpis)