



Sveučilište u Zagrebu

Grafički fakultet

Teo Žeželj

**PROCJENA UTJECAJA OKOLINE NA
PRISTUPE KODIRANJU BOJOM U
GRAFIČKOJ KOMUNIKACIJI**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2023.



Sveučilište u Zagrebu

Grafički fakultet

Teo Žeželj

**PROCJENA UTJECAJA OKOLINE NA
PRISTUPE KODIRANJU BOJOM U
GRAFIČKOJ KOMUNIKACIJI**

DOKTORSKI RAD

Mentor:
izv. prof. dr. sc. Mile Matijević

Zagreb, 2023.



University of Zagreb

Faculty of graphic arts

Teo Žeželj

**EVALUATION OF ENVIRONMENTAL
IMPACT ON COLOR CODING
APPROACHES IN GRAPHIC
COMMUNICATION**

DOCTORAL DISSERTATION

Supervisor:

Associate professor Mile Matijević, PhD

Zagreb, 2023

BIOGRAFIJA MENTORA

Izv. prof. dr. sc. Mile Matijević rođen je 10. travnja 1977. godine u Vinkovcima. Diplomirao je 2000. na Grafičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu te je stekao akademski naziv diplomirani inženjer grafičke tehnologije. Doktorirao je 2013. godine iz područja tehničkih znanosti, polje grafička tehnologija, grana procesi grafičke reprodukcije, na doktorskom studiju "Grafičko inženjerstvo i oblikovanje grafičkih proizvoda" Grafičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu s temom "Vizualni efekti proširivanja i simultanoga kontrasta u grafičkoj komunikaciji" pod mentorstvom dr. sc. Nikole Mrvca, red. prof. Grafičkog fakulteta.

Nakon završetka fakulteta od 2002. do 2006. godine radi u Hand designu na poslovima operatera tehnologa (grafička priprema). Usporedo s radom u poduzeću Hand design radi kao vanjski suradnik u poduzeću Murano do 2007. godine. 2007. godine zapošljava se u tiskari Grafokor u odjelu pripreme.

Od 2008. godine do danas radi u punom radnom vremenu na Grafičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. U znanstveno zvanje znanstveni suradnik u području tehničkih znanosti, polje grafička tehnologija izabran je 27. svibnja 2013. godine. U znanstveno zvanje znanstveni suradnik u interdisciplinarnom području znanosti (grafička tehnologija, informacijske i komunikacijske znanosti) izabran je 08. srpnja 2013. godine. U znanstveno zvanje viši znanstveni suradnik u interdisciplinarnom području znanosti (grafička tehnologija, informacijske i komunikacijske znanosti) izabran je 30. studenoga 2018. godine. U znanstveno-nastavno zvanje i na radno mjesto docenta na katedri za tiskarske procese na Grafičkom fakultetu u Zagrebu izabran je 13. srpnja 2015. godine. U znanstveno-nastavno zvanje i na radno mjesto izvanrednog profesora na katedri za tiskarske procese na Grafičkom fakultetu u Zagrebu izabran je 07. ožujka 2022. godine. Od 2009. do 2014. godine sudjeluje u realizaciji projekta *Evaluacija kvantitavnih i kvalitativnih kriterija procesa grafičke reprodukcije*; šifra projekta: 128-1281955-1960 u okviru Nacionalnog znanstvenog istraživačkog programa Ministarstva znanosti i tehnologije pod vodstvom glavnog istraživača dr. sc. Nikole Mrvca, red. prof. Grafičkog fakulteta.

Aktivni je sudionik na znanstvenim i stručnim skupovima. Do sada je objavio 42 znanstvena rada, od toga 11 u časopisima koji su zastupljeni u CC (Current Contents) i SCI (Science Citation Index). Autor u svojim radovima obrađuje teme koje se odnose na grafičke i multimedijske tehnologije s jedne strane, te reprodukciju i percepciju vizualnih informacija unutar komunikacijskih sustava s druge strane.

Sunositelj je na kolegijima Tisak 1 i Tisak i dizajn na dodiplomskom studiju Grafičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu te na predmetima Optimalizacija tiskarskog sustava i Izgradnja multimedijskog sustava na diplomskom studiju Grafičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Na sveučilišnom poslijediplomskom studiju Grafičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu je nositelj kolegija Kvalitativna metodologija grafičke znanosti.

Na Sveučilištu Sjever se zapošljava od 2015. godine ugovorom o radu za dodatnih do 8 sati tjedno gdje je od tada nositelj kolegija Psihologija boja na preddiplomskom studiju Multimedije i vizualnih komunikacija, te od 2017. godine sunositelj na kolegiju Napredni tisak na ambalažu na diplomskom studiju Ambalaža.

Obnašao je 2011. godine dužnost člana radne skupine obrazovnog sektora za područje grafičke tehnologije i audiovizualnih tehnologija pri Agenciji za strukovno obrazovanje u izradi dokumenata standarda zanimanja, standarda kvalifikacija i kurikuluma u sektoru u sklopu projekta "Jačanje institucionalnog okvira za razvoj strukovnih standarda zanimanja, kvalifikacija i kurikuluma".

Od 1. listopada 2015. do 30. rujna 2017. godine obnašao je dužnost voditelja Katedre za tiskarske procese na Grafičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, a od 1. listopada 2017. godine do danas obnaša dužnost prodekana za financije na Grafičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Od travnja 2020. godine voditelj je projekta "*Razvoj, unapređenje i provedba stručne prakse u visokom obrazovanju*", UP.03.1.1.04.0046. financiranog iz Europskog socijalnog fonda.

Područja njegova interesa vezana su uz: istraživanje reprodukcije informacije o boji u suvremenim sustavima multimedijskih i grafičkih tehnologija, upravljanje kvalitetom u procesima grafičke reprodukcije te razvoj sustava strukovnog i visokog obrazovanja.

ZAHVALA

Veliko hvala svima na pomoći oko izrade rada.

SAŽETAK

U suvremenom potrošačkom društvu, oblikovanje grafičkih proizvoda i grafičke komunikacije predstavljaju izazov s obzirom na visoku osjetljivost ljudi na vizualne podražaje. Pravilan izbor elemenata grafičkog proizvoda, uključujući tipografiju, stilove, oblike i boje, često je problematičan za dizajnere. Posebno je izazovno odabrati pravu paletu boja u grafičkom oblikovanju jer ne postoje univerzalna pravila koja bi definirala tu odluku. Izbor boja ovisi o različitim čimbenicima poput društvenog konteksta, prirode proizvoda i ciljne populacije.

Ova doktorska disertacija istražuje područje grafičkog oblikovanja u kontekstu percepcije boje u Republici Hrvatskoj te su pri analizi grafičkih komunikacija uzete u obzir mentalne slike koje pojedinac formira na temelju iskustva i doživljaja okoline. Fokus ovog istraživanja je na općim mentalnim slikama koje su manje opterećene detaljima i olakšavaju pamćenje. Boja igra ključnu ulogu u formiranju tih mentalnih slika, omogućujući brzo prepoznavanje scene. Odabir boje temelji se na činjenici da boja ima snažan utjecaj na doživljaj i pamćenje scene, te da privlači pažnju promatrača.

Grafičke komunikacije obuhvaćaju širok spektar proizvoda i usluga s kojima su pojedinci kontinuirano izloženi te je važno pridavati pažnju upotrebi boja i njihovih kombinacija pri oblikovanju grafičkih proizvoda. Primjeri takvih proizvoda uključuju marketinške kampanje, propagandu, korisnička sučelja, ambalažu i druge proizvode grafičke industrije. Odabir boja i paleta boja temelji se na prethodnim iskustvima, primjerima i nekim pseudoznanstvenim metodama, ali nedostaje precizniji pristup temeljen na ljudskoj percepciji boja i njezinim preferencijama, koji su također oblikovani okolinom i kulturom pojedinca.

Ključne riječi: boje, okolina, kognicija, grafičke komunikacije, grafički dizajn

EXTENDED ABSTRACT

In contemporary consumer society, designing graphic products and graphic communication pose a challenge due to people's high sensitivity to visual stimuli. The proper selection of elements in graphic design, including typography, styles, shapes, and colors, is often problematic for designers. Choosing the right color palette in graphic design is particularly challenging as there are no universal rules defining this decision. The choice of colors depends on various factors such as social context, the nature of the product, and the target population.

This doctoral dissertation explores the field of graphic design in the context of color perception in the Republic of Croatia. All individuals involved in graphic communication approach design tasks as designers who combine and arrange graphic elements. It is important to note that designers themselves are part of the population they address, intertwining introspective processes of the designer with external processes aimed at users or the audience.

When analyzing graphic communication, it is essential to consider the mental images individuals form based on their experiences and perception of the environment. The focus of this research is on general mental images that are less burdened with details and facilitate memory. Color plays a crucial role in forming these mental images, enabling rapid scene recognition. The choice of color is based on the fact that color has a strong impact on scene perception and memory, attracting the attention of observers. In the context of graphic design, using specific colors and their combinations allows designers to effectively convey messages and symbols, reducing cognitive load for observers. Therefore the right choice of graphic elements and colors as key information is crucial for a viable and effective graphic communication.

Graphic communication encompasses a wide range of products and services that individuals are continuously exposed to. Therefore, it is important to pay attention to the intelligent use of colors and their combinations in designing graphic products. Examples of such products include marketing campaigns, propaganda, user interfaces, packaging, and other graphic industry products. The selection of colors and color palettes is based on previous experiences, examples, and some pseudo-scientific methods. However, a more

precise approach based on human color perception and preferences, shaped by the individual's environment and culture, is lacking.

As part of the confirmation of the set hypotheses, a field study was conducted in the Republic of Croatia. The selection of participants was based on several criteria, including geographical distribution, age, gender, educational status, and other relevant socio-demographic variables. Given the size and diversity of the target population, a sample of approximately 1000 participants was used to conduct this research.

The first criterion for participant selection in the study was to achieve uniformity of participants according to regional distribution within the Republic of Croatia. This approach ensured the representativeness of the sample and the equal distribution of participants according to geographical characteristics. The regions were defined in a way that reflected the geographically diverse parts of the country. Each region within the Republic of Croatia represented a unique entity with distinct geographical, climatic, social, and cultural characteristics, allowing for a more detailed understanding of the impact of these factors on the perception of colors and their use in graphic communication. This methodological approach enabled quality data collection and analysis, taking into account regional differences that could influence the perception and interpretation of colors in the context of graphic communication.

After forming the sample of participants, the participants were sent a series of questions via an electronic questionnaire relating to their current residence or domicile. The purpose of these questions was to determine the actual region the participants belong to. Participants were given the opportunity to select the region they belong to based on geographical criteria. In the next stage of the questionnaire, participants were asked questions about their residence during various stages of cognitive development according to Jean Piaget's theory. This phase of research aimed to collect data on participants that would enable the analysis of the impact of different stages of cognitive development on their perception of colors in the context of graphic communication.

In the final part of the questionnaire, research participants were asked about residing in a rural or urban environment. To avoid potential bias or discomfort from directly

categorizing participants into one of these categories, the question was posed subtly, independent of their previous preferences or prejudices.

In the next phase of the research, which forms the basis of this work, participants were given the task of placing 24 randomly arranged colors in a 6x4 dimension matrix. Each square represented one of the colors in the set, and participants had a certain time limit to complete the task. In this way, the research participants formed a specific pattern of colors composed of identical colored squares. This task was designed to assess the participants' ability to organize and arrange colors within the matrix. The patterns formed by the participants reflect their subjective experience of preferred color combinations. An analysis of these patterns was conducted to determine the frequency and repetition of certain color combinations, as well as to explore the correlations between color preferences and arrangements within the matrix.

Following the organization and grouping of data, a statistical analysis of frequency distribution was carried out. This method allowed for an assessment of the spread of different responses among participants, providing a quantitative overview of the collected data. In this context, the frequency distribution helped in understanding how often certain color combinations or structures appeared in the samples formed by the participants.

Keywords: colors, environment, cognition, graphic communication, graphic design

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1 Cilj i hipoteze istraživanja	10
1.2 Očekivani znanstveni doprinos	11
2. TEORIJSKI DIO	12
2.1 Ljudski vizualni sustav	12
2.1.1 Mozak	12
2.1.2 Neuron i sinapse	17
2.1.3 Oko i građa oka	20
2.1.4 Trikromatski vid	31
2.1.5 Psihologija boja	42
2.1.6 Percepcija boja.....	52
3. EKSPERIMENT.....	57
3.1 Materijali, ispitanici, metodologija i plan istraživanja.....	57
3.1.1 Teorem 4 boje.....	65
3.2 Programska obrada podataka	69
3.2.1 Heksadecimalni zapis boja	69
3.2.2 Iz linije u matricu.....	70
3.2.3 Parovi boja.....	72
3.2.4 Trojke boja.....	74
3.2.5 Četvorke boja.....	75
3.2.6 Četvorke boja u obliku 2x2:	77
3.2.7 Uspoređivanje svih ispitanika:	79
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	86
4.1 Parovi boja	86
4.2 Trojke boja.....	95

4.3	Četvorke boja.....	104
4.4	Četvorke boja (2x2)	113
5.	ZAKLJUČAK.....	124
6.	LITERATURA.....	125
7.	PRILOZI.....	132
	Prilog 1. Popis tablica.....	132
	Prilog 2. Popis slika.....	134
8.	ŽIVOTOPIS	135
8.1	Popis objavljenih radova.....	136

1. UVOD

Grafičko oblikovanje u suvremenom potrošačkom društvu je u kontinuiranom stanju razvoja i promjene, s obzirom na to da se trendovi stalno mijenjaju, a tehnologija postaje sve sofisticiranija. Kako potrošačko društvo postaje sve osjetljivije na vizualne podražaje, zahtjevi za dizajnerima da stvaraju upečatljiva, privlačna i efikasna grafička rješenja su sve veći. U grafičkom dizajnu, pravilan izbor elemenata grafičkog proizvoda je ključan za postizanje željenih učinaka. Ti elementi uključuju tipografiju, stilove, oblike i boje, ali se također protežu na stvari kao što su raspored, hijerarhija, kontrast i ravnoteža. Svi ovi elementi moraju raditi zajedno kako bi stvorili koherentnu, učinkovitu i vizualno privlačnu kompoziciju.

Tipografija je jedan od najvažnijih aspekata grafičkog dizajna. Ona nije samo sredstvo za prenošenje informacija, već također ima važnu ulogu u oblikovanju dojmljivosti i tonaliteta dizajna. Odabir prave tipografije može dramatično utjecati na to kako će publika percipirati i interpretirati poruku.

Stilovi i oblici su također ključni elementi u grafičkom dizajnu. Različiti stilovi mogu sugerirati različite dojmove ili raspoloženja, dok oblici mogu usmjeravati oči gledatelja i pružiti strukturu dizajnu.

Boja je jedan od najmoćnijih alata koje dizajneri imaju na raspolaganju. Ona može izazvati snažne emocionalne reakcije, stvoriti vizualni interes i čak upravljati kako se informacije percipiraju i obrađuju.

Boja igra ključnu ulogu u komunikacijskom aspektu grafičkog dizajna. Kroz vizualnu percepciju, boja može prenijeti određene informacije, stvoriti specifične emocije, usmjeriti gledateljevu pažnju i čak igrati ključnu ulogu u utjecanju na njegovo odlučivanje.

Nije tajna da odabir boja nije slučajna u grafičkom dizajnu, već je duboko utemeljen u razumijevanju kulturološkog, socijalnog i psihološkog konteksta ciljane populacije. Boje imaju svoje konotacije koje se mogu značajno razlikovati ovisno o kulturnom i socijalnom kontekstu. Na primjer, bijela boja na zapadu često je povezana s čistoćom i nevinošću, dok je u nekim istočnim kulturama povezana s tugom i žalosti.

Pri odabiru boja za određeni grafički proizvod, potrebno je uzeti u obzir prirodu proizvoda i poruku koja se želi poslati. Boje koje se koriste u logotipu za dječju igračku, primjerice,

vjerojatno će se značajno razlikovati od boja koje se koriste u pakiranju luksuznog kozmetičkog proizvoda.

Osim toga, potrebno je uzeti u obzir i dobrobit ciljane populacije. Demografske karakteristike kao što su dob, spol, nacionalnost i kultura mogu utjecati na percepciju i tumačenje boja. Starija populacija može preferirati suptilnije, zagasite boje, dok mlađa populacija može biti više privučena svijetlim, živim bojama.

Dakle, u grafičkom dizajnu, boja nije samo estetski element, već snažan alat komunikacije. Pravilnim odabirom i primjenom boja, grafički dizajneri mogu bolje prenijeti svoje poruke, utjecati na percepciju proizvoda ili usluge i privući ciljnu skupinu.

Grafičko oblikovanje, kao multidisciplinarno polje koje se naslanja na estetiku, komunikaciju, tehnologiju i sociologiju, pruža složenu mrežu faktora koji utječu na proces i rezultate dizajna. Dva navedena aspekta, introspektivni i eksterno vođen proces, nude značajan okvir za razumijevanje različitih dimenzija uključenih u grafičko oblikovanje.

Prvi aspekt, grafičko oblikovanje kao introspektivni proces, promatra dizajn kao sredstvo samoizražavanja. Ovdje, dizajner koristi svoje umijeće i kreativnost da interpretira, sintetizira i komunicira svoje osobne ideje, vrijednosti i dojmove. Ova dimenzija dizajna ima duboke korijene u umjetničkoj praksi i estetici, s naglaskom na originalnosti, inovativnosti i estetskom izražavanju. Primarna svrha ovog procesa je stvaranje grafičkih proizvoda koji odražavaju dizajnerovu osobnu viziju, iskustvo i interpretaciju svijeta.

Drugi aspekt, grafičko oblikovanje kao eksterno vođen proces, usredotočuje se na stvaranje grafičkih proizvoda namijenjenih drugima. Ovdje, cilj dizajnera je stvoriti rješenja koja su učinkovita u ispunjavanju specifičnih potreba, očekivanja i preferencija ciljne publike. Ova dimenzija dizajna naglašava funkcionalnost, upotrebljivost i komunikacijsku učinkovitost, sa ciljem optimizacije interakcije između korisnika i grafičkog proizvoda.

Oba aspekta su ključna za sveobuhvatno razumijevanje grafičkog dizajna. Introspektivni proces osigurava kreativnost, inovaciju i osobni pečat, dok eksterno vođen proces osigurava da dizajn adekvatno odgovara na stvarne potrebe i uvjete uporabe. Bez obzira na to, u stvarnom svijetu, oba procesa često su isprepletena i međuovisna, s dizajnerima koji kontinuirano balansiraju između vlastitih kreativnih impulsa i zahtjeva vanjskog svijeta.[1]

z ove perspektive, svatko tko sudjeluje u procesu oblikovanja grafičkih komunikacija postaje, u nekom smislu, dizajner. S obzirom na to da je grafički dizajn sveprisutan u svakodnevnim životima suvremenog potrošačkog društva, svatko tko odlučuje o rasporedu, bojama, tipografiji i drugim grafičkim elementima, bilo za osobne ili profesionalne svrhe, sudjeluje u dizajnerskom procesu.

No, važno je razumjeti da profesionalni dizajneri, dok oblikuju proizvode namijenjene komunikaciji s drugima, unose i svoje vlastite percepcije, vrijednosti i iskustva u dizajnerski proces. Iako se može tvrditi da je njihova uloga eksterno vođena, ne mogu se u potpunosti odvojiti od introspektivnog procesa dizajna. Oni su, na kraju krajeva, također dio populacije i suvremenog potrošačkog društva kojem se obraćaju svojim dizajnerskim rješenjima.

Ovo dovodi do složene interakcije između introspektivnih i eksterno vođenih procesa u grafičkom dizajnu. Dok profesionalni dizajneri nastoje stvoriti proizvode koji ispunjavaju potrebe i očekivanja drugih, njihove odluke o dizajnu neizbježno su oblikovane njihovim osobnim mentalnim slikama, koje su pak utjecane socijalno-kulturnim kontekstom u kojem žive i rade. Stoga, ovaj rad predlaže da se proces oblikovanja grafičkih proizvoda promatra ne samo kao eksterno vođen, već i kao introspektivni proces, temeljen na mentalnim slikama. U tom smislu, grafičko oblikovanje postaje više od puke primjene tehničkih vještina i pravila dizajna; postaje kompleksan proces koji uključuje interakciju između dizajnera, njegovog konteksta i ciljane publike.

Uspjeh grafičkog proizvoda, stoga, ne ovisi samo o njegovoj tehničkoj izvrsnosti, već i o tome kako dobro dizajner uspijeva integrirati svoje osobne percepcije i iskustva u proizvod, kako bi stvorio rješenje koje je relevantno, prikladno i odjekuje s ciljanom publikom.[2]–[5]

Mentalne slike, kao unutarnje reprezentacije stvarnosti, kreiraju se temeljem osobnih iskustava i doživljaja pojedinca te su ključne za proces oblikovanja grafičkih proizvoda. Kako bi se dublje razumjela njihova uloga, potrebno je istaknuti tri ključne kategorije: opće (generalne) mentalne slike, kontekstualne mentalne slike i autobiografske mentalne slike.

1. Opće (generalne) mentalne slike odnose se na široke, generalizirane koncepte ili ideje koje se formiraju na temelju dugoročnih iskustava i doživljaja pojedinca. Ove mentalne slike obuhvaćaju univerzalne koncepte, stereotipe ili arhetipove, te se često temelje na kulturološkim, socijalnim i osobnim shvaćanjima. Budući da su općenite i

lako prepoznatljive, opće mentalne slike često ostavljaju duboki utisak u pamćenju pojedinca i, kao takve, nisu opterećene detaljima.

2. Kontekstualne mentalne slike odnose se na specifične ideje ili koncepte koji su vezani uz određeni kontekst, situaciju ili iskustvo. Ove mentalne slike mogu biti složenije i detaljnije od općih mentalnih slika, budući da se formiraju u odnosu na specifične uvjete ili okolnosti.
3. Autobiografske mentalne slike odnose se na osobne dojmove, sjećanja ili iskustva pojedinca. One su najviše vezane za osobnu povijest i identitet, te su, kao takve, jedinstvene za svaku pojedinu osobu.

U ovom radu, naglasak će biti stavljen na proučavanje uloge općih mentalnih slika u procesu grafičkog oblikovanja. Pretpostavlja se da su opće mentalne slike ključne u oblikovanju grafičkih proizvoda, jer omogućuju dizajnerima da stvore vizualne prikaze koji su odmah prepoznatljivi i lako razumljivi za široku publiku. Opće mentalne slike može se u tom kontekstu promatrati kao bit scene, pojam ključan za razumijevanje promatranih efekata.

Pojam "biti scene" ili "scene gist" iz literature predstavlja slojeviti koncept koji pomaže u definiranju različitih aspekata mentalnih slika. U kontekstu grafičkog dizajna, biti scene pruža okvir za razumijevanje kako dizajneri obrađuju i integriraju različite razine informacija prilikom stvaranja grafičkih proizvoda.

U ovom okviru, razlikuju se tri razine informacija koje su uključene u mentalne slike: niska, srednja i visoka razina kompleksnosti.

1. Informacije niske razine kompleksnosti obuhvaćaju osnovne vizualne informacije, poput prostornih frekvencija, boja i osnovnih oblika. Unatoč njihovoj relativnoj jednostavnosti, ove informacije imaju ključnu ulogu u stvaranju prvog dojma o sceni i njenom generalnom "osjećaju". U kontekstu ovog rada, posebna pažnja posvećena je upravo ulozi boje u stvaranju mentalnih slika i oblikovanju grafičkih proizvoda.
2. Informacije srednje razine kompleksnosti obuhvaćaju složenije vizualne informacije, poput površina i volumena. Ove informacije su ključne za percepciju dubine i trodimenzionalnosti u sceni, kao i za razumijevanje međusobnih odnosa između objekata.
3. Informacije visoke razine kompleksnosti odnose se na najkompleksnije aspekte scene, uključujući prepoznavanje i identifikaciju objekata unutar scene, kao i razumijevanje njihovih semantičkih ili semiotičkih obilježja.

Prema tome, proces grafičkog oblikovanja ne uključuje samo tehničke aspekte poput odabira boje i tipografije, već i složenije kognitivne procese poput tumačenja semiotičkih obilježja i stvaranja mentalnih slika. Kao takav, grafički dizajn zahtijeva holistički pristup koji uključuje integraciju različitih razina informacija i procesiranje tih informacija na način koji je relevantan i prikladan za određenu situaciju ili ciljanu publiku. Daljnja istraživanja mogla bi produbiti razumijevanje ove složene dinamike i pružiti nove uvide u načine na koje dizajneri mogu efikasno koristiti mentalne slike za stvaranje visoko učinkovitih grafičkih proizvoda.[6], [7]

Boja, kao informacija niske razine kompleksnosti, zauzima središnje mjesto u procesu grafičkog oblikovanja i vizualne percepcije. Kao takva, boja igra ključnu ulogu u karakterizaciji doživljene scene ili slike, imajući značajan utjecaj na formiranje biti scene. Kroz taj kontekst, boja ne samo da informira i oblikuje percepciju promatrača, već i privlači i zadržava pažnju, što je od ključne važnosti za učinkovitu komunikaciju kroz grafičke proizvode.

Prva bitna uloga boje leži u njenom kapacitetu za brzu i učinkovitu karakterizaciju scene. Studije su pokazale da ljudski mozak procesira informacije o boji mnogo brže od drugih vizualnih informacija, poput oblika ili teksture. Kao rezultat toga, boja može pružiti trenutačnu, instinktivnu procjenu scene, omogućavajući promatraču da brzo razumije i reagira na vizualne informacije.

Drugo, boja ima snažan utjecaj na doživljaj scene, oblikujući emocionalnu i psihološku reakciju promatrača. Ovo je osobito važno u kontekstu grafičkog dizajna, gdje odabir boje može dramatično utjecati na percepciju i tumačenje grafičkog proizvoda. Boja može evocirati određene emocije, sugerirati određene asocijacije ili simbole, i stvoriti određeni "osjećaj" ili "atmosfera" koja može poboljšati učinkovitost i uvjerljivost grafičkog dizajna.

Treće, boja može imati značajan utjecaj na privlačenje i zadržavanje pažnje. U svijetu preplavljenom vizualnim podražajima, sposobnost da se istakne i privuče pažnju je ključna za uspjeh bilo kojeg grafičkog proizvoda. Boja, s obzirom na njezinu moćnu vizualnu privlačnost i mogućnost da brzo privuče pažnju, igra ključnu ulogu u tome.

Četvrto, upotreba boje može smanjiti kognitivno opterećenje na promatrača, omogućavajući brže i učinkovitije procesiranje informacija. Istraživanja su pokazala da obojene informacije mogu biti lakše pamćene i prepoznate, što olakšava usvajanje biti scene.

Kroz sve ove aspekte, boja ne samo da obogaćuje vizualni doživljaj, već i optimizira proces vizualne percepcije i komunikacije. U kontekstu grafičkog dizajna, ovo pokazuje da pravilan izbor i primjena boje može značajno poboljšati učinkovitost i uvjerljivost grafičkog proizvoda.[3], [7]–[9]

Djelotvorna grafička komunikacija pokriva široki spektar proizvoda i usluga koje su u konstantnom međudjelovanju s pojedincima. Kroz vizualne materijale poput tiskanih oglasa, plakata, brošura, web stranica, digitalnih oglasa, ambalaže proizvoda, logotipa, itd., svijet grafičkog dizajna vrši izraziti utjecaj na svakodnevni život.

Upravo zbog takve sveprisutnosti grafičkih proizvoda, pravilna i smišljena upotreba boja i njihovih kombinacija postaje neizbježna. Pravilan izbor boja može poboljšati čitljivost, privlačnost, te u konačnici efikasnost komunikacije grafičkog proizvoda. Boje mogu usmjeriti pažnju, evocirati emocije, i komunicirati poruke na dubljoj, nesvjesnoj razini.

Dok su različite procjene udjela vizualnog kanala u ukupnoj komunikaciji varirale, često temeljene na općim pretpostavkama, postoji široko prihvaćena suglasnost u znanstvenoj zajednici koja se bavi neverbalnom i vizualnom komunikacijom o značajnom utjecaju vizualnog kanala. Prema nekim procjenama, velika većina ljudske komunikacije (do 90%) može se prenijeti vizualno.

Međutim, valja napomenuti da su ove procjene kontroverzne i predmet su kritike. One su često temeljene na istraživanjima koja su bila usmjerena na određene aspekte komunikacije ili na određene kontekste, a zatim su generalizirane na sve oblike komunikacije. Ovo je dovelo do nesporazuma i pogrešnih tumačenja.

Unatoč ovim kontroverzama, postoji široki konsenzus da vizualni kanal igra ključnu ulogu u ljudskoj komunikaciji. Vizualne informacije mogu biti obrađene brže i efikasnije od verbalnih informacija, omogućujući brzu i učinkovitu komunikaciju. Slika može prenijeti složene ideje i informacije na način koji može biti teško izraziti riječima.

Ova dominantna uloga vizualnog kanala u komunikaciji ističe važnost grafičkog dizajna i upotrebe boja u oblikovanju efikasne i učinkovite komunikacije. Svaka boja, nijansa, i kombinacija boja može donijeti određene implikacije, asocijacije, i emocije koje mogu značajno utjecati na tumačenje grafičkog proizvoda.

U ovom kontekstu, daljnja istraživanja o utjecaju boja na percepciju i tumačenje grafičkih proizvoda mogla bi pružiti dragocjene uvide za unapređenje prakse grafičkog dizajna. Proučavanje kako boje utječu na kognitivne procese, uključujući percepciju, pažnju, pamćenje, i odlučivanje, moglo bi omogućiti dizajnerima da stvaraju grafičke proizvode koji su vizualno privlačni, učinkoviti, i koji bolje komuniciraju svoje poruke.[10], [11]

Oblikovanje grafičkih proizvoda te njihovih komponenti utječe na semantičku vrijednost niza domena poput marketinških kampanja, propagande, promidžbe, ali i izrade korisničkih sučelja, ambalaže i ostalih proizvoda korištenih u sklopu grafičke komunikacije. Takav utjecaj je vidljiv ne samo u kontekstu dizajna materijala za tisak, već i u digitalnom svijetu gdje se koncepti poput korisničkog sučelja (UI) i korisničkog iskustva (UX) oslanjaju na temeljna načela grafičkog dizajna kako bi se osigurala optimalna interakcija između korisnika i digitalnih platformi.

U kontekstu medija poput fotografije, boja i kompozicija - ili fotografska sintaksa - imaju značajan utjecaj na privlačnost djela. Kroz različite načine upotrebe boja, fotografija može postići različite efekte, stvarajući različite dojmove i osjećaje kod promatrača. Boja može odigrati ključnu ulogu u usmjeravanju pogleda promatrača, naglašavanju određenih elemenata, i stvaranju atmosfere. Kroz razumijevanje kako boje i kompozicija utječu na percepciju i tumačenje fotografije, fotografi i dizajneri mogu kreirati djela koja su vizualno privlačna, značajna, i učinkovita u prenošenju svojih poruka.

Dodatno, u sferi marketinških komunikacija, pravilna upotreba boja i grafičkih elemenata može pojačati utjecaj poruka, stvarajući snažnije veze s ciljnom publikom i potičući željene reakcije. Za efektivnu komunikaciju važno je razumjeti kako različite boje i njihove kombinacije utječu na percepciju i tumačenje poruka, i kako se te poruke prenose kroz različite grafičke proizvode.

U svijetu grafičke industrije, ambalaža - posebice u kontekstu stalno rastućeg tržišta prehrambene industrije i industrije pića - često postaje središnji element komunikacije. Razlikovanje i prepoznavanje proizvoda na zasićenom tržištu zahtijeva sofisticiranu upotrebu boja i kombinacija boja. Uspješno izdvajanje proizvoda ne smije ugroziti poželjnu semantičku vrijednost komunikacijske poruke koja je temelj njegove prepoznatljivosti. Stoga dizajneri moraju pažljivo odabrati boje i njihove kombinacije kako bi privukli pažnju i istovremeno održali integritet marke. Dizajneri često koriste dokazane kombinacije boja, vođeni iskustvom, primjerima drugih proizvoda i nekim metodama koje mogu biti temeljene na manje rigoroznim

znanstvenim dokazima. Takvi pristupi mogu biti učinkoviti, ali također postoji rizik od pretpostavki koje ne odražavaju stvarni odnos između boje i percepcije. Primjerice, korištenje boje može utjecati na percepciju proizvoda, njegovu prepoznatljivost, privlačnost i općenito doživljaj potrošača. Boja može stvoriti, pojačati ili promijeniti dojam o proizvodu i utjecati na odluku o kupnji. Dakle, upotreba boje u grafičkom oblikovanju, posebno u dizajnu ambalaže, igra ključnu ulogu u stvaranju vizualne identitete proizvoda i marke. Bez obzira na industrijski sektor, uspješna upotreba boja može poboljšati vizualni dojam, pomoći u diferencijaciji proizvoda od konkurencije i potaknuti pozitivne reakcije potrošača. Stoga je važno razumjeti složene mehanizme boje i njenog utjecaja na percepciju i ponašanje potrošača. U svakom segmentu grafičke industrije, od vizualnog identiteta do dizajna ambalaže, pažljiva i svjesna upotreba boje može doprinijeti uspjehu proizvoda i zadovoljstvu potrošača.[12]

Kada se ova logika primijeni na širi spektar proizvoda i kanala grafičke komunikacije - uključujući, ali ne ograničavajući se na oblikovanje karata, putokaza, obavijesti, kao i korisničkih sučelja u elektroničkim medijima - postaje evidentno koliko je kodiranje bojom integralni element u procesu komunikacije. Boja je alat za brzo i učinkovito dekodiranje informacija, stvarajući odmah prepoznatljive vizualne signale koji usmjeravaju ponašanje korisnika ili konzumenta. Ovaj princip se može vidjeti u djelovanju u mnogim aspektima svakodnevnog života. Na primjer, u oblikovanju putokaza, upotreba različitih boja može pomoći ljudima da brzo identificiraju određene rute ili destinacije, često čak i prije nego što imaju priliku pročitati bilo kakav pridruženi tekst. U kontekstu korisničkih sučelja, boja se često koristi za vođenje korisnika kroz složene procese, omogućavajući im da lako prepoznaju koje su funkcije dostupne, koje su opcije odabrane, ili koje bi akcije mogle dovesti do nepoželjnih rezultata. Dakle, boja je ne samo estetski element, već i važan alat za prenošenje informacija, olakšavanje navigacije i omogućavanje korisničkog iskustva koje je intuitivno i učinkovito. Upravo ta snaga boje čini je središnjim elementom u dizajnu i grafičkoj komunikaciji, bilo da se radi o tiskanim materijalima, digitalnim sučeljima ili fizičkom okruženju. Stoga, razumijevanje načina na koje boje utječu na percepciju, obradu informacija i ponašanje može pružiti dizajnerima dragocjene uvide i alate za stvaranje učinkovitijih i privlačnijih proizvoda i iskustava.[13]

Prethodna istraživanja sugeriraju kako se preferencije prema određenim bojama uvelike temelje na privlačnosti objekata koji su prirodno obojeni tim bojama u svakodnevnom okruženju. No, ovaj pristup ima niz ograničenja, naročito jer izolira boje iz njihovog „prirodnog okruženja“ i pritom zanemaruje brojne druge aspekte boje i prirode preferencija. [14]

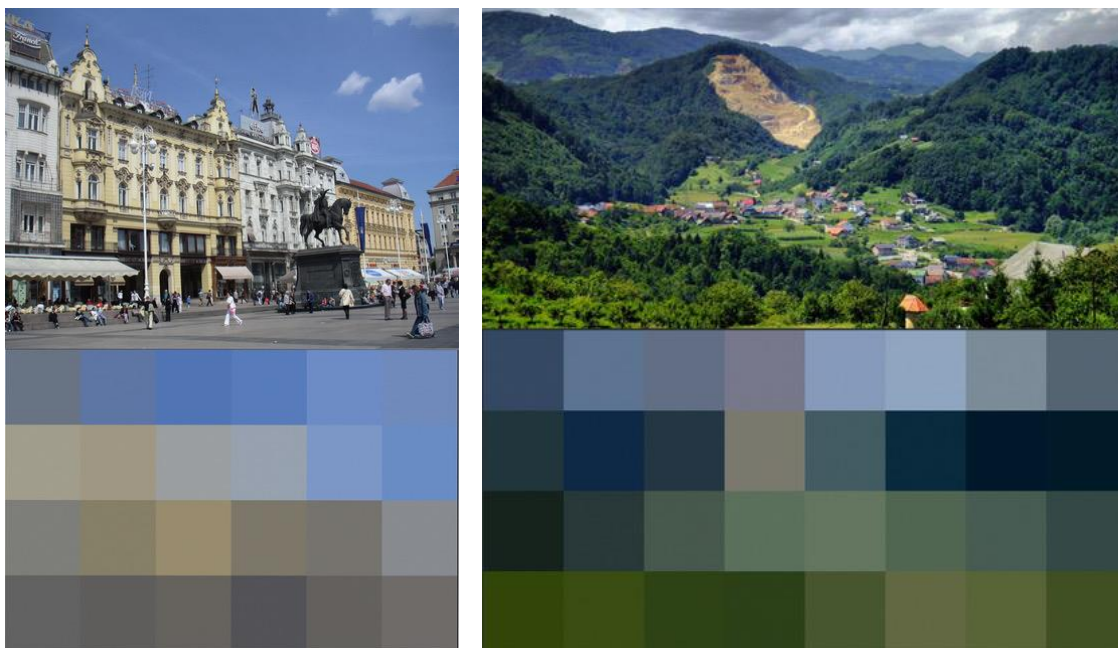
Pitanje je, dakle, da li takav pristup pruža potpunu sliku o utjecaju boje na percepciju i preferencije. Ono što se često zanemaruje u ovakvom pristupu jest utjecaj jezika, a time i kulture, na doživljaj i preferencije boje. Ovaj aspekt fenomena boje prepoznat je kao značajan u nekoliko studija koje ukazuju na snažnu vezu između jezika i percepcije boje.

Naime, kultura i jezik, u kojem se određene boje opisuju i interpretiraju, može imati značajan utjecaj na način na koji te boje percipiramo i tumačimo. Ovo sugerira da bi analiza preferencija boja mogla biti nedostatna bez uključivanja jezičnih i kulturnih konteksta u kojima se boje koriste i razumiju. Primjerice, neke kulture mogu razlikovati više nijansi određene boje od drugih kultura, ili pak imati specifične asocijacije i simboliku povezane s određenim bojama, što može utjecati na njihovu privlačnost. Stoga, svaki pristup koji teži shvaćanju kompleksnosti ljudskih odnosa prema bojama, mora uvažiti ovu dublju dimenziju kulturološke i jezične interakcije s fenomenom boje.[15]

Dodatni ograničavajući faktor konvencionalnog pristupa odnosi se na činjenicu da se boje u prirodi rijetko pojavljuju i percipiraju izolirano, nego se najčešće doživljavaju kao dio svoje okoline. Kao rezultat toga, za potpunije razumijevanje boja i njihovih utjecaja, potrebno ih je proučavati u kontekstu njihove okoline, i shodno tome, u kombinaciji s drugim bojama.

Razmatranje boja u kontekstu njihove okoline omogućuje bolje razumijevanje kako ljudi tumače i doživljavaju boje na temelju prethodno stečenog znanja i iskustva u interakciji s okolinom. Ovaj pristup također omogućuje bolje razumijevanje kako se preferencije za boje mogu povezivati s percepcijom boja i njihovih kombinacija kao prirodnih.

Boje u stvarnom svijetu rijetko su izolirane, a umjesto toga, najčešće su dio kompleksnijeg vizualnog pejzaža. Prepoznavanje ovog aspekta omogućava dublje razumijevanje složenih načina na koje boje utječu na percepciju i komunikaciju, te kako se koriste i tumače u različitim kontekstima, što u konačnici oblikuje kako ljudi doživljavaju i reagiraju na boje u svakodnevnim situacijama (slika 1).[16]–[19]



Slika 1. Prikaz kombinacija boja urbanog i ruralnog pejzaža

1.1 Cilj i hipoteze istraživanja

U težnji da se poboljša učinkovitost komunikacijske funkcije grafičkih proizvoda, od presudne je važnosti primijeniti pristup koji je znanstveno utemeljen i objektivno usmjeren na izbor boja. Kroz ovakav pristup, omogućuje se preciznije i sustavno shvaćanje načina na koji različite boje i njihove kombinacije mogu utjecati na percepciju, pažnju i razumijevanje korisnika.

Učinkovit izbor boja može značajno pridonijeti privlačnosti grafičkih proizvoda, što može rezultirati dužim vremenom zadržavanja korisnika na proizvodu. Osim toga, pravilno odabrane boje mogu olakšati korisnikovo prepoznavanje i interpretaciju informacija, čime se smanjuje njihovo kognitivno opterećenje.

Važno je razumjeti da izbor boja nije samo estetski, već i funkcionalan aspekt dizajna grafičkih proizvoda. Pravilno korištenje boja može poboljšati čitljivost, olakšati navigaciju i poboljšati opću upotrebljivost proizvoda. Dakle, razumijevanje kako boje utječu na ove aspekte može biti ključno za stvaranje učinkovitih grafičkih proizvoda.

Na kraju, ovaj pristup nudi mogućnost razvoja smjernica za izbor boja koje bi mogle biti univerzalno primjenjive na različite vrste grafičkih proizvoda. To bi moglo rezultirati širim shvaćanjem i priznavanjem važnosti boja u grafičkom dizajnu, kao i poticanjem daljnjih istraživanja i inovacija u ovom području.

H1: Postoji veća učestalost pojavljivanja istih kombinacija boja unutar podskupina ispitanika koji žive na području iste regije, odnosno unutar podskupina urbanog i ruralnog stanovništva.

H2: Postoji veća učestalost pojavljivanja istih kombinacija boja unutar podskupina sudionika istraživanja koji su tijekom 3. stadija kognitivnog razvoja živjeli na području iste regije.

