Prikaz sljepila na boje u mediju fotografije

Vaško, Martina

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:649135

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN



DIPLOMSKI RAD br. 079-MMD-2022

PRIKAZ SLJEPILA NA BOJE U MEDIJU FOTOGRAFIJE

Martina Vaško

Varaždin, rujan 2022.

SVEUČILIŠTE SJEVER

SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN

Studij Multimedija

DIPLOMSKI RAD br. 079-MMD-2022

PRIKAZ SLJEPILA NA BOJE U MEDIJU FOTOGRAFIJE

Student:

Martina Vaško, 2231/336

Mentor:

doc. art. dr. sc. Mario Periša

Komentor:

Izv. prof. dr. sc. Dean Valdec

Varaždin, rujan 2022.

Sadržaj:

1. Uvod 1
2. Fotografija 2
2.1. Digitalna fotografija 2
2.1.1. Kako nastaje digitalna fotografija 2
2.2. Osvjetljenje 4
2.3. Ekspozicija 6
2.3.1. Brzina zatvarača 6
2.3.2. Otvor blende 7
2.3.3. ISO vrijednost 7
3. Oko 8
3.1. Građa ljudskog oka 8
3.2. Osjetilo vida 9
3.2.1. Boja i spektar boja vidljiv ljudskom oku 10
3.2.2. Aditivno miješanje boja 12
3.2.3. Trikromatska teorija viđenja boja (Young-Helmholtzova teorija) 13
3.2.4. Teorija suprotnih procesa (Heringova teorija) 14
3.2.5. Zonska teorija (moderna Heringova teorija) 15
3.2.6. Percepcija boje 16
3.3. Režimi gledanja 17
3.4. Spektralna osjetljivost receptora 18
3.4.1. CIE modeli boja 19
3.5. Dinamički raspon ljudskog vida 20
4. Sljepilo na boje 22
4.1. Monokromazija 23
4.2. Dikromazija 24
4.2.1. Spektar boja vidljiv protanopima i deuteranopima 25
4.2.2. Spektar boja vidljiv tritanopima 26
4.3. Anomalna trikromazija 27
4.4. Testovi za sljepilo na boju 28
4.4.1. Ishihara test 28

4.4.2. Farnsworth – Munsell 100 Hue Color Vision test 29
4.4.3. Lantern test 30
4.5. Tehnologije za smanjenje utjecaja sljepila na boje 31
4.5.1. Naočale za sljepilo na boju 31
4.5.2. Leće za sljepilo na boju 33
4.5.3. Opto-električne naočale 35
4.5.4. AR 36
4.6. Prilagodba galerijskih izložbi osobama sa sljepilom na boje 37
4.7. Simulacije sljepila na boju 38
5. Istraživački dio 40
5.1. Pozadina istraživanja 40
5.2. Istraživačke hipoteze 40
5.3. Ciljevi istraživanja 41
5.4. Metodologija istraživanja 41
5.4.1. Fotografiranje sadržaja 41
5.4.2. Obrada fotografija u svrhu izrade simulacije 50
5.4.3. Prilagodba predloška web stranice 60
5.5. Doprinos istraživanja 66
6. Rezultati istraživanja 67
6.1. Rezultati ankete 67
6.2. Testiranje hipoteza 79
7. Zaključak 80
Popis slika 81
Popis tablica 84
Popis grafikona 85
Literatura 86

Sažetak

Ovaj diplomski rad bavi se načinom na koji ljudi sa sljepilom na boje vide svijet oko sebe upotrebom fotografije kao medij prikaza. Velika većina ljudi je čula za pojam sljepilo na boje i znaju neke osnove, međutim jako puno ljudi ne zna neke osnove vezane za sam poremećaj i nikada se nisu pitali kako osoba koja ima sljepilo na boje vidi, kako izgleda svijet oko nje. Cilj ovog rada je potaknuti ljude da nauče nešto novo o sljepilu na boje i općenito stvoriti interes za proučavanje sljepila na boje kroz fotografije modificirane u simulatoru tako da imitiraju određenu vrstu sljepila na boje. U sklopu rada se nalazi i anketa koja će potvrditi ili demantirati činjenicu da ljudi ne znaju osnovne činjenice o sljepilu na boje i da su spremni naučiti više putem zanimljivih kanala.

Ključne riječi: fotografija, simulacija, sljepilo na boje, vid, čunjići, boja

Summary

This paper deals with the way people with blind people see the world around them by using a photography as a display medium. The vast majority of people have heard of the concept of color blindness, but a lot of people don't know some basics of the disorder and never wondered how the person who had blindness in the colors sees what the world around them looks like. The main goal of this work is to encourage people to learn something new about color blindness and generally create an interest in studying color blindness through photos modified in a simulator in a way that mimic a certain kind of color blindness type. The work also includes a survey that will confirm or deny the fact that people do not know the basic facts about blindness and are ready to learn more through interesting channels.

Keywords: photography, simulation, color blindness, vision, cones, color

Obrazac za prijavu diplomskog rada

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR–42000 Varaždin

UNIVERSITY NORTH

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL: Odjel za multimediju

STUDIJ: diplomski sveučilišni studij Multimedija

PRISTUPNIK: Martina Vaško | JMBAG: 0336020843

DATUM: 12.9.2022. | KOLEGIJ: Digitalna fotografska produkcija I

NASLOV RADA: Prikaz sljepila na boje u mediju fotografije

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU: Representation of color blindness in the medium of photography

MENTOR: doc. art. dr. sc. Mario Periša | ZVANJE: Docent umjetnosti

ČLANOVI POVJERENSTVA:
1. doc. art. Robert Geček - predsjednik
2. Izv. prof. dr. sc. Dean Valdec - komentor
3. doc. art. dr. sc. Mario Periša - mentor
4. doc. dr. sc. Andrija Bernik - član
5. izv.prof. Emil Dumić- zamjenski član

VŽ KC

MMI

Zadatak diplomskog rada

BROJ: 079-MMD-2022

OPIS:

Vid je zajednički pojam za sve pojave vidne (optičke) osjetljivosti uvjetovane funkcijom oka. Nastaje podraživanjem fotoreceptora u mrežnici nakon prolaska svjetlosnih valova vidljivog spektra kroz prozirne optičke strukture oka. Kada jedan od receptora ima manu, smatra se da osoba ima sljepilo na boje. Cilj ovog rada je putem fotografije predočiti drugim ljudima kako osoba sa sljepilom na boje vidi svijet oko sebe. Teorijski dio rada obrađuje temu fotografije, vida, boja, teorija viđenja, sljepila na boju i dr. Praktični dio rada uključuje autorske fotografije obrađene pomoću internetskog alata "Pilestone - Color Blind Vision Simulator". Nakon učitavanja željene fotografije alat simulira određeni tip sljepila na boju. Sve ove fotografije implementirane su unutar web stranice o sljepilu na boje koje je uključena u istraživanje. Istraživanje se osim web stranice sa originalnim i simuliranim fotografijama sastoji od ankete. Provođenjem ankete potvrđene su ili demantirane određene teze navedene u radu.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE SJEVER

ZADATAK URUČEN: 14.09.2022. | POTPIS MENTORA: Mario Periša

Popis korištenih kratica

ISO – Međunarodna organizacija za standardizaciju (*engl. International Organization for Standardization*)

CIE – Međunarodna komisija za osvjetljenje (*engl. International Commission on Illumination*)

1. Uvod

“Vid je zajednički pojam za sve pojave vidne (optičke) osjetljivosti uvjetovane funkcijom oka. Nastaje podraživanjem fotoreceptora u mrežnici nakon prolaska svjetlosnih valova vidljivog spektra kroz prozirne optičke strukture oka. Vidni živac, koljenasto tijelo u međumozgu te vidno središte u kori zatiljnoga moždanog režnja nužni su za konačni osjet vida kojim primjećujemo, razaznajemo svjetlo, boje, oblike i udaljenosti. Uz vidno središte u mozgu, nalazi se vidno-psihičko središte koje omogućava spoznaju, pojmovno razumijevanje i pamćenje slika dobivenih osjetom vida.” [1] Međutim što se događa kada osoba ima poremećaj fotoreceptora i ne percipira boju na isti način kao drugi ljudi kojima fotoreceptori rade bez mane? To znači da osoba ima sljepilo na boje. Radi se o poremećaju, urođenom ili stečenom, zbog kojeg osoba ne može raspoznavati boje. [2] Ovaj rad bavi se prikazom sljepila na boje putem fotografije.

Fotografija je proces dobivanja trajne fotografije nekog objekta uz pomoć djelovanja elektromagnetskog zračenja, najčešće svjetlosti, odnosno vidljivog dijela spektra, na neku fotoosjetljivu površinu. Riječ fotografija nastala je od dvije grčke riječi, φως phos ("svjetlo") i γραφις graphis ili γραφη graphê ("crtanje"), što u prijevodu znači “crtanje pomoću svjetla”. Zbog podrijetla riječi za fotografiju se može koristiti i riječ svjetlopis. Naziv fotografija prvi put je upotrebljen 1839. godine, a upotrijebio ga je britanski znanstvenik J.F.W.Herschel. Bavio se matematikom, astronomijom i fotografijom. Osim dodjeljivanja naziva fotografiji, imao je još važnih doprinosa na tom području poput uvođenja pojma negativa i pozitiva, istraživanja različitih fotografskih procesa i dr. Osim navedenih područja bavio se i istraživanjem sljepila na boju. [3] [4]

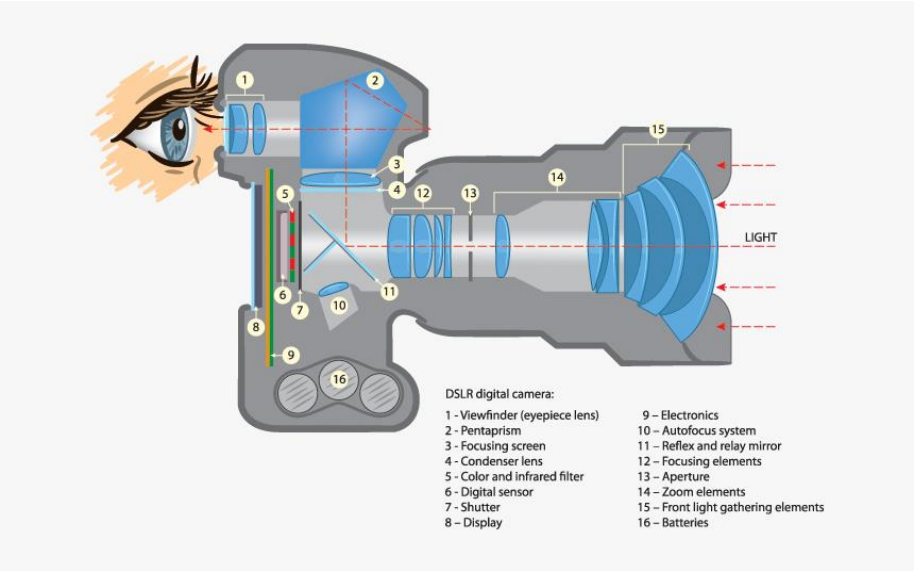
2. Fotografija

2.1. Digitalna fotografija

Digitalizacija fotografije krenula je krajem 20. stoljeća. U samim počecima razvoja digitalne fotografije, ona je imala više puno prednosti od klasične fotografije. Neke od prednosti su te što za razliku od klasične fotografije, kod digitalne fotografije odmah dobijemo digitalni zapis, odnosno sliku. Ta slika se može podvrgnuti bilo kakvoj vrsti računalne obrade, a najveća prednost je činjenica da se takva slika može prikazivati na zaslonima televizora ili računala, pa i projicirati putem projektora, dijeliti putem e-maila i dr. Osim prednosti, digitalna fotografija je istovremeno imala i nekih mana. Neke od tih mana uklonjene su potpunim ili djelomičnim automatiziranjem nekih radnji kod snimanja, kao npr. mjerenje svjetlosti, automatsko postavljanje parametara za snimanje poput otvora blende, trajanje ekspozicije, izoštravanje i dr. Automatizacijom tih akcija mane su uklonjene i nastali su fotoaparati kakve mi danas poznajemo. [3] [5]

2.1.1. Kako nastaje digitalna fotografija

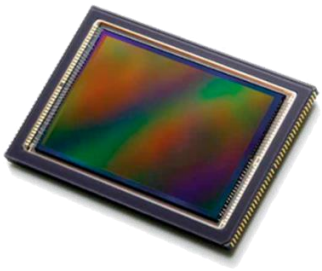
Način na koji digitalni fotoaparat radi se ne razlikuje puno od načina rada klasičnog fotoaparata. Najveća razlika jeu tome što digitalni fotoaparati ne koriste film. Umjesto filma u digitalnim fotoaparatima se nalazi fotoosjetljivi senzor koji kroz objektiv upija svjetlost koja na njega pada. Jednostavno rečeno, digitalna fotografija nastaje tako što se slika fokusira pomoću objektiva, dok količinu svjetlosti na samom senzoru kontroliraju elementi ekspozicije. Slika kao trajni zapis dobiva se digitalizacijom, odnosno pretvorbom podataka u elektronične impulse. Ti impulsi se zatim pohranjuju na prikladnom mediju u obliku fotografije. Riječ digitalno općenito znači “izraženo brojevima”. Sljedeći tu logiku može se reći da digitalna fotografija nije ništa drugo nego medij sastavljen od skupine brojeva. Slika se nakon toga raščlanjuje na piksele, odnosno raster točaka čija gustoća određuje kvalitetu fotografije. [3]

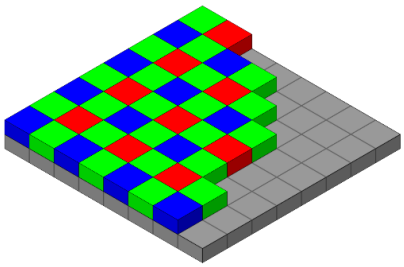


Slika 2.1. Prikaz prolaska svjetlosti kroz fotoaparat

2.2.2.1. Fotoosjetljivi senzori

Fotoosjetljivi senzori su zapravo silikonski čipovi sastavljeni od milijuna fotoosjetljivih elemenata poznatijih pod nazivom pikseli. Padom snopa svjetlosti na određeni piksel stvara se fotoelektrični signal koji stvara električni napon. Taj napon se interpretira i zatim pretvara u digitalni zapis, odnosno fotografiju. Raspored piksela u fotografskim senzorima određeni su Bayerovim uzorkom. Bayer je 1975. godine izumio sustav filtara u boji kod kojeg se svaka skupina od četiri filtra sastoji od jednog plavog i crvenog te dva zelena filtra. Ljudsko oko je najosjetljivije na zelenu boju pa zato u svakoj grupi postoje dva zelena filtra. [3] [6][7]





Slika 2.2. Fotoosjetljivi senzor (slika lijevo)

Slika 2.3. Bayerov uzorak (slika desno)

2.2. Osvjetljenje

Osvjetljenje je temeljni element fotografije. Ako ne postoji neko osvjetljenje, ne može nastati fotografija. Svjetlost se može podijeliti prema načinu nastajanja na prirodnu i umjetnu svjetlost. U prirodno osvjetljenje spada sunčeva svjetlost, koja je ujedno najbolje i najjače osvjetljenje, zatim munje, mjesečina, svjetlost vatre i sl. Pod umjetno osvjetljenje ubrajaju se žarulje, bljeskalice i drugi slični izvori. Svaki izvor svjetlosti posjeduje svoj intenzitet, temperaturu te smjer i raspršenost svjetlosti što utječe na konačan rezultat fotografije. [7]

Kod fotografiranja objekta pod prirodnom svjetlosti važna su tri čimbenika; doba dana u kojem se vrši fotografiranje, smjer kamere i vremenske prilike. Iako prirodna svjetlost potječe od sunca, osvjetljenje se zapravo sastoji od nekoliko dijelova:

- direktna sunčeva svjetlost (toplija i ima veliki kontrast),
- difuzna sunčeva svjetlost (hladnija s niskim kontrastom),
- odbijena svjetlost (svjetlost odbijena od neke površine).

Ovisno o dobu dana u kojem se vrši snimanje, iznos svake ove komponente se mijenja, što rezultira osvjetljenjem s različitom bijelom ravnotežom ili kontrastom. [7]

Dio dana	Kontrast	Boja svjetlosti	Pozicija sunca
1. Podne	Najveći	Neutralna bijela	Skoro vertikalno
2. Večer i jutro	Velik	Djelomično topla	Srednje do nisko
3. “Golden Hour”, izlazak/zalazak sunca	Srednji	Topla do vatreno crvena	Skoro horizontalno
4. Sumrak i zora	Nizak	Hladna pastelna	Ispod horizonta

Tablica 2.1. Karakteristike prirodnog izvora svjetlosti u specifičnim uvjetima

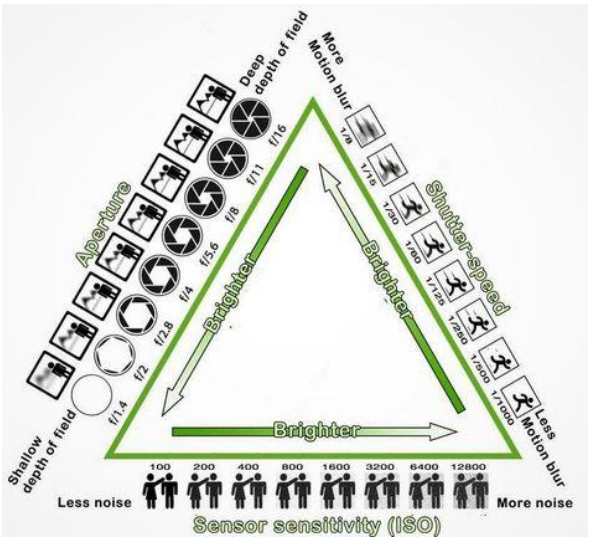


Slika 2.4. Slikovni prikaz boje svjetlosti prema tablici 2. 1.

Kako dan teče od podneva prema večeri, sunce se približava horizontu. Zbog toga što se sunčeva svjetlost pri dolasku do objekta sada lakše odbija od površinu prema objektu, dobiva se manji kontrast. Uz to prolaskom svjetlosti do objekta atmosfera filtrira više plave svjetlosti što rezultira toplijim tonovima. Uz doba dana, pokrivenost nema oblacima jako utječe na osvjetljenje. Ono mijenja balans između direktne i difuzne sunčeve svjetlosti što utječe na kontrast i temperaturu izvora svjetlosti. [7]

2.3. Ekspozicija

Ekspozicija je definirana kao vrijeme izlaganja fotoosjetljivog materijala izvoru svjetlosti. [8] Određena je brzinom zatvarača, otvorom blende i ISO vrijednošću. Odnos tih vrijednosti poznatiji je pod nazivom ekspozicijski trokut. Otvor blende kontrolira količinu svjetlosti koja pada na senzor kamere, brzina zatvarača kontrolira trajanje izlaganja, dok ISO vrijednost kontrolira osjetljivost senzora na određenu količinu svjetla koja na njega pada. [9]



Slika 2.5. Ekspozicijski trokut

Ove vrijednosti se mogu kombinirati na različite načine kako bi se postigao isti rezultat, međutim ključno je znati da neke vrijednosti postavki mogu utjecati na druga svojstva slike. Npr. otvor blende utječe na dubinsku oštrinu slike, brzina zatvarača utječe na oštrinu objekta, a visoke ISO vrijednosti mogu uzrokovati zrnatost fotografije. [9]

2.3.1. Brzina zatvarača

Brzina zatvarača određuje trajanje izlaganja senzora svjetlosti. Što je kraće vrijeme ekspozicije, veće su šanse da fotografija bude oštra, a što je manje vrijeme ekspozicije, veće su šanse da fotografija bude mutna. Najmanja vrijednost na koju se brzina zatvarača može podesiti ako kamera ne stoji na stativu je 1/60. Još neki primjeri korištenja određenih vrijednosti brzine zatvarača nalaze se u tablici ispod. [9]

Brzina zatvarača	Primjeri korištenja u praksi
1 - 30+ sekundi	Za noćne fotografije i fotografije sa slabijim osvjetljenjem s upotrebom stativa.
2 - 1/2 sekunde	Kod pejzaža s upotrebom stativa.
1/2 to 1/30 sekunde	Za fotografiranje objekata u kretanju sa zamućenim efektom. Također je preporuka korištenje stativa.
1/50 - 1/100 sekunde	Za klasične fotografije fotografirane iz ruke.
1/250 - 1/500 sekunde	Za zamrzavanje svakodnevnih sportskih / akcijskih kretanja.
1/1000 - 1/4000 sekunde	Za fotografiranje ekstremno brzih akcija.