1.2 Očekivani znanstveni doprinos

Znanstveni doprinosi ovog istraživanja mogu se sumirati kroz dva ključna cilja. Prvi doprinos (D1) odnosi se na utvrđivanje postojanja i broja istovjetnih supstrukture, odnosno preferiranih kombinacija boja kod ispitanika koji žive na području iste promatrane regije. Ovo uključuje komparaciju između ruralnog i urbanog stanovništva. Rezultati ovog dijela istraživanja omogućit će poboljšanje pristupa izbora boja u grafičkoj komunikaciji, s naglaskom na prilagodbu specifičnim regionalnim i socio-kulturnim kontekstima.

Drugi doprinos (D2) odnosi se na analizu utjecaja okoline na formiranje spoznajnih i kognitivnih struktura u 3. stadiju kognitivnog razvoja po Piagetu (7 – 11 godina), stadiju konkretnih operacija. Tijekom ovog stadija, dolazi do organiziranja prethodno stečenih spoznaja i doživljaja okoline, što uključuje i preferirane kombinacije boja. Ova analiza može pružiti dragocjene uvide za potrebe grafičke komunikacije, posebice u kontekstu oblikovanja grafičkih proizvoda namijenjenih djeci u navedenoj dobi.

Sveukupno, ovi doprinosi omogućavaju dublje razumijevanje složenih veza između boje, percepcije i kulture, te pružaju praktične smjernice za unaprjeđenje grafičke komunikacije.

D1 Utvrđivanje postojanja i broja istovjetnih supstrukture odnosno preferiranih kombinacija boja kod ispitanika koji žive na području iste promatrane regije, odnosno pripadaju ruralnom i urbanom stanovništvu s ciljem unaprjeđenja pristupa izbora boja u grafičkoj komunikaciji.

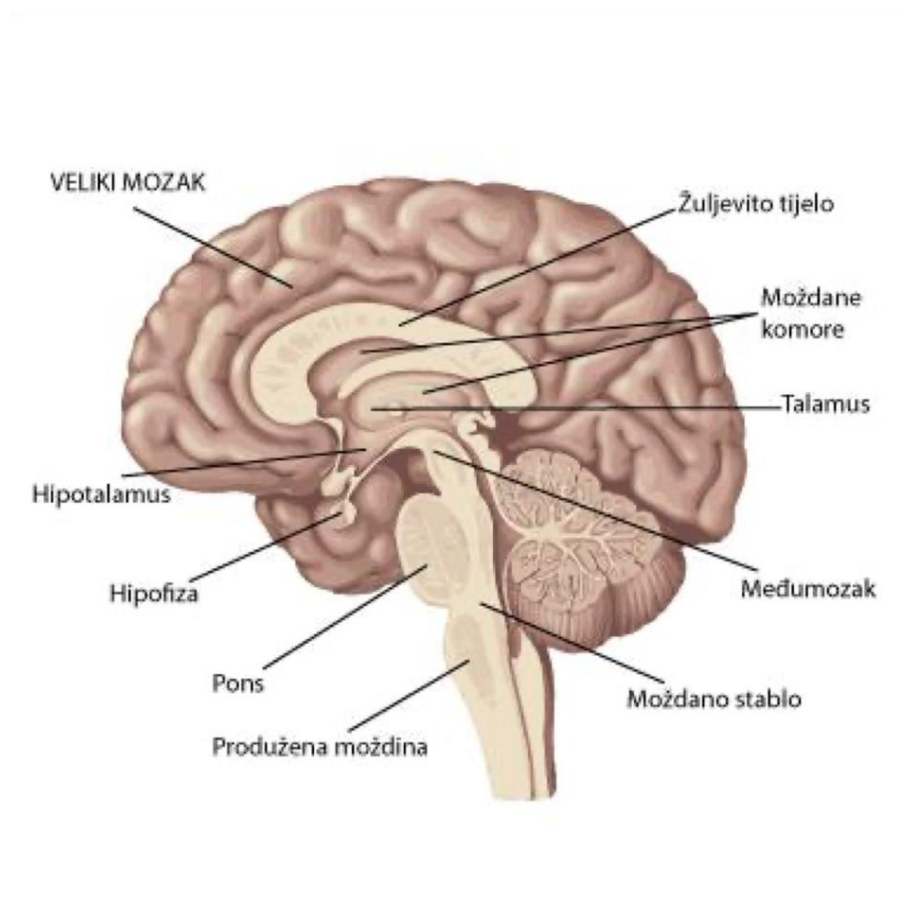
D2 Utvrđivanje utjecaja okoline na formiranje spoznajnih i kognitivnih struktura u 3. stadiju kognitivnog razvoja po Piagetu (7 – 11 godina), stadiju konkretnih operacija tijekom kojeg dolazi do organiziranja prethodno stečenih spoznaja i doživljaja okoline, pa tako i preferiranih kombinacija boje, za potrebe grafičke komunikacije.

2. TEORIJSKI DIO

2.1 Ljudski vizualni sustav

2.1.1 Mozak

Ljudski mozak, čudesno složen i dobro organiziran organ, središnja je jedinica ljudskog živčanog sustava. Sastoji se od različitih struktura i regija, svaka s vlastitim specifičnim funkcijama koje pružaju temelj za različite aspekte ljudskog iskustva, od osnovnih fizioloških funkcija do složenih kognitivnih procesa (slika 2). Jedan od najistaknutijih dijelova ljudskog mozga je vizualni korteks, smješten u okcipitalnom režnju. Ovaj dio mozga igra ključnu ulogu u obradi vizualnih informacija, što omogućuje percepciju i interpretaciju svijeta oko nas.



Slika 2. Struktura mozga [83]

Vizualni korteks primarno je odgovoran za obradu informacija koje dolaze iz očiju, putujući kroz kompleksan sustav neurona i sinapsi. Unutar ovog sistema, svaka sinapsa djeluje kao ključno čvorište informacija, omogućavajući komunikaciju između neurona. Sinapse su ključne

za prijenos signala, a njihova plastičnost, tj. sposobnost promjene s vremenom, temelj je za učenje i pamćenje.

Neuroni, s druge strane, pružaju strukturalnu i funkcionalnu osnovu za prijenos signala. To su temeljne jedinice živčanog sustava koje prenose informacije putem električkih i kemijskih signala. U kontekstu vizualnog korteksa, neuroni omogućuju procesiranje i interpretaciju vizualnih informacija, što omogućava našem umu da shvati i reagira na vizualne podražaje iz okoline.

U daljnjim poglavljima detaljno će se razraditi složena struktura i funkcije ljudskog mozga s posebnim fokusom na vizualni korteks. Analizirat će se kako različite komponente mozga, uključujući neurone i sinapse, surađuju kako bi omogućile složene procese kao što su percepcija, pokret, emocije, svijest i kognicija. Posebna pozornost bit će posvećena ulozi vizualnog korteksa u obradi i interpretaciji vizualnih informacija, kao i posljedicama oštećenja ove važne strukture.

Glavni dijelovi mozga

U ovom poglavlju su prikazani glavni dijelovi mozga, uključujući frontalni režanj, parijetalni režanj, okcipitalni režanj, temporalni režanj, cerebelum i moždano deblo.

Frontalni režanj: Anatomija, funkcija i važnost

Frontalni režanj, najveći od četiri glavna režnja ljudskog mozga, ključan je za brojne aspekte ljudskog ponašanja i kognicije[20]. Nalazi se u prednjem dijelu mozga, počevši od čela i prostirući se prema stražnjem dijelu glave. Anatomski je odijeljen od ostalih režnjeva centralnom brazdom, a uključuje prefrontalni korteks, premotorni korteks i motoričke kortekse[21].

Prefrontalni korteks često se povezuje s visoko sofisticiranim funkcijama kao što su planiranje, odlučivanje, socijalno ponašanje, i samokontrola, procesi koji se skupno nazivaju "egzekutivnim funkcijama" [22]. Egzekutivne funkcije se, primjerice, koriste tijekom složenih zadataka koji zahtijevaju inhibiciju neadekvatnih odgovora, fleksibilno prebacivanje između zadataka, i održavanje informacija unutar radne memorije[21].

Na drugoj strani, premotorni i motorički korteksi imaju ključnu ulogu u pokretima tijela. Premotorni korteks uključen je u planiranje i organizaciju pokreta, dok primarni motorički korteks upravlja izvođenjem pokreta[23].

Osim toga, novija istraživanja ukazuju na ulogu frontalnog režnja u emocionalnoj regulaciji. Specifično, ventromedijalni prefrontalni korteks pokazao se bitnim za donošenje odluka temeljenih na emocijama i socijalnim informacijama[24].

Frontalni režanj, stoga, pokazuje složenu mrežu funkcija koje su esencijalne za mnoge aspekte ljudskog ponašanja i kognicije.

Parijetalni režanj: Anatomija, funkcija i važnost

Parijetalni režanj, smješten između okcipitalnog režnja straga i frontalnog režnja sprijeda, integrira informacije iz različitih osjetilnih modaliteta i igra ključnu ulogu u brojnim kognitivnim funkcijama.[25] Ovaj režanj može se podijeliti na dva glavna dijela: superioran (gornji) parijetalni režanj i inferiorni (donji) parijetalni režanj.

Superioran parijetalni režanj ima ključnu ulogu u procesiranju prostornih informacija i koordinaciji pokreta[26]. To uključuje percepciju vlastitog tijela i njegovog položaja u prostoru, što se često naziva propriocepcija[21].

Inferiorni parijetalni režanj, s druge strane, uključuje dvije ključne regije poznate kao angularni girus i supramarginalni girus. Angularni girus igra ključnu ulogu u brojnim kognitivnim funkcijama, uključujući čitanje i razumijevanje brojeva[27]. Supramarginalni girus, s druge strane, ključan je za procese vezane uz jezik, posebno fonološku obradu[28].

Parijetalni režanj, stoga, pruža kritičan doprinos širokom spektru kognitivnih funkcija, od obrade osjetilnih informacija do visoko sofisticiranih kognitivnih zadataka kao što su čitanje i rješavanje matematičkih problema.

Okcipitalni režanj: Anatomija, funkcija i važnost

Okcipitalni režanj, smješten na stražnjem dijelu ljudskog mozga, odgovoran je za obradu vizualnih informacija, što ga čini ključnim za sposobnost percepcije svijeta[29]. Kroz različite puteve i strukture, okcipitalni režanj prima i integrira informacije koje dolaze iz očiju, omogućujući nam da vidimo i interpretiramo vizualne podražaje[30].

Primarni vizualni korteks, također poznat kao V1 ili strijarni korteks, smješten je većinom unutar kalcarine fisure u okcipitalnom režnju. Ova regija je prva stanica u mozgu za obradu vizualnih informacija koje dolaze iz retine[31]. V1 zatim šalje informacije do sekundarnih vizualnih područja, uključujući V2, V3, V4 i V5, koji dalje procesuiraju vizualne informacije, baveći se složenijim vizualnim značajkama kao što su oblik, boja i kretanje[32].

Na primjer, regija V4 igra ključnu ulogu u percepciji boja[33]. Za to vrijeme je područje V5 (ili MT) ključno za percepciju vizualnog kretanja[34]. Ovi specijalizirani putevi omogućuju paralelnu obradu različitih aspekata vizualnog svijeta, što rezultira bogatom i detaljnom percepcijom koju ljudi doživljavaju.

Osim toga, okcipitalni režanj igra važnu ulogu u procesima vizualne pažnje, što uključuje selekciju i prioritetizaciju vizualnih informacija na temelju njihove važnosti[35]. Ovo može biti ključno za izvedbu različitih zadataka koji zahtijevaju vizualnu orijentaciju, kao što je traženje određenog objekta u vizualnoj sceni.

Vizualni korteks

Vizualni korteks, smješten u okcipitalnom režnju ljudskog mozga, predstavlja ključnu regiju za obradu vizualnih informacija. Vizualne informacije s retine putuju kroz optički živac i lateralni genikulatni nukleus do primarnog vizualnog korteksa, poznatog i kao V1 ili striatum[30].

Anatomski, V1 karakterizira specifična organizacija poznata kao retinotopija, gdje susjedne stanice u retini projiciraju na susjedne stanice u vizualnom korteksu. Osim toga, V1 je organiziran u okomite stupove u kojima neuroni dijele slične preferencije za orijentaciju ruba[36].

Od V1, vizualne informacije šalju se do sekundarnih vizualnih područja, uključujući V2, V3, V4 i V5 (također poznat kao MT za "middle temporal"). Ova područja sudjeluju u daljnjoj obradi vizualnih informacija, uključujući percepciju boje (V4) i pokreta (V5)[33].

Osim toga, vizualne informacije mogu biti poslone dvjema glavnim putovima, ili "streamovima". Dorsalni tok, ili "where pathway", projicira se do parijetalnog režnja i uključen je u procesiranje prostorne lokacije i pokreta. Ventralni tok, ili "what pathway", projicira se do temporalnog režnja i uključen je u identifikaciju objekata i boje[31].

Oštećenje vizualnog korteksa može rezultirati različitim vizualnim poremećajima. Na primjer, oštećenje V1 može dovesti do slijepe točke ili čak do potpune sljepoće u odgovarajućem vizualnom polju[37]. Oštećenje ventralnog toka može rezultirati agnozijom, teškoćom u prepoznavanju objekata, dok oštećenje dorsalnog toka može dovesti do ataksije, problema s koordinacijom pokreta.[38]

Temporalni režanj: Anatomija, funkcija i važnost

Temporalni režanj, smješten na donjoj strani mozga ispod sylvianske fisure, ima širok spektar funkcija uključujući procesiranje slušnih informacija, govora, vizualne memorije i emocija[39].

Primarni slušni korteks, ključna regija unutar temporalnog režnja, odgovoran je za prvobitnu obradu slušnih informacija. Ova regija primarno obrađuje fizičke značajke zvučnih podražaja, kao što su tonalitet i intenzitet zvuka[40]. Slušne informacije se zatim dalje obrađuju u sekundarnim slušnim regijama, koje se bave složenijim aspektima zvuka, poput prepoznavanja govora i glazbe[41].

Osim slušanja, temporalni režanj također igra ključnu ulogu u procesiranju govora. Broca-ovo i Wernicke-ovo područje, dvije ključne regije uključene u proizvodnju i razumijevanje govora, smještene su u blizini ili unutar temporalnog režnja[42]. Oštećenja ovih područja mogu dovesti do specifičnih vrsta afazije, poremećaja koji utječu na sposobnost govora i razumijevanja jezika.

Temporalni režanj također sadrži hipokampus, strukturu ključnu za formiranje novih sjećanja. Istraživanja su pokazala da oštećenje hipokampusa može dovesti do teškoća u formiranju novih dugotrajnih sjećanja, fenomen poznat kao anterogradna amnezija[43].

Na kraju, amygdala, mala struktura duboko unutar temporalnog režnja, igra ključnu ulogu u procesiranju emocija, posebno straha[44]. Istraživanja su pokazala da oštećenje amigdale može dovesti do smanjenja straha i socijalnih problema.

Cerebelum: Anatomija, funkcija i važnost

Cerebelum, ili mali mozak, kompleksna je struktura smještena na stražnjem dijelu mozga ispod okcipitalnih režnja. Iako je cerebelum relativno mali u usporedbi s ostalim dijelovima mozga, sadrži preko polovice svih neurona u mozgu, što ga čini izuzetno važnim za mnoge aspekte kognitivne i motoričke funkcije[45].

Tradicionalno se cerebelum smatrao regijom koja je primarno uključena u motoričku kontrolu. Istraživanja su pokazala da oštećenje cerebeluma može dovesti do ataksije, stanja koje se karakterizira nedostatkom koordinacije i preciznosti pokreta[46]. Osim toga, cerebelum također igra ključnu ulogu u održavanju ravnoteže i koordinaciji očnih pokreta[38].

Međutim, novija istraživanja pokazala su da cerebelum igra ključnu ulogu i u brojnim kognitivnim procesima. Istraživanja su pokazala da cerebelum može biti uključen u sve, od

pažnje i izvršne funkcije do jezika i radne memorije[47]. Na primjer, oštećenje cerebeluma može dovesti do specifičnih deficita u planiranju, postavljanju ciljeva i apstraktnom razmišljanju, skupa simptoma poznatih kao cerebelarni kognitivni afektivni sindrom[48].

Moždani deblo: Anatomija, funkcija i važnost

Moždani deblo, smješteno između spinalnog kordona i mozga, ključan je za osnovne životne funkcije i povezivanje gornjih i donjih dijelova središnjeg živčanog sustava. Sastoji se od tri glavne regije: srednjeg mozga (*mesencefalon*), mosta (*pons*) i produžene moždine (*medulla oblongata*)[49].

Moždani deblo igra ključnu ulogu u održavanju homeostaze, kontrolirajući niz autonomnih funkcija, uključujući disanje, krvni tlak, otkucaje srca i probavu[50]. Na primjer, medula oblongata sadrži respiratorne centre koji kontroliraju brzinu i dubinu disanja, dok centri za kontrolu srčane frekvencije i krvnog tlaka također prebivaju u ovoj regiji[51].

Osim toga, moždani deblo je ključan za obradu senzornih i motoričkih informacija između periferije i mozga. Većina senzornih i motoričkih puteva prolazi kroz moždani deblo, uključujući one koji su uključeni u kontrolu mišića lica i vrata, kao i senzaciju iz glave i vrata[50].

Također, moždani deblo sadrži strukture uključene u regulaciju spavanja, budnosti i svijesti. To uključuje retikularnu formaciju, mrežu neurona koja se proteže kroz sve tri regije moždanog debla, koja ima ključnu ulogu u održavanju budnog stanja i obradi senzornih informacija[52].

2.1.2 Neuroni i sinapse

Kako je već spomenuto ljudski mozak je izuzetno složen organ koji predstavlja središnju jedinicu ljudske svijesti, pamćenja, mišljenja i drugih kognitivnih procesa. Neuroni i sinapse su ključni elementi koji omogućuju mozgu da obavlja svoje zadivljujuće funkcije.

Neuroni su temeljne stanice živčanog sustava, odgovorne za primanje, obradu i prijenos informacija putem električnih i kemijskih signala. U ljudskom mozgu se nalazi stotine milijardi neurona, čineći ga iznimno kompleksnim i povezanim mrežama. Svaki neuron ima jedinstvenu strukturu, koja se sastoji od tijela stanice, dendrita i aksona. Dendriti primaju signale iz drugih neurona, dok aksoni prenose električne impulse do sinapsi.

Sinapse su mjesta kontakta između neurona, gdje se prenose električni i kemijski signali. One omogućuju prijenos informacija između neurona i integraciju različitih dijelova mozga. Kada električni impuls doseže sinapsu, on potiče oslobađanje kemijskih prijenosnika, neurotransmitera, koji putuju preko sinaptičke pukotine i povezuju se s receptorima na susjednom neuronu, prenoseći informaciju dalje.

Neuroni i sinapse su ključni za različite aspekte kognitivnih funkcija, kao što su pamćenje, učenje, percepcija, motoričke vještine i mnoge druge. Njihova struktura i funkcija omogućuju mozgu da oblikuje i mijenja svoje veze, što se naziva sinaptička plastichnost. Ova sposobnost prilagodbe omogućuje mozgu da se mijenja u skladu s iskustvom, uči nove vještine i prilagođava se promjenama u okolini.

Neuroni: Anatomija, funkcija i važnost

Neuroni, ili živčane stanice, osnovne su funkcionalne jedinice ljudskog živčanog sustava. Oni su odgovorni za obradu i prijenos informacija unutar mozga i kroz cijelo tijelo[49].

Anatomski, svaki neuron sastoji se od tijela stanice (ili soma), dugih izdanaka zvanih aksoni i manjih izdanaka zvanih dendriti. Dendriti primaju signale od drugih neurona i prenose ih do tijela stanice, dok aksoni prenose signale od tijela stanice do drugih neurona[53].

Neuroni komuniciraju međusobno preko struktura poznatih kao sinapse. Kada signal dođe do kraja aksona, može izazvati oslobađanje neurotransmitera, kemikalija koje mogu putovati preko sinaptičkog jaza i aktivirati receptore na drugom neuronu, time mijenjajući njegov električki potencijal[49].

Istraživanja su pokazala da postoji velika raznolikost tipova neurona u ljudskom mozgu, svaki sa svojim jedinstvenim oblicima, funkcijama i svojstvima. Na primjer, piramidalni neuroni, koji su nazvani po svojoj piramidalnoj formi somi, glavni su izlazni neuroni cerebralnog korteksa i igraju ključnu ulogu u obradi informacija unutar mozga[54].

Oštećenje ili smrt neurona može dovesti do različitih neuroloških poremećaja. Na primjer, Parkinsonova bolest povezana je s gubitkom dopaminergičkih neurona u području mozga poznatom kao *substantia nigra*[55]. Za to vrijeme Alzheimerova bolest uključuje gubitak neurona i sinapsi u cerebralnom korteksu[56].

Stoga, neuroni predstavljaju ključnu komponentu ljudskog živčanog sustava, omogućavajući obradu i prijenos informacija koje omogućuju svaku misao, akciju i percepciju.

Sinapse: Anatomija, funkcija i važnost

Sinapse su specijalizirane strukture koje omogućuju komunikaciju između neurona u ljudskom živčanom sustavu. Smatraju se ključnim mjestima za prijenos signala i integraciju informacija unutar mozga[49].

Anatomski, sinapse su formirane gdje akson jednog neurona susreće dendrit drugog, stvarajući sinaptički jaz. Aksonski terminal, ili presinaptički neuron, sadrži male vezikule koje pohranjuju neurotransmitere. Kada akcijski potencijal dosegne terminal aksona, može izazvati oslobađanje neurotransmitera u sinaptički jaz. Ovi neurotransmiteri mogu se vezati za receptore na postsinaptičkom neuronu, mijenjajući njegov električki potencijal i utječući na vjerojatnost generiranja akcijskog potencijala[57].

Postoje dvije glavne vrste sinapsi: električne i kemijske. Električne sinapse omogućuju brz, gotovo trenutačan prijenos signala između neurona preko struktura poznatih kao gap junctions. Kemijske sinapse, koje su puno češće, uključuju prijenos signala pomoću neurotransmitera[58].

Sinapse igraju ključnu ulogu u mnogim aspektima kognicije i ponašanja. Istraživanja su pokazala da sinaptička plastičnost, sposobnost sinapsi da mijenjaju snagu svoje veze s vremenom, može biti temelj za učenje i pamćenje[59].

Oštećenje ili gubitak sinapsi može dovesti do različitih neuroloških poremećaja. Na primjer, Alzheimerova bolest povezana je s gubitkom sinapsi u cerebralnom korteksu, što može pridonijeti kognitivnim deficitima karakterističnim za bolest[56].

Plastičnost mozga – funkcija neurona i sinapsi

Plastičnost mozga, često nazvana i neuroplastičnost, odnosi se na sposobnost mozga da se reorganizira promjenom svojih veza i funkcija u odgovoru na nove informacije, razvoj, oštećenje ili stimulaciju. Ova sposobnost je fundamentalna za procese učenja i pamćenja, kao i za oporavak od ozljeda mozga[60].

Procesi neuroplastičnosti omogućuju mozgu da se prilagodi i reagira na vanjske i unutarnje podražaje. Postoje dvije osnovne vrste plastičnosti: funkcionalna plastičnost i strukturalna plastičnost[61].

Funkcionalna plastičnost odnosi se na mozgovnu sposobnost premještanja funkcija s oštećenog na zdrav dio mozga. Ovo se obično događa nakon ozljede ili oštećenja mozga, kada zdravi

neuroni preuzimaju funkcije oštećenih neurona. Dokazano je da ovaj proces može značajno pridonijeti oporavku pacijenata nakon ozljede mozga[62].

Strukturalna plastičnost odnosi se na fizičke promjene u mozgu koje se javljaju kao rezultat učenja i iskustva. To može uključivati stvaranje novih neurona (neurogenezu), formiranje novih sinapsi između neurona (sinaptogenezu) ili čak jačanje veza između postojećih neurona[63].

Sinapse i neuroni su ključni elementi u procesima neuroplastičnosti. Neuroni, ili živčane stanice, čine osnovnu jedinicu živčanog sustava, a sinapse su mjesta na kojima neuroni međusobno komuniciraju.

Sinaptička plastičnost je poseban oblik neuroplastičnosti koji uključuje promjene u snazi i broju sinapsi. Postoje dvije osnovne vrste sinaptičke plastičnosti: dugotrajno potenciranje (LTP) i dugotrajno oslabljivanje (LTD)[59].

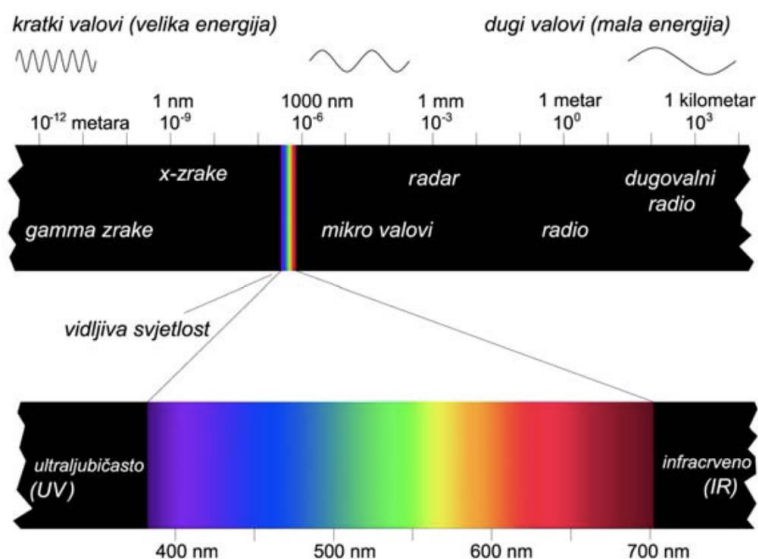
LTP se odnosi na proces po kojem se snaga sinapse povećava kroz ponavljane aktivacije. S druge strane, LTD predstavlja proces po kojem se snaga sinapse smanjuje kao odgovor na niskofrekventnu stimulaciju. Oba su procesa temeljna za formiranje novih sjećanja i učenje[64].

Strukturalne promjene, kao što su promjene u broju i obliku sinapsi, također su važan dio sinaptičke plastičnosti. Na primjer, neuroni mogu formirati nove sinapse (proces zvan sinaptogeneza) ili modifikovati postojeće sinapse kako bi se prilagodili novim informacijama ili iskustvima[65].

Neurogenezom, stvaranjem novih neurona, posebno u hipokampusu, također se može promovirati neuroplastičnost. Novi neuroni mogu formirati nove sinaptičke veze i pridružiti se postojećim neuralnim mrežama, čime se dodatno povećava kapacitet mozga za učenje i adaptaciju[66].

2.1.3 Oko i građa oka

Ljudsko oko je kompleksan organ vida koji obavlja ključnu ulogu u percepciji svijeta oko nas. Ono se sastoji od različitih struktura koje surađuju kako bi omogućile vizualno opažanje. Ovo jedinstveno čudo evolucije precizno registrira vidljivi dio elektromagnetskog spektra iz okoline i prenosi je u obliku električnih impulsa do mozga radi daljnje interpretacije (slika 3).



Slika 3. Vidljivi dio elektromagnetskog spektra [19]

Struktura ljudskog oka uključuje vanjske i unutarnje dijelove. Vanjski dio oka sastoji se od rožnice, transparentnog sloja koji prelazi preko prednje površine oka, i očnih kapaka, kojima se regulira količina svjetlosti koja ulazi u oko. Također, tu je i šarenica, obojani mišić oko zjenice, koja kontrolira veličinu zjenice i regulira količinu svjetlosti koja ulazi u oko.

Unutarnji dio oka sadrži nekoliko važnih struktura koje omogućuju percepciju svjetlosti i formiranje slika. Središnji dio oka zove se leća, koja ima sposobnost mijenjanja oblika kako bi se fokusirala na objekte u različitim udaljenostima. Leća usmjerava svjetlost prema mrežnici, tankom sloju živčanih stanica smještenom na stražnjoj strani oka.

Mrežnica, koja se sastoji od fotoreceptora, uključuje štapiće i čunjiće. Štapići su fotoreceptori osjetljivi na nisku razinu svjetlosti i pružaju vid u uvjetima slabe osvjetljenosti, dok čunjići omogućuju oštro i bojno viđenje pod visokom razinom svjetlosti. Oba tipa fotoreceptora pretvaraju svjetlost u električne impulse koji se prenose kroz optički živac do vizualnog korteksa u mozgu, gdje se informacija obrađuje i interpretira kao slike i vizualne dojmove.

Struktura i funkcija rožnice u ljudskom oku

Rožnica je bistra i prozirna struktura na prednjoj površini oka, koja ima kritične uloge u održavanju vizualne jasnoće i zaštiti očnog tkiva[67].

Struktura rožnice

Rožnica je oko 0,5 milimetara debela i sastoji se od pet slojeva: epitel, Bowmannova membrana, stroma, Descemetova membrana i endotel[68].

Epitel rožnice je najpovršinski sloj i ima ulogu zaštite rožnice od vanjskog svijeta. Također služi kao barijera za prodor stranih tijela i patogena u oko. Bowmanova membrana je sloj ispod epitela i pruža dodatnu zaštitu, sprječavajući prodor mikroorganizama dublje u rožnicu.[67]

Stroma, koja čini većinu rožnice, sastoji se uglavnom od kolagenih vlakana koja pružaju strukturnu čvrstoću i elastičnost rožnice[68].

Descemetova membrana je tanak sloj na granici strome koji djeluje kao barijera između strome i endotela[67].

Endotel je unutarnji sloj rožnice i ima kritičnu ulogu u održavanju dehidracije strome, čime se osigurava održavanje prozirnosti rožnice[69].

Funkcija rožnice

Glavne funkcije rožnice su refrakcija svjetla i zaštita oka. Rožnica je odgovorna za otprilike 70% ukupne refraktivne moći oka, omogućujući fokusiranje svjetla na mrežnicu za jasnu viziju[70].

Rožnica ima i ključnu ulogu u zaštiti unutarnjih struktura oka. Zahvaljujući svojoj strukturi i brojnim defenzivnim mehanizmima, rožnica štiti oko od mehaničkih ozljeda i infekcija, te održava stabilnu okularnu mikrofloru[67].

Sveukupno, rožnica je neizmjenjivo važna komponenta vizualnog sustava, čija struktura i funkcije omogućavaju jasan vid i zaštitu oka.

Struktura i funkcija bjeloočnice u ljudskom oku

Bjeloočnica, poznata i kao sklera, je vanjski bijeli sloj oka koji štiti unutarnje strukture oka i pruža okvir za mišiće oka koji kontroliraju kretanje očne jabučice[71].

Struktura bjeloočnice

Bjeloočnica se sastoji od tri sloja: episklera, prava sklera i *lamina fusca*[71].

Episklera je najpovršinski sloj bjeloočnice koji se sastoji od vezivnog tkiva i blisko je povezan s konjunktivom, tankim prozirnim slojem koji prekriva prednju stranu oka[72].

Prava sklera čini veći dio bjeloočnice i sastoji se od gusto isprepletenih kolagenih vlakana koja pružaju čvrstoću i elastičnost bjeloočnici. Lamina fusca, najunutarnji sloj bjeloočnice, sadrži pigmentne stanice koje daju bjeloočnici njezinu karakterističnu bijelu boju.[71]

Funkcija bjeloočnice

Bjeloočnica ima dvije glavne funkcije: zaštitu unutarnjih struktura oka i omogućavanje kretanja oka[71].

Kao najvanjsji sloj oka, bjeloočnica služi kao barijera koja štiti osjetljive unutarnje dijelove oka od mehaničkih ozljeda i stranih tijela[72].

Osim toga, bjeloočnica pruža pričvršćivanje za ekstraokularne mišiće, koji kontroliraju kretanje oka. Sklera je dovoljno čvrsta da pruži otpor mišićima, ali i dovoljno fleksibilna da omogući široki raspon pokreta[71].

Dakle, bjeloočnica ima ključnu ulogu u očuvanju integriteta oka i omogućavanju njegove funkcionalnosti.

Struktura i funkcija šarenice u ljudskom oku

Šarenica, poznata i kao iris, ključan je element u regulaciji količine svjetlosti koja ulazi u oko, čime se osigurava optimalna oštrina vida[73].

Struktura šarenice

Šarenica se sastoji od dvije glavne vrste mišićnih stanica: sfinkter mišića šarenice i dilatator mišića šarenice, koje omogućuju promjenu veličine zjenice, otvora u sredini šarenice kroz koji svjetlost ulazi u oko[74].

Sfinkter mišić šarenice je prstenasti mišić koji se nalazi na rubu zjenice. Kada se sfinkter mišić kontrahira, zjenica se sužava, ograničavajući količinu svjetlosti koja ulazi u oko, što je posebno korisno u uvjetima jakog osvjetljenja[75].

Dilatator mišić šarenice je radijalno smješteni mišić koji, kada se kontrahira, povećava veličinu zjenice, omogućujući veći priljev svjetlosti, što je korisno u uvjetima slabog osvjetljenja[75].

Pigmentne stanice u šarenici daju njezinu karakterističnu boju, koja se može značajno razlikovati od osobe do osobe[74].

Funkcija šarenice

Glavna funkcija šarenice je kontrola veličine zjenice, čime se regulira količina svjetlosti koja ulazi u oko[73]. Ova prilagodba, poznata kao pupilarne reakcije, omogućuje očuvanje optimalne oštine vida u različitim uvjetima osvjetljenja.

Osim toga, šarenica također ima ulogu u dubinskoj percepciji. Sužavanje zjenice povećava dubinsku oštrinu slike, što omogućuje jasniju viziju objekata na različitim udaljenostima[76].

Šarenica je, stoga, ključna za prilagodbu vida na različite uvjete osvjetljenja i percepciju dubine, čime se pruža jasan i detaljan vid.

Struktura i funkcija zjenice u ljudskom oku

Zjenica je centralni otvor šarenice kroz koji svjetlost ulazi u oko, a njen oblik i veličina su ključni za optimalno funkcioniranje vida[77].

Struktura zjenice

Zjenica je okrugli ili ovalni otvor smješten u središtu šarenice[77]. Iako je često prikazana kao crni dio oka, zjenica je u osnovi prazna – to je put kojim svjetlost prolazi kako bi dosegla mrežnicu na stražnjem dijelu oka[73]. Veličina zjenice može se promijeniti od oko 1 do 8 milimetara, ovisno o uvjetima osvjetljenja i drugim čimbenicima[77].

Funkcija zjenice

Glavna funkcija zjenice je regulacija količine svjetlosti koja ulazi u oko, što se postiže promjenom njenog promjera – proces poznat kao pupilarne reakcije[73].

U uvjetima jakog osvjetljenja, sfinkter mišić šarenice se kontrahira, čime se sužava zjenica i smanjuje količina svjetlosti koja ulazi u oko. Ova reakcija, poznata kao mioza, sprječava preopterećenje mrežnice i osigurava jasnu sliku. U uvjetima slabog osvjetljenja, dilatator mišić šarenice se kontrahira, čime se zjenica širi i omogućava veći priljev svjetlosti. Ova reakcija, poznata kao midrijaza, omogućava bolju vidljivost u tamnim uvjetima.[78]

Sveukupno, zjenica je ključna za regulaciju svjetlosti koja ulazi u oko, omogućujući ljudima da jasno vide u različitim uvjetima osvjetljenja.

Struktura i funkcija očne leće u ljudskom oku

Očna leća je bistra, bikonveksna struktura smještena iza šarenice i zjenice koja igra ključnu ulogu u fokusiranju svjetlosti na mrežnicu[79].

Struktura očne leće

Leća se sastoji od tri dijela: kapsule leće, korteksa leće i jezgre leće[75].

Kapsula leće je tanki, prozirni sloj koji okružuje leću i služi kao barijera između leće i ostalih dijelova oka. Također pruža platformu za pričvršćivanje ciliarnih mišića, koji kontroliraju akomodaciju leće.[79]

Korteks leće, koji se nalazi ispod kapsule, sastoji se od lećnih vlakana, koje čine većinu mase leće. Ova vlakna su visoko prozirna, omogućujući prolazak svjetlosti kroz leću[75].

Jezgra leće, smještena u središtu leće, sastoji se od starijih, zbijenijih lećnih vlakana. Kako osoba stari, jezgra leće postaje sve tvrđa i manje fleksibilna [79].

Funkcija očne leće

Glavna funkcija očne leće je fokusiranje svjetlosti na mrežnicu, proces poznat kao refrakcija. Leća mijenja svoj oblik kako bi precizno fokusirala svjetlost, proces poznat kao akomodacija. Kada ljudi gledaju predmete na bliskoj udaljenosti, ciliarni mišići se kontrahiraju, omogućujući leći da postane deblja i fokusira svjetlost na mrežnicu. Kada gledaju predmete na većoj udaljenosti, ciliarni mišići se opuštaju, omogućujući leći da postane tanja i fokusira svjetlost na mrežnicu.[79]

Stoga, očna leća ima ključnu ulogu u omogućavanju jasnog vida, prilagođavajući se kako bi fokusirala svjetlost na mrežnicu u različitim uvjetima.

Struktura i funkcija žilnice u ljudskom oku

Žilnica, poznata i kao uvea, esencijalni je dio oka koji sadrži većinu krvnih žila i obavlja niz važnih funkcija uključujući prehranu i termoregulaciju oka[80].

Struktura žilnice

Žilnica je srednji sloj očne stijenke, smješten između bjeloočnice (vanjskog sloja) i mrežnice (unutarnjeg sloja). Sastoji se od tri dijela: iris, ciliarno tijelo i korioid. Iris je prednji dio žilnice, koji je već detaljno opisan. Ciliarno tijelo, smješteno između irisa i korioida, odgovorno je za proizvodnju očne vodice koja hrani rožnicu i leću. Korioid, smješten između ciliarnog tijela i mrežnice, je gust mreža krvnih žila koja pruža prehranu mrežnici, a posebno njenom vanjskom sloju, koji sadrži fotoreceptore i kao takav je ključan za funkcioniranje ljudskog vida, a posebno za doživljaj boje.[80]

Funkcija žilnice

Glavna funkcija žilnice je pružanje prehrane oku. Krvne žile u koroidu osiguravaju prehranu vanjskom sloju mrežnice, dok ciliarno tijelo proizvodi očnu vodicu koja hrani rožnicu i leću[80].

Osim toga, žilnica ima ulogu u termoregulaciji oka. Krvne žile u koroidu pomažu u regulaciji temperature oka, što je ključno za održavanje optimalnih uvjeta za fotoreceptore i druge stanice oka[76].

Sveukupno, žilnica ima ključnu ulogu u održavanju zdravlja i funkcije oka kroz svoje uloge u prehrani i termoregulaciji.

Struktura i funkcija mrežnice u ljudskom oku

Mrežnica je unutarnji sloj oka koji sadrži stanice odgovorne za detekciju svjetlosti i prenošenje informacija o svjetlosti do mozga[81].

Struktura mrežnice

Mrežnica je slojevit, neuronski tkivni sloj. Uključuje fotoreceptore (čunjiće i štapiće), horizontalne stanice, bipolarne neurona, amakrinske neurona i ganglijske stanice[81].

Fotoreceptori su stanice osjetljive na svjetlost koje detektiraju svjetlost i pretvaraju je u električne signale. Čunjići su osjetljivi na boje i koriste se za vid u jakom svjetlu, dok štapići omogućuju vid u uvjetima slabog osvjetljenja[73].

Horizontalne, bipolarne, amakrinske i ganglijske stanice su uključene u obradu i prijenos informacija s fotoreceptora do optičkog živca, koji te informacije prenosi do mozga[81].

Funkcija mrežnice

Mrežnica je ključna za proces vida. Fotoreceptori detektiraju svjetlost i pretvaraju je u električne signale koji se prenose do ostalih stanica mrežnice. Nakon obrade u mrežnici, ove informacije se prenose do mozga putem optičkog živca, omogućujući čovjeku funkcioniranje vizualnog sustava[73].

Mrežnica također ima ključnu ulogu u adaptaciji na različite uvjete osvjetljenja. Fotoreceptori, posebno štapići, mogu se prilagoditi na uvjete slabog osvjetljenja, dok čunjići omogućuju vid u jakom svjetlu[81].

Sveukupno, mrežnica je ključna za percepciju svjetla i obradu vizualnih informacija, što u konačnici omogućava vid.

Struktura i funkcija vidnog živca u ljudskom oku

Vidni živac, ili optički živac, ključna je komponenta vizualnog sustava koja prenosi vizualne informacije s mrežnice do mozga[76].

Struktura vidnog živca

Vidni živac se sastoji od približno 1.2 milijuna aksona ganglijskih stanica mrežnice, koji su okruženi mijelinskim ovojnica za ubrzanje prijenosa signala. Vidni živac počinje na točki na mrežnici poznatoj kao papila, gdje se aksoni ganglijskih stanica konvergiraju i napuštaju oko. Na papili nema fotoreceptorskih stanica, stvarajući "slijepu točku" u vidnom polju. Od papile, vidni živac putuje kroz lubanju do lateralnog genikulatnog tijela, glavnog relacijskog centra za vizualne informacije u mozgu.[76]

Funkcija vidnog živca

Glavna funkcija vidnog živca je prenos vizualnih informacija s mrežnice do mozga. Ganglijske stanice mrežnice primaju i obrađuju informacije od fotoreceptorskih stanica i drugih neuronskih stanica mrežnice, a zatim te informacije šalju do mozga putem vidnog živca. Pri dolasku do lateralnog genikulatnog tijela, signali se dodatno obrađuju i šalju do primarne vizualne kore, gdje se ta informacija interpretira kao slike koje čovjek vidi[76].

Stoga, vidni živac igra ključnu ulogu u prenošenju i obradi vizualnih informacija, omogućujući ljudima da vide i interpretiraju svijet oko sebe.

Štapići i čunjići kao temelj razlikovanja boja i svjetline

Organ vida poznat kao oko predstavlja složenu i izuzetno preciznu strukturu koja omogućuje percepciju i doživljavanje okoline. Centralnu ulogu u ovom procesu ima retina, osjetljivi dio oka koji transformira svjetlost u vizualne informacije i prenosi ih mozgu putem optičkog živca.

U sastavu retine nalaze se štapići i čunjići, fotoreptorne stanice smještene na njenom površinskom dijelu. Oni su ključni elementi koji omogućuju precizno registriranje svjetlosti i pretvaranje njenih svojstava u električne impulse koji se dalje prenose kroz optički živac.