Tablica 2.2. Primjeri brzine zatvarača i njihovog korištenja u praksi

2.3.2. Otvor blende

Otvor blende kontrolira područje kroz koje svjetlo može proći kroz objektiv kamere. Definira se vrijednošću F-stop. Što je veći F broj, manji je otvor blende. Veličina otvora blende fotoaparata određuje dubinsku oštrinu kod fotografije, odnosno raspon udaljenosti nad kojim se predmeti pojavljuju u oštrom fokusu. Niže F-stop vrijednosti rezultiraju plitkom dubinskom oštrinom, dok visoke F-stop vrijednosti rezultiraju velikom dubinskom oštrinom. [9]

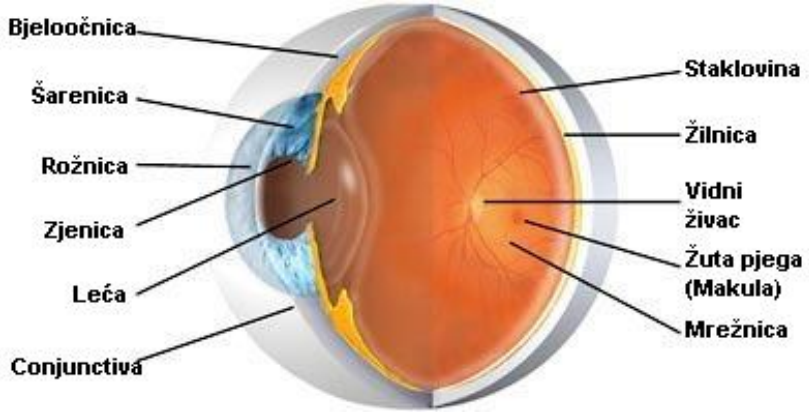
2.3.3. ISO vrijednost

ISO vrijednost određuje koliko je fotoaparat osjetljiv na upadajuće svjetlo. Pošto velike ISO vrijednosti mogu narušiti kvalitetu fotografije, poželjno je da ta vrijednost bude postavljena na što niže brojke. Ova vrijednost se obično povećava u slučaju ako nije moguće postići balans brzine zatvarača i otvora blende kako bi fotografija bila tehnički ispravna. Klasične ISO vrijednosti su 100, 200, 400 i 800, iako mnogi fotoaparati nude i manje i veće vrijednosti kao opciju. Ne preporučuje se ići iznad vrijednosti od 1600. [9]

3. Oko

Oko je parni organ okruglog oblika. Kako na njega upada svjetlost iz okoline, može se reći da ima funkciju receptora svjetlosnih podražaja koji zatim putuju do centra za vid smještenog u velikom mozgu u kojem nastaje slika. [10]

3.1. Građa ljudskog oka

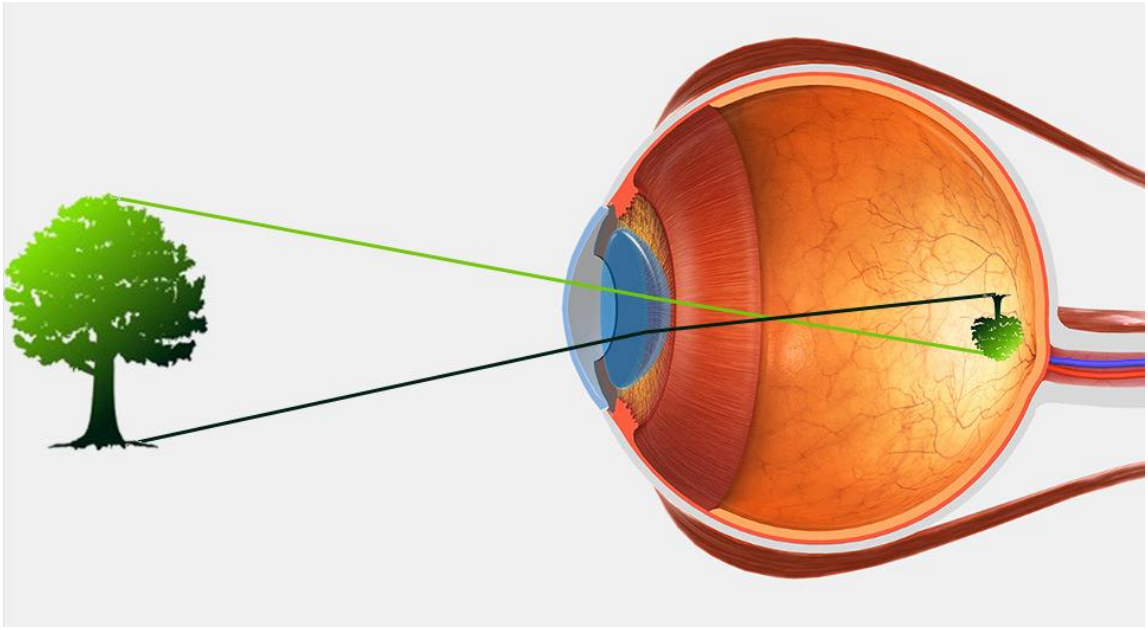


Slika 3.1. Građa ljudskog oka

Rožnica je prozirni dio oka koji čini sastavni dio vanjske očne ovojnice. Ima ulogu refrakcije jer zbog svoje zakrivljenosti djeluje kao jaka konvergentna leća. Refrakcija oka definira se kao lom svjetlosti koji nastaje ulaskom svjetlosti kroz rožnicu i leću, a ovisi o veličini i jakosti oka. Šarenica je uz zjenicu dio oka zaslužan za kontroliranje količine svjetlosti koja upada u oko, a uz to samom oku daje boju. Šarenica koja u sebi ima više pigmenta je tamnija (smeđa), a ona koja ima manje pigmenta je svjetlija (zeleno-plava). Zjenica je centralni otvor u šarenici pomoću čije veličine se zapravo kontrolira količina svjetlosti koja upada u oko. Leća fokusira svjetlost koja ulazi u oko na stražnji dio oka gdje tada nastaje umanjena i obrnuta slika. Mrežnica je dio unutarnje očne ovojnice i zaslužna je za osjet svjetla. Prekriva velik dio unutrašnjosti oka što omogućava široko vidno polje. Kod mlađih ljudi širina vidnog polja iznosi oko 175°, dok kod starijih ljudi iznosi 139°. Žilnica zbog svoje bogate vaskularne mreže ima ulogu prehrane mrežnice, a staklovina ispunjava veći dio unutrašnjosti očne jabučice i nalikuje bjelanjku jajeta. [10]

3.2. Osjetilo vida

Vid je osjetilo kojim se zamjećuju različite karakteristike objekata koje promatrač gleda, a nastaje podražajem fotoreceptora u oku promatrača. Za osjet vida potrebna su tri dijela, oko, vidni živac i centar za vid u kori velikog mozga. Neke od karakteristika koje objekt može posjedovati su veličina, oblik, boja, udaljenost, kretanje i dr. Zrake svjetlosti koje potiču iz nekog izvora ili se odbijaju od neke okolne površine osvijetljenih objekata se lome, prolaze kroz prozirne dijelove oka i zatim dolaze u mrežnicu. Na stražnjoj strani mrežnice nalaze se slijepa i žuta pjega. U žutoj pjegi nastaje obrnuta, umanjena oštra slika promatranih predmeta. Ta slika koja je nastala zatim stvara podražaj u fotoreceptorima, odnosno štapićima i čunjićima. Oni su osjetljivi na valne duljine od približno 380 nm pa do 750 nm pa zato upravo te valne duljine čine vidljivi spektar ljudskog oka. [11]



Slika 3.2. Vizualni prikaz umanjene obrnute slike koja nastaje u žutoj pjegi

Mrežnica je građena od štapića i čunjića. U odnosu na čunjiće, štapići su zastupljeniji u mrežnici ljudskog oka i ima ih oko 120 milijuna. Specijalizirani su za gledanje po mraku i raspoznavanje pokreta. Svi imaju jednaku spektralnu osjetljivost, što znači da oni ne raspoznaju boje. Čunjići su specijalizirani za precizan vid te raspoznavanje pokreta i boja. Ima ih 6.5 milijuna, a prema vrsti pigmenta koji raspoznaju može ih se podijeliti u tri vrste:

- L čunjići koji maksimalno apsorbiraju crvenu svjetlost valne duljine 560nm,
- M čunjići koji maksimalno apsorbiraju zelenu svjetlost valne duljine 530nm,
- S čunjići maksimalno apsorbiraju plavo-ljubičastu svjetlost valne duljine 430nm,

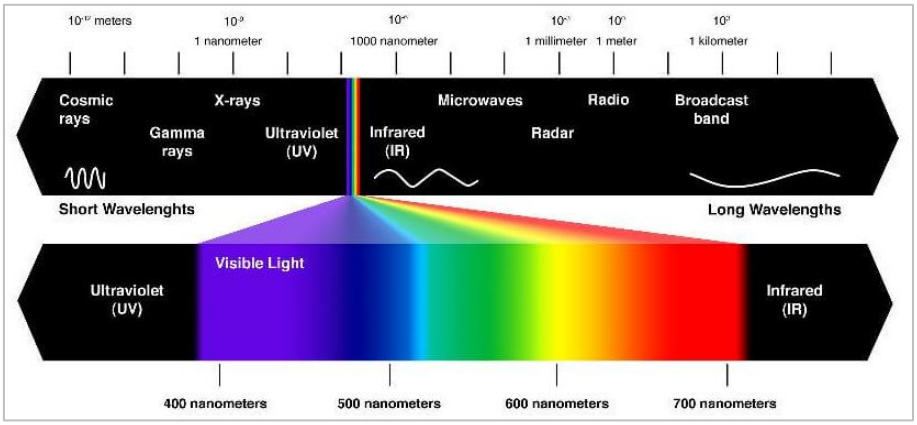
Nakon što fotoreceptori prikupe potrebne informacije iz ljudskog oka, u fotoreceptorskim stanicama dolazi do pretvorbe svjetlosne energije (elektromagnetskih zračenja u rasponu 380nm-760nm) u kemijsku energiju što zatim izaziva bioelektricitet koji se u obliku živčanog impulsa prenosi vidnim živcem do vidnih središta u moždanog kori. [10] [12]

3.2.1. Boja i spektar boja vidljiv ljudskom oku

Pojam boja može se definirati s obzirom na tri različita aspekta:

1. materijalno – nositelj obojenja,
2. fizikalno – fizikalno mjerljiv podražaj definiran određenom dominantnom valnom duljinom svjetlosti unutar vidljivog dijela spektra koji uzrokuje percepciju boje,
3. apstraktno – osjet u čovjeku izazvan percepcijom svjetlosti emitirane, reflektirane ili transmitirane iz nekog izvora svjetla, na temelju čega su boje dobile imena.

Dinamički raspon ljudskog oka je u rasponu od 380nm do 760nm. Svaka pojedinačna vrijednost valne duljine daje određenu boju. Oko percipira neki predmet kao ljubičasti ako on zrači valnom duljinom između 380nm i 450nm, modri između 450nm i 500nm, zeleni između 500nm i 570nm, žuti između 570nm i 600nm, narančasti između 600nm i 620nm te crveni između 620nm i 760nm. Prijelazi između nijansi boja su postepeni. [13]



Slika 3.3. Spektar boja vidljiv ljudskom oku

Boja nekog predmeta koju oko percipira ovisi o apsorpcijskim i reflektirajućim svojstvima tog predmeta. Predmet je bijele boje ako u jednakoj mjeri reflektira sve valne duljine sunčeve svjetlosti, a crne boje ako u potpunosti apsorbira takvu svjetlost. Bijela i crna se ne ubrajaju u prave, kromatske boje. Pošto one nemaju svoje specifično područje valnih duljina, nego ovise o stupnju osvijetljenosti i sposobnosti površine da slabije ili jače apsorbira valna područja bijele svjetlosti, njih ubrajamo u akromatske boje. [13]

Promatrani predmet će biti neke određene (kromatske) boje ako njegova površina na određenom valnom području apsorbira bijelu svjetlost. Predmet će biti one boje koju reflektira, dok predmet istovremeno apsorbira boje komplementarne reflektiranom dijelu spektra. Npr. predmet će pod bijelim svjetlom biti crveni ako najviše apsorbira modro-zeleni dio spektra, a najviše reflektira dio spektra koji odgovara crvenoj boji. [13]

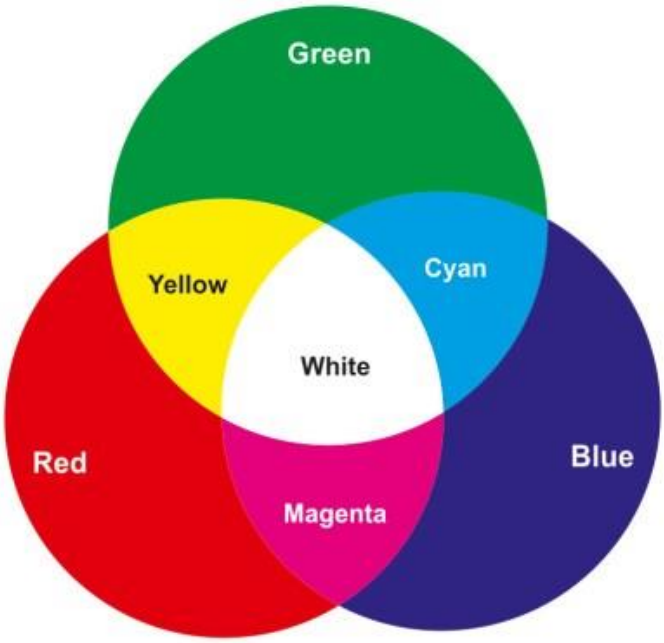
Svaka boja ima psihofizičke karakteristike, odnosno ono što promatrač osjeća i fizičke karakteristike, odnosno ono što se može izmjeriti instrumentom. [13]

Psihofizičke karakteristike:	**Fizičke karakteristike:**
Ton – ovisi o valnoj duljini emitiranog zračenja	Dominantna valna duljina
Svjetlina – ovisi o intenzitetu zračenja	Svjetlina
Zasićenost – udio čiste boje sadržane u elektromagnetskom valu	Čistoća pobude

Tablica 3.1. Tablica psihofizičkih i fizičkih karakteristika boje

3.2.2. Aditivno miješanje boja

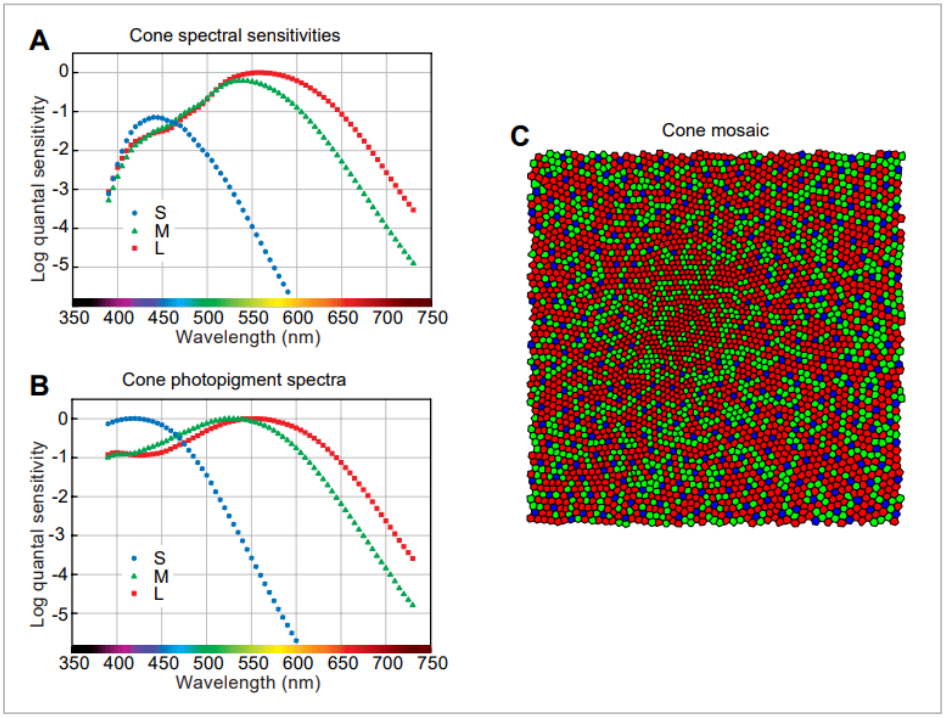
Aditivno miješanje boja još se naziva i aditivna sinteza, a temelji se na dodavanju pojedinih valnih duljina. Dodavanjem određenog omjera crvene, zelene i/ili plave svjetlosti dobiva se određena boja. Na isti ovaj način nastaju različite boje u ljudskom oku. Miješanjem crvene i zelene svjetlosti nastaje žuta boja. Miješanjem zelene i plave svjetlosti nastaje plavo-zelena (*engl. cyan*), a miješanjem plave i crvene svjetlosti nastaje ljubičasta (*engl. magenta*). Miješanjem žute, *cyan* i *magente* nastaje bijela svjetlost. [14]



Slika 3.4. Aditivna sinteza

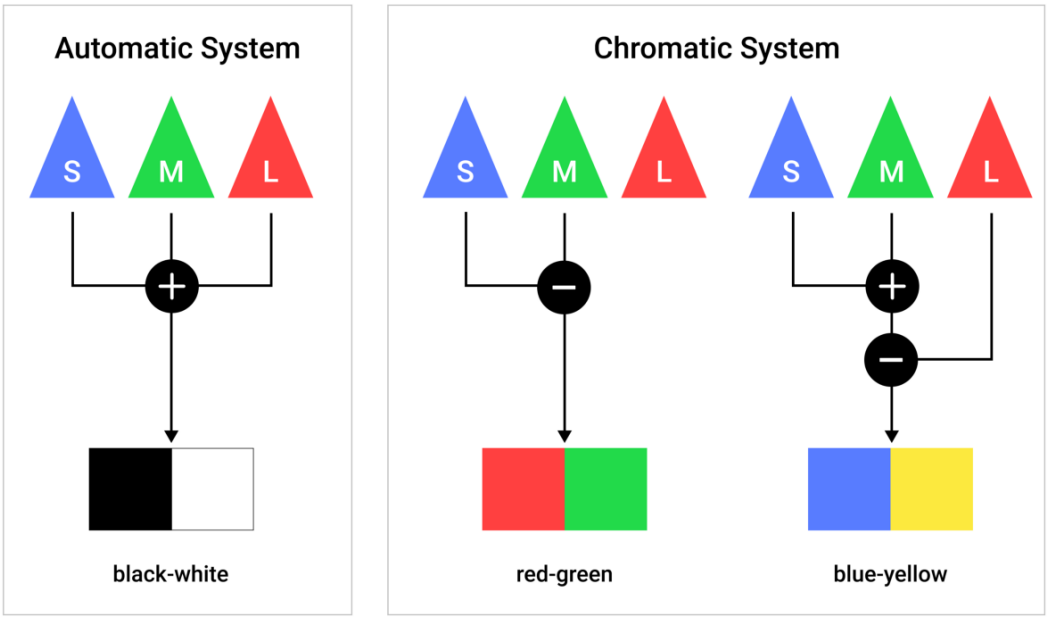
3.2.3. Trikromatska teorija viđenja boja (Young-Helmholtzova teorija)

Boja je percepcija temeljena na valnoj duljini. Pri promjeni valne duljine stimulusa, mijenja se i njegova boja. Raniji istraživači tvrdili su da je svaka boja definirana čunjićem koji je osjetljiv na tu određenu boju. S obzirom na to da ljudi imaju sposobnost percipirati više tisuća boja, to bi značilo da se u oku nalaze tisuće različitih čunjića za svaku posebnu boju. 1802. godine Thomas Young je predložio alternativni model za percipiranje boja. Smatrao je da gotovo nije moguće da svaka točka u mrežnici koja je osjetljiva u sebi ima beskonačnu količinu čestica od kojih svaka ima sposobnost držati savršeni sklad vibracija sa svakom mogućom valnom duljinom. Pretpostavio je da postoje tri receptora od kojih svaki percipira jednu od osnovnih boja, crvenu, zelenu i plavu. Miješanjem tih boja u različitim omjerima nastaju druge boje. Young je ovim formulirao teoriju na kojoj se temelji moderna znanost o percepciji oka. Ova teorija naziva se trikromatska teorija. [15]



Slika 3.5. Prikaz spektralne osjetljivosti i rasporeda čunjića u mrežnici

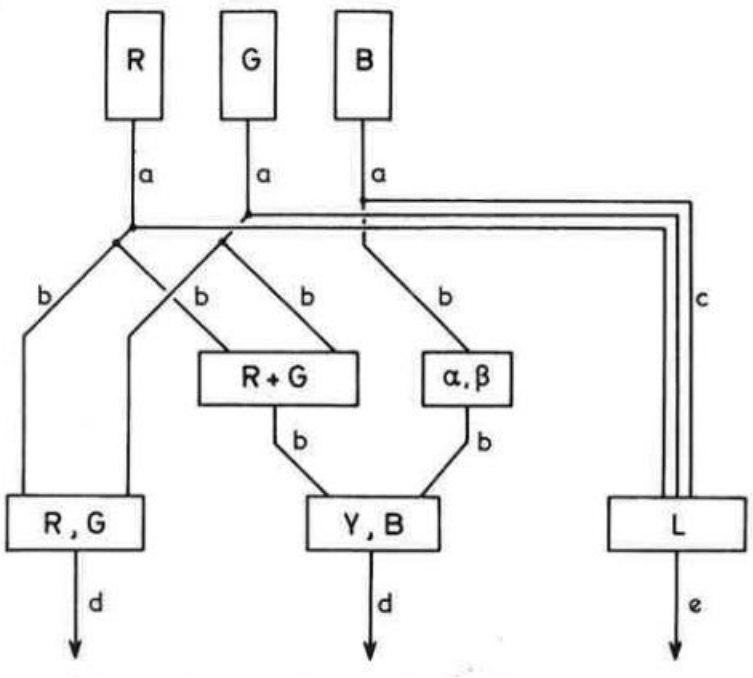
3.2.4. Teorija suprotnih procesa (Heringova teorija)



Slika 3.6. Teorija suprotnih procesa

Ova teorija nalaže da se u oku nalaze čunjići koji djeluju u parovima: crveno-zeleni, plavo-žuti i crno-bijeli. Ako je jedan član para aktivan, drugi se ne može aktivirati. Razlog zašto je nastala ova teorija je činjenica da se kod sljepila na crvenu i zelenu boju miješaju crveni i zeleni tonovi, a kod sljepila na plavu boju se miješaju plavi i žuti tonovi. Ova teorija u praksi ne objašnjava viđenje svih boja. Ova teorija često se koristi u suvremenoj kolorimetriji. [16]

3.2.5. Zonska teorija (moderna Heringova teorija)



Slika 3.7. Shema zonske teorije

Zonska teorija zapravo obuhvaća trikromatsku teoriju i teoriju suprotnih procesa. Ova teorija nalaže da postoje tri vrste čunjića, kao u triktomatskoj teoriji, ali da su apsorpcijske krivulje korigirane za apsorpciju oka. Signal za svjetlinu, L, je zbroj doprinosa osvjetljenja svakog čunjića nakon prolaska kroz kanale *a* i *c* i transmitira kroz kanal *e*. Kromatske informacije prolaze kroz kanal b. Informacije o crveno-zelenim tonovima putuju do crveno-zelenog centra, a nakon toga putem kanala d do mozga. Žuti (Y) signal se smatra posljedicom crvenog i zelenog signala (R + G = Y). On putuje do žuto-plavog centra te zatim žuto-plavi signal ide do mozga. Plavi signal ima slab doprinos za ukupnu svjetlinu, ali što se kromatičnosti tiče ima veću vrijednost od crvenog i plavog signala. Ovaj model primjenjiv je i za sljepilo na boju. [17]

3.2.6. Percepcija boje

Za ostvarivanje doživljaja, odnosno percepcije boje, potrebno je zadovoljiti tri uvjeta:

1. izvor svjetlosti – neophodan za ljudski vid,
2. obojeni objekt i njegova sposobnost apsorpcije, refleksije i transmisije svjetlosti,
3. osjetilo vida i vidni sustav čovjeka.

Svaki od ova tri uvjeta mora biti zadovoljen kako bi čovjek mogao vidjeti, odnosno percipirati neku boju. Ukupni proces nastajanja boje u smislu psihofizičkog doživljaja, odnosno vizualna percepcija boje dijeli se u tri procesa:

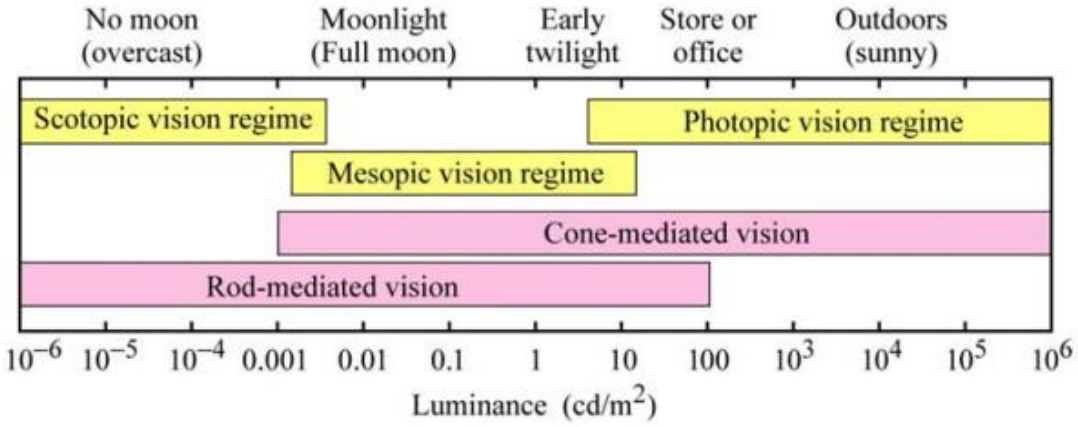
1. podražaj boje – spada u područje fizike,
2. osjet boje – spada u područje fiziologije,
3. doživljaj boje – spada u područje psihologije.

Podražaj se odnosi na objekt, a temelji se na apsorpciji, refleksiji i transmisiji koje čine spektralne karakteristike izvora svjetla i objekta. Ključni element za osjet boje je oko, odnosno štapići i čunjići, a za doživljaj boje odgovoran je centar za vid u mozgu. [10]

Da je boja subjektivan podražaj dokazuje činjenica da podražaje istih valnih duljina ljudi različito percipiraju. Razlozi variraju od kulturoloških do bioloških. Stariji i mlađi ljudi ne percipiraju boje jednako, osobe koje rade s bojama često percipiraju više nijansi od drugih ljudi, a postoji razlika i u samom spolu. Provedeno je istraživanje u kojem su znanstvenici došli do zaključka da muškarci i žene ne vide boje jednako. Ispitanici su u sklopu istraživanja morali dodijeliti određeni postotak zasićenja određenoj nijansi crvene, zelene i plave boje. Rezultati istraživanja pokazali su da su žene mogle bolje raspoznati razlike u kromatičnosti u odnosu na muškarce, a pogotovo u žuto – zelenom području spektra. U sklopu ovog istraživanja žene i muškarci su testirani i na uočavanje razlika u svjetlini boja. U ovom području su muškarci pokazali bolje rezultate od žena. [18]

3.3. Režimi gledanja

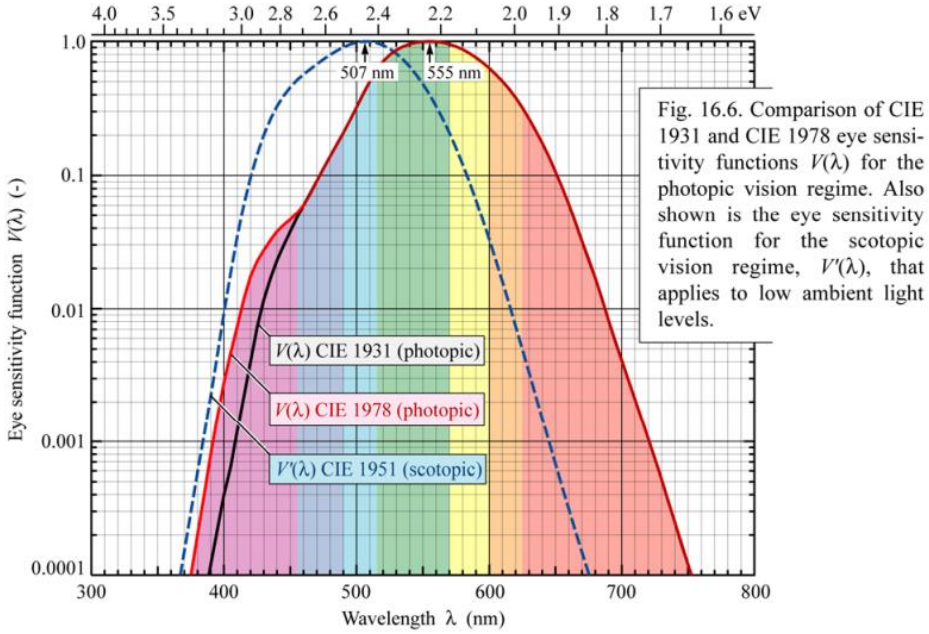
Postoje tri različita režima gledanja. Fotoptički vid podrazumijeva gledanje u uvjetima jakog osvjetljenja, odnosno preko dana gdje su čunjići najaktivniji. Ovaj režim gledanja aktivan je kada je razina luminancije iznad 3 cd/m^2. Skoptički vid podrazumijeva gledanje u uvjetima slabog osvjetljenja. U ovom režimu najveću aktivnost imaju štapići te upravo zbog toga ljudi po noći slabije vide boje. Razina luminancije u skoptičkom režimu iznosi manje od 0.003 cd/m^2. Mezoptički režim je režim koji se po iznosu luminancije nalazi između fotoptičkog i skoptičkog režima. [19]



Slika 3.8. Prosječni rasponi aktivnosti receptora u određenom režimu vida

3.4. Spektralna osjetljivost receptora

1924. godine CIE je predstavila funkciju spektralne osjetljivosti ljudskog oka za fotoptički režim za točkaste izvore svjetlosti i kut gledanja od 2°, pod nazivom V(λ) koja se koristi kod modela boja CIE 1931 V(λ). Ova funkcija je trenutni standard u SAD-u. 1978. godine je nastala modificirana funkcija ovog modela pod nazivom CIE 1978 V(λ). Modifikacija je nastala zbog podcjenjivanja osjetljivosti ljudskog oka u ljubičasto-plavom području spektra, točnije u području valnih duljina ispod 460nm. Preferira se korištenje ove funkcije za mjerenje luminancije kod kraćih valnih duljina. [19]

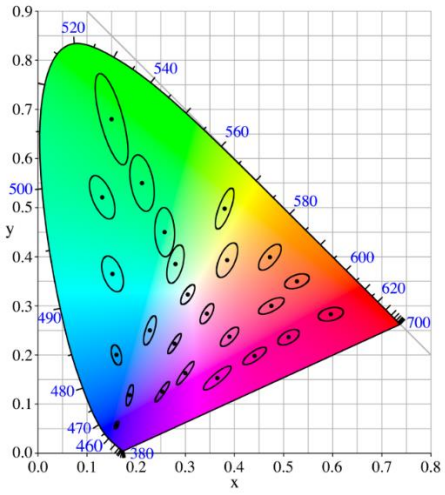


Slika 3.9. Usporedba CIE 1931 i CIE 1978 funkcija za spektralnu osjetljivost oka

Najveća osjetljivost u fotoptičkom režimu nalazi se u području zelene boje na 555nm. Na slici se može vidjeti spomenuto podcjenjivanje spektralne osjetljivosti oka plavo-ljubičastom području na valnim duljinama ispod 460nm. Vrhunac osjetljivosti u skoptičkom režimu gledanja nalazi se na 507nm, što je znatno manje u odnosu na Fotoptički režim gledanja. Iako znanstvenici preferiraju CIE 1978 funkciju, ona se ne smatra standardom zbog praktičnih razloga jer vrlo lako mogu nastati problemi dvosmislenosti kod mijenjanja standarda. [19]

3.4.1. CIE modeli boja

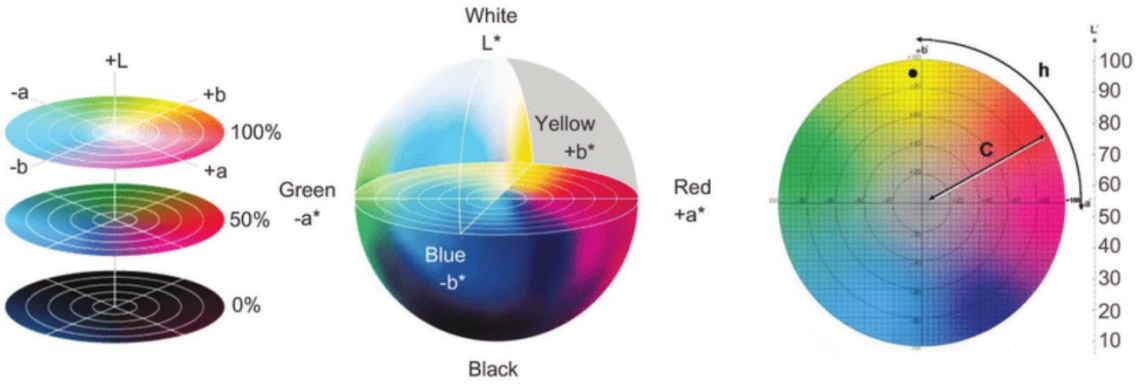
CIE model boja je model razvijen od strane CIE organizacije, a bazira se na vidu standardnog promatrača čiji kolorni vid reprezentira normalan vid ljudske populacije. Prvi model boja objavljen je 1931. godine, zajedno s CIE 1931 V(λ) funkcijom spomenutom u prethodnom poglavlju. U ovom prostoru boja, boje su definirane koordinatama X, Y i Z. Ove tristimulusne vrijednosti daju udio svaka od tri primara koji sačinjavaju neku određenu boju. X vrijednost u ovom modelu boja definira udio crvene ili zelene boje, Y vrijednost prikazuje svjetlinu, a Z vrijednost definira udio plavo-žutih tonova. Na rubovima dijagrama nalaze se boje s maksimalnim zasićenjem, u unutrašnjosti dijagrama se boje miješaju, dok se u samom centru nalazi bijela boja. Poznat je i pod nazivom CIE RGB, a sam prikaz je trodimenzionalan. [20]



Slika 3.10. CIE XYZ model boja

Konkretno na ovom dijagramu nalaze se elipse. Te elipse označavaju područja boja koja ljudsko oko percipira kao iste. To znači da u području zelene boje, gdje su elipse veće, oko neće percipirati neke veće razlike u promjeni svjetline, dok npr. u području plavog dijela spektra oko percipira manje razlike u promjeni svjetline. To znači da ovaj model boja nije perceptualno uniformiran. Prostor boja je perceptualno uniformiran ako se promjena vrijednosti na X osi jednako percipira kod čovjeka. Neuniformirani prostori boja imaju odstupanja u prijelazu između boja. [21]

Kako bi se riješio problem uniformiranosti prostora boja, kreiran je CIE HCL model boja. HCL model boja još se naziva i L*C*h. Prikazan je u kružnom dijagramu kakav se može vidjeti ispod teksta. U ovom sustavu boja vrijednost L* predstavlja svjetlinu, vrijednost C* ton, a h vrijednost stupanj zasićenja. Vrijednost C* se gleda kao udaljenost od L* osi, a mjeri se od centra u kojem je L* vrijednost jednaka nuli. Stupanj zasićenja mjeri se od +a* osi i izražava se u stupnjevima (npr., 0° je +a*, ili crvena boja, a 90° je +b, ili žuta boja). [22]



Slika 3.11. CIE HLC prostor boja

3.5. Dinamički raspon ljudskog vida

Dinamički raspon ljudskog vida je raspon između najjačeg svjetlosnog podražaja koji uzrokuje potpunu bjelinu u receptorima, ali ne uzrokuje oštećenja i najmanjeg mogućeg svjetlosnog stimulusa. Smatra se da je dinamički raspon ljudskog vida 0.6 do 10 cd/m^2 za skoptički režim gledanja, a 0.01 do 108 cd/m^2 za fotoptički režim gledanja. Kao i kod drugih uređaja, oko nije sposobno percipirati sve te raspone odjednom, ono može percipirati samo jedan dio svjetlosti. Dinamički raspon se često izražava kao F-stop. Raspon ljudskog vida iznosi više od 12.3 F-stopa.

Ljudsko oko se dinamički prilagođava drugačijim uvjetima osvjetljenja kako bi poboljšalo vid. Tri su glavne prilagodbe su prilagodba na mrak, prilagodba na svjetlo i kromatska prilagodba.

Prilagodba na mrak se događa kada se smanji iznos luminancije, odnosno bude mrak. Ljudsko oko se prilagođava tako što se smanjuje osjetljivost čunjića, a povećava osjetljivost štapića. Potpuna prilagodba postiže se tek nakon pola sata.

Prilagodba na svjetlo slična je prilagodbi na mrak. Razlika je u tome što se vizualna osjetljivost smanjuje s povećanjem luminancije. Ova prilagodba puno brže nastupa, postiže se u roku 5 do 10 minuta.

Kromatska prilagodba se definira kao vizualni process gdje se događa kompenzacija promjena u podražaju boja, a posebno u slučaju promjene svjetline. Ova prilagodba služi za kontroliranje osjetljivosti pojedinog čunjića, a cilj joj je da se pod različitim uvjetima osvjetljenja očuva izgled objekta. Smatra se najvažnijim mehanizmom adaptacije u viđenju boja. Događa se jako brzo, u rasponu između nekoliko milisekundi pa do dvije minute. Za primjer jedne adaptacije može se uzeti bijeli papir. Ako se promatra obični bijeli papir pod slabijim, normalnim i jakim osvjetljenjem, on i dalje ostaje bijel. To se događa zbog prilagodbe čunjića na razinu osvjetljenja. [23]

4. Sljepilo na boje

Sljepilo na boje definira se kao potpuna ili parcijalna nemogućnost raspoznavanja boja. Kao što je spomenuto u poglavlju 3.2.3., u mrežnici postoje tri vrste fotoreceptora, po jedan za svaku osnovnu boju. Osoba s trikromatskim vidom ima sva tri pigmenta u pravilnim omjerima. Osobe koje imaju sljepilo na boje mogu se podijeliti u tri skupine:

- monokromati → osobe koje uopće ne razlikuju boje,
- dikromati → osobe koje ne vide jednu boju, ali razlikuju druge dvije osnovne boje,
- anomalni trikromati → osobe koje slabije raspoznavaju jednu od osnovnih boja, dok osjet za ostale boje ostaje sačuvan. [2] [15]

Najčešći oblik sljepila na boju je protanomalija, odnosno oslabljena sposobnost prepoznavanja crvene boje, a slijede ju protanopija, što je sljepilo na crvenu boju i deuteranopija, što je naziv za sljepilo na zelenu boju. Bilo da osoba pati od protanopije ili deuteranopije, u oba slučaja osoba ima poteškoće u razlikovanju crvene i zelene boje.

Neki od simptoma sljepila na boje su nemogućnost razlikovanja tonova boja, svjetline boja i nijansi. Kod nekih ljudi simptomi mogu biti toliko blagi da ih oni niti ne primjećuju pa često nisu ni svjesni da imaju sljepilo na boje.

Poremećaji pri prepoznavanju boja mogu biti urođeni ili stečeni. Urođeni poremećaji su zapravo greške nastale u receptorima mrežnice i češće su uzrok sljepila na boju, a stečeni nastaju kao posljedica bolesti, starenja ili novonastalih oštećenja oka ili mozga. Diljem svijeta 8% muškaraca i 0.5% žena ima sljepilo na boju. [2] [24]

Sljepilo na crvenu i zelenu boju se prenosi X kromosomom. Pošto muškarci imaju samo jedan X kromosom, podložniji nasljeđivanju ovih poremećaja od žena. Da bi žena naslijedila sljepilo na crvenu i zelenu boju, oba roditelja moraju imati sljepilo na boje, odnosno oba X kromosoma moraju nositi gen za sljepilo na crvenu ili zelenu boju. Drugi tipovi sljepila na boju se prenose drugim kromosomima pa se zato pojavljuju i kod muškaraca i kod žena u jednakom omjeru. [25]

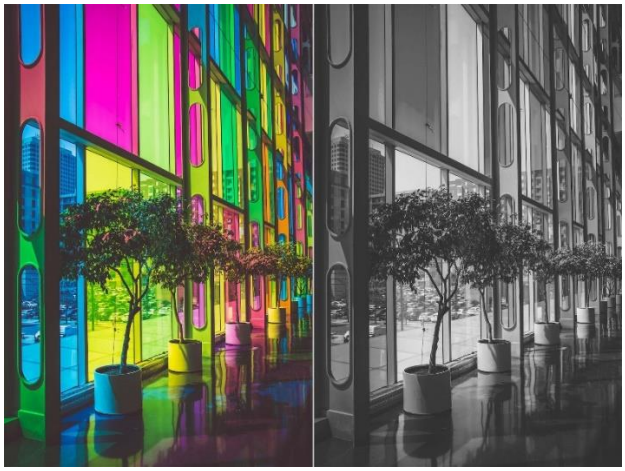
4.1. Monokromazija

Monokromazija ili akromatopsija je urođena anomalija u kojoj osoba posjeduje akromatski, bezbojni vid. Osoba s ovim poremećajem sve oko sebe će vidjeti u nijansama sive boje. Ovaj poremećaj je vrlo rijedak, ima ga 1 od 33,000 osoba i obično nastaje kao posljedica bolesti. Monokromati vide boje u smislu svijetla i tamna nijansa sive, kao što je vidljivo na slici ispod. Postoji više vrsta monokromazije:

1. monokromazija nastala kao posljedica činjenice da osoba u mrežnici ima samo štapiće (jako rijedak poremećaj)
2. monokromazija nastala kao posljedica funkcioniranja samo jedne vrste čunjića (monokromazija S čunjića)

Iako monokromati ne razlikuju boje u nekim uobičajenim situacijama, mogu se naučiti prepoznavati veće razlike zasićenju boje pomoću sekundarnih znakova boje, kao što je npr. kromatska aberacija. Ona mijenja veličinu, oštrinu i prividnu dubinu objekata u skladu s njihovim zasićenjem. [15]

U noćnim uvjetima kada nastupa skoptički režim gledanja svi ljudi zapravo postaju monokromati. Monokromati imaju problema s percepcijom i razlikovanjem objekata, nešto slično kao svi ljudi po mraku, pa zato moraju nositi tamne naočale i u zatvorenim prostorima s normalnim svjetlosnim uvjetima. [26]



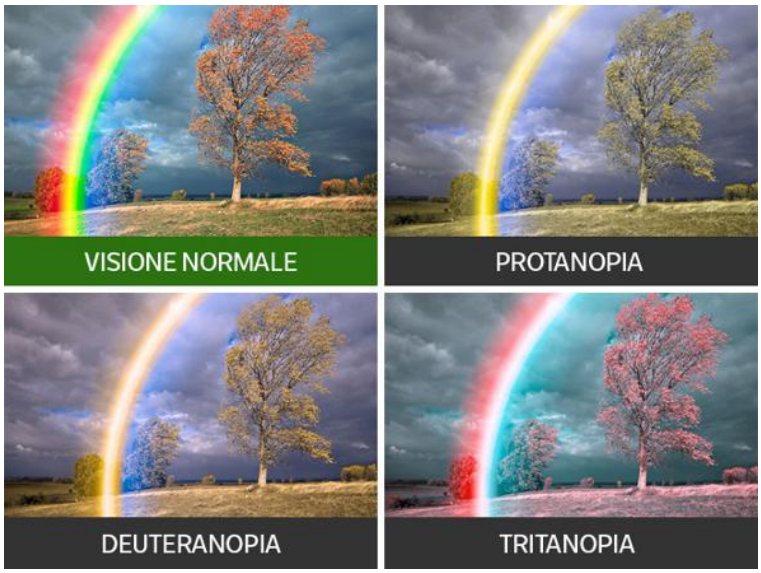
Slika 4.1. Prikaz monokromatskog vida

4.2. Dikromazija

Dikromazija je poremećaj u viđenju boja kod kojeg je osoba sposobna raspoznati samo dvije boje, odnosno svi podražaji boje izjednačavaju se odgovarajućim miješanjem dva primarna podražaja. Dikromazija je zapravo nedostatak sposobnosti da se vidi specifičan dio svjetlosnog spektra koji se ne može percipirati. S obzirom na vrstu nedostatka dikromazija se dijeli na:

1. tritanopija → sljepilo na plavu boju nastalo nedostatkom S čunjića u mrežnici,
2. deuteranopija → sljepilo na zelenu boju nastalo nedostatkom M čunjića u mrežnici,
3. protanopija → sljepilo na crvenu boju nastalo nedostatkom L čunjića u mrežnici.