Štapići su fotoreptorne stanice osjetljive na nisku razinu svjetlosti te su odgovorne za noćno viđenje i vid u uvjetima smanjene osvjetljenosti. Oni su brojni u perifernim područjima retine te sadrže pigment rodopsin koji se aktivira pod utjecajem svjetlosti. Ovaj proces aktivacije

rezultira oslobađanjem neurotransmitera koji pokreću prijenos signala do živčanih stanica unutar retine.

S druge strane, čunjići su fotoreptorne stanice osjetljive na visoku razinu svjetlosti koje omogućuju oštro i bojno viđenje. Koncentrirani su u središnjem dijelu retine, poznatom kao žuta pjega, a postoje tri vrste čunjića, svaka osjetljiva na specifične valne duljine svjetlosti - crvenu, zelenu i plavu. Ova kombinacija omogućuje ljudima da percipiraju širok spektar boja i detalja u svom vidnom polju.

Štapići i čunjići imaju neizmjernu važnost za ljudski vid. Njihova precizna i koordinirana funkcija omogućuje nam doživljavanje svijeta na složen i bogat način. Razumijevanje uloge štapića i čunjića u ljudskom oku od vitalne je važnosti za razvoj dijagnostičkih metoda, terapija i tehnologija koje poboljšavaju ili nadomještaju vid kod osoba s oštećenjima vida.

Cilj je ovog poglavlja doktorskog rada pružiti temeljan pregled dostupnih istraživanja i literature kako bi se detaljnije razumjeli funkcije, karakteristike i međudnose štapića i čunjića u ljudskom oku. Također, bit će razmotreni važni patološki uvjeti koji mogu utjecati na ove fotoreptorne stanice te potencijalne terapijske pristupe koji se primjenjuju radi poboljšanja vida ili obnavljanja funkcije štapića i čunjića.

Ovakav sveobuhvatni pregled štapića i čunjića pružiti će korisne uvide koji će doprinijeti daljnjem napretku i razumijevanju u području oftalmologije i vizualnih znanosti.

Struktura i funkcija štapića u ljudskom oku

Štapići su jedan od dva tipa fotoreptorskih stanica koje se nalaze u mrežnici oka, igrajući ključnu ulogu u percepciji svjetlosti[49].

Struktura štapića

Štapići su uski, cilindrični fotoreptori koji se sastoje od četiri glavna dijela: vanjskog segmenta, unutarnjeg segmenta, staničnog tijela i sinaptičkog terminala[49].

Vanjski segment štapića sadrži veliki broj diska, koje su ispunjene proteinom poznatim kao rodopsin. Rodopsin je pigment koji apsorbira svjetlost i pokreće kaskadu biokemijskih reakcija koje rezultiraju električnim signalom[82].

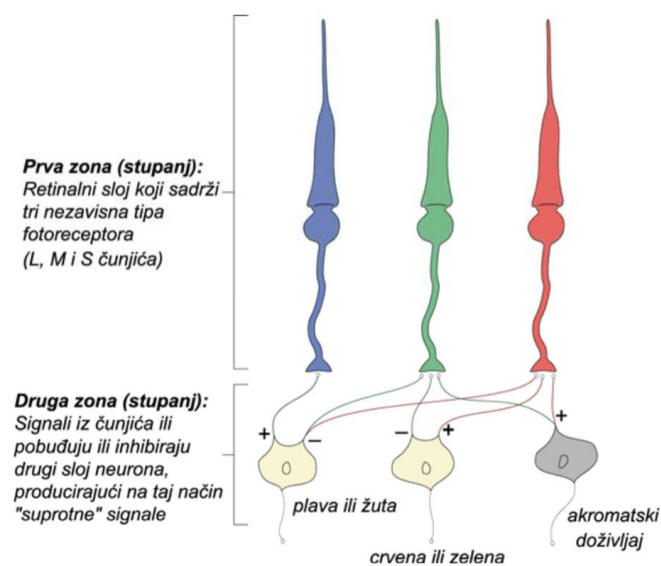
Unutarnji segment štapića sadrži organele potrebne za sintezu rodopsina i ostalih komponenti diska. Stanično tijelo sadrži jezgru i druge organele potrebne za opće održavanje stanice.

Sinaptički terminal je mjesto na kojem se električni signal prenosi na sljedeće neurone u vizualnom putu[83].

Funkcija štapića

Štapići su odgovorni za skotopski, ili noćni vid. Iako su manje osjetljivi na promjene u intenzitetu svjetlosti i ne mogu detektirati boje kao čunjići, štapići su znatno osjetljiviji na svjetlost od čunjića, što im omogućuje detekciju svjetlosti čak i u vrlo slabim uvjetima osvjetljenja[84].

Kada rodopsin u štapiću apsorbira svjetlost, pokreće se kaskada biohemijskih reakcija koje rezultiraju hiperpolarizacijom štapića. Ova promjena u električnom potencijalu rezultira smanjenjem oslobađanja neurotransmitera na sinaptičkom terminalu, mijenjajući aktivnost sljedećeg neurona u vizualnom putu (slika 4) [76].



Slika 4. Mehanizam generiranja slike u retini [92]

Stoga, štapići igraju ključnu ulogu u omogućavanju vida u slabim uvjetima osvjetljenja, doprinoseći čovjekovoj sposobnosti da vidi i interpretira svijet.

Crveni čunjići u ljudskom oku: Detalji biološkog ustroja i funkcionalnosti

Crveni čunjići, ili L-čunjići, ključni su za ljudsku percepciju boja. Oni se, zajedno s plavim (S-čunjići) i zelenim (M-čunjići) čunjićima, nalaze na mrežnici oka[82]. L-čunjići su specifično osjetljivi na dugovalne valne duljine svjetlosti, tj. crvenu i žutu svjetlost[85].

Biološki, svaki čunjić sastoji se od unutarnjeg i vanjskog segmenta. Vanjski segment sadrži fotopigmente, molekule odgovorne za apsorpciju svjetlosnih valova i pokretanje fototransdukcije[82]. U slučaju L-čunjića, ovaj fotopigment je opsin, čija je struktura usko povezana s valnim duljinama koje apsorbira, što objašnjava zašto L-čunjići reagiraju na crveno-žute valove svjetlosti[86].

Funkcija L-čunjića temelji se na procesu fototransdukcije. Kada opsin apsorbira svjetlost, dolazi do kaskade kemijskih reakcija koje rezultiraju električnim signalom. Ovaj signal se potom prenosi duž retine i optičkog živca do vizualnih područja mozga, što omogućuje percepciju boja[82]. Uz to, L-čunjići imaju ključnu ulogu u dinamičkom rasponu boja koje ljudsko oko može percipirati, od tamnih do svijetlih tonova, čime se postiže ukupna koloristička raznolikost[87].

S obzirom na to da L-čunjići imaju ključnu ulogu u percepciji boja, njihovo oštećenje ili genetske anomalije mogu uzrokovati poremećaje boja, uključujući protanopiju i protanomaliiju, stanja koja utječu na sposobnost percipiranja crvene boje[82]. Daljnje istraživanje ovih mehanizama može pridonijeti boljem razumijevanju i liječenju tih i sličnih vizualnih poremećaja.

Zeleni čunjići u ljudskom oku: Detalji biološkog ustroja i funkcionalnosti

Zeleni čunjići, poznati i kao M-čunjići, presudni su za ljudsko viđenje boja. Oni čine jedan od tri tipa čunjića, zajedno s crvenim (L-čunjići) i plavim (S-čunjići), smješteni u mrežnici oka. Specifična osjetljivost M-čunjića na srednje valne duljine svjetlosti, odnosno zelenu svjetlost, čini njihovu funkciju jedinstvenom.

M-čunjići, poput ostalih čunjića, sadrže unutarnje i vanjske segmente. Vanjski segment je dom fotopigmentima, čija uloga uključuje apsorpciju svjetla i pokretanje procesa fototransdukcije[82]. U M-čunjićima, fotopigment je zeleni opsin, čija specifična struktura određuje osjetljivost na zelene valove svjetlosti[86].

Proces fototransdukcije u M-čunjićima uključuje pretvorbu apsorbirane svjetlosne energije u električni signal. Zatim se ovaj signal prenosi do vizualnih centara mozga putem retine i optičkog živca, omogućujući tako percepciju zelene boje[82]. Ovi čunjići igraju ključnu ulogu u stvaranju raznolikog spektra boja koje ljudsko oko može percipirati, omogućavajući prepoznavanje širokog raspona zelenih tonova[87].

Poremećaji povezani s M-čunjićima, poput deuteranopije i deuteranomalijske, su posljedica oštećenja ili genetskih anomalija ovih čunjića, što dovodi do smanjene ili izmijenjene percepcije zelene boje. Kontinuirano istraživanje ovih mehanizama može pružiti nove uvide i mogućnosti za tretmane ovih i sličnih vizualnih poremećaja.

U okviru ljudskog vida, percepcija boja primarno se postiže kroz funkciju tri različite vrste fotoreceptora zvanih čunjići, svaki specijaliziran za apsorpciju svjetlosti različitih valnih duljina[82]. Među njima, plavi čunjići, poznati i kao S-čunjići (kratkovalni čunjići), igraju ključnu ulogu u detekciji plave boje, odnosno svjetlosti kraćih valnih duljina.

Plavi čunjići u ljudskom oku: Detalji biološkog ustroja i funkcionalnosti

Plavi čunjići su najmanje zastupljeni fotoreceptori u ljudskom retini, čineći samo oko 2% ukupnog broja čunjića[88]. Unatoč tome, njihov doprinos vizualnom iskustvu je neosporno značajan. Oni su, između ostalog, odgovorni za percipiranje hladnijih tonova u spektru boja, doprinoseći tako stvaranju kompleksne i bogate percepcije boja.

Na spektru svjetlosti, plavi čunjići su najosjetljiviji na svjetlost s valnom duljinom od oko 420-440 nm. Interesantno je da, unatoč svojoj osjetljivosti na plavu svjetlost, plavi čunjići nisu izravno odgovorni za većinu percepcije plave boje. To je zbog činjenice da su ljudski mozak i vizualni sustav konfigurirani tako da percepciju plave boje uglavnom generiraju odnosi aktivnosti između različitih tipova čunjića, a ne samo aktivnost plavih čunjića[89].

Plavi čunjići također igraju važnu ulogu u regulaciji cirkadijalnih ritmova. Otkriće nove klase fotoreceptora u retini, poznatih kao intrinzično fotosenzitivni ganglijski retinski receptori (ipRGCs), pokazalo je da ti receptori sadrže pigment nazvan melanopsin koji je posebno osjetljiv na plavu svjetlost[90]. Iako melanopsin u ipRGCs nije izravno povezan s plavim čunjićima, ova otkrića potvrdila su ključnu ulogu plave svjetlosti u regulaciji ljudskih bioritma.

Ovaj pregled svojstava plavih čunjića upućuje na njihovu multifunkcionalnu ulogu unutar kompleksnog vizualnog sustava.

2.1.4 Trikromatski vid

Povijesni pregled istraživanja o trikromatskom vidu

Povijesno gledano, istraživanje trikromatskog vida kod ljudi prošlo je kroz nekoliko ključnih faza. Prvi zapisi o teoriji trikromatskog vida datiraju iz 19. stoljeća, s Thomasom Youngom koji

je predložio ideju 1802. godine[91]. Young je spekulirao da ljudsko oko ima tri različite vrste fotoreceptora, svaka osjetljiva na određeni dio spektra svjetlosti.

Godine 1850., Hermann von Helmholtz, poznat po svom radu na području fiziologije percepcije, dalje je razvio Youngovu teoriju, objasnivši kako se različite frekvencije svjetlosti mogu miješati kako bi stvorile različite percepcije boja[82].

Krajem 19. i početkom 20. stoljeća, James Clerk Maxwell i William de Wiveleslie Abney istraživali su spektralnu osjetljivost oka i definirali spektralne osjetljivosti triju različitih fotoreceptora. Njihovi su radovi doprinijeli boljem razumijevanju trikromatskog vida i postavili temelje za daljnje istraživanje.

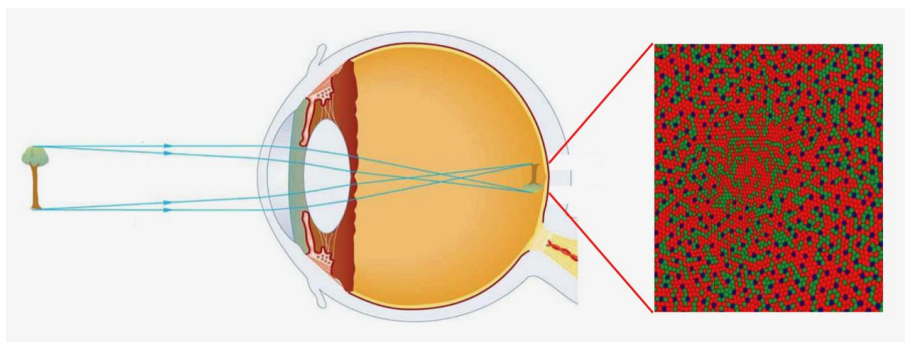
Tijekom 20. stoljeća, znanstvenici su nastavili istraživati trikromatski vid, pružajući sve više detalja o molekularnim i genetskim aspektima ovog procesa[86]. Otkrića u genetici omogućila su nam da razumijemo varijacije u trikromatskom vidu, kao što su anomalije uzrokovane genetskim mutacijama.

U 21. stoljeću, istraživanja trikromatskog vida proširila su se na područje neuroznanosti i umjetne inteligencije, istražujući kako mozak procesira informacije o boji i kako se ta saznanja mogu koristiti za stvaranje naprednijih tehnologija za reprodukciju boja[92].

Sveukupno, povijest istraživanja trikromatskog vida odražava evoluciju znanstvene misli i tehnološkog napretka, dok daljnja istraživanja nastavljaju proširivati razumijevanje ove složene i fascinantne teme.

Opisivanje trikromatskog vida

Trikromatski vid predstavlja ljudsku sposobnost percepcije boja koja se temelji na aktivnosti triju različitih tipova fotoreceptora, poznatih kao čunjići, u retini oka (slika 5). Svaki od ovih tipova čunjića specifično reagira na određeni dio spektra svjetlosti, što omogućuje percepciju širokog raspona boja[93].



Slika 5. Distribucija čunjića u retini oka [92]

Prvi tip čunjića, poznat kao S-čunjići, osjetljiv je na kraće valne duljine svjetlosti, koje se općenito percipiraju kao plava boja. Drugi tip, M-čunjići, reagira na srednje valne duljine, obično povezane sa zelenom bojom. Treći tip, L-čunjići, osjetljiv je na duže valne duljine, koje se obično percipiraju kao crvena boja[82].

Ključna značajka trikromatskog vida jest sposobnost kombiniranja signala s različitih intenziteta iz ova tri tipa čunjića kako bi se stvorila percepcija širokog spektra boja. Ovaj proces, poznat kao aditivno miješanje, omogućuje percepciju svih boja koje ljudsko oko može vidjeti, od čistih spektralnih boja do različitih nijansi sive[94].

Trikromatski vid nije samo vitalan za percepciju svijeta oko nas, već ima i važne implikacije u različitim disciplinama koje se oslanjaju na preciznu percepciju i reprodukciju boja. Ovo uključuje, ali nije ograničeno na, umjetnost, dizajn, fotografiju, televiziju, film, industriju tiska i proizvodnju računalnih monitora.

Svjetlosni signali prikupljeni od strane čunjića u retini prenose se do vizualnih centara u mozgu putem optičkog živca. Ovdje se informacije o bojama obrađuju i kombiniraju s informacijama o oblicima, pokretu i dubini, kako bi se stvorila koherentna slika svijeta oko nas[30].

Na kraju, vrijedno je napomenuti da trikromatski vid, iako je najčešći, nije jedini način percepcije boja kod ljudi. Postoje i drugi, rjeđi načini percepcije, kao što su monokromatski, dikromatski i tetrakromatski vid, svaki sa svojim jedinstvenim karakteristikama i implikacijama.

Važnost i uloga trikromatskog vida u svakodnevnim ljudskim aktivnostima

Važnost i uloga trikromatskog vida u svakodnevnim ljudskim aktivnostima je višestruka i dalekosežna. Trikromatski vid omogućuje ljudima da percipiraju i razlikuju veliki broj boja, što

ne samo da obogaćuje percepciju svijeta, već također pruža važne informacije koje mogu utjecati na ponašanje, odluke i interakcije s okolinom[95].

Na najosnovnijoj razini, sposobnost razlikovanja boja omogućuje čovjeku da prepozna i reagira na vizualne signale u neposrednom okruženju. Na primjer, prepoznavanje boje voća može pojedincu pomoći da odluči je li voće zrelo i spremno za jelo. Slično tome, prepoznavanje i razumijevanje boja semafora presudno je za sigurno sudjelovanje u prometu[96].

Uz to, boje igraju ključnu ulogu u komunikaciji i simbolizmu. Različite kulture diljem svijeta koriste boje za predstavljanje različitih koncepta, osjećaja i ideja. Na primjer, u mnogim kulturama, crvena boja često se povezuje s ljubavlju, strašću ili opasnošću, dok se plava može povezati s mirom i spokojem.

U području umjetnosti i dizajna, trikromatski vid je od ključnog značaja za stvaranje i tumačenje vizualnih djela. Sposobnost percepcije boja omogućuje umjetnicima da izraze i prenose određene ideje, emocije ili atmosferu, dok gledateljima omogućuje da te informacije primaju i tumače[97].

U suvremenom digitalnom svijetu, trikromatski vid ima središnju ulogu u brojnim tehnologijama, uključujući televiziju, digitalne zaslone, fotografiju i film. Ove tehnologije koriste principe trikromatskog vida kako bi stvorile slike koje vjerno reproduciraju širok raspon boja koje ljudsko oko može vidjeti[98].

Naposljetku, važno je napomenuti da, iako je trikromatski vid norma, razlike u percepciji boja između pojedinaca mogu imati važne implikacije. Na primjer, osobe koje imaju različite vrste daltonizma mogu imati poteškoće u prepoznavanju određenih boja, što može utjecati na njihovu sposobnost obavljanja određenih zadataka ili interakcije s okolinom[87].

Evolucijski razvoj trikromatskog vida kod čovjeka

Evolucijski razvoj trikromatskog vida kod ljudi predstavlja jednu od ključnih adaptacija koje su oblikovale ljudske vizualne sposobnosti. Primarni sisavci, uključujući i primata kao ljudske pretke, bili su vjerojatno nokturnalne životinje s ograničenom sposobnošću percepcije boja. Hipoteza sugerira da su ti raniji primati posjedovali štapiće, fotoreceptore osjetljive na svjetlo niske intenzitete, te samo jednu vrstu čunjića za percepciju boja pri dnevnom svjetlu[99].

Kroz evolucijski proces, pretpostavlja se da su se pojavile različite vrste čunjića, svaka osjetljiva na specifičan dio spektra svjetlosti. Originalno, primati su vjerojatno bili dikromati,

sa čunjićima osjetljivima na kratke (S) i srednje (M) valne duljine svjetlosti. Genetska duplikacija, koja je rezultirala dodatnim setom čunjića osjetljivih na duge (L) valne duljine, omogućila je razvoj trikromatskog vida[82].

Trikromatski vid predstavljao je evolucijsku prednost za vrste primata koje su nastanjivale šumske ekosustave, gdje je sposobnost razlikovanja boja zrelog voća, lišća i potencijalnih predatora bila ključna za opstanak[100].

Trikromatski vid imao je ključnu ulogu u pronalaženju hrane u šumskim ekosustavima gdje su se rani primati, predci čovjeka razvijali. Sposobnost razlikovanja boja pružila je očitu prednost u razlikovanju zrelog voća od nezrelog, omogućujući preciznije odabire u prehrani. Ova sofisticirana percepcija boja mogla je pridonijeti i prepoznavanju različitih vrsta jestivih biljaka, te prepoznavanju hrane koja se krije u složenom vizualnom okruženju šumske krošnje.

Kroz evolucijsko vrijeme, ljudska vrsta je zadržala tu sposobnost za razlikovanje nijansi, koja se danas manifestira na mnoge načine, uključujući moderni kontekst prehrambene industrije. U suvremenom društvu, boja igra ključnu ulogu u oblikovanju ambalaže hrane, a trikromatski vid omogućava potrošačima da brzo i efikasno identificiraju proizvode.

Na primjer, voće i povrće često su povezani s određenim bojama (npr., banane su žute, jabuke su crvene, brokula je zelena) i te asocijacije se koriste u dizajnu ambalaže[68]m. Isto tako, proizvođači koriste boje za isticanje određenih aspekata proizvoda, kao što su prirodnost (kroz upotrebu zelene boje), ili intenzitet okusa (kroz upotrebu jarkih, intenzivnih boja).

U kontekstu prepoznavanja i odabira hrane, dizajn ambalaže djeluje slično kao boje voća u prirodnom okruženju, služeći kao vizualni signal za privlačenje pažnje i pružanje informacija o proizvodu. Tako se može reći da je evolucija trikromatskog vida, koja je prvobitno omogućila ljudskim precima da bolje pronalaze hranu, sada ključna za način na koji čovjek obavlja interakciju s prehrambenim proizvodima u suvremenom svijetu.

Trikromatski vid, svojstven primatima i ljudima, nudi brojne evolucijske prednosti, uključujući izvanrednu sposobnost prepoznavanja i izbjegavanja predatora. Ova funkcija trikromatskog vida, koja je nekad bila ključna za preživljavanje ljudskih predaka, danas predstavlja duboko ukorijenjen dio vizualnog sustava.

Dok su se rani primati razvijali u šumskim ekosustavima, suočavali su se s brojnim prijetnjama, uključujući različite vrste predatora. Mnogi od ovih predatora koriste strategije kamuflaže kako

bi se sakrili u okolini, što ih čini teže uočljivima za potencijalne plijenove. Trikromatski vid mogao je pomoći primatima da prepoznaju ove kamuflirane prijetnje, dopuštajući im da pravovremeno reagiraju i izbjegnu opasnost[101].

Primati s trikromatskim vidom mogu detektirati sitne razlike u boji i kontrastu, što omogućava precizno prepoznavanje oblika i pokreta u okolini[100]. Ova sposobnost mogla bi im omogućiti da primijete promjene u okolini koje sugeriraju prisutnost predatora, čak i kad je predator dobro kamufliran. Na primjer, prepoznavanje malih promjena u boji lišća ili tla moglo bi ukazivati na skrivenog predatora.

Osim toga, trikromatski vid mogao je pomoći primatima da prepoznaju signalizaciju predatora. Na primjer, neki predatori koriste specifične boje ili obrasce kao upozorenje ili prijetnju[102]. Primati koji mogu prepoznati ove signale mogli bi ranije reagirati na prijetnje, povećavajući svoje šanse za preživljavanje.

U suvremenom kontekstu, iako se ljudi rijetko susreću s prirodnim predatorima, ova funkcija trikromatskog vida i dalje je relevantna. Na primjer, u vožnji, sposobnost prepoznavanja boja može pomoći vozačima da prepoznaju potencijalne opasnosti na putu, poput crvenih svjetala, znakova zaustavljanja, ili boja na vozilima hitne pomoći.

Dakle, trikromatski vid predstavljao je i još uvijek predstavlja ključan alat za prepoznavanje i izbjegavanje potencijalnih prijetnji, od prirodnih predatora do svakodnevnih opasnosti u suvremenom životu.

Trikromatski vid nije samo doprinio traženju hrane i izbjegavanju predatora, već je vjerojatno igrao važnu ulogu u socijalnim interakcijama primata. Promjene u boji kože i dlake mogu signalizirati različita stanja i emocije, kao što su agresija, strah, ili spremnost za parenje, što je važno za socijalne interakcije unutar grupe[102]. Osim toga, sposobnost razlikovanja boja može pridonijeti prepoznavanju pojedinaca unutar grupe, što može imati ključnu ulogu u održavanju socijalnih veza.

U suvremenom kontekstu, ovaj aspekt trikromatskog vida i dalje je relevantan, posebno u svijetu vizualnih komunikacija omogućenih tehnologijom. Na primjer, u digitalnim medijima, boje igraju ključnu ulogu u komunikaciji informacija i emocija. Korisnička sučelja, web dizajn, aplikacije i videoigre koriste boje za privlačenje pažnje, usmjeravanje korisnika, i pružanje povratnih informacija.

U kontekstu socijalnih medija, vizualni sadržaj je središnji element, a boje se koriste za stvaranje emocija, naglašavanje informacija, i privlačenje pažnje. Fotografije, video sadržaji, filteri koriste boje za komunikaciju ideja i osjećaja. U virtualnim interakcijama, sposobnost razlikovanja boja omogućuje korisnicima da bolje razumiju i koriste te vizualne signale, baš kao što su rani primati koristili boje za komunikaciju unutar svojih socijalnih grupa.

Stoga, iako su konteksti u kojima čovjek koristi trikromatski vid evoluirali, temeljni principi ostaju slični. Baš kao što je trikromatski vid pomogao čovjekovim predcima u socijalnim interakcijama, danas suvremenom čovjeku pomaže u razumijevanju i korištenju suvremenih vizualnih komunikacijskih alata.

Danas je trikromatski vid standard za ljudsku vrstu, no postoji značajna varijabilnost u tome kako pojedinci percipiraju boje. Na primjer, različiti oblici daltonizma, uzrokovani genetskim mutacijama, mogu rezultirati smanjenom sposobnošću razlikovanja boja. Ove genetske razlike ističu složenost i dinamičnost evolucijskog procesa koji je oblikovao ljudski vizualni sustav, pružajući ujedno uvid u način na koji su se perceptivne sposobnosti razvijale i prilagođavale tijekom milijuna godina.

Trikromatski vid i percepcija boja

Trikromatski vid, ključan za percepciju boja, predstavlja jednu od najznačajnijih karakteristika vizualnog sustava primata, uključujući ljude. U ovom dijelu rada ispitat će se veza između trikromatskog vida i percepcije boja, te kako ova veza oblikuje ljudske interakcije s okolinom.

Prva stvar koju treba razumjeti o trikromatskom vidu je da on omogućuje prepoznavanje širokog spektra boja. To je moguće zahvaljujući tri vrste čunjića u ljudskom oku, od kojih svaki ima različite osjetljivosti na određene dijelove spektra svjetlosti

Percepcija boja ima duboko ukorijenjene veze s mnogim aspektima ljudskog života, uključujući prepoznavanje objekata, emocionalne reakcije, pa čak i socijalne interakcije. S obzirom na važnost percepcije boja, razumijevanje trikromatskog vida ključno je za razumijevanje ljudskog vizualnog sustava i načina na koji se koriste boje.

Raspon percepcije boja kod ljudi

Raspon percepcije boja kod ljudi jedan je od ključnih faktora koji omogućuju složenu interakciju s okolinom. Taj raspon nije samo rezultat tri vrste čunjića prisutnih u ljudskom oku

- koji su osjetljivi na plavu, zelenu i crvenu boju - već je odraz i sofisticiranog procesiranja informacija koje se odvija na neuralnoj razini.

Interakcija između čunjića omogućuje percepciju mnoštva nijansi boja. Naime, različiti odnosi stimulacija tri tipa čunjića rezultiraju različitim percepcijama boja. Ova fina kalibracija omogućuje ljudima da razlikuju nijanse boja koje su gotovo neprimjetne većini drugih životinjskih vrsta.

Međutim, percepcija boja kod ljudi nije uniformna i postoje značajne individualne razlike. Dok većina ljudi ima trikromatski vid, postoji manji broj ljudi koji percipiraju svijet u smanjenom spektru boja, poznatijem kao daltonizam. Ova stanja obuhvaćaju protanopiju, deuteranopiju i tritanopiju, a nastaju uslijed genetskih mutacija koje ometaju funkciju jedne ili više vrsta čunjića[103].

Osim genetskih faktora, percepcija boja može biti utjecana i drugim čimbenicima. Na primjer, istraživanja su pokazala da broj i raspored čunjića u retini može varirati među pojedincima, što može rezultirati različitim sposobnostima percepcije boja[104]. Također, određene razlike u percepciji boja mogu biti povezane s dobi i spolom. Na primjer, neka istraživanja ukazuju na češću pojavu četvrtog tipa čunjića kod žena, što bi potencijalno moglo proširiti njihov spektar percepcije boja[105].

Trikromatska teorija vida

Trikromatska teorija vida objašnjava kako ljudski vidni sustav koristi informacije od tri vrste čunjića kako bi stvorio širok spektar percepcije boja. Dok trikromatska teorija vida objašnjava osnovnu strukturu ljudskog percepcijskog sistema boja, mehanizmi koji omogućuju sofisticiranu percepciju boja su složeniji. Na primjer, interakcija između različitih čunjića nije samo aditivna; nego se informacije iz različitih čunjića mogu suprimirati ili pojačati, ovisno o kontekstu, što omogućuje sofisticiranu percepciju boja u različitim uvjetima osvjetljenja[106].

Percepcija boja također je pod utjecajem viših razina vizualnog procesiranja. Na primjer, mozak može ispraviti za promjene u boji svjetlosti (fenomen poznat kao konstantnost boje) kako bi boje objekata ostale konzistentne pod različitim uvjetima osvjetljenja. Ovo je ključno za održavanje konzistentnosti u percepciji boja unatoč promjenama u osvjetljenju tijekom dana.

Primjer konstantnosti boje može se opaziti kada se gleda bijeli list papira pod različitim svjetlosnim uvjetima. Unatoč tome što bijeli list papira reflektira različite spektre svjetlosti kada

je osvijetljen pod sunčevom svjetlošću, fluorescentnom svjetlošću ili svijećom, ljudski vizualni sustav ipak ga percipira kao iste boje - bijele. To je zato što se mozak prilagođava različitim uvjetima osvjetljenja i "ispravlja" percepciju boje kako bi održao konstantnost.

Drugi primjer može biti promatranje crvenog automobila tijekom dana i na zalasku sunca. Iako se karakteristike svjetlosti značajno mijenjaju i utječu na boje koje automobil reflektira, automobil će se i dalje percipirati kao crven, zahvaljujući mehanizmu konstantnosti boje[92].

Konstantnost boje dokazuje složenost ljudske percepcije boja, koja nadmašuje samo interakcije na razini retine i uključuje složene procese obrade na višim razinama vizualnog sustava.

Poremećaji trikromatskog vida kod čovjeka

Poremećaji trikromatskog vida kod čovjeka predstavljaju značajno područje istraživanja u području percepcije boja i vizualnog sustava. Trikromatski vid omogućuje ljudima da percipiraju širok spektar boja zahvaljujući interakciji tri vrste čunjića u retini. Međutim, različiti poremećaji mogu utjecati na tu sposobnost, rezultirajući smanjenom ili izmijenjenom percepcijom boja.

Ovo poglavlje doktorskog rada ima za cilj pružiti pregled različitih poremećaja trikromatskog vida kod čovjeka, uključujući poremećaje crveno-zelene percepcije, monokromatizam i akromatopsiju. Analizirat će se uzroci, simptome, dijagnozu i posljedice ovih poremećaja na svakodnevni život i vizualno iskustvo pojedinaca koji ih imaju.

Poremećaji crveno-zelene percepcije, kao što su daltonizam, predstavljaju najčešće vrste poremećaja u trikromatskom vidu. Različiti oblici daltonizma, poput protanopije i deuteranopije, uzrokuju smanjenu sposobnost razlikovanja između crvenih i zelenih boja. Ovi poremećaji mogu imati značajan utjecaj na svakodnevne aktivnosti, obrazovanje i profesionalni život pojedinca.

Monokromatizam i akromatopsija predstavljaju ekstremne poremećaje u trikromatskom vidu, koji rezultiraju potpunim gubitkom percepcije boja. Osobe s monokromatizmom ili achromatopsijom vide svijet u crno-bijeloj ili sivim tonovima. Ovi poremećaji mogu biti izazovni za pojedinca, s obzirom na ograničenu percepciju boje i poteškoće u svakodnevnim aktivnostima.

Razumijevanje i istraživanje ovih poremećaja trikromatskog vida ključno je za pružanje podrške i razvoj intervencija koje mogu olakšati poteškoće i poboljšati kvalitetu života pojedinaca s ovim poremećajima.

Poremećaji trikromatskog vida kod čovjeka

Poremećaji trikromatskog vida kod čovjeka obuhvaćaju različite vrste oštećenja ili nedostatke u percepciji boja. Trikromatski vid omogućuje ljudima razlikovanje širokog spektra boja zahvaljujući tri vrste čunjića u retini koji su osjetljivi na različite valne duljine svjetlosti. Međutim, poremećaji mogu utjecati na funkciju ovih čunjića, rezultirajući promjenama u percepciji boja.

Jedan od najčešćih poremećaja trikromatskog vida kod čovjeka je daltonizam, koji se manifestira kao smanjena ili izmijenjena percepcija crvene i zelene boje. Daltonizam se može podijeliti na različite oblike, uključujući protanopiju (nedostatak crvenih čunjića), deuteranopiju (nedostatak zelenih čunjića) i tritanopiju (nedostatak plavih čunjića). Osobe s daltonizmom mogu iskusiti poteškoće u razlikovanju određenih nijansi boja ili uočavanju određenih kombinacija boja[103].

Monokromatizam je još jedan poremećaj trikromatskog vida koji uzrokuje potpuni nedostatak percepcije boje. Postoje različiti oblici monokromatizma, uključujući potpuni monokromatizam (samo štapovi su funkcionalni) i parcijalni monokromatizam (samo jedna vrsta čunjića je funkcionalna). Osobe s monokromatizmom ne posjeduju funkcionalne čunjiće i vide svijet u crno-bijelom ili sivom spektru. Monokromatski vid može uzrokovati poteškoće u razlikovanju kontrasta i detalja u okolini.

Akromatopsija, također poznata kao potpuna monokromatopsija, predstavlja rijedak poremećaj koji rezultira potpunim nedostatkom percepcije boje. Osobe s akromatopsijom ne posjeduju niti jedan funkcionalni čunjić i vide svijet samo u crno-bijelom spektru. Osim nedostatka percepcije boje, osobe s akromatopsijom mogu iskusiti poteškoće s osjetljivošću na svjetlost, fotofobijom i smanjenom oštrinom vida.

Pored navedenih poremećaja, postoje i drugi rijetki poremećaji trikromatskog vida kod ljudi, poput anomalija čunjića ili poremećaja u procesu prijenosa signala između čunjića i mozga. Ti poremećaji mogu rezultirati smanjenom sposobnošću razlikovanja boja ili drugim promjenama u percepciji boja.

Poremećaji trikromatskog vida mogu imati značajan utjecaj na svakodnevni život, obrazovanje i profesionalnu karijeru pojedinca. Osobe s tim poremećajima mogu iskusiti poteškoće u obavljanju određenih zadataka koji zahtijevaju preciznu percepciju boja, kao što su vožnja, rad s elektroničkim uređajima ili obavljanje poslova koji se oslanjaju na prepoznavanje nijansi boja.

Trikromatski vid kod čovjeka kao osnova za razvoj tehnologije prikaza boja

Uz korištenje prikupljenih podataka, sociodemografske varijable sudionika integrirane su u model za dodatnu analizu. Raznovrsnost tih sociodemografskih podataka pruža vrijedan uvid u moguće razlike u preferencijama boja koje se mogu pripisati faktorima kao što su dob, spol, obrazovanje i kulturno porijeklo[107].

Nakon organiziranja i grupiranja podataka, provodi se statistička analiza distribucije frekvencija. Ova metoda omogućuje procjenu rasprostranjenosti različitih odgovora među sudionicima, pružajući kvantitativni pregled prikupljenih podataka. U ovom kontekstu, distribucija frekvencija pomaže u razumijevanju koliko često određene kombinacije boja ili strukture pojavljuju u uzorcima formiranim od strane sudionika.

Nadalje, statistička analiza distribucije frekvencija koristi se za testiranje postavljenih hipoteza istraživanja. Na primjer, moguće je testirati hipotezu da određene sociodemografske skupine imaju slične preference boja. Isto tako, analiza može pokazivati na koje načine različiti čimbenici, poput dobi ili kulturnog podrijetla, utječu na percepciju i organizaciju boja[92].

Računalni zaslone koriste model aditivne sinteze boja, najčešće poznat kao RGB (*Red, Green, Blue*), kako bi formirali širok spektar boja. Osnovni princip RGB modela je da se boje stvaraju dodavanjem različitih intenziteta crvene, zelene i plave svjetlosti.

Svaki piksel na zaslonu sastoji se od tri subpiksela: crvenog, zelenog i plavog. Kad je zaslon isključen, svi subpikseli su crni. Kada se zaslon uključi, svaki subpiksel emitira svjetlost različite intenzitete, kreirajući široku paletu boja. Intenzitet svjetlosti koju svaki subpiksel emitira kontrolira se putem signala koji dolazi od grafičke kartice računala.

Na primjer, kada su svi subpikseli potpuno osvijetljeni, piksel će biti bijel. Ako su svi subpikseli isključeni, piksel će biti crn. Ako su crveni i zeleni subpikseli potpuno osvijetljeni, a plavi subpiksel je isključen, piksel će biti žut. Na sličan način, različite kombinacije intenziteta crvene, zelene i plave svjetlosti mogu stvoriti cijeli niz različitih boja.

Važno je napomenuti da RGB model ne može stvoriti sve boje koje ljudsko oko može percipirati. Postoje određene boje koje se nalaze izvan RGB gamuta. Međutim, RGB model može stvoriti dovoljno širok spektar boja za većinu primjena, uključujući računalne monitore, televizore i digitalne kamere.

2.1.5 Psihologija boja

Psihologija boja, kao značajan podskup opće i primijenjene psihologije, nastoji objasniti kako ljudi percipiraju i interpretiraju boje, kao i kako one utječu na ljudske emocije, raspoloženje i ponašanje[108]. Studije pokazuju da boje igraju značajnu ulogu u svakodnevnim odlukama, odabiru odjeće, dizajnu interijera, pa čak i percepciji hrane[109].

Psihologija boja predstavlja zanimljivo polje istraživanja koje se bavi utjecajem boja na ljudsku percepciju, emocije i ponašanje. Kroz povijest, psihologija boja se razvila od prvih teorija i opažanja do suvremenih znanstvenih istraživanja koja koriste eksperimentalne metode.

Proučavanje psihologije boja omogućuje bolje razumijevanje kako boje utječu na ljude i njihovu okolinu okolinu. Boje imaju moć izazvati emocionalne reakcije, stvarati atmosferu i čak utjecati na fizičko blagostanje. Primjena psihologije boja obuhvaća različita područja, uključujući marketing, dizajn proizvoda, dizajn interijera, obrazovanje i terapiju bojama.

U marketingu i dizajnu proizvoda, boje se koriste kako bi se potaknule određene emocije i asocijacije kod potrošača, stvarajući snažan vizualni identitet brenda. Dizajn interijera koristi boje za stvaranje određene atmosfere i utjecaj na raspoloženje korisnika prostora. U obrazovanju, boje se koriste kao alat za poboljšanje učenja i pamćenja informacija. Terapija bojama, iako još uvijek kontroverzna, istražuje kako boje mogu utjecati na mentalno i fizičko blagostanje.

Važno je napomenuti da je percepcija boja subjektivna i može varirati među pojedincima. Utjecaj boja također može ovisiti o kontekstu, kulturi i individualnim preferencijama. Kombinacije boja također imaju značajnu ulogu u psihologiji boja, stvarajući različite vizualne efekte i emocionalne reakcije.

Unatoč napretku u istraživanju psihologije boja, još uvijek postoji mnogo nepoznanica i potreba za daljnjim istraživanjima. Razumijevanje kompleksnih interakcija boja i njihovih učinaka na ljudsku psihologiju pružit će dublji uvid u perceptivne i emocionalne procese.

Generalno govoreći, psihologija boja je dinamično područje koje pruža uvid u složene veze između boja i ljudske psihologije. Njezina primjena u različitim područjima može poboljšati čovjekovo iskustvo, potaknuti emocije i poboljšati sveukupnu kvalitetu života.

Povijest i razvoj psihologije boja

Psihologija boja, kao disciplina, datira još iz 19. stoljeća, pri čemu se posebno ističe djelo Johanna Wolfganga von Goethea "Teorija boja"[110]. U tom radu, Goethe je izazvao tadašnje fizikalne teorije boja, posebno one koje je promovirao Isaac Newton, uvodeći koncept da boje mogu imati subjektivan, psihološki učinak na promatrača. Ova ideja, koja je bila suprotna dominantnom znanstvenom razumijevanju boja tog vremena, predstavila je prvi sveobuhvatni pokušaj klasifikacije boja prema njihovom psihološkom utjecaju. Tijekom 19. stoljeća, umjetnici i teoretičari su nastavili istraživati utjecaj boja na emocije i raspoloženje, ali je tek 20. stoljeće donijelo sistematsko, znanstveno proučavanje psihologije boja. Uspostavljanjem eksperimentalne psihologije kao disciplinom, znanstvenici su bili u mogućnosti provoditi kontrolirana istraživanja koja su proučavala kako boje utječu na ljudsku percepciju, emocije i ponašanje.

Iz ovih studija proizašla su brojna zanimljiva otkrića. Primjerice, identificirano je da tople boje, poput crvene i narančaste, često potiču snažne emocije, dok hladne boje, poput plave i zelene, uglavnom izazivaju osjećaje smirenosti. Ovi učinci nisu samo ograničeni na pojedinačnu percepciju, već se smatraju gotovo univerzalnima, prisutnima u različitim kulturama i društvima širom svijeta.

Tijekom vremena, kako se istraživanje psihologije boja razvijalo, počele su se istraživati i njene primjene u različitim domenama. Primjene psihologije boja su se počele pojavljivati u marketingu, dizajnu interijera, obrazovanju i terapiji bojama, što je dovelo do daljnjeg razvoja ove discipline.

Suvremena istraživanja u psihologiji boja nastavljaju koristiti metode i teorije razvijene tijekom proteklih stoljeća, ali s povećanim naglaskom na razumijevanju specifičnih konteksta u kojima boje djeluju. Na taj način, psihologija boja se razvila od prvih teorija Goethea do sofisticiranih znanstvenih istraživanja koja se provode danas.