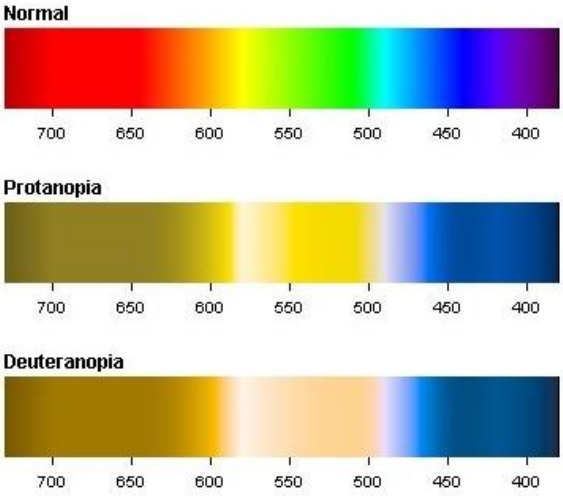
Dijelovi svjetlosnog spektra kojeg "crveni" i "zeleni" čunjići percipiraju se preklapaju pa zato kod protanopije i deuteranopije dolazi do miješanja tih boja. [15] [27]



Slika 4.2. Vizualni prikaz vrsta dikromazije

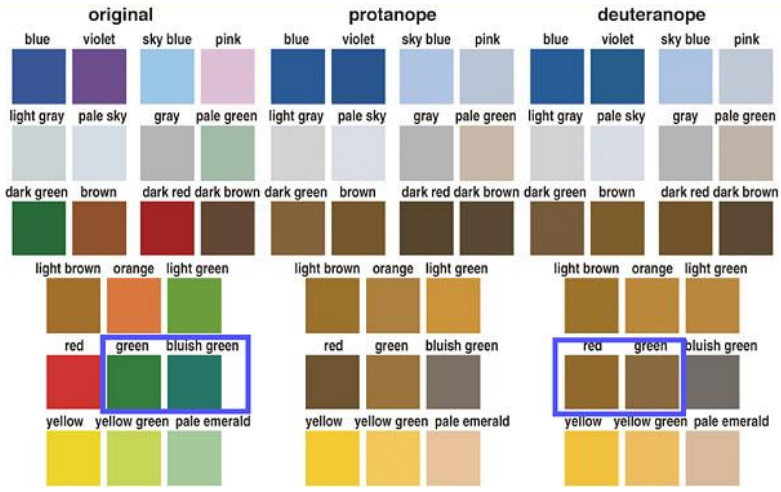
Dikromati ne moraju biti podvrgnuti kolornim testovima da bi znali za ovu manu. Često su svjesni da je imaju odmalena zbog greški u procjeni boja. U svakodnevnom životu oni nisu sposobni raditi u zanimanjima gdje je potrebno dobro poznavanje boja, poput zanimanja vezana za promet. [15]

4.2.1. Spektar boja vidljiv protanopima i deuteranopima



Slika 4.3. Spektar boja vidljiv protanopima i deuteranopima

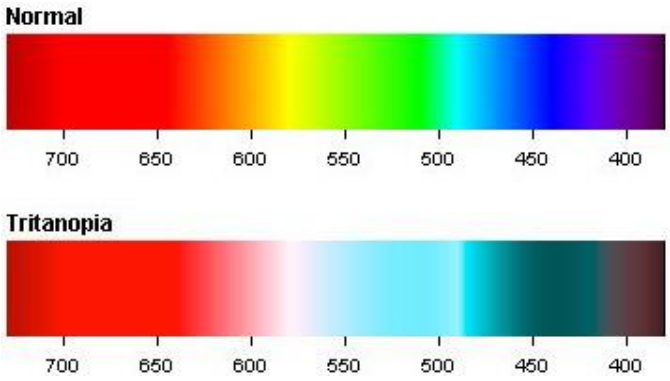
Osobama koje pate od protanopije teško je razlikovati crvenu i zelenu boju slične svjetline i nijanse između zeleno-žute i žute boje. Oni zbog činjenice da je L čunjić koji pokriva najveći dio crvenog dijela spektra defektan, crvenu boju percipiraju kao dosta tamniju. Tamno crvene tonove percipiraju skoro kao crne. Suprotno tome, deuteranopi i dalje vide zelene tonove, iako su i M čunjići defektni. Do toga dolazi zbog činjenice da je dio zelenog spektra pokriven crvenim i plavim čunjićima koji su osjetljivi na tom području. [28]



Slika 4.4. Kombinacije boja koje protanopi i deuteranopi teže prepoznaju

Protanopima i deuteranopima je teško razlikovati boje koje u sebi sadrže crvene ili zelene komponente, npr. plavu i ljubičastu (plava + crvena), zelenu i smeđu, crvenu i smeđu. Također slabije raspoznaju slabo zasićene nijanse kao nebesko plavu i roza, sivu, blijedo plavu i blijedo zelenu. Kako bi kompenzirali nedostatak crvenih ili zelenih čunjića, ovi dikromati se više oslanjaju na informacije koje dobivaju od plavog čunjića, pa kao rezultat toga bolje raspoznaju nijanse plave boje. Kako bi kompenzirali slabo raspoznavanje tonova, ovi dikromati bolje uočavaju razlike u svjetlini i zasićenosti. [28]

4.2.2. Spektar boja vidljiv tritanopima

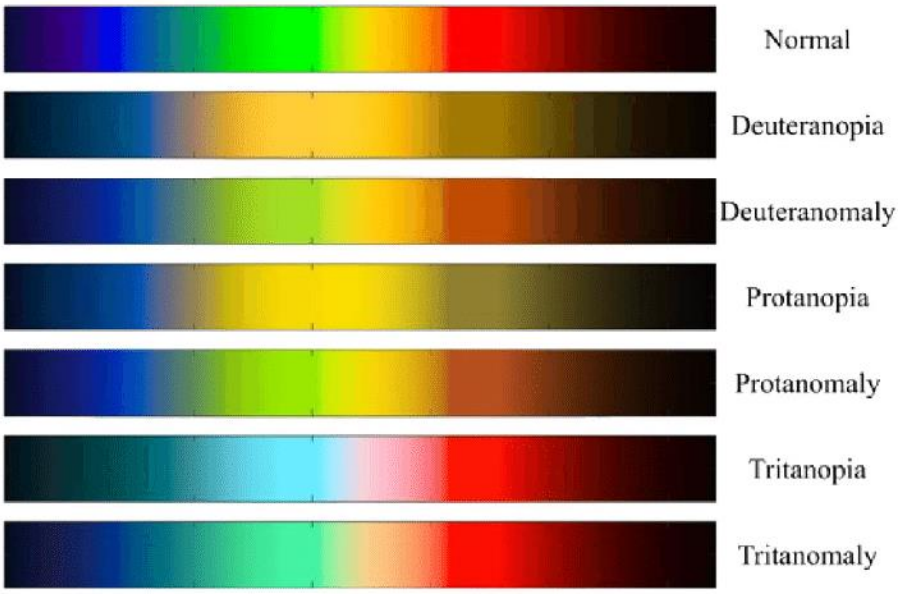


Slika 4.5. Spektar boja vidljiv tritanopima

Iako je ljudsko oko ima tri vrste čunjića ljudi se najčešće oslanjaju na informacije koje dobivaju iz crvenih i zelenih čunjića kako bi razlikovali boje. Doprinos informacija koje se percipiraju pomoću plavog čunjića je manji pa je zato vidljivi spektar boja kod osoba koje imaju tritanopiju sličniji osobama koje imaju normalan vid. Jedina razlika je u tome što slabije raspoznaju razlike između plavih i zelenih tonova. [28]

4.3. Anomalna trikromazija

Anomalna trikromazija smatra se najčešćim kolornim poremećajem u raspoznavanju boja. Očituje se tako što je percepcija na jednu od osnovnih boja u spektru oslabljena, dok je percepcija za ostale boje sačuvana. Jednostavnije rečeno osobe s ovim poremećajem vide sve boje, ali teže razlikuju njihove nijanse. Kod deuteranomala je slabija percepcija zelene boje, a kod protanomala percepcija crvene. [15]



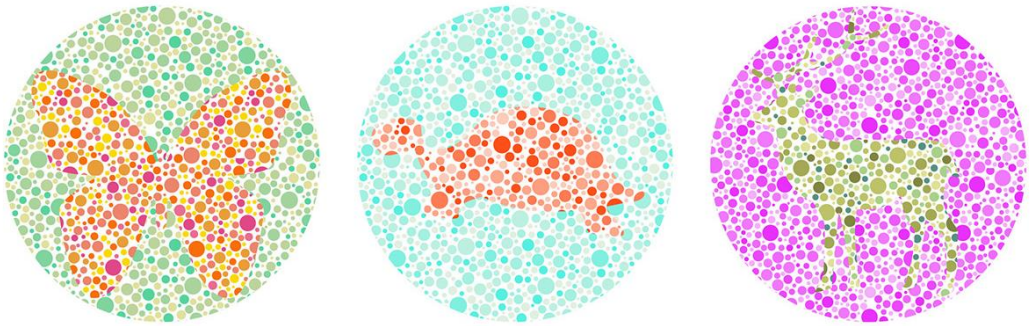
Slika 4.6. Usporedba tipova anomalne trikromazije s normalnim vidom i drugim tipovima sljepila na boje

4.4. Testovi za sljepilo na boju

4.4.1. Ishihara test

Ovaj test izumio je dr. Shinobu Ishihara, japanski oftalmolog 1917. godine. Sastoji se od niza obojenih ploča, tzv. Ishihara ploče, a svaka ploča sadrži krug ispunjen točkicama različitih veličina i boja. Unutar tog uzorka ispisani su brojevi jasno vidljivi osobama koje nemaju poremećaj prepoznavanja boja. Zbog nedostatka u poznavanju brojeva kod male djece, napravljene su verzije ovakvih testova na kojima se nalaze simboli kao što su kvadrat, automobil i sl. Cijeli test se sastoji od trideset osam ploča, iako je uočavanje nepravilnosti u prepoznavanju boja vidljivo već nakon nekoliko ploča. Postoji i manji test koji sadrži dvadeset četiri ploče. Ploče se ovisno o njihovom dizajnu dijele na:

- transformacijske ploče → pojedinci s defektnim viđenjem boje vide drugačiju sliku u odnosu na osobu bez poremećaja,
- ploče skrivenih znamenki → samo osobe s defektnim viđenjem boje mogu vidjeti što se nalazi na ploči,
- dijagnostičke ploče → namijenjene određivanju vrste poremećaja i težine neispravnosti vida (deuteranopija ili protanopija),
- ploče nestajanja → samo osobe bez poremećaja vida mogu vidjeti lik na ploči. [29]



Slika 4.7. Ishihara test za djecu

4.4.2. Farnsworth – Munsell 100 Hue Color Vision test

Farnsworth – Munsellov test razvio je Dean Farnsworth oko 1940. godine. Ovaj test ispituje sposobnost promatrača da uoči sitne razlike među nijansama boja, a sve te nijanse opisane su u Munsellovom sustavu boja. Postoje dvije varijante ovog testa, varijanta sa 100 boja i varijanta s 15 boja poznatija pod nazivom D-15.

Test od 100 nijansi sadrži četiri različita reda sličnih nijansi boja, od kojih svaki sadrži 25 pločica s bojama. Prvi red sadrži raspon od narančastih do magenta nijansi. Drugi red ide od žutih prema zelenim tonovima, treći red od plavih do ljubičastih, a četvrti red od ljubičastih do magenta nijansi. Boje na krajevima redova su fiksirane radi lakšeg snalaženja, a pozadina iza pločica je crna. [30]



Slika 4.8. Farnsworth – Munsell 100 Hue Color Vision test

Kraća varijanta testa, D-15, sastoji se od jednog reda s 15 neovisnih boja. Dok test od 100 nijansi više služi za mjerenje oštrine vida, D-15 test se najčešće koristi za dijagnosticiranje sljepila na boju. [30]

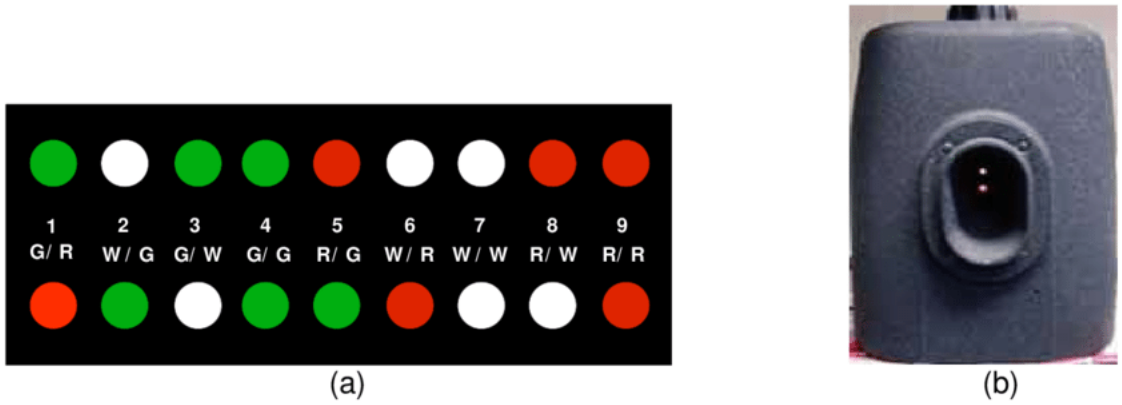


Slika 4.9. D-15 test

4.4.3. Lantern test

Farnsworth Lantern test, ili FALANT, jedan je od najboljih testova raspoznavanja boja. Ovaj test otkriva djelomično ili potpuno sljepilo na crveno-zelene tonove, ali nerijetko i na djelomično ili potpuno sljepilo na plavu boju.

Test se provosi tako da u uređaju svijetle dva vertikalno orijentirana svjetla crvenih, zelenih ili bijelih nijansi koja svijetle u raznim kombinacijama. Od korisnika se traži da definira boje koje u tom trenutku svijetle (mogu se pojaviti i dvije iste boje). Tijekom ispitivanja primjenjuju se devet parova boja i počinje se s kombinacijom crvene/zelene boje kako bi korisnik mogao vidjeti te dvije boje prije nego što vidi bijelo svjetlo, koje smanjuje ispitne greške. Test pokazuje boje na samo dvije sekunde, jer ljudi koji nedostaju boje ponekad mogu ispravno prepoznati boje s produženom izloženošću. [31]



Slika 4.10. Lantern test

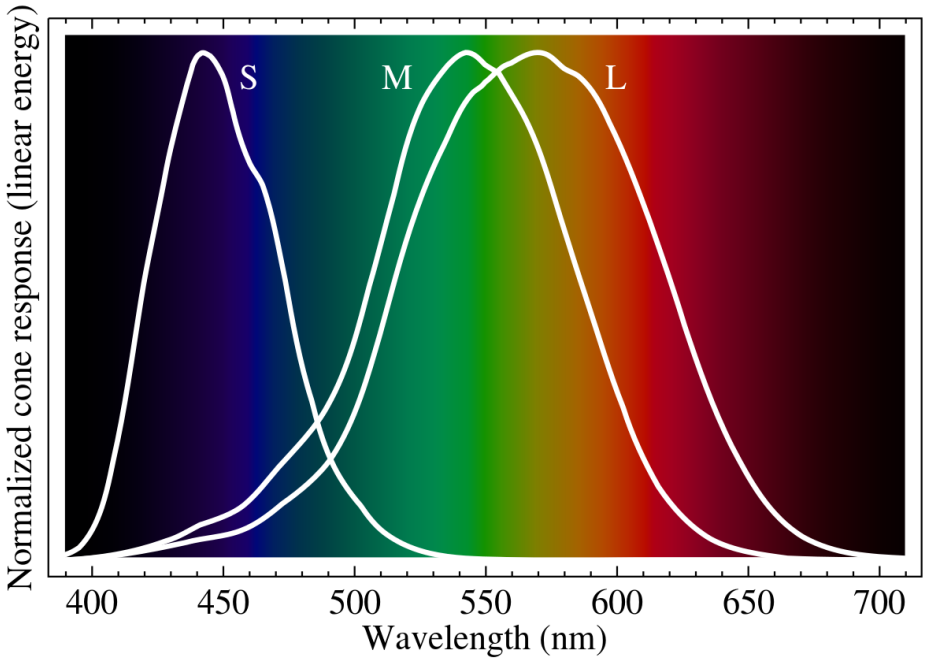
(a) kombinacije boja koje se koriste kod provođenja Lantern testa

(b) uređaj za provođenje Lantern testa

4.5. Tehnologije za smanjenje utjecaja sljepila na boje

4.5.1. Naočale za sljepilo na boju

U današnje vrijeme jedno od najčešćih pomagala za sljepilo na boje su “obojene” naočale. Sama ideja korištenja obojenih filtera potekla je od znanstvenika Thomasa Seebecka 1837. godine. Korištenjem crvenog i zelenog filtera, Seebeck je primijetio da pacijenti počnu razlikovati relativne svjetline različitih nijansi crvene i zelene boje. Crveni i zeleni filtri rezultat postižu blokiranjem valnih duljina u području između 540-580 nm, gdje se ujedno M i L čunjići preklapaju. Pri upotrebi filtera, fotoreceptori se aktiviraju individualno, ovisno o valnoj duljini upadajuće svjetlosti. Prvi par naočala za osobe sa sljepilom na boje razvio je znanstvenik Maxwell 1857. godine. Naočale su imale jednu leću obojene zelenom, a drugu leću crvenom bojom. Osobe koje su testirale ove naočale mogle su razlikovati prethodno neprepoznatljive boje. [32]



Slika 4.11. Područje preklapanja M i L čunjića

Trenutačni lider na tržištu naočala za sljepilo na boju je tvrtka Enchroma. Enchroma naočale za sljepilo na boju su u prodaju puštene 2012. godine. One koriste filtar kako bi se površina preklapanja kod crvenog i zelenog područja optičkog spektra uklonila. Enchroma za postupak nijansiranja leća koristi koncept filtera boja koji je razvio Seebeck. Da bi se apsorbirale željene valne duljine, koriste se bojila s uskim apsorpcijskim pojasevima; to se također radi kako bi se izbjeglo mijenjanje boja koje pacijenti sa sljepilom na boju mogu ispravno percipirati. Nadalje, ciljani apsorpcijski spektar odabire se na temelju valnih duljina u kojima se fotoreceptori preklapaju. Npr. ako se pacijentovi L - čunjići i M - čunjići preklapaju na valnoj duljini od 550 nm, na staklenoj podlozi nanosi se boja koja ima visok stupanj apsorpcije na toj valnoj duljini. Stupanj apsorpcije ovisio bi o težini pacijentovog poremećaja. Osim toga, difuzija boje u staklenu materijalu dolazi na temperaturi ispod vrelišta otapala koja sadrži boju, koja je obično ispod 60°C. Otapalo prisili materijal leće da nabubri kako bi se omogućilo širenje boje u materijal. Staklena leća tada zadržava svoj prvobitni oblik, a boja ulazi u materijal i tamo ostaje. Enchroma za neće naočala upotrebljava materijal koji se zove trivex. On je lakši, tanji i jači od drugih najčešće korištenih staklenih materijala, CR-39 i polikarbonata.

Naočale ovog proizvođača testiralo je 48 ispitanika koji su prvo bili podvrgnuti Ishihara testu, Fansworth-Munsell Hue 100 testu i testu subjektivnog imenovanja boja. Poboljšanja u Ishihara testu (otprilike 5%) i FM 100 (otprilike 9%) bila su beznačajna. Slično tome, pacijenti nisu imali značajan pomak niti u imenovanju boja tijekom nošenja ovih naočala. Enchroma naočale mogu promijeniti samo nekoliko atributa raspoznavanja boja, ali ne povećavaju rezultate testova raspoznavanja boja niti daju korisniku "normalno iskustvo u raspoznavanju boja". [32]



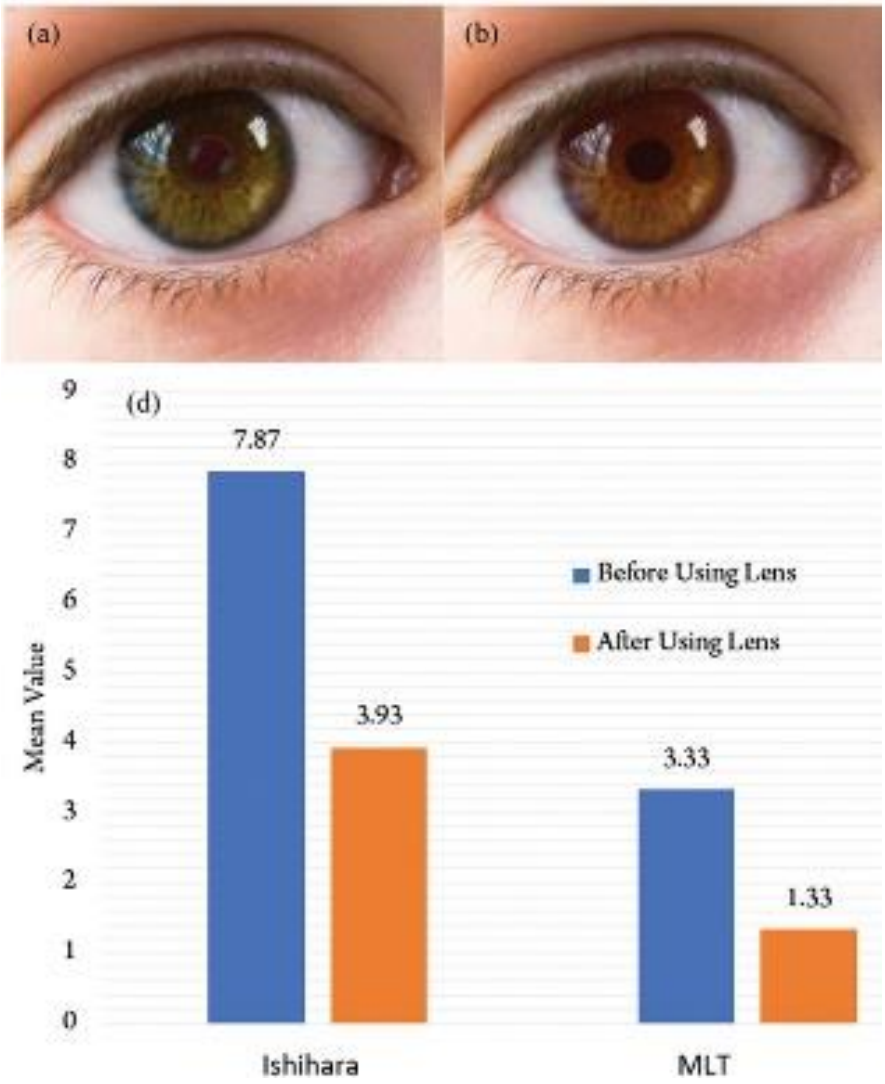
Slika 4.12. Enchroma naočale za sljepilo na boju

4.5.2. Leće za sljepilo na boju

Većina kontaktnih leća za sljepilo na boju koristi isti princip kao naočale (obojeni filtri za blokiranje određenih valnih duljina ljudskog raspoznavanja boja u spektru). Budući da se kontaktne leće stavljaju na oko, za njih postoje stroži zdravstveni i sigurnosni propisi. Jedna od prvih leća koje su proizvedene za pomoć osobama sa sljepilom na boje je X-Chrom. [32]

X-chrom kontaktna leća je proizvod tvrtke X-Chrom Corporation. Izrađena je od polimetil metakrilata (PMMA) i crvene je boje kako bi mogla filtrirati određene valne duljine. Ova leća djeluje po načelu crvenog filtera i povećava kontrast za neprepoznatljive boje. Ova leća upija boje u rasponu 500-570 nm. Istraživanja su dovela do zaključka da ova leća pomaže u raspoznavanju boja. [32]

ChromaGen leće je kreirao engleski optičar David Harris. Najveća razlika između ChromaGen i X-Chrom leća je taj da ChromaGen leće pokrivaju samo zjenicu oka, dok X-Chrom leće pokrivaju zjenicu i šarenicu. Također, za razliku od X-Chrome leća, ChromaGen leće su mekane, a varijanta za sljepilo na boje je rađena i za naočale i u obliku kontaktnih leća, ali je oblik kontaktnih leća puno popularniji. Istraživanje je provedeno na 14 osoba u razdoblju od 2 tjedna. Boja leće ovisila je o tipu poremećaja kojeg osoba ima. Raspoznavanje boja kod osoba koje imaju sljepilo na zelenu boju ili imaju oslabljenu sposobnost raspoznavanja zelene boje su imale znatna poboljšanja u Ishihara testu. Osobe s potpunim ili djelomičnim sljepilom na crvenu boju su također imale poboljšane rezultate, međutim ne u tolikoj mjeri. Rezultati ovog istraživanja pokazali su da ChromaGen leće mogu u nekim slučajevima poboljšati percepciju boja. [32]



Slika 4.13. Učinkovitost nošenja obojenih leća prije (plavo) i nakon (narančasto) nošenja leća mjerena Ishihara i Lantern testovima

(a) ChromaGen leća aplicirana na zjenicu

(b) X-Chrom leća aplicirana na zjenicu i šarenicu

4.5.3. Opto-električne naočale

S razvojem pametnih naočala i drugih uređaja, nekoliko istraživača istražilo je primjenu opto-električnih naočala u korekciji sljepila na boje. [32]

2013. godine predstavljena je aplikacija za prototip Googleovih pametnih naočala, Omnicolor, čija je svrha bila pomoć raspoznavanja boja osoba koje pate od djelomičnog ili potpunog sljepila na boju. Cijena im je bila 1500$, a imaju procesor, kameru, mikrofon, ekran i touchpad. Mogu se aktivirati pomoću touchpada, pokretima glave ili glasom. Omnicolor korisniku nudi mogućnost odabira željenog nedostatka raspoznavanja boja te snimanje slike. Postupak rada uređaja ovisi o poremećaju kojeg osoba ima. Funkcionira tako da koristi poseban algoritam za obradu slika koji mijenja boje koje osoba ne vidi u boje koje može vidjeti. Ispitivanje učinkovitosti vršeno je i na ovom proizvodu. Ispitano je 14 ljudi čije je raspoznavanje boja testirano bez i sa Omnicolor naočalama. Svi sudionici postigli su bolje rezultate dok su koristili ove naočale. [32]

Enrico Tanuwidjaja je također koristio Google pametne naočale za pomoć osobama s djelomičnim ili potpunim sljepilom na boju. Razvio je aplikaciju pod imenom Chroma koja omogućuje pacijentima da u stvarnom vremenu vide obojenu filtriranu sliku ovisno o vrsti poremećaja od kojeg pate. Funkcionira tako da korisnik prvo odabire boje koje želi istaknuti u određenom prostoru pa Chroma pomoću algoritama mapira odabrane boje i mijenja ih s onima koje su vidljive promatraču. Učinkovitost ovih naočala je ispitana na 23 ispitanika, a rezultati ukazuju na to da je većina ispitanika mogla bolje razlikovati boje dok su nosili ove naočale. Iako ove naočale pomažu osobama sa sljepilom na boju, imaju i nekoliko negativnih strana, a to su kratak vijek baterije i slaba rezolucija. [32]

4.5.4. AR

AR (*engl. Augmented reality*) ili proširena stvarnost je interaktivno iskustvo iz stvarnog svijeta u kojem su predmeti u stvarnosti poboljšani računalno generiranim perceptivnim informacijama. Ova tehnologija najčešće se koristi u igricama gdje je stvarna okolina igrača sinkronizirana s grafičkom strukturom kako bi osigurala krajnji cilj, a to je virtualno iskustvo igranja. Korištenjem iste tehnologije moguće je izmijeniti zasićenost slike u realnom vremenu kako bi se poboljšala percepcija boja osoba koje imaju sljepilo na boju.

U svrhu jednog istraživanja u Unityju je kreirana posebna aplikacija za Android. Korisničko sučelje uključuje tri gumba koji omogućuju tri vrste filtera koje osoba može koristiti, a to su filter za sljepilo na crvenu, zelenu i plavu boju. Klikom na svaki gumb mijenja se izgled okoline, s tim da korisnik ima mogućnost promjene zasićenja boje pomoću klizača.

Kao i za sve ostale, i za ovu metodu je vršeno istraživanje kako bi se utvrdila učinkovitost rezultata. U ispitivanju je sudjelovalo četvero ispitanika sa sljepilom na crvenu i zelenu boju. Prije nego što su koristili AR svi su ispitanici bili podvrgnuti Ishihara testu. Svi ispitanici koji pate od sljepila na boju nisu mogli identificirati nijedan broj. Test je ponovljen još jednom, ovaj puta uz korištenje AR tehnologije. Ovaj put svi su ispitanici mogli pročitati brojeve. [33]

4.6. Prilagodba galerijskih izložbi osobama sa sljepilom na boje

S obzirom na to da je u današnje vrijeme tehnologija jako napredovala, postoji mnogo načina da se izložbe fotografija prilagode osobama sa sljepilom na boju. Jedan od načina koji je Muzej suvremene umjetnosti u Denveru odlučio iskušati je upotreba pametnih naočala kako bi se poboljšala pristupačnost ljudima koji pate od ovog poremećaja. Ovom su se priključili i Georgia O'Keeffe muzej u mjestu Santa Fe, Nelson-Atkins muzej u Kansasu, Muzej suvremene umjetnosti u Chicagu i dr. Svi oni surađuju s tvrtkom EnChroma, a muzej u Denveru posjeduje najviše njihovih naočala, čak četiri komada. Osim u Americi, ovakva partnerstva postoje i u drugim zemljama poput Nizozemske i Australije. Komentari posjetitelja su pozitivni. [34] [35]

"Ja sam redoviti posjetitelj Muzeja i poznajem djela prilično dobro, ali prvi puta sam ih vidio na potpuno nov način - s različitim bojama, dubinom i jasnoćom. Imam problema s raspoznavanjem plave i ljubičaste tako da su plaža i nebo u slikama Sidneske luke, na primjer, bili mnogo jasnije definirani." [35]

- Tim Robinson

"Najveći „wow" trenutak je bio kad sam pogledao vjenčanicu s Papue Nove Gvineje. Bez naočala, mislio sam da je suknja crvenkaste boje koja je izblijedjela s godinama. S naočalama sam shvatio da je svijetlo crvena i da je divno očuvana od 1970-ih." [35]

- David Eliovson

4.7. Simulacije sljepila na boju

Osim toga što postoje razni uređaji i aplikacije za pomoć osobama sa sljepilom na boje, postoje i razne simulacije koje osobama s normalnim vidom predstavljaju način na koji osobe sa sljepilom na boje vide. To se može postići korištenjem aplikacija ili online simulatora. U ovom poglavlju fokus je stavljen na aplikacije, pošto je nešto više o online simulatorima pojašnjeno u poglavlju 5.4.2. koje se bavi obradom autorskih fotografija u simulatoru u svrhu istraživanja vezanog za ovaj rad.

Aplikacija koja je broj jedan na *Google Play-ju* za simuliranje sljepila na boje je CVSimulator. Aplikaciju je razvio Kazunori Asada i zasad je besplatna za korištenje. Dostupna je na iOS i Android operativnim sustavima. Za potrebe korištenja ove aplikacije korisnik mora dati dopuštenje za korištenje kamere. Aplikacija ima vrlo jednostavno sučelje. U donjem lijevom uglu korisnik bira što želi vidjeti kroz kameru. Slovo C označava normalan vid, P protanopiju, D deuteranopiju i T tritanopiju. Korisnik može odabrati samo jednu od tih opcija i pri tome ju vidi preko cijelog ekrana ili ih može odabrati više pri čemu se ekran dijeli na toliko opcija koliko ih je korisnik odabrao. Aplikacija nudi i opciju povećavanja ili smanjivanja intenziteta filtera, što omogućuje korisniku da vidi kako osobe s djelomičnim sljepilom na boju vide svijet oko sebe. Na aplikaciji ta opcija je označena ikonom oka. Korisnik ima mogućnost podešavanja intenziteta u rasponu od 0 do 100, pri čemu intenzitet 0 predstavlja nepostojanje filtra, a 100 predstavlja potpuno sljepilo na neku boju. Pokraj ikone oka nalazi se ikonica s fotoaparatom i fotografijom koja daje korisniku mogućnost odabira prednje, stražnje kamere ili odabira fotografije iz vlastite galerije. Korisnik može na svoje ranije snimljene fotografije primijeniti izgled pojedinog tipa sljepila na boje. Sve fotografije se kasnije mogu spremiti, a u kutu svake fotografije pojavit će se slovo C, P, D ili T koje označava tip poremećaja, odnosno filtera koji se na toj slici primijenjen. Spremanje fotografija vrši se klikom na ikonu fotoaparata u donjem desnom kutu. Aplikacija kao mogućnost nudi i 5x digitalni zum te spremanje geolokacije fotografije. [36]



Slika 4.14. Korisničko sučelje aplikacije CVSimulator – protanopija

5. Istraživački dio

5.1. Pozadina istraživanja

Istraživanje je potaknuto zanimanjem autorice o sljepilu na boje, točnije o tome kako nastaje, vrstama i ponajviše načinu na koji osobe s tim poremećajem vide svijet oko sebe. Osim toga, još jedan od razloga zašto je ova tema istražena je činjenica da ljudi ne znaju puno o sljepilu na boje. Kako bi se tema istražila, bilo je potrebno istražiti nekoliko stručnih izvora. Riječ je uglavnom o stručnim tekstovima i pokojem članku. Pošto se radi o diplomskom radu iz područja multimedije, osim fotografije u svrhu istraživanja korištena je i web stranica koja služi kao galerija fotografija simuliranih tako da prikazuju način na koji osobe sa sljepilom na boje vide.

5.2. Istraživačke hipoteze

I. Na temelju osobnog iskustva ljudi s ispravnom percepcijom boja su sposobni prepoznati simuliranu fotografiju u odnosu na originalnu fotografiju.
II. Većina ljudi nije upoznata s rasponom boja kojeg vide osobe s određenim tipom sljepila na boju.
III. Većina ljudi ne može prepoznati o kojem se poremećaju radi kada uspoređuju originalnu fotografiju i simulaciju određenog tipa sljepila na boje.
IV. Većina ljudi neće moći prepoznati razliku između sljepila na crvenu i zelenu boju.
V. Većina ljudi smatra da su ovakvi projekti zanimljivi i misle da bi oni mogli potaknuti ljude na vlastita istraživanja sljepila na boju i organiziranje izložbi simuliranih fotografija u galerijama.

5.3. Ciljevi istraživanja

I. Buđenje interesa za proučavanjem sljepila na boju.
II. Upotreba fotografije kao glavnog vizualnog elementa radi prikaza simulacije poremećaja.
III. Poticaj ljudi da sami rade ovakve fotografije i proučavaju poremećaj na drugačiji način.

5.4. Metodologija istraživanja

U svrhu provođenja istraživanja korištene su autorske fotografije, web stranica i anketa vlastite izrade.

5.4.1. Fotografiranje sadržaja

Sve fotografije fotografirane su fotoaparatom Canon PowerShot G7 X Mark II. Sadržaj je fotografiran na području Varaždina za vrijeme Špancirfesta 2022. godine. Većina fotografija prikazuje ulične performanse, a nekolicina koncerte i druge sadržaje i prizore u sklopu festivala. Kako bi simulacije bila kvalitetnije, fotografije su obrađivane tako da je odabran onaj tip sljepila na boje na kojem se najviše vide neke promjene u percepciji. Fotografije su postavljene na web stranicu vlastite izrade koja služi kao neka manja galerija fotografija. Ta web stranica je uključena u anketnom ispitivanju. Originalne fotografije korištene u svrhu ovog rada se nalaze ispod teksta.



Slika 5.1. Performans Carillion, balerina – originalna fotografija



Slika 5.2. Performans Duo Kaos – originalna fotografija



Slika 5.3. Performans Red World – originalna fotografija



Slika 5.4. Performans Las Calaveras – originalna fotografija



Slika 5.5. Performans Brincadeira – originalna fotografija



Slika 5.6. Performans Mirror Crew – Originalna fotografija



Slika 5.7. Performans Rimski & Handkerchief – originalna fotografija



Slika 5.8. Glazbena kamperica – originalna fotografija



Slika 5.9. Performans Carillion, klavijaturist – originalna fotografija



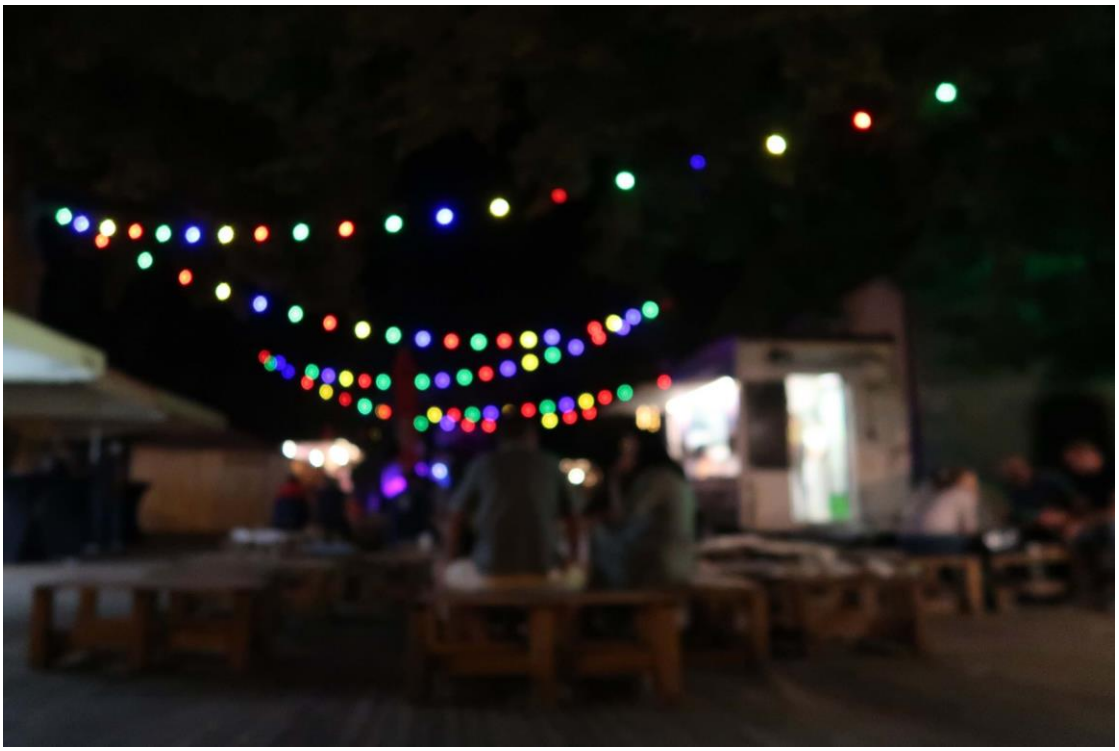
Slika 5.10. Performans DROM – originalna fotografija



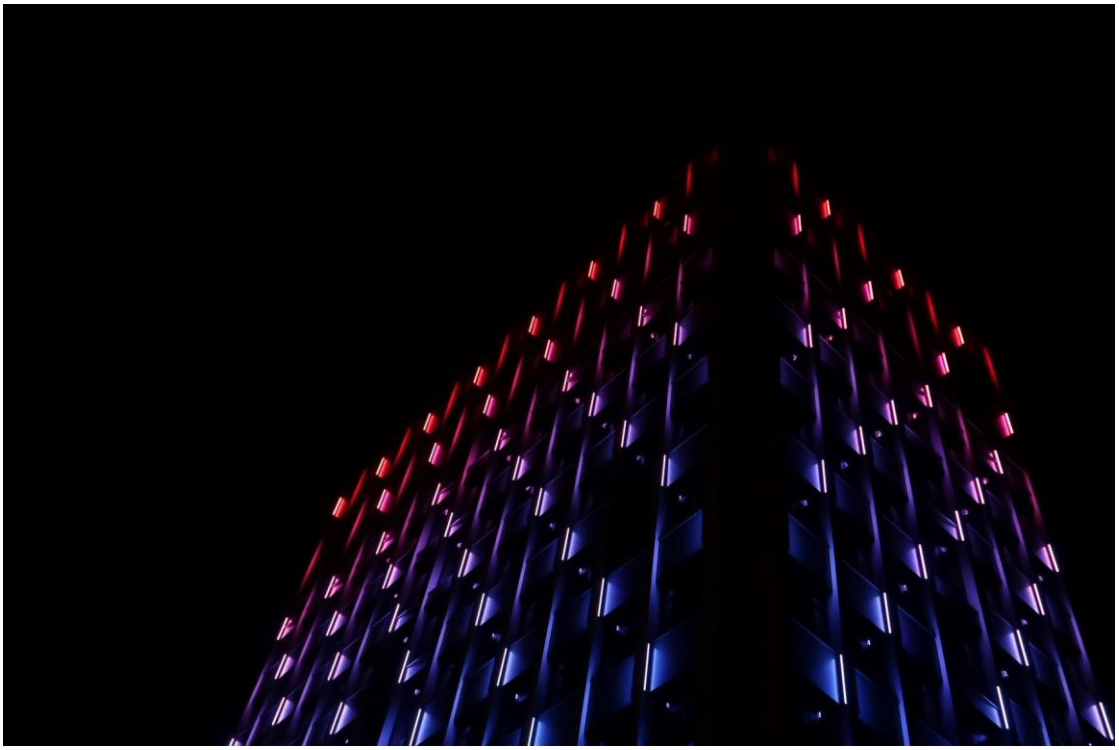
Slika 5.11. Luna park – originalna fotografija



Slika 5.12. Koncert grupe Let 3 – originalna fotografija



Slika 5.13.Vinski grad – originalna fotografija



Slika 5.14. Vodotoranj – originalna fotografija

Postoje dvije fotografije koje sam koristila samo u svrhu provođenja anketnog istraživanja. Njih nisam uključila u web stranicu kako posjetitelji ne bi saznali odgovore na pitanja koja je fotografija original.



Slika 5.15. Performans Brincadeira – originalna fotografija, korištena u anketi



Slika 5.16. Performans DROM – originalna fotografija, korištena u anketi

5.4.2. Obrada fotografija u svrhu izrade simulacije

Za obradu fotografija korišten je online simulator za sljepilo na boje, Pilestone[1]. Radi se o simulatoru unutar kojeg se učita željena fotografija, koja se zatim provlači kroz određene filtere, ovisno o poremećaju koji se želi dobiti. Mogućnosti koje se nude su:

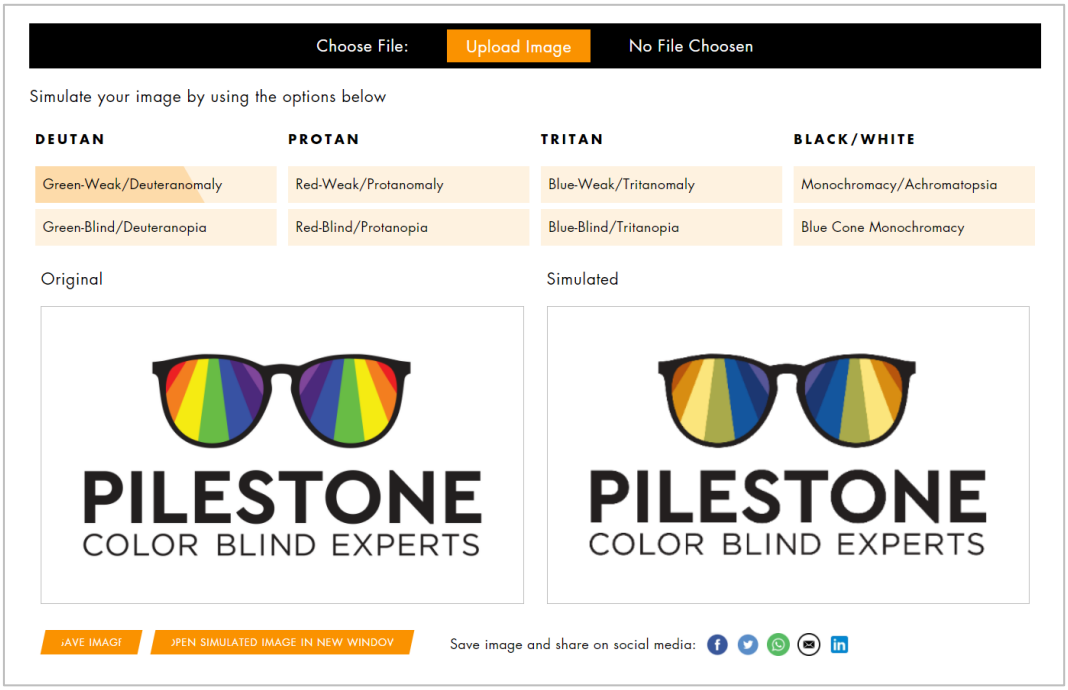
I. anomalna trikromazija
   a. smanjena osjetljivost na crvenu boju,
   b. smanjena osjetljivost na zelenu boju,
   c. smanjena osjetljivost na plavu boju,

II. dikromazija
   a. sljepilo na crvenu boju,
   b. sljepilo na zelenu boju,
   c. sljepilo na plavu boju,

III. monokromazija
   a. monokromazija/akromatopsija,
   b. monokromazija s aktivnim plavim čunjićem (*engl. blue cone monochromacy*).

Kada se fotografija provuče kroz filter, s lijeve strane se vidi originalna fotografija, a s desne simulacija. Klikom na različite poremećaje simulator modificira fotografiju pa se s desne strane ispod teksta "*Simulated"* može vidjeti kako bi tu određenu fotografiju vidjela osoba sa sljepilom na boje. U slučaju ovog rada, odabrani su poremećaji na kojima je na simuliranoj fotografiji najvidljivija razlika u odnosu na originalnu fotografiju. Nakon odabira poremećaja klikom na gumb *"SAVE IMAGE"* fotografija se preuzima na računalo.

[1] Pilestone - https://pilestone.com/pages/color-blindness-simulator-1



Slika 5.17. Izgled web stranice za simulaciju fotografija

Originalne fotografije korištene u svrhu ovog rada se nalaze ispod ovog teksta.