Teorije i modeli u psihologiji boja

Teorije i modeli boja ključni su za razumijevanje psihologije boja. Ovi modeli pružaju okvir za interpretaciju utjecaja boja na ljudsku percepciju, emocije i ponašanje.

Model tjelesnih reakcija je jedan od najranijih. Prema ovom modelu, ljudi instinktivno reaguju na boje na način koji je usko povezan s prirodnim okruženjem. Na primjer, plava boja se često povezuje s vodom i nebeskim tijelima, a crvena s vatrom i krvi[108]. Prema ovom modelu, plava boja bi izazvala osjećaj smirenosti i sigurnosti, dok bi crvena izazvala uzbuđenost i opasnost.

Emocionalni model boja proučava kako boje utječu na emocije. U ovom modelu, boje se povezuju s određenim osjećajima ili raspoloženjima. Na primjer, crvena boja često se povezuje s ljutnjom, žuta s radošću, a plava s tugom[111].

Model kulturalne interpretacije boja istražuje kako se značenje boja mijenja u različitim kulturama. Na primjer, u zapadnim kulturama, crna se često povezuje s tugom i smrću, dok se u istočnim kulturama, bijela često koristi za istu simboliku.

Teorija ovisnosti o kontekstu naglašava kako značenje boja može biti vrlo fleksibilno, mijenjajući se ovisno o kontekstu u kojem se boja nalazi. Na primjer, crvena boja može biti simbol opasnosti na cestovnom znaku, ali može predstavljati ljubav i romantiku na Valentinovo.

Svaki od ovih modela ima svoje prednosti i nedostatke, i svaki pruža drugačiju perspektivu na složene veze između boja i ljudske psihologije. Nijedan model nije sveobuhvatan, ali svaki doprinosi boljem razumijevanju kako boje utječu na emocije, ponašanje i percepcije.

Primjene psihologije boja

Primjena psihologije boja pokriva širok spektar područja, uključujući marketing, dizajn proizvoda, dizajn interijera, obrazovanje i terapiju bojama. Sva ova područja interesa psihologije boja se u konačnici svode na neki oblik vizualnih poruka koje se komuniciraju s promatračima i korisnicima proizvoda, interijera, grafičkih sučelja i sl. Kako bi se stekao jasniji dojam o utjecaju i značaju psihologije boja potrebno je u nastavku ovog poglavlja dati kratki presjek mogućnosti primjene psihologije boja u različitim područjima i poljima. Kako je sama priroda fenomena boje izrazito interdisciplinarno područje tako je i sam utjecaj fenomena potrebno promatrati iz različitih kutova gledišta. U tom kontekstu bitno je spomenuti da saznanja i zaključci do kojih se došlo u drugim područjima istraživanja i primjene boje kao komunikacijskog alata mogu značajno doprinijeti dubljem razumijevanju primjene boje i u okviru grafičkih komunikacija, pri tome ne misleći samo na dizajn grafičkih proizvoda u tradicionalnom vidu tiskanih materijala i ambalaže, već i na oblikovanje suvremenih grafičkih

sučelja i unapređenje korisničkog iskustva. Primjenom određenih boja moguće je utjecati na pažnju promatrača odnosno konzumenta proizvoda, privlačiti je na određene elemente dizajna ili pak neke elemente skrivati. Također s obzirom da je boja i kognitivni fenomen primjenom odabranih boja moguće je i značajno smanjiti kognitivno opterećenje i time povećati efikasnost odabranog vizualnog komunikacijskog kanala.

Marketing i dizajn proizvoda

Primjena psihologije boja u marketingu i dizajnu proizvoda ima dugu povijest. Boje se koriste u ova dva područja kako bi se potaknule određene emocije, reakcije i asocijacije kod potrošača.

U marketingu, boje se često koriste za stvaranje snažne vizualne identitete brenda. Boje mogu utjecati na način na koji potrošači percipiraju brend, utječući na njihovu percepciju kvalitete, vrijednosti i povjerenja. Na primjer, crvena se često koristi u marketinškim kampanjama kako bi se potaknuo osjećaj uzbuđenja ili hitnosti. S druge strane, plava se često koristi kako bi se stvorio osjećaj pouzdanosti i sigurnosti. Nadalje, boje mogu igrati ključnu ulogu u dizajnu proizvoda. Boja proizvoda može utjecati na njegovu privlačnost, percipiranu kvalitetu i čak i na to kako potrošači percipiraju njegovu funkcionalnost. Na primjer, bijela se često koristi u dizajnu tehnoloških proizvoda kako bi se naglasila modernost i inovativnost. S druge strane, zelena se može koristiti za proizvode koji se žele povezati s održivošću i ekološkom osviještenošću.[112]

Boje također mogu imati značajan utjecaj na ponašanje kupaca. Različite boje mogu utjecati na to koliko se dugo potrošači zadržavaju u trgovini, koliko proizvoda pogledaju i koliko novaca potroše. Na primjer, istraživanja su pokazala da tople boje poput crvene i narančaste mogu potaknuti brze odluke o kupnji, dok hladne boje poput plave i zelene mogu potaknuti potrošače da provedu više vremena razgledavajući proizvode.

Unatoč važnosti boja u marketingu i dizajnu proizvoda, važno je napomenuti da njihov utjecaj može varirati ovisno o kontekstu, kulturi i individualnim razlikama među potrošačima. Stoga, za najučinkovitije korištenje boja, marketinški stručnjaci i dizajneri proizvoda moraju razumjeti složene načine na koje boje utječu na ljudsku psihologiju.

Dizajn interijera

Dizajn interijera jedno je od područja u kojem se psihologija boja koristi najčešće i najefikasnije. Kako je već spomenuto boje unutar prostora mogu značajno utjecati na dojmove, raspoloženje i ponašanje ljudi koji ga koriste.

Boje se u dizajnu interijera koriste za stvaranje određene atmosfere ili "osjećaja" u prostoru. Na primjer, tople boje poput crvene, narančaste i žute često se koriste u prostorima poput dnevnih soba i blagovaonica kako bi se stvorio osjećaj udobnosti, topline i društvenosti. S druge strane, hladne boje poput plave i zelene često se koriste u prostorima za opuštanje poput spavaćih soba ili kupaonica kako bi se potaknuo osjećaj mira, opuštenosti i obnove.

Odabir boja za dizajn interijera također može utjecati na percepciju prostora. Svijetle boje često se koriste u malim prostorima kako bi ih učinile većima i svjetlijima. S druge strane, tamne boje mogu stvoriti osjećaj intimnosti i udobnosti u velikim prostorima. Osim toga, boje mogu imati praktične učinke na rasvjetu i temperaturu u prostoru. Svijetle boje reflektiraju više svjetlosti i mogu prostor učiniti svjetlijim, dok tamne boje apsorbiraju svjetlost i mogu prostor učiniti tamnijim. Slično tome, tople boje mogu stvoriti dojam toplijeg prostora, dok hladne boje mogu stvoriti dojam hladnijeg prostora. Važno je napomenuti da utjecaj boja u dizajnu interijera može varirati ovisno o kontekstu, kulturi i osobnim preferencijama korisnika prostora[113]. Također, treba se uzeti u obzir kako se boje kombiniraju i kako se mijenjaju pod različitim uvjetima osvjetljenja.

Obrazovanje

Primjena psihologije boja u obrazovnom okruženju pokriva različite aspekte, od dizajna učionica do metoda učenja.

Boje mogu imati značajan utjecaj na učinkovitost učenja i ponašanje učenika. Također je primijećeno da odabir boja u učionicama može utjecati na ponašanje učenika, njihovu koncentraciju i općenito na učinkovitost učenja. Na primjer, dok svijetle i žive boje mogu poticati aktivnost i kreativnost, previše svijetlih boja može biti prenatušeno i stvoriti osjećaj nemira. Stoga, odabir pravog balansa boja može poboljšati produktivnost i potaknuti optimalno učenje.

Također, boje se koriste kao alat za poboljšanje učenja i zadržavanja informacija. Metoda poznata kao "bojanje kodom" uključuje korištenje različitih boja za označavanje različitih dijelova teksta ili koncepta. Ova strategija može poboljšati organizaciju i pamćenje informacija jer pomaže učenicima da kategoriziraju i vizualno strukturiraju informacije.

Dodatno, istraživanja su pokazala da boje mogu utjecati na performanse učenika tijekom ispitivanja. Također je iskustveno utvrđeno da crvena boja, koja se često koristi za označavanje

grešaka, može negativno utjecati na performanse učenika. Suprotno tome, zelena boja može imati umirujući učinak i poboljšati koncentraciju.

Međutim, iako boje mogu biti korisne u obrazovnom kontekstu, važno je napomenuti da njihov učinak može varirati ovisno o individualnim razlikama, uključujući dobi učenika, kulturnim razlikama i osobnim preferencijama.

Terapija bojama

Terapija bojama, također poznata kao kromoterapija, koristi boje kao sredstvo za poboljšanje mentalnog i fizičkog blagostanja. Dok je ovaj oblik terapije bio prakticiran u različitim kulturama tijekom povijesti, u suvremenom kontekstu terapija bojama obično uključuje korištenje svjetlosti i boja u određenim terapijskim postupcima[114].

Kao dio terapije bojama, različite boje koriste se s namjerom da izazovu određene reakcije. Na primjer, crvena se često koristi za stimulaciju tijela i uma, dok se plava koristi za smirivanje i opuštanje. Ova praksa temelji se na uvjerenju da različite boje mogu imati različite frekvencije ili energije, a svaka od tih energija može imati posebne terapijske učinke.

Istraživanja o učinkovitosti terapije bojama pružaju mješovite rezultate. Neka istraživanja ukazuju na moguću korist od terapije bojama u određenim okolnostima. Također postoji iskustvo da plava svjetlost može imati umirujući učinak, dok crvena svjetlost može povećati budnost. Međutim, kvaliteta dostupnih istraživanja često je niska i nedostaju rigorozne kontrolirane studije koje bi pružile jasne dokaze o učinkovitosti terapije bojama.

Također, važno je napomenuti da percepcija i reakcija na boje može biti subjektivna i varirati među pojedincima. Stoga, iako terapija bojama može biti korisna za neke osobe, nije prikladna ili učinkovita za sve.

Terapija bojama je fascinantno područje koje spaja umjetnost, znanost i terapiju, ali je važno shvatiti da je daljnje istraživanje potrebno kako bi se potvrdila njegova učinkovitost i odredili najbolji načini primjene.

Psihologija crvene boje

Crvena boja često simbolizira strast, ljubav i moć, ali njeni utjecaji na ljudsko ponašanje i psihologiju su složeni i višeslojni[108]. U kontekstu privlačnosti, istraživanja sugeriraju da žene percipiraju muškarce koji nose crvenu boju privlačnijima, dok muškarci percipiraju žene u

crvenom kao seksualno atraktivnije. Crvena boja može izazvati i više agresivnosti i natjecateljskog ponašanja[115].

Zanimljivo je da crvena boja ima značajan utjecaj na kognitivne procese. Neke studije, kako je već spomenuto, pokazuju da izlaganje crvenoj boji može negativno utjecati na postignuće u testovima, sugerirajući da crvena potiče izbjegavajuće ponašanje.

Međutim, u kulturnom kontekstu, crvena boja može imati različite značenjske konotacije. Na primjer, u Kini crvena boja simbolizira sreću i sreću. U zapadnim kulturama, crvena se često povezuje s opasnošću i upozorenjem.

Pojedinacna reakcija na boje može varirati ovisno o osobnim iskustvima i socio-kulturnim uvjetima. Stoga je važno imati na umu da pridruživanje emocionalnih stanja s bojama može biti subjektivno.

U zaključku, crvena boja može imati snažan utjecaj na ljudsko ponašanje i psihološke procese. Međutim, buduća istraživanja trebala bi istražiti kako individualni i kulturni čimbenici utječu na reakcije na boje.

Psihologija zelene boje

Zelena boja, koja često simbolizira prirodu, obnovu i mir, ima mnogo utjecaja na ljudsku psihologiju. Primjerice, zelena se često koristi u okruženjima koja zahtijevaju opuštanje i smirenost, poput bolnica i škola, jer se pokazalo da smanjuje anksioznost i potiče opuštanje[116].

Osim toga, istraživanja su pokazala da zelena boja može poboljšati kreativnost. Također je poznat i fenomen da kratka vizualna izloženost zelenoj boji može potaknuti kreativno mišljenje, potičući tako inovativne ideje.

U marketinškom kontekstu, zelena boja se često koristi za predstavljanje proizvoda ili usluga povezanih s prirodom i održivošću[117]. Međutim, osjetljivost na zelenu boju može varirati s obzirom na kulturne razlike. Na primjer, dok u zapadnim kulturama zelena često simbolizira sreću i sreću, u nekim istočnjačkim kulturama može predstavljati bolest ili nesreću (Labrecque i Milne, 2012).

Važno je primijetiti da reakcije na boje mogu biti subjektivne i varirati na temelju individualnih i socio-kulturnih iskustava. S tim u vidu, buduća istraživanja trebaju nastaviti istraživati kako se individualni i kulturni faktori miješaju kako bi oblikovali psihološke reakcije na boje.

Psihologija plave boje

Plava boja, univerzalno prepoznata kao simbol mira, stabilnosti i pouzdanosti, ima izražene učinke na ljudsku psihologiju. Njeno izloženje često donosi osjećaj mirnoće i relaksacije, zbog čega se plava često koristi u okruženjima poput spavaćih soba ili ureda kako bi se smanjio stres[118].

Snažan utjecaj plave boje ne ograničava se samo na emocionalno stanje. Postoji dokazi koji sugeriraju da plava boja može poboljšati kognitivne performanse. Mehta i Zhu (2009) otkrili su da plava boja potiče kreativno razmišljanje, što rezultira poboljšanim rješavanjem problema.

U kontekstu marketinga i brendiranja, plava boja ima ključnu ulogu. Zbog asocijacija na pouzdanost i sigurnost, organizacije često koriste plavu u svom brendiranju. Osim toga, istraživanja sugeriraju da plava boja može potaknuti osjećaj povjerenja i lojalnosti kod potrošača.

Međutim, kako individualne reakcije na boje variraju na temelju kulturnih razlika, tako i tumačenja plave boje. Na primjer, dok zapadne kulture često povezuju plavu boju s mirom i sigurnošću, u nekim kulturama plava može predstavljati tugu ili melankoliju.

Psihologija cijan boje

Cijan boja, koja se nalazi između plave i zelene na spektru boja, ima jedinstven utjecaj na ljudsku psihologiju. Često se povezuje s osjećajima smirenosti i opuštenosti, slično plavoj boji, dok istodobno nosi neke od stimulirajućih i osvježavajućih asocijacija povezanih sa zelenom[111].

Cijan je boja koja se često koristi u dizajnu i umjetnosti kako bi se stvorio osjećaj svježine i osvježenja. Zbog njenih asocijacija s čistoćom i prozračnosti, cijan se često nalazi u vizualnim prikazima vode i neba, pružajući osjećaj prostranosti i bezgraničnosti [107].

U kontekstu marketinga, cijan se često koristi za prikazivanje brandova i proizvoda koji su povezani s čistoćom, svježinom i inovacijom. Cijan, na primjer, često se koristi u brandingu proizvoda za čišćenje ili u tehnološkom sektoru gdje sugerira inovativnost i modernost[119].

Psihologija magenta boje

Magenta, kao vibrantna i energetična boja, ima jedinstven utjecaj na ljudsku psihologiju. Povezana s kreativnošću, imaginacijom i inovativnošću, magenta se često koristi u različitim kontekstima, od umjetnosti do marketinga, kako bi pobudila emocije i pokrenula kreativnost[120].

Istraživanja su pokazala da magenta boja može potaknuti osjećaj entuzijazma, strasti i avanturizma. U umjetnosti i dizajnu, upotreba magente može donijeti dramatičnost i ekstravaganciju, često se koristeći kako bi se privukla pažnja i stvorio upečatljiv vizualni dojam.[107]

U marketinškom kontekstu, magenta se često koristi za privlačenje pažnje potrošača i isticanje ključnih elemenata. Njeni psihološki učinci mogu imati značajan utjecaj na ponašanje potrošača, stvarajući osjećaj uzbuđenja i potičući akciju.

Psihologija žute boje

Žuta boja, obično povezana s toplinom, svjetlošću i optimizmom, ima utjecaj na ljudsku psihologiju na različite načine. Žuta boja se često koristi u okruženjima koja zahtijevaju fokus i pažnju, s obzirom na njenu privlačnost i sposobnost privlačenja oka[121].

U psihološkom kontekstu, istraživanja pokazuju da žuta boja može potaknuti osjećaj radosti i sreće. Međutim, u velikim količinama ili u određenim nijansama, žuta može imati suprotan učinak, izazivajući osjećaje frustracije ili agitacije .

Što se tiče marketinškog konteksta, žuta boja se često koristi za privlačenje pažnje potrošača i istaknuće određenih elemenata. Međutim, važno je napomenuti da percepcija i tumačenje žute boje mogu varirati ovisno o kulturi. Na primjer, dok žuta boja u zapadnim kulturama često simbolizira sreću i optimizam, u nekim istočnjačkim kulturama može predstavljati oprez ili bolest.

Psihologija bijele boje

Bijela boja, univerzalno povezana s čistoćom, nevinošću i jednostavnošću, ima duboko ukorijenjene učinke na ljudsku psihologiju. Prepoznata kao boja koja simbolizira čist i neokaljan početak, bijela boja često se koristi u različitim okruženjima, od domova do ureda, kako bi se stvorila atmosfera smirenosti i svježine[122].

Utjecaj bijele boje proteže se i na područje poslovnih i marketinških strategija. Zbog njenih asocijacija s jednostavnošću, jasnoćom i minimalizmom, bijela boja često se koristi u branding i dizajnu proizvoda kako bi se sugerirala sofisticiranost i suvremenost. Na primjer, tvrtke koje se bave tehnologijom i elektronikom često koriste bijelu boju u svom vizualnom identitetu kako bi naglasile napredak i inovativnost svojih proizvoda.

Međutim, vrijedno je napomenuti da percepcija bijele boje može varirati ovisno o kulturnom kontekstu. Dok na Zapadu bijela boja često simbolizira čistoću i nevinost, u nekim istočnjačkim kulturama, bijela je boja tradicionalno povezana s tugom i žalošću.

Psihologija crne boje

Crna boja, povezana s tajnovitošću, moći i elegancijom, ima značajan utjecaj na ljudsku psihologiju. Zbog svoje snažne i dominirajuće prirode, crna boja često se koristi za stvaranje osjećaja autoriteta i formalnosti[108].

U kontekstu emocija, crna boja može izazvati osjećaje tuge i melankolije, ali i osjećaj sofisticiranosti i luksuza. U nekim kontekstima, crna boja također može simbolizirati strah i nepoznato, često se koristeći u horor žanru ili za prikazivanje negativnih i zlih likova

U marketinškim i branding strategijama, crna boja se često koristi za prikazivanje luksuza, elegancije i ekskluzivnosti. Primjerice, mnoge luksuzne marke koriste crnu boju u svom vizualnom identitetu kako bi sugerirale suptilnu sofisticiranost i ekskluzivnost svojih proizvoda.[113]

Međutim, interpretacija crne boje može se mijenjati ovisno o kulturnim kontekstima. Na primjer, dok na Zapadu crna boja često simbolizira tugu i smrt, u nekim istočnjačkim kulturama, crna je boja simbol prosperiteta i bogatstva.

Psihologija boja u kontekstu kombinacija boja

Kombinacije boja predstavljaju snažan alat u psihologiji boja. Izbor i upotreba kombinacija boja može stvoriti različite vizualne efekte, utjecati na dojmove i izazvati različite emocionalne reakcije[123].

Kombinacija boja često se temelji na konceptima iz teorije boja, poput harmonije boja, kontrasta i komplementarnosti. Harmonija boja odnosi se na estetski ugodne kombinacije boja, koje često uključuju boje koje su blizu jedna drugoj na kolorističkom krugu, poput plave i

zelene. Kontrast, s druge strane, uključuje kombinacije boja koje su suprotne na kolorističkom krugu, poput crvene i zelene, stvarajući živopisan i dinamičan efekt.

Komplementarne boje su one koje se nalaze nasuprot na kolorističkom krugu, kao što su plava i narančasta. Kada se koriste zajedno, te boje mogu pojačati jedna drugu, stvarajući snažan vizualni efekt. Na primjer, u likovnoj umjetnosti i dizajnu, komplementarne boje često se koriste za naglašavanje određenih elemenata[113].

Kombinacije boja također mogu stvoriti određene asocijacije i konotacije. Na primjer, kombinacija crvene i zelene često se povezuje s Božićem, dok kombinacija crne i narančaste može prizvati asocijacije na Noć vještica.

Također, važno je napomenuti da dojmovi i reakcije na kombinacije boja mogu varirati među pojedincima i kulturama. Na primjer, u nekim kulturama, kombinacija crvene i bijele može simbolizirati sreću i proslavu, dok u drugima može imati negativne konotacije.

S obzirom na kompleksnost kombinacija boja, primjena psihologije boja zahtijeva razumijevanje kako različite boje međusobno djeluju i kako se te interakcije mogu koristiti za postizanje određenih efekata i ciljeva.

2.1.6 Percepcija boja

Percepcija kao temelj ljudske interakcije s okolinom

Percepcija je kompleksan proces u ljudskom sustavu koji omogućuje primanje, organiziranje i interpretaciju senzornih informacija iz okoline. Kroz senzorne kanale, ljudi percipiraju vanjske podražaje koji se pretvaraju u neuralne signale i prenose do središnjeg živčanog sustava radi daljnje obrade.

Ljudska percepcija uključuje različite osjetilne modalitete kao što su vid, sluh, dodir, okus i miris. Svaki osjetilni modalitet ima specijalizirane receptore koji registriraju određene vrste podražaja. Na primjer, fotoreceptori u mrežnici oka registriraju svjetlost i oblikuju vizualne slike, dok slušne stanice u unutarnjem uhu reagiraju na zvukove i frekvencije.

Kada senzorne informacije dosegnu mozak, započinje složena neuralna obrada. Obrada podrazumijeva integraciju i interpretaciju senzornih signala uz pomoć različitih kortikalnih područja.

Kognitivni faktori poput pažnje, pamćenja i konteksta igraju važnu ulogu u oblikovanju ljudskih perceptivnih dojmova. Na primjer, prethodno iskustvo, očekivanja i kontekst mogu utjecati na čovjekovu interpretaciju senzornih informacija i stvaranje smislenih percepta.

Razumijevanje ljudske percepcije ima širok spektar primjena u različitim područjima kao što su psihologija, neuroznanost, računalni vid, sučelja korisničkih sučelja i druge znanstvene discipline. Dublje razumijevanje mehanizama percepcije pridonosi razvoju novih tehnologija, poboljšanju interakcije čovjeka i računala te unaprjeđenju našeg ukupnog razumijevanja ljudske prirode.

Percepcija se preciznije definira kao sposobnost organizma da organizira, identificira i interpretira podražaje iz različitih osjetila u smislene cjeline, a sve s ciljem prezentiranja i razumijevanja okoline jedinke. Sva percepcija po definiciji prolazi kroz središnji živčani sustav te je za razumijevanje percepcije potrebno razumjeti i signale koji se u tom kompleksnom sustavu i obrađuju. Općenito govoreći o percepciji i signalima o kojima ovisi potrebno je navesti sve vrste signala koji dolaze do središnjeg živčanog sustava, a ovisi o prirodi podražaja u okolini. Tako primjerice vizualni sustav uključuje reakciju retine oka na dolazno svjetlo, miris kao osjetilo ovisi o molekulama prenesenim do nosa dok sluh ovisi o dolaznim zvučnim valovima odnosno o promjeni tlaka zraka kao posljedici prolaska zvučnog vala.

Ono što je bitno spomenuti o percepciji općenito je to da percepcija nije samo pasivno zaprimanje podražaja i signala iz okoline pojedinca nego ona predstavlja puno kompleksnije procese živčanog sustava.

U tom smislu sam podražaj, bilo da je to se odnosi na dodir, okus, miris, sluh ili vid, nije potpuni događaj stoga je razumijevanje tih fenomena zahtijeva dodatno i dublje razumijevanje sljedeće faze u obradi signala iz okoliša, odnosno percepcije[124].

Kako je već rečeno percepcija predstavlja svojevrsnu vezu između pojedinca i njegove okoline, s obzirom da pojedinac upravo kroz percepciju i njezine složene procese ostvaruje primarnu interakciju sa svojom okolinom. U tom smislu je percepcija i kognitivni proces, odnosno proces koji uključuje znanje (izgrađeno na prethodnom iskustvu pojedinca) i slijedom toga svijest i razumijevanje podražaja koji dopiru do pojedinca. Formalno gledano može se reći da je percepcija zapravo jedina i najvažnija veza čovjeka s njegovom okolinom, te u tom smislu i upravlja kako njegovim doživljajem svijeta tako i djelovanjem u okruženju u kojem se nalazi. Percepcija kao proces prepoznaje, identificira i kategorizira podražaje, te ujedno djeluje i kao

filter koji omogućuje razdvajanje korisnih podražaja iz okoline, pri čemu je potrebno naglasiti kako je čovjekov okoliš prepun podražaja od kojih se samo neki smatraju korisnima.

U trenutku kada oko primi svjetlosni podražaj i prosljedi ga središnjem živčanom sustavu percepcija prvo interpretira i razlikuje oblik odnosno formu od pozadine razlikujući uzorke svijetlih i tamnih polja. U tom kontekstu razlikovanje objekt-pozadina je prvi kognitivni korak u procesu percepcije i tim se korakom definira općenita situacija promatranog objekta odnosno scene. Boja stoga igra važnu, iako sekundarnu ulogu u prepoznavanju odnosno identificiranju objekata i scena.[5]

Raspoznavanje i spomenuta identifikacija se temelje na naučenim i usvojenim informacijama koje su kod pojedinca sakupljene iz velikog broja izvora. Tako primjerice na te procese utječu prethodno iskustvo pojedinca, njegovo društveno okruženje i kultura, razina i smjer obrazovanja, i ono što je ključno za potrebe ovog rada – okoliš odnosno okolina u kojoj je pojedinac boravio ili pak boravi. Sposobnost ljudskog bića da prepozna i razlikuje podražaje razvoja se izuzetnom brzinom i počinje praktički odmah po rođenju. Do svoje odrasle i potpuno zrele dobi svaki je pojedinac kroz život prikupio i pohranio nevjerojatnu količinu prepoznatih i naučenih podražaja. Sve što pojedinac vidi i razumije zapravo je naučeno i samo iskustvo je pohranjeno u memoriji. Novi podražaji s kojima se čovjek tijekom svog života susreće, osim ako nisu popraćeni nekim novim informacijama ili pak predstavljaju veliki odmak od naučenog, se identificiraju i kategoriziraju sukladno prethodnom iskustvu i pohranjenim informacijama na koje se središnji živčani sustav referira. U konačnici, čak je i prepoznavanje novih pojava i objekata ovisno upravo o tom istom mehanizmu jer, bili prepoznavanje i identifikacija točni ili ne, uvijek postoji referenca na nešto u memoriji, nešto poznato, nešto sa sličnim obilježjima[124].

Generalno govoreći može se iznijeti sljedeća tvrdnja – većina percepcije (neovisno o tipu i prirodi podražaja) se događa na nesvjesnoj razini i takvim brzinama koje ostavljaju dojam kako se percepcija događa simultano s podražajem, a u slučaju boja posebno je naglašena ta njihova dvojna priroda koja povezuje i nerazdvojivim čini podražaj i percepciju.

Vizualna percepcija

Dublje razumijevanje fenomena vida kod čovjeka, razumijevanje procesa do kojih dolazi u trenutku vizualnih podražaja, kako ljudi na njih reagiraju, sve je to potrebno prenijeti u praksu dizajnera i onih koji se bave oblikovanjem vizualnih komunikacija. Konkretno znanje i

razumijevanje ovih fenomena omogućavaju dizajneru pristup informacijama koje mu izravno ili pak neizravno mogu pomoći pri obraćanju ciljanim skupinama. S druge strane korištenjem iskorištavanjem tog znanja dizajner može voditi pažnju i pogled konzumenata proizvoda, odnosno može upravljati time kako ciljana publika prihvaća dizajn.[124]

Vizualna percepcija, ključni dio ljudske interakcije sa svijetom, složeni je proces koji omogućuje prepoznavanje, tumačenje i razumijevanje vidljivih podražaja iz okoline. Počinje sa svjetlosnim podražajima koji putuju kroz očnu leću i fokusiraju se na retinu na stražnjoj strani oka. Retina je presvučena fotoreceptorima, odnosno čunjićima i štapićima, koji pretvaraju svjetlosne podražaje u električne signale. Čunjići su osjetljivi na boje i koriste se za vid pod dnevnim svjetlom, dok su štapići osjetljivi na pokret i koriste se za noćni vid.

Električni signali generirani od strane fotoreceptora putuju duž optičkog živca do mozga, gdje se obrađuju u primarnoj vizualnoj korteksu. Ovaj dio mozga koristi različite vrste informacija, uključujući boje, oblike, pokret i dubinu, da bi stvorio sliku svijeta oko nas.

Vizualna percepcija nije samo pasivni proces primanja vizualnih informacija. Također uključuje aktivnu interpretaciju i tumačenje tih informacija. Na primjer, mozak može koristiti kontekstualne informacije da pomogne u interpretaciji vizualnih podražaja, kao što je prepoznavanje objekta na temelju njegove sjene ili oblika.

Također, važno je napomenuti da se vizualna percepcija može razlikovati među pojedincima. Na primjer, neke osobe mogu biti daltonisti, što znači da ne mogu percipirati određene boje. Drugi mogu imati uvjete kao što je vizualna agnozija, gdje se ne može prepoznati ili tumačiti vizualne informacije, iako su oči fizički u stanju primiti te informacije.

Na kraju, vizualna percepcija ključna je za sposobnost razumijevanja i interakcije sa svijetom i okolinom. Bez nje, ljudi ne bi bili u stanju prepoznati druge ljude, mjesta ili objekte, niti bi mogli izvoditi osnovne zadatke poput čitanja ili vožnje automobila.

Vizualna percepcija boja kod čovjeka

Vizualna percepcija boja rezultat je složenog procesa u kojem se različite valne duljine svjetlosti interpretiraju kao različite boje. Tri vrste fotoreceptora, poznate kao čunjići, ključne su u ovom procesu. Smješteni na retini oka, svaki je tip čunjića osjetljiv na određeni raspon valnih duljina, što općenito odgovara crvenim, zelenim i plavim dijelovima spektra.

Kada se svjetlosni podražaj primi, fotoreceptori iniciraju niz kemijskih reakcija koje proizvode električni signal. Ti signali se zatim prenose do mozga putem optičkog živca. Unutar mozga, signali se tumače i kombiniraju kako bi se stvorila percepcija boje.

Različite valne duljine svjetlosti izazivaju različite odzive među tri vrste čunjića, omogućujući percepciju širokog spektra boja. Na primjer, svjetlost srednje valne duljine stimulira "zelene" čunjiće više nego ostale, no i "crvene" i "plave" čunjiće su u određenoj mjeri aktivirane. Ova kombinacija odziva interpretira se kao zelena boja.

Važno je naglasiti da je percepcija boja subjektivna i može varirati među pojedincima. Pojedinci sa stanjima poput daltonizma ne percipiraju boje na uobičajen način zbog defekata u jednoj ili više vrsta čunjića.

Osim toga, percepcija boja nije samo funkcija fizičkih svojstava svjetlosti, već također uključuje interpretaciju na temelju konteksta. Na primjer, boja objekta može se percipirati različito ovisno o boji okolnih objekata, pojava koja je poznata kao konstanta boje.

Konačno, vizualna percepcija boja ključna je za interakciju sa svijetom, utječe na sposobnost prepoznavanja i interakcije s okolišem, kao i na emotivne reakcije i estetske preferencije.

3. EKSPERIMENT

3.1 Materijali, ispitanici, metodologija i plan istraživanja

U okviru potvrde postavljenih hipoteza, provedeno je terensko istraživanje na području Republike Hrvatske. Selekcija sudionika odvijala se na temelju nekoliko kriterija, uključujući geografsku distribuciju, starost, spol, obrazovni status i druge relevantne socio-demografske varijable. S obzirom na veličinu i raznolikost ciljane populacije, za realizaciju ovog istraživanja koristio se uzorak od otprilike 1000 sudionika.

Da bi se osigurala veća dostupnost i praktičnost, istraživanje je provedeno elektroničkim putem. Ovaj pristup omogućio je širok doseg, fleksibilnost i efikasnost u prikupljanju podataka. Istraživanje je bilo strukturirano na način da pruži značajne podatke koji su doprinijeli razumijevanju kako se boje i njihove kombinacije percipiraju i interpretiraju u kontekstu grafičke komunikacije.

Analiza prikupljenih podataka pružila je temelj za daljnje teorijsko razmatranje i praktične implikacije, s posebnim naglaskom na unaprjeđenje grafičke komunikacije kroz znanstveno utemeljen pristup izboru boja. Ovaj sveobuhvatni postupak doprinio je stvaranju robustnog i relevantnog istraživanja, omogućivši dublje razumijevanje i objašnjenje ispitivane fenomenologije boja i njihove uloge u grafičkoj komunikaciji.

Prvi kriterij za odabir sudionika istraživanja bio je postizanje ravnomjernosti sudionika prema regionalnoj distribuciji unutar Republike Hrvatske. Ovaj pristup osiguravao je reprezentativnost uzorka te izjednačenost sudionika prema geografskim karakteristikama.

Regije su bile definirane na način da odražavaju geografski raznolike dijelove zemlje. Svaka regija unutar Republike Hrvatske predstavljala je jedinstveni entitet s posebnim geografskim, klimatskim, socijalnim i kulturnim karakteristikama, što je omogućilo detaljnije razumijevanje utjecaja ovih faktora na percepciju boja i njihovu upotrebu u grafičkoj komunikaciji.

Ovaj metodološki pristup omogućio je kvalitetno prikupljanje i analizu podataka, uzimajući u obzir regionalne razlike koje su mogle utjecati na percepciju i interpretaciju boja u kontekstu grafičke komunikacije.

Drugi kriterij za uključivanje sudionika u uzorak bio je osigurati podjednaku zastupljenost spolova i približnu ravnotežu među dobnim skupinama u rasponu od 18 do 65 godina. Ovim

kriterijem obuhvaćeno je radno sposobno stanovništvo koje se može pretpostaviti da posjeduje veću samostalnost i slobodu u ostvarivanju i ispunjenju vlastitih potrošačkih navika.

Takav pristup osigurava da istraživanje uključuje populaciju koja je aktivno uključena u potrošačke procese te ima veću vjerojatnost da donosi vlastite odluke u vezi s grafičkim proizvodima. Također, ovim kriterijem povećava se mogućnost da uzorak uključuje sudionike koji su tijekom svog života promijenili prebivalište, omogućujući tako provjeru definiranih hipoteza o utjecaju regionalnih razlika na percepciju boja u grafičkoj komunikaciji.

Provedeno istraživanje uzorkovalo je sudionike koji zadovoljavaju ove kriterije, omogućujući dublje razumijevanje percepcije boja i njezinog utjecaja na grafičku komunikaciju u različitim dobnim skupinama i spolovima.

Nakon formiranja uzorka sudionika, sudionicima je putem elektroničkog upitnika dostavljen niz pitanja koja su se odnosila na njihovo trenutačno prebivalište ili boravište. Cilj tih pitanja bio je utvrditi kojoj regiji sudionici zaista pripadaju. Sudionici su dobili mogućnost odabrati regiju kojoj pripadaju na temelju geografskih kriterija.

U sljedećoj fazi ispunjavanja upitnika, sudionicima su postavljena pitanja o njihovom prebivalištu tijekom pojedinih faza kognitivnog razvoja prema teoriji Jeana Piageta. Ova faza istraživanja imala je za cilj prikupiti podatke o sudionicima koji bi omogućili analizu utjecaja različitih faza kognitivnog razvoja na njihovu percepciju boja u kontekstu grafičke komunikacije.

Kroz ispunjavanje upitnika, sudionici su imali priliku pružiti relevantne informacije o svojem prebivalištu u određenim fazama kognitivnog razvoja. Ovi podaci pružili su dublje razumijevanje veza između geografskog konteksta i razvoja kognitivnih sposobnosti te mogućeg utjecaja na percepciju boja u grafičkoj komunikaciji.

Naime Jean Piaget formirao je teoriju o 4 faze kognitivnog razvoja kroz koje prolazi svaki zdravi pojedinac:

1. **senzomotorički stadij** (od rođenja do 2. godine) – kognitivni razvoj djeteta uz upotrebu osjetila i pokreta u svrhu istraživanja svijeta
2. **predoperacijski stadij** (2 – 7 godina) – karakteristika ovog razdoblja je simboličko mišljenje predškolskog djeteta koje je prepuno nelogičnosti

3. **stadij konkretnih operacija** (7 – 11 godina) – dijete u ovom razdoblju organizira spoznaje i rasuđivanje kroz svoju okolinu
4. **stadij formalnih operacija** (više od 11 godina) – u ovoj fazi mišljenje djeteta postaje kompleksan, apstraktan sustav rezoniranja na tragu onog adolescenta i odrasle osobe.[125]

U posljednjem dijelu upitnika, sudionicima istraživanja postavljeno je pitanje o obitavanju u ruralnom ili urbanom okruženju. Da bi se izbjegla potencijalna pristranost ili nelagoda zbog direktnog svrstavanja sudionika u jednu od ovih kategorija, pitanje je postavljeno na suptilan način koji je bio neovisan o njihovim prethodnim preferencijama ili predrasudama.

Specifično, sudionicima je postavljeno pitanje o prisutnosti uzgoja domaćih životinja u njihovom kućanstvu ili u kućanstvima u njihovom neposrednom okruženju. Ovo pitanje je odabrano kao indikator okoline u kojoj sudionici žive, budući da uzgoj domaćih životinja često karakterizira ruralna područja, dok urbanija područja rijetko imaju takve aktivnosti.

Takav pristup omogućuje neutralnost u kategorizaciji sudionika i pruža im slobodu da odgovore na pitanje temeljem njihovih stvarnih okolnosti. Time se osigurava da podaci o obitavanju u ruralnom ili urbanom okruženju budu prikupljeni bez potencijalnih predrasuda ili nelagode koje bi mogla proizići iz direktnog svrstavanja u određenu kategoriju.

Kroz ovaj dio istraživanja, dobiveni podaci pružaju dodatne uvide u utjecaj okoline na percepciju boja u grafičkoj komunikaciji. Analizom rezultata moguće je sagledati razlike u preferencijama boja između sudionika koji žive u ruralnim i urbanim okruženjima te istražiti kako okolina može oblikovati preferencije boja i njihovu upotrebu u grafičkoj komunikaciji.

S obzirom na zakonsku regulativu koja je važeća u Republici Hrvatskoj i praksu provjere pripadnosti ruralnom ili urbanom stanovništvu od strane Hrvatskog zavoda za statistiku, upitnik je uključio istovjetno pitanje koje se već koristi u tim službenim postupcima. Očekuje se da će postavljanje pitanja na taj način osigurati realan odgovor od sudionika, bez izloženosti predrasudama ili pristranosti.

Takav pristup temelji se na već uspostavljenom postupku koji je primjenjiv u praksi. Pitanje o uzgoju domaćih životinja kao indikatoru ruralnog ili urbanog okruženja već je provjereno i koristi se u statističkim istraživanjima od strane Hrvatskog zavoda za statistiku. Stoga, očekuje

se da će sudionici odgovarati na to pitanje u skladu s realnim okolnostima i bez utjecaja predrasuda.

Ova praksa pruža dodatnu sigurnost u pouzdanost prikupljenih podataka o obitavanju u ruralnom ili urbanom okruženju. Kroz takav postupak, istraživači su osigurali da rezultati istraživanja budu usklađeni s već uspostavljenim standardima i metodologijama te da odražavaju stvarnu sliku obitavanja sudionika u određenim okruženjima.

Istraživanje se može osloniti na te podatke kako bi se dalje analizirale preferencije boja u grafičkoj komunikaciji u ruralnom i urbanom kontekstu te donijeli zaključci o mogućim razlikama i njihovom utjecaju na dizajn grafičkih proizvoda.

U sljedećoj fazi istraživanja, koja je temelj ovog rada, sudionicima je postavljen zadatak da smjeste 24 nasumično poredane boje u matricu dimenzija 6x4. Svaki kvadratić predstavlja jednu od boja u setu, a sudionici su imali određeno vremensko ograničenje za izvršenje zadatka. Na taj način su sudionici istraživanja formirali specifičan uzorak boja sastavljen od istovjetnih obojenih kvadratića.

Ovaj zadatak je osmišljen kako bi se procijenila sposobnost sudionika u organiziranju i raspoređivanju boja unutar matrice. Obrasci koje su sudionici formirali odražavaju njihov subjektivni doživljaj preferiranih kombinacija boja. Provedena je analiza tih obrazaca kako bi se utvrdile učestalost i ponavljanje određenih kombinacija boja, te kako bi se istražile povezanosti između preferencija boja i rasporeda unutar matrice.

Prikupljeni podaci bili su ključni za daljnju analizu i interpretaciju preferencija boja u grafičkom oblikovanju. Kombinacije boja koje su sudionici formirali pružaju uvid u njihove individualne preferencije i moguću harmoniju ili kontrast između boja. Analiza ovih podataka omogućila je dublje razumijevanje kako pojedinci organiziraju boje i kako se njihove preferencije mogu primijeniti u kontekstu grafičke komunikacije.

Na temelju rezultata ove faze istraživanja, donijeti su zaključci o preferencijama boja te identificirati potencijalne obrasce ili trendove koji mogu biti relevantni za pristup izboru boja u grafičkom oblikovanju.

U procesu konstrukcije inicijalnog seta boja za empirijsko istraživanje, osnovna premisa koja je oblikovala odluku o broju boja bila je uzimanje u obzir kognitivnih ograničenja sudionika.

Razumijevanje ljudske sposobnosti obrade informacija izuzetno je važno u ovom kontekstu, jer pretjerana količina informacija može preopteretiti kognitivne resurse sudionika.