Slika 5.18. Performans Carillion, balerina – simulacija protanomalije



Slika 5.19. Performans Duo Kaos – simulacija deuteranopije



Slika 5.20. Performans Red World – simulacija tritanopije



Slika 5.21. Performans Las Calaveras – simulacija protanopije



Slika 5.22. Performans Brincadeira – simulacija monokromazije



Slika 5.23. Performans Mirror Crew – simulacija monokromazije



Slika 5.24. Performans Rimski & Handkerchief – simulacija detueranopije



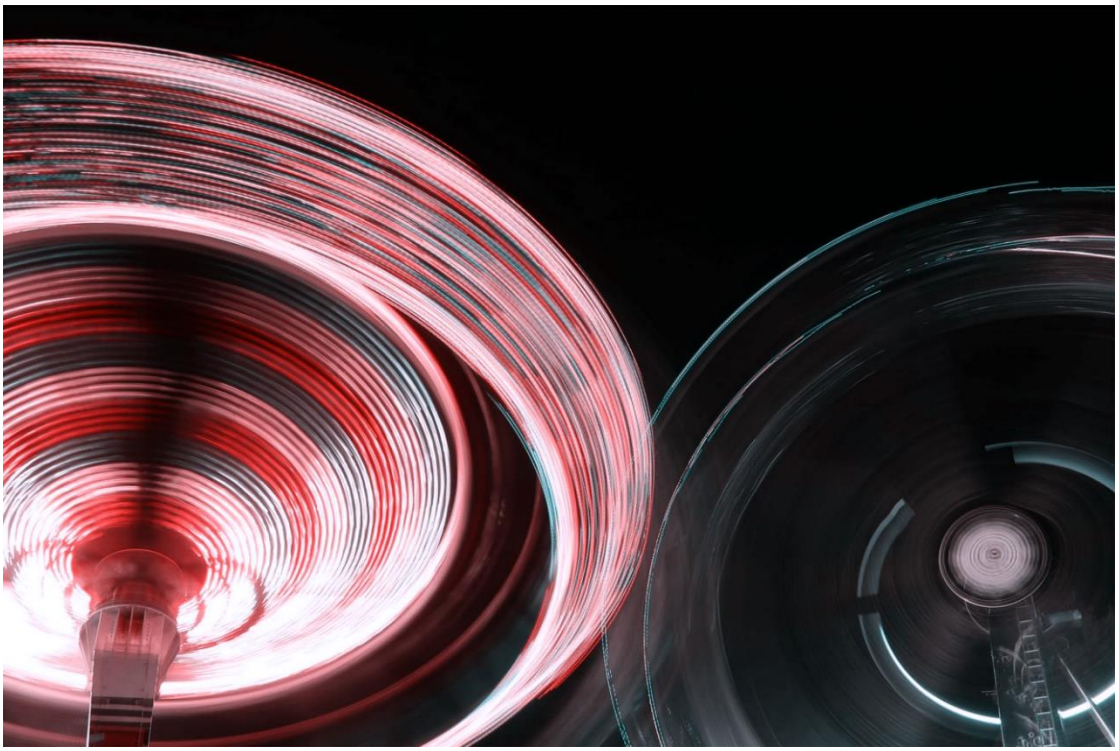
Slika 5.25. Glazbena kamperica – simulacija deuteranopije



Slika 5.26. Performans Carillion, klavijaturist – simulacija monokromazije



Slika 5.27. Performans DROM - simulacija protanomalije



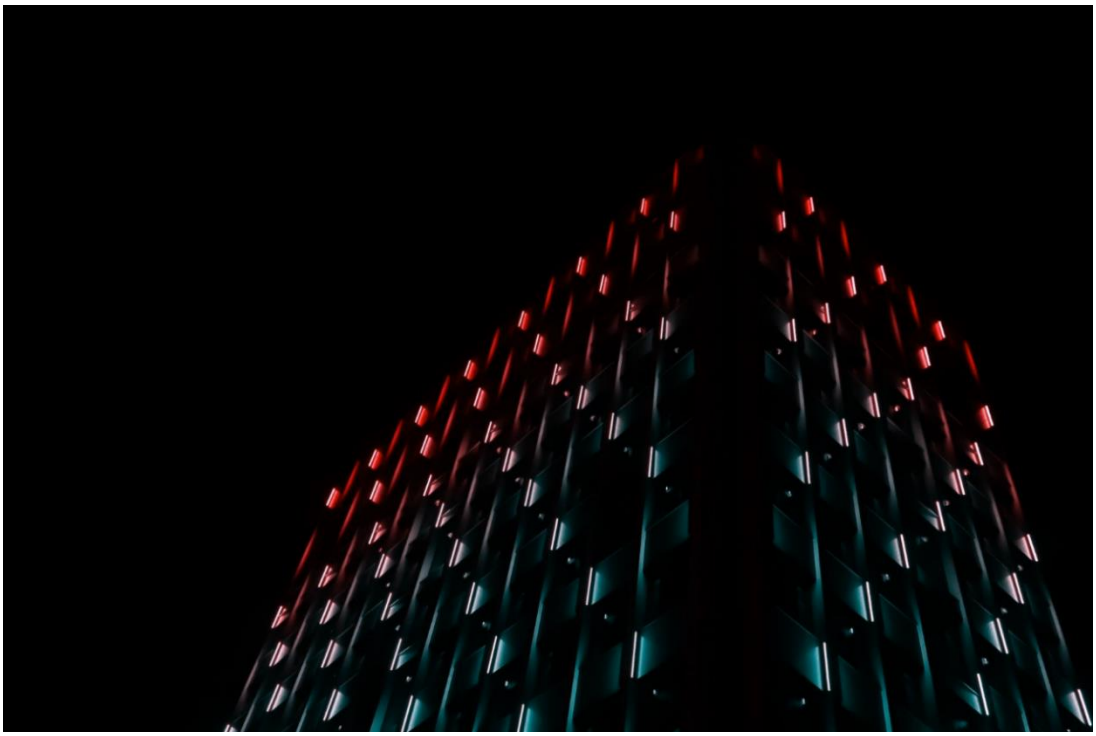
Slika 5.28. Lunapark – simulacija tritanopije



Slika 5.29. Koncert grupe Let 3 – simulacija tritanomalije



Slika 5.30. Vinski grad – simulacija tritanopije



Slika 5.31. Vodotoranj – simulacija tritanopije

Fotografije iz ankete:



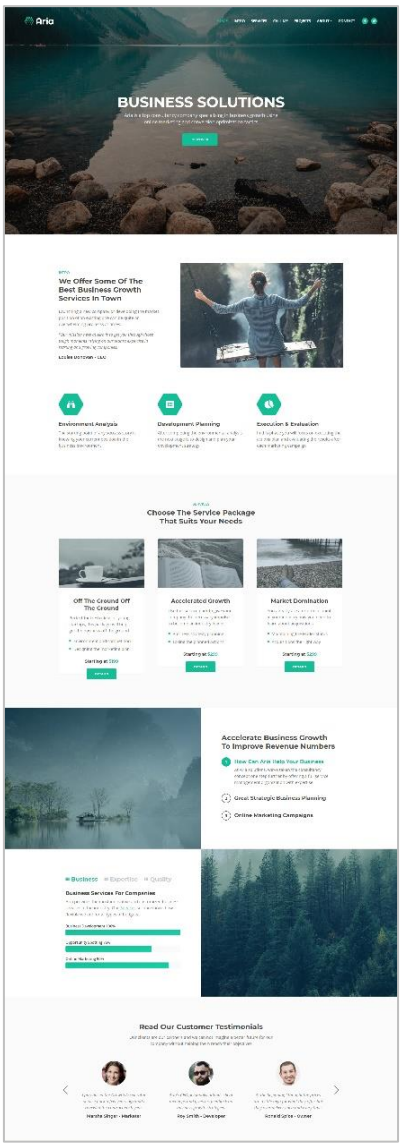
Slika 5.32. Performans DROM – simulacija protanomalije korištena u anketi



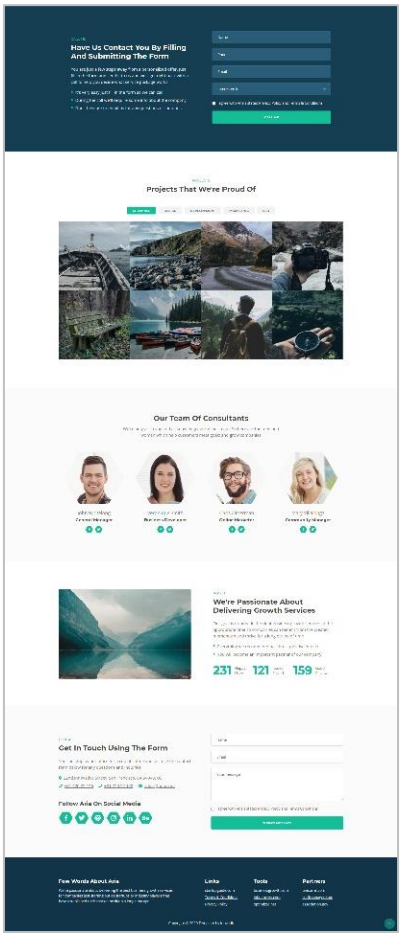
Slika 5.33. Performans Brincadeira – simulacija protanomalije korištena u anketi

5.4.3. Prilagodba predloška web stranice

Za web stranicu korišten je predložak koji je prilagođen postavljenom sadržaju. Prilagodba koda web stranice vršena je na laptopu Lenovo ideapad 310-15IKB u programu Atom. Izgled originalne web stranice vidljiv je na fotografijama ispod teksta. Nakon prilagodbe web stranica je stavljena na server pomoću GitHuba.



Slika 5.34. Predložak web stranice (lijevo)

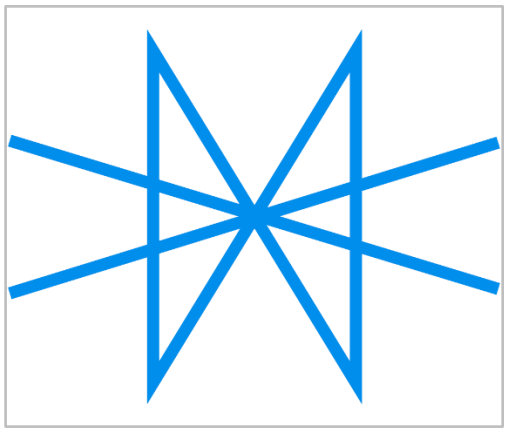


Slika 5.35. Predložak web stranice – nastavak (desno)

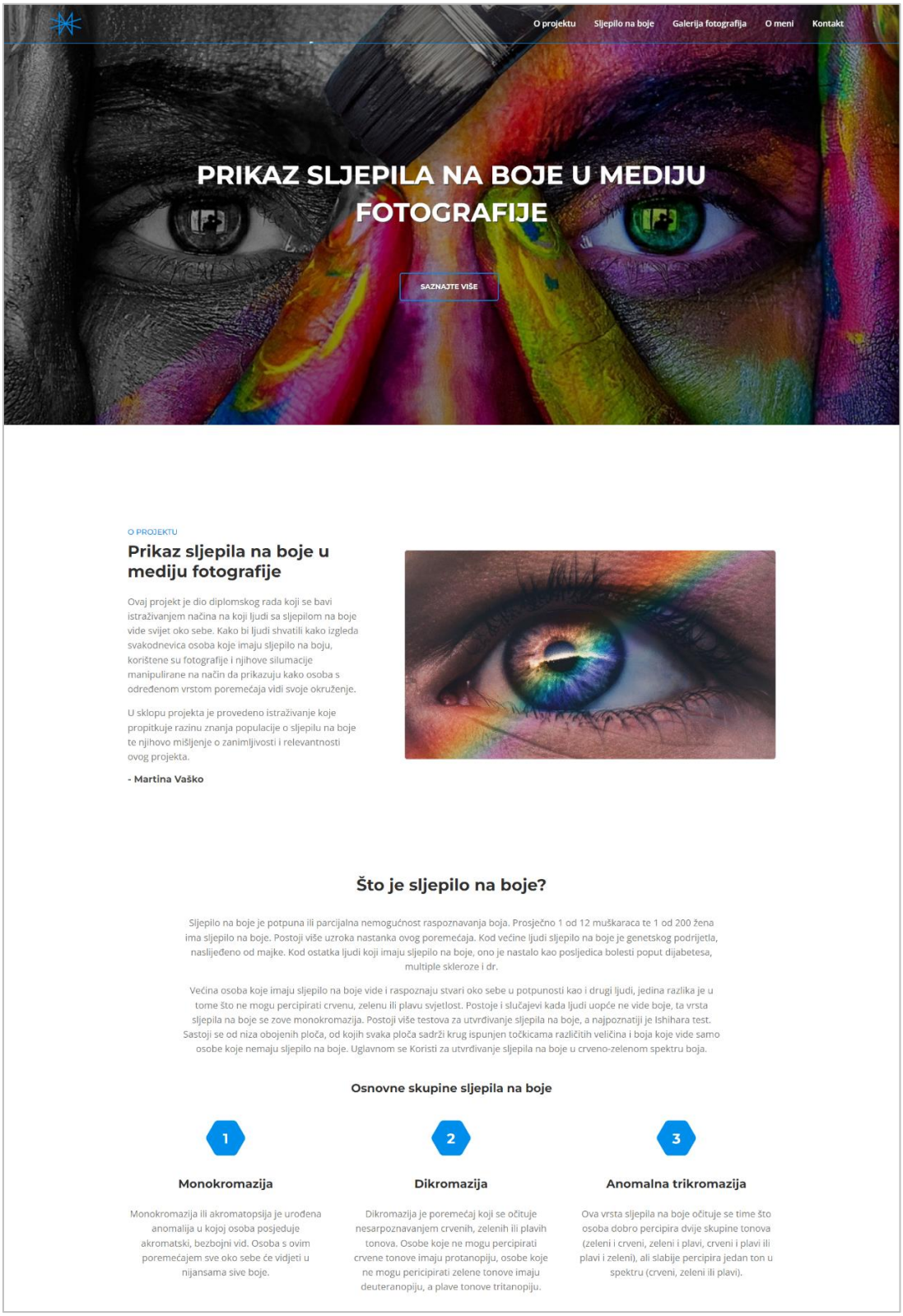
Prilagođena web stranica je podijeljena u više sekcija koje sadrže opće informacije o sljepilu na boje, cilj istraživanja, grubu podjelu sljepila na boje te galeriju fotografija u koju će biti ubačene autorske fotografije i na kraju podatke o autorici i kontakt. Galerija fotografija je najvažniji dio sadržaja na cijelo web stranici jer su upravo fotografije koje će biti postavljene na stranicu medij koji je korišten kao glavno sredstvo za obradu ove teme diplomskog rada. Ova galerija nudi izbor filtera što omogućuje korisniku da vidi sve fotografije ili ih filtrira po kategorijama monokromazija, dikromazija i trikromatske anomalije u koje su ubačene fotografije s odgovarajućim tipom sljepila na boje. Klikom na pojedinu fotografiju otvara se prozor unutar kojeg se nalazi originalna fotografija i simulacija poremećaja sljepila na boje kako bi promatrač mogao uočiti razlike u tome kako osobe sa sljepilom na boje vide. Web stranica je postavljena na server preko GitHuba, a poveznica na nju je https://mava13.github.io/ColorBlindness/

Web stranica je rađena u sivo-plavim tonovima. Kod za korištenu plavu boju je #008EEC, za svjetliju sivu kojom je pisan tekst #787976, a za tamniju sivu korištenu kod naslova #2f2f2f. Glavni razlog zašto je uz sivu boju korištena i plava je činjenica da je sljepilo na plavu boju najrjeđi od svih tipova ovog poremećaja.

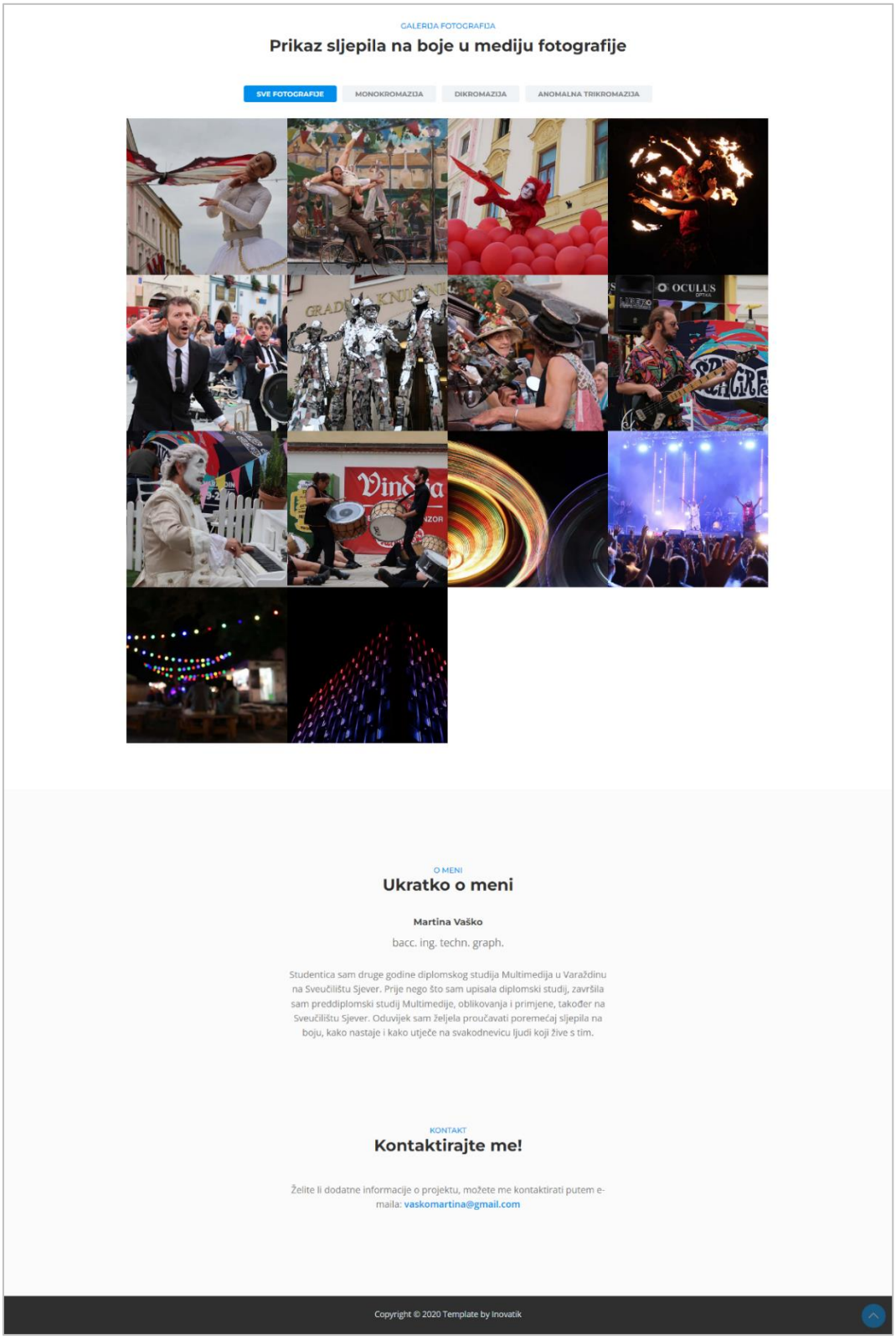
Za logo web stranice korišten je autorski rad. Logo se sastoji od inicijala autorice koji se zrcale. Slovo M se zrcali gore i dolje, a slovo V lijevo i desno. Zrcaljenjem inicijala dobiven je oblik koji podsjeća na šarenicu oka. Logo je također plave boje čiji je kod #008EEC.



Slika 5.36. Logo web stranice – inicijali autorice



Slika 5.37. Prikaz web stranice



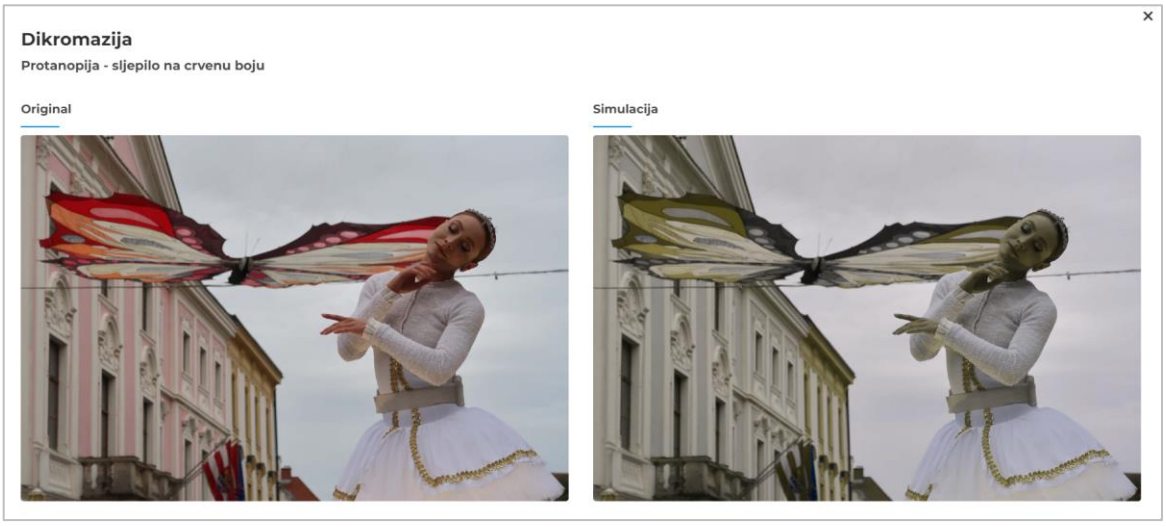
Slika 5.38. Prikaz web stranice – nastavak

Osim pomoću filtera iznad fotografija, korisnik može vidjeti koji specifični poremećaj koja fotografija obrađuje prelaskom miša preko pojedine fotografije.

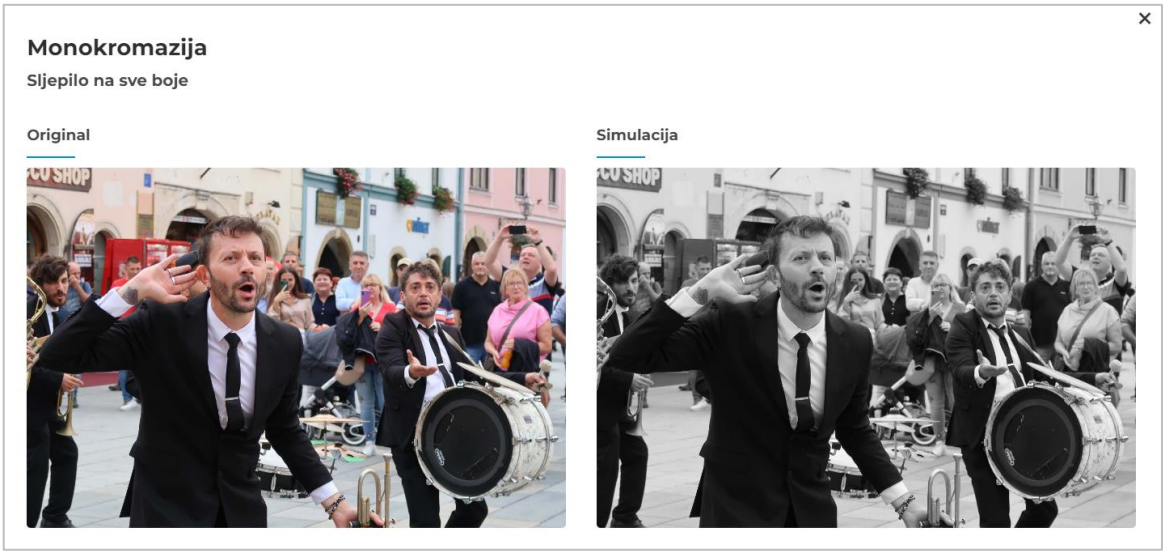


Slika 5.39. Prikaz naziva poremećaja prelaskom miša preko fotografije

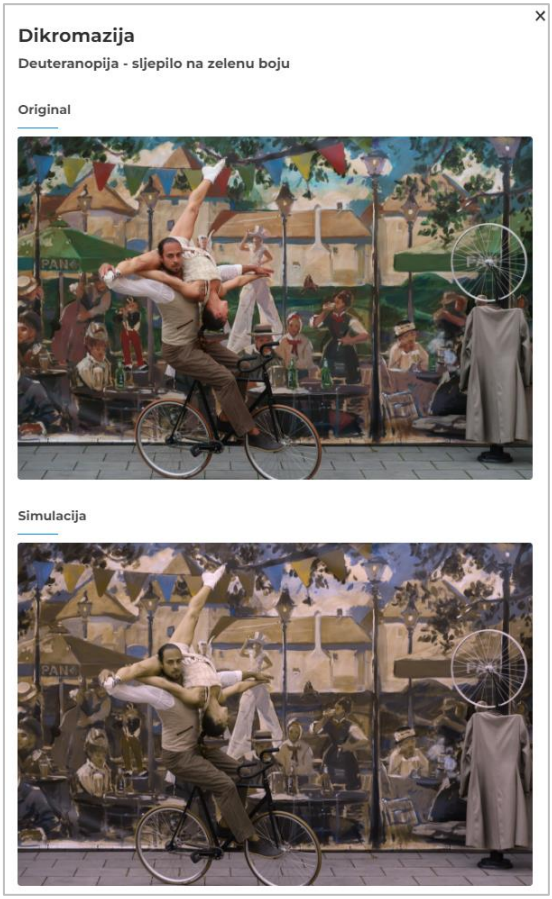
Na slikama ispod vidljiv je prikaz prozora koji se otvori klikom na pojedinu sliku u galeriji. Sastoji se od originalne slike s lijeve strane i simulacije s desne strane. Pri samom vrhu se nalazi naziv poremećaja i specifični tip poremećaja.