Kada se suoče s velikim brojem boja, sudionici mogu doživjeti poteškoće u razumijevanju i organizaciji tih boja. To ne samo da može smanjiti točnost njihovih odgovora, već može i zakomplicirati proces donošenja odluka, što na kraju može rezultirati smanjenom kvalitetom odgovora.

Stoga, odluka o ograničavanju seta boja na trideset proizašla je iz želje za omogućavanjem sudionicima da se koncentriraju na manji broj varijabli. S manjim brojem boja za razmatranje, sudionici mogu bolje usmjeriti svoju pažnju, što na kraju rezultira jasnijim, kvalitetnijim odgovorima.

Osim toga, ograničenje na trideset boja ima prednosti i sa stajališta obrade i analize podataka. S manjim brojem boja, postupak prikupljanja podataka postaje učinkovitiji, a analiza tih podataka također je pojednostavljena. Na taj način, dobiveni rezultati istraživanja postaju relevantniji i primjenjiviji u kontekstu grafičkog oblikovanja, što u konačnici doprinosi većoj korisnosti rezultata istraživanja.

Ovaj pristup, koji se temelji na razumijevanju i poštivanju ljudskih kognitivnih ograničenja, ključan je za provedbu efikasnog i efektivnog istraživanja. On ne samo da omogućava sudionicima da daju najbolje moguće odgovore, već također osigurava da rezultati istraživanja budu relevantni, pouzdani i primjenjivi u praksi.[126]

Set boja koje sudionici koriste za istraživanje odabran je iz X-Rite ColorCheckera (slika 6), koji je prepoznat kao standard u industriji za praćenje reprodukcije boja u elektroničkim sustavima. Ovaj izbor nije slučajna, već je namjerno dizajniran da podrži integritet istraživanja, koje se provodi elektroničkim putem.



Slika 6. X-Rite ColorChecker

X-Rite ColorChecker pruža konzistentan i standardiziran način za praćenje i kontrolu boja. S obzirom na to da se samo istraživanje provodi elektroničkim putem, korištenje X-Rite ColorCheckera kao osnove za set boja omogućuje pouzdane i konzistentne rezultate kroz različite digitalne platforme.

Osim toga, X-Rite ColorChecker sadrži primarne boje kako aditivne tako i suptraktivne sinteze, što omogućava sudionicima istraživanja da imaju na raspolaganju širok spektar boja. Primarne boje aditivne sinteze su crvena, zelena i plava, dok su primarne boje suptraktivne sinteze cijan, magenta i žuta.

Prisutnost ovih boja unutar seta omogućuje sudionicima da precizno i efikasno iskažu svoje preferencije boja. Aditivne boje, kada se miješaju, stvaraju sve ostale boje, dok suptraktivne boje, kada se miješaju, oduzimaju boje i stvaraju neutralne nijanse. Korištenje ovih primarnih boja omogućava sudionicima da istraže širok spektar mogućnosti boja, bez ograničavanja na usko definirani set boja.

Unutar X-Rite ColorChecker seta boja, šest primarnih boja služi kao osnova za kreiranje svih ostalih boja. Ove boje - crvena, zelena, plava, cijan, magenta i žuta - utjelovljuju temelje aditivne i suptraktivne sinteze boja. Ovo su bitni elementi koloristike koji omogućavaju sudionicima istraživanja da formiraju širok spektar boja. To na svojoj osnovi pruža višestruke mogućnosti za stvaranje i analizu boja koje se najčešće koriste u svakodnevnom životu.

Dodatno, set boja X-Rite ColorChecker uključuje i dodatnih dvanaest boja koje se temelje na prirodnim i svakodnevnim predmetima i pojavama. Ove boje predstavljaju tamnu kožu, svijetlu kožu, plavo nebo, boju lista, plavi cvijet, plavičasti cvijet, narančastu, ljubičastoplavu, umjereno crvenu, ljubičastu, žutozelenu i narančastožutu. Ova paleta boja pruža sudionicima širok spektar boja koje najbolje odražavaju stvarnost koja ih okružuje. Povezivanje seta boja s prirodnim fenomenima i svakodnevnim objektima omogućava sudionicima da koriste boje koje su za njih relevantne, a time i povećava ekološku valjanost istraživanja.

Set boja također uključuje šest akromatskih nijansi koje variraju od crne do bijele. Ove nijanse igraju ključnu ulogu u formiranju spektra intenziteta i svjetline boja, pružajući sudionicima esencijalne alate za analizu i interpretaciju boja. Bez ovog raspona, bilo bi teže ocijeniti kontraste, intenzitete i svjetline boja, što bi moglo rezultirati manje preciznim i manje interpretativnim rezultatima.

U cjelini, struktura seta boja X-Rite ColorChecker omogućava sudionicima istraživanja da imaju na raspolaganju bogat, balansiran i opsežan spektar boja. Kombinacija primarnih boja, boja utemeljenih na prirodnim fenomenima i svakodnevnim predmetima, te akromatskih nijansi pruža sudionicima alate za precizno i detaljno iskazivanje svojih preferencija boja. Ovaj pristup ne samo da olakšava izražavanje subjektivnih preferencija, već također omogućava da rezultati istraživanja budu primjenjivi na širok spektar stvarnih situacija i konteksta.

U završnoj fazi istraživanja, od sudionika se traži da napišu nazive svih boja koje znaju, pod uvjetom da je svaki naziv u obliku jedne riječi i nije opisan. Ovaj uvjet postavljen je sukladno metodologiji World Color Survey, jednog od najopsežnijih globalnih istraživanja o percepciji boja.[127]

World Color Survey je ambiciozan i sveobuhvatan projekt koji je imao za cilj istražiti i dokumentirati načine na koje ljudi iz različitih kultura i jezičnih skupina opisuju i percipiraju boje. Pokrenut 1970-ih godina pod vodstvom lingvisti sa Sveučilišta u Kaliforniji, Berkley, World Color Survey je provodio istraživanja među govornicima koji su koristili neindustrijalizirane jezike, s ciljem da se bolje razumije univerzalnost i raznolikost u načinima na koje ljudi opisuju i doživljavaju boje.

U skladu s metodologijom World Color Survey, nazivi boja koje sudionici navode moraju biti jednostavni, tj. ne smiju biti opisni. Ovaj uvjet postavljen je kako bi se osiguralo da se boje percipiraju na najosnovniji način, bez utjecaja kontekstualnih ili asocijativnih faktora.

Primjerice, umjesto da se boja opisuje kao "boja zalaska sunca" ili "boja trave", sudionici bi trebali koristiti jednostavne termine poput "narančasta" ili "zelena". Ova metodologija omogućuje istraživačima da dođu do čistih, nekontaminiranih podataka o percepciji boja, omogućujući dublje i preciznije uvide u fenomenologiju percepcije boja.

World Color Survey (WCS) je istraživački projekt koji se bavi proučavanjem kako ljudi iz različitih kultura i jezičnih grupa percipiraju i kategoriziraju boje. Konceptualiziran od strane lingvистa sa Sveučilišta u Kaliforniji, Berkley, WCS je istraživanje provelo s ciljem da bolje razumije univerzalnost i varijabilnost u doživljaju boja.

Jedan od ključnih elemenata metodologije WCS-a jest zahtjev da sudionici koriste jednostavne, neopisne termine za boje. Takvo ograničenje osmišljeno je kako bi se minimizirao utjecaj konteksta i kulturoloških asocijacija na percepciju boja. To znači da umjesto da koriste složene ili opisne termine, poput "boje oceana" ili "boje trave", sudionici su potaknuti da koriste osnovne termine, poput "plave" ili "zelene". Ova metodologija olakšava čistu, nepristranu analizu percepcije boja, smanjujući potencijalne smetnje koje bi mogle proizaći iz složenijih opisnih kategorija.

Dodatno, metodologija WCS-a također ističe važnost ispitivanja sudionika iz neindustrijaliziranih jezičnih grupa. Ovaj pristup omogućuje istraživačima da prouče percepciju boja u kontekstu koji su možda manje oblikovani modernim industrijskim društvima i njihovim kulturnim normama i očekivanjima. Time se dobiva uvid u moguće univerzalne aspekte percepcije boja koji se protežu preko različitih kultura i društvenih konteksta.

Metodologija World Color Survey-a pruža dublji i sveobuhvatniji uvid u način na koji ljudi doživljavaju i opisuju boje, doprinoseći tako boljem razumijevanju ovog osnovnog aspekta ljudskog iskustva. Ova pristup, u kojem se kombinira rigorozna metodologija s međukulturalnom perspektivom, postavlja standard za daljnja istraživanja u ovom polju.

U završnoj fazi istraživanja, analiza i međusobna usporedba svih uzoraka boja koje su formirali sudionici postaje imperativ. Ovaj postupak se provodi pomoću posebno dizajniranog računalnog programa. Program je opremljen algoritmima i kodovima kreiranim specifično za potrebe ovog istraživanja.

Algoritmi u programu koriste se za usporedbu svakog para uzoraka boja. Traže se identične strukture u obliku nizova od dvije, tri i četiri boje, kao i strukture od četiri boje u formatu 2x2.

Pronalazak ovih identičnih struktura omogućuje uočavanje određenih obrazaca u organizaciji boja koje su sudionici formirali.

Primjena ovih algoritama podsjeća na metode bioinformatičke analize, poput onih koje se koriste za usporedbu sekvenci DNK. Ovdje se, međutim, tehnike primjenjuju na strukture boja, čime se mogu identificirati trendovi u načinima na koje sudionici grupiraju i organiziraju boje.

Posebno je zanimljivo proučavanje struktura od četiri boje u formatu 2x2. Ova struktura predstavlja svojevrsnu mikromatricu unutar veće matrice boja koju su formirali sudionici. Analizirajući ove mikromatrice, moguće je dobiti uvid u unutarnju logiku kojom su se sudionici vodili pri organizaciji boja. Takav uvid može imati široke implikacije za razumijevanje kako ljudi percipiraju i interpretiraju boje.

Korištenje ovakvih algoritama i pristupa analizi boja može pružiti dublje razumijevanje načina na koji ljudi percipiraju i organiziraju boje. Ova spoznaja može biti korisna u različitim poljima, poput dizajna i umjetnosti, gdje razumijevanje kako ljudi reagiraju na različite kombinacije boja može biti ključno za stvaranje efektivnih i vizualno privlačnih dizajna.

Uz korištenje prikupljenih podataka, sociodemografske varijable sudionika integrirane su u model za dodatnu analizu. Raznovrsnost tih sociodemografskih podataka pruža vrijedan uvid u moguće razlike u preferencijama boja koje se mogu pripisati faktorima kao što su dob, spol, obrazovanje i, ključno, geografsko porijeklo.

Nakon organiziranja i grupiranja podataka, provodi se statistička analiza distribucije frekvencija. Ova metoda omogućuje procjenu rasprostranjenosti različitih odgovora među sudionicima, pružajući kvantitativni pregled prikupljenih podataka. U ovom kontekstu, distribucija frekvencija pomaže u razumijevanju koliko često određene kombinacije boja ili strukture pojavljuju u uzorcima formiranim od strane sudionika.

Nadalje, statistička analiza distribucije frekvencija koristi se za testiranje postavljenih hipoteza istraživanja. Na primjer, moguće je testirati hipotezu da određene sociodemografske skupine imaju slične preference boja.

3.1.1 Teorem 4 boje

Teorem o četiri boje je fundamentalni koncept u teoriji grafova, koji tvrdi da je moguće obojiti bilo koju mapu koristeći najviše četiri boje, tako da se nijedne dvije susjedne regije ne boje

istom bojom[128]. Ovaj teorem je dokazan uz pomoć računala i ostao je kontroverzan, jer je to bio prvi glavni matematički rezultat koji je ovisio o računalnom dokazu, a upravo iz razloga što definira broj boja poslužio je kao inspiracija za definiranje maksimalnog broja boja promatranih u ovom istraživanju.

Ovaj rezultat prvi put je postavljen kao hipoteza u 19. stoljeću i pokazao se iznimno teškim za dokazivanje. Dokazivao se koristeći metodu iscrpnog pretraživanja svih mogućih nepravilnosti koje bi mogle narušiti uvjete teorema, što je dovelo do velikog broja slučajeva koje je trebalo provjeriti.

Usprkos tome, Appel i Haken su uspjeli dokazati teorem koristeći računala za provjeru velikog broja slučajeva. Iako je ovaj pristup bio kontroverzan, kasniji radovi potvrdili su njegovu valjanost.

Dokaz je bio predmetom kritike, uglavnom zbog svoje ovisnosti o računalnom dokazu. Postoje argumenti da takvi dokazi nisu uvjerljivi kao klasični "ručni" dokazi, jer ljudi ne mogu osobno provjeriti sve detalje računalnog dokaza. Međutim, tehnika koju su koristili Appel i Haken od tada je postala uobičajena u teoriji grafova.

S obzirom na to, može se zaključiti da je Teorem o četiri boje važeći rezultat unutar teorije grafova, iako njegovo prihvaćanje od strane matematičke zajednice nije bilo bez kontroverzi.

Teorem četiri boje iz područja matematike može se analogno primijeniti na područje grafičkog dizajna na sljedeći način. Iako teorem izravno ne definira odabir boja ili njihovu kombinaciju u grafičkom dizajnu, principi koje teorem predstavlja mogu biti inspiracija za dizajnere prilikom odabira boja.

Na primjer, teorem četiri boje naglašava da je moguće obojiti mapu sa samo četiri boje, s obzirom na određena pravila. Iz toga se može izvući ideju da se u dizajnu može postići vizualna ravnoteža i jasnoća upotrebom ograničenog broja boja. Umjesto da se koristi veliki broj boja koje mogu stvarati konfuziju ili kaotičan izgled, može se fokusirati na paletu od nekoliko odabranih boja koje su dovoljne za postizanje željenog vizualnog dojma.

Također, teorem četiri boje naglašava potrebu da susjedne regije budu obojene različitim bojama kako bi se postigla jasnoća i razlikovanje. Slično tome, u grafičkom dizajnu može se koristiti različite boje za odvajanje elemenata ili regija kako bi se postiglo vizualnu hijerarhiju i razumljivost dizajna.

Princip teorema četiri boje može potaknuti dizajnere da budu svjesni upotrebe boja i njihovih kombinacija u svojim radovima. Ograničavanje broja boja i pažljiv odabir boja može rezultirati harmoničnim, ravnotežnim i jasnim dizajnom. Ovaj pristup može biti posebno koristan u dizajnu logotipa, grafičkih identiteta, web stranica i drugih grafičkih elemenata gdje se jasnoća i prepoznatljivost izuzetno cijene.

Teorem četiri boje može imati nekoliko implikacija na istraživanje preferencija kombinacija boja kod ljudi u kontekstu grafičkog dizajna. Neki od tih implikacija uključuju:

1. Ograničavanje broja boja: Teorem četiri boje sugerira da je moguće postići vizualnu razumljivost i razlikovanje s ograničenim brojem boja. Ovo može ukazivati na to da ljudi imaju tendenciju preferirati kombinacije boja koje su jednostavne, ravnotežne i jasne. Istraživanje preferencija boja može se usredotočiti na manji broj boja kako bi se bolje razumjelo koje kombinacije boja su najprivlačnije i estetski ugodne.
2. Kontrast i razlikovanje: Teorem četiri boje naglašava važnost razlikovanja susjednih regija bojom. To može ukazivati na to da ljudi preferiraju kombinacije boja koje imaju jasne kontraste i omogućuju razlikovanje elemenata. Istraživanje preferencija kombinacija boja može se fokusirati na proučavanje utjecaja kontrasta između boja na vizualnu privlačnost i percepciju.
3. Harmonija boja: Teorem četiri boje sugerira da je moguće postići harmoničan izgled s odabranim bojama koje se međusobno dobro slažu. Ovo može ukazivati na to da ljudi imaju tendenciju preferirati kombinacije boja koje su harmonične, uravnotežene i estetski ugodne. Istraživanje može istražiti preferencije harmoničnih boja i utjecaj takvih kombinacija na doživljaj i emotivni odgovor promatrača.
4. Kontekstualni utjecaj boje: Teorem četiri boje naglašava da se boje doživljavaju u odnosu na svoju okolinu. Ovo sugerira da kontekst može utjecati na preferencije kombinacija boja kod ljudi. Istraživanje može proučavati kako se preferencije kombinacija boja mijenjaju ovisno o kontekstu i okolini, kao što su različite industrije, kulturne tradicije ili emocionalne asocijacije.

Sve ove implikacije teorema četiri boje mogu pružiti korisne smjernice za istraživanje preferencija kombinacija boja kod ljudi. Razumijevanje ovih preferencija može biti ključno u razvoju učinkovitijih i privlačnijih grafičkih dizajna koji će bolje komunicirati s ciljanom publikom.

Ograničavanje broja boja koje se koriste u kontekstu Teorema o četiri boje od ključne je važnosti za razumijevanje same prirode problema.

Pitanje bojenja grafova, ili kako obojiti grafičke čvorove tako da nijedna dva susjedna čvora ne dijele istu boju, centralno je pitanje u teoriji grafova. U kontekstu bojenja karata, to znači da nijedne dvije susjedne regije ne smiju biti iste boje.

Razmatranje četiri boje, umjesto pet ili više, odabrano je jer je empirijski utvrđeno da je četiri boje dovoljno za bojenje bilo koje karte. Time se problem svodi na dokazivanje da je to uvijek slučaj, bez obzira na specifične uvjete karte.

Pokušaji da se poveća broj boja nisu doveli do napretka u razumijevanju problema, jer se dodatne boje jednostavno mogu ignorirati u procesu bojenja. Stoga se fokus ostaje na dokazivanju da četiri boje uvijek zadovoljavaju uvjete problema.

To je dovelo do situacije u kojoj je, u kontekstu Teorema o četiri boje, ograničavanje broja boja na četiri bilo neophodno kako bi se problem učinio rješivim. To je omogućilo da se problem razmotri na način koji je bio dovoljno specifičan da se može riješiti, dok je bio dovoljno općenit da se rezultati mogu primijeniti na širok spektar situacija.

Teorem o četiri boje osigurava da svaka mapa, bez obzira na složenost, može biti obojena koristeći najviše četiri boje bez susjednih regija iste boje. Ovo pravilo može se primijeniti na grafički dizajn na način da svaka slika ili dizajn, bez obzira na njihovu složenost, može biti prikazana koristeći četiri boje bez sukobljavanja.

Zahvaljujući ovom ograničenju, istraživači preferencija boja mogu smanjiti broj varijabli koje treba uzeti u obzir. Umjesto da moraju istraživati kako ljudi reagiraju na sve moguće kombinacije boja, mogu se usredotočiti na četiri boje i sve njihove moguće kombinacije.

Ovo smanjenje u broju varijabli ne samo da pojednostavljuje proces analize, već omogućava istraživačima da dublje razumiju kako ljudi reagiraju na specifične boje i njihove kombinacije. Primjerice, istraživanje može pokazati da određene boje ili kombinacije boja potiču određene emocionalne reakcije ili su povezane s određenim brendovima ili konceptima.

Uz to, ograničavanje broja boja omogućuje kontrolu za varijablu zasićenosti, jer se može pokazati da intenzitet boje može utjecati na percepciju i preferencije boja kod ljudi.

Stoga, analiziranje maksimalno četiri boje dokazalo se dovoljnim za donošenje zaključaka o preferencijama boja kod ljudi u kontekstu grafičkog dizajna.

3.2 Programska obrada podataka

Kako su podaci iz upitnika bili u obliku heksadecimalnih zapisa boja, tada je manipulacija tim podacima obavljena kroz niz koraka u Pythonu.

Prvo, podaci su učitani u pandas DataFrame, koji je učinkovit alat za rad s tabličnim podacima. Ovo je omogućilo jednostavan pristup i manipulaciju podacima.

Zatim, vrijednosti heksadecimalnih boja iz upitnika ostale su u izvornom formatu za daljnju analizu. Budući da se heksadecimalni zapis koristi za precizno označavanje boja u digitalnim medijima, ovaj format je omogućio daljnje analize boja bez gubitka informacija koje su sadržane u originalnom zapisu.

Funkcije za obradu i analizu podataka napisane su izravno u Pythonu. Ove funkcije obuhvaćale su razne operacije, poput izvlačenja određenih informacija iz heksadecimalnog zapisa (kao što su određene komponente boje), izračunavanje statističkih vrijednosti (kao što su srednje vrijednosti boja), ili generiranje novih atributa na temelju originalnih podataka.

Nadalje, na temelju tih podataka, generirani su različiti prikazi i vizualizacije kako bi se bolje razumjeli rezultati. To je moglo uključivati histogram boja, grafove distribucije boja, ili čak složene vizualizacije koje prikazuju veze između različitih varijabli.

Na kraju, rezultati analize su zapisani i pohranjeni za daljnju obradu ili prezentaciju. Ovo je moglo uključivati spremanje obrađenih podataka u novu datoteku, generiranje izvješća s rezultatima analize, ili kreiranje vizualnih prikaza rezultata.

Svaki korak u ovom procesu bio je obavljen kroz Python skriptu, koja je omogućila automatiziranje procesa obrade i analize podataka, osiguravajući dosljednost i pouzdanost rezultata.

3.2.1 Heksadecimalni zapis boja

Univerzalnost heksadecimalnog zapisa boja u digitalnim medijima očituje se kroz njegovu ključnu ulogu kao alata za preciznu reprezentaciju i manipulaciju bojama. Iz temeljne strukture ovog sistema do njegovih složenih primjena, heksadecimalni zapis boja postaje univerzalni jezik kojim se oblikuju vizualne komponente u digitalnim medijima.

Heksadecimalni zapis boja koristi se za predstavljanje i manipulaciju bojama kroz kombinaciju tri osnovne komponente boje: crvene, zelene i plave (RGB). Svaka boja predstavljena je kroz tri dvocifrene heksadecimalne vrijednosti, koje se kreću od 00 do FF, što odgovara decimalnom rasponu od 0 do 255. Taj široki raspon omogućava 16,777,216 mogućih boja, pružajući izuzetan spektar za digitalne medije.

Interpretacija heksadecimalnog zapisa boja temelji se na razumijevanju kako kombinacija RGB vrijednosti rezultira specifičnom bojom. Vrijednosti su usko povezane s intenzitetom svjetlosti: najniže vrijednosti predstavljaju odsutnost svjetlosti (crna), dok najviše vrijednosti predstavljaju puni intenzitet svjetlosti (bijela). Interpolacija ovih vrijednosti omogućuje stvaranje velikog spektra boja.

Primjena heksadecimalnog zapisa boja pokriva široko područje, uključujući, ali ne ograničavajući se na, web dizajn, digitalnu obradu slike, video igre i animaciju. Kroz ovaj univerzalni jezik, dizajneri i inženjeri mogu precizno kodirati i reproducirati boje, osiguravajući dosljednost i kvalitetu u digitalnim medijima.

U kontekstu slikovne analize, heksadecimalni zapis boja omogućava precizno kvantificiranje i razlikovanje boja, što je od ključne važnosti u područjima kao što su digitalna obrada slika i računalna vizija. Mogućnost precizne identifikacije boja omogućava efikasnu segmentaciju slika, prepoznavanje objekata i druge napredne vizualne analize.

Također, zahvaljujući heksadecimalnom zapisu boja, moguće je konstruirati i analizirati složene vizualne uzorke i teksture. To proširuje mogućnosti u domeni umjetne inteligencije i strojnog učenja, omogućujući stvaranje sofisticiranih modela za prepoznavanje slika i dubinsko učenje. Ovaj zapis je stoga postao ključna komponenta u naprednim tehnikama analize slika, omogućujući preciznost i širinu u obradi i interpretaciji digitalnih slika.

3.2.2 Iz linije u matricu

Konstrukcija matrica odnosno uzoraka predefiniranih boja sukladno opisu istraživanja predstavljala je srž ovog istraživačkog pothvata. Sudionici su na temelju uputa slagali boje u matricu dimenzija 6x4, čime su kreirani nizovi heksadecimalnih zapisa. Za pravilnu analizu ovakvog skupa podataka, neophodno je bilo ponovno preoblikovati nizove u dvodimenzionalne strukture, tj. u izvorne matrice.

Ova preoblikovanja su zahtijevala razvoj prilagođenog koda u Pythonu, bez korištenja standardnih biblioteka za obradu podataka poput pandas. Time je izazov bio znatno veći, ali i prilika za razvijanje dubljeg razumijevanja struktura podataka i manipulacije podacima na nižim razinama apstrakcije.

Prvi korak u ovom procesu bila je inicijalizacija matrice odgovarajuće dimenzije, 6x4. Ova matrica bila je kreirana kao prazna struktura koja je čekala popunjavanje vrijednostima iz niza heksadecimalnih zapisa.

Sljedeći korak bio je raspoređivanje heksadecimalnih zapisa iz niza u inicijaliziranu matricu. Ovaj korak obuhvatao je iteraciju kroz niz heksadecimalnih zapisa i dodjeljivanje svakog zapisa odgovarajućem elementu matrice, održavajući pri tom originalni redosljed.

Na ovaj način, svaki heksadecimalni zapis je bio pravilno pozicioniran unutar matrice, održavajući time vezu sa svojim izvornim položajem u upitniku. Tako su se očuvali originalni uvjeti istraživanja.

Ova vrsta reorganizacije podataka, koja se često naziva i "reshape" operacijom, ključna je u području analize podataka. Ona omogućava izvlačenje dubljeg smisla iz podataka, preoblikujući ih u format koji bolje odgovara potrebama analize. Na primjer, dvodimenzionalne strukture poput matrica omogućuju analizu podataka duž više dimenzija odjednom, što može biti ključno za razumijevanje složenih odnosa među podacima.

Kroz ovaj pristup, bilo je moguće dalje istraživanje podataka na složenijim razinama, uključujući komparativnu analizu pojedinih redaka i stupaca matrice, grupne analize bazirane na specifičnom položaju određenih boja unutar matrice i mnoge druge.

Sveukupno, proces preoblikovanja podataka iz jednodimenzionalne u dvodimenzionalnu strukturu predstavljao je ključni dio ovog istraživanja. Unatoč složenosti ovog procesa, pravilno implementiran Python kod osiguravao je precizno i učinkovito izvršavanje ove transformacije. Kroz ovaj sofisticirani pristup, bilo je moguće generirati bogate i kompleksne analize koje su omogućile potvrđivanje ili odbacivanje postavljenih hipoteza.

Za te potrebe generiran je sljedeći kod u Python programskom jeziku.

```

def create_color_matrix(colors):

    matrix = []

    for i in range(0, len(colors), 6):

        row = colors[i:i+6]

        matrix.append(row)

    return matrix

colors = ["#FF0000", "#00FF00", "#0000FF", "#FFFF00", "#FF00FF", "#00FFFF",

         "#FF8000", "#008000", "#000080", "#808000", "#800080", "#008080",

         "#FFC0C0", "#C0FFC0", "#C0C0FF", "#FFFC0", "#FFC0FF", "#C0FFFF",

         "#FFA500", "#00FF00", "#000080", "#808000", "#800080", "#008080"]

matrix = create_color_matrix(colors)

for row in matrix:

    print(row)

```

3.2.3 Parovi boja

U središtu ovog istraživanja bila je potreba za izvlačenjem specifičnih informacija iz matrica heksadecimalnih zapisa boja za svakog pojedinog ispitanika. Preciznije, bilo je potrebno generirati listu svih parova boja koje su bile u neposrednom kontaktu po retcima unutar matrice.

Ova analiza parova boja predstavljala je složeniji zadatak koji je zahtijevao pomno osmišljenu strategiju i precizno programiranje. Cilj je bio identificirati sve uzastopne parove boja unutar

svakog retka matrice, počevši od para formiranog prve i druge boje u retku, zatim para druge i treće boje, i tako dalje do kraja retka. Ovaj postupak ponavljan je za svaki redak matrice.

Važno je istaknuti da je u ovom kontekstu 'par boja' definiran kao dvije boje koje se nalaze jedna do druge unutar istog retka matrice. Drugim riječima, ova operacija nije uzimala u obzir parove boja koje su bile u kontaktu po vertikali, odnosno parove boja iz različitih redaka koji se nalaze u istom stupcu.

Izvlačenje ovih parova iz matrice podataka bilo je iznimno važno za daljnje analize, jer je omogućilo promatranje odnosa između uzastopnih boja u matrici. To je dalje otvorilo put prema dubljem razumijevanju kako ispitanici percipiraju i interpretiraju boje u odnosu na njihove susjedne boje, što je bilo ključno za testiranje hipoteza ovog istraživanja.

Ova operacija zahtijevala je razvoj Python koda, koji je trebao biti u stanju precizno navigirati kroz matricu, identificirati sve parove boja po retcima i zapisati te parove na organiziran i sistematičan način za daljnju analizu. Tako je nastao još jedan sloj složenosti unutar ovog istraživanja, ali i još jedan sloj dubinskog razumijevanja boja i njihovih međusobnih odnosa, kako su ih organizirali ispitanici.

```
def find_color_pairs(matrix):  
  
    color_pairs = []  
  
    for row in matrix:  
  
        for i in range(len(row)-1):  
  
            pair = (row[i], row[i+1])  
  
            color_pairs.append(pair)  
  
    return color_pairs  
  
pairs = find_color_pairs(matrix)
```

```
for pair in pairs:
```

```
    print(pair)
```

3.2.4 Trojke boja

Uz analizu parova boja, provedena je i analiza trojki boja unutar istog retka svake matrice. Ovaj postupak predstavljao je daljnje proširenje kompleksnosti analize, budući da je uključivao ne samo uzastopne parove, nego i uzastopne trojke boja.

Kao i kod parova boja, definicija 'trojke boja' bila je vrlo specifična. Trojka se sastojala od tri uzastopne boje unutar istog retka matrice, bez obzira na vertikalne veze. Postupak izvlačenja trojki sličan je onom za parove boja, ali se umjesto dva uzastopna elementa u retku gledala tri uzastopna elementa.

Konkretno, svaki redak matrice pregledavan je kako bi se identificirale sve moguće trojke boja. Proces je započinjao prvom, drugom i trećom bojom u retku, a zatim se nastavljao s drugom, trećom i četvrtom bojom, sve dok nisu bile analizirane sve moguće trojke unutar retka. Ovaj postupak ponavljao se za svaki redak u matrici.

Ova analiza trojki omogućila je još dublje razumijevanje percepcije i interpretacije boja među ispitanicima. Trojke boja pružale su dodatnu dimenziju za razumijevanje kako ispitanici percipiraju i interpretiraju boje u kontekstu dvije susjedne boje, umjesto samo jedne. To je otvorilo mogućnosti za analizu kompleksnijih odnosa i uzoraka boja, što je pružilo dodatnu vrijednost za ovaj istraživački pothvat.

```
def find_color_triplets(matrix):
```

```
    color_triplets = []
```

```
    for i in range(len(matrix)):
```

```
        for j in range(len(matrix[i])-2):
```

```
            triplet = (matrix[i][j], matrix[i][j+1], matrix[i][j+2])
```

```

        color_triplets.append(triplet)

return color_triplets

# Primjer matrice dimenzija 4x6

matrix = [

    ['#FF0000', '#00FF00', '#0000FF', '#FFFF00', '#FF00FF', '#00FFFF'],

    ['#FF8000', '#008000', '#000080', '#808000', '#800080', '#008080'],

    ['#FFC0C0', '#C0FFC0', '#C0C0FF', '#FFC0FF', '#FFC0FF', '#C0FFFF'],

    ['#FFA500', '#00FF00', '#000080', '#808000', '#800080', '#008080']

]

triplets = find_color_triplets(matrix)

for triplet in triplets:

    print(triplet)

```

3.2.5 Četvorke boja

Nastavljajući na analizu parova i trojki boja, istraživački projekt proširen je na ispitivanje četvorki boja. Ovaj proces predstavljao je dodatno proširenje složenosti analize i otvorio je put ka dubljem razumijevanju percepcije i interpretacije boja od strane ispitanika. Četvorke boja predstavljaju četiri uzastopne boje unutar istog retka matrice, čime se analiza istraživanja proširila na veće sekvence boja.

Svaki redak matrice pregledan je kako bi se identificirale sve moguće četvorke boja. Proces je započinjao prve četiri boje u retku, a zatim se nastavljao s drugom, trećom, četvrtom i petom

bojom, sve dok nisu bile analizirane sve moguće četvorke unutar retka. Ovaj postupak se ponavljao za svaki redak u matrici.

Ova analiza četvorki omogućila je još složenije i detaljnije razumijevanje percepcije i interpretacije boja. S obzirom na veću sekvenca boja, ovaj pristup pružio je bolji uvid u kako ispitanici percipiraju i interpretiraju boje u kontekstu tri susjedne boje, a ne samo jedne ili dvije.

S ovim proširenim kontekstom, moglo se izvoditi sofisticirane analize uzoraka i relacija boja. Pregled četvorki boja omogućio je identifikaciju mogućih uzoraka ili tendencija u odnosu na raspored boja unutar svake četvorke. Uz to, omogućena je analiza odnosa između boja unutar četvorke i mogućeg utjecaja ovih odnosa na percepciju i interpretaciju boja od strane ispitanika.

Da bi se ovaj proces izvukao iz matrice podataka, razvijen je prilagođeni Python kod. Ovaj kod bio je sposoban navigirati kroz svaku matricu, identificirati sve četvorke boja i zabilježiti te četvorke na sistematičan način za daljnju analizu. Kroz ovo, istraživači su dobili još jedan ključni alat za duboko istraživanje i razumijevanje hipoteza koje su definirali u svom projektu.

```
def find_color_quadruplets(matrix):

    color_quadruplets = []

    for i in range(len(matrix)):

        for j in range(len(matrix[i])-3):

            quadruplet = (matrix[i][j], matrix[i][j+1], matrix[i][j+2], matrix[i][j+3])

            color_quadruplets.append(quadruplet)

    return color_quadruplets

# Primjer matrice dimenzija 4x6

matrix = [

    ['#FF0000', '#00FF00', '#0000FF', '#FFFF00', '#FF00FF', '#00FFFF'],
```



```
['#FF8000', '#008000', '#000080', '#808000', '#800080', '#008080'],  
  
['#FFC0C0', '#C0FFC0', '#C0C0FF', '#FFFFFF', '#FFC0FF', '#C0FFFF'],  
  
['#FFA500', '#00FF00', '#000080', '#808000', '#800080', '#008080']  
  
]
```

```
quadruplets = find_color_quadruplets(matrix)
```

```
for quadruplet in quadruplets:
```

```
    print(quadruplet)
```

3.2.6 Četvorke boja u obliku 2x2:

Posljednja faza obrade i izvlačenja podataka iz istraživanja ponovno se fokusirala na četvorke boja. Ovaj puta, analiza je postala još detaljnija s ciljem izvlačenja manjih 2x2 matrica iz velike izvorne matrice za svakog ispitanika.

Princip ovog postupka bio je sljedeći: za svaku veliku matricu heksadecimalnih boja generiranu od strane ispitanika, analizirani su svi mogući 2x2 podsegmenti. Ove manje matrice sastojale su se od četiri susjedne boje u formatu 2x2, što je omogućilo razmatranje veza između boja u bližem i koncentriranijem kontekstu.

Specifičnost ovog pristupa leži u činjenici da se ove manje matrice ne formiraju samo horizontalno (kao što je to bio slučaj s četvorkama boja u prethodnoj fazi), već i vertikalno. Drugim riječima, ove 2x2 matrice uključivale su boje koje su bile povezane ne samo unutar istog retka, već i kroz dva uzastopna retka.

Ovaj dodatni sloj analize omogućio je promatranje interakcija između boja ne samo na horizontalnoj osi, već i na vertikalnoj. To je pružilo mogućnost dubljeg uvida u to kako ispitanici percipiraju i interpretiraju boje ne samo u kontekstu boja koje se nalaze odmah do njih na istoj horizontalnoj liniji, već i u kontekstu boja koje se nalaze izravno iznad ili ispod njih.

Python kod za izvlačenje ovih 2x2 matrica iz velikih matrica bio je pažljivo osmišljen. Svaka velika matrica detaljno je pregledana kako bi se identificirale sve moguće 2x2 matrice unutar nje. Sve identificirane 2x2 matrice potom su bile zabilježene za daljnju analizu.

```
def find_color_quadruplets(matrix):

    color_quadruplets = []

    for i in range(len(matrix)-1):

        for j in range(len(matrix[i])-1):

            quadruplet = [

                [matrix[i][j], matrix[i][j+1]],

                [matrix[i+1][j], matrix[i+1][j+1]]

            ]

            color_quadruplets.append(quadruplet)

    return color_quadruplets

# Primjer matrice dimenzija 4x6

matrix = [

    ['#FF0000', '#00FF00', '#0000FF', '#FFFF00', '#FF00FF', '#00FFFF'],

    ['#FF8000', '#008000', '#000080', '#808000', '#800080', '#008080'],

    ['#FFC0C0', '#C0FFC0', '#C0C0FF', '#FFC0FF', '#FFC0FF', '#C0FFFF'],

    ['#FFA500', '#00FF00', '#000080', '#808000', '#800080', '#008080']

]
```

```
quadruplets = find_color_quadruplets(matrix)
```

```
for quadruplet in quadruplets:
```

```
    for row in quadruplet:
```

```
        print(row)
```

```
    print()
```

3.2.7 Uspoređivanje svih ispitanika:

Po završetku obrade i izvlačenja podataka, pristupilo se detaljnoj analizi i usporedbi rezultata između sudionika. Ključni korak u ovom postupku bio je usporedba generiranih lista za svakog sudionika, koje su sadržavale sve parove, trojke, četvorke te 2x2 četvorke boja. Cilj ove faze bio je kvantificirati sličnosti i razlike u percepciji i interpretaciji boja među sudionicima.

Konkretno, proces usporedbe sastojao se od brojanja preklapanja između listi dvoje sudionika. Za svaki par sudionika, liste boja uspoređene su kako bi se utvrdilo koliko se parova, trojki, četvorki i 2x2 četvorki boja poklapalo. Ova metoda omogućila je pružanje kvantitativne mjere sličnosti u izboru i rasporedu boja između sudionika.

Ova analiza bila je ključna za razumijevanje odnosa između sudionika i njihovog odnosa prema bojama. Kroz kvantificiranje preklapanja, bilo je moguće identificirati tendencije, obrasce i moguće veze između sudionika u njihovom izboru i rasporedu boja.

Ovo je pružilo dublje razumijevanje utjecaja individualnih karakteristika sudionika na njihove percepcije i interpretacije boja. Kroz ovu analizu, moguće je bilo uočiti postoje li specifične grupe sudionika koji slijede slične obrasce u svom odabiru boja, te ukoliko postoje, razumjeti koje su to skupine i što ih povezuje.

Nadalje, kvantitativna priroda ove analize omogućila je statističko testiranje hipoteza, pružajući tako solidnu osnovu za daljnje zaključke. Ovo je bio ključni korak u potvrđivanju ili opovrgavanju hipoteza definiranih na početku istraživanja.

U konačnici, ova usporedba i analiza omogućile su detaljnije razumijevanje načina na koji su različiti sudionici percipirali i interpretirali boje, pružajući ključne uvide za interpretaciju rezultata istraživanja.

```
from itertools import combinations

from collections import Counter

# Funkcija za formiranje klastera na temelju kriterija
def form_clusters(data):

    clusters = {}

    for item in data:

        current_location = item['current_location']

        childhood_location = item['childhood_location']

        environment = item['environment']

        key = (current_location, childhood_location, environment)

        if key in clusters:

            clusters[key].append(item)

        else:

            clusters[key] = [item]

    return clusters
```

```

# Funkcija za izračunavanje broja istovjetnih kombinacija boja

def count_identical_color_combinations(data):

    color_combinations = []

    for item in data:

        color_combinations.extend(item['color_combinations'])

    combinations_2 = list(combinations(color_combinations, 2))

    combinations_3 = list(combinations(color_combinations, 3))

    combinations_4 = list(combinations(color_combinations, 4))

    count_2 = Counter(combinations_2)

    count_3 = Counter(combinations_3)

    count_4 = Counter(combinations_4)

    return count_2, count_3, count_4

# Funkcija za izračunavanje broja istovjetnih četvorki koje nisu u nizu

def count_identical_nonsequential_quadruplets(data):

    color_combinations = []

    for item in data:

        color_combinations.extend(item['color_combinations'])

```

```

count = Counter()

for combination in color_combinations:

    for i in range(len(combination)):

        for j in range(i+1, len(combination)):

            quadruplet = (combination[i], combination[j])

            count[quadruplet] += 1

return count

```

Primjer baze podataka s podacima ispitanika

```

database = [

    {

        'current_location': 'Regija A',

        'childhood_location': 'Regija B',

        'environment': 'Urbano',

        'color_combinations': [['#FF0000', '#00FF00'], ['#0000FF', '#FFFF00']]

    },

    {

        'current_location': 'Regija A',

        'childhood_location': 'Regija C',

        'environment': 'Ruralno',

```

```

        'color_combinations': [['#FF8000', '#008000'], ['#000080', '#808000']]
    },
    # Dodajte ostale podatke ispitanika...
]

# Formiranje klastera na temelju kriterija

clusters = form_clusters(database)

# Usporedba svakog ispitanika u klasteru i izračunavanje broja istovjetnih kombinacija boja

for cluster_key, cluster_data in clusters.items():

    print("Klaster:", cluster_key)

    count_2, count_3, count_4 = count_identical_color_combinations(cluster_data)

    print("Broj istovjetnih parova boja:")

    print(count_2)

    print("Broj istovjetnih trojki boja:")

    print(count_3)

    print("Broj istovjetnih četvorki boja:")

    print(count_4)

    # Dodatak za izračunavanje broja istovjetnih četvorki koje nisu u nizu

    nonsequential_quadruplets_count =
count_identical_nonsequential_quadruplets(cluster_data)

    print("Broj istovjetnih četvorki koje nisu u nizu:")

```

```
print(nonsequential_quadruplets_count)
```

```
print("----")
```

Prikupljanje informacija o mjestu prebivališta sudionika, sredini u kojoj žive - bilo da je riječ o urbanom ili ruralnom području - te o mjestu boravka u ranom djetinjstvu, od 7. do 11. godine života, predstavljalo je temeljnu osnovu za postavljanje hipoteza o tome kako percepcija boja može biti oblikovana različitim aspektima života sudionika.