Slika 5.40. Prikaz usporedbe originalne fotografije i simulacije – desktop verzija



Slika 5.41. Prikaz usporedbe originalne fotografije i simulacije – tablet verzija



Slika 5.42. Prikaz usporedbe originalne fotografije i simulacije – mobilna verzija

5.5. Doprinos istraživanja

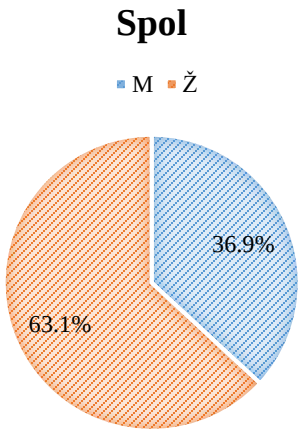
Svrha ovog diplomskog rada i samog istraživanja je poticaj ljudi da nauče nešto novo i da na neki inovativni način pokušaju istražiti nešto s čime se drugi ljudi suočavaju svaki dan. Pošto se radi o vizualnom poremećaju, fotografija je u ovom radu ključan medij. Bez nje vizualna predodžba ne bi bila moguća. Ona je glavni posrednik između teorije i shvaćanja načina na koji ljudi sa sljepilom na boje vide svijet oko sebe. Ovo istraživanje doprinosi općem znanju populacije, potiče na vlastita kreativna istraživanja te širi svijest o postojanju sljepila na boju.

6. Rezultati istraživanja

U istraživanju je sudjelovalo ukupno 65 ispitanika, a više o rezultatima ankete i testiranju hipoteza se nalazi u poglavljima ispod ovog teksta.

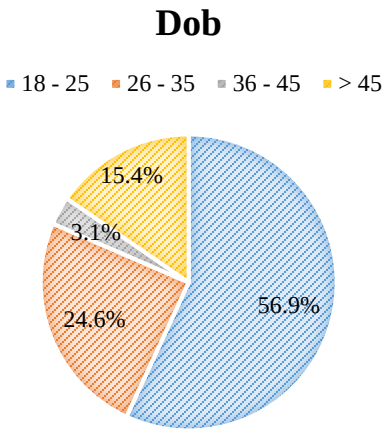
6.1. Rezultati ankete

Prvi dio ankete sastojao se od demografskih pitanja, točnije spol, dob i stupanj obrazovanja ispitanika. Rezultati su sljedeći.



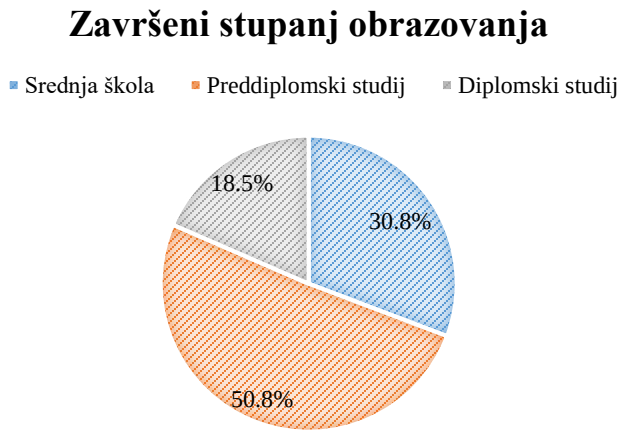
Grafikon 6.1. Spol ispitanika

Od ukupno 65 ispitanika koji su sudjelovali u ovo istraživanju, 63.1%, odnosno 41 ispitanik pripada ženskom rodu, a 36.9%, odnosno 24 ispitanika pripadaju muškom rodu. Većina ispitanika u ovom istraživanju bile su ženskog roda.



Grafikon 6.2. Dob ispitanika

Ukupno 37 osoba (56.9%) u ovom istraživanju pripadalo je dobnoj skupini 18-25 godina. Njih 16 (24.6%) pripadalo je dobnoj skupini 26-35 godina, dvoje (3.1%) dobnoj skupini 36-45 godina i 10 ispitanika dobnoj skupini od 46 godina i više. U ovom istraživanju sudjelovalo je najviše ispitanika iz dobne skupine 18-25 godina starosti.



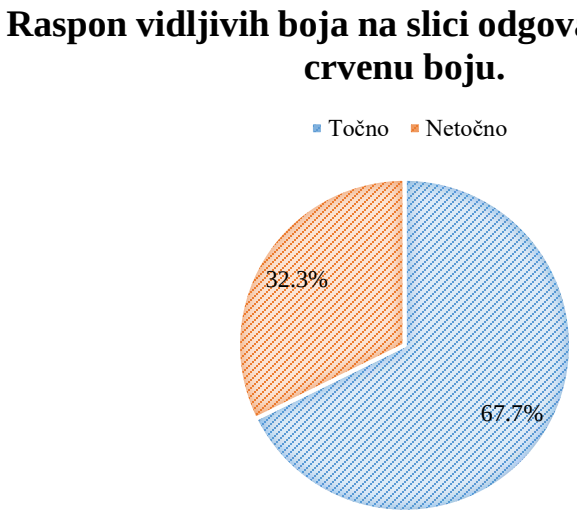
Grafikon 6.3. Završeni stupanj obrazovanja

Od ukupno 65 ispitanika, njih 20 (30.8%) je završilo srednju školu, 33 (50.8%) preddiplomski studij te njih 12 (18.5%) diplomski studij. U ovom istraživanju sudjelovalo je najviše ispitanika sa završenim preddiplomskim studijem.

Drugi dio ankete sastojao se od pitanja kojima su se testirale ranije definirane hipoteze. Rezultati su sljedeći.



Slika 6.1. Slika korištena u anketi - Raspon boja koji vidi osoba sa sljepilom na zelenu boju

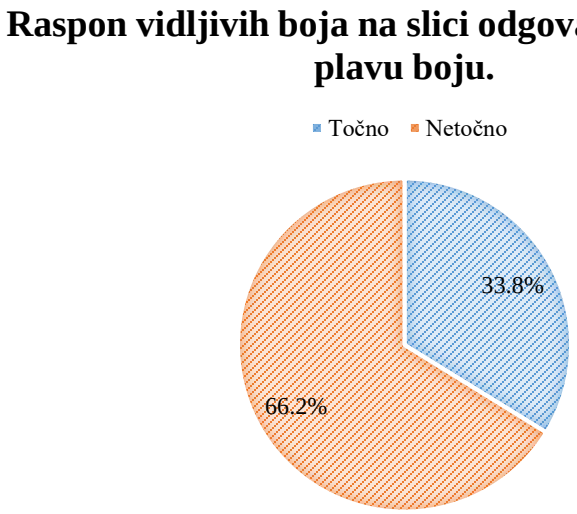


Grafikon 6.4. Raspon vidljivih boja na slici odgovara sljepilu na crvenu boju

Ukupno 44 ispitanika (67.7%) smatra da je ova izjava točna, dok 21 ispitanik smatra da je ova tvrdnja netočna. Većina ljudi je odgovorila krivo jer se radilo o rasponu boja koje vidi osoba sa sljepilom na zelenu boju.



Slika 6.2. Slika korištena u anketi - Raspon boja vidljiv osobi sa sljepilom na plavu boju

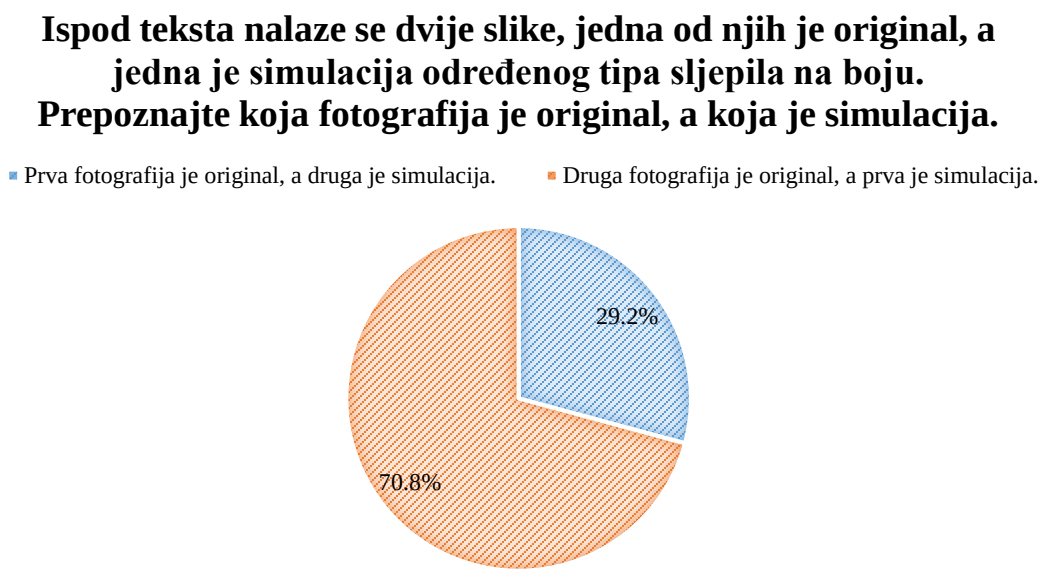


Grafikon 6.5. Raspon vidljivih boja na slici odgovara sljepilu na plavu boju

Ukupno 22 ispitanika (33.8%) odgovorilo je da je ova izjava točna, dok su 43 ispitanika odgovorila da je ova izjava netočna. Većina ispitanika je bila u krivu, ova izjava je bila točna.



Slika 6.3. Slike korištene u anketi - simulacija lijevo i original desno

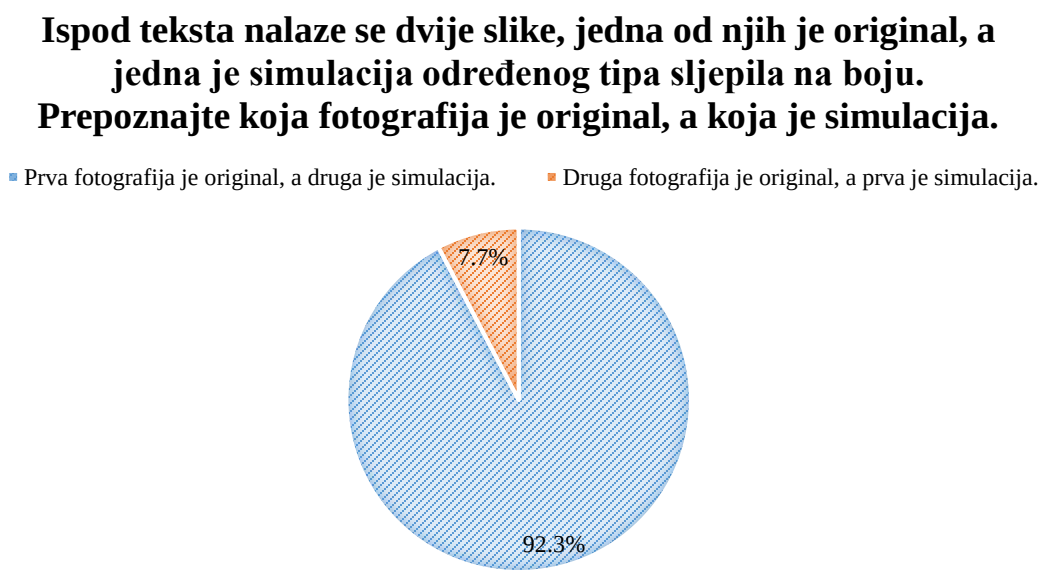


Grafikon 6.6. Prepoznajte koja fotografija je original, a koja je simulacija

Ukupno 19 ispitanika (29.2%) smatra da je prva fotografija originalna, a 46 ispitanika (70.8%) smatra da je druga fotografija original. Većina ljudi je bila u pravu, druga fotografija je original.



Slika 6.4. Slike korištene u anketi – original lijevo, simulacija desno

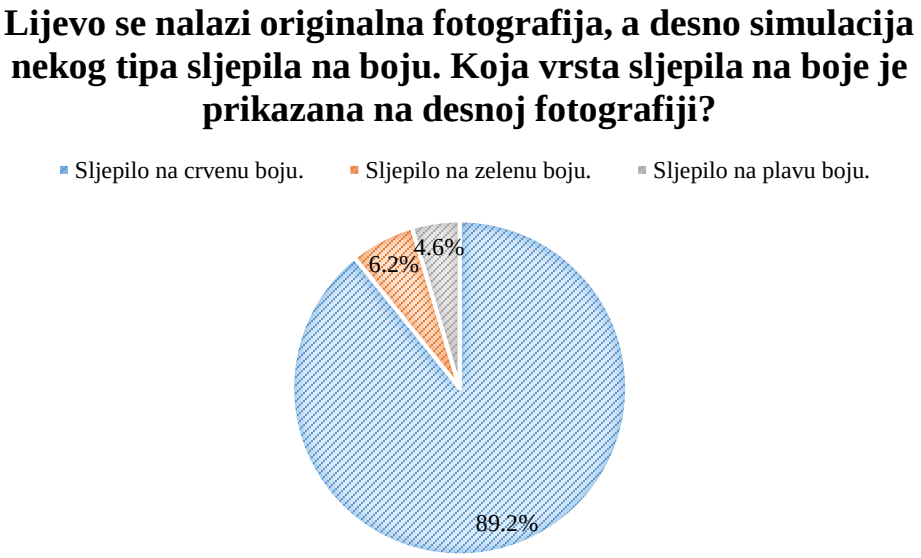


Grafikon 6.7. Prepoznajte koja fotografija je original, a koja je simulacija

Ukupno 60 ispitanika (92.3%) smatra da je prva fotografija originalna, a 4 ispitanika (7.7%) smatra da je druga fotografija original. Većina ljudi je bila u pravu, prva fotografija je original.



Slika 6.5. Slike korištene u anketi – original lijevo, deuteranopija desno

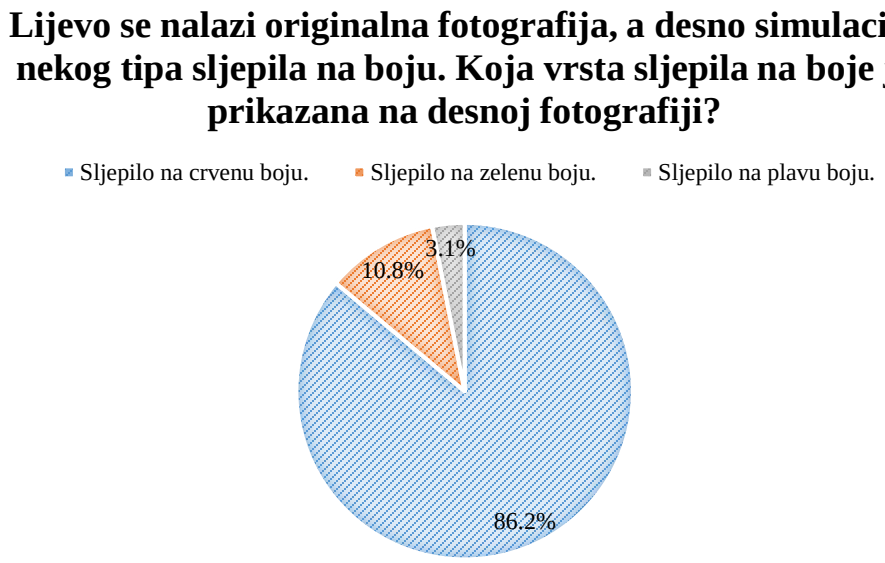


Grafikon 6.8. Koja vrsta sljepila na boje je prikazana na desnoj fotografiji?

Ukupno 58 ispitanika (89.2%) smatra da se na ovoj fotografiji nalazi simulacija sljepila na crvenu boju, njih 4 (6.2%) sljepilo na zelenu, a 3 (4.6%) na plavu boju. Točan odgovor je bio da se na fotografiji nalazila simulacija sljepila na zelenu boju.



Slika 6.6. Slike korištene u anketi – original lijevo, deuteranopija desno

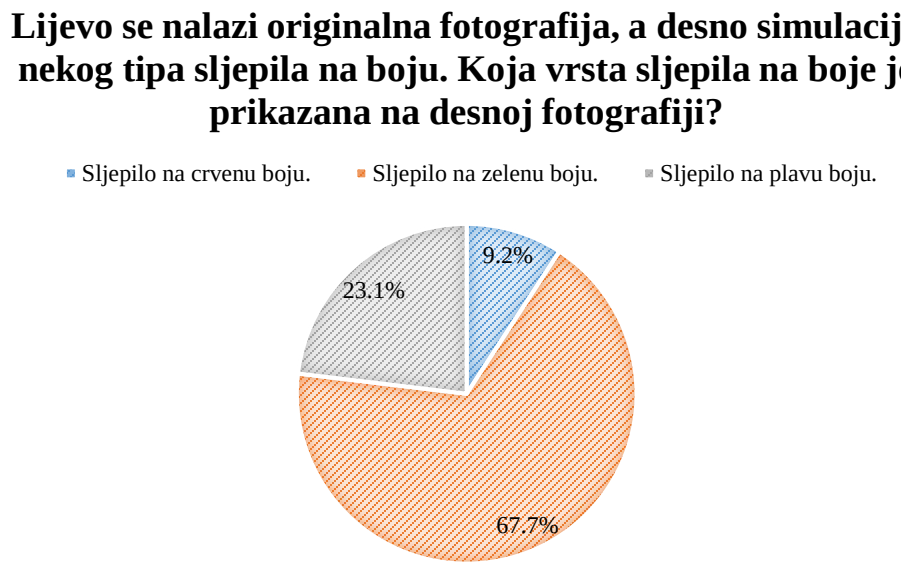


Grafikon 6.9. Koja vrsta sljepila na boje je prikazana na desnoj fotografiji?

Ukupno 56 ispitanika (86.2%) smatra da se na ovoj fotografiji nalazi simulacija sljepila na crvenu boju, njih 7 (10.8%) sljepilo na zelenu, a 2 (3.1%) na plavu boju. Točan odgovor je bio da se na fotografiji nalazila simulacija sljepila na zelenu boju.

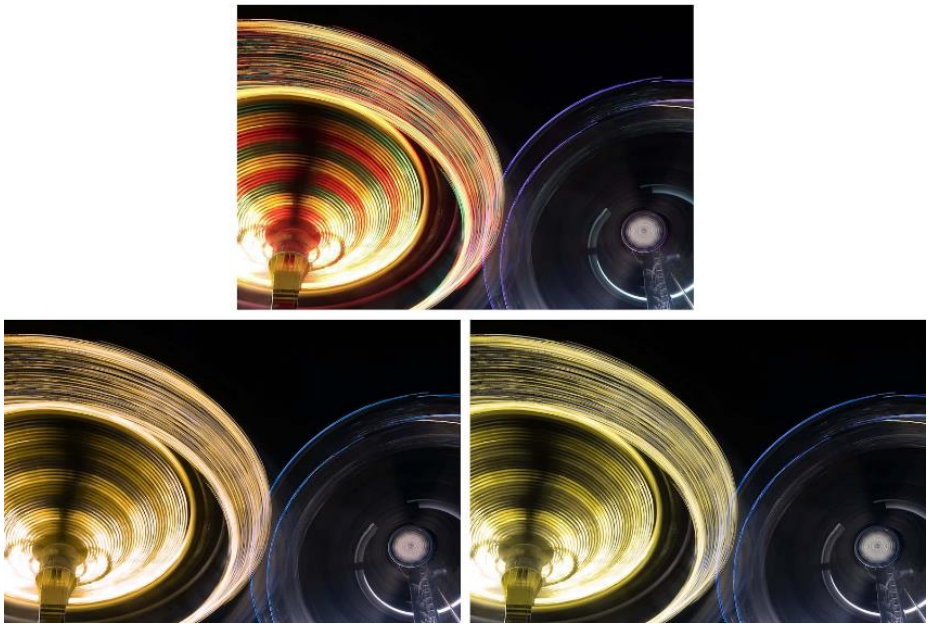


Slika 6.7. Slike korištene u anketi – original lijevo, tritanopija desno

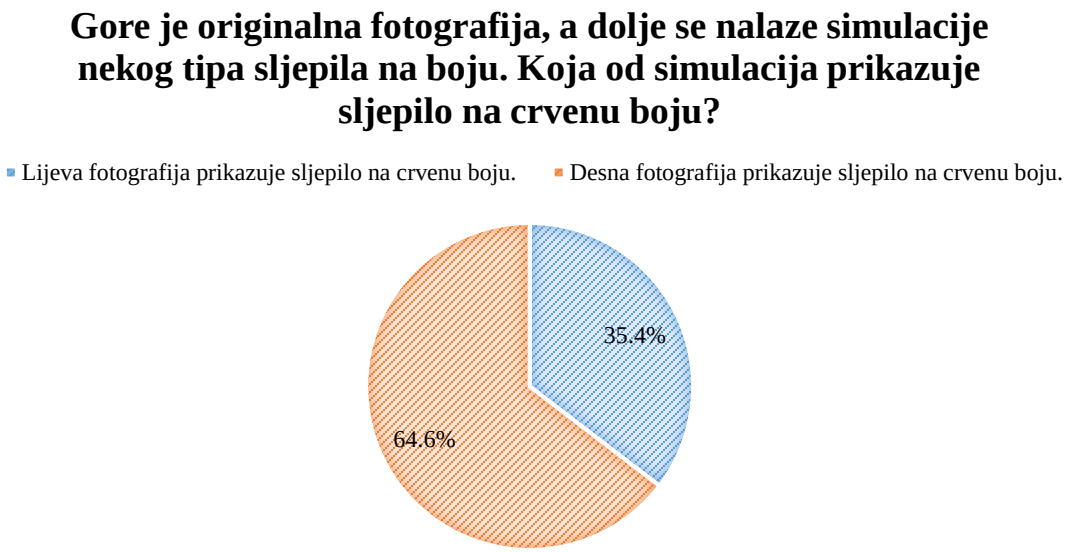


Grafikon 6.10. Koja vrsta sljepila na boje je prikazana na desnoj fotografiji?

Ukupno 6 ispitanika (9.2%) smatra da se na ovoj fotografiji nalazi simulacija sljepila na crvenu boju, njih 44 (67.7%) sljepilo na zelenu, a 15 (23.1%) na plavu boju. Točan odgovor je bio da se na fotografiji nalazila simulacija sljepila na plavu boju.

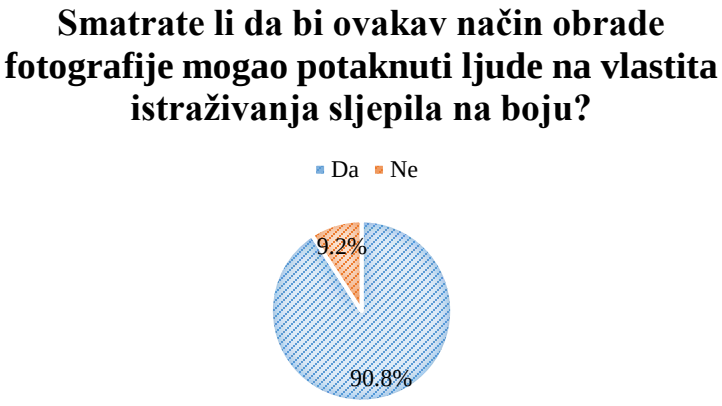


Slika 6.8. Slike korištene u anketi – original gore, simulacija deuteranopije lijevo, simulacija protanopije desno



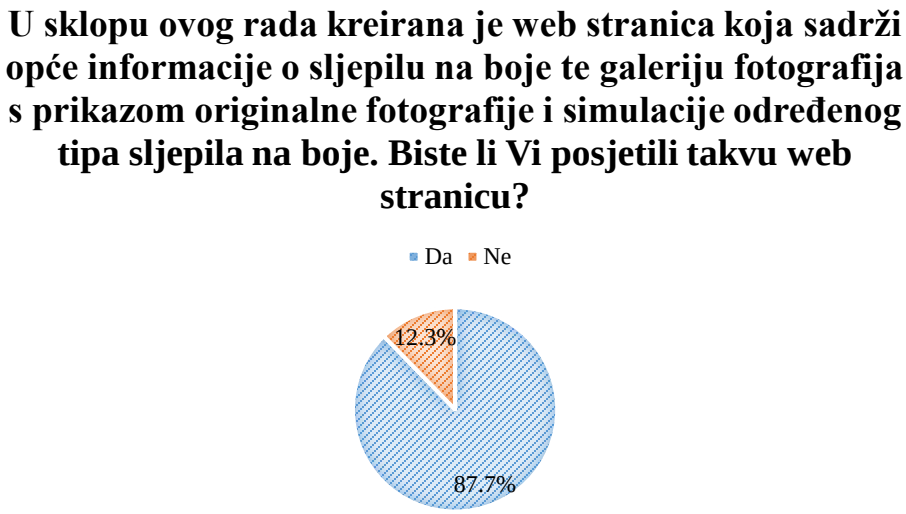
Grafikon 6.11. Koja od simulacija prikazuje sljepilo na crvenu boju?

Ukupno 23 ispitanika (35.4%) smatra da se na lijevoj fotografiji nalazi simulacija sljepila na crvenu boju, a 42 ispitanika (64.6%) smatraju da se simulacija nalazi na desnoj fotografiji. Simulacija sljepila na crvenu boju se nalazi na desnoj fotografiji.



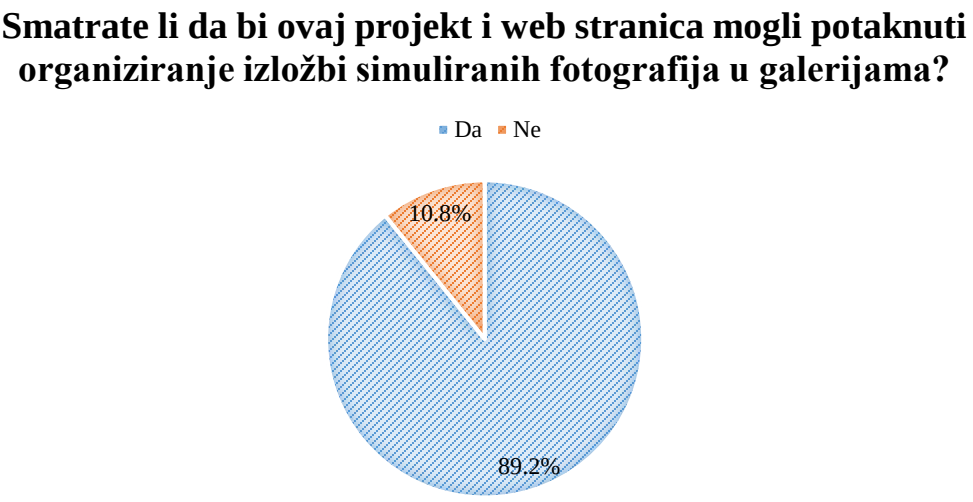
Grafikon 6.12. Smatrate li da bi ovakav način obrade fotografije mogao potaknuti ljude na vlastita istraživanja sljepila na boju?

Ukupno 59 ispitanika (90.8%) je na ovo pitanje odgovorilo odgovorom "Da", dok je njih 6 (9.2%) odgovorilo "Ne". Većina ljudi smatra da vi ovakav način obrade fotografije mogao potaknuti vlastita istraživanja sljepila na boju.



Grafikon 6.13. Biste li Vi posjetili web stranicu s informacijama o sljepilu na boju i simuliranim fotografijama?

Ukupno 57 ispitanika (87.7%) bi posjetila ovakvu web stranicu, dok 8 ispitanika (12.3%) ne bi. Većina ljudi bi posjetila web stranicu koja sadrži opće informacije o sljepilu na boje te prikaz simuliranih fotografija.



Grafikon 6.14. Smatrate li da bi ovaj projekt i web stranica mogli potaknuti organiziranje izložbi simuliranih fotografija u galerijama?

Ukupno 58 ispitanika (89.2%) je na ovo pitanje odgovorilo odgovorom "Da", dok je njih 7 (10.8%) odgovorilo odgovorom "Ne". Većina ispitanika smatra da bi ovakav projekt mogao potaknuti organiziranje izložbi simuliranih fotografija u galerijama.

6.2. Testiranje hipoteza

I. Na temelju osobnog iskustva ljudi s ispravnom percepcijom boja su sposobni prepoznati simuliranu fotografiju u odnosu na originalnu fotografiju.

Na temelju provedenih pitanja u anketi usporedbom fotografija većina osoba mogla prepoznati koja fotografija je original, a koja je simulacija. Ova teza je potvrđena.

II. Većina ljudi nije upoznata s rasponom boja kojeg vide osobe s određenim tipom sljepila na boju.

Na temelju pitanja u anketi u kojoj je većina ispitanika krivo odgovorila na pitanja vezana za raspon vidljivih boja na slici može se zaključiti da većina ljudi nije upoznata s rasponom boja kojeg osobe s određenim tipom sljepila na boju vide. Ova hipoteza je time potvrđena.

III. Većina ljudi ne može prepoznati o kojem se poremećaju radi kada uspoređuju originalnu fotografiju i simulaciju određenog tipa sljepila na boje.

Na temelju pitanja u ovoj anketi ispitanici nisu mogli točno definirati o kojem se tipu sljepila na boje radi kada su uspoređivali originalnu sliku sa simulacijom. Time je ova teza potvrđena.

IV. Većina ljudi neće prepoznati razliku između sljepila na crvenu i zelenu boju.

Na temelju anketnih pitanja gdje je većina ljudi konstantno mijenjala sljepilo na crvenu i zelenu boju može se doći do zaključka da je ova hipoteza točna.

V. Većina ljudi smatra da su ovakvi projekti zanimljivi i misle da bi oni mogli potaknuti ljude na vlastita istraživanja sljepila na boju i organiziranje izložbi simuliranih fotografija u galerijama.

Na temelju pitanja koja se direktno odnose na izrađenu web stranicu i simulacije fotografija, ispitanici smatraju da je ovakav sadržaj zanimljiv i da bi mogao potaknuti ljude na vlastita istraživanja sljepila na boje i na organiziranje izložbi simuliranih fotografija u galerijama. Ova hipoteza je time potvrđena.

7. Zaključak

Na temelju provedenog istraživanja provedenog na većem uzorku ljudi može se zaključiti da većina ljudi nije upoznata s načinom na koji osobe sa sljepilom na boje vide. Većina osoba je bila sposobna prepoznati simuliranu fotografiju u odnosu na originalnu, međutim čim su pitanja postala malo specifičnija, kao npr. prepoznati odgovara li raspon boja prikazan na slici nekom specifičnom poremećaju, većina ljudi je odgovorila netočno. Većina ispitanika nije točno odgovarala na pitanja koja se odnose na definiranje tipa sljepila na boje prikazanog na slici niti na pitanje vezano za prepoznavanje razlika između sljepila na crvenu i zelenu boju.

Rezultati ovog istraživanja jesu malo razočaravajući, ali to ne mora stati tu. Iako ljudi ne znaju mnogo o načinu na koji osobe sa sljepilom na boje vide, ne znači da zato nema mjesta za napredak. Upravo ovo može biti prekretnica i poticaj ljudima da nauče nešto novo. Na temelju provedene ankete velika većina ljudi smatra da bi ovakav način obrade fotografije mogao potaknuti ljude na vlastita istraživanja i smatraju ovaj projekt zanimljivim. Možda ima mjesta u budućnosti da ovaj projekt dosegne neku veću razinu od obične web stranice pa galerije organiziraju izložbe simuliranih fotografija diljem svijeta. Dok se to ne dogodi, ova web stranica se u bilo kojem trenutku može ažurirati s nekim novim informacijama, istraživanjima i fotografijama.

Popis slika

Slika 2.1. Prikaz prolaska svjetlosti kroz fotoaparat 3
Slika 2.2. Fotoosjetljivi senzor (slika lijevo) 3
Slika 2.3. Bayerov uzorak (slika desno) 3
Slika 2.4. Slikovni prikaz boje svjetlosti prema tablici 2. 1. 5
Slika 2.5. Ekspozicijski trokut 6
Slika 3.1. Građa ljudskog oka 8
Slika 3.2. Vizualni prikaz umanjene obrnute slike koja nastaje u žutoj pjegi 9
Slika 3.3. Spektar boja vidljiv ljudskom oku 11
Slika 3.4. Aditivna sinteza 12
Slika 3.5. Prikaz spektralne osjetljivosti i rasporeda čunjića u mrežnici 13
Slika 3.6. Teorija suprotnih procesa 14
Slika 3.7. Shema zonske teorije 15
Slika 3.8. Prosječni rasponi aktivnosti receptora u određenom režimu vida 17
Slika 3.9. Usporedba CIE 1931 i CIE 1978 funkcija za spektralnu osjetljivost oka 18
Slika 3.10. CIE XYZ model boja 19
Slika 3.11. CIE HLC prostor boja 20
Slika 4.1. Prikaz monokromatskog vida 23
Slika 4.2. Vizualni prikaz vrsta dikromazije 24
Slika 4.3. Spektar boja vidljiv protanopima i deuteranopima 25
Slika 4.4. Kombinacije boja koje protanopi i deuteranopi teže prepoznaju 25
Slika 4.5. Spektar boja vidljiv tritanopima 26
Slika 4.6. Usporedba tipova anomalne trikromazije s normalnim vidom i drugim tipovima sljepila na boje 27
Slika 4.7. Ishihara test za djecu 28
Slika 4.8. Farnsworth – Munsell 100 Hue Color Vision test 29
Slika 4.9. D-15 test 29
Slika 4.10. Lantern test (a) kombinacije boja koje se koriste kod provođenja Lantern testa (b) uređaj za provođenje Lantern testa 30

Slika 4.11. Područje preklapanja M i L čunjića 31
Slika 4.12. Enchroma naočale za sljepilo na boju 32
Slika 4.13. Učinkovitost nošenja obojenih leća prije (plavo) i nakon (narančasto) nošenja leća mjerena Ishihara i Lantern testovima (a) ChromaGen leća aplicirana na zjenicu (b) X-Chrom leća aplicirana na zjenicu i šarenicu 34
Slika 4.14. Korisničko sučelje aplikacije CVSimulator – protanopija 39
Slika 5.1. Performans Carillion, balerina – originalna fotografija 42
Slika 5.2. Performans Duo Kaos – originalna fotografija 42
Slika 5.3. Performans Red World – originalna fotografija 43
Slika 5.4. Performans Las Calaveras – originalna fotografija 43
Slika 5.5. Performans Brincadeira – originalna fotografija 44
Slika 5.6. Performans Mirror Crew – Originalna fotografija 44
Slika 5.7. Performans Rimski & Handkerchief – originalna fotografija 45
Slika 5.8. Glazbena kamperica – originalna fotografija 45
Slika 5.9. Performans Carillion, klavijaturist – originalna fotografija 46
Slika 5.10. Performans DROM – originalna fotografija 46
Slika 5.11. Luna park – originalna fotografija 47
Slika 5.12. Koncert grupe Let 3 – originalna fotografija 47
Slika 5.13.Vinski grad – originalna fotografija 48
Slika 5.14. Vodotoranj – originalna fotografija 48
Slika 5.15. Performans Brincadeira – originalna fotografija, korištena u anketi 49
Slika 5.16. Performans DROM – originalna fotografija, korištena u anketi 49
Slika 5.17. Izgled web stranice za simulaciju fotografija 51
Slika 5.18. Performans Carillion, balerina – simulacija protanomalije 51
Slika 5.19. Performans Duo Kaos – simulacija deuteranopije 52
Slika 5.20. Performans Red World – simulacija tritanopije 52
Slika 5.21. Performans Las Calaveras – simulacija protanopije 53
Slika 5.22. Performans Brincadeira – simulacija monokromazije 53
Slika 5.23. Performans Mirror Crew – simulacija monokromazije 54
Slika 5.24. Performans Rimski & Handkerchief – simulacija detueranopije 54

Slika 5.25. Glazbena kamperica – simulacija deuteranopije 55
Slika 5.26. Performans Carillion, klavijaturist – simulacija monokromazije 55
Slika 5.27. Performans DROM - simulacija protanomalije 56
Slika 5.28. Lunapark – simulacija tritanopije 56
Slika 5.29. Koncert grupe Let 3 – simulacija tritanomalije 57
Slika 5.30. Vinski grad – simulacija tritanopije 57
Slika 5.31. Vodotoranj – simulacija tritanopije 58
Slika 5.32. Performans DROM – simulacija protanomalije korištena u anketi 58
Slika 5.33. Performans Brincadeira – simulacija protanomalije korištena u anketi 59
Slika 5.34. Predložak web stranice (lijevo) 60
Slika 5.35. Predložak web stranice – nastavak (desno) 60
Slika 5.36. Logo web stranice – inicijali autorice 61
Slika 5.37. Prikaz web stranice 62
Slika 5.38. Prikaz web stranice – nastavak 63
Slika 5.39. Prikaz naziva poremećaja prelaskom miša preko fotografije 64
Slika 5.40. Prikaz usporedbe originalne fotografije i simulacije – desktop verzija 64
Slika 5.41. Prikaz usporedbe originalne fotografije i simulacije – tablet verzija 65
Slika 5.42. Prikaz usporedbe originalne fotografije i simulacije – mobilna verzija 65
Slika 6.1. Slika korištena u anketi - Raspon boja koji vidi osoba sa sljepilom na zelenu boju 69
Slika 6.2. Slika korištena u anketi - Raspon boja vidljiv osobi sa sljepilom na plavu boju 70
Slika 6.3. Slike korištene u anketi - simulacija lijevo i original desno 71
Slika 6.4. Slike korištene u anketi – original lijevo, simulacija desno 72
Slika 6.5. Slike korištene u anketi – original lijevo, deuteranopija desno 73
Slika 6.6. Slike korištene u anketi – original lijevo, deuteranopija desno 74
Slika 6.7. Slike korištene u anketi – original lijevo, tritanopija desno 75
Slika 6.8. Slike korištene u anketi – original gore, simulacija deuteranopije lijevo, simulacija protanopije desno 76

Popis tablica

Tablica 2.1. Karakteristike prirodnog izvora svjetlosti u specifičnim uvjetima 4
Tablica 2.2. Primjeri brzine zatvarača i njihovog korištenja u praksi 7
Tablica 3.1. Tablica psihofizičkih i fizičkih karakteristika boje..... 11

Popis grafikona

Grafikon 6.1. Spol ispitanika 67
Grafikon 6.2. Dob ispitanika 68
Grafikon 6.3. Završeni stupanj obrazovanja 68
Grafikon 6.4. Raspon vidljivih boja na slici odgovara sljepilu na crvenu boju 69
Grafikon 6.5. Raspon vidljivih boja na slici odgovara sljepilu na plavu boju 70
Grafikon 6.6. Prepoznajte koja fotografija je original, a koja je simulacija 71
Grafikon 6.7. Prepoznajte koja fotografija je original, a koja je simulacija 72
Grafikon 6.8. Koja vrsta sljepila na boje je prikazana na desnoj fotografiji? 73
Grafikon 6.9. Koja vrsta sljepila na boje je prikazana na desnoj fotografiji? 74
Grafikon 6.10. Koja vrsta sljepila na boje je prikazana na desnoj fotografiji? 75
Grafikon 6.11. Koja od simulacija prikazuje sljepilo na crvenu boju? 76
Grafikon 6.12. Smatrate li da bi ovakav način obrade fotografije mogao potaknuti ljude na vlastita istraživanja sljepila na boju? 77
Grafikon 6.13. Biste li Vi posjetili web stranicu s informacijama o sljepilu na boju i simuliranim fotografijama? 77
Grafikon 6.14. Smatrate li da bi ovaj projekt i web stranica mogli potaknuti organiziranje izložbi simuliranih fotografija u galerijama? 78

Literatura

1. https://proleksis.lzmk.hr/50174/ (pristupano 9.1.2021.)
2. daltonizam. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. (http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=13767 Pristupano 4. 9. 2022.)
3. fotografija. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. (http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=20254 Pristupano 15.5.2022.)
4. https://proleksis.lzmk.hr/26207/ (pristupano 15.5.2022.)
5. FOTOGRAFIJA Sažeta istorija, Helmut Gernsheim u suradnji sa Alison Gernsheim, Izdavač: Izdavački zavod ″Jugoslavija″ Beograd, 1973.
6. https://www.thephoblographer.com/2013/07/31/an-introduction-to-and-brief-history-of-digital-imaging-sensor-technologies/
7. https://www.cambridgeincolour.com/tutorials/natural-light-photography.htm (pristupano 29.5.2022.)
8. ekspozicija. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. (http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=17445 Pristupano 15.5.2022.)
9. https://www.cambridgeincolour.com/tutorials/camera-exposure.htm (Pristupano 29.5.2022.)
10. Valdec Dean, predavanje na temu Osjet vida čovjeka, Varaždin, 2017

11. vid. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. (http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=64496 Pristupano 4. 9. 2022.)
12. oko. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. (http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=44922 Pristupano 4. 9. 2022.)
13. boje. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. (http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=8458 Pristupano 4. 9. 2022.)
14. Electromagnetic Conception of Color Vision in Additive Mixing of Colors. Application in the Photography. Art and Psychology, Ignat Ignatov, Kevork Vanlyan, Bulgaria, 2020
15. Lindsay T. Sharpe, Andrew Stockman, Herbert Jägle, and Jeremy Nathans, Opsin genes, cone photopigments, color vision, and color blindness, 1999.
16. Color Vision, Thomas P. Sakmar (http://www.sakmarlab.org/Overview/People/SakmarT/104_0323011365.pdf Pristupano 7.9.2022.)
17. Zone Theory of Colour Vision, P. L. Walraven, Soesterberg, 1965.
18. https://www.smithsonianmag.com/smart-news/men-and-women-see-things-differently-literally-180954815/ (Pristupano 4.9.2022.)
19. Human eye sensitivity and photometric quantities (https://sites.ecse.rpi.edu/~schubert/Light-Emitting-Diodes-dot-org/Sample-Chapter.pdf) Pristupano 6.9.2022.)

20. https://www.encyclopedia.com/computing/dictionaries-thesauruses-pictures-and-press-releases/cie-color-model (Pristupano 6.9.2022.)
21. Perceptual uniformity of commonly used color spaces, Ali Avanakia , Kathryn Espiga , Tom Kimpeb , Albert Xthonaa , Cédric Marchessouxb , Johan Rostangb , Bastian Piepersb aBarco Healthcare, Beaverton, OR; bBarco Healthcare, Kortrijk, Belgium, February 2014
22. https://sensing.konicaminolta.us/us/blog/understanding-the-cie-lch-color-space/ (Pristupano 7.9.2022.)
23. https://nick-shaw.github.io/cinematiccolor/human-visual-system.html (Pristupano 6.9.2022.)
24. https://www.nei.nih.gov/learn-about-eye-health/eye-conditions-and-diseases/color-blindness (Pristupano 6.9.2022.)
25. https://www.nei.nih.gov/learn-about-eye-health/eye-conditions-and-diseases/color-blindness/causes-color-blindness (Pristupano 6.9.2022.)
26. https://books.google.hr/books?hl=hr&lr=&id=UriYBuiH_FkC&oi=fnd&pg=PA410&dq=monochromatism+types+and+causes&ots=nRlZY2fiiq&sig=BTVYMeGnYD3ffRRPFOo7CM1uXas&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false stranica 414 (Pristupano 6.9.2022.)
27. https://www.colourblindawareness.org/colour-blindness/types-of-colour-blindness/ (Pristupano 9.1.2021.)
28. Color Universal Design (CUD) - How to make figures and presentations that are friendly to Colorblind people, Masataka Okabe, Japan, 2008 (https://jfly.uni-koeln.de/color/#see Pristupano 5.9.2022.)

29. https://www.colorblindnesstest.org/ishihara-test/ (Pristupano 28.8.2022.)
30. https://www.xrite.com/categories/visual-assessment-tools/fm-100-hue-test (Pristupano 17.8.2022.)
31. https://www.colorblindnesstest.org/farnsworth-lantern-test/ (Pristupano 17.8.2022.)
32. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/admt.201901134 (Pristupano 17.8.2022.)
33. Sasikumar Gurumurthy, Renuka Devi Rajagopal, Anand AjayAshar, Color Blindness Correction using Augmented Reality, India, 2019.
34. https://news.artnet.com/art-world/colorblind-mca-denver-glasses-1729845 (Pristupano 18.8.2022.)
35. https://www.sydney.edu.au/news-opinion/news/2022/04/22/glasses-bring-colour-to-the-museum-.html (Pristupano 18.8.2022.)
36. https://asada.website/cvsimulator/e/index.html (Pristupano 19.8.2022.)

Izjava o autorstvu i suglasnost za javnu objavu

Sveučilište Sjever

SVEUČILIŠTE SJEVER

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, _____Martina Vaško_____ *(ime i prezime)* pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom _____Prikaz sljepila na boje u mediju fotografije_____ *(upisati naslov)* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

_____Vaško Martina_____
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost 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, _____Martina Vaško_____ *(ime i prezime)* neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom _____Prikaz sljepila na boje u mediju fotografije_____ *(upisati naslov)* čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

_____Vaško Martina_____
(vlastoručni potpis)