Mjesto prebivališta sudionika donijelo je važne uvide u vezi s regionalnom pripadnosti svake osobe. Ova informacija pokazala se ključnom za analizu, s obzirom na to da regionalni identitet može oblikovati individualnu percepciju svijeta, uključujući i percepciju boja. Naime, svaka regija ima svoju jedinstvenu kombinaciju kulturnih, prirodnih i socijalnih čimbenika. Ovi čimbenici mogu se manifestirati u regionalnim razlikama u percepciji boja, preferencijama i asocijacijama. Stoga, mogućnost povezivanja rezultata istraživanja s regionalnim podrijetlom sudionika pružila je vrijedne informacije o mogućim regionalnim obrascima u percepciji boja.

Uz to, informacija o tome da li sudionik živi u urbanom ili ruralnom okruženju dodatno je proširila spektar mogućih interpretacija rezultata. Svako okruženje, bilo urbano ili ruralno, pruža jedinstveni skup boja, oblika i struktura na koje se ljudi redovito izlažu. Ova izloženost može oblikovati vizualne preferencije i percepciju boja. Na primjer, urbana okruženja mogu pružiti širi spektar umjetnih i industrijskih boja, dok ruralna okruženja možda nude više prirodnih tonova. Razumijevanje ovog aspekta moglo je dati dodatne uvide u to kako sredina oblikuje percepciju boja.

Posljednji element, mjesto boravka u dobi od 7. do 11. godine, pokazao se osobito važnim. Smatra se da je to doba u životu ključno za razvoj vizualnog sustava i formiranje dugoročnih vizualnih preferencija. U tom razdoblju, djeca se prilagođavaju vizualnom svijetu koji ih okružuje, stvarajući trajne asocijacije i preferencije. Podaci o ovom aspektu sudionikovog života pružili su dragocjeni kontekst za razumijevanje kako su se formirale njihove individualne percepcije boja.

Sveukupno, kombinacija ovih informacija pružila je bogatu osnovu za detaljnu analizu kako individualni, kulturni i okolišni faktori oblikuju percepciju boja. Kroz analizu podataka vezanih

uz mjesto prebivališta, urbanu ili ruralnu sredinu i mjesto boravka u ranom djetinjstvu, može se razumjeti kako se ovi čimbenici odražavaju na vizualne preferencije i percepciju boja.

Na temelju podataka o mjestu prebivališta, identificirane su regionalne razlike u percepciji boja. Različite regije imaju svoje specifičnosti, poput kulturnih tradicija, prirodnih karakteristika ili socijalnih normi, koje mogu utjecati na preferencije boja i asocijacije. Ovi podaci omogućili su na bolje razumijevanje kako se regionalni identiteti odražavaju u perceptivnom svijetu sudionika istraživanja.

Analiza informacija o urbanim i ruralnim sredinama pružila je uvid u razlike u percepciji boja ovisno o okruženju u kojem pojedinac živi. Urbanim sredinama često su karakteristične raznolike umjetne boje i grafički elementi, dok su ruralne sredine obilježene prirodnim tonovima i krajolikom. Ovi konteksti mogu utjecati na preferencije boja i percepciju okoline, što je istraženo kroz analizu podataka.

Mjesto boravka u ranom djetinjstvu, posebno u dobi od 7. do 11. godine, ima ključnu ulogu u oblikovanju vizualnih preferencija. U tom razdoblju, djeca su izložena raznim vizualnim podražajima koji će oblikovati njihovu percepciju boja i stvoriti dugotrajne asocijacije. Analiza ovih podataka omogućila je uvid u to kako rane životne dobi mogu imati dugoročne učinke na percepciju boja kod sudionika istraživanja.

Kombiniranjem ovih različitih informacija, moguće je dublje razumjeti interakciju između individualnih karakteristika, kulturnih utjecaja i okolišnih čimbenika te njihovu ulogu u oblikovanju percepcije boja. Analiza podataka omogućila je donošenje zaključaka o tome kako ovi čimbenici međusobno djeluju i kako doprinose individualnoj raznolikosti u percipiranju boja.

U zaključku, kombinacija podataka o mjestu prebivališta, vrsti sredine i mjestu boravka u ranom djetinjstvu pružila nam je dublje razumijevanje percepcije boja, otvarajući vrata za daljnje istraživanje i pružajući temelj za razvoj relevantnih modela i teorija u području percepcije boja.

4. REZULTATI I RASPRAVA

S obzirom da se podaci statistički obrađuju korištenjem aritmetičke sredine i standardne devijacije potrebno je na početku definirati maksimalan mogući broj preklapanja u svakoj pojedinoj kategoriji. U nastavku rada bit će korišteni sljedeći podaci:

- maksimalan broj kombinacija parova boja je 20, trojki boja 16, četvorki u nizu 12 i četvorki u obliku 2x2 maksimalan broj preklapanja iznosi 15.

4.1 Parovi boja

Tablica 1: Usporedba regije 1 i regije 2 (parovi boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 1	8,7	2,76
Regija 2	7,9	3,0
Regije1-2	5,9	6,08

Kao što je vidljivo iz Tablice 1 aritmetička sredina broja identičnih parova boja odnosno poklapanja u regiji 1 iznosi 8,7 uz standardnu devijaciju 2,76, u regiji 2 aritmetička sredina iznosi 7,9 i standardna devijacija 3,0. Aritmetička sredina broja preklapanja između svih pripadnika regije 1 uspoređenih sa svim pripadnicima iz regije 2 iznosi 5,9 uz standardnu devijaciju od 6,08. Iz dobivenih rezultata je vidljivo da je broj preklapanja odnosno sličnost veću unutar svake regije pojedinačno nego kada se uspoređuju dvije regije. Usporedbom između regija dobije se veći varijabilitet broja preklapanja što upućuje na veću raznolikost i raspršenje podataka. Drugim riječima u ovom slučaju može se govoriti o manje homogenim podacima kada se uspoređuju regije nego kada se gleda svaka regija pojedinačno unutar sebe.

Tablica 2: Usporedba regije 1 i regije 3 (parovi boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 1	8,7	2,76
Regija 3	7,6	2,76
Regije1-3	5,4	5,98

Iz Tablice 2 je moguće zaključiti da aritmetička sredina broja identičnih parova boja u regiji 1 iznosi 8,7, dok je standardna devijacija 2,76. U regiji 3, aritmetička sredina iznosi 7,6, a standardna devijacija 2,76. Kada usporedimo broj preklapanja između regije 1 i regije 3,

aritmetička sredina iznosi 5,4, dok je standardna devijacija 5,98. Ovi rezultati ukazuju na veću varijabilnost broja preklapanja kada se uspoređuju dvije regije, što sugerira veću raznolikost podataka između regija.

Tablica 3: Usporedba regije 1 i regije 4 (parovi boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 1	8,7	2,76
Regija 4	8,01	1,65
Regije1-4	5,0	6,01

Analiza Tablice 3 otkriva da je aritmetička sredina broja identičnih parova boja u regiji 1 8,7, s standardnom devijacijom od 2,76. U regiji 4, aritmetička sredina iznosi 8,01, dok je standardna devijacija 1,65. Kada se uspoređuje broj preklapanja između regije 1 i regije 4, aritmetička sredina je 5,0, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6,01. Ovi rezultati ukazuju na prisutnost veće varijabilnosti broja preklapanja kada se uspoređuju dvije regije, što ukazuje na raznolikost podataka između njih.

Tablica 4: Usporedba regije 1 i regije 5 (parovi boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 1	8,7	2,76
Regija 5	7,9	2,6
Regije1-5	4,1	5,99

Prikazane vrijednosti u Tablici 4 otkrivaju da je aritmetička sredina broja identičnih parova boja u regiji 1 8,7, sa standardnom devijacijom od 2,76. U regiji 5, aritmetička sredina iznosi 7,9, dok je standardna devijacija 2,6. Kada se analizira broj preklapanja između regije 1 i regije 5, aritmetička sredina je 4,1, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 5,99. Ovi rezultati ukazuju na razliku u varijabilnosti broja preklapanja kada se uspoređuju dvije regije, što implicira postojanje raznolikosti i raspršenosti podataka između njih.

Tablica 5: Usporedba regije 2 i regije 3 (parovi boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 2	7,9	3,0
Regija 3	7,6	2,76
Regije2-3	5,01	5,5

Iz rezultata prikazanih u Tablici 5 razvidno je da je aritmetička sredina broja identičnih parova boja u regiji 2 7,9, sa standardnom devijacijom od 3,0. U regiji 3, aritmetička sredina iznosi 7,6, dok je standardna devijacija 2,76. Kada se uspoređi broj preklapanja između regije 2 i regije 3, aritmetička sredina iznosi 5,01, a standardna devijacija je relativno visoka – 5,5. Ovi rezultati sugeriraju veću varijabilnost i raspršenost broja preklapanja kada se uspoređuju dvije regije, što upućuje na raznolikost i heterogenost podataka između njih.

Tablica 6: Usporedba regije 2 i regije 4 (parovi boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 2	7,9	3,0
Regija 4	8,01	1,65
Regije 2-4	4,7	6,0

Na temelju Tablice 6, može se primijetiti da je aritmetička sredina broja identičnih parova boja u regiji 2 7,9, sa standardnom devijacijom od 3,0. U regiji 4, aritmetička sredina iznosi 8,01, dok je standardna devijacija 1,65. Kada se promatra broj preklapanja između regije 2 i regije 4, aritmetička sredina iznosi 4,7, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6,0. Ovi rezultati jasno pokazuju da postoji veća varijabilnost i raspršenost broja preklapanja kada se uspoređuju dvije regije, što sugerira raznolikost i heterogenost podataka između njih.

Tablica 7: Usporedba regije 2 i regije 5 (parovi boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 2	7,9	3,0
Regija 5	7,9	2,6
Regije 2-5	4,9	6,01

Iz Tablice 7 može se zaključiti da aritmetička sredina broja identičnih parova boja u regiji 2 iznosi 7,9, uz standardnu devijaciju od 3,0. U regiji 5, aritmetička sredina je 7,9, dok je standardna devijacija 2,6. Kada se uspoređi broj preklapanja između regije 2 i regije 5, aritmetička sredina je 4,9, a standardna devijacija je 6,01. Ti rezultati ukazuju na veću varijabilnost broja preklapanja pri usporedbi dviju regija, što implicira veću raznolikost i raspršenost podataka.

Tablica 8: Usporedba regije 3 i regije 4 (parovi boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 3	7,6	2,76
Regija 4	8,01	1,65
Regije3-4	5	6,99

Analizom Tablice 8 može se primijetiti da je aritmetička sredina broja identičnih parova boja u regiji 3 7,6, uz standardnu devijaciju od 2,76. U regiji 4, aritmetička sredina iznosi 8,01, dok je standardna devijacija 1,65. Kada se usporede brojevi preklapanja između regije 3 i regije 4, može se primijetiti da je aritmetička sredina 5,0, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6,99. Ovi rezultati ukazuju na prisutnost veće varijabilnosti broja preklapanja kada se dvije regije uspoređuju, što upućuje na raznolikost podataka između njih.

Tablica 9: Usporedba regije 3 i regije 5 (parovi boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 3	7,6	2,76
Regija 5	7,9	2,6
Regije3-5	4,3	5,69

Tablica 9 pruža podatke o aritmetičkoj sredini broja identičnih parova boja u regiji 3 (7,6) i regiji 5 (7,9), uz njihove odgovarajuće standardne devijacije (2,76 i 2,6). Uspoređujući broj preklapanja između regija 3 i 5, primjećuje se aritmetička sredinu od 4,3, ali i relativno visoku standardnu devijaciju od 5,69. Ti rezultati ukazuju na veću varijabilnost broja preklapanja kada se dvije regije uspoređuju, što implicira raznolikost podataka između njih.

Tablica 10: Usporedba regije 4 i regije 5 (parovi boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 4	8,01	1,65
Regija 5	7,9	2,6
Regije4-5	4,2	6

Prema Tablici 10, aritmetička sredina broja identičnih parova boja u regiji 4 iznosi 8,01, uz standardnu devijaciju od 1,65. U regiji 5, aritmetička sredina je 7,9, dok je standardna devijacija 2,6. Kada se usporede brojevi preklapanja između regije 4 i regije 5, primjećuje se aritmetička sredina od 4,2, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6,0. Ovi rezultati ukazuju na veću

varijabilnost broja preklapanja prilikom usporedbe dvije regije, što sugerira prisutnost raznolikosti podataka između njih.

Kako bi se omogućila točnost prikupljenih podataka i ispravnost analize bilo je potrebno voditi računa i o mogućnosti razlikovanja između regija što je i jedna od hipoteza ovog rada. Stoga je za potrebe utvrđivanja razlikovanja između ruralnog i urbanog stanovništva odnosno sudionika istraživanja s tim karakteristikama provedeno klasteriranje podataka i sudionici su organizirani prema regijama. Tada se pristupilo analizi podataka unutar svake regije razdvajajući sudionike na one koji pripadaju urbanoj i one koji pripadaju ruralnoj populaciji.

Tablica 11: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 1 (parovi boja)

Regija 1	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Urbano 1	10,1	1,15
Ruralno 1	9,2	2,29
Urbano1 – Ruralno 1	4,4	5,68

Tablica 11 pruža informacije o aritmetičkoj sredini i standardnoj devijaciji broja identičnih parova boja kod urbane populacije u regiji 1 (10,1, 1,15) i ruralne populacije u regiji 1 (9,2, 2,29). Uspoređujući broj preklapanja između tih dviju populacija odnosno sudionika s tim karakteristikama, može se primijetiti aritmetička sredina od 4,4, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 5,68. Iz ovih rezultata proizlazi veća varijabilnost broja preklapanja pri usporedbi urbane i ruralne populacije u regiji 1, što ukazuje na prisutnost raznolikosti podataka između njih. Dok je homogenost podataka veća unutar urbane i ruralne populacije pojedinačno.

Tablica 12: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 2 (parovi boja)

Regija 2	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Urbano 2	8,9	1,92
Ruralno 2	9,3	2,04
Urbano2 – Ruralno2	3,9	5,02

Na temelju Tablice 12, primjećuje se da aritmetička sredina broja identičnih parova boja u urbanoj populaciji regije 2 iznosi 8,9, sa standardnom devijacijom od 1,92, dok je u ruralnoj populaciji ta aritmetička sredina 9,3, uz standardnu devijaciju od 2,04. Kada se usporedi broj preklapanja između tih dviju populacija, može se primijetiti aritmetička sredina od 3,9, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 5,02. Iz ovih rezultata proizlazi veća varijabilnost

broja preklapanja prilikom usporedbe urbanih i ruralnih populacija u regiji 2, što ukazuje na prisutnost raznolikosti podataka između njih, dok se unutar podskupina pojedinačno primjećuje veća homogenost podataka.

Tablica 13: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 3 (parovi boja)

Regija 3	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Urbano 3	9,4	2,0
Ruralno 3	9,0	1,98
Urbano3 – Ruralno3	4,01	6,23

Tablica 13 pruža podatke o aritmetičkoj sredini i standardnoj devijaciji broja identičnih parova boja u urbanoj populaciji regije 3 (9,4, 2,0) te ruralnoj populaciji iste regije (9,0, 1,98). Uspoređujući broj preklapanja između tih dviju populacija, uočava se aritmetička sredina od 4,01, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6,23. Rezultati sugeriraju veću varijabilnost broja preklapanja prilikom usporedbe urbanih i ruralnih populacija u regiji 1, što upućuje na prisutnost raznolikosti podataka između njih nego kada se promatra ista pojavnost unutar podskupina.

Tablica 14: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 4 (parovi boja)

Regija 4	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Urbano 4	10,8	2,5
Ruralno 4	11,1	2,6
Urbano4 – Ruralno4	5,2	4,87

Iz podataka u Tablici 14 može se zaključiti da je aritmetička sredina broja identičnih parova boja u urbanoj populaciji regije 4 10,8, uz standardnu devijaciju od 2,5, dok je u ruralnoj populaciji ta aritmetička sredina 11,1, sa standardnom devijacijom od 2,6. Kada se usporedi broj preklapanja između tih dviju populacija, primjećuje se aritmetička sredina od 5,2, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 4,87. Ovi rezultati ukazuju na veću varijabilnost broja preklapanja prilikom usporedbe urbanih i ruralnih populacija u regiji 1, što implicira prisutnost raznolikosti podataka između njih. Pri tome podaci unutar podskupina pokazuju veću homogenost.

Tablica 15: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 5 (parovi boja)

Regija 5	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Urbano 5	10,8	2,6
Ruralno 5	9,01	1,98
Urban5 – Ruralno5	4,2	5,5

Analiza Tablice 15 otkriva da je aritmetička sredina broja identičnih parova boja u urbanoj populaciji regije 5 10,8, uz standardnu devijaciju od 2,6, dok je u ruralnoj populaciji ta aritmetička sredina 9,01, sa standardnom devijacijom od 1,98. Uspoređujući broj preklapanja između tih dviju populacija, može se primijetiti aritmetička sredina od 4,2, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6,08. Iz ovih rezultata proizlazi veća varijabilnost broja preklapanja pri usporedbi urbanih i ruralnih populacija u regiji 5, što ukazuje na prisutnost raznolikosti podataka između njih, a pokazuje se da postoji i veća homogenost u podskupinama pojedinačno.

U sljedećoj je fazi potrebno analizirati i podatke koji se odnose na posljednju hipotezu odnosno pretpostavku da će prebivalište u kojem je sudionik istraživanja boravio između 7. i 11. godine života značajno utjecati na rezultate istraživanja. Kako bi bilo moguće provesti istraživanje bilo je potrebno napraviti nekoliko izmjena i prilagodbi te organiziranja podataka.

Također je radi opsežnosti analize i činjenice da je većina migracija u posljednjih 30 godina bila usmjerena prema doseljavanju u regiju 1 analiza je fokusirana na ovu regiju. Tako su sudionici istraživanja koji žive u regiji 1 i u njoj žive stavljeni u skupinu 1 i uspoređivani su s drugim skupinama koje su formirane od sudionika istraživanja koji žive u regiji 1 međutim period od 7. do 11. godine života su dominantno proveli u drugim regijama.

U smislu uređivanja podataka učinjeni su koraci formiranjem sljedećih skupina:

- Skupina 1 predstavlja pojedince koji su od 7. do 11. godine života živjeli u regiji 1 te i trenutno u njoj žive.
- Skupina 2 predstavlja pojedince koji su od 7. do 11. godine živjeli u regiji 2, a trenutno žive u regiji 1.
- Skupina 3 predstavlja pojedince koji su od 7. do 11. godine živjeli u regiji 3, a trenutno žive u regiji 1.

- Skupina 4 predstavlja pojedince koji su od 7. do 11. godine živjeli u regiji 4, a trenutno žive u regiji 1.
- Skupina 5 predstavlja pojedince koji su od 7. do 11. godine živjeli u regiji 5, a trenutno žive u regiji 1.

Tablica 16: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 2 (parovi boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Skupina 1	11	2,3
Skupina 2	10,5	2,1
Skupine 1-2	8,8	5,7

Kao što je vidljivo iz Tablice 16 aritmetička sredina broja identičnih parova boja odnosno poklapanja u skupini 1 iznosi 11 uz standardnu devijaciju 2,3, u skupini 2 aritmetička sredina iznosi 10,5 i standardna devijacija 2,1. Aritmetička sredina broja preklapanja između svih pripadnika skupine 1 uspoređenih sa svim pripadnicima iz skupine 2 iznosi 8,8 uz standardnu devijaciju od 5,7. Iz dobivenih rezultata je vidljivo da je broj preklapanja približno podjednak i u jednoj i u drugoj skupini kao i u slučaju preklapanja između tih dviju skupina. Dobiveni rezultati ukazuju da nema očekivanih velikih razlika te nije moguće potvrditi hipotezu o uočenim razlikama. Usporedbom dviju skupina došlo je isključivo do porasta varijabiliteta rezultata što je vidljivo iz podatka o standardnoj devijaciji.

Tablica 17: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 3 (parovi boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Skupina 1	11	2,3
Skupina 3	10,4	1,99
Skupine 1-3	8,9	5,64

Analizirajući Tablicu 17, primjećuje se da je aritmetička sredina broja identičnih parova boja u skupini 1 11, s standardnom devijacijom od 2,3, dok je u skupini 3 ta aritmetička sredina 10,4, uz standardnu devijaciju od 1,99. Kada se uspoređuje broj preklapanja između svih pripadnika skupine 1 i svih pripadnika skupine 2, aritmetička sredina iznosi 8,9, uz standardnu devijaciju od 5,64. Dobiveni rezultati ukazuju da je broj preklapanja približno jednak i u skupini 1 i u skupini 3, kao i kada se usporede te dvije skupine. Ovi rezultati sugeriraju da nema očekivanih velikih razlika te da nije moguće potvrditi hipotezu o uočenim razlikama. Usporedbom dviju

skupina primjećuje se samo porast varijabilnosti rezultata, što je vidljivo iz podatka o standardnoj devijaciji.

Tablica 18: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 4 (parovi boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Skupina 1	11	2,3
Skupina 4	11,2	2,2
Skupine 1-4	9,1	7,2

Tablica 18 pruža podatke o aritmetičkoj sredini i standardnoj devijaciji broja identičnih parova boja u skupini 1 (11, 2,3) i skupini 4 (11,2, 2,2). Kada se uspoređuje broj preklapanja između svih pripadnika skupine 1 i svih pripadnika skupine 4, moguće je primijetiti aritmetičku sredinu od 9,1, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 7,2. Iz dobivenih rezultata može se vidjeti da je broj preklapanja približno jednak i u skupini 1 i u skupini 4, kao i kada se usporede te dvije skupine. Nema očiglednih razlika koje bi potvrdile hipotezu o uočenim razlikama. Usporedbom dviju skupina primjećujemo samo porast varijabilnosti rezultata, što je vidljivo iz podatka o standardnoj devijaciji.

Tablica 19: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 5 (parovi boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Skupina 1	11	2,3
Skupina 5	9,9	2
Skupine 1-5	8,9	6,2

Prema Tablici 19, aritmetička sredina broja identičnih parova boja u skupini 1 iznosi 11, uz standardnu devijaciju od 2,3, dok je u skupini 5 ta aritmetička sredina 9,9, sa standardnom devijacijom od 2. Uspoređujući broj preklapanja između svih pripadnika skupine 1 i svih pripadnika skupine 5, primjećuje se aritmetička sredina od 8,8, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 5,7. Dobiveni rezultati upućuju na sličan broj preklapanja u obje skupine, kao i kada se te dvije skupine usporede. Nema jasnih razlika koje bi potvrdile hipotezu o uočenim razlikama. Usporedbom dviju skupina primjećuje se samo povećanje varijabilnosti rezultata, što je vidljivo iz podataka o standardnoj devijaciji.

4.2 Trojke boja

Tablica 20: Usporedba regije 1 i regije 2 (trojke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 1	4,8	2,1
Regija 2	4,8	2,1
Regije1-2	3,2	6,08

Kao što je vidljivo iz Tablice 20 aritmetička sredina broja identičnih trojki boja odnosno poklapanja u regiji 1 iznosi 4,8 uz standardnu devijaciju 2,1, u regiji 2 aritmetička sredina iznosi 4,8 i standardna devijacija 2,1. Aritmetička sredina broja preklapanja između svih pripadnika regije 1 uspoređenih sa svim pripadnicima iz regije 2 iznosi 3,2 uz standardnu devijaciju od 6,08. Iz dobivenih rezultata je vidljivo da je broj preklapanja odnosno sličnost veću unutar svake regije pojedinačno nego kada se uspoređuju dvije regije. Usporedbom između regija dobije se veći varijabilitet broja preklapanja što upućuje na veću raznolikost i raspršenje podataka. Drugim riječima u ovom slučaju može se govoriti o manje homogenim podacima kada se uspoređuju regije nego kada se gleda svaka regija pojedinačno.

Tablica 21: Usporedba regije 1 i regije 3 (trojke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 1	4,8	2,1
Regija 3	5,2	2,3
Regije1-3	3,1	5,6

Iz Tablice 21 je moguće zaključiti da aritmetička sredina broja identičnih trojki boja u regiji 1 iznosi 4,8, dok je standardna devijacija 2,1. U regiji 3, aritmetička sredina iznosi 5,2, a standardna devijacija 2,3. Kada se uspoređi broj preklapanja između regije 1 i regije 3, aritmetička sredina iznosi 3,1, dok je standardna devijacija 5,6. Ovi rezultati ukazuju na veću varijabilnost broja preklapanja kada se uspoređuju dvije regije, što sugerira veću raznolikost podataka između regija.

Tablica 22: Usporedba regije 1 i regije 4 (trojke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 1	4,8	2,1
Regija 4	4,2	1,5
Regije1-4	2,5	6,03

Analizirajući Tablicu 22, primjećuje se da je aritmetička sredina broja identičnih trojki boja u regiji 1 4,8, uz standardnu devijaciju od 2,1, dok je u regiji 4 ta aritmetička sredina 4,2, s standardnom devijacijom od 1,5. Kada se uspoređuje broj preklapanja između svih pripadnika regije 1 i svih pripadnika regije 4, aritmetička sredina iznosi 2,5, uz standardnu devijaciju od 6,03. Dobiveni rezultati ukazuju na veću varijabilnost broja preklapanja prilikom usporedbe dviju regija, što implicira veću raznolikost i raspršenje podataka. U ovom slučaju može se zaključiti da su podaci manje homogeni kada se uspoređuju regije, dok se unutar svake regije pojedinačno primjećuje veća sličnost.

Tablica 23: Usporedba regije 1 i regije 5 (trojke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 1	4,8	2,1
Regija 5	3,8	2,7
Regije1-5	2,1	5,99

Analiza rezultata iz Tablice 23 pokazuje da je aritmetička sredina broja identičnih parova boja u regiji 1 4,8, uz standardnu devijaciju od 2,1, dok je u regiji 5 ta aritmetička sredina 3,8, s standardnom devijacijom od 2,7. Kada se usporede brojevi preklapanja između svih pripadnika regije 1 i svih pripadnika regije 5, dobije se aritmetičku sredinu od 2,1, uz standardnu devijaciju od 5,99. Iz ovih rezultata može se zaključiti da je broj preklapanja, odnosno sličnost, veća unutar svake regije pojedinačno nego kada se uspoređuju dvije regije. Usporedbom između regija, primjećujemo veći varijabilitet broja preklapanja, što ukazuje na veću raznolikost i raspršenje podataka. Drugim riječima, u ovom slučaju može se reći da su podaci manje homogeni kada se uspoređuju regije, dok se svaka regija pojedinačno karakterizira većom sličnošću.

Tablica 24: Usporedba regije 2 i regije 3 (trojke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 2	4,8	2,1
Regija 3	5,1	2,3
Regije2-3	2,4	5,51

Prema Tablici 24, može se zaključiti da je aritmetička sredina broja identičnih trojki boja u regiji 2 4,8, uz standardnu devijaciju od 2,1, dok je u regiji 3 ta aritmetička sredina 5,1, s standardnom devijacijom od 2,3. Uspoređujući broj preklapanja između svih pripadnika regije 2 i svih pripadnika regije 3, može se primijetiti aritmetičku sredinu od 2,4, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 5,51. Dobiveni rezultati ukazuju na veću varijabilnost broja preklapanja prilikom usporedbe dviju regija, što implicira veću raznolikost i raspršenje podataka. Drugim riječima, može se zaključiti da su podaci manje homogeni kada se uspoređuju regije, dok se unutar svake regije pojedinačno primjećuje veća sličnost.

Tablica 25: Usporedba regije 2 i regije 4 (trojke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 2	4,8	2,1
Regija 4	4,2	1,5
Regije 2-4	3,0	6,2

Analizom Tablice 25 može se uočiti da je aritmetička sredina broja identičnih parova boja u regiji 2 4,8, uz standardnu devijaciju od 2,1, dok je u regiji 4 ta aritmetička sredina 4,2, s standardnom devijacijom od 1,5. Uspoređujući broj preklapanja između svih pripadnika regije 2 i svih pripadnika regije 4, dolazi se do aritmetičke sredine od 3,0, uz standardnu devijaciju od 6,2. Iz dobivenih rezultata jasno je da je broj preklapanja, odnosno sličnost, veća unutar svake regije pojedinačno nego kada se uspoređuju dvije regije. Kada se usporede regije, primjećuje se veći varijabilitet broja preklapanja, što ukazuje na veću raznolikost i raspršenje podataka. Drugim riječima, može se zaključiti da su podaci manje homogeni kada se uspoređuju regije, dok se unutar svake regije pojedinačno primjećuje veća sličnost.

Tablica 26: Usporedba regije 2 i regije 5 (trojke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 2	4,8	2,1
Regija 5	3,8	2,7
Regije2-5	3,0	6,6

Tablica 26 pruža informacije o aritmetičkoj sredini i standardnoj devijaciji broja identičnih parova boja u regiji 2 (4,8, 2,1) i regiji 5 (3,8, 2,7). Kada se usporede brojevi preklapanja između svih pripadnika regije 2 i svih pripadnika regije 5, primjećuje se aritmetička sredina od 3,0, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6,6. Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da je broj preklapanja, odnosno sličnost, veća unutar svake regije pojedinačno nego kada se uspoređuju dvije regije. Usporedbom između regija primjećuje se veći varijabilitet broja preklapanja, što upućuje na veću raznolikost i raspršenje podataka. U ovom slučaju, može se reći da su podaci manje homogeni kada se uspoređuju regije, dok se svaka regija pojedinačno karakterizira većom sličnošću.

Tablica 27: Usporedba regije 3 i regije 4 (trojke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 3	5,2	2,3
Regija 4	4,2	1,5
Regije3-4	3,1	6,99

Analiza Tablice 1 otkriva da je aritmetička sredina broja identičnih parova boja u regiji 3 5,2, uz standardnu devijaciju od 2,3, dok je u regiji 4 ta aritmetička sredina 4,2, sa standardnom devijacijom od 1,5. Kada se uspoređuje broj preklapanja između svih pripadnika regije 3 i svih pripadnika regije 4, dolazi se do aritmetičke sredine od 3,1, uz standardnu devijaciju od 6,99. Ovi rezultati ukazuju na veću varijabilnost broja preklapanja prilikom usporedbe dviju regija, što implicira veću raznolikost i raspršenje podataka. Drugim riječima, može se zaključiti da su podaci manje homogeni kada se uspoređuju regije, dok se unutar svake regije pojedinačno primjećuje veća sličnost.

Tablica 27: Usporedba regije 3 i regije 5 (trojke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 3	5,2	2,3
Regija 5	3,8	2,7
Regije3-5	3,3	5,69

Prema prikazanim podacima u Tablici 27, može se primijetiti da je aritmetička sredina broja identičnih parova boja u regiji 3 5,2, uz standardnu devijaciju od 2,3, dok je u regiji 5 ta aritmetička sredina 3,8, s standardnom devijacijom od 2,7. Kada se uspoređuje broj preklapanja između svih pripadnika regije 3 i svih pripadnika regije 5, dolazi se do aritmetičke sredine od 3,3, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 5,69. Na temelju tih rezultata može se zaključiti da postoji veća varijabilnost broja preklapanja pri usporedbi dviju regija, što upućuje na prisutnost veće raznolikosti i raspršenosti podataka. Drugim riječima, može se zaključiti da su podaci manje homogeni kada se uspoređuju regije, dok se unutar svake regije pojedinačno primjećuje veća sličnost.

Tablica 28: Usporedba regije 4 i regije 5 (trojke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 4	4,2	1,5
Regija 5	3,8	2,7
Regije4-5	3,2	6

Analizirajući prikazane rezultate u Tablici 28, primjećuje se da je aritmetička sredina broja identičnih parova boja u regiji 4 4,2, uz standardnu devijaciju od 1,5, dok je u regiji 5 ta aritmetička sredina 3,8, s standardnom devijacijom od 2,7. Uspoređujući broj preklapanja između svih pripadnika regije 4 i svih pripadnika regije 5, dobije se aritmetičku sredinu od 3,2, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6. Ovi rezultati ukazuju na veću varijabilnost broja preklapanja prilikom usporedbe dviju regija, što sugerira veću raznolikost i raspršenje podataka. Ukratko, može se zaključiti da su podaci manje homogeni prilikom usporedbe regija, dok se unutar svake regije pojedinačno primjećuje veća sličnost.

Da bi se osigurala točnost prikupljenih podataka i ispravnost analize, posebna pažnja je posvećena mogućnosti razlikovanja između ruralnih i urbanih regija, što je jedna od hipoteza istraživanja. Stoga je za potrebe ovog istraživanja provedeno klasteriranje podataka, pri čemu su sudionici organizirani prema svojoj pripadnosti regiji. Na taj način su podaci analizirani

unutar svake regije, s posebnim fokusom na razlikovanje između sudionika koji pripadaju urbanoj i ruralnoj populaciji.

Tablica 29: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 1 (trojke boja)

Regija 1	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Urbano 1	7,9	1,4
Ruralno 1	7,5	2,19
Urbano1 – Ruralno 1	3,0	5,4

Iz analize Tablice 29 vidljivo je da je aritmetička sredina broja identičnih trojki boja u urbanoj populaciji regije 1 7,9, uz standardnu devijaciju od 1,4, dok je u ruralnoj populaciji ta aritmetička sredina 7,5, s standardnom devijacijom od 2,19. Uspoređujući broj preklapanja između tih dviju populacija, primjećuje se aritmetička sredina od 3,0, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 5,4. Iz dobivenih rezultata proizlazi veća varijabilnost broja preklapanja prilikom usporedbe urbanih i ruralnih populacija u regiji 1, što ukazuje na prisutnost raznolikosti podataka između njih, dok se unutar svake podskupine pojedinačno primjećuje veća homogenost podataka.

Tablica 30: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 2 (trojke boja)

Regija 2	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Urbano 2	6,7	1,92
Ruralno 2	7,1	2,04
Urbano2 – Ruralno2	3,9	5,02

Na temelju prikazane Tablice 30, uočava se da je aritmetička sredina broja identičnih parova boja u urbanoj populaciji regije 2 6,7, s standardnom devijacijom od 1,92, dok je u ruralnoj populaciji ta aritmetička sredina 7,1, uz standardnu devijaciju od 2,04. Kada se usporede brojevi preklapanja između tih dviju populacija, primjećuje se aritmetička sredina od 3,9, s relativno visokom standardnom devijacijom od 5,02. Iz tih rezultata proizlazi veća varijabilnost broja preklapanja pri usporedbi urbanih i ruralnih populacija u regiji 2, što upućuje na prisutnost raznolikosti podataka između njih, dok se unutar svake pojedinačne podskupine primjećuje veća homogenost podataka.

Tablica 31: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 3 (trojke boja)

Regija 3	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Urbano 3	8,0	2,5
Ruralno 3	7,2	1,7
Urbano3 – Ruralno3	3,6	6,5

Prema Tablici 31, može se primijetiti da je aritmetička sredina broja identičnih trojki boja u urbanoj populaciji regije 3 8,0, uz standardnu devijaciju od 2,5, dok je u ruralnoj populaciji ta aritmetička sredina 7,2, s standardnom devijacijom od 1,7. Uspoređujući broj preklapanja između tih dviju populacija, primjećuje se aritmetička sredina od 3,6, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6,5. Ti rezultati ukazuju na veću varijabilnost broja preklapanja prilikom usporedbe urbanih i ruralnih populacija u regiji 3, što implicira prisutnost raznolikosti podataka između njih, dok se unutar svake podskupine pojedinačno primjećuje veća homogenost podataka.

Tablica 32: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 4 (trojke boja)

Regija 4	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Urbano 4	7,2	2,3
Ruralno 4	6,9	2,5
Urbano4 – Ruralno4	3,1	4,87

Iz analize Tablice 32 proizlazi da je aritmetička sredina broja identičnih parova boja u urbanoj populaciji regije 4 7,2, uz standardnu devijaciju od 2,3, dok je u ruralnoj populaciji ta aritmetička sredina 6,9, s standardnom devijacijom od 2,5. Uspoređujući broj preklapanja između tih dviju populacija, dolazi se do aritmetičke sredine od 3,1, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 4,87. Ti rezultati ukazuju na veću varijabilnost broja preklapanja prilikom usporedbe urbanih i ruralnih populacija u regiji 2, što implicira prisutnost raznolikosti podataka između njih, dok se unutar svake podskupine pojedinačno primjećuje veća homogenost podataka.

Tablica 33: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 5 (trojke boja)

Regija 5	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Urbano 5	8,1	2,2
Ruralno 5	7,9	1,7
Urban5 – Ruralno5	3,1	5,6

Prema prikazanim podacima u Tablici 33, može se primijetiti da je aritmetička sredina broja identičnih parova boja u urbanoj populaciji regije 5 8,1, sa standardnom devijacijom od 2,2, dok je u ruralnoj populaciji ta aritmetička sredina 7,9, uz standardnu devijaciju od 1,7. Uspoređujući broj preklapanja između tih dviju populacija, dolazim se do aritmetičke sredine od 3,1, s relativno visokom standardnom devijacijom od 5,6. Iz tih rezultata proizlazi veća varijabilnost broja preklapanja prilikom usporedbe urbanih i ruralnih populacija u regiji 5, što ukazuje na prisutnost raznolikosti podataka između njih, dok se unutar svake podskupine pojedinačno primjećuje veća homogenost podataka.

Radi opsežnosti analize i činjenice da je većina migracija u posljednjih 30 godina bila usmjerena prema doseljavanju u regiju 1 analiza ponovno je kao i u prošloj fazi s parovima boja fokusirana na ovu regiju.

- Skupina 1 predstavlja pojedince koji su od 7. do 11. godine života živjeli u regiji 1 te i trenutno u njoj žive.
- Skupina 2 predstavlja pojedince koji su od 7. do 11. godine živjeli u regiji 2, a trenutno žive u regiji 1.
- Skupina 3 predstavlja pojedince koji su od 7. do 11. godine živjeli u regiji 3, a trenutno žive u regiji 1.
- Skupina 4 predstavlja pojedince koji su od 7. do 11. godine živjeli u regiji 4, a trenutno žive u regiji 1.
- Skupina 5 predstavlja pojedince koji su od 7. do 11. godine živjeli u regiji 5, a trenutno žive u regiji 1.

Tablica 34: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 2 (trojke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Skupina 1	8,1	2,1
Skupina 2	8,0	2,5
Skupine 1-2	7,0	5,9

Na temelju prikazane Tablice 34, primjećuje se da je aritmetička sredina broja identičnih parova boja u skupini 1 8,1, uz standardnu devijaciju od 2,1, dok je u skupini 2 ta aritmetička sredina 8,0, uz standardnu devijaciju od 2,5. Kada se uspoređuje broj preklapanja između svih

pripadnika skupine 1 i svih pripadnika skupine 4, dolazi se do aritmetičke sredine od 7,0, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 5,9. Iz dobivenih rezultata vidljivo je da je broj preklapanja otprilike jednak u skupini 1 i skupini 2, kao i kada se usporede te dvije skupine. Nema očiglednih razlika koje bi potvrdile hipotezu o uočenim razlikama. Usporedbom dviju skupina primjećuje se samo porast varijabilnosti rezultata, što je vidljivo iz podatka o standardnoj devijaciji.

Tablica 34: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 3 (trojke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Skupina 1	8,1	2,1
Skupina 3	9,0	1,7
Skupine 1-3	6,1	5,8

Prema Tablici 34, moguće je zaključiti da je aritmetička sredina broja identičnih trojki boja u skupini 1 8,1, uz standardnu devijaciju od 2,1, dok je u skupini 3 ta aritmetička sredina 9,0, uz standardnu devijaciju od 1,7. Uspoređujući broj preklapanja između svih pripadnika skupine 1 i svih pripadnika skupine e, dobije se aritmetičku sredinu od 6,1, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 5,8. Iz dobivenih rezultata jasno je da je broj preklapanja približno jednak i u skupini 1 i u skupini 3, kao i kada se usporede te dvije skupine. Nema očiglednih razlika koje bi potvrdile hipotezu o uočenim razlikama. Usporedbom dviju skupina primjećuje se samo porast varijabilnosti rezultata, što je vidljivo iz podatka o standardnoj devijaciji.

Tablica 35: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 4 (trojke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Skupina 1	8,1	2,1
Skupina 4	9,0	2,0
Skupine 1-4	5,9	6,62

Analizom Tablice 35, vidljivo je da je aritmetička sredina broja identičnih trojki boja u skupini 1 8,1, uz standardnu devijaciju od 2,1, dok je u skupini 4 ta aritmetička sredina 9,0, uz standardnu devijaciju od 2,0. Uspoređujući broj preklapanja između svih pripadnika skupine 1 i svih pripadnika skupine 4, dolazi se do aritmetičke sredine od 5,9, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6,62. Iz dobivenih rezultata može se primijetiti da je broj preklapanja približno jednak i u skupini 1 i u skupini 4, kao i kada se usporede te dvije skupine. Nema očiglednih razlika koje bi potvrdile hipotezu o uočenim razlikama. Usporedbom dviju skupina

primjećuje se samo porast varijabilnosti rezultata, što je vidljivo iz podatka o standardnoj devijaciji.

Tablica 36: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 5 (trojke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Skupina 1	8,1	2,1
Skupina 5	8,0	2,1
Skupine 1-5	5,8	6,5

Na temelju prikazanih rezultata u Tablici 36, može se primijetiti da je aritmetička sredina broja identičnih trojki boja u skupini 1 8,1, uz standardnu devijaciju od 2,1, dok je u skupini 5 ta aritmetička sredina 8,0 uz standardnu devijaciju od 2,1. Uspoređujući broj preklapanja između svih pripadnika skupine 1 i svih pripadnika skupine 5, dolazi se do aritmetičke sredine od 5,8, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6,5. Iz dobivenih rezultata proizlazi da je broj preklapanja otprilike jednak i u skupini 1 i u skupini 5, kao i kada se usporede te dvije skupine. Nema očiglednih razlika koje bi potvrdile hipotezu o uočenim razlikama. Usporedbom dviju skupina primjećuje se samo porast varijabilnosti rezultata, što je vidljivo iz podatka o standardnoj devijaciji.

4.3 Četvorke boja

Tablica 37: Usporedba regije 1 i regije 2 (četvorke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 1	2,2	2,4
Regija 2	2,6	1,9
Regije1-2	1,1	6,56

Kao što je vidljivo iz Tablice 37 aritmetička sredina broja identičnih četvorki boja odnosno poklapanja u regiji 1 iznosi 2,2 uz standardnu devijaciju 2,4, u regiji 2 aritmetička sredina iznosi 2,6 i standardna devijacija 1,9. Aritmetička sredina broja preklapanja između svih pripadnika regije 1 uspoređenih sa svim pripadnicima iz regije 2 iznosi 1,1 uz standardnu devijaciju od 6,56. Iz dobivenih rezultata je vidljivo da je broj preklapanja odnosno sličnost veći unutar svake regije pojedinačno nego kada se uspoređuju dvije regije. Usporedbom između regija dobije se veći varijabilitet broja preklapanja što upućuje na veću raznolikost i raspršenje podataka.

Drugim riječima u ovom slučaju može se govoriti o manje homogenim podacima kada se uspoređuju regije nego kada se gleda svaka regija pojedinačno unutar sebe.

Tablica 38: Usporedba regije 1 i regije 3 (četvorke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 1	2,2	2,4
Regija 3	2,5	2,0
Regije1-3	1,1	5,8

Iz Tablice 38 je moguće zaključiti da aritmetička sredina broja identičnih četvorki boja u regiji 1 iznosi 2,2, dok je standardna devijacija 2,4. U regiji 3, aritmetička sredina iznosi 2,5, a standardna devijacija 2,0. Kada se uspoređi broj preklapanja između regije 1 i regije 3, aritmetička sredina iznosi 1,1, dok je standardna devijacija 5,8. Ovi rezultati ukazuju na veću varijabilnost broja preklapanja kada se uspoređuju dvije regije, što sugerira veću raznolikost podataka između regija.

Tablica 39: Usporedba regije 1 i regije 2 (četvorke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 1	2,2	2,4
Regija 4	2,5	2,1
Regije1-4	0,9	6,0

Analiza Tablice 39 otkriva da je aritmetička sredina broja identičnih četvorki boja u regiji 1 2,2, s standardnom devijacijom od 2,4. U regiji 4, aritmetička sredina iznosi 2,5, dok je standardna devijacija 2,1. Kada se uspoređuje broj preklapanja između regije 1 i regije 4, aritmetička sredina je 0,9, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6,0. Ovi rezultati ukazuju na prisutnost veće varijabilnosti broja preklapanja kada se uspoređuju dvije regije, što ukazuje na raznolikost podataka između njih.

Tablica 40: Usporedba regije 1 i regije 5 (četvorke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 1	2,2	2,4
Regija 5	2,7	1,9
Regije1-5	1	5,99

Prikazane vrijednosti u Tablici 40 otkrivaju da je aritmetička sredina broja identičnih četvorki boja u regiji 1 2,2, sa standardnom devijacijom od 2,4. U regiji 5, aritmetička sredina iznosi 2,7, dok je standardna devijacija 1,9. Kada se analizira broj preklapanja između regije 1 i regije 5, aritmetička sredina je 1, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 5,99. Ovi rezultati ukazuju na razliku u varijabilnosti broja preklapanja kada se uspoređuju dvije regije, što implicira postojanje raznolikosti i raspršenosti podataka između njih.

Tablica 41: Usporedba regije 2 i regije 3 (četvorke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 2	2,6	1,9
Regija 3	2,5	2,0
Regije2-3	1,1	5,4

Iz rezultata prikazanih u Tablici 41 razvidno je da je aritmetička sredina broja identičnih četvorki boja u regiji 2 2,6, sa standardnom devijacijom od 1,9. U regiji 3, aritmetička sredina iznosi 2,5, dok je standardna devijacija 2,0. Kada se uspoređi broj preklapanja između regije 2 i regije 3, aritmetička sredina iznosi 1,1, a standardna devijacija je relativno visoka – 5,4. Ovi rezultati sugeriraju veću varijabilnost i raspršenost broja preklapanja kada se uspoređuju dvije regije, što upućuje na raznolikost i heterogenost podataka između njih.

Tablica 42: Usporedba regije 2 i regije 4 (četvorke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 2	2,6	2,1
Regija 4	2,5	2,1
Regije 2-4	0,8	6,0

Na temelju Tablice 42, može se primijetiti da je aritmetička sredina broja identičnih četvorki boja u regiji 2 2,6, sa standardnom devijacijom od 2,1. U regiji 4, aritmetička sredina iznosi 2,5, dok je standardna devijacija 2,1. Kada se promatra broj preklapanja između regije 2 i regije 4, aritmetička sredina iznosi 0,8, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6,0. Ovi rezultati jasno pokazuju da postoji veća varijabilnost i raspršenost broja preklapanja kada se uspoređuju dvije regije, što sugerira raznolikost i heterogenost podataka između njih.

Tablica 43: Usporedba regije 2 i regije 5 (četvorke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 2	2,6	1,9
Regija 5	2,7	1,9
Regije2-5	1,2	6,2

Iz Tablice 43 može se zaključiti da aritmetička sredina broja identičnih četvorki boja u regiji 2 iznosi 2,6, uz standardnu devijaciju od 1,9. U regiji 5, aritmetička sredina je 2,7, dok je standardna devijacija 1,9. Kada se uspoređi broj preklapanja između regije 2 i regije 5, aritmetička sredina je 1,2, a standardna devijacija je 6,2. Ti rezultati ukazuju na veću varijabilnost broja preklapanja pri usporedbi dviju regija, što implicira veću raznolikost i raspršenost podataka.

Tablica 44: Usporedba regije 3 i regije 4 (četvorke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 3	2,5	2,0
Regija 4	2,5	2,1
Regije3-4	0,9	6,8

Analizom Tablice 44 može se primijetiti da je aritmetička sredina broja identičnih četvorki boja u regiji 3 2,5, uz standardnu devijaciju od 2,0. U regiji 4, aritmetička sredina iznosi 2,5, dok je standardna devijacija 2,1. Kada se usporede brojevi preklapanja između regije 3 i regije 4, može se primijetiti da je aritmetička sredina 0,9, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6,8. Ovi rezultati ukazuju na prisutnost veće varijabilnosti broja preklapanja kada se dvije regije uspoređuju, što upućuje na raznolikost podataka između njih.

Tablica 45: Usporedba regije 3 i regije 5 (četvorke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 3	2,5	2,0
Regija 5	2,7	1,9
Regije3-5	1	5,9

Tablica 45 pruža podatke o aritmetičkoj sredini broja identičnih četvorki boja u regiji 3 (2,5) i regiji 5 (2,7), uz njihove odgovarajuće standardne devijacije (2,0 i 1,9). Uspoređujući broj preklapanja između regija 3 i 5, primjećuje se aritmetička sredinu od 1, ali i relativno visoku

standardnu devijaciju od 5,9. Ti rezultati ukazuju na veću varijabilnost broja preklapanja kada se dvije regije uspoređuju, što implicira raznolikost podataka između njih.

Tablica 46: Usporedba regije 4 i regije 5 (četvorke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 4	2,5	2,1
Regija 5	2,7	1,9
Regije4-5	1,2	6,2

Prema Tablici 46, aritmetička sredina broja identičnih četvorki boja u regiji 4 iznosi 2,5, uz standardnu devijaciju od 2,1. U regiji 5, aritmetička sredina je 2,7 dok je standardna devijacija 1,9. Kada se usporede brojevi preklapanja između regije 4 i regije 5, primjećuje se aritmetička sredina od 1,2, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6,2. Ovi rezultati ukazuju na veću varijabilnost broja preklapanja prilikom usporedbe dvije regije, što sugerira prisutnost raznolikosti podataka između njih.

U cilju osiguranja točnosti prikupljenih podataka i ispravnosti analize, pažljivo su razmotrene mogućnost razlikovanja između ruralnih i urbanih regija, što je bila jedna od hipoteza ovog istraživanja. S tim ciljem, primijenjen je postupak klasteriranja podataka i organizirani sudionici prema njihovoj pripadnosti regijama. Nakon toga, provedena je analiza podataka unutar svake regije, pridržavajući se razdvajanja sudionika na one koji pripadaju urbanoj i one koji pripadaju ruralnoj populaciji.

Tablica 47: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 1 (četvorke boja)

Regija 1	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Urbano 1	3,7	1,5
Ruralno 1	3,2	2,2
Urbano1 – Ruralno 1	0,9	5,6

Tablica 47 pruža informacije o aritmetičkoj sredini i standardnoj devijaciji broja identičnih četvorki boja kod urbane populacije u regiji 1 (3,7, 1,5) i ruralne populacije u regiji 1 (3,2, 2,2). Uspoređujući broj preklapanja između tih dviju populacija odnosno sudionika s tim karakteristikama, može se primijetiti aritmetička sredina od 0,9, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 5,6. Iz ovih rezultata proizlazi veća varijabilnost broja preklapanja pri usporedbi

urbane i ruralne populacije u regiji 1, što ukazuje na prisutnost raznolikosti podataka između njih dok je homogenost podataka veća unutar urbane i ruralne populacije pojedinačno.

Tablica 48: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 1 (četvorke boja)

Regija 2	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Urbano 2	4,0	2,2
Ruralno 2	3,1	2,7
Urbano2 – Ruralno2	1,1	5,7

Na temelju Tablice 48, primjećuje se da aritmetička sredina broja identičnih četvorki boja u urbanoj populaciji regije 2 iznosi 4,0, sa standardnom devijacijom od 2,2, dok je u ruralnoj populaciji ta aritmetička sredina 3,1, uz standardnu devijaciju od 2,7. Kada se uspoređi broj preklapanja između tih dviju populacija, može se primijetiti aritmetička sredina od 1,1, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 5,7. Iz ovih rezultata proizlazi veća varijabilnost broja preklapanja prilikom usporedbe urbanih i ruralnih populacija u regiji 2, što ukazuje na prisutnost raznolikosti podataka između njih, dok se unutar podskupina pojedinačno primjećuje veća homogenost podataka.

Tablica 49: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 3 (četvorke boja)

Regija 3	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Urbano 3	3,5	1,9
Ruralno 3	2,9	1,9
Urbano3 – Ruralno3	1,3	6,3

Tablica 49 pruža podatke o aritmetičkoj sredini i standardnoj devijaciji broja identičnih četvorki boja u urbanoj populaciji regije 3 (3,5, 1,9) te ruralnoj populaciji iste regije (2,9, 1,9). Uspoređujući broj preklapanja između tih dviju populacija, uočava se aritmetička sredina od 1,3, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6,3. Rezultati sugeriraju veću varijabilnost broja preklapanja prilikom usporedbe urbanih i ruralnih populacija u regiji 3, što upućuje na prisutnost raznolikosti podataka između njih nego kada se promatra ista pojavnost unutar podskupina.

Tablica 50: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 4 (četvorke boja)

Regija 4	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Urbano 4	3,1	2,1
Ruralno 4	2,9	2,5
Urbano4 – Ruralno4	1	4,7

Iz podataka u Tablici 40 može se zaključiti da je aritmetička sredina broja identičnih četvorki boja u urbanoj populaciji regije 4 3,1, uz standardnu devijaciju od 2,1, dok je u ruralnoj populaciji ta aritmetička sredina 2,9, sa standardnom devijacijom od 2,5. Kada se uspoređi broj preklapanja između tih dviju populacija, primjećuje se aritmetička sredina od 1, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 4,7. Ovi rezultati ukazuju na veću varijabilnost broja preklapanja prilikom usporedbe urbanih i ruralnih populacija u regiji 4, što implicira prisutnost raznolikosti podataka između njih. Pri tome podaci unutar podskupina pokazuju veću homogenost.

Tablica 51: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 5 (četvorke boja)

Regija 5	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Urbano 5	3,0	1,7
Ruralno 5	2,7	2,2
Urban5 – Ruralno5	0,8	5,9

Analiza Tablice 51 otkriva da je aritmetička sredina broja identičnih parova boja u urbanoj populaciji regije 5 3,0, uz standardnu devijaciju od 1,7, dok je u ruralnoj populaciji ta aritmetička sredina 2,7, sa standardnom devijacijom od 2,2. Uspoređujući broj preklapanja između tih dviju populacija, može se primijetiti aritmetička sredina od 0,8, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 5,9. Iz ovih rezultata proizlazi veća varijabilnost broja preklapanja pri usporedbi urbanih i ruralnih populacija u regiji 5, što ukazuje na prisutnost raznolikosti podataka između njih, a pokazuje se da postoji i veća homogenost u podskupinama pojedinačno.

Radi opsežnosti analize i činjenice da je većina migracija u posljednjih 30 godina bila usmjerena prema doseljavanju u regiju 1 analiza je fokusirana na ovu regiju.

U daljnjoj fazi istraživanja, analizirani su podaci koji se odnose na posljednju hipotezu, tj. pretpostavku da će boravak sudionika istraživanja u određenom prebivalištu između 7. i 11.

godine života imati značajan utjecaj na rezultate. Za provedbu istraživanja, bilo je potrebno napraviti nekoliko prilagodbi i promjena u organizaciji podataka.

Nadalje, s obzirom na opsežnost analize i činjenicu da su se većina migracija u posljednjih 30 godina usredotočile na doseljavanje u regiju 1, fokus analize je usmjeren upravo na tu regiju. Sudionici istraživanja koji trenutno žive u regiji 1 i proveli su veći dio perioda od 7. do 11. godine života u drugim regijama, svrstani su u skupinu 1. Uspoređuju se s drugim skupinama sudionika istraživanja koji također trenutno žive u regiji 1, ali su period od 7. do 11. godine života dominantno proveli u drugim regijama.

- Skupina 1 predstavlja pojedince koji su od 7. do 11. godine života živjeli u regiji 1 te i trenutno u njoj žive.
- Skupina 2 predstavlja pojedince koji su od 7. do 11. godine živjeli u regiji 2, a trenutno žive u regiji 1.
- Skupina 3 predstavlja pojedince koji su od 7. do 11. godine živjeli u regiji 3, a trenutno žive u regiji 1.
- Skupina 4 predstavlja pojedince koji su od 7. do 11. godine živjeli u regiji 4, a trenutno žive u regiji 1.
- Skupina 5 predstavlja pojedince koji su od 7. do 11. godine živjeli u regiji 5, a trenutno žive u regiji 1.

Tablica 52: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 2 (četvorke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Skupina 1	2,2	2,4
Skupina 2	2,1	2,0
Skupine 1-2	1,1	5,9

Kao što je vidljivo iz Tablice 52 aritmetička sredina broja identičnih četvorki boja odnosno poklapanja u skupini 1 iznosi 2,2 uz standardnu devijaciju 2,4, u skupini 2 aritmetička sredina iznosi 2,1 i standardna devijacija 2,0. Aritmetička sredina broja preklapanja između svih pripadnika skupine 1 uspoređenih sa svim pripadnicima iz skupine 2 iznosi 1,1 uz standardnu devijaciju od 5,9. Iz dobivenih rezultata je vidljivo da je broj preklapanja približno podjednak i u jednoj i u drugoj skupini kao i u slučaju preklapanja između tih dviju skupina. Dobiveni

rezultati ukazuju da nema očekivanih velikih razlika te nije moguće potvrditi hipotezu o uočenim razlikama. Usporedbom dviju skupina došlo je isključivo do porasta varijabiliteta rezultata što je vidljivo iz podatka o standardnoj devijaciji.

Tablica 53: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 4 (četvorke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Skupina 1	2,2	2,4
Skupina 3	3,4	1,7
Skupine 1-3	1,3	4,64

Analizirajući Tablicu 53, primjećuje se da je aritmetička sredina broja identičnih četvorki boja u skupini 1 2,2, sa standardnom devijacijom od 2,4, dok je u skupini 3 ta aritmetička sredina 3,4, uz standardnu devijaciju od 1,7. Kada se uspoređuje broj preklapanja između svih pripadnika skupine 1 i svih pripadnika skupine 3, aritmetička sredina iznosi 1,3, uz standardnu devijaciju od 4,64. Dobiveni rezultati ukazuju da je broj preklapanja približno jednak i u skupini 1 i u skupini 3, kao i kada se usporede te dvije skupine. Ovi rezultati sugeriraju da nema očekivanih velikih razlika te da nije moguće potvrditi hipotezu o uočenim razlikama. Usporedbom dviju skupina primjećuje se samo porast varijabilnosti rezultata, što je vidljivo iz podatka o standardnoj devijaciji.

Tablica 54: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 4 (četvorke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Skupina 1	2,2	2,4
Skupina 4	2,1	2,0
Skupine 1-4	1,3	6,2

Tablica 54 pruža podatke o aritmetičkoj sredini i standardnoj devijaciji broja identičnih četvorki boja u skupini 1 (2,2, 2,4) i skupini 4 (2,1, 2,0). Kada se uspoređuje broj preklapanja između svih pripadnika skupine 1 i svih pripadnika skupine 4, moguće je primijetiti aritmetičku sredinu od 1,3, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6,2. Iz dobivenih rezultata može se vidjeti da je broj preklapanja približno jednak i u skupini 1 i u skupini 4, kao i kada se usporede te dvije skupine. Nema očiglednih razlika koje bi potvrdile hipotezu o uočenim razlikama. Usporedbom dviju skupina primjećujemo samo porast varijabilnosti rezultata, što je vidljivo iz podatka o standardnoj devijaciji.

Tablica 55: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 5 (četvorke boja)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Skupina 1	2,2	2,4
Skupina 5	2,1	2,0
Skupine 1-5	1,3	6,5

Prema Tablici 55, aritmetička sredina broja identičnih parova boja u skupini 1 iznosi 2,2, uz standardnu devijaciju od 2,4 dok je u skupini 5 ta aritmetička sredina 2,1, sa standardnom devijacijom od 2. Uspoređujući broj preklapanja između svih pripadnika skupine 1 i svih pripadnika skupine 5, primjećuje se aritmetička sredina od 1,3, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6,5. Dobiveni rezultati upućuju na sličan broj preklapanja u obje skupine, kao i kada se te dvije skupine usporede.

4.4 Četvorke boja (2x2)

Tablica 56: Usporedba regije 1 i regije 1 (2x2)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 1	2,9	1,7
Regija 2	3,4	1,9
Regije 1-2	1,4	5,7

Kao što je vidljivo iz Tablice 56 aritmetička sredina broja identičnih četvorki (2x2) boja odnosno poklapanja u regiji 1 iznosi 2,9 uz standardnu devijaciju 1,7, u regiji 2 aritmetička sredina iznosi 3,4 i standardna devijacija 1,9. Aritmetička sredina broja preklapanja između svih pripadnika regije 1 uspoređenih sa svim pripadnicima iz regije 2 iznosi 1,4 uz standardnu devijaciju od 5,7. Iz dobivenih rezultata je vidljivo da je broj preklapanja odnosno sličnost veću unutar svake regije pojedinačno nego kada se uspoređuju dvije regije. Usporedbom između regija dobije se veći varijabilitet broja preklapanja što upućuje na veću raznolikost i raspršenje podataka. Drugim riječima u ovom slučaju može se govoriti o manje homogenim podacima kada se uspoređuju regije nego kada se gleda svaka regija pojedinačno.

Tablica 57: Usporedba regije 1 i regije 3 (2x2)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 1	2,9	1,7
Regija 3	3	2,5
Regije1-3	1,6	5,4

Iz Tablice 57 je moguće zaključiti da aritmetička sredina broja identičnih četvorki (2x2) boja u regiji 1 iznosi 2,9, dok je standardna devijacija 1,7. U regiji 3, aritmetička sredina iznosi 3, a standardna devijacija 2,5. Kada se uspoređi broj preklapanja između regije 1 i regije 3, aritmetička sredina iznosi 1,6, dok je standardna devijacija 5,4. Ovi rezultati ukazuju na veću varijabilnost broja preklapanja kada se uspoređuju dvije regije, što sugerira veću raznolikost podataka između regija.

Tablica 58: Usporedba regije 1 i regije 4 (2x2)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 1	2,9	1,7
Regija 4	2,3	2,1
Regije1-4	1,7	6,0

Analiza rezultata iz Tablice 58 pokazuje da je aritmetička sredina broja identičnih četvorki (2x2) boja u regiji 1 2,9, uz standardnu devijaciju od 1,7, dok je u regiji 4 ta aritmetička sredina 2,3, sa standardnom devijacijom od 2,1. Kada se usporede brojevi preklapanja između svih pripadnika regije 1 i svih pripadnika regije 4, dobivje se aritmetička sredinu od 1,7, uz standardnu devijaciju od 6,0. Iz ovih rezultata može se zaključiti da je broj preklapanja, odnosno sličnost, veća unutar svake regije pojedinačno nego kada se uspoređuju dvije regije. Usporedbom između regija, primjećuje se veći varijabilitet broja preklapanja, što ukazuje na veću raznolikost i raspršenje podataka. Drugim riječima, u ovom slučaju može se reći da su podaci manje homogeni kada se uspoređuju regije, dok se svaka regija pojedinačno karakterizira većom sličnošću.

Tablica 59: Usporedba regije 1 i regije 5 (2x2)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 1	2,9	1,7
Regija 5	3,2	2,6
Regije1-5	1,9	5,9

Prema Tablici 59, može se zaključiti da je aritmetička sredina broja identičnih četvorki (2x2) boja u regiji 1 2,9, uz standardnu devijaciju od 1,7, dok je u regiji 5 ta aritmetička sredina 3,2, s standardnom devijacijom od 2,6. Uspoređujući broj preklapanja između svih pripadnika regije 1 i svih pripadnika regije 4, primjećuje se aritmetička sredinu od 1,9, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 5,9. Dobiveni rezultati ukazuju na veću varijabilnost broja preklapanja prilikom usporedbe dviju regija, što implicira veću raznolikost i raspršenje podataka. Drugim riječima, može se zaključiti da su podaci manje homogeni kada se uspoređuju regije, dok se unutar svake regije pojedinačno primjećuje veća sličnost.

Tablica 60: Usporedba regije 2 i regije 3 (2x2)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 2	3,4	1,9
Regija 3	3	2,5
Regije2-3	1,8	5,1

Analizom Tablice 60 može se uočiti da je aritmetička sredina broja identičnih četvorki (2x2) boja u regiji 2 3,4, uz standardnu devijaciju od 1,9, dok je u regiji 3 ta aritmetička sredina 3, sa standardnom devijacijom od 2,5. Uspoređujući broj preklapanja između svih pripadnika regije 2 i svih pripadnika regije 3, dođe se do aritmetičke sredine od 1,8 uz standardnu devijaciju od 5,1. Iz dobivenih rezultata jasno je da je broj preklapanja, odnosno sličnost, veća unutar svake regije pojedinačno nego kada se uspoređuju dvije regije. Kada se usporede regije, primjećuje se veći varijabilitet broja preklapanja, što ukazuje na veću raznolikost i raspršenje podataka. Drugim riječima, može se zaključiti da su podaci manje homogeni kada se uspoređuju regije, dok se unutar svake regije pojedinačno primjećuje veća sličnost.

Tablica 61: Usporedba regije 2 i regije 4 (2x2)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 2	3,4	1,9
Regija 4	2,3	2,1
Regije 2-4	1,5	6,2

Tablica 61 pruža informacije o aritmetičkoj sredini i standardnoj devijaciji broja identičnih parova boja u regiji 2 (3,4, 1,9) i regiji 4 (2,3, 2,1). Kada se usporede brojevi preklapanja između svih pripadnika regije 2 i svih pripadnika regije 4, primjećuje se aritmetička sredina od 1,5, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6,2. Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da je

broj preklapanja, odnosno sličnost, veća unutar svake regije pojedinačno nego kada se uspoređuju dvije regije. Usporedbom između regija primjećuje se veći varijabilitet broja preklapanja, što upućuje na veću raznolikost i raspršenje podataka. U ovom slučaju, može se reći da su podaci manje homogeni kada se uspoređuju regije, dok se svaka regija pojedinačno karakterizira većom sličnošću.

Tablica 62: Usporedba regije 2 i regije 5 (2x2)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 2	3,4	1,9
Regija 5	3,2	2,6
Regije2-5	1,4	6,0

Analiza Tablice 62 otkriva da je aritmetička sredina broja identičnih četvorki (2x2) boja u regiji 2 3,4, uz standardnu devijaciju od 1,9, dok je u regiji 5 ta aritmetička sredina 3,2, s standardnom devijacijom od 2,6. Kada se uspoređuje broj preklapanja između svih pripadnika regije 2 i svih pripadnika regije 5, dolazi se do aritmetičke sredine od 1,4, uz standardnu devijaciju od 6,0. Ovi rezultati ukazuju na veću varijabilnost broja preklapanja prilikom usporedbe dviju regija, što implicira veću raznolikost i raspršenje podataka. Drugim riječima, može se zaključiti da su podaci manje homogeni kada se uspoređuju regije, dok se unutar svake regije pojedinačno primjećuje veća sličnost.

Tablica 63: Usporedba regije 3 i regije 4 (2x2)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 3	3	2,5
Regija 4	2,3	2,1
Regije3-4	1,7	6,99

Analizom Tablice 63 može se primijetiti da je aritmetička sredina broja identičnih četvorki (2x2) boja u regiji 3 3, uz standardnu devijaciju od 2,5. U regiji 4, aritmetička sredina iznosi 2,3, dok je standardna devijacija 2,1. Kada se usporede brojevi preklapanja između regije 3 i regije 4, može se primijetiti da je aritmetička sredina 1,7, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6,99. Ovi rezultati ukazuju na prisutnost veće varijabilnosti broja preklapanja kada se dvije regije uspoređuju, što upućuje na raznolikost podataka između njih.

Tablica 64: Usporedba regije 3 i regije 5 (2x2)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 3	3	2,5
Regija 5	3,2	2,6
Regije3-5	1,9	5,9

Tablica 64 pruža podatke o aritmetičkoj sredini broja identičnih četvorki (2x2) boja u regiji 3 (3) i regiji 5 (3,2), uz njihove odgovarajuće standardne devijacije (2,5 i 2,6). Uspoređujući broj preklapanja između regija 3 i 5, primjećuje se aritmetička sredinu od 1,9, ali i relativno visoku standardnu devijaciju od 5,69. Ti rezultati ukazuju na veću varijabilnost broja preklapanja kada se dvije regije uspoređuju, što implicira raznolikost podataka između njih.

Tablica 65: Usporedba regije 4 i regije 5 (2x2)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Regija 4	2,3	2,1
Regija 5	3,2	2,6
Regije4-5	1,3	6

Prema Tablici 65, aritmetička sredina broja identičnih četvorki (2x2) boja u regiji 4 iznosi 2,3, uz standardnu devijaciju od 2,1. U regiji 5, aritmetička sredina je 3,2, dok je standardna devijacija 2,6. Kada se usporede brojevi preklapanja između regije 4 i regije 5, primjećuje se aritmetička sredina od 1,3, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6,0. Ovi rezultati ukazuju na veću varijabilnost broja preklapanja prilikom usporedbe dvije regije, što sugerira prisutnost raznolikosti podataka između njih.

U svrhu osiguranja točnosti prikupljenih podataka i ispravnosti analize, pažljivo je uzeta u obzir mogućnost razlikovanja između različitih regija, što je bila jedna od hipoteza ovog istraživanja. Radi postizanja toga, provedeno je klasteriranje podataka i organizirani su sudionici prema njihovom prebivalištu u regijama. Nakon toga, provedena je analiza podataka unutar svake regije, razdvajajući sudionike na one koji pripadaju urbanoj i one koji pripadaju ruralnoj populaciji.

Tablica 66: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 1 (2x2)

Regija 1	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Urbano 1	4,2	1,6
Ruralno 1	4,1	2,0
Urbano1 – Ruralno 1	1,5	5,9

Tablica 66 pruža informacije o aritmetičkoj sredini i standardnoj devijaciji broja identičnih četvorki (2x2) boja kod urbane populacije u regiji 1 (4,2, 1,6) i ruralne populacije u regiji 1 (4,1, 2,0). Uspoređujući broj preklapanja između tih dviju populacija odnosno sudionika s tim karakteristikama, može se primijetiti aritmetička sredina od 1,5, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 5,9. Iz ovih rezultata proizlazi veća varijabilnost broja preklapanja pri usporedbi urbane i ruralne populacije u regiji 1, što ukazuje na prisutnost raznolikosti podataka između njih dok je homogenost podataka veća unutar urbane i ruralne populacije pojedinačno.

Tablica 67: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 2 (2x2)

Regija 2	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Urbano 2	4,1	1,9
Ruralno 2	4,3	2,2
Urbano2 – Ruralno2	1,4	6,3

Na temelju Tablice 67, primjećuje se da aritmetička sredina broja identičnih četvorki (2x2) boja u urbanoj populaciji regije 2 iznosi 4,1, sa standardnom devijacijom od 1,9, dok je u ruralnoj populaciji ta aritmetička sredina 4,3, uz standardnu devijaciju od 2,2. Kada se uspoređi broj preklapanja između tih dviju skupina, može se primijetiti aritmetička sredina od 1,4, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6,3. Iz ovih rezultata proizlazi veća varijabilnost broja preklapanja prilikom usporedbe urbanih i ruralnih populacija u regiji 2, što ukazuje na prisutnost raznolikosti podataka između njih, dok se unutar podskupina pojedinačno primjećuje veća homogenost podataka.

Tablica 68: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 3 (2x2)

Regija 3	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Urbano 3	4	2,3
Ruralno 3	4	2,1
Urbano3 – Ruralno3	1,8	6,1

Tablica 68 pruža podatke o aritmetičkoj sredini i standardnoj devijaciji broja identičnih četvorki (2x2) boja u urbanoj populaciji regije 3 (4, 2,3) te ruralnoj populaciji iste regije (4, 2,1). Uspoređujući broj preklapanja između tih dviju populacija, uočava se aritmetička sredina od 1,8, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6,1. Rezultati sugeriraju veću varijabilnost broja preklapanja prilikom usporedbe urbanih i ruralnih populacija u regiji 3, što upućuje na prisutnost raznolikosti podataka između njih nego kada se promatra ista pojavnost unutar podskupina.

Tablica 69: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 4 (2x2)

Regija 4	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Urbano 4	3,4	1,7
Ruralno 4	3,2	2,0
Urbano4 – Ruralno4	1,9	7

Iz podataka u Tablici 69 može se zaključiti da je aritmetička sredina broja identičnih četvorki (2x2) boja u urbanoj populaciji regije 4 3,4, uz standardnu devijaciju od 1,7, dok je u ruralnoj populaciji ta aritmetička sredina 3,2, sa standardnom devijacijom od 2,0. Kada se uspoređi broj preklapanja između tih dviju populacija, primjećuje se aritmetička sredina od 1,9, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 7. Ovi rezultati ukazuju na veću varijabilnost broja preklapanja prilikom usporedbe urbanih i ruralnih populacija u regiji 4, što implicira prisutnost raznolikosti podataka između njih. Pri tome podaci unutar podskupina pokazuju veću homogenost.

Tablica 70: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 5 (2x2)

Regija 5	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Urbano 5	3,8	2,2
Ruralno 5	3,1	1,7
Urban5 – Ruralno5	1,5	5,59

Analiza Tablice 70 otkriva da je aritmetička sredina broja identičnih četvorki (2x2) boja u urbanoj populaciji regije 5 3,8, uz standardnu devijaciju od 2,2, dok je u ruralnoj populaciji ta aritmetička sredina 3,1, sa standardnom devijacijom od 1,7. Uspoređujući broj preklapanja između tih dviju populacija, može se primijetiti aritmetička sredina od 1,5, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 5,59. Iz ovih rezultata proizlazi veća varijabilnost broja preklapanja pri usporedbi urbanih i ruralnih populacija u regiji 5, što ukazuje na prisutnost raznolikosti

podataka između njih, a pokazuje se da postoji i veća homogenost u podskupinama pojedinačno.

S ciljem osiguranja preciznosti prikupljenih podataka i ispravnosti analize, vodilo se računa o razmatranju mogućnosti razlikovanja između različitih regija, što je jedna od hipoteza ovog istraživanja. Stoga su izvršene prilagodbe i promjene u organizaciji podataka kako bi se omogućilo daljnje istraživanje. Nadalje, zbog obuhvatnosti analize i činjenice da je većina migracija u posljednjih 30 godina bila usmjerena prema doseljavanju u regiju 1, fokus je stavljen na tu regiju prilikom analize. Sudionici istraživanja koji trenutno žive u regiji 1, a veći dio perioda od 7. do 11. godine života proveli su u drugim regijama, svrstani su u skupinu 1. Uspoređuje ih se s drugim skupinama sudionika istraživanja koji također trenutno žive u regiji 1, ali su period od 7. do 11. godine života dominantno proveli u drugim regijama.

- Skupina 1 predstavlja pojedince koji su od 7. do 11. godine života živjeli u regiji 1 te i trenutno u njoj žive.
- Skupina 2 predstavlja pojedince koji su od 7. do 11. godine živjeli u regiji 2, a trenutno žive u regiji 1.
- Skupina 3 predstavlja pojedince koji su od 7. do 11. godine živjeli u regiji 3, a trenutno žive u regiji 1.
- Skupina 4 predstavlja pojedince koji su od 7. do 11. godine živjeli u regiji 4, a trenutno žive u regiji 1.
- Skupina 5 predstavlja pojedince koji su od 7. do 11. godine živjeli u regiji 5, a trenutno žive u regiji 1.

Tablica 71: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 2 (2x2)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Skupina 1	3,3	1,9
Skupina 2	2,9	2,12
Skupine 1-2	1,6	5,4

Kao što je vidljivo iz Tablice 71 aritmetička sredina broja identičnih četvorki (2x2) boja odnosno poklapanja u skupini 1 iznosi 3,3 uz standardnu devijaciju 1,9, u skupini 2 aritmetička sredina iznosi 2,9 i standardna devijacija 2,12. Aritmetička sredina broja preklapanja između

svih pripadnika skupine 1 uspoređenih sa svim pripadnicima iz skupine 2 iznosi 1,6 uz standardnu devijaciju od 5,4. Iz dobivenih rezultata je vidljivo da je broj preklapanja približno podjednak i u jednoj i u drugoj skupini kao i u slučaju preklapanja između tih dviju skupina. Dobiveni rezultati ukazuju da nema očekivanih velikih razlika te nije moguće potvrditi hipotezu o uočenim razlikama. Usporedbom dviju skupina došlo je isključivo do porasta varijabiliteta rezultata što je vidljivo iz podatka o standardnoj devijaciji.

Tablica 72: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 3 (2x2)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Skupina 1	3,3	1,9
Skupina 3	3,8	1,7
Skupine 1-3	1,9	6,64

Analizirajući Tablicu 72, primjećuje se da je aritmetička sredina broja identičnih četvorki (2x2) boja u skupini 1 3,3, s standardnom devijacijom od 1,9, dok je u skupini 3 ta aritmetička sredina 3,8, uz standardnu devijaciju od 1,7. Kada se uspoređuje broj preklapanja između svih pripadnika skupine 1 i svih pripadnika skupine 3, aritmetička sredina iznosi 1,9, uz standardnu devijaciju od 6,64. Dobiveni rezultati ukazuju da je broj preklapanja približno jednak i u skupini 1 i u skupini 3, kao i kada se usporede te dvije skupine. Ovi rezultati sugeriraju da nema očekivanih velikih razlika te da nije moguće potvrditi hipotezu o uočenim razlikama. Usporedbom dviju skupina primjećuje se samo porast varijabilnosti rezultata, što je vidljivo iz podatka o standardnoj devijaciji.

Tablica 73: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 4 (2x2)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Skupina 1	3,3	1,9
Skupina 4	3,1	2,5
Skupine 1-4	1,7	7,1

Tablica 73 pruža podatke o aritmetičkoj sredini i standardnoj devijaciji broja identičnih četvorki (2x2) boja u skupini 1 (3,3, 1,9) i skupini 4 (3,1, 2,5). Kada se uspoređuje broj preklapanja između svih pripadnika skupine 1 i svih pripadnika skupine 4, moguće je primijetiti aritmetičku sredinu od 1,7, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 7,1. Iz dobivenih rezultata može se vidjeti da je broj preklapanja približno jednak i u skupini 1 i u skupini 4, kao i kada se usporede te dvije skupine. Nema očiglednih razlika koje bi potvrdile hipotezu o uočenim razlikama.

Usporedbom dviju skupina primjećuje se samo porast varijabilnosti rezultata, što je vidljivo iz podatka o standardnoj devijaciji.

Tablica 74: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 5 (2x2)

	Aritmetička sredina (M)	Standardna devijacija (Sd)
Skupina 1	3,3	1,9
Skupina 5	3	1,99
Skupine 1-5	2	6,5

Prema Tablici 74, aritmetička sredina broja identičnih parova boja u skupini 1 iznosi 3,3, uz standardnu devijaciju od 1,9, dok je u skupini 5 ta aritmetička sredina 2, sa standardnom devijacijom od 1,99. Uspoređujući broj preklapanja između svih pripadnika skupine 1 i svih pripadnika skupine 5, primjećuje se aritmetička sredina od 2, uz relativno visoku standardnu devijaciju od 6,5. Dobiveni rezultati upućuju na sličan broj preklapanja u obje skupine, kao i kada se te dvije skupine usporede. Nema jasnih razlika koje bi potvrdile hipotezu o uočenim razlikama. Usporedbom dviju skupina primjećuje se samo povećanje varijabilnosti rezultata, što je vidljivo iz podataka o standardnoj devijaciji.

Navedene analize i podaci podložni su interpretaciji stoga se mogu izvesti sljedeći zaključci. Kada se uspoređuju regije samostalno unutar sebe te računa aritmetička sredina i standardna devijacija unutar regija primjećuje se sljedeća pravilnost. Unutar regija postoji veća aritmetička sredina uz manju standardnu devijaciju dok usporedba regija međusobno nosi manju aritmetičku sredinu u kontekstu manjeg broja preklapanja i veće standardne devijacije. Dakle može se zaključiti da postoji utjecaj regionalne pripadnosti na pojavnost istovjetnih kombinacija boja.

Urbano stanovništvo (podijeljeno po regijama) ima veći broj preklapanja odnosno veću pojavnost istih kombinacija boja nego kada se uspoređuje s ruralnim stanovništvom. Isto tako, analogno tome, ruralno stanovništvo ima veći broj preklapanja međusobno nego što je zabilježeno u usporedbi s urbanim stanovništvom.

Nadalje iz dobivenih podataka i provedene analize se može zaključiti kako ne postoji značajna razlika u broju identičnih kombinacija boja u preklapanju skupina koje su od 7. do 11. godine života živjele u nekoj od regija (ne smije biti regija 1 u kojoj trenutno žive). Rezultati analize pokazuju mala odstupanja u aritmetičkoj sredini uz veliki varijabilitet. Navedeni rezultati ne

mogu nedvosmisleno potvrditi niti odbaciti hipotezu. Dobiveni rezultati se mogu tumačiti na način da ukazuju na to kako mjesto odrastanja u promatranom periodu nije utjecalo na preferencije kombinacije boja.

5. ZAKLJUČAK

Na temelju sveobuhvatne analize prikupljenih i obrađenih podataka u ovoj doktorskoj disertaciji, potvrđuje se prva hipoteza koja sugerira veću pojavu istovjetnih ili identičnih kombinacija boja unutar regija u usporedbi s međusobnim uspoređivanjem regija. Analiza aritmetičke sredine i standardne devijacije broja preklapanja identičnih kombinacija boja jasno je potvrdila tu razliku i pružila statističku podršku hipotezi. Ovi rezultati ukazuju na prisutnost homogenosti u doživljaju boje unutar regija, što se poklapa s postavkom istraživanja i očekivanjima.

S druge strane, važno je napomenuti da odabrana metoda za potvrđivanje druge hipoteze, koja se odnosi na razliku u doživljaju boje između urbanih i ruralnih populacija, nije pružila jasne i konzistentne rezultate. Iako su analiza aritmetičke sredine i standardne devijacije broja preklapanja identičnih kombinacija boja dale neke uvide o razlikama, rezultati su pokazali i preklapanje i sličnosti između urbanih i ruralnih populacija. Stoga, zaključak o drugoj hipotezi ostaje manje definitivan i zahtijeva daljnje istraživanje kako bi se bolje razumjela kompleksnost i varijabilnost doživljaja boje u urbanoj i ruralnoj sredini.

U svjetlu tih nalaza, zaključak ove doktorske disertacije naglašava potvrdu prve hipoteze i otkriva postojanje regionalne homogenosti u percepciji boje. Istovremeno, naglašava se potreba za kritičkim razmatranjem odabrane statističke metode za potvrdu druge hipoteze i predlaže se korištenje dodatnih ili alternativnih statističkih metoda u budućim istraživanjima. Ovaj zaključak poziva na daljnje istraživanje kako bi se detaljnije istražile razlike u doživljaju boje između urbanih i ruralnih populacija, uzimajući u obzir mogući utjecaj kulturoloških i drugih faktora. Ova nova perspektiva otvara vrata za daljnje istraživanje i širenje spoznaja u području percepcije boje i njezine veze s regionalnom pripadnošću i drugim relevantnim čimbenicima.

6. LITERATURA

- [1] G. Muratovski, *Research for Designers: A Guide to Methods and Practice*, 1st ed. London, United Kingdom: SAGE Publications Ltd, 2016.
- [2] D. W. Dahl, A. Chattopadhyay, and G. J. Gorn, 'The Use of Visual Mental Imagery in New Product Design', *J. Mark. Res.*, vol. 36, no. 1, p. 18, Feb. 1999, doi: 10.2307/3151912.
- [3] D. J. MacInnis and L. L. Price, 'The Role of Imagery in Information Processing: Review and Extensions', *J. Consum. Res.*, vol. 13, no. 4, p. 473, Mar. 1987, doi: 10.1086/209082.
- [4] M. J. French, *Invention and evolution: design in nature and engineering*, 2nd ed. Cambridge ; New York: Cambridge University Press, 1994.
- [5] T. Vecchi and G. Bottini, Eds., *Imagery and spatial cognition: methods, models, and cognitive assessment*. in *Advances in consciousness research*, no. v. 66. Amsterdam ; Philadelphia, PA: John Benjamins Pub, 2006.
- [6] J. K. Tsotsos, L. Itti, and G. Rees, 'A Brief and Selective History of Attention', in *Neurobiology of Attention*, Elsevier, 2005, pp. xxiii–xxxii. doi: 10.1016/B978-012375731-9/50003-3.
- [7] M. S. Castelhana and J. M. Henderson, 'The influence of color on the perception of scene gist.', *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, vol. 34, no. 3, pp. 660–675, 2008, doi: 10.1037/0096-1523.34.3.660.
- [8] D.-Y. Kim, 'The Interactive Effects of Colors on Visual Attention and Working Memory: In Case of Images of Tourist Attractions', p. 10, 2010.
- [9] G. Rousselet, O. Joubert, and M. Fabre-Thorpe, 'How long to get to the “gist” of real-world natural scenes?', *Vis. Cogn.*, vol. 12, no. 6, pp. 852–877, Aug. 2005, doi: 10.1080/13506280444000553.
- [10] D. L. Nelson, V. S. Reed, and J. R. Walling, 'Pictorial Superiority Effect', p. 6.
- [11] D. Domke, D. Perlmutter, and M. Spratt, 'The primes of our times?: An examination of the “power” of visual images', *Journalism*, vol. 3, no. 2, pp. 131–159, Aug. 2002, doi: 10.1177/146488490200300211.
- [12] S.-T. Wei, L.-C. Ou, M. Ronnier Luo, and J. Hutchings, 'Psychophysical models of consumer expectations and colour harmony in the context of juice packaging', *Color Res. Appl.*, vol. 40, no. 2, pp. 157–168, Apr. 2015, doi: 10.1002/col.21867.
- [13] K. B. Schloss, L. Lessard, C. S. Walmsley, and K. Foley, 'Color inference in visual communication: the meaning of colors in recycling', *Cogn. Res. Princ. Implic.*, vol. 3, no. 1, p. 5, Dec. 2018, doi: 10.1186/s41235-018-0090-y.
- [14] C. Taylor and A. Franklin, 'The relationship between color–object associations and color preference: Further investigation of ecological valence theory', *Psychon. Bull. Rev.*, vol. 19, no. 2, pp. 190–197, Apr. 2012, doi: 10.3758/s13423-012-0222-1.
- [15] M. Jossierand, E. Meeussen, A. Majid, and D. Dediu, 'Environment and culture shape both the colour lexicon and the genetics of colour perception', *Sci. Rep.*, vol. 11, no. 1, p. 19095, Dec. 2021, doi: 10.1038/s41598-021-98550-3.
- [16] K. B. Schloss and S. E. Palmer, 'Aesthetic response to color combinations: preference, harmony, and similarity', *Atten. Percept. Psychophys.*, vol. 73, no. 2, pp. 551–571, Feb. 2011, doi: 10.3758/s13414-010-0027-0.
- [17] S. C. Quax, S. E. Bosch, M. V. Peelen, and M. A. J. van Gerven, 'Population codes of prior knowledge learned through environmental regularities', *Sci. Rep.*, vol. 11, no. 1, p. 640, Dec. 2021, doi: 10.1038/s41598-020-79366-z.
- [18] S. M. C. Nascimento, A. Marit Albers, and K. R. Gegenfurtner, 'Naturalness and aesthetics of colors – Preference for color compositions perceived as natural', *Vision Res.*, vol. 185, pp. 98–110, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.visres.2021.03.010.

- [19] M. Webster, ‘Environmental Influences on Color Vision’, in *Encyclopedia of Color Science and Technology*, R. Luo, Ed., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2015, pp. 1–6. doi: 10.1007/978-3-642-27851-8_76-3.
- [20] E. K. Miller, ‘The prefrontal cortex and cognitive control’, *Nat. Rev. Neurosci.*, vol. 1, no. 1, pp. 59–65, Oct. 2000, doi: 10.1038/35036228.
- [21] A. Miyake, N. P. Friedman, M. J. Emerson, A. H. Witzki, A. Howerter, and T. D. Wager, ‘The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis’, *Cognit. Psychol.*, vol. 41, no. 1, pp. 49–100, Aug. 2000, doi: 10.1006/cogp.1999.0734.
- [22] A. Diamond, ‘Executive Functions’, *Annu. Rev. Psychol.*, vol. 64, no. 1, pp. 135–168, Jan. 2013, doi: 10.1146/annurev-psych-113011-143750.
- [23] G. Luppino and G. Rizzolatti, ‘The Organization of the Frontal Motor Cortex’, *Physiology*, vol. 15, no. 5, pp. 219–224, Oct. 2000, doi: 10.1152/physiologyonline.2000.15.5.219.
- [24] A. Bechara, ‘Emotion, Decision Making and the Orbitofrontal Cortex’, *Cereb. Cortex*, vol. 10, no. 3, pp. 295–307, Mar. 2000, doi: 10.1093/cercor/10.3.295.
- [25] R. A. Andersen, L. H. Snyder, D. C. Bradley, and J. Xing, ‘MULTIMODAL REPRESENTATION OF SPACE IN THE POSTERIOR PARIETAL CORTEX AND ITS USE IN PLANNING MOVEMENTS’, *Annu. Rev. Neurosci.*, vol. 20, no. 1, pp. 303–330, Mar. 1997, doi: 10.1146/annurev.neuro.20.1.303.
- [26] J. C. Culham, C. Cavina-Pratesi, and A. Singhal, ‘The role of parietal cortex in visuomotor control: What have we learned from neuroimaging?’, *Neuropsychologia*, vol. 44, no. 13, pp. 2668–2684, Jan. 2006, doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2005.11.003.
- [27] S. Dehaene, M. Piazza, P. Pinel, and L. Cohen, ‘THREE PARIETAL CIRCUITS FOR NUMBER PROCESSING’, *Cogn. Neuropsychol.*, vol. 20, no. 3–6, pp. 487–506, May 2003, doi: 10.1080/02643290244000239.
- [28] C. J. Price, ‘A review and synthesis of the first 20years of PET and fMRI studies of heard speech, spoken language and reading’, *NeuroImage*, vol. 62, no. 2, pp. 816–847, Aug. 2012, doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.04.062.
- [29] R. B. H. Tootell, A. M. Dale, M. I. Sereno, and R. Malach, ‘New images from human visual cortex’, *Trends Neurosci.*, vol. 19, no. 11, pp. 481–489, Nov. 1996, doi: 10.1016/S0166-2236(96)10053-9.
- [30] D. H. Hubel and T. N. Wiesel, *Brain and visual perception: the story of a 25-year collaboration*. New York, N.Y: Oxford University Press, 2005.
- [31] M. Mishkin and L. G. Ungerleider, ‘Contribution of striate inputs to the visuospatial functions of parieto-preoccipital cortex in monkeys’, *Behav. Brain Res.*, vol. 6, no. 1, pp. 57–77, Sep. 1982, doi: 10.1016/0166-4328(82)90081-X.
- [32] M. Livingstone and D. Hubel, ‘Segregation of Form, Color, Movement, and Depth: Anatomy, Physiology, and Perception’, *Science*, vol. 240, no. 4853, pp. 740–749, May 1988, doi: 10.1126/science.3283936.
- [33] R. A. Grunewald, ‘A Vision of the Brain. S. Zeki, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1993,366 pp.’, *Behav. Neurol.*, vol. 8, no. 1, pp. 53–53, 1995, doi: 10.1155/1995/647179.
- [34] R. Tootell *et al.*, ‘Functional analysis of human MT and related visual cortical areas using magnetic resonance imaging’, *J. Neurosci.*, vol. 15, no. 4, pp. 3215–3230, Apr. 1995, doi: 10.1523/JNEUROSCI.15-04-03215.1995.
- [35] S. K. A. L. G. Ungerleider, ‘Mechanisms of Visual Attention in the Human Cortex’, *Annu. Rev. Neurosci.*, vol. 23, no. 1, pp. 315–341, Mar. 2000, doi: 10.1146/annurev.neuro.23.1.315.

- [36] S. Le Vay, T. N. Wiesel, and D. H. Hubel, 'The development of ocular dominance columns in normal and visually deprived monkeys', *J. Comp. Neurol.*, vol. 191, no. 1, pp. 1–51, May 1980, doi: 10.1002/cne.901910102.
- [37] G. Holmes, 'DISTURBANCES OF VISION BY CEREBRAL LESIONS', *Br. J. Ophthalmol.*, vol. 2, no. 7, pp. 353–384, Jul. 1918, doi: 10.1136/bjo.2.7.353.
- [38] W. T. Thach, H. P. Goodkin, and J. G. Keating, 'The Cerebellum and the Adaptive Coordination of Movement', *Annu. Rev. Neurosci.*, vol. 15, no. 1, pp. 403–442, Mar. 1992, doi: 10.1146/annurev.ne.15.030192.002155.
- [39] J. Binder, 'The new neuroanatomy of speech perception', *Brain*, vol. 123, no. 12, pp. 2371–2372, Dec. 2000, doi: 10.1093/brain/123.12.2371.
- [40] B. C. J. Moore, *An introduction to the psychology of hearing*, 6th ed. Bingley: Emerald, 2012.
- [41] R. Zatorre, A. Evans, E. Meyer, and A. Gjedde, 'Lateralization of phonetic and pitch discrimination in speech processing', *Science*, vol. 256, no. 5058, pp. 846–849, May 1992, doi: 10.1126/science.1589767.
- [42] G. Hickok and D. Poeppel, 'The cortical organization of speech processing', *Nat. Rev. Neurosci.*, vol. 8, no. 5, pp. 393–402, May 2007, doi: 10.1038/nrn2113.
- [43] W. B. Scoville and B. Milner, 'LOSS OF RECENT MEMORY AFTER BILATERAL HIPPOCAMPAL LESIONS', *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, vol. 20, no. 1, pp. 11–21, Feb. 1957, doi: 10.1136/jnnp.20.1.11.
- [44] J. E. LeDoux, 'Emotion Circuits in the Brain', *Annu. Rev. Neurosci.*, vol. 23, no. 1, pp. 155–184, Mar. 2000, doi: 10.1146/annurev.neuro.23.1.155.
- [45] S. Herculano-Houzel, 'The human brain in numbers: a linearly scaled-up primate brain', *Front. Hum. Neurosci.*, vol. 3, 2009, doi: 10.3389/neuro.09.031.2009.
- [46] M. Manto *et al.*, 'Consensus Paper: Roles of the Cerebellum in Motor Control—The Diversity of Ideas on Cerebellar Involvement in Movement', *The Cerebellum*, vol. 11, no. 2, pp. 457–487, Jun. 2012, doi: 10.1007/s12311-011-0331-9.
- [47] C. Stoodley and J. Schmahmann, 'Functional topography in the human cerebellum: A meta-analysis of neuroimaging studies', *NeuroImage*, vol. 44, no. 2, pp. 489–501, Jan. 2009, doi: 10.1016/j.neuroimage.2008.08.039.
- [48] J. Schmahmann, 'The cerebellar cognitive affective syndrome', *Brain*, vol. 121, no. 4, pp. 561–579, Apr. 1998, doi: 10.1093/brain/121.4.561.
- [49] E. R. Kandel and J. H. Schwartz, Eds., *Principles of neural science*, Internat. ed., 4. ed. New York, NY: McGraw-Hill, 2000.
- [50] P. G. Guyenet, 'The sympathetic control of blood pressure', *Nat. Rev. Neurosci.*, vol. 7, no. 5, pp. 335–346, May 2006, doi: 10.1038/nrn1902.
- [51] J. L. Feldman, G. S. Mitchell, and E. E. Nattie, 'B REATHING : Rhythmicity, Plasticity, Chemosensitivity', *Annu. Rev. Neurosci.*, vol. 26, no. 1, pp. 239–266, Mar. 2003, doi: 10.1146/annurev.neuro.26.041002.131103.
- [52] P. M. Fuller, J. J. Gooley, and C. B. Saper, 'Neurobiology of the Sleep-Wake Cycle: Sleep Architecture, Circadian Regulation, and Regulatory Feedback', *J. Biol. Rhythms*, vol. 21, no. 6, pp. 482–493, Dec. 2006, doi: 10.1177/0748730406294627.
- [53] M. F. Bear, B. W. Connors, and M. A. Paradiso, *Neuroscience: exploring the brain*, 3rd ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 2007.
- [54] N. Spruston, 'Pyramidal neurons: dendritic structure and synaptic integration', *Nat. Rev. Neurosci.*, vol. 9, no. 3, pp. 206–221, Mar. 2008, doi: 10.1038/nrn2286.
- [55] P. Damier, E. C. Hirsch, Y. Agid, and A. M. Graybiel, 'The substantia nigra of the human brain', *Brain*, vol. 122, no. 8, pp. 1437–1448, Aug. 1999, doi: 10.1093/brain/122.8.1437.

- [56] R. D. Terry *et al.*, ‘Physical basis of cognitive alterations in alzheimer’s disease: Synapse loss is the major correlate of cognitive impairment’, *Ann. Neurol.*, vol. 30, no. 4, pp. 572–580, Oct. 1991, doi: 10.1002/ana.410300410.
- [57] D. Purves and S. M. Williams, Eds., *Neuroscience*, 2nd ed. Sunderland, Mass: Sinauer Associates, 2001.
- [58] B. W. Connors and M. A. Long, ‘ELECTRICAL SYNAPSES IN THE MAMMALIAN BRAIN’, *Annu. Rev. Neurosci.*, vol. 27, no. 1, pp. 393–418, Jul. 2004, doi: 10.1146/annurev.neuro.26.041002.131128.
- [59] A. Citri and R. C. Malenka, ‘Synaptic Plasticity: Multiple Forms, Functions, and Mechanisms’, *Neuropsychopharmacology*, vol. 33, no. 1, pp. 18–41, Jan. 2008, doi: 10.1038/sj.npp.1301559.
- [60] A. May, ‘Experience-dependent structural plasticity in the adult human brain’, *Trends Cogn. Sci.*, vol. 15, no. 10, pp. 475–482, Oct. 2011, doi: 10.1016/j.tics.2011.08.002.
- [61] B. Draganski and A. May, ‘Training-induced structural changes in the adult human brain’, *Behav. Brain Res.*, vol. 192, no. 1, pp. 137–142, Sep. 2008, doi: 10.1016/j.bbr.2008.02.015.
- [62] M. A. Dimyan and L. G. Cohen, ‘Neuroplasticity in the context of motor rehabilitation after stroke’, *Nat. Rev. Neurol.*, vol. 7, no. 2, pp. 76–85, Feb. 2011, doi: 10.1038/nrneurol.2010.200.
- [63] P. J. Olesen, H. Westerberg, and T. Klingberg, ‘Increased prefrontal and parietal activity after training of working memory’, *Nat. Neurosci.*, vol. 7, no. 1, pp. 75–79, Jan. 2004, doi: 10.1038/nn1165.
- [64] S. Nabavi, R. Fox, C. D. Proulx, J. Y. Lin, R. Y. Tsien, and R. Malinow, ‘Engineering a memory with LTD and LTP’, *Nature*, vol. 511, no. 7509, pp. 348–352, Jul. 2014, doi: 10.1038/nature13294.
- [65] M. Bosch and Y. Hayashi, ‘Structural plasticity of dendritic spines’, *Curr. Opin. Neurobiol.*, vol. 22, no. 3, pp. 383–388, Jun. 2012, doi: 10.1016/j.conb.2011.09.002.
- [66] C. Zhao, W. Deng, and F. H. Gage, ‘Mechanisms and Functional Implications of Adult Neurogenesis’, *Cell*, vol. 132, no. 4, pp. 645–660, Feb. 2008, doi: 10.1016/j.cell.2008.01.033.
- [67] D. W. DelMonte and T. Kim, ‘Anatomy and physiology of the cornea’, *J. Cataract Refract. Surg.*, vol. 37, no. 3, pp. 588–598, Mar. 2011, doi: 10.1016/j.jcrs.2010.12.037.
- [68] M. F. Goldberg, ‘Persistent Fetal Vasculature (PFV): An Integrated Interpretation of Signs and Symptoms Associated With Persistent Hyperplastic Primary Vitreous (PHPV) LIV Edward Jackson Memorial Lecture’, *Am. J. Ophthalmol.*, vol. 124, no. 5, pp. 587–626, Nov. 1997, doi: 10.1016/S0002-9394(14)70899-2.
- [69] W. M. Bourne, ‘Biology of the corneal endothelium in health and disease’, *Eye*, vol. 17, no. 8, pp. 912–918, Nov. 2003, doi: 10.1038/sj.eye.6700559.
- [70] H. S. Dua, ‘Autologous limbal transplantation in patients with unilateral corneal stem cell deficiency’, *Br. J. Ophthalmol.*, vol. 84, no. 3, pp. 273–278, Mar. 2000, doi: 10.1136/bjo.84.3.273.
- [71] P. G. Watson and R. D. Young, ‘Scleral structure, organisation and disease. A review’, *Exp. Eye Res.*, vol. 78, no. 3, pp. 609–623, Mar. 2004, doi: 10.1016/S0014-4835(03)00212-4.
- [72] L. A. Remington and L. A. Remington, *Clinical anatomy and physiology of the visual system*, 3rd ed. St. Louis, Mo: Elsevier/Butterworth Heinemann, 2012.
- [73] H. Kolb, ‘How the Retina Works’, *Am. Sci.*, vol. 91, no. 1, p. 28, 2003, doi: 10.1511/2003.1.28.
- [74] G. Prota, D.-N. Hu, M. R. Vincensi, S. A. McCORMICK, and A. Napolitano, ‘Characterization of Melanins in Human Irides and Cultured Uveal Melanocytes From

- Eyes of Different Colors’, *Exp. Eye Res.*, vol. 67, no. 3, pp. 293–299, Sep. 1998, doi: 10.1006/exer.1998.0518.
- [75] R. Michael and A. J. Bron, ‘The ageing lens and cataract: a model of normal and pathological ageing’, *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.*, vol. 366, no. 1568, pp. 1278–1292, Apr. 2011, doi: 10.1098/rstb.2010.0300.
- [76] W. N. Charman, ‘The eye in focus: accommodation and presbyopia’, *Clin. Exp. Optom.*, vol. 91, no. 3, pp. 207–225, May 2008, doi: 10.1111/j.1444-0938.2008.00256.x.
- [77] R. Kardon, ‘Pupillary light reflex’, *Curr. Opin. Ophthalmol.*, vol. 6, no. 6, pp. 20–26, Dec. 1995, doi: 10.1097/00055735-199512000-00004.
- [78] F. D. Bremner, ‘THE PUPIL: ANATOMY, PHYSIOLOGY, AND CLINICAL APPLICATIONS: By Irene E. Loewenfeld. 1999. Oxford: Butterworth-Heinemann. Price pound180. Pp. 2278. ISBN 0-750-67143-2.’, *Brain*, vol. 124, no. 9, pp. 1881–1883, Sep. 2001, doi: 10.1093/brain/124.9.1881.
- [79] A. Glasser and M. C. W. Campbell, ‘Presbyopia and the optical changes in the human crystalline lens with age’, *Vision Res.*, vol. 38, no. 2, pp. 209–229, Jan. 1998, doi: 10.1016/S0042-6989(97)00102-8.
- [80] D. L. Nickla and J. Wallman, ‘The multifunctional choroid’, *Prog. Retin. Eye Res.*, vol. 29, no. 2, pp. 144–168, Mar. 2010, doi: 10.1016/j.preteyeres.2009.12.002.
- [81] R. H. Masland, ‘The Neuronal Organization of the Retina’, *Neuron*, vol. 76, no. 2, pp. 266–280, Oct. 2012, doi: 10.1016/j.neuron.2012.10.002.
- [82] J. Nathans, D. Thomas, and D. S. Hogness, ‘Molecular Genetics of Human Color Vision: The Genes Encoding Blue, Green, and Red Pigments’, *Science*, vol. 232, no. 4747, pp. 193–202, Apr. 1986, doi: 10.1126/science.2937147.
- [83] E. R. Kandel, Ed., *Principles of neural science*, 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2013.
- [84] K. Rogers, *The Eye: the Physiology of Human Perception*. Chicago: Britannica Educational Pub., 2011.
- [85] M. Neitz, ‘Molecular Genetics of Color Vision and Color Vision Defects’, *Arch. Ophthalmol.*, vol. 118, no. 5, p. 691, May 2000, doi: 10.1001/archoph.118.5.691.
- [86] J. Neitz and M. Neitz, ‘The genetics of normal and defective color vision’, *Vision Res.*, vol. 51, no. 7, pp. 633–651, Apr. 2011, doi: 10.1016/j.visres.2010.12.002.
- [87] J. Neitz, J. Carroll, and M. Neitz, ‘Color Vision: Almost Reason Enough for Having Eyes’, *Opt. Photonics News*, vol. 12, no. 1, p. 26, Jan. 2001, doi: 10.1364/OPN.12.1.000026.
- [88] C. A. Curcio, K. R. Sloan, O. Packer, A. E. Hendrickson, and R. E. Kalina, ‘Distribution of Cones in Human and Monkey Retina: Individual Variability and Radial Asymmetry’, *Science*, vol. 236, no. 4801, pp. 579–582, May 1987, doi: 10.1126/science.3576186.
- [89] S. G. Solomon and P. Lennie, ‘The machinery of colour vision’, *Nat. Rev. Neurosci.*, vol. 8, no. 4, pp. 276–286, Apr. 2007, doi: 10.1038/nrn2094.
- [90] D. M. Berson, F. A. Dunn, and M. Takao, ‘Phototransduction by Retinal Ganglion Cells That Set the Circadian Clock’, *Science*, vol. 295, no. 5557, pp. 1070–1073, Feb. 2002, doi: 10.1126/science.1067262.
- [91] I. P. Howard and W. B. Templeton, *Human spatial orientation*, Reprint. London: Wiley, 1973.
- [92] K. R. Gegenfurtner, ‘Cortical mechanisms of colour vision’, *Nat. Rev. Neurosci.*, vol. 4, no. 7, pp. 563–572, Jul. 2003, doi: 10.1038/nrn1138.
- [93] S. E. Palmer, *Vision science: photons to phenomenology*. Cambridge, Mass: MIT Press, 1999.
- [94] G. Wyszecki and W. S. Stiles, *Color science: concepts and methods, quantitative data, and formulae*, Wiley classics library ed. in Wiley classics library. New York: John Wiley & Sons, 2000.

- [95] J. D. Mollon, “‘Tho’ she kneel’d in that place where they grew...” The uses and origins of primate colour vision’, *J. Exp. Biol.*, vol. 146, no. 1, pp. 21–38, Sep. 1989, doi: 10.1242/jeb.146.1.21.
- [96] J. M. Wolfe, K. R. Kluender, and D. M. Levi, *Sensation & perception*, Fifth Edition. New York, NY: Sinauer Associates is an imprint of Oxford University Press, 2017.
- [97] J. Gage, *Color in art*. in World of art. New York, N.Y: Thames & Hudson, 2006.
- [98] M. D. Fairchild, *Color Appearance Models*, 1st ed. Wiley, 2013. doi: 10.1002/9781118653128.
- [99] G. H. Jacobs, ‘Evolution of colour vision in mammals’, *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.*, vol. 364, no. 1531, pp. 2957–2967, Oct. 2009, doi: 10.1098/rstb.2009.0039.
- [100] D. Osorio and M. Vorobyev, ‘A review of the evolution of animal colour vision and visual communication signals’, *Vision Res.*, vol. 48, no. 20, pp. 2042–2051, Sep. 2008, doi: 10.1016/j.visres.2008.06.018.
- [101] M. Stevens and S. Merilaita, ‘Animal camouflage: current issues and new perspectives’, *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.*, vol. 364, no. 1516, pp. 423–427, Feb. 2009, doi: 10.1098/rstb.2008.0217.
- [102] M. A. Changizi, Q. Zhang, and S. Shimojo, ‘Bare skin, blood and the evolution of primate colour vision’, *Biol. Lett.*, vol. 2, no. 2, pp. 217–221, Jun. 2006, doi: 10.1098/rsbl.2006.0440.
- [103] J. Birch, ‘Worldwide prevalence of red-green color deficiency’, *J. Opt. Soc. Am. A*, vol. 29, no. 3, p. 313, Mar. 2012, doi: 10.1364/JOSAA.29.000313.
- [104] H. Hofer, J. Carroll, J. Neitz, M. Neitz, and D. R. Williams, ‘Organization of the Human Trichromatic Cone Mosaic’, *J. Neurosci.*, vol. 25, no. 42, pp. 9669–9679, Oct. 2005, doi: 10.1523/JNEUROSCI.2414-05.2005.
- [105] G. Jordan and J. D. Mollon, ‘A study of women heterozygous for colour deficiencies’, *Vision Res.*, vol. 33, no. 11, pp. 1495–1508, Jul. 1993, doi: 10.1016/0042-6989(93)90143-K.
- [106] S. K. Shevell and F. A. A. Kingdom, ‘Color in Complex Scenes’, *Annu. Rev. Psychol.*, vol. 59, no. 1, pp. 143–166, Jan. 2008, doi: 10.1146/annurev.psych.59.103006.093619.
- [107] Z. O’Connor, ‘Colour psychology and colour therapy: Caveat emptor’, *Color Res. Appl.*, vol. 36, no. 3, pp. 229–234, Jun. 2011, doi: 10.1002/col.20597.
- [108] A. J. Elliot and M. A. Maier, ‘Color Psychology: Effects of Perceiving Color on Psychological Functioning in Humans’, *Annu. Rev. Psychol.*, vol. 65, no. 1, pp. 95–120, Jan. 2014, doi: 10.1146/annurev-psych-010213-115035.
- [109] F. R. Carvalho, P. Moors, J. Wagemans, and C. Spence, ‘The Influence of Color on the Consumer’s Experience of Beer’, *Front. Psychol.*, vol. 8, p. 2205, Dec. 2017, doi: 10.3389/fpsyg.2017.02205.
- [110] J. W. V. Goethe, *Zur Farbenlehre*. J.G. Cotta’schen Buchhandlung, 1810. doi: 10.5479/sil.414424.39088007009129.
- [111] L.-C. Ou, M. R. Luo, A. Woodcock, and A. Wright, ‘A study of colour emotion and colour preference. Part III: Colour preference modeling’, *Color Res. Appl.*, vol. 29, no. 5, pp. 381–389, Oct. 2004, doi: 10.1002/col.20047.
- [112] L. I. Labrecque and G. R. Milne, ‘Exciting red and competent blue: the importance of color in marketing’, *J. Acad. Mark. Sci.*, vol. 40, no. 5, pp. 711–727, Sep. 2012, doi: 10.1007/s11747-010-0245-y.
- [113] M. M. Aslam, ‘Are You Selling the Right Colour? A Cross-cultural Review of Colour as a Marketing Cue’, *J. Mark. Commun.*, vol. 12, no. 1, pp. 15–30, Mar. 2006, doi: 10.1080/13527260500247827.
- [114] F. Birren, *Color psychology and color therapy: a factual study of the influence of color on human life*. Secaucus, N.J: Citadel Press, 1961.

- [115] N. Hagemann, B. Strauss, and J. Leißing, ‘When the Referee Sees Red ...’, *Psychol. Sci.*, vol. 19, no. 8, pp. 769–771, Aug. 2008, doi: 10.1111/j.1467-9280.2008.02155.x.
- [116] R. Küller, S. Ballal, T. Laike, B. Mikellides, and G. Tonello, ‘The impact of light and colour on psychological mood: a cross-cultural study of indoor work environments’, *Ergonomics*, vol. 49, no. 14, pp. 1496–1507, Nov. 2006, doi: 10.1080/00140130600858142.
- [117] D. Lakens, D. A. Fockenberg, K. P. H. Lemmens, J. Ham, and C. J. H. Midden, ‘Brightness differences influence the evaluation of affective pictures’, *Cogn. Emot.*, vol. 27, no. 7, pp. 1225–1246, Nov. 2013, doi: 10.1080/02699931.2013.781501.
- [118] R. Mehta and R. (Juliet) Zhu, ‘Blue or Red? Exploring the Effect of Color on Cognitive Task Performances’, *Science*, vol. 323, no. 5918, pp. 1226–1229, Feb. 2009, doi: 10.1126/science.1169144.
- [119] S. Singh, ‘Impact of color on marketing’, *Manag. Decis.*, vol. 44, no. 6, pp. 783–789, Jul. 2006, doi: 10.1108/00251740610673332.
- [120] S. E. Palmer, K. B. Schloss, Z. Xu, and L. R. Prado-León, ‘Music–color associations are mediated by emotion’, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol. 110, no. 22, pp. 8836–8841, May 2013, doi: 10.1073/pnas.1212562110.
- [121] A. J. Elliot, M. A. Maier, A. C. Moller, R. Friedman, and J. Meinhardt, ‘Color and psychological functioning: The effect of red on performance attainment.’, *J. Exp. Psychol. Gen.*, vol. 136, no. 1, pp. 154–168, Feb. 2007, doi: 10.1037/0096-3445.136.1.154.
- [122] R. Priluck Grossman and J. Z. Wisenblit, ‘What we know about consumers’ color choices’, *J. Mark. Pract. Appl. Mark. Sci.*, vol. 5, no. 3, pp. 78–88, Jun. 1999, doi: 10.1108/EUM0000000004565.
- [123] Z. O’Connor, ‘Colour, contrast and gestalt theories of perception: The impact in contemporary visual communications design’, *Color Res. Appl.*, vol. 40, no. 1, pp. 85–92, Feb. 2015, doi: 10.1002/col.21858.
- [124] L. Holtzschue, *Understanding color: an introduction for designers*, 3rd ed. Hoboken: Wiley, 2006.
- [125] J. Piaget, ‘Part I: Cognitive development in children: Piaget development and learning’, *J. Res. Sci. Teach.*, vol. 2, no. 3, pp. 176–186, Sep. 1964, doi: 10.1002/tea.3660020306.
- [126] G. A. M. Derefeldt, J.-P. Menu, and T. Swartling, ‘Cognitive aspects of color’, presented at the IS&T/SPIE’s Symposium on Electronic Imaging: Science & Technology, B. E. Rogowitz and J. P. Allebach, Eds., San Jose, CA, Apr. 1995, pp. 16–24. doi: 10.1117/12.207550.
- [127] D. T. Lindsey and A. M. Brown, ‘World Color Survey color naming reveals universal motifs and their within-language diversity’, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol. 106, no. 47, pp. 19785–19790, Nov. 2009, doi: 10.1073/pnas.0910981106.
- [128] D. Purves, B. Lotto, and T. Polger, ‘Color Vision and the Four-Color-Map Problem’, *J. Cogn. Neurosci.*, vol. 12, no. 2, pp. 233–237, Mar. 2000, doi: 10.1162/089892900562011.

7. PRILOZI

Prilog 1. Popis tablica

Tablica 1: Usporedba regije 1 i regije 2 (parovi boja)	86
Tablica 2: Usporedba regije 1 i regije 3 (parovi boja)	86
Tablica 3: Usporedba regije 1 i regije 4 (parovi boja)	87
Tablica 4: Usporedba regije 1 i regije 5 (parovi boja)	87
Tablica 5: Usporedba regije 2 i regije 3 (parovi boja)	87
Tablica 6: Usporedba regije 2 i regije 4 (parovi boja)	88
Tablica 7: Usporedba regije 2 i regije 5 (parovi boja)	88
Tablica 8: Usporedba regije 3 i regije 4 (parovi boja)	89
Tablica 9: Usporedba regije 3 i regije 5 (parovi boja)	89
Tablica 10: Usporedba regije 4 i regije 5 (parovi boja)	89
Tablica 11: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 1 (parovi boja)	90
Tablica 12: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 2 (parovi boja)	90
Tablica 13: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 3 (parovi boja)	91
Tablica 14: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 4 (parovi boja)	91
Tablica 15: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 5 (parovi boja)	92
Tablica 16: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 2 (parovi boja)	93
Tablica 17: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 3 (parovi boja)	93
Tablica 18: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 4 (parovi boja)	94
Tablica 19: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 5 (parovi boja)	94
Tablica 20: Usporedba regije 1 i regije 2 (trojke boja)	95
Tablica 21: Usporedba regije 1 i regije 3 (trojke boja)	95
Tablica 22: Usporedba regije 1 i regije 4 (trojke boja)	96
Tablica 23: Usporedba regije 1 i regije 5 (trojke boja)	96
Tablica 24: Usporedba regije 2 i regije 3 (trojke boja)	97
Tablica 25: Usporedba regije 2 i regije 4 (trojke boja)	97
Tablica 26: Usporedba regije 2 i regije 5 (trojke boja)	98
Tablica 27: Usporedba regije 3 i regije 4 (trojke boja)	98
Tablica 27: Usporedba regije 3 i regije 5 (trojke boja)	99
Tablica 28: Usporedba regije 4 i regije 5 (trojke boja)	99
Tablica 29: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 1 (trojke boja)	100
Tablica 30: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 2 (trojke boja)	100

Tablica 31: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 3 (trojke boja)....	101
Tablica 32: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 4 (trojke boja)....	101
Tablica 33: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 5 (trojke boja)....	101
Tablica 34: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 2 (trojke boja).....	102
Tablica 34: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 3 (trojke boja).....	103
Tablica 35: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 4 (trojke boja).....	103
Tablica 36: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 5 (trojke boja).....	104
Tablica 37: Usporedba regije 1 i regije 2 (četvorke boja).....	104
Tablica 38: Usporedba regije 1 i regije 3 (četvorke boja).....	105
Tablica 39: Usporedba regije 1 i regije 2 (četvorke boja).....	105
Tablica 40: Usporedba regije 1 i regije 5 (četvorke boja).....	105
Tablica 41: Usporedba regije 2 i regije 3 (četvorke boja).....	106
Tablica 42: Usporedba regije 2 i regije 4 (četvorke boja).....	106
Tablica 43: Usporedba regije 2 i regije 5 (četvorke boja).....	107
Tablica 44: Usporedba regije 3 i regije 4 (četvorke boja).....	107
Tablica 45: Usporedba regije 3 i regije 5 (četvorke boja).....	107
Tablica 46: Usporedba regije 4 i regije 5 (četvorke boja).....	108
Tablica 47: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 1 (četvorke boja)	108
Tablica 48: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 1 (četvorke boja)	109
Tablica 49: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 3 (četvorke boja)	109
Tablica 50: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 4 (četvorke boja)	110
Tablica 51: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 5 (četvorke boja)	110
Tablica 52: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 2 (četvorke boja).....	111
Tablica 53: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 4 (četvorke boja).....	112
Tablica 54: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 4 (četvorke boja).....	112
Tablica 55: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 5 (četvorke boja).....	113
Tablica 56: Usporedba regije 1 i regije 1 (2x2)	113
Tablica 57: Usporedba regije 1 i regije 3 (2x2)	114
Tablica 58: Usporedba regije 1 i regije 4 (2x2)	114

Tablica 59: Usporedba regije 1 i regije 5 (2x2)	114
Tablica 60: Usporedba regije 2 i regije 3 (2x2)	115
Tablica 61: Usporedba regije 2 i regije 4 (2x2)	115
Tablica 62: Usporedba regije 2 i regije 5 (2x2)	116
Tablica 63: Usporedba regije 3 i regije 4 (2x2)	116
Tablica 64: Usporedba regije 3 i regije 5 (2x2)	117
Tablica 65: Usporedba regije 4 i regije 5 (2x2)	117
Tablica 66: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 1 (2x2)	118
Tablica 67: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 2 (2x2)	118
Tablica 68: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 3 (2x2)	118
Tablica 69: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 4 (2x2)	119
Tablica 70: Usporedba podataka urbanog i ruralnog stanovništva u regiji 5 (2x2)	119
Tablica 71: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 2 (2x2)	120
Tablica 72: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 3 (2x2)	121
Tablica 73: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 4 (2x2)	121
Tablica 74: Usporedba ispitanika koji su odrastali u regiji 5 (2x2)	122

Prilog 2. Popis slika

Slika 1. Prikaz kombinacija boja urbanog i ruralnog pejzaža	10
Slika 2. Struktura mozga	12
Slika 3. Vidljivi dio elektromagnetskog spektra	21
Slika 4. Mehanizam generiranja slike u retini	29
Slika 5. Distribucija čunjića u retini oka	33
Slika 6. X-Rite ColorChecker	62

8. ŽIVOTOPIS

Teo Žeželj, mag. ing. techn. graph., rođen je 13. veljače 1987. godine u Zagrebu. Po završetku osnovne te srednje škole 2005. godine upisuje studij politologije na Sveučilištu u Zagrebu Fakultetu Političkih znanosti na kojem studira do 2009. godine kada upisuje sveučilišni preddiplomski studij grafičke tehnologije (smjer tehničko-tehnološki) na Sveučilištu u Zagrebu Grafičkom fakultetu. Preddiplomski studij završava 2012. godine obranivši završni rad pod naslovom „Rješavanje problema unutarnjeg transporta u grafičkom poduzeću“. Diplomski studij nastavlja na Grafičkom fakultetu koji privodi kraju 2014. godine kada brani diplomski rad pod naslovom „Utjecaj promjene formata zapisa na tehničke karakteristike digitalne portretne fotografije“.

Još za vrijeme studija radi kao grafički urednik stomatološkog časopisa Sonda u razdoblju od 2011. do 2016. godine, 2013. godine na lokalnim je izborima izabran na dužnost vijećnika u Vijeću gradske četvrti Podsljeme te tu dužnost obnaša do 2017. godine. S obzirom na mnoštvo različitih interesa sudjelovao je u strateškom planiranju, grafičkom oblikovanju te provedbi većeg broj političkih kampanja za lokalne, parlamentarne i predsjedničke izbore u Republici Hrvatskoj. Godine 2015. radi se u Socijaldemokratskoj partiji Hrvatske, na mjestu stručnog suradnika u Tajništvu, obavljajući poslove iz područja grafičkih komunikacija i odnosa s javnošću. Iste godine se zapošljava na Sveučilištu u Zagrebu Grafičkom fakultetu na radnom mjestu asistenta.

Profesionalni i znanstveni interesi uključuju fotografiju i primjena fotografije kao vizualnog odnosno medija, psihološki aspekti grafičkog dizajna i grafičkih komunikacija općenito. Javno komuniciranje, vizualna politička komunikacija, javne politike, znanstvena diplomacija također predstavljaju interese pristupnika Tea Žeželja.

8.1 Popis objavljenih radova

Znanstveni radovi u zbornicima skupova

Ćutić, Darija; Mikota, Miroslav; Žeželj, Teo // ZACRNJENJA GRAYSCALE ZAPISA KONVERTIRANOG RGB ZAPISA FOTOGRAFSKE SLIKE // PRINTING&DESIGN2019 // Žiljak Gršić, Jana (ur.); Zagreb: Fotosoft d.o.o., 2019. str. 128-135. (<https://www.bib.irb.hr/1137886>) (predavanje, međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni)

Pavlović, Ivana; Mikota, Miroslav; Ptiček, Petra; Žeželj, Teo // ISTRAŽIVANJA UTJECAJA MALIH PROMJENA VRIJEDNOSTI RGB KANALA NA FOTOGRAFSKU REPRODUKCIJU BOJE LJUDSKE KOŽE // 20th International Conference on Materials MATRIB 2019 / Šolić, Sanja ; Schauerl, Zdravko ; Pugar, Daniel (ur.); Vela Luka, Hrvatska, 2019. str. 246-246 (predavanje, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni)

Bosančić, Željko; Žeželj, Teo; Mikota, Miroslav; Lazić, Ladislav // THE INFLUENCE OF BACKGROUND COLOR CHANGE ON THE AVERAGE COLOR CHANGE IN BIOMETRIC PORTRAIT PHOTOGRAPHY // MATRIB 2017 Materials, tribology, recycling / Šolić, Sanja (ur.); Koprivnica: University North/Sveučilište Sjever, 2017. str. 19-23 (predavanje, domaća recenzija, cjeloviti rad (in extenso), ostalo)

Maričević, Marko; Žeželj, Teo; Mikota, Miroslav; Žiljak Stanimirović, Ivana // STRUKTURALNA FORENZIČKA ANALIZA JPEG ZAPISA FOTOGRAFSKE SLIKE // Proceedings of the International Conference MATRIB 2016 / Žmak, Irena ; Aleksandrov Fabijanić, Tamara ; Ćorić Danko (ur.); Vela Luka, Hrvatska: Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju, 2016. str. 210-217 (poster, međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni)

Bolanča Mirković, Ivana; Mikota, Miroslav; Žeželj, Teo; Svilar, Nika // ECOLOGICAL ACCEPTABLE LOGO IN MULTIMEDIA ENVIRONMENT // International conference Materials, tribology, recycling 2016 / Žmak, Irena ; Fabijanić Aleksandrov, Tamra ; Ćorić, Danko (ur.); Zagreb: Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju, 2016. str. 34-42 (poster, međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni)

Žeželj, Teo; Mikota, Miroslav; Tomiša, Mario; Maričević, Marko // THE DEGRADATION OF PHOTOGRAPHIC IMAGE BY CHANGING THE COMPRESSION AND FILE FORMAT // Proceedings of the 17th International Conference MATRIB 2016 / Žmak, Irena; Aleksandrov Fabijanić, Tamara ; Ćorić, Danko (ur.); Zagreb: Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju, 2016. str. 458-463 (predavanje, međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni)

Bolanča Mirković, Ivana; Mikota, Miroslav; Žeželj, Teo; Svilar, Nika // ECOLOGICAL ACCEPTABLE LOGO IN MULTIMEDIA ENVIRONMENT // International conference Materials, tribology, recycling 2016 / Žmak, Irena ; Fabijanić Aleksandrov, Tamra ; Ćorić, Danko (ur.); Zagreb: Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju, 2016. str. 34-42 (poster, međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni)

Žeželj, Teo; Rončević, Ante; Mikota, Miroslav // FOTOGRAFIJA KAO ELEMENT KAMPANJE NA DRUŠTVENIM MREŽAMA // 20. Međunarodna konferencija tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija, Blaž Baromić 2016 / Mikota, Miroslav (ur.); Senj: Hrvatsko društvo grafičara, Hrvatska, 2016. str. 74-74 (predavanje, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni)

Žeželj, Teo; Matijević, Mile; Pap, Klaudio; Mikota, Miroslav // WEBP AS A NEW TREND IN FILEFORMATS FOR DIGITAL PHOTOGRAPHY // Zbornik radova - MATRIB 2015 / Ćorić, Danko; Žmak, Irena (ur.); Zagreb: Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju, 2015. str. 389-396 (predavanje, međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni)