

# Model grafičkog znakovnog sustava za osobe sa složenim komunikacijskim potrebama

---

**Dolić, Jurica**

**Doctoral thesis / Doktorski rad**

**2014**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:980363>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-04**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAFIČKI FAKULTET

Jurica Dolić

**MODEL GRAFIČKOGA ZNAKOVNOGA  
SUSTAVA ZA OSOBE SA SLOŽENIM  
KOMUNIKACIJSKIM POTREBAMA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2014.



University of Zagreb

FACULTY OF GRAPHIC ARTS

Jurica Dolić

**MODEL OF GRAPHIC SIGN SYSTEM  
FOR PEOPLE WITH COMPLEX  
COMMUNICATION NEEDS**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2014.



Sveučilište u Zagrebu

GRAFIČKI FAKULTET

Jurica Dolić

**MODEL GRAFIČKOGA ZNAKOVNOGA  
SUSTAVA ZA OSOBE SA SLOŽENIM  
KOMUNIKACIJSKIM POTREBAMA**

DOKTORSKI RAD

Mentori: Izv. prof. dr. sc. Jesenka Pibernik  
Izv. prof. dr. sc. Željka Car

Zagreb, 2014.





University of Zagreb

FACULTY OF GRAPHIC ARTS

Jurica Dolić

**MODEL OF GRAPHIC SIGN SYSTEM  
FOR PEOPLE WITH COMPLEX  
COMMUNICATION NEEDS**

DOCTORAL THESIS

Supervisors: Izv. prof. dr. sc. Jesenka Pibernik  
Izv. prof. dr. sc. Željka Car

Zagreb, 2014.

**UDK:** 7.045:316.74:004.7

**Znanstveno područje:** Tehničke znanosti

**Znanstveno polje:** Grafička tehnologija

**Institucija u kojoj je izrađen rad:** Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet

**Voditelji rada:** izv. prof. dr. sc. Jesenka Pibernik, izv. prof. dr. sc. Željka Car

**Broj stranica:** 265

**Broj slika:** 54

**Broj tablica:** 104

**Broj literaturnih referenci:** 233

**Jezik teksta:** Hrvatski

**Jezik sažetka:** Hrvatski i Engleski

**Povjerenstvo za ocjenu doktorske disertacije:**

1. prof. dr. sc. Diana Milčić, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, predsjednica
2. izv. prof. dr. sc. Jesenka Pibernik, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, mentorica
3. izv. prof. dr. sc. Željka Car, Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, mentorica
4. izv. prof. dr. sc. Maja Brozović, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, članica
5. prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić, Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje, vanjska članica

**Povjerenstvo za obranu doktorske disertacije:**

1. prof. dr. sc. Diana Milčić, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, predsjednica,
2. izv. prof. dr. sc. Jesenka Pibernik, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, mentorica,
3. izv. prof. dr. sc. Željka Car, Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, mentorica,
4. izv. prof. dr. sc. Maja Brozović, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, članica,
5. prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić, Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje, vanjska članica,
6. izv. prof. dr. sc. Lidija Mandić, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, zamjenska članica,
7. izv. prof. dr. sc. Nina Knešaurek, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, zamjenska članica,

**Datum obrane doktorske disertacije:** 27. lipanj 2014.

**Mjesto obrane doktorske disertacije:** Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet

**Povjerenstvo za obranu doktorske disertacije donijelo je sljedeću odluku:**

„Obranio– jednoglasnom odlukom Povjerenstva“

*Iskreno hvala prof. dr. sc. Jesenki Pibernik i prof. dr. sc. Željki Car na mentorstvu i nesebičnoj pomoći tijekom izrade ovog doktorskog rada. Svojim strpljenjem i brojnim savjetima pomogle su u savladavanju mnogih naizgled nepremostivih prepreka.*

*Zahvaljujem članovima povjerenstva prof. dr. sc. Diani Milčić, prof. dr. sc. Tanji Jurčević Lulić i prof. dr. sc. Maji Brozović na potpori i sugestijama usmjerenima na podizanje znanstvene razine rada.*

*Ovom prilikom želim zahvaliti i svim članovima projekta „Kompetencijska mreža zasnovana na informacijsko-komunikacijskim tehnologijama za inovativne usluge namijenjene osobama sa složenim komunikacijskim potrebama (ICT-AAC)“ na ugodnoj suradnji. Posebno zahvaljujem prof. dr. sc. Vesni Vlahović-Štetić s Filozofskog fakulteta te dr. sc. Jasmini Ivšac Pavliši i Maji Peretić iz Centra za edukacijsku rehabilitaciju na potpori i pomoći u provođenju istraživanja u kojima su sudjelovale osobe s razvojnim odstupanjima.*

*Iskreno hvala prof. dr. sc. Lidiji Mandić i dr. sc. Davoru Donevskom koji su svojim savjetima pomogli otkloniti brojne nedoumice. Osobito zahvaljujem dr. sc. Anti Poljičku na pomoći i brojnim savjetima te stalnoj spremnosti na diskusiju.*

*Veliko hvala majci Boženki i ocu Branku koji su me svojom ljubavlju i podrškom pratili kroz život i obrazovanje. Bez njih ne bi bilo ovog rada. Hvala braći Lukši i Andri koji su uvijek s interesom pratili moj napredak. Najveće hvala mojoj supruzi Latici na bezuvjetnoj potpori, ljubavi i razumijevanju koje mi je pružala tijekom izrade ovog rada te maloj Zari koja je strpljivo čekala da njen otac doktorira.*

# Sažetak

U okviru rada predložen je model prilagodljivoga grafičkoga znakovnoga sustava za osobe sa složenim komunikacijskim potrebama, namijenjen primjeni u aplikacijama za suvremene pokretne uređaje. U okviru rada ostvareni su sljedeći znanstveni doprinosi:

Pomoću teorijske analize rezultata dosadašnjih istraživanja definirano je 17 smjernica za oblikovanje prilagodljivih grafičkih znakova za potpomognutu komunikaciju (SGZ) i 26 smjernica za oblikovanje prilagodljivih grafičkih korisničkih sučelja za potpomognutu komunikaciju (SKS). Empirijski je istražen utjecaj stupnja vizualne složenosti i različitih metoda stilizacije grafičkih znakova na preferencije korisnika s razvojnim odstupanjima. Empirijskim istraživanjem reprodukcije boja na zaslonima 20 različitih suvremenih pokretnih uređaja ustanovljeno je značajno odstupanje evaluiranih uređaja od standardnog sRGB modela. Predložen je proces izgradnje modela standardnoga zaslona pokretnog uređaja utemeljenoga na empirijskim podacima za više različitih uređaja. Nakon evaluacije pet relevantnih metoda karakterizacije zaključeno je da je najprecizniji model izgrađen metodom poliharmonijskoga splajna. Proces generiranja i optimizacije paleta boja kojim se koristi izgrađeni model ispitan je na trima paletama s različitim faktorima segmentacije i područjima optimizacije. Na primjeru razvoja aplikacije „Komunikator +“ metodom studije slučaja predložen je i evaluiran model iterativnog procesa razvoja aplikacija koji sadrži prilagođene metode i aktivnosti karakteristične za pristup dizajnu usmjerenom korisniku.

**Ključne riječi:** potpomognuta komunikacija, grafičko korisničko sučelje, karakterizacija izlaznih uređaja, dizajn usmjeren korisniku.

# Summary

In this thesis a model of adaptive graphical sign system for people with complex communication needs is proposed, intended for use in applications for modern mobile devices. The following scientific contributions are accomplished within the thesis:

Based on theoretical analysis of previous studies, 17 design guidelines for customizable graphical signs used for augmentative and alternative communication (AAC) and 26 design guidelines for AAC adaptive graphical user interfaces were defined. Empirical research was carried out to determine the effect of the degree of visual complexity and different methods of stylization for AAC graphic signs on preferences of users with special needs. Empirical research of display color reproduction on 20 different modern mobile devices has shown that there is a significant deviation from the standard sRGB model. A process for generating a model of standard mobile device display based on empirical data for multiple devices is proposed. After evaluating five relevant characterization methods, it was concluded that the most accurate model is generated by using polyharmonic splines. The process of generating and optimizing color palette based on the generated model was tested on three palettes with various factors of segmentation and optimization areas. A case-study research was carried on the example of the development of „Komunikator+“ application to evaluate a proposed model of an iterative user-centred process for the development of AAC applications.

**Keywords:** alternative and augmentative communication, graphical user interface, output device characterization, user-centered design.

# Sadržaj

<b>1. Uvod</b>	<b>1</b>
1.1 Ciljevi istraživanja i hipoteze .....	4
1.2 Metode istraživanja .....	7
1.3 Struktura rada .....	8
1.5 Nazivlje .....	9
<b>2. Potpomognuta komunikacija pomoću grafičkih znakova</b>	<b>11</b>
2.1 Korisnici potpomognute komunikacije pomoću grafičkih znakova .....	15
2.2 Visokotehnološki uređaji s dinamičkim zaslonom korišteni u PK pomoću grafičkih znakova .....	19
2.3 Uporaba znakovnih sustava za PK iz perspektive hrvatskih korisnika .....	21
2.3.1 Utjecaj kulturoloških razlika u potpomognutoj komunikaciji pomoću grafičkih znakova .....	23
2.4 Povijesni razvoj potpomognute komunikacije pomoću grafičkih znakova .....	24
<b>3. Dizajn sustava za potpomognutu komunikaciju pomoću grafičkih znakova</b>	<b>28</b>
3.1 Uloga grafičkog dizajna u dizajnu interakcija sustava za potpomognutu komunikaciju .....	28
3.2 Zahtjevi uporabljivosti sustava za PK .....	30
3.2.1 Pristupačnost sustava i tehnologija korisnicima PK .....	31
3.3 Smjernice za oblikovanje uporabljivih i pristupačnih sustava za PK .....	33
3.3.1 Model procjene podudaranjem značajki .....	35
3.4 Metode slikovnih prikaza korištenih u sustavima za potpomognutu komunikaciju .....	36
3.5 Grafički znakovi .....	36
3.5.1 Taksonomija grafičkih znakova .....	37
3.5.2 Morfološki elementi grafičkih znakova .....	38

3.6	Prezentacija znakova unutar grafičkih korisničkih sučelja za PK .....	39
3.6.1	Metode vizualne organizacije vokabulara .....	39
3.6.2	Metode reprezentacije vokabulara .....	42
3.7	Principi vizualne kategorizacije grafičkih znakova u sustavima za PK .....	44
3.7.1	Kategorizacija bojom .....	44
3.7.2	Kategorizacija oblikom .....	46
3.8	Prilagodljivost sustava za PK .....	47
<b>4.</b>	<b>Elementi i principi oblikovanja prilagodljivog grafičkog sustava za PK</b> .....	<b>51</b>
4.1	Linijaska struktura .....	51
4.2	Vizualna tekstura .....	53
4.3	Ikoničnost .....	54
4.4	Kanonske pozicije .....	55
4.6	Boja .....	56
4.7	Konzistentnost .....	58
4.8	Metafore .....	59
4.9	Percepcija mogućnosti akcije ( <i>affordances</i> ) .....	60
4.9.1	Generičke reprezentacije .....	62
4.10	Animacija .....	63
4.10.1	Potencijal implementacije animacije radi poboljšanja prezentacije grafičkih znakova za PK .....	63
4.4.2	Potencijal implementacije animacije unutar grafičkog korisničkog sučelja PK usluga .....	64
4.12	Tipografsko oblikovanje .....	65
4.13	Tehnološke karakteristike oblikovanja .....	67
<b>5.</b>	<b>Model prilagodljivoga grafičkoga znakovnoga sustava za osobe sa složenim komunikacijskim potrebama</b> .....	<b>70</b>
5.1	Značajke modela prilagodljivoga grafičkoga znakovnoga sustava za osobe s kompleksnim komunikacijskim potrebama .....	73
5.1.1	Vizualne prilagodbe .....	73
5.1.2	Prostorne prilagodbe .....	76
5.1.3	Temporalne prilagodbe .....	79

5.1.4	Prilagodba u kontekstu osnovnih čimbenika korištenja PK sustava.....	81
5.2	Prednosti i ograničenja predloženog modela.....	83
<b>6.</b>	<b>Određivanje karakteristika vizualne složenosti i stilizacije u oblikovanju znakova na temelju korisničkih preferencija</b>	<b>87</b>
6.1	Cilj istraživanja.....	88
6.2	Ekperimentalni dio.....	90
6.2.1	Metode istraživanja i materijali.....	90
6.2.2	Postupak istraživanja.....	94
6.2.3	Ograničenja istraživanja.....	95
6.3	Rezultati i diskusija.....	96
6.3.1	Analiza preferencija reprezentacija za pojedine setove uzoraka.....	96
6.3.2	Analiza sličnosti u korisničkoj evaluaciji reprezentacija triju pojmova.....	102
6.3.3	Analiza ovisnosti korisničke preferencije o stupnju vizualne složenosti i metodi stilizacije reprezentacija.....	104
<b>7.</b>	<b>Upotreba metoda kolorimetrijske karakterizacije za određivanje reproduksijskih karakteristika standardnog zaslona pokretnog uređaja</b>	<b>117</b>
7.2	Tehnologije zaslona u pokretnim uređajima.....	118
7.2.1	LCD zaslone.....	119
7.2.2	OLED i AMOLED zaslone.....	120
7.3	Prostori boja.....	122
7.3.1	RGB.....	122
7.3.2	HSL.....	123
7.3.3	CIE 1931.....	124
7.3.4	CIE 1976 L*a* b*.....	125
7.3.5	Standard RGB (sRGB).....	125
7.4	ICC profil.....	128
7.5	Modeli karakterizacije izlaznih uređaja.....	129
7.6	Fizikalni modeli karakterizacije.....	129
7.6.1	PLVC.....	130
7.7	Numerički modeli karakterizacije.....	131
7.7.1	Polinomna regresija.....	132
7.7.2	Umjetne neuronske mreže.....	133



7.7.3	Poliharmonijske splajn funkcije .....	135
7.8	Ukupna razlika boja (kolorimetrijska razlika) .....	136
7.9	Problem vjernosti boja na zaslonima pokretnih uređaja .....	138
7.10	Pristup problemu i cilj istraživanja .....	138
7.11	Pregled dosadašnjih istraživanja u području karakterizacije i evaluacije zaslona suvremenih pokretnih uređaja.....	141
7.12	Ograničenja istraživanja .....	142
7.13	Ekperimentalni dio .....	142
7.13.1	Izrada testne karte .....	142
7.13.2	Postupak mjerenja .....	145
7.13.3	Postupak karakterizacije .....	147
7.14	Rezultati i diskusija.....	149
7.14.1	Odstupanje empirijskih podataka od sRGB standarda.....	149
7.14.2	Karakterizacija PLVC metodom.....	153
7.14.3	Karakterizacija upotrebom neuronskih mreža (NM) .....	155
7.14.4	Karakterizacija upotrebom polinomne regresije 2. reda .....	157
7.14.5	Karakterizacija upotrebom polinomne regresije 3. reda .....	159
7.14.6	Karakterizacija upotrebom splajn funkcije .....	161
7.14.7	Usporedba generiranih modela prosječnog uređaja .....	163
<b>8.</b>	<b>Optimizacija paleta boja za reprodukciju na zaslonima pokretnih uređaja</b> .....	<b>167</b>
8.1	Model procesa generiranja i optimizacije palete boja na osnovi najmanjeg odstupanja karakterizacijskog modela standardnoga zaslona pokretnog uređaja.....	169
8.2	Ekperimentalni dio .....	173
8.3	Rezultati i diskusija.....	175
8.3.1	Skup paleta A .....	175
8.3.2	Skup paleta B.....	176
8.3.3	Skup paleta C.....	179
<b>9.</b>	<b>Metodologija izrade prilagodljivih grafičkih znakovnih sustava za potpomognutu komunikaciju namijenjenih suvremenim pokretnim uređajima</b> .....	<b>183</b>

9.1	Dizajn usmjeren korisnicima (UCD) .....	184
9.1.1	Ostale strategije razvoja usmjerenog na korisnike s posebnim potrebama .....	185
9.2	Definiranje UCD procesa razvoja aplikacija utemeljenih na PK .....	189
9.2.1	Prednosti implementacije UCD metoda u procesu razvoja aplikacija za PK .....	189
9.2.2	Izazovi i ograničenja implementacije UCD metoda unutar procesa razvoja aplikacija za PK .....	192
9.3	Metode UCD-a primjenjive unutar procesa razvoja aplikacija za PK .....	194
9.3.1	Izrada prototipova .....	195
9.3.2	Persone .....	197
9.3.3	Scenariji upotrebe .....	199
9.4	Metode evaluacije uporabljivosti unutar UCD procesa za PK .....	199
9.4.1	Metode evaluacije uporabljivosti grafičkih znakova .....	200
9.5	Razvojni tim aplikacija za PK .....	202
9.6	Model UCD procesa za razvoj aplikacija namijenjenih PK .....	206
9.6.1	Aktivnosti planiranja razvoja, profiliranja korisnika i definiranja zahtjeva .....	207
9.6.2	Aktivnosti razvoja i realizacije grafičkih znakova za uporabu u aplikaciji .....	209
9.6.3	Aktivnosti razvoja i realizacije aplikacije .....	210
9.6.4	Aktivnosti nakon distribucije aplikacije .....	213
9.7	Evaluacija modela na primjeru razvoja aplikacije „Komunikator +“ .....	214
9.7.1	Planiranje .....	217
9.7.2	Prikupljanje podataka o korisnicima .....	217
9.7.3	Izrada persona .....	221
9.7.4	Sastanak svih interesnih skupina .....	221
9.7.5	Određivanje funkcijskih zahtjeva i ciljeva uporabljivosti i pristupačnosti aplikacije .....	222
9.7.6	Specifikacija sadržajnih i stilskih odrednica grafičkih znakova .....	222
9.7.7	Definiranje scenarija uporabe .....	223
9.7.8	Razvoj sučelja izradom brzih (papirnatih) prototipova niske i srednje vjernosti prikaza .....	223
9.7.9	Razvoj digitalnog prototipa srednje vjernosti prikaza i pregled sukladnosti smjericama .....	225
9.7.10	Multidisciplinarni pregled interaktivnog i videoprototipa niske vjernosti .....	226
9.7.11	Razvoj digitalnog prototipa visoke vjernosti prikaza i pregled sukladnosti smjericama .....	227
9.7.12	Pregled konzistentnosti prototipa visoke vjernosti .....	227
9.7.13	Multidisciplinarni pregled digitalnog prototipa visoke vjernosti prikaza .....	228
9.7.14	Razvoj funkcionalnog prototipa .....	229

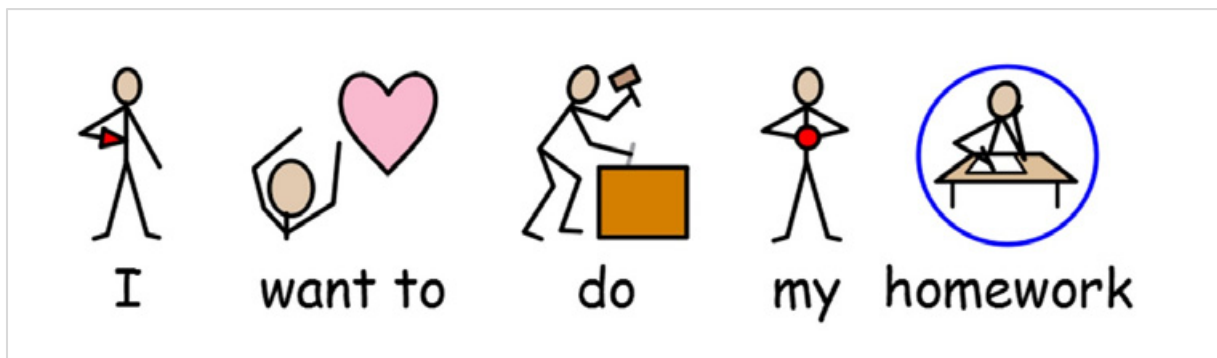
<b>10. Zaključak</b>	<b>230</b>
<b>Popis literature</b>	<b>236</b>
<b>Popis slika</b>	<b>253</b>
<b>Popis tablica</b>	<b>258</b>
<b>Prilozi</b>	<b>266</b>

# 1. Uvod

Razvojem informacijskih i komunikacijskih tehnologija (*Information and communications technology*, ICT) i popularizacijom „pametnih telefona“, tablet računala i ostalih suvremenih pokretnih uređaja, elektronička komunikacija i pristup informacijama prestaju biti povezani s fiksnim lokacijama. U vremenu kada se velik dio društvene interakcije odvija u virtualnom prostoru, u obliku e-pošte, foruma i društvenih mreža, ti suvremeni „stalno povezani“ uređaji omogućuju korisniku obavljanje profesionalnih i privatnih aktivnosti u pokretu, a njihove multimedijalne sposobnosti predstavljaju alat za konzumaciju i kreiranje novih sadržaja. Iako ovaj vid sudjelovanja u društvenim aktivnostima na prvi pogled predstavlja idealnu prigodu da se u njih uključe i osobe s teškoćama u govornoj komunikaciji, odnosno osobe sa složenim komunikacijskim potrebama (SKP), one su još uvijek velikim dijelom isključene iz ove „digitalne revolucije“. Dio ove skupine su i pojedinci koji se za potrebe komunikacije oslanjaju na uporabu grafičkih znakova (Slika 1), često ovisni o svojim analognim pomagalicama ili specijaliziranim uređajima s ograničenom funkcionalnošću i zastarjelom tehnologijom, što ih osuđuje na promatranje uzbudljivih društvenih promjena s margina.

Značajna su nastojanja razvoja tehnologija potpomognute komunikacije (PK) i upotrebe ICT-a kako bi se ostvarila veća pristupačnost suvremenim pokretnim uređajima i uslugama, čime bi se stvorile predispozicije za uključivanje širokog spektra korisnika sa složenim komunikacijskim potrebama među korisnike široko dostupnih pokretnih uređaja. Tako je i Europska unija 2005. godine pokrenula inicijativu „i2010“ u kojoj se promiče „e-Pristupačnost“ s ciljem omogućavanja jednakopravnog pristupa ICT aplikacijama, uslugama i uređajima širokom krugu korisnika [1]. Neupitan je potencijal koji suvremeni pokretni uređaji imaju za korisnike sa složenim komunikacijskim potrebama. Računala i pokretni uređaji takvim su članovima društva u većini slučajeva jedini vid komunikacije. Razvoj tanjih i lakših pokretnih uređaja, s bržim odzivom, kvalitetnijim zaslonima visoke razlučivosti, duljim vremenom autonomije može imati pozitivan utjecaj na komunikacijske performanse pojedinaca s kompleksnim komunikacijskim potrebama, ali i omogućiti im ostvarenje potencijala i u ostalim životnim područjima i aktivnostima, poput lakšeg pristupa informacijama i samostalnog djelovanja. Mogućnost jednostavne proširivosti funkcionalnosti suvremenih pokretnih uređaja pomoću softverskih paketa – aplikacija omogućuje prilagodbu uređaja korisniku sa složenim komunikacijskim potrebama, a da to nema utjecaj na druge korisnike. Stručnjaci i kompanije iz područja potpomognute komunikacije koja je usmjerena prema razvoju i primjeni

komunikacijskih metoda i alata za osobe sa složenim komunikacijskim potrebama, prepoznali su ovaj potencijal te je u posljednje četiri godine u svijetu razvijeno više od sto aplikacija za suvremene pokretne uređaje [2]. Ova hiperprodukcija jeftinih, pristupačnih rješenja naišla je na mnogobrojne kritike [3], [4], koje izražavaju sumnju u kvalitetu i pristupačnost takvih aplikacija ukazujući na manjak istraživanja i upoznatosti njihovih autora s potrebama ciljane populacije i područjem potpomognute komunikacije. Grafičko korisničko sučelje (*graphical user interface*, GUI) od presudnog je značaja za funkcionalnost aplikacija za potpomognutu komunikaciju te ima centralnu ulogu u procesu interakcije korisnika s pokretnim uređajem. Većina sučelja postojećih aplikacija od korisnika traži visoku razinu perceptivnih, kognitivnih i motoričkih vještina, koje često korisnici sa složenim komunikacijskim potrebama nemaju [5]. Stoga se nameće potreba za razvojem kvalitetnijih i fleksibilnijih rješenja kojima bi se nastojalo obuhvatiti veći dio ove populacije.



Slika 1. Primjer računalno generirane poruke sekvencioniranjem grafičkih znakova za PK u programu Widgit Communicate SymWriter

Iako stručnjaci smatraju da bi oblikovanje aplikacija za PK na suvremenim pokretnim uređajima trebalo biti utemeljeno na dostupnim istraživanjima [3], nepostojanje jasnih smjernica proizašlih iz rezultata provedenih istraživanja, ali i iz dostupne literature u području potpomognute komunikacije, grafičkog oblikovanja i dizajna interakcija, otežava dizajnerima i razvijateljima aplikacija za potpomognutu komunikaciju primjenu spoznaja iz ovih područja u procesu razvoja aplikacija. Međutim, zbog velike heterogenosti u mogućnostima korisnika sa složenim komunikacijskim potrebama, uz smjernice je potrebno osigurati i provjeru uporabljivosti s korisnicima aplikacije [6]. Iako je pristup razvoju interaktivnih proizvoda koji

je usmjeren na korisnike i njihove potrebe prisutan od 80-ih godina prošlog stoljeća [7], postoje samo ograničena nastojanja takve prilagodbe, a odnose se na primjenu pojedinih aktivnosti u procesu razvoja rješenja za potpomognutu komunikaciju [8], [9]. No izostala su istraživanja kojima bi se definirao cjelokupni proces razvoja aplikacija za potpomognutu komunikaciju.

Newel i Alm ističu da su za razvoj učinkovitog sustava za potpomognutu komunikaciju potrebna znanja širokog spektra različitih disciplina [10]. Česta je percepcija uloge grafičkog dizajna u kontekstu razvoja ICT usluga kao segmenta koji je zadužen za „uljepšavanje“ korisničkog sučelja u svrhu privlačenja korisnika [11]. Međutim, s obzirom na prirodu komunikacije putem sustava za potpomognutu komunikaciju, vizualna domena predstavlja presudni element funkcionalnosti sustava, a samim time i značajan utjecaj na njegovu pristupačnost i uporabljivost.

Dosadašnja istraživanja u području vizualnih karakteristika grafičkih znakova za potpomognutu komunikaciju bila su usmjerena gotovo isključivo na utjecaj ikoničnosti (transparentnosti) grafičkih reprezentacija na njihovo prepoznavanje, usvajanje i pamćenje [12]–[16]. Ovakav fokus razumljiv je s obzirom na važnost ikoničnosti kao funkcionalnog elementa komunikacije pomoću znakova, međutim nužno je proširiti spektar istraživanja kako bi se ustanovili problemi i ponudila nova, kvalitetnija rješenja. Tek su pojedini autori bili usmjereni na istraživanje ostalih čimbenika vizualnog oblikovanja koji utječu na uporabljivost sustava za PK, poput Patel et al [17] u čijem se radu uspoređuju semiološki i sintaktički principi vizualne komunikacije rabljeni za ostvarivanje značenja zadanih pojmova unutar jednog skupa grafičkih znakova za PK s onima korištenima u grafičkom dizajnu i umjetnosti. Međutim, dosadašnjim istraživanjima grafičkih znakova nije ustanovljen utjecaj oblikovanja na preferencije korisnika sustava za potpomognutu komunikaciju. U svojoj analizi trenutnog stanja i budućih smjerova istraživanja u području PK tehnologija za djecu, Light i Drager [18] ističu potrebu za daljnjim istraživanjem utjecaja vizualnih elemenata oblikovanja znakova i sučelja PK usluga radi povećavanja njihove privlačnosti.

Jedan od važnih aspekata prikaza grafičkih znakova na pokretnim uređajima jest i vjernost reprodukcije boja. Zbog izostanka mogućnosti kalibracije i implementacije ICC (*International Color Consortium*) profila unutar operacijskih sustava pokretnih uređaja, prigodom odabira palete boja za oblikovanje grafičkih znakova i grafičkog korisničkog sučelja dizajner se može osloniti jedino na pretpostavku da su proizvođači uređaja karakteristike reprodukcije zaslona nastojali uskladiti sa sRGB prostorom boja, koji predstavlja standardni model rabljen za prikaz

boja na širokom spektru uređaja te za reprodukciju internetskog sadržaja [19]. Međutim, uvođenjem i popularizacijom novih tehnologija ravnih zaslona u pokretne uređaje, poput AMOLED emisijskih zaslona te razvojem tehnologije LCD zaslona, upitno je oslanjanje na upotrebu standardiziranog sRGB prostora boja, razvijenog kako bi opisao karakteristike reprodukcije prosječnog zaslona zastarjele CRT tehnologije, za definiranje paleta boja grafičkih znakova za potpomognutu komunikaciju. Postojeća istraživanja u ovom području ukazuju na značajna odstupanja kolorimetrijskih karakteristika LCD i AMOLED zaslona ugrađenih u pokretne uređaje [20], [21], međutim nije ustanovljeno koliko je njihovo odstupanje od sRGB modela.

Iz svega navedenoga vidljivo je da je razvoj ICT usluga za potpomognutu komunikaciju na pokretnim uređajima široke dostupnosti novo i uzbudljivo područje, koje nudi prostor za unapređenje postojećih sustava potpomognute komunikacije, kao i prostor za razvoj novih, suvremenijih rješenja. Ovaj rad nastoji se nadovezati na već postojeće spoznaje i ponuditi doprinos s gledišta grafičkog dizajna i tehnologije razvojem modela prilagodljivog sustava za potpomognutu komunikaciju pomoću grafičkih znakova na suvremenim pokretnim uređajima. Predloženim modelom omogućio bi se razvoj aplikacija za potpomognutu komunikaciju koje bi bile pristupačne i uporabljive širem spektru korisnika sa složenim komunikacijskim potrebama te bi imale optimiziranu reprodukciju na različitim pokretnim uređajima.

## **1.1 Ciljevi istraživanja i hipoteze**

Osnovni cilj istraživanja u okviru disertacije jest izrada modela prilagodljivog sustava za potpomognutu komunikaciju grafičkim znakovima prilagođenog uporabi na pokretnim uređajima i omogućavanje njegove primjene na razvoj aplikacija za potpomognutu komunikaciju. Iako će istraživanje biti usmjereno prvenstveno na hrvatske korisnike ranije životne dobi, model će biti univerzalno primjenjiv na razvoj aplikacija za osobe sa složenim komunikacijskim potrebama.

Kako bi model bio primjenjiv za unapređenje postojećih i izradu novih ICT usluga za osobe sa složenim komunikacijskim potrebama, potrebno je ustanoviti smjernice oblikovanja grafičkih znakova i grafičkog korisničkog sučelja. Zbog složenosti problema potpomognute komunikacije pomoću grafičkih znakova i izazova koje ti problemi predstavljaju u razvoju aplikacija za populaciju sa složenim komunikacijskim potrebama, smjernicama je potrebno

obuhvatiti sustav iz nekoliko različitih gledišta: potpomognute komunikacije, ljudskih faktora, grafičkog dizajna i dizajna interakcija, tehnoloških karakteristika pokretnih uređaja i značajki reprodukcije na njihovim zaslonima.

Budući da same smjernice nisu dovoljne da bi se osigurala uporabljivost aplikacija na suvremenim pokretnim uređajima za osobe sa složenim komunikacijskim potrebama [6], [22], potrebno je definirati proces razvoja aplikacija namijenjenih potpomognutoj komunikaciji koji će omogućiti iterativni razvoj i evaluacije uporabljivosti s korisnicima za vrijeme procesa razvoja aplikacija.

Zbog važne uloge vizualne privlačnosti u motivaciji i prihvaćanju interakcijskih sustava kod djece [23], kao i kod percipirane razine uporabljivosti [24], potrebno je empirijskim istraživanjem utvrditi kako oblikovanje grafičkih znakova namijenjenih potpomognutoj komunikaciji, koji predstavljaju primarni vizualni sadržaj grafičkih korisničkih sučelja za osobe sa složenim komunikacijskim potrebama, utječe na preferencije korisnika.

S obzirom na nove tehnologije zaslona koji se ugrađuju u pokretne uređaje potrebno je empirijskim istraživanjem utvrditi u kojoj mjeri reprodukcija boja na zaslonima pokretnih uređaja odstupa od standardnog prostora boja, sRGB, i na koji je način moguće odrediti paletu boja adaptivnog sustava za potpomognutu komunikaciju koja će imati optimalne karakteristike vjernosti prikaza boja s obzirom na eventualne razlike u njihovoj reprodukciji na različitim uređajima.

S obzirom na ciljeve istraživanja postavljaju se sljedeća istraživačka pitanja:

- Na koji način unaprijediti postojeće znakovne sustave za potpomognutu komunikaciju na suvremenim pokretnim uređajima kako bi bili prikladni za što širi krug korisnika?
- Koje su preferencije korisnika u pogledu složenosti grafičkih znakova za potpomognutu komunikaciju?
- Koje su preferencije korisnika u pogledu likovnog stila grafičkih znakova za potpomognutu komunikaciju?
- U kolikoj mjeri postojeći standardni prostor boja uspješno opisuje reproduksijske karakteristike zaslona suvremenih pokretnih uređaja?
- Je li novim pristupom karakterizaciji zaslona suvremenih pokretnih uređaja moguće odrediti ponašanje „standardnog zaslona“ koje će preciznije opisivati reprodukciju na pokretnim uređajima u odnosu na postojeći standardni prostor boja te na osnovi



dobivenih rezultata razviti paletu boja koja će biti optimizirana za prikaz na zaslonima različitih pokretnih uređaja?

- Je li upotrebom principa grafičkog dizajna za pokretne uređaje, postojećih istraživanja u području potpomognute komunikacije, dizajna interakcija, psihologije percepcije i rezultata empirijskih istraživanja oblikovanja znakova i karakteristika reprodukcije zaslona pokretnih uređaja moguće definirati sveobuhvatne smjernice oblikovanja grafičkih znakova i grafičkih korisničkih sučelja za usluge namijenjene potpomognutoj komunikaciji za pokretne uređaje?
- Je li primjena postojećih načela dizajna usmjerenog korisnicima adekvatna za primjenu modela prilagodljivoga grafičkoga znakovnoga sustava za osobe sa složenim komunikacijskim potrebama u procesu razvoja aplikacija za suvremene pokretne uređaje ili je načela potrebno proširiti?

Na temelju ciljeva istraživanja postavlja se glavna hipoteza:

H1. *Na temelju principa proizašlih iz primjene metoda dizajna usmjerenog korisnicima i iz kolorimetrijske karakterizacije moguće je izraditi novi model prilagodljivog sustava za potpomognutu komunikaciju grafičkim znakovima prilagođen uporabi na pokretnim uređajima.*

Pomoćne hipoteze jesu:

H2. *Grafički znakovni sustavi s prilagodljivom reprodukcijom poboljšavaju uporabljivost ICT usluga na pokretnim uređajima osobama sa složenim komunikacijskim potrebama.*

H3. *Specificiranjem elemenata grafičkog korisničkog sučelja kao dijela novog PK sustava potrebno je osigurati ujednačenost oblikovanja i reprodukcije sustava.*

H4. *Ciljani korisnici preferiraju reprezentacije znakova visoke vizualne složenosti i slobodne metode stilizacije.*

H5. *Postojeći standardizirani prostori boja ne opisuju na adekvatan način ponašanje zaslona na pokretnim uređajima. Stoga je potreban nov pristup karakterizaciji zaslona na pokretnim uređajima s ciljem specifikacije kolorističkih elemenata oblikovanja sustava.*

## 1.2 Metode istraživanja

Smjernice za oblikovanje adaptivnog sustava grafičkih znakova i elemenata korisničkog sučelja ICT usluga za potpomognutu komunikaciju namijenjenih suvremenim pokretnim uređajima bit će utemeljene na sljedećim metodama:

- teorijskoj analizi učinka dosadašnjih rezultata istraživanja u području percepcije, oblikovanja i uporabe grafičkih znakova i grafičkih korisničkih sučelja na oblikovanje znakova i elemenata grafičkog korisničkog sučelja za potpomognutu komunikaciju,
- komparativnoj analizi pet popularnih postojećih skupova grafičkih znakova za potpomognutu komunikaciju: Picture Communication Symbols (PCS), Widgit Symbols, Symbolstix, ARASAAC i Sclera Pictos,
- evaluaciji četiriju postojećih aplikacija za potpomognutu komunikaciju: Proloquo2go, Avaz, MyFirstAAC i Tobii Sono Flex.

Na osnovi utvrđenih smjernica predložit će se novi prilagodljivi model grafičkoga znakovnoga sustava za osobe sa složenim komunikacijskim potrebama. Kako bi se za njih osigurala primjena modela u sklopu razvoja uporabljivih aplikacija, provedena su sljedeća istraživanja empirijskim putem:

- istraživanje utjecaja vizualne složenosti i stila oblikovanja grafičkih znakova za PK na preferencije korisnika,
- istraživanje vjernosti reprodukcije boja na zaslonima suvremenih pokretnih uređaja i optimizacije palete boja za reprodukciju na suvremenim pokretnim uređajima,
- istraživanje primjene principa dizajna usmjerenog korisniku na razvoj aplikacija za potpomognutu komunikaciju.

Za istraživanje utjecaja vizualne složenosti i stila uporabljen je eksploratorni pristup prezentacije podražaja koji su razvrstani u 3 skupine po 9 grafičkih reprezentacija. Kao metoda evaluacije primijenjena je prilagođena metoda višestrukih podražaja bez zamjene. Za statističku analizu podataka uporabljen je hi-kvadrat test za utvrđivanje statistički značajne razlike u odabirima i Spearmanov test za utvrđivanje postojanja korelacije.

Istraživanje vjernosti reprodukcije boja na zaslonima suvremenih pokretnih uređaja provedeno je na 20 različitih uređaja. Empirijski rezultati za sve uređaje uspoređeni su sa sRGB prostorom

boja na temelju srednje vrijednosti kolorimetrijske razlike. Da bi se definirali modeli standardnog zaslona pokretnog uređaja, evaluirano je pet metoda karakterizacije zaslona: Piecewise linearni model koji podrazumijeva varijaciju u kromatičnosti (PLVC), umjetna neuronska mreža, polinomna regresija 2. reda, polinomna regresija 3. reda i poliharmonijska splajn funkcija. Modeli su evaluirani na temelju srednje vrijednosti kolorimetrijske razlike u odnosu na empirijske podatke za uređaje. Odabrani model standardnog uređaja rabio se za optimizaciju vrijednosti boja pomoću predloženog modela procesa generiranja i optimizacije palete boja na osnovi najmanjeg odstupanja karakterizacijskog modela standardnog zaslona pokretnog uređaja od vrijednosti evaluiranih uređaja.

Predloženi model UCD procesa za razvoj aplikacija namijenjenih potpomognutoj komunikaciji izrađen je na temelju teorijskih spoznaja u područjima dizajna usmjerenog korisnicima, potpomognute komunikacije, evaluacije uporabljivosti softverskih proizvoda i evaluacija s osobama s razvojnim poteškoćama te je evaluiran metodom studije slučaja (*case-study*). Model je primijenjen za proces razvoja aplikacije „Komunikator+“ u sklopu projekta „Kompetencijska mreža zasnovana na informacijsko-komunikacijskim tehnologijama za inovativne usluge namijenjene osobama sa složenim komunikacijskim potrebama (ICT-AAC)“.

### **1.3 Struktura rada**

Ostatak ovog doktorskog rada organiziran je kako slijedi. Drugo poglavlje bavi se problematikom potpomognute komunikacije pomoću grafičkih znakova i korištenja grafičkih znakovnih sustava. U trećem poglavlju obrađuje se problematika dizajna sustava za potpomognutu komunikaciju pomoću grafičkih znakova te se razmatra sljedeće: uloga grafičkog dizajna u dizajnu interakcija, zahtjevi uporabljivosti sustava za PK pomoću grafičkih znakova, postojeće smjernice, metode slikovnih prikaza i njihove karakteristike te principi vizualne organizacije i kategorizacije unutar sustava za PK. Četvrto poglavlje posvećeno je analizi elemenata i principa oblikovanja prilagodljivih sustava za PK pomoću grafičkih znakova. U petom poglavlju predstavljen je predloženi model prilagodljivoga grafičkoga znakovnoga sustava za osobe sa SPK. U šestom poglavlju obrađen je problem utjecaja estetike na motivaciju i percepciju uporabljivosti te je opisana provedba empirijskog istraživanja utjecaja vizualne složenosti i stila oblikovanja grafičkih znakova za PK na preferencije korisnika, zajedno s prezentacijom i diskusijom o rezultatima. Sedmo poglavlje posvećeno je

problematici empirijskog istraživanja vjernosti reprodukcije boja na zaslonima suvremenih pokretnih uređaja. Opisane su karakteristike tehnologija zaslona koji se ugrađuju u pokretne uređaje, prostori boja i modeli karakterizacije. Presentiran je proces određivanja modela standardnog zaslona pokretnog uređaja te je opisana provedba istraživanja, zajedno s rezultatima i diskusijom. Osmo poglavlje opisuje predloženi model procesa generiranja optimizirane palete na osnovi najmanjeg odstupanja karakterizacijskog modela standardnog zaslona pokretnog uređaja te provedbu optimizacije paleta zajedno s rezultatima i diskusijom. U devetom poglavlju obrađuje se problematika primjene dizajna usmjerenoga korisniku (UCD) u domeni razvoja aplikacija za potpomognutu komunikaciju. Presentiran je model UCD procesa za razvoj aplikacija namijenjenih PK te empirijsko istraživanje njegove primjene za proces razvoja aplikacije „Komunikator+“. Zaključci provedenih istraživanja presentirani su u posljednjem poglavlju.

Radi lakšeg snalaženja i bolje preglednosti ovog rada ustanovljene smjernice izdvojene su od ostatka teksta bojom i uokvirivanjem. Oznakom „SGZ“ označene su smjernice za oblikovanje grafičkih znakova, a oznakom „SKS“ označene se smjernice za oblikovanje grafičkih korisničkih sučelja u okviru predloženog modela prilagodljivoga grafičkoga znakovnoga sustava za osobe sa SKP.

**SGZ X:** Predstavlja smjernice za oblikovanje grafičkih znakova prilagodljivoga grafičkoga znakovnoga sustava za PK. Uz smjernice nužne za funkcioniranje prilagodljivosti sustava, ove smjernice obuhvaćaju i općenite smjernice za dizajn grafičkih znakova za PK.

**SKS X:** Predstavlja smjernice za oblikovanje grafičkih korisničkih sučelja (GKS) prilagodljivoga grafičkoga znakovnoga sustava za PK. Uz smjernice nužne za funkcioniranje prilagodljivosti sustava, ove smjernice obuhvaćaju i općenite smjernice dizajna GKS za PK.

## 1.5 Nazivlje

Alternativna i augmentativna komunikacija (*Alternative and Augmentative Communication*, AAC) u stranoj literaturi predstavlja općeprihvaćen naziv za područje usmjereno na alate i

metode za zamjenu ili dodatak komunikaciji koja je namijenjena osobama s kompleksnim komunikacijskim potrebama. Za ovo se područje u hrvatskoj literaturi upotrebljava naziv „potpomognuta komunikacija“ (PK), koji se primarno rabi i u ovom radu.

Iako se grafički znakovi unutar područja potpomognute komunikacije najčešće nazivaju simbolima, u ovom se radu upotrebljava terminologija koja je u skladu s Pierceovom semiološkom kategorizacijom, prema kojoj se znakovi dijele na ikone, simbole i indekse. Prema toj definiciji većina slikovnih sustava rabljenih za PK sadržava nešto iz svake od navedenih kategorija. Stoga se umjesto pojma „simbol“ kao skup vizualnih reprezentacija unutar sustava za PK rabi pojam „grafički znak“.

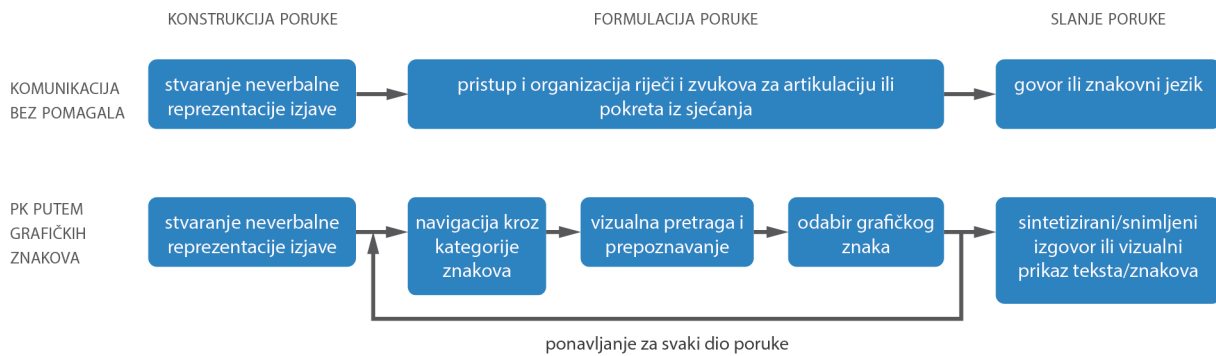
Pojmom „suvremeni pokretni uređaji“ u ovom radu objedinjuju se sve vrste široko dostupnih visokotehnoloških prijenosnih uređaja s dinamičnim zaslonom, osim prijenosnih računala koja nisu usko specijalizirana u svojoj namjeni, a čiji operacijski sustav korisniku omogućuje proširenje funkcionalnosti pomoću ICT usluga u obliku tzv. „aplikacija“. Stoga se u skupinu suvremenih pokretnih uređaja primarno ubrajaju uređaji poput tablet računala (*tablets*) i „pametnih“ telefona (*smartphones*). Pojam „specijalizirani pokretni uređaji za PK“ označava sve visokotehnološke pokretne uređaje razvijene s ciljem da budu rabljeni primarno za PK.

Potrebno je razlikovati pojam „grafički znakovni sustav za PK“ u jezičnoj domeni i domeni razvoja metoda i tehnologija za PK. Vanderheiden i Lloyd definiraju znakovni sustav (*symbol system*) kao „...skup znakova posebno oblikovanih kako bi funkcionirali zajedno u cilju pružanja potpune komunikacije. Znakovni sustavi uključuju pravila ili logiku za razvoj znakova koji nisu prisutni u sustavu.“ Za razliku od znakovnog sustava, Vanderheiden i Lloyd razlikuju znakovni skup koji definiraju kao „...skup znakova koji je po prirodi zatvoren... Znakovni skup može se proširiti, ali ne postoje jasno definirana pravila širenja“. S tehnološkog aspekta „sustavi za PK“ predstavljaju integraciju komponenti reprezentacije vokabulara, medija komunikacije i pristupa vokabularu u svrhu slanja poruke [25]. U ovom radu pojam „grafički znakovni sustav za PK“ rabi se u kontekstu razvoja metoda i tehnologija za PK, odnosno sustava za PK koji su usmjereni na uporabu grafičkih znakova kao sredstava za PK. U ove sustave ubrajaju se i uređaji za pomoć u glasovnoj komunikaciji (*Voice output communication aids*, VOCA) koji se koriste grafičkim znakovima. Kako bi se izbjegla konfuzija, umjesto pojma „grafički znakovni sustav za PK“ u jezičnoj domeni rabi će se pojam „sustav grafičkih znakova za PK“.

## 2. Potpomognuta komunikacija pomoću grafičkih znakova

Pravo na komunikaciju predstavlja jedno od temeljnih ljudskih prava. Međutim, nekim je pojedincima u društvu, zbog kongenitalnih ili stečenih poteškoća, uskraćena ili otežana mogućnost verbalne, a u nekim slučajevima i velikim dijelom neverbalne komunikacije. Kako bi ostvarili svoje komunikacijske potrebe, ovi pojedinci, u literaturi [26] nazivani osobe s teškim komunikacijskim poremećajima, osobe s ostacima govora ili bez funkcionalnoga govora, odnosno osobe sa složenim komunikacijskim potrebama, često se koriste sredstvima i strategijama potpomognute komunikacije. Potpomognuta komunikacija (PK, *Augmentative and Alternative communication*, AAC) jest područje istraživanja te kliničke i edukacijske prakse kojima je cilj proučavati ili, u nužnim slučajevima, pokušati kompenzirati trenutne ili trajne poteškoće, ograničenja u aktivnostima i restrikcije u sudjelovanju pojedinaca koji imaju znatna odstupanja u produkciji i razumijevanju jezično-govorne komunikacije, uključujući govorne i pismovne modalitete. Sažeto rečeno, cilj potpomognute komunikacije jest ostvarenje najboljeg mogućeg učinka komunikacije za pojedince sa složenim komunikacijskim potrebama.

Sustavi PK podrazumijevaju sva sredstva koja omogućuju komunikacijski proces korisnicima sa SKP. Prema načinu komunikacije generalno su podijeljeni na PK bez pomagala (*unaided AAC*) i PK uz pomagala (*aided AAC*). Dok je u slučaju PK bez pomagala korisnik u stanju ostvariti komunikaciju koristeći se isključivo funkcijama vlastitoga tijela, PK uz pomagala podrazumijeva ostvarivanje potencijala pojedinčevih komunikacijskih sposobnosti uporabom pomoćnih sredstava, poput komunikacijskih ploča. Budući da uporaba grafičkih znakova radi komunikacije zahtijeva njihovo postojanje u fizikalnom obliku, takav oblik PK svrstava se u kategoriju potpomognute komunikacije uz uporabu pomagala, a sustavi utemeljeni na ovom obliku komunikacije zovu se znakovni komunikacijski sustavi za osobe sa SKP. Sastoje se od triju dijelova sredstva reprezentacije (grafički znakovi, grafičko korisničko sučelje, GKS), sredstva za odabir (pristup) i sredstva za slanje poruke (zvuk, tekst, slikovni prikaz) [27].



Slika 2. Usporedba procesa komunikacije bez pomagala i potpomognute komunikacije grafičkim znakovima

Unatoč svim nastojanjima za optimalnim rješenjima postoji nekoliko značajnih nedostataka potpomognute komunikacije grafičkim znakovima u odnosu na metode komunikacije koje ne uključuju pomagala, poput govora ili znakovnog jezika. Jedan od njih jest i sama brzina komunikacije, koja je određena i ograničena korisnikovom sposobnošću pronalaska ili odabira odgovarajućega grafičkoga znaka. Brzina komunikacije bez pomagala iznosi između 150 i 200 riječi u minuti, dok su korisnici PK uz pomagala u stanju proizvesti 6 do 20 riječi u minuti direktnim odabirom [28]. Međutim, brzina komunikacije smanjuje se na samo 3 do 5 riječi u minuti ukoliko korisnik vrši odabir metodom skeniranja [29], koja se zasniva na odabiru znakova i naredbi slanjem jednostavnoga signala u uređaj za PK, najčešće uporabom posebno prilagođenih sredstava za odabir, u obliku elektroničkih prekidača. Razvijeno je nekoliko različitih metoda skeniranja, odnosno kretanja kroz mrežni prikaz grafičkih znakova, od čega je najjednostavnije i najsporije linearno skeniranje, gdje se pokazivač u određenim vremenskim intervalima sekvencijalno pomiče po pojedinim znakovima unutar redaka, odnosno stupaca. Kako bi izvršio odabir, korisnik mora čekati da se pokazivač pozicionira na željeni znak. Navedeni proces može se ubrzati implementacijom metode redak-stupac ili grupa-redak-stupac, gdje korisnik prvo odabire redak, odnosno grupu pa redak te nakon toga željeni znak unutar retka. Ukoliko je korisnik sposoban dva ili više prekidača, proces odabira skeniranjem dodatno se ubrzava.

Osim fizikalnih zahtjeva interakcije korisnika s uređajem, svako sučelje za PK od korisnika zahtijeva ulaganje određene količine kognitivnog i percepcijskog napora [30]. Za razliku od procesa komunikacije bez pomagala, u kojem se korisnik prisjeća pojmova i koncepata kojima se želi služiti u komunikaciji te ih generira nekim od dostupnih modaliteta, korisnik PK

grafičkim znakovima, koji se za ostvarivanje komunikacije služi pomagalom, mora proći kroz nekoliko radnji: mora izvršiti pretragu ponuđenih grafičkih znakova, prepoznavanje željenog znaka i odabir željenog znaka. Kako bi oblikovao izjavu ili rečenicu, korisnik za svaki njezin dio mora ponovno prolaziti kroz sve navedene faze (Slika 2). Ukoliko svi potrebni znakovi korisniku nisu prezentirani na dostupnoj ploči ili zaslonu, on se mora prisjetiti željenoga znaka te ga zadržati u pamćenju cijelo vrijeme pretrage. U slučaju opsežnijega vokabulara ovo može biti iscrpljujući i dugotrajan proces koji od korisnika često zahtijeva i dodatne odabire, kao u slučaju da se željeni znak nalazi u nekoj od kategorija.

Sljedeći značajni nedostatak ovakvih sustava jest opseg vokabulara. U slučaju PK bez pomagala, gdje je opseg vokabulara ograničen jedino korisnikovim znanjem i memorijom, vokabular komunikacijskih sustava grafičkim znakovima ograničen je samim brojem znakova, osobito u sustavima koji se koriste jednoznačnim znakovima, odnosno njihovim mogućim kombinacijama u sustavima poput Blissymbols ili Minspeak. Ukoliko korisnik posjeduje jezične vještine koje su iznad ponuđenoga vokabulara u sustavu, ograničenje vokabulara onemogućuje mu ostvarenje komunikacijskog potencijala.

Još jedan nedostatak predstavlja sama ovisnost korisnika o sredstvu komunikacije jer nekima od njih komunikacijsko pomagalo predstavlja jedino sredstvo za ostvarenje komunikacije. U slučajevima kada mu je ono nedostupno, korisnik uopće nije u mogućnosti ostvariti svoje komunikacijske potrebe ili mu je ta mogućnost izrazito ograničena.

Odnos prema komunikacijskom partneru također može predstavljati problem. Budući da je tijekom komunikacije pozornost korisnika zaokupljena pretragom i odabirom grafičkih znakova, korisnici pomagala nisu u mogućnosti održavati kontakt s govornikom očima, te im je pažnja podijeljena na korištenje uređajem i na komunikacijskoga partnera. Značajke komunikacijskog sredstva diktiraju i korisnikov položaj u odnosu na sugovornika. Naime, već samo prisustvo komunikacijskog sredstva kod sugovornika može prouzročiti predrasude o komunikacijskoj kompetenciji korisnika.

Kako bi se korisniku PK grafičkim znakovima olakšala i ubrzala komunikacija sa sugovornikom, određeni sustavi omogućuju konstrukciju poruke prije njezina odašiljanja (zvučnim ili slikovnim putem) i njezinu pohranu u memoriju uređaja, čime se korisniku omogućuje da poruku slaže brzinom koja mu odgovara ili da unaprijed pripremi gotove poruke za konverzaciju. Slaganje poruka ne zahtijeva konstantnu prisutnost sugovornika, što korisnika



može osloboditi osjećaja pritiska i frustracije zbog nemogućnosti ostvarivanja ravnopravne dinamike komunikacije. Hoag et al [31] ustanovili su da sugovornici percipiraju komunikacijsku kompetenciju korisnika PK boljom ukoliko se za vrijeme komunikacije koriste unaprijed pripremljenim izjavama

**SKS 1:** Korisniku je potrebno omogućiti jednostavnu pripremu, pohranu i pristup unaprijed formuliranim porukama.

Svaki od navedenih razloga može imati utjecaj na efikasnost komunikacije ili motivaciju korisnika sustava za PK ili sugovornika u iniciranju i održavanju procesa komunikacije. Stoga implementacija novih tehnologija radi izrade što efikasnije pomoći u komunikaciji predstavlja jedan od fokusa PK. Međutim, iako razvoj i primjena novih tehnologija u području PK ima veliku važnost, Beukelman i Mirenda podsjećaju kako krajnji cilj PK nije pronaći tehnološko rješenje komunikacijskih problema, nego omogućiti pojedincima efikasne i učinkovite pristupe različitim metodama interakcije i sudjelovanja u aktivnostima prema vlastitom izboru [32]. Stoga se vrijednost tehnologije u području PK ogleda samo u njezinoj moći da maksimizira komunikaciju i sudjelovanje osobe čija komunikacija ovisi o uporabi PK. Bitno je da se ovaj cilj uzme u obzir već u procesu planiranja razvoja novih tehnologija i sustava za PK.

U kontekstu potpomognute komunikacije Lloyd, Quist i Windsor [33] odredili su tri glavne značajke ponašanja kako bi se određena interakcija mogla smatrati komunikacijom:

1. treba imati valjanu namjeru ili mora biti usmjereno k određenom cilju. Ponašanje pošiljatelja poruke treba biti planirano kako bi ona na određeni način utjecala na primatelja;
2. treba biti regulirano. Ponašanje ne treba biti univerzalno ili društveno prihvatljivo, ali treba biti adekvatno situaciji
3. treba funkcionirati u kontekstu s drugim elementima ponašanja koji se smatraju značajnima u klasifikaciji ponašanja kao komunikacije i određivanja njezina oblika i konteksta.

Izrazito je bitno da dizajn i funkcionalnost sredstva za PK pružaju potporu korisniku u ostvarivanju svih triju navedenih uvjeta. Kako bi se to moglo realizirati, potrebno je sagledati sve čimbenike koji utječu na proces komunikacije. Može se zaključiti da proces potpomognute komunikacije ovisi o trima glavnim čimbenicima: korisniku, pomagalu i kontekstu uporabe,

odnosno komunikacije. Stoga je, radi definiranja značajki grafičkog oblikovanja ovakvih sustava, prije svega potrebno definirati tko su korisnici ovakvih sustava, koje su im zajedničke karakteristike, koje su njihove potrebe i želje u vezi s navedenim sustavima, s kojim se izazovima i ograničenjima susreću prigodom njihove uporabe i na koje se načine koriste sustavima za PK. Karakteristike samog uređaja također su bitne za grafičko oblikovanje usluga za PK, poglavito značajke povezane s reprodukcijom slikovnih elemenata, mogućnošću njihova odabira i slanja. S obzirom na čestu ovisnost korisnika o uređaju za PK, on se PK uslugama može koristiti u nizu različitih situacija i okruženja: tijekom komunikacije u prisustvu komunikacijskog partnera ili za komunikaciju na daljinu, za komunikaciju kod kuće ili u školi/vrtiću itd. Svaki od ovih scenarija može rezultirati drugačijom uporabom sustava koji je potrebno predvidjeti u procesu njegova razvoja.

Iako se sustavi za PK koriste pretežno radi (neposredne) komunikacije, zbog fleksibilnosti koje suvremeni pokretni uređaji pružaju mogućnošću proširenja funkcionalnosti u formi aplikacija, jednim uređajem omogućuje se primjena PK u različitim aktivnostima:

- za neposrednu komunikaciju u prisustvu sugovornika pomoću glasovnog ili slikovnog izlaza
- za posrednu komunikaciju pomoću interneta,
- kao sredstvo za igru
- kao sredstvo za edukaciju, edukaciju igrom („ozbiljne igre“) ili prikupljanje informacija, odnosno prijenos informacija na relaciji uređaj-korisnik

Ukoliko se u obzir uzmu svi navedeni čimbenici, svaka od ovih primjena predstavlja zaseban izazov u kontekstu dizajna GKS i njegove implementacije unutar programskog sustava.

## **2.1 Korisnici potpomognute komunikacije pomoću grafičkih znakova**

Ne postoji jedinstveni profil korisnika potpomognute komunikacije. Obuhvaćene su sve dobne skupine, a međusobno se mogu znatno razlikovati po osjetilnim, motoričkim te kognitivnim sposobnostima, kao i prema ciljevima, zahtjevima i potrebama korištenja PK. Jedina im je zajednička karakteristika da trebaju adaptivnu pomoć za govor i/ili pisanje zbog činjenice da je njihova govorna, gestikularna i/ili pisana komunikacija privremeno ili permanentno

neadekvatna za zadovoljenje svih njihovih komunikacijskih potreba [32]. Blackstone [34] smatra da 0,2 - 0,6% svjetske populacije školske dobi ima teške govorne poremećaje.

Najčešći uzroci složenih komunikacijskih potreba mogu biti kongenitalni i stečeni ili degenerativni. U kongenitalna oboljenja koja uzrokuju potrebu za PK ubrajaju se intelektualne teškoće, cerebralna paraliza, autizam i razvojna govorna apraksija, dok su stečena oboljenja moždano krvarenje, ozljede glave, oštećenja leđne moždine i rak. Amiotrofična lateralna skleroza, mišićna distrofija, sindrom stečene imunodeficijencije i Huntingtonova bolest najčešći su uzroci degenerativnih bolesti gdje oboljeli mogu imati prednost od intervencije PK.

Budući da pojedinci s dijagnozom sličnom gore navedenima mogu imati različit stupanj komunikacijskih sposobnosti, u kontekstu svrhe i načina korištenja sredstva za PK vjerojatno je najprilagođenija klasifikacija Tetzchnera i Martinsena, koji su korisnike potpomognute komunikacije podijelili u tri glavne funkcionalne skupine [35]:

- ekspresivna jezična skupina - pripadaju joj osobe koje mogu imati dostatnu sposobnost razumijevanja jezika, ali zbog poteškoća nisu u mogućnosti jasno se izražavati govorom. Ovoj su skupini sredstva PK trajni način izražavanja tijekom života. Česti pripadnici ove skupine jesu djeca s Downovim sindromom i cerebralnom paralizom;
- podupiruća jezična skupina - podijeljena je na dvije podskupine:
  - a) razvojna skupina kojoj uporaba sredstava PK znači korak prema razvoju jezičnih sposobnosti
  - b) situacijska skupina - obuhvaća osobe koje su naučile govoriti, ali ih u pojedinim situacijama zbog nejasnoga govora sugovornici ne mogu razumjeti. Ovoj skupini sredstva PK služe za osnaživanje vlastitih govornih sposobnosti;
- Alternativna jezična skupina - pripadnici ove skupine imaju poteškoća u razumijevanju jezika i u izražavanju govorom te im PK postaje najčešće korišten način komunikacije s okolinom. Ovoj skupini često pripadaju osobe s poremećajem iz autističnog spektra i osobe sa značajnim intelektualnim poteškoćama.

**SKS 2: Oblikovanje GKS treba podržavati potrebe svih triju funkcionalnih skupina korisnika potpomognute komunikacije.**

Djeca sa složenim komunikacijskim potrebama pripadaju osjetljivoj skupini te su podložna rizicima u nekoliko segmenata razvoja, poput razvoja funkcionalnih komunikacijskih vještina, govora, jezičnoga, kognitivnoga i konceptualnoga razvoja, razvoja pismenosti, sudjelovanja u društvu, pristupa edukaciji i sveukupnoj kvaliteti života [36]. Stoga je toj djeci pristup sredstvima PK potrebno omogućiti u ranoj fazi razvoja kako bi mogla optimalno ostvariti svoj komunikacijski i razvojni potencijal te pozitivan ishod u navedenim područjima. Razvoj „slikovne kompetencije“ - sposobnosti da se percipiraju, interpretiraju i razumiju grafički simboli u komunikaciji, odvija se postupno tijekom prvih godina života. Smatra se da tek od 3. godine djeca počinju shvaćati dualnu reprezentaciju slikovnih reprodukcija, odnosno da slike mogu predstavljati reprezentaciju objekata ili koncepata te da sadržaji mogu biti prikazani na nekoliko različitih načina [37].

Međutim, uz nemogućnost izražavanja govorom u komunikacijskom procesu, korisnici PK grafičkim znakovima često su suočeni i s dodatnim poteškoćama koje im otežavaju proces komunikacije. Stoga, prigodom planiranja oblikovanja sustava znakova i korisničkog sučelja za osobe sa složenim komunikacijskim potrebama potrebno je uvažiti procese koji su aktivni za vrijeme komunikacije pomoću grafičkih znakova. Oni se mogu podijeliti na osjetilne, kognitivne i motoričke.

Za razliku od verbalne komunikacije, osjetilni i kognitivni procesi povezani s vizualnim podražajima esencijalni su za komunikaciju grafičkim znakovima. Mogućnost diskriminacije u domenama svjetlosti, prostora i boja osnovni su preduvjeti za uspješnu interakciju s većinom GKS. Značajan udio korisnika sustava za PK ima neki oblik poremećaja vida [38], [39], što za posljedicu može imati znatno otežanu interakciju sa sustavima za PK u kojima se koriste grafički znakovi. Empirijski je utvrđeno da veličina prikazanih znakova i naredbi GKS, kao i odnos figura i pozadine u kontekstu boje i kontrasta imaju značajniji utjecaj na performanse korištenja GKS korisnika s poremećajima vida u odnosu na korisnike s normalnim vidom [40].

U svojem najjednostavnijem obliku komunikacija pomoću grafičkih znakova uz korištenje pomagala usmjereno je na prepoznavanje s ciljem smanjenja memorijskih zahtjeva, odnosno korisniku je ponuđen niz „vizualnih podsjetnika“ koji mu mogu olakšati iskazivanje trenutnih želja i potreba. Međutim, kao što je i opisano na početku ovog poglavlja, kompleksniji sustavi za PK od korisnika zahtijevaju značajne kognitivne napore u području vizualne pretrage, kretanju kroz sučelje, u području prepoznavanja i pamćenja.

**SKS 3: Oblikovanje GKS treba služiti u funkciji smanjenja razine kognitivnog i motoričkog opterećenja na korisnika.**

Higginbotham et al [41] opisuju motoričke sposobnosti korisnika PK kao „konstantno nekonzistentne“. Korisnici često nisu u mogućnosti postići konzistentan, pouzdan i neumarajući fizikalni pristup uređaju. Ovo posebno vrijedi za PK pomoću grafičkih znakova jer predstavlja komunikacijsko rješenje koje se nastoji prilagoditi i korisnicima s izrazito ograničenim motoričkim predispozicijama. Korisnici direktni ili indirektni odabir simbola mogu izvoditi gotovo svakim pokretnim dijelom tijela, ali u nekim slučajevima to je moguće samo uz uporabu pomagala. S obzirom na napor koji korisnici ulažu kod interakcije, dizajneri sustava trebaju uzeti u obzir nekonzistentnost pristupa prigodom određivanja značajki oblikovanja sustava, poput veličine, pozicioniranja i vremena odabira znakova i naredbi na dinamičkom zaslonu, kao i principa kretanja kroz dinamične prikaze na zaslonu.

**SKS 4: GKS svojim oblikovanjem i funkcionalnošću treba omogućiti pristup korisnicima širokog spektra perceptivnih, kognitivnih i motoričkih sposobnosti.**

Pojedini korisnici zbog svojih motoričkih i drugih poteškoća nisu u mogućnosti samostalno upravljati uređajem za PK, pa umjesto njih GKS koriste roditelji, nastavno osoblje ili skrbnici. Stoga je pri razvoju znakovnih sustava i ostale opreme uređaja za PK potrebno predvidjeti scenarije u kojima se osoba SPK sustavom koristi posredno, uz pomoć. Česta je i uzajamna, istovremena uporaba sustava između korisnika sa SPK i sugovornika, stoga je sustave potrebno napraviti funkcionalnima za obje vrste korisnika. U ovoj radnji korisnici sa SPK koji se koriste sustavom u svrhu PK mogu biti navedeni kao „primarni korisnici“, dok se ostali korisnici sustava, koji mogu biti u ulozi potpore korisnicima sa SPK ili njihovih sugovornika, navode kao „sekundarni korisnici“.

**SKS 5: GKS svojim oblikovanjem i funkcionalnošću treba omogućiti pristup sekundarnim korisnicima: roditeljima i skrbnicima korisnika sa SPK, edukacijskim rehabilitatorima i ostalim sugovornicima korisnika sa SPK.**

## **2.2 Visokotehnološki uređaji s dinamičkim zaslonom korišteni u PK pomoću grafičkih znakova**

Budući da komunikacija putem grafičkih znakova podrazumijeva prisutnost grafičkoga znaka u fizikalnoj ili digitalnoj formi, karakteristike medija u kojem su prikazani, kao i mogućnosti i ograničenja uređaja pomoću kojih se prikazuju, predstavljaju značajne čimbenike koji utječu na izvedbu grafičkih znakova. U svojoj osnovnoj kategorizaciji uređaji za PK podijeljeni su na niskotehnološke, poput komunikacijskih kartica ili taktilnih znakova, i visokotehnološke, čija je funkcionalnost bar jednim dijelom ovisna o uporabi elektroničkih sklopova.

U kontekstu prezentacije vokabulara uređaji se dijele na sustave sa statičkim i dinamičkim zaslonom. Korisnici uređaja sa statičkim zaslonima ograničeni su na uporabu ograničenog broja znakova na jednoj površini.

Visokotehnološko sredstvo za PK ne mora nužno imati dinamički zaslon za prikaz podataka. Česta je pojava da se elektronički sklopovi u uređaju rabe primarno za generiranje zvuka, dok je prikaz znakova izveden pomoću otisnutih komunikacijskih ploča. U slučaju da korisnik želi promijeniti vokabular, potrebno je najprije s uređaja ukloniti ploču i postaviti drugu. Ukoliko korisnik nema dovoljno motoričke sposobnosti za uspješnu izvedbu ove operacije, za pristup željenom vokabularu ovisan je o skrbniku ili asistentu. Prednost ovog pristupa jest što znakovi imaju taktilne karakteristike s naglašenom separacijom, što kod pojedinih korisnika omogućuje veću preciznost i taktilnu povratnu informaciju prilikom odabira. Sustavi sa statičnim zaslonom ograničeni su u pogledu ograničenog prikaza vokabulara i u pogledu adaptacije prezentacije znakova i korisničkog sučelja. Iako je moguća implementacija znakova različitih vizualnih karakteristika, njihove dimenzije su fiksne i ne omogućuju korisnicima prilagodbu prema njihovim perceptivnim mogućnostima. Zadani raspored kontrola korisniku uvjetuje i nužnost prilagodbe uređaju.

U sustavu s dinamičkim zaslonom korisnik je u mogućnosti u kratkom vremenu izmijeniti sadržaj cijelog zaslona ili njegova dijela. Očigledna je prednost ovih uređaja što broj znakova nije ograničen dimenzijama zaslona, već je moguć dinamički prikaz velikog broja znakova korištenjem iste površine zaslona. Znakovi korišteni za formuliranje poruke često su podijeljeni u kategorije, što korisniku omogućuje pristup relevantnom segmentu vokabulara i njegovo „prelistavanje“, odnosno pretragu znakova unutar kategorije.

Tablica 1. Analiza tehničkih specifikacija suvremenih pokretnih uređaja i specijaliziranih pokretnih uređaja za PK dijagonale zaslona 7-9 inča. Podaci prikupljeni s web sjedišta proizvođača i s <http://www.gsmarena.com>

	Suvremeni pokretni uređaji			Specijalizirani uređaji za PK						
Naziv uređaja	Samsung Galaxy Tab 8.9	Barnes&Neble Neok Tablet	Samsung Galaxy Tab 7 Plus	Springboard Lite	Vantage Lite	Jabbla Mobi 2	Tobii C8 Communication aid	Jabbla Zingui	Words+ Sam Tablet SM1	Dynavox V+
Tehnologija zaslona	LCD	IPS LCD	LCD	LCD	LCD	LCD	LCD	LCD	LCD	LCD
Dijagonala zaslona	8.9 in	7 in	7 in	7 in	8.7 in	8.4 in	8.4 in	8.4 in	8.4	8.4
Broj sl. elemenata	1280 x 800 px	1024 x 600 px	1024 x 600 px	800 x 480 px	800 x 600 px	800 x 600 px	800 x 600 px	640 x 480 px	800 x 600 px	800 x 600 px
Razlučivost	170 ppi	170 ppi	170 ppi	133 ppi	115 ppi	119 ppi	119 ppi	91 ppi	119 ppi	119 ppi
Procesor	dual-core, 1 GHz	T.I. OMAP 4 dual-core, 1 GHz	ExyNes dual-core, 1.2 GHz	N/A	N/A	AMD Geode LX800, 500MHz	Intel Core Duo U2500	Marvell Xscale PXA	AMD Geode, 800MHz	Intel Atom, 1.6 GHz
Radna memorija	1 GB	1 GB	1 GB	N/A	N/A	1 GB	2 GB	128 MB	128 MB	1 GB
Kapacitet pohrane	16 GB (32 GB opcionalno)	16 GB	32 GB	N/A	N/A	8 GB	60 GB	1 GB	2 GB	80 GB
Kamera	Da, 2	Ne	Da, 2	Ne	Ne	Ne	Da	Ne	Ne	Ne
Razlučivost kamere	straga – 3 MP sprijeda – 2 MP	/	straga – 3 MP sprijeda – 2 MP	/	/	/	0.3 MP	/	/	/
Mogućnost povezivanja	Wi-Fi Bluetooth USB 2.0 microSD memorijska kartica slušalice (3G/4G opcionalno)	Wi-Fi USB 2.0 microSD memorijska kartica slušalice	Wi-Fi Bluetooth IC odašiljač USB 2.0 microSD memorijska kartica slušalice (3G/4G opcionalno)	IC odašiljač USB SD memorijska kartica mikrofon slušalice prekidač (Bluetooth opcionalno)	Bluetooth IC odašiljač USB SD memorijska kartica speakers slušalice prekidač	Wi-Fi IC odašiljač USB prekidač (Bluetooth opcionalno)	USB SD memorijska kartica LAN prekidač port slušalice (Wi-Fi, Bluetooth opcionalno)	USB prekidač (IC odašiljač opcionalno)	USB prekidač	Wi-Fi Bluetooth IC odašiljač USB prekidač slušalice mikrofon
GPS	Da	Ne	Da	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne
Zvučnici	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
Mikrofon	Da	Da	Da	Ne	Ne	Da	Da	Da	Ne	Da
Vrijeme autonomije	9 h	9 – 11.5 h	8 h	6 - 8 h	5 – 7 h	N/A	6 h	N/A	4 – 6 h	9.5 h
Operacijski sustav	Android OS, v3.1	Android OS	Android OS, v3.2	Unity Language System	Unity Language System	Windows XP home	Windows 7	Windows CE	Windows CE	Windows 7
Dimenzije uređaja (ŠxVxD)	231 x 157 x 8 mm	205 x 127 x 12 mm	194 x 122 x 10 mm	185 x 185 x 45 mm	220 x 234 x 41 mm	327 x 245 x 40 mm	239 x 201 x 38 mm	215 x 165 x 38 mm	267 x 220 x 51 mm	230 x 200 x 70 mm
Masa uređaja	448 g	400 g	343 g	1133 g	1530 g	1750 g	1800 g	1080 g	1769 g	2040 g
Cijena (USD)	\$ 400	\$ 250	\$ 449	\$ 2595	\$ 7495	\$ 7795	\$ 6395	\$ 4095	\$ 7095	\$ 7800

Iako proizvedeni specifično za potrebe korisnika sa SKP, specijalizirani uređaji za PK u većini slučajeva rabe zastarjelu tehnologiju, ugrađeni zasloni imaju nisku rezoluciju i ograničenja u reprodukciji boja, većih su dimenzija, znatno su teži, imaju kraće vrijeme autonomije, nisu pristupačni cijenom, ograničenih su softverskih mogućnosti, nemaju mogućnost komunikacije putem interneta ili je ona ograničena te nisu dio platforme koja je namijenjena i ostalim korisnicima (Tablica 1, Tablica 2). Njihova pojava također često stigmatizira korisnika sa SKP u društvu. U kontekstu tehničkih specifikacija suvremeni pokretni uređaji u većini slučajeva

predstavljaju značajno unapređenje u odnosu na specijalizirane uređaje te su dostupniji cijenom. Dostupnost velikog opsega različitih dimenzija i specifikacija omogućuju korisnicima odabir u skladu s vlastitim potrebama. Isto tako korištenjem uređaja koji svojim izgledom ne odstupa od uređaja kojima se koriste vršnjaci bez razvojnih odstupanja, povećavaju šansu korisnika da se uklopi u društvene aktivnosti [4], [42]. Stoga je razvojem aplikacija za PK na suvremenim pokretnim uređajima moguće unaprijediti softverski, hardverski i društveni aspekt rješenja za PK.

Tablica 2. Analiza tehničkih specifikacija suvremenih pokretnih uređaja i specijaliziranih pokretnih uređaja za PK dijagonale zaslona veće od 9 inča. Podaci prikupljeni s web sjedišta proizvođača i s <http://www.gsmarena.com>

	Suvremeni pokretni uređaji			Specijalizirani uređaji za PK		
Naziv uređaja	Apple iPad Wi-Fi +3G	Samsung Galaxy Tab 10.1 4G	ASUS Transformer Prime	Words+ Conversa	DynaVox Maestro	Tobii C12 AAC device
Tehnologija zaslona	IPS LCD	LCD	Super IPS LCD	LCD	LCD	LCD
Dijagonala zaslona	9.7 in	10.1 in	10.1 in	12 in	10.4 in	12 in
Broj sl. elemenata	1024 x 768	1280 x 800	1280 x 800	N/A	1024 x 768	1024 x 768
Razlučivost	132 ppi	149 ppi	149 ppi	N/A	123 ppi	107 ppi
Procesor	Apple A5 dual-core, 1 GHz	Cortex A9 dual-core, 1 GHz	Cortex A9 quad-core, 1.3 GHz	Intel Core 2 Duo, 1.5 GHz	Intel Atom, 1.6 GHz	Intel Core Duo U2500
Radna memorija	512 MB	1 GB	1 GB	2 GB (4 GB opcionalno)	1 GB	2 GB
Kapacitet pohrane	32 GB (64 GB opcionalno)	32 GB (64 GB opcionalno)	32 GB (64 GB opcionalno)	120 GB	64 GB	60 GB
Kamera	Da, sprijeda i straga	Da, sprijeda i straga	Da, sprijeda i straga	Ne	Ne	Da
Razlučivost kamere	straga - 0.7 MP sprijeda - 0.3 MP	straga - 3 MP sprijeda - 2 MP	straga - 8 MP sprijeda - 1.2 MP	/	/	0.3 MP
Mogućnost povezivanja	Wi-Fi Bluetooth 3G slušalice	Wi-Fi Bluetooth USB microSD memorijska kartica 3G/4G slušalice	Wi-Fi Bluetooth microSD memorijska kartica slušalice mikrofon tipkovnica	Wi-Fi LAN Modem USB IEEE 1394a	Wi-Fi Bluetooth IC odašiljač USB slušalice mikrofon prekidač	LAN USB SD memorijska kartica prekidač slušalice (Wi-Fi, Bluetooth opcionalno)
GPS	Da	Da	Da	Ne	Ne	Ne
Zvučnici	Da	Da	Da	Da	Da	Da
Mikrofon	Da	Da	Da	Da	Da	Da
Vrijeme autonomije	9 – 10 h	9 h	12 h	3.5 h (7h s proširenim baterijom)	3 h (9.5h s proširenim baterijom)	5 h
Operacijski sustav	iOS	Android OS	Android OD, v3.2	Windows XP Home	Windows 7	Windows 7
Dimenzije uređaja (ŠxVxD)	241 x 186 x 9 mm	257 x 175 x 9 mm	263 x 181 x 8 mm	293 x 220 x 89 mm	270 x 216 x 47 mm	312 x 264 x 46 mm
Masa uređaja	613 g	567 g	586 g	2041 g	1250 g	2900 g
Cijena (USD)	\$ 729	\$ 630	\$ 500	\$ 8295	\$ 8025	\$ 7395

### 2.3 Uporaba znakovnih sustava za PK iz perspektive hrvatskih korisnika

U školskoj godini 2009./2010. osnovne škole za djecu s poteškoćama u razvoju pohađalo je ukupno 2007 učenika [43], a prema posljednjim dostupnim podacima u Hrvatskoj je



registrirano 15954 osoba s oštećenjem glasovno-govorne komunikacije i poteškoćama u učenju, što iznosi 0,37% ukupnog stanovništva [44].

S obzirom na dinamičan razvoj visokotehnoloških uređaja za PK u obliku komunikatora s glasovnim mogućnostima, zabrinjavajuća je činjenica da ih u svojem radu rabi svega 5,9% hrvatskih logopeda [45], te da u većini slučajeva iz područja grafičkih metoda PK prakticiraju uglavnom uporabu PECS niskotehnološke metode. Ova alarmantna činjenica ukazuje na potrebu za širom dostupnosti visokotehnoloških rješenja i korisnicima i profesionalnim djelatnicima u području PK.

Jedna od glavnih prepreka u uporabi već dostupnih sustava jezične je prirode - gotovo niti jedan sustav grafičkih znakova za PK ili njihova integracija u visokotehnološke uređaje nema prijevod na hrvatski jezik. Ovo od roditelja i skrbnika zahtijeva mukotrpan proces prevođenja značenja znakovlja. Visokotehnološki uređaji ili ICT usluge za PK često zahtijevaju izmjene u kôdu, koje proizvođači ne dozvoljavaju. Često ni integracija prevedenih znakova u vlastite ICT usluge nije moguća zbog autorske zaštite proizvođača znakova.

Pojedini proizvođači pokušavaju riješiti ovaj problem izradom prijevoda i nadopunama skupova grafičkih znakova za pojedine zemlje, međutim do danas ne postoji niti jedan skup ili sustav grafičkih znakova za PK koji bi bio specifičan za Hrvatsku, niti postoje naznake da će uskoro biti napravljen. Problem predstavlja i činjenica da su popularniji sustavi grafičkih znakova za PK u svijetu, poput Picture Communication Symbols, Widgit Symbols i Symbolstix, licencirani od svojih proizvođača koji ne dopuštaju njihovu implementaciju i uporabu unutar softverskih rješenja, sprečavajući time razvoj ICT usluga posebno prilagođenih hrvatskim korisnicima i ograničavajući ih na uporabu licenciranih rješenja koja funkcioniraju isključivo na stranim jezicima.

Nadalje, ne postoje hrvatski specijalizirani uređaji za PK, ali postoje ICT usluge razvijene u Hrvatskoj. Međutim, radi se o malom broju usluga koje nisu sustavno razvijane. Ovakva situacija predstavlja oštar kontrast u odnosu na popularna američka i britanska tržišta ICT usluga za PK, gdje korisnici imaju širok izbor te su logopedi i ostali stručnjaci u mogućnosti odabrati i preporučiti usluge primjerene zahtjevima i mogućnostima korisnika. Međutim, zbog znatno manjeg broja korisnika u Hrvatskoj i na ostalim manjim tržištima, razvoj velikog broja usluga nije održiv. Stoga je potreban drugačiji pristup razvoju ICT usluga, koji bi bio u skladu s veličinom tržišta. Nove usluge trebale bi omogućiti pristupačnost što širem spektru populacije

koja rabi PK, a kako bi se osigurao takav stupanj pristupačnosti, potrebno je ustanoviti nove metode u oblikovanju navedenih sustava.

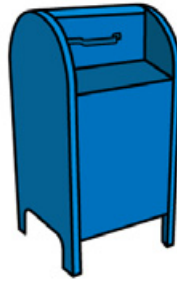
### 2.3.1 Utjecaj kulturoloških razlika u potpomognutoj komunikaciji pomoću grafičkih znakova

Ovisnost prepoznavanja i tumačenja grafičkih znakova o kulturološkim razlikama tema je koja je potaknula mnoga istraživanja. Kroz povijest bilo je nekoliko pokušaja da se uporabom slikovnih prikaza u komunikaciji premoste ograničenja nametnuta jezičnim razlikama [46], [47]. Potreba za unificiranim slikovnim prikazima rezultirala je uvođenjem standardiziranih sustava prometnih znakova i znakova upozorenja koji se upotrebljavaju u velikom broju različitih zemalja. Međutim, kako bi komunikacija između navedenih znakovnih sustava i korisnika bila efikasna, potrebno je da korisnik prethodno upozna njihova značenja i konvencije. Za razliku od njih, piktogramski sustavi koji se upotrebljavaju na aerodromima i ostalim javnim prostorima gdje postoji protok ljudi različitih kultura oblikovani su tako da na što transparentniji način prikazuju sadržano značenje te su vjerojatno najbliže konceptu „univerzalnog jezika“. Velika razina transparentnosti u slikovnim reprezentacijama također je cilj mnogih skupova grafičkih znakova za PK. Međutim, iako su sustavi komunikacije pomoću grafičkih znakova u usporedbi s jezičnim sustavima u manjoj mjeri kulturološki i jezično ograničeni, mnoga dosadašnja istraživanja ipak ukazuju na postojanje razlika u tumačenju znakova, ovisno o kulturološkim značajkama promatrača [48]–[50]. Zbog visokog stupnja transparentnosti pojedini skupovi znakova sadrže detaljne reprezentacije specifične za kulturu u kojoj su nastali, čime se dodatno otežava prepoznavanje i tumačenje pojedinih znakova u skupovima (Slika 3).

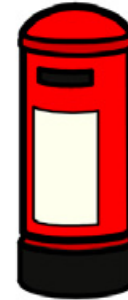
U kontekstu oblikovanja visokotehnoloških PK sustava, ovisno o jeziku komunikacije, Nakamura et al [51] napominju da bi sekvencijalni raspored naredbi grafičkog korisničkog sučelja i njihov razmještaj na zaslonu trebao biti oblikovan prema značajkama jezika na kojem se odvija komunikacija.



a)



b)



c)

Slika 3. Usporedba a) izgleda poštanskog sandučića u RH i slikovnih reprezentacija pojma "poštanski sandučić" u skupovima b) Symbolstix i c) Widgeit

SGZ 1: U grafičkim sustavima za PK poželjna uporaba reprezentacija onih objekata koji su karakteristični za korisnikovu sredinu i kulturu.

SKS 6: Razmještaj znakova i naredbi unutar GKS treba biti prilagođen značajkama jezika na kojem se odvija komunikacija.

## 2.4 Povijesni razvoj potpomognute komunikacije pomoću grafičkih znakova

Čovjekovo korištenje vizualnim reprezentacijama radi komunikacije i prenošenja informacija prisutna je još od paleolitika, čemu svjedoče spiljski crteži iz Lascauxa i Altamire. Tijekom povijesti razvila su se mnoga logogramska pisma koja su sadržavala piktograme, ideograme ili fonograme; neki od primjera jesu prvotni oblici sumeranskog klinastog pisma, egipatskih hijeroglifa i kineskog pisma.

Zahvaljujući razvoju društvene svijesti o osobama s problemima u komunikaciji i ostalim poteškoćama, početkom druge polovice 20. st. u SAD-u i Europi počinje razvoj discipline potpomognute komunikacije. U početku je PK rabljena samo u slučajevima kada govorna terapija nije davala rezultate [52], a nije bila omogućena korisnicima s kognitivnim poteškoćama jer se smatralo da nemaju potrebne predispozicije za njezinu uporabu. U prvim

dvama desetljećima razvoja PK sredstva koja su se upotrebljavala bili su znakovni jezik, komunikacijske ploče i Morseova abeceda.

Začetak i razvoj grafičkih znakovnih sustava za PK usko je povezan s nastojanjima da se razvije jedinstveno slikovno pismo u prvoj polovici 20. st. Prvi značajni produkt tih nastojanja bio je ISOTYPE [46], slikovni jezik namijenjen poboljšanju edukacije i komunikacije bez obzira na jezične barijere. Znakovi ISOTYPE-a, koje su dizajnirali G. Arntz i E. Bernath pod vodstvom idejnog začetnika Otta Neuratha, predstavljani su 1925. g. [53]. U sličnom nastojanju da se razvije univerzalno znakovno pismo, Charles Bliss 1949. predstavlja sustav Blissymbolics, a 1965. predstavlja njegovu revidiranu verziju [47]. Oblikovani po uzoru na kinesko pismo, znakovi sustava Blissymbolics bili su apstraktniji od onih rabljenih u ISOTYPE-u. Iako Blissymbolics kao univerzalni slikovni jezik nikada nije zaživio, ipak se upotrebljavao te se upravo ta upotreba smatra početkom sustavne PK korištenjem grafičkim znakovima. Prvi slučaj primjene zabilježen je 1971. g. u Torontu, gdje se upotrebljavao kao pismo za djecu s motoričkim smetnjama koja nisu imala sposobnost govora [35]. Godine 1968. na George Peabody College u Tennesseeu Richard Woodcock u sklopu Peabody Rebus programa za učenje čitanja razvija Rebus sustav grafičkih znakova [54]. Iako su u svojoj osnovnoj namjeni Rebus znakovi služili kao sredstvo za učenje čitanja, mogli su biti rabljeni i kao alternativno sredstvo komunikacije.

Godine 1972. pod vodstvom Margaret Walker započinje „Projekt razvoja Makaton vokabulara“ koji je bio orijentiran na razvoj znakovnog jezika za odrasle s kognitivnim poteškoćama. U sklopu programa 1984. g. implementirani su Rebus grafički znakovi za potrebe multimodalne komunikacije, a kasnije su razvijeni dopunski znakovi unutar sustava.

Početak 80-ih godina prošlog stoljeća u SAD-u se počinje razvijati jedan od najpopularnijih skupova grafičkih znakova za PK – Picture Communication Symbols (PCS). Inicijalno je ovaj visokoikonični skup bio namijenjen tinejdžerima s mentalnim poteškoćama, međutim kasnije se njegova upotreba proširila na različite korisnike PK.

Pojedini autori sustava za PK počinju eksperimentirati u različitim medijima. Tako je Touch 'n' Talk sustav, razvijen 1983. u SAD-u, prvotno distribuiran u obliku naljepnica. Nudile su se i prazne naljepnice koje su roditeljima i skrbnicima omogućavale proširivanje vokabulara vlastoručno kreiranim znakovima. Popularizacijom osobnih računala i razvojem

visokotehnoloških uređaja s dinamičkim zaslonima, znakovni skupovi i sustavi počinju se prilagođavati zahtjevima digitalne reprodukcije.

Od 1985. počinje snažan razvoj sustava za PK u zemljama izvan SAD-a, Velike Britanije i Kanade Tako nastaju skupovi znakova poput COMPIC (Australija), Conuniquer et Apprendre par Pictogrammes (Belgija), Löb-Symbole (Njemačka), Parlerpictos (Francuska), Sclera Pictos (Belgija), Axelia (Francuska), Metacom (Njemačka), ARASAAC (Španjolska).

Početak 21. st. u Velikoj Britaniji nastaje Widgit skup znakova, koji predstavlja temeljiti redizajn popularnog Rebus sustava. U istom periodu u SAD-u nastaje i skup znakova Symbolstix, razvijen radi potpore tekstu u posebnim *online* novinama „News-2-you“ koje su namijenjene djeci s i bez razvojnih odstupanja kao pomoć u savladavanju jezika. Pojavom suvremenih pokretnih uređaja Symbolstix i Widgit postaju popularna opcija za reprezentaciju vokabulara u ICT PK uslugama za PK.

Ubrzani razvoj ovog relativno mladog područja rezultirao je uvođenjem više od 50 različitih skupova grafičkih znakova koji se koriste za PK diljem svijeta. Međutim, kako bi znakovi korisniku bili i od kakve koristi, metode njihove distribucije, prezentacije i odabira trebale su biti pristupačne i uporabljive. Stoga je bio potreban podjednako dinamičan razvoj pomagala za PK koja bi zajedno sa skupovima znakova tvorila efikasan komunikacijski sustav.

Iako su se na početku razvoja PK upotrebljavala niskotehnološka pomagala u obliku kartica i komunikacijskih ploča, 1960-ih počinje razvoj visokotehnoloških uređaja za PK. Prvi visokotehnološki uređaj vjerojatno je bio sustav „Patient Operated Selector Mechanism (POSM)“ iz 1960. g., podrijetlom iz Velike Britanije, a radilo se o kombinaciji pisaćega stroja i elektroničkog dodatka za upravljanje pomoću udisaja i izdisaja pacijenta (*sip-and-puff* metoda) [55]. U sljedećim godinama razvijali su se elektronički uređaji s različitim metodama unosa i ispisa podataka, a u 1970-ima počinju se razvijati i prenosiva rješenja. Godine 1975. dr. Alan Newell predstavlja jedan od prvih pokretnih visokotehnoloških uređaja za PK, nazvan „broš koji govori“ („*The Talking Brooch*“) [56]. Taj je uređaj bio namijenjen prvenstveno gluhim i/ili nijemim osobama s dobrom motorikom, a sastojao se od prijenosne alfanumeričke tipkovnice i zaslona spojenih s izvorom električne energije pomoću kontrolnoga elektroničkoga sklopa. Elektronički sklop s emisijskim zaslonom, koji je bio u mogućnosti prikazati pet slovnih znakova pomičnoga teksta, bio je namijenjen za nošenje u prednjem džepu odjevnih predmeta poput sakoa ili košulje. U istom razdoblju Toby Churchill razvija uređaj Lightwriter SL2, koji

je, iako prijenosan, bio dimenzijama znatno veći i teži od „broša koji govori“ te je prvenstveno bio namijenjen montaži na invalidska kolica.

Jedan od prvih visokotehnoloških uređaja koji je imao sposobnost implementacije skupova grafičkih znakova za PK bio je „Auto Monitoring Communication Board“ razvijen 1974. g. [57]. Glavna komponenta ovog uređaja bila je elektronička komunikacijska ploča s izmjenjivim poljima, što je korisniku omogućavalo široku mogućnost personalizacije u razmještanju slovnih znakova, ali ujedno i implementacije skupova grafičkih znakova za PK.

Krajem 70-tih godina prošlog stoljeća Canon predstavlja Canon Communicator, tada najmanji pokretni uređaj za PK, koji je unesene riječi ispisivao na papirnatu traku. U istom razdoblju počela je implementacija zvučnih sintetizatora u pokretne uređaje, a prvi uređaj na tržištu s mogućnošću generiranja govora iz korisnikova unosa bio je Handvoice koji je predstavljen 1978.

Razvoj visokotehnoloških uređaja za PK s dinamičnim zaslonom počinje 90-tih godina 20. st. Tako je 1991. kompanija DynaVox proizvela prvi pokretni uređaj koji je imao dodirnik i dinamički zaslon s mogućnošću izmjene prikaza vokabulara ovisno o korisnikovoj selekciji [58]. Uređaj se isporučivao s posebno izrađenim DynaSims sustavom grafičkih znakova. Ista je kompanija 1996. proizvela i prvi pokretni PK uređaj s dinamičkim zaslonom u boji. U ovom razdoblju tržište pokretnih PK uređaja naglo se širi i pojavljuje se niz specijaliziranih pokretnih uređaja različitih karakteristika i načina odabira znakova.

Pojavom mobilnih telefona i dlanovnika koji su imali mogućnost prikaza kompleksnih grafičkih elemenata na svojim dinamičkim zaslonima krajem 20. i početkom 21. st., počinje se istraživati pristup široko dostupnim tehnologijama osobama koje koriste PK [59], [60]. Međutim, značajni interes za implementaciju PK rješenja u komercijalne pokretne uređaje nastaje 2007., u vrijeme pojave „pametnih telefona“ s kapacitivnim dodirnicima, a dodatno se intenzivira predstavljanjem tablet računala s mobilnim operacijskim sustavima 2010. g. Prva PK usluga za pokretne uređaje temeljene na iOS operativnom sustavu - Proloquo2go, na tržištu se pojavljuje 2009. U kratkom periodu između 2009. i 2011. razvijeno je više od 110 PK usluga za pokretne uređaje sa iOS operativnim sustavom [2].

### 3. Dizajn sustava za potpomognutu komunikaciju pomoću grafičkih znakova

Zbog prethodno opisane heterogenosti korisnika sa SPK i ostalih čimbenika, dizajn i razvoj sustava namijenjenih ovoj populaciji složen je problem, kojemu se do sada pristupalo pretežno s gledišta edukacijske rehabilitacije [3], [23], [61]–[63] i razvoja inteligentnih softverskih sustava [59], [64]–[66], uz manji udio istraživanja u području ergonomije i ljudskih faktora [30] te percepcije i kognicije [67]. S obzirom na samu prirodu ovih sustava začinjuća je sporedna uloga grafičkog oblikovanja, koje je samo djelomično zastupljeno u pojedinim istraživanjima [17], [68], [69]. Budući da se glavna motivacija ovog rada očituje u unapređenju sustava za PK primjenom znanja i metoda iz područja grafičkog dizajna i grafičke tehnologije, u sljedećem poglavlju analizirati će se osnovne značajke dizajna ovih sustava s aspekta dvaju navedenih područja.. Light et al izdvojili su 4 varijable koje se odnose na prikaz grafičkih znakova unutar sustava, od čega su 3 varijable u domeni grafičkog oblikovanja: reprezentacija koncepata (grafički znakovi), kategorizacija koncepata i prezentacija koncepata na dostupnoj površini sustava [68]. Detaljnija analiza ovih varijabli ponuđena je u drugom dijelu ovog poglavlja.

#### 3.1 Uloga grafičkog dizajna u dizajnu interakcija sustava za potpomognutu komunikaciju

U većini područja primjene izgled i funkcionalnost grafičkog korisničkog sučelja predstavljaju bitan čimbenik uporabljivosti suvremenih interaktivnih sustava. Zadužen za ostvarivanje komunikacije između korisnika i sustava, zadaća GKS jest omogućiti jasnu i efikasnu interakciju te lako i ugodno korištenje. Izrada grafičkog oblikovanja i definiranje procesa interakcije unutar GKS-a te proučavanje njihovog utjecaja na korisnika pripada domeni dizajna interakcija, disciplini koja se razvila u posljednjih 20 godina. Prema Preece et al [70], dizajn interakcija usmjeren je „oblikovanju interaktivnih proizvoda koji pružaju podršku ljudima u njihovoj svakodnevnoj i radnoj okolini. Radi se o stvaranju korisničkih iskustava koji poboljšavaju i proširuju način na koji ljudi rade, komuniciraju i djeluju.“ Winograd [71] ističe potrebu interdisciplinarnosti kod pristupa oblikovanja interakcijskih rješenja, koja bi trebala kombinirati elemente grafičkog dizajna, informacijskog dizajna i koncepte interakcije čovjeka

i računala (*human-computer interaction*, HCI). Prema Thackari [72], „dizajn interakcija određuje vrijednost komunikacijske usluge i kvalitetu iskustva koju pružaju korisnicima za vrijeme njihove upotrebe.“. Dizajn interakcija, za razliku od fizičkih proizvoda, predstavlja iskustva, a ne stvari. Thackara [72] ističe da je dizajn interakcija prvenstveno usmjeren na nematerijalne procese i usluge koje se prilagođavaju korisnikovim potrebama i preferencijama. S obzirom na sve navedeno, moguće je definirati dizajn interakcija sustava i usluga za PK na pokretnim uređajima kao interdisciplinarni pristup oblikovanju interakcijskog procesa između korisnika sa SKP ili bez njih i pokretnog uređaja radi zadovoljavanja korisnikovih komunikacijskih potreba prilagodbom korisnikovim mogućnostima, potrebama i preferencijama.

Grafički dizajner u procesu dizajna interakcija djeluje u okviru šireg, multidisciplinarnog tima. S obzirom na presudnu važnost vizualnog modaliteta u komunikaciji osoba sa SKP putem grafičkih znakova, grafičko oblikovanje predstavlja bitan čimbenik uporabljivosti sustava za PK. Na grafičkom dizajneru leži odgovornost izrade adekvatnih slikovnih reprezentacija koja će korisniku omogućiti uspješnu interakciju sa sustavom. Za korisnika sa SPK sposobnost pronalaženja točnog ili željenog znaka unutar GKS ima utjecaj na funkcionalnu i efikasnu komunikaciju [73]. Pogrešne odluke u grafičkom oblikovanju koje bi kod korisnika bez razvojnih odstupanja izazvale blage probleme u korištenju, za korisnika sa SKP mogu biti velik izvor frustracija ili čak rezultirati neuporabljivošću sustava. Iako je fokus grafičkog oblikovanja prvenstveno usmjeren na sredstva reprezentacije, u cilju ostvarivanja uspješne interakcije između korisnika i uređaja potrebno je prilagoditi i implementaciju svih grafičkih elemenata GKS mogućnostima i zahtjevima korisnika, namjeni aplikacije, značajkama uređaja i kontekstu korištenja. Ovo predstavlja značajan izazov za dizajnera, i to zbog širokoga spektra razlika u mogućnostima korisnika, zbog različitih karakteristika pokretnih uređaja i zbog dostupnosti niza dodataka koji korisniku nudi alternativni vid odabira, poput bežičnih prekidača (*switch*) ili interakciju praćenjem pogleda (*eye tracking*). Također, s obzirom na njihovu laku prenosivost, korištenje pokretnih uređaja fleksibilnije je u odnosu na osobna računala te ih korisnik može koristiti u cijelom nizu situacija, od kojih je neke moguće predvidjeti jedino prethodnim istraživanjem. Međutim, kako bi se osigurala uporabljivost i pristupačnost znakovnih sustava za PK, bitno je da su njihovim dizajnom obuhvaćeni svi parametri koji utječu na interakcijski proces između korisnika sa SPK i sustava za PK.



S obzirom na sam koncept PK kao sastavnog elementa dnevne interakcije pojedinca sa SKP u različitim kontekstima, dizajn znakova i korisničkog sučelja treba slijediti i koncept sveprisutnog računarstva, odnosno omogućiti integraciju korisniku poznatog interakcijskog okruženja u cijeli niz uređaja, poput stolnih računala, terminala, „pametnih“ kućanskih uređaja i nosivih računalnih uređaja. S obzirom na ovisnost ove populacije o grafičkim znakovima kao, često, jedinom sredstvu komunikacije, potrebno je omogućiti i njihovu zasebnu uporabu i reprodukciju u različitim medijima kako bi bili funkcionalni za svrhe i situacije u kojima uporaba elektroničkih uređaja nije adekvatna ili uopće nije moguća.

### **3.2 Zahtjevi uporabljivosti sustava za PK**

Prema ISO 9241-3 normi uporabljivost je definirana kao „mjera do koje određeni korisnici mogu koristiti proizvod sa svrhom izvršavanja određenih ciljeva na efektivan, efikasan i subjektivno zadovoljavajući način u određenom kontekstu korištenja“ [74]. Budući da se uporabljivost interaktivnog sustava usko povezuje s njegovom kvalitetom, ona predstavlja bitan čimbenik u razvoju svakog softverskog sustava namijenjenog korisnicima. Dva su pristupa unapređenja sustava s obzirom na krajnji cilj i fazu procesa u kojoj je razvoj proizvoda orijentiran na uporabljivost [75]. Pristup usmjeren proizvodu („*top-down*“) izjednačava uporabljivost s lakoćom uporabe i primjenjuje se u fazi nakon razvoja funkcionalnog prototipa, a cilj mu je unaprijediti uporabljivost GKS-a bez izmjena u osnovnoj funkcionalnosti. Kod pristupa usmjerenog procesu („*bottom-up*“) od početka razvoja u obzir se uzimaju ljudski faktori i namjena proizvoda. Uporabljivost proizvoda predstavlja krajnji cilj i fokus u svim fazama njegova razvoja. Radi povećavanja efikasnosti i poboljšanja kvalitete grafičkih znakovnih sustava za PK, potrebno je ustanoviti zahtjeve uporabljivosti koje trebaju ispunjavati takvi sustavi. Iako se uporabljivost često spominje u kontekstu sustava za PK, još uvijek je u ovom području prisutan manjak istraživanja te trenutno ne postoje jasno ustavljeni kriteriji za definiranje zahtjeva uporabljivosti. U kontekstu uporabljivosti za PK usluge na pokretnim uređajima Vučak et al ponudili su 5 tipova zahtjeva uporabljivosti: pristupačnost, estetiku, konzistentnost korisničkog sučelja, ergonomiju i lakoću uporabe [66]. Deruyter et al zaključuju da je, uz razvijanje standarda za interoperabilnost uređaja za PK s ostalim tehnologijama i smanjenje kognitivnih i fizičkih barijera korištenja interneta potreban razvoj ICT usluga koje su nenametljive, personalizirane, adaptivne, predviđajuće, lagane za korištenje i koje štite privatnost korisnika [62].

U kontekstu razvoja usluga za PK za suvremene pokretne uređaje, Light i Mcnaughton ističu četiri zahtjeva koje je potrebno ispuniti kako bi korisnici sa SKP njihovom uporabom mogli [4]:

1. zadržati fokus na komunikaciji umjesto isključivo na tehnologiji
2. razviti inovativne načine procjene i intervencije u području PK
3. osigurati pristupačnost PK svim pojedincima sa SKP
4. razviti rješenja za PK koja podržavaju širok raspon komunikacijskih funkcija.

Za potrebe ovog rada proširit će se zahtjevi uporabljivosti predloženi u Vučak et al [66], uz nužne izmjene radi prilagodbe području grafičkog dizajna i dizajna interakcija:

- pristupačnost: sustav treba biti pristupačan širokom spektru korisnika sa SKP;
- konzistentnost: interakcijski uzorci i vizualne karakteristike grafičkih znakova i elemenata GKS trebaju biti konzistentni;
- interoperabilnost: sustav treba biti funkcionalan na različitim uređajima i platformama;
- lakoća uporabe: sustav treba biti intuitivan i lagan za učenje i uporabu;
- ergonomija: sustav treba izbjegavati nepotrebna percepcijska, kognitivna i motorička opterećenja korisnika;
- estetika: izgled sustava i njegovih elemenata treba biti privlačan primarnim korisnicima;
- reprodukcija: grafički znakovi sustava trebaju nuditi mogućnost reprodukcije u različitim medijima.

Budući da navedeni zahtjevi odražavaju prirodu sustava za PK i heterogenost korisnika sa SPK, gdje ljudski faktori često imaju presudan utjecaj na uporabljivost proizvoda, logična je primjena pristupa usmjerenog procesu dizajna sustava za PK. Metode ostvarivanja i ispitivanja uporabljivosti ovim pristupom opširnije su opisani u 10. poglavlju ovog rada.

### 3.2.1 Pristupačnost sustava i tehnologija korisnicima PK

Kao što je vidljivo iz analize zahtjeva uporabljivosti, pristupačnost predstavlja kritičan čimbenik uporabljivosti nekog sustava za osobe sa SPK. Ukoliko ovoj populaciji interaktivni

sustav nije posebno prilagođen, velika je vjerojatnost je da će svaki pokušaj interakcije rezultirati neuspjehom. Prema ISO 16071 normi pristupačnost (accessibility) sustava definirana je kao „uporabljivost proizvoda, usluge, okoline ili objekta za osobe s najširim rasponima sposobnosti“ [76]. Kao što je vidljivo iz 2. poglavlja, upravo širok raspon sposobnosti predstavlja glavni izazov razvoju sustava za PK. Omogućavanje pristupa jednom korisniku ne znači automatski pristupačnost ostaloj populaciji sa SPK. Može se reći da postizanje „univerzalne pristupačnosti“ u kontekstu razvoja sustava za PK predstavlja utopiju s obzirom na različitost mogućnosti korisnika. Treba napomenuti da sama pristupačnost aplikacije nije dovoljna da bi se osigurala uspješna uporaba [77]. Mnoge razvijene aplikacije za PK na suvremenim pokretnim uređajima preuzimaju interakcijske uzorke rabljene u neprilagođenim aplikacijama, koje se oslanjaju na sposobnost korisnika da izvodi precizne motoričke kretnje pri interakciji dodirnikom. Ograničavanje mogućnosti interakcije s aplikacijom na precizne motoričke pokrete isključuje velik broj potencijalnih korisnika sa SKP. Nasuprot tome, ograničavanje korisnika koji nemaju motoričke poteškoće na manje efikasan način interakcije uzrokuje smanjenje performansi i na taj način im priječi ostvarivanje punog komunikacijskog potencijala. Međutim, izradom fleksibilnijih sustava, usmjerenih na korisnikove mogućnosti, moguće je znatno proširiti krug potencijalnih korisnika.

Razumljiv je fokus razvoja pristupačnijih uređaja i usluga za PK grafičkim znakovima kojima je glavni cilj olakšavanje komunikacije s okolinom korisniku s kompleksnim komunikacijskim potrebama. Međutim, pristupačnost uređaja za komunikaciju grafičkim znakovima ovisi i o njegovim funkcionalnim mogućnostima izvan okvira međusobne komunikacije. Korisnicima je potrebno proširiti funkcionalnost uređaja i izvan okvira pukog komunikacijskog sredstva. Light ističe činjenicu da djeca koja se koriste uređajima za potpomognutu komunikaciju imaju „ograničen pristup svojim potpomognutim sredstvima komunikacije, osim za vrijeme određenih događaja posebno namijenjenih međusobnom sporazumijevanju“ [78]. Roditelji, učitelji i ostali skrbnici vjerojatno ne smatraju uređaj za PK korisnim za neke dnevne aktivnosti ili ne očekuju da će se dijete prilikom navedenih aktivnosti njime koristiti. Prisutan je i problem integracije uređaja za PK unutar pojedinih aktivnosti, poput pregledavanja knjiga. Sposobnost suvremenih pokretnih uređaja da aplikacijama korisnicima ponude različite sadržaje i funkcionalnosti pruža potencijal za implementaciju komunikacijske potpore korisniku sa SKP, ovisno o trenutnoj aktivnosti. Kako bi ovakav pristup proširenju funkcionalnosti uređaja za PK bio ostvariv, potrebno je da grafički znakovni sustav i osnovni elementi korisničkog sučelja omoguće implementacije unutar različitih vrsta ICT usluga za PK. Na ovaj način osigurala bi

se veća pristupačnost različitim uslugama jer bi se komunikacija između usluge i korisnika odvijala na korisniku poznat način.

### **3.3 Smjernice za oblikovanje uporabljivih i pristupačnih sustava za PK**

Smjernice oblikovanja predstavljaju skup preporuka koje su namijenjene primjeni unutar procesa razvoja nekog proizvoda radi povećavanja njegove kvalitete. Dostupnost smjernica za oblikovanje grafičkih znakova i korisničkih sučelja za PK omogućile bi razvojnim timovima temelj za izradu uporabljivih i pristupačnih aplikacija i ostalih usluga u domeni PK koje se temelje na interakciji između korisnika i pokretnog uređaja.

Logopedi, edukacijski rehabilitatori i ostali stručnjaci iz područja PK zagovaraju uporabu podataka utemeljenih na prijašnjim istraživanjima prigodom razvoja aplikacija za suvremene pokretne uređaje [3]. Međutim, većina smjernica za ostvarivanje pristupačnosti interaktivnih sustava osobama s razvojnim odstupanjima fokusirana je na korisnike izvan domene PK [79]. Pored opsežne literature koja se odnosi na preporuke, pristupe i principe „dizajna za sve“, odnosno univerzalnog dizajna, korisnici PK i dalje su izostavljeni jer su njihove potrebe toliko specifične da im je gotovo nemoguće prilagoditi sustave koje svakodnevno rabe ostali korisnici. Navedene smjernice i preporuke često se odnose na proširivanje dostupnosti sadržaja distribuiranih internetskim stranicama, poput World Wide Web Consortium (W3C) smjernica [80]. Primjeri pokušaja izrade smjernica za oblikovanje ili prilagodbu interaktivnih proizvoda i usluga korisnicima PK izrazito su rijetki. Vjerojatno najkonkretniji primjer predstavljaju smjernice izrađene u sklopu projekta WWAAC (*World Wide Augmentative and Alternative Communication*) [81], [82]. Poput W3C smjernica, i WWAAC smjernice teže povećanju pristupačnosti sadržaja na internetu, međutim glavni fokus WWAAC smjernica predstavljaju upravo korisnici PK. U kontekstu dizajna interakcija navedene smjernice većinom su usmjerene na implementacije u programskom kôdu, uz manji dio posvećen vizualnim značajkama sustava, poput rasporeda elemenata i oblikovanja grafičkog korisničkog sučelja.

Ostale preporuke u domeni dizajna sustava za PK formirane su u obliku generalnih načela, poput načela oblikovanja PK sustava za djecu sa SPK koja su ustanovili Hengeveld et al [83]. Iako su ponuđene u kontekstu oblikovanja taktilnih sustava za djecu u ranoj razvojnoj fazi, u okviru razvoja sustava za PK za djecu generalno je primjenjiva većina ovih načela:

- **igra** - djeca, osobito u mlađoj dobi, uče kroz igru, stoga bi interakcija trebala podupirati koncept igre
- **društvena interakcija** - budući da se djeca obično igraju i rade u grupama, potrebna je stimulacija međusobne interakcije
- **izazov** - jedan je od glavnih elemenata motivacije
- **prilagodljivost** - s ciljem optimizacije okoline za učenje i izbjegavanja frustracija, sustav se treba prilagoditi potrebama svakog djeteta
- **tehnologija** - radi postizanja adaptivnosti, potrebna je uporaba novih tehnologija
- **dizajn** - dizajn sustava ne smije stigmatizirati korisnika s posebnim potrebama

Uz različite filozofije i principe dizajna pristupačnijih sustava, poput univerzalnog dizajna i dizajna za sve, koji su opsežno dokumentirani u literaturi [79], [84], nedavno je predložen novi pristup dizajnu sustava za široki spektar korisnika, nazvan dizajn utemeljen na mogućnostima (*Ability-based design*), koji zagovara stvaranja sustava koji su „svjesni“ korisnikovih mogućnosti kako bi im se omogućio pristup sustavu [84]. U okviru ovog pristupa predloženo je 7 načela dizajna (Tablica 3). Ova načela, iako formulirana analizom rješenja koja ne pripadaju domeni PK pomoću grafičkih znakova, primjenjiva su unutar konteksta razvoja adaptivnih grafičkih znakovnih sustava za osobe sa SKP.

Tablica 3. Sedam načela dizajna temeljenog na mogućnostima. Izvor: Wobbrock et al

STAV	1. <b>Mogućnost</b>	Umjesto na ograničenja korisnika, dizajner će se orijentirati na njihove mogućnosti, težeći korištenju navedene mogućnosti kao prednosti.	Nužno
	2. <b>Odgovornost</b>	Dizajneri će reagirati na slabe performanse mijenjanjem sustava, a ne korisnika.	Nužno
SUČELJE	3. <b>Prilagodljivost</b>	Sučelja će biti adaptivna ili omogućavati personalizaciju kako bi osigurala najbolju prilagodbu korisnikovim mogućnostima.	Preporučeno
	4. <b>Transparentnost</b>	Sučelja mogu naznačiti korisnicima adaptacije i sredstva za nadzor, premošćivanje, odbacivanje, vraćanje, pohranjivanje, učitavanje, pregled i testiranje adaptacija.	Preporučeno
SUSTAV	5. <b>Performanse</b>	Sustavi mogu voditi računa o korisnikovim performansama te ih pratiti, mjeriti, modelirati ili predviđati.	Preporučeno
	6. <b>Kontekst</b>	Sustavi mogu proaktivno ispitivati kontekst i predvidjeti njegov efekt na korisnikove mogućnosti	Preporučeno
	7. <b>Proizvod</b>	Sustavi mogu uključivati jeftine i široko dostupne hardverske i programske proizvode	Poticano

Iako korisne, smjernice predstavljaju alat za grubo oblikovanje nekog sustava i ne pokrivaju detalje koji mogu proizići iz specifičnih situacija uporabe [6], [22]. U određenim slučajevima primjena smjernica može rezultirati pogoršanjem uporabljivosti sustava. Stoga se smjernice ne mogu tretirati kao zamjena za ispitivanja uporabljivosti sustava na stvarnim korisnicima, nego

ih je potrebno koristiti u kombinaciji s iterativnim razvojem proizvoda koji je utemeljen na testiranju s korisnicima.

### 3.3.1 Model procjene podudaranjem značajki

Upoznavanje s elementima specijalističke procjene daje dizajneru jasniji uvid u kompleksnost problema pristupačnosti i uporabljivosti prilikom razvoja usluga za PK, te ga usmjerava prema značajkama korisnika i uređaja na koje je potrebno obratiti pozornost u procesu oblikovanja usluga za PK.

Za efektivno korištenje sustava za PK potrebne su određene vještine korisnika u nekoliko domena, poput ukupnih i finih motoričkih sposobnosti (ovisno o metodi selekcije), vizualnih, slušnih i taktilnih osjetilnih sposobnosti, te kognitivne i jezične sposobnosti. Zbog značajnih razlika u potrebama i sposobnostima pojedinaca s kompleksnim komunikacijskim potrebama, logičan je zaključak da svaki pojedinac ne može upotrebljavati svako sredstvo PK na jednako učinkovit način te je, kako bi se odredilo primjereno sredstvo PK, potrebno izvršiti stručnu procjenu korisnikovih sposobnosti.

Proces specijalističke procjene predstavlja izrazito bitan element u pozicioniranju svakog korisnika sa SKP unutar okvira potpomognute komunikacije. Procjenom trenutnog stanja korisnička, kao i njegovih mogućnosti i vještina moguće je odrediti najpogodnije sredstvo komunikacije radi ispunjavanja njegovih komunikacijskih potreba. Iako se u početku razvoja PK metodama procjene izostavljao dio korisnika za koje se smatralo da nemaju potrebne predispozicije za korištenje sustava za PK [52], [85], razvojem modela procjene danas se svaki korisnik nastoji uključiti u proces PK. Razvijeno je nekoliko različitih modela procjene ([52], [85] za pregled), međutim s aspekta oblikovanja i razvoja usluga za PK za suvremene pokretne uređaje najrelevantniji je model procjene podudaranjem značajki koji je usmjeren na proces prikupljanja informacija s ciljem predviđanja koji će sustav PK korisnik rabiti za ostvarivanje komunikacijskih potreba. Vještine korisnika usklađene su sa značajkama PK sustava ili usluge. Zbog sve veće raznolikosti u ponudi suvremenih pokretnih uređaja i PK usluga za različite platforme, jedan od problema s kojim su logopedi i edukacijski rehabilitatori suočeni jest način određivanja za koje je korisnike uporaba takvog sredstva za PK primjerena te odabir najprimjerenije usluge. Mnogi znanstvenici i stručnjaci iz područja PK ističu procjenu podudaranjem značajki kao jedno od rješenja odabira odgovarajućih usluga [86], [87].

### **3.4 Metode slikovnih prikaza korištenih u sustavima za potpomognutu komunikaciju**

Metode reprezentacije na grafičkim znakovima za PK moguće je realizirati upotrebom tehnika fotografije, ilustracije ili linijskih crteža. Problem s upotrebom fotografija i ostalih detaljnih vizualnih reprezentacija očituje se u njihovoj kompleksnosti. Jones i Cregan [88] navode šest kriterija za prikladan sustav grafičkih znakova za PK: dekodabilnost, izbjegavanje apstrakcije, jasnoću, logičnost, koristan vokabular i mogućnost ručne reprodukcije. Budući da korisnik PK sustava mora u fazi vizualne pretrage proći kroz velik broj znakova kako bi pronašao onaj željeni, u interesu je brže komunikacije da se brzo prepozna reprezentacija znakova. U jednom od istraživanja u ovom području, usporedbom prepoznavanja objekata vizualiziranih fotografijom, realističnim sjenčanim i pojednostavljenim linijskim crtežima i jednostavnom stiliziranom ilustracijom, Ryan i Schwartz [89] došli su do zaključka da pojednostavljene stilizirane ilustracije omogućuju najbrže prepoznavanje. Iznenađujuće je što je realistično izveden pojednostavljeni linijski crtež pokazao najslabije rezultate. Bez obzira na svoju kompleksnost, upotreba fotografija unutar sustava za PK česta je pojava, prvenstveno zbog potrebe za personalizacijom sustava. Roditelji i skrbnici fotografijama iz korisnikove okoline korisniku pružaju prepoznatljiv identitet za određene pojmove te mu olakšavaju upoznavanje sa sustavom. Kamere ugrađene u pokretne uređaje omogućuju lako i brzo kreiranje novih znakova i njihovu implementaciju u aplikacije za PK.

Pored korisnički kreiranih fotografija, pojednostavljene ilustracije i linijski crteži predstavljaju najzastupljeniji način reprezentacije u skupovima i sustavima grafičkih znakova za PK.

**SKS 7:** Potrebno je omogućiti implementaciju korisnički kreiranih grafičkih znakova.

### **3.5 Grafički znakovi**

U svojoj osnovi grafički znak predstavlja slikovnu reprezentaciju određene stvari, bića ili ideje. Svaki grafički znak sastoji se od dvaju osnovnih dijelova: svoje grafičke reprezentacije i značenja. Sustavi PK temeljeni na grafičkim znakovima pretežno su logografskog karaktera,

odnosno jedan znak predstavlja jednu riječ ili ideju. Reprerentacije sadržane unutar grafičkih znakova često su izdvojene iz konteksta kako bi se ograničilo tumačenje njihova značenja. Grafički znakovi nisu refleksija idealizirane stvarnosti, već predstavljaju kulturološke artefakte koje je potrebno oblikovati s obzirom na određenu svrhu [90]. Upravo odabir reprezentacija i proučavanja na koji su način povezane s vlastitim značenjem predstavljaju glavni fokus istraživanja u području PK pomoću grafičkih znakova.

### 3.5.1 Taksonomija grafičkih znakova

Semiotika i semiologija predstavljaju vjerojatno najpoznatiji sustav klasifikacije znakova. Charles Sanders Peirce, utemeljitelj semiotike, opisuje znak kao „nešto što za nekoga stoji umjesto nečega u nekom obliku ili svojstvu. Obraća se nekome, odnosno kreira u umu te osobe jednak znak ili možda razvijeniji znak“ [91]. Na temelju svoje definicije napravio je triadičku podjelu znakova na ikone, simbole i indekse, ovisno o odnosu znaka (reprezentacije) s označenim (referentom). Ova podjela ukazuje na problem nazivlja unutar literature u području PK, u kojoj se grafički znakovi nazivaju simbolima. S obzirom na činjenicu da skupovi znakova za potpomognutu komunikaciju sadrže sve tri kategorije odnosa slikovnih reprezentacija s referentom, u kontekstu Peirceove podjele ispravan naziv bio bi „znakovi za PK“.

Strothotte i Strotthote [92] razlikuju četiri kategorije grafičkih znakova s obzirom na njihova pragmatička svojstva, te znakove dijele na one koji imaju sljedeće funkcije: određuju iduću akciju, određuju akciju koja se neće izvršavati, određuju parametre iduće akcije ili privlače pažnju promatrača na moguću iduću akciju. U kontekstu primjene grafičkih znakova u svrhu PK Nakamura i Zeng-Treitel [93] izradili su pregled dosadašnjih taksonomija grafičkih znakova u domeni odnosa reprezentacija-značenje te su uočili određene poveznice i zaključili da postoji određeni konsenzus, odnosno da su prisutna 3 osnovna načina grafičke reprezentacije koncepata:

- 1) direktna reprezentacija (figuracija), koja se temelji na vizualnoj sličnosti između grafičkoga znaka i označenoga
- 2) arbitrarna reprezentacija (apstrakcija), čije je značenje utvrđeno društvenim konvencijama
- 3) indirektna reprezentacija, koja istražuje semantičke odnose između znaka i označenoga.



Ovaj zaključak sukladan je Piercovoju osnovnoj podjeli znakova na ikone, simbole i indekse. Kako bi ponudili detaljniju klasifikaciju grafičkih znakova, Nakamura i Zeng-Treitel ponudili su novu taksonomiju koja se najviše oslanja na onu Familanta i Detweilera [94], na osnovi provedenog istraživanja znakova primijenjenih na korisnicima sa SKP. Prema toj taksonomiji klasificirali su grafičke znakove u tri kategorije: leksička klasifikacija, semantička klasifikacija i klasifikacija prema reprezentacijskoj strategiji. Od navedenih triju vjerojatno je najzanimljivija klasifikacija prema reprezentacijskoj strategiji, u kojoj postoje 3 osnovne strategije konverzije koncepata u grafičke reprezentacije: vizualna sličnost, arbitrarne konvencije i semantička asocijacija. Osnovna podjela odnosi se na ovisnost o prethodnom znanju pojedinca, te su znakovi podijeljeni na konvencionalne i nekonvencionalne reprezentacije.

### 3.5.2 Morfološki elementi grafičkih znakova

U svojem osnovnom obliku većina znakova za PK predstavljaju linijske crteže te imaju slične morfološke karakteristike kao i ostale kategorije znakova za vizualnu komunikaciju, poput računalnih ikona i piktograma. U svojem istraživanju informacijske grafike, Bertin je morfološki podijelio vizualne reprezentacije (koje naziva oznakama) na 7 varijabli: pozicija u 2D prostoru, oblik (formu), teksturu, svjetlinu, boju, veličinu i orijentaciju [95]. Budući da je ova podjela usmjerena prvenstveno na informacijsku grafiku, nedovoljna je za potrebe analize linijskih ilustracija. Horn [96] u kontekstu morfološke podjele elemenata vizualnog jezika adaptirao je i proširio Bertinovu podjelu te kao glavne elemente vizualnog jezika navodi riječi, oblike i slike, dok preostalih 6 Bertinovih varijabli navodi kao svojstva primitivnih oblika, te im pridodaje 4 nove: smještaj u trodimenzionalnom prostoru, pokret, debljinu i osvjetljenje.

Nekoliko je različitih pristupa kreiranja dvodimenzionalnih formi znaka kao osnove slikovne organizacije u različitim vizualnim medijima, poput fotografije, slikarstva ili ilustracije. Moguće ih je definirati korištenjem linija, formalno jednodimenzionalnim tvorevinama koje se mogu razlikovati po svojem karakteru (debljina, duljina, cjelovitost, jednoličnost) i toku (ravne, krivulje). Definiranje oblika linijom predstavlja čestu praksu u oblikovanju slikovnih prikaza za PK jer se većina skupova i sustava znakova za PK temelji na linijskim crtežima. Relativne razlike u svjetlini i snažan kontrast unutar kompozicije također mogu predstavljati alat za definiranje granica oblika, dok je gradacijom svjetline i debljine moguće dobiti i iluziju volumena. Oblike je, kao i kontraste svjetline, moguće definirati i značajnim razlikama u tonu

i zasićenju boje ili u promjenama teksture. Međutim, u većini slučajeva dvodimenzionalni oblici u slikovnim reprezentacijama definirani su kombinacijom nekoliko navedenih pristupa, što je također slučaj i s višetonskim i višebojnim sustavima znakova za PK.

### **3.6 Prezentacija znakova unutar grafičkih korisničkih sučelja za PK**

Budući da grafički znakovi predstavljaju osnovni element interakcije korisničkih sučelja za PK, njihova strukturalna, prostorna i organizacijska prezentacija na zaslonu predstavlja bitan čimbenik njihove uporabljivosti. U svojoj kategorizaciji morfoloških cjelina Horn je elemente vizualnog jezika podijelio na riječi, oblike i slike [96]. Ovu podjelu moguće je primijeniti i na standardnu prezentaciju grafičkih znakova unutar komunikacijskih usluga za PK, u kojima se jedna funkcionalna cjelina sastoji od grafičke reprezentacije znaka (slika), tekstualnog opisa značenja (tekst) i okvira u kojem je sadržana grafička reprezentacija i pozadina (oblik).

Elementi dodani slikovnoj reprezentaciji, poput tekstualnog opisa značenja, mogu prouzročiti dodatne smetnje pojedinim korisnicima sa SKP, stoga je uobičajeno da se skupovi grafičkih reprezentacija (znakova) distribuiraju zasebno, dok su, među sredstvima za PK (komunikatori, kartice, aplikacije), obično smješteni unutar određenog okvira i popraćeni tekstualnom definicijom pojma koji se prikazuje (*gloss*). Budući da oblik i boja okvira te karakteristike tekstualnog natpisa variraju u odnosu na primjenu, u kontekstu aplikacija na pokretnim uređajima možemo ih tretirati kao elemente grafičkog korisničkog sučelja.

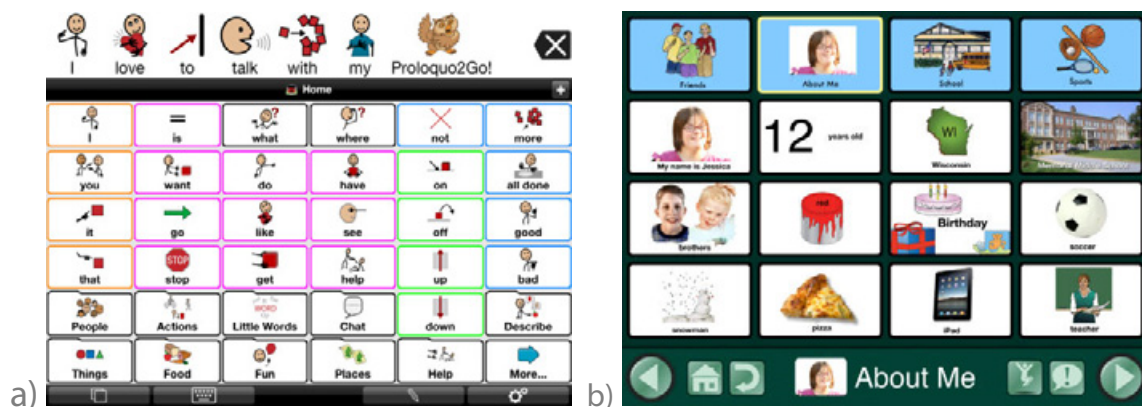
#### **3.6.1 Metode vizualne organizacije vokabulara**

U sustavima gdje je jednim znakom predstavljan jedan pojam, korišteni vokabulari mogu dostizati nekoliko stotina znakova. Stoga je nužno razmotriti kako prostorni raspored vizualnih reprezentacija pojmova unutar prostora dinamičnog ili statičnog zaslona i njihovi međusobni odnosi utječu na lakoću upotrebe te učenje značenja pojmova i načina korištenja sustava za PK.

#### **Mrežni prikaz**

U mrežnom sustavu prikaza znakova koji tvore vokabular slikovne reprezentacije pojmova pravilno su raspoređene unutar određenih prostornih intervala te je svaki pojam sadržan u okviru koji ga jasno odvaja od ostalih pojmova ili elemenata korisničkog sučelja.

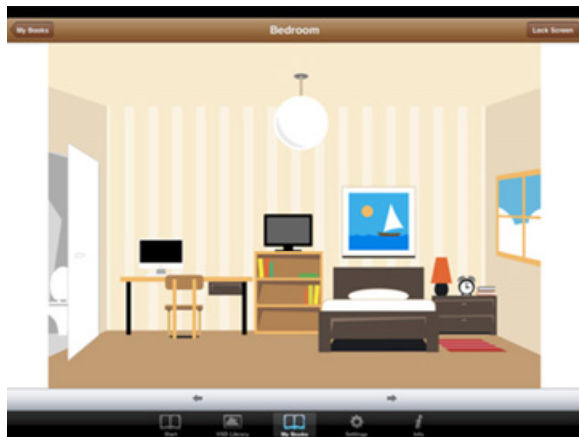
Reprezentacije su stoga lišene konteksta u kojem se pojavljuju u korisnikovom okruženju. U sustavima s velikim opsegom vokabulara uobičajeno je da su znakovi organizirani u sklopu određenih cjelina, te mrežni prikaz može imati taksonomijsku organizaciju u kojoj su znakovi organizirani unutar hijerarhijskih kategorija kao i shematsku organizaciju u kojoj se grupiranje znakova vrši prema relevantnim iskustvima ili događajima. Mrežni prikazi omogućuju veću fleksibilnost korisniku pri sekvencioniranju znakova u izjave u odnosu na ostale metode vizualne organizacije. Stoga se često rabe u sustavima koji obuhvaćaju široki spektar komunikacijskih mogućnosti.



Slika 4. Primjeri mrežnog prikaza znakova u aplikacijama za PK za suvremene pokretne uređaje Proloquo2Go (a) i Go Talk NOW (b)  
Izvor: <https://itunes.apple.com>

## Vizualni prikaz scena

Vizualni prikaz scena (Visual Scene Display, VSD) metoda je organizacije vokabulara u kojoj pojmovi imaju kontekstualnu potporu tako da su integrirani unutar grafičkog prikaza scene (Slika 5). Za ovu metodu organizacije vokabulara Light et al koristili su izraz kontekstualni raspored scene, dok ga je Shane nazvao vizualnom metaforom [97], međutim zajednička im je karakteristika da su prikazani koncepti povezani vizualno i konceptualno. Scene su prikazane korištenjem fotografija ili linijskih crteža, a njihov kontekst može biti generički ili personaliziran, tj. scene mogu biti prikaz univerzalnog okruženja ili stvarnog okruženja iz korisnikove okoline. Mogućnost personalizacije sadržaja VSD-a, koji se naziva razvoj teme, gotovo je neizostavna funkcionalnost ovih sustava [98]. Za razliku od mrežnog prikaza primarna namjena VSD-a jest potpora u konverzacijskim aktivnostima u smislu poticanja komunikacije o zajedničkim aktivnostima, dijeljenju iskustava i pružanju uputa ili informacija.



a)



b)

Slika 5. Primjeri vizualnog prikaza scena u a) aplikaciji SceneSpeak i b) u programu Boardmaker. Izvori: a) <http://appsforaac.net/>, b) <http://news.boardmakershare.com/>

Poput mrežnog prikaza i ova tehnika prikaza vokabulara može se upotrebljavati na niskotehnološkim i visokotehnološkim sredstvima za PK. U visokotehnološkim izvedbama određeni dijelovi scena mogu imati aktivne zone koje prigodom aktivacije mogu generirati tekstualnu, slikovnu ili govornu poruku. Zbog činjenica da prezentiraju pojmove u vokabularu unutar konteksta, nedostatak korištenja vizualnog prikaza scena jest upravo ograničenost komunikacije na scene dostupne korisnicima. Korisnik nije u mogućnosti konstruirati rečenicu izvan konteksta scene koja mu je na raspolaganju, što rezultira ograničenjima u mogućnostima komunikacije. Dosadašnja istraživanja pokazala su, u usporedbi s mrežnim prikazom pojmova, bolje snalaženje djece u ranoj fazi razvoja kada su im pojmovi prezentirani preko VSD sučelja, čak i u slučajevima kada scene u VSD sučelju nisu personalizirane [99].

**SGZ 2:** Tehnološke karakteristike grafičkih znakova za PK trebaju podržavati mogućnost implementacije unutar vizualnih prikaza scena.

**SKS 8:** Za djecu, korisnike PK, u ranijoj razvojnoj dobi preporučljiva je vizualna organizacija vokabulara metodom vizualnog prikaza scene ili hibridnog prikaza.

### Hibridni prikaz

Ova metoda reprezentacije vokabulara predstavlja kombinaciju vizualnog prikaza scena i mrežni prikaz. Dva su tipična pristupa implementacije ove metode vizualne organizacije unutar

sustava za PK. Prvi je hijerarhijski, u kojemu mrežni prikaz i vizualni prikaz scena alterniraju u ovisnosti o trenutnom položaju korisnika unutar sustava. Drugim pristupom na istom zaslonu prikazuje se VSD i mrežni prikaz određenog broja grafičkih znakova. Moguć je i način implementacije da se mrežni prikaz superponira na vizualni prikaz scene kao rezultat korisnikove interakcije s elementom vizualnog prikaza scene.



Slika 6. Primjer hibridnog prikaza u aplikaciji Scene & Heard. s istovremenim prikazom VSD i mrežnog prikaza znakova. Izvor: <http://www.widgit.com>

### 3.6.2 Metode reprezentacije vokabulara

S obzirom na činjenicu da navigacijski principi korisničkih sučelja za PK ovise o broju grafičkih znakova, odnosno opsegu vokabulara, reprezentacija vokabulara ima značajni utjecaj na značajke interakcije s uslugama za PK. Iako je kod ovakvih sustava naglašena potreba za dostupnošću temeljnog vokabulara, potpuna komunikacija zahtijeva pristup i temeljnom i proširenom vokabularu. Razlikujemo dvije osnovne metode reprezentacije vokabulara grafičkih znakova u sustavima za PK:

- jednoznačni slikovni prikazi (*Single-meaning pictures*, SMP) – kod ove metode jedna slika označava jednu riječ, odnosno jedan pojam. Duljina izjave određena je brojem korištenih znakova. Ova metoda ne zahtijeva pismenost i jednostavna je za razumijevanje. Ipak, korisnik treba naučiti značenje pojedinih znakova, osobito onih koji prikazuju određene glagole, pridjeve i apstraktne pojmove. Iako je potencijalno potrebna samo jedna radnja kako bi korisnik komunicirao željeno značenje (odabir jednog znaka), problem može nastati kod navigacije do željenoga znaka - budući da ova metoda zahtijeva značajan broj simbola čak i za temeljni rječnik, dolazak do željenog znaka od korisnika može zahtijevati nekoliko različitih radnji.

- semantička kompaktnost - ova metoda, koju je razvio lingvist Bruce Barker [100], temelji se na kodiranju informacija generiranjem određene sekvence grafičkih znakova. Budući da određeni slikovni prikazi mogu u korisniku potaknuti višestruke asocijacije, semantička kompaktnost temelji se na ideji da se ciljano značenje može izdvojiti kombiniranjem više znakova. Obično se uz temeljni znak dodaje jedan ili više funkcionalnih znakova kojima se određuje ciljano značenje. Tako npr. znak sunca, ovisno o ostalim kombiniranim znakovima, može značiti „vrijeme“, „žuta“, „ljetno“, „vruće“ ili „podne“. Ovom metodom kombiniranja znakova ujedno se smanjuje broj znakova potreban za temeljni vokabular, čime se stvara potencijal za bržu komunikaciju u usporedbi s metodom jednoznačnih slikovnih prikaza i pojedinim metodama upotrebe abecede. Iako pismenost nije uvjet za korištenje ove metode, postoje pravila i zahtjevi kombiniranja znakova koju korisnici sustava moraju naučiti kako bi mogli ostvariti željenu komunikaciju. Potrebno je i zapamtiti funkcije vezane uz tzv. govorne oznake, odnosno znakove kojima se indicira kategorija riječi (npr. znak koji prikazuje majstora označuje glagol, dok kist s bojom označuje pridjev), a budući da redosljed znakova ima utjecaj na generirano značenje, korisnici trebaju savladati i pravila logičkog sekvencioniranja znakova. Metoda semantičke kompaktnosti patentirana je i trenutno je dostupna u obliku sustava za PK nazvanog Minspeak. Pojedine varijante toga sustava imaju i funkciju predikcije odabira znakova, koja korisnicima na temelju odabira prethodnih znakova nudi ograničenu selekciju. Prvo rješenje koje je koristilo Minspeak metodu bilo je Words strategy iz 1982. godine [101].

Kao što je vidljivo iz njihovih opisa, obje metode reprezentacije vokabulara imaju prednosti i nedostatke i zahtijevaju temeljno drugačiji pristup problemu dizajna interakcija. Dok je kod jednoznačnih slikovnih prikaza vidljiva potreba brze i efikasne navigacije kroz različite kategorije vokabulara, interakcija s vokabularom koji koristi semantičku kompaktnost stavlja težište na veću frekvenciju odabira. Različita su i opterećenja koja metode stavljaju na korisnike, poput većeg opterećenja na pamćenje u semantičkoj kompaktnosti, u usporedbi s fokusom na prepoznavanje kod jednoznačnih prikaza.

Nedovoljan je broj istraživanja povezan s usporedbom ovih metoda da bi se mogli donijeti jasni zaključci o tome koja metoda daje bolje rezultate. Prema istraživanju provedenom na šest korisnika PK sustava s cerebralnom paralizom u adolescentskoj i odrasloj dobi, korisnici koji

su savladali pravila semantičke kompaktnosti brže generiraju željene pojmove za vrijeme komunikacije u odnosu na korisnike jednoznačnih slikovnih prikaza [102]. Međutim, istraživanja provedena na djeci predškolske dobi ukazuju na probleme u savladavanju i korištenju semantičke kompaktnosti. Tako se kod djece bez razvojnih odstupanja u dobi od 4-5 godina, uz prethodnu edukaciju, pokazuju problemi u savladavanju ove metode i ostvaruju malen učinak u komunikaciji ostvarenoj njezinim korištenjem [97], čak i s implementacijom predikcije odabira znakova [103]. Budući da je semantička kompaktnost prilagođena uporabi temeljnog rječnika, često je potrebno i uvođenje jednoznačnih slikovnih prikaza radi proširivanja rječnika.

S obzirom na činjenicu da je dostupan znatno veći broj sustava za PK temeljenih na jednoznačnim slikovnim prikazima i zbog ograničenja u slobodnom korištenju semantičke kompaktnosti kod stvaranju novih rješenja, predloženi model prilagodljivog znakovnog sustava za PK unutar ovog rada temeljit će se na uporabi jednoznačnih slikovnih prikaza.

### **3.7 Principi vizualne kategorizacije grafičkih znakova u sustavima za PK**

Zbog suočavanja korisnika s velikim brojem istovremeno prikazanih znakova pri uporabi sustava za PK, često je, uz vizualnu organizaciju, potrebno primijeniti strategije kategorizacije znakova kako bi se olakšala njihova vizualna pretraga. Wilkinson i Jagaroo [67] sugeriraju da je primjenom principa vizualne kategorizacije moguće poboljšati performanse u slaganju poruka. Iako se sustavi za PK koriste različitim strategijama kategorizacije, poput abecedne, u ovom segmentu rada temeljitije će se obraditi pristupi kategorizacija bojom i oblikom koji imaju utjecaj na vizualno oblikovanje sustava za PK.

#### **3.7.1 Kategorizacija bojom**

Uporaba boja česta je strategija kategorizacije vizualnih prikaza grafičkih znakova, osobito u mrežnim prikazima. Iako je u sustavima PK pomoću grafičkih znakova prisutna više od dvadeset godina, njihov utjecaj na oblikovanje znakova i sustava za PK još je uvijek nedovoljno istražen. U svojem pregledu istraživanja neuropsiholoških aspekata uporabe boje za potpomognutu komunikaciju Wilkison i Jagaroo ističu [67] pozitivne aspekte uporabe boja kao pomoć pri segmentaciji scena, perceptualnoj diskriminaciji i grupiranju, poboljšanju

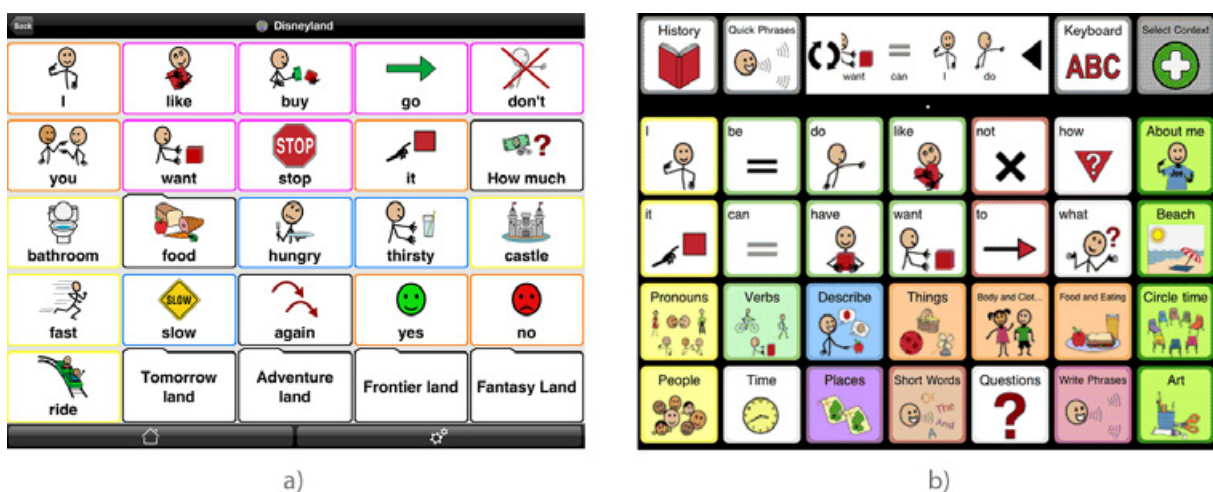
kratkotrajne memorije i prepoznavanju vizualizacija. Posebno pozitivan učinak može imati uporaba boja unutar naturalističkih prikaza, poput vizualnog prikaza scena. Kroz pregled dostupne literature ističu se dva modela kategorizacije bojom, Fitzgeraldov ključ [32] i model koji su predstavili Goossens', Crain i Elder [104]. Ova dva modela razlikuju se prvenstveno prema kategorijama i bojama korištenima za njihovo označavanje. Fitzgeraldov ključ klasificira vrste riječi prema njihovoj poziciji unutar rečenice na sljedeće kategorije: osobe i zamjenice (žuta), imenice (narančasta), glagoli (zelena), pridjevi i prijedlozi (plava), društvena kategorija ( ružičasta) i razno (bijela). Goossens', Crain i Elder predstavili su model s drukčijom raspodjelom kategorija i boja kojima ih označavaju: imenice i osobe (žuta), glagoli ( ružičasta), pridjevi i zamjenice (plava), prijedlozi (zelena) i razno (bijela). S vremenom se razvio i modificirani model Fitzgeraldovog ključa [105], koji proširuje broj kategorija i korištenih boja.

U kontekstu područja primjene boje za kategorizaciju unutar sustava za PK razlikujemo dva različita pristupa: površinsko i linijsko označavanje. Površinsko označavanje podrazumijeva uporabu prostora izvan linijske konstrukcije samoga znaka, odnosno njegove pozadine, radi kategorizacije bojom. Kod linijskog označavanja okvir u kojemu je sadržana vizualna reprezentacija izveden je u odgovarajućoj boji prema odabranoj strategiji kategorizacije. Iako većina aplikacija upotrebljava jedan pristup kategorizacije, neke kombiniraju linijsko i površinsko označavanje, gdje se linijsko koristi za kategorizaciju pojedinačnih znakova, dok su površinskim označavanjem kategorizirani skupovi znakova.

Wilkinson i Jagaroo [67] smatraju da su prednosti upotrebe linijskog označavanja boja za kategorizaciju unutar mrežnih prikaza upitne zbog vjerojatnosti stvaranja nenamjernih poveznica između znakova i mogućnosti pojave McCollough efekta, odnosno psihofizikalnog posljedično adaptacijskog vizualnog efekta koji se temelji na višim razinama percepcije, a uvjetovan je bojom i strukturom slikovnih elemenata [106]. Iako trenutno ne postoje istraživanja u području PK koja bi potvrdila ili osporila ove tvrdnje, zbog same prirode linijskog označavanja bojom, odnosno razlike u percipiranom kontrastu standardnih tonova boja iste svjetline rabljenih za kategorizaciju, moguće je zaključiti da označavanje okvira može prouzročiti stvaranje vizualnih uzoraka u mrežnom prikazu i nenamjerno isticanje znakova označenih bojama koji imaju veći kontrast u odnosu na podlogu (Slika 7). U kontekstu površinskog označavanja bojom za kategorizaciju u sustavima za PK, istraživanja pokazuju konfliktne rezultate. Dok su u preliminarnim rezultatima istraživanja utjecaja površinskog označavanja bojom na točnost odabira i brzinu pretrage grafičkih znakova Wilkinson i Coombs



[107] ustanovili da mlađa djeca bez razvojnih poteškoća brže i točnije pronalaze znakove ukoliko nisu površinski označeni bojom, u sličnom istraživanju na djeci bez razvojnih poteškoća, rane školske dobi, Herold [69] je ustanovila da su ispitanici kraće tražili znakove kategorizirane bojama u usporedbi s abecednom kategorizacijom. Razlika u rezultatima moguća je posljedica materijala na kojima se istraživalo, odnosno odnosa kontrasta boja površinskog označavanja i znaka, čiji je utjecaj na prepoznavanje i vizualnu pretragu slikovnih elemenata detaljnije objašnjen u 4. poglavlju. Interakcija površinskog označavanja sa slikovnim elementima grafičkog znaka, osim problema u diskriminaciji slikovnih elemenata, može prouzročiti i promjenu hijerarhijskih odnosa između figure i pozadine.



Slika 7. Primjer linijske a) i kombinacije linijske i površinske b) kategorizacije bojom u sustavima za PK. Izvori: a) <http://www.ericssailers.com>, b) <http://www.tobiisonoflex.com>

### 3.7.2 Kategorizacija oblikom

Poput razlikovanja uporabom boja, i uporaba različitih oblika često je sredstvo kategorizacije grafičkih znakova u grafičkim sučeljima za PK, osobito u slučaju mrežne reprezentacije znakova. Ovaj način kategorizacije uobičajeno je izveden modifikacijom forme okvira koji sadržavaju grafičke znakove. S obzirom da je okvir znakova često naglašen upotrebom konturne linije, ona poprima ulogu kôda, prenoseći na taj način korisnicima značajke prikazanog znaka i olakšavajući im vizualnu pretragu. Iako funkcionalnost ovog načina kategorizacije ne ovisi o korisnikovoj sposobnosti raspoznavanja boja, zbog nepravilnog oblika okvira može doći do formiranja različitih uzoraka unutar mrežnog prikaza koji će korisnicima

odvlačiti pozornost. Stoga ovakav način označavanja treba biti umjeren i izveden na pojedinim segmentima okvira.

Unutar postojećih ICT usluga za PK, kategorizacija oblikom u slabijoj je mjeri zastupljena u odnosu na kategorizacije bojom, te se gotovo isključivo upotrebljava za označavanje virtualnih „mapa“, odnosno oznaka koje predstavljaju naredbu za pristup skupu znakova kategoriziranom na temelju zajedničkih značajki referenata. U takvim slučajevima okviri poprimaju oblik korištene vizualne metafore, najčešće uredskih mapa za dokumente ili naslaganih kartica (Slika 7).

### **3.8 Prilagodljivost sustava za PK**

Dva su načina prilagodbe tehnologije specifičnom korisniku: adaptivnost i personalizacija. Adaptivnost podrazumijeva aktivno praćenje korisnikove interakcije sa sustavom i konteksta uporabe, te uvođenje promjena u korisničkom sučelju na osnovi korisnikovog ponašanja. Personalizacija podrazumijeva mogućnost prilagodbe sustava prema željama i potrebama korisnika.

Nekoliko je različitih pristupa prilagodbe izbornika i alatnih traka GKS koje je moguće podijeliti na prostorne i vizualne prilagodbe [108]. Prostorne prilagodbe podrazumijevaju izmjenu prostornih značajki pojedinih elemenata GKS radi olakšavanja pristupa naredbama. Njihovo izvođenje moguće je ostvariti repozicioniranjem elemenata, promjenom njihove veličine ili njihovim dupliciranjem te privremenim izostavljanjem onih elemenata koji su u danom trenutku najmanje korisni. Vizualne prilagodbe obično su usmjerene na isticanje bojom ili kontrastom.

S obzirom na značajna odstupanja korisnika u mogućnostima korištenja GKS u kontekstu PK, prostorne i vizualne prilagodbe imaju velik potencijal za redukciju zahtjeva navigacije, pretrage i odabira kako bi korisnik stigao do željenog odabira, posebice kada je riječ o sučeljima u kojima se ove prilagodbe rabe za olakšavanje pristupa korisnicima s motoričkim smetnjama, poremećajima vida ili kognitivnim poteškoćama [109]. Povećanjem dimenzija znakova za PK i ikona naredbi moguća su značajna poboljšanja performansi uporabe GKS za korisnike s poremećajima vida [40]. Međutim, zbog ograničenog prostora na zaslonu uređaja, povećanjem dimenzija znakova smanjuje se njihov broj prikazan u isto vrijeme na zaslonu, što može imati

negativan utjecaj na uporabljivost sustava korisnicima s normalnim vidom i/ili bez motoričkih poteškoća. Stoga, kako bi dizajn sustava za PK pomoću grafičkih znakova osigurao pristupačnost i visoku razinu uporabljivosti različitim korisnicima, potrebno je da se on temelji na prilagodljivosti u domenama prostora i izgleda.

**SKS 9: Korisnicima je potrebno osigurati selektivan odabir automatskih prilagodbi sustava.**

Međutim, konstantne promjene u rasporedu elemenata GKS mogu prouzročiti i niz neželjenih posljedica, osobito kod korisnika PK sustava kojima česte izmjene u prostornoj poziciji elemenata mogu povećati kognitivno opterećenje i smanjiti efikasnost vizualne pretrage, smanjujući time i performanse korištenja usluge za PK [110]. Kao primjer može poslužiti strategija prilagodbe sučelja na temelju učestalosti uporabe koju su razvili Mitchell i Shneiderman [111]. Uporabom ove strategije moguće je ostvariti raspored grafičkih znakova u mrežnom prikazu koji je utemeljen na podacima o učestalosti njihova korištenja. Tako bi se najfrekventnije korišteni znakovi u određenoj kategoriji uvijek nalazili na vrhu i samim time bili pristupačniji korisniku, ubrzavajući na taj način proces slaganja poruke. Međutim, kod određenog dijela korisnika koji se oslanjaju na prostornu memoriju, učestale promjene mogle bi izazvati konfuziju, dezorijentiranost i frustraciju [112]. Stoga bi usluge koje su namijenjene širokom spektru korisnika uvijek trebale nuditi mogućnost isključivanja pojedinih automatskih prilagodbi, osobito onih koje znatno utječu na izgled i funkcioniranje sustava.

U kontekstu razvoja interaktivnih sustava za PK, ponekad je određene dijelove interakcijskih elemenata, poput naprednih postavki, potrebno namjerno napraviti teže dostupnima ili nedostupnima primarnim korisnicima u cilju sprečavanja njihove nenamjerne aktivacije i problema u korištenju sustava koji proizlaze iz neočekivane pojave interakcijskih elemenata koje nisu sposobni savladati. Međutim, potrebno je da se dizajnom sučelja, usprkos restrikcijama za određeni dio primarnih korisnika, u isto vrijeme omogući pristup i korištenje ovih interakcijskih elemenata sekundarnim korisnicima (roditeljima, skrbnicima, nastavnicima, rehabilitatorima) ili korisnicima PK koji posjeduju potrebna znanja i vještine za njihovo korištenje. Norman navodi različite pristupe restrikciji funkcionalnih dijelova dizajna određenom dijelu korisnika [113], od kojih se u kontekstu implementacije unutar GKS sustava za PK na pokretnim uređajima mogu primijeniti jesu korištenje vremenski ili motorički preciznih radnji.

SKS 10: Pristup segmentima GKS koji nisu namijenjeni primarnim korisnicima, poput postavki aplikacije, potrebno je ograničiti zahtijevanjem obavljanja vremenski ili motorički preciznih radnji kao predispozicije za pristup navedenim segmentima.

Učestale izmjene u pozicioniranju alatnih traka GKS mogu sprečavati korisnika u razvoju prostorne memorije naredbi, dodatno otežavajući interakciju korisniku [114]. Stoga je moguće zaključiti da je prostorne prilagodbe elemenata navigacije potrebno rabiti umjereno, te da se sve značajnije intervencije u rasporedu i poziciji alatnih traka i naredbi izvode pomoću personalizacije umjesto metodama adaptivnosti.

SKS 11: Preporučuje se umjereno korištenje adaptivnih elemenata, osobito u domeni prostorne prilagodbe. Posebice je potrebno izbjegavati značajne i učestale izmjene u rasporedu i pozicioniranju alatnih traka i naredbi.

Problem prilagodljivih sučelja jest što korisnici rijetko samoinicijativno rabe mogućnosti personalizacije [115]. Stoga se nameće potreba za iniciranje procesa personalizacije od strane uređaja, odnosno aplikacije, tijekom njezina prvog pokretanja ili dodavanja novog korisnika.

SKS 12: Preporučuje se iniciranje procesa personalizacije grafičkog korisničkog sučelja pri prvom pokretanju aplikacije ili usluge.

Značajna personalizacija sustava može prouzročiti da korisnik, uslijed vlastitog neznanja, pogrešnim odabirima personalizacija oteža korištenje aplikacije [115]. Navedeni scenarij posebice je moguć zbog činjenice da zbog sve veće dostupnosti aplikacija za PK roditelji i skrbnici korisnika sa SKP donose samostalne odluke o njihovoj uporabi bez prethodnih konzultacija s logopedima ili edukacijskim rehabilitatorima. U takvim slučajevima sustav bi trebao aktivno pratiti korisnikove performanse i na temelju zabilježenih pogrešaka ponuditi prikladnije postavke personalizacije.

SKS 13: Preporučljivo je da sustav aktivno prati korisnikove performanse i na temelju zabilježenih pogrešaka predloži prikladnije postavke GKS.

Velik potencijal vizualnih i prostornih prilagodbi nije u potpunosti iskorišten u dizajnu dostupnih aplikacija u domeni PK. One su pretežno ograničene na prostorne prilagodbe veličine

grafičkih znakova te, u rijetkim slučajevima, određene mogućnosti dodavanja i redukcije elemenata GKS. Vizualne prilagodbe pretežno su ograničene na promjenu pozadine grafičkih znakova. U mogućnostima prilagodbi najviše prednjače popularnije aplikacije, poput Proloquo2go (<http://www.assistiveware.com>) i Avaz (<http://www.avazapp.com>).

Tablica 4. Analiza mogućnosti prilagodbe za 4 popularne aplikacije za PK

	Proloquo2Go	Avaz	My First AAC	Tobii SonoFlex
<b>Prostorne prilagodbe</b>				
Veličina znakova	6 razina	6 razina	2 razine	-
Veličina naredbi	-	-	-	-
Raspored naredbi	+	-	-	+
<b>Vizualne prilagodbe</b>				
Grafički znakovi	-	-	-	-
Pozadine znakova	+	+	-	-
Naredbe i ostali elementi GKS	-	-	-	-
<b>Prilagodba metodi odabira</b>				
Skeniranje	+	-	-	-
Upravljanje pogledom	+	+	-	+
<b>Prilagodba animacije</b>				
Grafički znakovi	-	-	-	-
GKS	-	+	-	-

## 4. Elementi i principi oblikovanja prilagodljivog grafičkog sustava za PK

U sljedećem poglavlju definirani su elementi i principi koje autor ovog rada smatra važnim za oblikovanje vizualnih i interakcijskih elemenata sustava za PK. Analizom dostupne literature iz područja potpomognute komunikacije, grafičkog dizajna, dizajna interakcija, vizualne komunikacije, percepcije i kognicije te analizom postojećih rješenja ustanovit će se dio smjernica za oblikovanje grafičkih znakova i elemenata GKS predloženog modela iz 5. poglavlja.

### 4.1 Linijska struktura

S obzirom da se većina skupova grafičkih znakova za PK temelji na ilustracijama ili linijskim crtežima, karakteristike linijske strukture izrazito su bitne za glavnu funkciju znakova, a to je ispravno prepoznavanje i interpretacija sadržaja slikovnog prikaza. Za razliku od piktograma korištenih na znakovima za označavanje javnih površina i ambalaža ili skupova znakova za PK namijenjenih slabovidnim osobama, koji zbog svoje jednotonske izvedbe pružaju jasno raščlanjenje prikazanog objekta, odnosno figure od njegove pozadine, kod višetonskih i višebojnih skupova znakova za PK postoji opasnost od neadekvatne razine kontrasta između figure i pozadine ili okolnih figura, koja bi promatraču omogućila diskriminaciju elemenata. Stoga je kod slikovnih prikaza za PK, umjesto uporabe kontrasta ploha za razdvajanje figure i pozadine, često prisutna izražena konturna ili obrisna linija kojom se izvane opisuju prikazane figure, odnosno objekti ili subjekti. Različite teorije percepcije ističu ulogu jasno izraženih kontura objekata u funkciji prepoznavanja. Pinna [116] smatra da se percepcija glavnih karakteristika vizualnih objekata, konture, boje, sjenčanja i osvjetljenja, odvija u sekvencijalnom nizu i da ih u jednakom poretku umjetnici i djeca upotrebljavaju za stvaranje slikovnih reprezentacija. Halverson [117] je uočio poveznicu između crteža današnje djece i prethistorijskih spiljskih crteža, koji su utemeljeni na prezentaciji objekata pomoću najprominentnijih kontura. Važnost konture ističe se i u Biedermanovoj teoriji percepcije trodimenzionalnih objekata, poznatij i kao teorija „geona“ [118]. Prema Biedermanovoj teoriji, čovjek percipira objekte kao skup geometrijskih tijela tako da tijekom procesa prepoznavanja

objekta, kompleksne trodimenzionalne forme raščlanjuje na veći broj jednostavnijih. Proces prepoznavanja objekata, odnosno njihovih morfoloških konstrukcija koje nastaju kombiniranjem nekih od 36 jednostavnih morfoloških komponenata nazvanih geonima, započinje upravo perceptivnim procesom izvlačenja rubova objekta koji se promatra, u kojem ljudski vizualni sustav prikuplja informacije o boji, teksturi i luminiscenciji objekata te na temelju kojih se stvara mentalni ekvivalent linijskog crteža. Iz svega navedenoga moguće je zaključiti da je kontura važna u prepoznavanju objekata u okolini, ali i njihovih slikovnih reprezentacija, čime jasno označena kontura slikovnih elemenata grafičkih znakova za PK može korisniku omogućiti brže i točnije prepoznavanje znaka, a samim time i poboljšanje komunikacijskih performansi. S obzirom na varijacije u dimenzijama znakova unutar prilagodljivih GKS za PK, te razlike u karakteristikama zaslona na kojima se znakovi prikazuju, potrebno je osigurati postojanost linijske strukture u svim predviđenim dimenzijama i uvjetima prikaza.



Slika 8. Izostanak repeticije u korištenju definiranih debljina linija u Symbolstix skupu znakova. Izvor: <https://www.itunes.com>

Zbog promjena u dimenzijama znakova teško je predvidjeti ponašanje slikovnih elemenata čija debljina linija varira. Zbog nesavršenosti prikaza linijskih elemenata na zaslonima [119], prigodom manipulacije dimenzija postoji opasnost od gubitka vidljivosti dijela linije ili spajanja određenih segmenata i nastajanja artefakata, stoga se linije bez varijacije u debljini nameću kao bolji odabir u kontekstu prilagodljivih sustava za PK. Međutim, potrebna je kontrola debljina linija koje se upotrebljavaju za konstrukciju znakova. Značajne varijacije u debljinama korištenih linija u skupu znakova mogu prouzročiti nekonzistentnost vizualne prezentacije

unutar GKS i nenamjerno isticanje određenih znakova (Slika 8). Stoga je potrebno repeticijom određenih debljina linije postići konzistentnost vizualnog prikaza i tako olakšati vizualnu pretragu [120]

SGZ 3: Kod višetonskih i višebojnih znakova za PK upotrebom linija potrebno je jasno naznačiti konture prikazanih figura.

SGZ 4: Linije trebaju biti jasno definirane kada je znak prikazan u svojim najmanjim dimenzijama u obliku otiska ili prikaza na zaslonu najmanje planirane razlučivosti.

SGZ 5: Radi konzistentnosti slikovnih prikaza potrebno je definirati određene debljine linija koje će se rabiti za linijsku konstrukciju u cijelom skupu znakova.

SGZ 6: Preporučljivo je da linije koje opisuju elemente slikovne reprezentacije znaka imaju konstantnu debljinu cijelom svojom duljinom, izuzev ekstremiteta.

## 4.2 Vizualna tekstura

Vizualna tekstura predstavlja iluziju teksture u dvodimenzionalnom mediju. Uporabom elemenata boje, linije i svjetline moguće je simulirati površinske značajke elemenata iz stvarnoga svijeta. Stupnjevanjem dimenzija konstrukcijskih elemenata teksture, moguće je stvoriti iluziju trodimenzionalnosti objekta na koji je tekstura primijenjena. U jednotonskim reprezentacijama tekstura je simulirana uporabom tekturnih linija ili oblika. S obzirom da tekstura povećava vizualnu kompleksnost slikovnih reprezentacija, sporadično je zastupljena unutar skupova za PK te je obično rabljena u situacijama u kojima njezina prisutnost pomaže pri prepoznavanju reprezentacija.

SGZ 7: Zbog značajki vizualnih prilagodbi znakova za PK potrebno je teksture koje su bitne za prepoznavanje značenja naznačiti (teksturnim) linijama.

SGZ 8: U osnovnom i kontrastnom stupnju prilagodbe vizualna tekstura se rabi jedino ukoliko se njenom uporabom pomaže pri prepoznavanju reprezentacije.



### 4.3 Ikoničnost

Ikoničnost predstavlja najzastupljeniju temu istraživanja u području oblikovanja znakova za PK. Morris [121] opisuje ikonični znak kao „svaki znak koji je u nekom pogledu sličan onome što označuje.“ Što je znak sličniji objektu, posjeduje veći stupanj ikoničnosti. U pojedinoj literaturi ikoničnost se naziva i „komunikacijskom snagom“ grafičkoga znaka [92], [122]. Ikoničnost kao kvalitetu moguće je promatrati kao kontinuum [123] na čijim se nasuprotnim ekstremima nalaze transparentnost (*transparency*) i proizvoljnost (*opacity*) značenja. Transparentni znakovi predstavljaju znakove koji imaju jasnu poveznicu sa svojim referentima i moguće im je pogoditi značenje bez dodatne pomoći. Za razliku od njih, proizvoljni znakovi ne posjeduju sličnost s referentom i njihovo značenje nije moguće prepoznati bez posjedovanja prethodnoga znanja. Između ovih dvaju ekstrema nalaze se polutransparentni, odnosno lako razumljivi znakovi, čije je značenje moguće pogoditi ukoliko se korisniku pruži semantička, konceptualna ili lingvistička povezanost između slikovnog prikaza i referenta [123]. Bitno je naglasiti da za pojedinog promatrača stupanj ikoničnosti nije sadržan u reprezentaciji, već je ovisan o promatračevim vještinama [124].

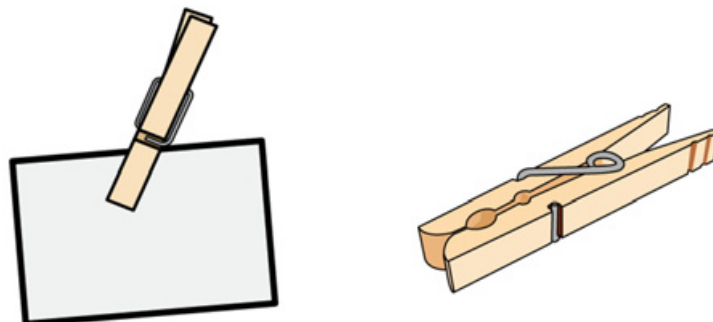
Dva su općenita smjera u istraživanju ikoničnosti unutar PK: evaluacija ikoničnosti znakova iz različitih skupova i evaluacije različitih kategorija znakova unutar istoga skupa. Millikin [123], Rmski i Sevrick [63], Beukelman i Mirenda [32] ponudili su pregled velikoga broja istraživanja u području ikoničnosti grafičkih znakova za PK. Iz rezultata je moguće ustanoviti da je ikoničnost povezana s učenjem znakova. Djeca bolje uče i pamte znakove s visokim stupnjem transparentnosti. Reprezentacije rabljene za radnje, odnosno glagole, manje su transparentne od imenica za većinu setova grafičkih znakova za PK. U svojem istraživanju ikoničnosti pet različitih skupova grafičkih znakova Bloomberg et al. [12] zaključili su da su najveću razinu ikoničnosti pokazali znakovi iz Rebus i PCS skupova, dok Blissymbols znakovi imaju značajno manju razinu ikoničnosti u odnosu na ispitivane skupove. Postizanje visokog stupnja transparentnosti smatra se jednim od osnovnih ciljeva pri izradi jednoznačnih znakova za PK.

**SGZ 9:** Oblikovanje znakova za jednoznačne setove treba služiti za postizanje što većeg stupnja transparentnosti.

## 4.4 Kanonske pozicije

Iako je vizualna percepcija u kontekstu promjene točke gledišta robusna u odnosu na promatrani objekt u trodimenzionalnom prostoru, postoje pozicije u kojima lakše prepoznamo navedene objekte, a nazivaju se kanonske pozicije. Slikovne reprezentacije u grafičkim znakovima za PK najčešće prikazuju objekt iz jedne točke gledišta, stoga je bitno da odabrana točka gledišta doprinosi prepoznavanju objekta. S gledišta promatrača značajke objekta, poput njegove prepoznatljivosti, prethodnog iskustva, percepcije funkcionalnosti (koja je analogna Gibsonovim percepcijama mogućnosti akcije) i estetskih kriterija, utječu na kanoničnost neke točke gledišta na objekt. Nekoliko je kriterija evaluacije kanonske pozicije određenog objekta: preferencija gledišta u trodimenzionalnom prostoru, analiza zamišljenih gledišta, preferencija reprodukcije objekta ovisno o prikazanom gledištu, vremenske performanse prepoznavanja objekata i broja pogrešaka, ovisno o gledištu i vremenu zadržavanja ispitanika na određenoj točki gledišta [125]. Upotreba nestandardnih kuteva gledišta za reprezentacije objekata u dvodimenzionalnom mediju (Slika 9) može imati značajan utjecaj na performanse prepoznavanja, koji se očituju u sporijem prepoznavanju, pogreškama u prepoznavanju [126] ili dodatnim opisima u tumačenju značenja [90]. Stoga je preporučljivo slikovne reprezentacije objekata i okoline izvoditi u njihovim kanonskim pozicijama, odnosno iz kanonskih točaka gledišta.

SGZ 10: Radi bržeg i točnijeg prepoznavanja preporučljivo je prikazivati objekte, subjekte i scene u znakovima u njihovim kanonskim pozicijama.

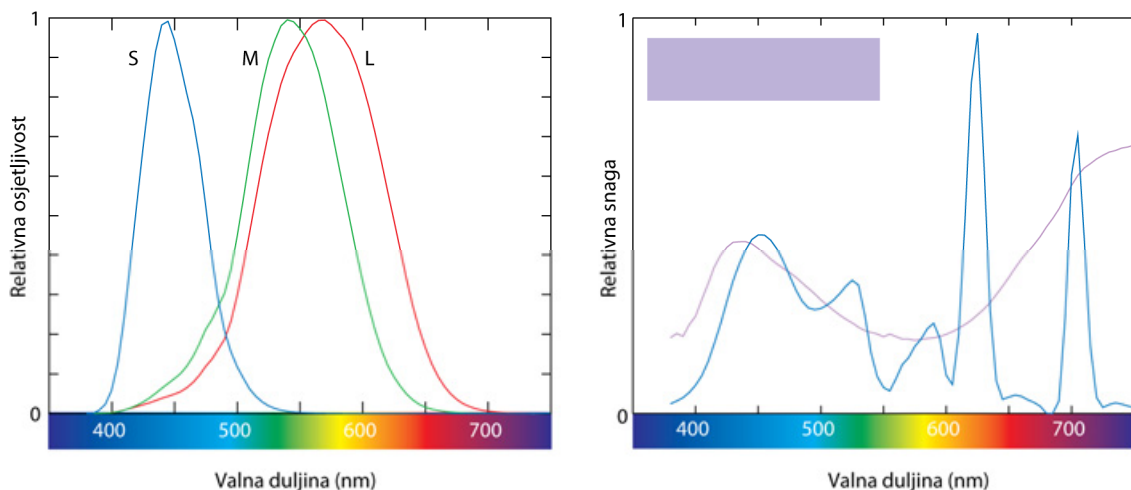


Slika 9. Primjer gledišta izvan kanonske pozicije za pojam "spojiti kvačicom" (lijevo) u skupu Symbolstix. Kut gledišta na kvačicu ne otkriva njezine istaknute vizualne karakteristike bitne za prepoznavanje. Desno je prikaz pojma "kvačica za rublje" iz istog skupa.

## 4.6 Boja

Boja predstavlja psihofizički doživljaj promatrača induciran svjetlom emitiranim iz nekog izvora ili reflektiranim s određene površine. Mogućnost raspoznavanja boja predstavlja bitan čimbenik ljudske percepcije. Boja može pružiti informacije o značajkama materijala nekog objekta ili može pomoći u diskriminaciji pojedinih objekata u prostoru.

Osjet boje stvara se kada svjetlost određene valne duljine dopre do ljudske mrežnice koja sadrži dvije vrste fotoreceptora, štapiće i čunjiće. Čovjeku vidljivo svjetlo jest uzak dio elektromagnetskoga spektra koji obuhvaća valne duljine od otprilike 380 do 780 nm [127]. Tri su različite vrste čunjića, klasificirane prema maksimalnoj spektralnoj osjetljivosti s obzirom na valnu dužinu vidljivog spektra na S (*short wavelength*, maksimalno osjetljivi na svjetlost valne dužine od 445 nm), M (*medium wavelength*, maksimalno osjetljivi na svjetlost valne dužine od 535 nm) i L (*long wavelength*, maksimalno osjetljivi na svjetlost valne dužine od 570 nm)(Slika 10). Prema načelu trikromatičnosti, na osnovi spektralne osjetljivosti čunjića spektralnu distribuciju ulazne svjetlosti moguće je reducirati na tri vrijednosti bez gubitka informacija [128]. Međutim, različite spektralne distribucije mogu prouzročiti iste trikromatske vrijednosti, odnosno jednak doživljaj boje kod promatrača (Slika 10). Ovo načelo, na kojem se zasniva i princip rada zaslona, naziva se metamerizam.



Slika 10. Spektralna osjetljivost S, M i L čunjića (lijevo) i primjer spektralnih krivulja za dva podražaja koji u promatraču uzrokuju isti osjet boje (desno). Izvor: Stone, 2005.

Tri psihofizička atributa kojima definiramo određenu boju jesu ton (*hue*), zasićenje (*saturation*) i svjetlina (*lightness*). Ton predstavlja atribut vizualnog doživljaja na osnovi kojeg boji

dodjeljujemo određeni naziv, npr. crvena, zelena, žuta... Zasićenje predstavlja udio pojedinih valnih duljina u nekom tonu boje, odnosno odstupanje neke boje od akromatske boje iste svjetline. Svjetlina je obilježje kojim se opisuje sličnost neke boje s nizom akromatskih boja, od crne do bijele. Ton i zasićenje određuju kromatičnost neke boje, obilježje boje koje je neovisno o svjetlini.

Većina skupova i sustava grafičkih znakova za PK rabi boju u nekom kapacitetu. Različiti tonovi boja upotrebljavaju se prvenstveno kao ispune formi definiranih akromatskim, najčešće crnim, konturnim linijama. Većinom se za jednu formu upotrebljava jedan ton boje, bez varijacija u svjetlini i zasićenju. Iako nisu u potpunosti vjerne, upotrijebljene boje pretežno odgovaraju značajkama referenta u stvarnom svijetu, osim ukoliko se ne rabe radi naglašavanja. Broj različitih tonova upotrijebljenih unutar istog znaka svodi se na najmanju mjeru i u funkciji je prepoznavanja. Iako se pokazalo da boja ima pozitivan utjecaj na prepoznavanje i učenje linijskih ilustracija u djece u ranim fazama razvoja [129] te brzinu prepoznavanja znakova u odraslih osoba bez razvojnih poremećaja [130], postojeća istraživanja utjecaja boje na prepoznavanje grafičkih znakova u području PK ne pružaju jasne zaključke. Iako je istraživanje Mirende i Locke pokazalo da skupovi znakova za PK u boji imaju veću razinu ikoničnosti u odnosu na monokromatske skupove [16], Stephenson je ustanovila da boja nema utjecaj na povezivanje reprezentacije s referentom [131]. Utjecaj boja na prepoznavanje i uporabu grafičkih znakova ovisno je i o korisnikovim perceptualnim i kognitivnim mogućnostima. Tijekom kreiranja vizualnog sadržaja za široki spektar korisnika potrebno je voditi brigu i o korisnicima koji imaju različite poremećaje vida, poput poremećaja doživljaja boja ili slabovidnosti. Mogućnost detekcije ili diskriminacije kontrasta predstavlja bitan čimbenik kod obavljanja radnji u vizualnoj domeni. U tom kontekstu nužno je u slikovnim reprezentacijama definirati dva različita aspekta kontrasta koji imaju utjecaj na percepciju slabovidnih osoba [132]: polarnosti i magnitudu. Istraživanja su pokazala da polarnost kontrasta (crni tekst na bijeloj pozadini ili bijeli tekst na crnoj pozadini) kod određenih osoba s poremećajima vida može imati značajan utjecaj na performanse prepoznavanja slovnih znakova [132]. Pretpostavlja se da je to posljedica nepravilnog raspršivanja svjetlosti u oku. Međutim, za pojedine slabovidne korisnike inverzni kontrastni polaritet može rezultirati slabijim performansama. Stoga je zaključak da je korisnicima, u kontekstu uporabe znakova za PK prilagođenih slabovidnim osobama, potrebno ponuditi varijante obaju kontrastnih polariteta.

SGZ 11: Monokromatska reprezentacija grafičkih znakova treba biti ponuđena za oba kontrastna polariteta.

ISO normom ISO-9241-3 propisuje se minimalni omjer kontrasta između teksta i pozadine u omjeru 3:1, pod pretpostavkom da promatrač nema probleme s vidom [74]. Za razliku od ISO 9241-3 norme, smjernice za pristupačnost sadržaja na internetu (Web Content Accessibility Guidelines 2.0, WCAG) uračunale su kompenzaciju za gubitak osjetljivosti na kontrast kod slabovidnih osoba te je za tekstualni sadržaj predložen minimalni omjer kontrasta između slovnih znakova i pozadine u omjeru 4,5:1, dok omjer za poboljšanu razinu kontrasta iznosi 7:1 [80].

SGZ 12: Omjer kontrasta između slikovnih elemenata i pozadine znaka treba iznositi 4,5:1, izračunato prema WCAG smjernicama, preporučljivo 7:1 za kontrastni stupanj vizualne prilagodbe.

SKS 14: Omjer kontrasta između tekstualnih natpisa i pozadine treba iznositi 4,5:1, izračunato prema WCAG smjernicama, preporučljivo 7:1 za kontrastni stupanj vizualne prilagodbe.

## 4.7 Konzistentnost

Prema Nielsen, konzistentnost predstavlja jedan od najvažnijih aspekata korisničkih sučelja [133]; potrebno je da ona bude primijenjena unutar cijeloga opsega GKS-a ICT usluge, ali i kroz GKS svih usluga istog proizvođača. U kontekstu korisničkih sučelja dva su tipa konzistentnosti: interna i eksterna. Interna konzistentnost obuhvaća izgled, funkcije i ponašanje grafičkog korisničkog sučelja u okviru jedne usluge, dok eksterna konzistencija obuhvaća i ostale usluge koje korisnici upotrebljavaju.

Uobičajeno je da je interna konzistentnost elemenata operacijskih sustava za pokretne uređaje određena relevantnim smjernicama od strane proizvođača [134]. Međutim, u većini slučajeva ove smjernice nije moguće prilagoditi specifičnostima zahtjeva interakcije unutar GKS za osobe sa SPK, jer se često oslanjaju na uporabu tekstualnih opisa naredbi ili određuju dimenzije

aktivnih elemenata koji nisu prilagodljivi osobama s motoričkim poteškoćama ili poteškoćama s vidom. Interna konzistentnost vizualne prezentacije grafičkih znakova bitna je za sam proces korištenja komunikacijskih usluga. Ukoliko dizajn grafičkih znakova nije konzistentan, može doći do nenamjernog isticanja određenih prikazanih znakova, uzrokujući tako nepotrebnu distrakciju korisniku prilikom procesa vizualne pretrage, a samim time i povećavaju zahtjeve za pozornost korisnika i kognitivno opterećenje u procesu pronalaska željenih znakova [67].

Jedan od problema razvoja aplikacija i ostalih ICT usluga za PK jest korištenje različitih skupova grafičkih znakova unutar iste aplikacije. Budući da svaki sustav posjeduje različite značajke oblikovanja linijske konstrukcije, korištenja boja i sjenčanja, kombiniranjem više sustava radi proširivanja vokabulara usluge dolazi do narušavanja konzistentnosti u vizualnoj prezentaciji usluge, što može imati negativan utjecaj na percepciju estetike i kvalitete usluge, ali i na funkcionalne karakteristike usluge, poput nenamjernog isticanja ili nečitljivosti dijela znakova, kao i na različitosti u konvencijama koje su korištene.

## **4.8 Metafore**

Upotreba vizualnih metafora česta je pojava u oblikovanju grafičkih znakova i korisničkih sučelja kako bi se kontrolirala složenost, iskoristilo prethodno znanje i poboljšalo korisnikovo razumijevanje sustava. S obzirom na to da većina naredbi u korisničkim sučeljima aplikacija i ostalih softverskih rješenja predstavljaju apstraktne radnje, vizualne metafore omogućuju njihovo lakše razumijevanje pomoću vizualne poveznice s korisniku poznatim objektima i radnjama. Imitacijom konvencija iz stvarnog svijeta korisniku se pomaže u interakciji s virtualnim okruženjem. Iako pretjerana uporaba metafora može štetiti uporabljivosti sustava [11], primjerenim korištenjem omogućuje se prepoznavanje objekata koje korisnik može prepoznati i na taj način utvrditi kontekst koji je određen metaforom [92]. Aktivnim procesom rasuđivanja korisnik stvara više informacija o naredbi ili znaku nego što je ponuđeno statičnim prikazom. Nakon što je naučio koncept, metafore korisniku pomažu u prisjećanju. Primjer upotrebe metafora moguće je pronaći u programima za obradu teksta i u operacijskim sustavima u kojima su često upotrebljavane vizualne metafore preuzete iz uredskog okruženja. Iako su takve metafore prikladne s obzirom na namjene navedenih programa, one se često neprimjerenom rabe i u sučeljima za korisnike koji nisu upoznati s okruženjem iz kojih se metafore preuzimaju. Tako je čest slučaj da su pojedine metafore iz uredskog okruženja zastupljene u uslugama za

PK namijenjene djeci [83]. Slika 11 predstavlja primjer najčešće korištene metafore za označavanja kategorija skupova znakova u aplikacijama za PK – mapu za dokumente, koja je vrlo česta pojava u računalnim programima i operacijskim sustavima. Međutim, upitna je njezina prikladnost za prijenos naredbe primarnim korisnicima, koji se vjerojatno ne koriste mapama za dokumente u svojim dnevnim aktivnostima. Stoga je potrebno da se odnos između izvorne (objekt metafore) i ciljne domene (subjekt metafore) zasniva na prethodnim znanjima i iskustvima korisnika.

SKS 15: Ukoliko se za vizualnu prezentaciju naredbi GKS rabe metafore, one trebaju biti preuzete iz korisniku poznatog okruženja.

Madsen je ponudio opis karakteristika metafora korištenih u računalnim sustavima i smjernice za njihovo stvaranje, evaluaciju i razvoj [135]. Međutim, potrebno je istražiti prikladnost ovih smjernica za primjenu u domeni PK i po potrebi ponuditi izmjene i dorade njihove prilagodbe s obzirom na karakteristike i mogućnosti korisnika sustava za PK.

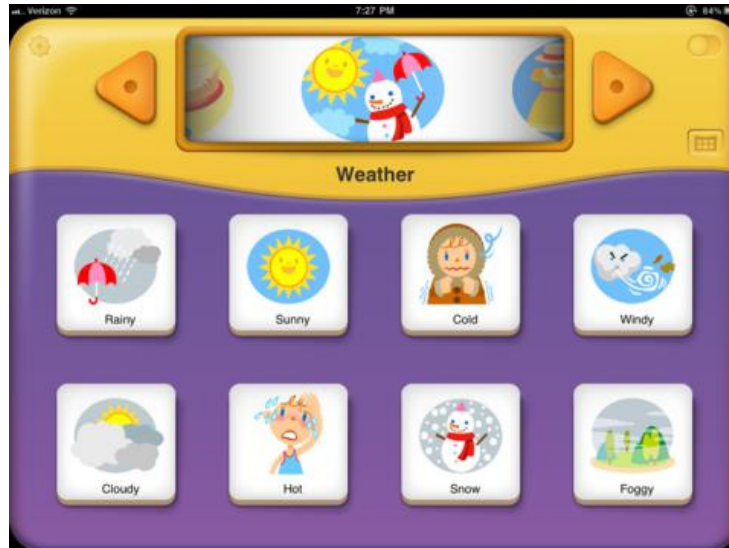


Slika 11. Usporedba korištenih vizualnih metafora za označavanje pristupa skupu znakova određene kategorije u aplikacijama a) Avaz, b) Easy Speak HD, c) So Much 2 Say, d) Proloquo2Go i e) fotografije primjera skupa otisnutih komunikacijskih kartica određene kategorije

#### 4.9 Percepcija mogućnosti akcije (*affordances*)

James Gibson, utemeljitelj teorije direktne percepcije, smatra da čovjek svaki objekt i okolinu percipira direktno kroz vizualne indicije njihovih funkcija. Tu kvalitetu objekata i okoline Gibson naziva „*affordances*“, odnosno mogućnostima za akciju koje je moguće percipirati [136]. Prema Gibsonu, čovjek percipira mogućnosti za akciju direktno iz svoje okoline, bez ikakve obrade na perceptivnom ili kognitivnom nivou. Iako doslovno shvaćanje Gibsonove

teorije ukazuje na mnoge probleme [137], percepcije mogućnosti za akciju imaju značajan utjecaj na područje oblikovanja grafičkih korisničkih sučelja i hardverskih elemenata interaktivnih sustava [113], [137].



Slika 12. Naznačavanje perceptivnih mogućnosti akcije korištenjem metafore dječje igračke u aplikaciji MyFirstAAC. Izvor: <https://www.itunes.com>

U korisnička sučelja suvremenih pokretnih uređaja koji se koriste dodirnikom uveden je cijeli niz novih interakcijskih uzoraka, poput različitih gesta koje koristimo za navigaciju i manipulaciju objekata prikazanih na zaslonu. Iako su navedeni uzorci ustanovljeni radi brže i intuitivnije interakcije s uređajem, korisnicima s SKP mogu predstavljati problem, ne samo zbog njihovih motoričkih zahtjeva, već i zbog pamćenjem tih uzoraka i odlučivanjem kada ih se može koristiti. Mogućnost upotrebe navedenih uzoraka u većini slučajeva nije vizualno prezentirana, stoga je na korisniku da zaključi u kojim okolnostima može upotrebljavati određeni način interakcije. Ova metoda pokušaja i pogreške korisniku sa SKP uzrokuje nepotrebna motoričko i kognitivno opterećenje. Nedovoljno naznačene naredbe sučelja ne utječu samo na korisnike sa SKP, već predstavljaju općeniti problem interakcije [138]. Stoga je potrebno kod implementacije ovih i ostalih interakcijskih uzoraka u uslugama za PK primijeniti Gibsonovu filozofiju perceptivnih mogućnosti akcije, odnosno jasno označiti interaktivne elemente u vizualnoj domeni. Korisniku je potrebno na jasan i nedvosmislen način vizualno signalizirati koje su mu radnje u određenom trenutku dostupne i kakav rezultat može očekivati kao posljedicu tih radnji.



SKS 16: Potrebno je vizualno jasno i na nedvosmislen način naglasiti kojim elementima korisničkog sučelja korisnik u zadanom trenutku može, odnosno ne može, obavljati interakciju i kakve rezultate interakcije može očekivati.

#### 4.9.1 Generičke reprezentacije

Iako je ikoničnost u vizualizacijama objekata i radnji u slikovnim sustavima za PK bitna, u nekim slučajevima može otežati korisnikovo shvaćanje i uporabu sustava. S obzirom na to da se struktura izjave dobiva sekvencioniranjem više znakova, funkcionalni zahtjevi pojedinih znakova diktiraju potrebu da je značenje njegovih dijelova ili znaka u cijelosti ovisno o kontekstu upotrebe, odnosno odnos označitelja i označenog namjerno je napravljen višeznačnim.

Kod generičkih prezentacija objekata i osoba u postojećim skupovima grafičkih znakova za PK izbjegavaju se detaljni prikazi za vizualizacije pojmova koji se mogu odnositi na više različitih subjekata ili objekata. Često je reprezentacija samog korisnika unutar znakova za PK apstrahirana do mjere jednostavne linijske reprezentacije najnužnijih anatomskih elemenata (Slika 13). Ovakve reprezentacije, namijenjene lakšoj korisničkoj identifikaciji unutar konteksta obuhvaćenog grafičkim znakom, po svojoj prirodi ne razlikuju se značajno od pojednostavljenih prikaza ljudskih silueta korištenih za oznake u javnim prostorima.

SGZ 13: Za reprezentacije koje se mogu odnositi na više referenata potrebno je koristiti apstrahirane vizualizacije, odnosno reprezentacija treba biti generička.



Slika 13. Generičke reprezentacije osoba i predmeta za pojam "nositi" u skupovima grafičkih znakova za PK: a) PCS, b) Widgit, c) Symbolstix, d) ARASAAC, e) Sclera Pictos

## 4.10 Animacija

Jedna od prednosti dizajna sustava za dinamičke zaslone predstavlja i mogućnost manipuliranja temporalnim karakteristikama grafičkih znakova i elemenata korisničkog sučelja. Iako su tehnološke karakteristike prvotnih uređaja s dinamičkim zaslonom ograničavale mogućnost uporabe animacije, grafičke mogućnosti suvremenih pokretnih uređaja omogućuju fluidnu animaciju kompleksnih dvodimenzionalnih i trodimenzionalnih reprezentacija. Sustavi percepcije pokreta u mozgu prisutni su od ranih faza razvoja, robusni su i rijetko podložni poremećajima, stoga je ometanje njihove funkcije izrazito rijetko čak i kod populacije koja rabi PK [139]. Animacija je kao alat u PK sustavima koji može biti u službi privlačenja pažnje, povećavanja transparentije znaka i poticanja kognitivnih procesa u korisniku [139]. Iako navedene stavke predstavljaju važne prednosti uporabe animacije tijekom reprezentacije grafičkih znakova, još uvijek postoji mogućnost proširenja uloge njezine integracije u sustave PK. Tako se animacija znakova može upotrebljavati i za pružanje vizualne povratne informacije pri odabiru znaka, u službi nagrade za pravilni odabir ili kao navigacijski orijentir.

### 4.10.1 Potencijal implementacije animacije radi poboljšanja prezentacije grafičkih znakova za PK

Koliko god bile realistične, slikovne reprezentacije uvijek su ograničene u odnosu na objekte, radnje ili događaje koje reprezentiraju. Dok uskraćivanje temporalne dimenzije doživljaja prezentacije objekata i koncepata statičke prirode ne predstavlja značajan problem, lišavanjem temporalnih značajki onih koncepata koji su u stvarnom svijetu okarakterizirani pokretom ili transformacijom, može negativno utjecati na razumijevanje značenja reprezentacije, te time ograničiti i samu funkcionalnu dimenziju znakova. Dosadašnja istraživanja animacije u području oblikovanja znakova za PK većinom su usmjerena na njezinu korelaciju s transparentnošću značenja. Pokazalo se da upotreba animacije ima pozitivan učinak na učenje grafičkih reprezentacija radnji u osoba s niskim stupnjem jezičnog razvoja [140]. Mineo et al [141] istražili su identifikaciju radnji u djece bez razvojnih odstupanja korištenjem reprezentacija videom, animacije crteža i statičkih prikaza s dodacima i bez dodataka simbola u funkciji nagovještaja. Zaključili su da se, iako je uporaba animacija imala lošije rezultate od videa, pokazala boljim rješenjem u odnosu na statičke reprezentacije s vizualnim nagovještajem pokreta ili bez njih.

SGZ 14: Povećavanje transparentnosti znakova, osobito kod reprezentacija radnji, moguće je ostvariti upotrebom animacije.

#### 4.4.2 Potencijal implementacije animacije unutar grafičkog korisničkog sučelja PK usluga

Gilutz i Nielsen ustanovili su da je animacija pozitivan element dizajna u GKS namijenjen djeci, i da često doprinosi ostvarivanju pozitivnog prvog dojma i potiču djecu na dulje korištenje usluge [142]. Ova motivacijska funkcija animacije bitna je kod ostvarivanja prvog kontakta korisnika sa SKP i aplikacije za PK. Međutim, funkcionalni aspekt animacije ima potencijal za poboljšanje lakoće korištenja sustava za PK, a samim time i njihovu uporabljivost. U suprotnosti s naglim prijelazima, upotrebom fluidnih tranzicija kod kretanja korisnika među segmentima sadržaja unutar GKS zadržava se kontekst i time korisniku omogućuje lakše snalaženje [143]. Zbog velikog broja znakova u vokabularima ovaj princip moguće je primijeniti za olakšavanje kretanja kroz skupove prikazanih znakova i njihovu hijerarhijsku strukturu unutar sustava za PK. U kontekstu dizajna prilagodljivih sučelja animaciju je moguće upotrebljavati za tranzicije između pojedinih prostornih prilagodbi, osobito ukoliko su one posljedica adaptacije sustava [144]. Na ovaj način korisniku se olakšava praćenje prilagodbi u GKS.

SKS 17: Kretanje kroz različite mrežne prikaze grafičkih znakova i hijerarhijsku strukturu vokabulara potrebno je popratiti animacijom.

SKS 18: Adaptacije unutar GKS potrebno je popratiti animacijom.

McCarthy et al istražili su utjecaj uporabe animacije povećavanja grafičkih znakova u komunikacijskom sustavu pomoću odabira skeniranjem [145]. Usporedbom tradicionalnog načina uporabe, u kojem se trenutni odabir isticao pomoću crvenog okvira oko slike i poboljšane verzije s povećanjem dimenzija znaka za odabir, pokazalo se da poboljšana verzija ima značajno bolje rezultate u korištenju sustava.

SKS 19: Umjesto bojom, isticanje odabira znaka treba biti izvedeno animacijom povećanja grafičkoga znaka.

SKS 20: Uporaba animacije u sučeljima za PK treba biti umjereno. Ne preporučuje se korištenje više od jednog animiranog elementa u isto vrijeme, osim za isticanje korelacija ili kad je u pitanju grupna izmjena elemenata na zaslonu.

## 4.12 Tipografsko oblikovanje

Zbog prirode korisnika sa SKP upotreba teksta u uslugama za PK značajno je ograničena. Osnovni, i u čestim slučajevima jedini tipografski elementi jesu tekstualni opisi grafičkih znakova i naredbi. Zasebnom uporabom tekstualnih elemenata za određene funkcije riskira se izostanak uporabe navedene funkcionalnosti od dijela korisnika sa SKP. Stoga je potrebno da korišteni tekstualni elementi budu isključivo u funkciji podrške grafičkim reprezentacijama.

SKS 21: Ni jedna naredba ili funkcionalni element interakcije namijenjen korisniku sa SKP ne smiju biti ovisni isključivo o tekstualnom opisu.

Tekstualna definicija znaka predstavlja bitan element PK sustava, jer ona predstavlja podršku u tumačenju grafičke reprezentacije koja može imati pozitivan učinak na razvoj jezične pismenosti kod pojedinca. Ovaj oblik podrške koristan je i za roditelje, skrbnike, komunikacijske partnere i osobe bez razvojnih odstupanja koje se inače ne susreću s ovim oblikom komunikacije, zato što im tekstualno opisano značenje grafičke reprezentacije pomaže u jasnijoj komunikaciji s osobom koja se koristi sustavom za PK.

Iako problemi u percepciji i dekodiranju tekstualnih informacija mogu biti prouzročeni različitim poremećajima, dvije skupine problema izdvajaju se kao najzastupljeniji: problemi s osjetom vida i disleksija.

Disleksija je poremećaj neurološkog podrijetla koji utječe na jezične vještine pojedinca. Osobe s disleksijom imaju veće poteškoće u pristupu pisanim informacijama i njihovom dekodiranju, što za posljedicu ima negativan učinak na rast vokabulara i usvajanje novih znanja [146]. Osim kod čitanja tekstnih informacija, disleksija može prouzročiti različite probleme i u njihovoj kreaciji.

U svojem istraživanju prigodnih fontova za prikaz teksta namijenjenog disleksičnim osobama, Rello i Baeza-Yates [147] ustanovili su da ispitanici ostvaruju najbolje rezultate čitanjem teksta koji je prikazan bezserifnim fontovima, dok je uporaba kurziva prouzročila smanjenje performansi.

SKS 22: Nije preporučljiva uporaba kurzivnog pisma za prikaz tekstualnih elementa u korisničkom sučelju usluga za PK.

Hillier [148] vjeruje da su preporuke udruga koje zastupaju slabovidne korisnike, u vidu specifičnih bezserifnih fontova poput Ariala i Comic sansa, u odnosu na ostale fontove sličnih karakteristika, nastale kao posljedica dostupnosti navedenih fontova u sklopu računalnih operacijskih sustava i nedovoljne stručnosti udruga u području tipografskog oblikovanja.

Treba napomenuti i da je sve do pojave CSS3 i HTML5 standarda u izradi web stranica odabir fontova u većini slučajeva bio usko ograničen na tzv. „sigurne web fontove“ (*web safe fonts*), odnosno izlučilo se 13 pari fontova čije su se vizualne karakteristike mogle i prikazati na Windows i Macintosh operativnim sustavima. U pojedinim slučajevima ne radi se o identičnim fontovima, već o fontovima sličnih karakteristika, poput Ariala i Helvetice. Pojavom CSS3 i HTML5 tehnologija u izradi web stranica omogućena je implementacija velikog broja različitih fontova, te dizajner više nije ograničen u svom odabiru. Tako se otvaraju mogućnosti implementacije i posebnih fontova za osobe s disleksijom i slabovidne osobe. Isti je slučaj i s uslugama posebno razvijenima za pokretne uređaje, gdje je u većini slučajeva omogućena kontrola nad oblikovanjem i uporabom tipografskih elemenata.

Jedan od mogućih ciljeva intervencije u PK jest i promicanje razvoja pismenosti kod korisnika sa SKP [32], stoga je uporaba tekstualnih opisa znakova u uslugama koje za cilj imaju pomoć u tranziciji korisnika s uporabe znakova na uporabu pisma, od veće funkcionalne važnosti u odnosu na usluge za ostvarivanje komunikacijskih potreba. Zato su i povećani zahtjevi za tipografsko oblikovanje. Jedan od funkcionalnih zahtjeva ovakvih usluga jest vizualno naglašavanje određenih dijelova riječi. Cilj je postizanje optičke težine, odnosno kontrasta između naglašanih i nenaglašanih dijelova teksta, a on se u navedenim uslugama najčešće ostvaruje uporabom boje. No implementacija naglasaka moguća je uporabom različitih metoda: kontrasta debljine, kontrasta svjetline, kontrasta veličine, dodavanjem grafičkih elemenata i uokvirivanjem. Kontrast postignut značajnom razlikom geometrijske forme u ovom slučaju nije primjenjiv, i to zbog ovisnosti funkcionalnih karakteristika slovnih znakova o njegovu obliku.

S obzirom na karakteristike predloženog prilagodljivoga grafičkoga znakovnoga sustava, postizanje optičke težine isključivim korištenjem boje nije primjenjivo. Stoga je slovne znakove potrebno naglašavati pomoću uočljivih promjena u obliku znakova, odnosno varijacijama njihove debljine ili veličine, uz mogućnost kombinacije s naglašavanjem upotrebom boja.

**SKS 23:** Naglašavanje tekstualnih elemenata u sučeljima s vizualnim prilagodbama treba biti izvedeno pomoću kontrasta u debljini ili veličini slovnih znakova, uz mogućnost kombiniranja s naglašavanjem upotrebom boja.

### **4.13 Tehnološke karakteristike oblikovanja**

Iako je u domeni PK pomoću grafičkih znakova očita tendencija uporabe visokotehnoloških pomagala, osobito zbog njihove mogućnosti generiranja glasovnog izgovora, još su uvijek rabljena i različita niskotehnološka sredstva, u obliku komunikacijskih kartica (*flash cards*), ploča i knjiga. Pojedini sustavi, poput PECS sustava razmjene komunikacijskih kartica, pogodni su za savladavanje osnova komunikacijskog procesa pomoću znakova, učenja njihovog značenja i diskriminacije između različitih slikovnih reprezentacija. Zbog specifičnih karakteristika tiskanog medija, poput postojanosti i fleksibilnosti reprodukcije, taktilnih svojstava i niskih troškova produkcije, niskotehnološka sredstva ne treba smatrati suvišnima. U određenim situacijama uporaba visokotehnoloških sredstava PK nije moguća ili predstavlja rizik za korisnika ili uređaj (npr. uporaba na bazenu), stoga u takvim situacijama niskotehnološka sredstva mogu predstavljati jedini način komunikacije korisnika s okolinom. Pojedini korisnici, ovisno o trenutnom zadatku ili kontekstu komunikacije, mogu upotrebljavati više različitih sredstava za PK, pa tako i kombinirati visokotehnološka i niskotehnološka sredstva PK. Stoga je potrebno omogućiti konzistentnost u vizualnoj interpretaciji pojmova, odnosno osigurati uporabljivost niskotehnoloških i visokotehnoloških sredstava uporabom jednakih skupova grafičkih znakova za PK.

**SGZ 15:** Tehnološka izvedba grafičkih znakova treba podržavati reprodukciju primjenom spektra različitih tiskanih i digitalnih medija.

U suvremenim pokretnim uređajima moguće je pronaći zaslone veličine dijagonale 5 inča, koji mogu prikazati sliku u razlučivosti tzv. „visoke definicije“ (1920x1080 slikovnih elemenata),

odnosno 451 ppi (slikovnih elemenata po inču, *pixels per inch*). S obzirom na ubrzan razvoj tehnologija zaslona u pokretnim uređajima, konstantno se unapređuje i razlučivost ekrana, tako da je u vrijeme pisanja ovog rada razvijen funkcionalni prototip zaslona razlučivosti 651 ppi [149]. Sposobnost kutne razlučivosti ljudskog oka za donju granicu normalne oštine vida od 20/20 iznosi 30 cpd (ciklusa po stupnju), odnosno 50 cpd za gornju granicu normalne oštine vida (20/12). Pri promatranju s udaljenosti od 30 cm, razlučivost zaslona uređaja treba biti veća od 286,5 ppi kako bi premašila donju, odnosno 477 ppi kako bi premašila gornju granicu normalne oštine vida. Budući da se standardne udaljenosti promatranja zaslona pokretnih uređaja kreću između 30cm i 40cm [150], navedene razlučivosti omogućuju oštiri prikaz grafičkih elemenata, bez vidljivih artefakata u obliku „nazubljenja“ (*jaggies*), koji mogu nastati kod prikaza računarske grafike na zaslonima nižih razlučivosti.

SKS 24: Za reprodukciju grafičkog korisničkog sučelja i grafičkih znakova poželjno je koristiti uređaje čija razlučivost premašuje 286 ppi, odnosno kutnu razlučivost ljudskog oka pri normalnoj udaljenosti promatranog uređaja.

SKS 25: Potrebno je osigurati adekvatne dimenzije reprodukcije grafičkih znakova i svih funkcionalnih elemenata korisničkog sučelja s obzirom na razlike u dimenzijama i razlučivostima zaslona na pokretnim uređajima.

Imajući u vidu mogućnosti i razlike u zaslonima pokretnih uređaja te općenito različite tehnološke zahtjeve reprodukcije u tiskanim i digitalnim medijima, u fazi planiranja razvoja sustava potrebno je odabrati odgovarajuću tehniku izrade, obrade i pohrane grafičkih elemenata koja će nuditi dovoljnu fleksibilnost za implementaciju u prilagodljiva sučelja za PK. U domeni računalne grafike razlikujemo dva osnovna pristupa definiciji grafičkih elemenata: vektorsku i bitmapsku grafiku. S obzirom na to da su grafički elementi vektorske grafike opisani matematičkim formulama, maksimalna razlučivost ograničena je jedino razlučivošću medija u kojem se reproducira, što nije slučaj s bitmapskom grafikom u kojoj je maksimalna razlučivost određena brojem sadržanih slikovnih elemenata. Ovim se omogućuje uporaba istog dokumenta u različitim prostornim prilagodbama znakova unutar GKS.

SGZ 16: Radi zadržavanja oštine reprodukcije grafičkih elemenata znakova neovisno o njihovim dimenzijama na zaslonu, potrebno ih je generirati uporabom vektorske grafike i pohraniti ih u vektorskom formatu.

SGZ 17: Format dokumenata upotrijebljen za pohranu grafičkih znakova treba biti podržan u svim operacijskim sustavima u kojima će se znakovi koristiti.

Dimenzije aktivnih elemenata (naredba, poveznica itd.) unutar sučelja namijenjenih interakciji pomoću dodirnika također imaju važnu ulogu za uporabljivost sustava. S obzirom da okosnicu interakcije pomoću dodirnika predstavlja ljudski prst, koji ima određenu dodirnu površinu, nije moguće jednostavno preuzeti i primijeniti paradigmu oblikovanja i rasporeda elemenata za sučelja stolnih računala, zbog činjenice da mnoge ulazne jedinice namijenjene kontroli i kretanju kroz korisnička sučelja, poput računalnih miševa, omogućuju znatno veću preciznost, koja može biti na razini pojedinog slikovnog elementa prikazanog na zaslonu. Stoga je potrebno da svaki aktivni element korisničkog sučelja namijenjen odabiru pomoću dodirnika zauzima određenu površinu zaslona na pokretnom uređaju, dovoljnu za njegovu neometanu uporabu. Iako u području PK još ne postoje istraživanja povezana s ovom problematikom, u svojoj studiji uporabljivosti suvremenih tablet računala Nielsen ističe da bi najmanja aktivna površina elementa korisničkog sučelja trebala zauzimati dimenzije kvadrata od 1x1 cm na zaslonu uređaja. S obzirom na heterogenost korisnika sa SKP, od kojih mnogi nemaju motoričkih smetnji, Nielsenova preporuka može se primijeniti i na dizajn sustava za PK, uz naglasak na potrebu za mogućnošću povećanja dimenzija aktivnih elemenata korisničkog sučelja, ovisno o korisnikovim motoričkim sposobnostima.

SKS 26: Minimalne dimenzije aktivnih elemenata unutar korisničkog sučelja za PK trebaju tvoriti kvadrat od 1x1 cm na zaslonu uređaja na kojem se sučelje upotrebljava. Potrebno je uključiti mogućnost promjene veličine aktivnih elemenata kako bi se omogućio neometani pristup korisnicima s motoričkim poteškoćama.



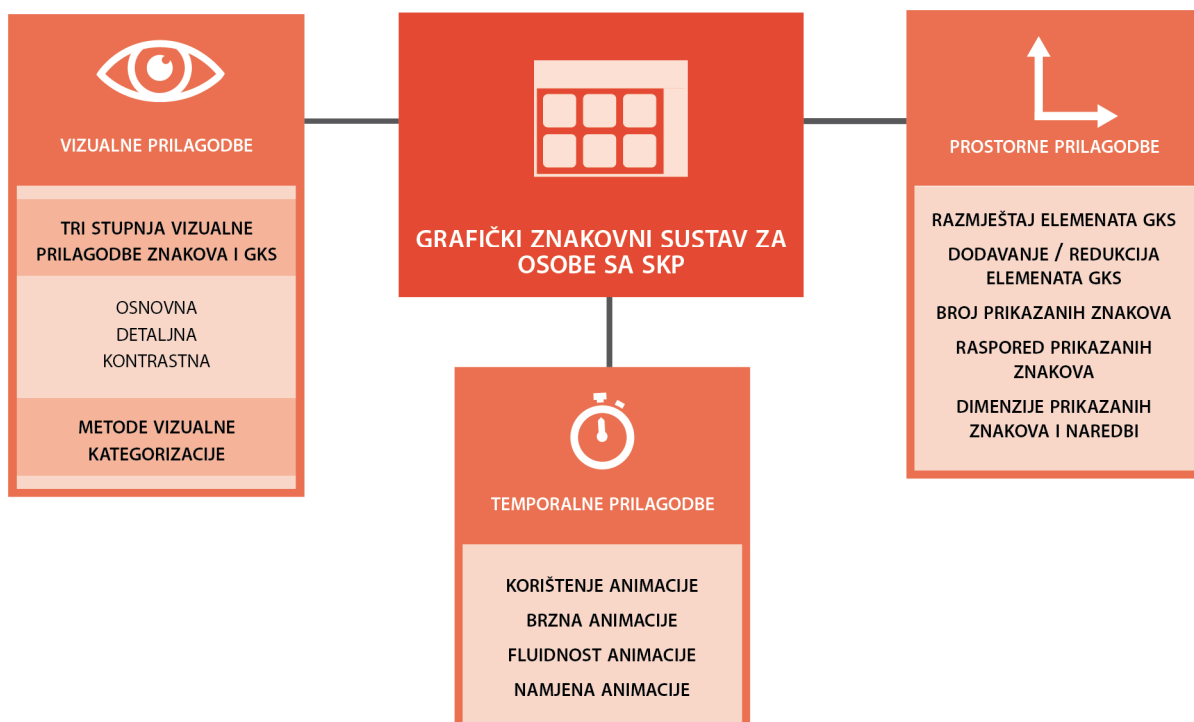
## 5. Model prilagodljivoga grafičkoga znakovnoga sustava za osobe sa složenim komunikacijskim potrebama

Iz prethodnih poglavlja vidljiva je potreba za novim pristupom u oblikovanju i razvoju grafičkih znakovnih sustava za osobe sa SPK. Trenutni sustavi ne iskorištavaju u potpunosti dostupnu tehnologiju kako bi maksimizirali pristupačnost i uporabljivosti korisnicima ovakvih rješenja. Pojedini skupovi grafičkih znakova koji su razvijeni prije pojave suvremenih pokretnih uređaja, od kojih su neki razvijeni u doba prije široke upotrebe računala, nisu tehnološki u mogućnosti iskoristiti prednosti visoke razlučivosti i opsega boja koje pružaju zaslone suvremenih pokretnih uređaja. Za postojeće skupove i sustave grafičkih znakova za PK koji su prilagođeni stranim jezicima ovakav pristup može se opravdati činjenicom da su mnogi korisnici već naviknuti na njihovu uporabu i njihove značajnije promjene iziskivale bi njihovo ponovno učenje i pamćenje. Međutim, budući da ne postoji niti jedan skup ili sustav znakova razvijen za potrebe hrvatskih korisnika, otvara se mogućnost za definiranje oblikovanja novih znakova koji će, kao dio interaktivnog sustava, biti prilagođeni prvenstveno implementaciji na suvremenim pokretnim uređajima, ali će omogućiti i primjenu u širokom rasponu drugih digitalnih i tiskanih medija. Grafička korisnička sučelja trebaju biti funkcionalno usklađena sa znakovima radi pružanja vizualno i funkcionalno konzistentnog iskustva korisnicima te kako bi se omogućili jasni hijerarhijski odnosi među elementima, visoka fleksibilnost i jednostavnost uporabe.

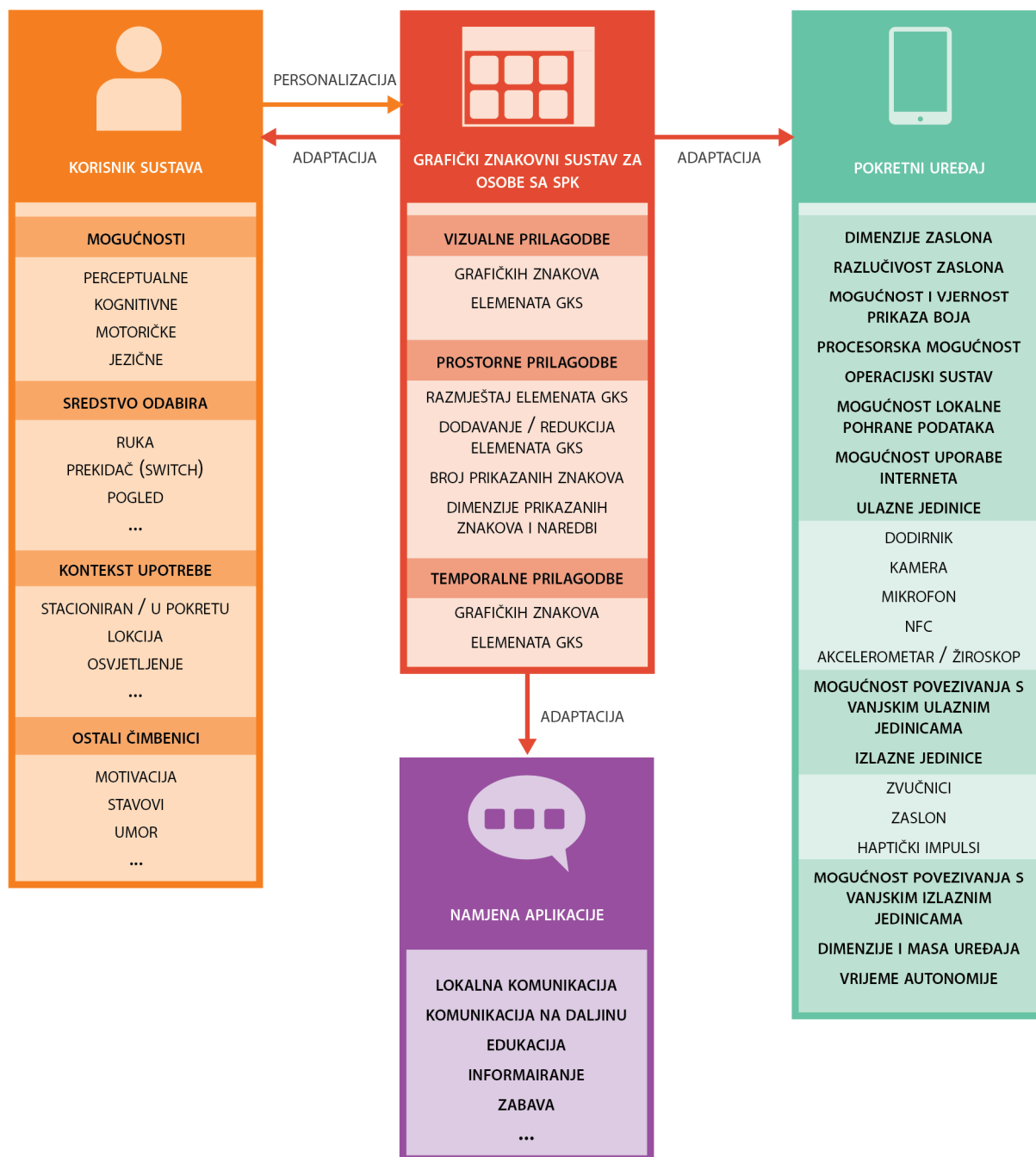
U kontekstu fleksibilnosti i prilagodbe, sučelja postojećih aplikacija za PK u najboljim slučajevima pružaju samo ograničene mogućnosti prostorne prilagodbe GKS i metode odabira. Pristupačnost alatima i platformama za razvoj aplikacija na suvremenim pokretnim uređajima omogućila je velikom broju razvojnih timova mogućnost izrade i distribucije vlastitih rješenja bez potrebe za velikim financijskim ulaganjima. To je također uzrok velike konkurencije na tržištu aplikacija i u takvim situacijama mnogi razvojni timovi aktivno traže manje zasićena područja u kojima bi mogli razvijati nova rješenja, među kojima se nalazi i područje PK. Stoga su problemi u vezi s pojedinim rješenjima za PK na pokretnim uređajima vjerojatno posljedica manjka stručnosti razvojnih timova u području PK i nedostatka istraživanja prilikom njihovog razvoja zbog financijskih ograničenja. S obzirom na veliku heterogenost suvremenih pokretnih uređaja koji dijele isti operacijski sustav, na dizajnerima i razvijateljima leži odgovornost

optimizacije i prilagodbe aplikacije kako bi se održavao jednako ili usporediv nivo uporabljivosti na različitim uređajima. Stoga bi se unutar novog pristupa oblikovanja sustava za PK trebala predvidjeti i dostupnost smjernica i alata za razvoj aplikacija koje bi razvojnim timovima omogućili unapređenje u razvojnom procesu. Uvođenjem novog modela grafičkih znakovnih sustava, koji bi omogućio širok stupanj prilagodbe s obzirom na različitost korisnika i pokretnih uređaja, kontekst uporabe, namjenu usluga i aplikacija, medij reprodukcije i proces razvoja, omogućila bi se veća fleksibilnost u razvoju i korištenju novih aplikacija za PK.

Slika 14 prikazuje shemu predloženog modela grafičkoga znakovnoga sustava za osobe sa SKP. Osnovu modela predstavljaju tri vrste prilagodbe: vizualna, prostorna i temporalna, koje će se detaljnije objasniti u daljnjem tekstu. Kombinacijom triju navedenih vrsta prilagodbi omogućuju se različite domene adaptacije i personalizacije sustava širokom spektru korisnika, uređaja i namjena aplikacije za PK (Slika 15). Kako bi takav sustav bio funkcionalan, potrebno je da svaki njegov element značajkama svog oblikovanja podržava prilagodbe koje se radom sustava na njega primjenjuju.



Slika 14. Model grafičkoga znakovnoga sustava za osobe sa SKP



Slika 15. Prilagodba predloženog modela grafičkoga znakovnoga sustava za osobe sa SPK čimbenicima koji utječu na izgled i ponašanje GKS.

## **5.1 Značajke modela prilagodljivoga grafičkoga znakovnoga sustava za osobe s kompleksnim komunikacijskim potrebama**

Zbog navedene tri domene prilagodljivosti, predloženi model pogodan je za rješavanje problema heterogenosti korisnika i pokretnih uređaja na tržištu. Budući da je iz prethodnih poglavlja ovog rada moguće zaključiti da je prilagodljivost jedan od glavnih zahtjeva pristupačnosti i uporabljivosti sustava za osobe sa SPK, uvođenjem triju stupnjeva vizualne prilagodbe te proširivanjem domena temporalnih i prostornih prilagodbi sustava stvara se potencijal za ostvarivanje pristupačnosti sustava korisnicima koji do sada nisu bili u mogućnosti koristiti ovakve usluge. Na taj način sustav se približava paradigmi dizajna utemeljenog na mogućnostima [84], opisanog u 3. poglavlju ovog rada.

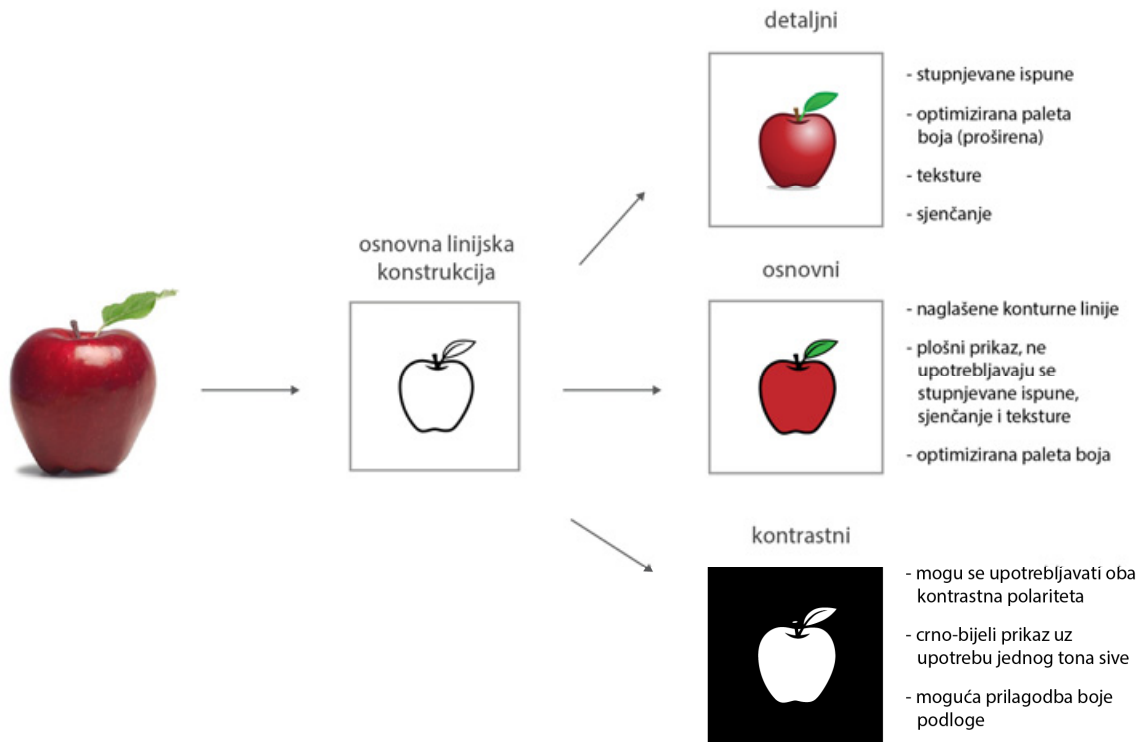
### **5.1.1 Vizualne prilagodbe**

Svaki grafički znak moguće je reproducirati u jednom od triju različitih stupnjeva vizualne prilagodbe: osnovnome, detaljnome i kontrastnome (Slika 16). Za svaki znak tri stupnja vizualne prilagodbe dijele jedinstvenu linijsku konstrukciju, održavajući time stupanj prepoznatljivosti kontura prikazanog referenta.

Značajke osnovnog stupnja prilagodbe znakova jasno su naglašene linijskom konstrukcijom u crnoj boji, unutar koje se za definiranje značajki oblika koriste ispune u različitim bojama. Paleta boja korištena za ispune optimizirana je za prikaz na pokretnim uređajima i generirana je postupkom opisanom u 8. poglavlju ovog rada. Površine svih objekata izvedene su plošno, bez stupnjevitih ispuna i sjenčanja, osim u slučaju iznimki. Teksture se koriste samo ukoliko je njihova uporaba presudna za funkcionalnost znaka i trebaju biti naglašene teksturnim linijama. Kako bi se održao visok omjer kontrasta između konture znaka i pozadine, nije preporučljivo mijenjati boju pozadine znaka, osim radi implementacije u aplikacije u kojima se primjenjuje vizualni prikaz scena.

Znakovi u detaljnom stupnju prilagodbe imaju slabije naglašenu linijsku konstrukciju, za koju se rabi tamniji ton ispune koja je obuhvaćena linijom. Uz elemente osnovne linijske konstrukcije moguće je dodavati sekundarne linijske elemente koji nisu prisutni u ostalim dvama stupnjevima prilagodbe. Osnovne ispune u detaljnom stupnju prilagodbe određene su optimiziranom paletom boja dobivenom metodom opisanom u 8. poglavlju. Paletu je dopušteno

proširiti uporabom stupnjevitih ispuna, uporabom tekstura i sjenčanja, osobito radi postizanja iluzije volumena objekata. Moguća je i uporaba providnih ispuna radi realističnije simulacije značajki poluprozirnih materijala, osobito u primjeni unutar vizualnog prikaza scena. Izmjena pozadine znaka ne preporučuje se ni u detaljnom prikazu, osim ako je cilj implementacija u aplikacijama u kojima se primjenjuje vizualni prikaz scena.

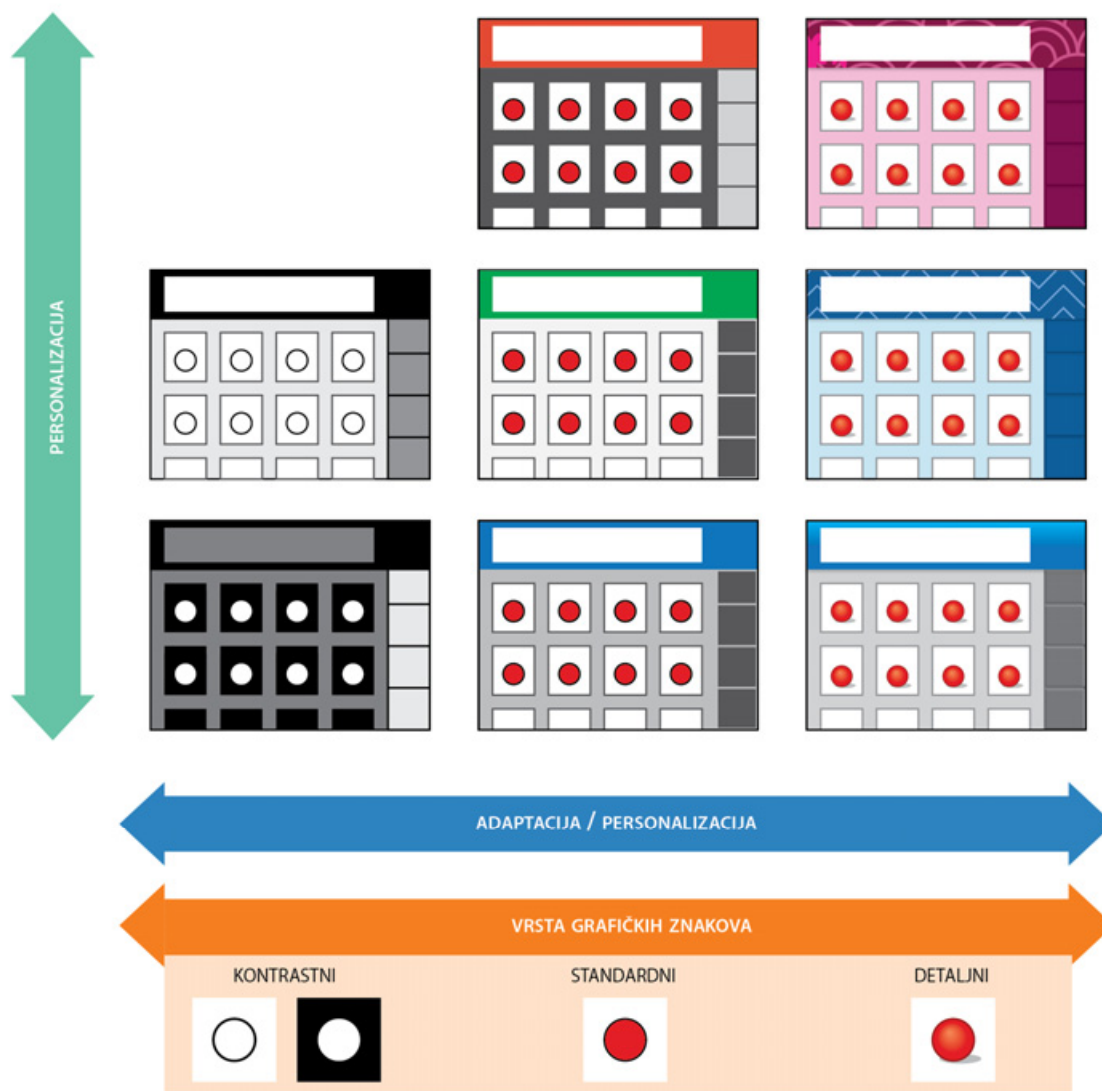


Slika 16. Tri stupnja vizualne prilagodbe znakova u okviru predloženog modela

Kontrastni stupanj prilagodbe namijenjen je prvenstveno osobama koje imaju poteškoća s vidom i reprodukciji u medijima koji ne podržavaju višebojnu reprodukciju, a odlikuje se visokokontrastnom reprodukcijom vizualnog sadržaja na crnoj pozadini, uz bijelu boju za ispune, rabi se i jedan ton sive boje kao potpora za označavanje. U pojedinim slučajevima moguće je koristiti se i crvenom bojom (npr. za naglašavanje zabrane). Korisniku je u ovom stupnju prilagodbe omogućeno prilagođavati boju podloge radi optimizacije kontrasta (npr. uporaba kombinacije žute i crne). Alternativni oblik kontrastne prilagodbe jest uporaba i reprezentacija u kojima se rabe osnovne linijske konstrukcije, bez uporabe ispuna, osim radi označavanja. Uporabom obaju kontrastnih polariteta omogućuje se i prilagodba slike u odnosu na okolinu, jer je moguće rabiti inverzni kontrastni polaritet u zamračenim prostorijama kako bi se umanjio efekt bliještanja zaslona (*glare*) ili za potrebe smanjenja potrošnje baterije u

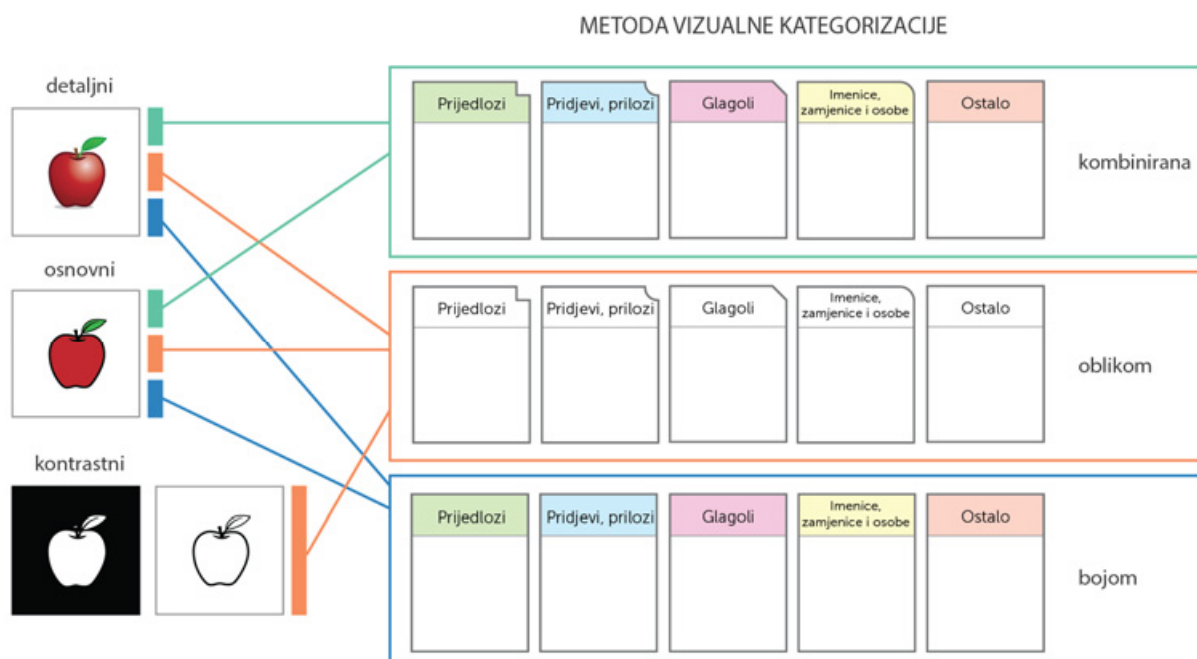
slučaju da se zaslon uređaja koristi AMOLED tehnologijom opisanom u 7. poglavlju. Oba kontrastna polariteta mogu omogućiti lakše prepoznavanje znakova u okolini s visokom razinom osvjetljenja (npr. direktna sunčeva svjetlost) u odnosu na prilagodbe u kojima se rabe ispunje u boji.

Vizualne prilagodbe grafičkog korisničkog sučelja u skladu su sa značajkama oblikovanja znakova relevantnog stupnja vizualne prilagodbe (Slika 17). Ovisno o stupnju prilagodbe, korisniku je omogućena određena razina personalizacije vizualnih značajki sustava. Tako su za kontrastni stupanj omogućene izmjene polariteta, dok osnovni i detaljni stupanj omogućuju šire mogućnosti personalizacije, poput izmjene kolorističke sheme te prilagodbe različitih estetskih izmjena izgleda naredbi i pozadine u slučaju detaljnog stupnja prilagodbe.



Slika 17. Mogućnosti adaptacije i personalizacije GKS u okviru predloženog modela s obzirom na stupanj vizualne prilagodbe

Vizualne prilagodbe moguće je primijeniti i na kategorizaciju grafičkih znakova. Uz standardnu kategorizaciju bojom, modelom se predlaže i kategorizacija oblikom koja je primjenjiva u kategorizaciji prema jezičnim kategorijama pojmova (Slika 18). Ovisno o korištenom stupnju prilagodbe moguće je rabiti kategorizaciju bojom, oblikom i kombiniranu kategorizaciju. Na ovaj način omogućuje se jezična kategorizacija osobama s poremećajima doživljaja boja i na zaslonima bez mogućnosti reprodukcije u boji.



Slika 18. Metode vizualne kategorizacije u okviru predloženog modela

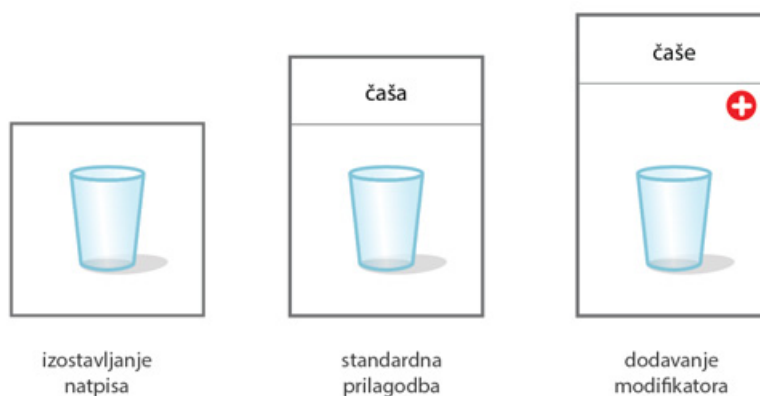
## 5.1.2 Prostorne prilagodbe

Prostorne prilagodbe u okviru predloženog modela podijeljene su na prilagodbe razmještaja, prilagodbe dodavanja ili redukcije elemenata i prilagodbe dimenzija. Kombinacijom navedenih prilagodbi omogućen je širok spektar različitih konfiguracija GKS (Slika 20).

Prilagodbama razmještaja, naredbe i znakovi u GKS pozicioniraju se u prostoru prikaza zaslona na korisniku odgovarajući način. On može biti određen korisnikovim motoričkim ili perceptivnim sposobnostima, sredstvom odabira, kontekstom uporabe (npr. pri uporabi uređaja dok ga korisnik drži i dok je odložen na podlogu) ili na osnovi korisničkih preferencija. Razmještaj ovisi i o namjeni aplikacije, dimenzijama i razlučivosti zaslona uređaja, kao i o aktivnim prilagodbama dimenzija te dodavanju ili redukciji. Mogućnost promjene u rasporedu

GKS može imati značajan učinak na efikasnost uporabe različitih sredstava odabira, poput uporabe prekidača u svrhu odabira metodom skeniranja opisane u 2. poglavlju.

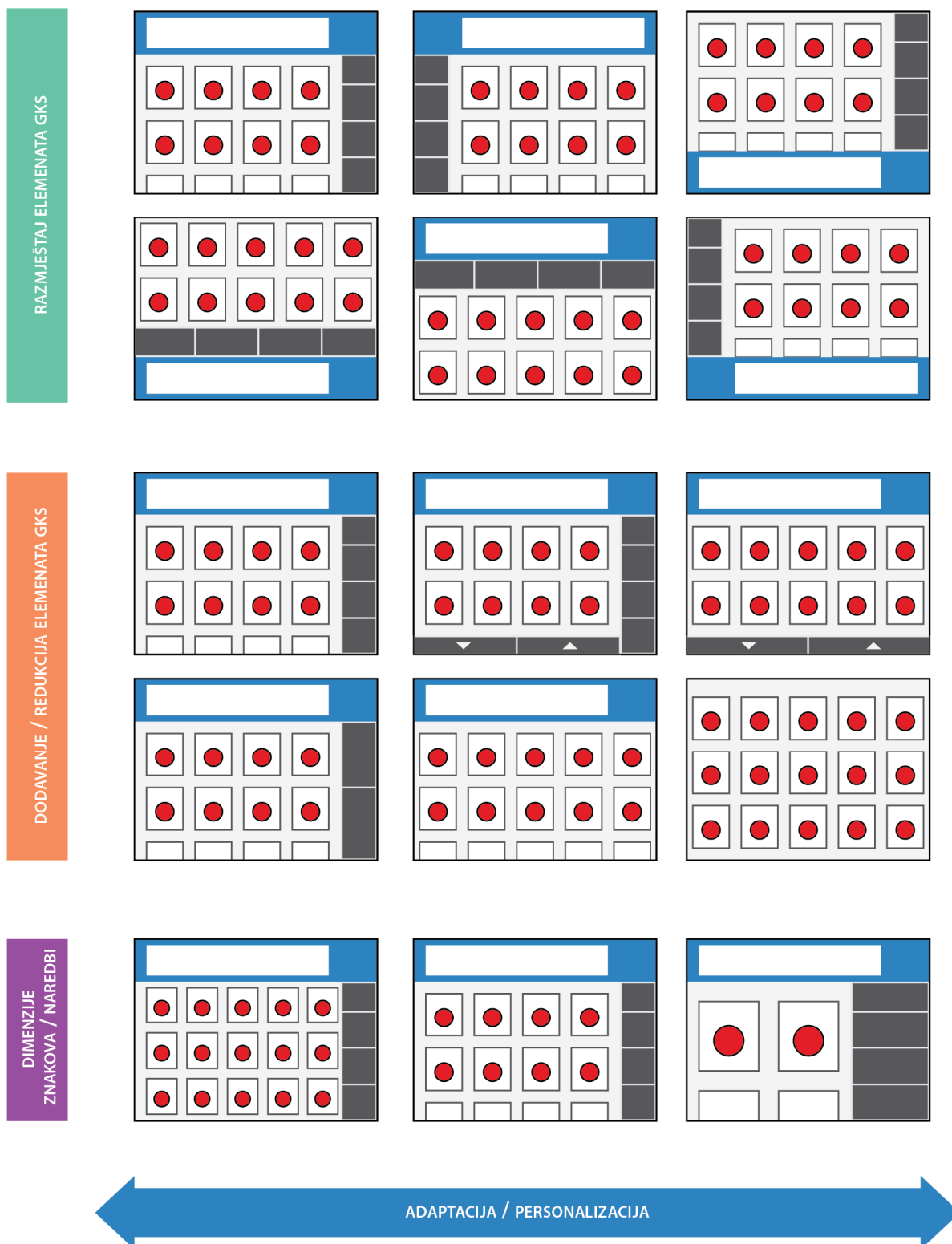
Prilagodbom dodavanja ili redukcije pojedinih naredbi i grafičkih znakova sustav se nastoji prilagoditi sredstvu odabira te korisnikovim kognitivnim i motoričkim sposobnostima. S obzirom da pojedini korisnici nemaju sposobnost ili potrebu za korištenjem cjelokupne funkcionalnosti aplikacije, redukcijom prikazanih naredbi omogućuje im se veći prostor za prikaz grafičkih znakova. Ovo je posebno bitno kod pokretnih uređaja s manjim dimenzijama zaslona, gdje prikaz naredbi značajno ograničava količinu vokabulara koji može u isto vrijeme biti prikazan na zaslonu. U slučaju motoričkih poteškoća ili promjene sredstva odabira, poput upravljanja pogledom (*eye-tracking*), moguće je uvođenje naredbi koje olakšavaju kretanje kroz sustav (Slika 21). Zbog razdvajanja znaka od tekstualnog opisa, predloženim modelom omogućuju se prilagodbe dodavanja ili redukcije prikaza povezanog sa znakom i tekstualnim opisom (Slika 19). Korisnicima koji nisu u mogućnosti služiti se tekstualnim opisom ili on nije potreban u kontekstu namjene aplikacije, moguće je izostaviti njegov prikaz.



Slika 19. Primjer prilagodbe redukcije prikaza tekstualnog opisa i dodavanja modifikatora u okviru predloženog modela

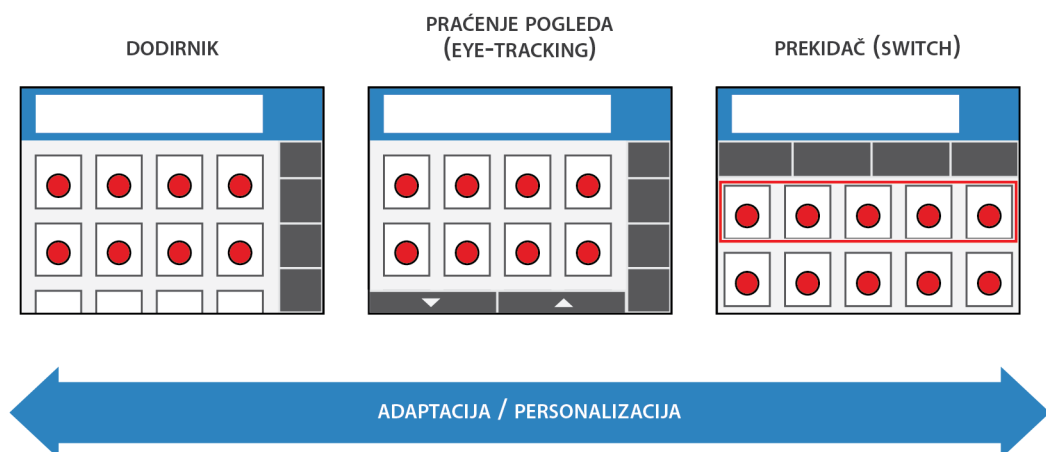
Posljedica toga jest oslobađanje prostora na zaslonu za prikaz dodatnih znakova. S druge strane, ukoliko je namjena aplikacije omogućiti korisnicima promjenu oblika pojma označenog znakom, moguće je prikaz modifikatora. Modifikatori predstavljaju grafičke elemente koji se pridodaju jednoznačnim znakovima radi promjene oblika označenog pojma. Pojedini skupovi, poput Widgit i Sclera Pictos, rabe ih u svrhu označavanja množine, komparacije pridjeva i konjugacije glagola. U oba slučaja prilagodbe potrebno je izmijeniti oblik okvira kako bi sadržavao sve elemente koji se odnose na zadani znak.





Slika 20. Neki od primjera prostornih prilagodbi u okviru predloženog modela

Prilagodbe dimenzija znakova i GKS značajne su za korisnike s motoričkim poteškoćama i korisnike s poremećajem vida. Povećavanjem dimenzija povećava se aktivna površina naredbi i znakova kojima se omogućuje odabir osobama koje nemaju mogućnost finih motoričkih kretnji. Povećanjem dimenzija povećava se i vizualni prikaz reprezentacija znakova i ikona, čime se olakšava uporaba slabovidnim korisnicima. Na ovaj način, unatoč olakšanju pristupa korisnicima s motoričkim poteškoćama i poremećajima vida, sustav zadržava uporabljivost za korisnike s normalnim vidom i bez motoričkih smetnji, koji dimenzije mogu prilagoditi svojim preferencijama. Za određene namjene aplikacija, poput učenja ili igre, prilagodbama dimenzija moguće je naglasiti bitne elemente za trenutnu radnju, a moguće ih je upotrebljavati i u slučaju neposredne komunikacije kada zvučni izgovor značenja nije prikladan ili moguć. Povećavanjem dimenzija znakova u takvoj situaciji olakšalo bi se prepoznavanje odabranih znakova udaljenom sugovorniku.

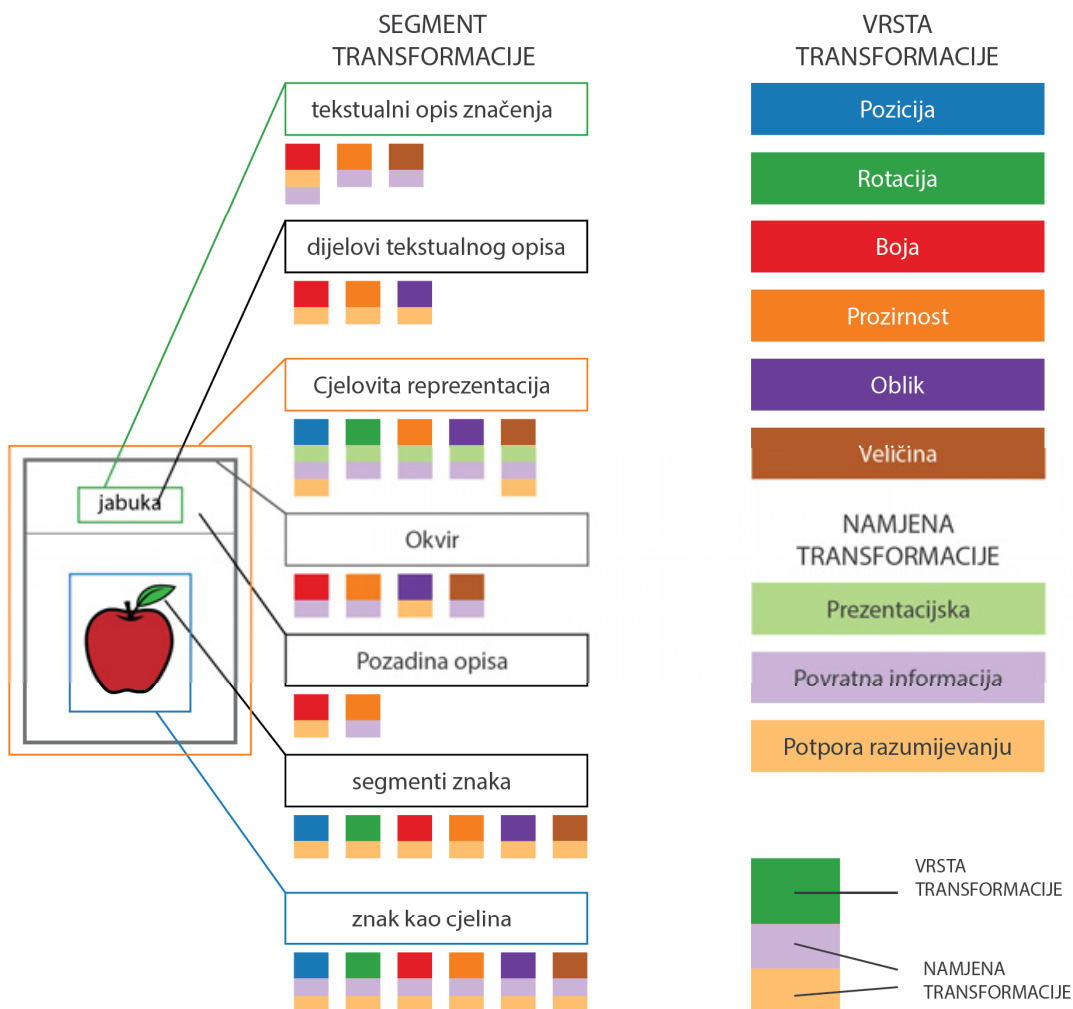


Slika 21. Primjer prostornih prilagodbi u okviru modela za korištenje različitih sredstava odabira

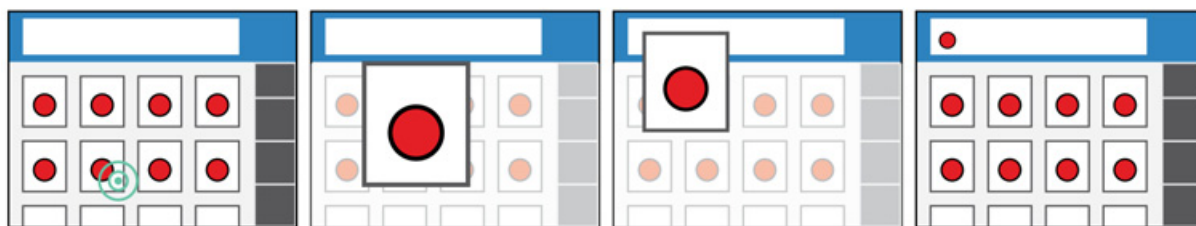
### 5.1.3 Temporalne prilagodbe

Predloženim modelom omogućena je fleksibilna uporaba različitih vrsta transformacija u svrhu prezentacije, povratne informacije sustava (*feedback*) (Slika 23), i potpore razumijevanju sadržaja znakova, međusobnim odnosima između znakova i događajima unutar procesa interakcije. Omogućena je animacija pojedinih segmenata znakova, znakova u cjelini, kao i elemenata grafičkog korisničkog sučelja. Upotreba pojedinih transformacija ovisna je o elementu na koji se želi primijeniti i o svrsi primjene, odnosno o adekvatnosti zadane

transformacije u kontekstu njezine namjene (Slika 22). Transformacije u sustavu moguće je prilagoditi određivanjem brzine i fluidnosti njihova odvijanja. U slučaju ograničenja procesorskih mogućnosti ili zaslona uređaja (npr. zaslona s tehnologijom elektroničke tinte) i u slučaju da korisniku ne odgovaraju animacije, moguće je njihovo izostavljanje.



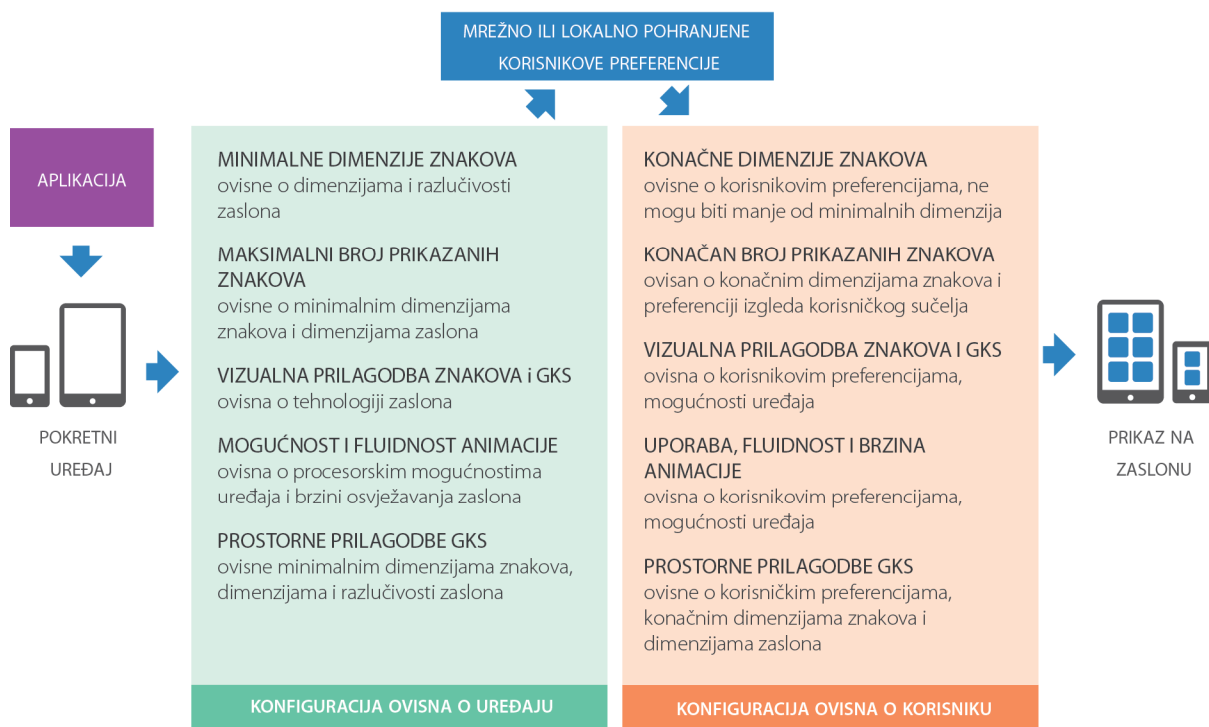
Slika 22. Moguće transformacije u okviru predloženog modela i njihova namjena u odnosu na element primjene unutar GKS



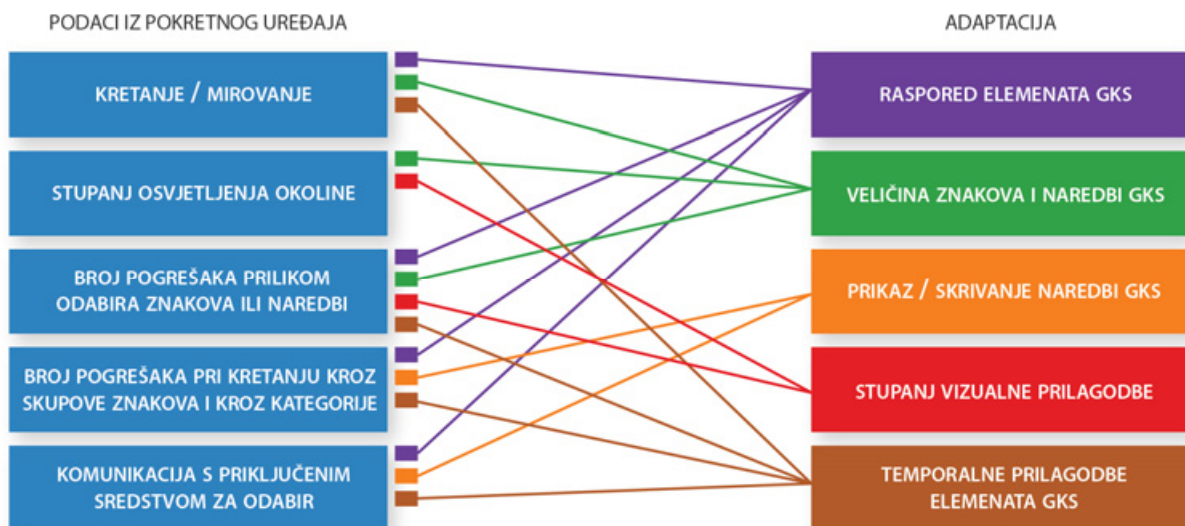
Slika 23. Primjer primjene transformacija pozicije i veličine na cjelovitoj reprezentaciji odabranog znaka i transformacije prozirnosti na reprezentacijama ostalih znakova i naredbi GKS u cilju naglašavanja povratne informacije o odabiru.

#### 5.1.4 Prilagodba u kontekstu osnovnih čimbenika korištenja sustava za PK

Tri osnovna čimbenika korištenja PK sustava na pokretnim uređaju jesu namjena aplikacije, pokretni uređaj i korisnik sustava potpomognute komunikacije. Ovi čimbenici analogni su onima iz osnovnog modela sustava za PK koji su predložili Light et al [68]: čimbenici koji se odnose na korisnika, čimbenici koji se odnose na zadatak i čimbenici koji se odnose na sustav za PK. Postupcima adaptacije ili personalizacije predloženim modelom omogućena je prilagodba širokom spektru značajki korisnika, uređaja ili aplikacije. Parametre adaptacije i personalizacije s obzirom na određeni čimbenik određuje razvojni tim pri izradi aplikacije. Početne prilagodbe GKS određene su namjenom aplikacije te se adaptiraju ovisno o značajkama uređaja i korisničkim preferencijama (Slika 25, Slika 24). Uporabom automatske dijagnostike opisane u 9. poglavlju i mnogobrojnih senzora ugrađenih u suvremene pokretne uređaje moguća je automatizacija pojedinih prilagodbi na osnovi podataka o korisnikovoj uporabi aplikacije te trenutnom stanju ili na osnovi okruženja u kojem se nalazi (Slika 25). Korisniku je potrebno omogućiti poništenje svake automatske prilagodbe sustava i opciju za njihovu deaktivaciju.



Slika 24. Prilagodba grafičkih znakova i GKS u okviru predloženog modela tijekom adaptacije na osnovi značajki uređaja i korisnikovih preferencija



Slika 25. Moguće automatske prilagodbe u okviru predloženog modela s obzirom na kontekst uporabe

## 5.2 Prednosti i ograničenja predloženog modela

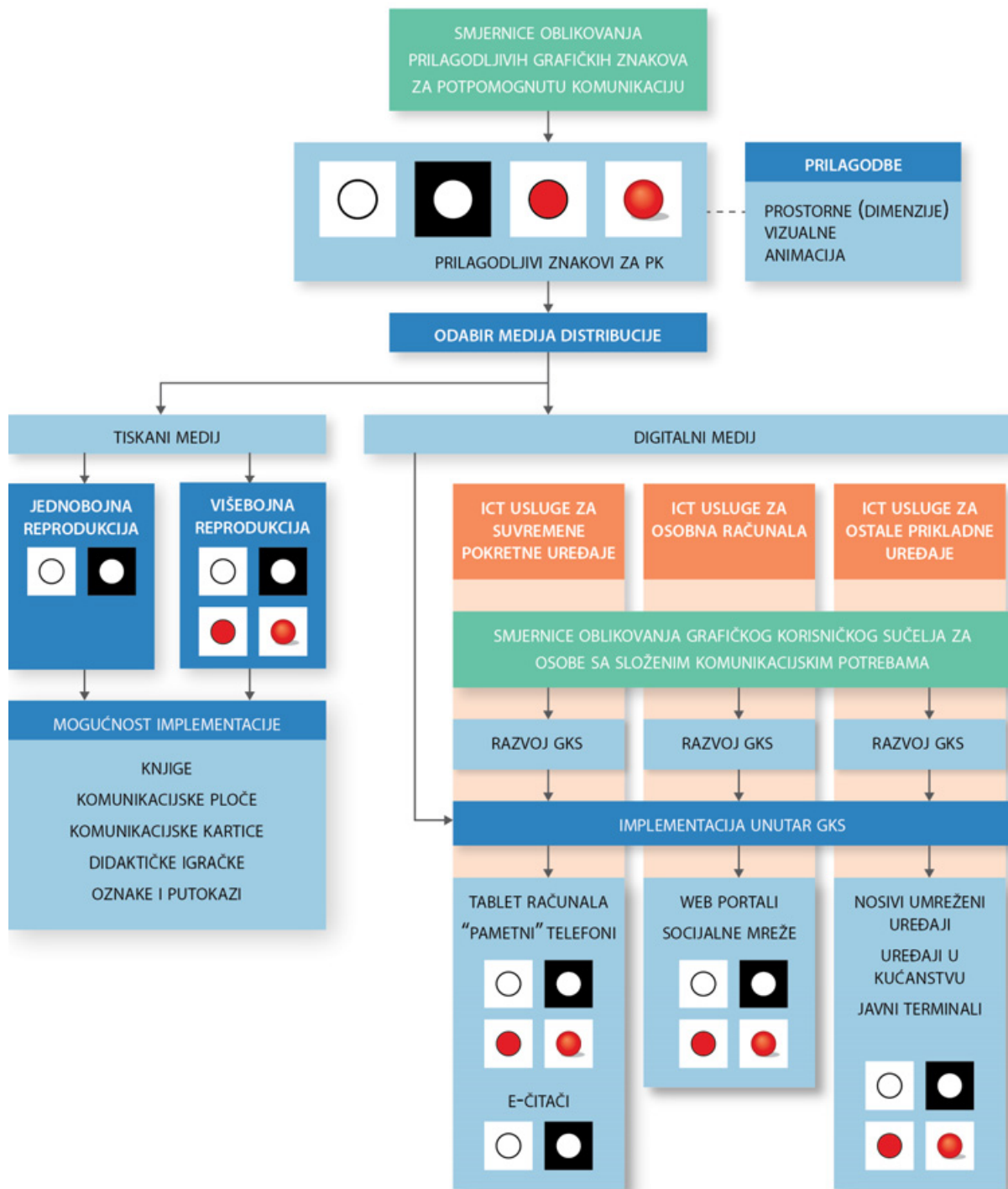
Prednosti i ograničenja predloženog modela analizirat će se na osnovi zahtjeva uporabljivosti definiranih u 3. poglavlju: pristupačnosti, konzistentnosti, interoperabilnosti, lakoće uporabe, ergonomije, estetike i reprodukcije.

Osnovna prednost navedenog modela jest stupanj njegove prilagodbe korisniku, uređaju i namjeni aplikacije. Utjecaj ovih prilagodbi na pristupačnost korisnicima sa SPK detaljno je raščlanjen kod opisa značajki modela. Visokim stupnjem prilagodljivosti predloženog modela omogućen je razvoj aplikacija kojima će biti obuhvaćen širi spektar korisnika u usporedbi s dosadašnjim rješenjima. Međutim, visoka razina fleksibilnosti ne znači nužno mogućnost pristupa ili uporabljivost aplikacije za sve korisnike sa SKP. Za pojedine korisnike korištenje pokretnih uređaja nije pogodno (opasnost od ozljede) ili ih ne mogu rabiti. Korisnik također može pokazati potpuni izostanak motivacije za korištenje aplikacije koja je prilagođena njegovim sposobnostima. Zbog specifičnosti određenih korisnika jedini način za omogućavanje pristupačnosti jest izrada posebno prilagođenih aplikacija.

Na temelju svih razina vizualne prilagodbe znakova na jednakoj linijskoj konstrukciji te definicijom značajki njihova oblikovanja osigurava se konzistentnost izgleda unutar iste razine prilagodbe, ali i određeni nivo konzistentnosti forme u kontekstu prikaza istog znaka na trima razinama vizualne prilagodbe. S obzirom na to da su značajke izgleda GKS sukladne značajkama grafičkih znakova, osigurana je konzistentnost cjelokupnog prikaza na zaslonu. Ukoliko nije ispravno implementirana, visoka razina prostornih prilagodbi može imati negativan utjecaj na konzistentnost u interakciji.

U značajkama modela opisan je potencijal interoperabilnosti predloženog modela. Adaptacijom GKS-a značajkama uređaja moguće je osigurati funkcionalnost aplikacije na širokom spektru uređaja. Međutim, neke od predloženih prilagodbi nisu u skladu sa smjernicama proizvođača uređaja i operacijskih sustava ili ih je nemoguće primijeniti zbog ograničenja uređaja.

Lakoća uporabe nekog sustava uvelike ovisi o razvojnom timu i metodi razvoja aplikacije. Iako se predloženim modelom pružaju sredstva za poboljšanje lakoće uporabe, poput korištenja animacijom, potrebno je omogućiti proces razvoja koji će ponuditi sredstva za verifikaciju pretpostavki razvojnog tima o načinu na koji korisnik rabi aplikaciju.



Slika 26. Prilagodba grafičkih znakova u okviru predloženog modela reprodukciji u različitim medijima

Kao i u slučaju pristupačnosti, različite prilagodbe u okviru predloženog modela moguće je rabiti i radi smanjenja percepcijskih, kognitivnih i motoričkih opterećenja. Budući da se fleksibilnošću sustava može koristiti radi prilagodbe GKS različitim sredstvima odabira, korisnik može odabrati ono koje mu predstavlja najmanje opterećenje.

Tri razine vizualne prilagodbe nude korisniku izbor i s aspekta percepcije estetike. Međutim, kako bi osnovna forma znakova bila privlačnija korisnicima, potrebno je ustanoviti značajke osnovne linijske konstrukcije koje korisnici preferiraju.

S obzirom na to da je pristup grafičkim znakovima kao osnovnom sredstvu komunikacije određenom dijelu korisnika sa SKP potrebno omogućiti i u situacijama u kojima korisnik ne može upotrebljavati pokretni uređaj, pomoću triju razina vizualne prilagodbe osigurava se mogućnost reprodukcije u različitim tiskanim i digitalnim medijima (Slika 26). Budući da su grafički elementi znakova, prema ustanovljenim smjernicama, izvedeni u vektorskoj grafici, osigurana je njihova optimalna razlučivost primjenom različitih metoda reprodukcije.

Izradom aplikacija za PK na suvremenim pokretnim uređajima primjenom modela predloženog prilagodljivoga grafičkoga znakovnoga sustava za PK uvažavaju se i sve primjenjive smjernice za izradu PK sustava koje su predložili Hengeveld et al [83], a koje su detaljno opisane u 3. poglavlju ovog rada. S obzirom na to da je isti uređaj moguće upotrebljavati za više aplikacija, moguće ga je, osim za komunikacijske svrhe, upotrebljavati i za tzv. „ozbiljne igre“ (*serious games*) koje imaju edukacijsku vrijednost, a mogu predstaviti i pozitivne izazove za poticanje korisnikove motivacije. Lakom prenosivošću suvremenih uređaja za PK omogućena je i društvena interakcija u kojoj korisnik na lak način može rabiti aplikacije zajedno sa sugovornicima. Kako je prilagodljivost jedna od glavnih značajki predloženog modela, njegovom implementacijom u aplikacije za PK osigurava se mogućnost prilagodbe svakom korisniku. Budući da suvremeni pokretni uređaji trenutno služe kao platforma za uvođenje novih tehnologija na masovno tržište, te da se njima masovno koriste osobe bez SKP, uvažene su i posljednje dvije smjernice.

U slučaju da se prigodom razvoja ICT usluga za PK rabi nekoliko različitih skupova grafičkih znakova kako bi se usluga adaptirala korisnicima s različitim sposobnostima i potrebama, postoji problem usklađivanja opsega vokabulara izraženog grafičkim znakovima. Naime, različiti skupovi grafičkih znakova nude različit opseg vokabulara, što bi značilo da, ukoliko se želi osigurati podjednaka razina funkcionalnosti usluge za sve korisnike, potrebno je uskladiti



vokabular svakog od rabljenih skupova kako bi se omogućila reprezentacija svakog pojma u usluzi pomoću svakog skupa. Ovaj pristup može dovesti do znatnog sužavanja vokabulara, a samim time i komunikacijskih mogućnosti koje usluga nudi određenim korisnicima. Uporaba različitih reprezentacija za jednake pojmove može prouzročiti i konfuziju pri vizualnoj prilagodbi sustava ili u međusobnoj komunikaciji između korisnika. Predloženim sustavom osigurava se reprezentacija svakog pojma u trima stupnjevima prilagodbe, održavajući time stupanj prepoznatljivosti i kontrole opsega vokabulara za sve razine prilagodbe.

Potreba za izradom triju razina vizualne prilagodbe za svaki pojam značajno produžuje vrijeme izrade grafičkih znakova predloženih ovim sustavom. Isto vrijedi i za niz prostornih prilagodbi, koje doprinose složenosti aplikacije, a samim time i vremenskih i financijskih zahtjeva njihove realizacije. Kako bi se osiguralo da prilagodbe predložene modelom doprinose uporabljivosti sustava umjesto da joj odmažu, potrebno je testirati rješenja na korisnicima.

Da bi predloženi model bio primjenjiv na razvoj aplikacija za PK na suvremenim pokretnim uređajima, potrebno je sljedeće:

- pružiti grafičkim dizajnerima, dizajnerima interakcija i razvijateljima smjernice za oblikovanje grafičkih znakova i GKS koji bi zadovoljavali potrebe implementacije unutar predloženog modela;
- odrediti koje vizualne reprezentacije primarni korisnici doživljavaju estetski privlačnima radi određivanja karakteristika osnovne linijske konstrukcije grafičkih znakova unutar predloženog modela;
- optimizirati reprodukciju znakova i GKS za zaslone pokretnih uređaja;
- ustanoviti proces razvoja aplikacija koji bi razvojnim timovima omogućio primjenu adekvatnih metoda za razvoj prilagodljivih sustava za PK.

Smjernice za oblikovanje grafičkih znakova i GKS unutar predloženog modela predložene su u 2., 3. i 4. poglavlju ovog rada., dok se ostali zahtjevi obrađuju u sljedećim poglavljima ovoga rada.

## 6. Određivanje karakteristika vizualne složenosti i stilizacije u oblikovanju znakova na temelju korisničkih preferencija

„Ono što je lijepo, uporabljivo je“, naslov je rada kojim je ujedno sažet zaključak istraživanja u kojem su Tractinsky et al nastojali ispitati vezu između percepcije estetike GKS i percepcije njegove uporabljivosti [151]. U svojem istraživanju ustanovili su postojanje pozitivnog utjecaja percepcije estetike na percepciju uporabljivosti koja prethodi uporabi GKS, odnosno da korisnici prije same uporabe sustava ljepša GKS smatraju i uporabljivijima. Ovaj zaključak slaže se sa zaključkom ranijeg istraživanja slične tematike koje su proveli Kurosu i Kashimira [152]. Ova dva rada prethodila su nizu istraživanja utjecaja estetike na uporabljivost interaktivnih sustava. Tuch et al [153] i Hassenzahl i Monk [154] napravili su detaljan pregled istraživanja na području relacije ljepote i percepcije uporabljivosti. Tachinsky et al i Hallnäs i Redström [24] također ističu da korisnički angažman i afektivne reakcije na korisničko sučelje pozitivno utječu i na korisnikovo zadovoljstvo. Međutim, potrebno je razlikovati dojam percipirane uporabljivosti od dojma uporabljivosti prigodom ili nakon korištenja sustava, koji nije u tolikoj mjeri ovisan o estetskoj privlačnosti [153].

U literaturi postoje dva različita tumačenja pojma estetike nekog dizajna [155]. Jedno se odnosi na objektivne značajke podražaja poput boje, oblika ili teksture, dok je drugo povezano s korisnikovom subjektivnom reakcijom. Ta subjektivna reakcija označava se i pojmom „privlačnost“ (*attractivness*) i definira se kao stupanj privlačnosti nekog proizvoda koja proizlazi iz subjektivnog stava korisnika [156] te u kontekstu dizajna interakcija predstavlja racionalne i emocionalne aspekte koji utječu na stvarnu ili potencijalnu uporabu nekog interaktivnog sustava. Budući da je cilj ovog istraživanja ustanoviti karakteristike slikovne reprezentacije grafičkih znakova koje uzrokuju pozitivne i negativne reakcije kod ciljane publike, istraživat će se estetika s aspekta privlačnosti.

Alario i Ferrand definirali su vizualnu složenost neke slike kao broj linija i detalja na slici [157]. Osim pojmom „vizualna složenost“ [17], [158]–[160], navedena kvaliteta slikovne reprezentacije često se naziva i „razina detaljnosti grafičkog znaka“ (*level of detail*) [161], [162]. Iako vizualna složenost nije nužno ovisna samo o linijskoj konstrukciji grafičkoga znaka,

u okviru ovog istraživanja navedeni pojam rabiće se primarno u kontekstu utjecaja broja linija i njihovih značajki na percipiranu složenost grafičkog znaka u vizualnoj domeni.

Stil neke reprezentacije sastoji se od niza značajki, uključujući vrste oblika i njihov raspored, zajedno sa semantičkim aspektima reprezentacije poput subjekta i tehnike, kao i prilagodbe izgleda proizašle iz dizajnerove adaptacije svih navedenih značajki [163].

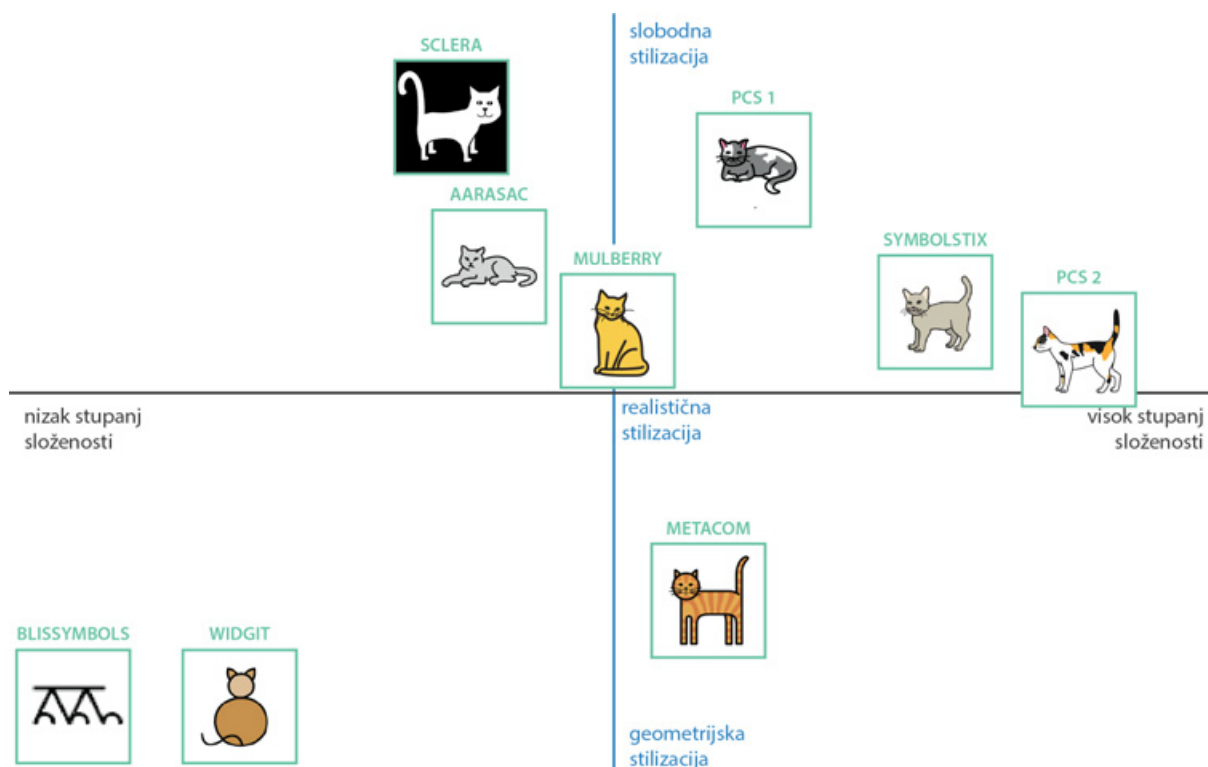
Light et al tvrde da mnogi dostupni sustavi za PK namijenjeni djeci sa SKP nemaju snažnu privlačnost u odnosu prema primarnim korisnicima zato što reflektiraju gledišta odraslih osoba te smatraju da bi djeca sa SKP, ali i njihovi vršnjaci bez razvojnih odstupanja, bili skloniji uporabi njima privlačnijih sustava [23]. Potreban je razvoj sustava privlačnih djeci sa SKP kako bi se povećala njihova motivacija i potaknula uporaba navedenih sustava [18]. Kod znatnog dijela ciljanih korisnika sustava za PK, osobito djece sa značajnim razvojnim odstupanjima, predmete i podražaje koji korisnici preferiraju moguće je rabiti kao sredstva motivacije u edukacijskim aktivnostima [164]. Budući da znakovi za PK predstavljaju dominantne elemente grafičkih korisničkih sučelja, potrebno je ustanoviti kako njihov dizajn utječe na percepciju privlačnosti kod korisnika ovakvih sustava.

S obzirom da su predloženim modelom prilagodljivoga grafičkoga znakovnog sustava iz 4. poglavlja moguće određene prilagodbe korištenja boja i tekstura korisnikovim preferencijama, ovo istraživanje usmjereno je k proučavanju poveznice između subjektivne percepcije estetike odnosno privlačnosti, ovisno o stupnju vizualne složenosti i metodi stilizacije znakova za PK.

## **6.1 Cilj istraživanja**

Iako je područje PK fokusirano na istraživanje grafičkih znakova i njihova značenja, još uvijek ne postoje istraživanja koja proučavaju utjecaj parametara njihova oblikovanja na korisničke preferencije. Usporedbom dostupnih skupova i sustava grafičkih znakova za PK ustanovljeno je da njihove značajke oblikovanja s aspekata vizualne složenosti i likovnog stila značajno variraju (Slika 27). S obzirom da iz ranijeg pregleda istraživanja proizlazi očigledna potreba za razvojem sustava koji bi svojim vizualnim značajkama bili privlačniji djeci korisnicima sustava za PK, osnovni cilj ovog istraživanja jest proučavanje utjecaja oblikovanja grafičkih znakova s aspekta vizualne složenosti i metode stilizacije. U skladu s tim ciljem postavljena su sljedeća istraživačka pitanja:

1. Koju od 9 reprezentacija pojedinog pojma (mačka, lice i tenisica) ispitanici preferiraju?
  - a. Koju reprezentaciju pojma mačka ispitanici najviše preferiraju (M\_PO), koju rangiraju kao drugu po redu po preferenciji (M\_DO), a koju najmanje preferiraju (M\_NP)?
  - b. Koju reprezentaciju pojma lice ispitanici najviše preferiraju (L\_PO), koju rangiraju kao drugu po redu po preferenciji (L\_DO), a koju najmanje preferiraju (L\_NP)?
  - c. Koju reprezentaciju pojma tenisica ispitanici najviše preferiraju (T\_PO), koju rangiraju kao drugu po redu po preferenciji (T\_DO), a koju najmanje preferiraju (T\_NP)?
2. Postoji li sličnost u korisničkoj evaluaciji za tri evaluirana pojma (mačka, lice, tenisica)?
3. O kojim faktorima ovise korisničke preferencije reprezentacije znakova?
  - a. Razlikuju li se korisničke preferencije ovisno o stupnju vizualne složenosti reprezentacija (visoki, srednji i niski stupanj složenosti) i metodi stilizacije (geometrijska, realistična, slobodna)?
  - b. Jesu li te razlike konzistentne, neovisno o liku koji je prikazan znakom, odnosno postoji li sličnost korisničkih procjena s obzirom na faktor stupnja složenosti i faktor metode stilizacije za tri različita lika?



Slika 27. Stupanj vizualne složenosti i korištene stilizacije vizualnih reprezentacija pojma "mačka" za 9 analiziranih setova i sustava grafičkih znakova za PK

## 6.2 Eksperimentalni dio

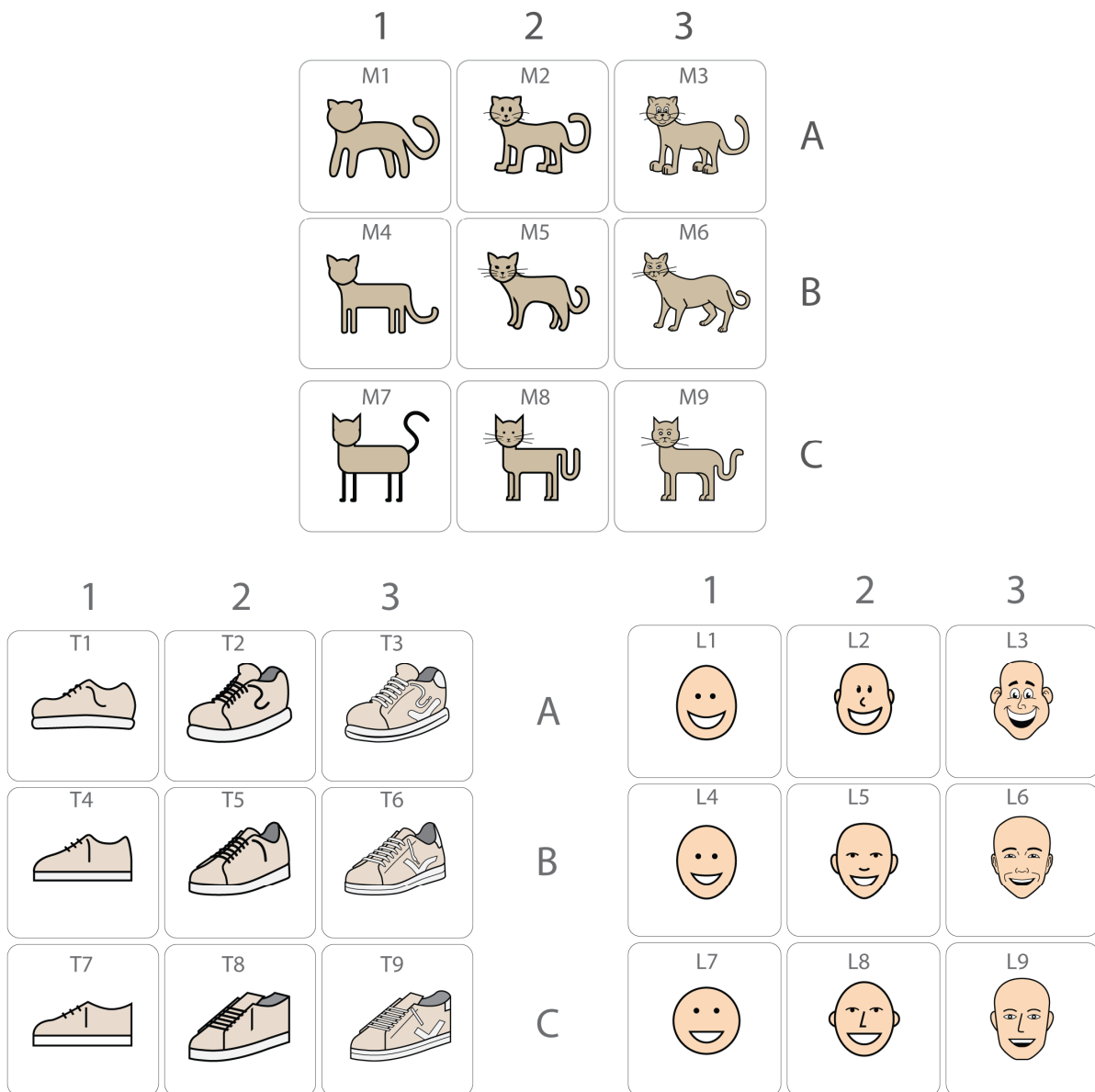
### 6.2.1 Metode istraživanja i materijali

Budući da utjecaj oblikovanja grafičkih znakova za potpomognutu komunikaciju na preferencije korisnika predstavlja područje koje do sada nije istraženo, nije ni ustanovljena općeprihvaćena metodologija istraživanja. U nastojanju prilagodbe istraživanja ciljanoj populaciji, prilagođena je metodologija višestrukih podražaja bez zamjene, korištena kod ustanovljavanja preferencija djece s razvojnim odstupanjima [164], [165]. Ova metoda podrazumijeva prezentaciju ispitaniku određenog broja podražaja u isto vrijeme, među kojima korisnik odabire onaj koji najviše preferira. Učestalim ponavljanjem odabira između jednakih podražaja ustanovljava se preferencija. Metoda je prilagođena tako da se izostavljaju ponavljanja odabira zato što su svi ispitanici jasno razumjeli zadatak i jasno su mogli naznačiti svoj odabir.

Dva su pristupa empirijskom istraživanju estetike podražaja: eksperimentalni (*experimental approach*) i eksploratorni (*exploratory approach*). Kod eksperimentalnog tipa istraživanja nastoji se eksperimentom ispitati utjecaj pojedinih, izoliranih značajki nekog objekta ili reprezentacije, dok se eksploratornim pristupom nastoji istražiti koji čimbenici utječu na ljudsku percepciju objekata ili reprezentacija. Lavie i Tractinsky [166] nude detaljan pregled istraživanja za oba pristupa. S obzirom na cilj istraživanja, u istraživanju je primijenjen eksploratorni pristup, kojim je predviđeno da su podražaji ispitanicima prezentirani kao cjelovite reprezentacije referenata, dok su varijable koje se istražuju, vizualna složenost i metoda stilizacije odražene u razlikama između reprezentacija. Za potrebe istraživanja izrađena su 3 seta grafičkih znakova sa po 9 reprezentacija za svaki pojam iz kategorija „predmeti“, „ljudsko lice“ i „životinje“. Kako nedostatak razumijevanja reprezentacije ne bi imao utjecaj na rezultate, odabrane su reprezentacije mačke, tenisice i lica jer predstavljaju referente s kojima su ispitanici upoznati. Svaki set podijeljen je na grupe s obzirom na korištenu stilizaciju i stupanj vizualne složenosti, odnosno svaka je stilizacija izvedena u tri stupnja linijske složenosti.

Iako različiti aspekti likovne tehnike korištene u oblikovanju, poput karakteristike linija i sjenčanja, imaju utjecaj na stilizaciju, budući da je smjernicama modela određeno da su reprezentacije izvedene simulacijom linijskog crteža i korištenjem konstantne debljine linija te da je istraživanje usmjereno određivanju osnovne linijske konstrukcije znakova, stilizacija u okviru ovog istraživanja odnosi se na način apstrakcije referenta u odnosu na njegov prirodni izgled. Utjecaji boja, tekstura i sjenčanja izuzeti su iz ovog istraživanja zbog činjenice da je modelom predloženim u 5. poglavlju moguća prilagodba navedenih značajki.

S obzirom na reprezentacije u postojećim skupovima znakova za PK (Slika 27), odabrane su tri vrste stilizacija nazvane realistična, geometrijska i slobodna. Kod geometrijske stilizacije naglašeno je korištenje geometrijskih oblika i euklidskih linija. Realistična stilizacija utemeljena je na vjernom prenošenju značajki referenta. Slobodna stilizacija temelji se na prenaplašavanju određenih karakteristika referenta i u svojoj osnovi srodna je karikaturi ili stilizacijama reprezentacija korištenima u domeni stripa. Varijacija u vizualnoj složenosti temeljila se na redukciji konstrukcijskih elemenata određene stilizacije i smanjenju stupnja složenosti korištenih linija. S obzirom na stupanj složenosti, reprezentacije su u istraživanju podijeljene na niski, srednji i visoki stupanj složenosti (Slika 28).



Slika 28. Tri seta uzoraka izrađenih za potrebe provedbe istraživanja. Stupci označavaju varijaciju u vizualnoj kompleksnosti: 1) niski stupanj, 2) srednji stupanj, 3) visoki stupanj. Redci predstavljaju varijacije u stilizaciji: A) slobodna, B) realistična i C) geometrijska

Budući da je inicijalnim testiranjem postupka ispitivanja ustanovljeno da samo prisustvo pokretnog uređaja djetetu odvlači pozornost te se teško usmjerava na ispunjenje zadatka evaluacije, odlučeno je da se uzorci prezentiraju u obliku kartonskih kartica. Na prednjoj strani svake kartice, dimenzija 12,5cm x 12,5cm, otisnuta je reprezentacija jedne varijacije grafičkog znaka bez dodatnih oznaka. Prezentacija pomoću kartica omogućila je prezentaciju svih pojmova u isto vrijeme u adekvatnoj veličini te su ispitanici mogli slobodno posezati za karticama kako bi ih bolje proučili i napravili direktnu usporedbu dvaju ili više uzoraka.

Od ispitanika se tražilo da odaberu uzorak koji najviše preferiraju, uzorak koji im je na drugom mjestu prema preferencijama i uzorak koji najmanje preferiraju.

Kako bi se odgovorilo na tri istraživačka pitanja, provedeni su hi-kvadrat testovi, zasebno za svaki od triju pojmova. Hi-kvadrat testovi provedeni su posebno za varijablu procjene znaka koji ispitanici najviše preferiraju, posebno za varijablu procjene znaka koji je sljedeći po preferenciji i posebno za varijablu procjene znaka koji najmanje preferiraju.

Da bi se odgovorilo na drugo istraživačko pitanje, izračunati su koeficijenti korelacije. S obzirom na to da je riječ o varijablama koje nisu odmjerene na intervalnoj ili omjernoj ljestvici, rabljen je neparametrijski test povezanosti među varijablama – Spearmanov koeficijent korelacije.

Radi odgovora na treće istraživačko pitanje uzorci su najprije razvrstani u kategorije na sljedeći način, kako bi se mogle utvrditi razlike, ovisno o stupnju vizualne složenosti i likovnom stilu (Slika 28):

### **Stupanj vizualne složenosti**

Niski: uzorci M1, M4, M7, L1, L4, L7, T1, T4, T7

Srednji: uzorci M2, M5, M8, L2, L5, L8, T2, T5, T8

Visoki: uzorci M3, M6, M9, L3, L6, L9, T3, T6, T9

### **Stilizacija**

Slobodna: uzorci M1, M2, M3, L1, L2, L3, T1, T2, T3

Realistična: uzorci M4, M5, M6, L4, L5, L6, T4, T5, T6

Geometrijska: uzorci M7, M8, M9, L7, L8, L9, T7, T8, T9

Napravljeni su hi-kvadrat testovi za pojedine kategorije prema stupnju složenosti (visoki, srednji i niski) te likovnom stilu (geometrijski, realistični i slobodni). Hi-kvadrat testovi izračunati su zasebno za tri različita pojma te posebno za varijablu procjene reprezentacije koju ispitanici najviše preferiraju, posebno za varijablu procjene reprezentacije koja im je druga po redu prema preferenciji i posebno za varijablu procjene reprezentacije koju najmanje preferiraju. Potom su ponovno izračunati Spearmanovi koeficijenti korelacije, no ovaj put za odgovore svrstane u kategorije prema stupnju složenosti i metodi stilizacije.



## 6.2.2 Postupak istraživanja

Istraživanje je provedeno u na trima osnovnoškolskim i edukacijskim institucijama: OŠ „Grigor Vitez“, OŠ „Prečko“ i Centru za rehabilitaciju Edukacijsko-rehabilitacijskog fakulteta, u periodu od 23. veljače do 13. lipnja 2012. godine. U istraživanju je sudjelovalo 36 ispitanika, 26 dječaka i 10 djevojčica. Dob ispitanika kretala se u rasponu od 6 do 14 godina, s prosjekom od 10,78 god. Za sve ispitanike prethodno je ishođen pismeni pristanak roditelja za sudjelovanje u istraživanju. Korišten je neprobabilistički prigodni uzorak, jer je istraživanje provedeno s dostupnim ispitanicima za koje su postojala odobrenja roditelja. Iako ovaj uzorak nije reprezentativan, posljedica je ograničenja u istraživanju osoba s razvojnim odstupanjima. Uzorak je svojim brojem komparativan ostalim istraživanjima u području istraživanja preferencija osoba s razvojnim odstupanjima [164], [165]. Obuhvaćeni su ispitanici s različitim razvojnim poremećajima: intelektualnim poteškoćama ili poteškoćama u učenju (3), organski uvjetovanim poremećajima u ponašanju (4), teškoćama u čitanju i pisanju (4), fonološkim teškoćama (1), posebnim jezičnim teškoćama (1), apraksijom (1) i kombiniranim teškoćama (14). Kako se ispitanike ne bi stavljalo u nepoznato okruženje, ispitivanje je provedeno u prostorijama navedenih institucija, uz minimalnu količinu prisutnih distrakcija. S obzirom na složenost i osjetljivost provođenja ispitivanja na ovoj populaciji, u ulozi ispitivača tijekom provođenja istraživanja sudjelovao je djelatnik Centra za edukacijsku rehabilitaciju ili student smjera Psihologije pri Filozofskom fakultetu. Ispitivači su, uz autorov nadzor, bili zaduženi za direktnu komunikaciju s ispitanicima za vrijeme provođenja istraživanja.

Kako bi opustili ispitanike, ispitivači su istraživanje počinjali pitanjima u vezi s interesima u području vizualnih medija (omiljeni animirani filmovi, stripovi...), nakon čega je uslijedila faza evaluacije pripremljenih podražaja. Ispitanicima su prezentirani uzorci iz jednog seta (9 uzoraka), nasumičnog redoslijeda, raspoređeni u 3x3 matricu. Ispitanici nisu imali ograničenja u vremenu pri odabiru: U prvoj fazi evaluacije pojedinog seta od ispitanika se traži da odabere reprezentaciju koja mu se najviše sviđa. Nakon što ispitanik odabere jednu karticu, ispitivač je izuzima iz uzorka i traži od ispitanika da odabere reprezentaciju koja mu se, od preostalih uzoraka, najviše sviđa. Nakon odabira ispitivač ponovno izuzima navedeni uzorak i traži od ispitanika da odabere uzorak koji mu se najmanje sviđa. Nakon što ispitanik napravi finalni odabir, ispitivač sklanja preostale uzorke i proceduru ponavlja za novi set uzoraka. Nakon svakog odabira ispitivač od ispitanika traži i obrazloženje za odabir i, ukoliko ga dobije, zapisuje ga u za to pripremljeni obrazac. Ispitanici su nakon obavljenog ispitivanja simbolično

nagrađeni, ali to im nije bilo unaprijed najavljeno tako da nije imalo utjecaj na provedbu ispitivanja.

### 6.2.3 Ograničenja istraživanja

Zbog same prirode istraživanja i heterogenosti korisnika sredstava PK, logično je da postoje razna ograničenja istraživanja. Određivanje metodologije istraživanja na korisnicima potpomognute komunikacije i danas predstavlja izazov za znanstvenike. Kod istraživanja u kojima sudjeluju korisnici s razvojnim odstupanjima često je prisutan niz poteškoća, osobito zbog razlika u mogućnostima sudionika prilikom ispunjavanja zadataka ili davanja povratnih informacija. Stoga pojedini autori [167] u nekim istraživanjima potpomognute komunikacije preporučuju uključivanje korisnika bez razvojnih odstupanja.. Budući da se istraživanje u sklopu ovog rada temelji na sposobnosti ispitanika da shvati zadatak i pravilno ga izvrši, nije ga bilo moguće provesti na određenim skupinama populacije korisnika PK.

Odabir metodologije predstavlja drugi ograničavajući čimbenik istraživanja. Izvorno je predviđeno istraživanje s većim brojem setova uz primjenu neke od standardnih metodologija evaluacije emocionalne reakcije na slikovne sadržaje u području istraživanja korisničkog iskustva, poput uporabe vizualizacija za samostalnu procjenu (*Self-Assessment Manikin*, SAM) [168]. Međutim, nakon konzultacija sa stručnjacima iz područja istraživanja rada s djecom s razvojnim odstupanjima, ustanovljeno je da se od ispitanika može očekivati jedino direktan odabir bez uporabe skale, do tri odabira za maksimalno tri seta. Stoga je bilo potrebno metodologiju adekvatno prilagoditi prema dobivenim naptcima, što je ujedno onemogućilo detaljniju analizu dobivenih rezultata.

Treći ograničavajući čimbenik istraživanja očituje se u pripremi uzoraka. Prigodom svakog oblikovanja, poglavito prigodom stilizacije ili apstrakcije referenta, neupitan je dizajnerov subjektivan utjecaj na rezultat. Stoga je drugačiji pristup izradi pojedinih reprezentacija mogao rezultirati promjenom u rezultatima istraživanja. S obzirom na nepostojanje standardiziranog seta uzoraka za ovu vrstu evaluacije, generiranje vlastitih uzoraka bio je jedini moguć pristup.

## 6.3 Rezultati i diskusija

### 6.3.1 Analiza preferencija reprezentacija za pojedine setove uzoraka

#### Reprezentacija pojma „mačka“

Tablica 5. Prvi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „mačka“ (M\_PO)

M_PO		
Uzorak	N(f)	%
M2	2	5,5
M3	13	36,1
M5	9	25
M6	10	27,8
M7	1	2,8
M8	1	2,8
Ukupno	<b>36</b>	<b>100</b>

Tablica 6. Hi-kvadrat test - prvi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „mačka“ (M\_PO)

M_PO		
$\chi^2$	df	p
23,333	5	,000

Hi- kvadrat test pokazuje da za varijablu procjene grafičkog znaka mačke koji ispitanici najviše preferiraju postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira pojedinog znaka ( $\chi^2=23.33$ ;  $df=5$ ;  $p<.01$ ). Kao reprezentaciju mačke koju najviše preferiraju, djeca najčešće odabiru uzorak M3 (36,1%).

Tablica 7. Drugi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „mačka“ (M\_DO)

M_DO		
Uzorak	N(f)	%
M2	7	19,4
M3	11	30,6
M5	6	16,7
M6	7	19,4
M8	4	11,1
M9	1	2,8
<b>Ukupno</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

Tablica 8. Hi-kvadrat test - drugi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „mačka“ (M\_DO)

M_DO		
$\chi^2$	df	p
9,333	5	,096

Za varijablu procjene grafičkog znaka mačke koji ispitanicima predstavlja drugi odabir, utvrđeno je da ne postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira pojedinog znaka ( $\chi^2=9.33$ ;  $df=5$ ;  $p>.05$ ).

Tablica 9. Najmanja preferencija ispitanika za reprezentaciju pojma „mačka“ (M\_NP)

M_NP		
Uzorak	N(f)	%
M1	6	17,1
M4	2	5,7
M5	1	2,9
M6	6	17,1
M7	11	31,4
M8	4	11,4
M9	5	14,3
<b>Ukupno</b>	<b>35</b>	<b>100</b>

Tablica 10. Hi-kvadrat test – najmanja preferencija ispitanika za reprezentaciju pojma „mačka“ (M\_NP)

M_NP		
$\chi^2$	df	p
12,800	6	,046

Za varijablu procjene znaka mačke koji korisnici najmanje preferiraju utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira pojedinog znaka ( $\chi^2=12.80$ ;  $df=6$ ;  $p<.05$ ). Kao reprezentaciju mačke koju najmanje preferiraju, djeca najčešće odabiru uzorak M7.

### Reprezentacija pojma „lice“

Tablica 11. Prvi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „lice“ (L\_PO)

L_PO		
Uzorak	N(f)	%
L1	2	5,7
L2	2	5,7
L3	4	11,4
L4	2	5,7
L5	1	2,9
L6	13	37,1
L7	6	17,1
L9	5	14,3
Ukupno	<b>35</b>	<b>100</b>

Tablica 12. Hi-kvadrat test - prvi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „lice“ (L\_PO)

L_PO		
$\chi^2$	df	p
24,200	7	,001

Za varijablu procjene grafičkog znaka lica koji je korisnicima prvi odabir, utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira pojedinog crteža ( $\chi^2=24.20$ ;  $df=7$ ;  $p<.01$ ). Reprezentacija lica koju korisnici najviše preferiraju prikazana je pod uzorkom L6.

Tablica 13. Drugi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „lice“ (L\_DO)

L_DO		
Uzorak	N(f)	%
L1	3	8,6
L2	2	5,7
L3	11	31,4
L4	2	5,7
L5	2	5,7
L6	5	14,3
L7	2	5,7
L8	3	8,6
L9	5	14,3
<b>Ukupno</b>	<b>35</b>	<b>100</b>

Tablica 14. Hi-kvadrat test - drugi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „lice“ (L\_DO)

L_DO		
$\chi^2$	df	p
17,714	8	,023

Za varijablu procjene grafičkog znaka lica koji im je drugi po redu po preferenciji, utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira pojedinog znaka ( $\chi^2=17.71$ ;  $df=8$ ;  $p<.05$ ). Za svoj drugi odabir preferencije reprezentacije lica djeca najčešće odabiru uzorak L3.

Tablica 15. Najmanja preferencija ispitanika za reprezentaciju pojma „lice“ (L\_NP)

L_NP		
Uzorak	N(f)	%
L1	6	17,1
L2	1	2,6
L3	12	34,3
L4	2	5,7
L6	2	5,7
L7	4	11,43
L8	7	20
L9	1	2,6

Ukupno	<b>35</b>	<b>100</b>
--------	-----------	------------

Tablica 16. Hi-kvadrat test – najmanja preferencija ispitanika za reprezentaciju pojma „lice“ (L\_NP)

L_NP		
$\chi^2$	df	p
23,286	7	,002

Za evaluaciju najmanje preferencije reprezentacije pojma lice utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira pojedine reprezentacije ( $\chi^2=23.29$ ;  $df=7$ ;  $p<.01$ ). Kao grafički znak koji najmanje preferiraju djeca najčešće odabiru uzorak L3.

### Reprezentacija pojma „tenisica“

Tablica 17. Prvi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „tenisica“ (T\_PO)

T_PO		
Uzorak	N(f)	%
T2	5	13,9
T3	10	27,8
T4	1	2,8
T5	2	5,6
T6	12	33,3
T7	1	2,8
T8	1	2,8
T9	4	14,3
Ukupno	<b>36</b>	<b>100</b>

Tablica 18. Hi-kvadrat test - prvi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „tenisica“ (T\_PO)

T_PO		
$\chi^2$	df	p
28,889	7	,000

Za varijablu evaluacije znaka tenisice koji ispitanici najviše preferiraju utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira pojedinog znaka ( $\chi^2=28.89$ ;  $df=7$ ;  $p<.01$ ). Ispitanici najčešće odabiru uzorak T6 kao znak koji najviše preferiraju.

Tablica 19. Prvi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „tenisica“ (T\_PO)

T_DO		
Uzorak	N(f)	%
T1	2	5,6
T2	2	5,6
T3	7	19,4
T4	1	2,8
T5	3	8,3
T6	11	30,6
T8	5	13,9
T9	5	13,9
Ukupno	<b>36</b>	<b>100</b>

Tablica 20. Hi-kvadrat test - drugi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „tenisica“ (T\_DO)

T_DO		
$\chi^2$	df	p
16,889	7	,018

Za varijablu procjene znaka tenisice koji im je drugi po redu prema preferenciji, utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira pojedinog crteža ( $\chi^2=16.89$ ;  $df=7$ ;  $p<.05$ ). Kao crtež tenisice koji im je drugi po redu prema preferenciji, ispitanici najčešće odabiru uzorak T6.

Tablica 21. Najmanja preferencija ispitanika za reprezentaciju pojma „tenisica“ (T\_NP)

T_NP		
Uzorak	N(f)	%
T1	7	20
T2	2	5,7
T3	1	2,9
T4	4	11,4
T5	1	2,9



T7	9	25,7
T8	8	22,9
T9	3	8,6
Ukupno	<b>35</b>	<b>100</b>

Tablica 22. Hi-kvadrat test - najmanja preferencija ispitanika za reprezentaciju pojma „tenisica“ (T\_NP)

T_NP		
$\chi^2$	df	p
16,429	7	,021

Za evaluaciju najmanje preferencije reprezentacije pojma tenisica utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira pojedine reprezentacije ( $\chi^2=16.43$ ;  $df=7$ ;  $p<.05$ ). Uzorak T7 predstavlja reprezentaciju tenisice koju korisnici najmanje preferiraju.

### 6.3.2 Analiza sličnosti u korisničkoj evaluaciji reprezentacija triju pojmova

Tablica 23. Analiza sličnosti u korisničkoj evaluaciji za prve odabire reprezentacija triju pojmova

Spearmanov koeficijent korelacije		M_PO	L_PO	T_PO
Varijabla				
M_PO	Koeficijent	1,000	,061	-,235
	Sig. (2-tailed)	.	,729	,168
	N	36	35	36
L_PO	Koeficijent	,061	1,000	,000
	Sig. (2-tailed)	,729	.	,998
	N	35	35	35
T_PO	Koeficijent	-,235	,000	1,000
	Sig. (2-tailed)	,168	,998	.
	N	36	35	36

Tablica 24. Analiza sličnosti u korisničkoj evaluaciji za druge odabire reprezentacija triju pojmova

Spearmanov koeficijent korelacije				
Varijabla		M_DO	L_DO	T_DO
M_DO	Koeficijent	1,000	-,202	,165
	Sig. (2-tailed)	.	,244	,337
	N	36	35	36
L_DO	Koeficijent	-,202	1,000	-,213
	Sig. (2-tailed)	,244	.	,219
	N	35	35	35
T_DO	Koeficijent	,165	-,213	1,000
	Sig. (2-tailed)	,337	,219	.
	N	36	35	36

Tablica 25. Analiza sličnosti u korisničkoj evaluaciji za najmanje preferencije reprezentacija triju pojmova

Spearmanov koeficijent korelacije				
Varijabla		M_NP	L_NP	T_NP
M_NP	Koeficijent	1,000	-,094	-,008
	Sig. (2-tailed)	.	,590	,965
	N	35	35	35
L_NP	Koeficijent	-,094	1,000	,137
	Sig. (2-tailed)	,590	.	,433
	N	35	35	35
T_NP	Koeficijent	-,008	,137	1,000
	Sig. (2-tailed)	,965	,433	.
	N	35	35	35

Na temelju izračunatih Spearmanovih koeficijenata korelacija utvrđeno je da ne postoji statistički značajna povezanost korisničkih procjena za reprezentacije triju pojmova:

- uzorak koji najviše preferiraju ( $r = .06$ ;  $p > .05$ ;  $r = -.24$ ;  $p > .05$ ;  $r = .00$ ;  $p > .05$ )
- uzorak koji preferiraju drugi po redu ( $r = -.20$ ;  $p > .05$ ;  $r = .17$ ;  $p > .05$ ;  $r = -.21$ ;  $p > .05$ )
- uzorak koji najmanje preferiraju ( $r = -.10$ ;  $p > .05$ ;  $r = -.01$ ;  $p > .05$ ;  $r = .14$ ;  $p > .05$ )

Iz rezultata je moguće zaključiti da isti ispitanik ne preferira nužno reprezentacije jednakih parametara kod različitih pojmova (npr. za pojam mačka najviše će preferirati uzorak M3, dok će za pojam lice najviše preferirati uzorak L6).

### 6.3.3 Analiza ovisnosti korisničke preferencije o stupnju vizualne složenosti i metodi stilizacije reprezentacija

Tablica 26. Stupanj vizualne složenosti za prvi odabir reprezentacije pojma „mačka“ (M\_PO\_KOM)

M_PO_KOM		
Stupanj složenosti	N(f)	%
Visoki	23	63,9
Srednji	12	33,3
Niski	1	2,8
<b>Ukupno</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

Tablica 27. Hi-kvadrat test - Stupanj vizualne složenosti za prvi odabir reprezentacije pojma „mačka“ (M\_PO\_KOM)

M_PO_KOM		
$\chi^2$	df	p
20,167	2	,000

Za varijablu procjene stupnja vizualne složenosti za reprezentaciju pojma „mačka“ (M\_PO\_KOM) koji ispitanici najviše preferiraju, utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira pojedinog stupnja složenosti ( $\chi^2=20.17$ ;  $df=2$ ;  $p<.01$ ). Ako u obzir uzmemo stupanj složenosti ponuđenih uzoraka, zaključujemo da ispitanici najčešće odabiru uzorke koji imaju visoki stupanj vizualne složenosti.

Tablica 28. Stilizacija za prvi odabir reprezentacije pojma „mačka“ (M\_PO\_STIL)

M_PO_STIL		
Stilizacija	N(f)	%
Slobodna	15	41,7
Realistična	19	52,8
Geometrijska	2	5,6
<b>Ukupno</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

Tablica 29. Hi-kvadrat test - Stilizacija za prvi odabir reprezentacije pojma „mačka“ (M\_PO\_STIL)

M_PO_STIL		
$\chi^2$	df	p
13,167	2	,001

Za varijablu procjene stilizacije reprezentacije pojma „mačka“ koji najviše preferiraju (M\_PO\_STIL), utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira pojedinog stila ( $\chi^2=13.17$ ;  $df=2$ ;  $p<.01$ ). Kao stilizacije koji najviše preferiraju, ispitanici najčešće odabiru realistične reprezentacije.

Tablica 30. Stupanj vizualne složenosti za prvi odabir reprezentacije pojma „lice“ (L\_PO\_KOM)

L_PO_KOM		
Stupanj složenosti	N(f)	%
Visoki	22	62,9
Srednji	3	8,6
Niski	10	28,6
<b>Ukupno</b>	<b>35</b>	<b>100</b>

Tablica 31. Hi-kvadrat test - Stupanj vizualne složenosti za prvi odabir reprezentacije pojma „lice“ (L\_PO\_KOM)

L_PO_KOM		
$\chi^2$	df	p
15,829	2	,000

Za varijablu procjene stupnja vizualne složenosti za reprezentaciju pojma „lice“ koji korisnici najviše preferiraju, utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira uzoraka pojedinog stupnja složenosti ( $\chi^2=15.83$ ;  $df=2$ ;  $p<.01$ ). Korisnici najčešće odabiru uzorke s visokim stupnjem vizualne složenosti.

Tablica 32. Stilizacija za prvi odabir reprezentacije pojma „lice“ (L\_PO\_STIL)

L_PO_STIL		
Stilizacija	N(f)	%
Slobodna	8	22,9

Realistična	16	45,7
Geometrijska	11	31,4
<b>Ukupno</b>	<b>35</b>	<b>100</b>

Tablica 33. Hi-kvadrat test - Stilizacija za prvi odabir reprezentacije pojma „lice“ (L\_PO\_STIL)

L_PO_STIL		
$\chi^2$	df	p
2,800	2	,247

Za varijablu procjene metode stilizacije reprezentacija pojma „lice“ koju korisnici najviše preferiraju, utvrđeno je da ne postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira uzoraka pojedinog stila ( $\chi^2=2.80$ ;  $df=2$ ;  $p>.05$ ).

Tablica 34. Stupanj vizualne složenosti za prvi odabir reprezentacije pojma „tenisica“ (T\_PO\_KOM)

T_PO_KOM		
Stupanj složenosti	N(f)	%
Visoki	26	72,2
Srednji	8	22,2
Niski	2	5,6
<b>Ukupno</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

Tablica 35. Hi-kvadrat test - Stupanj vizualne složenosti za prvi odabir reprezentacije pojma „tenisica“ (T\_PO\_KOM)

T_PO_KOM		
$\chi^2$	df	p
26,000	2	,000

Za varijablu procjene stupnja vizualne složenosti znakova tenisice koje korisnici najviše preferiraju, utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira uzoraka pojedinog stupnja složenosti ( $\chi^2=26.00$ ;  $df=2$ ;  $p<.01$ ). Korisnici najčešće odabiru reprezentaciju visoke složenosti.

Tablica 36. Stilizacija za prvi odabir reprezentacije pojma „tenisica“ (T\_PO\_STIL)

T_PO_STIL		
Stilizacija	N(f)	%
Slobodna	15	41,7
Realistična	15	41,7
Geometrijska	6	16,7
<b>Ukupno</b>	<b>35</b>	<b>100</b>

Tablica 37. Hi-kvadrat test - Stilizacija za prvi odabir reprezentacije pojma „tenisica“ (T\_PO\_STIL)

T_PO_STIL		
$\chi^2$	df	p
4,500	2	,105

Za varijablu procjene metode stilizacije reprezentacije tenisice koju korisnici najviše preferiraju, utvrđeno je da ne postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira uzoraka pojedinog stila ( $\chi^2=4.50$ ;  $df=2$ ;  $p>.05$ ).

Tablica 38. Stupanj vizualne složenosti za drugi odabir reprezentacije pojma „mačka“ (M\_DO\_KOM)

M_DO_KOM		
Stupanj složenosti	N(f)	%
Visoki	17	47,2
Srednji	19	52,8
<b>Ukupno</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

Tablica 39. Hi-kvadrat test - Stupanj vizualne složenosti za drugi odabir reprezentacije pojma „mačka“ (M\_DO\_KOM)

M_DO_KOM		
$\chi^2$	df	p
,111	1	,739

Za varijablu procjene stupnja vizualne složenosti znaka mačke koji korisnici rangiraju kao drugi po preferenciji, utvrđeno je da ne postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira uzoraka pojedinog stupnja složenosti ( $\chi^2=0.11$ ;  $df=1$ ;  $p>.05$ ).

Tablica 40. Stilizacija za drugi odabir reprezentacije pojma „mačka“ (M\_DO\_STIL)

M_DO_STIL		
Stilizacija	N(f)	%
Slobodna	18	50
Realistična	13	36,1
Geometrijska	5	13,9
<b>Ukupno</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

Tablica 41. Hi-kvadrat test - Stilizacija za drugi odabir reprezentacije pojma „mačka“ (M\_DO\_STIL)

M_DO_STIL		
$\chi^2$	df	p
7,167	2	,028

Za varijablu procjene metode stilizacije reprezentacije pojma „mačka“ koju korisnici rangiraju kao drugu po preferenciji, utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira uzoraka pojedine metode stilizacije ( $\chi^2=7.17$ ;  $df=2$ ;  $p<.05$ ). Znakovi mačke koji ispitanicima predstavljaju drugi odabir, izvedeni su slobodnom stilizacijom.

Tablica 42. Stupanj vizualne složenosti za drugi odabir reprezentacije pojma „lice“ (L\_DO\_KOM)

L_DO_KOM		
Stupanj složenosti	N(f)	%
Visoki	21	60
Srednji	7	20
Niski	7	20
<b>Ukupno</b>	<b>35</b>	<b>100</b>

Tablica 43. Hi-kvadrat test - Stupanj vizualne složenosti za drugi odabir reprezentacije pojma „lice“ (L\_DO\_KOM)

L_DO_KOM		
$\chi^2$	df	p
11,200	2	,004

Za varijablu procjene stupnja linijske složenosti za reprezentaciju pojma „lice“ koje korisnici odabiru kao drugi izbor prema preferenciji, utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira uzoraka pojedinog stupnja složenosti ( $\chi^2=11.20$ ;  $df=2$ ;  $p<.01$ ). Ispitanici najčešće odabiru uzorke s visokim stupnjem vizualne složenosti.

Tablica 44. Stilizacija za drugi odabir reprezentacije pojma „lice“ (L\_DO\_STIL)

L_DO_STIL		
Stilizacija	N(f)	%
Slobodna	16	45,7
Realistična	9	25,7
Geometrijska	10	28,6
<b>Ukupno</b>	<b>35</b>	<b>100</b>

Tablica 45. Hi-kvadrat test - Stilizacija za drugi odabir reprezentacije pojma „lice“ (L\_DO\_STIL)

L_DO_STIL		
$\chi^2$	df	p
2,457	2	,293

Za varijablu procjene metode stilizacije znakova lica koji korisnicima predstavljaju drugi odabir po preferenciji, utvrđeno je da ne postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira uzoraka pojedine metode stilizacije ( $\chi^2=2.46$ ;  $df=2$ ;  $p>.05$ ).

Tablica 46. Stupanj vizualne složenosti za drugi odabir reprezentacije pojma „tenisica“ (T\_DO\_KOM)

T_DO_KOM		
Stupanj složenosti	N(f)	%
Visoki	23	63,9
Srednji	10	27,8
Niski	3	8,3
<b>Ukupno</b>	<b>36</b>	<b>100</b>



Tablica 47. Hi-kvadrat test - Stupanj vizualne složenosti za drugi odabir reprezentacije pojma „tenisica“ (T\_DO\_KOM)

T_DO_KOM		
$\chi^2$	df	p
17,167	2	,000

Za varijablu procjene stupnja vizualne složenosti za reprezentaciju pojma tenisice koja korisnicima predstavlja drugi odabir prema preferenciji, utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira uzoraka pojedine vizualne složenosti ( $\chi^2=17.17$ ;  $df=2$ ;  $p<.01$ ). Ispitanici najčešće odabiru reprezentacije visokog stupnja vizualne složenosti.

Tablica 48. Stilizacija za drugi odabir reprezentacije pojma „tenisica“ (T\_DO\_STIL)

T_DO_STIL		
Stilizacija	N(f)	%
Slobodna	11	30,6
Realistična	15	41,7
Geometrijska	10	27,8
<b>Ukupno</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

Tablica 49. Hi-kvadrat test - Stilizacija za drugi odabir reprezentacije pojma „lice“ (T\_DO\_STIL)

T_DO_STIL		
$\chi^2$	df	p
1,167	2	,558

Za varijablu procjene metode stilizacije znaka tenisice koji ispitanici rangiraju kao drugi po preferenciji, utvrđeno je da ne postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira uzoraka pojedinog stila ( $\chi^2=1.17$ ;  $df=2$ ;  $p>.05$ ).

Tablica 50. Stupanj vizualne složenosti za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „mačke“ (M\_NP\_KOM)

M_NP_KOM		
Stupanj složenosti	N(f)	%
Visoki	11	31,4
Srednji	5	14,3
Niski	19	54,3
<b>Ukupno</b>	<b>35</b>	<b>100</b>

Tablica 51. Hi-kvadrat test - Stupanj vizualne složenosti za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „mačka“ (M\_NP\_KOM)

M_NP_KOM		
$\chi^2$	df	p
8,457	2	,015

Za varijablu procjene stupnja vizualne složenosti za reprezentaciju pojma „mačka“ koje ispitanici najmanje preferiraju, utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira uzoraka pojedinog stupnja složenosti ( $\chi^2=8.46$ ;  $df=2$ ;  $p<.05$ ). Ispitanici najčešće odabiru uzorke s niskim stupnjem vizualne složenosti.

Tablica 52. Stilizacija za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „mačka“ (M\_NP\_STIL)

M_NP_STIL		
Stilizacija	N(f)	%
Slobodna	6	17,1
Realistična	9	25,7
Geometrijska	20	57,1
<b>Ukupno</b>	<b>35</b>	<b>100</b>

Tablica 53. Hi-kvadrat test - Stilizacija za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „mačka“ (M\_NP\_STIL)

M_NP_STIL		
$\chi^2$	df	p
9,314	2	,009

Za varijablu procjene Metode stilizacije znakova mačke koje ispitanici najmanje preferiraju, utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira uzoraka pojedinog

stila ( $\chi^2=9.31$ ;  $df=2$ ;  $p<.01$ ). Geometrijska stilizacija reprezentacije mačke predstavlja najčešći odabir ispitanika za ovu varijablu.

Tablica 54. Stupanj vizualne složenosti za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „lice“ (L\_NP\_KOM)

L_NP_KOM		
Stupanj složenosti	N(f)	%
Visoki	15	42,9
Srednji	8	22,9
Niski	12	34,3
<b>Ukupno</b>	<b>35</b>	<b>100</b>

Tablica 55. Hi-kvadrat test - Stupanj vizualne složenosti za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „lice“ (L\_NP\_KOM)

L_NP_KOM		
$\chi^2$	df	p
2,114	2	,347

Za varijablu procjene stupnja vizualne složenosti za reprezentaciju pojma „lice“ koje ispitanici najmanje preferiraju utvrđeno je da ne postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira uzoraka pojedinog stupnja vizualne složenosti ( $\chi^2=2.11$ ;  $df=2$ ;  $p>.05$ ).

Tablica 56. Stilizacija za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „lice“ (L\_NP\_STIL)

L_NP_STIL		
Stilizacija	N(f)	%
Slobodna	19	54,3
Realistična	4	11,4
Geometrijska	12	34,3
<b>Ukupno</b>	<b>35</b>	<b>100</b>

Tablica 57. Hi-kvadrat test - Stilizacija za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „lice“ (L\_NP\_STIL)

L_NP_STIL		
$\chi^2$	df	p
9,657	2	,008

Za varijablu procjene metode stilizacije znakova lica koje ispitanici najmanje preferiraju, utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira uzoraka pojedinog stila ( $\chi^2=9.66$ ;  $df=2$ ;  $p<.01$ ). Za ovu varijablu ispitanici najčešće odabiru znakove izvedene slobodnom metodom stilizacije.

Tablica 58. Stupanj vizualne složenosti za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „tenisica“ (T\_NP\_KOM)

T_NP_KOM		
Stupanj složenosti	N(f)	%
Visoki	4	11,4
Srednji	11	31,4
Niski	20	57,1
<b>Ukupno</b>	<b>35</b>	<b>100</b>

Tablica 59. Hi-kvadrat test - Stupanj vizualne složenosti za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „tenisica“ (T\_NP\_KOM)

T_NP_KOM		
$\chi^2$	df	p
11,029	2	,004

Za varijablu procjene stupnja linijske složenosti za reprezentaciju pojma „tenisica“ koje ispitanici najmanje preferiraju, utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira uzoraka pojedinog stupnja složenosti ( $\chi^2=11.03$ ;  $df=2$ ;  $p<.01$ ). Ispitanici najčešće odabiru uzorke s niskim stupnjem vizualne složenosti.

Tablica 60. Stilizacija za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „tenisica“ (T\_NP\_STIL)

T_NP_STIL		
Stilizacija	N(f)	%
Slobodna	10	28,6
Realistična	5	14,3
Geometrijska	20	57,1
<b>Ukupno</b>	<b>35</b>	<b>100</b>

Tablica 61. Hi-kvadrat test - Stilizacija za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „tenisica“ (T\_NP\_STIL)

T_NP_STIL		
$\chi^2$	df	p
10,000	2	,007

Za varijablu procjene metode stilizacije znakova tenisice koje ispitanici najmanje preferiraju, utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između frekvencija odabira uzoraka pojedinog stila ( $\chi^2=10.00$ ;  $df=2$ ;  $p<.01$ ). Za ovu varijablu ispitanici najčešće odabiru znakove izvedene geometrijskom stilizacijom.

Tablica 62. Analiza sličnosti u korisničkoj evaluaciji za prve odabire reprezentacija triju pojmova, ovisno o stupnju vizualne složenosti

Spearmanov koeficijent korelacije				
Varijabla		M_PO_KOM	L_PO_KOM	T_PO_KOM
M_PO_KOM	Koeficijent	1,000	,333	,159
	Sig. (2-tailed)	.	,051	,355
	N	36	35	36
L_PO_KOM	Koeficijent	,333	1,000	,261
	Sig. (2-tailed)	,051	.	,129
	N	35	35	35
T_PO_KOM	Koeficijent	,159	,261	1,000
	Sig. (2-tailed)	,355	,129	.
	N	36	35	36

Tablica 63. Analiza sličnosti u korisničkoj evaluaciji za prve odabire reprezentacija triju pojmova, ovisno o metodi stilizacije

Spearmanov koeficijent korelacije				
Varijabla		M_PO_STIL	L_PO_STIL	T_PO_STIL
M_PO_STIL	Koeficijent	1,000	,128	-,212
	Sig. (2-tailed)	.	,462	,215
	N	36	35	36
L_PO_STIL	Koeficijent	,128	1,000	,091
	Sig. (2-tailed)	,462	.	,604
	N	35	35	35
T_PO_STIL	Koeficijent	-,212	,091	1,000
	Sig. (2-tailed)	,215	,604	.
	N	36	35	36

Tablica 64. Analiza sličnosti u korisničkoj evaluaciji za druge odabire reprezentacija triju pojmova, ovisno o stupnju vizualne složenosti

Spearmanov koeficijent korelacije				
Varijabla		M_DO_KOM	L_DO_KOM	T_DO_KOM
M_DO_KOM	Koeficijent	1,000	,136	,114
	Sig. (2-tailed)	.	,436	,509
	N	36	35	36
L_DO_KOM	Koeficijent	,136	1,000	-,254
	Sig. (2-tailed)	,436	.	,141
	N	35	35	35
T_DO_KOM	Koeficijent	,114	-,254	1,000
	Sig. (2-tailed)	,509	,141	.
	N	36	35	36

Tablica 65. Analiza sličnosti u korisničkoj evaluaciji za druge odabire reprezentacija triju pojmova, ovisno o metodi stilizacije

Spearmanov koeficijent korelacije				
Varijabla		M_DO_STIL	L_DO_STIL	T_DO_STIL
M_DO_STIL	Koeficijent	1,000	-,127	,187
	Sig. (2-tailed)	.	,467	,275
	N	36	35	36
L_DO_STIL	Koeficijent	-,127	1,000	-,189
	Sig. (2-tailed)	,467	.	,277
	N	35	35	35
T_DO_STIL	Koeficijent	,187	-,189	1,000
	Sig. (2-tailed)	,275	,277	.
	N	36	35	36

Tablica 66. Analiza sličnosti u korisničkoj evaluaciji za najmanju preferenciju reprezentacija triju pojmova, ovisno o stupnju vizualne složenosti

Spearmanov koeficijent korelacije				
Varijabla		M_NP_KOM	L_NP_KOM	T_NP_KOM
M_NP_KOM	Koeficijent	1,000	,142	,303
	Sig. (2-tailed)	.	,417	,077
	N	35	35	35
L_NP_KOM	Koeficijent	,142	1,000	,179
	Sig. (2-tailed)	,417	.	,304
	N	35	35	35
T_NP_KOM	Koeficijent	,303	,179	1,000
	Sig. (2-tailed)	,077	,304	.
	N	35	35	35

Tablica 67. Analiza sličnosti u korisničkoj evaluaciji za najmanju preferenciju reprezentacija triju pojmova, ovisno o metodi stilizacije

Spearmanov koeficijent korelacije				
Varijabla		M_NP_STIL	L_NP_STIL	T_NP_STIL
M_NP_STIL	Koeficijent	1,000	-,130	-,022
	Sig. (2-tailed)	.	,457	,899
	N	35	35	35
L_NP_STIL	Koeficijent	-,130	1,000	,329
	Sig. (2-tailed)	,457	.	,053
	N	35	35	35
T_NP_STIL	Koeficijent	-,022	,329	1,000
	Sig. (2-tailed)	,899	,053	.
	N	35	35	36

Na temelju izračunatih Spearmanovih koeficijenata korelacija utvrđeno je da postoji sličnost, odnosno statistički značajna povezanost u procjenama vizualne složenosti za pojam „mačka“ i „lice“ koje ispitanici najviše preferiraju ( $r = .33$ ;  $p = .05$ ). Također je ustanovljeno da postoji statistički značajna povezanost između metode stilizacije reprezentacije lica i metode stilizacije reprezentacije tenisica koje ispitanici najmanje preferiraju ( $r = .33$ ;  $p = .05$ ).

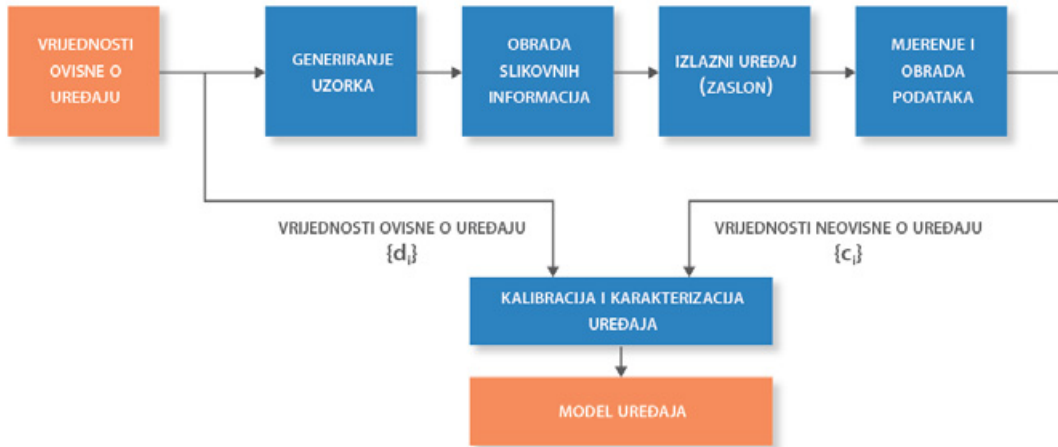
Dakle, ispitanici koji najviše preferiraju znakove mačke visoke linijske složenosti, češće preferiraju i visoko kompleksne reprezentacije lica. Oni ispitanici koji najmanje preferiraju geometrijsku stilizaciju reprezentacije lica, češće odabiru i geometrijsku stilizaciju reprezentacije tenisica kao one koje najmanje preferiraju. Za ostale povezanosti nije utvrđena statistička značajnost ( $p > .05$ ).

## 7. Upotreba metoda kolorimetrijske karakterizacije za određivanje reprodukcijских karakteristika standardnog zaslona pokretnog uređaja

Na tržištu povezanom s reprodukcijom slikovnog sadržaja dostupan je izrazito velik broj uređaja različitih karakteristika i značajnih razlika u načinu na koji interpretiraju vezu između ulaznih i optičkih (izlaznih) signala. Funkcija zaslona jest rekonstrukcija signala koji bi bio generiran interakcijom izvora svjetlosti i objekata u okolini, odnosno proizvodnja identičnog ili sličnog uzorka svjetlosti u mrežnici promatrača prigodom promatranja zaslona [119]. Rekonstrukcija signala, odnosno reprodukcija slikovnog elementa na zaslonu postiže se pomoću niza pravilno raspoređenih emisijskih jedinica, tj. slikovnih elemenata. Kako bi zaslon bio u mogućnosti simulirati znatan dio vidljivog spektra, svaki slikovni element sastoji se od minimalno triju komponenata - primara koji emitiraju svjetlost u crvenom (R), zelenom (G) i plavom (B) dijelu spektra. Zbog načela metamerizma, opisanog u 4. poglavlju ovog rada, aditivnom sintezom navedenih primara omogućena je reprodukcija različitih tonova vidljivog dijela spektra. Opseg boja, odnosno gamut koji je moguće reproducirati, određen je maksimalnim zasićenjem i intenzitetom primara. Većina zaslona u mogućnosti je prikazati značajno manji opseg u odnosu na vidljivi dio spektra, no konstantnim razvojem i uvođenjem novih tehnologija nastoji se proširiti gamut uporabom primara većeg zasićenja i uporabom više od triju primara.

Cilj kolorimetrijske karakterizacije zaslona jest definirati transformaciju između digitalnog prostora boja uređaja i referentnog prostora boja, nezavisnog od uređaja, koji opisuje percepciju boje. Ovu transformaciju moguće je definirati u dva smjera: kao karakterizacijsku transformaciju usmjerenu naprijed i kao povratnu karakterizacijsku transformaciju [169]. U slučaju izlaznih uređaja karakterizacijska transformacija usmjerena naprijed namijenjena je definiciji povezanosti između ulaznih vrijednosti boja, obično definiranih korištenjem RGB prostora boja, i vrijednosti njihova prikaza na uređaju, definiranih u prostoru boja neovisnom o uređaju, poput CIEXYZ, dok obrnuti proces predstavlja namjenu povratne karakterizacijske transformacije. U okviru ovog eksperimenta metode kolorimetrijske karakterizacije bit će rabljene radi definiranja karakterizacijskih transformacija usmjerenih naprijed.





Slika 29. Proces određivanja karakterizacijske funkcije usmjerene naprijed za izlazne uređaje  
Izvor: Balasubramanian, 2002.

## 7.2 Tehnologije zaslona u pokretnim uređajima

Razvoj ravnih zaslona (*flat panel display*, FPD) predstavlja jedan od glavnih čimbenika koji su imali utjecaj na prenosivost uređaja s dinamičkim zaslonom, kao i na rastuću popularnost uređaja čiju glavnu interakcijsku poveznicu s korisnikom čini upravo zaslon. U početku razvoja pokretnih uređaja zaslone su bili ograničeni na monokromatsku reprodukciju i mogućnost prikaza jednog ili nekoliko redaka slovnih znakova, kako bi u današnje doba zaslone koji se ugrađuju u „pametne“ telefone i tablet-računala svojim karakteristikama dostigli, a u nekim slučajevima i premašili karakteristike zaslona kojima se koristimo u televizorima ili zaslonima stolnih i prijenosnih računala.

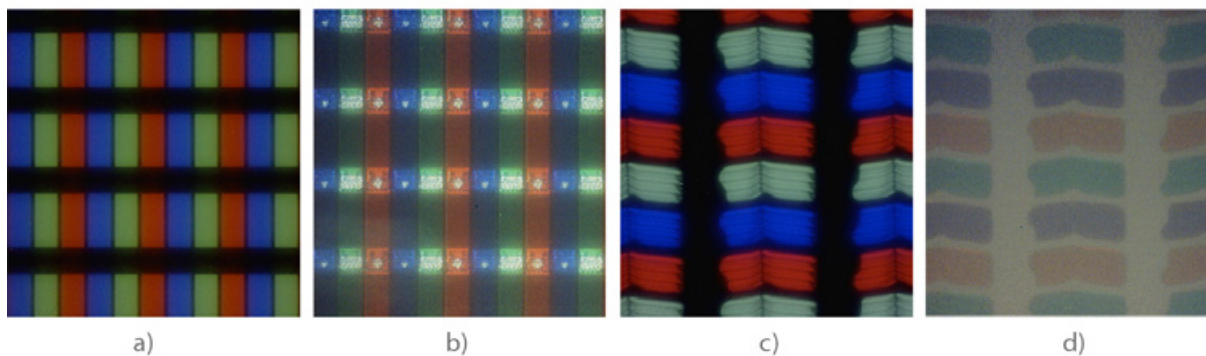
Ravne zaslone koji se trenutno upotrebljavaju u suvremenim pokretnim uređajima moguće je podijeliti u dvije osnovne skupine: transmisijske (neemisijske) i emisijske. Najzastupljeniju tehnologiju transmisijskih ravnih zaslona u suvremenim pokretnim uređajima predstavljaju različite varijante zaslona s tekućim kristalima (*Liquid Crystal Display*, LCD), dok se emisijski zaslone temelje na tehnologiji organskih svijetlećih-emitirajućih dioda (*Organic Light-Emitting Diode*, OLED).

### 7.2.1 LCD zasloni

Rad LCD zaslona utemeljen je na optičkim svojstvima tekućih kristala, tj. dovođenjem vanjskog električnog polja mijenja se orijentacija kristala koja utječe na polarizaciju svjetlosti. LCD zaslon sastoji se od dvaju ortogonalno postavljenih linearnih polarizatora između kojih se nalazi materijal s molekulama tekućih kristala (LC). Na osnovi RGB ulaznih vrijednosti kontrolira električno polje koje djeluje na sloj s tekućim kristalima na razini pojedinačnih segmenata slikovnog elementa te se na taj način određuju intenziteti emisije crvene, zelene i plave svjetlosti koje zaslon emitira. Raspon boja koje je moguće reproducirati na LCD zaslonu ovisan je o spektru pozadinskog osvjetljenja te optičkih svojstava tekućih kristala i filtera boja.

U slučaju suvremenih pokretnih uređaja izvor pozadinskog osvjetljenja predstavlja pravilan niz svijetlećih dioda (*light emitting diode*, LED) pozicioniranih uz jedan ili više rubova zaslona, što omogućuje konstrukciju izrazito tankih zaslona, koji mogu doprinijeti smanjenju ukupne debljine pokretnih uređaja. Svjetlo iz LED diode prolazi kroz difuzor i stražnji polarizator te dolazi u interakciju s tekućim kristalima. Ovisno o orijentaciji, LC molekule će ili prouzročiti kut polarizacije snopa svjetlosti za  $90^\circ$  i omogućiti njezin prolazak kroz prednji polarizator i jednim od R, G ili B filtera rezultirajući aktivnim slikovnim elementom, ili neće utjecati na svjetlosni snop koji će potom biti blokiran pomoću prednjeg polarizatora, rezultirajući neaktivnim slikovnim elementom. Prednji polarizator nije u mogućnost potpuno blokirati svjetlosni snop, zbog čega ugašeni slikovni elementi LCD zaslona propuštaju određenu količinu svjetlosti. U LC sloju razvijene su različite konfiguracije molekula i metode promjene njihove orijentacije pod djelovanjem upravljačkog napona. Tako razlikujemo TN (*Twisted Nematic*), IPS (*In-Plane Switching*), VA (*Vertical Alignment*) i PVA (*Patterned Vertical Alignment*) tehnologije LCD zaslona. Dvije najzastupljenije tehnologije LCD zaslona koji se rabe u suvremenim pokretnim uređajima jesu TN i IPS.

Zbog niske cijene proizvodnje i kratkog vremena odziva TN predstavlja trenutno najzastupljeniju LCD tehnologiju na tržištu računalnih zaslona [119]. Sloj sa zakrivljenim LC molekulama nalazi se između dviju prozirnih elektroda koje su fiksirane na prozirnu podlogu. S vanjske strane podloge nalaze se polarizatori. Promjenom veličine upravljačkog napona mijenja se orijentacija molekula, a sukladno tome i količina svjetlosti koja prolazi kroz drugi polarizator.



Slika 30. Mikroskopski prikaz konstrukcije slikovnih elemenata TN i LCD tehnologije: a) aktivni i b) neaktivni primari TN LCD zaslona (iPhone 3GS), c) aktivni i d) neaktivni primari IPS LCD zaslona (Nexus 7)

TN LCD zaslone posjeduju mnoga ograničenja u kvaliteti reprodukcije, poput opsega boja koje je moguće reproducirati, omjera kontrasta i kuta gledanja. U kontekstu upotrebe u pokretnim uređajima kut gledanja predstavlja najveći nedostatak TN zaslona. Zbog orijentacije molekula u sloju s tekućim kristalima, dolazi do značajnih razlika u reprodukciji boja, ovisno o stupnju i smjeru kuta površine zaslona u odnosu na promatrača. Kod velikih kutova u odnosu na okomicu moguća je i pojava inverzije sivih tonova [119].

Razvojem IPS LCD zaslona nastojala su se riješiti glavna ograničenja TN LCD zaslona, poput ograničenja u kutu promatranja i mogućeg opsega reprodukcije boja. Dugačke, cilindrične LC molekule u IPS zaslonima orijentirane su paralelno u odnosu na podlogu, neovisno o utjecaju električnog polja. Obje elektrode smještene su na sloj orijentiran prema ulazu svjetlosnoga snopa. Molekule se rotiraju unutar ravnine paralelno s podlogom, ovisno o jakosti električnog polja koje prolazi kroz LC sloj i na taj način zakrivljuju kut polarizacije svjetlosnog snopa koji prolazi kroz sloj s molekulama. Ova konfiguracija omogućuje preciznu i konzistentnu reprodukciju boja iz različitih kutova gledanja. To je ujedno i glavni razlog njihove rastuće zastupljenosti u pokretnim uređajima.

## 7.2.2 OLED i AMOLED zaslone

OLED zaslone stvaraju vidljivo svjetlo kada kroz njih prolazi električna struja. Emisija svjetla događa se pri rekombinaciji para elektron-šupljina. Efikasnost OLED-a povećava se uporabom slojeva tankih organskih filmova amorfne strukture. S obzirom na vrlo nisku provodljivost

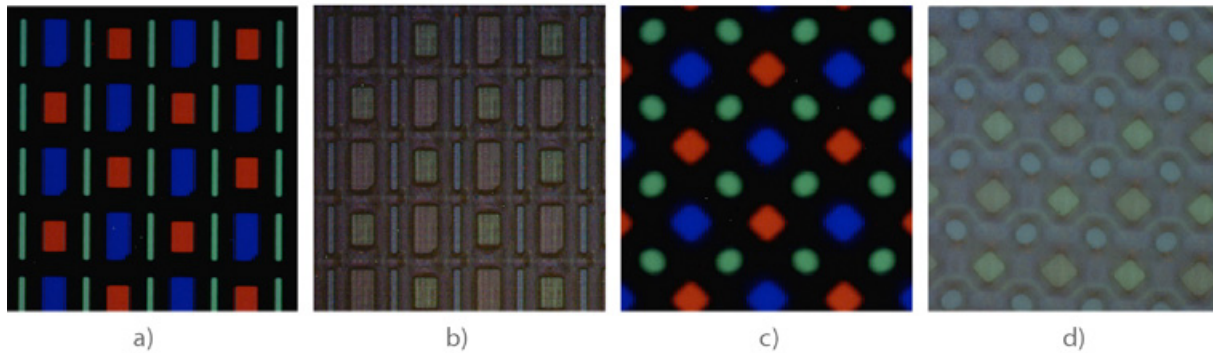
amorfnih organskih materijala nužna je upotreba izrazito tankih filmova, ukupne debljine između 100 i 200 nm, kako bi se pogonski napon reducirao na razumnu vrijednost [170]. Iako proizvodnja navedenih filmova predstavlja značajan izazov, danas su OLED i AMOLED zasloni u komercijalnoj upotrebi, s najučestalijom primjenom upravo u segmentu pokretnih uređaja, ali i s naznakama šire primjene na zaslone većih formata, poput televizora i računalnih zaslona.

Emisijski segmenti slikovnih elementa OLED zaslona ponašaju se blisko Lambertovim izvorima svjetla, što rezultira boljim performansama kod promatranja zaslona iz različitih kutova u odnosu na LCD zaslone. Za razliku od LCD zaslona, kod reprodukcije vrijednosti čiste crne boje ( $R=0$ ,  $G=0$ ,  $B=0$ ), emisijski elementi OLED zaslona neaktivni su i ne emitiraju svjetlost, tj. u potpunosti su tamni (ukoliko se ignorira reflektirana svjetlost okoline).

U suvremene pokretne uređaje ugrađuju se OLED zasloni s aktivnom matricom (*Active Matrix Organic Light Emitting Diode*, AMOLED). S obzirom da OLED zasloni nemaju potrebu za pozadinskim osvjetljenjem, moguće je postići konstrukcije tanjih dimenzija u usporedbi s LCD tehnologijom zaslona, što primjenu ove tehnologije unutar suvremenih pokretnih uređaja čini izrazito privlačnom s obzirom na trend razvoja što tanjih uređaja. Mala potrošnja energije, široki kut gledanja i brzo vrijeme odziva predstavljaju veliku prednost OLED-a.

Suvremeni AMOLED zasloni često se koriste primarima koji imaju veće zasićenje u usporedbi s primarima CRT ili LCD tehnologije te mogu rabiti različite konfiguracije slikovnih elemenata, odnosno njihov raspored unutar matrice zaslona. Iako raspored primara može sačinjavati kvadrat podijeljen na tri R, G, B, pravokutna elementa, često su zastupljene i tzv. „PenTile“ matrice, koje se koriste RG-BG rasporedom primara. Sličan raspored segmenata slikovnih elemenata prisutan je i kod Bayer filtera na CCD čipovima upotrebljavanima u digitalnim fotoaparatom i kamerama.

U kontekstu primjene u pokretnim uređajima OLED zasloni u odnosu na LCD tehnologije imaju značajne prednosti, poput tanje konstrukcije i veće postojanosti reprodukcije prigodom promjene kuta gledanja. Ograničenja OLED tehnologije očitiju se prvenstveno u degradaciji materijala zbog visokih temperatura i luminacije te u različitom životnom vijeku primara, s naglaskom na plave primare, što uzrokuje pomak u reprodukciji boja.



Slika 31. Mikroskopski prikaz različitih konfiguracija primara u PenTile AMOLED zaslonima: a) aktivni i b) neaktivni primari zaslona uređaja Samsung Galaxy S, c) aktivni i d) neaktivni primari zaslona uređaja Samsung Galaxy S4

### 7.3 Prostori boja

Prostor boja predstavlja apstraktni matematički model, tj. sistematski način uređivanja boja. Moguće ih je podijeliti na ovisne o uređaju (*device dependent*) i neovisne o uređaju (*device independent*). Vrijednosti u prostorima ovisnima o uređaju povezane su s kromatskim karakteristikama primara određenog reproduksijskog sustava. U prostorima boja neovisnima o uređaju vrijednosti su definirane na temelju percepcije standardnog promatrača. Kao posljedica višestoljetnog istraživanja boja i njihova utjecaja na ljudsku percepciju razvijeni su mnogi prostori boja, od kojih će se detaljnije opisati oni koji su bitni za provođenje eksperimenata u ovom radu.

#### 7.3.1 RGB

RGB je najzastupljeniji prostor boja ovisan o uređaju. Model je prostorno definiran u obliku kocke čije x,y,z osi predstavljaju vrijednosti 3 aditivna primara, odnosno crvene (R), zelene (G) i plave (B). Svaka boja unutar ovog prostora definirana je pomoću R,G,B vrijednosti od kojih je svaka opisana s 8-bitova, odnosno 256 vrijednosti (0-255), čime je ukupno moguće dobiti 16.777.216 različitih vrijednosti. S obzirom da je RGB model prvenstveno usmjeren na definiciju vrijednosti ulaznih signala uređaja, nedostatak atributa utemeljenih na ljudskoj percepciji čine ga teškim za uporabu u svrhu ručnog određivanja boja, u usporedbi s „pseudo-

perceptivnim“ modelima deriviranim iz RGB modela, poput HSV (*hue, saturation, value*) i HSL (*hue, saturation, lightness*).

### 7.3.2 HSL

HSL (*hue, saturation, lightness*) prostor boja predstavlja deformaciju RGB kocke. Iako se HSL, u usporedbi s RGB prostorom, bolje podudara s ljudskom percepciji boja, ne predstavlja perceptualno ujednačen prostor. Najčešća projekcija HSL u formi je dvostrukog stošca s vertikalnom L osi (svjetlina), no rabljena je i projekcija u formi valjka. Vrijednost zasićenja (S) određena je udaljenošću od L osi, dok kut u horizontalnoj ravnini određuje ton boje (H). Najzasićenije boje imaju vrijednost svjetline u iznosu 0,5. Za izračun HSL vrijednosti iz RGB vrijednosti potrebno je napraviti konverziju RGB u vrijednosti u raspon 0-1:

$$R' = \frac{R}{255} \quad (1)$$

$$G' = \frac{G}{255} \quad (2)$$

$$B' = \frac{B}{255} \quad (3)$$

Zatim se ustanovljava minimum (min) i maksimum (max) između konvertiranih R',G',B' vrijednosti za pojedinu boju. Vrijednosti za luminaciju i zasićenost izračunavaju se pomoću izraza:

$$L = \frac{\min + \max}{2} \quad (4)$$

$$S = \begin{cases} 0 & \max - \min = 0 \\ \frac{\max - \min}{1 - |2L - 1|} & \max - \min <> 0 \end{cases} \quad (5)$$

Izračun vrijednosti tona (H) ovisan je o R',G',B' vrijednosti koje predstavlja maksimum:

$$H = \begin{cases} 60^\circ \left( \frac{G' - B'}{\max - \min} \text{mod} 6 \right) & \max = R' \\ 60^\circ \left( \frac{B' - R'}{\max - \min} + 2 \right) & \max = G' \\ 60^\circ \left( \frac{R' - G'}{\max - \min} + 4 \right) & \max = B' \end{cases} \quad (6)$$

### 7.3.3 CIE 1931

CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*) organizacija je „posvećena svjetskoj suradnji i razmjeni informacija u području znanosti i umjetnosti svjetla i osvjetljavanja, boje i percepcije te tehnologije slikovnog prikaza“ [171]. Prvi objektivni prostor boja razvijen pod okriljem CIE 1931 jest CIE XYZ. Boje unutar ovog prostora utemeljene su na CIE standardnom promatraču i definirane su X, Y, Z tristimulusnim vrijednostima. Radi vizualnog prikaza ove vrijednosti najčešće se transformiraju u CIE xyY prostor boja i prikazuju unutar CIE xy dijagrama kromatičnosti. Unutar tog prostora boje su definirane koordinatama x, y, Y, gdje Y parametar predstavlja luminaciju boje, dok je kromatičnost boje određena x i y vrijednostima, izračunatima iz standardnih tristimulusnih X, Y, Z vrijednosti:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad (7)$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad (8)$$

S obzirom da je  $z=1-x-y$  obično se ne prikazuje. Prostor xyY nije perceptualno uniforman. Nastojanja u postizanju perceptualne uniformnosti rezultirala su razvojem CIE 1960, CIE 1964 i CIE 1976 prostora boja.

### 7.3.4 CIE 1976 L\*a\* b\*

CIELAB predstavlja prostor boja deriviran iz CIE 1931 prostora. L os predstavlja svjetlinu, dok a i b osi predstavljaju dimenzije boja utemeljene na teoriji suprotnih procesa (+a – crvena, -a – zelena, +b – žuta, -b – plava). Za izračun koordinata L\*,a\*,b\* potrebno je definirati referentnu bijelu točku. Vrijednosti koordinata CIELAB prostora moguće je izračunati pomoću sljedećih transformacija tristimulusnih X,Y,Z vrijednosti:

$$L^* = 116f\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}} - 16 \quad (9)$$

$$a^* = 500 \left[ f\left(\frac{X}{X_n}\right)^{\frac{1}{3}} - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad (10)$$

$$b^* = 200 \left[ f\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}} - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad (11)$$

$$f(t) = \begin{cases} t^{\frac{1}{3}} & t > \left(\frac{6}{29}\right)^3 \\ \frac{1}{3}\left(\frac{6}{29}\right)^2 t + \frac{4}{29} & t \leq \left(\frac{6}{29}\right)^3 \end{cases} \quad (12)$$

X<sub>n</sub>, Y<sub>n</sub>, Z<sub>n</sub> vrijednosti ovdje predstavljaju referentne bijele točke.

### 7.3.5 Standard RGB (sRGB)

Prema IEC 61966-2-1 normi [172], sRGB predstavlja standardni prostor boja za reprodukciju multimedijских sadržaja na zaslonima. Nastao je 1996. kao plod zajedničke suradnje Helwett-Packarda i Microsofta u nastojanju da se definira standardni prostor boja neovisno o uređaju, prvenstveno usmjerenog na optimizaciju reprodukcije na standardnim računalnim zaslonima, ali koji bi služio i za širok raspon ostalih uređaja, poput fotoaparata, kamera, skenera i pisača



[19], za primjene kada nije moguće napraviti profil monitora. Osnovna motivacija za stvaranje ovakvog standarda bila je pojednostavljenje upravljanja bojom (*color management*) prosječnom korisniku i specifikacija parametara prema kojima bi ih proizvođači upotrebljavali prigodom proizvodnje ulaznih i izlaznih uređaja namijenjenih tom sektoru [19]. sRGB je ubrzo nakon predstavljanja prihvaćen kao norma za prikaz sadržaja na internetu od W3C-a i u uporabi je još i danas kao standardni prostor boja za reprodukciju na računalnim zaslonima.

Zaslone s tehnologijom katodne cijevi (*cathode ray tube*, CRT), koji su sredinom 90-tih godina prošlog stoljeća predstavljali sveprisutni način reprodukcije računalne grafike i televizijskog sadržaja, rabljeni su kao referentna tehnologija za određivanje osnovnih značajki sRGB standarda. Radi specifikacije „standardnog“ CRT zaslona i uvjeta promatranja, Stokes et al [19] preuzeli su određene parametre iz postojećih normi. Tako su vrijednosti kromatičnosti primara, apsolutna razina luminacije u količini od 80 cd/m<sup>2</sup> i D65 kao referentna bijela točka preuzete iz norme ITU-R BT.709-3[172]. Gama vrijednost određena je približno i iznosi  $\approx 2,2$ , a sastoji se od linearnog segmenta u području izrazito niskog intenziteta ( $\gamma=0$ ) i nelinearnog segmenta u ostalim dijelovima ( $\gamma=2,4$ ).

Tablica 68. Koordinate kromatičnosti triju primara rabljenih u sRGB specifikaciji, preuzete iz norme ITU-R BT.709-3

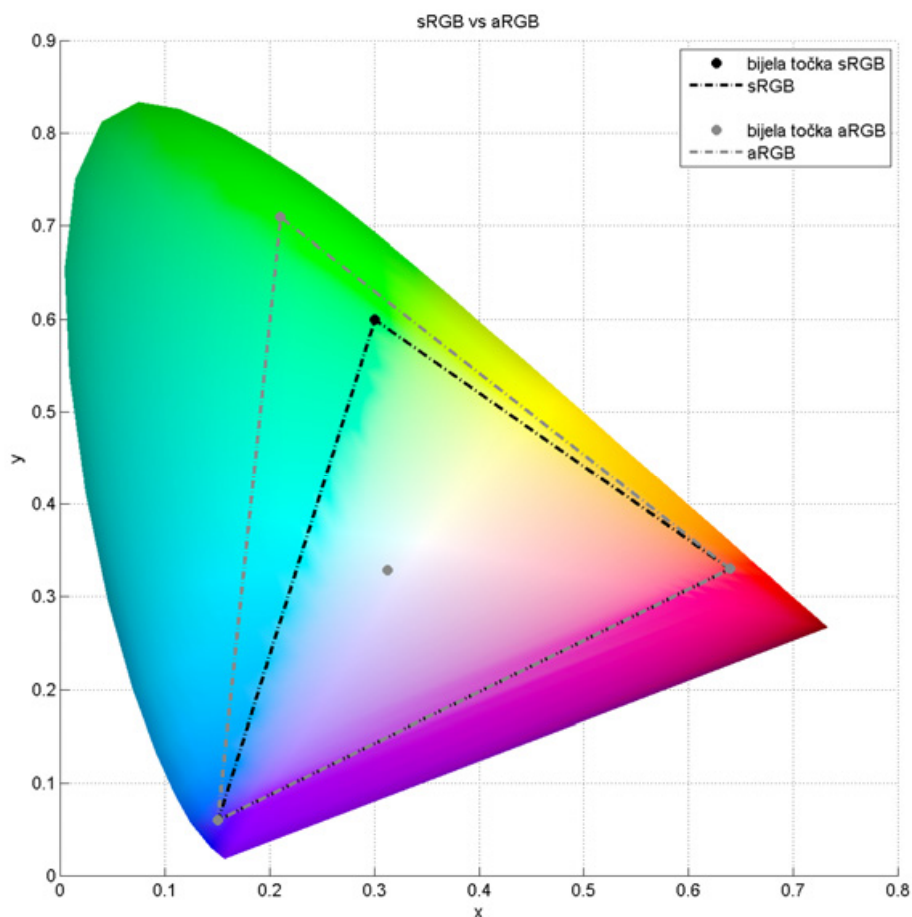
	x	y	z
<b>R</b>	0,64	0,33	0,03
<b>G</b>	0,30	0,60	0,10
<b>B</b>	0,15	0,06	0,79

RGB tristimulusne vrijednosti u sRGB prostoru moguće je izračunati iz CIE XYZ vrijednosti uporabom transformacijske matrice:

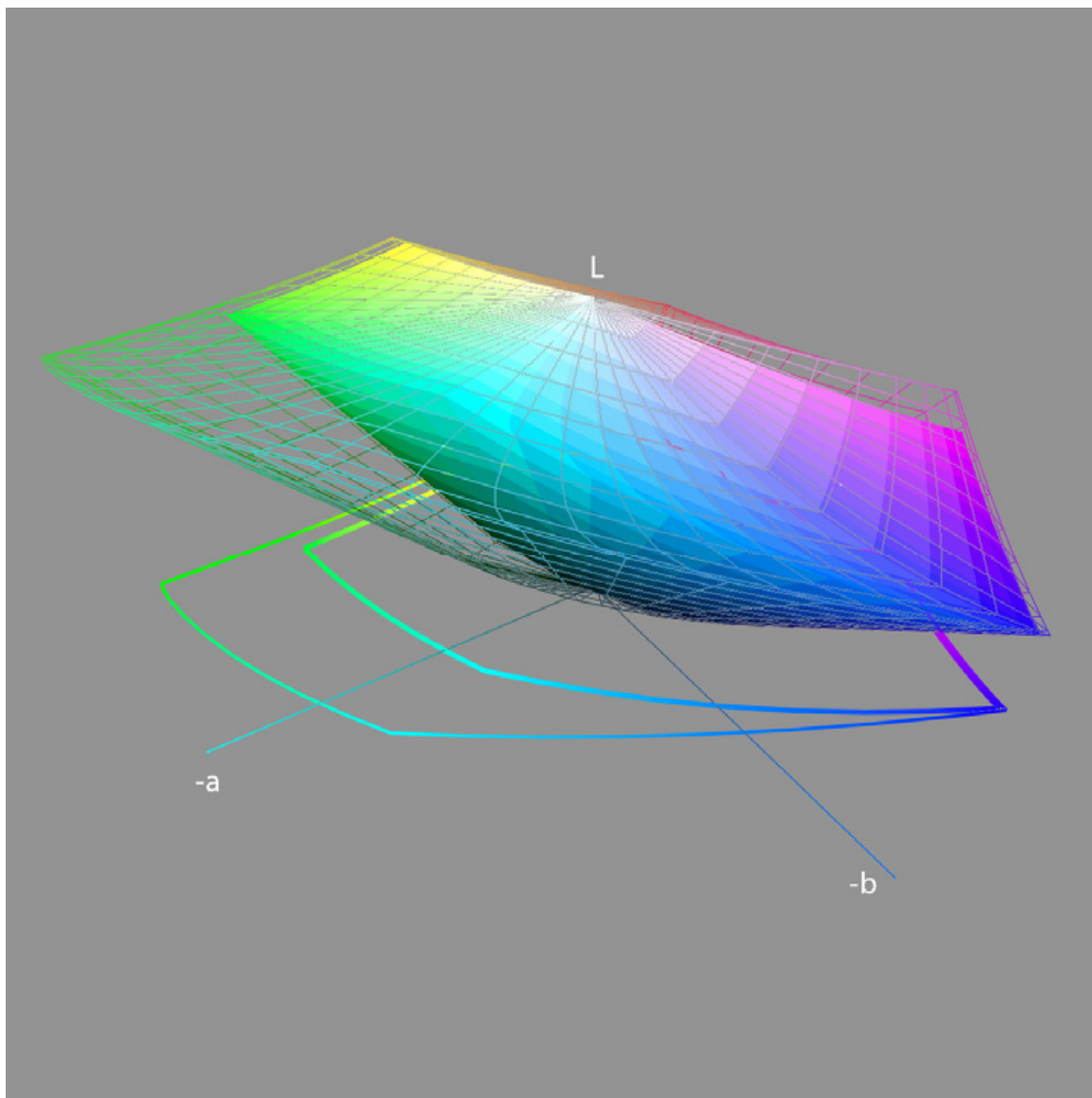
$$\begin{bmatrix} R_{sRGB} \\ G_{sRGB} \\ B_{sRGB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,2410 & -1,5374 & -0,4986 \\ -0,9692 & 1,8760 & 0,0416 \\ 0,0556 & -0,2040 & 1,0570 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (13)$$

S obzirom na definirane vrijednosti kromaciteta, sRGB prostorom obuhvaćeno je tek 35,9% ukupnog volumena CIELAB prostora boja, što predstavlja znatno manji opseg u odnosu na neke druge standardne prostore, poput Adobe RGB (aRGB) kojim je obuhvaćeno 52,1%

CIELAB prostora boja (Slika 32, Slika 33). Ovo rezultira značajnim ograničenjima u reprodukciji određenih tonova korištenjem sRGB prostora, osobito u zelenom i zelenoplavom području.



Slika 32. Usporedba sRGB i aRGB gamuta unutar CIE1931 xy dijagrama kromatičnosti



Slika 33. Simulacija trodimenzionalnog prikaza usporedbe sRGB i aRGB gamuta unutar CIELAB prostora boja izrađenog pomoću programa CHROMiX ColorThink (volumen aRGB označen je konturnim linijama)

## 7.4 ICC profil

ICC profil je datoteka standardiziranog zapisa i podatkovne strukture kojim se opisuje ponašanje nekog uređaja. U njemu su sadržane poveznice između ulaznih vrijednosti ovisnih o uređaju i vrijednosti referentnog prostora boja neovisnog o uređaju. Uporaba ICC profila neizostavno je u suvremenom procesu upravljanja bojama (*color management*). Za sustave koji podržavaju uporabu ICC profila moguće je izraditi profile za izlazne i ulazne uređaje

provedbom karakterizacije. *International Color Consortium* pruža smjernice za stvaranje i uporabu podatkovne strukture profila, no ne određuje model karakterizacije.

## 7.5 Modeli karakterizacije izlaznih uređaja

Prema Greenu [173], tri su osnovna pristupa generiranja modela uređaja:

1. fizikalni modeli - uključuju razne fizikalne značajke uređaja
2. numerički modeli – pristup se temelji na definiranju serije koeficijenata iz poznatih uzoraka, bez prethodnih pretpostavki fizikalnog ponašanja uređaja ili medija
3. Look-up tablice – sadrže određeni broj RGB vrijednosti povezanih s XYZ vrijednostima, dok su međuvrijednosti dobivene interpolacijom

Ciljevi karakterizacije uređaja jesu: preciznost, vizualna prihvatljivost, jednostavnost izračuna, minimalan broj mjerenja, analitička invertibilnost.

Dva osnovna pristupa derivacije karakterizacijske funkcije izlaznih uređaja, empirijska (numerički modeli) i ona koja je utemeljena na fizikalnom modelu (fizikalni modeli) [169], razlikuju se u broju potrebnih uzoraka. Za uporabu modela kojim se opisuje fizikalni proces reprodukcije boja izlaznog uređaja potreban je manji broj mjerenih uzoraka u odnosu na numeričke modele karakterizacije, što ih čini praktičnijima s aspekta brzine provođenja karakterizacije i procesorskih zahtjeva prigodom obrade podataka. Kvaliteta karakterizacije pomoću modela određena je sposobnošću modela da precizno opiše ponašanje uređaja.

## 7.6 Fizikalni modeli karakterizacije

Zbog praktičnih razloga fizikalni modeli često se rabe u svrhu karakterizacije zaslona, jer je njihovom primjenom moguće postići zadovoljavajuće rezultate karakterizacije na osnovi malog broja izmjerenih uzoraka [169]. Neki modeli iz doba prevalencije CRT zaslona, poput po dijelovima linearnog modela koji podrazumijeva konstantnost kromatičnosti (*Piecewise Linear assuming Chromaticity Constancy*, PLCC), po dijelovima linearni modela koji podrazumijeva varijacije u kromatičnosti (*Piecewise Linear Model Assuming Variation in Chromacity*, PLVC) i modela temeljenih na gama krivulji, i danas se rabe za karakterizaciju novih tehnologija tankih zaslona. Iako ih se zbog malih zahtjeva za procesorskom snagom može upotrebljavati u

stvarnom vremenu, navedeni fizikalni modeli utemeljeni su na pretpostavkama proizašlima iz rezultata istraživanja CRT tehnologije, poput konstantnosti kromatičnosti ili nezavisnosti ulaznih kanala. Konstantnost kromatičnosti podrazumijeva da osnovni oblik krivulje spektralnog zračenja pojedinog primara ostaje nepromijenjen pri promjeni njezina intenziteta, dok nezavisnost kanala označava pretpostavku da intenzitet svjetlosti jednog fosfornog kanala ovisi isključivo o digitalnoj ulaznoj vrijednosti za navedeni kanal, odnosno da je neovisan o ulaznim vrijednostima ostalih kanala. Međutim, istraživanja provedena na novijim tehnologijama zaslona pokazuju da u nekim slučajevima ove pretpostavke nisu primjenjive na pojedine LCD i OLED tehnologije zaslona. Istraživanjima je uočeno da LCD zaslone pokazuju nedostatak konstantnosti kromatičnosti [174] te ne pokazuju idealnu nezavisnost kanala [175], dok je za pojedine konfiguracije AMOLED zaslona ova pretpostavka neprimjenjiva [176][20]. Zbog navedenih razloga, u kontekstu fizikalnih modela karakterizacije u ovom radu detaljnije će se proučavati jedino PLVC model, jer njegova primjena za karakterizaciju LCD zaslona daje bolje rezultate u usporedbi s PLCC modelom i modelima koji rabe gama funkciju [177].

### 7.6.1 PLVC

Po dijelovima linearni model koji podrazumijeva varijaciju kromatičnosti (*Piecewise Linear Model Assuming Variation in Chromacity*, PLVC), predstavljen je 1980., međutim sve do nedavno je rijetko rabljen za karakterizaciju s obzirom na to da, zbog konstantnosti kromatičnosti CRT zaslona, njegova primjena nije pružala prednosti u odnosu na PLCC model [178]. Zbog činjenice da pretpostavka konstantnosti kromatičnosti nije primjenjiva na suvremene LCD zaslone, zabilježen je porast upotrebe PLVC modela u nastojanjima za njihovom preciznijom karakterizacijom [177] [179]. Model je utemeljen na pretpostavci da je, poznavajući tristimulusne X, Y, Z vrijednosti za različite intenzitete pojedinih primara ( $R_i, G_i, B_i, \dots, N_i, i \in [0, 255]$ ), moguće izračunati tristimulusne izlazne vrijednosti za određenu boju. U slučaju uređaja s tri primara R, G, B, gdje su ulazne vrijednosti primara opisane s 8-bitova, izlazne X, Y, Z vrijednosti moguće je izraziti na sljedeći način:

$$X(R, G, B) = [X(R) - X_k] + [X(G) - X_k] + [X(B) - X_k] + X_k \quad (14)$$

$$Y(R, G, B) = [Y(R) - Y_k] + [Y(G) - Y_k] + [Y(B) - Y_k] + Y_k \quad (15)$$

$$Z(R, G, B) = [Z(R) - Z_k] + [Z(G) - Z_k] + [Z(B) - Z_k] + Z_k \quad (16)$$

R, G, B su ulazne digitalne vrijednosti, dok  $X_k$ ,  $Y_k$  i  $Z_k$  predstavljaju izmjerenu vrijednost crnog polja, odnosno RGB(0,0,0).

## 7.7 Numerički modeli karakterizacije

Za kreaciju numeričkog modela potrebno je najprije provesti kolorimetrijsko mjerenje kako bi se ustanovila veza između ulaznih vrijednosti uređaja i tristimulusnih vrijednosti za zadani skup boja. U slučaju zaslona, odnosno izlaznih uređaja, mjeri se reprodukcija testnih uzoraka poznatih R, G, B vrijednosti, odnosno ulaznih signala koji se šalju uređaju. S obzirom na to da je nerealno očekivati mjerenje uzoraka za sve ulazne vrijednosti u određenoj domeni (čiji broj u slučaju RGB prostora boja iznosi 16,777,216), kako bi se na osnovi skupa izmjerenih vrijednosti predvidjele izlazne vrijednosti za cijelu domenu, potrebno je primijeniti neki oblik metode prilagodbe ili interpolacije. Funkcije interpolacije ili prilagodbe usmjerene su na minimiziranje odstupanja, prema odabranom kriteriju, između vrijednosti predviđenih modelom i izlaznih vrijednosti uređaja za jednak ulazni signal. Što je manje odstupanje između navedenih dviju vrijednosti za cijeli raspon ulaznih vrijednosti, odabrana metoda karakterizacije uspješnije modelira navedeni uređaj. Uobičajeno je da se za proces numeričke karakterizacije empirijski podaci podijele na skup za izgradnju karakterizacijske transformacije (*training sample*) i skup za evaluaciju, odnosno verifikaciju preciznosti dobivene karakterizacijske transformacije, (*test sample*). U domeni numeričkih modela za kolorimetrijsku karakterizaciju izlaznih uređaja najviše se rabe različite metode regresije, umjetne neuronske mreže i splajn funkcije [169].

### 7.7.1 Polinomna regresija

Regresijski modeli karakterizacije u svojoj osnovi predstavljaju prilagodbu u smislu najmanjih kvadrata (eng. *least squares fitting*). Polinomna regresija predstavlja oblik linearne regresije u kojoj se odnos između jedne ili više nezavisnih varijabli i jedne ili više zavisnih varijabli modelira pomoću polinoma određenog reda. Za razliku od linearne regresije, cilj polinomne regresije jest modeliranje nelinearnih odnosa između zavisnih i nezavisnih varijabli. Poželjno je da red polinoma bude što niži kako bi se izbjeglo pretjerano prilagođavanje (*overfitting*) šumovima u podacima. Za potrebe kolorimetrijske karakterizacije uobičajena je uporaba polinoma drugog i trećeg reda [180].

U slučaju linearnih odnosa između ulaznih i izlaznih vrijednosti, karakterizaciju je moguće vršiti primjenom sljedećeg izraza:

$$[X \ Y \ Z] = [R \ G \ B] \begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & a_{1,3} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & a_{2,3} \\ a_{3,1} & a_{3,2} & a_{3,3} \end{bmatrix} \quad (17)$$

gdje R,G,B predstavljaju ulazne, a X, Y, Z izmjerene izlazne vrijednosti, a  $a_{ij}$  koeficijente regresije. Pojednostavljeni oblik regresijskog modela definiran je kao:

$$C = D * A \quad (18)$$

gdje je C vektor izlaznih vrijednosti (*color*), D vektor ulaznih vrijednosti (*device*), a A matrica koeficijenata regresije. S obzirom na to da se za prilagodbu funkcije rabi metoda najmanjih kvadrata, matrica koeficijenata A izračunava se pomoću izraza:

$$\begin{aligned} A_M &= (D^T D)^{-1} D^T M \\ A_N &= (D^T D)^{-1} D^T N \\ A_E &= (D^T D)^{-1} D^T E \end{aligned} \quad (19)$$

gdje su M, N i E vektori za  $n$  izmjerenih vrijednosti X, Y i Z. U slučaju nelinearnog odnosa između ulaznih i izlaznih vrijednosti, primjenjuje se polinomna regresija višeg reda, koja je za polinom drugog reda definirana sljedećim izrazom:

$$[X \ Y \ Z] = [R \ G \ B \ R^2 \ G^2 \ B^2] \begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & a_{1,3} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & a_{2,3} \\ a_{3,1} & a_{3,2} & a_{3,3} \\ a_{4,1} & a_{4,2} & a_{4,3} \\ a_{5,1} & a_{5,2} & a_{5,3} \\ a_{6,1} & a_{6,2} & a_{6,3} \end{bmatrix} \quad (20)$$

Međutim, u svrhu kolorimetrijske karakterizacije češće su rabljeni modeli koji se koriste međuproduktima [173], jer su se pokazali preciznijima zbog činjenice da modeliraju interakciju među kanalima [180]. U slučaju modela polinoma drugog reda s 10 članova, izraz postaje:

$$[X \ Y \ Z] = [1 \ R \ G \ B \ RG \ GB \ RB \ R^2 \ G^2 \ B^2] \begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & a_{1,3} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & a_{2,3} \\ a_{3,1} & a_{3,2} & a_{3,3} \\ a_{4,1} & a_{4,2} & a_{4,3} \\ a_{5,1} & a_{5,2} & a_{5,3} \\ a_{6,1} & a_{6,2} & a_{6,3} \\ a_{7,1} & a_{7,2} & a_{7,3} \\ a_{8,1} & a_{8,2} & a_{8,3} \\ a_{9,1} & a_{9,2} & a_{9,3} \\ a_{10,1} & a_{10,1} & a_{10,1} \end{bmatrix} \quad (21)$$

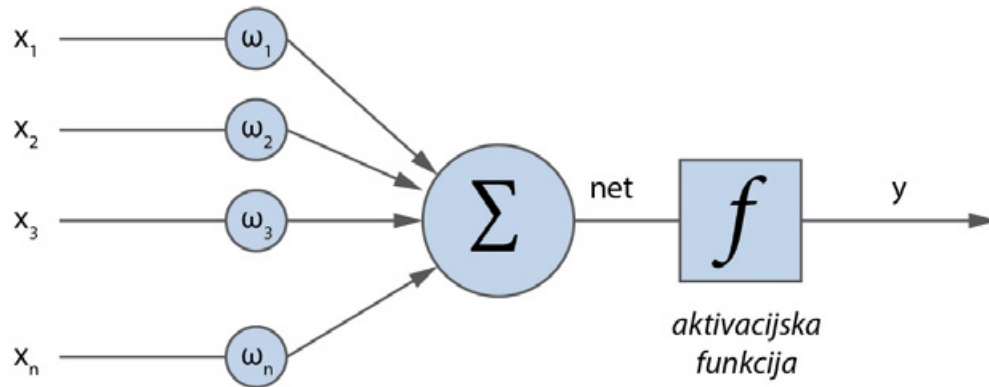
Za potrebe provođenja karakterizacije polinomnom regresijom potrebno je odabrati broj uzoraka za izgradnju modela, odnosno derivaciju optimalne A matrice, koji je veći od broja članova polinoma. Regresijski modeli često su rabljeni za numeričku karakterizaciju zaslona [176][178][181].

## 7.7.2 Umjetne neuronske mreže

Umjetna neuronska mreža u širem smislu riječi predstavlja umjetnu repliku rada ljudskog centralnog živčanog sustava s ciljem simuliranja postupka učenja. U svojoj osnovi ona je skup



međusobno povezanih jednostavnih procesnih jedinica, umjetnih *neurona* (skrivenne jedinice), koji svojim funkcionalnim karakteristikama donekle podsjećaju na rad bioloških neurona. Obradbeno moć mreže pohranjena je u snazi međusobnih veza neurona, odnosno u težinskim koeficijentima, dobivenim postupkom prilagodbe, odnosno učenjem iz skupa uzoraka određenih za postupak treniranje mreže.



Slika 34. Model umjetnog neurona

Umjetni neuron unutar neuronske mreže (Slika 34) sastoji se od ulaznih signala  $x_n$ , kojima su dodijeljeni težinski koeficijenti  $\omega_n$ , i tzv. prijenosne funkcije, odnosno aktivacijske funkcije, koje se primjenjuju na težinsku sumu ulaznih vrijednosti. Težinska suma često se naziva *net* ulazom, čime  $f(\text{net})$  predstavlja aktivacijsku funkciju [182], koja je nelinearna funkcija te kada je primijenjena na *net* vrijednost, određuje izlaznu vrijednost danog neurona. Postoji nekoliko različitih oblika aktivacijskih funkcija: funkcija skoka ili praga (eng. Threshold Logic Unit), funkcija perceptrona i sigmoidalna funkcija, kojom se koristi većina trenutnih modela [182]. Najkorištenija sigmoidalna funkcija u modelima umjetnih neuronskih mreža jest logistička funkcija koja je definirana kao:

$$f(\text{net}) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (22)$$

Prednost uporabe sigmoidalne aktivacijske funkcije je, za razliku od linearnih i *threshold* funkcija, mogućnost predstavljanja nelinearnih odnosa ulaznih i izlaznih podataka. Uporaba sigmoidalne aktivacijske funkcije omogućuje i uporabu popularne metode učenja višeslojnih mreža upotrebom algoritma sa širenjem pogreške unazad, odnosno *backpropagation* algoritma.

Funkcionalnost neuronske mreže određena je brojem slojeva, brojem neurona po sloju, međusobnim poveznicama, odabirom transferne, odnosno aktivacijske funkcije i težinskim koeficijentima [169]. Zbog visokih zahtjeva obrade podataka uporaba umjetnih neuronskih mreža u svrhu kolorimetrijske karakterizacije nije zastupljena u jednakoj mjeri kao uporaba regresijskih metoda.

### 7.7.3 Poliharmonijske splajn funkcije

Poliharmonijske splajn funkcije predstavljaju podvrstu radijalnih osnovnih funkcija (*radial basis functions*, RBF) koje je moguće rabiti za interpolaciju ili aproksimaciju empirijskih podataka [183]. Postoji više radijalnih kernel funkcija, od kojih se u području kolorimetrijske karakterizacije najčešće upotrebljavaju tankoslojni splajnovi (*thin-plate spline*) koji predstavljaju podvrstu poliharmonijskih splajnova [178], [183], [184]. Splajn funkcija prolazi kroz svaku određenu točku ili neposredno pored njih, odnosno pored centara koji obično predstavljaju podatke kojima se funkcija prilagođava. Stoga je izraz „prilagodba“ u kontekstu splajnova potrebno shvatiti uvjetno. Radijalne osnovne funkcije dozvoljavaju uporabu sume više polinoma nižeg reda umjesto uporabe jednog polinoma visokog reda. Stoga je funkciju moguće izraziti kao:

$$f(x) = p(x) + \sum_{i=1}^n \omega_i \phi(\|x - x_i\|) \quad (23)$$

gdje je  $p(x)$  polinom određenog reda,  $\phi(r)$  radijalna osnovna funkcija,  $\omega_i$  je težinski koeficijent, a  $\|x - x_i\| = r$  predstavlja euklidsku razliku između lokacije za koju se procjenjuje vrijednost  $x_i$  i lokacije izmjerenih podataka  $x$ . Karakteristika radijalnih osnovnih funkcija jest da se njihov utjecaj jednolično smanjuje ili povećava s udaljenošću od točke za koju se procjenjuje vrijednost. Radijalna osnovna funkcija u slučaju poliharmonijskih splajnova definirana je na sljedeći način:

$$\begin{cases} \phi(r) = r^k & k = 1, 3, 5, \dots \\ \phi(r) = r^k \ln(r) & k = 2, 4, 6, \dots \end{cases} \quad (24)$$

Za drugi slučaj u praksi se rabi  $\phi(r)=r^{k-1}\ln(r^x)$  kada je  $r<1$ , kako bi se izbjegli problemi kada je  $r=0$ . U slučaju tankoslojnih splajnova radijalna kernel funkcija izražava se kao:

$$\phi(r) = r^k \log r \quad (25)$$

## 7.8 Ukupna razlika boja (kolorimetrijska razlika)

Za evaluaciju opisanih modela koji se rabe za kolorimetrijsku karakterizaciju, preporučljivo je koristiti se relevantnom metrikom utemeljenom na vizualnoj percepciji [169]. Uobičajen način procjene ukupne kolorimetrijske razlike unutar perceptualno uniformnih prostora boja s ortogonalnim dimenzijama sastoji se u određivanju njihovih koordinata pomoću vrijednosti tona, zasićenja i svjetline te izračunom euklidske razlike između dobivenih koordinata. CIE76 predstavlja prvu formulu za izračun ukupne razlike boja unutar CIELAB prostora boja. Prema toj formuli kolorimetrijska razlika označena je kao  $\Delta E^*_{ab}$  te se za dvije CIELAB vrijednosti  $L^*_1, a^*_1, b^*_1$  (standard) i  $L^*_2, a^*_2, b^*_2$  (uzorak) definira kao

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (26)$$

gdje  $\Delta L^* = L^*_2 - L^*_1$ ,  $\Delta a^* = a^*_2 - a^*_1$  i  $\Delta b^* = b^*_2 - b^*_1$  predstavljaju udaljenosti između referentne vrijednosti (standard) i mjerenog uzorka po osima CIELAB prostora boja.

S obzirom na to da se pokazalo da CIELAB nije savršeno perceptualno uniforman, dolazi do varijacija u tek zamjetljivim razlikama (*Just Noticeable Difference, JND*) boja unutar različitih segmenata prostora boja zbog čega euklidska razlika predstavlja nedovoljno precizan pokazatelj kolorimetrijske razlike. Kako bi se poboljšala korelacija između izračunatih vrijednosti kolorimetrijskih razlika i vizualnih procjena, primjenjuju se složenije formule za kolorimetrijsku razliku unutar CIELCH prostora boja koje raščlanjuju euklidsku razliku na komponente koje odgovaraju razlikama u svjetlini ( $\Delta L$ ), tonu ( $\Delta H$ ) i zasićenju ( $\Delta C$ ) s različitim težinskim koeficijentima. S obzirom na činjenicu da CIELCH predstavlja CIELAB prostor pomoću cilindričnih koordinata, razlika u svjetlini ista je kao i u CIELAB prostoru, dok se razlike za ostale dvije vrijednosti izračunavaju pomoću formula:

$$\Delta C^*_{ab} = C^*_{ab,2} - C^*_{ab,1} = \sqrt{a_2^{*2} + b_2^{*2}} - \sqrt{a_1^{*2} + b_1^{*2}} \quad (27)$$

$$\Delta H_{ab}^* = \sqrt{\Delta E_{ab}^{*2} - \Delta L^{*2} - \Delta C_{ab}^{*2}} = \sqrt{\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} - \Delta C_{ab}^{*2}} \quad (28)$$

CIE 1994 (CIE94) formula predstavljena je 1995. u sklopu preporuka za industrijsku evaluaciju kolorimetrijskih razlika. Označava se izrazom  $\Delta E_{94}^*$  i definirana je formulom:

$$\Delta E_{94}^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_{ab}^*}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H_{ab}^*}{k_H S_H}\right)^2} \quad (29)$$

gdje  $k_i$  predstavljaju parametrijske faktore koji su ovisni o uvjetima mjerenja te za grafičku industriju iznose  $k_L=k_C=k_H=1$ . Težinski koeficijenti (ponderi),  $S_L$ ,  $S_C$ ,  $S_H$ , za primjenu u domeni grafičke tehnologije iznose  $S_L=1$ ,  $S_C=1+0,0045C_{ab}^*$  i  $S_H=1+0,015C_{ab}^*$ .

Radi postizanja još bolje korelacije s vizualnim procjenama, godine 2000. predstavljena je unaprijeđena formula CIEDE2000 [185]. U odnosu na CIE94, ova formula usmjerena je na unaprijeđenje izračuna kolorimetrijskih razlika za plave i neutralne boje. Kolorimetrijska razlika označena je izrazom  $\Delta E_{00}^*$  i izračunava se sljedećom formulom:

$$\Delta E_{00}^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2} + R_T \frac{\Delta C'}{k_C S_C} \frac{\Delta H'}{k_H S_H} \quad (30)$$

S obzirom na opsežne definicije izraza autor upućuje na njihov pregled u relevantnoj literaturi [186][185], jer njihovo navođenje nije od značajne važnosti za ovaj rad. Za potrebe računanja kolorimetrijskih razlika u ovom radu upotrijebila se formula CIEDE2000, koja je implementirana u računalni program MATLAB 2013b, sukladno s uputama koje su ponudili Sharma et al [186]. Radi prezentacije i diskusije o rezultatima, uz  $\Delta E_{00}^*$  vrijednosti rabljene su i  $\Delta L^*$ ,  $\Delta C^*$  i  $\Delta H^*$  vrijednosti iz CIE 1994 formule.

Thomas je predložio [187] kriterije kvalitete karakterizacijskog modela u odnosu na srednju vrijednost kolorimetrijske razlike. Za profesionalnu upotrebu karakterizacijski model zaslona smatra se dobrim ukoliko je srednja vrijednost kolorimetrijske razlike manja od 1, dok se za raspon  $1 \leq \Delta E < 3$  smatra prihvatljivom, a za vrijednosti iznad 3 kvaliteta karakterizacije se smatra neprihvatljivom. Za komercijalnu uporabu kvaliteta karakterizacije čija je srednja vrijednosti kolorimetrijske razlike u iznosu manjem od 3 smatra se dobrom, dok je raspon srednje vrijednosti kolorimetrijske razlike za prihvatljivu kvalitetu karakterizacije  $3 \leq \Delta E < 6$ .

## **7.9 Problem vjernosti boja na zaslonima pokretnih uređaja**

Osnovni problemi kontrolirane reprodukcije boja na zaslonima suvremenih pokretnih uređaja očituju se u nemogućnosti precizne kalibracije, uporabi ICC profila, razlikama u rabljenim tehnologijama zaslona ugrađenih u pokretne uređaje i čestoj promjeni vanjskih uvjeta koji utječu na reprodukciju. Zbog izostanka podrške za ICC profile na razini operacijskih sustava za pokretne uređaje vjernost reprodukcije boja na zaslonima pokretnih uređaja ovisna je isključivo o tvorničkom profiliranju uređaja. S obzirom na činjenicu da se suvremeni pokretni uređaji često rabe za pregledavanje fotografija i sadržaja na internetu, koji podrazumijeva da su reprodukcijske karakteristike zaslona u skladu sa sRGB standardom, korisnik uređaja jedino se može nadati da je proizvođač uređaja prigodom tvorničke karakterizacije nastojao adekvatno prilagoditi ponašanje uređaja. Dizajneri i razvijatelji aplikacija također se trenutno mogu oslanjati na istu pretpostavku pri kreiranju paleta boja koje će biti rabljene za oblikovanje vizualnih elemenata unutar razvijanih aplikacija. Međutim, s obzirom na streloviti razvoj postojećih i uvođenje novih tehnologija ravnih zaslona na tržište pokretnih uređaja, postavlja se pitanje u kojoj mjeri je sRGB standard, kojim su definirane karakteristike reprodukcije prosječnog CRT uređaja, u mogućnosti opisati njihove kolorimetrijske karakteristike, odnosno koliko je odstupanje boja odabranih na osnovi sRGB prostora prigodom reprodukcije na različitim pokretnim uređajima.

## **7.10 Pristup problemu i cilj istraživanja**

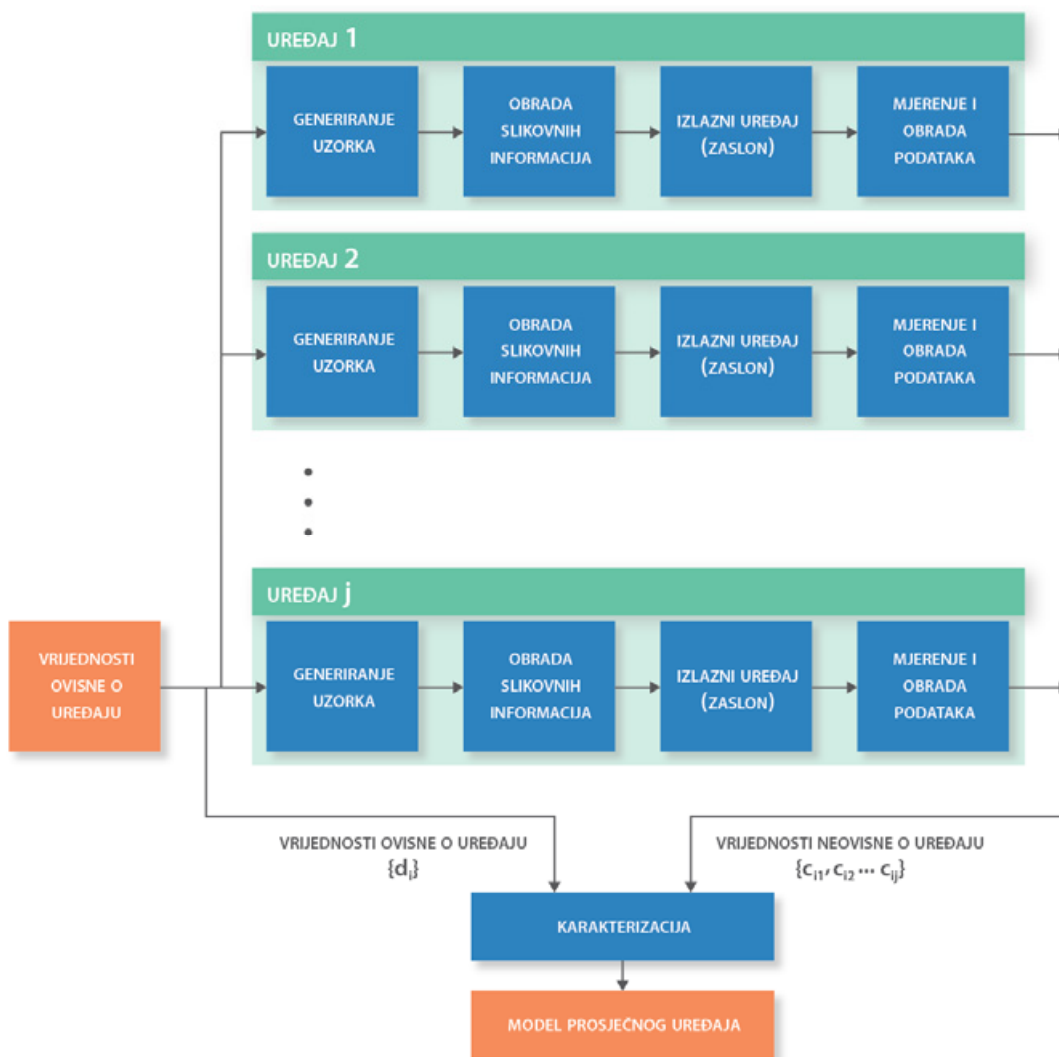
Dva su razmatrana pristupa rješavanju problema vjernosti prikaza boja na zaslonima pokretnih uređaja: prilagodba reprodukcije prema zaslonu na korištenom uređaju na osnovi vrijednosti karakterizacije za pojedini uređaj i razvoj optimizirane palete boja na osnovi podataka dobivenih primjenom modela karakterizacije na empirijskim vrijednostima za ograničen broj uređaja različitih tehnologija zaslona.

Kako bi prvi pristup bio funkcionalan u kontekstu primjene unutar aplikacija za pokretne uređaje, potrebna je distribucija podataka o konverziji ulaznih vrijednosti na osnovi provedene karakterizacije za specifični uređaj i implementacija procedure konverzije unutar programske strukture aplikacije. Prednosti su ovog pristupa što bi se osigurala preciznija reprodukcija svih ulaznih vrijednosti boja za svaki rabljeni uređaj, uz manje varijacije s obzirom na to da svaki

zaslon ima određene varijacije. Međutim, ovakav pristup podrazumijeva karakterizaciju velikog broja uređaja trenutno dostupnih na tržištu kao i konstantno nadopunjavanje baze podataka s pojavom novih uređaja. S obzirom na to da suvremeni pokretni uređaji nemaju mogućnost upravljanja bojama na razini operacijskog sustava, postupak konverzije boja potrebno je rješavati i na razini aplikacije. Ovo podrazumijeva veće opterećenje aplikacije na procesorske resurse uređaja i potrebu za distribucijom profila svih uređaja zajedno s aplikacijom ili mogućnost preuzimanja profila sa servera. Izradom profila za pojedine tehnologije zaslona umjesto karakterizacije svakog uređaja zaobišao bi se dio problema, međutim to bi rezultiralo upitnom preciznošću reprodukcije za pojedine uređaje. Aplikacije za PK ne zahtijevaju nivo vjernosti reprodukcije koji je usporediv s primjenom u grafičkoj industriji, no postavlja se pitanje isplativosti s obzirom na drugi pristup, odnosno razvoj optimizirane palete boja. Ovaj pristup podrazumijeva provedbu numeričke karakterizacije na ograničenom broju mjerenih uzoraka za nekoliko različitih uređaja, odnosno definiciju tonskih reprodukcijских krivulja za „prosječan uređaj“ na temelju izmjerenih vrijednosti za različite intenzitete primara zadanog skupa uređaja te provođenje karakterizacije primjenom nekog od fizikalnih modela karakterizacije. Cilj ovakvog pristupa razlikuje se od cilja klasične karakterizacije uređaja. Umjesto da se reprodukcija boja prilagodi svakom pojedinom uređaju, provedbom karakterizacije na vrijednostima većeg broja različitih uređaja usmjerena je na generiranje transformacija ulaznih vrijednosti koje bi bile optimalne s obzirom na različitosti u reprodukciji ulaznih uređaja. Ukoliko se model karakterizacije generiran na ovakav način pokaže preciznijim u opisu reprodukcije svih navedenih uređaja u usporedbi sa sRGB standardom, kojemu bi trebala težiti većina proizvođača uređaja namijenjenih za reprodukciju digitalnih slikovnih sadržaja izvan domena u kojim je prikaz širokog opsega boja kritičan, moguće ga je upotrebljavati za optimizaciju ulaznih vrijednosti.

Kao što je navedeno u prethodnom tekstu, postupak karakterizacije prvenstveno je usmjeren predviđanju vrijednosti reprodukcije boja za sve ulazne vrijednosti na pojedinom uređaju na osnovi ograničenog broja uzoraka. S obzirom da je na suvremenim pokretnim uređajima nemoguće rabiti ICC profile, postupak karakterizacije u ovom radu primijenit će se sa svrhom određivanja optimizirane palete boja namijenjene prikazu na pokretnim uređajima s različitim karakteristikama zaslona. Predloženi proces određivanja modela standardnog zaslona uređaja prikazan je na Slika 35. Metoda karakterizacije primjenjuje se na skup izlaznih vrijednosti više uređaja, dobivenih instrumentalnim mjerenjem. Mjeri se reprodukcija boja za jednake ulazne vrijednosti i broj uzoraka testne karte. Rezultat karakterizacije jest model standardnog zaslona

pokretnog uređaja. Primjenom različitih metoda karakterizacije pokušat će se odrediti karakterizacijska funkcija koja će ponuditi najbolje rezultate u smislu najmanje srednje vrijednosti kolorimetrijske razlike između vrijednosti predviđenih modelom i skupa empirijskih vrijednosti za evaluaciju modela.



Slika 35. Proces određivanja modela standardnog zaslona pokretnog uređaja u ovom radu

S obzirom na sve do sada navedeno, u kontekstu istraživanja u ovom radu, postavljena su sljedeća istraživačka pitanja:

1. U kojoj se mjeri reprodukcija na zaslonima suvremenih pokretnih uređaja podudara sa sRGB standardom?

2. Koji uređaj ima reprodukciju s najmanjim odstupanjem u odnosu na sRGB standard?
3. Je li primjenom numeričkih modela karakterizacije, na temelju izlaznih vrijednosti za više pokretnih uređaja, moguće opisati karakteristike reprodukcije „standardnog“ uređaja koji će ponuditi preciznije vrijednosti u usporedbi sa sRGB standardom?
4. Koji model karakterizacije daje najbolje rezultate modeliranja ponašanja pojedinačnih uređaja s obzirom na različite tehnologije zaslona?

## **7.11 Pregled dosadašnjih istraživanja u području karakterizacije i evaluacije zaslona suvremenih pokretnih uređaja**

Zbog ranije navedene nemogućnosti kreiranja i uporabe ICC profila, karakterizacija zaslona suvremenih pokretnih uređaja predstavlja slabo istraženo područje. Žitinski Elias et al [21] proveli su evaluaciju kolorimetrijskih karakteristika zaslona različitih uređaja, među kojima su dva pokretna uređaja, u kojoj su uočili visoke luminacije primara AMOLED zaslona te značajne razlike u reprodukciji boja u zelenom i plavozelenom dijelu spektra između evaluiranih uređaja. U usporedbi različitih modela karakterizacije OLED zaslona, Sun i Luo [181] ustanovili su slabe performanse tradicionalnog PLCC modela. U tom istraživanju najpreciznijim se pokazao regresijski model koji se koristi polinomom trećeg reda s 14 članova na osnovi 729 izmjerenih vrijednosti (9x9x9 RGB). Ostala istraživanja objavljena su za vrijeme provođenja eksperimenta unutar ovog rada. Gong et al [176] proveli su evaluaciju karakterizacijskih modela na AMOLED zaslonima pokretnih uređaja i predložili model polinomne kompenzacije, primjenjujući polinomnu regresiju za korekciju inicijalnih pretpostavki dobivenih PLVC modelom. Farini et al objavili su rezultate osnovne kolorimetrijske analize različitih tehnologija zaslona za 12 pokretnih uređaja [20]. Ustanovili su da su uređaji s AMOLED zaslonima u mogućnosti reproducirati veći opseg boja (gamut) u odnosu na LCD zaslone. Također su ustanovili da je kod pojedinih AMOLED zaslona suma maksimalnih vrijednosti luminacije za reprodukcije primara veća od vrijednosti luminacije reprodukcije bijele, odnosno pokazuju izostanak neovisnosti kanala. U svojem istraživanju perceptualnih atributa kvalitete slikovne reprodukcije na zaslonima pokretnih uređaja Gong et al [179] zaključili su da u svim primjenama, izuzevši reprodukcije naturalističkih scena, jasnoća prikaza i zasićenje boja predstavljaju najvažnije attribute kvalitete.



## 7.12 Ograničenja istraživanja

Najveće ograničenje ovog istraživanja očituje se u broju testiranih uređaja na temelju kojih se nastoji ustanoviti ponašanje „prosječnog uređaja“. Neosporno je da bi uključivanjem većeg broja uređaja u proces karakterizacije ili drugog skupa uređaja rezultati karakterizacijskih modela bili različiti. Međutim, s obzirom da se godišnje na tržištu pojavljuju stotine novih uređaja, bilo bi ih gotovo nemoguće sve obuhvatiti. Radi dobivanja zadovoljavajućih rezultata, za potrebe ovog eksperimenta težilo se tome da bude zastupljena većina široko dostupnih tehnologija zaslona suvremenih pokretnih uređaja.

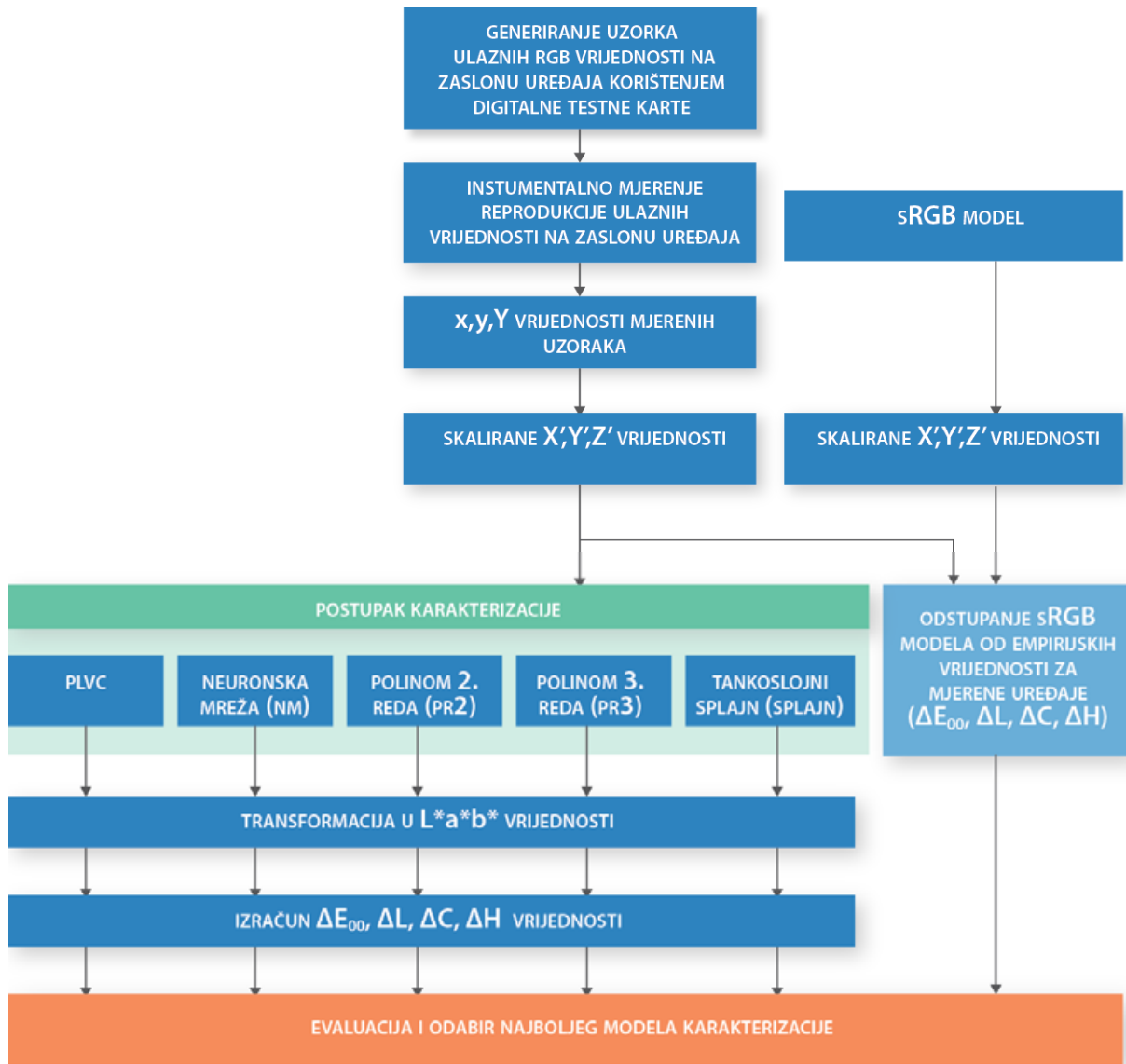
Područje istraživanja karakterizacije izlaznih uređaja dinamično je zbog novih informacija, metoda i ostalih novina u ovom dijelu znanosti koje se gotovo svakodnevno pojavljuju. Ovaj rad obuhvatio je sve do danas korištene metode i spoznaje primjenjive u svrhu karakterizacije ravnih zaslona različitih tehnologija.

## 7.13 Eksperimentalni dio

Eksperiment je proveden u dvama dijelovima. Prvi se sastojao od instrumentalnog mjerenja vrijednosti uzoraka izrađene testne karte na evaluiranim uređajima i njihove usporedbe s sRGB standardom, dok je u drugom dijelu evaluirana primjena odabranih modela karakterizacije na osnovi podataka dobivenih instrumentalnim mjerenjem (Slika 36).

### 7.13.1 Izrada testne karte

U vrijeme provedbe istraživanja jedine komercijalno dostupne testne karte izrađene za kolorimetrijsko mjerenje zaslona na mobilnim uređajima bio je sustav DisplayMate (<http://www.displaymate.com/>), koji funkcionira na principu generiranja testne karte u obliku bitmap datoteka, ovisno o rezoluciji uređaja. Nakon generiranja jedne ili više testnih karata datoteke se prenose u pokretni uređaj gdje se ručno učitavaju pomoću softvera za prikaz slikovnih datoteka koji je u kompletu s uređajem.



Slika 36. Shema eksperimenta kolorimetrijske karakterizacije

S obzirom na prirodu eksperimenta ovakvo rješenje nije bilo prihvatljivo, stoga je izrađen novi sustav za generiranje uzoraka testne karte. Budući da je prema uporabljenom VESA FPDM standardu [188] određeno mjerenje na centru zaslona, bilo je potrebno omogućiti sekvencijalnu izmjenu testnih polja boje na centru zaslona u određenom vremenskom intervalu.

S obzirom na metodu mjerenja uzoraka testne karte i na upotrijebljeni mjerni instrument, ustanovljeni su sljedeći funkcionalni zahtjevi testne karte:

- generiranje uzorka boje na osnovi RGB vrijednosti,

- uniformni prikaz uzorka preko cijelog ekrana uređaja,
- mogućnost unosa vrijednosti pomaka unutar RGB kocke,
- mogućnost unosa vremenskog intervala izmjene prikaza uzoraka.

S obzirom na ustanovljene zahtjeve, prilikom planiranja izrade testne karte za provedbu mjerenja na pokretnim uređajima razmatrana su tri glavna pristupa:

- testna karta u formi aplikacije namijenjene pokretnim uređajima,
- prikaz testne karte generirane na osobnom računalu pomoću VNC (Virtual Network Computing) protokola,
- učitavanje, generiranje i prikaz testne karte pomoću internetskih preglednika na pokretnom uređaju.

Budući da su mjereni uređaji imali različite operacijske sustave, te s obzirom na ustanovljenu kompresiju prostora boja korištenjem različitih VNC klijenata na pokretnim uređajima, odabran je pristup generiranja testne karte pomoću internetskih preglednika koji su za suvremene pokretne uređaje većinom besplatni, a određena rješenja podržavaju rad u nekoliko različitih operativnih sustava. Budući da su trenutno na tržištu dostupni internetski preglednici različitih proizvođača i različitih karakteristika, prije provođenja istraživanja ispitana je vjernost reprodukcije testne karte pomoću različitih preglednika. Na pokretnim uređajima pokrenuta je testna karta na određenoj vrsti internetskog preglednika te su reprodukcije za nasumično odabrane vrijednosti boja pohranjene u obliku PNG datoteka koje su zatim prenesene na osobno računalo i analizirane pomoću programa za obradu slikovnih datoteka (Photoshop CS6).

Ustanovljeno je da pojedini preglednici ne prikazuju pravilno testnu kartu. Javljaju se dvije vrste nepravilnosti:

1. umjesto zadane RGB vrijednosti testnog polja, preglednik se koristi izmijenjenim ulaznim vrijednostima;
2. određena vrijednost boje simulirana je kombinacijom polja boja više različitih vrijednosti (*dithering*).

Prvi tip nepravilnosti primijećen je prvenstveno pri reprodukciji testne karte uporabom preglednika Mozilla Firefox. Drugi tip nepravilnosti posebno je zanimljiv jer suvremeni zasloni pokretnih uređaja podržavaju 24-bitni opseg boja (16.777.216 tonskih vrijednosti), odnosno *True color* RGB model, te se za njih nije potrebno koristiti metodom *ditheringa* za reprodukciju vrijednosti unutar RGB prostora boja. Navedena nepravilnost ustanovljena je prvenstveno pri uporabi Samsungovih internetskih preglednika na pokretnim uređajima koji se koriste

AMOLED tehnologijom zaslona s PENTile konstrukcijom slikovnih elemenata. Tablica 69. sadržava popis testiranih preglednika.

Tablica 69. Rad testne karte na različitim internetskim preglednicima za pokretne uređaje

Preglednik	Operativni sustav	Ispravan prikaz testne karte	Opis problema
<b>Mozilla Firefox</b>	Android	NE	Odstupanje RGB vrijednosti prikazanog uzorka
<b>Google Chrome</b>	Android	DA	
<b>Google Chrome</b>	iOS	DA	
<b>Safari</b>	iOS	DA	
<b>Opera</b>	Android	DA	
<b>Samsung Browser</b>	Android	NE	Umjesto uniformnog uzorka prikazuje strukturu slikovnih elemenata s razlikama u vrijednosti

### 7.13.2 Postupak mjerenja

Za svaki uređaj izmjereno je 729 uzoraka ulaznih vrijednosti uniformno raspoređenih unutar RGB prostora boja (9x9x9). Ovim pristupom dobiva se dovoljan broj podataka za provedbu svih planiranih metoda karakterizacije izlaznih uređaja.

Uvjeti mjerenja usklađeni su sa standardom „VESA Flat Panel Display Measurements Standard“ (Verzija 2.0) [188], sekcije 302-1, 302-2 i 302-4. Mjerenja su obavljena u kontroliranim uvjetima, u zamračenoj prostoriji u kojoj je jedini izvor svjetlosti predstavljao zaslon uređaja. Temperatura u prostoriji za mjerenje kretala se između 20°C i 25°C. Svaki uređaj bio je priključen za izvor vanjskog napajanja cijelo vrijeme provođenja mjerenja. Kako bi se izbjegle anomalije u mjerenjima prouzročene zagrijavanjem zaslona, zaslon svakog uređaja zagrijan je pomoću neprekidnog prikaza bijelog uzorka (RGB=255,255,255) u trajanju od 20 min. Sve opcije za automatsku prilagodbu kontrasta i boja prethodno su isključene. Uređaji su fiksirani u položaju okomitom u odnosu na smjer mjerenja, uz mogućnost odstupanja u iznosu od  $\pm 0,5^\circ$ . Mjerenja su provođena na centralnom dijelu površine zaslona uređaja. Izmjerene su vrijednosti za zaslone 20 različitih modela suvremenih pokretnih uređaja. Prigodom odabira uređaja koji će sudjelovati u istraživanju vodilo se računa da budu zastupljene sve prethodno opisane varijante LCD i OLED tehnologije izrade zaslona (Tablica 70). Prije početka mjerenja na svakom uređaju postavljena je maksimalna razina pozadinskog osvjetljenja za LCD zaslone, odnosno emisije primara slikovnih elemenata za OLED zaslone.

Za mjerenje izlaznih vrijednosti testne karte korišten je kolorimetrijski uređaj Konica Minolta CS-200. Konstrukcija ovog uređaja hibridna je i kombinira elemente spektrometra i kolorimetra. Mjerene su x,y,Y vrijednosti. Uređaj je priključen na računalo i kontroliran je pomoću računalnog programa CS-s10w. Uzorci testne karte reproducirani su na punoj površini zaslona testiranih uređaja te su mjereni u intervalima od 10 sekundi provođenjem dvaju mjerenja unutar jednog intervala. Konačni rezultat izmjenog uzorka predstavlja srednju vrijednost obaju mjerenja. Vrijeme integracije svakog mjerenja iznosilo je 1s, s vremenskim razmakom između mjerenja od 1s. Kut mjerenja iznosio je 1°, a udaljenost površine zaslona u odnosu na prednji element leće mjernog uređaja bila je 32,5 cm, što prema istraživanju Bababekove et al [150] predstavlja prosječnu udaljenost na kojoj korisnik drži pokretni uređaj za vrijeme pregleda internetskog sadržaja.

Tablica 70. Popis testiranih uređaja i osnovnih karakteristika njihovih zaslona

Oznaka uređaja	Model	Tehnologija zaslona	Dijagonala zaslona (in)	Razlučivost (ppi)
<b>TF101</b>	Asus Transformer TF101	IPS LCD	10,1	149
<b>TF201</b>	Asus Transformer Prime TF201	IPS LCD	10,1	149
<b>Nexus 7</b>	Asus Google Nexus 7	IPS LCD	7	216
<b>HTC One</b>	HTC One	IPS LCD	4,7	469
<b>HTC One S</b>	HTC One S	AMOLED (PenTile)	4,3	256
<b>Galaxy S3</b>	Samsung Galaxy S3	AMOLED (PenTile)	4,8	306
<b>Galaxy TAB2</b>	Samsung Galaxy TAB 2 10.1	IPS LCD	10,1	149
<b>Multipad</b>	Prestigio Multipad PMP3384B	TN LCD	8,4	119
<b>iPad 1</b>	Apple iPad Wi-Fi (1. generacija)	IPS LCD	9,7	132
<b>iPad 3</b>	Apple iPad 3 Wi-Fi	IPS LCD	9,7	264
<b>iPad 4</b>	Apple iPad 4 Wi-Fi	IPS LCD	9,7	264
<b>Xperia P</b>	Sony Xperia P	TN LCD (RGBW)	4	275
<b>Galaxy S</b>	Samsung Galaxy S	AMOLED (PenTile)	4	233
<b>Galaxy S Ad</b>	Samsung Galaxy S Advance	AMOLED (PenTile)	4	233
<b>Galaxy S2</b>	Samsung Galaxy S2	AMOLED	4,3	217
<b>Galaxy S4</b>	Samsung Galaxy S4	AMOLED (PenTile)	5	441
<b>iPhone 3GS</b>	Apple iPhone 3GS	TN LCD	3,5	165
<b>iPhone 4</b>	Apple iPhone 4	IPS LCD	3,5	330
<b>Xperia X10</b>	Sony Xperia X10	TN LCD	4	245
<b>A78</b>	Ampe A78	TN LCD	7	170

### 7.13.3 Postupak karakterizacije

Za transformaciju vrijednosti između različitih prostora boja i provođenje postupka karakterizacije rabljen je program MATLAB R2013b.

S obzirom na to da su zbog ograničenja u mogućnosti kalibracije svi uređaji mjereni s najvećom razinom emisije pozadinskog osvjetljenja kod LCD zaslona, odnosno najvećom razinom emisije slikovnih elemenata kod OLED zaslona, izmjerene  $xyY$  vrijednosti za svaki uređaj skalirane su prema izmjerenoj vrijednosti luminacije za bijeli uzorak:

$$Y'_i = \frac{Y_i}{Y_w} \quad (31)$$

Gdje  $Y'$  predstavlja skaliranu vrijednost za uzorak  $i$ , dok je  $Y_w$  luminacija izmjenjenog bijelog uzorka ( $RGB=0,0,0$ ).

Za postupke karakterizacije regresijskim metodama, neuronskim mrežama i poliharmonijskim splajnom pola uzoraka rabljeno je za izradu modela, dok je druga polovina upotrijebljena za njegovu evaluaciju. Za karakterizaciju regresijskim metodama rabljeni su prethodno opisani polinom 2. reda s 10 članova i polinom 3. reda s 20 članova:

$$[1 \ R \ G \ B \ RG \ GB \ RB \ R^2 \ G^2 \ B^2 \ R^2G \ R^2B \ G^2R \ G^2B \ B^2R \ R^3 \ G^3 \ B^3 \ RGB]$$

Za potrebe izrade modela prosječnog uređaja PLVC metodom,  $X_i$ ,  $Y_i$ ,  $Z_i$  vrijednosti intenziteta primara za  $R_i$ ,  $G_i$  ili  $B_i$  ulazne vrijednosti određene su kao srednje vrijednosti empirijski izmjerenih intenziteta primara svih uređaja za pojedinu  $R_i$ ,  $G_i$  ili  $B_i$  ulaznu vrijednost:

$$X_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad (32)$$

$$Y_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Y_{ij} \quad (33)$$

$$Z_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Z_{ij} \quad (34)$$

gdje  $X_{ij}$ ,  $Y_{ij}$  i  $Z_{ij}$  predstavljaju empirijski izmjerene vrijednosti intenziteta primara uređaja  $n$  za određenu  $R_i$ ,  $G_i$  ili  $B_i$  vrijednost.

Rabljena je umjetna neuronska mreža s jednim skrivenim slojem koji je sadržavao 20 umjetnih neurona. Po tri umjetna neurona, koji su predstavljali ulazne i izlazne vrijednosti uređaja, upotrijebljena su u ulaznom, odnosno izlaznom sloju.

Za potrebe izračunavanja kolorimetrijske razlike, skalirane  $X, Y, Z$  vrijednosti transformirane su u  $L^*, a^*, b^*$  prostor. Kako bi se osigurali jednaki uvjeti evaluacije uređaja, za transformacije u  $L^*, a^*, b^*$  prostor upotrijebljena je bijela točka standardiziranog izvora E čije su koordinate kromatičnosti  $x, y(0,33, 0,33)$ .

Osnovni kriterij za odabir modela karakterizacije koji će se rabiti u generiranju optimalne palete boja u sklopu ovog rada jest najmanja srednja vrijednost kolorimetrijske razlike između generiranog modela i empirijskih podataka za sve uređaje, izračunate prema ranije predstavljanoj CIEDE2000 formuli.

## 7.14 Rezultati i diskusija

### 7.14.1 Odstupanje empirijskih podataka od sRGB standarda

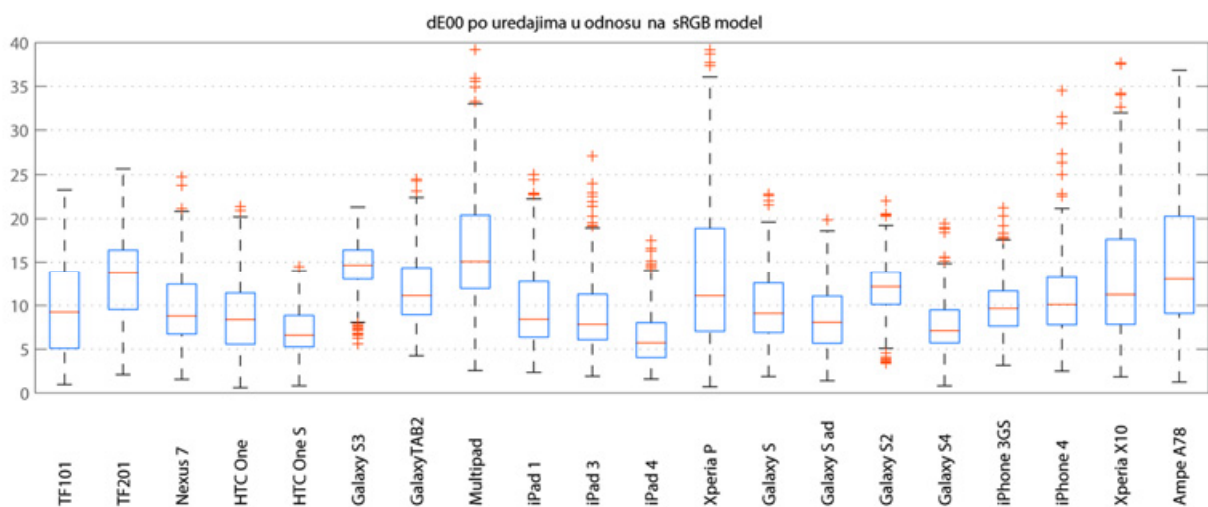
Tablica 71. Izračunate vrijednosti  $\Delta E_{00}$  za odstupanje sRGB modela od empirijskih podataka za sve uređaje

sRGB	$\Delta E_{00}$ mean	$\Delta E_{00}$ median	$\Delta E_{00}$ stdev	$\Delta E_{00}$ min	$\Delta E_{00}$ max
<b>Svi podatci</b>	10,81	9,90	5,61	0,00	55,86

Tablica 72. Izračunate vrijednosti  $\Delta L$ ,  $\Delta C$ ,  $\Delta H$  za odstupanje sRGB modela od empirijskih podataka za sve uređaje

sRGB	$\Delta L$ mean	$\Delta L$ median	$\Delta L$ stdev	$\Delta C$ mean	$\Delta C$ median	$\Delta C$ stdev	$\Delta H$ mean	$\Delta H$ median	$\Delta H$ stdev
<b>Svi podatci</b>	-1,50	-0,92	5,65	-7,35	-3,97	22,17	13,72	11,75	10,07

Srednja vrijednost kolorimetrijske razlike sRGB modela od empirijskih vrijednosti za sve uređaje iznosi  $\Delta \bar{E}_{00}=10,81$ , što ukazuje na znatna odstupanja u ponašanju zaslona pokretnih uređaja u odnosu na sRGB model. Visoka srednja vrijednost kolorimetrijskog odstupanja većim je dijelom rezultat odstupanja u tonu ( $\Delta \bar{H}=13,72$ , stdev=10,07) i zasićenju ( $\Delta \bar{C} = -7,35$ , stdev=22,17).



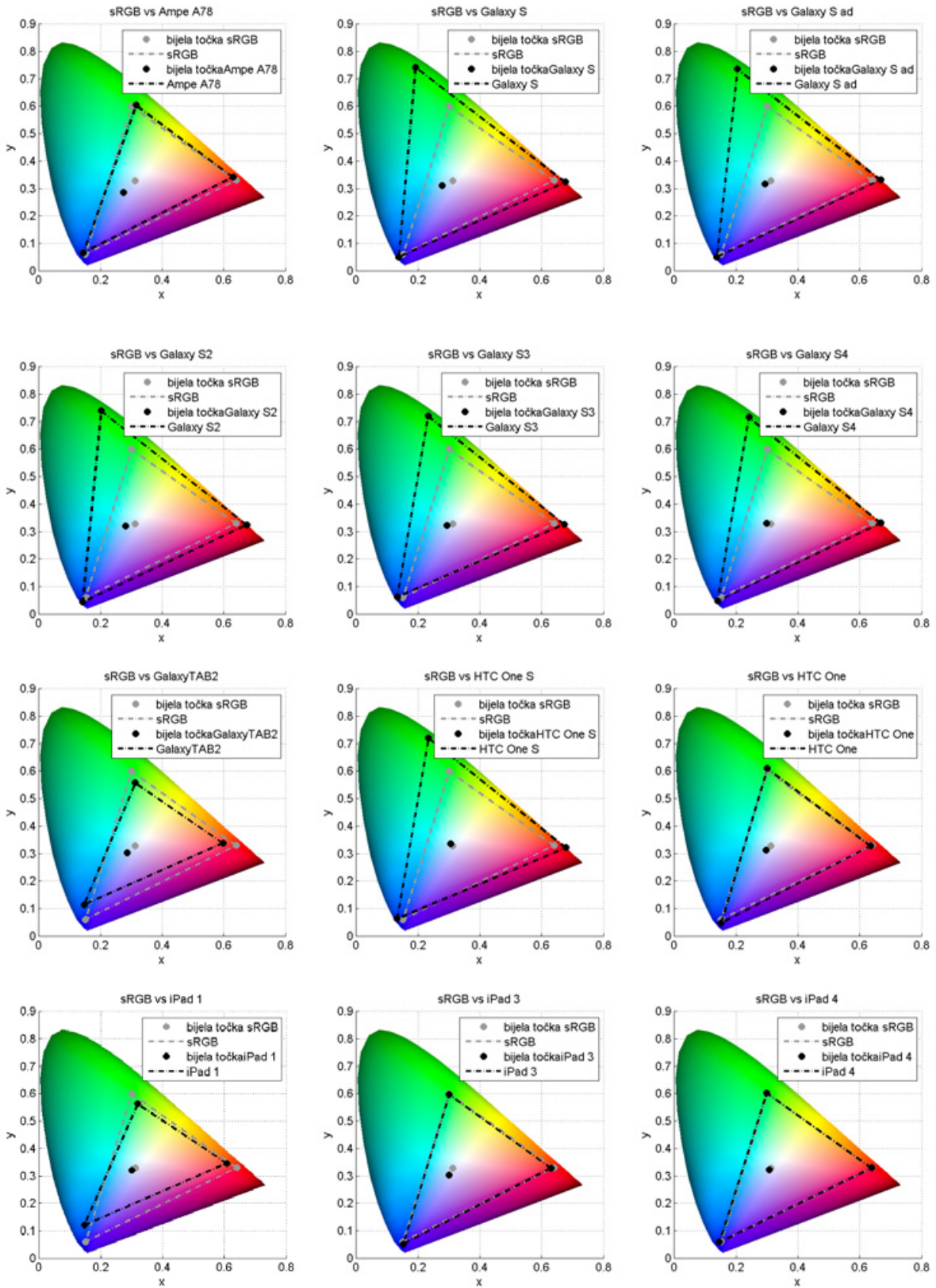
Slika 37. Box-plot dijagram odstupanja pojedinih uređaja od sRGB modela

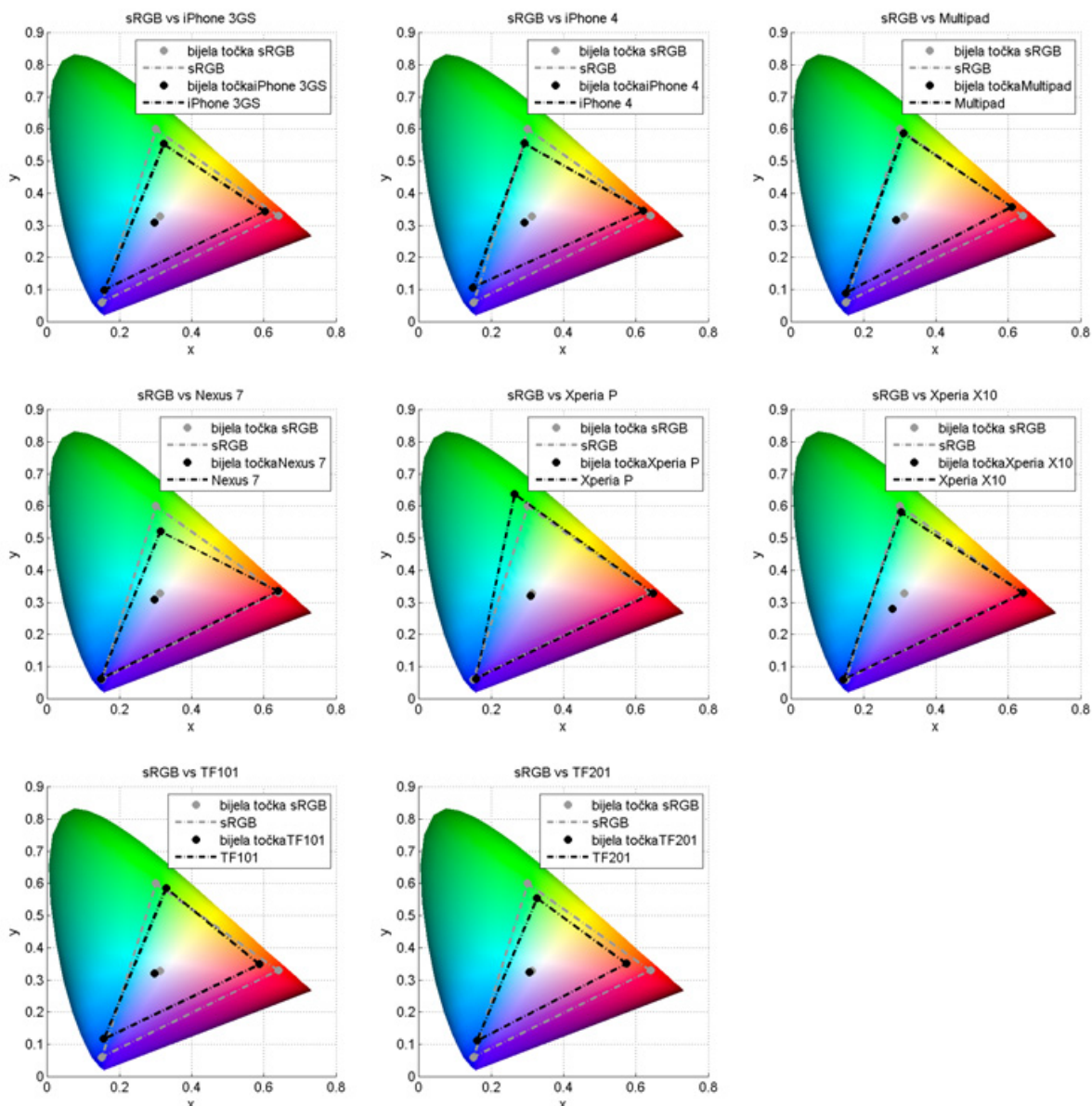


Tablica 73. Izračunate vrijednosti  $\Delta E_{00}$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta C$  i  $\Delta H$  za odstupanje sRGB modela od empirijskih podataka za pojedine uređaje

sRGB	$\Delta E_{00}$	$\Delta E_{00}$	$\Delta E_{00}$	$\Delta L$	$\Delta L$	$\Delta C$	$\Delta C$	$\Delta H$	$\Delta H$
	mean	median	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
TF101	9,63	9,24	5,28	4,21	4,26	10,61	6,09	11,66	8,60
TF201	13,13	13,75	4,68	6,88	4,47	14,36	9,78	12,95	7,99
Nexus 7	9,75	8,78	4,23	2,50	1,70	14,46	7,77	12,11	7,52
HTC One	8,79	8,39	4,03	3,48	2,86	13,36	11,46	11,64	7,23
HTC One S	6,94	6,58	2,42	1,71	1,44	22,34	12,80	9,25	6,43
Galaxy S3	14,58	14,66	2,97	10,95	4,02	37,76	15,61	11,80	7,11
Galaxy TAB2	11,81	11,14	3,89	5,12	3,24	13,88	6,34	14,51	9,36
Multipad	16,25	15,11	6,95	7,47	3,83	14,47	10,63	21,18	12,48
iPad 1	9,77	8,40	4,45	3,99	3,28	12,23	5,34	11,85	9,41
iPad 3	8,96	7,86	4,30	3,14	1,71	12,45	10,02	12,33	7,56
iPad 4	6,36	5,74	2,98	0,76	0,62	8,37	6,60	9,54	5,51
Xperia P	13,63	11,12	8,92	8,08	7,60	11,81	9,29	14,35	12,52
Galaxy S	9,73	9,10	3,67	2,20	1,31	29,42	16,01	15,10	11,13
Galaxy S Ad	8,33	8,08	3,41	1,71	1,45	24,26	14,23	12,59	9,55
Galaxy S2	11,91	12,16	3,12	5,69	3,80	38,81	20,44	14,96	9,84
Galaxy S4	7,60	7,12	2,82	2,21	2,06	22,63	12,99	10,41	6,27
iPhone 3GS	9,95	9,65	3,18	3,46	2,31	13,33	7,26	11,86	6,98
iPhone 4	10,85	10,09	5,10	3,82	3,25	11,83	5,93	14,55	9,76
Xperia X10	13,29	11,24	7,32	2,61	2,31	21,09	14,07	19,29	13,68
A78	14,89	13,05	7,31	2,80	1,98	21,24	14,02	22,41	13,98

Iz analize gamuta uređaja u usporedbi sa sRGB modelom u CIE xy dijagramu kromatičnosti (Slika 38) i iz izračunatih vrijednosti volumena gamuta u CIELAB prostoru (Tablica 74), uočljivo je da je gamut AMOLED zaslona znatno veći u odnosu na gamut određen sRGB modelom. Najbolje poklapanje sa sRGB gamutom ima uređaj Apple iPad 4, koji ujedno ima i najmanju srednju vrijednost odstupanja od sRGB modela na osnovi empirijskih podataka ( $\Delta \bar{E}_{00}=6,36$ ) (Tablica 73.). Najveću srednju vrijednost kolorimetrijske razlike u odnosu na sRGB standard ima uređaj Prestigio Multipad ( $\Delta \bar{E}_{00}=16,25$ ).





Slika 38. Usporedba sRGB gamuta i gamuta izmjerenih uređaja prikazanih u CIE xy dijagramu kromatičnosti

Tablica 74. Vrijednosti volumena gamuta evaluiranih uređaja skaliranih prema vrijednosti za sRGB gamut

Oznaka uređaja	Skalirana vrijednost volumena gamuta	Oznaka uređaja	Skalirana vrijednost volumena gamuta
<b>sRGB model</b>	<b>1</b>		
<b>TF101</b>	0,73	<b>iPad 4</b>	1,11
<b>TF201</b>	0,64	<b>Xperia P</b>	0,76
<b>Nexus 7</b>	0,85	<b>Galaxy S</b>	2,10
<b>HTC One</b>	1,01	<b>Galaxy S Ad</b>	2,02
<b>HTC One S</b>	1,87	<b>Galaxy S2</b>	2,63
<b>Galaxy S3</b>	2,37	<b>Galaxy S4</b>	1,80
<b>Galaxy TAB2</b>	0,74	<b>iPhone 3GS</b>	0,72
<b>Multipad</b>	0,90	<b>iPhone 4</b>	0,82
<b>iPad 1</b>	0,74	<b>Xperia X10</b>	1,16
<b>iPad 3</b>	1,14	<b>A78</b>	1,10

## 7.14.2 Karakterizacija PLVC metodom

Tablica 75. Izračunate vrijednosti  $\Delta E_{00}$  za odstupanje izrađenog PLVC modela standardnog zaslona od evaluacijskog seta empirijskih podataka za sve uređaje

PLVC model	$\Delta E_{00}$ mean	$\Delta E_{00}$ median	$\Delta E_{00}$ stdev	$\Delta E_{00}$ min	$\Delta E_{00}$ max
<b>Svi podatci</b>	7,37	6,79	3,87	0,06	56,56

Tablica 76. Izračunate vrijednosti  $\Delta L$ ,  $\Delta C$ ,  $\Delta H$  za odstupanje izrađenog PLVC modela standardnog zaslona od evaluacijskog seta empirijskih podataka za sve uređaje

PLVC model	$\Delta L$ mean	$\Delta L$ median	$\Delta L$ stdev	$\Delta C$ mean	$\Delta C$ median	$\Delta C$ stdev	$\Delta H$ mean	$\Delta H$ median	$\Delta H$ stdev
<b>Svi podatci</b>	1,29	1,55	5,18	-1,03	2,86	19,68	6,91	5,48	5,89

Tablica 77. Izračunate vrijednosti  $\Delta E_{00}$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta C$  i  $\Delta H$  za odstupanje izrađenog PLVC modela standardnog zaslona od empirijskih podataka za pojedine uređaje

PLVC model	$\Delta E_{00}$ mean	$\Delta E_{00}$ median	$\Delta E_{00}$ stdev	$\Delta L$ mean	$\Delta L$ stdev	$\Delta C$ mean	$\Delta C$ stdev	$\Delta H$ mean	$\Delta H$ stdev
<b>TF101</b>	6,79	6,44	2,84	2,23	1,94	14,18	8,37	8,00	5,46
<b>TF201</b>	8,91	8,72	2,39	4,18	2,65	18,98	9,42	6,53	4,18
<b>Nexus 7</b>	5,71	5,92	2,05	2,71	2,30	12,85	8,87	2,80	2,09
<b>HTC One</b>	7,45	6,32	3,80	5,97	4,07	7,18	5,48	6,62	4,84
<b>HTC One S</b>	6,81	6,68	2,07	2,79	1,89	16,98	13,86	7,68	5,99
<b>Galaxy S3</b>	10,86	10,80	3,11	8,17	3,48	31,29	15,69	6,91	4,47
<b>Galaxy TAB2</b>	8,55	8,42	2,72	5,65	2,88	14,12	9,07	6,42	6,29
<b>Multipad</b>	8,84	8,06	3,48	4,69	2,39	9,97	6,87	9,81	6,84
<b>iPad 1</b>	7,58	7,13	2,95	3,58	1,92	14,96	9,40	8,07	6,47
<b>iPad 3</b>	3,17	3,08	1,45	1,69	1,18	5,12	4,32	4,18	3,40
<b>iPad 4</b>	4,49	4,59	1,36	3,24	1,55	3,80	2,39	4,48	2,58
<b>Xperia P</b>	12,35	10,43	8,26	8,84	8,00	12,35	11,96	9,35	9,24
<b>Galaxy S</b>	5,84	5,75	1,64	1,93	1,46	22,53	14,70	6,56	4,25
<b>Galaxy S Ad</b>	6,28	6,47	1,56	3,13	2,19	17,59	13,02	6,86	4,19
<b>Galaxy S2</b>	8,26	8,05	2,95	3,86	3,47	32,19	17,86	8,72	5,42
<b>Galaxy S4</b>	6,62	6,32	2,33	3,54	2,90	16,26	12,32	6,64	4,65
<b>iPhone 3GS</b>	6,90	6,97	2,17	4,30	2,15	13,51	7,50	4,25	3,44
<b>iPhone 4</b>	6,15	5,49	3,22	3,41	2,10	13,13	7,78	4,67	5,92
<b>Xperia X10</b>	6,74	5,62	3,53	1,66	1,40	13,56	7,30	8,53	7,21
<b>A78</b>	8,94	8,66	3,94	4,11	2,22	13,59	6,60	11,25	7,63

Dobiveni model PLVC karakterizacija standardnog zaslona pokretnog uređaja pokazuje se preciznijim u karakterizaciji ponašanja različitih pokretnih uređaja u odnosu na sRGB model ( $\Delta\bar{E}_{00}=7,37$ ). Najmanje odstupanje od dobivenog modela ima uređaj Apple iPad 3 ( $\Delta\bar{E}_{00}=3,17$ ), dok najveće odstupanje ima Sony Xperia P ( $\Delta\bar{E}_{00}=12,37$ ).

Tablica 78. Izračunate vrijednosti  $\Delta E_{00}$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta C$  i  $\Delta H$  za odstupanje karakterizacije pojedinih uređaja PLVC metodom od evaluacijskog seta empirijskih podataka

PLVC	$\Delta E_{00}$ mean	$\Delta E_{00}$ median	$\Delta E_{00}$ stdev	$\Delta L$ mean	$\Delta L$ stdev	$\Delta C$ mean	$\Delta C$ stdev	$\Delta H$ mean	$\Delta H$ stdev
TF101	0,50	0,43	0,37	0,17	0,14	0,52	0,53	0,66	0,54
TF201	1,29	1,22	0,88	0,66	0,59	1,79	1,38	1,12	1,19
Nexus 7	1,04	0,82	1,05	0,54	0,73	1,37	1,42	1,01	1,21
HTC One	3,64	3,09	2,64	1,90	1,82	7,43	7,29	3,78	3,30
HTC One S	2,28	1,92	1,59	1,97	1,44	1,99	1,80	1,72	1,68
Galaxy S3	8,73	8,44	4,63	6,92	4,49	10,60	10,24	8,45	7,07
Galaxy TAB2	0,61	0,61	0,33	0,48	0,30	0,40	0,44	0,44	0,40
Multipad	0,83	0,78	0,49	0,53	0,39	0,84	0,66	0,83	0,77
iPad 1	0,26	0,24	0,15	0,17	0,12	0,20	0,18	0,24	0,22
iPad 3	0,43	0,38	0,26	0,31	0,21	0,44	0,41	0,35	0,33
iPad 4	0,58	0,55	0,33	0,38	0,26	0,72	0,71	0,55	0,50
Xperia P	6,91	5,73	5,60	4,44	4,98	5,37	4,63	6,77	5,67
Galaxy S	2,69	2,65	1,27	1,91	1,21	4,32	3,42	2,96	2,04
Galaxy S Ad	1,33	1,10	1,06	0,98	0,84	1,50	1,42	1,32	1,41
Galaxy S2	7,12	5,54	6,15	6,48	5,58	4,40	4,69	4,84	6,39
Galaxy S4	3,05	1,62	3,57	2,88	3,52	1,53	1,71	1,26	1,50
iPhone 3GS	1,58	1,41	1,05	0,64	0,47	1,55	1,21	1,97	1,58
iPhone 4	1,89	1,18	2,91	1,32	1,37	1,29	2,41	1,69	4,20
Xperia X10	1,68	1,48	1,14	0,76	0,74	2,11	1,83	2,15	1,92
A78	0,39	0,37	0,25	0,21	0,15	0,49	0,32	0,46	0,36

Iz rezultata pojedinačne karakterizacije uređaja (Tablica 78.) uočljivi su problemi primjene PLVC metode za karakterizaciju AMOLED zaslona. Prosječna vrijednost kolorimetrijske razlike za ovu vrstu tehnologije zaslona doseže i do  $\Delta\bar{E}_{00}=8,73$  (Galaxy S3).

### 7.14.3 Karakterizacija upotrebom neuronskih mreža (NM)

Tablica 79. Izračunate vrijednosti  $\Delta E_{00}$  za odstupanje izrađenog NM modela standardnog zaslona s 20 umjetnih neurona u skrivenom sloju od evaluacijskog seta empirijskih podataka za sve uređaje

NM 20 model	$\Delta E_{00}$ mean	$\Delta E_{00}$ median	$\Delta E_{00}$ stdev	$\Delta E_{00}$ min	$\Delta E_{00}$ max
Svi podatci	7,42	6,63	4,05	0,24	55,90

Tablica 80. Izračunate vrijednosti  $\Delta L$ ,  $\Delta C$ ,  $\Delta H$  za odstupanje generiranog NM modela standardnog zaslona s 20 umjetnih neurona u skrivenom sloju od evaluacijskog seta empirijskih podataka za sve uređaje

NM 20 model	$\Delta L$ mean	$\Delta L$ median	$\Delta L$ stdev	$\Delta C$ mean	$\Delta C$ median	$\Delta C$ stdev	$\Delta H$ mean	$\Delta H$ median	$\Delta H$ stdev
Svi podatci	0,43	0,61	5,18	-1,18	2,75	19,84	7,05	5,56	6,01

Tablica 81. Izračunate vrijednosti  $\Delta E_{00}$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta C$  i  $\Delta H$  za odstupanje generiranog NM modela standardnog zaslona s 20 umjetnih neurona u skrivenom sloju od empirijskih podataka za pojedine uređaje

NM model	$\Delta E_{00}$ mean	$\Delta E_{00}$ median	$\Delta E_{00}$ stdev	$\Delta L$ mean	$\Delta L$ stdev	$\Delta C$ mean	$\Delta C$ stdev	$\Delta H$ mean	$\Delta H$ stdev
TF101	7,21	6,88	3,65	-1,67	2,85	14,64	9,22	8,25	5,67
TF201	9,80	9,56	2,86	-4,65	3,32	19,56	9,94	7,10	4,63
Nexus 7	6,13	5,85	2,72	0,83	3,30	13,36	9,44	3,44	2,91
HTC One	7,23	5,92	4,34	5,01	4,46	-2,06	9,99	6,96	5,15
HTC One S	6,96	6,68	2,43	0,83	3,17	-15,19	15,74	7,95	5,79
Galaxy S3	11,66	11,55	3,24	-9,13	3,40	-30,58	16,45	7,24	5,03
Galaxy TAB2	8,46	7,87	4,08	3,98	4,11	14,51	10,29	6,90	6,50
Multipad	9,91	9,29	3,94	-5,44	3,06	6,05	11,90	10,64	7,27
iPad 1	7,63	6,89	4,09	1,47	3,34	15,51	10,05	8,23	6,85
iPad 3	4,33	4,06	2,48	-1,28	2,54	1,18	8,15	4,77	4,14
iPad 4	4,52	4,18	2,67	2,20	2,26	3,53	5,28	4,89	2,98
Xperia P	12,31	9,93	8,14	7,60	8,35	12,07	13,29	9,93	9,48
Galaxy S	6,01	5,88	2,17	-0,37	2,69	-21,80	15,60	6,59	4,77
Galaxy S Ad	6,42	6,31	2,15	1,52	3,30	-16,81	14,15	7,11	4,31
Galaxy S2	8,76	8,44	3,39	-3,70	4,33	-31,40	19,09	8,75	5,49
Galaxy S4	6,74	6,26	2,52	1,35	4,03	-15,16	13,78	6,89	4,55
iPhone 3GS	6,88	6,45	3,19	3,04	2,77	14,03	8,50	4,85	3,78
iPhone 4	6,38	5,51	3,95	1,46	3,30	13,42	8,98	5,48	5,94
Xperia X10	7,44	6,42	4,31	0,20	2,20	-1,65	16,42	9,51	7,57
A78	9,24	8,82	4,26	3,09	2,48	-1,50	16,16	12,16	7,75

Srednja vrijednost kolorimetrijske razlike za izrađeni NM model standardnog zaslona pokretnog uređaja ( $\Delta\bar{E}_{00}=7,42$ ) veća je od one izračunate za PLVC model. Kao i u slučaju PLVC modela, najmanje odstupanje u odnosu na NM model ima uređaj Apple iPad 3 ( $\Delta\bar{E}_{00}=4,33$ ), dok model najlošije opisuje Sony Xperiu P ( $\Delta\bar{E}_{00}=12,31$ ).

Tablica 82. Izračunate vrijednosti  $\Delta E_{00}$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta C$  i  $\Delta H$  za odstupanje karakterizacije pojedinih uređaja metodom neuronske mreže s 20 umjetnih neurona od evaluacijskog seta empirijskih podataka

NM 20	$\Delta E_{00}$ mean	$\Delta E_{00}$ median	$\Delta E_{00}$ stdev	$\Delta L$ mean	$\Delta L$ stdev	$\Delta C$ mean	$\Delta C$ stdev	$\Delta H$ mean	$\Delta H$ stdev
TF101	0,22	0,14	0,28	0,01	0,18	0,00	0,40	0,24	0,27
TF201	1,75	1,44	1,32	-0,03	1,19	-0,43	2,84	1,75	1,57
Nexus 7	1,81	1,26	2,23	0,03	1,24	0,15	4,26	1,83	2,31
HTC One	1,58	1,09	1,73	-0,07	1,20	0,05	3,96	1,72	2,08
HTC One S	0,24	0,12	0,41	0,00	0,14	0,04	0,80	0,31	0,46
Galaxy S3	0,74	0,55	0,73	0,02	0,33	-0,08	2,03	1,18	1,31
Galaxy TAB2	0,10	0,06	0,14	0,00	0,05	-0,02	0,19	0,12	0,15
Multipad	0,19	0,13	0,29	-0,02	0,13	0,01	0,39	0,22	0,37
iPad 1	0,05	0,03	0,09	0,00	0,03	-0,01	0,11	0,06	0,08
iPad 3	0,11	0,07	0,14	0,00	0,07	-0,02	0,25	0,13	0,14
iPad 4	0,11	0,08	0,13	0,00	0,05	-0,01	0,23	0,14	0,16
Xperia P	2,56	1,90	2,61	-0,07	1,26	0,78	6,76	2,83	3,11
Galaxy S	0,58	0,38	0,65	0,01	0,27	0,14	1,44	0,79	0,83
Galaxy S Ad	0,58	0,34	0,86	0,02	0,39	0,07	1,70	0,77	0,97
Galaxy S2	1,04	0,66	1,56	0,02	0,59	0,26	3,39	1,49	2,13
Galaxy S4	0,40	0,27	0,56	0,00	0,19	-0,03	1,07	0,54	0,66
iPhone 3GS	0,84	0,53	1,17	0,01	0,51	0,13	1,79	0,92	1,10
iPhone 4	1,98	1,25	2,75	0,04	1,57	-0,06	3,45	2,34	3,26
Xperia X10	0,32	0,20	0,49	0,00	0,24	0,01	0,80	0,38	0,56
A78	0,08	0,05	0,10	0,00	0,05	0,00	0,18	0,09	0,11

Karakterizacija pojedinačnih uređaja (Tablica 82) pokazuje dobre rezultate za različite vrste LCD i OLED zaslona. Svi zaslona, osim onog ugrađenog u uređaj Sony Xperia P, imaju srednju vrijednost kolorimetrijske greške  $\Delta\bar{E}_{00} < 2$ , dok ona za 14 uređaja iznosi  $\Delta\bar{E}_{00} < 1$ . Najbolji rezultati karakterizacije zaslona za uređaj Xperia P vjerojatno su posljedica četvrtog, bijelog primara koji se rabi u navedenom zaslonu.



## 7.14.4 Karakterizacija upotrebom polinomne regresije 2. reda

Tablica 83. Izračunate vrijednosti  $\Delta E_{00}$  za odstupanje izrađenog modela standardnog zaslona metodom polinomne regresije 2. reda od evaluacijskog seta empirijskih podataka za sve uređaje

PR2 model	$\Delta E_{00}$ mean	$\Delta E_{00}$ median	$\Delta E_{00}$ stdev	$\Delta E_{00}$ min	$\Delta E_{00}$ max
<b>Svi podatci</b>	7,34	6,61	3,97	0,36	54,81

Tablica 84. Izračunate vrijednosti  $\Delta L$ ,  $\Delta C$ ,  $\Delta H$  za odstupanje izrađenog modela standardnog zaslona metodom polinomne regresije 2. reda od evaluacijskog seta empirijskih podataka za sve uređaje

PR2 model	$\Delta L$ mean	$\Delta L$ median	$\Delta L$ stdev	$\Delta C$ mean	$\Delta C$ median	$\Delta C$ stdev	$\Delta H$ mean	$\Delta H$ median	$\Delta H$ stdev
<b>Svi podatci</b>	0,38	0,53	5,16	-0,44	3,23	19,79	6,95	5,53	5,91

Tablica 85. Izračunate vrijednosti  $\Delta E_{00}$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta C$  i  $\Delta H$  za odstupanje izrađenog modela standardnog zaslona metodom polinomne regresije 2. reda od empirijskih podataka za pojedine uređaje

PR2 model	$\Delta E_{00}$ mean	$\Delta E_{00}$ median	$\Delta E_{00}$ stdev	$\Delta L$ mean	$\Delta L$ stdev	$\Delta C$ mean	$\Delta C$ stdev	$\Delta H$ mean	$\Delta H$ stdev
<b>TF101</b>	6,93	6,74	2,91	-1,62	2,69	14,58	8,71	8,04	5,41
<b>TF201</b>	9,47	9,15	2,36	-4,60	3,11	19,50	9,64	6,86	4,27
<b>Nexus 7</b>	5,72	5,91	2,02	0,88	3,08	13,30	9,23	3,06	2,12
<b>HTC One</b>	6,89	5,87	3,78	5,06	4,18	-2,12	9,33	6,69	4,73
<b>HTC One S</b>	6,51	6,52	1,92	0,88	2,97	-15,26	14,82	7,33	5,60
<b>Galaxy S3</b>	11,37	11,45	3,02	-9,08	3,17	-30,65	15,37	6,51	4,22
<b>Galaxy TAB2</b>	8,18	7,88	3,18	4,03	3,95	14,45	9,84	6,70	6,19
<b>Multipad</b>	9,65	8,72	3,70	-5,39	2,83	5,99	11,68	10,24	7,19
<b>iPad 1</b>	7,33	6,82	3,24	1,52	3,14	15,45	9,59	8,05	6,53
<b>iPad 3</b>	3,85	3,93	1,51	-1,23	2,31	1,11	7,35	4,54	3,55
<b>iPad 4</b>	4,04	4,01	1,41	2,25	1,94	3,47	3,83	4,49	2,29
<b>Xperia P</b>	11,99	9,98	8,24	7,65	8,23	12,01	13,09	9,68	9,63
<b>Galaxy S</b>	5,71	5,70	1,70	-0,32	2,47	-21,87	14,72	6,28	4,10
<b>Galaxy S Ad</b>	5,94	6,11	1,49	1,57	3,12	-16,88	13,05	6,40	4,03
<b>Galaxy S2</b>	8,30	8,04	3,05	-3,65	4,23	-31,47	17,91	8,19	5,09
<b>Galaxy S4</b>	6,21	6,06	1,92	1,41	3,84	-15,22	12,65	6,17	4,23
<b>iPhone 3GS</b>	6,53	6,17	2,66	3,09	2,51	13,97	8,36	4,39	3,44
<b>iPhone 4</b>	6,04	5,33	3,27	1,51	3,12	13,35	8,47	5,01	5,82
<b>Xperia X10</b>	7,00	5,73	3,91	0,25	1,80	-1,71	15,99	9,02	7,61
<b>A78</b>	8,87	8,34	4,10	3,14	2,20	-1,56	15,84	11,64	7,79



Rezultati za izrađeni model standardnog zaslona pokretnog uređaja metodom polinomne regresije 2. reda ( $\Delta\bar{E}_{00}=7,34$ ) usporedivi su s PLVC modelom. I u ovom slučaju najmanje odstupanje od modela zabilježeno je za uređaj Apple iPad 3 ( $\Delta\bar{E}_{00}=3,85$ ), dok je najviša srednja vrijednost kolorimetrijske razlike izračunata za Sony Xperiu P ( $\Delta\bar{E}_{00}=11,99$ )

Tablica 86. Izračunate vrijednosti  $\Delta E_{00}$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta C$  i  $\Delta H$  odstupanja karakterizacije pojedinih uređaja metodom polinomne regresije 2. reda od evaluacijskog seta empirijskih podataka

PR2	$\Delta E_{00}$ mean	$\Delta E_{00}$ median	$\Delta E_{00}$ stdev	$\Delta L$ mean	$\Delta L$ stdev	$\Delta C$ mean	$\Delta C$ stdev	$\Delta H$ mean	$\Delta H$ stdev
TF101	1,13	0,99	0,73	-0,04	0,85	0,22	1,61	1,05	0,83
TF201	3,21	2,23	3,86	-0,04	1,88	1,46	8,86	3,01	3,63
Nexus 7	1,57	1,30	1,18	0,05	1,34	0,12	2,58	1,26	1,51
HTC One	3,70	3,18	2,77	0,28	2,68	-2,75	9,66	3,51	3,34
HTC One S	3,18	1,79	4,67	-0,18	2,06	0,39	6,67	4,49	7,01
Galaxy S3	3,04	1,74	4,65	-0,12	2,81	2,04	14,33	4,11	5,56
Galaxy TAB2	3,75	1,84	5,42	-0,27	2,56	1,56	6,05	3,95	6,29
Multipad	8,03	4,76	11,09	-0,22	4,29	8,54	32,52	8,38	10,64
iPad 1	1,48	0,79	2,31	-0,07	1,09	0,25	2,53	1,54	2,78
iPad 3	2,06	1,41	2,37	-0,10	1,89	0,93	5,81	1,90	1,99
iPad 4	1,59	1,03	1,97	-0,07	1,25	0,12	3,17	1,58	2,47
Xperia P	10,49	7,81	9,26	-0,07	8,26	5,94	35,35	9,60	10,63
Galaxy S	1,81	1,13	2,56	-0,01	1,15	-0,33	5,07	2,59	3,81
Galaxy S Ad	3,15	1,69	4,81	-0,14	1,85	0,47	7,07	4,53	7,23
Galaxy S2	4,67	2,71	8,39	-0,07	2,16	6,43	18,42	5,99	8,10
Galaxy S4	3,77	2,25	7,27	-0,96	7,10	1,97	10,49	3,00	3,78
iPhone 3GS	3,02	2,04	3,09	-0,09	1,85	0,45	4,76	3,24	3,96
iPhone 4	2,90	1,67	4,27	-0,17	2,31	1,09	5,67	3,34	4,45
Xperia X10	2,96	1,96	3,98	0,02	0,98	1,27	8,14	3,72	4,18
A78	2,93	1,87	3,62	-0,09	2,05	1,31	6,19	3,09	3,91

U usporedbi primjenom neuronske mreže rezultati karakterizacije pojedinih uređaja polinomnom regresijom 2. reda vidljivo su lošiji (Tablica 86). Za razliku od NM i PLVC metoda, srednja vrijednost ni za jedan uređaj ne nalazi se u rasponu  $0 < \Delta E_{00} < 1$ . Ponovno je uočljiv problem s karakterizacijom RGBW zaslona u uređaju Xperia P, koji i u ovom slučaju pokazuje najslabije rezultate karakterizacije.

## 7.14.5 Karakterizacija upotrebom polinomne regresije 3. reda

Tablica 87. Izračunate vrijednosti  $\Delta E_{00}$  odstupanja izrađenog modela standardnog zaslona metodom polinomne regresije 3. reda od evaluacijskog seta empirijskih podataka za sve uređaje

PR3	$\Delta E_{00}$ mean	$\Delta E_{00}$ median	$\Delta E_{00}$ stdev	$\Delta E_{00}$ min	$\Delta E_{00}$ max
<b>Svi podatci</b>	7,25	6,54	3,95	0,33	53,80

Tablica 88. Izračunate vrijednosti  $\Delta L$ ,  $\Delta C$ ,  $\Delta H$  odstupanja izrađenog modela standardnog zaslona metodom polinomne regresije 3. reda od evaluacijskog seta empirijskih podataka za sve uređaje

PR3	$\Delta L$ mean	$\Delta L$ median	$\Delta L$ stdev	$\Delta C$ mean	$\Delta C$ median	$\Delta C$ stdev	$\Delta H$ mean	$\Delta H$ median	$\Delta H$ stdev
<b>Svi podatci</b>	0,36	0,53	5,15	-0,76	2,94	19,68	6,87	5,39	5,92

Tablica 89. Izračunate vrijednosti  $\Delta E_{00}$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta C$  i odstupanja izrađenog modela standardnog zaslona metodom polinomne regresije 3. reda od empirijskih podataka za pojedine uređaje

PR3	$\Delta E_{00}$ mean	$\Delta E_{00}$ median	$\Delta E_{00}$ stdev	$\Delta L$ mean	$\Delta L$ stdev	$\Delta C$ mean	$\Delta C$ stdev	$\Delta H$ mean	$\Delta H$ stdev
<b>TF101</b>	6,86	6,53	2,96	-1,64	2,71	14,27	8,80	7,95	5,49
<b>TF201</b>	9,45	9,20	2,42	-4,62	3,18	19,19	9,94	6,75	4,36
<b>Nexus 7</b>	5,70	5,81	1,99	0,86	3,11	13,00	9,40	2,99	2,18
<b>HTC One</b>	6,70	5,61	3,80	5,04	4,17	-2,43	8,36	6,50	4,67
<b>HTC One S</b>	6,50	6,46	1,91	0,86	2,96	-15,56	14,80	7,34	5,61
<b>Galaxy S3</b>	11,40	11,45	2,96	-9,10	3,15	-30,95	15,35	6,36	4,13
<b>Galaxy TAB2</b>	7,95	7,74	2,94	4,01	3,92	14,15	9,47	6,45	6,19
<b>Multipad</b>	9,73	9,00	3,68	-5,41	2,84	5,68	11,56	10,51	7,06
<b>iPad 1</b>	7,13	6,68	3,29	1,50	3,13	15,15	9,55	7,81	6,70
<b>iPad 3</b>	3,72	3,84	1,38	-1,26	2,30	0,81	6,97	4,31	3,39
<b>iPad 4</b>	3,86	3,90	1,26	2,23	1,94	3,17	3,23	4,21	2,19
<b>Xperia P</b>	11,82	9,60	8,28	7,63	8,23	11,70	13,11	9,36	9,67
<b>Galaxy S</b>	5,78	5,64	1,74	-0,34	2,48	-22,17	14,58	6,38	4,19
<b>Galaxy S Ad</b>	5,96	6,06	1,49	1,55	3,11	-17,18	12,92	6,55	4,07
<b>Galaxy S2</b>	8,25	7,98	3,06	-3,67	4,18	-31,77	17,71	8,19	5,04
<b>Galaxy S4</b>	6,17	6,00	2,00	1,38	3,84	-15,52	12,58	6,20	4,35
<b>iPhone 3GS</b>	6,36	6,27	2,11	3,07	2,48	13,67	7,80	4,20	3,10
<b>iPhone 4</b>	5,90	5,28	3,20	1,49	3,10	13,05	8,46	4,96	5,77
<b>Xperia X10</b>	6,85	5,55	3,80	0,23	1,76	-2,02	15,58	8,84	7,55
<b>A78</b>	8,88	8,27	4,20	3,12	2,21	-1,86	15,49	11,77	7,83

Upotreba polinoma 3. reda rezultirala je daljnjim smanjenjem srednje vrijednosti kolorimetrijske razlike ( $\Delta\bar{E}_{00}=7,25$ ). Kao i do sada, i u ovom slučaju najmanje odstupanje u odnosu na model ima zaslon uređaja Apple iPad 3 ( $\Delta\bar{E}_{00}=3,72$ ), dok Sony Xperia P i dalje pokazuje najviše odstupanje od modela ( $\Delta\bar{E}_{00}=11,82$ )

Tablica 90. Izračunate vrijednosti  $\Delta E_{00}$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta C$  i  $\Delta H$  odstupanja karakterizacije pojedinih uređaja metodom polinomne regresije 3. reda od evaluacijskog seta empirijskih podataka

PR3	$\Delta E_{00}$ mean	$\Delta E_{00}$ median	$\Delta E_{00}$ stdev	$\Delta L$ mean	$\Delta L$ stdev	$\Delta C$ mean	$\Delta C$ stdev	$\Delta H$ mean	$\Delta H$ stdev
TF101	1,43	1,10	1,48	-0,04	1,03	0,02	2,30	1,37	1,69
TF201	1,49	1,26	1,13	-0,01	1,41	-0,27	2,59	0,97	0,91
Nexus 7	1,64	1,35	1,35	0,03	1,44	-0,04	3,33	1,26	1,31
HTC One	2,77	2,13	2,46	-0,21	2,13	1,60	7,91	2,66	2,26
HTC One S	0,34	0,25	0,33	-0,01	0,23	0,16	1,01	0,45	0,48
Galaxy S3	1,59	0,98	1,81	-0,01	0,81	1,90	9,28	2,63	3,64
Galaxy TAB2	0,28	0,16	0,46	0,00	0,18	-0,10	0,62	0,30	0,43
Multipad	2,28	1,09	4,07	-0,12	1,78	0,64	5,10	2,72	5,38
iPad 1	0,40	0,25	0,51	-0,01	0,23	0,00	0,77	0,43	0,55
iPad 3	1,33	0,82	2,12	-0,06	1,13	0,17	2,85	1,42	2,55
iPad 4	0,47	0,38	0,32	0,02	0,34	-0,09	0,98	0,47	0,45
Xperia P	4,84	3,37	4,92	-0,36	3,54	2,80	13,32	4,40	5,01
Galaxy S	1,53	1,03	1,67	-0,01	0,75	0,56	4,38	2,24	2,64
Galaxy S Ad	0,53	0,38	0,53	-0,01	0,30	0,13	1,31	0,73	0,88
Galaxy S2	2,33	1,24	4,61	-0,13	2,54	0,37	8,31	2,76	4,14
Galaxy S4	1,35	0,70	3,09	0,04	1,50	-0,25	5,02	1,37	3,42
iPhone 3GS	1,39	0,90	1,74	0,01	0,78	0,23	2,60	1,54	1,91
iPhone 4	2,85	1,31	5,03	-0,06	2,12	0,04	4,30	3,43	5,97
Xperia X10	2,24	1,42	3,25	0,03	0,91	0,77	5,52	2,77	3,74
A78	1,25	0,79	1,59	0,02	0,60	0,03	2,65	1,47	1,87

Primjena polinoma 3. reda rezultirala je boljim rezultatima pojedinačne karakterizacije uređaja u odnosu na polinom 2. reda, iako su lošiji u odnosu na neuronske mreže. RGBW zaslon u uređaju Sony Xperia P i u ovom slučaju pokazuje najslabije rezultate ( $\Delta\bar{E}_{00}=4,84$ ). Srednja vrijednost kolorimetrijske razlike karakterizacije za 5 uređaja kreće se u rasponu  $0 < \bar{E}_{00} < 1$ .

## 7.14.6 Karakterizacija upotrebom splajn funkcije

Tablica 91. Izračunate vrijednosti  $\Delta E_{00}$  za odstupanje izrađenog splajn modela standardnog zaslona od evaluacijskog seta empirijskih podataka za sve uređaje

Splajn	$\Delta E_{00}$ mean	$\Delta E_{00}$ median	$\Delta E_{00}$ stdev	$\Delta E_{00}$ min	$\Delta E_{00}$ max
<b>Svi podatci</b>	7,21	6,48	3,97	0,28	54,18

Tablica 92. Izračunate vrijednosti  $\Delta L$ ,  $\Delta C$ ,  $\Delta H$  za odstupanje izrađenog splajn modela standardnog zaslona od evaluacijskog seta empirijskih podataka za sve uređaje

Splajn	$\Delta L$ mean	$\Delta L$ median	$\Delta L$ stdev	$\Delta C$ mean	$\Delta C$ median	$\Delta C$ stdev	$\Delta H$ mean	$\Delta H$ median	$\Delta H$ stdev
<b>Svi podatci</b>	0,37	0,58	5,15	-0,78	2,96	19,65	6,81	5,29	5,93

Tablica 93. Izračunate vrijednosti  $\Delta E_{00}$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta C$  i  $\Delta H$  za odstupanje izrađenog splajn modela standardnog zaslona od empirijskih podataka za pojedine uređaje

Splajn	$\Delta E_{00}$ mean	$\Delta E_{00}$ median	$\Delta E_{00}$ stdev	$\Delta L$ mean	$\Delta L$ stdev	$\Delta C$ mean	$\Delta C$ stdev	$\Delta H$ mean	$\Delta H$ stdev
<b>TF101</b>	6,75	6,33	3,01	2,32	2,12	14,34	8,41	7,86	5,52
<b>TF201</b>	9,42	9,15	2,54	4,84	2,83	19,20	9,74	6,74	4,41
<b>Nexus 7</b>	5,63	5,81	2,05	2,46	2,08	13,10	9,06	2,88	2,18
<b>HTC One</b>	6,65	5,42	3,81	5,07	4,12	6,81	5,28	6,45	4,62
<b>HTC One S</b>	6,44	6,37	1,94	2,55	1,71	16,66	13,60	7,20	5,62
<b>Galaxy S3</b>	11,38	11,41	2,99	9,08	3,18	31,03	15,41	6,41	4,10
<b>Galaxy TAB2</b>	7,97	7,84	2,88	4,87	2,78	14,38	8,90	6,41	6,22
<b>Multipad</b>	9,63	8,85	3,81	5,48	2,65	10,39	7,34	10,36	7,19
<b>iPad 1</b>	7,12	6,56	3,26	2,94	1,83	15,15	9,37	7,78	6,70
<b>iPad 3</b>	3,65	3,70	1,35	2,28	1,29	5,34	4,42	4,23	3,35
<b>iPad 4</b>	3,82	3,80	1,31	2,53	1,54	3,72	2,34	4,13	2,28
<b>Xperia P</b>	11,82	9,68	8,26	8,18	7,68	12,49	12,28	9,39	9,60
<b>Galaxy S</b>	5,66	5,63	1,67	2,06	1,35	22,28	14,41	6,18	4,04
<b>Galaxy S Ad</b>	5,87	6,04	1,53	2,82	2,02	17,31	12,74	6,39	3,99
<b>Galaxy S2</b>	8,30	8,01	3,03	4,28	3,58	31,93	17,57	8,21	5,04
<b>Galaxy S4</b>	6,16	5,94	2,00	3,24	2,49	15,96	12,10	6,11	4,35
<b>iPhone 3GS</b>	6,31	6,26	2,11	3,47	1,85	13,70	7,48	4,18	3,12
<b>iPhone 4</b>	5,83	5,19	3,09	2,81	1,90	13,35	7,75	4,82	5,65
<b>Xperia X10</b>	6,89	5,57	3,85	1,44	1,15	13,87	7,32	8,86	7,62
<b>A78</b>	8,81	8,25	4,25	3,29	1,93	13,95	6,64	11,64	7,98

U usporedbi s dosadašnjim modelima karakterizacije, model standardnog zaslona pokretnog uređaja izrađen metodom karakterizacije tankoslojnom (poliharmonijskom) splajn funkcijom ima najmanju srednju vrijednost kolorimetrijske razlike u odnosu na empirijske podatke za sve uređaje ( $\Delta\bar{E}_{00}=7,21$ ). I u ovom slučaju Apple iPad 3 najmanje odstupa od modela ( $\Delta\bar{E}_{00}=3,65$ ) dok model najslabije opisuje reprodukciju na uređaju Sony Xperia P ( $\Delta\bar{E}_{00}=11,82$ ).

Tablica 94. Izračunate vrijednosti  $\Delta E_{00}$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta C$  i  $\Delta H$  za odstupanje karakterizacije pojedinih uređaja metodom poliharmonijske splajn funkcije od evaluacijskog seta empirijskih podataka

Splajn	$\Delta E_{00}$ mean	$\Delta E_{00}$ median	$\Delta E_{00}$ stdev	$\Delta L$ mean	$\Delta L$ stdev	$\Delta C$ mean	$\Delta C$ stdev	$\Delta H$ mean	$\Delta H$ stdev
TF101	0,17	0,13	0,15	0,09	0,07	0,18	0,29	0,18	0,22
TF201	0,41	0,16	1,06	0,30	0,95	0,51	1,67	0,23	0,37
Nexus 7	0,20	0,11	0,25	0,13	0,21	0,21	0,29	0,16	0,18
HTC One	0,42	0,33	0,33	0,26	0,23	0,54	0,58	0,38	0,36
HTC One S	0,07	0,04	0,10	0,04	0,05	0,08	0,16	0,08	0,10
Galaxy S3	0,43	0,36	0,32	0,20	0,18	0,67	0,63	0,63	0,51
Galaxy TAB2	0,03	0,02	0,04	0,01	0,02	0,04	0,05	0,03	0,03
Multipad	0,09	0,06	0,12	0,05	0,06	0,11	0,17	0,09	0,12
iPad 1	0,05	0,03	0,11	0,02	0,03	0,06	0,14	0,05	0,07
iPad 3	0,06	0,04	0,10	0,03	0,04	0,08	0,15	0,06	0,07
iPad 4	0,06	0,04	0,12	0,02	0,03	0,09	0,18	0,08	0,09
Xperia P	0,60	0,43	0,57	0,30	0,29	0,52	0,56	0,63	0,73
Galaxy S	0,46	0,33	0,51	0,16	0,13	0,64	0,83	0,61	0,56
Galaxy S Ad	0,14	0,10	0,15	0,08	0,07	0,19	0,21	0,18	0,22
Galaxy S2	0,51	0,41	0,42	0,25	0,21	0,72	0,66	0,67	0,62
Galaxy S4	0,16	0,11	0,23	0,09	0,09	0,21	0,36	0,16	0,21
iPhone 3GS	0,09	0,08	0,08	0,05	0,05	0,09	0,10	0,10	0,11
iPhone 4	0,45	0,08	1,45	0,23	0,87	0,37	1,45	0,49	1,57
Xperia X10	0,17	0,12	0,18	0,08	0,09	0,22	0,28	0,20	0,22
A78	0,14	0,11	0,11	0,07	0,05	0,16	0,19	0,16	0,15

Rezultati pojedinačne karakterizacije metodom poliharmonijskih splajn funkcija pokazuju značajno poboljšanje u usporedbi sa svim prethodnim metodama karakterizacije. Prosječna kolorimetrijska razlika za sve uređaje kreće se između  $0,03 < \Delta\bar{E}_{00} \leq 0,60$ , a za većinu uređaja (13) srednja vrijednost kolorimetrijske razlike ne prelazi 0,20.

## 7.14.7 Usporedba generiranih modela prosječnog uređaja

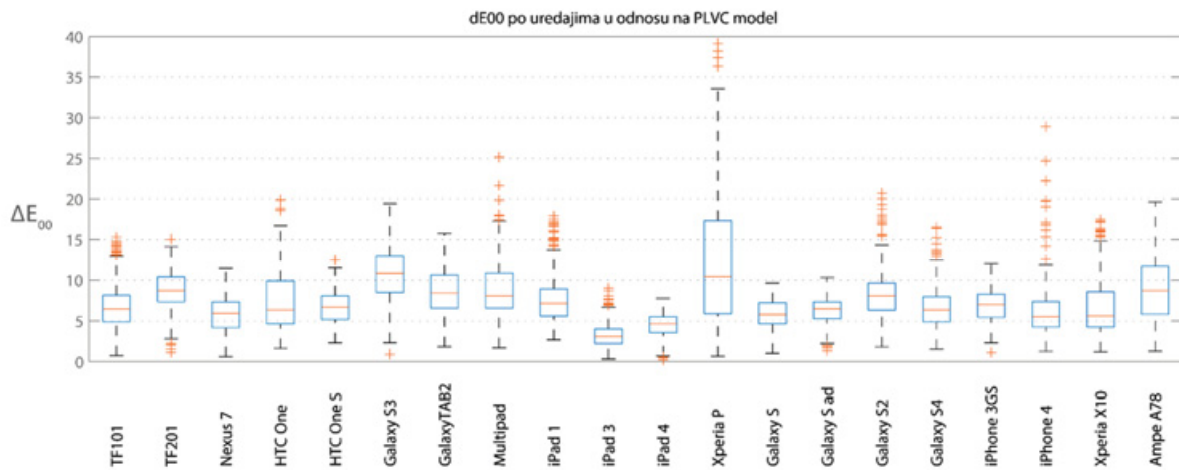
Tablica 95. Izračunate vrijednosti  $\Delta E_{00}$  odstupanja izrađenih modela standardnog zaslona pokretnog uređaja od empirijskih podataka za sve uređaje

Model	$\Delta E_{00}$ mean	$\Delta E_{00}$ median	$\Delta E_{00}$ stdev	$\Delta E_{00}$ min	$\Delta E_{00}$ max
sRGB	10,81	9,90	5,61	0,00	55,86
PLVC	7,37	6,79	3,87	0,06	56,56
NM 20	7,42	6,63	4,05	0,24	55,90
PR2	7,34	6,61	3,97	0,36	54,81
PR3	7,25	6,54	3,95	0,33	53,80
Splajn	7,21	6,48	3,97	0,28	54,18

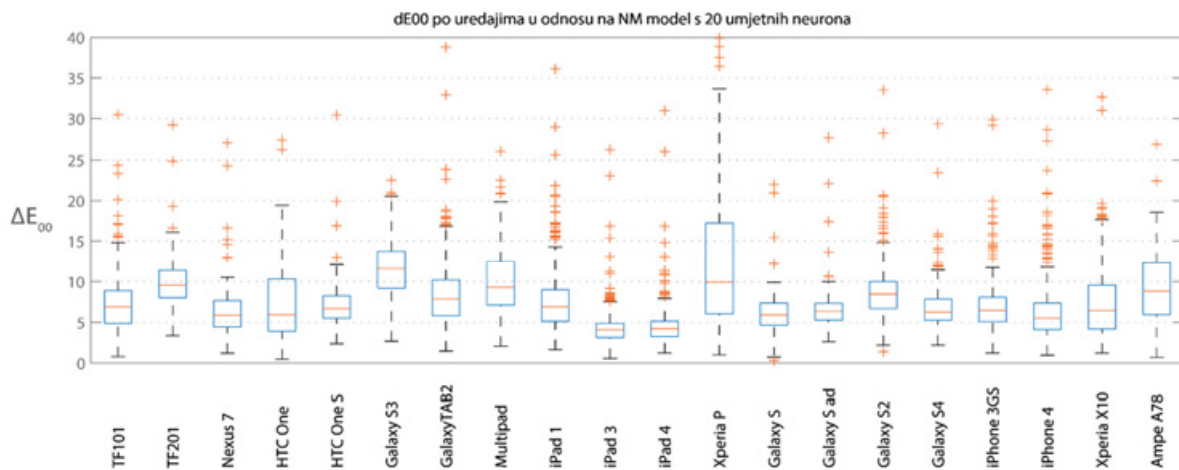
Tablica 96. Izračunate vrijednosti  $\Delta L$ ,  $\Delta C$ ,  $\Delta H$  odstupanja izrađenih modela standardnog zaslona pokretnog uređaja od empirijskih podataka za sve uređaje

Model	$\Delta L$ mean	$\Delta L$ median	$\Delta L$ stdev	$\Delta C$ mean	$\Delta C$ median	$\Delta C$ stdev	$\Delta H$ mean	$\Delta H$ median	$\Delta H$ stdev
sRGB	-1,50	-0,92	5,65	-7,35	-3,97	22,17	13,72	11,75	10,07
PLVC	1,29	1,55	5,18	-1,03	2,86	19,68	6,91	5,48	5,89
NM 20	0,43	0,61	5,18	-1,18	2,75	19,84	7,05	5,56	6,01
PR2	0,38	0,53	5,16	-0,44	3,23	19,79	6,95	5,53	5,91
PR3	0,36	0,53	5,15	-0,76	2,94	19,68	6,87	5,39	5,92
Splajn	0,37	0,58	5,15	-0,78	2,96	19,65	6,81	5,29	5,93

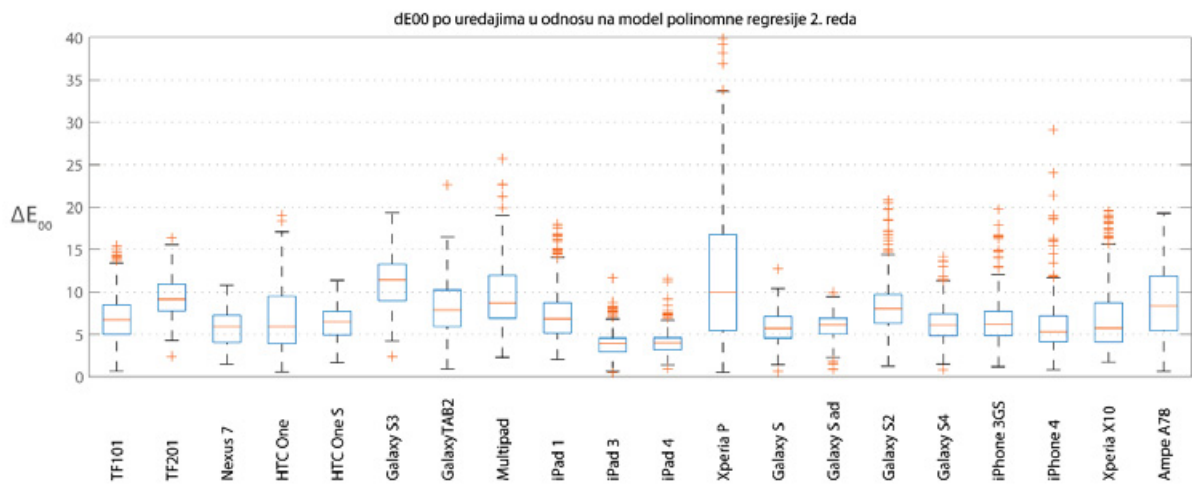
Za potrebe opisa prosječnog uređaja koji ima najmanje odstupanje u odnosu na empirijske vrijednosti za 20 uređaja koji su sudjelovali u eksperimentu, svaki od evaluiranih modela karakterizacije ponudio je bolje rezultate u usporedbi sa sRGB modelom. Srednja vrijednost kolorimetrijske razlike najpreciznijeg među generiranim modelima, poliharmonijske splajn funkcije ( $\Delta E_{00}=7,21$ ), predstavlja poboljšanje od 33,3% u odnosu na srednju vrijednost sRGB modela ( $\Delta E_{00}=10,81$ ). Male razlike u vrijednostima za izrađene modele ukazuju na to da je postignuta donja granicu prosječne kolorimetrijske razlike s obzirom na neovisne varijable na osnovi kojih je izrađena karakterizacijska funkcija. Iako PLVC predstavlja najoptimalniji model s obzirom na procesorske zahtjeve i potreban broj mjerenih uzoraka, s obzirom na primjenu modela u okviru ovog rada, generiranja optimizirane palete boja, koristit će se splajn model koji ima najmanju vrijednost kolorimetrijske razlike.



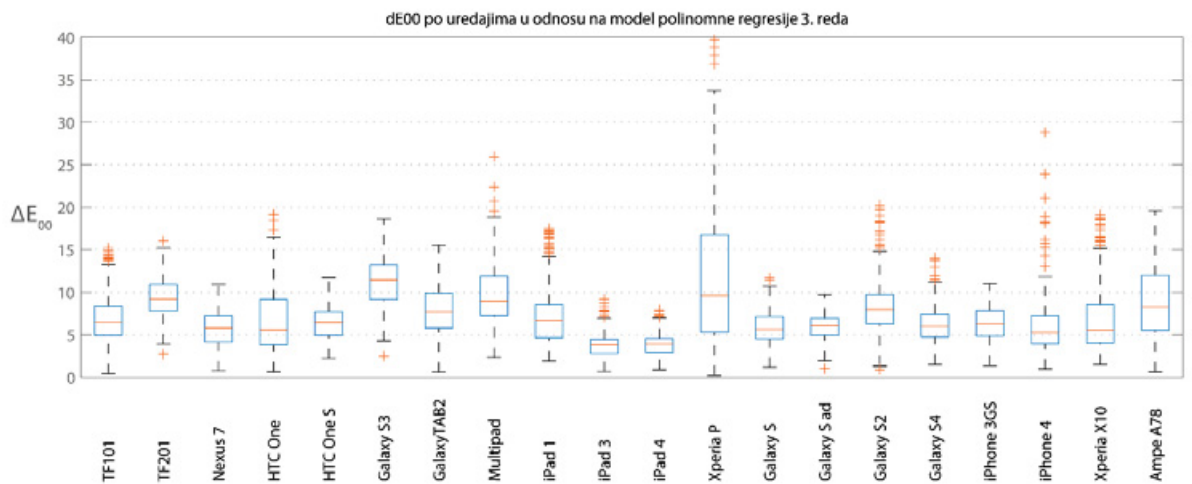
Slika 39. Box-plot dijagram odstupanja izrađenog PLVC modela standardnog zaslona pokretnog uređaja od empirijskih vrijednosti za pojedine uređaje



Slika 40. Box-plot dijagram odstupanja izrađenog NM modela standardnog zaslona pokretnog uređaja s 20 umjetnih neurona u skrivenom sloju od empirijskih vrijednosti za pojedine uređaje

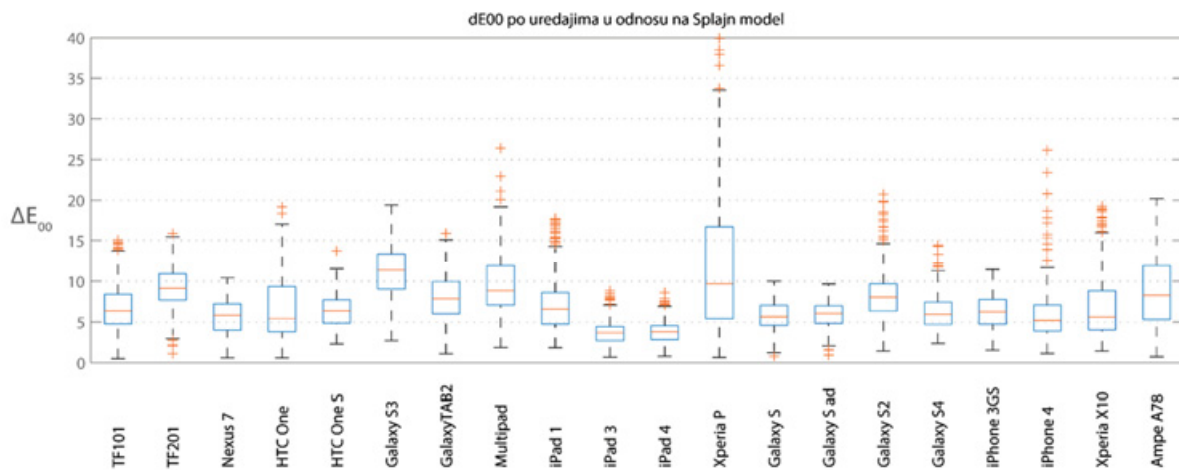


Slika 41. Box-plot dijagram odstupanja izrađenog modela standardnog zaslona pokretnog uređaja metodom polinomne regresije 2. reda od empirijskih vrijednosti za pojedine uređaje



Slika 42. Box-plot dijagram odstupanja izrađenog modela standardnog zaslona pokretnog uređaja metodom polinomne regresije 3. reda od empirijskih vrijednosti za pojedine uređaje





Slika 43. Box-plot dijagram odstupanja izrađenog splajn modela standardnog zaslona pokretnog uređaja od empirijskih vrijednosti za pojedine uređaje

## 8. Optimizacija paleta boja za reprodukciju na zaslonima pokretnih uređaja

Uloga boja u GKS može biti višeznačna te ju je moguće rabiti kao sredstvo za prijenos informacija, za hijerarhijsku organizaciju i grupiranje elemenata na zaslonu, kao sredstvo privlačenja pozornosti ili radi poboljšanja estetskog doživljaja. U kontekstu oblikovanja sustava za PK, neke od navedenih uloga opisane su u poglavljima 3., 4. i 5. Paleta boja rabljena za oblikovanje GKS podrazumijeva ograničen set boja kojima se dizajner koristi za izradu grafičkih reprezentacija na zaslonu uređaja. Broj boja u paleti može biti ograničen mogućnostima sustava ili zahtjevima projekta. Pri uporabi boja iz palete potrebno je uzeti u obzir da na percepciju određene boje utječu čimbenici poput okolnih boja, dimenzija obojane površine i uvjeta promatranja [189]. Stoga se dizajner, prigodom uporabe reducirane palete, treba osloniti na vlastito poznavanje materije korištenja bojom u oblikovanju i pridržavati se općenitih smjernica uporabe boja za oblikovanje GKS, koje su detaljno razrađene u postojećoj literaturi [189]. Za oblikovanje GKS preporučuje se upotreba palete s ograničenim brojem tonova, kako bi se zadržala konzistentnost izgleda [189], [190]. Oslanjajući se na principe harmonije boja, moguće je odabrati kolorističke kombinacije koje će biti funkcionalne i estetski privlačne [191].

Ware [137] smatra da je prije određivanja palete boja potrebno razmotriti cijeli niz perceptualnih faktora: distinkciju, jedinstvene tonove, kontrast s pozadinom, poremećaje doživljaja boja, broj boja, veličinu polja i konvencije. Wareove smjernice prvenstveno su usmjerene na primjenu u informacijskom dizajnu, gdje je vrlo važna distinkcija između različitih tonova, dovoljan kontrast i pristupačnost palete većini korisnika. Bitan čimbenik kod odabira palete predstavlja mogućnost pravilnog imenovanja boja, osobito onih namijenjenih primjeni u stvaranju informativnih sadržaja. Boje koje je lako imenovati bolje se pamte i omogućuju lakšu komunikaciju s grafičkim elementima koji se njima koriste. Smatra se da su trenirani stručnjaci za procjenu boja u mogućnosti razlučiti oko 1 milijun boja, dok običan promatrač može razaznati oko 20 tisuća različitih tonova [192]. Međutim, ljudska mogućnost kategorizacije boja prema tek zamjetljivoj razlici (*Just noticeable difference*, JND) značajno se razlikuje od kategorizacije boja prema pamćenju. Relativistička teorija percepcije boja zastupa stajalište da je kategorizacija boja arbitrarna i ovisna o kulturološkim i sociološkim aspektima

svake jezične skupine, poznata i kao Sapir-Whorfijaska hipoteza [193]. Suprotno relativističkoj definiciji kategorizacije boja jest univerzalistička, čiji pobornici smatraju da postoji univerzalna kategorizacija neovisna o jezičnim i kulturološkim razlikama. Značajan prilog ovoj teoriji daje istraživanje koje su proveli Berlin i Kay na pojedincima iz 20 različitih govornih područja, rabeći 320 uzoraka Munsellovog prostora boja [194]. Istraživanjem su utvrdili postojanje žarišta, odnosno fokusa, kojima su ispitanici težili kada je od njih zatraženo da označe najbolju reprezentaciju određenog imena boje. Također su utvrdili da se osnovno nazivlje boja svih istraživanih jezika zasniva na 11 perceptualnih kategorija: crne, bijele, crvene, zelene, žute, plave, smeđe, ljubičaste, ružičaste narančaste i sive. Tendencija rasporeda i prisjećanja boja prema ovoj kategorizaciji potvrđena je i drugim istraživanjima [195], [196]. Boynton ih naziva bojama koje je „gotovo nemoguće zamijeniti“ [197].

Potrebno je da opseg palete boja u grafičkim znakovnim sustavima za PK zadovoljava zahtjeve oblikovanja grafičkih znakova, grafičkog korisničkog sučelja i vizualne kategorizacije bojom. S obzirom na činjenicu da reprezentacije na grafičkim znakovima u većini slučajeva predstavljaju objekte i subjekte iz stvarnoga svijeta, u paleti bi trebali biti zastupljeni tonovi kojima se može koristiti za njihovu pravilnu reprezentaciju. Međutim, budući da velik broj boja može prouzročiti i opterećenje u perceptivnoj i kognitivnoj obradi slikovnih informacija [17], broj različitih tonova u paleti potrebno je svesti na najmanju funkcionalnu mjeru. Ranije navedenih 11 perceptualnih kategorija moguće je prihvatiti kao minimalan broj boja kojima čovjek može opisati svijet oko sebe. Kao što je ustanovljeno analizom setova grafičkih znakova za PK u 4. poglavlju, u paleti se trebaju rabiti pretežno zasićene boje.

U domeni konstrukcije paleta boja razlikujemo računalno generirane i subjektivno odabrane palete. U slučaju računalno generiranih paleta, na osnovi unesenih podataka računalo pomoću algoritma odabire vrijednosti boja palete. Utjecaj korisnika na značajke generirane palete određen je uporabljenim algoritmom. Subjektivno odabrane palete produkt su korisnikovog direktnog određivanja vrijednosti boja koje sačinjavaju paletu. Boje mogu biti odabrane na osnovi korisnikova znanja, rezultata subjektivnih procjena ili dostupnih slikovnih materijala. Korisnik vrijednosti palete može unositi u formi koordinata u prostoru boja, tekstualnog opisa, uporabom alata za odabir vrijednosti u vizualnoj reprezentaciji prostora boja ili odabirom vrijednosti slikovnog elementa koji služi kao predložak za konstrukciju palete. Dosadašnji radovi u području računalnoga generiranja paleta uglavnom su usmjereni na razvoj paleta za uporabu za prezentaciju sadržaja u području informacijskog dizajna [198]–[202].

## **8.1 Model procesa generiranja i optimizacije palete boja na osnovi najmanjeg odstupanja karakterizacijskog modela standardnoga zaslona pokretnog uređaja**







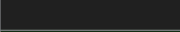



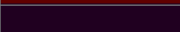




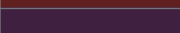




U sljedećem tekstu opisan je predloženi model procesa generiranja i optimizacije palete boja na osnovi najmanjeg odstupanja karakterizacijskog modela standardnog zaslona pokretnog uređaja od vrijednosti evaluiranih uređaja. Slika 44 predstavlja shematski prikaz procesa generiranja i optimizacije palete u sklopu ovog modela.

Generiranje paleta u ovom radu usmjereno je na odabir ulaznih vrijednosti koje imaju optimalnu reprodukciju na zaslonima različitih pokretnih uređaja. Budući da je u prethodnom poglavlju definiran model standardnog zaslona pokretnog uređaja, ulazna vrijednost s optimalnom reprodukcijom u kontekstu ovog rada jest ona RGB vrijednost za koju izlazna vrijednost predviđena modelom ima najmanju srednju vrijednost kolorimetrijske razlike u odnosu na izlazne vrijednosti za sve uređaje na osnovi kojih je model izgrađen. S obzirom da bi palete generirane isključivo po principu najmanjih srednjih vrijednosti kolorimetrijske razlike između modela standardnoga zaslona i svih mjerenih uređaja značajno ograničile mogućnosti oblikovanja (Tablica 97, Tablica 98), potrebno je u procesu generiranja i optimizacije palete omogućiti određeni stupanj kontrole. Zbog razlika u značajkama paleta s obzirom na namjenu aplikacije, njezin sadržaj, značajke GKS-a i ciljanu publiku, dizajner ili razvijatelj ima zadatak određivanja osnovnih parametara palete, poput broja jedinstvenih tonova obuhvaćenih paletom i međusobnih odstupanja boja u odnosu na svjetlinu i zasićenje te na dozvoljeno odstupanje optimizacije u odnosu na željene vrijednosti. Na taj način unutar prostora boje određuju se referentne koordinate iz kojih se odvija proces optimizacije te granica dozvoljenog odstupanja optimiziranih ulaznih vrijednosti od onih koje se nalaze u referentnim točkama.





















HSL prostor boja, opisan u 7. poglavlju, rabi se za određivanje referentnih točaka i područja optimizacije. Budući da je ljudima lakše opisivati boje u domenama tona, zasićenja i luminacije [189], HSL predstavlja bolji odabir za potrebe kreiranja paleta u usporedbi s RGB prostorom boja te je često rabljen za potrebe računalno generiranih paleta [202]–[204] ili u obliku alata za ručni odabir boja unutar računalnih programa za grafičku obradu [191]. Segmentiranjem perceptualno uniformnih prostora boja, poput CIELUV i CIELAB, može doći do situacije da se referentne točke nalaze izvan gamuta koji je moguće reproducirati na pokretnim uređajima.

Budući da je HSL prostor boja ovisan o uređaju, sve vrijednosti obuhvaćene ovim modelom moguće je reproducirati pomoću suvremenih pokretnih uređaja sa zaslonima u boji.

Tablica 97. 20 od 729 mjerenih ulaznih vrijednosti koje imaju najmanju vrijednost srednje kolorimetrijske razlike između vrijednosti predviđenih modelom prosječnog zaslona i empirijskih podataka za sve uređaje

	R	G	B	$\Delta E_{90}$
	0	0	0	0,81
	0	0	32	2,35
	64	0	0	2,64
	32	0	0	2,77
	64	64	96	2,85
	0	0	64	2,94
	32	32	64	3,10
	32	32	32	3,17
	0	32	0	3,17
	192	192	224	3,21
	192	192	255	3,23
	96	0	0	3,34
	32	0	32	3,36
	224	224	255	3,39
	32	0	64	3,39
	0	32	64	3,50
	64	32	0	3,53
	96	32	32	3,58
	64	32	64	3,70
	128	0	0	3,73

Tablica 98. 20 od 729 mjerenih ulaznih vrijednosti koje imaju najveću vrijednost srednje kolorimetrijske razlike između vrijednosti predviđenih modelom prosječnog zaslona i empirijskih podataka za sve uređaje

	R	G	B	$\Delta E_{90}$
	0	64	255	9,26
	32	64	255	8,90
	0	0	255	8,81
	0	32	255	8,79
	64	255	192	8,78
	255	32	96	8,74
	0	255	192	8,73
	255	192	192	8,71
	96	255	192	8,69
	32	255	192	8,61
	64	64	255	8,58
	32	32	255	8,58
	32	0	255	8,57
	64	32	255	8,53
	96	0	255	8,51
	255	0	96	8,49
	128	255	192	8,44
	64	0	255	8,41
	96	255	224	8,35
	128	255	224	8,35

Kontrola generiranja i optimizacije palete boja u predloženom modelu omogućena je određivanjem faktora segmentacije (FS), područja optimizacije (P) i vrijednosti jediničnog pomaka (R).

Kut pomaka između referentnih točaka za vrijednost tona određen je faktorom segmentacije HSL prostora (FS). Vrijednost faktora segmentacije određuje broj referentnih točaka, a kut pomaka u tonu jednak je između susjednih referentnih točaka za jednake vrijednosti luminacije i zasićenja. Faktorom segmentacije također se ravnomjerno razdjeljuju L i S osi HSL prostora, čime je ujedno određen i broj boja u generiranoj paleti. Budući da ovom metodom segmentacije

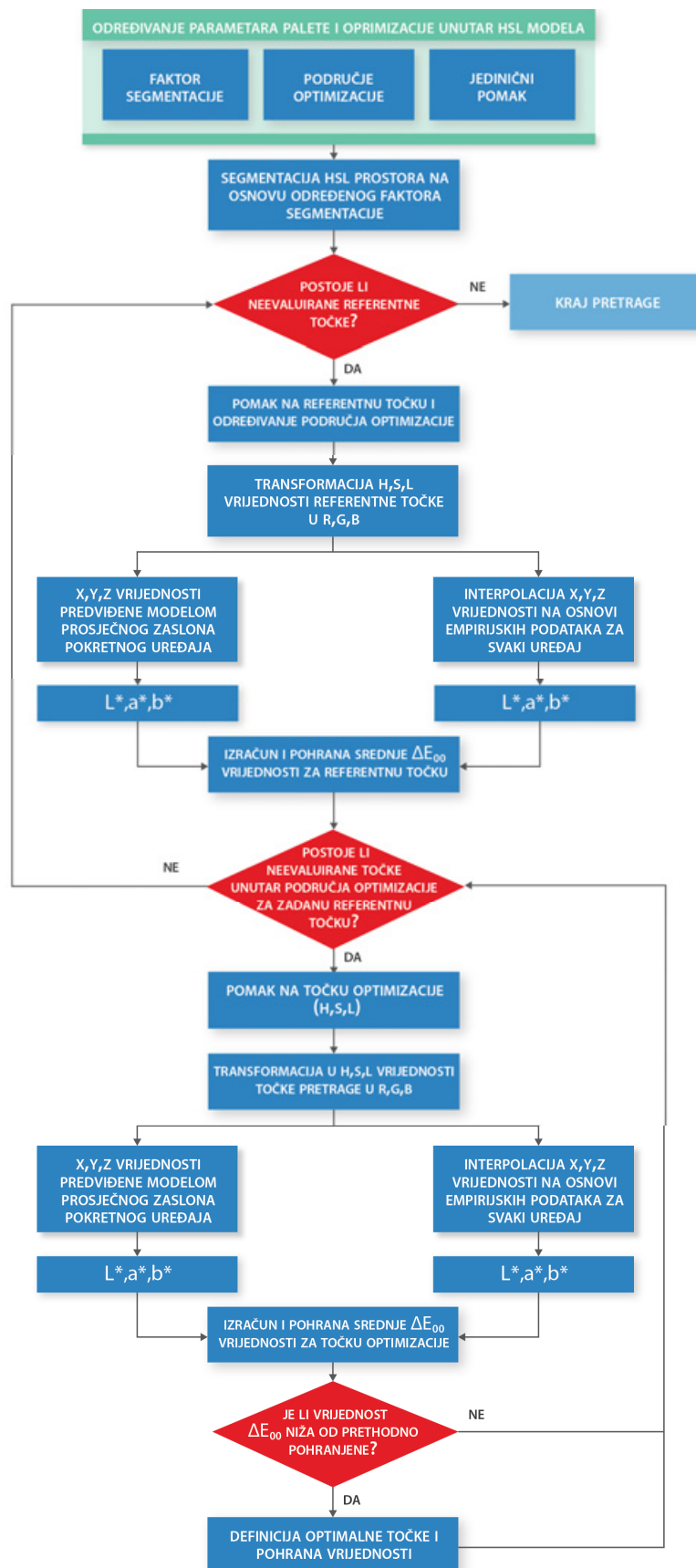
ukupan broj boja u generiranoj paleti može premašiti potreban broj s obzirom na namjenu, moguća je njihova naknadna redukcija, ovisno o potrebama palete.

Vrijednost područja optimizacije (P) određuje maksimalno odstupanje koje optimizirana boja u paleti može imati po svakoj osi HSL prostora boja u odnosu na referentnu točku. Velikim širenjem područja optimizacije optimizirana vrijednost u paleti može značajno odstupati od referentne vrijednosti. Ukoliko se područja pretrage za dvije ili više točaka preklapaju, postoji opasnost od ponavljanja istih optimiziranih vrijednosti u paleti.

Vrijednost jediničnog pomaka (R) određuje interval između trenutne i sljedeće točke optimizacije. Povećanjem vrijednosti jediničnog pomaka smanjuje se razlučivost optimizacije za određeno područje, čime su određene ulazne vrijednosti izostavljene iz procesa optimizacije. S obzirom da je velika vjerojatnost da vrijednosti izračunatih kolorimetrijskih razlika za dvije susjedne točke nemaju značajno odstupanje te s obzirom na procesorske zahtjeve obrade podataka, kod paleta s visokim vrijednostima faktora segmentacije, umjerenim smanjenjem razlučivosti omogućuje se skraćanje vremena optimizacije.

Na osnovi odabranih parametara segmentacije HSL prostora, granica prostora pretrage u odnosu na referentnu točku i iznos jediničnog pomaka unutar prostora pretrage, pretražuju se R,G,B vrijednosti čije izlazne vrijednosti predviđene modelom standardnog zaslona pokretnog uređaja imaju najmanju srednju vrijednost kolorimetrijske razlike u usporedbi s empirijskim podacima mjerenih uređaja za jednaku ulaznu vrijednost.

Određivanje parametara generirane palete ovisi o njezinoj primjeni. Za primjene u kojima se rabi izrazito ograničen broj boja za koje je važno da imaju što manja odstupanja prikaza na različitim pokretnim uređajima, poput paleta za vizualizaciju podataka u informacijskom dizajnu, moguće je odabrati nisku vrijednost faktora segmentacije, koji bi omogućio veći prostor pretrage uz zadržavanje dovoljne udaljenosti između vrijednosti za generirane boje te samim time osigurao njihovu bolju diskriminaciju.



Slika 44. Model procesa generiranja optimizirane palete na osnovi najmanjeg odstupanja karakterizacijskog modela standardnoga zaslona pokretnog uređaja

Za početnu optimiziranu vrijednost palete model uzima vrijednost referentne točke za koju se radi optimizacija. Za slučaj kada je  $P=0$  ili  $R>P$ , generirana paleta sadrži isključivo vrijednosti referentnih točaka. Postupak izračuna vrijednosti srednje kolorimetrijske razlike za referentnu točku ili svaku točku u HSL prostoru koja je uključena u optimizaciju započinje transformacijom njezine HSL vrijednosti u RGB. Na osnovi RGB vrijednosti određuju se X,Y,Z vrijednosti predviđene modelom i za svaki evaluirani pokretni uređaj. Za potrebu evaluacije ulaznih vrijednosti koje nisu obuhvaćene empirijskim podacima za uređaje, vrijednosti X, Y, Z za pojedini uređaj izračunavaju se interpolacijom kubnim splajnom iz empirijskih podataka. Potom slijedi transformacija X,Y,Z vrijednosti u  $L^*a^*b^*$  prostor boja, pri čemu je korištena bijela točka standardiziranog izvora E čije su koordinate kromatičnosti  $x,y(0,33, 0,33)$ . Na osnovi  $L^*a^*b^*$  koordinata za određenu ulaznu vrijednost izračunava se kolorimetrijska razlika između vrijednosti predviđene modelom i vrijednosti za pojedini evaluirani pokretni uređaj. Izračunata srednja vrijednost odstupanja modela od vrijednosti za svaki evaluirani uređaj i R,G,B vrijednosti za referentnu točku pohranjuju se u dokument palete.

Algoritam potom prelazi na iduću točku u prostoru optimizacije, za koju istim postupkom izračunava srednju vrijednost kolorimetrijske razlike. Ova vrijednost uspoređuje se s prethodno pohranjenom. Ukoliko je srednja vrijednost trenutne točke za koju se vrši proces optimizacije manja od one prethodno pohranjene unutar istog područja pretrage, postaje nova optimizirana vrijednost za zadanu referentnu točku i njezini podaci se pohranjuju na mjesto dotadašnjih. U protivnom, prethodno pohranjena vrijednost ne mijenja se. Potom slijedi prelazak na novu točku evaluacije. Nakon što se navedeni postupak provede za sve točke koje su određene područjem optimizacije i jediničnim pomakom, proces optimizacije za određenu referentnu točku završen je i započinje proces optimizacije za sljedeću referentnu točku.

Kada se optimiziraju sve referentne točke zadane faktorom segmentacije, proces optimizacije palete dovršen je. Dobivenu paletu moguće je naknadno reducirati eliminirajući vrijednosti za pojedine referentne točke s obzirom na L, S i H domenu.

## 8.2 Eksperimentalni dio

Na osnovi predloženog modela generiranja optimizirane palete izrađen je algoritam koji je implementiran u računalni program MATLAB. Za potrebe provedbe eksperimenta rabljen je model standardnog zaslona pokretnog uređaja dobiven metodom karakterizacije tankoslojnim



splajnom, opisan u 7. poglavlju ovog rada. Za optimizaciju palete rabljeni su empirijski podaci 20 uređaja koji su sudjelovali u procesu izrade modela.

Za potrebe eksperimenta generirane su palete za tri skupine, klasificirane prema faktoru segmentacije:

Skup paleta A: FS=5, R=1, P=0-14

Skup paleta B: FS=8, R=3, P=0-18

Skup paleta C: FS=12, R=3, P=0-9

Kako bi se promatrao utjecaj područja pretrage na srednju vrijednost kolorimetrijske razlike, palete u svakom skupu generirane su iterativno, postupnim povećavanjem područja pretrage (korak pretrage). Područje pretrage za prvu paletu u skupu iznosi  $P=0$ , dok za iduće palete područje pretrage iznosi  $0 \leq P_k \leq P_{\text{imax}}+1$ , gdje je  $P_k$  područje pretrage za paletu koraka pretrage  $k$ , dok je  $P_{\text{imax}}$  maksimum područja pretrage za prethodno generiranu paletu.

Za potrebe izrade grafičkih znakova za osobe sa SKP skupovi paleta B i C naknadno su reducirani na rezultate za referentne točke koje se za vrijednosti svih 8, odnosno 12 tonova nalaze najbliže pozicijama  $S=0,5$  i  $S=1,0$  za  $L=0,25$ ,  $L=0,50$  i  $L=0,75$ . U paletu su također ubrojene i akromatske boje ( $S=0$ ) za referentne točke najbliže pozicijama  $L=0$ ,  $L=0,25$ ,  $L=0,50$ ,  $L=0,75$  i  $L=1$ .

Proces optimizacije palete evaluiran je na temelju izračunatih prosjeka srednjih vrijednosti kolorimetrijskih razlika za svaku optimiziranu referentnu točku u paleti.

## 8.3 Rezultati i diskusija

### 8.3.1 Skup paleta A

Tablica 99. Izračunati prosjeci srednjih vrijednosti kolorimetrijskih razlika optimiziranih vrijednosti u paletama skupa A za 15 različitih područja optimizacije.

Paleta B	Kompletna (122 boje)	
	$\Delta E_{00}$ mean	$\Delta E_{00}$ median
0.	5,36	5,44
1.	5,33	5,41
2.	5,30	5,40
3.	5,27	5,39
4.	5,24	5,36
5.	5,22	5,30
6.	5,19	5,26
7.	5,16	5,25
8.	5,14	5,22
9.	5,11	5,21
10.	5,09	5,21
11.	5,06	5,21
12.	5,04	5,21
13.	5,01	5,20
14.	4,98	5,20

Iz rezultata za skup paleta A (Tablica 99) uočljivo je da srednja vrijednost kolorimetrijske razlike opada s povećanjem područja optimizacije. Izračunate prosječne vrijednosti kreću se od  $\Delta \bar{E}_{00}=5,36$  za paletu bez optimizacije (P=0) do  $\Delta \bar{E}_{00}=4,98$  za optimiziranu paletu u 14. koraku (P=14). Uočljiva je i linearna ovisnost smanjenja prosjeka srednjih vrijednosti kolorimetrijskih razlika s povećanjem područja pretrage (Slika 45).



Slika 45. Ovisnost srednje vrijednosti kolorimetrijske razlike o području optimizacije za skup paleta A

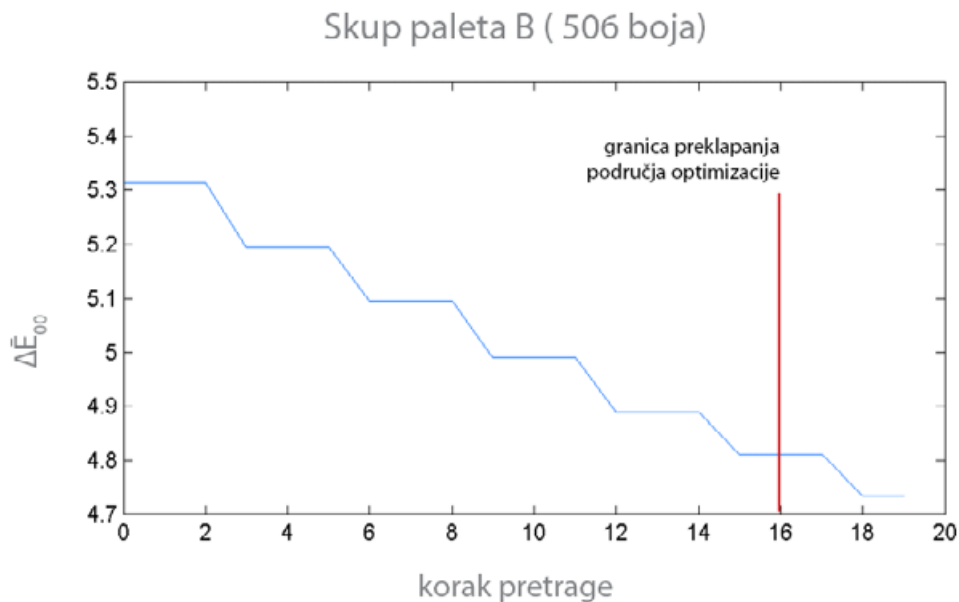
### 8.3.2 Skup paleta B

Tablica 100. Izračunati prosjeci srednjih vrijednosti kolorimetrijskih razlika optimiziranih vrijednosti u paletama skupa B za 7 različitih područja optimizacije.

Paleta B	Kompletna (506 boja)		Reducirana (53 boje)		
	Korak pretrage	$\Delta E_{00}$ mean	$\Delta E_{00}$ median	$\Delta E_{00}$ mean	$\Delta E_{00}$ median
<b>0.</b>		5,31	5,47	5,69	5,85
<b>3.</b>		5,19	5,38	5,55	5,79
<b>6.</b>		5,09	5,25	5,44	5,66
<b>9.</b>		4,99	5,12	5,32	5,46
<b>12.</b>		4,89	4,96	5,22	5,19
<b>15.</b>		4,81	4,83	5,14	5,16
<b>18.</b>		4,74	4,77	5,04	5,15

Iz rezultata za skup paleta B (Tablica 100) također je uočljivo da srednja vrijednost kolorimetrijske razlike opada s povećanjem područja optimizacije, za kompletnu i reduciranu paletu. Razlike u prosjecima srednjih vrijednosti kolorimetrijske razlike za kompletnu i reduciranu paletu u početnom koraku ( $P=0$ ) proizlaze iz činjenice da reducirana paleta sadrži veći udio vrijednosti u područjima visoke zasićenosti, koje imaju visoka odstupanja između vrijednosti predviđenih modelom i empirijskih mjerenja za sve uređaje (Tablica 98). Izračunate prosječne vrijednosti kreću se od  $\Delta \bar{E}_{00}=5,31$  za kompletnu paletu bez optimizacije ( $P=0$ ) do

$\Delta\bar{E}_{00}=4,74$  za optimiziranu paletu u 18. koraku ( $P=18$ ). U slučaju reducirane palete raspon vrijednosti kreće se od  $\Delta\bar{E}_{00}=5,69$  za kompletnu paletu bez optimizacije ( $P=0$ ) do  $\Delta\bar{E}_{00}=5,04$  za optimiziranu paletu u 18. koraku ( $P=18$ ). Za skup paleta s faktorom segmentacije  $FS=8$  dolazi do preklapanja područja optimizacije za  $P>15$ . Ponovno je uočljiva linearna ovisnost smanjenja prosjeka srednjih vrijednosti kolorimetrijskih razlika s povećanjem područja optimizacije (Slika 46, Slika 48). Nazubljenost linije proizlazi iz činjenice da je vrijednost jediničnog pomaka  $R=3$  te se promjene u optimizaciji događaju za svaki treći korak. Slika 47 prikazuje promjene ulaznih vrijednosti reducirane palete, ovisno o koraku optimizacije. Posebno su uočljive promjene u narančastim, plavozelenim i ljubičastim tonovima, čak i u početnim koracima optimizacije.

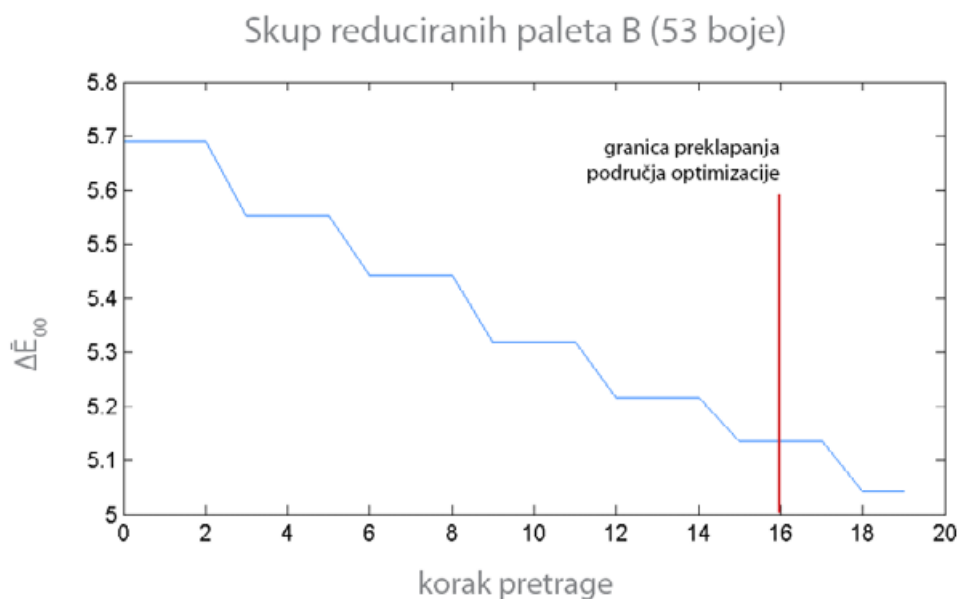


Slika 46. Ovisnost srednje vrijednosti kolorimetrijske razlike o području optimizacije za skup kompletnih paleta B

R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	64	64	65	63	63	65	62	62	66	62	62	67	62	61	68	61	60	68	61	59
128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128
191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191
255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255
96	32	32	101	37	33	102	42	32	102	42	32	99	29	29	99	29	29	99	29	29
191	64	64	193	71	62	194	80	61	193	90	62	197	114	82	199	118	86	194	124	73
223	159	159	225	164	164	226	172	168	228	173	173	228	173	173	228	173	173	223	186	159
128	0	0	128	0	0	128	0	0	128	0	0	128	0	0	128	0	0	128	0	0
255	0	0	255	24	6	255	29	12	255	31	14	255	57	24	255	45	29	255	82	36
255	128	128	255	137	128	255	137	128	255	153	125	255	162	125	255	171	124	255	181	123
96	80	32	96	80	32	96	80	32	96	80	32	96	80	32	96	80	32	96	80	32
191	159	64	193	170	68	194	181	73	196	183	77	197	185	82	197	185	82	177	197	82
223	207	159	225	209	164	226	212	168	226	212	168	226	212	168	226	212	168	226	212	168
128	96	0	128	96	0	128	96	0	128	123	0	123	128	0	123	128	0	161	166	0
255	191	0	255	211	5	255	231	9	255	250	14	248	255	24	248	255	30	248	255	36
255	223	128	255	233	127	255	242	126	255	252	125	254	255	125	254	255	124	255	255	123
64	96	32	64	96	32	64	96	32	64	96	32	64	96	32	64	96	32	64	96	32
128	191	64	131	193	68	134	194	73	137	197	76	140	200	79	140	200	79	139	200	79
191	223	159	194	225	164	197	226	168	200	228	173	203	229	177	206	231	182	206	231	182
64	128	0	64	128	0	64	128	0	64	128	0	64	128	0	64	128	0	64	128	0
128	255	0	131	255	6	134	255	12	137	255	18	140	255	24	143	255	30	146	255	36
191	255	128	191	255	127	191	255	126	191	255	125	191	255	125	191	255	124	191	255	123
32	96	48	32	96	48	32	96	48	32	96	48	32	96	48	32	96	48	32	96	48
64	191	96	67	194	108	67	194	108	77	196	107	77	196	107	77	196	107	77	196	107
159	223	175	164	225	179	168	226	183	173	228	187	177	229	190	182	231	211	186	232	217
0	128	32	0	128	32	0	141	34	0	148	35	0	155	36	0	162	37	0	169	50
0	255	64	5	255	85	5	255	85	18	255	77	21	255	80	21	255	80	21	255	80
128	255	159	127	255	159	126	255	159	125	255	158	125	255	158	124	255	158	124	255	158
32	96	96	32	91	96	32	87	96	32	82	96	29	79	99	32	73	96	32	69	96
64	191	191	62	184	193	62	184	193	59	167	196	72	165	201	80	161	205	78	152	207
159	223	223	163	221	225	167	219	227	171	217	230	176	219	231	180	221	232	186	213	232
0	128	128	0	119	128	0	121	141	0	111	142	0	106	149	0	103	161	0	106	163
0	255	255	0	237	255	0	219	255	6	202	255	0	183	255	11	173	255	11	173	255
128	255	255	128	246	255	140	239	255	146	232	255	149	227	255	128	210	255	163	216	255
32	48	96	32	48	96	32	48	96	32	48	96	32	48	96	32	48	96	32	48	96
64	96	191	68	99	193	73	103	194	77	82	196	77	82	196	98	86	199	98	86	199
159	175	223	164	175	225	168	179	226	168	179	226	168	179	226	187	182	231	194	186	232
0	32	128	0	32	128	0	32	128	0	3	130	4	0	128	4	0	128	4	0	128
0	64	255	6	68	255	0	25	255	18	77	255	24	82	255	30	86	255	36	91	255
128	159	255	133	164	255	140	168	255	140	168	255	152	170	255	158	175	255	163	180	255
64	32	96	64	32	96	64	32	96	64	32	96	64	32	96	64	32	96	64	32	96
128	64	191	131	68	193	151	73	194	162	76	197	174	79	200	182	86	199	184	91	200
191	159	223	194	164	225	197	168	226	200	173	228	203	177	229	206	182	231	209	186	232
64	0	128	73	0	128	82	0	128	91	0	128	91	0	128	91	0	128	91	0	128
128	0	255	148	5	255	169	9	255	188	14	255	189	12	255	189	12	255	245	28	255
191	128	255	194	133	255	197	140	255	200	146	255	203	152	255	206	158	255	209	163	255
96	32	80	96	32	75	96	32	71	96	32	66	96	32	66	96	32	66	96	32	66
191	64	159	193	68	162	193	68	162	196	77	166	197	82	168	199	86	171	200	91	173
223	159	207	225	164	209	225	164	209	225	164	209	225	164	209	225	164	209	225	164	209
128	0	96	128	0	96	128	0	96	128	0	96	128	0	96	128	0	51	128	0	42
255	0	191	255	6	175	255	6	175	255	6	175	255	6	175	255	6	175	255	6	175
255	128	223	255	127	224	255	126	224	255	125	224	255	125	224	255	125	224	255	123	168

0. korak      3. korak      6. korak      9. korak      12. korak      15. korak      18. korak

Slika 47. Promjena RGB vrijednosti u paletama iz skupa B (FS=8) u odnosu na korak pretrage



Slika 48. Ovisnost srednje vrijednosti kolorimetrijske razlike o području optimizacije za skup reduciranih paleta B

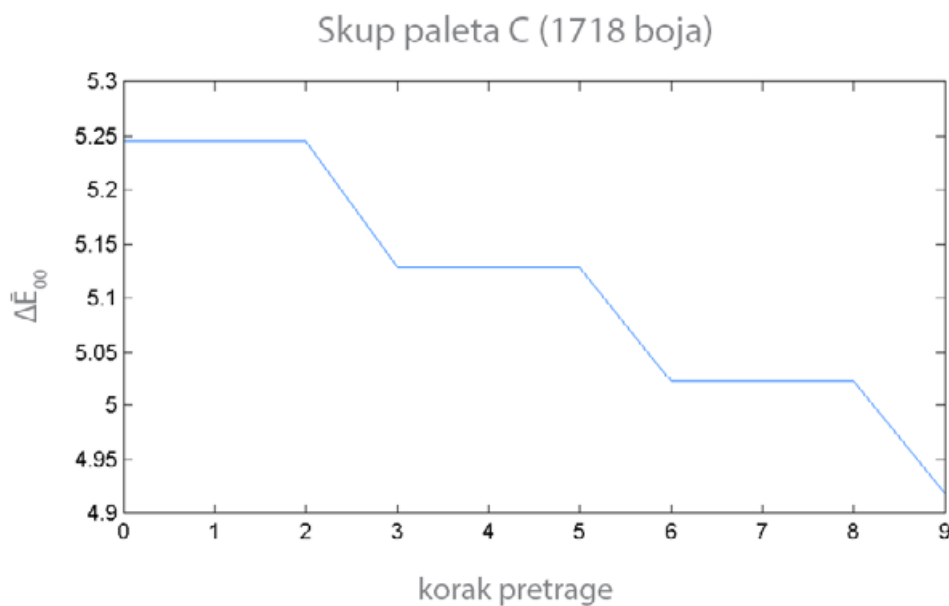
### 8.3.3 Skup paleta C

Tablica 101. Izračunati prosjeci srednjih vrijednosti kolorimetrijskih razlika optimiziranih vrijednosti u paletama skupa B za 7 različitih područja optimizacije.

Paleta B	Kompletna (1718 boja)		Reducirana (77 boja)	
	$\Delta E_{00}$ mean	$\Delta E_{00}$ median	$\Delta E_{00}$ mean	$\Delta E_{00}$ median
<b>0.</b>	5,25	5,21	5,70	5,73
<b>3.</b>	5,13	5,12	5,57	5,61
<b>6.</b>	5,02	5,03	5,47	5,59
<b>9.</b>	4,92	4,89	5,37	5,44

Iz rezultata za skup paleta B (Tablica 101) ponovno je uočljivo da srednja vrijednost kolorimetrijske razlike opada s povećanjem područja optimizacije, za kompletnu i reduciranu paletu. Ponovno je uočljiva razlika u prosjecima srednjih vrijednosti kolorimetrijske razlike za kompletnu i reduciranu paletu za isti korak pretrage. Izračunate prosječne vrijednosti kreću se od  $\Delta E_{00}=5,25$  za kompletnu paletu bez optimizacije ( $P=0$ ) do  $\Delta E_{00}=4,92$  za optimiziranu paletu u 9. koraku ( $P=9$ ). U slučaju reducirane palete raspon vrijednosti kreće se od  $\Delta E_{00}=5,70$  za kompletnu paletu bez optimizacije ( $P=0$ ) do  $\Delta E_{00}=5,34$  za optimiziranu paletu u 18. koraku

(P=18). Za skup paleta s faktorom segmentacije FS=12 dolazi do preklapanja područja optimizacije za  $P > 10$ , međutim već je za 9. korak pretrage (P=9) uočljiva značajna promjena u vrijednostima za narančastu i plavozelenu, što paletu koraka optimizacije P=9 čini neadekvatnom za uporabu. Ponovno je uočljiva linearna ovisnost smanjenja prosjeka srednjih vrijednosti kolorimetrijskih razlika s povećanjem područja optimizacije (Slika 49, Slika 51). Slika 50. prikazuje promjene ulaznih vrijednosti reducirane palete, ovisno o koraku optimizacije. Budući da reducirana paleta boja skupa C (FS=12) sadrži sve boje iz 11 perceptualnih kategorija opisanih na početku ovog poglavlja, velik udio visokozasićenih boja te primarne, sekundarne i tercijarne boje, koje dizajneru omogućuju uporabu različitih principa harmonije boja, pogodna je za uporabu u predloženom modelu prilagodljivoga grafičkoga znakovnoga sustava.



Slika 49. Ovisnost srednje vrijednosti kolorimetrijske razlike o području optimizacije za skup kompletnih paleta C



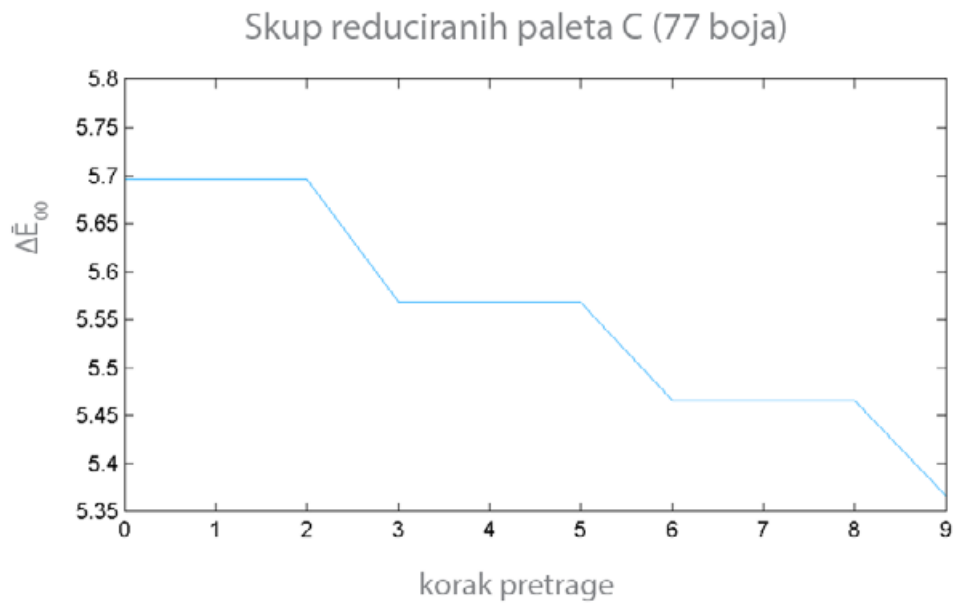
R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	64	64	64	64	64	64	63	63	65	62	62	66	61	61	127	127	127	127	127	127
191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191
255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255
96	32	32	101	37	33	102	42	32	194	80	61	193	90	62	223	159	159	225	164	164
191	64	64	193	71	62	194	80	61	226	172	168	228	173	173	127	0	0	127	0	0
127	0	0	127	0	0	127	0	0	255	136	127	255	153	125	255	0	0	255	24	6
255	127	127	255	136	127	255	136	127	255	29	12	255	31	14	96	64	32	191	127	64
255	0	0	255	24	6	255	24	6	97	64	30	98	64	30	191	127	64	191	127	64
96	64	32	96	64	31	97	64	30	194	133	73	196	153	77	223	191	159	224	191	159
191	127	64	191	127	64	191	127	64	227	206	168	226	209	168	127	64	0	127	64	0
223	191	159	224	191	159	227	206	168	127	64	0	127	64	0	255	127	0	255	188	14
127	64	0	127	64	0	127	64	0	255	200	127	255	200	127	255	191	127	255	191	127
255	127	0	255	127	0	255	127	0	87	96	32	87	96	32	96	32	32	96	32	96
255	191	127	255	200	127	255	200	127	177	194	73	179	196	77	191	191	64	184	193	62
96	96	32	91	96	32	87	96	32	225	225	164	228	228	173	127	127	0	118	127	0
191	191	64	184	193	62	177	194	73	118	127	0	118	127	0	255	255	0	239	255	5
223	223	159	225	225	164	225	225	164	240	255	9	241	255	15	255	255	127	255	255	127
127	127	0	118	127	0	118	127	0	64	96	32	64	96	32	64	96	32	64	96	32
255	255	0	239	255	5	240	255	9	134	194	73	137	197	76	128	191	64	131	193	68
255	255	127	255	255	127	255	255	126	197	226	168	200	228	173	191	223	159	194	225	164
64	96	32	64	96	32	64	96	32	64	127	0	64	127	0	64	127	0	64	127	0
128	191	64	131	193	68	134	194	73	64	127	0	64	127	0	128	255	0	131	255	6
191	223	159	194	225	164	197	226	168	191	255	126	191	255	126	191	255	127	191	255	127
64	127	0	64	127	0	64	127	0	32	96	32	32	96	41	32	96	32	32	96	32
128	255	0	131	255	6	134	255	12	73	194	73	76	197	76	159	223	159	164	225	164
191	255	127	191	255	127	191	255	126	168	226	168	173	228	173	0	127	0	0	127	9
32	96	32	32	96	32	32	96	32	0	127	18	0	148	29	0	255	0	6	255	24
64	191	64	68	193	68	73	194	73	12	255	29	18	255	68	127	255	0	133	255	133
159	223	159	164	225	164	168	226	168	139	255	139	144	255	144	127	255	127	133	255	133
0	127	0	0	127	9	0	127	18	32	96	64	32	96	64	32	96	64	32	96	64
0	255	0	6	255	24	12	255	29	62	193	137	77	196	136	159	223	191	164	225	199
127	255	127	133	255	133	139	255	139	168	226	205	173	228	212	0	127	64	0	127	64
32	96	64	32	96	64	32	96	64	0	141	70	0	148	73	0	255	127	5	255	148
64	191	127	62	193	137	62	193	137	127	255	191	144	255	224	127	255	191	127	255	191
159	223	191	164	225	199	168	226	205	32	91	96	32	87	96	32	96	96	32	91	96
0	127	64	0	127	64	0	141	70	64	184	193	59	167	196	64	191	191	62	184	193
0	255	127	5	255	148	12	255	133	62	184	193	77	196	136	127	255	191	127	255	191
127	255	191	127	255	191	127	255	191	62	219	227	171	217	230	32	96	96	32	91	96
32	96	96	32	91	96	32	87	96	67	194	194	102	77	196	64	191	191	68	68	193
64	191	191	62	184	193	62	184	193	167	219	227	171	217	230	159	223	223	163	221	225
159	223	223	163	221	225	167	219	227	6	116	134	5	107	135	5	122	122	5	114	122
5	122	122	5	114	122	6	116	134	11	211	244	11	195	244	11	244	244	11	228	244
11	244	244	11	228	244	11	211	244	144	235	250	150	229	250	133	250	250	133	241	250
133	250	250	133	241	250	144	235	250	32	55	96	32	50	96	32	64	96	33	67	100
32	64	96	32	55	96	32	55	96	68	122	193	73	137	200	64	128	191	68	122	193
64	128	191	68	122	193	70	134	197	159	191	223	159	182	224	159	191	223	163	190	225
159	191	223	163	190	225	159	182	224	0	64	127	0	64	127	0	64	127	0	64	127
0	64	127	0	64	127	0	64	127	0	128	255	0	128	255	0	128	255	0	128	255
0	128	255	0	128	255	0	128	255	127	191	255	127	191	255	127	191	255	127	191	255
127	191	255	127	191	255	127	191	255	36	32	96	36	32	96	36	32	96	36	32	96
32	32	96	36	32	96	36	32	96	68	68	193	102	77	196	64	64	191	68	68	193
64	64	191	68	68	193	90	73	194	163	163	225	168	168	226	159	159	223	163	163	225
159	159	223	163	163	225	168	168	226	0	0	127	0	0	127	0	0	127	0	0	127
0	0	127	0	0	127	0	0	127	46	12	255	66	14	255	0	0	255	24	6	255
0	0	255	46	12	255	66	14	255	148	139	255	153	145	255	127	128	255	133	134	255
127	128	255	148	139	255	153	145	255	64	32	96	64	32	96	64	32	96	64	32	96
64	32	96	64	32	96	64	32	96	127	64	191	127	64	191	127	64	191	130	68	193
127	64	191	127	64	191	127	64	191	151	73	194	162	76	197	191	159	223	194	164	225
191	159	223	194	164	225	197	168	226	197	168	226	200	173	228	64	0	127	73	0	127
64	0	127	73	0	127	82	0	127	82	0	127	91	0	127	127	0	255	148	5	255
127	0	255	82	0	127	82	0	127	169	9	255	188	14	255	191	127	255	194	133	255
191	127	255	169	9	255	188	14	255	197	139	255	200	145	255	96	32	96	96	32	91
96	32	96	197	139	255	200	145	255	96	32	87	96	32	82	191	64	191	194	67	194
191	64	191	96	32	87	96	32	82	194	67	194	194	67	194	223	159	223	225	164	220
223	159	223	194	67	194	194	67	194	225	164	216	225	164	216	127	0	127	127	0	119
127	0	127	225	164	216	225	164	216	127	0	110	127	0	101	255	0	255	255	6	255
255	0	255	127	0	110	127	0	101	255	12	255	255	18	255	255	127	255	255	127	247
255	127	255	255	12	255	255	18	255	96	32	64	96	32	64	96	32	64	96	32	64
96	32	64	96	32	64	96	32	64	191	64	110	191	64	110	191	64	128	191	64	119
191	64	128	191	64	110	191	64	110	223	159	191	223	159	191	127	0	64	127	0	55
223	159	191	223	159	191	223	159	191	127	0	55	129	0	36	255	0	128	255	5	131
127	0	64	127	0	55	129	0	36	255	9	134	255	14	137	255	127	191	255	133	194
255	0	128	255	9	134	255	14	137	255	126	173	255	139	173	255	127	191	255	133	194
255	127	191	255	126	173	255	139	173												

0. korak

3. korak

6. korak





Slika 51. Ovisnost srednje vrijednosti kolorimetrijske razlike o području optimizacije za skup kompletnih paleta C

## 9. Metodologija izrade prilagodljivih grafičkih znakovnih sustava za potpomognutu komunikaciju namijenjenih suvremenim pokretnim uređajima

Nije rijetkost da se pojedini dizajneri i razvijatelji u timovima koji razvijaju sustave za PK nikada ne susretnu s korisnicima te nemaju stvarnu predodžbu o izazovima korištenja navedenih sustava. S obzirom na specifičnosti korisnika PK i, često značajnih, razlika u procesu interakcije s pokretnim uređajima u odnosu na osobe bez razvojnih odstupanja, od razvijatelja i dizajnera zahtijevaju poseban fokus kod svake značajne odluke u planiranju i razvoju sustava. Međutim, bez detaljnog uvida u problematiku korisnika i njegove interakcije sa sustavom, moguće je da razvojni tim previdi potencijalne probleme, što može rezultirati neprilagođenim ili prekompleksnim rješenjima, čime je dijelu ciljanih korisnika otežan pristup aplikaciji. Na takav način razvijene aplikacije, umjesto da pružaju prozor u svijet društvene interakcije, marginaliziraju značajan dio populacije sa SKP, produbljujući njihovo otuđenje od društva. Među korisnicima visokotehnoloških PK rješenja prisutna je visoka stopa odbacivanja uređaja ili usluge [205], što je indikator da postojeća rješenja nisu adekvatno razvijena. Ovaj problem osobito je prisutan kod razvoja sustava PK za djecu zbog toga što rješenja namijenjena njima često odražavaju zahtjeve i potrebe odraslih osoba bez razvojnih odstupanja [206].

Čest je slučaj da razvojni timovi, s ciljem da razviju rješenja koja koriste suvremene tehnologije, umjesto na korisnike, svoj fokus u potpunosti usmjere na sam uređaj, odnosno njegove tehnološke mogućnosti, zanemarujući pritom proces interakcije i komunikacije korisnika s okolinom, a taj proces predstavlja glavni cilj razvoja aplikacija za PK. Cooper smatra da je najopasnija praksa u razvoju proizvoda izolacija razvojnog tima od korisnika jer se time „eliminira empatijsko znanje“ [11]. Pojavom suvremenih pokretnih uređaja koji su u kratkom vremenu prouzročili pravu poplavu rješenja za PK, od kojih neka predstavljaju inovativnu implementaciju novih tehnologija, tehnološki usmjerena filozofija oblikovanja aplikacija (*device-centered design*), primarno fokusirana na tehnologiju PK i načine na koje se korisnicima može omogućiti pristup istoj [41], naišla je na mnoge kritike stručnjaka iz područja PK [3], [4], [86]. Tendencija tehnološki usmjerenom oblikovanju nije specifična za područje PK, već je prisutna i u ostalim područjima razvoja interaktivnih sustava [11]. Nasuprot

tehnološki usmjerenom oblikovanju jest proces dizajna usmjeren korisnicima (*user-centered design*, UCD) kojem polazišnu točku i glavni fokus u cjelokupnom razvoju predstavlja upravo korisnik, njegovi zahtjevi, mogućnosti i potrebe.

Iako fundamentalno različiti, ova dva pristupa razvoju PK sustava ne bi trebali biti u potpunosti međusobno isključivi. Naime, iako bi kod oblikovanja sustava za PK korisnik i njegove mogućnosti trebali predstavljati glavni fokus, sustav je potrebno razvijati i iz perspektive dostupnih tehnologija, s posebnim naglaskom na utjecaj njihovih karakteristika i mogućnosti na pristupačnost uređaja i uporabljivost aplikacija. S druge strane, uspješnom implementacijom metoda dizajna usmjerenog korisnicima članove multidisciplinarnog razvojnog tima usmjerilo bi se da u svakom segmentu razvoja aplikacije uzimaju u obzir korisnikove potrebe i mogućnosti te nastoje predvidjeti kakve će posljedice pojedine odluke dizajna sustava i interakcije na relaciji korisnik-uređaj imati u kontekstu poboljšanja korisnikove mogućnosti pristupu i korištenja aplikacije.

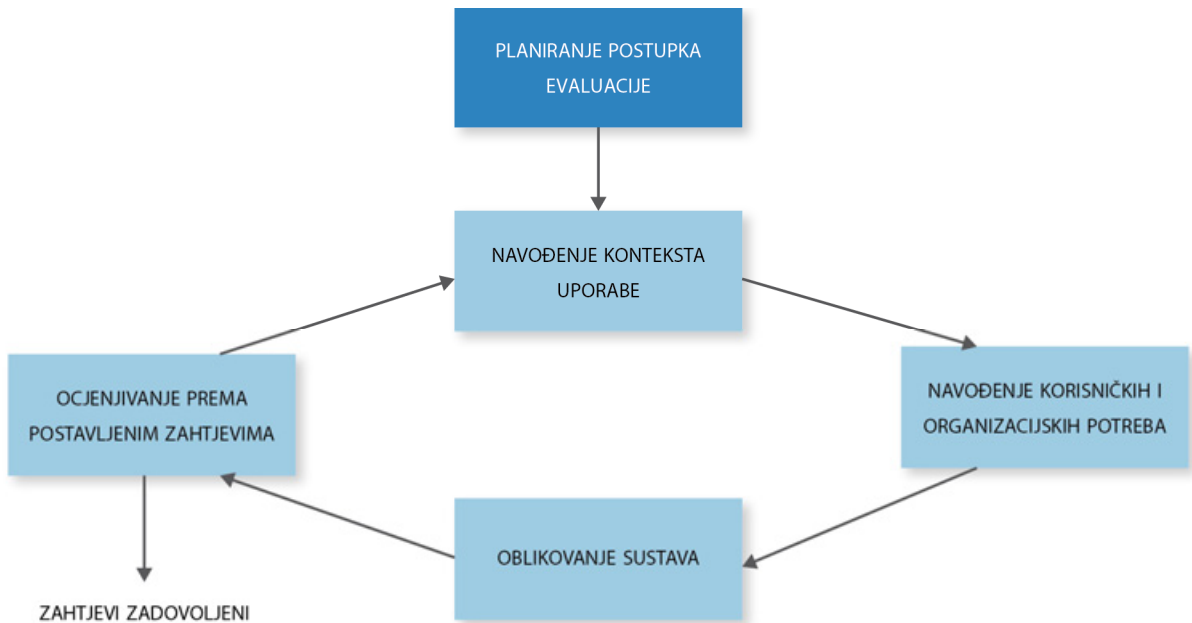
## **9.1 Dizajn usmjeren korisnicima (UCD)**

Dizajn usmjeren korisnicima predstavlja pristup razvoju proizvoda koji podatke dobivene istraživanjem s korisnicima stavlja u fokus pri donošenju odluka o dizajnu. Cilj primjene dizajna usmjerenog korisnicima jest razvoj proizvoda koji imaju visoku razinu uporabljivosti. Termin dizajn usmjeren korisnicima prvi su uveli Norman i Draper [7]. Norman navodi da je UCD-om naglašeno „da je svrha sustava služenje korisniku, a ne uporaba specifične tehnologije, niti elegantni primjer programiranja. Potrebe korisnika trebaju diktirati dizajn sučelja, dok potrebe sučelja trebaju diktirati dizajn ostatka sustava.“ [7]

ISO normom „ISO 13407: Procesi oblikovanja interaktivnih sustava usmjereni čovjeku“ [207] definirane su osnovne aktivnosti u procesu dizajna usmjerenog korisnicima: prikupljanje zahtjeva, specifikacija zahtjeva, dizajn i evaluacija. Cilj implementacije ovih aktivnosti jest poboljšanje kvalitete uporabe proizvoda za krajnjeg korisnika iterativnim procesom njegova razvoja (Slika 52.). Normom je ponuđeno i 6 načela koja osiguravaju usmjerenost dizajna korisniku:

1. Dizajn je utemeljen na izričitom razumijevanju korisnika, zadataka i njihove okoline.

2. Korisnici su uključeni tijekom cijeloga procesa razvoja.
3. Dizajn se usmjerava i doraduje na temelju evaluacija usmjerenih korisnicima.
4. Proces je iterativan.
5. Dizajnom se obuhvaća kompletno korisničko iskustvo.
6. Članovi razvojnog tima posjeduju vještine iz multidisciplinarnih područja.



Slika 52. Iterativna značajka aktivnosti razvoja proizvoda primjenom principa dizajna usmjerenog korisnicima prema normi ISO 13407.

Razvojnim timovima dostupan je cijeli niz metoda UCD-a koje mogu primijeniti u različitim fazama razvoja softverskih proizvoda [208] (Tablica 102, Tablica 73). Definicije pojedinih dostupnih UCD metoda i aktivnosti te opisi njihove provedbe opsežno su dokumentirati u dostupnoj literaturi [209]–[211].

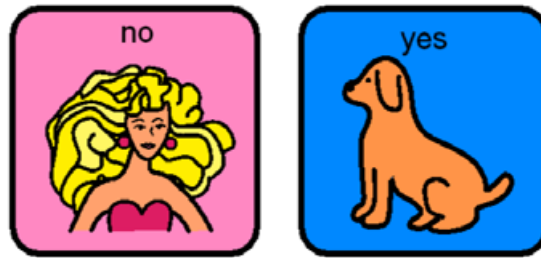
### 9.1.1 Ostale strategije razvoja usmjerenog na korisnike s posebnim potrebama

Uz UCD, postoje strategije razvoja koje korisnicima omogućuju još značajniju ulogu u procesu dizajna određenog sustava. Ove strategije, utemeljene na različitim modelima participacije i

kolaboracije korisnika u procesu razvoja proizvoda, uz evaluaciju, omogućuju korisnicima neposredno sudjelovanje u donošenju odluka o dizajnu funkcionalnih komponenti sustava [212], [213]. Iako omogućuju još dublji uvid u način razmišljanja korisnika u procesu interakcije, upitna je opravdanost uporabe navedenih strategija u procesu razvoja sustava usmjerenih na PK, osobito kada je ciljna populacija dječje dobi. Djeca, kao i većina odraslih korisnika, nemaju vremena, znanja ili potrebnu stručnost za kvalitetno sudjelovanje u kolaborativnim i participatornim modelima procesa dizajniranja [211], [214] (Slika 53).

Tablica 102: Načini i metode uključivanja korisnika u dizajn i razvoj. Izvor: Chisnell i Rubin, 2006.

Metoda	Svrha	Faza razvoja
<b>Etnografsko istraživanje</b>	Prikupljanje podataka o ciljanim korisnicima, namjerama i ciljevima vezanim uz proizvod i kontekstu izvršavanja	Rana faza
<b>Participatorni dizajn Perosne i scenariji</b>	Prikupljanje podataka o korisničkom nivou znanja, kompetencijama i emocionalnim reakcijama povezanim s dizajnom organiziranjem radionica i sastanaka	Rana faza / ovisno o tipu proizvoda
<b>Fokus grupe</b>	Procjenjivanje preliminarnih koncepata s reprezentativnim korisničkim uzorkom, primarnim korisnicima organiziranjem grupnih radionica	Rana faza
<b>Upitnici</b>	Procjena koncepata na širim uzorcima korisnika od fokus grupa daje općenitiju sliku i otvara nova pitanja	Rana faza / tijekom cijelog razvojnog procesa
<b>Interne simulacije/prolazi igranje uloga</b>	Istraživanje ponašanja korisnika predviđanjem njegove navigacijske rute pomoću početnoga koncepta ili ranih prototipova	Rana / srednja faza
<b>Sortiranje kartica</b>	Prikupljanje korisničkih zahtjeva za organizaciju informacija, označavanje i grupiranje radi lakoće pretraživanja sadržaja ili funkcionalnost	Srednja faza
<b>Papirnatih prototipovi</b>	Usporedba planiranog tijeka akcija s korisničkim očekivanjima simulacijom na papirnatom prototipu	Srednja faza
<b>Stručne procjene</b>	Procjenjivanje sustava ili proizvoda od strane stručnjaka za uporabljivost ili UCD koji ne sudjeluje u projektu, radi objektivne analize	Kasna faza
<b>Testiranje uporabljivosti</b>	Prikupljanje empirijskih podataka tijekom promatranja uporabom sustava/proizvoda i izvršavanja zadataka od krajnjih korisnika	Kasna faza
<b>Različite studije</b>	Prikupljanje preciznih podataka za sljedeći razvojni ciklus	Nakon distribucije



Slika 53. Dizajn grafičkih znakova za pojam "ne" (lijevo) i "da" (desno) kao rezultat aktivnosti dizajna participiranjem djece sa SKP. Izvor: Hamilton & Kingsbury, 2006

Newell et al. [22] razvili su alternativni UCD pristup namijenjen dizajnu proizvoda za starije i nemoćne osobe, u koji su uključeni korisnici s posebnim potrebama. Međutim, ovaj pristup još nije razvijen dovoljno da bi zadovoljio sve aspekte razvoja usmjerenog korisniku, a zahtijeva i dodatna financijska ulaganja, poput troškova angažmana glumaca za uloge persona.

Tablica 103: Popis aktivnosti i metoda u procesu dizajna usmjerenog korisnicima. Izvor: Bevan, 2003.

Metoda	UN	Nielsen	Mayhew	Vred.
<b>Planiranje i izvedivost</b>				
Sastanak interesnih skupina	■			
Planiranje	■	■	■	■
Analiza troškova i benefita	■	■	■	■
Analiza konkurencije	■	■		
<b>Zahtjevi</b>				
Ispitivanje korisnika pomoću upitnika	■		■	
Razgovori (intervjui)	■	■	■	
Kontekstualno ispitivanje/intervju	■		■	■
Promatranje korisnika/terensko istraživanje	■	■	■	
Analiza konteksta uporabe	■	■	■	■
Fokus grupe (zahtjevi)	■	■		
Brainstorming	■			
Evaluacija postojećeg sistema	■			■
Sortiranje kartica (Card sorting)	■	■		■
Izrada dijagrama sklonosti	■		■	■
Scenariji uporabe	■	■	■	■
Analiza izvršavanja zadataka (analitička)	■	■		■
Određivanje ciljeva uporabljivosti	■	■	■	■
Uzorci oblikovanja (Design Patterns)	■			
<b>Oblikovanje</b>				
Smjernice oblikovanja	■	■	■	
Papirnati prototipovi	■	■	■	■
Heuristička evaluacija	■	■	■	■
Paralelno oblikovanje	■	■		
Izrada "storyboard-a"	■			
Evaluacija prototipa	■	■	■	■
Čarobnjak iz Oza	■			
Konceptualni modeli			■	
Oblikovanje sudjelovanjem		■	■	
Prohod kroz oblikovanje				■
<b>Izvedba</b>				
Stilske odrednice	■	■	■	
<b>Ispitivanje i mjerenje</b>				
Dijagnostička evaluacija	■	■	■	■
Testiranje performansi	■	■	■	■
Subjektivna evaluacija	■	■		■
Tehnika kritičnog incidenta	■	■		
Zadovoljstvo	■			
<b>Nakon distribucije</b>				
Ispitivanja i mjerenja	■	■		■
Subjektivno ocjenjivanje	■	■	■	
Ispitivanje korisnika upitnikom	■	■	■	■
Evaluacija na daljinu	■			
Vođenje dnevnika		■		
Terensko istraživanje		■	■	

**Legenda:**

**UN:**

**Nielsen:** Nielsen,

**Mayhew:** Mayhew,

**Vred.:** Vredenburg et al, 2002.

UsabilityNet

1993.

1999.

■	temeljno ili preporučeno
■	opisano
■	spomenuto

## 9.2 Definiranje UCD procesa razvoja aplikacija utemeljenih na PK

Pristup dizajnu usmjerenom korisnicima omogućuje razvojnim timovima primjenu niza prethodno ustanovljenih i definiranih alata i metoda. Međutim, sama dostupnost alata i metoda ne znači nužno da će ih razvojni tim moći efikasno koristiti, odnosno da će njihov odabir i način implementacije u proces razvoja aplikacija za PK biti adekvatan s obzirom na zadane ciljeve, zahtjeve uporabljivosti i ciljanu publiku. Budući da su standardne metode i alati UCD-a razvijeni za primjenu sa korisnicima bez SKP, razvojni timovi nemaju predodžbu o tome koje su metode prilagođene za razvoj aplikacija i ostalih usluga za PK. Glavna prepreka u ostvarivanju cilja konzistentno uporabljivih aplikacija i ostalih softverskih rješenja očituje se u „nedostatku smjernica za integraciju različitih dostupnih tehnika kako bi se ostvario potreban proces“ [215]. Implementacija svih dostupnih metoda UCD-a značajno bi produljila vrijeme izrade aplikacije i stvorilo bi se nepotrebno opterećenje za razvojni tim i ostale sudionike UCD procesa. Određene metode evaluacije teško su provodive ili ih uopće nije moguće provesti s obzirom na krajnje korisnike PK, dok je metode potrebno prilagoditi.

Stoga je potrebno razmotriti sljedeće:

1. nudi li primjena UCD metoda u razvojnom procesu prednosti u usporedbi s drugim pristupima razvoju;
2. eventualne probleme primjene UCD metoda u projektima u domeni PK;
3. koje su UCD metode primjenjive u razvojnom procesu aplikacija za PK;
4. koje su UCD metode adekvatne za pojedine vrste aplikacija;
5. na koji način strukturirati razvojni proces aplikacija za PK temeljen na dizajnu usmjerenom korisnicima.

### 9.2.1 Prednosti implementacije UCD metoda u procesu razvoja aplikacija za PK

S obzirom na prethodno opisanu zahtjevnost dizajna i razvoja PK usluga, multidisciplinarnost razvojnog tima i na korisnike koji se često osjećaju izostavljeni tijekom planiranja i razvoja aplikacija za PK, iterativna priroda UCD procesa i uključivanje korisnika u proces razvoja ima potencijal za unapređenje procesa razvoja i odnosa među interesnim skupinama na nekoliko razina.



## **Uključivanje svih interesnih skupina u procesu razvoja aplikacije**

Trenutno se pri razvoju aplikacija za PK primjenjuje pristup usmjeren proizvodu (*top-down*), u kojem razvoj započinju razvijatelji i dizajneri, a u kojem stručnjaci iz područja PK, organizacije korisnika ili krajnji korisnici svoje mišljenje mogu izraziti tek pri kraju razvoja ili nakon distribucije aplikacije [3]. Stoga se ističe potreba za uključenjem svih interesnih skupina tijekom cjelokupnoga procesa razvoja aplikacije kako bi rezultat bio rješenje usmjereno na ostvarivanje komunikacijskih potreba osoba sa SKP i poboljšanje njihove kvalitete života. Implementacijom UCD procesa razvoja aplikacije omogućuje se aktivno sudjelovanje svim interesnim skupinama te donošenje pravovremenih odluka s ciljem da se unaprijedi dizajn i uporabljivost.

## **Detaljniji uvid u korisnike, njihove potrebe i mogućnosti unutar cijelog razvojnog tima**

Budući da su mnoge aktivnosti UCD procesa povezane s prikupljanjem podataka o korisnicima i načinu na koji upotrebljavaju aplikacije za PK, razvojni tim na osnovu tih podataka može preciznije predvidjeti smjer razvoja korisničkog sučelja i cijele aplikacije i moguće probleme u njegovom korištenju.

## **Poticanje uže suradnje između članova multidisciplinarnog tima**

S obzirom na to da mnoge aktivnosti predloženog modela primjene UCD procesa u razvoju aplikacije za PK zahtijevaju sudjelovanje članova tima iz različitih područja, zajedničkim radom na provedbi UCD metoda omogućuje se uvid u probleme s različitih gledišta i potiče se međusobna interakcija članova tima koja može rezultirati boljom sinergijom.

## **Definiranje realističnih ciljeva i zahtjeva uporabljivosti**

Bez detaljnijeg upoznavanja korisnika, njihovih zahtjeva i mogućnosti te načina na koji koriste slična rješenja, postoji realna opasnost da se definicija ciljeva aplikacije i zahtjeva njezine uporabljivosti svede na nagađanja razvojnog tima.

## **Otklanjanje pogrešaka u ranoj fazi**

Značajan dio UCD procesa temelji se na aktivnostima u fazama razvoja prije izrade funkcionalnog prototipa, što omogućuje uočavanje i otklanjanje pogrešaka u fazama razvoja u kojima je moguće relativno brzo i efikasno napraviti značajnije promjene unutar sustava.

## **Skraćivanje vremena razvoja**

S obzirom na to da je primjenom metoda UCD procesa omogućeno otklanjanje pogrešaka u ranim fazama razvoja aplikacije, proces razvoja se skraćuje za vrijeme koje bi bilo potrebno za njihovo otklanjanje u kasnijim fazama.

### **Efikasnija organizacija razvoja aplikacija**

Formalizacijom procesa UCD razvoja aplikacija u području PK menadžmentu razvojnog tima pruža se referentni materijal za planiranje procesa razvoja te predviđanje troškova i vremenskih rokova.

### **Manji broj nužnih revizija nakon distribucije proizvoda**

Distribucijom aplikacije bez adekvatnog procesa evaluacije u svim fazama razvojnog procesa krajnji korisnici često se dovode u ulogu „naknadnih evaluatora“ te su prisiljeni nakon niza frustracija otkrivati probleme u radu s aplikacijom, koji često nisu samo tehničke naravi. Zbog navedenih problema, od kojih su se mnogi mogli otkloniti u ranim fazama razvoja, razvojni tim prisiljen je na dugotrajni proces implementacije izmjena na već gotovoj aplikaciji. Primjenom UCD procesa svaki razvijeni prototip aplikacije, od papirnatih do funkcionalnih, prolazi kroz procese evaluacije kako bi se uskladili sa smjernicama, korisnikovim mogućnostima i potrebama te kako bi se otkrili mogući problemi i pogreške u radu aplikacije. Ovakav način kontrole kao cilj ima smanjenje mogućih problema u radu s aplikacijom na minimum nakon njene distribucije te omogućuju razvojnom timu da se usredotoči na razvoj i implementaciju novih funkcionalnosti.

### **Veća uporabljivost za krajnje korisnike**

Budući da je korisnik i način na koji će on upotrebljavati aplikaciju u fokusu svake faze razvoja aplikacije te da se u pojedinim fazama razvoja provode evaluacije s korisnicima, njihovim predstavnicima ili ekspertima koji su upoznati s potrebama korisnika, povećava se vjerojatnost da će završna verzija aplikacije imati veću uporabljivost za korisnika.

### **Smanjenje troškova edukacije svih korisnika aplikacije**

Aplikacija čiji je dizajn utemeljen na podacima o primarnim (osobe sa SKP) i sekundarnim korisnicima (roditelji, skrbnici, logopedi, sugovornici) omogućava da značajke procesa interakcije budu bliže razmišljanju korisnika, čineći je intuitivnijom za korištenje.

## 9.2.2 Izazovi i ograničenja implementacije UCD metoda unutar procesa razvoja aplikacija za PK

S obzirom na broj evaluacija te zahtjevnost rada s korisnicima, provedba pojedinih dijelova UCD procesa ili njegova cjelokupna realizacija mogu predstavljati značajne izazove za razvojni tim.

### **Složena organizacija i provedba pojedinih UCD metoda**

Multidisciplinarni timovi u koje su uključeni stručnjaci iz različitih područja, a koji nisu puno radno vrijeme vezani uz projekt razvoja aplikacije, suočeni su s organizacijskim problemima oko vremenskog usklađivanja i okupljanja članova nužnih za provedbu pojedinih UCD metoda. U slučajevima kad nije potrebna fizička nazočnost pojedinih članova, jedno od potencijalnih rješenja ovog problema jest i uporaba različitih alata za suradnju na daljinu, poput telekonferencijskih rješenja, usluga za pregled i komentiranje prototipova itd.

### **Otežan pristup korisnicima**

Korisnici PK, osobito oni dječje dobi, predstavljaju osjetljivu društvenu skupinu i često je potrebno prolaziti složene procedure, koje uključuju i prikupljanje pisanih pristanaka roditelja i skrbnika kako bi se korisnici mogli uključiti u istraživanja.

### **Povećano opterećenje za korisnike**

S obzirom na specifičnosti demografije za koju se aplikacije razvijaju, može se zaključiti da bi ispitanicima primjena neprilagođenih metoda evaluacija unutar UCD procesa predstavljala iscrpljujuće i često frustrirajuće iskustvo. Djeca mlađa od 10 godina imaju problema s apstrahiranjem i konceptualnim rješavanjem problema, tj. s osobinama koje često predstavljaju preduvjet sudjelovanja u određenim aktivnostima korisnički-usmjerenog oblikovanja [216]. Stoga je potrebno razmotriti strategiju direktnog uključivanja korisnika u proces razvoja samo onda kada je to nužno i potrebno je osigurati metode provođenja evaluacije koje bi na korisnike stavljali minimalna moguća opterećenja.

### **Heterogenost korisnika**

Znatan dio ovog problema raščlanjen je u drugom poglavlju ove radnje, a najbolje je sažet mišlju da „ne postoji jedinstveni profil korisnika potpomognute komunikacije“. Svaki je

korisnik specifičan i nemoguće je napraviti „ispravne“ generalizacije na osnovi prikupljenih podataka o samo jednom dijelu korisnika.

### **Multidisciplinarnost razvojnog tima**

S obzirom na to da je za razvoj kvalitetnih PK aplikacija potreban doprinos iz različitih područja koja međusobno mogu imati značajne razlike, može doći do različitih barijera u suradnji na razvoju, poput razlika u korištenoj terminologiji ili poput neslaganja u pristupima rješavanju problema i razlika u korištenim metodologijama. Stoga je potrebno uložiti trajne napore radi usklađivanja suradnje između članova razvojnog tima.

### **Okupljanje potrebnih članova tima**

S obzirom na potrebu stvaranja multidisciplinarnog tima, s pojedinim članovima iz usko specijaliziranih područja, javlja se problem pronalaska i regrutiranja članova s odgovarajućom razinom znanja u traženim područjima.

### **„Korisnik nije uvijek u pravu“**

Preveliko oslanjanje na povratne informacije korisnika može prouzročiti niz krivih odluka u dizajnu korisničkog sučelja. Nielsen ističe da korisnici često „ne znaju što je dobro za njih“ [115], odnosno postoji problem s predodžbom dobrobiti upotrebe proizvoda koji se razlikuju od trenutnih rješenja koje korisnik rabi. Korisnici često neće imati predodžbu o stvarnom povećanju uporabljivosti i poboljšanju korisničkog iskustva sve dok ne steknu iskustvo u radu s konačnim proizvodom.

### **Kratki vremenski rokovi**

Uvođenjem novih odjela u razvojni tim i niza dodatnih aktivnosti unutar razvojnog procesa te zbog mogućih problema koji se odnose na njihovu provedbu, poput organizacije procesa, okupljanja potrebnih članova za potrebe evaluacija, regrutiranja ispitanika, značajno se otežava provedba plana razvoja u odnosu na zadane vremenske rokove. Stoga je potrebno odrediti prioritetnu listu funkcionalnosti koje će se implementirati u određenu verziju aplikacije te prioritetne aktivnosti UCD procesa i na taj način omogućiti fleksibilniji plan razvojnog procesa s obzirom na zadane vremenske rokove.

### **Osiguranje potrebne opreme i lokacije ispitivanja**

Iako u većini slučajeva za provedbu većine UCD metoda nisu potrebna značajna ulaganja u istraživačku opremu, u kontekstu razvoja aplikacija kao minimum potrebno je osigurati pokretne uređaje na kojima će biti provođene evaluacije, kao i opremu za snimanje videa i zvuka. Također je potrebno osigurati prostorije za ispitivanja koje su dostupne teško pokretnim korisnicima i u kojima će se korisnici ugodno osjećati.

### **Ograničenja ljudskih i financijskih resursa**

Izrada rješenja za usko specifičnu i brojčano malu populaciju zahtijeva pomno planiranje troškova kako bi se vratila ulaganja i ostvario profit. S obzirom na dostupnost razvoja na platformama pokretnih uređaja i masovnu proizvodnju aplikacija niskih cijena, ali i upitne kvalitete, korisnici su se navikli na financijsku pristupačnost aplikacija. Stoga je formiranjem većih razvojnih timova i značajnijim ulaganjem u proces razvoja teško konkurirati u moru besplatnih i jeftinih rješenja.

## **9.3 Metode UCD-a primjenjive unutar procesa razvoja aplikacija za PK**

Earthy et al navode da dostupna literatura o metodama UCD-a, iako opsežna, „ne nudi adekvatna pravila njihove prilagodbe za specifične projekte“ [217]. Iako postoje smjernice formiranja procesa i odabira metoda prema vremenskim i financijskim mogućnostima i razini edukacije u korištenja UCD metoda, poput onih koje nudi UsabilityNet [218], trenutno ne postoji preporuka metoda razvoja i evaluacije uporabljivosti adekvatnih za primjenu u području razvoja aplikacija za PK. U oskudnoj literaturi primjetna su određena nastojanja implementacije UCD-a u proces razvoja aplikacija za PK, međutim, umjesto na formuliranje samog procesa, ova nastojanja svode se na primjenu pojedinih metoda [8], [9] ili na generalno razmatranje potencijala UCD-a u kontekstu PK [205]. Moguće je ipak zaključiti da se preporučuje korištenje persona i prototipova, no značajan broj potencijalno iskoristivih metoda UCD-a trenutno je izostavljen.

Dodatan problem predstavlja i činjenica da određene metode korištene u UCD-u jednostavno nisu primjenjive u kontekstu rada s korisnicima PK ili imaju značajna ograničenja primjene. Ograničenja u mogućnostima izjašnjavanja o vlastitim razmišljanjima, procjenama i stavovima o predstavljenim rješenjima te česta nemogućnost shvaćanja uputa i provođenja zadataka izlažu korisnika potencijalnim frustracijama i osjećaju nemoći. S druge strane, potencijalni problem

implementacije ovih metoda predstavlja i sudjelovanje multidisciplinarnog tima, s obzirom na vjerojatnost postojanja razlike u poznavanju procesa razvoja softverskih rješenja i primjene metoda UCD-a između članova razvojnog tima iz različitih područja, koji su uključeni u razvoj.

Stoga je očita potreba prilagodbe postojećih metoda kako bi one bile adekvatne za rad s korisnicima sa SKP, ali i prilagodbe u kontekstu sudjelovanja multidisciplinarnog razvojnog tima u procesu razvoja. Možemo zaključiti da je, kako bi UCD proces bio primjenjiv u kontekstu razvoja aplikacija za PK, potrebno osigurati da svaka aktivnost u sklopu procesa bude provediva s obzirom na sljedeće:

1. korisnike sa SKP i njihovu mogućnost participacije u aktivnostima;
2. kompetentnost i opremljenost radnog tima za razvoj aplikacije;
3. vremenski i financijski okvir razvoja aplikacije.

### 9.3.1 Izrada prototipova

Podjelu prototipova upotrebljivanih za razvoj softverskih rješenja moguće je izvesti po nekoliko različitih osnova: po vjernosti prikaza, korištenom mediju, sadržaju prototipa i razini funkcionalnosti, odnosno interaktivnosti. Vjernost prikaza podrazumijeva razinu detaljnosti izgleda i sadržaja prototipa, gdje je prototip najviše vjernosti prikaza svojim izgledom i sadržajem istovjetan izgledu grafičkog korisničkog sučelja dovršene aplikacije [219].

Papirnati prototipovi obično se upotrebljavaju u konceptualnim fazama razvoja aplikacija, u kojima se obično razmatraju različita usmjerenja i pristupi ostvarivanju zadanih ciljeva i rješenja problema. Mogu biti izvedeni ručno ili u formi ispisa vizualizacija izrađenih u digitalnom mediju. Zbog jednostavnosti u manipulaciji i izmjenama prototipova, koje ne iziskuju specijalizirane alate, rad s papirnatim prototipovima omogućuje brze izmjene uz minimalna ulaganja. Dizajner može unositi izmjene i stvarati nova rješenja za vrijeme same evaluacije prototipova. Ovakav pristup omogućuje brzu konceptualizaciju i vizualizaciju rješenja različitim prilagodbi aplikacija za korisnike PK. Papirnati prototipovi mogu se koristiti za poboljšanje komunikacije između odjela razvojnog tima, čime svi članovi tima imaju uvid u okvirni izgled i rad buduće aplikacije, stoga su u mogućnosti upozoriti odjel dizajna na eventualne probleme koncepta prije faze izrade digitalnih prototipova. Problem uporabe

papirnatih prototipova niske i srednje vjernosti s krajnjim korisnicima jest niska vjernost prikaza i nedostatak interakcije, koji često od korisnika iziskuju značajan kognitivni napor kako bi zamislili krajnji izgled i rad aplikacije iz jednostavnih, statičnih linijskih crteža, što često nadilazi mogućnosti mnogih korisnika PK [216]. Ni prezentacija sučelja korisnicima bez samog uređaja timu ne može dati potpuni uvid u sve potencijalne probleme u procesu interakcije koji mogu biti prouzročeni značajkama ciljanog uređaja.

Digitalni prototipovi predstavljaju prototip softverskog rješenja distribuiran i upotrebljavan u digitalnom obliku. Iako imaju svrhu koju imaju i papirnati prototipovi, digitalni prototipovi manje su podložni brzim izmjenama, međutim mogu se lako integrirati u cijeli niz prezentacijskih metoda, odnosno moguće je implementirati ograničenu interakciju s prototipom, integrirati ih u statične ili video *storyboardove* (videoprototipove koji prikazuju scenarije uporabe). Digitalni prototipovi u kontekstu razvoja aplikacije za PK omogućuju prikaz izgleda aplikacije na uređaju, što omogućuje uvid u funkcioniranje korisničkog sučelja kada se stavi u kontekst realne upotrebe. Zbog izrazito važne uloge zvuka u aplikacijama za PK, može doći do problema u korisničkoj evaluaciji digitalnih prototipova koji nemaju implementiranu tu funkcionalnost. Također se, zbog multidisciplinarnog razvojnog tima i ostalih sudionika u procesu razvoja koji dolaze iz područja koja nisu bliska dizajnu interakcija ili razvoju softverskih rješenja, preporučuje implementacija ograničenih mogućnosti interakcije i/ili razvoj videoprototipa radi jasnijeg objašnjenja rada korisničkog sučelja.

Izrada funkcionalnog prototipa predstavlja idući korak u procesu razvoja aplikacije. Ovaj tip prototipa izrađuje se u nekom od programskih jezika, uobičajeno u onom koji će se upotrijebiti i za finalnu verziju aplikacije. Prototip obično ima izgled i sadržaj visoke vjernosti, koji mogu biti preuzeti iz digitalnog prototipa istovjetne vjernosti. Osim očite prednosti funkcionalne interakcije, evaluacija na ovom tipu prototipa uz kvalitativne, omogućuje i prikupljanje kvantitativnih podataka. Prerana izrada funkcionalnog, odnosno softverskog prototipa može značiti donošenje važnih odluka o dizajnu i funkcionalnosti u izrazito kratkim periodima, bez dovoljne razrade i analize implementiranih rješenja. Stoga se njegova izrada preporučuje tek po dovršetku razvoja korištenjem papirnatih, odnosno digitalnih prototipova [219].

### 9.3.2 Persone

Persone su fiktivni likovi koji su stvoreni radi reprezentacije ciljanih korisnika, odnosno predstavljaju „tipične korisnike“ razvijane usluge. I prije nego što je Cooper uveo koncept „persone“ 1999. god. [220], u području razvoja softvera rabljene su različite metode i tehnike profiliranja korisnika. Danas izrada i uporaba persona predstavlja općeprihvaćenu metodu u području razvoja softverskih rješenja. Uporabom persona krajnji korisnici, umjesto anonimne mase ili niza kvantitativnih podataka, postaju skup živopisno opisanih likova čime ih se približuje članovima razvojnog tima. Time im se olakšava asocijacija s korisnicima i gledanje na probleme iz njihove perspektive. Nielsen je ponudila opširan pregled literature o personama te navodi nekoliko različitih perspektiva o stvaranju i uporabi persona [221]: usmjerenu cilju, utemeljenu na ulogama, asocijativnu i fiksijsku.

Persone su definirane realističnim narativnim opisima koji, osim osnovnih podataka o osobi, sadrže i uzorke ponašanja, ciljeve, vještine, stavove i okolinu. Uz opis persona nerijetko se upotrebljavaju i slikovni materijali, poput vizualizacije lika persone fotografijom ili ilustracijom, prezentacije pojedinih karakteristika persona pomoću grafova i ostalih metoda vizualne prezentacije informacija te fotografija omiljenih ili često rabljenih proizvoda. Iako su persone fiktivne osobe, njihovo oblikovanje utemeljeno je na analizi prikupljenih podataka o stvarnim korisnicima i relevantnim rezultatima istraživanja u kojima su sudjelovali korisnici.

U kontekstu razvoja aplikacije za PK upotreba persona posjeduje velik potencijal. Međutim, LoPresti et al [6] navode kako se dizajneri prilikom oblikovanja PK sustava često oslanjaju na postojeće modele korisnika bez razvojnih poteškoća te da je razvoj modela koji uključuju potrebe korisnika s posebnim potrebama tek u svojim začetcima. Zimmerman i Vanderheien su, u kontekstu razvoja softverskih rješenja za osobe s posebnim potrebama, predstavili model uporabe persona za provedbu evaluacija pomoću scenarija [9]. Higginbotham et al trenutno rade na projektu definiranja persona za projekte razvoja u području PK, s fokusom na odrasle korisnike PK [222]. Zbog često otežanog pristupa stvarnim korisnicima PK i problema prigodom prikupljanja povratnih informacija, persone mogu služiti kao konstantna poveznica razvojnog tima s korisnicima. Učestala uporaba persona smanjuje opterećenje i samih korisnika, jer je neke odluke u dizajnu i razvoju moguće donositi i bez njihove direktne uključenosti, ali imajući u vidu njihove želje i potrebe. S obzirom na fleksibilnost persona,



razvojnem timu PK aplikacije omogućena je njihova raznolika uporaba. Stoga ih je moguće koristiti za sljedeće:

- održavanje fokusa na korisnike u svim fazama razvoja proizvoda,
- stvaranje i provedbu korisničkih scenarija (scenarija upotrebe aplikacije),
- odabir ispitanika u evaluacijama uporabljivosti i pripremi istraživanja,
- zajedničko razumijevanje multidisciplinarnog tima o korisnicima PK aplikacija, njihovim potrebama i mogućnostima,
- prebacivanje fokusa na različite ciljne skupine korisnika,
- bolju argumentaciju problema i predloženih rješenja sa stanovišta korisnika,
- prebacivanje fokusa s problema heterogenosti korisnika na donošenje konkretnih odluka u dizajnu.

Međutim, korištenje persona u ovom kontekstu može predstavljati i niz izazova:

- iako utemeljene na podacima, persone su podložne individualnom tumačenju;
- svi članovi tima koji sudjeluju u aktivnostima u kojima se upotrebljavaju persone moraju znati na koji ih način koristiti;
- svaki korisnik PK specifičan je, stoga je otežano kreiranje „tipičnog korisnika“

Budući da se izrada persona temelji na analizi kvalitativnih i kvantitativnih podataka prikupljenih različitim metodama istraživanja koja direktno uključuju krajnje korisnike, očigledna su ograničenja u prikupljanju navedenih podataka ukoliko su krajnji korisnici osobe sa SKP, osobito osobe dječje dobi. Ovi korisnici često nisu na razini potrebnoj za samostalno izražavanje svojih želja, potreba ili stavova. Stoga je dio podataka potrebnih za oblikovanje persona za ovu ciljanu publiku uputno prikupljati iz ostalih izvora, a to su roditelji i skrbnici djece sa SKP, logopedi, učitelji i nastavnici, kao i promatranjem korisnika sa SKP i iz relevantne literature. Persone je moguće izraditi i prema podacima prikupljenima iz prethodnih istraživanja, a u određenim slučajevima moguće je preuzeti prethodno izrađene persone u okviru sličnih projekata.

### 9.3.3 Scenariji upotrebe

Scenariji upotrebe specificiraju kako korisnici rabe aplikaciju za izvršavanje zadataka unutar određenog konteksta. Također se upotrebljavaju i za modeliranje funkcionalnosti koje sustav treba imati te za pregovaranje s korisnicima oko tih funkcionalnosti.

Služeći se scenarijem upotrebe, dizajneri i razvijatelji mogu okvirno predvidjeti hoće li korisnici moći biti u mogućnosti izvršiti interakcijske radnje iz scenarija i koliko će im za to vremena biti potrebno, te ponuditi adekvatna dizajnerska i programerska rješenja za uočene probleme. Scenarije je potrebno utemeljiti na najbitnijim radnjama u kontekstu korištenja aplikacije [209]. U kontekstu PK, zbog specifičnosti u načinu uporabe interaktivnih proizvoda i načinu komunikacije, bitno je da su scenariji detaljno specificirani kako bi razvojni tim mogao dobiti što bolji uvid u moguće probleme uporabljivosti i funkcionalnosti unutar osmišljenog scenarija.

## 9.4 Metode evaluacije uporabljivosti unutar UCD procesa za PK

Uporabljivost i njena evaluacija predstavljaju okosnicu dizajna usmjerenog korisnicima. Potrebno je implementirati niz postupaka evaluacije u procesu UCD-a kako bi se nakon svake važnije aktivnosti osiguralo da proizvod, odnosno aplikacija, zadovoljava postavljane kriterije uporabljivosti. Provedbom postupaka evaluacije osigurava se i iterativnost UCD procesa razvoja, jer u slučaju da proizvod ne zadovoljava postavljene kriterije, vraća se na doradu, odnosno prolazi jednu ili više prethodnih aktivnosti.

Plan provedbe evaluacija određene aktivnosti unutar dizajna usmjerenog korisnicima sastoji se od sljedećih koraka [223]:

1. izrade plana evaluacije,
2. prikupljanja i analize podataka,
3. prezentacije izvještaja o rezultatima i preporuka za izmjene;
4. potrebe da se na temelju rezultata i preporuka iterativno razvija proizvod unutar zadane aktivnosti dok se ne zadovolje zadani ciljevi uporabljivosti,
5. evidentiranja promjena.

Tri su osnovna tipa evaluacije uporabljivosti:

- metodom testiranja (usability testing methods),
- metodom pregledavanja (usability inspection methods)
- metodom ispitivanja (usability inquiry methods)

Metode evaluacije uporabljivosti rabljene za svaki tip evaluacije detaljno su opisane u postojećoj literaturi [115], [224]–[226]. Potrebno je naglasiti da, kao i u slučaju metoda planiranja i razvoja unutar UCD procesa, nisu sve metode evaluacije uporabljivosti adekvatne za provođenje s primarnim korisnicima PK usluga. Očita su ograničenja u provođenju metoda koje zahtijevaju verbalnu komunikaciju između ispitanika i voditelja evaluacije ili visoku razinu drugih oblika komunikacije, poput razmišljanja naglas, postavljanja pitanja, razgovora (intervjua). Upitna je i primjena različitih metoda evaluacije pomoću upitnika, poput SUS (System Usability Scale) upitnika za subjektivnu ocjenu uporabljivosti. Stoga je potrebna selekcija i prilagodba metoda kako se od korisnika ne bi tražili nerealistični zahtjevi u procesu evaluacije. Također je potrebno osigurati što bolju funkcionalnost prototipa i otkloniti značajnije probleme uporabljivosti prije nego što korisnici dođu u direktan kontakt s prototipom. Ovo je moguće postići različitim metodama pregledavanja, koje ne zahtijevaju direktno sudjelovanje korisnika.

#### 9.4.1 Metode evaluacije uporabljivosti grafičkih znakova

Standardnim UCD procesom ne predviđaju se potrebne metode evaluacije grafičkih znakova. Međutim, zbog činjenice da dizajn grafičkih znakova korištenih u aplikacijama za PK predstavljaju presudan čimbenik njezine uporabljivosti, unutar UCD procesa za PK potrebno je implementirati adekvatne metode evaluacije njihove uporabljivosti. Kao što je uočljivo iz ranijih poglavlja, istraživanja uporabljivosti znakova u području PK ponajprije su usmjerena na ikoničnost, odnosno transparentnost grafičkih znakova. Međutim, ne postoje ustanovljene norme kojima je propisan postupak evaluacije znakova za PK, stoga je potrebno prilagoditi norme namijenjene evaluaciji znakova u drugim domenama.

#### **ISO 9186:2007**

International Standards Organisation (ISO) u normi pod oznakom ISO 9186:2007 ponudio je standardizirane metode evaluacije grafičkih znakova uz opis procedure provođenja. Iako su

navedene metode namijenjene prvenstveno evaluaciji znakova rabljenih za prezentaciju neverbalnih informacija na zgradama i javnim prostorima te za upotrebu u javnim službama, pojedini autori prilagođavali su ih za potrebe istraživanja unutar drugih domena te su rabljene i za evaluaciju računalnih ikona i znakova namijenjenih potpomognutoj komunikaciji bolničkih pacijenata s osobljem bolnice [227].

ISO normom definirane su dvije različite metode evaluacije:

- 1) test rasuđivanja - procedura iznošenja prosudbi o razumljivosti predloženog grafičkog znaka;
- 2) test razumljivosti - procedura kvantifikacije stupnja razumijevanja predloženog grafičkog znaka.

Test rasuđivanja provodi se ukoliko se razmatraju više od tri varijante znaka koje označavaju isti pojam, te služi za selekciju znakova koji će se evaluirati testom razumljivosti. Sudionicima su, uz jasno naveden pojam, prezentirane sve varijante znaka koje se razmatraju za označavanje navedenog pojma. Sudionikov zadatak je da pored svakog znaka upiše postotak populacije za koji smatra da bi razumio navedeni znak. Konačni zbroj postotaka ne mora iznositi 100%. Na osnovi rezultata odabire se znak koji ima najveći prosjek, a od ostalih znakova odabiru se dva koja se ujedno razlikuju i po grafičkim karakteristikama i imaju najveći prosjek. Daljnja evaluacija odabranih znakova provodi se testom razumljivosti.

Testom razumljivosti evaluira se maksimalno 3 različite varijante znaka koje bi trebale označavati isti pojam. Svakom sudioniku dodjeljuje se jedna varijanta znaka koji se evaluira. Sudionikov zadatak jest da ponudi značenje koje je označeno znakom. ISO je odredio minimalnu granicu prepoznatljivosti znaka kako bi mogao biti upotrebljavan za javno informiranje. Evaluirani znak mora imati najmanje 66% točnih odgovora kako bi bio prihvatljiv.

Preporučuje se minimalno 50 ispitanika iz jedne države po testu. Isti ispitanici ne smiju sudjelovati u oba testa. Test može biti prikazan korištenjem tiskanim i digitalnim medijima. U proceduri testiranja ISO navodi da sudionici trebaju pripadati jednoj od triju dobnih skupina koje obuhvaćaju dob od 15 godina naviše. Osim podataka o spolu, dobi i razini školovanja, od korisnika se traži informacija i o njihovim eventualnim specifičnim potrebama.

## **ETSI pristup više pokazatelja (Multiple index approach)**

Od standardiziranih metoda evaluacije grafičkih znakova, alternativu ISO 9186:2007 proceduri predstavlja ETSI pristup više pokazatelja (*Multiple indeks approach*). Osim evaluacije povezanosti znaka sa značenjem, dio ove metodologije odnosi se i na različite subjektivne procjene i preferencije.

Ova metoda evaluacije sadrži 7 pokazatelja:

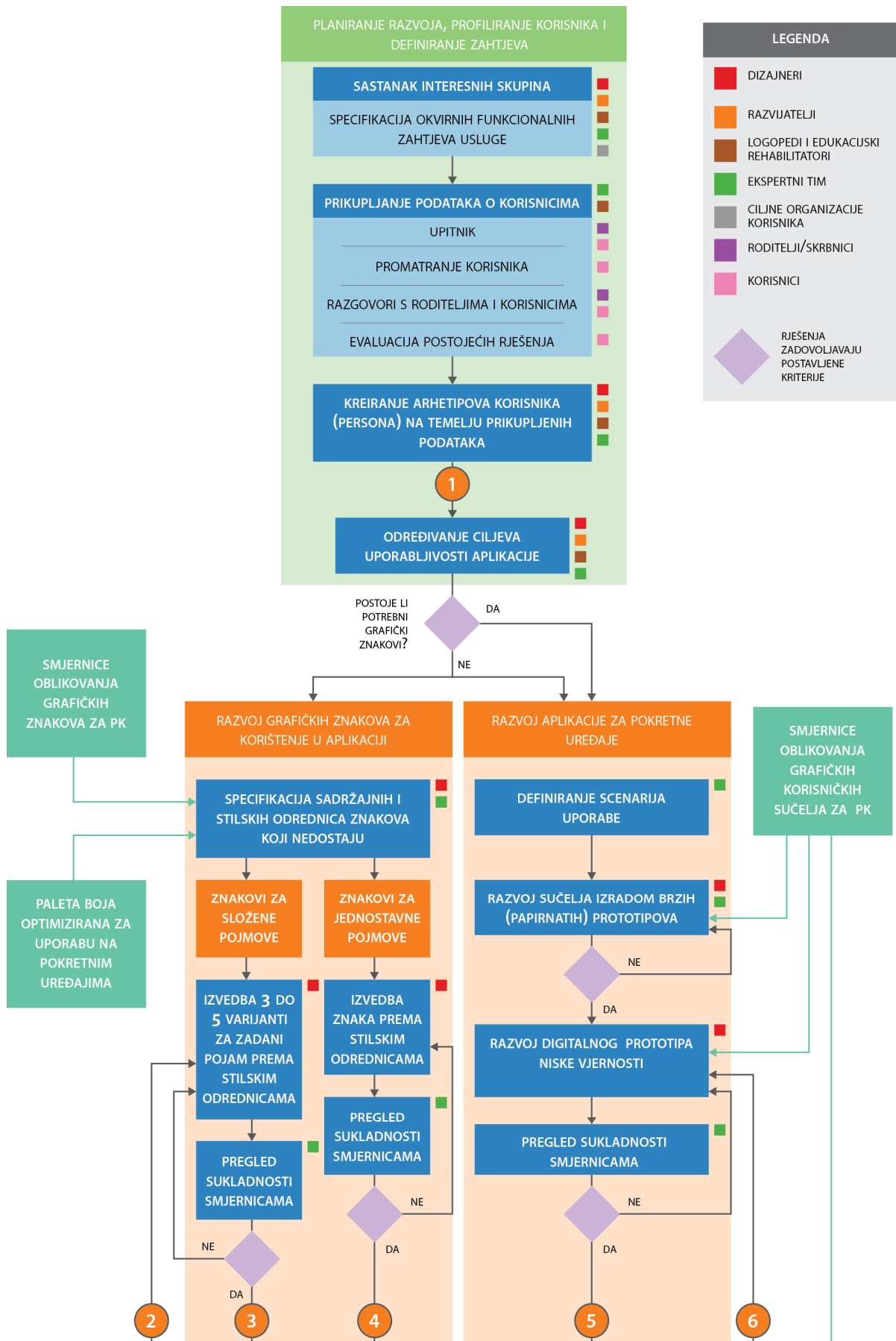
1. **Stopa uspješnosti (Hit Rate)** označava broj točnih asocijacija između znaka i referenta.
2. **Stopa lažne uzbune** odnosi se na broj povezivanja označenog pojma s krivim znakom.
3. **Nepoznate vrijednosti** povezane su s brojem neodgovorenih zadataka zbog činjenice da sudionik nije znao odgovoriti.
4. **Subjektivna sigurnost** označava koliko su sudionici sigurni u povezanost znaka s pojmom koji su mu dodijelili. Obrazloženje ovog pokazatelja jest da bi sudionici, ukoliko su izrazito nesigurni da znak označava npr. određenu funkciju nekog uređaja, mogli odlučiti da uopće ne koriste navedeni uređaj.
5. **Subjektivna prikladnost** odnosi se na sudionikovu procjenu u kojoj je mjeri referent označen znakom.
6. **Preferencija piktograma (znaka)** odnosi se na sudionikov odabir znaka koji prema njegovom mišljenju najbolje predstavlja označeno. Sudionik ne navodi kriterije za odabir.
7. **Preferencija kompleta piktograma (znakova)** odnosi se na subjektivni odabir najprikladnijeg kompleta znakova.

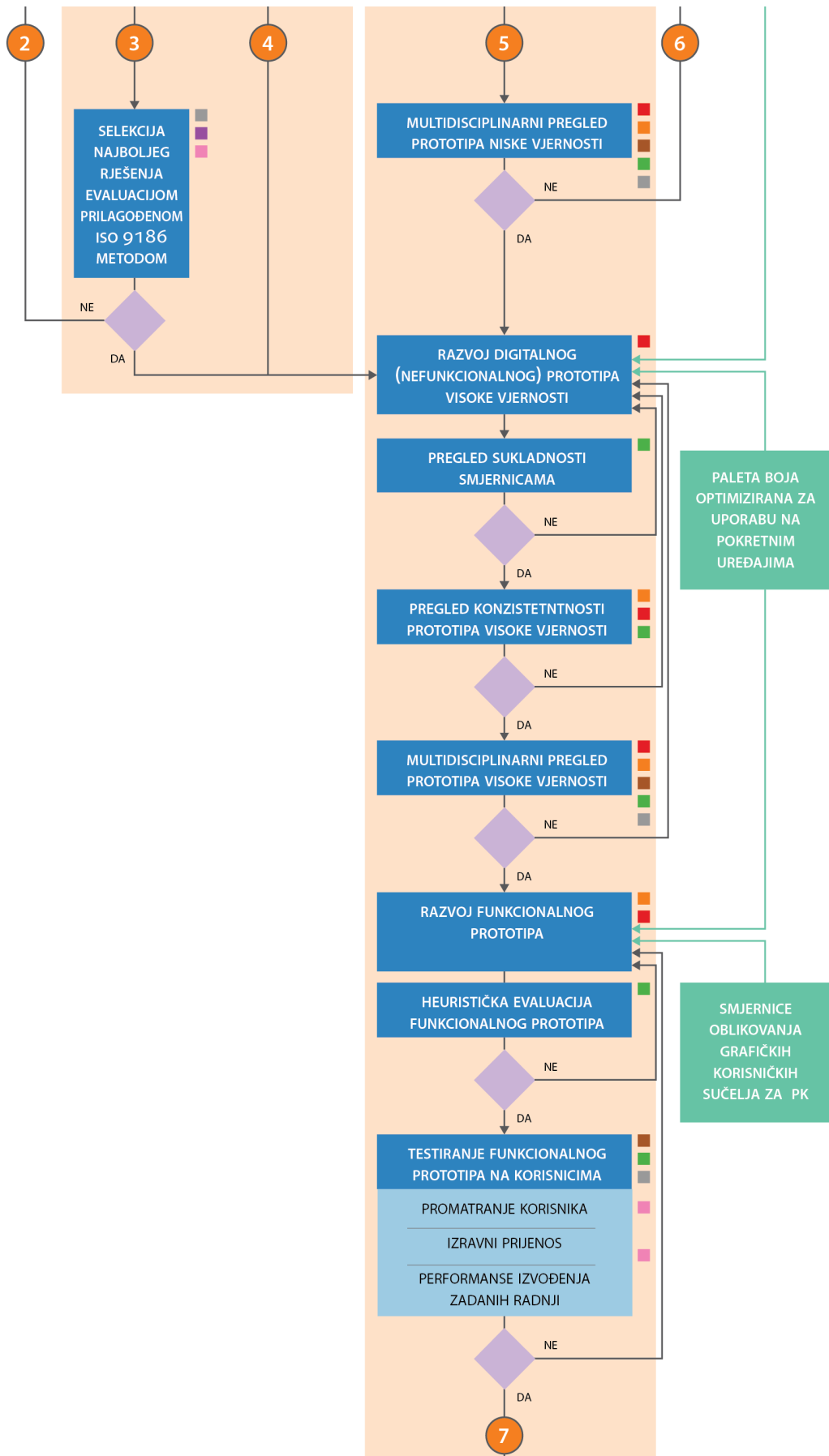
## **9.5 Razvojni tim aplikacija za PK**

Cooper et al predložili su podjelu tima za razvoj interakcijskih proizvoda na četiri odjela [11]: dizajn, razvoj, marketing i menadžment. Za potrebe razvoja aplikacija primjenom korisnički-usmjerenog oblikovanja u kontekstu razvoja usluga za PK, ova je podjela preuzeta i modificirana kako bi udovoljila kompleksnim zahtjevima koji se stavljaju pred razvojni tim. Stoga je predložena nova podjela razvojnog tima u pet odjela:

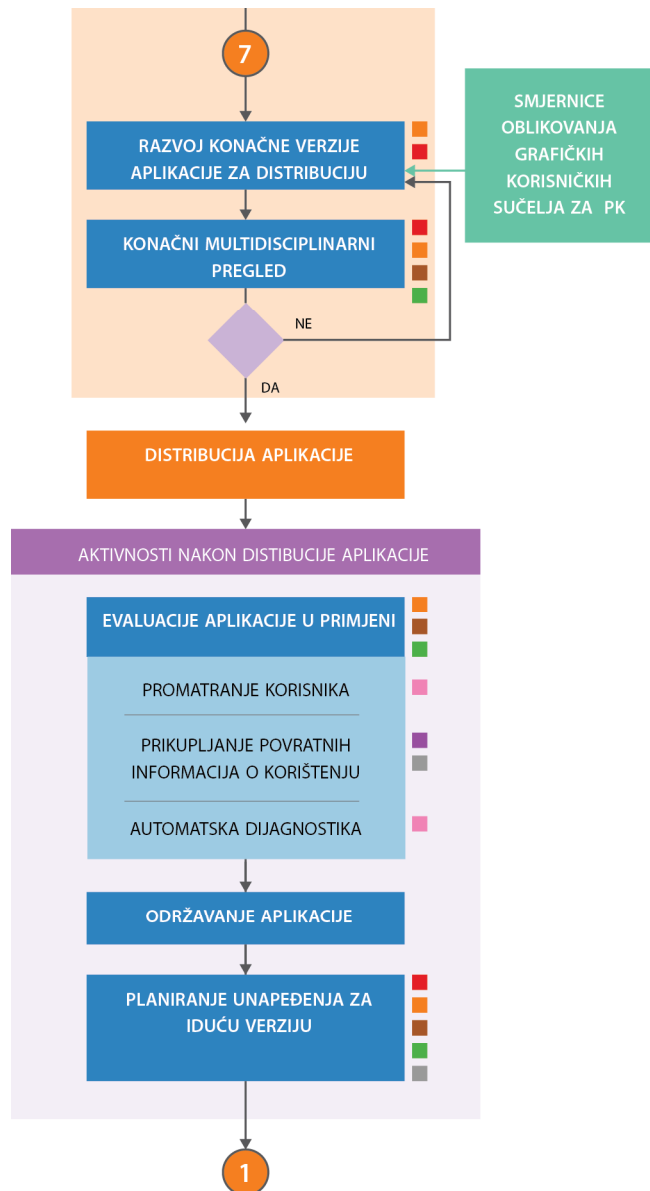
1. **Dizajn:** članovi su zaduženi za izgled i ponašanje grafičkog korisničkog sučelja. Kod razvoja GKS usko surađuju s odjelom istraživanja, razvoja i stručne podrške. Zaduženi su i za izradu detaljne specifikacije razvijenog GKS.
2. **Razvoj:** članovi su zaduženi za implementaciju specifikacija GKS i realizaciju ostalih segmenata potrebnih za pravilno funkcioniranje aplikacije. Usko surađuju s dizajnerima kako bi im ukazali na moguća ograničenja iz aspekta ciljanih uređaja i planiranih tehnologija koje će rabiti za izvođenje aplikacije.
3. **Domensko-istraživački:** članovi su zaduženi za direktan kontakt s korisnicima, za primjenu prototipova u provedbi istraživanja unutar ciljanje populacije. Ovaj odjel predstavlja glavnu vezu između korisnika sustava i odjela dizajna i razvoja.
4. **Potporna stručnjaka:** sastoji se od tima stručnjaka zaduženih za provedbu relevantnih evaluacija unutar UCD procesa, poput heurističke evaluacije ili formalnog pregleda. U formiranju ovog odjela potrebno je težiti što većoj multidisciplinarnosti, odnosno angažmanu stručnjaka iz različitih područja, poput potpomognute komunikacije, ICT tehnologija, dizajna interakcija, grafičkog dizajna i tehnologije, psihologije i ostalih područja koja bi mogla doprinijeti razvoju kvalitetnijih rješenja za PK. Članovi ovog odjela nisu cijelo vrijeme angažirani na razvoju, već se uključuju prema potrebi.
5. **Menadžment i marketing:** članovi su zaduženi za osiguravanje optimalnih radnih uvjeta cijelog razvojnog tima, efikasne komunikacije i suradnje između odjela te za nadgledanje napretka projekta i provedbe dijelova razvojnog procesa unutar zadanih rokova. Članovi ovog odjela zaduženi su i za predstavljanje aplikacije i razvojnog tima te za komunikaciju s medijima i organizacijom korisnika za PK.

U kontekstu isplativosti projekata i samoodrživosti razvojnog tima, teško je očekivati da će svaki razvojni tim koji razvija aplikacije za PK biti u mogućnosti sadržavati svih 5 navedenih odjela. Međutim, odjele poput istraživanja i stručne podrške moguće je organizirati kao vanjske suradnike, koji bi se angažirali kada se za to ukaže potreba unutar razvojnog procesa.









Slika 54. Shematski prikaz predloženog modela UCD procesa za razvoj aplikacija namijenjenih potpomognutoj komunikaciji

## 9.6 Model UCD procesa za razvoj aplikacija namijenjenih PK

U sljedećem tekstu opisan će se model UCD procesa za razvoj aplikacija namijenjenih potpomognutoj komunikaciji koji predstavlja novu metodologiju za izradu prilagodljivih grafičkih znakovnih sustava za potpomognutu komunikaciju namijenjenu suvremenim pokretnim uređajima (Slika 54). Izrađen je na osnovi analize dostupnih metoda korištenih u

procesu UCD-a i prema zahtjevima za implementaciju istih unutar procesa razvoja aplikacija i srodnih softverskih rješenja usmjerenih PK. Model služi kao platforma za sljedeće:

- implementaciju prilagodljivog grafičkog korisničkog sustava za osobe sa SKP predloženog u 4. poglavlju ovog rada
- implementaciju smjernica za oblikovanje grafičkih znakova za osobe sa SKP i smjernica za oblikovanje GKS za osobe sa SKP predloženog unutar 2., 3. 4. i 5. poglavlja ovog rada
- implementaciju palete boja optimiziranih za prikaz na zaslonima pokretnih uređaja, razvijene u sklopu 10. poglavlja ovog rada
- implementaciju metoda i aktivnosti UCD-a prilagođenih razvoju softverskih usluga u području PK pomoću grafičkih znakova

Aktivnosti u modelu moguće je podijeliti u tri segmenta: aktivnosti usmjerene prema planiranju razvoja, profiliranju korisnika i definiranju zahtjeva, aktivnosti povezane s razvojem i realizacijom aplikacija i grafičkih znakova te aktivnosti nakon distribucije aplikacije.

### 9.6.1 Aktivnosti planiranja razvoja, profiliranja korisnika i definiranja zahtjeva

Aktivnosti koje su usmjerene prema planiranju razvoja, profiliranju korisnika i definiranju zahtjeva kao cilj imaju određivanje osnovnih parametara aplikacije, ciljanih korisnika, funkcijskih zahtjeva i ciljeva uporabljivosti, prikupljanja relevantnih podataka o korisnicima i načinu na koji vrše interakciju i komunikaciju u cilju izrade persona, scenarija upotrebe i prototipova.

Prva aktivnost, nazvana **planiranje**, predstavlja inicijalne aktivnosti cjelokupnog razvojnog tima, a u okviru tih aktivnosti razvija se ideja i definiraju se osnovni parametri aplikacije i ciljani korisnici, analizira se stanje na tržištu i konkurentska rješenja, izrađuje se plan daljnjih aktivnosti u okviru projekta i isplativost njihove provedbe s obzirom na vremenske i financijske mogućnosti projekta te dostupne ljudske resurse.

Idući niz aktivnosti odnosi se na **prikupljanje podataka o korisnicima** radi njihovog profiliranja pomoću persona i scenarija upotrebe. Na planiranju i provedbi ovih aktivnosti sudjeluje domensko-istraživački odjel i relevantni stručnjaci iz domene PK i psihologije. U

određene aktivnosti moguće je uključiti članove iz odjela dizajna i razvoja. S obzirom na mogućnosti korisnika PK, potrebni podaci mogu se prikupljati na sljedeće načine:

1. **provedbom upitnika** – s obzirom na ograničene mogućnosti komunikacije s korisnicima, težina i formulacija pitanja iz upitnika moraju biti posebno prilagođeni ciljnoj populaciji te je opseg upitnika, odnosno broj pitanja potrebno smanjiti na najmanju moguću mjeru. Dobru alternativu ili nadopunu predstavljaju upitnici namijenjeni roditeljima i skrbnicima korisnika, koji omogućuju prikupljanje veće količine podataka, ali uz opasnost subjektivne interpretacije korisnikovih želja ili stavova;
2. **promatranjem korisnika** – promatra se interakcija korisnika s postojećim aplikacijama i/ili njihov proces komunikacije pomoću redovno rabljenog (visokotehnološkog ili niskotehnološkog) sredstva za PK;
3. **razgovorima s korisnicima i roditeljima** – uz prisustvo djece/korisnika PK, roditelji su u mogućnosti demonstrirati probleme s kojima se susreću u procesu komunikacije ili pri korištenju postojećih rješenja. U ovakvom okruženju roditelji mogu privremeno preuzeti ulogu posrednika između voditelja intervjua i korisnika PK, koristeći se svojom prisnošću s korisnicima i poznavanjem načina komunikacije kako bi se dobile potrebne informacije direktno od korisnika;
4. **evaluacijom postojećih rješenja** – ukoliko su postojeće aplikacije slične namjene ili za istu ciljanu publiku, moguće ih je evaluirati metodama promatranja korisnika, mjerenja performansi ili određenim metodama pregleda koje ne zahtijevaju direktno sudjelovanje korisnika, poput heurističke evaluacije.

Na temelju analize prikupljenih podataka članovi odjela dizajna i domensko-istraživačkog odjela, uz vodstvo stručnjaka iz područja dizajna interakcija, korisničkog iskustva i potpomognute komunikacije, **izrađuju persone** primarnih (osobe sa SKP) i sekundarnih (roditelji, asistenti, rehabilitatori, edukatori, sugovornici) korisnika.

Nakon prikupljanja podataka o korisnicima i izrade persona, organizira se **sastanak svih interesnih skupina**. Na ovoj aktivnosti, uz sve članove razvojnog tima, sudjeluju i ciljne organizacije korisnika te logopedi i edukacijski rehabilitatori koji posjeduju iskustvo u radu s korisnicima. Cilj sastanka je daljnja definicija značajki aplikacije, odnosno svrhe i ciljeva aplikacije, ciljane korisnike, specifikacija zadataka koje će ciljani korisnici moći obavljati koristeći se aplikacijom i određivanje osnovnih ciljeva uporabljivosti i pristupačnosti aplikacije.

Dogovara se i mogućnost suradnje u provođenju evaluacijskih aktivnosti u sklopu razvoja, stoga ova aktivnost može i prethoditi procesu prikupljanja podataka o korisnicima.

U idućoj aktivnosti, **određivanju funkcijskih zahtjeva i ciljeva uporabljivosti i pristupačnosti** aplikacije, sudjeluju predstavnici odjela dizajna, razvoja, domensko-istraživačkog odjela i stručnjaka iz područja dizajna, razvoja i PK. Osnovni funkcijski zahtjevi te ciljevi uporabljivosti i pristupačnosti razrađuju se kako bi se dobio konačan popis svih funkcionalnosti, ciljeva uporabljivosti i pristupačnosti te načina na koji će se evaluirati.

Nakon definiranja funkcijskih zahtjeva i ciljeva uporabljivosti i pristupačnosti započinje proces razvoja koji se dijeli na razvoj potrebnih grafičkih znakova i razvoj aplikacije. U slučaju prethodne dostupnosti svih potrebnih grafičkih znakova ne postoji potreba za procesom razvoja istih te se aktivnosti usmjeravaju isključivo na razvoj aplikacije.

## 9.6.2 Aktivnosti razvoja i realizacije grafičkih znakova za uporabu u aplikaciji

Proces **razvoja grafičkih znakova** započinje **specifikacijom sadržajnih i stilskih odrednica potrebnih znakova**. Na ovoj aktivnosti sudjeluje odjel dizajna i relevantni stručnjaci iz područja oblikovanja grafičkih znakova i potpomognute komunikacije pomoću grafičkih znakova. Razmatraju se mogući sadržajni, odnosno slikovni elementi vizualizacije pojma radi povećavanja njihove transparentnosti, odnosno točnosti prepoznavanja. U slučaju da sudionici aktivnosti nisu sigurni koje elemente koristiti ili se dvoume između nekoliko različitih elemenata, pojam se klasificira kao složen, dok se u ostalim slučajevima klasificira kao jednostavan. Uz sadržaj, definiraju se i stilske odrednice oblikovanja i usklađuju se s relevantnim smjernicama.

U slučaju **jednostavnih znakova** odjel dizajna pristupa njihovoj izradi prema definiranim stilskim odrednicama i korištenjem optimizirane palete boja. Stručnjaci iz područja oblikovanja grafičkih znakova i PK obavljaju **pregled sukladnosti izrađenih znakova relevantnim smjernicama** i, ukoliko zadovoljavaju postavljene kriterije, znakovi su spremni za implementaciju u aplikaciju. U protivnom, znakovi se vraćaju na doradu dok ne zadovolje postavljene kriterije.

U slučaju **složenih znakova** odjel dizajna **izrađuje 3 do 5 vizualizacija za određeni pojam** koje se međusobno razlikuju prema prikazanom sadržaju i/ili prema načinu slikovne prezentacije sadržaja. Stručnjaci iz područja oblikovanja grafičkih znakova i PK **pregledavaju sukladnost izrađenih varijanti znakova relevantnim smjernicama** i, u slučaju da zadovoljavaju postavljene kriterije, znakovi kreću u **proceduru evaluacije** prethodno opisanim metodama norme ISO 9186:2007 prilagođenima za potrebe PK. Umjesto 3 varijante znaka, u testu razumljivosti uključene su 2 varijante odabrane prema rezultatima testa rasuđivanja. Varijanta znaka koja će biti implementirana u aplikaciju odabire se na temelju rezultata testa razumljivosti. Radi efikasnijeg provođenja evaluacije, testove je moguće provoditi na daljinu, pomoću on-line upitnika, no potrebno je paziti da ispitanici iz jednog testa ne sudjeluju u drugom.

### 9.6.3 Aktivnosti razvoja i realizacije aplikacije

Prva aktivnost razvoja i realizacije aplikacije jest **definiranje scenarija uporabe**, u kojim sudjeluju predstavnici odjela dizajna, razvoja, domensko-istraživačkog odjela i odjela podrške stručnjaka. Scenariji se definiraju na temelju ustanovljenih funkcijskih zahtjeva i ciljeva uporabljivosti i pristupačnosti, prikupljenih podataka o korisnicima i izrađenim personama. Potrebno je izraditi scenarije uporabe za primarne (osobe sa SKP) i sekundarne korisnike (roditelji, asistenti, rehabilitatori, edukatori, sugovornici).

U aktivnosti **razvoja grafičkog korisničkog sučelja izradom brzih (papirnatih) prototipova** prvenstveno sudjeluje odjel dizajna uz mogućnost konzultacija s odjelima razvoja i domensko-istraživačkim odjelom te relevantnim stručnjacima. Prilikom konceptualizacije sučelja dizajneri trebaju voditi računa o personama, funkcijskim zahtjevima, ciljevima uporabljivosti i pristupačnosti, scenarijima uporabe i smjernicama oblikovanja GKS za PK. Tijekom razvoja prototipova istražuju se različiti smjerovi dizajna sučelja koji bi zadovoljili zadane parametre i bili u skladu sa smjernicama.

Stručnjaci iz područja dizajna interakcija provode **pregled sukladnosti smjernicama** oblikovanja GKS za PK na papirnatim prototipovima. U slučaju uočenih problema s rješenjem, prototip se vraća na reviziju. U protivnom, započinje aktivnost izrade digitalnog prototipa niske vjernosti.

**Digitalni prototip niske vjernosti** također izrađuje odjel dizajna, koristeći se nekim od dostupnih računalnih alata i smjernicama oblikovanja GKS za PK. Prototip se izrađuje u omjeru 1:1 u odnosu na dimenzije zaslona ciljanog uređaja. U slučaju više ciljanih uređaja s različitim dimenzijama zaslona, izrađuje se prototip za svaku dimenziju. Preporučuje se implementacija interaktivnih elemenata u prototip ili izrada videoprototipa prema ustanovljenim scenarijima uporabe za potrebe provođenja multidisciplinarnog pregleda.

Proces **pregleda sukladnosti smjernicama** provodi se na isti način kao i u slučaju brzih (papirnatih) prototipova.

Nakon što prototip zadovolji kriterije evaluacije sukladnosti smjernicama, započinje **proces evaluacije multidisciplinarnim pregledom**. Uz stručnjake iz područja dizajna interakcija, korisničkog iskustva, razvoja softvera, potpomognute komunikacije, edukacijske rehabilitacije, logopedije i psihologije, u ovoj aktivnosti preporučuje se i sudjelovanje predstavnika organizacija korisnika, roditelja korisnika i samih korisnika sa SKP koji su u mogućnosti pružiti potrebne povratne informacije. Pregledava se prototip niske vjernosti pomoću ustanovljenih scenarija uporabe i vodi se diskusija sa sudionicima o mogućim problemima uporabe te se predlažu sugestije za njihovo otklanjanje. Po završetku aktivnosti razvojni tim analizira povratne informacije i donosi odluku koje će se sugestije prihvatiti, nakon čega se prototip šalje na reviziju.

Sljedeći korak razvoja aplikacije jest **izrada digitalnog prototipa visoke vjernosti prikaza**. Izrađuje se u mjerilu 1:1 za dimenzije zaslona ciljanih uređaja i sadržava prikaze svih prilagodbi i grafičke znakove za PK. Odjel dizajna za njihovu izradu prati smjernice GKS za PK i koristi optimiziranu paletu boja. Preporuka je da vjernost prikaza grafičkih elemenata GKS u završnim fazama izrade prototipa bude istovjetna onoj za implementaciju u verziju aplikacije za distribuciju, što omogućuje uporabu grafičkih elemenata iz prototipa visoke vjernosti za implementaciju u funkcionalni prototip i u konačnu verziju aplikacije. Kao i u slučaju digitalnih prototipova niske vjernosti, preporučuje se implementacija funkcionalnih elemenata i izrada videoprototipova.

Prototip se u ranim fazama izrade evaluira **pregledom sukladnosti smjernicama**, a u kasnijim fazama moguće je napraviti i **pregled konzistentnosti**. Pregledava se unutarnja i vanjska konzistentnost aplikacije. Cilj pregleda unutarnje konzistentnosti jest uočavanje razlika u izgledu elemenata sučelja kroz na svim razinama njegove prilagodbe i upotrijebljenih uzoraka

interakcije u kontekstu interakcije primarnih (npr. metode odabira i kretanja kroz sadržaj) i sekundarnih korisnika (npr. pristup i podešavanje postavki, dodavanje novih sadržaja, njihova pohrana i organizacija unutar kategorija) s aplikacijom, a koje bi korisnicima mogle otežati uporabu aplikacije. Pregledom vanjske konzistentnosti usklađuje se izgled i način interakcije pojedinih elemenata GKS s ostalim razvijenim aplikacijama kako bi se smanjili zahtjevi za učenjem novih interakcijskih uzoraka i kako bi se smanjila potencijalna konfuzija zbog različitog izgleda naredbi koje označavaju istu funkcionalnost. U pregledu sudjeluju članovi iz odjela dizajna i razvoja te stručnjaci iz istih područja.

Po završetku prototipa visoke vjernosti vrši se **multidisciplinarni pregled** na čijoj osnovi razvojni tim radi reviziju funkcionalnosti aplikacije i plana razvoja te određuje koje će funkcionalnosti biti uključene u plan razvoja trenutne verzije, koje planirati za buduće verzije aplikacije te koje funkcionalnosti izostaviti. Prototip se, ako je to potrebno, šalje na reviziju.

Iz konačne verzije digitalnog prototipa visoke vjernosti, odjel dizajna izdvaja elemente GKS i priprema ih za implementaciju unutar **funkcionalnog prototipa**, koji svojim izgledom i funkcionalnošću prati smjernice ustanovljene prototipovima i smjernice oblikovanja GKS za PK. Odjel razvoja prototip izrađuje u programskim jezicima ciljanih platformi.

Nakon završetka prve verzije funkcionalnog prototipa provodi se **heuristička evaluacija** u kojoj sudjeluju stručnjaci iz područja dizajna interakcija, korisničkog iskustva, razvoja softvera, potpomognute komunikacije i psihologije. Tijekom evaluacije svaki od evaluatora najmanje dva puta individualno analizira korisničko sučelje pri čemu se fokusira na specifične elemente i funkcionalnost, evaluirajući njihov dizajn i implementaciju prema listi heuristika. Evaluaciju svaki stručnjak provodi samostalno. Rezultat evaluacije jest popis problema povezanih s uporabljivošću s referencama o prekršenim heuristikama, procjena ozbiljnosti problema, potrebnog vremena i stupnja složenosti njegovog otklanjanja. Po završetku evaluacije popisi pojedinih evaluatora objedinjuju se u jedinstveni izvještaj. Preporučuje se sudjelovanje 3 do 5 evaluatora kao optimalni omjer broja evaluatora i broja otkrivenih problema. Smatra se da 5 evaluatora otkrije otprilike 75% problema uporabljivosti korisničkog sučelja [228]. S obzirom na sudjelovanje evaluatora iz različitih područja, potrebno je da svi oni budu upoznati s upotrijebljenim heuristikama i procesom provedbe heurističke evaluacije. Radi efikasne heurističke evaluacije aplikacija za PK potrebno je proširiti i prilagoditi postojeće heuristike kako bi bile u skladu sa specifičnostima i zahtjevima procesa interakcije između korisnika sa SKP i razvijenih usluga za pokretne uređaje. Nielsenova lista 10 heuristika uporabljivosti za

dizajn korisničkih sučelja [229] često se proširuje ili mijenja kako bi se uvažile specifičnosti interakcijskog dizajna pojedinih vrsta proizvoda [230], [231].

Nakon revizije prema izvještaju heurističke evaluacije funkcionalni prototip **testira se na primarnim i sekundarnim korisnicima**. Preporučene metode evaluacije s primarnim korisnicima jesu promatranje korisnika tijekom korištenja aplikacije, izravni prijenos i testiranje performansi izvođenja zadanih radnji. Metoda izravnog prijenosa pogodna je kada za provedbu istraživanja nisu dostupni stručnjaci iz područja PK. Ova metoda uključuje stručnjake koji nisu dio razvojnog tima kako bi provoditeljima evaluacije objasnili reakcije ispitanika dok se služi aplikacijom. U sklopu testiranja mjerenja performansi mjeri se potrebno vrijeme i broj pogrešaka tijekom obavljanja zadanih radnji. Za testiranje sa sekundarnim korisnicima moguće je koristiti standardne metode testiranja u UCD procesu. Istraživanje provodi domensko-istraživački odjel, uz superviziju relevantnih stručnjaka. Podaci istraživanja analiziraju se i oblikuju u izvješće s uočenim nedostacima i potrebnim revizijama.

Konačna revizija funkcionalnog prototipa priprema se za distribuciju te prolazi kroz konačni **multidisciplinarni pregled**, nakon čega slijedi **distribucija aplikacije** korisnicima putem repozitorija aplikacija relevantnih platformi.

#### 9.6.4 Aktivnosti nakon distribucije aplikacije

Nakon distribucije aplikacije potrebno je osigurati adekvatno **održavanje aplikacije** i pružanje tehničke podrške, stoga se odabiru članovi tima koji će pružati tehničku podršku korisnicima.

Zbog dostupnosti većeg uzorka korisnika domensko-istraživački odjel u suradnji s odjelom razvoja provodi **evaluacije aplikacije u primjeni** kako bi se ustanovili eventualni problemi korištenja aplikacije. Moguće je promatrati korisnike u svakodnevnom korištenju aplikacije, koristiti se sredstvima elektroničke komunikacije za prikupljanje povratnih informacija od korisnika, roditelja, logopeda, edukatora i rehabilitatora te prikupljati podatke prethodnom integracijom automatske dijagnostike unutar aplikacije. Implementacijom automatske dijagnostike omogućuje se prikupljanje podataka o korištenju aplikacije direktno iz samog uređaja. Prednost ovog načina prikupljanja podataka jest u tome što ne zahtijeva angažman korisnika ili roditelja u pružanju povratnih informacija, međutim njezinu implementaciju potrebno je uskladiti s etičkim načelima i zahtjevima privatnosti korisnika.



Na osnovi prikupljenih podataka, **planiraju se izmjene i unapređenja** za iduću verziju aplikacije, čime se proces razvoja vraća na aktivnost definiranja funkcijskih zahtjeva i ciljeva uporabljivosti i pristupačnosti.

## **9.7 Evaluacija modela na primjeru razvoja aplikacije „Komunikator +“**

Predloženi model UCD procesa razvoja aplikacija za PK evaluiran je tijekom razvoja aplikacije „Komunikator +“, koja se razvija u okviru projekta „Kompetencijska mreža zasnovana na informacijsko-komunikacijskim tehnologijama za inovativne usluge namijenjene osobama sa složenim komunikacijskim potrebama (ICT-AAC)“ (<http://www.ict-aac.hr>). U projekt su uključena četiri konzorcijska partnera – sastavnica Sveučilišta u Zagrebu: Fakultet elektrotehnike i računarstva, Edukacijsko rehabilitacijski fakultet, Grafički fakultet i Filozofski fakultet. Konzorcijski partneri surađivali su prethodno u projektu „ICT sustavi za osobe sa složenim komunikacijskim potrebama“ (<http://usluge.ict-aac.hr/sveucilisni/>), u okviru kojih su razvijene aplikacije „Komunikator“, „Android komunikator“, „E-galerija“ i „Matematički vrtuljak“. S obzirom da među ciljevima projekta ICT-AAC jest razvoj inovativnih usluga u području PK i unapređenje društvene uključenosti osobama sa SKP, primjena predloženih modela UCD procesa i modela prilagodljivoga grafičkoga znakovnoga sustava za osobe sa SKP ocijenjena je kao pogodan i potreban pristup razvoju aplikacija unutar projekta.

„Komunikator +“ predstavlja prvu aplikaciju koja se razvija u okviru projekta od svojeg začetka prema pravilima UCD razvoja. Praćen je i opisan razvoj aplikacije od početka njezina razvoja (3. 7. 2013.) do faze razvoja funkcionalnog prototipa (20. 3. 2014.). Vremenski raspon provođenja aktivnosti prikazani su gantogramom (Tablica 104).

U procesu razvoja aplikacije sudjelovao je sljedeći multidisciplinarni tim:

### **Odjel dizajna:**

istraživač metodologija dizajna

grafički dizajner

### **Odjel razvoja:**

3 razvijatelja softvera

### **Domenski istraživački odjel (domena: edukacijsko-rehabilitacijska):**

asistent iskustvenog laboratorija

terapeut za poteškoće u učenju

psiholog

**Potporna stručnjaka:**

stručnjak za e-pristupačnost

stručnjak za evaluaciju prikaza boja i sučelja

stručnjak za ranu intervenciju

stručnjak za evaluaciju korisničkog iskustva

stručnjak za kvalitativne metode istraživanja

stručnjak za poremećaje sluha

tehnički stručnjak - dizajner softvera

**Menadžment i marketing:**

koordinator projekta / stručnjak za društveno umrežavanje

projektni menadžer

projektni administrator

Tablica 104: Gantogram procesa razvoja aplikacije "Komunikator +"

Aktivnost	Period izvođenja aktivnosti (mjesec razvoja)									
	P*	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
<b>Planiranje</b>										
Inicijalni sastanak										
Prikupljanje podataka o korisnicima										
Upitnik										
Promatranje korisnika										
Evaluacija postojećih rješenja										
Intervjui										
Izrada persona										
Sastanak svih interesnih skupina										
<b>Razvoj grafičkih znakova</b>										
Određivanje ciljeva uporabljivosti										
Specifikacija sadržajnih i stilskih odrednica										
Izvedba znakova jednostavnih pojmova i pregled njihove sukladnosti smjernicama										
Izvedba znakova složenih pojmova i pregled njihove sukladnosti smjernicama										
Odabir znakova složenih pojmova provedbom evaluacije										
<b>Razvoj aplikacije za pokretne uređaje</b>										
Određivanja ciljeva uporabljivosti										
Definiranje scenarija upotrebe										
Razvoj sučelja izradom brzih prototipova										
Razvoj i pregled sukladnosti smjernicama digitalnog prototipa niske vjernosti										
Multidisciplinarni pregled digitalnog prototipa niske vjernosti										
Razvoj i pregled sukladnosti smjernicama digitalnog prototipa visoke vjernosti										
Pregled konzistentnosti prototipa visoke vjernosti										
Multidisciplinarni pregled prototipa visoke vjernosti										
Razvoj funkcionalnog prototipa										

\* P – Aktivnost koja je izvršena prije perioda početka planiranja aplikacije

### 9.7.1 Planiranje

**Period provedbe aktivnosti:** 3. 7. 2013.

**Sudionici:** svi članovi razvojnog tima

Proces planiranja aplikacije započeo je inicijalnim sastankom članova razvojnog tima. Na sastanku su analizirane povratne informacije korisnika koji su upotrebljavali prethodno razvijene aplikacije u sklopu ICT-AAC projekta te su razmatrane ideje za poboljšanje distribuiranih i izradu novih aplikacija

**Rezultati:**

Na temelju zahtjeva korisnika zaključeno je da postoji potreba za razvojem aplikacije koja će korisnicima omogućiti sekvencioniranje pojmova i njihovo formiranje u izjavu odnosno rečenicu, uz mogućnost njezina izgovora uporabom zvučnih mogućnosti uređaja. Dogovoreno je da će aplikacija svojim mogućnostima biti naprednija od prethodno razvijene aplikacije „Komunikator“ te da će biti namijenjena skupini korisnika koji uče ili su već sposobni spajati pojmove u izjave. Određena je okvirna dinamika izrade aplikacije i dodijeljene su uloge unutar razvojnog tima.

### 9.7.2 Prikupljanje podataka o korisnicima

**Upitnik**

**Period provedbe aktivnosti:** 15. 4. 2011. – 27. 5. 2011., 23. 2. 2012. - 1. 6. 2012., 14. 6. 2013. - 16. 9. 2013.

**Sudionici:** stručnjak za e-pristupačnost, stručnjak za potpomognutu komunikaciju, stručnjak za višestruke poteškoće, istraživač metodologija dizajna, terapeut za poteškoće u učenju, asistent iskustvenog laboratorija i ostali članovi projektnog tima

**Ispitanici:** korisnici sa SKP, roditelji i skrbnici korisnika

Rabili su se podaci iz triju upitnika, od čega su dva provedena prethodno u projektu. Prvi provedeni upitnik namijenjen je roditeljima i skrbnicima korisnika sa SKP radi inicijalnog prikupljanja podataka o tehnologijama, programima i aplikacijama koje djeca trenutno koriste

za PK, o problemima u uporabi istih, o željama roditelja u kontekstu razvoja budućih rješenja i o posjedovanju novih tehnologija u vlastitim domaćinstvima. Upitnik je roditeljima i skrbnicima distribuiran internetom. Pristiglo je 15 odgovora, 11 roditelja ženskog i 4 roditelja muškog djeteta, dobi djece između 6 i 21 godine.

Drugi upitnik provodio se s predškolskom i školskom djecom s razvojnim poremećajima radi prikupljanja njihovih preferencija u domeni vizualnih medija, te u posjedovanju i uporabi pokretnih uređaja. Istraživanje je provedeno paralelno s istraživanjem određivanja karakteristika linijske složenosti i likovnog stila oblikovanja znakova na osnovi korisničkih preferencija, opisanog u 6. poglavlju. Sudjelovalo je 36 ispitanika, 26 muškog i 10 ženskog spola, starosti u rasponu od 6-14 godina, s različitim poremećajima: intelektualnim poteškoćama/teškoćama u učenju, ADHD-om, specijalnim razvojnim mješovitim poremećajem, teškoćama u čitanju i pisanju, organski uvjetovanim poremećajima u ponašanju.

Treći upitnik provodio se u sklopu ICT-AAC projekta i bio je namijenjen korisnicima s razvojnim odstupanjima te njihovim roditeljima i skrbnicima. Oblikovana su dva različita upitnika, sadržajno prilagođena ispitanicima, jedan za korisnike sa SKP, dok je drugi distribuiran roditeljima djece s razvojnim odstupanjima. U istraživanju s korisnicima sudjelovale su 33 osobe, od kojih je 9 kompletiralo upitnik, dok su ostali upitnik ispunili djelomično ili ga uopće nisu ispunili. Starost ispitanika kretala se između 13 i 45 godina. U istraživanju s roditeljima sudjelovalo je 163 ispitanika, od čega je 81 upitnik kompletiran.

### **Rezultati:**

Rezultati prvog upitnika prezentirani su u radu Dolić et al [232]. Rezultati svih triju upitnika omogućili su razvojnom timu uvid u sljedeće:

- oblike potpomognute komunikacije koje korisnici trenutno rabe;
- korisnikove mogućnosti i navike uporabe visokotehnoloških rješenja za PK i suvremenih pokretnih uređaja
- programe i aplikacije koje korisnici trenutno rabe
- najistaknutije i najučestalije probleme s uporabom postojećih programa i aplikacija
- tehnologije kojima korisnici trenutno imaju pristup u vlastitim kućanstvima
- koje bi tehnologije roditelji željeli da njihova djeca rabe
- vrste pokretnih uređaja koje korisnicima najviše odgovaraju
- vizualne medije koje korisnici konzumiraju i preferiraju

- funkcionalnosti aplikacija za PK koje žele korisnici i njihovi roditelji

### **Evaluacija postojećih rješenja**

**Period provedbe aktivnosti:** 5. 10. 2012. – 15. 11. 2012.

**Sudionici:** članovi odjela podrške stručnjaka, domenski istraživački odjel, logopedi i edukacijski rehabilitatori i ostali članovi projektnog tima

**Ispitanci:** korisnici sa SKP, roditelji i skrbnici korisnika PK

#### **Tijek provedbe aktivnosti:**

S obzirom na ograničenu dostupnost aplikacija za PK na hrvatskom jeziku evaluacija se provodila na prethodno razvijenoj aplikaciji „Komunikator“. U istraživanju je sudjelovalo 18 djece sa SKP u dobi između 2 i 5 godina. Promatrale su se emocionalne reakcije na aplikaciju, želja za samostalnom uporabom i problemi u uporabi aplikacije. Istraživački tim održao je s logopedima i rehabilitatorima tri fokus grupe na kojima se diskutiralo o napretku istraživanja i o rezultatima.

#### **Rezultati:**

Uz pretežno pozitivne reakcije djece na aplikaciju, odnosno na sam pokretni uređaj, uočeni su tehnički problemi u radu aplikacije „Komunikator“, ali i problemi oblikovanja sučelja (veličina i izgled slovnih znakova, pozicija tekstualnog opisa znakova, problemi u uporabi sučelja osobama s motoričkim poteškoćama) te funkcionalnosti koje nedostaju u aplikaciji „Komunikator“ (ograničenost na jednu stranicu s prikazom znakova, ograničena ponuda znakova i nepostojanje njihove kategorizacije i hijerarhijske organizacije, nepostojanje jasne povratne informacije da je korisnik odabrao znak).

### **Promatranje korisnika i razgovori s roditeljima korisnika sa SKP**

**Period provedbe:** 14. 4. 2011., 10. 5. 2011., 15. 8. - 11. 9. 2013., 29. 11. 2013.

**Sudionici:** članovi odjela razvoja, dizajna i domensko-istraživačkog odjela, pojedini članovi odjela potpore stručnjaka

**Ispitanici:** korisnici sa SKP, roditelji korisnika sa SKP

**Tijek provedbe aktivnosti:**

U prvoj fazi aktivnosti promatrali su se pojedini korisnici i njihov način uporabe sredstava potpomognute komunikacije i suvremenih tehnologija. U ovoj fazi istraživanje se provelo na dvama korisnicima. Prvi korisnik, Denis, ima cerebralnu paralizu i dioptriju -13. Za kretanje se služi isključivo kolicima i ima problema s preciznim motoričkim kretanjem ruku. Iako se u komunikaciji služi pismom, u prošlosti se koristio grafičkim znakovima. Promatran je dok je upotrebljavao prototipove računalnih programa za PK koje su razvili studenti FER-a. Drugi korisnik, Sara, ima teške motoričke smetnje, za kretanje se koristi isključivo kolicima i ima izrazito ograničenu mogućnost pokreta ruku i glave. Komunicira isključivo niskotehnološkim sredstvima za PK pomoću grafičkih znakova i sposobna ih je upotrebljavati samo uz asistenciju. Promatrana je za vrijeme komunikacije sa sugovornikom.

Nakon promatranja korisnika pristupilo se provedbi intervjua s korisnikovim roditeljima. Pitanja su bila usmjerena na rješenja u području PK kojima se njihova djeca trenutno koriste, na rješenja koja su rabila u prošlosti, na način komunikacije i razinu komunikacijskih sposobnosti, na njihova iskustva i uočene probleme s postojećim rješenjima te na njihove stavove o uporabi suvremenih pokretnih uređaja u funkciji PK i na ideje o načinima na koji bi njihova uporaba mogla pomoći u unapređenju komunikacijskih vještina njihove djece.

Uz promatranje pojedinačnih korisnika, organizirani su posjeti članova razvojnog tima rehabilitacijskim i edukacijskim organizacijama koje rade s korisnicima sa SKP. Za vrijeme posjeta korisnici su promatrani za vrijeme njihovih svakodnevnih aktivnosti u okviru organizacije. Posjećeni su Centar za rehabilitaciju Edukacijsko-rehabilitacijskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Savjetovalište za potpomognutu komunikaciju u Kölnu, Njemačka, i Sveučilišni rehabilitacijski institut Republike Slovenije.

**Rezultati:**

Kod Denisa, osim problema kod navigacije korisničkim sučeljem, uočeni su problemi prepoznavanja grafičkih znakova koji nemaju značajan kontrast između grafičkih elemenata i podloge. Usprkos tome Denisu su se sviđali detaljni grafički znakovi, koji imaju sjenčanje i tonske prijelaze. Kroz demonstraciju komunikacije sa Sarom uočen je nedostatak lokaliziranih

galerija simbola. Sara se u komunikaciji koristi kartonskim podlogama s otisnutim simbolima, koji su grafički jednostavni i plošni, kontrastnih boja.

Prikupljene podatke iz posjeta rehabilitacijskim i edukacijskim ustanovama članovi razvojnog tima diseminirali su ostatku razvojnog tima na internim sastancima.

### 9.7.3 Izrada persona

**Period provedbe:** 13. 2. 2014. - 17. 3. 2014.

**Sudionici:** istraživač metodologija dizajna, grafički dizajner, stručnjak za evaluaciju korisničkog iskustva

**Tijek provedbe aktivnosti:**

Na osnovi prikupljenih podataka o korisnicima pristupilo se izradi persona koje će se upotrebljavati u procesu dizajna korisničkog sučelja aplikacije „Komunikator +“

**Rezultat:**

Izrađene su 4 persone primarnih korisnika (korisnici sa SKP) te 2 persone sekundarnih korisnika (roditelji djece sa SKP).

### 9.7.4 Sastanak svih interesnih skupina

**Period provedbe:** 10. 10. 2013.

**Sudionici:** svi članovi razvojnog tima, organizacije korisnika

**Tijek provedbe aktivnosti:**

Članovi razvojnog tima prezentirali su organizacijama korisnika ideju i plan razvoja aplikacije „Komunikator +“.

**Rezultati:**



Dogovorena je suradnja s organizacijama korisnika u provođenju planiranih evaluacija u okviru UCD procesa razvoja aplikacije.

### 9.7.5 Određivanje funkcijskih zahtjeva i ciljeva uporabljivosti i pristupačnosti aplikacije

**Period provedbe:** 8. 8. 2013., 2. 10. 2013., 11. 10. 2013., 6. 11. 2013.

**Sudionici:** stručnjak za e-pristupačnost, stručnjak za poremećaje sluha, tehnički stručnjak - dizajner softvera, istraživač metodologija dizajna, razvijatelji, grafički dizajner

#### **Tijek provedbe aktivnosti:**

Funkcijski zahtjevi i ciljevi uporabljivosti određeni su na osnovi okvirnih ciljeva specificiranih na inicijalnom sastanku razvojnog tima u sklopu aktivnosti planiranja te na osnovi prikupljenih podataka o korisnicima. Zahtjevi su definirani tijekom 4 sastanka radne skupine zadužene za provođenje aktivnosti. Prvi sastanak održan je s članovima odjela dizajna i relevantnim stručnjacima, kako bi se zahtjevi i ciljevi mogli vizualizirati pomoću papirnatih prototipova. Nakon toga održana su tri sastanka s predstavnicima odjela za razvoj, domensko-istraživačkog odjela i odjela podrške stručnjaka, na kojima su funkcijski zahtjevi i ciljevi uporabljivosti revidirani, prošireni i konkretizirani.

#### **Rezultati:**

Strukturirani popis funkcijskih zahtjeva i ciljeva uporabljivosti i pristupačnosti prezentirani su u dokumentu „Vizija programskog proizvoda“ koji je distribuiran ostalim članovima razvojnog tima.

### 9.7.6 Specifikacija sadržajnih i stilskih odrednica grafičkih znakova

**Period provedbe:** 21. - 31. 10. 2013.

**Sudionici:** stručnjak za evaluaciju prikaza boja i sučelja, stručnjak za evaluaciju korisničkog iskustva, odjel dizajna

#### **Tijek provedbe:**

Na osnovi određenih funkcijskih zahtjeva i ciljeva uporabljivosti i pristupačnosti određen je broj znakova koji nedostaje za potrebe aplikacije. Dogovoreno je da će se, za prvu verziju, znakovi izraditi za označavanje kategorija i za pojmove koji nisu dostupni u postojećim skupovima grafičkih znakova namijenjenih implementaciji u aplikaciju.

**Rezultati:**

Izrađen je popis pojmova koje je potrebno vizualizirati, napravljena je kategorizacija na jednostavne i složene te su odabrane smjernice čiji se dizajner treba pridržavati pri oblikovanju znakova.

### 9.7.7 Definiranje scenarija uporabe

**Period provedbe:** 12. - 16. 8. 2013., 6. - 11. 11. 2013.

**Sudionici:** stručnjak za evaluaciju korisničkog iskustva, stručnjak za poremećaje sluha, stručnjak za ranu intervenciju, tehnički stručnjak - dizajner softvera, istraživač metodologija dizajna, razvijatelji, grafički dizajner

**Tijek provedbe aktivnosti:**

Na osnovu funkcijskih zahtjeva i ciljeva uporabljivosti te stvorenih persona pristupilo se izradi scenarija uporabe buduće aplikacije.

**Rezultati:**

Definirani su scenariji za proces sekvencioniranja znakova i izgovora jednostavne izjave (dva znaka prisutna u isto vrijeme na zaslonu), sekvencioniranje znakova i izgovora složene izjave (4 znaka raspoređena u različitim kategorijama), da/ne odgovor na pitanja, pohranu unaprijed pripremljene izjave za kasniju uporabu, uređivanje spremljenih izjava, organiziranje znakova u kategorije, dodavanje novog znaka.

### 9.7.8 Razvoj sučelja izradom brzih (papirnatih) prototipova niske i srednje vjernosti prikaza

**Period provedbe aktivnosti:** 13. 9. - 3. 10. 2013.

**Sudionici:** stručnjak za evaluaciju prikaza boja i sučelja, stručnjak za evaluaciju korisničkog iskustva, istraživač metodologija dizajna, grafički dizajner

### **Tijek provedbe aktivnosti:**

Odjel dizajna razvio je papirne prototipove na osnovi postavljenih korisničkih scenarija, razvijenih persona i ustanovljenih ciljeva uporabljivosti. Inicijalni prototipovi sadržavali su grube reprezentacije izgleda i pozicioniranja osnovnih elemenata GKS unutar dimenzija zaslona uređaja. Predložena su dva dizajna te je u konzultaciji sa stručnjacima odabran onaj s većim potencijalom razvoja. Potom je započela faza planiranja i skiciranja mogućih prilagodbi sučelja radi proširenja pristupačnosti na sve ciljanje korisnike.

### **Rezultati:**

Razvojem papirnatih prototipova ustanovljen je okvirni sadržaj grafičkog korisničkog sučelja. On se sastoji od triju glavnih dijelova: trake za prikaz sekvencioniranja grafičkih znakova i izgovor izjave, trake s naredbama i od prostora s mrežnim prikazom grafičkih znakova. Određene su mogućnosti prostorne prilagodbe, odnosno pozicioniranja traka za prikaz sekvencioniranja pojmova i trake s naredbama. Također su određene prilagodbe dimenzija i broja grafičkih znakova koji će se prikazivati na zaslonu te prilagodbe dimenzija trake s naredbama. Nadalje, određena je mrežna struktura kao temelj za buduću konstrukciju i raspored grafičkih elemenata korisničkog sučelja. Jedinični element mrežne strukture predstavlja kvadrat dimenzija 44 x 44, odnosno 88 x 88 slikovnih elemenata, što predstavlja ekvivalent najmanjoj preporučenoj površini za odabir pomoću dodirnika na dimenzijama ekrana i razlučivosti ciljanih uređaja. Prototipom je određena i prilagodba mogućnosti kretanja kroz stranice s grafičkim znakovima – korisnik će se moći koristiti gestama, ali po potrebi uključiti prikaz naredbi za kretanje kroz stranice.

Na osnovi mrežne strukture i dogovorenih izmjena izrađen je novi papirni prototip koji je služio kao osnova za razvoj digitalnog prototipa srednje vjernosti prikaza.

## 9.7.9 Razvoj digitalnog prototipa srednje vjernosti prikaza i pregled sukladnosti smjericama

**Period provedbe aktivnosti:** 4. 10. - 25. 11. 2013.

**Sudionici:** stručnjak za evaluaciju prikaza boja i sučelja, stručnjak za evaluaciju korisničkog iskustva, istraživač metodologija dizajna, grafički dizajner

Digitalni prototip niske vjernosti prikaza izrađen je na osnovi finalne verzije papirnatog prototipa. Njegova izrada odvijala se u sljedećim fazama:

- 1) izrada statičnog digitalnog prototipa
- 2) pregled sukladnosti smjericama prototipa
- 3) revizija planiranih funkcionalnosti aplikacije
- 4) revizija statičnog digitalnog prototipa
- 5) implementacija ograničene funkcionalnosti unutar prototipa
- 6) izrada videoprototipa za potrebe multidisciplinarnog pregleda
- 7) revizija digitalnog prototipa na osnovi podataka dobivenih multidisciplinarnim pregledom

Nakon odobrenja papirnatih prototipova od relevantnih stručnjaka pristupilo se izradi digitalnih prototipova srednje vjernosti prikaza. Prototip je izrađen u mjerilu 1:1 i prilagođen je prikazu na pokretnim uređajima dijagonale zaslona od 10 inča i omjeru stranica 4:3. Za izradu prototipa korišten je računalni alat „Balsamiq“ (<http://balsamiq.com/>). Nakon pregleda sukladnosti smjericama, u suradnji s ostalim odjelima napravljena je revizija funkcionalnosti koje će biti dio prve verzije aplikacije s obzirom na dostupno vrijeme razvoja. Prototip je revidiran i implementirana je mogućnost ograničenog kretanja kroz izbornik, odabir kategorija i pojedinih simbola. Kako bi se bolje dočarale planirane funkcionalnosti aplikacije organizacijama korisnika, roditeljima i korisnicima koji su sudjelovali u multidisciplinarnom pregledu, na osnovi interaktivnog digitalnog prototipa izrađen je i videoprototip koji prati različite scenarije upotrebe aplikacije.

### **Rezultati:**

konačna verzija digitalnog prototipa u kojoj su sadržane sve revizije i koja služi kao temelj izrade digitalnog prototipa visoke vjernosti.

## 9.7.10 Multidisciplinarni pregled interaktivnog i videoprototipa niske vjernosti

**Period provedbe aktivnosti:** 15. 10. 2013. - 03. 11. 2013.

Sudionici: svi članovi razvojnog tima, organizacije korisnika, roditelji i skrbnici, logopedi i edukacijski rehabilitatori

Nakon što je razvojni tim pregledao prototip i odobrio njegovu distribuciju radi multidisciplinarnog pregleda, dogovorena je dinamika aktivnosti koje će biti odrađene u sklopu pregleda. Određeni su sudionici te im je elektroničkim putem distribuiran digitalni prototip niske vjernosti.

Sudionici su dobili pristup pregledu izrađenog videoprototipa. Uz prototip distribuiran je pisani dokument koji sadržava slikovni i tekstualni pregled funkcionalnosti te objašnjenja o načinu slanja i vrsti povratnih informacija koje se zahtijevaju od sudionika multidisciplinarnog pregleda. Osim videoprototipa s dokumentacijom, sudionicima multidisciplinarnog pregleda distribuirana je i interaktivna verzija prototipa unutar alata InVision ([www.invisionapp.com/](http://www.invisionapp.com/)), koji korisnicima, uz mogućnost pregleda interaktivnih prototipa na daljinu korištenjem osobnog ili tablet-računala, omogućuje i ostavljanje vlastitih komentara superponiranih na one dijelove prototipa na koje se dati komentari odnose.

Nekoliko dana nakon slanja prototipova, uži tim sastavljen od po jednog člana iz odjela dizajna, razvoja i domensko-istraživačkog odjela obilazio je sudionike multidisciplinarnog pregleda radi prikupljanja povratnih informacija. S organizacijama koje nisu bile lokacijski dostupne, kontaktiralo se telefonski ili elektroničkom poštom.

### **Rezultati:**

Od svih načina prikupljanja povratnih informacija najmanje korišten bio je ostavljanje komentara unutar alata InVision. Povratne informacije dobivene elektronički, telefonski i osobnim kontaktom prikupljene su i analizirane. Razmotreni su prijedlozi izmjena i nadopuna funkcionalnosti te je ponovno održana aktivnost određivanja funkcijskih zahtjeva i ciljeva

uporabljivosti aplikacije kako bi se oni revidirali. Na osnovi prihvaćenih izmjena pristupilo se konačnoj reviziji digitalnog prototipa niske vjernosti.

#### 9.7.11 Razvoj digitalnog prototipa visoke vjernosti prikaza i pregled sukladnosti smjericama

**Period provedbe aktivnosti:** 26. 11. 2013. -12. 2. 2014.

**Sudionici:** stručnjak za evaluaciju prikaza boja i sučelja, stručnjak za evaluaciju korisničkog iskustva, istraživač metodologija dizajna, grafički dizajner

##### **Tijek provedbe:**

Dogovoreno je da vjernost grafičkih elemenata prototipa bude na razini onih koji će se nalaziti u verziji aplikacije za distribuciji, odnosno da će se vizualni elementi digitalnog prototipa visoke vjernosti upotrebljavati za izradu funkcionalnog prototipa. U prvoj fazi prototipa izradili su se prikazi triju zaslona različitih segmenata aplikacije. Nakon pregleda sukladnosti smjericama, postojeći prototip se doraduje i izrađuju se prikazi ostalih segmenata aplikacije, nakon čega je uslijedio još jedan pregled sukladnosti smjericama. Za potrebe pregleda konzistentnosti, pojedini dijelovi statičnog prototipa prošireni su u videoprototip. Nakon pregleda konzistentnosti prototip je pripremljen za multidisciplinarni pregled.

##### **Rezultati:**

Nakon revizije prema prihvaćenim prijedlozima s multidisciplinarnog pregleda izrađena je finalna revizija prototipa te su elementi prototipa pripremljeni za implementaciju unutar funkcionalnog prototipa.

#### 9.7.12 Pregled konzistentnosti prototipa visoke vjernosti

**Period provedbe:** 7. - 10. 1. 2014.

**Sudionici:** Stručnjak za e-pristupačnost, stručnjak za evaluaciju prikaza boja i sučelja, stručnjak za evaluaciju korisničkog iskustva, istraživač metodologija dizajna, tehnički stručnjak - dizajner softvera

**Tijek aktivnosti:**

Pregledavala se konzistentnost dizajna ikona korisničkog sučelja u cijeloj aplikaciji, kao i konzistentnost izgleda, rasporeda i međusobnih odnosa grafičkih znakova, okvira i tekstualnih opisa s obzirom na prostorne prilagodbe i prilagodbe veličine te konzistentnost interakcijskih uzoraka s aktivnim elementima sučelja u komunikacijskom i administratorskom dijelu aplikacije.

**Rezultati:**

Uočene su nekonzistentnosti pojedinih interakcijskih elemenata, poput pokretanja naredbe za izgovor izjave. Odjel dizajna primio je popis uočenih nekonzistentnosti i prema njima je proveo reviziju prototipa.

### 9.7.13 Multidisciplinarni pregled digitalnog prototipa visoke vjernosti prikaza

**Period provedbe:** 12. 12. 2013., 20. - 23. 1. 2014.

**Sudionici:** svi članovi razvojnog tima, organizacije korisnika, roditelji, korisnici sa SKP

**Tijek aktivnosti:**

Provedena su dva multidisciplinarna pregleda digitalnog prototipa visoke vjernosti, jedan u ranoj fazi razvoja i drugi u kasnijoj fazi. Prvi pregled napravljen je u sklopu druge javne prezentacije projekta, gdje je prototip demonstriran pred velikim brojem članova interesnih skupina. Nakon prezentacije prikupljale su se reakcije i savjeti za poboljšanje. Drugi multidisciplinarni pregled rađen je u suradnji s užitim brojem organizacija korisnika, što je članovima razvojnog tima omogućilo direktnu raspravu s članovima organizacija oko potrebnih poboljšanja.

**Rezultati:**

Razvojni tim prikupio je i analizirao podatke te su određeni prioriteti izmjena prototipa i plan predloženih funkcionalnosti za sljedeću verziju aplikacije.

## 9.7.14 Razvoj funkcionalnog prototipa

**Period provedbe:** 27. 1. - 20. 03. 2014.

**Sudionici:** stručnjak za e-pristupačnost, stručnjak za evaluaciju korisničkog iskustva, stručnjak za evaluaciju prikaza boja i sučelja, tehnički stručnjak - dizajner softvera, stručnjak za ranu intervenciju, odjeli dizajna i razvoja

Razvoj funkcionalnog prototipa započeo je za vrijeme završne faze razvoja digitalnog prototipa visoke vjernosti prikaza, u kojem su razvijatelji pripremali podršku za implementaciju grafičkih i sadržajnih elemenata iz finalne verzije digitalnog prototipa. Prototip se razvija usporedno za dvije platforme (iOS i Android).

**Rezultat:**

dva prototipa razvijena na odgovarajućim platformama, s većinom funkcionalnosti planiranih za završnu verziju aplikacije, uključujući mogućnost kretanja kroz kategorije i skupove grafičkih znakova i mogućnosti izgovora znakova i izjava.



## 10. Zaključak

Motiv ovog rada jest potreba primjene znanja i rezultata istraživanja iz područja grafičkog dizajna i tehnologije koji se odnose na područje potpomognute komunikacije s ciljem razvoja boljih i unapređenja postojećih ICT usluga za osobe sa složenim komunikacijskim potrebama.

Cilj istraživanja u okviru disertacije jest izrada modela adaptivnog sustava za potpomognutu komunikaciju grafičkim znakovima, koji bi bio prilagođen uporabi na pokretnim uređajima, i omogućavanje njegove primjene u sklopu razvoja uporabljivih aplikacija za osobe sa složenim komunikacijskim potrebama.

Rad je sadržajno podijeljen u četiri dijela. U prvom dijelu teorijskom analizom korisnika i njihovih potreba, postojećih skupova grafičkih znakova za PK, aplikacija za PK na pokretnim uređajima te primjenom postojećih saznanja iz područja potpomognute komunikacije, grafičkog dizajna i dizajna interakcija, ustanovljeni su zahtjevi uporabljivosti grafičkih znakovnih sustava za osobe sa složenim komunikacijskim potrebama namijenjenih pokretnim uređajima. Također su izrađene smjernice za oblikovanje prilagodljivih grafičkih znakova za PK (SGZ), prezentiranih u Prilogu A ovog rada, i smjernice za oblikovanje prilagodljivih grafičkih korisničkih sučelja za PK (SKS), prezentiranih u Prilogu B. Analizom postojećih skupova grafičkih znakova za PK uočeni su mnogi nedostaci, poput kulturološke i lokacijske uvjetovanosti grafičkih reprezentacija, ograničenja u vizualnoj i prostornoj prilagodbi i manjka vizualne konzistentnosti. Postojeća grafička korisnička sučelja aplikacija za PK ograničenih su mogućnosti prilagodbe te se često pojavljuju problemi pri uporabi neadekvatnih vizualnih metafora.

Na osnovi zahtjeva uporabljivosti i izrađenih smjernica kreiran je model prilagodljivoga grafičkoga znakovnoga sustava za osobe sa složenim komunikacijskim potrebama, namijenjen implementaciji u ICT usluge za suvremene pokretne uređaje. Predloženim modelom omogućen je visok stupanj prilagodbe grafičkoga znakovnoga sustava. Sustav je moguće prilagoditi glavnim čimbenicima koji utječu na njegovu uporabu primjenom vizualnih, prostornih ili temporalnih prilagodbi.

U drugom dijelu empirijskim istraživanjem provedenim na korisnicima s posebnim potrebama ispitan je utjecaj linijske složenosti i likovnog stila grafičkih znakova na preferencije korisnika.

Za tri ispitane kategorije pojmova (životinja, predmet i ljudsko lice) pomoću hi-kvadrat testa utvrđivala se statistička relevantnost preferencije s obzirom na stupanj vizualne složenosti i vrstu stilizacije, dok se Spearmanovim koeficijentom korelacije nastojala utvrditi sličnost u odabirima s obzirom na stupanj vizualne složenosti i vrstu stilizacije između različitih kategorija reprezentacija. Rezultati za sve tri kategorije pokazali su preferenciju ispitanika prema reprezentacijama s visokim stupnjem složenosti ( $p < .01$ ). Rezultati za vizualni stil manje su konkluzivni, te je ustanovljena preferencija za realistične reprezentacije životinja ( $p < .01$ ). Ispitanici u slučaju reprezentacija životinja i predmeta najmanje preferiraju reprezentacije niskog stupnja složenosti ( $p < .05$  za životinje i  $p < .01$  za predmete) i geometrijskog stila ( $p < .01$ ). U slučaju reprezentacije ljudskog lica ispitanici su najmanju preferenciju pokazali za reprezentacije izvedene slobodnom stilizacijom ( $p < .01$ ). Na temelju Spearmanovih koeficijenata korelacija utvrđeno je da postoji statistički značajna povezanost u procjenama vizualne složenosti za kategorije životinja i ljudskog lica koje ispitanici najviše preferiraju ( $p = .05$ ) i procjenama metode stilizacije za kategorije predmeta i ljudskog lica koji korisnici najmanje preferiraju ( $p = .05$ ). Za ostale povezanosti nije utvrđena statistička značajnost. Iz rezultata je moguće zaključiti da je u cilju povećanja estetske privlačnosti grafičkih znakova za sustave PK poželjno koristiti se reprezentacijama visokog stupnja vizualne složenosti. Metodu stilizacije potrebno je prilagoditi kategoriji pojma te je poželjno izbjegavati geometrijsku stilizaciju za životinje i predmete i slobodnu stilizaciju za reprezentacije ljudskog lica.

U trećem dijelu empirijskim istraživanjem ispitana je vjernost reprodukcije boja na zaslonima suvremenih pokretnih uređaja, izrađen je model karakterizacije standardnog zaslona pokretnog uređaja koji je potom rabljen u svrhu optimizacije paleta boja za model adaptivnog znakovnog sustava. Za potrebe instrumentalnog mjerenja razvijena je digitalna testna karta za pokretne uređaje. Istraživanjem je obuhvaćeno 20 pokretnih uređaja različitih proizvođača i tehnologija zaslona. Kao mjera kvalitete karakterizacije rabljena je srednja vrijednost kolorimetrijske razlike prema CIEDE2000 formuli ( $\Delta E_{00}$ ). Analizom kromatičnosti primara utvrđeno je da AMOLED zasloni imaju veći gamut u usporedbi sa zaslonima koji se koriste LCD tehnologijom. Usporedbom svih empirijskih podataka s vrijednostima sRGB modela utvrđeno je značajno odstupanje izmjerenih vrijednosti od sRGB prostora boja ( $\Delta \bar{E}_{00} = 10,81$ ). Iz usporedbe pojedinačnih uređaja i sRGB modela nije uočljiva povezanost tehnologije zaslona i srednje vrijednosti kolorimetrijske razlike. Uređaj s najmanjim odstupanjem od sRGB modela (Apple iPad 4) ima srednju vrijednost kolorimetrijske razlike u iznosu od  $\Delta \bar{E}_{00} = 6,36$ , što predstavlja neprihvatljivu kvalitetu karakterizacije za široku uporabu. Najveća srednja

vrijednost odstupanja pojedinog uređaja od sRGB modela iznosi  $\Delta\bar{E}_{00}=16,25$ . Ovi rezultati jasno ukazuju na neadekvatnost primjene sRGB modela za modeliranje ponašanja suvremenih pokretnih uređaja. U cilju izrade standardnog modela zaslona pokretnog uređaja kojim bi se preciznije opisalo ponašanje, predložen je proces karakterizacije u kojem se postojeća matematička ili fizikalna metoda karakterizacije primjenjuje na empirijske vrijednosti za više uređaja. Između pet evaluiranih metoda karakterizacije najbolji rezultat dobiven je karakterizacijom tankoslojnim splajnom ( $\Delta\bar{E}_{00}=7,21$ ). Budući da rezultat dobivenog modela standardnog zaslona predstavlja poboljšanje od 33,3% u odnosu na sRGB, predloženim procesom izrade modela standardnog zaslona moguće je kvalitetnije karakterizirati različite pokretne uređaje. S obzirom na male razlike u srednjim vrijednostima odstupanja za ostale modele, moguće je zaključiti da dobivene vrijednosti ujedno predstavljaju donju granicu koju je moguće ostvariti s obzirom na razlike u značajkama reprodukcije testiranih uređaja te samim time na postojanje značajnih varijacija u reprodukciji boja na različitim pokretnim uređajima. Od testiranih uređaja odabranim modelom karakterizacije standardnog zaslona pokretnog uređaja najbolje je opisan Apple iPad 3 ( $\Delta\bar{E}_{00}=3,65$ ).

Uz izradu modela standardnog zaslona napravljena je karakterizacija pojedinih uređaja evaluiranim metodama karakterizacije. Najbolji rezultati karakterizacije ponovno su dobiveni karakterizacijom tankoslojnim splajnom. Srednja vrijednost kolorimetrijske razlike za svaki uređaj karakteriziran tankoslojnim splajnom nalazi se u rasponu  $0,03 < \Delta\bar{E}_{00} \leq 0,60$ , što znači da bi, u slučaju podrške ICC profila za suvremene pokretne uređaje, primjena splajn metode karakterizacije omogućila karakterizaciju zaslona pokretnih uređaja i kreiranje profila koji bi zadovoljavao kriterije za profesionalnu upotrebu u grafičkoj industriji.

Odabrani model standardnog zaslona pokretnog uređaja rabljen je za optimizaciju paleta boja za oblikovanje grafičkih korisničkih sučelja na pokretnim uređajima. Predložen je model procesa generiranja i optimizacije palete boja na osnovi najmanjeg odstupanja karakterizacijskog modela standardnog zaslona pokretnog uređaja od vrijednosti evaluiranih uređaja. Optimizacija je evaluirana na osnovi srednje vrijednosti kolorimetrijske razlike između vrijednosti predviđenih modelom i empirijskih vrijednosti za sve evaluirane uređaje. Uspješna optimizacija provedena je za tri 3 skupa paleta, s faktorom segmentacije u iznosima 5, 8 i 12. Rezultati za sva tri skupa paleta pokazali su linearnu tendenciju smanjenja srednje vrijednosti kolorimetrijske razlike s povećanjem područja optimizacije. Kao najadekvatnija paleta za oblikovanje grafičkih znakova i grafičkog korisničkog sučelja u sklopu predloženog

prilagodljivog modela odabrana je reducirana paleta faktora segmentacije 12 i srednje vrijednosti kolorimetrijske razlike  $\Delta E_{00}=5,47$ .

Kako bi se omogućila implementacija predloženog modela prilagodljivoga grafičkoga znakovnog sustava za osobe sa složenim komunikacijskim potrebama, u četvrtom dijelu rada, zajedno s ustanovljenim smjernicama, predložen je model UCD procesa za razvoj aplikacija namijenjenih PK. Model je implementiran i evaluiran u procesu razvoja aplikacije „Komunikator +“. S obzirom na ostvarena poboljšanja u dizajnu aplikacije, moguće je zaključiti da je predloženi model pogodan za razvoj aplikacija u području PK.

U fazi razvoja aplikacije do razvoja funkcionalnog prototipa uočeno je da je potrebno nekoliko revizija funkcionalnih zahtjeva i ciljeva uporabljivosti, korisničkih scenarija i čestih izmjena papirnato i digitalnog prototipa niske vjernosti. Potencijalni problemi s uporabljivošću i pristupačnošću korisničkog sučelja rješavali su se u fazama u kojima su se značajnije izmjene mogle implementirati brzo i nisu zahtijevale angažman razvijatelja. Dostupnost smjernica za oblikovanje grafičkih znakova i GKS omogućila je otklanjanje određenih problema s prototipovima prije njihove evaluacije. Uporabom prototipa niske i srednje vrijednosti pri diskusiji o potrebnim funkcionalnostima i načinu njihove implementacije, omogućila se efikasnija komunikacija između timova iz različitih domena. Tijekom razvoja evidentno je bilo zadovoljstvo organizacija korisnika koje su bile uključene u aktivnosti razvoja i njihov velik interes za sudjelovanjem u aktivnostima. Prilagođene metode evaluacije koje su uključivale korisnike uspješno su provedene u fazi prikupljanja podataka o korisnicima. Jednako je tako prilagodba prezentacije prototipova članovima organizacija korisnika omogućila prikupljanje povratnih informacija o potencijalnim problemima pristupačnosti i uporabljivosti koje razvojni tim nije predvidio te o idejama za daljnje unapređenje aplikacije. Mogućnost prilagodbe GKS potrebama korisnika izazvala je veoma pozitivne reakcije u organizacijama korisnika čije su povratne informacije bile potvrda uspješnosti primjene znanja i dostignuća iz područja grafičkog dizajna na području koje populaciji ovisnoj o sredstvima PK olakšava komunikaciju, a time i poboljšava kvalitetu života. .

Uz mnogobrojne pozitivne aspekte primjene modela UCD procesa za PK uočena su i određena ograničenja koja mogu poslužiti kao smjernice za buduća istraživanja u području primjene dizajna usmjerenog korisniku za razvoj aplikacija namijenjenih PK. Najznačajnije ograničenje jest problem provedbe određenih aktivnosti unutar zadanog vremenskog roka, osobito aktivnosti koje zahtijevaju sudjelovanje organizacija korisnika, samih korisnika sa SKP i

njihovih roditelja ili skrbnika. Dolazilo je do situacija „praznoga hoda“ u odjelu dizajna i razvoja, odnosno preklapanja s aktivnostima razvoja drugih aplikacija, što je prouzročilo dodatne odgode u provedbi pojedinih aktivnosti razvoja aplikacije „Komunikator+“. Ovo ukazuje na potrebu za optimizacijom u planiranju vremena potrebnog za provedbu aktivnosti unutar UCD procesa i opterećenja pojedinih odjela. Nadalje, u određenim slučajevima uočeno je da su primjedbe i ideje roditelja i predstavnika organizacija korisnika, koje su se odnosile na poboljšanje u dizajnu korisničkog sučelja, bile utemeljene isključivo na njihovim pretpostavkama o tome što korisnici smatraju privlačnim ili potrebnim. Stoga je za ove interesne skupine potrebno razviti upute o načinu pružanja povratnih informacija. Zbog multidisciplinarnosti razvojnog tima i razlika u terminologiji i metodama istraživanja koje se primjenjuju, uočeni su problemi u komunikaciji između članova razvojnog tima iz različitih područja. Usklađivanjem terminologije ponudilo bi se rješenje ovog problema. Prve korake u rješavanju ovog problema predstavlja „Katalog znanja potpomognute ili alternativne i augmentativne komunikacije (AAC)“ [233] izrađen u sklopu projekta "ICT sustavi za osobe sa složenim komunikacijskim potrebama". Osim usklađivanja terminologije, potrebno je ujednačiti i metode istraživanja korisničkog iskustva. Kako bi bile primjenjive u kontekstu razvoja aplikacija za PK, pojedine metode rabljene unutar UCD procesa zahtijevaju opsežnije prilagodbe koje nisu mogle biti obuhvaćene ovim radom te zahtijevaju daljnje istraživanje. Dobar primjer jest heuristička evaluacija, čiji se rezultati mogu pokazati neadekvatnima zbog činjenice da trenutno ne postoje heuristike prilagođene primjeni u području PK.

U okviru disertacije ostvareni su sljedeći znanstveni doprinosi:

Definirane su smjernice oblikovanja prilagodljivoga grafičkoga znakovnoga sustava za potpomognutu komunikaciju na pokretnim uređajima.

Definirane su smjernice oblikovanja prilagodljivih grafičkih korisničkih sučelja za potpomognutu komunikaciju na pokretnim uređajima.

Ustanovljene su korisničke preferencije oblikovanja grafičkih znakova za potpomognutu komunikaciju s obzirom na vizualnu složenost i metodu stilizacije.

Ustanovljena je nova metodologija evaluacije reprodukcije grafičkih znakova i grafičkog korisničkog sučelja na različitim tehnologijama zaslona rabljenih u pokretnim uređajima.

Evaluirana je primjena postojećih modela karakterizacije u svrhu karakterizacije zaslona pokretnih uređaja.

Izrađen je model procesa generiranja i optimizacije palete boja na osnovi najmanjeg odstupanja karakterizacijskog modela standardnog zaslona pokretnog uređaja od vrijednosti evaluiranih uređaja.

Ustanovljena je nova metodologija za izradu prilagodljivih grafičkih znakovnih sustava za potpomognutu komunikaciju namijenjenih suvremenim pokretnim uređajima.

Izrađen je model prilagodljivoga grafičkoga znakovnoga sustava za potpomognutu komunikaciju za osobe s kompleksnim komunikacijskim potrebama.

## Popis literature

- [1] European Commission, “eAccessibility – Opening up the Information Society,” 2010. [Internet]. Dostupno na: [http://ec.europa.eu/information\\_society/activities/einclusion/policy/accessibility/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/information_society/activities/einclusion/policy/accessibility/index_en.htm).
- [2] J. Gosnell, J. Costello, i H. Shane, “Using a Clinical Approach To Answer ‘What Communication Apps Should We Use?,’” *Perspect. Augment. altern. commun.*, vol. 20, br. 3, str. 87–96, kolovoz 2011.
- [3] AAC-RERC, “Mobile Devices and Communication Apps. An AAC-RERC White Paper,” 2011.
- [4] D. McNaughton i J. Light, “The iPad and Mobile Technology Revolution: Benefits and Challenges for Individuals who require Augmentative and Alternative Communication.,” *Augment. Altern. Commun.*, vol. 29, br. 2, str. 107–16, lipanj 2013.
- [5] D. M. Kagohara, L. van der Meer, S. Ramdoss, M. F. O’Reilly, G. E. Lancioni, T. N. Davis, M. Rispoli, R. Lang, P. B. Marschik, D. Sutherland, V. A. Green, i J. Sigafos, “Using iPods and iPads in teaching programs for individuals with developmental disabilities: a systematic review,” *Res. Dev. Disabil.*, vol. 34, br. 1, str. 147–56, siječanj 2013.
- [6] E. F. LoPresti, C. Bodine, i C. Lewis, “Assistive technology for cognition.,” *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.*, vol. 27, br. 2, str. 29–39, 2008.
- [7] A. D. Norman i W. S. Draper, *User-centred system design: New perspectives in Human Computer Interaction*. Hillsdale, NJ: LEA, 1986.
- [8] L. Islas, V. M. González, i M. Mejía, “Developing a Mobile Application for Language Disabled Children with User Centered Design,” str. 236–240, 2013.
- [9] G. Zimmermann i G. Vanderheiden, “Accessible design and testing in the application development process: considerations for an integrated approach,” *Univers. Access Inf. Soc.*, vol. 7, br. 1–2, str. 117–128, studeni 2007.
- [10] A. F. Newell i N. Alm, “Developing AAC technologies: a personal story and philosophy.,” *Eur. J. Disord. Commun.*, vol. 29, br. 4, str. 399–411, siječanj 1994.
- [11] A. Cooper, R. Reimann, i D. Cronin, *About Face 3: The essentials of interaction design*, vol. 3, br. 3. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, 2007, str. 223–225.
- [12] K. Bloomberg, G. R. Karlan, i L. L. Lloyd, “The comparative translucency of initial lexical items represented in five graphic symbol systems and sets.,” *J. Speech Hear. Res.*, vol. 33, br. 4, str. 717–25, prosinac 1990.

- [13] E. Alant, H. Life, i M. Harty, "Comparison of the learnability and retention between Blissymbols and CyberGlyphs," *Int. J. Lang. Commun. Disord.*, vol. 40, br. 2, str. 151–169, siječanj 2005.
- [14] B. Hurlbut, B. Iwata, i J. Green, "Nonvocal language acquisition in adolescents with severe physical disabilities: Blissymbol versus iconic stimulus formats," *J. Appl. Behav. Anal.*, vol. 15, br. 2, str. 241–258, 1982.
- [15] J. A. Burroughs, E. Albritton, B. Eaton, i J. Montague, "A comparative study of language delayed preschool children's ability to recall symbols from two symbol systems," *Augment. Altern. Commun.*, vol. 6, br. 3, str. 202–206, siječanj 1990.
- [16] P. Mirenda i P. a Locke, "A comparison of symbol transparency in nonspeaking persons with intellectual disabilities.," *J. Speech Hear. Disord.*, vol. 54, br. 2, str. 131–40, svibanj 1989.
- [17] R. Patel, K. Schooley, i J. Wilner, "Visual Features That Convey Meaning in Graphic Symbols: A Comparison of PCS and Artists' Depictions," *Assist. Technol. Outcomes Benefits*, vol. 4, br. 1, str. 62–80, 2007.
- [18] J. Light i K. Drager, "AAC technologies for young children with complex communication needs: state of the science and future research directions.," *Augment. Altern. Commun.*, vol. 23, br. 3, str. 204–16, rujan 2007.
- [19] M. Stokes, M. Anderson, S. Chandrasekar, i R. Motta, "A Standard Default Color Space for the Internet - sRGB," 1996. [Internet]. Dostupno na: <http://www.w3.org/Graphics/Color/sRGB>.
- [20] A. Farini, M. Raffaelli, i E. Baldanzi, "Color rendering in cellular phones : fake is beautiful?," u *Colour and Colorimetry. Multidisciplinary Contributions. Vol. IX B*, 2013, str. 48–57.
- [21] Z. Elias i P. Yadranka, "The measurement of diverse displays' colorimetric characteristics," u *ELMAR, 2012 Proceedings*, 2012, br. September, str. 12–14.
- [22] A. F. Newell, P. Gregor, M. Morgan, G. Pullin, i C. Macaulay, "User-Sensitive Inclusive Design," *Univers. Access Inf. Soc.*, vol. 10, br. 3, str. 235–243, srpanj 2010.
- [23] J. C. Light, K. D. Drager, i J. G. Nemser, "Enhancing the Appeal of AAC Technologies for Young Children: Lessons from the Toy Manufacturers," *Augment. Altern. Commun.*, vol. 20, br. 3, str. 137–149, siječanj 2004.
- [24] L. Hallnäs i J. Redström, *Interaction design: foundations, experiments*. Borås, Sweden: Textile Research Centre, Swedish School of Textiles, Unversity College of Borås, 2006.
- [25] K. A. Kangas i L. L. Lloyd, "Augmentative and Alternative Communication," u *Human Communication Disorders: An Introduction*, 5th ed., G. H. Shames, E. H. Wiig, i W. A. Secord, Ur. Allyn and Bacon, 1998.



- [26] L. Batistić Pešić, “Potpomognuta komunikacija kod djece s razvojnim odstupanjima,” Sveučilište u Zagrebu, Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet, 2012.
- [27] S. E. T.- British i Columbia, “Supporting People who use AAC Strategies: in the Home, School and Community,” 2008.
- [28] C. R. Reynolds i E. Fletcher-Janzen, *Concise Encyclopedia of Special Education: A Reference for the Education of the Handicapped and Other Exceptional Children and Adults*. New York: Wiley & Sons, 2002.
- [29] A. Cook, “Communication devices,” u *Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation*, br. 3, J. G. Webster, Ur. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2006, str. 202–210.
- [30] P. Demasco, “Human factors considerations in the design of language interfaces in AAC.,” *Assist. Technol.*, vol. 6, br. 1, str. 10–25, siječanj 1994.
- [31] L. Hoag, J. Bedrosian, D. Johnson, i B. Molineux, “Variables affecting perceptions of social aspects of the communicative competence of an adult AAC user,” *Augment. Altern. Commun.*, vol. 10, br. 3, str. 129–137, siječanj 1994.
- [32] D. R. Beukelman i P. Mirenda, *Augmentative & Alternative Communication: Supporting Children & Adults with Complex Communication Needs*, Fourth edi. Chelsea, MI: Paul H. Brookes Publishing Co., Inc., 2013.
- [33] L. Lloyd, R. Quist, i J. Windsor, “A proposed augmentative and alternative communication model,” *Augment. Altern. Commun.*, vol. 6, br. 3, str. 172–183, siječanj 1990.
- [34] S. Blackstone, “Populations and practices in AAC,” *Augment. Commun. News*, vol. 3, br. 4, str. 1–3, 1991.
- [35] S. von Tetzchner i H. Martinsen, *Introduction to Augmentative and Alternative Communication*, 2nd editio. London: Whurr publishers, 2000.
- [36] K. Drager, J. Light, i D. McNaughton, “Effects of AAC interventions on communication and language for young children with complex communication needs.,” *J. Pediatr. Rehabil. Med.*, vol. 3, br. 4, str. 303–10, siječanj 2010.
- [37] J. DeLoache, S. Pierroutsakos, i D. Uttal, “The origins of pictorial competence,” *Curr. Dir. Psychol. Sci.*, br. 12, str. 114–118, 2003.
- [38] T. Kovach i P. Bothwell Kenyon, “Visual issues and access to AAC,” u *Communicative competence for individuals who use AAC: from research to effective practice*, Janice Catherine Light, D. R. Beukelman, i J. Reichle, Ur. Baltimore, MD: Paul H. Brookes Pub. Co., 2003, str. 520.
- [39] B. Utley, “Visual assessment: Considerations for the design of AAC systems,” u *Exemplary practices for beginning communicators*, J. Reichle, D. R. Beukelman, i J. C. Light, Ur. Baltimore, MD: Paul H. Brookes Pub. Co., 2002, str. 353–394.

- [40] J. A. Jacko, M. A. Dixon, R. H. Rosa, I. U. Scott, i C. J. Pappas, "Visual profiles: a critical component of universal access," u *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems the CHI is the limit - CHI '99*, 1999, str. 330–337.
- [41] D. J. Higginbotham, H. Shane, S. Russell, i K. Caves, "Access to AAC: present, past, and future.," *Augment. Altern. Commun.*, vol. 23, br. 3, str. 243–57, rujan 2007.
- [42] a. Alliano, K. Herriger, a. D. Koutsoftas, i T. E. Bartolotta, "A Review of 21 iPad Applications for Augmentative and Alternative Communication Purposes," *Perspect. Augment. altern. commun.*, vol. 21, br. 2, str. 60–71, srpanj 2012.
- [43] "1442: Osnovne škole i dječji vrtići i druge pravne osobe koje ostvaruju programe predškolskog odgoja, kraj šk. g. 2009./2010 i početak šk./ped. g. 2010/2011.," 2011.
- [44] T. Poljičanin, V. Dečković-Vukres, i M. Kuzman, "Hrvatski zdravstveno-statistički ljetopis za 2011. godinu," Zagreb, 2012.
- [45] J. Pavliša, M. Ljubešić, i I. Jerečić, "The Use of AAC with Young Children in Croatia—from the Speech and Language Pathologist's View," u *6th KES International Conference, KES-AMSTA 2012, Dubrovnik, Croatia, June 25-27, 2012. Proceedings*, 2012, str. 221–230.
- [46] O. Neurath, *International Picture Language.*, vol. 3, br. 1. London: Kegan Paul, 1936.
- [47] C. K. Bliss, *Semantography (Blissymbolics)*, 2nd ed. Sydney: Semantography (Blissymbolics) Publications, 1965.
- [48] R. Nigam, "Do Individuals from Diverse Cultural and Ethnic Backgrounds Perceive Graphic Symbols Differently?," *Augment. Altern. Commun.*, vol. 19, br. 2, str. 135–136, siječanj 2003.
- [49] L. Haupt i E. Alant, "The iconicity of picture communication symbols for rural Zulu children," *South African J. Commun. Disord.*, vol. 49, str. 40–49, 2002.
- [50] P. Russo i S. Boor, "How fluent is your interface?: designing for international users," u *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems - CHI '93*, 1993, str. 342–347.
- [51] K. Nakamura, A. Newell, N. Alm, i A. Waller, "How do members of different language communities compose sentences with a picture-based communication system?—a cross-cultural study of picture-based sentences constructed by English and Japanese speakers," *Augment. Altern. Commun.*, vol. 14, br. 2, str. 71–80, siječanj 1998.
- [52] J. Hourcade, T. Everhart Pilotte, E. West, i P. Parette, "A History of Augmentative and Alternative Communication for Individuals with Severe and Profound Disabilities," *Focus Autism Other Dev. Disabl.*, vol. 19, br. 4, str. 235–244, siječanj 2004.
- [53] M. Krampen, "Signs and symbols in graphic communication," *Des. Q.*, br. 62, str. 1–31, 1965.

- [54] R. W. Woodcock, "Rebus as a Medium in Beginning Reading Instruction," Nashville, TN, 1968.
- [55] G. C. Vanderheiden, "A journey through early augmentative communication and computer access," *J. Rehabil. Res. Dev.*, vol. 39, br. 6, str. 39–53, 2002.
- [56] a F. Newell, J. D. Beynon, P. J. Brumfitt, i K. S. Hossain, "An alphanumeric display as a communication aid for the dumb.," *Med. Biol. Eng.*, vol. 13, br. 1, str. 84–8, siječanj 1975.
- [57] G. C. Vanderheiden, A. M. Volk, i C. D. Geisler, "An alternate interface to computers for the physically handicapped," u *Proceedings of the May 6-10, 1974, national computer conference and exposition on - AFIPS '74*, 1974, str. 115.
- [58] D. Chapple, "The Evolution of Augmentative Communication and the Importance of Alternate Access," *Perspect. Augment. altern. commun.*, vol. 20, br. 1, str. 34–37, ožujak 2011.
- [59] K. Caves, H. C. Shane, i F. DeRuyter, "Connecting AAC devices to the world of information technology.," *Assist. Technol.*, vol. 14, br. 1, str. 81–9, siječanj 2002.
- [60] H. Yee, "Mobile technology for children with Autism Spectrum Disorder: Major trends and issues," u *E-Learning, E-Management and E-Services (IS3e), 2012 IEEE Symposium on*, 2012, str. 1 – 5.
- [61] J. C. Light i K. D. R. Drager, "Improving the design of augmentative and alternative technologies for young children.," *Assist. Technol.*, vol. 14, br. 1, str. 17–32, siječanj 2002.
- [62] F. DeRuyter, D. McNaughton, K. Caves, D. N. Bryen, i M. B. Williams, "Enhancing AAC connections with the world.," *Augment. Altern. Commun.*, vol. 23, br. 3, str. 258–70, rujan 2007.
- [63] M. A. Romski i R. Sevcik, "Augmentative and alternative communication systems: Considerations for individuals with severe intellectual disabilities," *Augment. Altern. Commun.*, vol. 4, br. 2, str. 83–93, siječanj 1988.
- [64] K. F. McCoy, P. Demasco, C. A. Pennington, i A. L. Badman, "Some Interface Communication Issues in Developing Intelligent Aids for People with Disabilities," u *Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent User Interfaces*, 1997, str. 163–170.
- [65] H. Belani, "Augmentative Requirements Engineering for Trustworthy and Usable ICT-Based Services," u *First International Conference, SouthCHI 2013, Maribor, Slovenia, July 1-3, 2013. Proceedings*, 2013, str. 815–818.
- [66] I. Vučak, H. Belani, i M. Vuković, "AAC services development: from usability requirements to the reusable components," u *6th KES International Conference, KES-AMSTA 2012, Dubrovnik, Croatia, June 25-27, 2012. Proceedings*, 2012, str. 231–240.

- [67] K. M. Wilkinson i V. Jagaroo, "Contributions of Principles of Visual Cognitive Science to AAC System Display Design," *Augment. Altern. Commun.*, vol. 20, br. 3, str. 123–136, siječanj 2004.
- [68] J. Light, K. Wilkinson, i K. Drager, "Designing Effective AAC Systems: Research Evidence and Implications for Practice." Chicago, 2008.
- [69] M. Herold, "A comparison of the rate and accuracy of symbol location on visual displays using colour-coded alphabetic and categorisation strategies in Grade 1 to 3 children," University of Pretoria, Faculty of Humanities, 2012.
- [70] J. Preece, Y. Rogers, i H. Sharp, *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. Wiley & Sons, 2002.
- [71] T. Winograd, "The Design of Interaction," u *Beyond Calculation: The Next Fifty Years of Computing*, P. Denning i R. Metcalfe, Ur. New York: Springer, 1997, str. 149–161.
- [72] J. Thackara, "Why is Interaction Design Important?," 2002. [Internet]. Dostupno na: <http://www.doorsofperception.com/social-innovation/why-is-interaction-design-important-2/>.
- [73] K. M. Wilkinson i S. Hennig, "The state of research and practice in augmentative and alternative communication for children with developmental/intellectual disabilities.," *Ment. Retard. Dev. Disabil. Res. Rev.*, vol. 13, br. 1, str. 58–69, siječanj 2007.
- [74] International Organization for Standardization, "ISO 9241-3:1992 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 3: Visual display requirements." ISO, 1992.
- [75] N. Bevan, "Measuring usability as quality of use," *Softw. Qual. J.*, vol. 4, br. 2, str. 115–130, 1995.
- [76] International Organization for Standardization, "ISO/TS 16071:2003 Ergonomics of human-system interaction -- Guidance on accessibility for human-computer interfaces." ISO, 2003.
- [77] B. Shneiderman, "Universal usability," *Commun. ACM*, vol. 43, br. 5, str. 84–91, svibanj 2000.
- [78] J. Light, "'Let's go star fishing': reflections on the contexts of language learning for children who use aided AAC," *Augment. Altern. Commun.*, vol. 13, br. 3, str. 158–171, siječanj 1997.
- [79] J. Gulliksen, S. Harker, i G. Vanderheiden, "Guidelines, standards, methods and processes for software accessibility," *Univers. Access Inf. Soc.*, vol. 3, br. 1, str. 1–5, ožujak 2004.
- [80] W3C, "Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0," *W3C Recommendation*, 2008. [Internet]. Dostupno na: <http://www.w3.org/TR/2008/REC-WCAG20-20081211/#visual-audio-contrast-contrast>.

- [81] C. Nicolle i D. Poulson, "Guidelines for developing an AAC-enabled World Wide Web," 2004.
- [82] D. Poulson i C. Nicolle, "Making the Internet accessible for people with cognitive and communication Impairments," *Univers. Access Inf. Soc.*, vol. 3, br. 1, str. 48–56, ožujak 2004.
- [83] B. Hengeveld, R. Voort, H. van Balkom, C. Hummels, i J. de Moor, "Designing for diversity: developing complex adaptive tangible products," u *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction - TEI '07*, 2007, str. 155.
- [84] J. O. Wobbrock, S. K. Kane, K. Z. Gajos, S. Harada, i J. Froehlich, "Ability-Based Design: Concept, Principles and Examples," *ACM Trans. Access. Comput.*, vol. 3, br. 3, str. 1–27, travanj 2011.
- [85] S. Glennen i D. C. DeCoste, *The Handbook of Augmentative and Alternative Communication*. San Diego, CA: Singular Publishing Group, 1997.
- [86] J. Gosnell, J. Costello, i H. Shane, "There Isn't Always an App for That!," *Perspect. Augment. altern. commun.*, vol. 20, br. 1, str. 7–8, ožujak 2011.
- [87] D. McBride, "AAC Evaluations and New Mobile Technologies: Asking and Answering the Right Questions," *Perspect. Augment. altern. commun.*, vol. 20, br. 1, str. 9–16, ožujak 2011.
- [88] P. R. Jones i A. Cregan, *Sign and symbols: communication for mentally handicapped people*. Dover, New Hampshire: Croom Helm, 1986.
- [89] T. A. Ryan i C. B. Schwartz, "Speed of perception as a function of mode of representation," *Am. J. Psychol.*, vol. 69, br. 1, str. 60–69, 1956.
- [90] P. Vaillant i M.-F. Castaing, "Iconicity as recognizability," *Visio*, vol. 10, br. 1.
- [91] C. S. Peirce, *Philosophical Writings of Pierce*. New York: Dover Publications, 1955.
- [92] C. Strothotte i T. Strothotte, *Seeing Between the Pixels*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1997.
- [93] C. Nakamura i Q. Zeng-Treitler, "A Taxonomy of Representation Strategies in Iconic Communication.," *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, vol. 70, br. 8, str. 535–551, kolovoz 2012.
- [94] M. E. Familant i M. C. Detweiler, "Iconic reference: evolving perspectives and an organizing framework," *Int. J. Man. Mach. Stud.*, vol. 39, br. 5, str. 705–728, studeni 1993.
- [95] J. Bertin, *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. Madison, WI: University of Wisconsin Press, 1983.

- [96] R. E. Horn, *Visual Language: Global Communication for the 21st Century*. Washington: MacroVU, 1998.
- [97] J. Light, K. Drager, J. McCarthy, S. Mellott, D. Millar, C. Parrish, A. Parsons, S. Rhoads, M. Ward, i M. Welliver, "Performance of Typically Developing Four- and Five-Year-Old Children with AAC Systems using Different Language Organization Techniques," *Augment. Altern. Commun.*, vol. 20, br. 2, str. 63–88, siječanj 2004.
- [98] A. Dietz, M. McKelvey, i D. R. Beukelman, "Visual Scene Displays (VSD): New AAC Interfaces for Persons With Aphasia," *Perspect. Augment. altern. commun.*, vol. 15, br. 1, str. 13–17, travanj 2006.
- [99] K. D. R. Drager, "The Performance of Typically Developing 2 1/2-Year-Olds on Dynamic Display AAC Technologies With Different System Layouts and Language Organizations," *J. Speech, Lang. Hear. Res.*, vol. 46, br. 2, str. 298–312, travanj 2003.
- [100] B. R. Baker, "Using images to generate speech," *BYTE*, vol. 11, br. 3, str. 160–168, 1986.
- [101] D. J. Gardner-Bonneau i P. J. Schwartz, "A Comparison of Words Strategy and Traditional Orthography," u *Proceedings of the 12th Annual RESNA Conference*, 1989, str. 286–287.
- [102] S. R. Burger, *Spontaneous Communication in Augmentative and Alternative Communication (AAC): A Comparison of Dynamic Display and Minspeak*. Lafayette, IN: College of Wooster, Purdue University, 1997.
- [103] K. D. R. Drager i J. C. Light, "A comparison of the performance of 5-year-old children with typical development using iconic encoding in AAC systems with and without icon prediction on a fixed display," *Augment. Altern. Commun.*, vol. 26, br. 1, str. 12–20, ožujak 2010.
- [104] C. Goossens', S. Crain, i P. Elder, *Engineering the preschool environment for interactive symbolic communication: 18 months to 5 years developmentally*. Birmingham, AL: Southeast Augmentative Communication, 1994.
- [105] C. R. Musselwhite i K. W. St. Louis, *Communication programming for persons with severe handicaps: Vocal and augmentative strategies*, 2nd. ur. Austin, TX: PFO-ED, 1988.
- [106] M. Lukaček, M. Milković, i K. Hajdek, "Analiza manifestacije McCollugh efekta u cross-media reprodukcijским sustavima," *Teh. Glas.*, vol. 7, br. 2, str. 170–176, 2013.
- [107] K. M. Wilkinson i B. Coombs, "Preliminary Exploration of the Effect of Background Color on the Speed and Accuracy of Search for an Aided Symbol Target by Typically Developing Preschoolers," *Early Child. Serv.*, vol. 4, br. 3, str. 171–183, 2008.
- [108] L. Findlater i K. Z. Gajos, "Design Space and Evaluation Challenges of Adaptive Graphical User Interfaces," vol. 30, br. 4, str. 68–73, 2009.

- [109] K. Z. Gajos, J. O. Wobbrock, i D. S. Weld, "Improving the performance of motor-impaired users with automatically-generated, ability-based interfaces," u *Proceeding of the twenty-sixth annual CHI conference on Human factors in computing systems - CHI '08*, 2008, str. 1257.
- [110] A. Cockburn, C. Gutwin, i S. Greenberg, "A Predictive Model of Menu Performance," u *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'07)*, 2007, str. 627–636.
- [111] J. Mitchell i B. Shneiderman, "Dynamic Versus Static Menus: An Exploratory Comparison.," *SIGCHI Bull.*, vol. 20, br. 4, str. 33–37, 1989.
- [112] D. S. Weld, C. Anderson, P. Domingos, O. Etzioni, K. Gajos, T. Lau, i S. Wolf, "Automatically personalizing user interfaces," u *IJCAI'03 Proceedings of the 18th international joint conference on Artificial intelligence*, 2003, str. 1613–1619.
- [113] D. A. Norman, *The design of everyday things*. New York: Basic Books, 1988.
- [114] L. Findlater i J. McGrenere, "A comparison of static, adaptive, and adaptable menus," u *Proceedings of the 2004 conference on Human factors in computing systems - CHI '04*, 2004, str. 89–96.
- [115] J. Nielsen, *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann, 1993.
- [116] B. Pinna, "Perceptual organization of shape, color, shade, and lighting in visual and pictorial objects.," *Iperception.*, vol. 3, br. 5, str. 257–81, siječanj 2012.
- [117] J. Halverson, "The first pictures: perceptual foundations of Paleolithic art.," *Perception*, vol. 21, br. 3, str. 389–404, siječanj 1992.
- [118] I. Biederman, "Recognition-by-components: a theory of human image understanding.," *Psychol. Rev.*, vol. 94, br. 2, str. 115–47, travanj 1987.
- [119] A. K. Bhowmik, Z. Li, i P. J. Bos, *Mobile Displays: Technology and Applications*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2008.
- [120] A. Hashimoto i M. Clayton, *Visual Design Fundamentals*. Boston, MA: Cengage Learning, 2009.
- [121] C. Morris, *Signs, Language and Behavior*. New York, USA: Prentice-Hall, 1946.
- [122] M. J. i Staufer, *Piktogramme for Computer: Kognitive Verarbeitung, Methoden zur Produktion und Evaluation*. Berlin: Walter de Gruyter, 1987.
- [123] C. C. Millikin, "Symbol systems and vocabulary selection strategies," u *Handbook of Augmentative and Alternative communication*, S. Glennen i D. C. DeCoste, Ur. New York: Delmar Learning, 1997, str. 97–148.

- [124] J. Stephenson, "The effect of color on the recognition and use of line drawings by children with severe intellectual disabilities.," *Augment. Altern. Commun.*, vol. 23, br. 1, str. 44–55, ožujak 2007.
- [125] V. Blanz, M. Tarr, H. Bühlhoff, i T. Vetter, "What object attributes determine canonical views?," *Perception-London*, vol. 28, str. 575–599, 1999.
- [126] B. Landau i J. E. Hoffman, *Spatial Representation: From Gene to Mind*. New York: Oxford University Press, 2012.
- [127] D. H. Brainard, D. G. Pelli, i T. Robson, "Display characterization," u *Encyclopedia of Imaging Science and Technology*, J. Hornak, Ur. 2000, str. 267–272.
- [128] M. C. Stone, "Colors as Three," br. August, str. 78–85, 2005.
- [129] G. Simcock i J. DeLoache, "Get the picture? The effects of iconicity on toddlers' reenactment from picture books.," *Dev. Psychol.*, vol. 42, br. 6, str. 1352–7, studeni 2006.
- [130] B. Rossion i G. Pourtois, "Revisiting Snodgrass and Vanderwart's object pictorial set: The role of surface detail in basic-level object recognition," *Perception*, vol. 33, br. 2, str. 217–236, 2004.
- [131] J. Stephenson, "Recognition and use of line drawings by children with severe intellectual disabilities: the effects of color and outline shape.," *Augment. Altern. Commun.*, vol. 25, br. 1, str. 55–67, ožujak 2009.
- [132] G. S. Rubin i G. E. Legge, "Psychophysics of reading. VI--The role of contrast in low vision.," *Vision Res.*, vol. 29, br. 1, str. 79–91, siječanj 1989.
- [133] J. Nielsen, "Coordinating user interfaces for consistency," *ACM SIGCHI Bull.*, vol. 20, br. 3, str. 15–16, 1989.
- [134] Google Inc. i Open Handset Alliance, "Android Design Principles," 2013. [Internet]. Dostupno na: <https://developer.android.com/design/index.html>.
- [135] K. H. Madsen, "A guide to metaphorical design," *Commun. ACM*, vol. 37, br. 12, str. 57–62, prosinac 1994.
- [136] J. J. Gibson, *The ecological approach to visual perception*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1979.
- [137] C. Ware, *Information visualization: perception for design*, Third edit. Waltham, MA: Elsevier, 2012.
- [138] R. Budiui i J. Nielsen, "iPad App and Website Usability 2nd edition: Research Findings a Year After Launch," Fremont, CA, 2011.



- [139] V. Jagaroo i K. Wilkinson, "Further Considerations of visual cognitive neuroscience in aided AAC: The potential role of motion perception systems in maximizing design display," *Augment. Altern. Commun.*, vol. 24, br. 1, str. 29–42, siječanj 2008.
- [140] K. Fujisawa, T. Inoue, Y. Yamana, i H. Hayashi, "The effect of animation on learning action symbols by individuals with intellectual disabilities.," *Augment. Altern. Commun.*, vol. 27, br. 1, str. 53–60, ožujak 2011.
- [141] B. a Mineo, D. Peischl, i C. Pennington, "Moving targets: the effect of animation on identification of action word representations.," *Augment. Altern. Commun.*, vol. 24, br. 2, str. 162–73, siječanj 2008.
- [142] S. Gilutz i J. Nielsen, "Usability of Websites for Children: 70 Design Guidelines," Fremont, CA, 2002.
- [143] A. Zumbrennen, "Smart Transitions In User Experience Design," *Smashing Magazine*, 2013. [Internet]. Dostupno na: <http://uxdesign.smashingmagazine.com/2013/10/23/smart-transitions-in-user-experience-design/>.
- [144] M. Peissner, D. Häbe, D. Janssen, i T. Sellner, "MyUI: generating accessible user interfaces from multimodal design patterns," u *Proceedings of the 4th ACM SIGCHI symposium on Engineering interactive computing systems - EICS '12*, 2012, str. 81.
- [145] J. McCarthy, J. Light, K. Drager, D. McNaughton, L. Grodzicki, J. Jones, E. Panek, i E. Parkin, "Re-designing scanning to reduce learning demands: the performance of typically developing 2-year-olds.," *Augment. Altern. Commun.*, vol. 22, br. 4, str. 269–83, prosinac 2006.
- [146] International Dyslexia Association, "Definition of dyslexia." [Internet]. Dostupno na: <http://interdys.org/DyslexiaDefinition.htm>.
- [147] L. Rello i R. Baeza-yates, "Good Fonts for Dyslexia," u *ASSETS 2013: The 15th International ACM SIGACCESS Conference of Computers and Accessibility*, 2013.
- [148] R. A. Hillier, "A typeface for the adult dyslexic reader," Anglia Ruskin University, 2006.
- [149] "JDI Develops a World-Class and Ultra-High-Definition LCD," 2012. [Internet]. Dostupno na: <http://www.j-display.com/english/news/2012/20120604.html>.
- [150] Y. Bababekova, M. Rosenfield, J. E. Hue, i R. R. Huang, "Font size and viewing distance of handheld smart phones.," *Optom. Vis. Sci.*, vol. 88, br. 7, str. 795–7, srpanj 2011.
- [151] N. Tractinsky, A. . Katz, i D. Ikar, "What is beautiful is usable," *Interact. Comput.*, vol. 13, br. 2, str. 127–145, prosinac 2000.
- [152] M. Kurosu i K. Kashimura, "Apparent usability vs. inherent usability," u *Conference companion on Human factors in computing systems - CHI '95*, 1995, str. 292–293.

- [153] A. N. Tuch, S. P. Roth, K. Hornbæk, K. Opwis, i J. a. Bargas-Avila, "Is beautiful really usable? Toward understanding the relation between usability, aesthetics, and affect in HCI," *Comput. Human Behav.*, vol. 28, br. 5, str. 1596–1607, rujan 2012.
- [154] M. Hassenzahl i A. Monk, "The Inference of Perceived Usability From Beauty," *Human-Computer Interact.*, vol. 25, br. 3, str. 235–260, srpanj 2010.
- [155] A. Sonderegger i J. Sauer, "The influence of design aesthetics in usability testing: effects on user performance and perceived usability.," *Appl. Ergon.*, vol. 41, br. 3, str. 403–10, svibanj 2010.
- [156] H. van der Heijden, "Factors influencing the usage of websites: the case of a generic portal in The Netherlands," *Inf. Manag.*, vol. 40, br. 6, str. 541–549, srpanj 2003.
- [157] F. X. Alario i L. Ferrand, "A set of 400 pictures standardized for French: norms for name agreement, image agreement, familiarity, visual complexity, image variability, and age of acquisition.," *Behav. Res. Methods. Instrum. Comput.*, vol. 31, br. 3, str. 531–52, kolovoz 1999.
- [158] J. G. Snodgrass i M. Vanderwart, "A standardized set of 260 pictures: norms for name agreement, image agreement, familiarity, and visual complexity.," *J. Exp. Psychol. Hum. Learn.*, vol. 6, br. 2, str. 174–215, ožujak 1980.
- [159] C. Tijus, J. Barcenilla, B. C. de Lavalette, i J.-G. Meunier, "The design, understanding and usage of pictograms," *Stud. Writ.*, vol. 21, str. 17–32, 2007.
- [160] S. McDougall i I. Reppa, "Ease of Icon Processing Can Predict Icon Appeal," u *15th International Conference, HCI International 2013, Las Vegas, NV, USA, July 21-26, 2013, Proceedings, Part I*, 2013, str. 575–584.
- [161] M. D. Byrne, "Using icons to find documents: simplicity is critical," u *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems - CHI '93*, 1993, str. 446–453.
- [162] M. García, A. N. Badre, i J. T. Stasko, "Development and validation of icons varying in their abstractness," *Interact. Comput.*, vol. 6, br. 2, str. 191–211, lipanj 1994.
- [163] C. Carter, "Painting and language: A pictorial syntax of shapes," *Leonardo*, vol. 9, br. 2, 1976.
- [164] G. M. Pace, M. T. Ivancic, G. L. Edwards, B. A. Iwata, i T. J. Page, "Assessment of stimulus preference and reinforcer value with profoundly retarded individuals.," *J. Appl. Behav. Anal.*, vol. 18, br. 3, str. 249–55, siječanj 1985.
- [165] I. G. DeLeon i B. a Iwata, "Evaluation of a multiple-stimulus presentation format for assessing reinforcer preferences.," *J. Appl. Behav. Anal.*, vol. 29, br. 4, str. 519–532, siječanj 1996.
- [166] T. Lavie i N. Tractinsky, "Assessing dimensions of perceived visual aesthetics of web sites," *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, vol. 60, br. 3, str. 269–298, ožujak 2004.

- [167] D. J. Higginbotham, "Use of nondisabled subjects in AAC research: Confessions of a research infidel," *Augment. Altern. Commun.*, vol. 11, br. 1, str. 2–5, siječanj 1995.
- [168] M. M. Bradley i P. J. Lang, "Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential," *J. Behav. Ther. Exp. Psychiatry*, vol. 25, br. 1, str. 49–59, ožujak 1994.
- [169] R. Balasubramanian, "Device characterization," u *Digital Color Imaging Handbook*, G. Sharma, Ur. Boca Raton, FL: CRC Press, 2002, str. 269–385.
- [170] J. Lee, D. Liu, i S. Wu, *Introduction to flat panel displays*. 2008.
- [171] The International Commission on Illumination, "Advancing knowledge and providing standardization to improve the lighted environment." [Internet]. Dostupno na: <http://www.cie.co.at/>.
- [172] International Electrotechnical Commission, "IEC/4WD 61966-2-1: Colour Measurement and Management in Multimedia Systems and Equipment - Part 2.1: Default Colour Space - sRGB," 1998.
- [173] P. Green, "Overview of characterization methods," u *colour Engineering: Achieving Device Independent Colour*, P. Green i L. MacDonald, Ur. Chichester, UK: Wiley & Sons, 2003, str. 127–141.
- [174] Y. Kwak, C. Li, i L. MacDonald, "Controlling color of liquid-crystal displays," *J. Soc. Inf. Disp.*, vol. 11, br. 2, str. 341, 2003.
- [175] K. Park, M. Lee, K. Ko, Y. Ha, E. Engineering, i C. Science, "Display Characterization for Mobile LCD Based on Modeling Electro-Optical Transfer Functions for Channels and Inter-Channels," u *ICIS '06*, 2006, str. 452–455.
- [176] R. Gong, H. Xu, i Q. Tong, "Colorimetric characterization models based on colorimetric characteristics evaluation for active matrix organic light emitting diode panels," *Appl. Opt.*, vol. 51, br. 30, str. 7255–61, listopad 2012.
- [177] J.-B. Thomas, J. Y. Hardeberg, I. Foucherot, i P. Gouton, "The PLVC display color characterization model revisited," *Color Res. Appl.*, vol. 33, br. 6, str. 449–460, prosinac 2008.
- [178] J.-B. Thomas, J. Y. Hardeberg, i A. Trémeau, "Cross-Media Color Reproduction and Display Characterization," u *Advanced Color Image Processing and Analysis*, C. Fernandez-Maloigne, Ur. New York, NY: Springer New York, 2013.
- [179] R. Gong, "Investigation of perceptual attributes for mobile display image quality," *Opt. Eng.*, vol. 52, br. 8, str. 83-104, kolovoz 2013.
- [180] D. Donevski, "Optimizacija model aizlaznih uređaja u grafičkoj reprodukciji," Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, 2010.

- [181] P.-L. Sun i R. M. Luo, "Color Characterization Models for OLED Displays," *SID Symp. Dig. Tech. Pap.*, vol. 44, br. 1, str. 1453–1456, lipanj 2013.
- [182] T. Masters, *Practical neural network recipes in C++*. San Diego, CA: Academic Press, Inc., 1993.
- [183] P. Colantoni, J. Thomas, i J. Y. Hardeberg, "High-end colorimetric display characterization using an adaptive training set," *J. Soc. Inf. Disp.*, vol. 19, br. 8, str. 520, 2011.
- [184] J. Thomas, "Controlling color in display: A discussion on quality," u *rad prezentiran na Create 2010 konferenciji, Gjovik, Norveška*, 2010.
- [185] M. R. Luo, G. Cui, i B. Rigg, "The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000," *Color Res. Appl.*, vol. 26, br. 5, str. 340–350, listopad 2001.
- [186] G. Sharma, W. Wu, i E. N. Dalal, "The CIEDE2000 color-difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations," *Color Res. Appl.*, vol. 30, br. 1, str. 21–30, veljača 2005.
- [187] J.-B. Thomas, "Colorimetric characterization of displays and multi-display systems," Universite de Bourgogne, 2009.
- [188] Video Electronics Standards Association, "Flat Panel Display Measurements Standard," Milpitas, CA, 2001.
- [189] L. W. MacDonald, "Using color effectively in computer graphics," *IEEE Comput. Graph. Appl.*, vol. 19, br. 4, str. 20–35, 1999.
- [190] B. Shneiderman i C. Plaisant, *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*, 4th ur. Addison Wesley, 2004.
- [191] G. Moretti i P. Lyons, "Tools for the selection of colour palettes," u *Proceedings of the SIGCHI-NZ Symposium on Computer-Human Interaction - CHINZ '02*, 2002, str. 13–18.
- [192] E. R. Tufte, *Envisioning information*. Graphics Pr, 1990.
- [193] B. L. Whorf, "The Relation of Habitual Thought and Behaviour to Language," u *Language, Thought and Reality: Selected Writing of Benjamin Lee Whorf*, J. B. Caroll, Ur. Cambridge, 1956, str. 134–159.
- [194] B. Berlin i P. Kay, *Basic color terms: Their universality and evolution*. Berkley: University of California Press, 1969.
- [195] E. Broek, M. Hendriks, M. Puts, i L. Vuurpijl, "Modeling human color categorization: Color discrimination and color memory," u *Proceedings of the 15th BNAIC*, 2003, vol. 2003, str. 59–68.

- [196] R. M. Boynton i C. X. Olson, "Locating basic colors in the OSA space," *Color Res. Appl.*, vol. 12, br. 2, str. 94–105, travanj 1987.
- [197] R. M. Boynton, "Eleven Colors That Are Almost Never Confused," u *OE/LASE '89, 15-20 Jan., Los Angeles. CA*, 1989, str. 322–332.
- [198] M. Wijffelaars, R. Vliegen, J. J. van Wijk, i E.-J. van der Linden, "Generating Color Palettes using Intuitive Parameters," *Comput. Graph. Forum*, vol. 27, br. 3, str. 743–750, svibanj 2008.
- [199] A. Zeileis, K. Hornik, i P. Murrell, "Escaping RGBland: selecting colors for statistical graphics," *Comput. Stat. Data Anal.*, br. November, 2009.
- [200] C. Ardi, S. Tan, i K. Yim, "Color Palette Generation for Nominal Encodings," 2002.
- [201] L. Wang, J. Giesen, K. T. McDonnell, P. Zolliker, i K. Mueller, "Color Design for Illustrative Visualization," *IEEE Trans. Vis. Comput. Graph.*, vol. 14, br. 6, str. 1739–1754, studeni 2008.
- [202] L. D. Bergman, B. E. Rogowitz, i L. A. Treinish, "A rule-based tool for assisting colormap selection," u *Proceedings Visualization '95*, 1995, str. 118–125.
- [203] F. E. Correa-Tome, "Comparison of perceptual color spaces for natural image segmentation tasks," *Opt. Eng.*, vol. 50, br. 11, str. 117-203, studeni 2011.
- [204] L. Z. Kriko, S. E. I. Baba, i M. Z. Krikor, "Palette-Based Image Segmentation using HSL Space," *JDIM*, vol. 5, br. 1, str. 8–12, 2004.
- [205] A. Waller, S. A. Balandin, D. A. O'Mara, i A. D. Judson, "Training AAC users in user-centred design," u *Accessible Design in the Digital World Conference 2005*, 2005.
- [206] J. Light i K. Drager, "AAC technologies for young children with complex communication needs: state of the science and future research directions," *Augment. Altern. Commun.*, vol. 23, br. 3, str. 204–16, rujun 2007.
- [207] International Organization for Standardization, "ISO 13407:1999 Human-centred design processes for interactive systems," 1999.
- [208] N. Bevan, "UsabilityNet Methods for User Centred Design," u *Human-Computer Interaction: Theory and Practice (Part 1), Volume 1*, vol. 1, br. Part 1, J. Jacko i C. Stephanidis, Ur. Heraklion, Crete: Lawrence Erlbaum, 2003, str. 434–438.
- [209] M. Maguire, "Methods to support human-centred design," *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, vol. 55, br. 4, str. 587–634, listopad 2001.
- [210] UsabilityNet, "List of methods for User Centred Design." [Internet]. Dostupno na: <http://www.usabilitynet.org/trump/methods/methodslist.htm>.
- [211] J. Nielsen, *Usability engineering*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 1993.

- [212] V. Nasset i A. Large, "Children in the information technology design process: A review of theories and their applications," *Libr. Inf. Sci. Res.*, vol. 26, br. 2, str. 140–161, ožujak 2004.
- [213] H. Hamilton i E. Kingsbury, "Participatory Design of AAC Systems : Practical Strategies & Positive Outcomes," Hillsborough, CA, 2006.
- [214] M. Scaife, Y. Rogers, F. Aldrich, i M. Davies, "Designing for or designing with? Informant design for interactive learning environments," u *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems - CHI '97*, 1997, str. 343–350.
- [215] N. Bevan i I. Bogomolni, "Incorporating user quality requirements in the software development process," u *Proceedings of the 4th International Software & Internet Quality Week Conference (QWE2000)*, 2000, str. 1192–1204.
- [216] A. N. Antle, "Child-based personas: need, ability and experience," *Cogn. Technol. Work*, vol. 10, br. 2, str. 155–166, travanj 2007.
- [217] J. Earthy, J. B. Sherwood, i N. Bevan, "The improvement of human-centred processes—facing the challenge and reaping the benefit of ISO 13407," *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, vol. 55, br. 4, str. 553–585, listopad 2001.
- [218] UsabilityNet, "Methods table," 2006. [Internet]. Dostupno na: <http://www.usabilitynet.org/tools/methods.htm>.
- [219] J. Arnowitz, M. Arent, i N. Berger, *Effective Prototyping for Software Makers*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 2007.
- [220] A. Cooper, *The Inmates are Running the Asylum*. Sams Publishing, 1999.
- [221] L. Nielsen, "Personas," u *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction*, 2nd Editio., M. Soegaard i R. F. Dam, Ur. Aarhus, Denmark: The Interaction Design Foundation, 2013.
- [222] J. Higginbotham, K. Fulcher, H. Min, C. Hanna, C.-A. Kirkland, N. Subrahmanian, i J. Seale, "Developing personas to aid in AAC design," 2010.
- [223] A. Draghici i G. Draghici, "User-centred design process and its influence on product competitiveness," u *Proceedings of: 12th CIRP Seminar on Life Cycle Engineering*, 2005.
- [224] E. Folmer i J. Bosch, "Architecting for usability: a survey," *J. Syst. Softw.*, vol. 70, br. 1–2, str. 61–78, veljača 2004.
- [225] K. Pernice i J. Nielsen, "How to Conduct Eyetracking Studies," Fremont, CA, 2009.
- [226] J. Nielsen i R. Budiu, *Mobile Usability*. Berkeley, CA: New Riders, 2013.
- [227] L. Liu i U. Hoelscher, "Evaluation of Graphical Symbols Used in Intensive Care Units (ICU): Comprehension among Users in Different Countries," 2003.

- [228] R. Molich i J. Nielsen, "Improving a human-computer dialogue," *Commun. ACM*, vol. 33, br. 3, str. 338–348, ožujak 1990.
- [229] J. Nielsen, "10 Usability Heuristics for User Interface Design," 1995. [Internet]. Dostupno na: <http://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>.
- [230] A. a. Alsumait i A. Al-Osaimi, "Usability Heuristics Evaluation for Child E-learning Applications," *J. Softw.*, vol. 5, br. 6, str. 654–661, lipanj 2010.
- [231] A. Sutcliffe, "Assessing the reliability of heuristic evaluation for Web site attractiveness and usability," u *Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 2002, vol. 00, br. c, str. 1838–1847.
- [232] J. Dolic, J. Pibernik, i J. Bota, "Evaluation of Mainstream Tablet Devices for Symbol Based AAC Communication," u *Proceedings of the 6th KES international conference on Agent and Multi-Agent Systems: technologies and applications*, 2012, str. 251–260.
- [233] J. Frey-Škrinjar, M. Ljubešić, Z. Stančić, J. I. Pavliša, V. Vlahović-Štetić, N. Pavlin-Bernardić, I. Lovrek, Ž. Car, M. Vuković, J. Pibernik, L. Mandić, i J. Dolić, "Katalog znanja potpomognute ili alternativne i augmentativne komunikacije (AAC)," 2012. [Internet]. Dostupno na: <http://usluge.ict-aac.hr/katalog/>.

# Popis slika

Slika 1.	Primjer računalno generirane poruke sekvencioniranjem grafičkih znakova za PK u programu Widgit Communicate SymWriter	2
Slika 2.	Usporedba modela komunikacije bez pomagala i potpomognute komunikacije grafičkim znakovima	12
Slika 3.	Usporedba a) izgleda poštanskog sandučića u RH i slikovnih reprezentacija pojma "poštanski sandučić" u skupovima b) Symbolstix i c) Widgit	24
Slika 4.	Primjeri mrežnog prikaza znakova u aplikacijama za PK za suvremene pokretne uređaje Proloquo2Go (a) i Go Talk NOW (b) Izvor: <a href="https://itunes.apple.com">https://itunes.apple.com</a>	40
Slika 5.	Primjeri vizualnog prikaza scena u a) aplikaciji SceneSpeak i b) u programu Boardmaker. Izvori: a) <a href="http://appsforaac.net/">http://appsforaac.net/</a> , b) <a href="http://news.boardmakershare.com/">http://news.boardmakershare.com/</a>	41
Slika 6.	Primjer hibridnog prikaza u aplikaciji Scene & Heard. s istovremenim prikazom VSD i mrežnog prikaza znakova. Izvor: <a href="http://www.widgit.com">http://www.widgit.com</a>	42
Slika 7.	Primjer linijske a) i kombinacije linijske i površinske b) kategorizacije bojom u sustavima za PK. Izvori: a) <a href="http://www.ericssailers.com">http://www.ericssailers.com</a> , b) <a href="http://www.tobiisonoflex.com">http://www.tobiisonoflex.com</a>	46
Slika 8.	Izostanak repeticije u korištenju definiranih debljina linija u Symbolstix skupu znakova. Izvor: <a href="https://www.itunes.com">https://www.itunes.com</a>	52
Slika 9.	Primjer gledišta izvan kanonske pozicije za pojam "spojiti kvačicom" (lijevo) u skupu Symbolstix. Kut gledišta na kvačicu ne otkriva njezine istaknute vizualne karakteristike bitne za prepoznavanje. Desno je prikaz pojma "kvačica za rublje" iz istog skupa.	55
Slika 10.	Spektralna osjetljivost S, M i L čunjića (lijevo) i primjer spektralnih krivulja za dva podražaja koji u promatraču uzrokuju isti osjet boje (desno). Izvor: Stone, 2005.	56



Slika 11.	Usporedba korištenih vizualnih metafora za označavanje pristupa skupu znakova određene kategorije u aplikacijama a) Avaz, b) Easy Speak HD , c) So Much 2 Say, d) Proloquo2Go i e) fotografije primjera skupa otisnutih komunikacijskih kartica određene kategorije	60
Slika 12.	Naznačavanje perceptivnih mogućnosti akcije korištenjem metafore dječje igračke u aplikaciji MyFirstAAC. Izvor: <a href="https://www.itunes.com">https://www.itunes.com</a>	61
Slika 13.	Generičke reprezentacije osoba i predmeta za pojam "nositi" u skupovima grafičkih znakova za PK: a) PCS, b) Widgit, c) Symbolstix, d) ARASAAC, e) Sclera Pictos	62
Slika 14.	Model grafičkoga znakovnoga sustava za osobe sa SKP	71
Slika 15.	Prilagodba predloženog modela grafičkoga znakovnoga sustava za osobe sa SPK čimbenicima koji utječu na izgled i ponašanje GKS.	72
Slika 16.	Tri stupnja vizualne prilagodbe znakova u okviru predloženog modela	74
Slika 17.	Mogućnosti adaptacije i personalizacije GKS u okviru predloženog modela s obzirom na stupanj vizualne prilagodbe	75
Slika 18.	Metode vizualne kategorizacije u okviru predloženog modela	76
Slika 19.	Primjer prilagodbe redukcije prikaza tekstualnog opisa i dodavanja modifikatora u okviru predloženog modela	77
Slika 20.	Neki od primjera prostornih prilagodbi u okviru predloženog modela	78
Slika 21.	Primjer prostornih prilagodbi u okviru modela za korištenje različitih sredstava odabira	79
Slika 22.	Moguće transformacije u okviru predloženog modela i njihova namjena u odnosu na element primjene unutar GKS	80
Slika 23.	Primjer primjene transformacija pozicije i veličine na cjelovitoj reprezentaciji odabranog znaka i transformacije prozirnosti na reprezentacijama ostalih znakova i naredbi GKS u cilju naglašavanja povratne informacije o odabiru.	81

Slika 24.	Prilagodba grafičkih znakova i GKS u okviru predloženog modela tijekom a adaptacije na osnovi značajki uređaja i korisnikovih preferencija	82
Slika 25.	Moguće automatske prilagodbe u okviru predloženog modela s obzirom na kontekst uporabe	82
Slika 26.	Prilagodba grafičkih znakova u okviru predloženog modela reprodukciji u različitim medijima	84
Slika 27.	Stupanj vizualne složenosti i korištene stilizacije vizualnih reprezentacija pojma "mačka" za 9 analiziranih setova i sustava grafičkih znakova za PK	90
Slika 28.	Tri seta uzoraka izrađenih za potrebe provedbe istraživanja. Stupci označavaju varijaciju u vizualnoj kompleksnosti: 1) niski stupanj, 2) srednji stupanj, 3) visoki stupanj. Redci predstavljaju varijacije u stilizaciji: A) slobodna, B) realistična i C) geometrijska	92
Slika 29.	Proces određivanja karakterizacijske funkcije usmjerene naprijed za izlazne uređaje Izvor: Balasubramanian, 2002.	118
Slika 30.	Mikroskopski prikaz konstrukcije slikovnih elemenata TN i LCD tehnologije: a) aktivni i b) neaktivni primari TN LCD zaslona (iPhone 3GS), c) aktivni i d) neaktivni primari IPS LCD zaslona (Nexus 7)	120
Slika 31.	Mikroskopski prikaz različitih konfiguracija primara u PenTile AMOLED zaslonima: a) aktivni i b) neaktivni primari zaslona uređaja Samsung Galaxy S, c) aktivni i d) neaktivni primari zaslona uređaja Samsung Galaxy S4	122
Slika 32.	Usporedba sRGB i aRGB gamuta unutar CIE1931 xy dijagrama kromatičnosti	127
Slika 33.	Simulacija trodimenzionalnog prikaza usporedbe sRGB i aRGB gamuta unutar CIELAB prostora boja izrađenog pomoću programa CHROMiX ColorThink (volumen aRGB označen je konturnim linijama)	128
Slika 34.	Model umjetnog neurona	134

Slika 35.	Proces određivanja modela standardnog zaslona pokretnog uređaja u ovom radu	140
Slika 36.	Shema eksperimenta kolorimetrijske karakterizacije	143
Slika 37.	Box-plot dijagram odstupanja pojedinih uređaja od sRGB modela	149
Slika 38.	Usporedba sRGB gamuta i gamuta izmjenjenih uređaja prikazanih u CIE xy dijagramu kromatičnosti	152
Slika 39.	Box-plot dijagram odstupanja izrađenog PLVC modela standardnog zaslona pokretnog uređaja od empirijskih vrijednosti za pojedine uređaje	164
Slika 40.	Box-plot dijagram odstupanja izrađenog NM modela standardnog zaslona pokretnog uređaja s 20 umjetnih neurona u skrivenom sloju od empirijskih vrijednosti za pojedine uređaje	164
Slika 41.	Box-plot dijagram odstupanja izrađenog modela standardnog zaslona pokretnog uređaja metodom polinomne regresije 2. reda od empirijskih vrijednosti za pojedine uređaje	165
Slika 42.	Box-plot dijagram odstupanja izrađenog modela standardnog zaslona pokretnog uređaja metodom polinomne regresije 3. reda od empirijskih vrijednosti za pojedine uređaje	165
Slika 43.	Box-plot dijagram odstupanja izrađenog splajn modela standardnog zaslona pokretnog uređaja od empirijskih vrijednosti za pojedine uređaje	166
Slika 44.	Model procesa generiranja optimizirane palete na osnovi najmanjeg odstupanja karakterizacijskog modela standardnoga zaslona pokretnog uređaja	172
Slika 45.	Ovisnost srednje vrijednosti kolorimetrijske razlike o području optimizacije za skup paleta A	176
Slika 46.	Ovisnost srednje vrijednosti kolorimetrijske razlike o području optimizacije za skup kompletnih paleta B	177
Slika 47.	Promjena RGB vrijednosti u paletama iz skupa B (FS=8) u odnosu na korak pretrage	178

Slika 48.	Ovisnost srednje vrijednosti kolorimetrijske razlike o području optimizacije za skup reduciranih paleta B	179
Slika 49.	Ovisnost srednje vrijednosti kolorimetrijske razlike o području optimizacije za skup kompletnih paleta C	180
Slika 50.	Promjena RGB vrijednosti u paletama iz skupa C (FS=12) u odnosu na korak pretrage	181
Slika 51.	Ovisnost srednje vrijednosti kolorimetrijske razlike o području optimizacije za skup kompletnih paleta C	182
Slika 52.	Iterativna značajka aktivnosti razvoja proizvoda primjenom principa dizajna usmjerenog korisnicima prema normi ISO 13407.	185
Slika 53.	Dizajn grafičkih znakova za pojam "ne" (lijevo) i "da" (desno) kao rezultat aktivnosti dizajna participiranjem djece sa SKP. Izvor: Hamilton & Kingsbury, 2006	187
Slika 54.	Shematski prikaz predloženog modela UCD procesa za razvoj aplikacija namijenjenih potpomognutoj komunikaciji	206

# Popis tablica

Tablica 1.	Analiza tehničkih specifikacija suvremenih pokretnih uređaja i specijaliziranih pokretnih uređaja za PK dijagonale zaslona 7-9 inča. Podaci prikupljeni s web sjedišta proizvođača i s <a href="http://www.gsmarena.com">http://www.gsmarena.com</a>	20
Tablica 2.	Analiza tehničkih specifikacija suvremenih pokretnih uređaja i specijaliziranih pokretnih uređaja za PK dijagonale zaslona veće od 9 inča. Podaci prikupljeni s web sjedišta proizvođača i s <a href="http://www.gsmarena.com">http://www.gsmarena.com</a>	21
Tablica 3.	Sedam načela dizajna temeljenog na mogućnostima. Izvor: Wobbrock et al	34
Tablica 4.	Analiza mogućnosti prilagodbe za 4 popularne aplikacije za PK	50
Tablica 5.	Prvi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „mačka“ (M_PO)	96
Tablica 6.	Hi-kvadrat test - prvi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „mačka“ (M_PO)	96
Tablica 7.	Drugi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „mačka“ (M_DO)	97
Tablica 8.	Hi-kvadrat test - drugi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „mačka“ (M_DO)	97
Tablica 9.	Najmanja preferencija ispitanika za reprezentaciju pojma „mačka“ (M_NP)	97
Tablica 10.	Hi-kvadrat test – najmanja preferencija ispitanika za reprezentaciju pojma „mačka“ (M_NP)	98
Tablica 11.	Prvi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „lice“ (L_PO)	98
Tablica 12.	Hi-kvadrat test - prvi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „lice“ (L_PO)	98
Tablica 13.	Drugi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „lice“ (L_DO)	99
Tablica 14.	Hi-kvadrat test - drugi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „lice“ (L_DO)	99
		258

Tablica 15.	Najmanja preferencija ispitanika za reprezentaciju pojma „lice“ (L_NP)	99
Tablica 16.	Hi-kvadrat test – najmanja preferencija ispitanika za reprezentaciju pojma „lice“ (L_NP)	100
Tablica 17.	Prvi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „tenisica“ (T_PO)	100
Tablica 18.	Hi-kvadrat test - prvi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „tenisica“ (T_PO)	100
Tablica 19.	Prvi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „tenisica“ (T_PO)	101
Tablica 20.	Hi-kvadrat test - drugi odabir ispitanika za reprezentaciju pojma „tenisica“ (T_DO)	101
Tablica 21.	Najmanja preferencija ispitanika za reprezentaciju pojma „tenisica“ (T_NP)	101
Tablica 22.	Hi-kvadrat test - najmanja preferencija ispitanika za reprezentaciju pojma „tenisica“ (T_NP)	102
Tablica 23.	Analiza sličnosti u korisničkoj evaluaciji za prve odabire reprezentacija triju pojmova	102
Tablica 24.	Analiza sličnosti u korisničkoj evaluaciji za druge odabire reprezentacija triju pojmova	103
Tablica 25.	Analiza sličnosti u korisničkoj evaluaciji za najmanje preferencije reprezentacija triju pojmova	103
Tablica 26.	Stupanj vizualne složenosti za prvi odabir reprezentacije pojma „mačka“ (M_PO_KOM)	104
Tablica 27.	Hi-kvadrat test - Stupanj vizualne složenosti za prvi odabir reprezentacije pojma „mačka“ (M_PO_KOM)	104
Tablica 28.	Stilizacija za prvi odabir reprezentacije pojma „mačka“ (M_PO_STIL)	104
Tablica 29.	Hi-kvadrat test - Stilizacija za prvi odabir reprezentacije pojma „mačka“ (M_PO_STIL)	105
Tablica 30.	Stupanj vizualne složenosti za prvi odabir reprezentacije pojma „lice“ (L_PO_KOM)	105
		259

Tablica 31.	Hi-kvadrat test - Stupanj vizualne složenosti za prvi odabir reprezentacije pojma „lice“ (L_PO_KOM)	105
Tablica 32.	Stilizacija za prvi odabir reprezentacije pojma „lice“ (L_PO_STIL)	105
Tablica 33.	Hi-kvadrat test - Stilizacija za prvi odabir reprezentacije pojma „lice“ (L_PO_STIL)	106
Tablica 34.	Stupanj vizualne složenosti za prvi odabir reprezentacije pojma „tenisica“ (T_PO_KOM)	106
Tablica 35.	Hi-kvadrat test - Stupanj vizualne složenosti za prvi odabir reprezentacije pojma „tenisica“ (T_PO_KOM)	106
Tablica 36.	Stilizacija za prvi odabir reprezentacije pojma „tenisica“ (T_PO_STIL)	107
Tablica 37.	Hi-kvadrat test - Stilizacija za prvi odabir reprezentacije pojma „tenisica“ (T_PO_STIL)	107
Tablica 38.	Stupanj vizualne složenosti za drugi odabir reprezentacije pojma „mačka“ (M_DO_KOM)	107
Tablica 39.	Hi-kvadrat test - Stupanj vizualne složenosti za drugi odabir reprezentacije pojma „mačka“ (M_DO_KOM)	107
Tablica 40.	Stilizacija za drugi odabir reprezentacije pojma „mačka“ (M_DO_STIL)	108
Tablica 41.	Hi-kvadrat test - Stilizacija za drugi odabir reprezentacije pojma „mačka“ (M_DO_STIL)	108
Tablica 42.	Stupanj vizualne složenosti za drugi odabir reprezentacije pojma „lice“ (L_DO_KOM)	108
Tablica 43.	Hi-kvadrat test - Stupanj vizualne složenosti za drugi odabir reprezentacije pojma „lice“ (L_DO_KOM)	108
Tablica 44.	Stilizacija za drugi odabir reprezentacije pojma „lice“ (L_DO_STIL)	109
Tablica 45.	Hi-kvadrat test - Stilizacija za drugi odabir reprezentacije pojma „lice“ (L_DO_STIL)	109
Tablica 46.	Stupanj vizualne složenosti za drugi odabir reprezentacije pojma „tenisica“ (T_DO_KOM)	109
		260

Tablica 47.	Hi-kvadrat test - Stupanj vizualne složenosti za drugi odabir reprezentacije pojma „tenisica“ (T_DO_KOM)	110
Tablica 48.	Stilizacija za drugi odabir reprezentacije pojma „tenisica“ (T_DO_STIL)	110
Tablica 49.	Hi-kvadrat test - Stilizacija za drugi odabir reprezentacije pojma „lice“ (T_DO_STIL)	110
Tablica 50.	Stupanj vizualne složenosti za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „mačke“ (M_NP_KOM)	111
Tablica 51.	Hi-kvadrat test - Stupanj vizualne složenosti za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „mačka“ (M_NP_KOM)	111
Tablica 52.	Stilizacija za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „mačka“ (M_NP_STIL)	111
Tablica 53.	Hi-kvadrat test - Stilizacija za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „mačka“ (M_NP_STIL)	111
Tablica 54.	Stupanj vizualne složenosti za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „lice“ (L_NP_KOM)	112
Tablica 55.	Hi-kvadrat test - Stupanj vizualne složenosti za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „lice“ (L_NP_KOM)	112
Tablica 56.	Stilizacija za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „lice“ (L_NP_STIL)	112
Tablica 57.	Hi-kvadrat test - Stilizacija za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „lice“ (L_NP_STIL)	112
Tablica 58.	Stupanj vizualne složenosti za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „tenisica“ (T_NP_KOM)	113
Tablica 59.	Hi-kvadrat test - Stupanj vizualne složenosti za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „tenisica“ (T_NP_KOM)	113
Tablica 60.	Stilizacija za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „tenisica“ (T_NP_STIL)	113
Tablica 61.	Hi-kvadrat test - Stilizacija za najmanju preferenciju reprezentacije pojma „tenisica“ (T_NP_STIL)	114



Tablica 62.	Analiza sličnosti u korisničkoj evaluaciji za prve odabire reprezentacija triju pojmova, ovisno o stupnju vizualne složenosti	114
Tablica 63.	Analiza sličnosti u korisničkoj evaluaciji za prve odabire reprezentacija triju pojmova, ovisno o metodi stilizacije	114
Tablica 64.	Analiza sličnosti u korisničkoj evaluaciji za druge odabire reprezentacija triju pojmova, ovisno o stupnju vizualne složenosti	115
Tablica 65.	Analiza sličnosti u korisničkoj evaluaciji za druge odabire reprezentacija triju pojmova, ovisno o metodi stilizacije	115
Tablica 66.	Analiza sličnosti u korisničkoj evaluaciji za najmanju preferenciju reprezentacija triju pojmova, ovisno o stupnju vizualne složenosti	115
Tablica 67.	Analiza sličnosti u korisničkoj evaluaciji za najmanju preferenciju reprezentacija triju pojmova, ovisno o metodi stilizacije	116
Tablica 68.	Koordinate kromatičnosti triju primara rabljenih u sRGB specifikaciji, preuzete iz norme ITU-R BT.709-3	126
Tablica 69.	Rad testne karte na različitim internetskim preglednicima za pokretne uređaje	145
Tablica 70.	Popis testiranih uređaja i osnovnih karakteristika njihovih zaslona	146
Tablica 71.	Izračunate vrijednosti $\Delta E_{00}$ za odstupanje sRGB modela od empirijskih podataka za sve uređaje	149
Tablica 72.	Izračunate vrijednosti $\Delta L$ , $\Delta C$ , $\Delta H$ za odstupanje sRGB modela od empirijskih podataka za sve uređaje	149
Tablica 73.	Izračunate vrijednosti $\Delta E_{00}$ , $\Delta L$ , $\Delta C$ i $\Delta H$ za odstupanje sRGB modela od empirijskih podataka za pojedine uređaje	150
Tablica 74.	Vrijednosti volumena gamuta evaluiranih uređaja skaliranih prema vrijednosti za sRGB gamut	152
Tablica 75.	Izračunate vrijednosti $\Delta E_{00}$ za odstupanje izrađenog PLVC modela standardnog zaslona od evaluacijskog seta empirijskih podataka za sve uređaje	153

Tablica 76.	Izračunate vrijednosti $\Delta L$ , $\Delta C$ , $\Delta H$ za odstupanje izrađenog PLVC modela standardnog zaslona od evaluacijskog seta empirijskih podataka za sve uređaje	153
Tablica 77.	Izračunate vrijednosti $\Delta E_{00}$ , $\Delta L$ , $\Delta C$ i $\Delta H$ za odstupanje izrađenog PLVC modela standardnog zaslona od empirijskih podataka za pojedine uređaje	153
Tablica 78.	Izračunate vrijednosti $\Delta E_{00}$ , $\Delta L$ , $\Delta C$ i $\Delta H$ za odstupanje karakterizacije pojedinih uređaja PLVC metodom od evaluacijskog seta empirijskih podataka	154
Tablica 79.	Izračunate vrijednosti $\Delta E_{00}$ za odstupanje izrađenog NM modela standardnog zaslona s 20 umjetnih neurona u skrivenom sloju od evaluacijskog seta empirijskih podataka za sve uređaje	155
Tablica 80.	Izračunate vrijednosti $\Delta L$ , $\Delta C$ , $\Delta H$ za odstupanje generiranog NM modela standardnog zaslona s 20 umjetnih neurona u skrivenom sloju od evaluacijskog seta empirijskih podataka za sve uređaje	155
Tablica 81.	Izračunate vrijednosti $\Delta E_{00}$ , $\Delta L$ , $\Delta C$ i $\Delta H$ za odstupanje generiranog NM modela standardnog zaslona s 20 umjetnih neurona u skrivenom sloju od empirijskih podataka za pojedine uređaje	155
Tablica 82.	Izračunate vrijednosti $\Delta E_{00}$ , $\Delta L$ , $\Delta C$ i $\Delta H$ za odstupanje karakterizacije pojedinih uređaja metodom neuronske mreže s 20 umjetnih neurona od evaluacijskog seta empirijskih podataka	156
Tablica 83.	Izračunate vrijednosti $\Delta E_{00}$ za odstupanje izrađenog modela standardnog zaslona metodom polinomne regresije 2. reda od evaluacijskog seta empirijskih podataka za sve uređaje	157
Tablica 84.	Izračunate vrijednosti $\Delta L$ , $\Delta C$ , $\Delta H$ za odstupanje izrađenog modela standardnog zaslona metodom polinomne regresije 2. reda od evaluacijskog seta empirijskih podataka za sve uređaje	157
Tablica 85.	Izračunate vrijednosti $\Delta E_{00}$ , $\Delta L$ , $\Delta C$ i $\Delta H$ za odstupanje izrađenog modela standardnog zaslona metodom polinomne regresije 2. reda od empirijskih podataka za pojedine uređaje	157
Tablica 86.	Izračunate vrijednosti $\Delta E_{00}$ , $\Delta L$ , $\Delta C$ i $\Delta H$ odstupanja karakterizacije pojedinih uređaja metodom polinomne regresije 2. reda od evaluacijskog seta empirijskih podataka	158

Tablica 87.	Izračunate vrijednosti $\Delta E_{00}$ odstupanja izrađenog modela standardnog zaslona metodom polinomne regresije 3. reda od evaluacijskog seta empirijskih podataka za sve uređaje	159
Tablica 88.	Izračunate vrijednosti $\Delta L$ , $\Delta C$ , $\Delta H$ odstupanja izrađenog modela standardnog zaslona metodom polinomne regresije 3. reda od evaluacijskog seta empirijskih podataka za sve uređaje	159
Tablica 89.	Izračunate vrijednosti $\Delta E_{00}$ , $\Delta L$ , $\Delta C$ i odstupanja izrađenog modela standardnog zaslona metodom polinomne regresije 3. reda od empirijskih podataka za pojedine uređaje	159
Tablica 90.	Izračunate vrijednosti $\Delta E_{00}$ , $\Delta L$ , $\Delta C$ i $\Delta H$ odstupanja karakterizacije pojedinih uređaja metodom polinomne regresije 3. reda od evaluacijskog seta empirijskih podataka	160
Tablica 91.	Izračunate vrijednosti $\Delta E_{00}$ za odstupanje izrađenog splajn modela standardnog zaslona od evaluacijskog seta empirijskih podataka za sve uređaje	161
Tablica 92.	Izračunate vrijednosti $\Delta L$ , $\Delta C$ , $\Delta H$ za odstupanje izrađenog splajn modela standardnog zaslona od evaluacijskog seta empirijskih podataka za sve uređaje	161
Tablica 93.	Izračunate vrijednosti $\Delta E_{00}$ , $\Delta L$ , $\Delta C$ i $\Delta H$ za odstupanje izrađenog splajn modela standardnog zaslona od empirijskih podataka za pojedine uređaje	161
Tablica 94.	Izračunate vrijednosti $\Delta E_{00}$ , $\Delta L$ , $\Delta C$ i $\Delta H$ za odstupanje karakterizacije pojedinih uređaja metodom poliharmonijske splajn funkcije od evaluacijskog seta empirijskih podataka	162
Tablica 95.	Izračunate vrijednosti $\Delta E_{00}$ odstupanja izrađenih modela standardnog zaslona pokretnog uređaja od empirijskih podataka za sve uređaje	163
Tablica 96.	Izračunate vrijednosti $\Delta L$ , $\Delta C$ , $\Delta H$ odstupanja izrađenih modela standardnog zaslona pokretnog uređaja od empirijskih podataka za sve uređaje	163
Tablica 97.	20 od 729 mjerenih ulaznih vrijednosti koje imaju najmanju vrijednost srednje kolorimetrijske razlike između vrijednosti	

predviđenih modelom prosječnog zaslona i empirijskih podataka za sve uređaje	170
Tablica 98. 20 od 729 mjerenih ulaznih vrijednosti koje imaju najveću vrijednost srednje kolorimetrijske razlike između vrijednosti predviđenih modelom prosječnog zaslona i empirijskih podataka za sve uređaje	170
Tablica 99. Izračunati prosjeci srednjih vrijednosti kolorimetrijskih razlika optimiziranih vrijednosti u paletama skupa A za 15 različitih područja optimizacije.	175
Tablica 100. Izračunati prosjeci srednjih vrijednosti kolorimetrijskih razlika optimiziranih vrijednosti u paletama skupa B za 7 različitih područja optimizacije.	176
Tablica 101. Izračunati prosjeci srednjih vrijednosti kolorimetrijskih razlika optimiziranih vrijednosti u paletama skupa B za 7 različitih područja optimizacije.	179
Tablica 102: Načini i metode uključivanja korisnika u dizajn i razvoj. Izvor: Chisnell i Rubin, 2006.	186
Tablica 103: Popis aktivnosti i metoda u procesu dizajna usmjerenog korisnicima. Izvor: Bevan, 2003.	188
Tablica 104: Gantogram procesa razvoja aplikacije "Komunikator +"	216

## Prilozi

**Prilog A: smjernice za oblikovanje grafičkih znakova u okviru modela prilagodljivoga grafičkoga znakovnog sustava za osobe sa složenim komunikacijskim potrebama**

- SGZ 1: U grafičkim sustavima za PK poželjna uporaba reprezentacija onih objekata koji su karakteristični za korisnikovu sredinu i kulturu.
- SGZ 2: Tehnološke karakteristike grafičkih znakova za PK trebaju podržavati mogućnost implementacije unutar vizualnih prikaza scena.
- SGZ 3: Kod višetonskih i višebojnih znakova za PG upotrebom linija potrebno je jasno naznačiti konture prikazanih figura.
- SGZ 4: Linije trebaju biti jasno definirane kada je znak prikazan u svojim najmanjim dimenzijama u obliku otiska ili prikaza na zaslonu najmanje planirane razlučivosti.
- SGZ 5: Radi konzistentnosti slikovnih prikaza potrebno je definirati određene debljine linija koje će se rabiti za linijsku konstrukciju u cijelom skupu znakova.
- SGZ 6: Preporučljivo je da linije koje opisuju elemente slikovne reprezentacije znaka imaju konstantnu debljinu cijelom svojom duljinom, izuzev ekstremiteta.
- SGZ 7: Zbog značajki vizualnih prilagodbi znakova za PK potrebno je teksture koje su bitne za prepoznavanje značenja naznačiti (teksturnim) linijama.
- SGZ 8: U osnovnom i kontrastnom stupnju prilagodbe vizualna tekstura se rabi jedino ukoliko se njenom uporabom pomaže pri prepoznavanju reprezentacije.
- SGZ 9: Oblikovanje znakova za jednoznačne setove treba služiti za postizanje što većeg stupnja transparentnosti.
- SGZ 10: Radi bržeg i točnijeg prepoznavanja preporučljivo je prikazivati objekte, subjekte i scene u znakovima u njihovim kanonskim pozicijama.
- SGZ 11: Monokromatska reprezentacija grafičkih znakova treba biti ponuđena za oba kontrastna polariteta.

- SGZ 12: Omjer kontrasta između slikovnih elemenata i pozadine znaka treba iznositi 4,5:1, izračunato prema WCAG smjernicama, preporučljivo 7:1 za kontrastni stupanj vizualne prilagodbe.
- SGZ 13: Za reprezentacije koje se mogu odnositi na više referenata potrebno je koristiti apstrahirane vizualizacije, odnosno reprezentacija treba biti generička.
- SGZ 14: Povećavanje transparentnosti znakova, osobito kod reprezentacija radnji, moguće je ostvariti upotrebom animacije.
- SGZ 15: Tehnološka izvedba grafičkih znakova treba podržavati reprodukciju primjenom spektra različitih tiskanih i digitalnih medija.
- SGZ 16: Radi zadržavanja oštine reprodukcije grafičkih elemenata znakova neovisno o njihovim dimenzijama na zaslonu, potrebno ih je generirati uporabom vektorske grafike i pohraniti ih u vektorskom formatu.
- SGZ 17: Format dokumenata upotrijebljen za pohranu grafičkih znakova treba biti podržan u svim operacijskim sustavima u kojima će se znakovi koristiti.

**Prilog B: smjernice za oblikovanje grafičkog korisničkog sučelja u okviru modela prilagodljivoga grafičkoga znakovnog sustava za osobe sa složenim komunikacijskim potrebama**

- SKS 1: Korisniku je potrebno omogućiti jednostavnu pripremu, pohranu i pristup unaprijed formuliranim porukama.
- SKS 2: Oblikovanje GKS treba podržavati potrebe svih triju funkcionalnih skupina korisnika potpomognute komunikacije.
- SKS 3: Oblikovanje GKS treba služiti u funkciji smanjenja razine kognitivnog i motoričkog opterećenja na korisnika.
- SKS 4: GKS svojim oblikovanjem i funkcionalnošću treba omogućiti pristup korisnicima širokog spektra perceptivnih, kognitivnih i motoričkih sposobnosti.
- SKS 5: GKS svojim oblikovanjem i funkcionalnošću treba omogućiti pristup sekundarnim korisnicima: roditeljima i skrbnicima korisnika sa SPK, edukacijskim rehabilitatorima i ostalim sugovornicima korisnika sa SPK.
- SKS 6: Razmještaj znakova i naredbi unutar GKS treba biti prilagođen značajkama jezika na kojem se odvija komunikacija.
- SKS 7: Potrebno je omogućiti implementaciju korisnički kreiranih grafičkih znakova.
- SKS 8: Za djecu, korisnike PK, u ranijoj razvojnoj dobi preporučljiva je vizualna organizacija vokabulara metodom vizualnog prikaza scene ili hibridnog prikaza.
- SKS 9: Korisnicima je potrebno osigurati selektivan odabir automatskih prilagodbi sustava.
- SKS 10: Pristup segmentima GKS koji nisu namijenjeni primarnim korisnicima, poput postavki aplikacije, potrebno je ograničiti zahtijevanjem obavljanja vremenski ili motorički preciznih radnji kao predispozicije za pristup navedenim segmentima.
- SKS 11: Preporučuje se umjereno korištenje adaptivnih elemenata, osobito u domeni prostorne prilagodbe. Posebice je potrebno izbjeavati



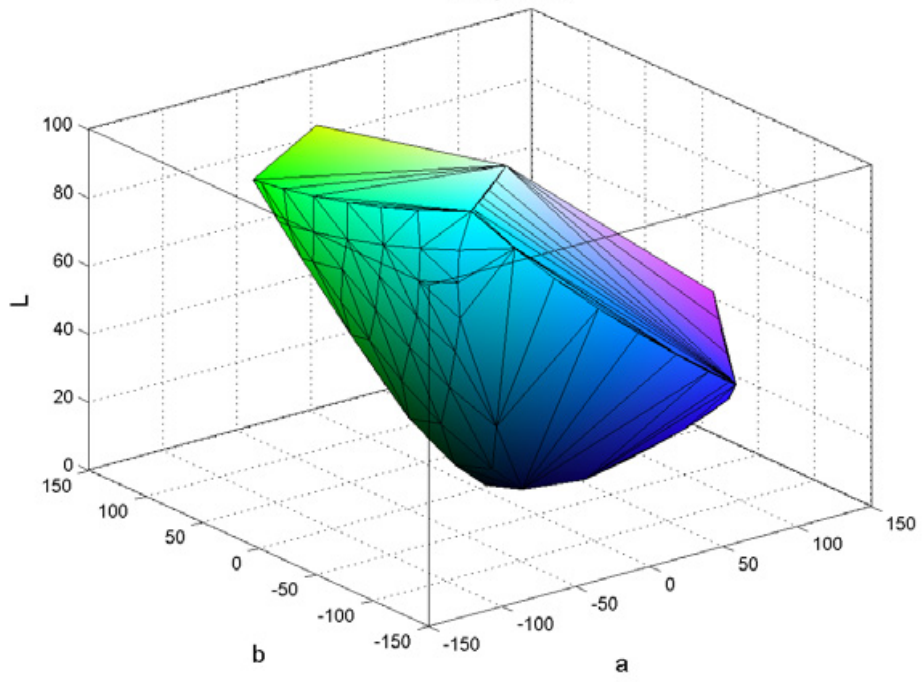
značajne i učestale izmjene u rasporedu i pozicioniranju alatnih traka i naredbi.

- SKS 12: Preporučuje se iniciranje procesa personalizacije grafičkog korisničkog sučelja pri prvom pokretanja aplikacije ili usluge.
- SKS 13: Preporučljivo je da sustav aktivno prati korisnikove performanse i na temelju zabilježenih pogrešaka predloži prikladnije postavke GKS.
- SKS 14: Omjer kontrasta između tekstualnih natpisa i pozadine treba iznositi 4,5:1, izračunato prema WCAG smjernicama, preporučljivo 7:1 za kontrastni stupanj vizualne prilagodbe.
- SKS 15: Ukoliko se za vizualnu prezentaciju naredbi GKS rabe metafore, one trebaju biti preuzete iz korisniku poznatog okruženja.
- SKS 16: Potrebno je vizualno jasno i na nedvosmislen način naglasiti kojim elementima korisničkog sučelja korisnik u zadanom trenutku može, odnosno ne može, obavljati interakciju i kakve rezultate interakcije može očekivati.
- SKS 17: Kretanje kroz različite mrežne prikaze grafičkih znakova i hijerarhijsku strukturu vokabulara potrebno je popratiti animacijom.
- SKS 18: Adaptacije unutar GKS potrebno je popratiti animacijom.
- SKS 19: Umjesto bojom, isticanje odabira znaka treba biti izvedeno animacijom povećanja grafičkoga znaka.
- SKS 20: Uporaba animacije u sučeljima za PK treba biti umjereno. Ne preporučuje se korištenje više od jednog animiranog elementa u isto vrijeme, osim za isticanje korelacija ili kad je u pitanju grupna izmjena elemenata na zaslonu.
- SKS 21: Ni jedna naredba ili funkcionalni element interakcije namijenjen korisniku sa SKP ne smiju biti ovisni isključivo o tekstualnom opisu.
- SKS 22: Nije preporučljiva uporaba kurzivnog pisma za prikaz tekstualnih elementa u korisničkom sučelju usluga za PK.
- SKS 23: Naglašavanje tekstualnih elemenata u sučeljima s vizualnim prilagodbama treba biti izvedeno pomoću kontrasta u debljini ili veličini slovnih znakova, uz mogućnost kombiniranja s naglašavanjem upotrebom boja.

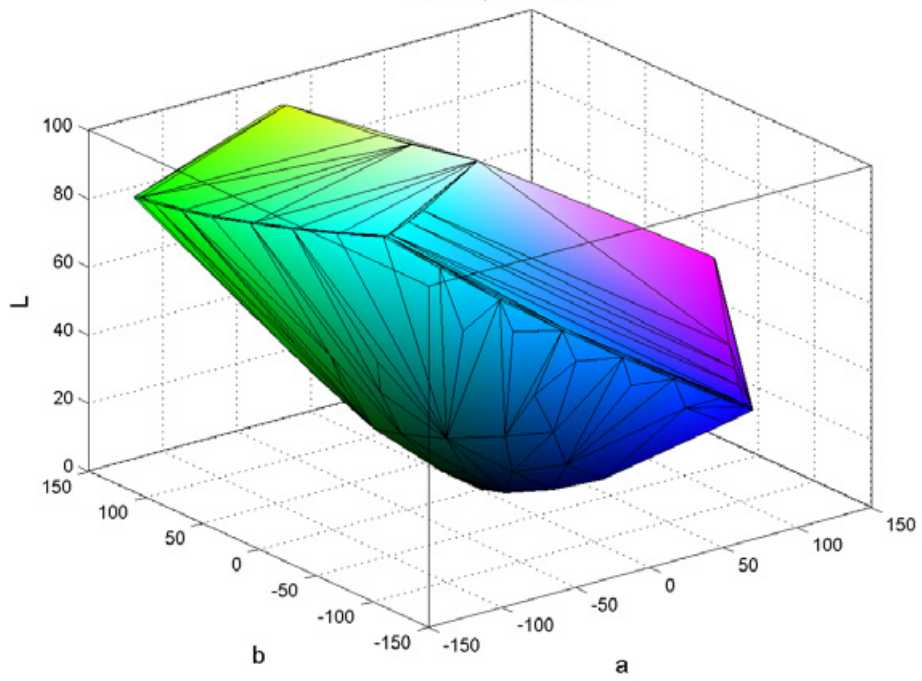
- SKS 24: Za reprodukciju grafičkog korisničkog sučelja i grafičkih znakova poželjno je koristiti uređaje čija razlučivost premašuje 286 ppi, odnosno kutnu razlučivost ljudskog oka pri normalnoj udaljenosti promatranog uređaja.
- SKS 25: Potrebno je osigurati adekvatne dimenzije reprodukcije grafičkih znakova i svih funkcionalnih elemenata korisničkog sučelja s obzirom na razlike u dimenzijama i razlučivostima zaslona na pokretnim uređajima.
- SKS 26: Minimalne dimenzije aktivnih elemenata unutar korisničkog sučelja za PK trebaju tvoriti kvadrat od 1x1 cm na zaslonu uređaja na kojem se sučelje upotrebljava. Potrebno je uključiti mogućnost promjene veličine aktivnih elemenata kako bi se omogućio neometani pristup korisnicima s motoričkim poteškoćama.

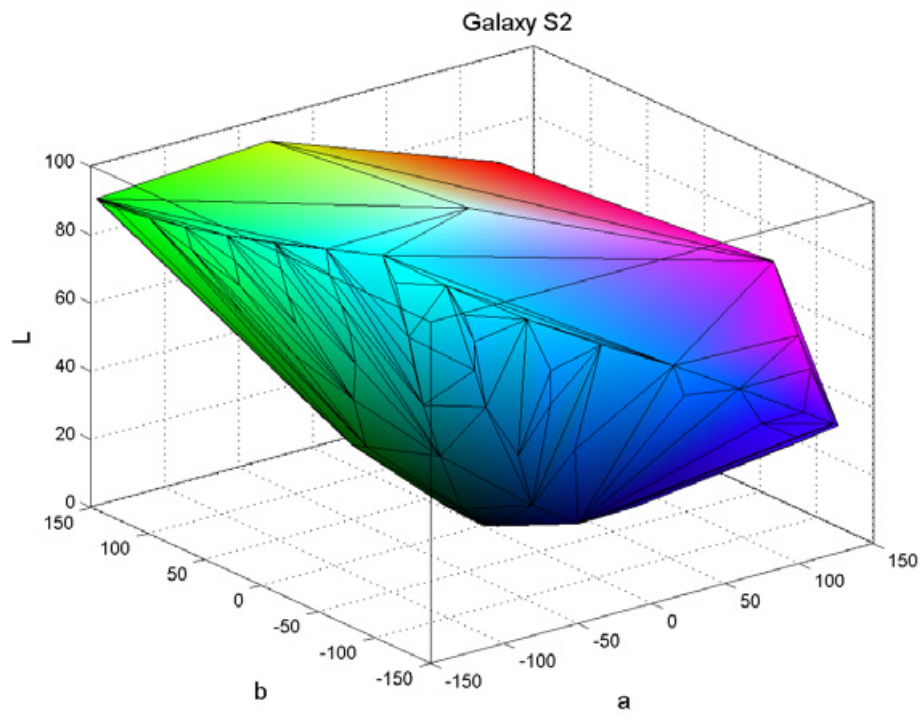
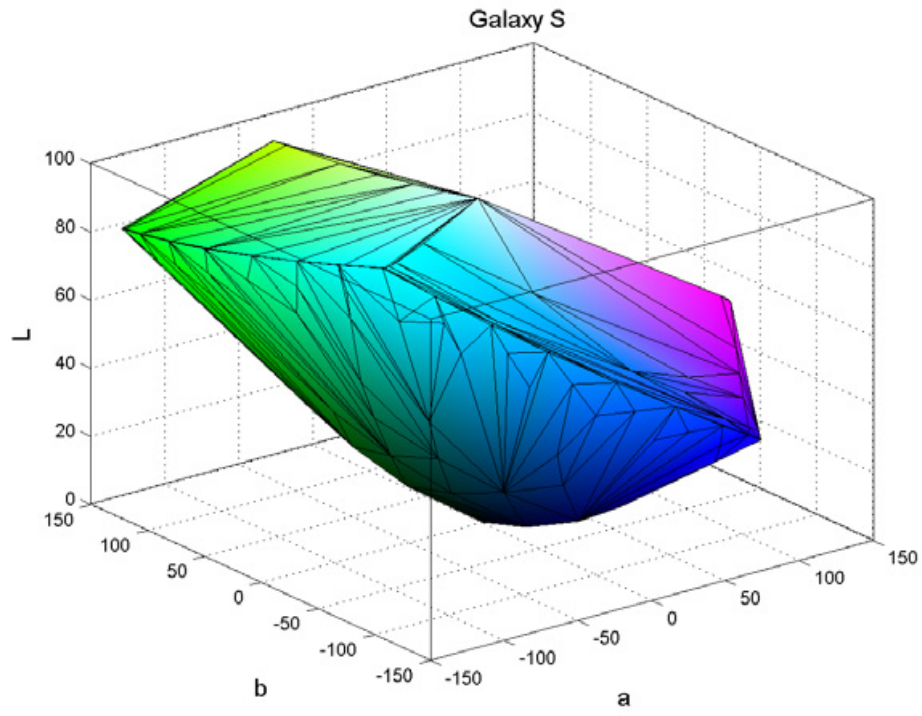
**Prilog C: Trodimenzionalne vizualizacije gamuta evaluiranih uređaja i razvijenih modela standardnog zaslona pokretnog uređaja u CIELAB prostoru boja**

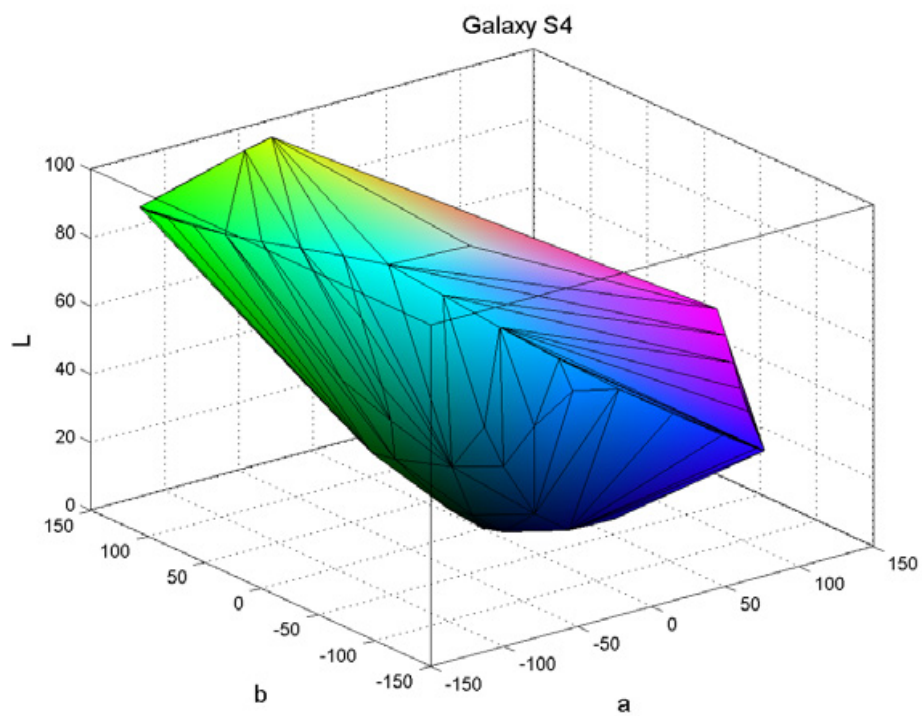
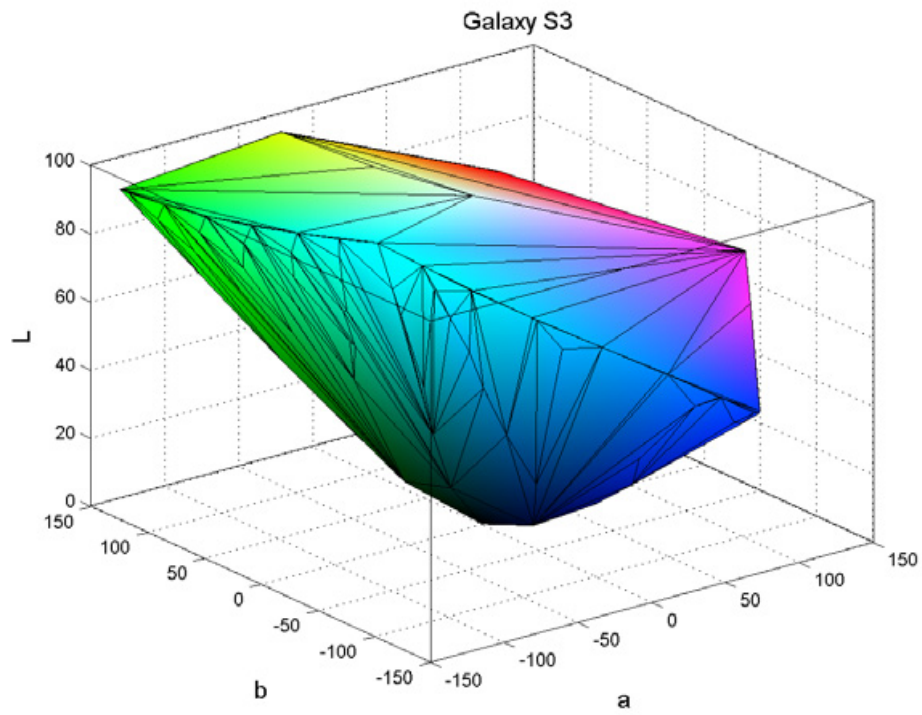
Ampe A78



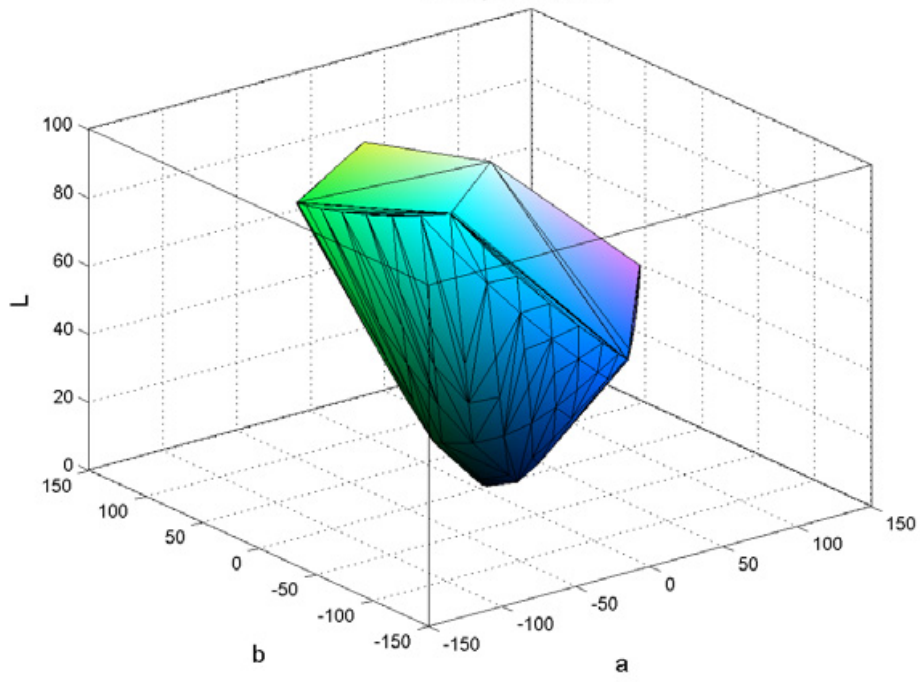
Galaxy s advance



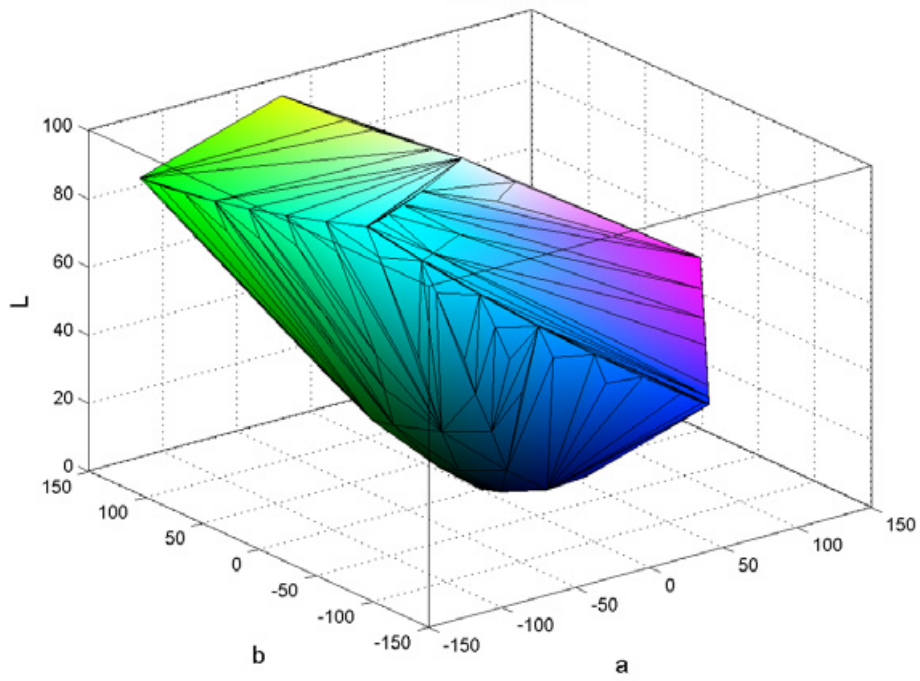




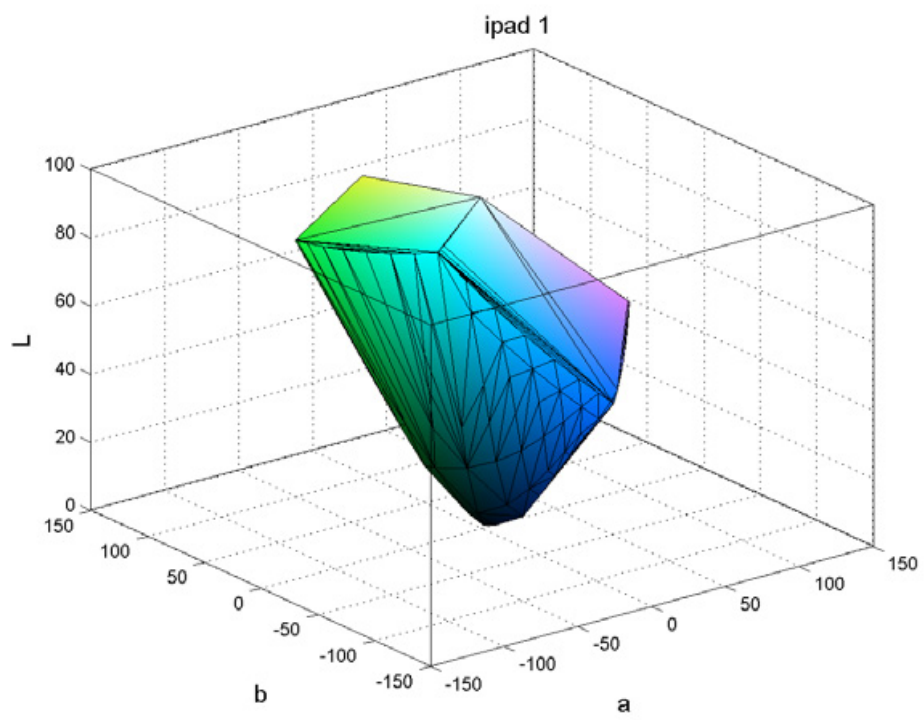
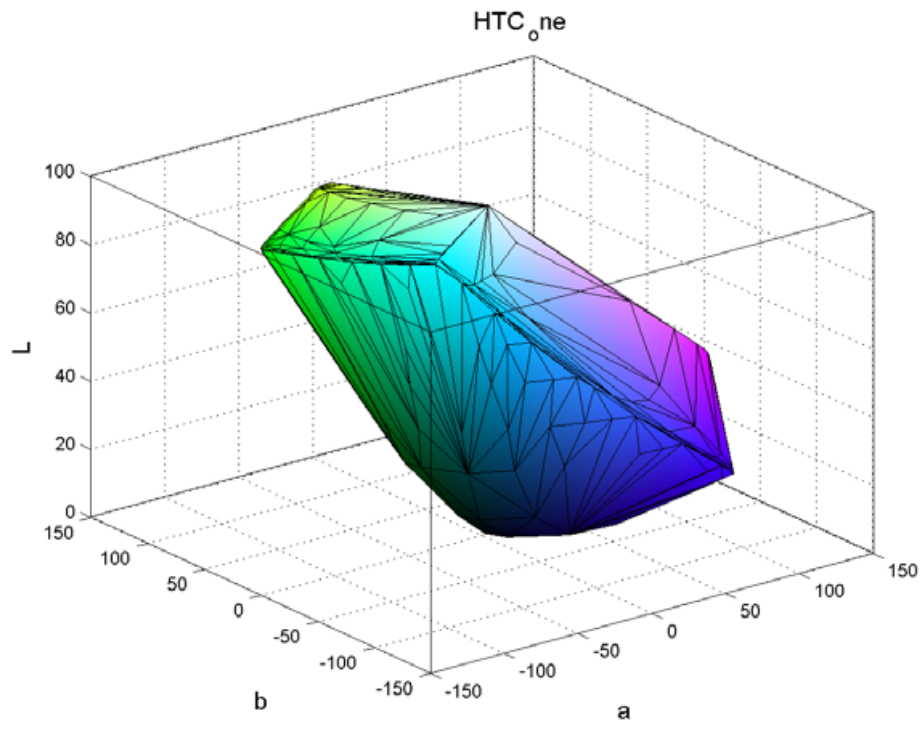
GalaxyTAB2 10.1



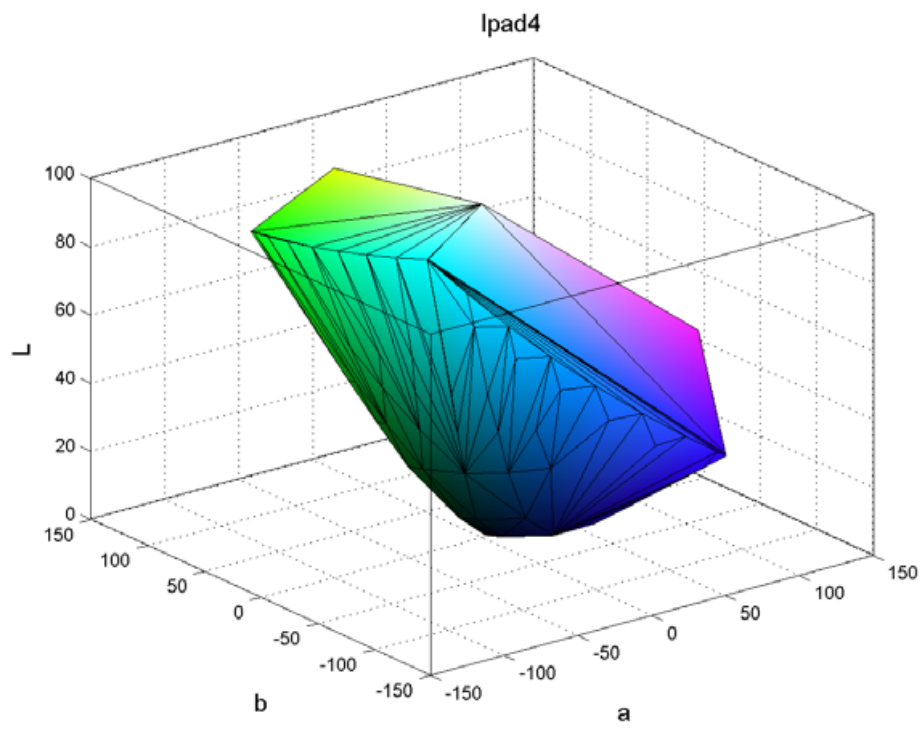
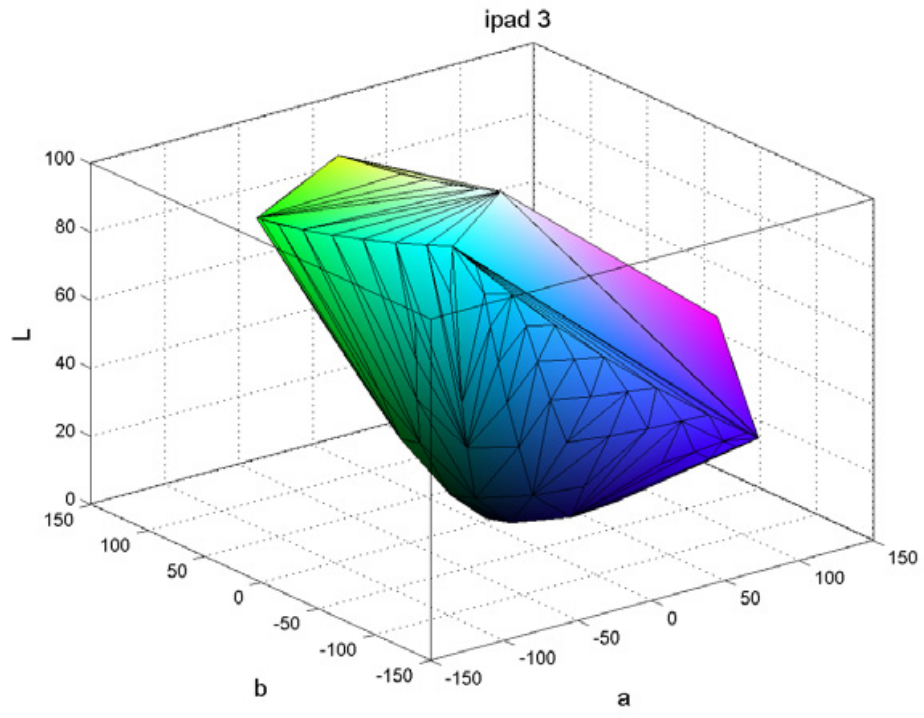
HTC One S

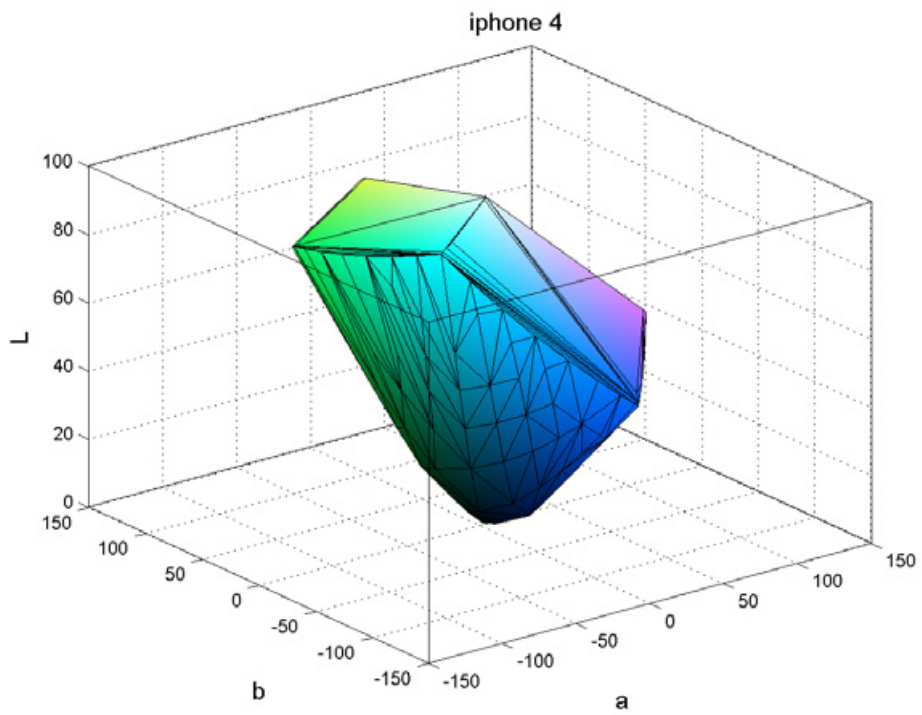
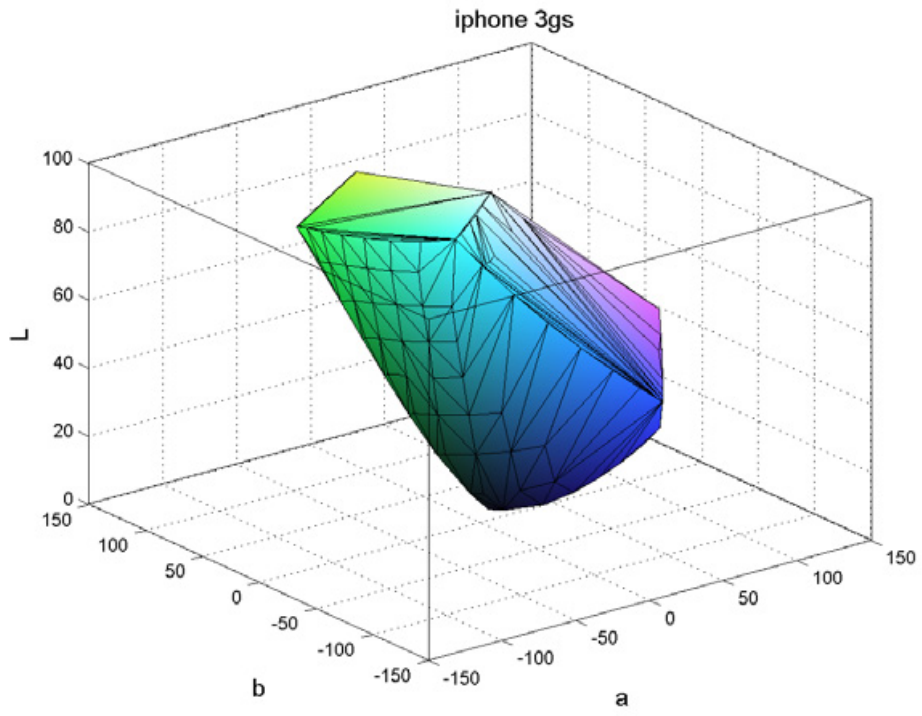


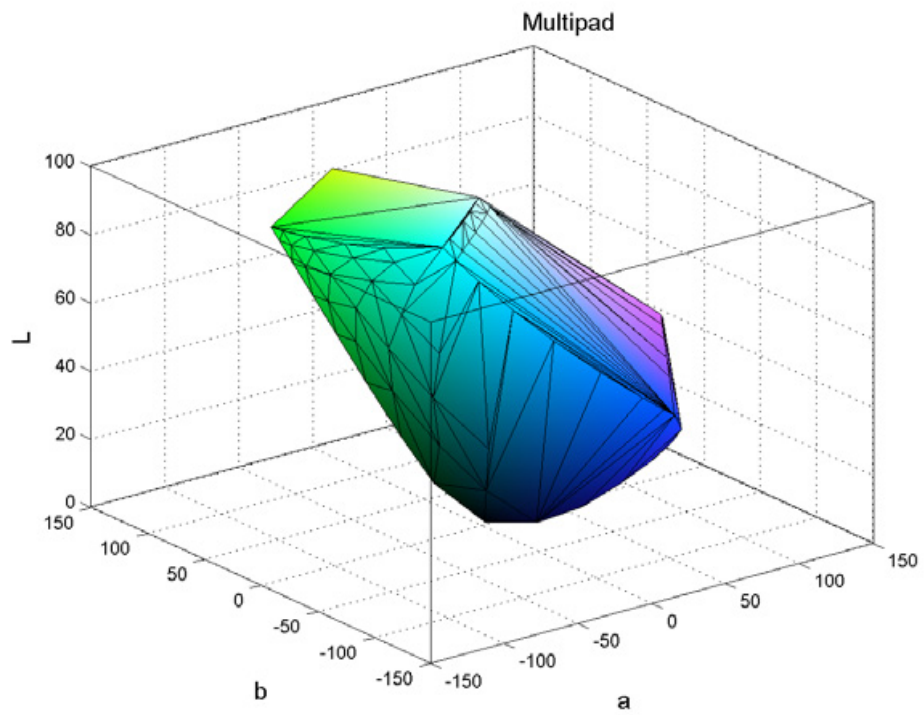
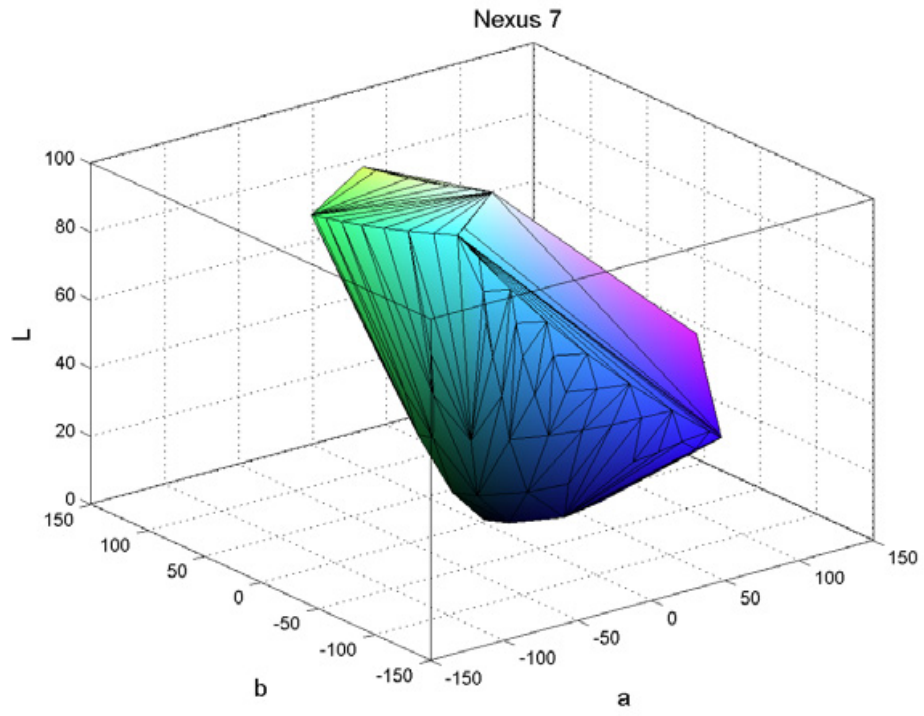


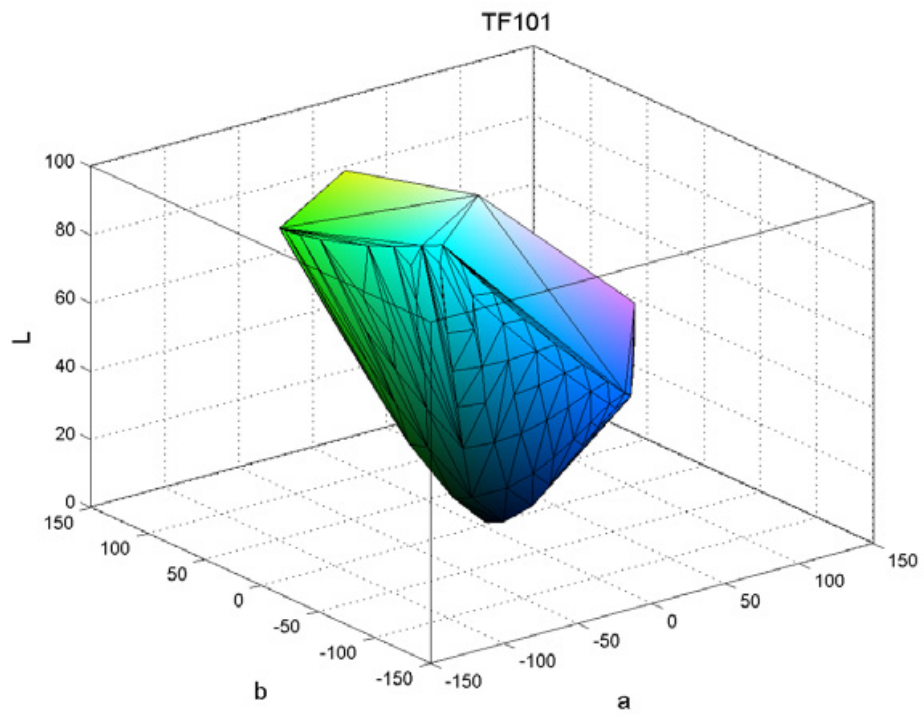
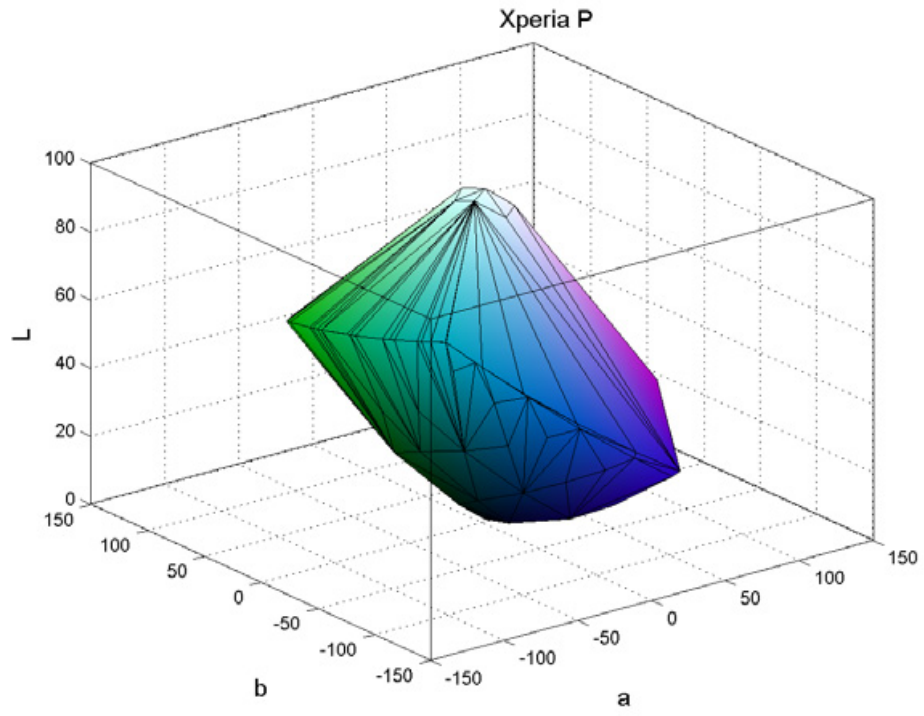


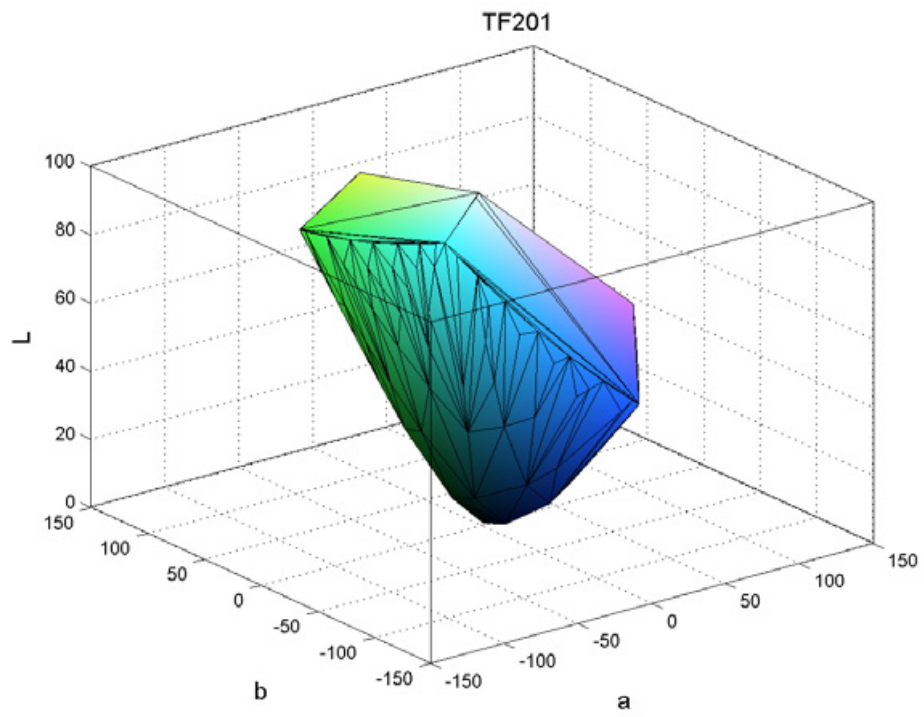
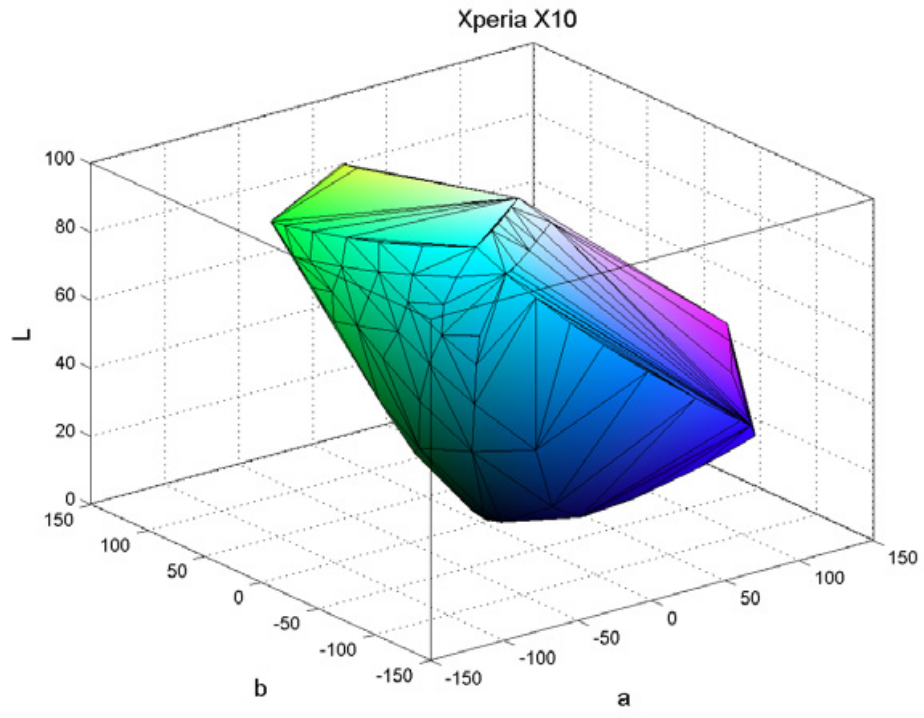




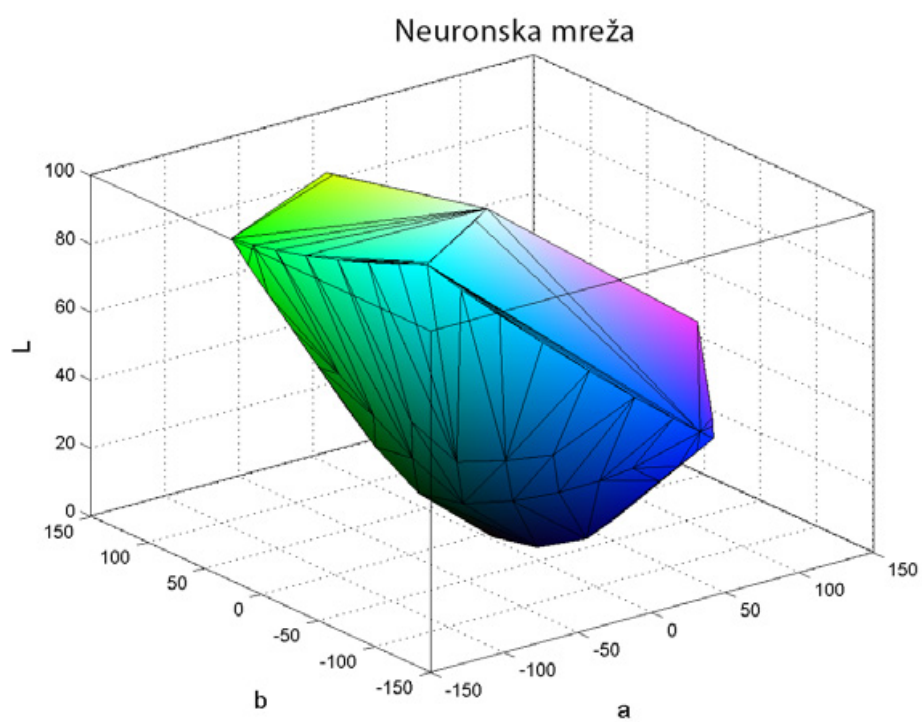
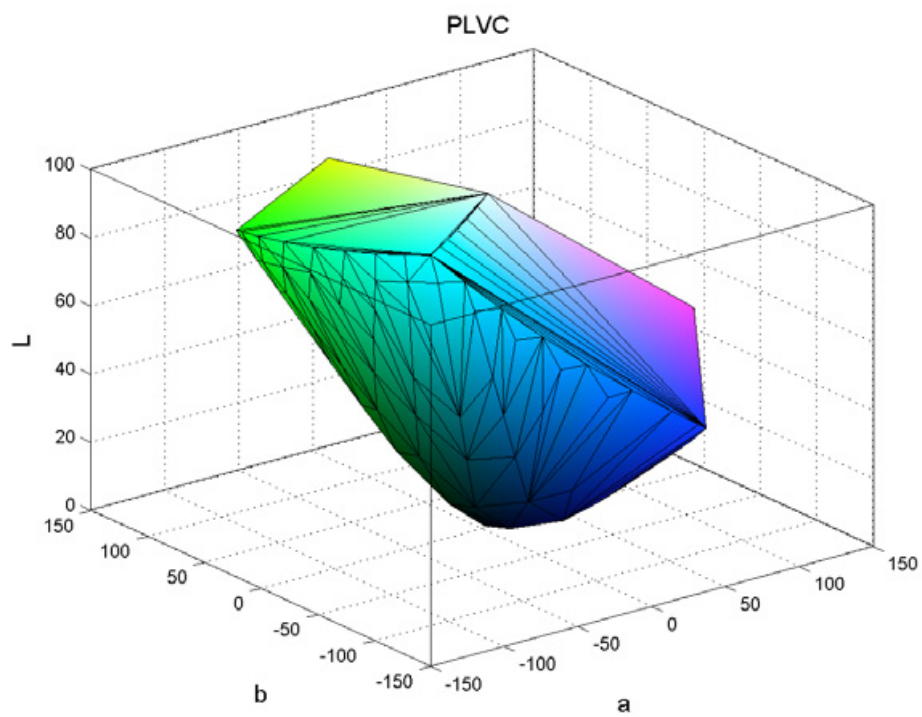




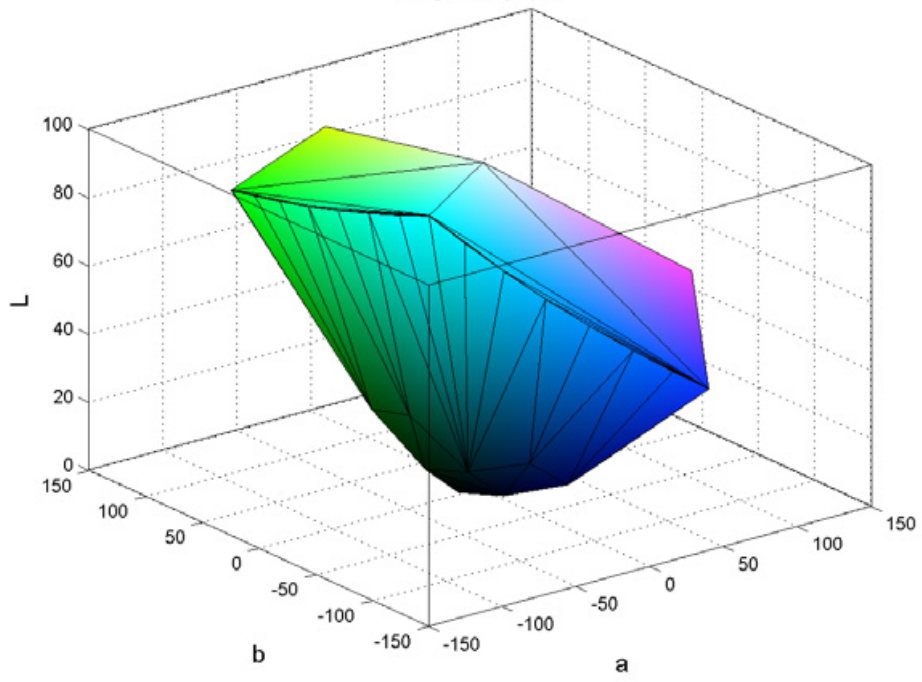




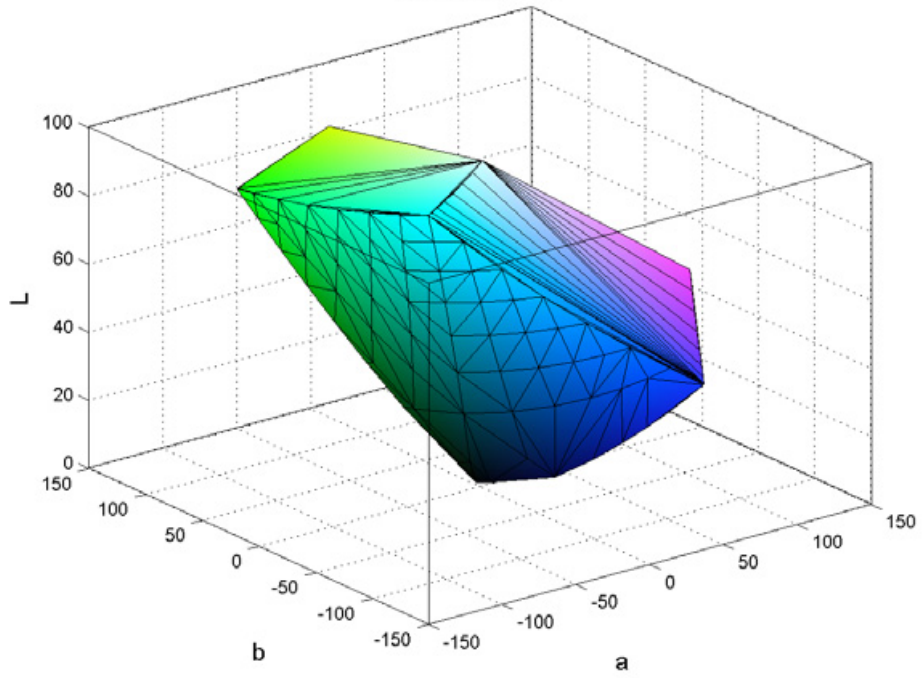


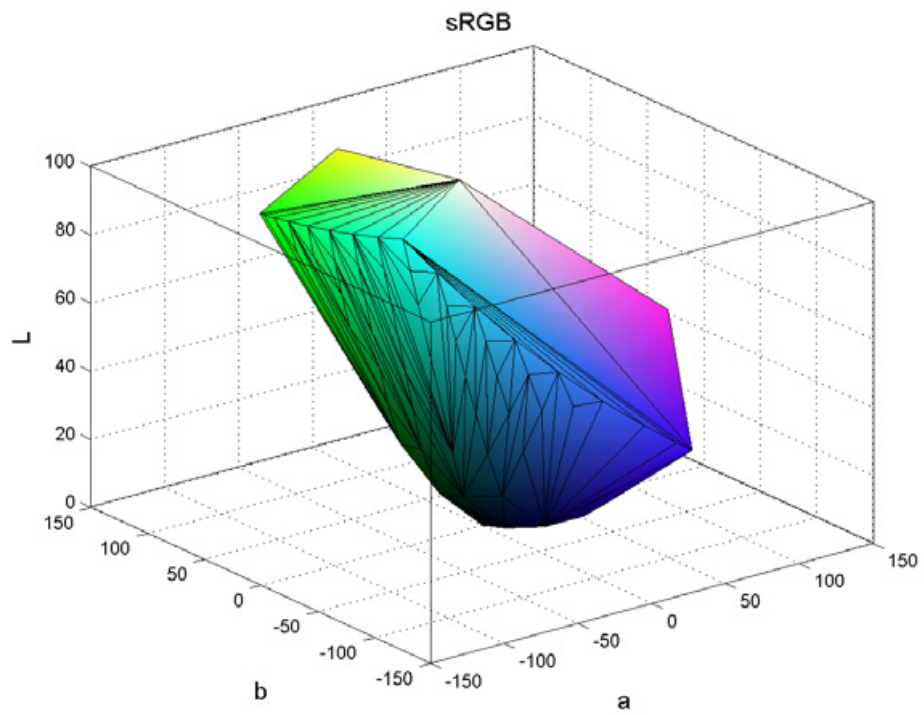
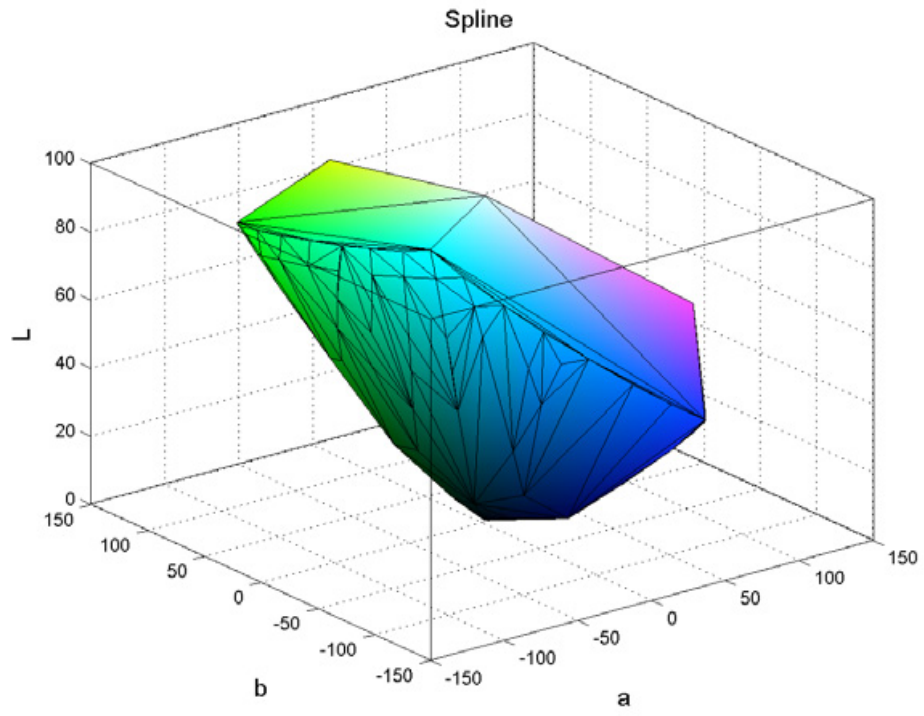


Reg 2 stupnja



Reg 3 stupanj







**Prilog D: Rezultati instrumentalnog mjerenja digitalne testne karte za 20  
evauliranih uređaja**

				Asus Transformer TF101			Asus Transformer Prime TF201			Asus Google Nexus 7			HTC One			HTC One S			Samsung Galaxy S3			Samsung Galaxy TAB 2 10.1		
N	R	G	B	Y	x	y	Y	x	y	Y	x	y	Y	x	y	Y	x	y	Y	x	y	Y	x	y
1	0	0	0	0.34	0.2721	0.2569	0.28	0.2805	0.282	0.29	0.2536	0.2572	0.35	0.2588	0.2179	0	0	0	0	0	0	0.43	0.2634	0.2464
2	32	0	0	1.07	0.4702	0.3164	1.24	0.4985	0.3315	0.9	0.5037	0.3051	1.07	0.4866	0.2842	0.96	0.6542	0.338	0.96	0.6492	0.3374	0.72	0.3714	0.2822
3	64	0	0	3.7	0.5559	0.3404	6.46	0.562	0.3476	3.38	0.6045	0.3269	4.44	0.5984	0.3166	3.92	0.6725	0.3256	4.22	0.6684	0.3298	2.48	0.5266	0.3209
4	96	0	0	8.05	0.5761	0.3464	14.25	0.5699	0.3497	7.42	0.6251	0.3324	10.32	0.6213	0.3238	9.61	0.6757	0.3233	9.25	0.6707	0.3278	6.37	0.5699	0.3321
5	128	0	0	14.06	0.5832	0.3484	25.07	0.5721	0.3504	13.3	0.6326	0.3341	20.74	0.63	0.3263	17.74	0.6765	0.3225	16.63	0.6717	0.327	12.99	0.585	0.336
6	160	0	0	23.07	0.5872	0.3494	38.05	0.5731	0.3507	20.57	0.6362	0.3348	32.58	0.6336	0.3273	30.93	0.6769	0.3222	25.88	0.6728	0.3266	23.2	0.5918	0.3376
7	192	0	0	33.88	0.5886	0.3496	49.5	0.5735	0.3507	28.29	0.6385	0.3354	45.48	0.635	0.3278	47.74	0.6773	0.322	36.38	0.6733	0.3265	37.65	0.595	0.3385
8	224	0	0	48.39	0.5891	0.3496	59.47	0.5736	0.3507	36.68	0.6391	0.3354	56.29	0.6355	0.328	69.01	0.6773	0.322	47.87	0.6729	0.3264	57.26	0.5968	0.3388
9	255	0	0	58.39	0.5878	0.3486	76.82	0.5736	0.3507	50.9	0.6388	0.3354	64.11	0.6353	0.328	95.75	0.6781	0.3215	60.03	0.6731	0.3264	81.58	0.5971	0.3386
10	0	32	0	2.46	0.3153	0.4999	3.1	0.318	0.5149	3.11	0.3053	0.4765	3.28	0.2927	0.5175	2.49	0.2467	0.7062	2.2	0.2433	0.7146	1.32	0.2884	0.393
11	32	32	0	3.2	0.4017	0.4586	4.26	0.4008	0.4653	3.7	0.3804	0.4432	3.66	0.3832	0.458	3.27	0.4215	0.5518	2.46	0.4268	0.5456	1.64	0.35	0.3885
12	64	32	0	5.82	0.5013	0.4016	9.68	0.5097	0.3949	6.25	0.5062	0.3945	6.74	0.5279	0.3862	6.08	0.5731	0.4137	4.34	0.6077	0.3821	3.4	0.4874	0.3619
13	96	32	0	10.22	0.5433	0.3786	17.61	0.5415	0.3747	10.3	0.565	0.3693	12.31	0.5849	0.357	11.54	0.6311	0.3637	8.8	0.6578	0.3406	7.31	0.5492	0.3501
14	128	32	0	16.25	0.5628	0.3678	28.37	0.5544	0.3656	16.19	0.5952	0.3568	22.57	0.6119	0.3423	19.79	0.6526	0.3442	15.6	0.6667	0.3315	13.98	0.5738	0.3454
15	160	32	0	25.28	0.5738	0.3617	41.32	0.5606	0.3611	23.51	0.6101	0.3505	34.93	0.6223	0.3371	32.35	0.6637	0.3343	24.74	0.6713	0.3276	24.19	0.5849	0.3428
16	192	32	0	36.07	0.5795	0.3582	52.71	0.5635	0.3591	31.23	0.6186	0.3468	47.98	0.6275	0.3344	49.12	0.669	0.3295	35.22	0.6728	0.3266	38.67	0.5908	0.3418
17	224	32	0	50.5	0.5826	0.3556	62.71	0.565	0.358	39.63	0.6235	0.3447	59.72	0.6295	0.333	70.39	0.672	0.3267	46.94	0.6731	0.3264	58.34	0.5938	0.341
18	255	32	0	60.36	0.5823	0.3535	80.12	0.5665	0.3567	53.81	0.6271	0.3423	67.98	0.6309	0.332	96.37	0.6746	0.3247	59.63	0.6732	0.3264	82.66	0.595	0.3403
19	0	64	0	10.02	0.3278	0.5658	18.28	0.325	0.5502	14.33	0.3128	0.5123	16.09	0.2993	0.589	10.5	0.24	0.7134	9.74	0.2413	0.7088	6.48	0.3064	0.5177
20	32	64	0	10.77	0.3558	0.5402	19.88	0.3452	0.536	14.72	0.3347	0.5018	16.04	0.3265	0.5668	11.1	0.301	0.6582	9.32	0.2699	0.6859	6.91	0.3252	0.5067
21	64	64	0	13.44	0.4215	0.4892	25.73	0.4119	0.4834	17.32	0.3976	0.4681	18.25	0.4071	0.5047	13.76	0.4301	0.5439	10.7	0.422	0.5522	8.76	0.4002	0.4613
22	96	64	0	17.81	0.4753	0.4463	33.85	0.4599	0.4449	21.45	0.4575	0.4359	23.63	0.4854	0.4457	19.07	0.5314	0.4532	14.58	0.5418	0.4439	12.74	0.4749	0.4163
23	128	64	0	23.82	0.5106	0.4173	44.76	0.4921	0.419	27.4	0.5058	0.41	33.29	0.5469	0.398	27.15	0.5884	0.4016	20.58	0.5996	0.3915	19.44	0.5235	0.3868
24	160	64	0	32.85	0.5361	0.3967	57.85	0.5123	0.4022	34.73	0.5393	0.3924	45.93	0.5772	0.3754	39.46	0.6227	0.3709	29.04	0.6298	0.3649	29.72	0.5519	0.3692
25	192	64	0	43.62	0.5514	0.3843	69.48	0.5229	0.3933	42.54	0.5601	0.381	58.68	0.5955	0.3614	55.9	0.6422	0.3535	38.78	0.6476	0.349	44.27	0.5686	0.3593
26	224	64	0	58.03	0.5619	0.3751	79.75	0.5293	0.3881	51.06	0.5747	0.3732	71.17	0.6039	0.3548	76.84	0.6539	0.3431	49.52	0.6549	0.3426	63.99	0.5783	0.3532
27	255	64	0	67.82	0.5648	0.37	97.72	0.5364	0.3821	65.4	0.5886	0.365	78.97	0.6097	0.3497	102.42	0.6619	0.3361	59.99	0.6607	0.3374	88.38	0.5836	0.3491
28	0	96	0	22.6	0.33	0.5777	41.28	0.3261	0.555	32.67	0.3143	0.5192	38.71	0.3008	0.6015	25.67	0.2381	0.7156	22.57	0.2358	0.7175	17.69	0.3115	0.5249
29	32	96	0	23.37	0.3437	0.5664	42.7	0.3358	0.5474	32.54	0.3245	0.5138	38.56	0.3126	0.5917	26.04	0.2645	0.692	21.64	0.2385	0.7138	18.38	0.3185	0.5277
30	64	96	0	26.03	0.3824	0.5331	48.65	0.3752	0.5156	35.19	0.3583	0.4951	41.4	0.3573	0.5557	28.5	0.3408	0.6245	22.61	0.3151	0.6468	20.37	0.3554	0.5134
31	96	96	0	30.42	0.4251	0.4956	56.79	0.4132	0.4845	39.37	0.3996	0.4721	45.38	0.4122	0.5109	33.72	0.4322	0.5419	26.54	0.4214	0.5514	24.41	0.4099	0.4741
32	128	96	0	36.44	0.462	0.464	67.72	0.446	0.4575	45.35	0.4417	0.4486	55.22	0.4728	0.4624	41.59	0.506	0.4758	30.27	0.5008	0.4794	31.19	0.4621	0.4375
33	160	96	0	45.44	0.4941	0.4361	80.81	0.4708	0.437	52.75	0.4768	0.429	68.23	0.5154	0.4283	53.62	0.5608	0.4267	38.03	0.5574	0.4293	41.55	0.5026	0.4087
34	192	96	0	56.24	0.5163	0.4166	92.43	0.4855	0.4247	60.61	0.5026	0.4147	80.89	0.5437	0.4051	69.51	0.5973	0.3939	46.03	0.591	0.3994	56.21	0.531	0.3887
35	224	96	0	70.57	0.5337	0.401	102.83	0.495	0.4168	69.19	0.5223	0.4036	94.39	0.5601	0.392	89.99	0.6212	0.3723	56.24	0.6133	0.3798	76.03	0.5503	0.375
36	255	96	0	80.3	0.5403	0.3929	122.4	0.505	0.4083	83.58	0.5443	0.391	102.54	0.5726	0.3814	114.81	0.638	0.3576	65.92	0.6298	0.365	100.66	0.5621	0.366
37	0	128	0	40.07	0.3306	0.5823	73.25	0.3264	0.5556	59.65	0.3147	0.5218	78.75	0.3011	0.6061	47.99	0.2368	0.7179	40.74	0.2349	0.7185	36.98	0.3128	0.5517
38	32	128	0	40.83	0.3386	0.5754	73.63	0.332	0.5512	58.65	0.3204	0.5184	78.55	0.3072	0.6007	48.51	0.2506	0.7055	39.39	0.2349	0.7188	37.93	0.3162	0.5489
39	64	128	0	43.51	0.3632	0.5539	79.48	0.3574	0.5307	61.37	0.3405	0.507	81.56	0.3316	0.581	50.93	0.2963	0.664	38.12	0.2743	0.6833	40.11	0.336	0.5348
40	96	128	0	47.89	0.3947	0.5261	87.54	0.3857	0.5076	65.57	0.3681	0.4917	88.06	0.3684	0.551	55.83	0.3645	0.6031	40.15	0.3543	0.6116	44.23	0.371	0.5091
41	128	128	0	53.89	0.4261	0.4984	98.42	0.4136	0.4844	71.6	0.4001	0.4738	92.56	0.4158	0.5119	63.4	0.4336	0.5408	43.56	0.4267	0.5471	51.11	0.4128	0.478
42	160	128	0	62.91	0.4581	0.4701	111.45	0.4377	0.4645	79.02	0.4301	0.4568	105.83	0.4574	0.4778	74.79	0.4958	0.485	48.96	0.4875	0.4924	61.6	0.4536	0.4479
43	192	128	0	73.66	0.483	0.4479	122.93	0.4534	0.4514	86.91	0.4549	0.4429	119.79	0.4883	0.4522	90.39	0.5438	0.442	56.23	0.5367	0.4483	76.34	0.488	0.4227
44	224	128	0	87.97	0.5045	0.4281	133.25	0.4643	0.4424	95.58	0.4754	0.4311	134.37	0.5095	0.4348	110.25	0.5791	0.4103	65.27	0.5667	0.4216	96.31	0.5146	0.4043
45	255	128	0	97.67	0.5137	0.4178	151.88	0.4779	0.4308	109.93	0.4907	0.4166	144.55	0.5252	0.4214	124.24	0.605	0.3872	73.74	0.589	0.4016	112.26	0.5328	0.3887
46	0	160	0	66.28	0.3307	0.5851	112.17	0.3266	0.5558	93.29	0.3149	0.5227	129.31	0.3012	0.6081	81.96	0.2358	0.7185	61.16	0.2337	0.7202	66.63	0.3133	0.5553
47	32	160	0	67.06	0.3357	0.5804	110.81	0.3305	0.5529	91.11	0.3186	0.5207	130.79	0.3051	0.6046	82.03	0.2434	0.7116	61.23	0.234	0.7196	67.82	0.3153	0.5539
48	64	160	0	69.71	0.3515	0.5663	116.57	0.3482	0.5385	93.86	0.3321	0.5129	135.65	0.3205	0.592	83.94	0.2712							

103	96	64	32	18,26	0,4398	0,4132	35,3	0,4358	0,4183	21,91	0,4304	0,4032	23,25	0,4658	0,4101	19,31	0,5016	0,4187	14,42	0,5385	0,4441	13,11	0,4538	0,3944
104	128	64	32	24,22	0,4818	0,396	46,03	0,4714	0,4011	27,89	0,4818	0,3871	31,91	0,5388	0,3749	27,58	0,5675	0,3825	20,64	0,5986	0,3912	19,9	0,5081	0,3741
105	160	64	32	33,09	0,5141	0,3823	58,85	0,495	0,3895	35,23	0,5188	0,3757	43,59	0,5764	0,3583	39,86	0,6087	0,3601	29,43	0,6297	0,3645	30,3	0,5411	0,3618
106	192	64	32	43,77	0,5342	0,3738	70,23	0,5079	0,3833	43,03	0,5288	0,3681	56,05	0,5964	0,3481	56,54	0,6326	0,3468	39,32	0,6474	0,3488	44,88	0,5609	0,3544
107	224	64	32	58,01	0,5485	0,3673	80,34	0,5155	0,3795	51,51	0,5596	0,3627	67,25	0,6082	0,343	77,68	0,6474	0,3387	49,02	0,6545	0,3429	64,53	0,5728	0,3469
108	256	64	32	67,64	0,5529	0,3634	98,72	0,5248	0,3752	66,81	0,5763	0,3571	74,27	0,6161	0,3388	103,03	0,6573	0,3333	60,75	0,6611	0,3371	88,66	0,5793	0,3499
109	0	96	32	23,2	0,3114	0,5308	42,33	0,3123	0,5184	32,67	0,3024	0,4869	38,77	0,2914	0,5674	25,25	0,2283	0,6561	22,16	0,2347	0,7038	17,93	0,3002	0,5142
110	32	96	32	23,97	0,3242	0,5219	44,05	0,3219	0,513	33,05	0,3124	0,4828	38,67	0,3005	0,562	25,98	0,2537	0,6339	21,33	0,2383	0,7132	18,67	0,3075	0,5111
111	64	96	32	26,61	0,3612	0,4976	50,21	0,3616	0,4879	35,74	0,3451	0,4681	41,48	0,3419	0,5337	28,6	0,3279	0,5788	22,52	0,3243	0,6367	20,71	0,3446	0,4899
112	96	96	32	30,88	0,4044	0,4703	58,39	0,3995	0,4635	39,93	0,386	0,4501	45,2	0,4025	0,4899	33,73	0,4189	0,5125	26,02	0,4276	0,5442	24,82	0,3995	0,4577
113	128	96	32	36,82	0,4429	0,4457	69,13	0,4327	0,4422	45,92	0,4283	0,4314	54,72	0,4671	0,4467	41,78	0,4949	0,4565	30,51	0,5022	0,4785	31,71	0,4529	0,4263
114	160	96	32	45,71	0,4778	0,4231	82,02	0,4583	0,4257	53,32	0,4641	0,4155	66,05	0,5152	0,4152	53,69	0,5518	0,4149	37,1	0,5628	0,4247	42,19	0,4952	0,4015
115	192	96	32	56,38	0,5028	0,4071	93,34	0,4739	0,4154	61,2	0,4907	0,4036	78,07	0,5458	0,3938	69,89	0,5908	0,3864	46,25	0,593	0,3976	56,6	0,5247	0,3843
116	224	96	32	70,59	0,5225	0,3937	103,61	0,4841	0,4088	69,8	0,5115	0,3945	89,12	0,567	0,3795	90,7	0,6167	0,3674	55,73	0,6174	0,3761	76,63	0,5456	0,3718
117	256	96	32	80,13	0,53	0,3866	124,07	0,4953	0,4019	85,15	0,5349	0,3838	96,47	0,5804	0,3703	115,3	0,6344	0,3544	65,58	0,6312	0,3638	101,02	0,5581	0,3638
118	0	128	32	40,56	0,3192	0,5542	73,85	0,3178	0,5336	59,34	0,308	0,503	79,9	0,2967	0,5904	47,66	0,2314	0,6851	40,05	0,2351	0,7173	37,39	0,307	0,5367
119	32	128	32	41,4	0,3269	0,5479	74,69	0,3235	0,5295	59,21	0,3136	0,5003	79,59	0,3015	0,5895	48,54	0,2452	0,6727	38,6	0,2353	0,7169	38,39	0,3108	0,5348
120	64	128	32	44,03	0,3505	0,5301	80,74	0,3493	0,5112	61,98	0,3335	0,4903	81,9	0,3224	0,5733	50,99	0,2906	0,6358	38,11	0,2732	0,6831	40,56	0,3305	0,5217
121	96	128	32	48,31	0,3815	0,507	88,84	0,3774	0,4913	66,17	0,3606	0,4766	88,07	0,3611	0,5433	55,93	0,3581	0,5813	39,86	0,3507	0,6147	44,82	0,3657	0,4979
122	128	128	32	54,23	0,4133	0,4832	99,63	0,4051	0,4715	72,21	0,3922	0,4689	92,93	0,4122	0,5027	63,73	0,428	0,5249	43,61	0,4245	0,5485	51,79	0,4078	0,4695
123	160	128	32	63,11	0,4461	0,4585	112,36	0,429	0,4542	79,63	0,4224	0,446	104,62	0,4567	0,4701	74,9	0,4903	0,4745	48,84	0,4911	0,4889	62,33	0,449	0,4417
124	192	128	32	73,77	0,4724	0,4389	123,62	0,4449	0,4427	87,56	0,4474	0,4328	115,82	0,4917	0,4425	90,84	0,5394	0,4348	56,95	0,5344	0,4504	77,12	0,4837	0,4183
125	224	128	32	87,95	0,4952	0,4213	133,74	0,456	0,4347	96,2	0,468	0,4232	127,3	0,5171	0,4232	110,93	0,5758	0,4053	64,27	0,5686	0,4197	97,05	0,5108	0,4
126	256	128	32	97,49	0,505	0,4118	153,37	0,4702	0,4246	111,85	0,4938	0,4103	135,13	0,5354	0,4093	134,7	0,6021	0,3841	73,73	0,593	0,4991	121,64	0,5294	0,3867
127	0	160	32	66,66	0,3234	0,5669	111,95	0,3205	0,5407	92,26	0,3105	0,5104	131	0,2988	0,5993	81,08	0,233	0,7	61,24	0,2341	0,7193	67,19	0,3099	0,5463
128	32	160	32	67,51	0,3281	0,5627	111,38	0,3243	0,5376	91,66	0,3141	0,5084	131,18	0,3016	0,5996	81,52	0,2405	0,6926	59,81	0,2342	0,7194	68,39	0,3121	0,5452
129	64	160	32	70,14	0,3435	0,5503	117,28	0,3427	0,5238	94,42	0,3275	0,5013	134,23	0,314	0,5898	83,59	0,2688	0,6687	58,04	0,2549	0,7005	70,71	0,3237	0,5371
130	96	160	32	74,43	0,3654	0,5325	125,3	0,364	0,508	98,68	0,3467	0,4913	142,5	0,3398	0,5692	88,46	0,3163	0,6285	58,71	0,3068	0,6546	75,04	0,3463	0,521
131	128	160	32	80,38	0,39	0,5129	135,87	0,3865	0,4911	104,73	0,3705	0,4789	154,79	0,3771	0,5392	95,69	0,3733	0,5805	60,07	0,3664	0,6008	82,08	0,3769	0,4991
132	160	160	32	89,22	0,418	0,4901	148,51	0,4076	0,4752	112,18	0,3949	0,4662	164,91	0,4117	0,5112	106,76	0,4318	0,5309	64,49	0,4274	0,5459	92,69	0,4115	0,4744
133	192	160	32	99,86	0,4428	0,47	159,55	0,4225	0,4639	120,11	0,4163	0,455	177,68	0,4428	0,487	121,88	0,4848	0,4862	70,68	0,476	0,5208	107,57	0,445	0,4504
134	224	160	32	113,98	0,4663	0,4504	169,58	0,4334	0,4555	128,77	0,4353	0,4449	189,08	0,467	0,4671	141,17	0,5281	0,4495	77,81	0,5182	0,4652	127,58	0,4746	0,4292
135	256	160	32	123,51	0,4774	0,4397	193,35	0,4461	0,4464	146,67	0,4588	0,4328	199,53	0,485	0,4528	163,86	0,562	0,4211	85,21	0,5474	0,439	152,38	0,4974	0,4124
136	0	192	32	98,16	0,3255	0,5735	145,64	0,3219	0,5438	127,95	0,3115	0,514	187,56	0,3996	0,6034	126,52	0,2333	0,7082	83,48	0,2336	0,72	109,15	0,3113	0,5515
137	32	192	32	98,99	0,3287	0,5705	143,68	0,3249	0,5411	126,34	0,3142	0,5125	188,51	0,3015	0,6042	127,32	0,238	0,7034	81,56	0,2336	0,7199	110,41	0,3126	0,5507
138	64	192	32	101,59	0,3396	0,5612	149,49	0,3395	0,53	129,14	0,3242	0,5071	192,22	0,3097	0,5975	129,28	0,256	0,6878	79,84	0,2438	0,7109	112,8	0,3201	0,5452
139	96	192	32	105,92	0,3557	0,5478	157,39	0,357	0,5167	133,4	0,3388	0,4993	203,46	0,3283	0,5824	133,45	0,2888	0,6597	78,94	0,2773	0,6809	117,16	0,3351	0,5424
140	128	192	32	111,84	0,3748	0,5318	167,88	0,3762	0,5019	139,46	0,3576	0,4892	216,19	0,3565	0,5595	140,38	0,3325	0,6217	81,63	0,323	0,6395	124,22	0,3571	0,5181
141	160	192	32	120,69	0,3981	0,5122	180,3	0,395	0,4874	146,86	0,3777	0,4785	234,59	0,3871	0,5344	150,51	0,3823	0,5788	84,26	0,3727	0,5954	134,84	0,3844	0,4981
142	192	192	32	131,34	0,4202	0,4937	191,26	0,4087	0,4767	154,8	0,3959	0,4688	240,35	0,413	0,513	164,71	0,4329	0,5349	88,76	0,4253	0,5483	149,76	0,4136	0,4766
143	224	192	32	145,42	0,4424	0,4745	201,1	0,4191	0,4686	163,48	0,4129	0,4596	256,53	0,4357	0,4949	183,29	0,4786	0,4954	95,2	0,4641	0,5134	169,76	0,4421	0,4556
144	256	192	32	154,97	0,4534	0,4635	234,85	0,4283	0,4623	189,22	0,4309	0,4507	264,55	0,4538	0,4799	205,27	0,5167	0,4626	102,29	0,5001	0,4812	194,62	0,4662	0,4474
145	0	224	32	140,24	0,3265	0,5775	175,11	0,3226	0,5453	166,97	0,3119	0,5158	245,02	0,2999	0,6057	184,31	0,2329	0,7147	106,48	0,233	0,7204	166,49	0,3119	0,5542
146	32	224	32	141,04	0,3287	0,5753	171,97	0,3252	0,5431	164,25	0,314	0,5145	247,65	0,3012	0,6064	184,92	0,2359	0,7115	106,07	0,2332	0,7202	167,6	0,3128	0,5537
147	64	224	32	143,72	0,3366	0,5685	177,76	0,3377	0,5334	167	0,3219	0,5103	255,5	0,307	0,6022	186,74	0,2477	0,7009	102,75	0,2392	0,7152	169,91	0,3178	0,5498
148	96	224	32	148,03	0,3486	0,5583	185,7	0,3528	0,5217	171,25	0,3335	0,504	266,07	0,3215	0,5903	190,27	0,2707	0,6808	100,91	0,2606	0,6959	174,2	0,3281	0,5421
149	128	224	32	153,96	0,3633	0,5456	196,02	0,3698	0,5085	177,29	0,3487	0,4957	279,51	0,344	0,5718	197,41	0,3038	0,6517	101,44	0,2988	0,6615	181,24	0,344	0,5303
150	160	224	32	162,79	0,3821	0,5294	208,32	0,3868	0,4953	184,68	0,3654	0,4867												

208	0	160	64	68,76	0,3024	0,5121	116,35	0,2967	0,4771	95,5	0,2951	0,4684	132,65	0,2869	0,5555	81,13	0,2222	0,6327	59,15	0,2237	0,6538	69,07	0,293	0,5022
209	32	160	64	69,6	0,3067	0,5086	114,96	0,3001	0,4742	92,95	0,2984	0,4667	132,32	0,2911	0,5644	81,64	0,2288	0,6256	58,22	0,2253	0,663	70,3	0,2952	0,5016
210	64	160	64	72,24	0,3214	0,5001	120,98	0,3175	0,4661	95,75	0,3113	0,4617	135,64	0,301	0,5623	83,73	0,2549	0,6077	56,05	0,2442	0,6495	72,64	0,3064	0,4957
211	96	160	64	76,54	0,3424	0,4888	129,03	0,338	0,4566	100,03	0,3298	0,4547	142,02	0,3259	0,5454	88,37	0,2998	0,5774	57,16	0,2957	0,6199	77,03	0,3284	0,4841
212	128	160	64	82,46	0,3665	0,4743	139,55	0,3603	0,4463	106,07	0,3529	0,446	155,72	0,3631	0,5204	95,79	0,3554	0,5402	59,76	0,3542	0,5753	84,15	0,3588	0,4682
213	160	160	64	91,31	0,3949	0,4584	152,07	0,3815	0,4364	113,51	0,3769	0,4367	167,7	0,4017	0,4921	106,6	0,4137	0,5011	65,07	0,4155	0,531	94,81	0,3936	0,4496
214	192	160	64	101,97	0,4206	0,4438	163,21	0,3969	0,4292	121,44	0,3982	0,4287	176,87	0,4363	0,4714	121,75	0,4681	0,4645	70,5	0,4721	0,4893	109,72	0,4282	0,4313
215	224	160	64	116,01	0,4456	0,4294	173,14	0,4083	0,4237	130,15	0,4174	0,4213	194,16	0,4532	0,4496	141,05	0,5137	0,434	78,75	0,5124	0,457	129,69	0,4593	0,4147
216	255	160	64	125,47	0,4574	0,4209	195,94	0,4226	0,4187	145,55	0,4417	0,4127	190,06	0,4865	0,4381	163,86	0,5496	0,4098	85,9	0,5459	0,4348	154,35	0,4837	0,4103
217	0	192	64	100,21	0,3103	0,5336	150,03	0,3024	0,4917	131,93	0,3	0,4822	190,38	0,2915	0,5735	126,41	0,2263	0,6643	82,9	0,2279	0,6845	111,12	0,3001	0,5222
218	32	192	64	101,02	0,3132	0,5307	147,19	0,305	0,489	127,65	0,3025	0,4807	189,76	0,2951	0,5828	127,1	0,2306	0,6591	81,02	0,2285	0,6875	112,41	0,3014	0,5215
219	64	192	64	103,66	0,3237	0,5236	153,21	0,319	0,4813	130,43	0,3121	0,4766	193,71	0,3013	0,5825	129,27	0,2477	0,646	78,19	0,2399	0,6813	114,83	0,3087	0,5172
220	96	192	64	108	0,3393	0,5132	161,09	0,336	0,4725	134,66	0,3263	0,4705	203,21	0,3187	0,5698	133,31	0,2791	0,6227	78,1	0,2727	0,6585	119,23	0,3236	0,5081
221	128	192	64	113,95	0,358	0,501	171,56	0,3548	0,4625	140,77	0,3447	0,4627	216,33	0,3454	0,5495	140,19	0,3218	0,5908	79,66	0,3217	0,6218	126,4	0,3453	0,4949
222	160	192	64	122,84	0,3813	0,4857	183,91	0,3735	0,4525	148,2	0,3647	0,4543	236,41	0,3792	0,524	150,72	0,3709	0,554	82,73	0,3728	0,5808	137,04	0,3724	0,4784
223	192	192	64	133,45	0,4036	0,471	194,88	0,3874	0,4451	156,11	0,3824	0,4465	245,94	0,4072	0,502	164,95	0,4217	0,5161	88,38	0,4249	0,5379	152	0,4019	0,4605
224	224	192	64	147,47	0,4263	0,4556	204,71	0,398	0,4392	164,82	0,3993	0,4393	253,92	0,4222	0,4861	183,41	0,4682	0,4813	94,81	0,4663	0,5079	171,98	0,4308	0,4428
225	255	192	64	157,01	0,4378	0,4464	236,98	0,4091	0,4369	187,2	0,4181	0,4333	259,15	0,4531	0,4702	205,1	0,5074	0,4519	101,97	0,4984	0,4803	196,67	0,4557	0,4272
226	0	224	64	142,14	0,3153	0,5483	180	0,3056	0,5001	171,89	0,3028	0,4906	251,21	0,2939	0,5845	183,67	0,2284	0,6847	105,51	0,2303	0,7023	168,48	0,3042	0,5339
227	32	224	64	143,05	0,3174	0,5461	175,6	0,3078	0,4974	165,49	0,3047	0,4892	253,25	0,2968	0,5929	184,75	0,231	0,6813	105,3	0,2303	0,7031	169,57	0,305	0,5334
228	64	224	64	145,69	0,325	0,5403	181,53	0,32	0,4904	168,26	0,3124	0,4857	256,37	0,3012	0,5938	186,59	0,2424	0,6721	101,6	0,2363	0,7012	171,9	0,31	0,5301
229	96	224	64	149,99	0,3367	0,5318	189,48	0,3346	0,4821	172,53	0,3237	0,4806	265,03	0,314	0,5836	190,51	0,2647	0,6542	100,68	0,2586	0,6835	176,24	0,3203	0,5233
230	128	224	64	155,87	0,3511	0,5213	199,78	0,3512	0,4727	178,61	0,3386	0,4738	279,65	0,3347	0,5677	196,9	0,297	0,6284	101,49	0,2968	0,6523	183,38	0,3361	0,5199
231	160	224	64	164,63	0,3698	0,5077	212,05	0,368	0,4631	185,99	0,3551	0,4662	298,81	0,3636	0,545	206,54	0,3369	0,5966	102,58	0,34	0,6202	194,02	0,3568	0,4923
232	192	224	64	175,21	0,3887	0,494	222,93	0,3808	0,4557	193,88	0,3705	0,4592	322,59	0,3885	0,5254	220,1	0,3816	0,5609	107,31	0,3862	0,5804	208,89	0,3809	0,4835
233	224	224	64	188,97	0,4087	0,4791	232,58	0,3907	0,4498	202,55	0,3874	0,4524	331,78	0,4094	0,5082	238,12	0,4259	0,5256	112,47	0,4266	0,5452	228,75	0,4064	0,4667
234	255	224	64	198,04	0,4197	0,4697	273,66	0,3998	0,4491	234,71	0,3997	0,449	340,61	0,4278	0,4945	258,95	0,4654	0,4939	118,52	0,4621	0,5149	253,24	0,4299	0,4508
235	0	255	64	170,44	0,3166	0,5534	229,92	0,3091	0,5092	236,7	0,3046	0,4976	308,48	0,295	0,5906	252,52	0,2297	0,6968	128,02	0,2312	0,7109	238,79	0,3057	0,5396
236	32	255	64	171,27	0,3184	0,5515	230,91	0,3108	0,5069	237,49	0,306	0,4967	308,16	0,2974	0,598	252,78	0,2314	0,6942	128,18	0,2312	0,7111	239,32	0,3062	0,539
237	64	255	64	174	0,325	0,5464	237,06	0,3206	0,5007	240,27	0,3117	0,4938	314,46	0,3007	0,5991	254,55	0,2392	0,6876	124,7	0,2347	0,7108	241,33	0,3098	0,5365
238	96	255	64	178,38	0,335	0,5388	245,76	0,3333	0,493	244,6	0,3201	0,4897	325,4	0,3107	0,5912	257,87	0,2554	0,6742	122,93	0,2502	0,6997	245,5	0,3174	0,5314
239	128	255	64	184,4	0,3475	0,5294	255,97	0,3467	0,4849	250,81	0,3315	0,4842	343,34	0,3276	0,5779	263,87	0,2801	0,6537	121,77	0,2802	0,6759	252,46	0,3293	0,5233
240	160	255	64	193,28	0,3641	0,5171	269,96	0,3625	0,4751	258,83	0,3451	0,4777	368,76	0,3515	0,5586	272,89	0,312	0,6273	122,99	0,316	0,6445	262,95	0,3454	0,5122
241	192	255	64	203,93	0,381	0,5044	284,45	0,3767	0,4663	268,67	0,3602	0,4705	394,43	0,3733	0,5414	285,75	0,3502	0,5957	126,18	0,3569	0,6083	277,56	0,3651	0,4989
242	224	255	64	217,54	0,3992	0,4904	297,38	0,3878	0,4594	279,97	0,3753	0,4631	414,64	0,393	0,5253	302,14	0,3904	0,5625	130,27	0,3945	0,5757	297,14	0,3869	0,484
243	255	255	64	226,92	0,4095	0,4814	305,88	0,394	0,4546	290,23	0,3868	0,4573	424,91	0,4096	0,5112	322,35	0,4282	0,5311	135,21	0,4287	0,5451	320,93	0,4083	0,4691
244	0	96	64	6,32	0,1589	0,1259	9,45	0,1606	0,1092	3,73	0,1506	0,0673	4	0,152	0,0501	3,36	0,1328	0,065	3,66	0,1366	0,0647	5,6	0,1504	0,1211
245	32	96	64	7,14	0,1761	0,1347	10,37	0,1748	0,1173	4,21	0,1671	0,0764	4,54	0,1626	0,0561	4,05	0,1584	0,0784	4,43	0,1559	0,0764	5,93	0,159	0,1254
246	64	96	64	9,7	0,2256	0,1604	15,97	0,2352	0,1525	6,76	0,2244	0,1075	7,6	0,2103	0,0833	6,87	0,2344	0,1138	7,18	0,2264	0,1107	7,8	0,2044	0,1474
247	96	96	64	13,89	0,2853	0,1912	23,85	0,2945	0,1871	10,85	0,2918	0,1445	13,28	0,2802	0,1234	12,49	0,3341	0,1608	12	0,3224	0,1575	11,84	0,2769	0,1826
248	128	96	96	19,75	0,3422	0,2207	34,4	0,3475	0,218	16,74	0,3581	0,1806	24,67	0,3614	0,1698	20,67	0,4208	0,2015	19,23	0,4072	0,1979	18,67	0,3531	0,2197
249	160	96	96	28,55	0,3963	0,2487	47,06	0,3888	0,2423	24,03	0,4115	0,2098	37,56	0,4186	0,2026	33,72	0,4959	0,2367	28,29	0,4781	0,2324	29,05	0,4182	0,2513
250	192	96	96	39,19	0,4366	0,2695	58,14	0,414	0,257	31,75	0,4497	0,2306	50,81	0,4549	0,2235	50,45	0,5475	0,2609	38,69	0,5221	0,2535	43,59	0,4673	0,2751
251	224	96	96	53,48	0,4693	0,2865	67,91	0,4306	0,2667	40,16	0,4785	0,2465	65,08	0,4782	0,2369	71,76	0,5834	0,2778	50,92	0,5574	0,2705	63,09	0,5022	0,2921
252	255	96	96	63,06	0,4821	0,2929	84,85	0,4492	0,2775	53,2	0,5106	0,2643	72,13	0,4872	0,2422	98,1	0,6091	0,2892	62,95	0,5828	0,2828	86,87	0,5252	0,3032
253	0	32	96	6,5	0,1709	0,1574	12,84	0,1698	0,1346	6,7	0,1654	0,1089	7,11	0,1618	0,0866	6,38	0,1405	0,1058	5	0,1387	0,0942	6,58	0,1557	0,1349
254	32	32	96	9,34	0,1864	0,1645	13,91	0,1833	0,1426	7,09	0,1808	0,1164	6,63	0,168	0,0807	6,18	0,1631	0,1149	4,84	0,1485	0,0903	6,95	0,164	0,1399
255	64	32	96	11,91	0,2324	0,1851	19,7	0,239	0,1722															

313	192	224	96	178.54	0.3709	0.4657	228.21	0.3605	0.4237	195.8	0.3557	0.4327	324.47	0.375	0.5062	220.53	0.3668	0.5307	106.49	0.372	0.5479	212.84	0.3651	0.4584
314	224	224	96	192.2	0.391	0.4544	237.85	0.3704	0.4198	204.46	0.3703	0.4276	338.12	0.3979	0.4889	238.22	0.4111	0.5015	111.67	0.4121	0.5185	232.68	0.3907	0.4454
315	255	224	96	201.29	0.402	0.4468	277.59	0.3803	0.4214	232.37	0.3861	0.428	344.11	0.4176	0.4755	259.05	0.4512	0.475	117.5	0.4484	0.4972	257.08	0.4146	0.4329
316	0	255	96	173.5	0.303	0.517	235.73	0.2932	0.4663	238.6	0.2951	0.4712	317.15	0.2846	0.5517	252.52	0.2235	0.6567	126.44	0.2234	0.6602	242.51	0.2948	0.5109
317	32	255	96	177.38	0.3046	0.5152	236.81	0.2946	0.4641	239.41	0.2964	0.4702	316.62	0.2878	0.5622	252.85	0.225	0.6538	127.7	0.2234	0.661	243.08	0.2954	0.5104
318	64	255	96	174.31	0.3109	0.5112	242.99	0.304	0.4599	242.22	0.3019	0.4679	319.42	0.2928	0.5738	254.4	0.2324	0.6482	124.41	0.2272	0.6664	245.15	0.2989	0.5083
319	96	255	96	181.54	0.3206	0.5054	251.76	0.3162	0.4546	246.52	0.31	0.4646	328.2	0.3011	0.5727	257.98	0.2478	0.6369	121.19	0.2424	0.656	249.32	0.3062	0.5041
320	128	255	96	187.53	0.3328	0.4982	261.95	0.3291	0.4492	252.75	0.3211	0.4602	346.06	0.3167	0.5622	263.58	0.2715	0.6199	121.18	0.2709	0.6391	256.35	0.3179	0.4975
321	160	255	96	196.46	0.349	0.4885	275.93	0.3446	0.4426	260.76	0.3344	0.455	368.65	0.3413	0.5447	272.81	0.3024	0.5974	123.32	0.3074	0.6127	266.86	0.3338	0.4886
322	192	255	96	207.1	0.3658	0.4784	290.44	0.3587	0.4365	270.61	0.3491	0.4493	394.66	0.3629	0.5293	285.54	0.3399	0.5702	126.37	0.3471	0.5807	281.49	0.3531	0.4777
323	224	255	96	220.61	0.3839	0.4675	303.39	0.3698	0.4316	281.95	0.3641	0.4433	423.87	0.3845	0.5137	302.3	0.3798	0.5413	130.79	0.3864	0.5554	301.04	0.3749	0.4654
324	255	255	96	230.03	0.3942	0.46	311.85	0.376	0.4279	292.21	0.3754	0.4384	433.89	0.4022	0.4988	322.24	0.4178	0.514	134.64	0.4187	0.5309	324.75	0.3963	0.4529
325	0	128	11.09	0.1577	0.1236	16.88	0.1602	0.1092	6.65	0.1492	0.0652	7.47	0.1508	0.0485	5.83	0.1329	0.0644	6.38	0.1334	0.0637	11.51	0.1483	0.1182	
326	32	128	11.94	0.1675	0.1287	17.47	0.1686	0.114	6.9	0.159	0.0706	7.99	0.156	0.0513	6.66	0.1461	0.0711	6.94	0.1448	0.0697	11.87	0.1526	0.1203	
327	64	128	14.52	0.1977	0.1446	23.09	0.2069	0.1362	9.43	0.1935	0.0893	10.75	0.1811	0.0656	9.43	0.1909	0.0923	9.4	0.1839	0.0888	13.74	0.176	0.1318	
328	96	128	18.72	0.2393	0.1662	30.97	0.2498	0.1612	13.53	0.2397	0.1149	16.72	0.2254	0.0911	14.9	0.2608	0.1251	14.31	0.2505	0.1211	17.82	0.2196	0.1533	
329	128	128	24.56	0.2845	0.1897	41.53	0.2934	0.1866	19.48	0.2919	0.1436	26.79	0.2851	0.1255	23.19	0.3351	0.1602	20.93	0.3184	0.1542	24.69	0.2758	0.1808	
330	160	128	33.38	0.3339	0.2155	54.12	0.3321	0.2092	26.73	0.3398	0.1698	41.81	0.3343	0.1537	35.95	0.4118	0.1965	30.45	0.39	0.189	35.11	0.3351	0.2099	
331	192	128	44.02	0.3755	0.2372	65.21	0.358	0.2244	34.49	0.3782	0.191	55.52	0.3734	0.1762	52.4	0.4735	0.2257	40.64	0.44	0.2132	49.67	0.389	0.2363	
332	224	128	58.27	0.4133	0.2568	74.91	0.3762	0.235	42.86	0.4096	0.2052	67.61	0.4024	0.1929	73.53	0.5216	0.2484	52.74	0.482	0.2336	69.15	0.4339	0.2582	
333	255	128	67.86	0.43	0.2655	90.9	0.4003	0.249	54.85	0.4479	0.2295	78.17	0.4127	0.1991	99.71	0.5589	0.2654	64.56	0.5163	0.2503	92.88	0.4674	0.2746	
334	0	32	128	13.3	0.1646	0.1422	20.31	0.1658	0.1242	9.76	0.1583	0.0899	10.6	0.1561	0.0681	7.92	0.1365	0.0852	7.41	0.1357	0.0779	12.56	0.151	0.125
335	32	32	128	14.16	0.1739	0.1465	21.01	0.1742	0.1294	9.79	0.1671	0.0944	9.9	0.1584	0.0632	8.77	0.1488	0.0907	6.78	0.1395	0.0724	12.95	0.155	0.1272
336	64	32	128	16.73	0.203	0.1604	26.82	0.2111	0.1499	12.43	0.1999	0.1112	11.83	0.179	0.0722	11.44	0.191	0.109	8.93	0.1813	0.0911	14.87	0.1777	0.1382
337	96	32	128	21.0	0.2432	0.1801	34.83	0.2519	0.1726	16.54	0.2434	0.1332	17.72	0.2248	0.0975	16.85	0.2586	0.1385	13.74	0.2494	0.1224	18.98	0.2201	0.1585
338	128	32	128	26.89	0.2866	0.2012	45.38	0.2932	0.1956	22.49	0.2928	0.1585	28.22	0.2856	0.1314	25.19	0.3334	0.171	19.97	0.3241	0.1573	25.85	0.275	0.2047
339	160	32	128	35.74	0.3345	0.2245	57.9	0.3302	0.2161	29.81	0.3389	0.182	43.18	0.342	0.1618	37.52	0.4074	0.2031	29.53	0.391	0.1895	36.32	0.3333	0.2125
340	192	32	128	46.37	0.3751	0.2443	68.89	0.3553	0.23	37.5	0.3758	0.2007	56.28	0.3875	0.1876	54.17	0.47	0.2305	39.39	0.4459	0.2162	50.89	0.3866	0.238
341	224	32	128	60.49	0.4119	0.2622	78.67	0.3731	0.2401	45.94	0.4066	0.2165	69.16	0.4174	0.2038	75.46	0.5188	0.2518	51.75	0.4897	0.2375	70.4	0.4315	0.2594
342	255	32	128	70	0.4284	0.27	94.82	0.3966	0.2531	57.77	0.4443	0.236	78.83	0.4355	0.2136	100.91	0.556	0.2674	64.01	0.5208	0.2525	94.12	0.465	0.2753
343	0	64	128	20.92	0.1846	0.1963	36.55	0.1895	0.1888	21.69	0.1852	0.1647	24.56	0.1744	0.1364	15.12	0.1467	0.1469	13.65	0.1456	0.1391	17.86	0.1645	0.1163
344	32	64	128	21.78	0.1925	0.1986	37.41	0.1971	0.1945	21.05	0.1925	0.1677	21.35	0.1736	0.1219	15.85	0.1572	0.1489	12.93	0.1458	0.134	18.38	0.1685	0.1637
345	64	64	128	24.41	0.2172	0.2078	43.6	0.2275	0.2079	23.76	0.2186	0.1778	20.68	0.1879	0.1162	18.45	0.1949	0.161	14.55	0.1807	0.1416	20.4	0.1889	0.1276
346	96	64	128	28.7	0.2521	0.221	51.82	0.2614	0.2224	27.9	0.254	0.191	25.48	0.2284	0.1308	23.65	0.2567	0.181	18.16	0.2436	0.1649	24.55	0.2267	0.1882
347	128	64	128	34.62	0.2908	0.2356	62.5	0.2967	0.2373	33.91	0.2958	0.2068	36.59	0.2885	0.1592	31.74	0.3275	0.2039	23.86	0.3112	0.1857	31.5	0.2769	0.2087
348	160	64	128	43.47	0.3345	0.2521	75.19	0.3292	0.2511	41.23	0.336	0.2219	50.2	0.3472	0.185	43.96	0.399	0.2276	32.47	0.3861	0.214	42	0.3314	0.2309
349	192	64	128	54.11	0.3723	0.2664	86.45	0.3519	0.2607	49.06	0.3694	0.2345	65.62	0.3887	0.2083	60.35	0.4614	0.2482	41.26	0.4422	0.2336	56.66	0.3825	0.2518
350	224	64	128	68.15	0.4075	0.2795	96.47	0.3684	0.2679	57.58	0.3978	0.2454	79.33	0.417	0.2204	81.39	0.5112	0.2647	51.73	0.4907	0.2527	76.21	0.4263	0.2696
351	255	64	128	77.61	0.4236	0.2851	113.28	0.3903	0.2773	69.03	0.4335	0.2594	82.96	0.4549	0.2323	106.19	0.5494	0.2768	63.24	0.523	0.264	100.06	0.4596	0.2832
352	0	96	128	33.59	0.2091	0.262	59.98	0.2138	0.2541	41.06	0.2136	0.243	48.81	0.1975	0.2226	29.13	0.1611	0.2398	25.34	0.1595	0.2301	29.32	0.1875	0.2226
353	32	96	128	34.49	0.2151	0.2626	60.42	0.2197	0.2581	39.05	0.2188	0.2441	46.06	0.1974	0.2126	29.82	0.1694	0.2383	24.43	0.1596	0.2299	30.09	0.191	0.2205
354	64	96	128	37.11	0.2349	0.2668	66.72	0.2436	0.2651	41.82	0.2384	0.2486	45.14	0.2081	0.2062	32.26	0.2005	0.2428	25.11	0.1842	0.2265	32.23	0.2075	0.2325
355	96	96	128	41.42	0.2634	0.2733	74.95	0.271	0.2726	46.03	0.2658	0.2547	48.26	0.2398	0.207	37.28	0.2533	0.2507	28.17	0.2403	0.2367	36.48	0.2386	0.2395
356	128	96	128	47.35	0.296	0.2807	85.66	0.3005	0.2805	52.06	0.2992	0.262	58.99	0.2923	0.2201	45.25	0.3173	0.2606	32.47	0.3055	0.252	43.51	0.2811	0.2516
357	160	96	128	56.22	0.3341	0.2895	98.42	0.3285	0.2881	59.49	0.3328	0.2695	76.16	0.3427	0.2417	56.97	0.3842	0.2713	39.88	0.3727	0.2647	54.1	0.3291	0.2652
358	192	96	128	66.86	0.3684	0.2972	109.67	0.3487	0.2936	67.37	0.3616	0.2758	85.53	0.3821	0.2506	73.18	0.4454	0.2813	48.19	0.4306	0.2749	68.86	0.3759	0.2783
359	224	96	128	80.84	0.4011	0.3046	119.89	0.3637	0.2978	75.94	0.387	0.2815	102.69	0.413	0.2573	93.71	0.4962	0.2895	56.9	0.4779	0.2917	88.54	0.4177	0.2901
360	255	96	128	90.31	0.4167	0.3073	138.23	0.3836	0.3046	86.58	0.4201	0.2892	104.4	0.4484	0.2609	118.05	0.5361	0.2957	66.92	0.5128	0.2802	112.64	0.4504	0.2993



418	96	32	160	28,17	0,2135	0,1597	43,47	0,2272	0,1559	19,89	0,2148	0,1122	21,75	0,1977	0,0791	20,4	0,2132	0,111	16,17	0,2063	0,0998	28,1	0,1912	0,1415
419	128	32	160	34,09	0,2463	0,1762	53,93	0,2607	0,1747	25,91	0,2536	0,1327	31,47	0,2397	0,1026	28,43	0,2703	0,1367	22,73	0,2611	0,1259	35,03	0,2291	0,1599
420	160	32	160	42,9	0,2857	0,1959	66,44	0,2927	0,1929	33,16	0,2922	0,1528	47,22	0,2891	0,1301	40,59	0,3352	0,1661	31,28	0,3185	0,1537	45,5	0,2747	0,1821
421	192	32	160	53,53	0,3224	0,2144	77,38	0,316	0,206	40,9	0,3255	0,1703	61,25	0,3267	0,151	57,1	0,3973	0,1941	42,09	0,374	0,1807	60,08	0,3223	0,2052
422	224	32	160	67,66	0,359	0,2328	87,12	0,3333	0,2159	49,32	0,3508	0,1858	74,47	0,3571	0,168	78,22	0,4516	0,2187	54,29	0,4174	0,2208	79,55	0,3674	0,247
423	256	32	160	77,12	0,3768	0,2416	103,56	0,3535	0,227	60,05	0,3945	0,2046	85,05	0,3735	0,1774	103,28	0,4963	0,2384	66,91	0,4549	0,2202	103,25	0,4052	0,2523
424	0	64	160	28,11	0,1744	0,1692	46	0,1811	0,1661	25,29	0,1791	0,1343	29,14	0,1663	0,1069	18,59	0,141	0,1128	16,05	0,1405	0,108	26,96	0,157	0,1422
425	32	64	160	29	0,1797	0,1712	46,07	0,1869	0,1709	24,45	0,1793	0,1367	25,19	0,1649	0,0948	19,32	0,1474	0,1147	15,66	0,1407	0,1053	27,52	0,1594	0,1439
426	64	64	160	31,63	0,1968	0,1785	52,3	0,21	0,1825	27,15	0,1986	0,1452	23,79	0,1721	0,0883	21,77	0,1712	0,1237	16,88	0,1627	0,1105	29,53	0,1719	0,1497
427	96	64	160	35,9	0,2219	0,1893	60,53	0,237	0,1953	31,32	0,2259	0,157	27,9	0,1984	0,0974	26,8	0,214	0,14	20,66	0,2067	0,1274	33,71	0,1967	0,1609
428	128	64	160	41,83	0,2518	0,2023	71,12	0,2664	0,2093	37,33	0,2597	0,1718	38,14	0,2413	0,1192	34,79	0,269	0,1612	26,61	0,2581	0,1474	40,69	0,2324	0,1768
429	160	64	160	50,64	0,2884	0,2181	83,8	0,2953	0,223	44,66	0,2943	0,1867	54,48	0,2905	0,1434	46,8	0,3318	0,1854	34,26	0,3194	0,1723	51,21	0,2757	0,1962
430	192	64	160	61,29	0,323	0,2331	95,01	0,3165	0,2331	52,51	0,3247	0,1999	69,08	0,3308	0,1626	63,04	0,393	0,209	43,61	0,3724	0,1939	65,87	0,3214	0,2165
431	224	64	160	75,36	0,3577	0,2481	105,01	0,3325	0,2409	60,98	0,3517	0,2118	85,28	0,3577	0,1813	83,82	0,4472	0,2301	53,66	0,4193	0,2137	85,42	0,3652	0,236
432	256	64	160	84,84	0,3775	0,2553	121,94	0,3514	0,2492	71,12	0,385	0,2261	93,37	0,3837	0,1887	108,36	0,492	0,2469	64,88	0,4564	0,2294	109,23	0,4023	0,2525
433	0	96	160	40,83	0,1925	0,2174	69,71	0,2003	0,218	44,68	0,1973	0,1984	54,13	0,1837	0,1717	32,08	0,1509	0,1762	27,59	0,1503	0,1715	38,44	0,1721	0,1823
434	32	96	160	41,71	0,1967	0,2184	69,12	0,2054	0,2222	42,52	0,2013	0,1992	49,95	0,1823	0,1608	32,79	0,1562	0,1765	27,18	0,1504	0,1715	39,24	0,1745	0,1843
435	64	96	160	44,36	0,2113	0,223	75,4	0,2247	0,2296	45,29	0,2169	0,2043	47,59	0,1876	0,1524	35,16	0,1773	0,1819	27,72	0,1656	0,1716	41,38	0,1855	0,1889
436	96	96	160	48,66	0,2331	0,2302	83,7	0,2475	0,238	49,48	0,2392	0,2113	48,81	0,2078	0,1508	40,03	0,2156	0,192	30,23	0,2049	0,1793	45,68	0,2073	0,1972
437	128	96	160	54,6	0,2595	0,2389	94,36	0,2729	0,2471	55,52	0,2674	0,2201	57,05	0,2441	0,1617	47,88	0,2664	0,2057	34,29	0,2544	0,1954	52,75	0,2391	0,209
438	160	96	160	63,44	0,2921	0,2497	107,03	0,2982	0,2562	62,92	0,297	0,2295	74,26	0,2935	0,1797	59,49	0,3251	0,2216	41,03	0,3083	0,2094	63,34	0,2783	0,2235
439	192	96	160	74,11	0,3236	0,2601	118,27	0,3172	0,2631	70,81	0,3236	0,2719	91,81	0,3308	0,1997	75,48	0,3843	0,2377	49,84	0,3645	0,2377	78,09	0,3205	0,239
440	224	96	160	88,11	0,3558	0,2707	128,39	0,3318	0,2686	79,41	0,3477	0,2456	108,94	0,3572	0,212	95,82	0,4379	0,2523	58,38	0,4105	0,2396	97,76	0,3619	0,2541
441	256	96	160	97,57	0,3722	0,2756	146,66	0,349	0,2747	88,48	0,3782	0,2545	111,37	0,3848	0,2144	119,75	0,4829	0,2641	68,35	0,4522	0,2518	121,81	0,3975	0,2673
442	0	128	160	58,35	0,2112	0,2682	102,01	0,2194	0,2693	72,65	0,22	0,2611	100,22	0,2056	0,2534	53,33	0,1629	0,2536	42,27	0,1614	0,2455	58,09	0,1922	0,2358
443	32	128	160	59,26	0,2147	0,2684	99,43	0,2234	0,2718	68,73	0,2229	0,2607	93,97	0,2042	0,2437	54,04	0,1673	0,2529	41,57	0,1615	0,2451	59,18	0,1943	0,2377
444	64	128	160	61,95	0,2269	0,2708	105,67	0,2391	0,2758	71,53	0,235	0,2631	92,7	0,2084	0,2377	56,35	0,1848	0,2549	41,01	0,1733	0,2456	61,5	0,2034	0,2406
445	96	128	160	66,27	0,2452	0,2746	113,94	0,2581	0,2803	75,79	0,2526	0,2664	92,79	0,2238	0,2314	61,09	0,2177	0,2589	42,35	0,207	0,2459	65,87	0,2215	0,255
446	128	128	160	72,2	0,2678	0,2794	124,51	0,2795	0,2854	81,88	0,2754	0,2706	97,99	0,2521	0,229	68,7	0,2626	0,2646	45,33	0,2493	0,2516	73,05	0,2483	0,2526
447	160	128	160	81,07	0,2963	0,2854	137,1	0,3014	0,2905	89,3	0,2999	0,2751	114,07	0,2957	0,2356	79,94	0,3159	0,2712	51,15	0,3034	0,2631	83,76	0,2821	0,2613
448	192	128	160	91,75	0,3244	0,2914	148,27	0,318	0,2944	97,22	0,3224	0,2792	137,08	0,3263	0,2525	95,99	0,3717	0,2783	58,7	0,3576	0,2717	98,59	0,3195	0,2708
449	224	128	160	105,68	0,3537	0,2974	158,3	0,331	0,2976	105,83	0,3433	0,2831	150,26	0,3527	0,2551	115,2	0,424	0,2849	66,74	0,403	0,2779	118,41	0,3574	0,2895
450	256	128	160	115,19	0,369	0,2999	175,36	0,3469	0,2995	113,81	0,3703	0,2874	150,1	0,3801	0,2532	138,51	0,469	0,2904	75,17	0,4402	0,2873	142,75	0,3908	0,2802
451	0	160	160	84,51	0,2314	0,3225	140,81	0,2359	0,3135	106,69	0,238	0,3108	145,33	0,223	0,3183	85,13	0,176	0,3377	62,08	0,1734	0,3258	88,13	0,2138	0,2932
452	32	160	160	85,36	0,2314	0,3219	135,74	0,2389	0,3145	101,15	0,2403	0,3106	146,92	0,2231	0,3151	85,58	0,179	0,3353	60,13	0,1738	0,3282	89,42	0,2154	0,2945
453	64	160	160	88,04	0,2437	0,3223	141,85	0,2518	0,3162	103,96	0,2498	0,3113	149,83	0,2274	0,3146	87,68	0,1929	0,3344	58,91	0,1817	0,3225	91,86	0,2225	0,296
454	96	160	160	92,38	0,2586	0,3233	149,95	0,2675	0,318	108,24	0,2638	0,3122	157,04	0,2398	0,3109	92,27	0,2199	0,3332	59,14	0,208	0,327	96,33	0,2368	0,298
455	128	160	160	98,33	0,277	0,3246	160,39	0,2856	0,32	114,33	0,2822	0,3135	167,76	0,2622	0,3096	99,3	0,2581	0,3317	61,33	0,2476	0,3233	103,58	0,2585	0,3008
456	160	160	160	107,18	0,3009	0,3263	172,88	0,3043	0,3221	121,84	0,3023	0,3149	187,49	0,2971	0,3093	110,13	0,3049	0,3299	66,13	0,2942	0,3225	114,31	0,2865	0,3043
457	192	160	160	117,88	0,3252	0,328	183,87	0,3188	0,3237	129,76	0,3212	0,3161	205,62	0,323	0,3099	124,79	0,3562	0,3281	72,44	0,3425	0,324	129,24	0,3186	0,3082
458	224	160	160	131,8	0,351	0,3297	193,76	0,3304	0,325	138,47	0,3392	0,3174	213,84	0,3478	0,3087	143,99	0,4062	0,3265	79,06	0,3895	0,3232	149,16	0,3521	0,3123
459	256	160	160	141,45	0,3649	0,3298	213,82	0,3445	0,3266	146,36	0,3629	0,3195	209,54	0,3764	0,3067	166,26	0,4505	0,3249	87,08	0,4282	0,3262	173,69	0,3828	0,3161
460	0	192	160	115,81	0,248	0,3673	175,57	0,2468	0,3425	145,93	0,2516	0,3489	208,01	0,2372	0,3714	129,18	0,1879	0,4165	82,11	0,1844	0,3995	130,24	0,2335	0,346
461	32	192	160	116,7	0,2501	0,3664	167,72	0,2492	0,3427	135,75	0,2528	0,3463	209,66	0,238	0,372	129,4	0,1901	0,4137	82,21	0,1844	0,3994	131,58	0,2347	0,3466
462	64	192	160	119,45	0,2578	0,3657	173,83	0,2604	0,343	138,61	0,2605	0,3461	211,38	0,2414	0,3734	131,52	0,2007	0,4113	80,98	0,1903	0,4018	134,05	0,24	0,3469
463	96	192	160	123,81	0,2698	0,365	181,83	0,2739	0,3434	142,87	0,2719	0,3459	216,61	0,255	0,3765	135,67	0,2219	0,407	79,57	0,2094	0,3987	138,59	0,2511	0,3469
464	128	192	160	129,79	0,285	0,364	192,22	0,2898	0,3438	148,96	0,2871	0,3455	227,44	0,2699	0,376	142,56	0,2533	0,4009	81,11	0,2427	0,3972	145,86	0,2681	0,3468
465	160	192	160	138,69	0,3051	0,3629	204,46	0,3064	0,3442	156,43	0,3041	0,3451	248											

523	0	128	192	67.11	0.1977	0.2316	111.21	0.21	0.2445	76.14	0.2062	0.2228	106.47	0.1942	0.2118	56.63	0.1539	0.1969	45.69	0.1544	0.1997	70.44	0.1784	0.1993
524	32	128	192	68	0.2004	0.232	107.07	0.2138	0.2473	72.5	0.2096	0.2255	99.43	0.1922	0.2011	57.37	0.1569	0.1966	43.63	0.1537	0.1947	71.51	0.1799	0.2008
525	64	128	192	70.67	0.21	0.2348	113.49	0.2278	0.2518	75.27	0.22	0.2283	91.72	0.1925	0.1879	59.54	0.1694	0.1993	43.22	0.1622	0.1954	73.85	0.1866	0.2036
526	96	128	192	75	0.2248	0.2392	121.69	0.2447	0.2569	79.56	0.2353	0.2324	88.79	0.2023	0.1792	64.15	0.194	0.2049	44.68	0.1863	0.1995	78.31	0.2003	0.2084
527	128	128	192	80.91	0.2434	0.2447	132.28	0.2641	0.2627	85.63	0.2553	0.2376	90.79	0.223	0.1774	71.52	0.2292	0.2129	47.69	0.2195	0.2049	85.5	0.221	0.2155
528	160	128	192	89.78	0.268	0.252	144.79	0.2842	0.2687	93.09	0.2773	0.2434	106.1	0.2604	0.1871	82.53	0.2741	0.2231	52.62	0.2633	0.217	96.2	0.2484	0.2247
529	192	128	192	100.47	0.2931	0.2595	155.93	0.2999	0.2735	100.98	0.2978	0.2488	124.65	0.2949	0.1968	98.03	0.3242	0.2346	60.06	0.3068	0.2245	111.04	0.2804	0.2355
530	224	128	192	114.2	0.3204	0.2676	165.91	0.3124	0.2773	109.64	0.3175	0.2541	152.79	0.3199	0.2178	117.43	0.3742	0.2459	68.76	0.3506	0.2364	130.85	0.3148	0.2471
531	255	128	192	124.1	0.3353	0.2715	182.11	0.3233	0.2758	117.51	0.3382	0.257	156.53	0.3424	0.2178	140.34	0.4199	0.2561	77.34	0.3892	0.2458	155.16	0.3472	0.2581
532	0	160	192	93.22	0.2152	0.2789	149.96	0.2254	0.2857	110.96	0.2238	0.2718	163.21	0.21	0.2705	87.66	0.1649	0.2675	62.89	0.1637	0.2618	100.46	0.1961	0.2464
533	32	160	192	94.09	0.2175	0.2789	143.21	0.2285	0.2875	104.91	0.2266	0.2736	161.19	0.2095	0.2662	87.96	0.167	0.2654	62.86	0.1639	0.2635	101.74	0.1974	0.2477
534	64	160	192	96.79	0.2255	0.2802	149.44	0.2403	0.2899	107.76	0.235	0.275	157.85	0.2113	0.2615	90.06	0.1775	0.2662	60.78	0.1691	0.2609	104.21	0.203	0.2495
535	96	160	192	101.13	0.238	0.2825	157.59	0.2546	0.2927	112.02	0.2475	0.2769	158.79	0.22	0.2576	94.45	0.1985	0.2681	60.87	0.1892	0.2626	108.71	0.2144	0.2524
536	128	160	192	107.08	0.2539	0.2854	168.03	0.2712	0.2958	118.13	0.2641	0.2795	163.06	0.2368	0.2555	101.27	0.2294	0.2709	62.95	0.2195	0.2634	116	0.232	0.2567
537	160	160	192	115.95	0.275	0.2893	180.33	0.2887	0.2991	125.55	0.2825	0.2824	183.19	0.2693	0.2602	111.8	0.2694	0.2747	66.86	0.2561	0.2656	126.73	0.2556	0.2623
538	192	160	192	126.67	0.2971	0.2934	191.36	0.3025	0.3018	133.51	0.3001	0.2882	196.27	0.2968	0.2599	126.38	0.3156	0.2791	73.19	0.3023	0.2706	141.68	0.2837	0.2689
539	224	160	192	140.61	0.3213	0.2978	201.19	0.3136	0.304	142.19	0.3171	0.288	223.8	0.3185	0.2703	145.51	0.363	0.2838	79.78	0.3434	0.2767	161.57	0.3145	0.2761
540	255	160	192	150.44	0.3348	0.2997	220.06	0.3235	0.3019	149.46	0.3351	0.2884	222.7	0.3416	0.2674	167.64	0.4072	0.288	88.45	0.3796	0.2828	186.06	0.3442	0.2833
541	0	192	192	124.53	0.231	0.3214	185	0.2362	0.3144	150.09	0.2374	0.3105	214.65	0.2232	0.3198	130.75	0.176	0.3407	83.4	0.1736	0.3284	142.55	0.2142	0.2948
542	32	192	192	125.42	0.2328	0.3211	175.25	0.2387	0.3152	139.45	0.2398	0.3101	214.87	0.2232	0.3178	131.42	0.1777	0.3385	82.18	0.1732	0.3264	143.92	0.2152	0.2956
543	64	192	192	128.16	0.2395	0.3214	181.39	0.249	0.3164	142.3	0.2464	0.3106	218.61	0.2255	0.3173	133.33	0.186	0.3379	81.27	0.1774	0.3257	146.4	0.2198	0.2965
544	96	192	192	132.56	0.25	0.3221	189.39	0.2616	0.3178	146.59	0.2569	0.3114	223.74	0.2331	0.3153	137.29	0.2033	0.3368	80.95	0.1924	0.3235	150.98	0.2291	0.2978
545	128	192	192	138.54	0.2634	0.3231	199.74	0.2763	0.3194	152.67	0.2709	0.3123	235.28	0.2475	0.3141	143.81	0.2295	0.3355	82.12	0.2195	0.327	158.27	0.2435	0.2997
546	160	192	192	147.48	0.2816	0.3245	211.92	0.292	0.3211	160.14	0.2867	0.3134	254.85	0.2737	0.3129	153.94	0.264	0.3339	85.77	0.2545	0.3249	169.03	0.2633	0.3021
547	192	192	192	158.19	0.3008	0.3258	222.81	0.3045	0.3225	168.04	0.3019	0.3145	277.57	0.2974	0.3106	168	0.3054	0.3321	89.58	0.2939	0.3231	183.95	0.2872	0.305
548	224	192	192	172.13	0.3221	0.3273	232.49	0.3146	0.3236	176.74	0.3168	0.3156	294.17	0.3175	0.3108	186.4	0.3492	0.3302	94.97	0.3328	0.324	203.92	0.3142	0.3083
549	255	192	192	182.23	0.3343	0.3276	259.19	0.3236	0.3244	187.47	0.3324	0.3173	293.7	0.3401	0.3087	207.41	0.3911	0.3282	101.51	0.3672	0.3244	228.41	0.3408	0.3115
550	0	224	192	166.17	0.2461	0.3626	216.11	0.2439	0.335	194.95	0.249	0.342	280.74	0.2337	0.3597	186.41	0.186	0.4092	106.35	0.1818	0.3833	199.86	0.2312	0.3404
551	32	224	192	167.01	0.2476	0.3619	203.23	0.2459	0.3351	177.15	0.2496	0.3391	281.4	0.2345	0.3611	187.17	0.1871	0.407	106.12	0.182	0.3854	201.04	0.2319	0.3407
552	64	224	192	169.59	0.253	0.3613	209.37	0.2553	0.3356	179.97	0.2554	0.3391	285.91	0.2372	0.365	188.7	0.1937	0.4055	102.61	0.1838	0.388	203.47	0.2355	0.3409
553	96	224	192	173.84	0.2616	0.3603	217.39	0.2667	0.3362	184.25	0.2643	0.3389	291.98	0.2434	0.3666	192.52	0.2075	0.4028	102.04	0.1959	0.3838	207.95	0.2429	0.341
554	128	224	192	179.74	0.2727	0.3601	227.6	0.2801	0.3369	190.34	0.2763	0.3389	300.77	0.2556	0.3684	198.65	0.2292	0.3986	100.61	0.219	0.3795	215.19	0.2545	0.3411
555	160	224	192	188.55	0.288	0.3593	239.67	0.2944	0.3375	197.73	0.2899	0.3388	318.61	0.2761	0.3679	208.35	0.2584	0.3934	103.69	0.2493	0.3799	225.95	0.2707	0.341
556	192	224	192	199.13	0.3044	0.3585	250.34	0.3059	0.338	205.64	0.3032	0.3388	344.34	0.2993	0.3606	221.74	0.2946	0.3868	107.57	0.2846	0.3758	240.84	0.2907	0.3411
557	224	224	192	212.61	0.3228	0.3574	259.93	0.3153	0.3384	214.3	0.3163	0.3388	367.59	0.3221	0.356	238.87	0.3343	0.3796	112.35	0.3218	0.3693	260.65	0.3137	0.3411
558	255	224	192	222	0.3335	0.3556	294.53	0.3238	0.3413	230.19	0.3298	0.342	382.54	0.3372	0.3479	259.45	0.3734	0.3726	118.97	0.3576	0.37	284.93	0.3371	0.3411
559	0	255	192	193.96	0.2534	0.3833	262.23	0.25	0.3511	249.54	0.2572	0.366	347.72	0.242	0.392	252.45	0.2347	0.4675	127.94	0.189	0.4331	269.83	0.2445	0.3772
560	32	255	192	194.87	0.2547	0.3825	263.14	0.2515	0.3509	250.32	0.2584	0.3656	350.15	0.2437	0.3976	253.5	0.1954	0.4644	127.65	0.1891	0.4332	270.45	0.2449	0.377
561	64	255	192	197.68	0.2596	0.3816	269.4	0.2594	0.3509	253.16	0.2629	0.3651	353.1	0.2465	0.403	254.35	0.2003	0.4627	125.57	0.1904	0.4358	272.57	0.2477	0.3766
562	96	255	192	202.15	0.2674	0.3806	278.22	0.2696	0.3509	257.52	0.2699	0.3646	360.38	0.252	0.4085	257.68	0.2112	0.4591	121.18	0.2	0.4316	276.85	0.2536	0.376
563	128	255	192	208.19	0.2774	0.3795	288.3	0.2804	0.3509	263.77	0.2793	0.3638	369.36	0.2619	0.4116	263.83	0.2291	0.4535	122.14	0.2202	0.4323	283.95	0.263	0.3749
564	160	255	192	217.18	0.2912	0.3779	302.1	0.2939	0.3508	271.82	0.2908	0.3629	387.98	0.2784	0.414	272.56	0.2534	0.4462	122.26	0.2466	0.4262	294.52	0.2763	0.3735
565	192	255	192	227.95	0.3061	0.3761	316.41	0.3066	0.3508	281.67	0.3038	0.3619	411.93	0.3008	0.4105	284.67	0.2848	0.4369	124.55	0.2766	0.4186	309.18	0.293	0.3717
566	224	255	192	241.34	0.3225	0.374	329.12	0.317	0.3507	292.99	0.3174	0.3608	446.18	0.3244	0.4043	301	0.3203	0.4262	128.59	0.3122	0.4119	328.65	0.3126	0.3696
567	255	255	192	251.02	0.3325	0.3718	337.44	0.3234	0.3504	303.21	0.3238	0.3599	472.44	0.3414	0.392	320.48	0.3562	0.4156	134.72	0.3443	0.4056	352.17	0.3329	0.3672
568	0	224	38.3	0.1562	0.1196	42.02	0.1601	0.11	19.03	0.1484	0.0632	19.73	0.1498	0.047	20.83	0.1322	0.0626	16.59	0.1325	0.0616	49.18	0.1465	0.1151	
569	32	224	39.15	0.159	0.1211	40.36	0.1641	0.1123	17.78	0.152	0.065	20.15	0.1514	0.0478	21.57	0.1349	0.0641	17.1	0.1351	0.0631	49.58	0.1475	0.1156	

628	192	192	224	169,72	0,277	0,2916	229,03	0,2935	0,3063	171,88	0,2854	0,2872	273,24	0,2752	0,2705	168,54	0,2749	0,2843	90,53	0,2661	0,28	200,5	0,26	0,2679
629	224	192	224	183,46	0,2967	0,2953	238,76	0,3032	0,308	180,52	0,2995	0,2894	285,61	0,2969	0,2692	186,45	0,3151	0,2871	96,19	0,3005	0,2815	220,37	0,2841	0,2732
630	255	192	224	193,53	0,3089	0,2979	264,96	0,31	0,3067	190,57	0,3117	0,29	303,85	0,3143	0,2718	187,7	0,355	0,2899	101,65	0,3332	0,2855	244,74	0,3087	0,2788
631	0	224	224	177,85	0,2301	0,3189	225,11	0,2365	0,3153	201,76	0,2337	0,309	289,44	0,2223	0,3172	187,53	0,176	0,3439	106,6	0,1734	0,3283	216,18	0,2142	0,2955
632	32	224	224	178,49	0,2315	0,3189	209,77	0,2386	0,3158	180,88	0,2383	0,3084	292,32	0,2222	0,3157	188,02	0,1768	0,3419	106,4	0,1734	0,3283	217,33	0,2149	0,2959
633	64	224	224	180,87	0,2363	0,3193	215,96	0,2476	0,3168	183,71	0,2437	0,3093	293,11	0,2222	0,3156	189,55	0,182	0,3415	103,58	0,1749	0,3238	219,78	0,2179	0,2965
634	96	224	224	185,17	0,2439	0,3199	224,01	0,2583	0,318	187,96	0,252	0,3095	301,36	0,2285	0,3154	193,21	0,1933	0,3407	101,59	0,1846	0,3253	224,28	0,2243	0,2973
635	128	224	224	190,96	0,2538	0,3207	234,21	0,2709	0,3193	194,11	0,2631	0,3103	311,98	0,2379	0,3143	199,14	0,2115	0,3395	101,31	0,2044	0,3233	231,58	0,2344	0,2986
636	160	224	224	199,71	0,2676	0,3219	246,21	0,2845	0,3207	201,54	0,2758	0,3112	331,27	0,2549	0,3138	208,39	0,2368	0,3381	104,05	0,2301	0,3266	242,31	0,2484	0,3002
637	192	224	224	210,24	0,2827	0,3231	256,85	0,2955	0,3219	209,35	0,2883	0,3122	352,97	0,2765	0,3122	221,31	0,2691	0,3364	107,04	0,2622	0,3238	257,24	0,2662	0,3023
638	224	224	224	223,57	0,3	0,3245	266,34	0,3046	0,3229	217,94	0,3008	0,3131	383,12	0,297	0,3105	238,97	0,3057	0,3344	112,76	0,2938	0,323	276,97	0,2871	0,3048
639	255	224	224	232,69	0,3109	0,325	299,31	0,3111	0,3234	231,28	0,3118	0,3145	390,26	0,3146	0,3102	258,94	0,3426	0,3323	118,89	0,3247	0,3245	301,15	0,3089	0,3074
640	0	255	224	205,56	0,2375	0,3399	270,95	0,2414	0,3283	254,31	0,2449	0,3319	359,66	0,2304	0,3486	253,38	0,1849	0,4029	127,6	0,1801	0,3742	286,26	0,2279	0,3329
641	32	255	224	206,32	0,2389	0,3399	271,86	0,243	0,3284	255,09	0,246	0,3318	362,52	0,231	0,3501	253,01	0,1853	0,4001	127,5	0,1802	0,3738	286,85	0,2283	0,3328
642	64	255	224	209,03	0,2434	0,3402	278,26	0,2505	0,3289	257,96	0,2502	0,3318	366,49	0,233	0,3534	254,72	0,1894	0,3992	125,56	0,1813	0,3739	288,96	0,2308	0,3328
643	96	255	224	213,4	0,2504	0,3404	287,05	0,26	0,3295	262,31	0,2567	0,3318	373,73	0,2375	0,3572	257,68	0,1985	0,3973	122,08	0,1888	0,3711	293,3	0,2361	0,3329
644	128	255	224	219,36	0,2595	0,3408	297,21	0,2702	0,3302	268,55	0,2655	0,3319	381,34	0,2458	0,3595	263,36	0,2139	0,3945	122,25	0,2064	0,3733	300,42	0,2445	0,3331
645	160	255	224	228,31	0,2722	0,3411	310,87	0,283	0,3311	276,54	0,2762	0,332	398,02	0,2593	0,3598	271,97	0,2353	0,3908	122,11	0,2287	0,3685	311,05	0,2563	0,3333
646	192	255	224	239	0,2862	0,3416	325,03	0,2951	0,3318	286,42	0,2885	0,3321	422,14	0,2788	0,3615	284,54	0,2637	0,3861	124,98	0,2554	0,3645	325,72	0,2714	0,3335
647	224	255	224	252,11	0,3017	0,3419	337,76	0,3051	0,3325	297,69	0,3014	0,3323	459,36	0,2998	0,3545	300,44	0,2965	0,3805	129,06	0,2878	0,3634	345,08	0,2895	0,3338
648	255	255	224	261,54	0,3119	0,342	345,94	0,3114	0,3329	307,78	0,3115	0,3325	484,75	0,318	0,3507	320	0,3304	0,3747	134,59	0,3168	0,3608	368,56	0,3086	0,334
649	0	255	46,37	0,1558	0,1162	0,1162	52,22	0,1602	0,1105	24,71	0,1482	0,0614	22,12	0,1499	0,047	28,43	0,1322	0,0626	20,04	0,1325	0,0615	69,78	0,1464	0,1137
650	32	0	255	47,12	0,1581	0,1176	53,38	0,1633	0,1123	25,44	0,1508	0,0628	23,01	0,1511	0,0475	28,93	0,1338	0,0634	20,63	0,1342	0,0624	70,15	0,1471	0,1141
651	64	0	255	49,61	0,1657	0,1217	59,58	0,1783	0,1209	28,17	0,1605	0,0682	26,04	0,1586	0,0518	31,11	0,1417	0,0671	22,71	0,1448	0,0676	72,08	0,1513	0,1161
652	96	0	255	53,79	0,1778	0,1282	68,29	0,1974	0,132	32,5	0,1751	0,0763	32,77	0,1756	0,0616	35,6	0,1577	0,0747	27,21	0,1657	0,0779	76,35	0,1602	0,1205
653	128	0	255	59,61	0,1936	0,1366	78,69	0,2179	0,1439	38,63	0,1943	0,087	42,46	0,1979	0,0745	42,46	0,1806	0,0856	33,31	0,1929	0,0911	83,43	0,1742	0,1275
654	160	0	255	68,45	0,2152	0,1483	92,89	0,2426	0,1582	46,62	0,2171	0,0997	57,41	0,2279	0,0917	54,07	0,2151	0,102	42,29	0,2262	0,1074	94	0,1935	0,1371
655	192	0	255	79,01	0,2384	0,1606	107,58	0,2647	0,1711	56,44	0,2421	0,1135	72,33	0,2536	0,1065	69,37	0,2545	0,1207	52,22	0,2588	0,1233	108,57	0,2175	0,1491
656	224	0	255	93,16	0,2652	0,1749	120,53	0,282	0,1811	67,61	0,2672	0,1275	86,54	0,2739	0,1183	89,06	0,2971	0,1409	63,92	0,2929	0,1401	127,88	0,2452	0,1628
657	255	0	255	102,71	0,2809	0,1833	128,8	0,2922	0,187	77,11	0,286	0,138	105,03	0,2893	0,1272	114,02	0,3411	0,1618	75,29	0,3214	0,154	151,17	0,2736	0,1769
658	0	32	255	48,77	0,1575	0,121	55,28	0,1622	0,1159	27,82	0,1505	0,068	27,45	0,1519	0,0541	29,55	0,1326	0,0653	20,11	0,1327	0,0628	70,77	0,1468	0,1148
659	32	32	255	49,47	0,1598	0,1221	56,69	0,1655	0,118	28,55	0,1531	0,0695	25,17	0,1514	0,0501	30,15	0,1343	0,0661	20,45	0,133	0,0626	71,14	0,1475	0,1152
660	64	32	255	52,04	0,1674	0,1262	63,11	0,1805	0,1266	31,36	0,1628	0,0748	26,05	0,1554	0,0511	32,18	0,1419	0,0697	22,44	0,1429	0,0672	73,14	0,1518	0,1173
661	96	32	255	56,26	0,1795	0,1326	71,96	0,1996	0,1375	35,7	0,1771	0,0826	31,67	0,1704	0,0595	36,63	0,1577	0,0771	26,23	0,1618	0,076	77,45	0,1607	0,1217
662	128	32	255	62,11	0,1952	0,1408	82,37	0,2197	0,149	41,87	0,1961	0,0929	41,41	0,192	0,072	43,76	0,1814	0,0882	32,51	0,189	0,0892	84,54	0,1746	0,1286
663	160	32	255	70,91	0,2166	0,1521	95,53	0,2438	0,1628	49,93	0,2186	0,1052	56,87	0,2238	0,0902	54,93	0,2148	0,1039	40,63	0,2221	0,1055	95,15	0,1939	0,1382
664	192	32	255	81,53	0,2395	0,1642	111,13	0,2655	0,1752	57,77	0,2431	0,1186	73,03	0,2502	0,1053	70,33	0,2545	0,1225	51,11	0,2564	0,1222	109,74	0,2178	0,1501
665	224	32	255	95,48	0,2656	0,178	124,1	0,2824	0,1849	70,86	0,2677	0,132	89,59	0,2731	0,1185	90,08	0,2976	0,1426	62,5	0,2891	0,1382	129,07	0,2453	0,1637
666	255	32	255	104,99	0,2812	0,1862	132,66	0,2926	0,191	80,47	0,2863	0,1423	107,33	0,2899	0,1281	114,59	0,3408	0,1629	75,29	0,3214	0,154	152,35	0,2735	0,1774
667	0	64	255	56,75	0,1632	0,1362	71,85	0,1718	0,1419	39,74	0,1592	0,092	49,23	0,1584	0,0784	35,14	0,1345	0,0765	25,7	0,1352	0,078	76,08	0,1493	0,1211
668	32	64	255	57,47	0,1653	0,1372	74,15	0,1753	0,1451	40,57	0,1617	0,0934	35,8	0,1558	0,0665	35,63	0,136	0,077	25,66	0,1351	0,0774	76,63	0,1501	0,1221
669	64	64	255	60,03	0,1727	0,1409	81,02	0,1894	0,1528	43,51	0,1708	0,0983	31,72	0,1565	0,0595	37,68	0,1435	0,0803	26,61	0,143	0,079	78,73	0,1543	0,1244
670	96	64	255	64,29	0,1843	0,1467	90,13	0,2071	0,1622	47,87	0,1842	0,1051	34,27	0,1666	0,0625	41,97	0,1589	0,0871	30	0,1612	0,0861	83,06	0,163	0,1284
671	128	64	255	70,13	0,1993	0,1542	100,68	0,2257	0,172	54,1	0,2021	0,1141	43,46	0,1881	0,0744	49,1	0,1824	0,0976	34,93	0,1859	0,0968	90,21	0,1767	0,1351
672	160	64	255	78,97	0,22	0,1645	114,98	0,2481	0,1838	62,15	0,2231	0,1248	59,14	0,219	0,0915	59,99	0,215	0,1122	42,61	0,2195	0,1116	100,88	0,1956	0,1444
673	192	64	255	89,64	0,2421	0,1765	129,85	0,2684	0,1945	72,08	0,2464	0,1367	77,01	0,2475	0,1074	75,17	0,2543	0,1297	51,52	0,254	0,1275	115,52	0,2191	0,1553
674	224	64	255	103,41	0,2671	0,1881	143,16	0,2844	0,2031	83,31	0,2697	0,1486	94,33	0,2722	0,1212	94,86	0,2971	0,1488	61,05	0,2876	0,1424	134,9	0,2462	0,1688
675	255	64	255	112,99	0,2824	0,19																		



				Prestigio Multipad PMP3384B			Apple iPad Wi-Fi (1. generacija)			Apple iPad 3 Wi-Fi			Apple iPad 4 Wi-Fi			Sony Xperia P			Samsung Galaxy S			Samsung Galaxy S Advance		
R	G	B	Y	x	y	Y	x	y	Y	x	y	Y	x	y	Y	x	y	Y	x	y	Y	x	y	
1	0	0	0,4	0,2625	0,2551	0,37	0,2597	0,2687	0,5	0,2829	0,2466	0,42	0,2402	0,2365	1,03	0,2606	0,2436	0	0	0	0	0	0	
2	32	0	1,55	0,4789	0,3188	0,85	0,433	0,3021	1,15	0,4835	0,2911	1,12	0,4542	0,2899	2,42	0,4585	0,2873	1,41	0,6699	0,3293	0,57	0,6528	0,3472	
3	64	0	4,16	0,5545	0,3401	3,25	0,5592	0,3349	4,43	0,5857	0,317	4,08	0,5855	0,3177	9,27	0,5978	0,3176	3,72	0,672	0,3263	2,34	0,6633	0,3367	
4	96	0	10,38	0,5812	0,3467	7,59	0,5878	0,3419	10,26	0,6127	0,3241	9,34	0,6166	0,3243	22,06	0,6309	0,3252	9,61	0,6744	0,3245	6,31	0,6652	0,3332	
5	128	0	19,77	0,5916	0,3497	14,42	0,5992	0,3446	18,63	0,6234	0,3267	17,74	0,6285	0,3268	42,1	0,6415	0,3276	18,83	0,6751	0,324	12,04	0,665	0,3322	
6	160	0	30,85	0,5978	0,3522	24,46	0,6036	0,3456	29,97	0,6278	0,3279	28,84	0,6335	0,328	67,6	0,6462	0,3287	32,87	0,6756	0,324	20,82	0,6669	0,3318	
7	192	0	43,22	0,6026	0,3542	37,77	0,6062	0,3463	43,86	0,6304	0,3285	43,37	0,6362	0,3287	79,35	0,6471	0,3289	47,88	0,6754	0,3239	32,7	0,6674	0,3318	
8	224	0	53,73	0,6069	0,3561	53,76	0,6075	0,3466	60,85	0,6312	0,3288	62,73	0,6377	0,3291	79,32	0,6472	0,3289	65,2	0,6756	0,3239	47,93	0,6676	0,3319	
9	255	0	62,07	0,6102	0,3574	72,55	0,6078	0,3463	76,91	0,6306	0,3283	87,38	0,6383	0,3291	79,31	0,6472	0,3289	85,76	0,6763	0,3236	66,21	0,6678	0,3319	
10	0	32	4,62	0,2851	0,5199	1,69	0,2945	0,4513	3,29	0,2906	0,4968	2,69	0,281	0,4888	5,42	0,2605	0,5039	4,46	0,2009	0,7306	1,52	0,1977	0,7329	
11	32	32	5,22	0,3651	0,4754	2,17	0,3853	0,424	4,09	0,3862	0,4511	3,39	0,3806	0,4432	5,04	0,367	0,4257	5,58	0,3957	0,5652	2,14	0,4126	0,5416	
12	64	32	7,97	0,4557	0,4258	4,59	0,5137	0,3793	7,25	0,5151	0,3892	6,43	0,5211	0,3824	9,98	0,5568	0,3519	7,71	0,5211	0,4582	3,76	0,5537	0,4228	
13	96	32	14,03	0,5249	0,3906	8,93	0,5633	0,3634	13,08	0,5732	0,3605	11,77	0,5808	0,357	22,22	0,6156	0,3356	12,74	0,5906	0,3962	7,63	0,6217	0,3723	
14	128	32	23,44	0,5582	0,3748	15,85	0,5839	0,3561	21,49	0,5987	0,3477	20,23	0,6069	0,345	38,89	0,6369	0,3303	21,43	0,6379	0,3563	13,11	0,6418	0,3539	
15	160	32	34,55	0,5749	0,3687	25,88	0,5948	0,3527	32,8	0,6123	0,3415	31,37	0,6195	0,3397	63,96	0,6454	0,3293	35,16	0,6539	0,3425	21,88	0,6525	0,3442	
16	192	32	47,04	0,5856	0,3664	39,2	0,6003	0,3508	46,85	0,6189	0,3378	45,89	0,6265	0,3365	79,3	0,6473	0,329	49,49	0,6626	0,3349	33,55	0,6589	0,3396	
17	224	32	57,68	0,5927	0,366	55,17	0,6033	0,3498	63,64	0,623	0,3355	65,16	0,6309	0,3345	79,29	0,6473	0,3289	67,46	0,6669	0,3313	48,33	0,6616	0,3368	
18	255	32	66,4	0,5968	0,3665	73,93	0,6046	0,3489	79,76	0,6238	0,3337	89,67	0,6332	0,3332	79,25	0,6474	0,329	87,86	0,6704	0,3287	67,16	0,6636	0,3353	
19	0	64	14,4	0,2903	0,5563	8,15	0,3162	0,5365	14,52	0,2986	0,5762	12,48	0,2952	0,5749	27,32	0,2663	0,6203	13,02	0,198	0,7338	6,3	0,2158	0,7166	
20	32	64	15,23	0,3208	0,5367	8,62	0,3414	0,5194	15,42	0,3292	0,5533	13,33	0,3256	0,5539	23,99	0,2863	0,6008	13,99	0,279	0,6649	6,72	0,2853	0,6592	
21	64	64	17,17	0,3766	0,4981	11,02	0,421	0,4698	18,61	0,408	0,4958	16,37	0,412	0,4924	25,66	0,4054	0,5081	15,55	0,3928	0,5682	8,39	0,411	0,5549	
22	96	64	23,42	0,4496	0,4509	15,43	0,4871	0,4267	24,39	0,4804	0,4433	21,8	0,4872	0,4393	33,8	0,5204	0,4223	20,65	0,5042	0,4718	12,21	0,5238	0,4051	
23	128	64	32,87	0,5011	0,4179	22,32	0,5309	0,3987	32,87	0,5297	0,407	30,3	0,5395	0,4024	48,29	0,5847	0,3767	28,95	0,5735	0,4119	17,54	0,5801	0,4474	
24	160	64	44,06	0,5312	0,4007	32,39	0,5583	0,3813	44,23	0,5612	0,3841	41,49	0,5709	0,3802	71,2	0,6145	0,3559	41,61	0,6135	0,3775	26,24	0,6138	0,3777	
25	192	64	56,53	0,5512	0,391	45,69	0,5747	0,3707	58,25	0,589	0,3695	56,04	0,5909	0,3658	88,35	0,6269	0,3467	51,11	0,6335	0,3604	37,92	0,6327	0,3617	
26	224	64	67,4	0,563	0,3866	61,68	0,5844	0,3642	75,21	0,5937	0,3596	75,36	0,6045	0,3561	86,14	0,6317	0,3428	74,1	0,6461	0,3493	52,62	0,6442	0,3523	
27	255	64	76,77	0,5691	0,3857	80,42	0,5901	0,3599	91,2	0,6001	0,3536	100,03	0,6131	0,3496	84,76	0,6347	0,3397	94,45	0,6547	0,3422	70,92	0,6513	0,3461	
28	0	96	17,35	0,2924	0,5693	10,91	0,3191	0,553	35,56	0,301	0,5908	30,45	0,2977	0,5925	65,9	0,2681	0,6389	29,3	0,1953	0,7389	16,87	0,2084	0,7293	
29	32	96	18,09	0,3054	0,5602	20,41	0,3304	0,5456	36,5	0,3144	0,5793	31,42	0,3112	0,5822	61,15	0,2726	0,637	30,06	0,2293	0,7086	17,34	0,2399	0,7029	
30	64	96	40,18	0,327	0,5405	22,83	0,3743	0,5141	39,68	0,3657	0,5792	34,57	0,3592	0,5458	58,88	0,3227	0,5957	31,64	0,2975	0,6077	18,81	0,3102	0,6422	
31	96	96	46,06	0,3817	0,5059	27,24	0,4269	0,4772	55,55	0,4112	0,5045	40,0	0,4167	0,5018	64,47	0,4138	0,5219	36,6	0,3918	0,5684	22,56	0,4124	0,5534	
32	128	96	55,76	0,4311	0,4719	34,09	0,4743	0,4439	74,02	0,4606	0,4657	48,58	0,4713	0,4602	76,07	0,4948	0,4561	44	0,4776	0,4951	27,78	0,4853	0,4987	
33	160	96	66,98	0,4676	0,4481	44,2	0,5117	0,4174	65,47	0,5007	0,4347	57,49	0,5122	0,4287	94,03	0,5504	0,4114	56,72	0,5453	0,4363	36,2	0,5449	0,4383	
34	192	96	79,68	0,495	0,4317	57,54	0,5381	0,3988	79,46	0,51	0,4116	74,41	0,5429	0,4054	114,84	0,5782	0,3892	70,26	0,5844	0,4028	47,55	0,5826	0,4066	
35	224	96	90,64	0,5124	0,4225	73,53	0,5556	0,3863	96,39	0,5515	0,3945	93,81	0,5662	0,3875	111,14	0,5842	0,3842	87,99	0,6056	0,3846	62,24	0,6074	0,3845	
36	255	96	101,1	0,521	0,4193	92,2	0,5672	0,3775	112,39	0,564	0,3835	118,64	0,5824	0,3746	108,67	0,5883	0,3806	108,35	0,624	0,3688	80,5	0,6237	0,3699	
37	0	128	70,84	0,2952	0,5744	38,62	0,3203	0,5594	66,18	0,3016	0,5948	58,25	0,2986	0,5987	124,92	0,2683	0,6459	55,7	0,1946	0,7388	31,53	0,2065	0,7331	
38	32	128	72,37	0,3019	0,5697	39,13	0,3262	0,555	67,18	0,3092	0,5885	59,36	0,3058	0,5926	115,28	0,2689	0,6479	56,02	0,2104	0,7258	31,98	0,224	0,718	
39	64	128	74,61	0,3171	0,5581	41,55	0,3521	0,5363	70,36	0,3343	0,5688	62,54	0,3342	0,5703	109,94	0,2928	0,6291	56,11	0,2494	0,6918	33,32	0,2658	0,681	
40	96	128	80,78	0,3486	0,5353	45,94	0,3884	0,5098	76,27	0,372	0,5389	68,04	0,3739	0,5394	112,49	0,3492	0,5822	61,07	0,3198	0,6313	36,93	0,344	0,6147	
41	128	128	90,25	0,386	0,5085	52,89	0,4286	0,4802	84,69	0,4121	0,5071	76,66	0,4192	0,5041	122,55	0,4176	0,5257	67,53	0,3956	0,5657	41,91	0,4114	0,5553	
42	160	128	101,73	0,4188	0,4861	62,93	0,4667	0,4526	96,18	0,4503	0,4765	87,85	0,4592	0,4726	136,92	0,4789	0,4741	80,71	0,4645	0,5062	50,12	0,4787	0,4959	
43	192	128	114,51	0,4463	0,4685	76,25	0,4979	0,43	110,24	0,4803	0,4511	102,55	0,4939	0,4457	158,54	0,5216	0,439	94,34	0,5206	0,4718	61,44	0,5283	0,453	
44	224	128	125,62	0,4651	0,4573	92,26	0,5211	0,4129	127,14	0,5084	0,4302	121,38	0,5232	0,4225	180,42	0,5304	0,4311	110,28	0,5529	0,4298	75,36	0,5643	0,4291	
45	255	128	136,84	0,4756	0,4522	110,92	0,5379	0,3999	143,16	0,5249	0,4159	146,82	0,5459	0,4043	146,86	0,5344	0,4276	130,6	0,5822	0,405	93,51	0,5905	0,4399	
46	0	160	109,01	0,2981	0,5779	66,06	0,3209	0,5621	106,55	0,3016	0,5972	95,58	0,299	0,6008	196,65	0,2676	0,6484	91,96	0,1934	0,7395	53,19	0,2058	0,7342	
47	32	160	110,91	0,3025	0,5749	66,6	0,3245	0,5596	107,54	0,3064	0,5933	96,67	0,3035	0,5974	187,85	0,2682	0,6509	92,48	0,2017	0,733	53,75	0,2165	0,7244	
48	64	160	113,31	0,3126	0,5671	69,03	0,3404	0,5475	110,8	0,3229	0,5799	98,88	0,3219	0,5829	179,94	0,2798	0,643	93,04	0,2263	0,7115	55,15	0,2421	0,7106	
49	96	160	119,51	0,3347	0,5506	73,42	0,3652	0,5292	116,67	0,3494	0,5588	105,41	0,3497	0,5608	178,22	0,316								

103	96	64	32	23,57	0,3972	0,3813	15,89	0,4609	0,4048	24,85	0,452	0,4105	22,24	0,4617	0,4125	39,56	0,489	0,4035	20,89	0,4394	0,4064	12,74	0,4841	0,4068
104	128	64	32	33	0,4587	0,3733	22,78	0,5115	0,3857	33,37	0,5065	0,3865	30,77	0,5189	0,3857	54,06	0,5607	0,372	28,66	0,5201	0,381	18,49	0,5508	0,3796
105	160	64	32	44,11	0,4974	0,369	32,81	0,5442	0,373	44,85	0,5431	0,37	41,89	0,5552	0,3694	76,97	0,603	0,355	43	0,5944	0,3604	27,14	0,5944	0,3621
106	192	64	32	56,63	0,5236	0,3671	46,18	0,5641	0,3651	58,91	0,5637	0,3597	57,43	0,5787	0,3585	91,26	0,6181	0,3496	58,95	0,6212	0,3499	39,09	0,6188	0,3515
107	224	64	32	67,35	0,5394	0,3666	62,14	0,5765	0,3603	75,64	0,5824	0,3524	75,59	0,595	0,351	88,38	0,6253	0,3459	76,49	0,6369	0,3421	54,2	0,6344	0,3455
108	256	64	32	76,19	0,5548	0,3674	80,83	0,5839	0,3568	91,19	0,5903	0,3479	99,81	0,6054	0,3499	99,81	0,6306	0,3429	96,56	0,6481	0,3375	72,34	0,6439	0,3416
109	0	96	32	36,12	0,2699	0,4902	20,5	0,3069	0,5228	36,24	0,2892	0,549	31,15	0,2871	0,5558	72,05	0,2474	0,5382	29,12	0,1876	0,643	16,98	0,2014	0,6448
110	32	96	32	37,04	0,2825	0,4881	20,98	0,3172	0,5161	37,19	0,3019	0,5404	32,05	0,2999	0,5477	68,15	0,2561	0,5425	29,54	0,2213	0,6136	17,38	0,2279	0,6241
111	64	96	32	39,76	0,3086	0,4771	23,39	0,3601	0,4913	40,38	0,3425	0,515	35,16	0,3462	0,5181	69,32	0,3096	0,5366	31,99	0,2881	0,5837	19,26	0,2982	0,575
112	96	96	32	45,86	0,3572	0,4565	27,8	0,4127	0,4612	46,28	0,3966	0,4806	40,64	0,4033	0,4815	73,52	0,3942	0,4938	37,06	0,3777	0,5204	23,16	0,3971	0,5098
113	128	96	32	55,48	0,408	0,4355	34,69	0,4618	0,4326	54,81	0,4467	0,4489	49,23	0,4463	0,4463	84,83	0,4753	0,4481	45,12	0,4657	0,464	28,39	0,4725	0,4606
114	160	96	32	66,69	0,4469	0,4203	44,78	0,5013	0,41	66,32	0,4883	0,4224	60,44	0,5009	0,4193	105,25	0,5358	0,41	57,33	0,5385	0,4195	37,04	0,5329	0,4211
115	192	96	32	79,32	0,4768	0,4097	58,11	0,5297	0,3938	80,38	0,5193	0,4028	75,01	0,5333	0,3987	122,29	0,5633	0,3942	72,87	0,5772	0,3948	48,83	0,5732	0,3942
116	224	96	32	90,16	0,4957	0,4039	74,09	0,5488	0,3827	97,13	0,5422	0,3878	94,19	0,5581	0,3828	115,82	0,5745	0,3883	90,47	0,6026	0,3756	64,14	0,5998	0,3769
117	256	96	32	99,78	0,5062	0,402	92,77	0,5616	0,3746	112,7	0,5555	0,3783	118,69	0,5753	0,3712	112,1	0,5814	0,3847	110,52	0,6211	0,365	81,84	0,6178	0,365
118	0	128	32	69,29	0,282	0,5297	39,28	0,3135	0,5427	67,2	0,2947	0,5712	59,15	0,2926	0,578	133,91	0,2538	0,5764	54,35	0,1905	0,6919	31,49	0,2029	0,6854
119	32	128	32	70,77	0,2889	0,5277	39,82	0,3194	0,5386	68,14	0,3019	0,5659	60,08	0,2997	0,5727	126,06	0,2571	0,5817	56,25	0,2075	0,6797	31,98	0,2195	0,6691
120	64	128	32	73,66	0,3039	0,5194	42,27	0,3446	0,5218	71,34	0,3263	0,5485	63,27	0,3274	0,5531	122,36	0,2871	0,5773	56,33	0,2461	0,6529	33,55	0,2622	0,6364
121	96	128	32	80,02	0,3352	0,502	46,65	0,3805	0,4982	77,26	0,3635	0,5222	68,81	0,3667	0,525	124,42	0,3408	0,5481	61,36	0,3155	0,6028	37,44	0,3376	0,5802
122	128	128	32	89,56	0,3729	0,4812	53,55	0,421	0,4717	85,83	0,4036	0,4966	77,42	0,4116	0,493	133,19	0,4076	0,5081	69,52	0,3935	0,545	42,73	0,4072	0,5282
123	160	128	32	101,02	0,4061	0,4636	63,61	0,4596	0,4465	97,36	0,4422	0,4663	88,66	0,4519	0,4645	149,2	0,4668	0,4696	81,71	0,4679	0,4875	51,27	0,473	0,4782
124	192	128	32	113,8	0,4345	0,4497	76,97	0,4915	0,4254	111,44	0,4745	0,4432	103,25	0,4868	0,4395	170,93	0,5058	0,4427	95,78	0,5189	0,4501	62,78	0,5234	0,4404
125	224	128	32	124,76	0,4538	0,441	92,95	0,5156	0,4095	128,21	0,5011	0,4242	122,52	0,5168	0,4182	159,93	0,5174	0,4357	112,77	0,5552	0,4209	77,3	0,5597	0,4131
126	256	128	32	135,38	0,4648	0,4372	111,59	0,5332	0,3973	143,81	0,5178	0,412	147,07	0,5399	0,4011	152,74	0,5263	0,431	133,65	0,5799	0,4022	94,83	0,5862	0,3935
127	0	160	32	107,25	0,289	0,5475	66,82	0,3167	0,5519	107,92	0,2973	0,5814	96,59	0,2953	0,5879	205,54	0,2569	0,5961	92,25	0,1918	0,7184	52,93	0,2041	0,705
128	32	160	32	109,07	0,2935	0,5463	67,36	0,3202	0,5494	108,8	0,3018	0,5779	97,54	0,2997	0,5844	198,18	0,2584	0,6002	91,47	0,2006	0,7091	54,27	0,2142	0,6946
129	64	160	32	112,11	0,3036	0,54	69,76	0,3359	0,5384	112,03	0,3179	0,566	100,75	0,3177	0,571	195,34	0,2771	0,5984	93,51	0,226	0,6908	55,19	0,2411	0,6732
130	96	160	32	118,54	0,3257	0,5261	74,18	0,3604	0,5213	117,97	0,3441	0,5465	106,29	0,3453	0,5503	192,91	0,3099	0,5818	97,61	0,2718	0,6568	58,75	0,2943	0,6308
131	128	160	32	128,31	0,3546	0,5083	81,1	0,3911	0,4997	126,56	0,3751	0,5222	112,92	0,3801	0,5243	196,95	0,3587	0,5511	104,64	0,3349	0,6028	64,44	0,352	0,5843
132	160	160	32	139,59	0,3821	0,4919	91,2	0,4245	0,4766	138,09	0,4078	0,4989	126,17	0,4147	0,4986	207,78	0,4136	0,5146	117,48	0,4017	0,5495	73,04	0,4143	0,5343
133	192	160	32	152,52	0,4072	0,4778	104,5	0,4556	0,4551	152,14	0,4378	0,4764	140,78	0,4479	0,4738	227,21	0,4617	0,4809	132,16	0,455	0,5069	83,95	0,4683	0,4916
134	224	160	32	163,61	0,4252	0,4684	120,49	0,4814	0,437	168,93	0,4645	0,4563	159,98	0,4789	0,4506	223,69	0,465	0,4802	148,69	0,4954	0,4751	97,96	0,5116	0,4571
135	256	160	32	174,44	0,4362	0,4635	139,07	0,502	0,4222	184,49	0,4826	0,4438	184,37	0,5053	0,4306	216,22	0,4706	0,4779	168,5	0,5327	0,4451	115,6	0,5454	0,4302
136	0	192	32	147,64	0,2948	0,5586	103,29	0,3182	0,5569	156,21	0,2985	0,5867	144,3	0,2966	0,5933	231,41	0,2549	0,5913	135,31	0,1913	0,7306	82,97	0,2048	0,717
137	32	192	32	149,42	0,2983	0,5577	103,81	0,3204	0,5551	157,15	0,3016	0,5843	145,3	0,2995	0,5909	231,2	0,2563	0,5984	135,86	0,1958	0,726	83,78	0,2105	0,7096
138	64	192	32	152,41	0,3057	0,5526	106,25	0,331	0,5476	160,35	0,3331	0,5754	148,44	0,3322	0,5813	242,22	0,2694	0,603	137,63	0,2119	0,715	84,87	0,2285	0,6947
139	96	192	32	158,79	0,3225	0,5412	110,7	0,3483	0,5351	166,24	0,3234	0,5607	154,11	0,3322	0,5658	255,29	0,2959	0,5942	141,69	0,2448	0,6889	88,44	0,2661	0,6634
140	128	192	32	168,49	0,3456	0,5259	117,62	0,3715	0,5185	174,82	0,3567	0,5422	162,66	0,359	0,5454	264,67	0,3312	0,5752	148,08	0,294	0,6469	93,65	0,3106	0,6268
141	160	192	32	179,82	0,3686	0,5111	127,7	0,3986	0,4991	186,39	0,3838	0,5215	173,82	0,3876	0,5235	284,09	0,3733	0,5481	160,05	0,3516	0,5991	101,9	0,3644	0,5824
142	192	192	32	192,5	0,3906	0,4977	141,01	0,4262	0,4793	200,46	0,4101	0,5011	188,31	0,4169	0,5011	305,94	0,4161	0,5189	175,35	0,4057	0,5538	112,63	0,4165	0,5395
143	224	192	32	203,69	0,4068	0,4884	156,93	0,4511	0,4615	217,18	0,4354	0,4818	207,41	0,4465	0,4785	297,51	0,4261	0,5136	191,7	0,4463	0,5198	126,33	0,4624	0,5017
144	256	192	32	214,3	0,4175	0,4789	175,49	0,4724	0,4457	232,75	0,4532	0,4673	231,42	0,4734	0,4574	289,47	0,4299	0,5121	209,03	0,4829	0,4889	143,92	0,5007	0,4703
145	0	224	32	179,14	0,2999	0,5652	147,08	0,3187	0,5596	209,74	0,2989	0,5894	207,82	0,2974	0,5966	231,64	0,2524	0,5791	185,72	0,191	0,7356	120,46	0,2044	0,7225
146	32	224	32	180,72	0,3027	0,5644	147,66	0,3204	0,5584	210,57	0,3012	0,5876	208,56	0,2996	0,5948	231,27	0,2549	0,5913	185,94	0,1936	0,7339	121,1	0,2088	0,7177
147	64	224	32	183,66	0,309	0,5599	150,13	0,328	0,5529	213,82	0,31	0,5808	211,76	0,3086	0,5876	239,85	0,2651	0,5954	187,93	0,2056	0,7255	122,46	0,2205	0,708
148	96	224	32	189,63	0,3231	0,5499	154,6	0,3407	0,5435	219,73	0,325	0,5691	217,19	0,3234	0,5762	235,55	0,2896	0,5922	191,92	0,2284	0,7057	125,62	0,2477	0,685
149	128	224	32	199,18	0,3429	0,536	161,6	0,3585	0,5305	228,29	0,3445	0,5541	225,82	0,3439	0,5603	265,53	0,3248	0,5729	198,89	0,2663	0,6742	130,5	0,2819	0,6561
150	160	224	32	210,37	0,3632	0,5223	171,68	0,3805	0,5146	239,8	0,3671	0,5366	236,9	0,3668										

208	0	160	64	107,71	0,2708	0,4857	68,93	0,2975	0,5037	110,11	0,2816	0,5252	98,04	0,2797	0,533	219,48	0,239	0,5057	91,03	0,1859	0,6466	53,65	0,1977	0,6358
209	32	160	64	110,1	0,2752	0,486	69,5	0,3007	0,5015	111,03	0,2857	0,5228	99	0,2837	0,5302	209,15	0,2416	0,5113	91,66	0,1929	0,6371	54,34	0,2056	0,6249
210	64	160	64	113,11	0,2848	0,4826	71,95	0,3155	0,4937	114,22	0,3006	0,5144	102,24	0,3007	0,5203	210,23	0,2596	0,5147	93,62	0,215	0,6249	55,79	0,2313	0,6076
211	96	160	64	119,53	0,3057	0,4742	76,35	0,339	0,4818	120,2	0,3256	0,5006	107,74	0,3271	0,5055	215,28	0,2971	0,5081	98,45	0,2607	0,6091	59,47	0,2805	0,5765
212	128	160	64	129,32	0,3336	0,4631	83,3	0,3694	0,4665	128,84	0,3558	0,4839	116,42	0,3608	0,4863	218,61	0,3404	0,494	104,98	0,3186	0,5584	64,79	0,3358	0,5415
213	160	160	64	140,58	0,3608	0,4527	93,34	0,403	0,4498	140,4	0,3881	0,4659	127,56	0,3952	0,467	231,93	0,389	0,4709	117,82	0,386	0,5161	73,47	0,3968	0,505
214	192	160	64	153,48	0,3861	0,4437	106,66	0,4352	0,4337	154,44	0,4183	0,4491	142,22	0,4287	0,448	252,02	0,4371	0,4513	131,02	0,4412	0,481	84,63	0,4518	0,4687
215	224	160	64	164,56	0,4045	0,4377	122,65	0,4626	0,4199	171,13	0,4456	0,4337	161,38	0,4607	0,43	244,09	0,4432	0,4532	148,65	0,4849	0,453	98,23	0,4971	0,4403
216	255	160	64	175,77	0,4157	0,435	141,29	0,4848	0,4081	186,34	0,4641	0,4225	185,55	0,4888	0,4136	236,04	0,4493	0,4554	169,06	0,5207	0,4309	116,52	0,5321	0,418
217	0	192	64	148,38	0,2803	0,5103	105,37	0,305	0,5237	158,47	0,2869	0,5456	145,92	0,2857	0,5543	236,2	0,236	0,4948	136,74	0,1873	0,6816	82,86	0,1996	0,6708
218	32	192	64	150,84	0,2836	0,5102	105,92	0,307	0,5222	159,4	0,2899	0,5436	146,75	0,2884	0,5519	236,18	0,2379	0,5026	137,26	0,1907	0,678	83,8	0,2055	0,6617
219	64	192	64	153,78	0,2908	0,5068	108,39	0,3172	0,5159	162,56	0,3007	0,5368	149,89	0,3005	0,5442	251,06	0,2533	0,5135	137,83	0,2074	0,6677	85,3	0,2222	0,6491
220	96	192	64	160,12	0,307	0,4989	112,82	0,334	0,5061	168,59	0,3195	0,5251	155,48	0,3198	0,5318	287,14	0,2847	0,5311	141,1	0,2401	0,6444	88,67	0,2582	0,6232
221	128	192	64	169,85	0,3293	0,4881	119,74	0,3566	0,4929	177,16	0,343	0,5104	164,14	0,3458	0,5152	298,28	0,3179	0,5209	148,57	0,2862	0,6106	93,65	0,3012	0,5529
222	160	192	64	181,22	0,352	0,4776	129,85	0,3838	0,4772	188,74	0,3697	0,4938	175,17	0,3739	0,4977	315,19	0,3583	0,5068	160,92	0,3427	0,5705	102,06	0,354	0,5291
223	192	192	64	193,87	0,3738	0,4679	143,16	0,4117	0,4611	202,8	0,396	0,4773	189,72	0,4013	0,479	332,58	0,3977	0,4855	176,05	0,394	0,5315	112,75	0,4056	0,5187
224	224	192	64	205,04	0,3902	0,4611	159,11	0,4371	0,4463	219,47	0,421	0,4616	208,9	0,4238	0,46	332,55	0,4097	0,4833	192,84	0,4373	0,5015	126,56	0,4522	0,486
225	255	192	64	215,54	0,4011	0,4574	177,7	0,4592	0,4329	234,63	0,4389	0,4497	232,73	0,4599	0,4418	310,29	0,4152	0,485	210,13	0,4744	0,4751	144	0,4912	0,4584
226	0	224	64	180,49	0,2871	0,5235	149,1	0,3092	0,5356	211,65	0,2899	0,5576	209,11	0,2894	0,5682	236,45	0,2349	0,4889	186,11	0,1884	0,7016	120,62	0,2014	0,6908
227	32	224	64	182,33	0,2899	0,5233	149,67	0,3106	0,5343	212,52	0,2922	0,5559	209,85	0,2914	0,5664	236,68	0,2358	0,4929	186,55	0,1905	0,6983	121,2	0,2049	0,6849
228	64	224	64	185,05	0,2959	0,5203	152,21	0,318	0,5295	215,7	0,3005	0,5503	212,98	0,3002	0,5602	247,31	0,2479	0,5044	188,34	0,202	0,6886	122,54	0,2167	0,6753
229	96	224	64	191,2	0,3095	0,5126	156,69	0,3304	0,5215	221,67	0,3152	0,5405	218,56	0,3146	0,5503	283,66	0,2783	0,5195	192	0,2245	0,6472	126,38	0,2431	0,6551
230	128	224	64	200,76	0,3288	0,5023	163,66	0,348	0,5105	230,29	0,3343	0,5279	227,11	0,3346	0,5368	301,02	0,3115	0,5167	199,67	0,2622	0,6459	131,07	0,2763	0,6298
231	160	224	64	211,93	0,3488	0,4919	173,74	0,3698	0,4969	241,87	0,3565	0,5132	238,28	0,3572	0,5214	317,38	0,3488	0,5035	210,46	0,308	0,6114	138,83	0,3198	0,5969
232	192	224	64	224,59	0,3685	0,4822	187,09	0,3935	0,482	255,83	0,3795	0,4979	252,6	0,3817	0,5046	339,12	0,3891	0,4884	226,04	0,3565	0,5735	149,67	0,3661	0,5618
233	224	224	64	235,37	0,3836	0,4752	203	0,4163	0,4676	272,51	0,402	0,4828	271,45	0,4081	0,4865	345,9	0,4013	0,4844	241,33	0,3997	0,5408	163,46	0,4106	0,5279
234	255	224	64	245,02	0,394	0,4708	221,56	0,4371	0,4541	287,51	0,4187	0,471	294,74	0,4336	0,4682	340,16	0,4039	0,4891	260,01	0,4359	0,5126	179,53	0,4506	0,4978
235	0	255	64	202,17	0,2916	0,5284	201,85	0,3111	0,5427	252,92	0,2904	0,5628	287,88	0,2912	0,577	236,94	0,2333	0,481	243,6	0,1892	0,7139	163,54	0,2016	0,7055
236	32	255	64	203,04	0,2943	0,5289	202,48	0,3122	0,5416	253,71	0,2923	0,5614	288,32	0,2927	0,5754	236,63	0,235	0,489	244,66	0,1905	0,7127	164,51	0,2042	0,7003
237	64	255	64	205,4	0,2997	0,526	205,03	0,3177	0,5379	256,86	0,2995	0,5565	291,51	0,2994	0,5705	245,6	0,2428	0,4901	246,22	0,1987	0,7049	165,69	0,2127	0,6933
238	96	255	64	211,3	0,312	0,5187	209,61	0,3274	0,5314	262,83	0,3121	0,5478	296,97	0,3105	0,5625	277,71	0,2704	0,5054	249,73	0,2154	0,6923	169,14	0,2324	0,6777
239	128	255	64	220,64	0,3297	0,5085	216,68	0,3412	0,5224	271,46	0,3288	0,5364	305,69	0,3262	0,5513	304,45	0,3039	0,5119	257,58	0,245	0,6698	174,06	0,2585	0,6566
240	160	255	64	231,62	0,3482	0,4984	226,82	0,3588	0,5108	282,99	0,3486	0,523	316,55	0,3441	0,5385	318,6	0,3401	0,501	267,35	0,2831	0,6404	181,26	0,2946	0,628
241	192	255	64	244	0,3666	0,4889	240,19	0,3788	0,4977	296,91	0,3693	0,5088	340,73	0,3645	0,5239	341,92	0,3809	0,4851	280,45	0,3286	0,6046	192,08	0,3349	0,5959
242	224	255	64	254,61	0,3808	0,4819	256,07	0,3987	0,4846	313,42	0,3902	0,4944	309,05	0,3872	0,5077	349,58	0,3995	0,4812	298,44	0,3647	0,5758	204,76	0,3757	0,5641
243	255	255	64	262,88	0,3911	0,4772	274,56	0,4177	0,4718	328,16	0,4059	0,483	371,34	0,4102	0,4904	345,96	0,4013	0,4845	317,17	0,3996	0,5476	221,24	0,4149	0,5329
244	0	0	96	8,06	0,1511	0,0739	6,21	0,1503	0,1286	4,15	0,1542	0,0592	3,62	0,1493	0,0642	8,67	0,1529	0,0573	3,47	0,1386	0,0517	1,88	0,1385	0,0539
245	32	0	96	8,83	0,1629	0,0812	6,74	0,1628	0,1344	4,98	0,1706	0,0685	4,34	0,1664	0,0731	11,36	0,187	0,0756	4,79	0,173	0,0697	2,48	0,1619	0,0666
246	64	0	96	11,08	0,1892	0,0974	9,12	0,2158	0,1596	8,12	0,2239	0,0986	7,44	0,2285	0,1067	19,79	0,2662	0,119	7,49	0,2269	0,0968	4,24	0,2246	0,0994
247	96	0	96	16,82	0,2422	0,1302	13,47	0,2858	0,1931	14,01	0,2937	0,1396	12,85	0,3065	0,1488	34,87	0,3658	0,1736	13,24	0,3081	0,1381	8,25	0,3227	0,1058
248	128	0	96	26,14	0,303	0,1679	20,32	0,3572	0,2268	22,58	0,3662	0,1787	21,34	0,3828	0,19	55,87	0,4476	0,2182	22,14	0,3979	0,1835	14,05	0,4068	0,1951
249	160	0	96	37,14	0,3535	0,199	30,36	0,4183	0,2559	34,1	0,4241	0,2113	32,47	0,4419	0,222	83,75	0,5109	0,2529	36,99	0,4763	0,2229	22,85	0,4791	0,2329
250	192	0	96	49,56	0,3943	0,2241	43,7	0,4649	0,278	48,09	0,4676	0,2358	46,99	0,4871	0,2466	83,48	0,5238	0,2601	52,31	0,5269	0,2487	34,88	0,5311	0,2598
251	224	0	96	60,16	0,421	0,2403	59,73	0,4974	0,2934	64,71	0,5001	0,2542	65,9	0,5219	0,2654	83,06	0,5338	0,2657	70,06	0,5587	0,2647	50,34	0,567	0,2788
252	255	0	96	68,52	0,436	0,2491	78,61	0,5196	0,304	79,7	0,5189	0,2649	89,47	0,5457	0,2783	82,6	0,5457	0,2724	90	0,5845	0,2772	68,45	0,592	0,292
253	0	32	96	11,6	0,159	0,1013	7,55	0,158	0,1493	7,01	0,1635	0,0936	6,08	0,1592	0,0983	19,63	0,163	0,112	7,32	0,1435	0,1066	3,36	0,1432	0,092
254	32	32	96	12,29	0,1695	0,1077	8,08	0,17	0,154	7,88	0,1787	0,1014	6,85	0,1751	0,1059	20,33	0,1886	0,1162	8,48	0,1715	0,1155	4,07	0,1656	0,1021
255	64	32	96	14,72	0,1937	0,1216	10,52	0,221	0,1764	11,02														

313	192	224	96	228,8	0,3409	0,4301	190,78	0,3761	0,457	258,25	0,3622	0,4645	255,51	0,3666	0,4754	398,54	0,3619	0,4462	226,26	0,3426	0,5375	149,86	0,3505	0,5243
314	224	224	96	239,61	0,3555	0,4268	206,75	0,3991	0,4459	274,9	0,3846	0,4532	274,27	0,3926	0,4611	407,01	0,3789	0,4437	241,59	0,3846	0,5127	163,67	0,3945	0,4979
315	255	224	96	249,13	0,3658	0,4247	225,4	0,4204	0,4351	289,87	0,4013	0,4441	297,47	0,4177	0,4462	397,79	0,3812	0,4478	260,47	0,4206	0,4896	179,89	0,4348	0,4738
316	0	255	96	206,76	0,2696	0,4677	205,43	0,2993	0,5129	255,14	0,2786	0,5197	289,43	0,2817	0,5431	243,92	0,2161	0,3924	244,03	0,1851	0,6611	163,37	0,1966	0,6548
317	32	255	96	207,54	0,2721	0,459	206,07	0,3003	0,5119	255,96	0,2804	0,5185	289,86	0,2831	0,5414	243,15	0,2182	0,403	244,82	0,1858	0,658	164,77	0,1989	0,6487
318	64	255	96	209,87	0,2769	0,4573	208,69	0,3057	0,5087	259,14	0,2872	0,5147	293,01	0,2896	0,5372	254,02	0,2283	0,4141	247,02	0,1937	0,6535	165,68	0,207	0,6431
319	96	255	96	215,69	0,2883	0,4539	213,24	0,315	0,5036	265,1	0,2992	0,5082	298,7	0,3005	0,5306	290,02	0,2542	0,4331	249,94	0,2098	0,6445	169,13	0,2254	0,6302
320	128	255	96	225,15	0,3047	0,448	220,3	0,3284	0,4963	273,71	0,3153	0,4996	307,35	0,3158	0,5212	356,01	0,287	0,4474	256,47	0,2364	0,6281	173,84	0,2501	0,6133
321	160	255	96	236,11	0,3223	0,4429	230,49	0,3457	0,487	285,23	0,3344	0,4892	318,37	0,3333	0,5107	378,89	0,3195	0,4516	265,3	0,277	0,6024	181,72	0,2847	0,5898
322	192	255	96	248,5	0,3401	0,4379	243,83	0,3655	0,4764	299,17	0,3547	0,4783	332,51	0,3532	0,4986	400,38	0,3544	0,4434	280,15	0,3192	0,5746	191,69	0,3238	0,5638
323	224	255	96	259,07	0,354	0,4343	259,76	0,3854	0,4656	315,73	0,3753	0,467	350,85	0,3755	0,485	416,53	0,3764	0,4391	298,91	0,3544	0,5491	204,38	0,3641	0,5369
324	255	255	96	267,25	0,3639	0,4319	278,26	0,4045	0,4548	330,51	0,3909	0,4578	372,73	0,398	0,4702	406,89	0,3789	0,4437	316,96	0,3893	0,5261	221,32	0,4028	0,5108
325	0	128	14,92	0,1506	0,0745	11,75	0,1482	0,1262	7,4	0,1527	0,0566	6,71	0,1482	0,0615	15,8	0,1527	0,0561	6,4	0,1382	0,0511	3,47	0,1388	0,0528	
326	32	128	15,69	0,1568	0,0783	12,32	0,155	0,1294	8,28	0,1619	0,062	7,48	0,1574	0,0665	18,14	0,1739	0,067	7,67	0,1551	0,06	4,06	0,1511	0,0593	
327	64	128	17,93	0,1714	0,0873	14,72	0,1851	0,1438	11,37	0,1931	0,0795	10,53	0,1936	0,0863	27,85	0,2284	0,0966	10,36	0,1868	0,076	5,84	0,1876	0,079	
328	96	128	23,71	0,2036	0,1072	19,08	0,231	0,1657	17,3	0,2421	0,1074	15,93	0,2463	0,1148	43,25	0,297	0,1344	15,56	0,241	0,1034	9,76	0,2542	0,1138	
329	128	128	32,9	0,246	0,1333	25,94	0,2862	0,1921	25,85	0,2965	0,1382	24,41	0,3078	0,1482	65,42	0,3696	0,1744	25,18	0,3129	0,14	15,29	0,3228	0,1498	
330	160	128	43,93	0,2861	0,158	35,94	0,3428	0,2192	37,42	0,3496	0,1684	35,62	0,364	0,179	89,61	0,4258	0,2053	37,74	0,3847	0,1763	24,12	0,3957	0,1884	
331	192	128	56,33	0,3224	0,1802	49,33	0,3933	0,2433	51,43	0,395	0,1942	50,02	0,4133	0,2058	88,68	0,4375	0,2119	55	0,4402	0,2045	36,1	0,4564	0,2205	
332	224	128	66,91	0,348	0,1958	65,4	0,433	0,2623	68,04	0,4328	0,2156	69,04	0,4558	0,2291	97,86	0,4489	0,2183	72,39	0,4862	0,2278	51,36	0,5037	0,2453	
333	255	128	75,18	0,3643	0,2055	84,29	0,4632	0,2767	83,06	0,4568	0,2294	92,53	0,4885	0,2469	87,32	0,4567	0,2226	92,13	0,5171	0,2431	69,28	0,5396	0,2642	
334	0	32	128	18,49	0,1547	0,0892	13,11	0,1526	0,1373	10,3	0,1581	0,0799	9,1	0,1529	0,0799	28,62	0,1586	0,0909	9,93	0,1408	0,0786	4,87	0,1409	0,0731
335	32	32	128	19,2	0,1604	0,0927	13,7	0,1592	0,1402	11,13	0,1666	0,0804	9,85	0,1618	0,0844	30,11	0,1784	0,0983	10,94	0,1547	0,083	5,62	0,1535	0,0791
336	64	32	128	21,65	0,1743	0,1011	16,16	0,1889	0,1539	14,3	0,1967	0,0965	13,1	0,1973	0,1027	35,22	0,2194	0,1144	13,38	0,1867	0,0969	7,2	0,1877	0,0948
337	96	32	128	27,53	0,2051	0,1192	20,56	0,2338	0,1744	20,24	0,24	12,18	18,47	0,2483	0,1287	47,52	0,2826	0,1417	18,36	0,2395	0,1207	11,23	0,2533	0,1276
338	128	32	128	36,76	0,2457	0,1432	27,4	0,2875	0,1989	28,8	0,2967	0,1498	27,02	0,308	0,1592	66,93	0,3496	0,1733	27,28	0,3085	0,1516	16,97	0,3216	0,1609
339	160	32	128	47,8	0,2844	0,166	37,5	0,3433	0,2246	40,37	0,3486	0,1775	38,18	0,3628	0,1873	93,76	0,4141	0,2047	41,06	0,3864	0,1878	25,99	0,3927	0,1962
340	192	32	128	60,24	0,3198	0,1867	50,85	0,3928	0,2473	54,35	0,3933	0,2013	52,66	0,4113	0,2122	92,39	0,4267	0,21	57,29	0,4381	0,2123	37,95	0,4533	0,2257
341	224	32	128	70,86	0,345	0,2015	66,91	0,4322	0,2654	70,96	0,4307	0,2213	71,6	0,4534	0,2337	90,66	0,4356	0,2136	75,05	0,4835	0,2328	53,27	0,5006	0,2493
342	255	32	128	79,23	0,3611	0,2109	85,74	0,4622	0,2791	85,98	0,4546	0,2342	95,09	0,4859	0,2505	89,29	0,444	0,2172	94,74	0,5189	0,2487	71,36	0,5365	0,2667
343	0	64	128	27,02	0,164	0,1201	19,74	0,1712	0,1841	21,84	0,1759	0,1409	19,44	0,172	0,1482	60,15	0,1715	0,1592	17,03	0,1451	0,1311	9,2	0,1464	0,1275
344	32	64	128	28,15	0,1694	0,1258	20,32	0,1768	0,1859	22,7	0,183	0,1439	20,26	0,1793	0,151	58,99	0,184	0,1611	18,11	0,1566	0,1328	9,91	0,1582	0,1298
345	64	64	128	30,61	0,182	0,1327	22,75	0,2022	0,1952	25,89	0,2088	0,1545	23,42	0,2094	0,1626	64,3	0,2234	0,1748	20,6	0,1848	0,1401	11,73	0,1906	0,1425
346	96	64	128	36,62	0,2103	0,1479	27,16	0,2419	0,2098	31,82	0,25	0,1715	29,03	0,2542	0,18	74,43	0,273	0,1902	25,63	0,2347	0,1592	15,57	0,2508	0,1657
347	128	64	128	45,91	0,2479	0,1727	34,14	0,2909	0,228	40,47	0,2972	0,191	37,57	0,3073	0,2006	90,01	0,333	0,2075	33,83	0,304	0,1848	21,36	0,3159	0,1913
348	160	64	128	57,06	0,2844	0,1847	44,17	0,3422	0,2471	51,99	0,3449	0,2106	48,8	0,3579	0,2202	113,94	0,394	0,2281	47,24	0,3743	0,2075	30,08	0,3848	0,2183
349	192	64	128	69,51	0,3179	0,2046	57,56	0,3893	0,2646	66,04	0,3871	0,228	63,27	0,4039	0,238	116,98	0,4167	0,2343	63,46	0,4352	0,2318	41,95	0,4453	0,2424
350	224	64	128	80,18	0,342	0,2172	73,59	0,4274	0,2788	82,63	0,4232	0,2429	82,3	0,4449	0,2539	112,42	0,4253	0,2355	81,05	0,4766	0,2474	57,17	0,4934	0,2613
351	255	64	128	88,96	0,3574	0,226	92,37	0,457	0,2896	97,71	0,4467	0,2526	106,1	0,4772	0,2666	107,55	0,4346	0,2364	101	0,5139	0,2603	74,97	0,5303	0,2759
352	0	96	128	47,84	0,1872	0,1855	31,79	0,1961	0,2474	43,5	0,1996	0,2275	38,14	0,1962	0,2349	109,83	0,186	0,2352	32,75	0,1522	0,1218	19,44	0,1574	0,2271
353	32	96	128	49,6	0,1869	0,1894	32,35	0,2003	0,2478	44,41	0,2052	0,2288	39,06	0,202	0,2359	102,64	0,1924	0,2295	33,85	0,1622	0,2183	20,13	0,1662	0,224
354	64	96	128	52,27	0,1974	0,1942	34,83	0,2208	0,2524	47,59	0,2253	0,2335	42,02	0,2254	0,2408	109,7	0,2224	0,2431	35,83	0,1856	0,2243	21,71	0,1919	0,2284
355	96	96	128	58,32	0,2209	0,2038	39,25	0,2534	0,2602	53,56	0,2584	0,2413	47,83	0,2614	0,2485	125,09	0,2721	0,2574	39,69	0,2301	0,224	25,74	0,2453	0,2391
356	128	96	128	67,85	0,2531	0,217	46,16	0,2948	0,2701	62,22	0,2978	0,2507	56,44	0,3062	0,2581	139,59	0,3198	0,2646	47,99	0,2922	0,2439	31,28	0,3039	0,2514
357	160	96	128	79,05	0,2849	0,2297	56,28	0,3403	0,2811	73,83	0,3394	0,2604	67,75	0,3507	0,2676	158,5	0,3711	0,272	61,07	0,3608	0,2563	39,64	0,3686	0,2649
358	192	96	128	91,65	0,3149	0,2418	69,63	0,3834	0,2915	87,81	0,3775	0,2694	82,33	0,3929	0,2766	174,25	0,4063	0,2784	76,98	0,4198	0,2677	51,46	0,4281	0,2777
359	224	96	128	102,44	0,3369	0,2507	85,67	0,4196	0,3002	104,5	0,4115	0,2774	101,45	0,432	0,285	164,41	0,413	0,277	95,45	0,4624	0,2773	66,55	0,477	0,2884
360	255	96	128	112,03	0,3511	0,2579	104,41	0,4486	0,3069	119,63	0,4342	0,2825	125,44	0,4638	0,2917	156,1	0,4207	0,2768	114,48	0,5011	0,284	84,33	0,5156	



418	96	32	160	35.13	0.189	0.108	28.66	0.2022	0.1559	24.45	0.2142	0.0998	22.44	0.2156	0.1062	60.1	0.2455	0.119	22.57	0.2048	0.0959	13.5	0.2121	0.1002
419	128	32	160	44.42	0.2199	0.1264	35.56	0.2418	0.1744	33.09	0.2546	0.122	31.03	0.2619	0.1306	80	0.3009	0.1449	30.95	0.2527	0.1183	19.22	0.264	0.1265
420	160	32	160	55.37	0.2512	0.1449	45.64	0.2874	0.1958	44.58	0.2978	0.1456	42.17	0.3088	0.1552	103.6	0.3542	0.1715	44.48	0.3116	0.1468	28.11	0.325	0.1573
421	192	32	160	67.86	0.2812	0.1628	58.98	0.3327	0.217	58.57	0.3386	0.168	56.6	0.3543	0.1791	100.74	0.3601	0.1729	60.37	0.3665	0.1731	40	0.3835	0.187
422	224	32	160	78.41	0.3035	0.1758	75.06	0.3726	0.2357	75.21	0.3756	0.1883	75.57	0.3975	0.2019	98.68	0.3649	0.1742	78.21	0.4107	0.1939	54.94	0.4351	0.2131
423	255	32	160	86.66	0.3186	0.1847	93.89	0.406	0.2513	90.19	0.4009	0.2022	99.02	0.434	0.2212	96.78	0.3714	0.1768	97.46	0.4525	0.2136	73.35	0.477	0.2346
424	0	64	160	34.63	0.1597	0.1097	27.89	0.1617	0.1611	26.08	0.1676	0.1116	23.45	0.1633	0.1179	73.75	0.1665	0.1342	21.3	0.1424	0.099	11.45	0.1438	0.0967
425	32	64	160	35.74	0.1635	0.1124	28.5	0.1654	0.1624	26.97	0.1705	0.1139	24.34	0.1686	0.1204	74.06	0.1781	0.1368	21.43	0.1497	0.0998	12.07	0.1497	0.0984
426	64	64	160	38.22	0.1727	0.1175	30.94	0.1822	0.1692	30.17	0.1906	0.1224	27.45	0.1894	0.1295	80.81	0.2058	0.1454	24.14	0.1662	0.1054	13.76	0.1699	0.1074
427	96	64	160	44.21	0.1935	0.1292	35.35	0.2096	0.1807	36.1	0.2206	0.1365	33.07	0.2223	0.1443	89.47	0.2431	0.1565	28.4	0.2	0.1195	17.58	0.2119	0.1258
428	128	64	160	53.56	0.2227	0.1453	42.27	0.2465	0.1959	44.73	0.2578	0.1538	41.61	0.2645	0.163	106.96	0.2915	0.1753	36.96	0.2469	0.1382	23.23	0.2618	0.1482
429	160	64	160	64.59	0.2524	0.1618	52.37	0.2893	0.2137	56.31	0.2981	0.1727	52.84	0.3083	0.1824	129.32	0.3427	0.1942	50.72	0.3096	0.1653	31.87	0.3212	0.1746
430	192	64	160	77.09	0.2812	0.1776	65.73	0.3326	0.2316	70.34	0.3367	0.1908	66.29	0.3515	0.2016	129.79	0.3574	0.1982	65.21	0.3616	0.1865	43.66	0.3791	0.2005
431	224	64	160	87.7	0.3026	0.1893	81.79	0.371	0.2476	86.93	0.3721	0.2074	86.32	0.393	0.2201	123.55	0.362	0.1966	83.46	0.4077	0.2057	58.82	0.4305	0.2236
432	255	64	160	96.4	0.3171	0.1978	100.58	0.4034	0.2609	101.98	0.3966	0.2189	100.93	0.4286	0.2361	118.86	0.367	0.1963	103.9	0.4459	0.2219	76.62	0.473	0.2427
433	0	96	160	55.38	0.1733	0.1573	39.96	0.1794	0.2055	47.74	0.1855	0.1768	42.17	0.1815	0.1834	125.6	0.1781	0.1947	36.12	0.147	0.1563	21.28	0.1497	0.163
434	32	96	160	57.12	0.1769	0.1604	40.53	0.1821	0.2061	48.71	0.1897	0.1784	43.11	0.1851	0.1847	121.91	0.1851	0.1934	36.59	0.1526	0.1541	21.98	0.1561	0.1629
435	64	96	160	59.8	0.185	0.1645	43.05	0.1968	0.2108	51.91	0.2048	0.1835	46.33	0.2035	0.1904	130.12	0.2091	0.2015	38.79	0.169	0.1602	23.67	0.1734	0.168
436	96	96	160	65.85	0.2032	0.173	47.46	0.2209	0.2186	57.87	0.2304	0.1923	51.9	0.2315	0.1993	145.19	0.2455	0.2128	43.11	0.1996	0.1678	27.53	0.2116	0.1801
437	128	96	160	75.43	0.2297	0.1851	54.45	0.2535	0.2294	66.51	0.2626	0.2033	60.59	0.2685	0.2112	156.72	0.2844	0.2204	50.55	0.2454	0.1835	32.81	0.2567	0.1944
438	160	96	160	86.51	0.2557	0.1974	64.52	0.2921	0.242	78.13	0.2985	0.2155	71.78	0.3075	0.2236	178.63	0.3301	0.2319	64.5	0.3029	0.2008	41.43	0.3131	0.2129
439	192	96	160	99.16	0.2818	0.2094	77.86	0.332	0.2551	92.13	0.3335	0.2275	86.4	0.347	0.2363	189.72	0.3573	0.2394	79.9	0.3523	0.2143	53.08	0.3693	0.2312
440	224	96	160	109.94	0.3016	0.2186	93.89	0.3681	0.2669	108.81	0.3664	0.2387	105.47	0.386	0.2488	181.01	0.3618	0.239	97.59	0.3998	0.2316	68.2	0.4199	0.2479
441	255	96	160	119.37	0.315	0.226	112.7	0.3992	0.277	123.91	0.3867	0.2468	129.45	0.4201	0.2599	171.25	0.3652	0.236	117.53	0.4378	0.2435	85.84	0.4626	0.2619
442	0	128	160	87.76	0.1901	0.2147	58.92	0.2002	0.2585	79.15	0.2044	0.2454	70.62	0.2015	0.2547	189.57	0.1896	0.2535	60.52	0.1528	0.2307	35.22	0.1574	0.2365
443	32	128	160	90.16	0.1934	0.2177	59.52	0.2026	0.2585	80.16	0.2076	0.2461	71.62	0.2048	0.255	183	0.193	0.2475	60.52	0.1563	0.226	35.78	0.1617	0.2335
444	64	128	160	93.08	0.2001	0.2206	62	0.2145	0.2608	83.32	0.2199	0.2485	74.82	0.219	0.2574	190.26	0.211	0.2535	62.41	0.1699	0.2299	37.51	0.1771	0.2361
445	96	128	160	99.4	0.2154	0.2262	66.45	0.2345	0.265	89.31	0.241	0.2526	80.44	0.2419	0.2614	208.7	0.2423	0.2644	66.93	0.197	0.2365	41.35	0.2105	0.2419
446	128	128	160	108.91	0.2372	0.2337	73.37	0.262	0.2709	97.94	0.268	0.2579	89.14	0.2729	0.2666	222.71	0.2801	0.2729	72.79	0.2375	0.2348	46.79	0.2519	0.2494
447	160	128	160	120.28	0.2603	0.2418	83.49	0.2955	0.2782	109.56	0.2989	0.264	100.4	0.3065	0.2723	240.89	0.3195	0.2771	85.42	0.2915	0.2515	55.21	0.3036	0.2589
448	192	128	160	133.04	0.2833	0.2497	96.88	0.331	0.2858	123.65	0.3299	0.2701	115.5	0.3416	0.2784	269.89	0.3592	0.2841	100.86	0.3433	0.2592	66.64	0.357	0.2688
449	224	128	160	143.94	0.3008	0.2559	112.87	0.3641	0.2929	140.33	0.3597	0.2759	134.23	0.3773	0.2845	261.72	0.3647	0.2837	120.26	0.3883	0.2686	81.31	0.4065	0.2784
450	255	128	160	154.2	0.3129	0.2618	131.67	0.3933	0.299	155.49	0.3813	0.28	158.32	0.4095	0.2899	252.59	0.3698	0.2849	138	0.4241	0.2715	98.97	0.4491	0.2867
451	0	160	160	125.31	0.2053	0.2646	86.52	0.2217	0.3127	120.15	0.2213	0.3073	108.3	0.2194	0.3187	255.57	0.1985	0.3014	95.36	0.1596	0.3131	56.88	0.1654	0.32
452	32	160	160	128.13	0.2081	0.2672	87.1	0.2234	0.3122	121.11	0.2213	0.3073	109.33	0.2221	0.3183	261.49	0.2013	0.302	96.2	0.1622	0.3173	57.49	0.169	0.315
453	64	160	160	131.12	0.2137	0.2679	89.64	0.2328	0.3128	124.32	0.2337	0.3078	112.51	0.2333	0.3185	271.65	0.2157	0.303	96.75	0.1726	0.3097	58.94	0.1814	0.3147
454	96	160	160	137.59	0.2266	0.2723	94.05	0.2487	0.3141	130.32	0.2508	0.3087	118.13	0.2517	0.3189	284.23	0.2392	0.3075	101.13	0.1958	0.3118	62.58	0.2097	0.3148
455	128	160	160	147.31	0.2452	0.2767	100.96	0.2711	0.3159	138.97	0.2731	0.31	126.78	0.2771	0.3196	301.17	0.2714	0.3151	109.06	0.2319	0.3144	67.94	0.2454	0.3153
456	160	160	160	158.53	0.2651	0.2814	111.06	0.2993	0.3184	150.58	0.2992	0.3114	138.07	0.3056	0.3202	338.85	0.3112	0.3244	120.47	0.2794	0.3101	76.32	0.2914	0.3166
457	192	160	160	171.51	0.2853	0.2882	124.44	0.3299	0.3211	164.64	0.3262	0.3128	152.67	0.3363	0.321	355.6	0.3462	0.3247	136.3	0.3256	0.3183	87.67	0.341	0.3179
458	224	160	160	182.5	0.3009	0.2902	140.47	0.3594	0.3236	181.34	0.3528	0.3142	171.78	0.3682	0.3218	375.58	0.3701	0.3271	154.13	0.3641	0.3185	102.12	0.3885	0.3194
459	255	160	160	193.02	0.3119	0.2944	159.2	0.3862	0.3256	196.5	0.3725	0.315	195.8	0.3982	0.3219	355.63	0.3742	0.3265	171.17	0.4084	0.3155	119.33	0.4305	0.3209
460	0	192	160	166.16	0.2186	0.3056	122.89	0.2404	0.3605	168.55	0.2349	0.3571	156.05	0.2345	0.3724	255.77	0.1985	0.3016	138.55	0.1647	0.3898	85.51	0.1728	0.3982
461	32	192	160	168.97	0.2209	0.3074	123.5	0.2417	0.3598	169.47	0.2387	0.3568	156.93	0.2364	0.3716	259.75	0.2004	0.3019	139.16	0.1664	0.3882	86.24	0.1756	0.3925
462	64	192	160	171.84	0.2256	0.3083	126.02	0.249	0.3592	172.69	0.2489	0.3562	160.23	0.2454	0.3704	290.34	0.214	0.3077	139.53	0.1751	0.3867	87.7	0.1858	0.3903
463	96	192	160	178.29	0.2366	0.31	130.48	0.2616	0.3586	178.69	0.2549	0.3552	165.83	0.2602	0.3687	340.44	0.2369	0.3286	143.96	0.1947	0.3837	91.04	0.2086	0.3865
464	128	192	160	188	0.2527	0.3122	137.43	0.2797	0.3579	187.33	0.2774	0.3539	174.48	0.281	0.3664	397.87	0.2647	0.3525	151.69	0.225	0.3788	96.3	0.2383	0.3825
465	160	192	160	199.3	0.27	0.3147	147.52	0.3028	0.357	198.91	0.2995													

523	0	128	192	94.89	0.1832	0.1942	69.49	0.1857	0.2216	84.28	0.1921	0.2013	77.03	0.1884	0.2079	200.5	0.1913	0.2626	62.55	0.1482	0.1786	37.58	0.151	0.1794
524	32	128	192	97.3	0.186	0.197	70.09	0.1875	0.2218	85.19	0.1947	0.202	76.99	0.1909	0.2086	193.19	0.1949	0.2511	62.51	0.1509	0.1752	38.4	0.1545	0.1781
525	64	128	192	100.19	0.1918	0.1997	72.58	0.1966	0.2244	88.39	0.2004	0.2049	80.25	0.2023	0.2116	213.19	0.2127	0.2465	64.25	0.1605	0.1788	39.86	0.1655	0.1804
526	96	128	192	106.55	0.205	0.2052	77.01	0.2121	0.2289	94.43	0.2217	0.21	85.82	0.2208	0.2166	250.95	0.2366	0.2415	68.08	0.1805	0.1815	43.49	0.1899	0.1878
527	128	128	192	116.08	0.2242	0.2127	83.95	0.2343	0.2354	103.08	0.2444	0.2166	94.57	0.2467	0.2237	253.45	0.2591	0.2364	76.29	0.2117	0.1889	48.94	0.22	0.1967
528	160	128	192	127.45	0.2448	0.2207	94.05	0.2625	0.2438	114.68	0.2711	0.2243	105.88	0.2758	0.2316	268.16	0.2924	0.24	87.19	0.2545	0.2008	57.54	0.265	0.2093
529	192	128	192	140.12	0.2657	0.2289	107.41	0.2938	0.2531	128.71	0.2988	0.2324	120.39	0.3074	0.2401	295.6	0.3266	0.2502	103.96	0.2989	0.2145	69.16	0.3121	0.223
530	224	128	192	151.05	0.2818	0.2352	123.42	0.3246	0.2621	145.3	0.3264	0.2404	139.55	0.341	0.2493	285.13	0.3297	0.2501	120.68	0.3412	0.2237	83.79	0.3059	0.2367
531	255	128	192	161.17	0.2932	0.2413	142.19	0.3532	0.2704	160.35	0.347	0.2463	163.7	0.373	0.2581	273.37	0.331	0.2481	141.07	0.3781	0.2342	101.52	0.4015	0.2493
532	0	160	192	132.47	0.197	0.2394	97.08	0.204	0.2679	125.28	0.2074	0.2571	113.72	0.2045	0.2655	255.58	0.1986	0.3017	97.88	0.1536	0.2478	58.56	0.1577	0.248
533	32	160	192	135.31	0.1994	0.2419	97.69	0.2054	0.2679	126.2	0.2095	0.2575	114.66	0.2066	0.2657	264.02	0.2026	0.3025	99.75	0.1556	0.2471	59.78	0.1606	0.245
534	64	160	192	138.35	0.2045	0.2439	100.15	0.213	0.2691	129.43	0.2177	0.2589	117.97	0.216	0.267	284.13	0.2157	0.2975	98.72	0.1632	0.246	61.08	0.1701	0.2459
535	96	160	192	144.76	0.2159	0.2475	104.58	0.226	0.2716	135.44	0.2323	0.2614	123.59	0.2316	0.2693	321.76	0.2364	0.2865	103.39	0.1811	0.2481	64.41	0.1914	0.2488
536	128	160	192	154.55	0.2326	0.2524	111.57	0.2449	0.2752	144.1	0.2515	0.2647	132.35	0.2536	0.2726	335.77	0.2543	0.2756	111.06	0.2091	0.2517	69.86	0.2201	0.2532
537	160	160	192	165.81	0.2506	0.2576	121.64	0.2692	0.2799	155.72	0.2747	0.2686	143.57	0.2787	0.2763	364.88	0.2874	0.2833	121.4	0.2478	0.2545	78.19	0.2589	0.2593
538	192	160	192	178.65	0.2692	0.2632	135	0.2968	0.2853	169.74	0.2991	0.2727	158.04	0.3065	0.2804	388.95	0.3189	0.2873	136.56	0.2892	0.2617	89.66	0.3029	0.2665
539	224	160	192	189.56	0.2836	0.2676	151.03	0.3244	0.2906	186.34	0.3239	0.2769	177.03	0.3369	0.2848	397.83	0.3383	0.2898	153.29	0.329	0.266	103.86	0.3474	0.2737
540	255	160	192	200.04	0.294	0.2722	169.72	0.3505	0.2955	201.35	0.3427	0.2799	201.2	0.3663	0.289	386.05	0.3406	0.2906	172.75	0.3645	0.2712	121.66	0.3886	0.2807
541	0	192	192	173.13	0.2095	0.2781	133.44	0.2215	0.3129	173.62	0.2206	0.3057	161.51	0.2192	0.3182	255.67	0.1985	0.3018	140.42	0.1588	0.3157	87.26	0.1647	0.3194
542	32	192	192	175.87	0.2116	0.2798	134.02	0.2227	0.3126	174.53	0.2225	0.3057	162.38	0.2209	0.3179	261.56	0.2013	0.3024	139.75	0.1597	0.3103	88.19	0.1668	0.3151
543	64	192	192	178.27	0.2159	0.2811	136.58	0.2289	0.3129	177.74	0.2293	0.3061	165.58	0.2286	0.3179	294.94	0.2152	0.3056	141.31	0.1663	0.3093	89.59	0.1746	0.3144
544	96	192	192	185.22	0.2258	0.2833	141.03	0.2397	0.3138	183.72	0.2415	0.3067	171.25	0.2416	0.3183	362.81	0.2355	0.3103	145.47	0.1806	0.3089	93.11	0.193	0.3143
545	128	192	192	194.98	0.2405	0.2863	147.98	0.2554	0.3151	192.39	0.2579	0.3077	179.92	0.2601	0.3187	447.64	0.2542	0.3133	152.34	0.2045	0.3101	98.09	0.2175	0.3146
546	160	192	192	206.32	0.2564	0.2896	158.08	0.276	0.3169	203.94	0.2779	0.3089	191.16	0.2813	0.3192	462.09	0.2797	0.3173	164.16	0.2401	0.3119	106.26	0.2521	0.3153
547	192	192	192	218.84	0.2729	0.2929	171.42	0.2998	0.3189	217.98	0.2993	0.3101	205.58	0.3057	0.3199	484.77	0.3115	0.3244	178.5	0.2788	0.3059	117.15	0.292	0.3161
548	224	192	192	229.9	0.286	0.2958	187.42	0.3241	0.321	234.54	0.3214	0.3112	224.62	0.3237	0.3205	513.22	0.3423	0.3251	195.6	0.3146	0.3134	131.36	0.3337	0.3172
549	255	192	192	240.12	0.2955	0.299	206.13	0.3476	0.3227	249.53	0.3384	0.3119	248.34	0.3595	0.3207	513.4	0.3508	0.3276	215.17	0.3471	0.3169	148.6	0.3734	0.3185
550	0	224	192	205.76	0.2186	0.3036	177.09	0.2366	0.3517	226.52	0.2313	0.3449	224.34	0.2328	0.3665	255.64	0.1986	0.3019	189.4	0.1633	0.3735	123.78	0.1709	0.3864
551	32	224	192	207.78	0.2203	0.3045	177.77	0.2376	0.3513	227.41	0.2328	0.3448	225.08	0.2341	0.3659	259.62	0.2004	0.3022	189.71	0.164	0.373	124.57	0.1728	0.3811
552	64	224	192	210.57	0.2242	0.3052	180.28	0.2426	0.351	230.63	0.2386	0.3445	228.3	0.2405	0.3651	290.35	0.2133	0.3052	191.54	0.1694	0.3693	126.09	0.1791	0.3797
553	96	224	192	216.74	0.2311	0.3065	184.79	0.2516	0.3508	236.61	0.249	0.3441	233.87	0.251	0.3641	356.03	0.2337	0.3099	195.06	0.1817	0.3672	129.79	0.1944	0.3775
554	128	224	192	226.3	0.2464	0.3083	191.8	0.2647	0.3506	245.27	0.2632	0.3435	242.53	0.2663	0.3626	440.87	0.2522	0.314	202.2	0.2026	0.3667	134.45	0.2152	0.3749
555	160	224	192	237.5	0.2611	0.3104	201.93	0.2821	0.3503	256.81	0.2805	0.3428	253.76	0.2843	0.3609	521.82	0.2721	0.331	213.67	0.2337	0.3631	141.62	0.2452	0.3711
556	192	224	192	250.06	0.2762	0.3126	215.26	0.3025	0.35	270.77	0.2994	0.342	268.07	0.3049	0.3589	601.91	0.3007	0.3543	226.34	0.2677	0.3579	152.55	0.2809	0.3672
557	224	224	192	260.76	0.2883	0.3144	231.21	0.3236	0.3496	287.29	0.3191	0.3412	286.76	0.3284	0.3566	626.04	0.3287	0.3555	243.5	0.3009	0.3513	166.88	0.3193	0.3632
558	255	224	192	270.02	0.2972	0.3164	249.9	0.3446	0.349	302.14	0.3446	0.3402	309.84	0.3524	0.3535	630.57	0.342	0.3552	261.02	0.3275	0.3452	183.09	0.3568	0.3594
559	0	255	192	228.15	0.2246	0.3179	229.56	0.2491	0.3847	267.42	0.2373	0.3681	301.24	0.2436	0.4068	255.58	0.1986	0.3019	246.61	0.1673	0.4267	166.39	0.176	0.4442
560	32	255	192	229.11	0.226	0.318	230.22	0.2498	0.3843	268.19	0.2386	0.3678	301.71	0.2446	0.4059	258.01	0.1997	0.3021	244.57	0.1673	0.4207	167.53	0.1771	0.4382
561	64	255	192	231.5	0.2295	0.3183	232.84	0.254	0.3836	271.44	0.2438	0.3673	304.9	0.2499	0.4046	281.24	0.21	0.3044	248.25	0.1719	0.4225	169.01	0.1824	0.4363
562	96	255	192	237.44	0.2379	0.3191	237.42	0.2615	0.3828	277.37	0.2532	0.3663	310.67	0.2588	0.4027	346.57	0.2311	0.3094	251.7	0.1825	0.4195	171.71	0.1949	0.4328
563	128	255	192	246.72	0.2503	0.3202	244.5	0.2725	0.3816	286.05	0.266	0.365	319.29	0.2714	0.4001	434.14	0.2508	0.3138	258.04	0.1993	0.4157	176.58	0.2127	0.4284
564	160	255	192	257.72	0.2641	0.3215	254.67	0.2871	0.38	297.56	0.2817	0.363	330.24	0.2864	0.397	513.48	0.2682	0.325	269.08	0.2266	0.4115	184.41	0.2389	0.424
565	192	255	192	270.05	0.2785	0.3232	268.05	0.3045	0.3781	311.56	0.299	0.3617	344.37	0.3039	0.3934	622.48	0.2929	0.3513	283.54	0.2591	0.4062	195.1	0.2705	0.4149
566	224	255	192	280.59	0.29	0.3245	284	0.3229	0.376	328.02	0.3173	0.3598	362.69	0.324	0.3891	695.46	0.319	0.3661	300.19	0.2892	0.3967	207.93	0.3053	0.4071
567	255	255	192	288.43	0.2983	0.3254	302.54	0.3414	0.3737	342.56	0.3316	0.3579	384.44	0.3451	0.3839	713.66	0.3355	0.3651	318.63	0.32	0.3905	224.67	0.3403	0.3994
568	0	224	34.92	0.15	0.084	42.52	0.1467	0.1226	22.12	0.155	0.0534	21.9	0.1462	0.0586	30.07	0.1555	0.059	20.18	0.1376	0.05	12.52	0.1373	0.0999	
569	32	224	35.88	0.1529	0.0857	43.12	0.1487	0.1236	22.98	0.1545	0.0551	22.68	0.149	0.0601	34.83	0.1724	0.0664	21.34	0.142	0.0524	13			

628	192	192	224	224.04	0.2666	0.2841	183.61	0.2751	0.287	223.7	0.2796	0.2755	211.66	0.2825	0.2819	521.98	0.2913	0.2895	179.42	0.2541	0.2651	118.38	0.2641	0.2676	
629	224	192	224	235.02	0.2792	0.2872	199.51	0.2974	0.2909	240.22	0.3	0.2786	230.55	0.3075	0.2851	549.68	0.3181	0.2923	196.4	0.2853	0.2678	132.8	0.3016	0.2731	
630	255	192	224	248.19	0.288	0.2893	218.08	0.3196	0.2947	255.21	0.3161	0.281	254.05	0.3331	0.2883	549.52	0.3238	0.2939	214.59	0.3183	0.2736	149.67	0.3389	0.2784	
631	0	224	224	213.59	0.2142	0.2921	189.22	0.2211	0.3123	232.2	0.2199	0.3032	230.3	0.2194	0.3198	255.58	0.1985	0.3016	190.8	0.1588	0.3158	125.35	0.1646	0.32	
632	32	224	224	215.71	0.2159	0.2931	189.86	0.222	0.3122	233.04	0.2213	0.3033	231.05	0.2206	0.3195	261.5	0.2012	0.3022	191.02	0.1593	0.3122	126.21	0.1658	0.3157	
633	64	224	224	218.46	0.2194	0.2939	192.41	0.2264	0.3125	236.29	0.2264	0.3036	234.25	0.2262	0.3195	294.88	0.2151	0.3053	192.5	0.1633	0.3129	127.65	0.1708	0.3151	
634	96	224	224	224.55	0.2278	0.2953	196.89	0.2342	0.3131	242.25	0.2357	0.3042	239.83	0.2356	0.3197	362.72	0.2354	0.31	196.33	0.1736	0.3123	130.65	0.1832	0.3147	
635	128	224	224	234.09	0.2404	0.2974	203.91	0.2458	0.3141	250.9	0.2484	0.305	248.45	0.2493	0.3199	452.61	0.2542	0.3142	203.56	0.1913	0.3106	135.37	0.2005	0.3147	
636	160	224	224	245.32	0.2544	0.2998	213.96	0.2614	0.3155	262.45	0.2642	0.306	259.63	0.2656	0.3202	584.95	0.2713	0.3178	213.64	0.2155	0.3104	142.83	0.2262	0.3149	
637	192	224	224	258.26	0.2693	0.3023	227.24	0.28	0.3171	276.46	0.2816	0.307	273.84	0.2846	0.3205	640.76	0.2838	0.319	227.64	0.2489	0.3105	153.76	0.2575	0.3156	
638	224	224	224	269.1	0.2812	0.3045	243.13	0.2997	0.3187	292.9	0.3	0.3082	292.2	0.3065	0.3209	669.57	0.3108	0.3235	244.53	0.2784	0.3096	167.48	0.2921	0.3162	
639	255	224	224	278.74	0.29	0.3067	261.65	0.3197	0.3203	307.74	0.3147	0.3089	315.34	0.3295	0.3209	704.49	0.3343	0.3264	265.29	0.3103	0.3187	183.78	0.3273	0.317	
640	0	255	224	236.88	0.2205	0.3076	241.43	0.2337	0.3457	272.97	0.2261	0.3269	307.32	0.2311	0.3621	255.55	0.1985	0.3015	247.05	0.1627	0.3681	167.22	0.1695	0.377	
641	32	255	224	237.78	0.2218	0.3077	242.11	0.2344	0.3455	273.75	0.2273	0.3268	307.8	0.2321	0.3615	259.61	0.2004	0.3019	247.8	0.1626	0.3608	168.58	0.1704	0.3716	
642	64	255	224	240.15	0.225	0.308	244.74	0.2383	0.3454	276.96	0.2319	0.3268	311.76	0.2369	0.361	290.37	0.2132	0.3049	249.32	0.1661	0.3593	169.47	0.1746	0.3706	
643	96	255	224	245.97	0.2329	0.3089	249.28	0.2449	0.3453	282.97	0.2405	0.3268	316.73	0.2449	0.3602	356.17	0.2336	0.3096	252.75	0.174	0.3597	172.73	0.1853	0.369	
644	128	255	224	255.32	0.2448	0.3103	256.35	0.2549	0.3453	291.64	0.2521	0.3269	325.4	0.2565	0.3592	442.92	0.2525	0.3138	259.39	0.1905	0.3594	177.35	0.2002	0.3672	
645	160	255	224	266.35	0.258	0.312	266.48	0.2682	0.3453	303.16	0.2665	0.327	336.37	0.2703	0.358	551.55	0.2681	0.3171	269.43	0.2139	0.3585	184.85	0.2229	0.3646	
646	192	255	224	278.95	0.272	0.3138	279.75	0.2843	0.3453	317.16	0.2826	0.327	350.5	0.2865	0.3565	678.76	0.2803	0.3194	283.78	0.2405	0.3529	194.94	0.2509	0.362	
647	224	255	224	289.65	0.2833	0.3154	295.64	0.3016	0.3453	333.56	0.2997	0.327	368.73	0.3055	0.3548	789.91	0.3006	0.3424	300.4	0.2701	0.3517	208.02	0.2826	0.359	
648	255	255	224	297.9	0.2917	0.3166	314.11	0.3194	0.3451	348.05	0.3133	0.3268	390.49	0.3258	0.3524	826.26	0.3252	0.3475	318.34	0.2979	0.3492	224.17	0.3154	0.346	
649	0	255	32	255	38.72	0.1501	0.0885	55.68	0.1463	0.1204	26.8	0.1513	0.0521	29.66	0.1462	0.0584	31.78	0.1573	0.0616	25.82	0.1376	0.05	17.17	0.1374	0.0599
650	32	0	255	39.75	0.1531	0.0903	56.22	0.1477	0.1211	27.62	0.1539	0.0534	30.37	0.1482	0.0595	37.53	0.1764	0.0703	26.84	0.1406	0.0516	17.57	0.1395	0.0511	
651	64	0	255	42.23	0.1601	0.0944	58.59	0.1544	0.1243	30.85	0.1628	0.0586	33.5	0.1572	0.0644	49.39	0.2094	0.0866	29.03	0.147	0.0548	19.52	0.1464	0.0545	
652	96	0	255	48.32	0.1765	0.104	62.92	0.1661	0.13	36.74	0.1784	0.0675	38.92	0.1721	0.0725	68.98	0.2528	0.1095	33.74	0.1617	0.0624	22.56	0.1615	0.0628	
653	128	0	255	57.77	0.1997	0.1175	69.75	0.1834	0.1385	45.39	0.1993	0.0795	47.55	0.1937	0.0844	95.28	0.2989	0.1343	42.06	0.1849	0.0741	27.7	0.1827	0.0741	
654	160	0	255	68.88	0.2241	0.1317	79.74	0.2065	0.1497	56.95	0.2244	0.094	58.66	0.219	0.0983	104.59	0.3131	0.1417	54.16	0.2159	0.0899	35.86	0.2131	0.0903	
655	192	0	255	81.44	0.2485	0.146	93.03	0.2335	0.1629	70.94	0.2512	0.1094	72.95	0.2475	0.1139	104.4	0.3131	0.1416	69.21	0.2495	0.1069	47.17	0.2495	0.1096	
656	224	0	255	91.93	0.267	0.1567	109.02	0.2616	0.1766	87.42	0.2786	0.1252	91.66	0.2795	0.1314	104.41	0.3131	0.1416	86.63	0.2834	0.1242	61.78	0.289	0.1304	
657	255	0	255	99.74	0.2798	0.164	127.79	0.2895	0.1902	102.05	0.2997	0.1374	114.7	0.3121	0.1493	104.41	0.3131	0.1416	105.48	0.3142	0.1398	79.2	0.3282	0.1513	
658	0	32	255	42.29	0.1521	0.0953	57.21	0.1473	0.1229	29.74	0.153	0.0572	32.12	0.1474	0.0627	54.51	0.1633	0.0989	28.58	0.1381	0.0549	18.09	0.1377	0.053	
659	32	32	255	43.02	0.1546	0.0965	57.7	0.1487	0.1234	30.55	0.1553	0.0585	32.84	0.1494	0.0638	60.67	0.1812	0.1016	29.32	0.1406	0.0559	18.85	0.1399	0.0543	
660	64	32	255	45.47	0.1613	0.1004	60.12	0.1554	0.1267	33.74	0.1616	0.0635	36.01	0.1584	0.0687	67.29	0.2077	0.1088	31.57	0.1473	0.059	20.33	0.1466	0.0578	
661	96	32	255	51.51	0.1773	0.1096	64.5	0.1671	0.1324	39.74	0.1796	0.0723	41.6	0.1734	0.0768	82.59	0.2457	0.124	35.48	0.161	0.0656	23.98	0.1622	0.0662	
662	128	32	255	61.05	0.2003	0.1228	71.36	0.1844	0.1407	48.35	0.2002	0.084	50.17	0.1948	0.0884	106.36	0.2901	0.1439	44.25	0.1838	0.0769	29.29	0.1836	0.0772	
663	160	32	255	72.19	0.2245	0.1366	81.37	0.2073	0.1518	59.96	0.2252	0.0981	61.34	0.2199	0.102	119.48	0.3131	0.1533	56.78	0.2153	0.0925	37.68	0.2142	0.0932	
664	192	32	255	84.84	0.2488	0.1505	94.67	0.2342	0.1648	73.91	0.2517	0.1132	75.61	0.2482	0.1172	116.65	0.313	0.1512	72.25	0.2497	0.1093	49.13	0.2505	0.1123	
665	224	32	255	95.35	0.2671	0.1609	110.65	0.262	0.1783	90.37	0.2788	0.1285	94.29	0.2798	0.1343	113.28	0.313	0.1486	87.99	0.2812	0.1249	63.8	0.2896	0.1328	
666	255	32	255	103.29	0.2799	0.1682	129.31	0.2896	0.1916	105.04	0.2997	0.1404	117.29	0.312	0.1518	110.97	0.313	0.1468	108	0.3152	0.1419	81.67	0.3285	0.1532	
667	0	64	255	50.75	0.1569	0.1107	64.06	0.1517	0.134	41.46	0.1584	0.0769	42.8	0.1524	0.0808	92.25	0.1721	0.1524	34.18	0.139	0.0653	21.75	0.1389	0.063	
668	32	64	255	51.6	0.1591	0.112	64.64	0.1531	0.1347	42.33	0.1606	0.0782	43.68	0.1545	0.082	97.82	0.1869	0.15	35.22	0.1412	0.0668	22.37	0.1409	0.0638	
669	64	64	255	53.98	0.1654	0.1154	67.03	0.1596	0.1377	45.55	0.1669	0.0826	46.89	0.1631	0.0865	127.32	0.2164	0.162	37.23	0.1469	0.0687	23.9	0.1473	0.0672	
670	96	64	255	60.14	0.1808	0.124	71.42	0.171	0.143	51.53	0.1838	0.0905	52.46	0.1775	0.0938	131.34	0.243	0.1641	41.46	0.1608	0.0751	27.49	0.1627	0.0749	
671	128	64	255	69.83	0.203	0.1363	78.31	0.1877	0.1508	60.19	0.2037	0.1011	61.11	0.1982	0.1043	146.84	0.2795	0.1729	49.04	0.1826	0.0849	32.65	0.1835	0.0854	
672	160	64	255	81.01	0.2264	0.149	88.41	0.2101	0.1612	71.79	0.2276	0.1138	72.29	0.2223	0.1167	166.39	0.3133	0.1828	61.55	0.2145	0.1	40.99	0.2138	0.1007	
673	192	64	255	93.57	0.2498	0.1617	101.65	0.2361	0.1732	85.75	0.2532	0.1274	86.62	0.2496	0.1306	160.53	0.3133	0.1795	76.65	0.2481	0.1158	52.31	0.2497	0.1187	
674	224	64	255	104.2	0.2677	0.1714	117.61	0.2633	0.1858	102.23	0.2794	0.1414	105.37	0.2803	0.1463	153.68	0.3132	0.1757	94.54	0.2816	0.1322	67.01	0.2887	0.1384	
675	255	64	255	112.43	0.2801	0.1785																			

				Samsung Galaxy S2			Samsung Galaxy S4			Apple iPhone 3GS			Apple iPhone 4			Sony Xperia X10			Ampe A78		
	R	G	B	Y	x	y	Y	x	y	Y	x	y	Y	x	y	Y	x	y	Y	x	y
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,04	0,2781	0,2633	0,44	0,2661	0,247	0,23	0,2603	0,2309	0,21	0,2438	0,2086
2	32	0	0	0,3	0,5731	0,3733	0,54	0,6633	0,3318	2,52	0,3301	0,274	1,17	0,4639	0,3054	0,35	0,3605	0,2646	0,44	0,3933	0,26
3	64	0	0	1,68	0,6564	0,332	3,14	0,668	0,3313	4,78	0,4457	0,2987	4,22	0,5761	0,3339	1,79	0,569	0,3098	1,2	0,5316	0,3104
4	128	0	0	5,61	0,6683	0,3267	8,11	0,6683	0,3315	9,25	0,5171	0,3162	10,04	0,604	0,3416	5,21	0,608	0,3191	2,67	0,5771	0,3243
5	256	0	0	10,3	0,6716	0,3255	15,38	0,6681	0,3316	16,16	0,5529	0,3261	19,48	0,6139	0,344	9,88	0,6189	0,3222	4,94	0,6007	0,333
6	160	0	0	18,41	0,6729	0,3247	26,14	0,6678	0,3318	25,13	0,5712	0,3315	32,98	0,6181	0,3451	15,47	0,6255	0,3236	8,04	0,6111	0,3363
7	192	0	0	30,92	0,6741	0,3246	40,15	0,6678	0,332	36,7	0,5829	0,3351	50,68	0,6201	0,3457	22,86	0,6305	0,3257	12,69	0,618	0,3384
8	224	0	0	49,2	0,6745	0,3244	58,35	0,6676	0,3321	52,41	0,592	0,3386	72,85	0,621	0,346	31,22	0,6351	0,3272	18,48	0,6235	0,3403
9	255	0	0	68,67	0,6748	0,3243	79,73	0,6674	0,3322	79,72	0,6208	0,3433	97,71	0,621	0,346	40,29	0,641	0,3297	28,27	0,6298	0,3423
10	0	32	0	0,96	0,231	0,6923	1,62	0,2571	0,7002	4,12	0,2908	0,3523	2,27	0,2892	0,4551	0,84	0,2708	0,417	1,25	0,2778	0,467
11	32	32	0	1,45	0,3352	0,6095	2,11	0,4278	0,5439	4,55	0,3264	0,3466	3,12	0,3869	0,4283	0,95	0,3444	0,3874	1,46	0,3475	0,4432
12	64	32	0	2,54	0,5741	0,404	4,6	0,5905	0,4029	6,8	0,4225	0,3409	6,23	0,5168	0,3841	2,66	0,5399	0,3438	2,24	0,4579	0,3979
13	96	32	0	6,61	0,6307	0,3593	9,45	0,6345	0,3619	11,28	0,496	0,3393	12,18	0,5708	0,3653	6,25	0,5932	0,3315	3,73	0,5298	0,3738
14	128	32	0	11,34	0,6506	0,3433	16,59	0,6498	0,3478	18,38	0,538	0,3395	21,72	0,5951	0,3576	10,97	0,6106	0,3291	5,97	0,5686	0,3607
15	160	32	0	19,22	0,6628	0,3336	27,15	0,6574	0,3413	27,25	0,5603	0,3397	35,34	0,6062	0,3534	16,59	0,6198	0,3286	9,09	0,5893	0,354
16	192	32	0	31,53	0,6672	0,3303	40,99	0,661	0,3379	39,05	0,5753	0,3411	53,22	0,6118	0,3513	23,86	0,6262	0,3286	13,75	0,604	0,3502
17	224	32	0	49,1	0,6715	0,3269	59,01	0,6631	0,336	54,61	0,5863	0,3425	75,45	0,6151	0,3501	31,97	0,6325	0,3297	19,58	0,613	0,3486
18	255	32	0	67,94	0,6725	0,3263	80,14	0,6644	0,3349	81,48	0,599	0,3456	100,53	0,6161	0,3492	40,84	0,6388	0,3313	29,3	0,6231	0,3479
19	0	64	0	6,3	0,2103	0,7296	9,54	0,2504	0,7051	12,57	0,3024	0,4572	10,51	0,2929	0,5334	6,77	0,2838	0,5406	4,79	0,2922	0,5608
20	32	64	0	6,75	0,2398	0,7014	9,82	0,2948	0,666	12,9	0,3187	0,4488	11,65	0,3238	0,5173	6,16	0,2976	0,5295	5,05	0,3158	0,544
21	64	64	0	7,92	0,3779	0,5819	12,21	0,4233	0,552	15,06	0,3764	0,4242	14,98	0,4077	0,4694	7,77	0,4071	0,4608	5,84	0,3764	0,5045
22	96	64	0	11,65	0,5149	0,462	16,93	0,5215	0,463	19,42	0,4408	0,3988	21,09	0,4826	0,4279	11,29	0,4981	0,4048	7,28	0,4441	0,4609
23	128	64	0	15,87	0,5764	0,4084	23,92	0,5768	0,4137	26,46	0,491	0,3803	30,74	0,5329	0,3993	15,93	0,5458	0,3766	9,55	0,4979	0,425
24	160	64	0	23,15	0,6141	0,3763	34,32	0,61	0,3837	35,25	0,5236	0,3689	44,56	0,563	0,3819	21,43	0,5734	0,3619	12,66	0,5354	0,4012
25	192	64	0	34,7	0,6393	0,3549	47,88	0,6292	0,3666	47,22	0,5468	0,3623	62,61	0,581	0,3716	28,47	0,5929	0,352	17,35	0,5639	0,3836
26	224	64	0	51,01	0,6525	0,3436	65,6	0,6412	0,3558	62,7	0,5646	0,358	85,11	0,5919	0,3651	36,29	0,6076	0,3467	23,17	0,5828	0,3727
27	255	64	0	66,88	0,661	0,3363	86,46	0,6485	0,3492	88,78	0,5837	0,3557	110,56	0,5977	0,3613	44,38	0,6219	0,343	32,89	0,6015	0,3648
28	0	96	0	18,52	0,2067	0,7341	24,08	0,2457	0,7102	29	0,3069	0,5015	26,36	0,2929	0,5485	19,18	0,2834	0,5606	11,34	0,2982	0,584
29	32	96	0	18,41	0,2181	0,7234	24,12	0,2646	0,694	28,93	0,3149	0,4957	27,99	0,3063	0,5406	18,08	0,2896	0,5546	11,61	0,3084	0,5759
30	64	96	0	19,98	0,2795	0,6687	26,39	0,3368	0,6289	30,73	0,3477	0,4763	31,56	0,3528	0,5125	19,57	0,3408	0,5197	12,42	0,3406	0,5513
31	96	96	0	23,9	0,3871	0,5756	30,96	0,4227	0,5517	34,99	0,3943	0,4503	37,81	0,4112	0,4769	23,05	0,4097	0,4732	13,88	0,3862	0,5181
32	128	96	0	27,1	0,4668	0,5055	37,75	0,4915	0,4901	41,71	0,4408	0,4256	47,62	0,4656	0,4439	27,63	0,4624	0,4381	16,13	0,4335	0,4827
33	160	96	0	33,57	0,5264	0,4536	47,89	0,5441	0,4428	50,43	0,4772	0,4068	61,62	0,5074	0,4183	32,98	0,501	0,4135	19,23	0,475	0,4529
34	192	96	0	42,32	0,5774	0,4092	61,15	0,5798	0,4109	62,19	0,5069	0,3926	79,83	0,5368	0,4003	39,8	0,5328	0,3943	23,92	0,5127	0,4262
35	224	96	0	54,64	0,6087	0,3819	78,55	0,6045	0,3888	77,62	0,5314	0,3819	102,44	0,557	0,3878	47,2	0,5578	0,3811	29,71	0,541	0,4074
36	255	96	0	68,61	0,6278	0,3653	98,96	0,6208	0,3741	102,86	0,5583	0,373	128,47	0,5691	0,3799	54,53	0,5809	0,3704	39,47	0,5691	0,3907
37	0	128	0	35,21	0,2047	0,7361	45,14	0,2435	0,7126	53,79	0,3091	0,5211	52,26	0,2927	0,5532	37,23	0,2861	0,5645	21,25	0,3004	0,5938
38	32	128	0	33,99	0,2099	0,7313	44,93	0,2536	0,7034	53,49	0,3138	0,5175	54,23	0,2999	0,549	35,67	0,2887	0,5622	21,55	0,3063	0,5883
39	64	128	0	34,7	0,246	0,6986	47	0,2968	0,6646	54,73	0,3334	0,5044	57,93	0,3267	0,5324	37,15	0,3183	0,5415	22,37	0,3255	0,5737
40	96	128	0	39,71	0,3263	0,6286	51,39	0,3602	0,6079	58,6	0,3652	0,4842	64,33	0,367	0,5073	40,57	0,3636	0,5099	23,83	0,3547	0,5507
41	128	128	0	39,77	0,3909	0,5724	57,92	0,4227	0,5517	65,4	0,4062	0,4617	74,28	0,4128	0,4788	45	0,4064	0,4804	26,15	0,391	0,5228
42	160	128	0	42,96	0,4573	0,5144	67,79	0,4806	0,4999	73,7	0,436	0,4416	88,32	0,4551	0,4524	50,31	0,4428	0,4561	29,21	0,4272	0,4949
43	192	128	0	50,53	0,5161	0,463	80,69	0,5257	0,4594	85,25	0,4666	0,4242	106,58	0,4897	0,4308	57	0,4767	0,4347	33,86	0,465	0,4666
44	224	128	0	61,55	0,5598	0,4248	97,58	0,5607	0,428	100,29	0,4948	0,4093	129,35	0,5165	0,414	64,22	0,5055	0,4174	39,68	0,4971	0,4437
45	255	128	0	73	0,5909	0,3976	117,53	0,5855	0,4057	124,38	0,5276	0,3945	155,54	0,5347	0,4022	70,96	0,5326	0,4029	49,42	0,5318	0,4208
46	0	160	0	55,26	0,2036	0,7374	75,94	0,2418	0,7141	87,75	0,3108	0,5318	89,31	0,2927	0,555	56,06	0,2875	0,5674	34,47	0,3031	0,5972
47	32	160	0	54,74	0,2068	0,7345	75,43	0,2478	0,7085	86,74	0,3137	0,5293	91,6	0,297	0,5524	54,07	0,2893	0,5658	34,77	0,3063	0,5947
48	64	160	0	52,53	0,2287	0,7149	77,31	0,2748	0,6844	87,4	0,3265	0,5204	95,41	0,3138	0,542	55,95	0,3095	0,5516	35,62	0,3186	0,5852
49	96	160	0	53,4	0,2851	0,6653	81,46	0,319	0,6449	91,21	0,3485	0,5054	101,88	0,3414	0,5247	59,37	0,3429	0,528	37,1	0,3385	0,5688
50	128	160	0	54,56	0,3341	0,6225	87,71	0,3692	0,5998	97,51	0,3766	0,4871	111,87	0,3767	0,5026	63,91	0,377	0,5039	39,37	0,3649	0,5475
51	160	160	0	56,52	0,3934	0,5707	97,18	0,4228	0,5517	106,09	0,4046	0,4692	126	0,4136	0,4793	69,11	0,4084	0,4826	42,52	0,3945	0,5249
52	192	160	0	62,72	0,453	0,5185	109,62	0,4704	0,509	117,75	0,4329	0,452	144,44	0,4476	0,458	75,76	0,4397	0,4619	47,12	0,4282	0,4987
53	224	160	0	71,13	0,5103	0,4682	126	0,5114	0,4722	132,53	0,4607	0,4358	167,19	0,4768	0,4395	82,84	0,4678	0,4447	52,95	0,4594	0,4754
54	255	160	0	83,48	0,5467	0,4365	145,24	0,5432	0,4437	155,73	0,495	0,4179	193,56	0,4986	0,4254	89,43	0,4948	0,4293	62,73	0,4961	0,4497
55	0	192	0	82,02	0,203	0,7383	115,89	0,2405	0,7151	135,43	0,313	0,5395	139,06	0,2926	0,556	81,					



103	96	64	32	11,21	0,5027	0,4303	16,96	0,492	0,4292	20,32	0,4216	0,3776	22,06	0,4531	0,3978	12,69	0,4649	0,3927	7,43	0,3867	0,3821
104	128	64	32	16,29	0,5597	0,3994	23,97	0,5551	0,3944	27,45	0,4745	0,3662	31,91	0,51	0,3812	17,28	0,5181	0,3707	9,69	0,4463	0,3711
105	160	64	32	23,57	0,6032	0,3723	34,32	0,595	0,3721	36,45	0,5099	0,3592	45,8	0,5459	0,3704	22,65	0,5508	0,3581	12,78	0,4929	0,3636
106	192	64	32	34,74	0,6337	0,3514	47,93	0,6186	0,3591	48,38	0,5357	0,355	63,85	0,5681	0,3637	29,6	0,5746	0,3498	17,42	0,5311	0,358
107	224	64	32	49,71	0,6486	0,3423	65,67	0,6336	0,3508	63,89	0,556	0,3527	86,33	0,582	0,3594	37,18	0,5924	0,3444	23,2	0,5575	0,3544
108	256	64	32	64,78	0,6577	0,3353	86,53	0,643	0,3457	90,05	0,5773	0,3521	111,57	0,5896	0,3567	45,17	0,6082	0,3404	32,92	0,5831	0,3522
109	0	96	32	18,41	0,2038	0,7009	23,58	0,2366	0,6531	30,14	0,2993	0,4781	27,52	0,2797	0,5092	21,38	0,2788	0,5389	11,47	0,2727	0,4976
110	32	96	32	18,73	0,2159	0,6856	23,98	0,2546	0,6391	30,16	0,3069	0,473	29,12	0,2927	0,5035	20,17	0,2828	0,531	11,72	0,2823	0,4935
111	64	96	32	20,3	0,273	0,6429	26,28	0,3235	0,5878	31,83	0,3386	0,4566	32,81	0,3383	0,4822	21,73	0,3302	0,5013	12,5	0,312	0,4801
112	96	96	32	23,68	0,3846	0,5534	30,9	0,4089	0,5243	36,37	0,384	0,4353	39,19	0,3964	0,4546	25,18	0,3939	0,4629	13,99	0,3562	0,4603
113	128	96	32	27,28	0,4562	0,4987	37,67	0,4789	0,4722	43,13	0,4304	0,4146	49,17	0,4517	0,4283	29,73	0,4454	0,4326	16,2	0,4041	0,4395
114	160	96	32	33,09	0,523	0,4466	47,77	0,5341	0,4313	52,16	0,4675	0,399	63,22	0,4955	0,4078	34,98	0,4843	0,4108	19,3	0,448	0,4198
115	192	96	32	41,75	0,5717	0,4058	61,06	0,5719	0,4032	63,96	0,4982	0,3868	81,46	0,5265	0,393	41,69	0,5173	0,3932	23,95	0,4892	0,4026
116	224	96	32	52,52	0,6063	0,3802	78,43	0,5986	0,3835	79,4	0,5241	0,3777	104,07	0,5484	0,3825	48,98	0,5433	0,3805	29,73	0,5214	0,3899
117	256	96	32	66,23	0,6257	0,3643	98,89	0,6162	0,3703	104,68	0,5522	0,3701	129,85	0,5618	0,3755	56,18	0,5673	0,3694	39,46	0,5539	0,3783
118	0	128	32	33,18	0,2033	0,7167	44,22	0,2385	0,6809	56,16	0,3047	0,5072	53,89	0,2856	0,5318	39,62	0,2831	0,5524	21,32	0,2858	0,5414
119	32	128	32	34,01	0,2094	0,7155	44,57	0,2483	0,6728	55,66	0,3093	0,5038	55,79	0,2927	0,5278	38,07	0,2854	0,5486	21,61	0,2911	0,5382
120	64	128	32	34,2	0,2448	0,6804	46,74	0,2906	0,6385	56,96	0,3284	0,4918	59,62	0,3194	0,5132	39,64	0,3133	0,5299	22,43	0,3094	0,5274
121	96	128	32	36,92	0,3248	0,6176	51,13	0,3532	0,5875	60,7	0,3595	0,4737	66,14	0,3595	0,4914	43,05	0,3563	0,5019	23,87	0,3376	0,5109
122	128	128	32	39,27	0,3839	0,5656	57,66	0,4157	0,5368	67,4	0,3962	0,4534	76,2	0,405	0,4666	47,59	0,3972	0,4748	26,14	0,3734	0,4899
123	160	128	32	42,45	0,4529	0,5116	67,51	0,4742	0,4893	76,36	0,4295	0,4353	90,34	0,4473	0,4433	52,78	0,4326	0,453	29,19	0,4101	0,4668
124	192	128	32	49,44	0,509	0,4633	80,44	0,5203	0,4519	88,1	0,4602	0,4196	108,63	0,4823	0,4242	59,28	0,466	0,433	33,84	0,4492	0,4463
125	224	128	32	59,94	0,5597	0,4212	97,35	0,5563	0,4227	102,78	0,489	0,4059	131,4	0,5096	0,409	66,51	0,4946	0,4163	39,64	0,4829	0,4278
126	256	128	32	71,87	0,5906	0,3955	117,29	0,582	0,4018	126,83	0,5223	0,3922	157,32	0,5283	0,3982	73,03	0,5217	0,4022	49,4	0,5196	0,4089
127	0	160	32	54,12	0,203	0,7261	74,44	0,2389	0,6955	90,68	0,3081	0,5233	91,31	0,2883	0,5419	58,28	0,2853	0,5595	34,51	0,2931	0,5639
128	32	160	32	53,85	0,2065	0,7252	74,73	0,2448	0,6903	89,98	0,3111	0,5208	93,52	0,2926	0,5393	56,79	0,2873	0,5562	34,8	0,2963	0,5615
129	64	160	32	51,61	0,2259	0,7073	76,74	0,2715	0,6676	90,6	0,3236	0,5119	97,47	0,3096	0,5294	58,25	0,3068	0,5428	35,61	0,3082	0,5535
130	96	160	32	52,43	0,2851	0,6585	80,92	0,3153	0,6305	94,23	0,3452	0,4981	104,11	0,3372	0,5134	61,75	0,339	0,5206	37,08	0,3277	0,5405
131	128	160	32	52,75	0,3364	0,6141	87,18	0,3654	0,5882	100,53	0,3729	0,481	114,18	0,3721	0,4931	66,29	0,3718	0,4985	39,33	0,3539	0,5231
132	160	160	32	56,19	0,3921	0,5662	96,7	0,4192	0,5427	108,95	0,4007	0,4643	128,44	0,4087	0,4718	71,36	0,4022	0,4791	42,45	0,383	0,5038
133	192	160	32	61,27	0,4536	0,5141	109,16	0,4671	0,5021	120,7	0,4286	0,448	146,89	0,4424	0,4521	77,98	0,4328	0,4594	47,05	0,4173	0,4816
134	224	160	32	70,46	0,5075	0,4677	125,51	0,5085	0,4671	135,42	0,4564	0,4328	169,71	0,4716	0,4351	84,99	0,4603	0,4429	52,88	0,4491	0,4613
135	256	160	32	81,33	0,548	0,4334	144,85	0,5407	0,4398	158,46	0,491	0,4159	195,76	0,4935	0,4217	91,49	0,4869	0,428	62,63	0,4869	0,4391
136	0	192	32	80,11	0,2027	0,7326	113,6	0,2388	0,703	139,07	0,3113	0,5339	141,2	0,2897	0,5471	83,45	0,2883	0,5648	53,56	0,2988	0,5779
137	32	192	32	77,09	0,2045	0,7311	113,78	0,2427	0,6995	137,81	0,3132	0,5323	143,46	0,2925	0,5453	82,17	0,2899	0,5625	53,87	0,3011	0,5762
138	64	192	32	70,49	0,2183	0,7189	115,63	0,2605	0,6842	138,5	0,3217	0,526	147,51	0,3041	0,5384	83,83	0,3043	0,5521	54,68	0,3088	0,5707
139	96	192	32	69,76	0,2567	0,6855	119,54	0,2916	0,6572	141,51	0,3368	0,5155	153,99	0,3236	0,5266	87,37	0,328	0,5354	56,12	0,322	0,5611
140	128	192	32	71,33	0,2982	0,6498	125,54	0,3304	0,6237	148,2	0,3573	0,5018	164,21	0,35	0,5107	91,85	0,3534	0,5179	58,42	0,341	0,5473
141	160	192	32	74,06	0,3427	0,6113	134,58	0,376	0,5843	156,22	0,3791	0,4878	178,54	0,3801	0,4927	97,14	0,3784	0,5007	61,54	0,3633	0,5313
142	192	192	32	79,35	0,3976	0,5645	146,53	0,4209	0,5457	167,81	0,4026	0,473	196,9	0,4102	0,4747	103,65	0,4046	0,4882	66,25	0,3911	0,5116
143	224	192	32	86,12	0,4547	0,5151	162,27	0,4633	0,5089	182,16	0,4274	0,4582	219,67	0,4383	0,4577	110,77	0,4294	0,468	71,97	0,4191	0,4926
144	256	192	32	95,87	0,4996	0,4764	180,92	0,4988	0,4784	204,18	0,4601	0,4403	245,62	0,4612	0,4435	117,41	0,4535	0,4537	81,72	0,455	0,4692
145	0	224	32	109,43	0,2023	0,7358	165,27	0,238	0,7095	201,15	0,3151	0,5425	203,23	0,2904	0,5499	111,54	0,2923	0,5699	75,93	0,3038	0,5861
146	32	224	32	104,37	0,2036	0,7347	165,26	0,2405	0,7073	199,99	0,3165	0,5412	205,39	0,2923	0,5485	110,74	0,2933	0,5683	76,26	0,3054	0,5848
147	64	224	32	101,23	0,2111	0,7277	166,99	0,2529	0,6964	200,29	0,3223	0,5366	209,32	0,3006	0,5434	112,8	0,3049	0,5594	77,05	0,3108	0,5808
148	96	224	32	98,1	0,2357	0,706	170,57	0,2752	0,6768	203,47	0,3332	0,5287	215,9	0,315	0,5346	116,64	0,3236	0,5456	78,54	0,3206	0,5732
149	128	224	32	99,78	0,2649	0,6861	176,26	0,3047	0,6509	210,15	0,3483	0,518	225,99	0,3353	0,5222	121,19	0,3436	0,5315	80,75	0,3346	0,5628
150	160	224	32	99,84	0,3042	0,6466	184,78	0,3418	0,6182	218,96	0,3652	0,5064	240,23	0,3597	0,5074	126,55	0,364	0,5172	83,85	0,3519	0,5497
151	192	224	32	103,27	0,35	0,6072	196,18	0,3813	0,5836	230,12	0,3841	0,4937	258,53	0,3855	0,4917	133,17	0,3861	0,5022	88,49	0,3745	0,5329
152	224	224	32	110,38	0,3997	0,5636	211,14	0,4214	0,5483	245,02	0,405	0,4803	281,34	0,4111	0,476	140,41	0,4076	0,4882	94,32	0,3983	0,5157
153	256	224	32	117,32	0,449	0,521	229	0,4573	0,5168	266,95	0,4334	0,4636	306,95	0,4333	0,462	147,62	0,4286	0,4751	104,05	0,4307	0,4933
154	0	256	32	138,19	0,2013	0,7393	226,64	0,2376	0,7126	271,33	0,3212	0,5517	273,58	0,29	0,5509	147,53	0,3019	0,5776	107,81	0,3116	0,593
155	32	256	32	134,02	0,202	0,7383	226,51	0,2394	0,711	271,65	0,3223	0,5508	275,25	0,2915	0,5498	149,74	0,3034	0,5766	108,02	0,3127	0,5921
156	64	256	32	130,13	0,2082	0,7332	228,02	0,2482	0,7032	274,24	0,3268	0,5472	279,03	0,2978	0,5458	150,38	0,3136	0,5681	108,83	0,3166	0,5888
157	96	256	32	128,46	0,224	0,7															

208	0	160	64	54,96	0,1967	0,6551	74,37	0,2279	0,6226	95,06	0,2948	0,4837	94,42	0,2713	0,4894	59,52	0,2692	0,5015	35,06	0,2672	0,4751
209	32	160	64	52,26	0,2003	0,6552	74,64	0,233	0,6188	93,92	0,2975	0,4812	96,75	0,2752	0,4875	58,03	0,2699	0,4954	35,32	0,2702	0,4736
210	64	160	64	51,14	0,2195	0,6419	76,72	0,2577	0,6023	94,29	0,3092	0,4744	100,71	0,2912	0,481	59,61	0,2878	0,4853	36,16	0,2806	0,4695
211	96	160	64	50,4	0,2738	0,6042	80,96	0,2988	0,5751	98,01	0,3298	0,4641	107,42	0,3174	0,4702	63,2	0,3177	0,4696	37,58	0,2985	0,4631
212	128	160	64	52,93	0,3211	0,5728	87,23	0,347	0,5434	104,69	0,3565	0,4512	117,6	0,3511	0,4565	67,47	0,3485	0,4549	39,87	0,323	0,4537
213	160	160	64	54,83	0,3792	0,5312	96,69	0,4007	0,5084	112,87	0,3838	0,4389	131,95	0,3874	0,4418	72,8	0,3785	0,4405	42,94	0,3512	0,4438
214	192	160	64	60,42	0,4391	0,4922	109,11	0,449	0,4763	125,11	0,4115	0,4267	150,27	0,4216	0,428	79,39	0,4088	0,4266	47,52	0,3852	0,4312
215	224	160	64	70,27	0,4895	0,4568	125,43	0,4922	0,4478	139,81	0,4397	0,4153	173,18	0,452	0,4156	86,39	0,4363	0,4143	53,35	0,4181	0,4199
216	255	160	64	80,88	0,5352	0,4232	144,82	0,5264	0,4253	162,44	0,4753	0,4025	199,15	0,4753	0,4056	93,02	0,4622	0,4019	63,11	0,4586	0,4066
217	0	192	64	76,85	0,1988	0,6885	113,48	0,2314	0,6535	143,55	0,3021	0,5065	144,46	0,2779	0,5105	84,65	0,2766	0,5232	54,04	0,28	0,5138
218	32	192	64	74,64	0,2007	0,6878	113,69	0,2349	0,6505	142,31	0,3039	0,5047	146,8	0,2804	0,5088	83,44	0,2774	0,5188	54,35	0,2821	0,5126
219	64	192	64	72,02	0,2136	0,677	115,61	0,2516	0,6382	142,77	0,312	0,4991	150,82	0,2915	0,5032	85,18	0,291	0,5101	55,16	0,2893	0,5087
220	96	192	64	69,4	0,2465	0,6504	119,68	0,2813	0,6163	145,77	0,3266	0,4906	157,58	0,3103	0,4942	88,63	0,3132	0,4974	56,64	0,302	0,5028
221	128	192	64	71,25	0,2889	0,6215	125,63	0,3188	0,5888	152,41	0,3465	0,4793	167,8	0,336	0,4821	93,24	0,3377	0,4834	58,86	0,3196	0,4937
222	160	192	64	72,56	0,3365	0,5851	134,66	0,3636	0,556	160,59	0,3679	0,4678	182,15	0,3655	0,4668	98,48	0,3619	0,4702	61,9	0,3411	0,4834
223	192	192	64	78,44	0,3875	0,5441	146,58	0,4084	0,5231	172,32	0,391	0,4556	200,47	0,3953	0,4539	105,07	0,3877	0,4564	66,6	0,3686	0,4698
224	224	192	64	85,26	0,4473	0,4997	162,35	0,4513	0,4916	186,76	0,4158	0,4434	223,26	0,4237	0,4403	112,23	0,4122	0,4436	72,32	0,3966	0,4567
225	255	192	64	95,71	0,4914	0,4661	181,04	0,4877	0,4648	209,16	0,4481	0,4287	249,28	0,447	0,4286	119,05	0,4356	0,4309	82,14	0,4335	0,4402
226	0	224	64	106,81	0,1999	0,707	164,9	0,2328	0,675	205,11	0,3086	0,5228	206,57	0,2817	0,523	112,91	0,2838	0,5383	76,35	0,2892	0,538
227	32	224	64	102,98	0,2011	0,7059	164,93	0,2352	0,6729	204,44	0,3098	0,5213	208,67	0,2835	0,5214	112,11	0,2843	0,5356	76,65	0,2907	0,537
228	64	224	64	99,96	0,2091	0,6994	166,73	0,247	0,6635	204,58	0,3156	0,5171	212,68	0,2915	0,517	114,19	0,2953	0,5279	77,47	0,2959	0,5335
229	96	224	64	98,18	0,2327	0,6822	170,55	0,2686	0,6465	208,13	0,3262	0,51	219,43	0,3056	0,5097	117,78	0,3127	0,517	78,92	0,3052	0,5285
230	128	224	64	97,02	0,2627	0,6565	176,16	0,2973	0,6239	214,62	0,3411	0,5008	229,5	0,3253	0,4995	122,59	0,3326	0,5045	81,17	0,3187	0,5205
231	160	224	64	99,44	0,2987	0,6287	184,69	0,3337	0,5952	223,32	0,3577	0,4907	243,96	0,3492	0,4871	127,78	0,3521	0,4929	84,2	0,3355	0,5109
232	192	224	64	102,89	0,3431	0,5921	196,07	0,3727	0,5645	234,9	0,3763	0,4796	262,1	0,3746	0,4739	134,57	0,374	0,4798	88,87	0,3577	0,4983
233	224	224	64	107,75	0,3954	0,5504	211,03	0,4129	0,533	249,12	0,3971	0,4681	284,75	0,4001	0,4606	147,18	0,395	0,4679	94,68	0,3814	0,4851
234	255	224	64	116,06	0,4453	0,5098	228,88	0,4491	0,5044	271,23	0,4252	0,4534	310,44	0,4223	0,4486	149,13	0,4154	0,4558	104,42	0,4141	0,4677
235	0	255	64	135,24	0,1997	0,7192	226,08	0,2339	0,6877	273,52	0,3161	0,5367	276,55	0,2831	0,5298	148,37	0,296	0,5577	108,33	0,3005	0,5574
236	32	255	64	132,32	0,2006	0,7192	226,04	0,2355	0,6861	274,02	0,3172	0,5359	278,46	0,2845	0,5284	148,67	0,2972	0,5551	108,6	0,3016	0,5564
237	64	255	64	129,65	0,2062	0,7149	227,57	0,2441	0,6791	276,57	0,3218	0,5326	282,22	0,2908	0,5249	151,33	0,3071	0,5478	109,36	0,3052	0,5538
238	96	255	64	127,15	0,2223	0,7013	231,12	0,2601	0,6659	281,61	0,3299	0,5268	288,96	0,3017	0,5188	155,61	0,3216	0,5373	110,81	0,312	0,5494
239	128	255	64	126,89	0,2459	0,6787	236,36	0,2823	0,6478	289,43	0,3414	0,519	299,06	0,3174	0,5103	160,42	0,3368	0,5268	113,03	0,3218	0,5429
240	160	255	64	127,51	0,2736	0,6586	244,4	0,3117	0,6238	299,15	0,3545	0,5103	313,42	0,3371	0,4995	165,94	0,3525	0,516	116,1	0,3344	0,5345
241	192	255	64	129,94	0,3106	0,6265	255,25	0,3448	0,5967	311,44	0,3693	0,5007	331,67	0,3587	0,4877	172,75	0,3699	0,5044	120,69	0,3516	0,5234
242	224	255	64	135,31	0,3558	0,5897	269,54	0,3808	0,5672	327,12	0,3862	0,4901	354,17	0,3812	0,4754	180,2	0,3869	0,4935	126,51	0,3708	0,5112
243	255	255	64	144,04	0,4011	0,553	286,48	0,4151	0,5392	351,32	0,4091	0,477	379,78	0,4017	0,4638	188,21	0,4035	0,4828	136,28	0,3985	0,4945
244	0	0	96	1,73	0,1428	0,0483	2,11	0,1399	0,0493	6,41	0,1713	0,0966	7,63	0,1506	0,1123	2,99	0,1459	0,0532	2,38	0,148	0,0594
245	32	0	96	1,98	0,155	0,0556	2,62	0,1585	0,0591	6,96	0,1821	0,1023	8,45	0,1647	0,1191	3,17	0,1493	0,0549	2,55	0,1541	0,0626
246	64	0	96	3,38	0,2075	0,0834	5,14	0,2336	0,0993	9,39	0,2827	0,1247	11,75	0,2178	0,1454	4,79	0,1865	0,076	3,38	0,1799	0,0783
247	96	0	96	7,29	0,3162	0,1394	10,05	0,3306	0,1512	14,15	0,4225	0,1582	17,83	0,2898	0,1809	8,27	0,2503	0,1116	4,79	0,2184	0,1012
248	128	0	96	11,94	0,395	0,18	17,2	0,4142	0,1959	21,29	0,3447	0,1935	27,58	0,3634	0,2175	12,92	0,3115	0,1458	7,02	0,2678	0,1302
249	160	0	96	19,38	0,4725	0,2199	27,83	0,4833	0,233	30,47	0,3957	0,2223	41,29	0,4248	0,2479	18,43	0,363	0,1744	10,05	0,3186	0,1601
250	192	0	96	32,04	0,539	0,2542	41,68	0,5324	0,2595	42,43	0,4391	0,2469	59,16	0,471	0,2708	25,88	0,4105	0,201	14,66	0,3736	0,1923
251	224	0	96	48,62	0,5808	0,2756	59,75	0,568	0,2788	58,34	0,4758	0,2679	81,36	0,5048	0,2877	34,26	0,4476	0,2217	20,36	0,4203	0,2194
252	255	0	96	69,45	0,6075	0,2893	80,95	0,5922	0,2919	85,5	0,5156	0,2906	106,23	0,527	0,2989	43,19	0,4759	0,2368	30,16	0,4716	0,2489
253	0	32	96	2,5	0,1451	0,0692	3,55	0,1458	0,0806	8,85	0,1813	0,1262	9,68	0,1569	0,1327	3,68	0,1497	0,0687	3,41	0,1539	0,0814
254	32	32	96	2,94	0,1563	0,0776	4,05	0,1632	0,0887	9,32	0,191	0,1299	10,67	0,1709	0,1397	3,81	0,1538	0,0693	3,62	0,1602	0,085
255	64	32	96	4,24	0,2075	0,1011	6,52	0,2348	0,1229	11,71	0,2296	0,1486	14,04	0,2205	0,1625	5,63	0,1977	0,0922	4,38	0,1835	0,0978
256	96	32	96	8,13	0,3126	0,1541	11,28	0,3281	0,1677	16,51	0,2864	0,177	20,29	0,2893	0,194	9,32	0,2647	0,128	5,84	0,2217	0,1188
257	128	32	96	12,72	0,3928	0,1905	18,36	0,411	0,2076	23,76	0,3463	0,2072	30,14	0,3598	0,2263	14,16	0,3258	0,1609	8,05	0,2689	0,1447
258	160	32	96	20,29	0,4691	0,2277	28,8	0,48	0,2408	33,01	0,3959	0,2328	44	0,4199	0,2539	19,64	0,3751	0,187	11,09	0,3184	0,1718
259	192	32	96	32,11	0,5296	0,2557	42,47	0,5297	0,2649	44,99	0,4384	0,2547	61,97	0,4659	0,2749	26,78	0,4196	0,2107	15,66	0,3717	0,2011
260	224	32	96	48,94	0,5769	0,2777	60,36	0,5659	0,2825	60,75	0,475	0,2738	84,23	0,5	0,2905	34,93	0,4551	0,2293	21,44	0,4182	0,2265
261	255	32	96	67,1	0,6078	0,2922	81,35	0,5906	0,2946	87,45	0,5141	0,2941	109,24	0,5224	0,3011	43,74	0,4823	0,2432	31,27	0,4693	0,254
262	0	64	96	7,78	0,1556	0,1768	10,91	0,1													

313	192	224	96	100,76	0,3311	0,5539	195,76	0,3587	0,533	238,47	0,363	0,456	267,44	0,3579	0,4468	136,84	0,3501	0,4352	89,78	0,3335	0,4481
314	224	224	96	108,04	0,38	0,5194	210,78	0,3986	0,5071	253,64	0,3835	0,4467	290,07	0,3831	0,437	144,12	0,3705	0,4271	95,6	0,3566	0,44
315	255	224	96	115,91	0,4296	0,4888	228,51	0,4352	0,4833	275,59	0,4177	0,4351	315,86	0,4055	0,4278	151,47	0,3902	0,4183	105,43	0,3894	0,4293
316	0	255	96	133,62	0,1963	0,6705	225,46	0,2279	0,6465	276,62	0,3072	0,5111	281,73	0,2727	0,4974	150,23	0,2817	0,5083	109,48	0,2843	0,4549
317	32	255	96	131,03	0,1968	0,6668	225,38	0,2294	0,6451	277,09	0,3083	0,5104	283,56	0,274	0,496	150,57	0,2826	0,5055	109,75	0,2853	0,5042
318	64	255	96	128,55	0,2024	0,6654	226,93	0,2375	0,6392	279,7	0,3126	0,5074	287,53	0,2798	0,493	153,26	0,2918	0,5	110,5	0,2886	0,5024
319	96	255	96	126,06	0,2173	0,6544	230,47	0,2528	0,6283	284,77	0,3206	0,5026	294,19	0,2904	0,4883	157,32	0,3052	0,4927	111,93	0,2949	0,4993
320	128	255	96	125,61	0,2402	0,6387	235,93	0,2741	0,6131	292,72	0,3319	0,4959	304,37	0,3055	0,4817	162,33	0,3201	0,4847	114,15	0,3043	0,4948
321	160	255	96	126,15	0,2654	0,6216	243,95	0,3025	0,5929	302,62	0,3447	0,4886	318,62	0,3245	0,4733	167,89	0,3352	0,4768	117,19	0,3164	0,4892
322	192	255	96	128,7	0,3023	0,5974	254,67	0,3349	0,5697	314,9	0,3595	0,4808	336,84	0,3456	0,4641	174,62	0,352	0,4683	121,78	0,3329	0,4815
323	224	255	96	132,87	0,3426	0,5651	268,85	0,3705	0,5444	330,65	0,3762	0,4718	359,47	0,3678	0,4543	182,09	0,3687	0,4598	127,53	0,3516	0,473
324	255	255	96	142,42	0,3911	0,533	285,8	0,4048	0,5201	354,76	0,399	0,4609	385,05	0,3882	0,4449	190,17	0,3848	0,4514	137,4	0,3791	0,461
325	0	0	128	3,22	0,1422	0,0462	3,94	0,14	0,0488	10,75	0,1644	0,0891	14,46	0,1487	0,1097	5,63	0,1462	0,053	4,22	0,1465	0,0582
326	32	0	128	3,42	0,1484	0,05	4,44	0,1497	0,054	11,26	0,1703	0,0921	15,42	0,1565	0,1137	5,73	0,1472	0,0533	4,44	0,1504	0,0605
327	64	0	128	4,73	0,1776	0,0655	6,92	0,1932	0,0773	13,59	0,1948	0,1057	18,72	0,1867	0,1286	7,34	0,1681	0,065	5,23	0,1646	0,0691
328	96	0	128	8,42	0,2487	0,1026	11,73	0,2599	0,113	18,48	0,2849	0,1286	24,92	0,2338	0,1521	10,82	0,2076	0,0872	6,66	0,1888	0,0832
329	128	0	128	13,07	0,3135	0,1363	18,79	0,3304	0,1508	25,71	0,3289	0,1561	34,67	0,2906	0,1805	15,48	0,2513	0,1117	8,84	0,2209	0,1022
330	160	0	128	20,61	0,3832	0,1725	29,34	0,4	0,1883	35	0,3281	0,182	48,47	0,3472	0,2086	21,07	0,2932	0,135	11,82	0,2583	0,1242
331	192	0	128	33,01	0,4567	0,2107	43,08	0,4577	0,2194	46,8	0,3716	0,2071	66,33	0,3967	0,2334	28,51	0,3362	0,1591	16,48	0,3043	0,1515
332	224	0	128	49,49	0,5155	0,2412	61,02	0,5047	0,2448	62,77	0,4128	0,2308	88,52	0,4377	0,254	36,72	0,373	0,1795	22,18	0,3481	0,177
333	255	0	128	69,49	0,5574	0,263	82,1	0,5395	0,2635	89,94	0,4605	0,2582	113,39	0,4678	0,2691	45,85	0,4041	0,1966	32,02	0,402	0,2081
334	0	32	128	3,94	0,1435	0,057	5,31	0,1432	0,0653	13,09	0,1703	0,1063	16,61	0,1523	0,1209	6,16	0,1468	0,0604	5,25	0,1498	0,0706
335	32	32	128	4,3	0,1488	0,0616	5,78	0,1524	0,0697	13,58	0,1761	0,1088	17,68	0,1601	0,125	6,51	0,1514	0,0624	5,46	0,1535	0,0726
336	64	32	128	5,64	0,1791	0,0776	8,17	0,1942	0,0907	15,9	0,2	0,1209	21,09	0,1894	0,1391	8,26	0,1749	0,075	6,27	0,1675	0,0808
337	96	32	128	9,22	0,2446	0,1107	12,9	0,2596	0,124	20,59	0,2391	0,1416	27,44	0,2352	0,1612	11,73	0,2157	0,0967	7,68	0,1907	0,0939
338	128	32	128	14,11	0,3091	0,1426	19,89	0,3292	0,1594	27,98	0,2863	0,1671	37,3	0,2905	0,1876	16,77	0,2615	0,1222	9,93	0,2228	0,1122
339	160	32	128	21,15	0,3797	0,1776	30,27	0,3984	0,1946	37,26	0,3308	0,1913	51,24	0,3456	0,214	22,24	0,3021	0,1442	12,88	0,2594	0,1327
340	192	32	128	33,02	0,4529	0,2133	43,83	0,4561	0,2239	49,29	0,3734	0,2146	69,17	0,3943	0,2373	29,31	0,3433	0,1663	17,46	0,304	0,1581
341	224	32	128	49,1	0,516	0,2454	61,59	0,5033	0,2481	65,16	0,4136	0,2365	91,45	0,4348	0,2568	37,41	0,3795	0,1859	23,22	0,3474	0,1826
342	255	32	128	66,4	0,5546	0,264	82,48	0,5384	0,266	91,85	0,4609	0,2622	116,47	0,4647	0,2714	46,28	0,4096	0,2018	33,01	0,4008	0,2122
343	0	64	128	9,28	0,1499	0,0624	12,49	0,155	0,1373	22,63	0,1889	0,1627	25,45	0,1666	0,165	13,61	0,1629	0,1194	8,74	0,1606	0,1089
344	32	64	128	9,02	0,1546	0,1204	12,94	0,163	0,1399	23,07	0,1938	0,1636	26,79	0,1735	0,1687	13,14	0,1646	0,1143	8,95	0,164	0,1106
345	64	64	128	10,3	0,1793	0,1292	15,27	0,1999	0,1534	25,4	0,2144	0,1708	30,39	0,1994	0,1794	14,65	0,1852	0,1219	9,76	0,1767	0,1117
346	96	64	128	13,72	0,2445	0,1536	19,9	0,2585	0,1755	30	0,249	0,1847	36,86	0,2403	0,1957	18,49	0,2251	0,1394	11,19	0,1978	0,1273
347	128	64	128	18,37	0,3026	0,1783	26,74	0,3232	0,1998	37,25	0,2915	0,2026	46,84	0,2906	0,2158	23	0,2647	0,1564	13,4	0,2273	0,1423
348	160	64	128	24,53	0,3722	0,2037	36,94	0,3896	0,2249	46,66	0,3324	0,2203	60,93	0,3418	0,2362	28,42	0,3031	0,1731	16,44	0,2618	0,1596
349	192	64	128	35,16	0,4444	0,2333	50,33	0,4465	0,2465	58,56	0,3725	0,2377	79,05	0,3882	0,2547	35,49	0,3422	0,1904	21,02	0,304	0,1805
350	224	64	128	47,41	0,499	0,2546	67,85	0,4944	0,2648	74,08	0,4111	0,2548	101,49	0,4276	0,2704	43,33	0,377	0,2052	26,72	0,3452	0,2009
351	255	64	128	61,92	0,5432	0,2715	88,46	0,5305	0,2786	99,92	0,4564	0,2747	126,8	0,4571	0,2824	51,23	0,4066	0,216	36,54	0,3972	0,2264
352	0	96	128	20,29	0,1591	0,2268	26,04	0,1703	0,2382	40,67	0,2129	0,2375	42,13	0,1869	0,2283	27,36	0,1854	0,1989	15,14	0,1769	0,1667
353	32	96	128	20,81	0,1628	0,2303	26,45	0,1768	0,2387	40,7	0,2166	0,2365	43,95	0,1928	0,2311	26,26	0,1858	0,1914	15,42	0,1804	0,168
354	64	96	128	21,31	0,1837	0,2291	28,72	0,2068	0,2439	42,4	0,2236	0,2383	47,75	0,2139	0,2375	27,78	0,2032	0,1945	16,19	0,1908	0,172
355	96	96	128	24,51	0,2357	0,2431	33,22	0,2563	0,2529	47,12	0,2607	0,2444	54,39	0,2476	0,2469	31,31	0,2351	0,2027	17,6	0,2091	0,1793
356	128	96	128	28,29	0,2905	0,2551	39,91	0,3133	0,2634	53,98	0,2964	0,2532	64,47	0,2907	0,2586	35,73	0,2687	0,2119	19,83	0,235	0,1891
357	160	96	128	32,85	0,3506	0,2662	49,91	0,3748	0,2748	63,12	0,3322	0,2627	78,78	0,3363	0,271	41,12	0,3025	0,2212	22,84	0,2655	0,2111
358	192	96	128	40,28	0,417	0,2758	63	0,43	0,2851	74,98	0,3682	0,2727	97,05	0,379	0,2826	48,02	0,3378	0,2311	27,42	0,3038	0,2159
359	224	96	128	51,31	0,4817	0,2886	80,16	0,4782	0,2942	90,24	0,4041	0,2828	119,56	0,4167	0,2928	55,43	0,3696	0,2394	33,17	0,3422	0,2308
360	255	96	128	63,78	0,5226	0,2953	100,38	0,5157	0,3014	115,4	0,4468	0,2948	145,32	0,4456	0,301	62,72	0,3983	0,2444	43,01	0,3912	0,2498
361	0	128	128	35,31	0,1674	0,3239	45,91	0,185	0,3366	67,84	0,2358	0,3086	68,92	0,2085	0,2957	45,64	0,2049	0,2709	24,89	0,1961	0,2324
362	32	128	128	34,66	0,1708	0,3256	46,27	0,1899	0,3357	67,44	0,2382	0,3067	71,04	0,2129	0,297	44,4	0,2054	0,264	25,17	0,1987	0,233
363	64	128	128	34,98	0,1858	0,3257	48,46	0,2134	0,3351	68,96	0,2502	0,305	74,99	0,229	0,2993	45,75	0,2188	0,2659	25,93	0,2073	0,2353
364	96	128	128	36,53	0,233	0,3292	52,81	0,2535	0,3344	72,66	0,2719	0,3054	81,76	0,2558	0,3027	49,43	0,2453	0,2664	27,36	0,2226	0,239
365	128	128	128	37,7	0,2762	0,3269	59,32	0,302	0,3337	79,37	0,3006	0,3072	92	0,291	0,3072	53,61	0,2725	0,2936	29,57	0,2441	0,2445
366	160	128	128	41,71	0,3324	0,3292	69,06	0,3571	0,3329	88,32	0,3305	0,3097	106,34	0,3298	0,3162	58,93	0,3013	0,2727	32,63	0,2704	0,2512
367	192	128	128	48,23	0,392	0,3263	81,8	0,4094	0,3323	99,8	0,3619	0,3128	124,73	0,368	0,3167	65,71	0,3321	0,2763	37,19</		

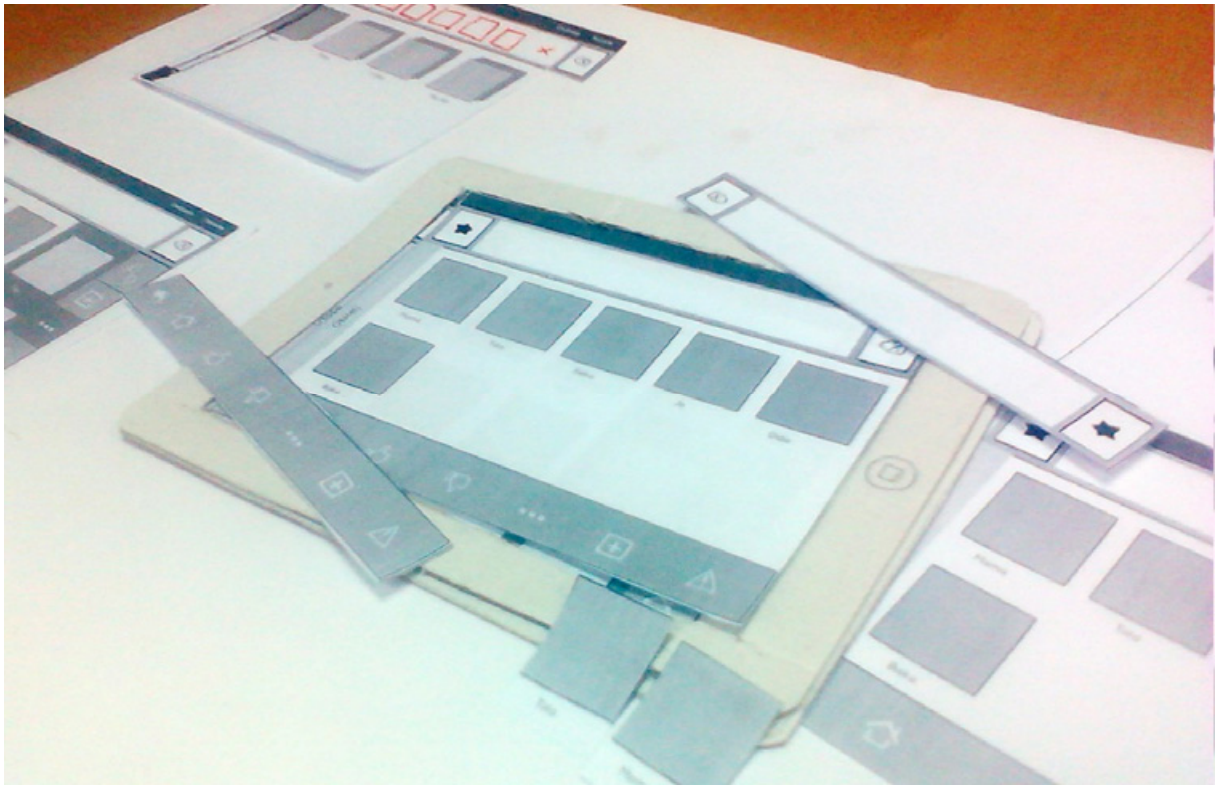
418	96	32	160	11,21	0,206	0,0854	15,25	0,2173	0,0969	26,74	0,2119	0,1224	37,53	0,2047	0,1424	14,62	0,194	0,0833	10,08	0,1752	0,082
419	128	32	160	15,66	0,252	0,1096	22,1	0,2703	0,1245	34,21	0,2475	0,1421	47,47	0,2455	0,1623	19,44	0,2278	0,1019	12,26	0,1976	0,0948
420	160	32	160	22,45	0,3117	0,1389	32,34	0,3303	0,1557	43,21	0,2842	0,1622	61,33	0,2906	0,1844	25,02	0,2611	0,1202	15,33	0,2253	0,1107
421	192	32	160	33,93	0,3785	0,1733	45,79	0,3868	0,1852	55,41	0,3221	0,1834	79,36	0,3349	0,2061	32,32	0,2971	0,14	19,87	0,2606	0,131
422	224	32	160	50,09	0,4456	0,2066	63,36	0,4382	0,2121	71,22	0,361	0,2051	101,66	0,3754	0,226	40,6	0,3304	0,1582	25,62	0,2975	0,1522
423	255	32	160	65,54	0,4943	0,2319	84,05	0,4798	0,2339	97,89	0,4095	0,232	126,63	0,4082	0,2422	49,36	0,3594	0,1736	35,4	0,347	0,18
424	0	64	160	10,99	0,1463	0,0883	14,75	0,149	0,1023	28,74	0,178	0,1364	35,42	0,1594	0,1435	16,73	0,1579	0,0991	11,12	0,155	0,0917
425	32	64	160	10,92	0,1492	0,0887	15,2	0,1541	0,1042	29,03	0,1812	0,1371	36,83	0,164	0,1463	16,12	0,1584	0,0953	11,38	0,1577	0,0931
426	64	64	160	11,94	0,1639	0,096	17,46	0,1779	0,1144	31,42	0,1958	0,1429	40,51	0,1813	0,1542	17,93	0,1743	0,1022	12,19	0,1663	0,0978
427	96	64	160	15,48	0,2075	0,116	21,99	0,219	0,1324	35,94	0,221	0,1542	47,1	0,2101	0,167	21,33	0,2012	0,1144	13,56	0,1807	0,1053
428	128	64	160	19,51	0,2482	0,1341	28,74	0,2691	0,1544	43,32	0,2543	0,1699	57,16	0,2482	0,1837	26,12	0,233	0,1295	15,79	0,2021	0,1167
429	160	64	160	26,2	0,3067	0,1593	38,81	0,3266	0,1798	52,67	0,2887	0,1864	71,15	0,2907	0,2024	31,55	0,2643	0,1441	18,8	0,2281	0,1304
430	192	64	160	35,48	0,3745	0,19	52,06	0,3818	0,2042	64,66	0,3246	0,2037	89,31	0,333	0,221	38,37	0,2978	0,1597	23,34	0,2619	0,1483
431	224	64	160	46,89	0,4348	0,2153	69,42	0,4327	0,2267	80,26	0,3616	0,2217	111,77	0,372	0,2381	46,22	0,3297	0,1744	29,11	0,2976	0,1671
432	255	64	160	61,61	0,4861	0,2385	89,87	0,4745	0,2452	106,08	0,4077	0,2438	137,07	0,4039	0,2525	54,27	0,3583	0,1861	38,93	0,3456	0,1921
433	0	96	160	22,16	0,1527	0,1611	27,98	0,16	0,1728	46,82	0,1967	0,1937	52,27	0,1738	0,1884	30,39	0,1741	0,1585	17,53	0,167	0,1329
434	32	96	160	22,68	0,1556	0,168	28,34	0,1642	0,1734	46,9	0,1993	0,1931	54,15	0,178	0,191	29,33	0,1744	0,1532	17,8	0,1692	0,1339
435	64	96	160	22,81	0,1694	0,1663	30,56	0,185	0,1796	48,75	0,2114	0,1956	58,02	0,1931	0,1968	31	0,1877	0,1569	18,52	0,1765	0,1371
436	96	96	160	25,56	0,2048	0,1768	34,95	0,2213	0,1907	53,17	0,2331	0,2022	64,71	0,2183	0,2059	34,48	0,212	0,165	19,95	0,19	0,1432
437	128	96	160	28,51	0,2459	0,1894	41,57	0,2667	0,2047	60,18	0,2622	0,2121	74,95	0,2523	0,218	38,89	0,2389	0,1742	22,16	0,2093	0,152
438	160	96	160	33,26	0,2974	0,2075	51,41	0,3202	0,2212	68,83	0,293	0,223	89,17	0,2909	0,2317	44,27	0,2672	0,1842	25,18	0,2331	0,1627
439	192	96	160	40,97	0,3619	0,2261	64,42	0,3728	0,2375	80,68	0,3258	0,2349	107,48	0,3299	0,2455	51,16	0,298	0,1951	29,74	0,2645	0,1771
440	224	96	160	51,2	0,4245	0,2459	81,46	0,4226	0,2531	96,09	0,3602	0,2477	130,06	0,3667	0,2586	58,61	0,3274	0,2048	35,5	0,2979	0,1921
441	255	96	160	63,02	0,471	0,2601	101,5	0,4644	0,2661	121,42	0,4036	0,2635	155,76	0,3972	0,2699	65,89	0,3544	0,2117	45,38	0,3434	0,2127
442	0	128	160	36,08	0,1596	0,2395	47,4	0,1718	0,252	73,82	0,217	0,2556	79,16	0,1913	0,2426	48,95	0,1908	0,2191	27,21	0,1817	0,1838
443	32	128	160	35,32	0,1615	0,236	47,72	0,1754	0,2519	73,32	0,2189	0,2542	81,32	0,1947	0,2443	47,42	0,1901	0,2135	27,47	0,1837	0,1844
444	64	128	160	35,63	0,1716	0,2395	49,84	0,1927	0,2543	75	0,2284	0,2541	85,42	0,2072	0,2478	48,99	0,2016	0,2149	28,28	0,1902	0,1868
445	96	128	160	35,86	0,207	0,2442	54,12	0,2238	0,259	79,11	0,2462	0,2565	92,21	0,2284	0,2531	52,41	0,2219	0,219	29,67	0,2018	0,1909
446	128	128	160	38,39	0,2401	0,2542	60,53	0,2635	0,2651	85,69	0,2705	0,261	102,54	0,2573	0,2602	57,07	0,246	0,2243	31,89	0,2187	0,197
447	160	128	160	42,32	0,2884	0,2656	70,16	0,3119	0,2726	94,89	0,2969	0,2665	116,79	0,291	0,2685	62,37	0,2706	0,2298	34,9	0,2397	0,2043
448	192	128	160	47,83	0,3417	0,2713	82,84	0,361	0,2803	106,8	0,3256	0,273	135,24	0,3259	0,2769	68,92	0,2975	0,2357	39,51	0,2682	0,2144
449	224	128	160	57,98	0,4004	0,2803	99,48	0,4091	0,2879	121,53	0,3564	0,2801	157,88	0,3599	0,2852	76,16	0,324	0,2412	45,24	0,2983	0,2252
450	255	128	160	69,24	0,4555	0,2908	119,09	0,4506	0,2945	145,66	0,3962	0,289	183,72	0,3887	0,2926	82,93	0,349	0,244	55,14	0,3407	0,2402
451	0	160	160	53,14	0,1662	0,3167	76,22	0,184	0,3358	110,94	0,2355	0,3118	117,11	0,2087	0,2966	67,7	0,2037	0,2655	40,22	0,1975	0,237
452	32	160	160	51,21	0,1681	0,3209	76,51	0,1869	0,335	109,82	0,2369	0,3102	119,58	0,2113	0,2974	66,36	0,204	0,2608	40,45	0,199	0,2373
453	64	160	160	49,85	0,1771	0,3213	78,53	0,2007	0,3345	110,79	0,2445	0,3086	123,72	0,2213	0,2988	67,89	0,2136	0,261	41,25	0,2044	0,2387
454	96	160	160	50,17	0,2039	0,322	82,61	0,2262	0,334	114,73	0,2587	0,3082	130,71	0,2385	0,3011	71,55	0,2319	0,2627	42,69	0,2145	0,2411
455	128	160	160	51,93	0,2359	0,3253	88,8	0,2597	0,3335	121,03	0,2786	0,3089	141,07	0,2625	0,304	75,97	0,2521	0,265	44,89	0,229	0,2446
456	160	160	160	54,55	0,2762	0,3235	98,08	0,3019	0,3328	129,5	0,3006	0,3103	155,4	0,2912	0,3077	81,18	0,2734	0,2676	47,97	0,2474	0,2492
457	192	160	160	59,57	0,328	0,3262	110,42	0,3465	0,3324	141,21	0,3251	0,3122	173,88	0,3217	0,3115	87,75	0,2976	0,2704	52,51	0,272	0,2551
458	224	160	160	67,54	0,3815	0,3238	126,57	0,3919	0,3318	155,78	0,3522	0,3146	196,73	0,3523	0,3153	95,01	0,3215	0,273	58,23	0,299	0,2619
459	255	160	160	79,74	0,4314	0,324	145,63	0,4323	0,3314	178,86	0,3881	0,3176	222,74	0,379	0,3188	101,63	0,3443	0,2733	68,14	0,3377	0,2714
460	0	192	160	73,61	0,1735	0,4028	114,13	0,1947	0,4101	160,24	0,2526	0,3622	167,34	0,2241	0,3445	92,78	0,2173	0,3122	59	0,2149	0,2941
461	32	192	160	70	0,1746	0,3991	114,33	0,1968	0,4091	158,97	0,2536	0,3606	169,83	0,226	0,3445	94,68	0,2177	0,3087	59,29	0,2162	0,2941
462	64	192	160	66,86	0,181	0,3933	116,2	0,2077	0,4069	159,35	0,2595	0,3586	174,08	0,2339	0,3445	93,36	0,2262	0,308	60,1	0,2207	0,2946
463	96	192	160	68,31	0,2029	0,3973	120,13	0,2282	0,4033	162,44	0,2707	0,3568	181,04	0,2477	0,3446	97,06	0,2416	0,3078	61,47	0,2287	0,2955
464	128	192	160	69,85	0,2305	0,3981	126,01	0,256	0,3985	169,32	0,2865	0,3549	191,47	0,2674	0,3448	101,45	0,2586	0,3079	63,69	0,2406	0,2969
465	160	192	160	72,55	0,265	0,3917	135,07	0,292	0,3923	177,84	0,3044	0,3534	205,86	0,2914	0,345	106,94	0,2775	0,3081	66,7	0,2559	0,2986
466	192	192	160	76,5	0,3053	0,381	146,83	0,3316	0,3856	189,22	0,3249	0,3521	224,29	0,3176	0,3452	113,61	0,2985	0,3085	71,38	0,2771	0,3012
467	224	192	160	83,16	0,36	0,3738	162,44	0,3734	0,3786	203,35	0,3481	0,3511	247	0,3446	0,3453	120,78	0,3194	0,3085	77,1	0,3005	0,3041
468	255	192	160	94,07	0,407	0,3686	180,82	0,4122	0,3721	225,72	0,3796	0,3495	272,88	0,3689	0,3455	127,71	0,3398	0,307	87	0,3347	0,3083
469	0	224	160	100,87	0,1796	0,4747	164,2	0,2034	0,4752	221,07	0,2675	0,4038	229,47	0,2365	0,3833	120,79	0,2302	0,3518	81,24	0,2304	0,3424
470	32	224	160	98,56	0,1809	0,4791	164,25	0,2049	0,4741	220,47	0,2684	0,4024	231,8	0,2379	0,3828	120,22	0,2309	0,3493	81,51	0,2313	0,3423
471	64	224	160	96,48	0,1855	0,4755	165,99	0,2134	0,4712	221,23	0,273	0,4004	236,03	0,2442	0,382	122,12	0,2384	0,3482	82,32	0,235	0,3422
472	96	224	160	94,59	0,2017	0,4727	169,64	0,2296													

523	0	128	192	37,45	0,1531	0,1699	49,46	0,1628	0,1941	83,47	0,2019	0,2139	92,7	0,1803	0,207	54,29	0,1783	0,1745	30,46	0,1717	0,1504
524	32	128	192	36,94	0,1552	0,177	49,76	0,1653	0,1942	82,45	0,2033	0,2127	95,75	0,186	0,2096	52,76	0,1778	0,1704	30,67	0,173	0,1509
525	64	128	192	36,54	0,1621	0,1804	51,8	0,1781	0,1974	84,05	0,2108	0,2132	101,33	0,1993	0,2142	54,35	0,1865	0,1723	31,5	0,178	0,153
526	96	128	192	37,25	0,1874	0,1862	55,99	0,2018	0,2036	88,32	0,2249	0,2165	108,75	0,217	0,2199	57,82	0,2022	0,1769	32,91	0,1867	0,1568
527	128	128	192	39,27	0,2125	0,1945	62,28	0,2336	0,2119	95,09	0,2447	0,222	121,09	0,2436	0,2285	62,29	0,2206	0,1825	35,13	0,1999	0,1623
528	160	128	192	41,77	0,2514	0,2061	71,75	0,2743	0,2227	104,15	0,2669	0,2286	137,94	0,2747	0,2384	67,61	0,2404	0,1887	38,15	0,2166	0,1693
529	192	128	192	48,98	0,2988	0,2217	84,21	0,3183	0,2344	115,51	0,292	0,2364	157,04	0,3041	0,2478	74,27	0,2631	0,1957	42,64	0,2393	0,1789
530	224	128	192	57,45	0,3516	0,2332	100,72	0,3639	0,2466	130,99	0,3198	0,2453	182,07	0,3354	0,2579	81,62	0,286	0,2025	48,3	0,2649	0,1896
531	255	128	192	69,56	0,4024	0,2498	120,2	0,4055	0,2578	154,86	0,3572	0,2566	165,95	0,2933	0,2589	88,33	0,308	0,207	58,33	0,3028	0,2055
532	0	160	192	53,05	0,1591	0,2384	77,71	0,1733	0,2656	120,22	0,2188	0,2643	131,16	0,1954	0,2534	73,25	0,1894	0,2132	43,3	0,1842	0,1936
533	32	160	192	52,44	0,1609	0,2462	77,96	0,1754	0,2653	119,08	0,2199	0,2629	134,55	0,2007	0,2551	71,54	0,1887	0,2095	43,59	0,1855	0,194
534	64	160	192	50,28	0,1672	0,2446	79,91	0,1862	0,2664	120,26	0,226	0,2622	140,1	0,2118	0,2578	73,21	0,1968	0,2106	44,41	0,1899	0,1955
535	96	160	192	50,34	0,1865	0,2501	83,9	0,2065	0,2688	124,16	0,2378	0,2632	148,8	0,2291	0,2618	76,76	0,2109	0,2136	45,85	0,1978	0,1981
536	128	160	192	51,59	0,2126	0,2522	89,99	0,2341	0,2722	130	0,2545	0,2656	160,87	0,2513	0,2667	81,22	0,2273	0,2174	47,98	0,2091	0,2019
537	160	160	192	54,08	0,2422	0,2578	99,14	0,2704	0,2767	138,99	0,2736	0,269	177,56	0,2779	0,2726	86,46	0,2451	0,2215	51,08	0,2243	0,2071
538	192	160	192	60,27	0,2894	0,2677	111,32	0,3105	0,2818	150,66	0,2955	0,2731	197,99	0,3057	0,2788	93,08	0,2657	0,2262	55,6	0,2448	0,2139
539	224	160	192	68,03	0,3393	0,2745	127,3	0,3532	0,2872	165,53	0,3202	0,278	222,35	0,3328	0,285	100,34	0,2867	0,2307	61,28	0,2681	0,2217
540	255	160	192	78,58	0,3885	0,2802	146,26	0,3931	0,2924	188,14	0,354	0,2844	207,95	0,2878	0,2921	106,98	0,3071	0,2333	71,31	0,3031	0,2335
541	0	192	192	71,42	0,1658	0,3145	114,83	0,1835	0,3358	169,46	0,2355	0,3135	181,39	0,2096	0,2981	98,01	0,201	0,2546	62,15	0,1997	0,2436
542	32	192	192	68,46	0,1665	0,3126	114,99	0,1851	0,3351	168,21	0,2364	0,3122	184,82	0,214	0,2989	96,91	0,2014	0,252	62,32	0,2002	0,2438
543	64	192	192	67,48	0,1721	0,3159	116,83	0,194	0,3347	168,69	0,2413	0,3108	190,52	0,2234	0,3001	98,78	0,2086	0,2525	63,19	0,2043	0,2446
544	96	192	192	68,31	0,1881	0,3173	120,65	0,2109	0,3342	172,04	0,2509	0,3103	199,2	0,2379	0,3019	102,26	0,2208	0,254	64,64	0,211	0,2462
545	128	192	192	69,64	0,2104	0,3179	126,44	0,2345	0,3338	178,94	0,2648	0,3105	211,6	0,2572	0,3042	106,91	0,2356	0,2561	66,84	0,2209	0,2485
546	160	192	192	72,04	0,2396	0,322	135,29	0,266	0,3333	186,83	0,2808	0,3114	227,91	0,2798	0,3069	112,19	0,2512	0,2583	69,88	0,2338	0,2515
547	192	192	192	76,71	0,2774	0,3203	146,95	0,3019	0,3327	197,96	0,2995	0,3125	248,49	0,3044	0,3099	118,85	0,2694	0,2609	74,5	0,252	0,2557
548	224	192	192	83,6	0,3251	0,3206	162,42	0,3412	0,3322	212,29	0,321	0,3141	272,58	0,3287	0,3129	126,14	0,288	0,2634	80,15	0,2725	0,2605
549	255	192	192	92,66	0,3725	0,3213	180,73	0,3789	0,3316	234,59	0,3509	0,3161	263,76	0,2877	0,3245	132,86	0,3064	0,2645	90,01	0,3035	0,2677
550	0	224	192	101,27	0,1726	0,3962	164,09	0,1926	0,4029	229,98	0,2511	0,3571	243,17	0,2222	0,3375	125,86	0,213	0,292	84,36	0,2142	0,2893
551	32	224	192	96,63	0,1732	0,3945	164,12	0,1939	0,402	229,61	0,2519	0,3559	246,55	0,2257	0,3376	125,12	0,2133	0,2903	84,66	0,2151	0,2893
552	64	224	192	94,54	0,1776	0,3906	165,79	0,201	0,4006	229,91	0,2559	0,3547	252,3	0,2335	0,3378	127,18	0,2198	0,2903	85,44	0,2181	0,2897
553	96	224	192	93,55	0,1898	0,3894	169,36	0,2148	0,3983	233,63	0,2637	0,3535	260,85	0,2456	0,3381	131,09	0,2312	0,2909	86,92	0,2239	0,2904
554	128	224	192	95,17	0,2096	0,3903	174,88	0,2345	0,3951	240,61	0,2752	0,3522	273,18	0,2619	0,3384	135,74	0,2439	0,2916	89,01	0,2321	0,2914
555	160	224	192	97,18	0,2314	0,3896	183,29	0,2614	0,3908	249,54	0,2884	0,3513	289,45	0,2813	0,3389	141,02	0,2575	0,2925	92,18	0,2435	0,2929
556	192	224	192	98,33	0,2665	0,3833	194,46	0,2928	0,3859	260,33	0,3041	0,3507	309,98	0,3028	0,3394	147,94	0,2739	0,2936	96,69	0,259	0,2949
557	224	224	192	104,47	0,3054	0,3753	209,31	0,3282	0,3804	275,63	0,3223	0,3499	333,96	0,3244	0,3399	159,35	0,2904	0,2946	102,53	0,2772	0,2973
558	255	224	192	112,72	0,3523	0,3693	226,84	0,3631	0,375	297,12	0,3478	0,3489	329,77	0,2878	0,3533	162,63	0,3068	0,2948	112,33	0,3047	0,3011
559	0	255	192	129,4	0,1777	0,456	223,17	0,2004	0,4591	294,68	0,2654	0,3928	313,68	0,232	0,3691	166,26	0,2287	0,3331	116,66	0,232	0,3384
560	32	255	192	126,91	0,1784	0,4583	223,18	0,2014	0,4581	295,17	0,2664	0,3927	316,64	0,2349	0,3687	160,58	0,2296	0,3323	116,88	0,2325	0,3382
561	64	255	192	122,44	0,1816	0,4558	224,73	0,2071	0,4564	297,87	0,27	0,3918	322,17	0,2415	0,3682	163,45	0,2366	0,3318	117,66	0,2351	0,3381
562	96	255	192	122,94	0,1911	0,4541	228,05	0,2183	0,4531	303,05	0,2768	0,3908	330,67	0,2517	0,3676	167,67	0,2466	0,3315	119,12	0,2397	0,3381
563	128	255	192	122,89	0,2075	0,4484	233,29	0,2346	0,4485	311,13	0,2865	0,389	343,06	0,2656	0,3667	172,67	0,258	0,3312	121,4	0,2468	0,3382
564	160	255	192	123,45	0,2269	0,4446	241,23	0,2573	0,4421	320,97	0,2978	0,3873	359,28	0,2823	0,3658	178,16	0,2697	0,3309	124,41	0,256	0,3383
565	192	255	192	125,61	0,2553	0,4407	251,86	0,2844	0,4346	333,18	0,3111	0,3859	379,63	0,3011	0,3646	184,99	0,2834	0,3306	129	0,269	0,3384
566	224	255	192	131,57	0,2916	0,4291	266,05	0,3159	0,4259	348,96	0,3265	0,3838	403,65	0,3204	0,3634	192,49	0,2975	0,3304	134,66	0,2841	0,3387
567	255	255	192	138,41	0,3321	0,4192	282,69	0,3478	0,4171	373,12	0,348	0,3815	234,3	0,2752	0,2865	200,51	0,3116	0,3299	144,47	0,3078	0,3392
568	0	224	224	124,24	0,1411	0,4031	13,92	0,1396	0,4075	37,7	0,1579	0,0875	52,67	0,1485	0,1074	17,76	0,1441	0,0534	13,62	0,1449	0,0607
569	32	224	224	124,44	0,1422	0,4039	14,36	0,1419	0,4087	38,12	0,1596	0,0884	54,93	0,1543	0,1104	19,93	0,1448	0,0538	13,9	0,1464	0,0616
570	64	224	224	133,38	0,1486	0,4073	16,57	0,1537	0,055	40,46	0,1671	0,0924	59,88	0,1672	0,1169	19,57	0,1519	0,0578	14,65	0,1509	0,0642
571	96	224	224	16,44	0,1658	0,0565	20,98	0,1757	0,0669	45,34	0,1808	0,1002	68,06	0,1872	0,1269	23,06	0,1666	0,066	16,01	0,1592	0,069
572	128	224	224	20,72	0,1884	0,0683	27,6	0,2055	0,0829	52,58	0,2	0,1111	79,97	0,2133	0,14	27,76	0,1851	0,0763	18,2	0,1717	0,0763
573	160	224	224	27,5	0,2206	0,0853	37,53	0,2443	0,1038	61,72	0,2219	0,1235	95,81	0,2435	0,1553	33,49	0,2057	0,0877	21,25	0,1881	0,0859
574	192	224	224	38,65	0,2673	0,1097	50,62	0,287	0,1268	73,73	0,2474	0,138	115,79	0,2757	0,1715	40,64	0,2292	0,1007	25,76	0,2103	0,0988
575	224	224	224	53,8	0,3229	0,139	67,84	0,3322	0,1512	89,9	0,2766	0,1546	139,18	0,3069	0,1872	50,08	0,2537	0,1143	31,52	0,2357	0,1136
576	255	0	224	71,1	0,368	0,1627	88,2	0,3741	0,1739	116,8	0,3179	0,178	102,95	0,254	0,1617						

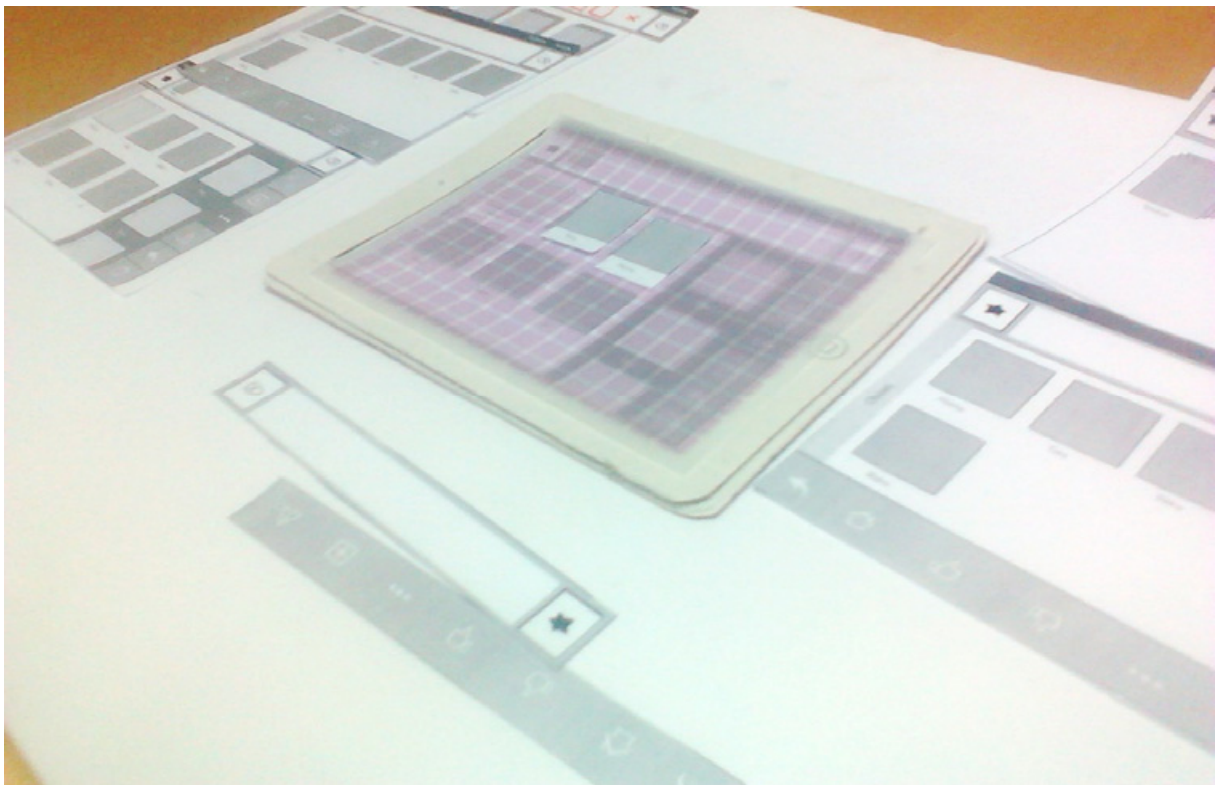


628	192	192	224	75.68	0.2467	0.2612	146.97	0.2739	0.2826	211.37	0.2743	0.2741	264.48	0.2807	0.2792	124.76	0.2486	0.228	78.02	0.2341	0.2247
629	224	192	224	83.76	0.2904	0.2706	162.22	0.3098	0.2865	226.3	0.2935	0.2775	288.42	0.3031	0.2838	131.94	0.2651	0.2315	83.8	0.2525	0.2301
630	255	192	224	92.14	0.3334	0.2761	180.32	0.3454	0.2904	248.22	0.3206	0.2818	279.54	0.2666	0.2919	138.68	0.2818	0.234	93.75	0.2807	0.2386
631	0	224	224	98.15	0.1654	0.3129	164.26	0.1829	0.3367	243.06	0.3246	0.3112	259.05	0.2098	0.2991	131.46	0.2007	0.2508	88.15	0.2028	0.253
632	32	224	224	97.18	0.1663	0.3183	164.3	0.1839	0.3361	242.5	0.2352	0.3104	262.34	0.2129	0.2997	130.78	0.2012	0.2496	88.3	0.2033	0.253
633	64	224	224	93.72	0.1695	0.318	165.91	0.1898	0.3357	242.95	0.2387	0.3096	268.03	0.2198	0.3005	132.84	0.2068	0.2503	89.17	0.2061	0.2536
634	96	224	224	94.01	0.1792	0.318	169.35	0.2013	0.3353	246.65	0.2455	0.3093	276.81	0.2305	0.3018	136.66	0.2163	0.2517	90.58	0.211	0.2546
635	128	224	224	94.36	0.1946	0.318	174.8	0.218	0.3349	253.9	0.2556	0.3095	289.14	0.2449	0.3035	141.33	0.2274	0.2534	92.86	0.2185	0.2562
636	160	224	224	95.37	0.2137	0.3182	183	0.2414	0.3343	262.53	0.2673	0.3101	305.54	0.2623	0.3056	146.73	0.2395	0.2554	95.94	0.2283	0.2583
637	192	224	224	97.21	0.2432	0.3185	193.99	0.2694	0.3337	273.74	0.2813	0.3111	325.73	0.2819	0.3079	153.43	0.2538	0.2577	100.44	0.2421	0.2612
638	224	224	224	103.89	0.2791	0.3193	208.63	0.3018	0.3331	288.01	0.2979	0.3124	349.7	0.302	0.3102	160.8	0.2687	0.26	106.27	0.2585	0.2647
639	255	224	224	113.63	0.3203	0.3231	226.02	0.3348	0.3324	309.8	0.3216	0.3139	345.32	0.2691	0.3205	168.06	0.2838	0.2618	116.03	0.2836	0.2701
640	0	255	224	129.41	0.1713	0.3828	222.52	0.1909	0.3941	306.9	0.2488	0.347	329.21	0.2198	0.3312	165.63	0.2146	0.287	120.38	0.2196	0.2999
641	32	255	224	125.47	0.1716	0.3822	222.45	0.1917	0.3934	307.43	0.2496	0.3469	332.31	0.2225	0.3312	165.86	0.2153	0.2868	120.6	0.2201	0.2998
642	64	255	224	122.72	0.1743	0.3819	223.9	0.1965	0.3925	310.18	0.2529	0.3465	337.87	0.2284	0.3314	168.65	0.2214	0.2873	121.5	0.2225	0.3
643	96	255	224	121.45	0.1825	0.3817	227.14	0.2061	0.3909	315.12	0.259	0.3465	346.6	0.2376	0.3318	172.84	0.2302	0.288	122.85	0.2265	0.3005
644	128	255	224	121.21	0.1955	0.3781	232.2	0.2203	0.3889	323.11	0.2678	0.3463	358.79	0.2501	0.3323	177.8	0.2402	0.2888	125.04	0.2327	0.3011
645	160	255	224	121.87	0.2121	0.3776	240.04	0.2404	0.386	333.06	0.278	0.3461	375.18	0.2654	0.3328	183.27	0.2507	0.2898	128.08	0.2409	0.3019
646	192	255	224	125.37	0.236	0.3752	250.47	0.265	0.3825	345.39	0.2902	0.3462	395.42	0.2827	0.3335	190.1	0.2631	0.291	132.61	0.2527	0.3032
647	224	255	224	127.73	0.2672	0.3694	264.39	0.294	0.3785	361.01	0.3046	0.3463	419.24	0.3007	0.3342	197.58	0.276	0.2922	138.4	0.2668	0.3047
648	255	255	224	137.22	0.3049	0.3697	281	0.3241	0.3743	385.29	0.3249	0.3465	250.11	0.2553	0.2581	205.64	0.2892	0.2934	148.17	0.2886	0.3072
649	0	255	16.31	0.1411	0.043	18.82	0.1396	0.0474	61.69	0.1529	0.0986	68.9	0.1482	0.106	22	0.1436	0.0588	18.05	0.1443	0.0649	
650	32	0	255	16.41	0.1417	0.0434	19.19	0.1412	0.0482	62.27	0.1592	0.0992	71.25	0.1528	0.1083	22.22	0.1444	0.0593	18.26	0.1453	0.0654
651	64	0	255	17.39	0.146	0.0458	21.3	0.1496	0.0528	64.74	0.1644	0.1019	76.33	0.163	0.1135	23.86	0.1509	0.0628	19.02	0.1491	0.0676
652	96	0	255	20.31	0.1584	0.0523	25.55	0.1657	0.0614	69.5	0.174	0.107	84.62	0.1788	0.1214	27.48	0.1646	0.0703	20.41	0.1559	0.0715
653	128	0	255	24.29	0.1748	0.0609	31.94	0.1883	0.0735	76.86	0.1878	0.1145	96.6	0.1997	0.132	32.09	0.181	0.0792	22.62	0.1663	0.0775
654	160	0	255	30.5	0.1982	0.0732	41.61	0.219	0.0901	86.09	0.2041	0.1234	112.49	0.2245	0.1446	37.69	0.1995	0.0893	25.63	0.1798	0.0852
655	192	0	255	41.27	0.2359	0.093	54.36	0.2543	0.1091	98.21	0.2206	0.134	132.43	0.2517	0.1584	45	0.2215	0.1013	30.22	0.1989	0.0962
656	224	0	255	54.93	0.2798	0.1161	71.26	0.2938	0.1305	114.26	0.2467	0.1466	155.67	0.279	0.1722	53.24	0.2441	0.1135	35.95	0.2207	0.1087
657	255	0	255	72.13	0.3251	0.1399	91.2	0.3324	0.1514	141.28	0.2807	0.165	119.38	0.2329	0.1498	62.14	0.2663	0.1254	45.63	0.2537	0.1272
658	0	32	255	16.91	0.1412	0.0444	19.63	0.1401	0.0498	64.64	0.1593	0.1023	71.25	0.1491	0.1087	24	0.1449	0.0635	19.07	0.1451	0.0681
659	32	32	255	17.17	0.1421	0.0451	20.04	0.1417	0.0506	65.04	0.1605	0.1027	73.7	0.1538	0.1111	24.02	0.1458	0.0635	19.26	0.1461	0.0686
660	64	32	255	18.04	0.146	0.0471	22.11	0.1499	0.055	67.46	0.1657	0.1053	78.97	0.164	0.1163	25.86	0.1532	0.0673	19.98	0.1496	0.0706
661	96	32	255	21.07	0.1587	0.0539	26.29	0.1659	0.0635	72.25	0.1753	0.1104	87.41	0.1798	0.1243	29.58	0.1671	0.0748	21.48	0.1569	0.0748
662	128	32	255	24.64	0.1745	0.062	32.56	0.1883	0.0754	79.66	0.1891	0.1177	99.46	0.2006	0.1347	34.26	0.1836	0.0836	23.71	0.1672	0.0807
663	160	32	255	30.59	0.1987	0.0749	42.09	0.2188	0.0917	88.92	0.2053	0.1264	115.49	0.2253	0.1471	39.86	0.2019	0.0933	26.64	0.1804	0.0881
664	192	32	255	39.99	0.2344	0.0934	54.75	0.2541	0.1106	101.17	0.2248	0.1368	135.46	0.2523	0.1607	47.02	0.2233	0.1048	31.16	0.1992	0.0988
665	224	32	255	51.52	0.278	0.1163	71.46	0.2935	0.1317	117.06	0.2477	0.1491	158.76	0.2792	0.1742	54.97	0.245	0.1163	36.9	0.2211	0.1111
666	255	32	255	65.3	0.3228	0.1396	91.26	0.3321	0.1524	143.59	0.281	0.1669	125.51	0.2337	0.1552	63.45	0.2666	0.1274	46.72	0.2541	0.1296
667	0	64	255	20.76	0.1422	0.0538	25.54	0.1424	0.0637	75.27	0.1639	0.1156	80.63	0.1527	0.1199	34.56	0.1516	0.0871	22.47	0.148	0.0787
668	32	64	255	21.07	0.1429	0.0547	25.91	0.1439	0.0643	75.61	0.1651	0.1159	83.37	0.1574	0.1224	33.73	0.1518	0.0853	22.76	0.1492	0.0794
669	64	64	255	21.64	0.1469	0.0565	27.92	0.1519	0.0683	77.77	0.17	0.1179	88.78	0.1673	0.1273	35.49	0.159	0.0885	23.57	0.1531	0.0816
670	96	64	255	24.25	0.1595	0.0631	32	0.1674	0.0761	82.32	0.1793	0.1223	97.37	0.1827	0.1348	39.08	0.1724	0.0947	25.01	0.1598	0.0853
671	128	64	255	27.01	0.1749	0.0699	38.22	0.1893	0.0872	89.83	0.193	0.1291	109.5	0.203	0.1446	43.71	0.1882	0.1024	27.22	0.1699	0.0908
672	160	64	255	31.59	0.1977	0.0825	47.6	0.2192	0.1023	99.05	0.2087	0.137	125.63	0.2269	0.1562	49.04	0.2053	0.1106	30.15	0.1828	0.0978
673	192	64	255	38.59	0.2337	0.0997	60.1	0.2539	0.12	111.28	0.2277	0.1467	145.85	0.2533	0.1691	55.89	0.2255	0.1203	34.71	0.2013	0.108
674	224	64	255	49.01	0.275	0.121	76.6	0.2928	0.1398	127.24	0.2499	0.1581	169.4	0.2796	0.1819	63.38	0.2462	0.13	40.32	0.2222	0.1194
675	255	64	255	61.69	0.3201	0.144	96.25	0.3311	0.1593	152.67	0.2817	0.174	139.53	0.2355	0.1672	70.97	0.267	0.1388	50.24	0.2549	0.1371
676	0	96	255	30.48	0.1444	0.0775	37.23	0.1464	0.0895	94.83	0.1716	0.138	98.2	0.159	0.1394	50.05	0.1602	0.1181	28.94	0.1538	0.0976
677	32	96	255	29.93	0.1449	0.0771	37.53	0.1478	0.0899	94.5	0.1725	0.1375	101.29	0.1635	0.1419	48.75	0.1602	0.1156	29.18	0.1548	0.0981
678	64	96	255	30.12	0.1487	0.0794	39.48	0.1554	0.0933	96.42	0.177	0.1389	106.86	0.173	0.1464	50.4	0.167	0.1179	29.93	0.1582	0.0999
679	96	96	255	31.53	0.1607	0.0849	43.5	0.1702	0.1	101.17	0.186	0.1428	115.51	0.1875	0.153	53.93	0.1793	0.1229	31.28	0.1643	0.1031
680	128	96	255	33.19	0.1758	0.0931	49.59	0.1911	0.1096	108.15	0.1986	0.1482	127.88	0.2068	0.1618	58.41	0.1939	0.129	33.55	0.1742	0.1082
681	160	96	255	37.66	0.1993	0.1054	58.81	0.2199	0.1227	117.19	0.2136	0.1549	144.16	0.2297	0.1721	63.76	0.2101	0.1358	36.56	0.1868	0.1147
682	192	96	255	42.69	0.232																

**Prilog E: Prototipovi aplikacije „Komunikator+“ niske i srednje vjernosti izrađeni u okviru projekta „Kompetencijska mreža zasnovana na informacijsko-komunikacijskim tehnologijama za inovativne usluge namijenjene osobama sa složenim komunikacijskim potrebama (ICT-AAC)“**



Slika 1. Papirnati prototipovi korišteni za razvoj aplikacije "Komunikator+"



Slika 2. Papirnati prototipovi korišteni za razvoj aplikacije "Komunikator+"





Slika 3. Prikaz prostorne prilagodljivosti grafičkoga korisničkoga sučelja aplikacije "Komunikator+" uporabom digitalnog prototipa srednje vjernosti



Slika 4 Prikaz procesa sekvencioniranja grafičkih znakova u korisničkom sučelju aplikacije "Komunikator+" uporabom digitalnog prototipa srednje vjernosti

# Životopis

Jurica Dolić rođen je 1981. g. u Zagrebu, gdje se i školuje. Po završenoj prirodoslovno matematičkoj gimnaziji, upisuje Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu na kojemu je diplomirao 2006. godine kao inženjer grafičke tehnologije, smjer Dizajn grafičkih proizvoda. Zaposlen je na Grafičkom fakultetu kao asistent na Katedri za likovnu kulturu i grafički dizajn, a radio je i kao vanjski suradnik na Zagrebačkoj školi ekonomije i managementa te na Veleučilištu u Varaždinu. Suraduje sa brojnim domaćim sportskim savezima.

Usavršavao se na studijskim boravcima u Stuttgartu, Njemačka i Gentu, Belgija. Sudjelovao je kao suradnik na projektu „ICT sustavi za osobe sa složenim komunikacijskim potrebama“, a trenutno sudjeluje na projektu „Kompetencijska mreža zasnovana na informacijsko-komunikacijskim tehnologijama za inovativne usluge namijenjene osobama sa složenim komunikacijskim potrebama (ICT-AAC)“ kao istraživač metodologije dizajna.

Član je Hrvatskog ergonomskeg društva, Sign Design Society i tehničkog odbora HZN/TO “Grafički simboli” Hrvatskog zavoda za norme. Autor je vizualnih identiteta mnogobrojnih domaćih i međunarodnih sportskih manifestacija, uključujući i Europskih sveučilišnih igara koje će se održati 2016. godine. Grafički je urednik brojnih publikacija. Dobitnik je Rektorove nagrade za akademsku godinu 2005/2006.

## **Poglavlja u knjizi**

1. Dolić, Jurica; Pibernik, Jesenka; Šarčević, Iva.  
Consumer Interpretation of Recycling Signs on Packaging // Signs and Symbols for Workplace and Public Use / Ng, Annie W. Y. ; Chan, Alan H. S. (ur.). New York : Nova Science Publishers, Inc., 2013. Str. 95-112.

## **Znanstveni radovi u drugim časopisima**

1. Dolić, Jurica; Pibernik, Jesenka; Car, Željka.  
Design and Development of Symbol Based Services for Persons with Complex Communication Needs. // Acta graphica. 24 (2013) , 1/2; 19-28 (prethodno priopćenje, znanstveni).

2. Pibernik, Jesenka; Dolić, Jurica; Dilberović, Ivan.  
Proces dizajna T-majica tehnikom digitalnog tiska na tekstilu. // Tekstil. 60 (2011) , 10; 504-511 (članak, znanstveni).
3. Pibernik, Jesenka; Brozović, Maja; Dolić, Jurica.  
Percepcija eko-tema u dizajnu modne odjeće za mlade. // Tekstil. 58 (2009) , 1-2; 1-10 (članak, znanstveni).

### **Radovi u postupku objavljivanja**

1. Pibernik Jesenka, Dolić Jurica, Kanižaj Bojan.  
What is creativity in web portfolio design. // Digital creativity. (2013) (prihvaćen za objavljivanje).

### **Znanstveni radovi u zbornicima skupova s međunar.rec.**

2. Dolić, Jurica; Pibernik, Jesenka; Bota, Josip.  
Evaluation of Mainstream Tablet Devices for Symbol Based AAC Communication // Lecture Notes in Computer Science 7327 - Agent and Multi-Agent Systems. Technologies and Applications 6th KES International Conference, KES-AMSTA 2012 / Jezic, Gordan ; Kusek, Mario ; Nguyen, Ngoc Thanh ; Howlett, Robert J. ; Jain, Lakhmi C (ur.). Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2012. 251-260 (predavanje, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni).
3. Car, Željka; Vuković, Marin; Vučak, Ivan; Pibernik, Jesenka; Dolić, Jurica.  
A Platform Model for Symbol Based Communication Services // Proceedings of the 11th International Conference on Telecommunications ConTEL 2011 / Plank, Thomas ; Löschnigg, Markus (ur.). Graz : Graz University of Technology, 2011. 141-147 (predavanje, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni).
4. Dolić, Jurica; Pibernik, Jesenka; Bilušić, Iva.  
Consumer Interpretation of Recycling Symbols Used for Printed Products // International

Scientific Conference Management of Technology – Step to Sustainable Production, Rovinj June 2 - 4, 2010, Croatia, Conference Proceedings / Ćosić, Predrag (ur.). Zagreb : Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, 2010. (predavanje, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni).

5. Dolić, Jurica; Pibernik, Jesenka; Bilušić, Iva.  
Visual impact of packaging signs for recycling and waste management // Proceedings - The Fifth International Symposium GRID 2010 / Novaković, Dragoljub (ur.). Novi Sad, 2010. (predavanje, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni).
6. Volarić, Nikola; Pibernik, Jesenka; Dolić, Jurica.  
The popularity of black-and-white photography in the world of digital photography // DESIGN 2010 - PROCEEDINGS / Žiljak, Vilko ; Milčić, Diana (ur.). Zagreb : Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, 2010. 1903-1910 (predavanje, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni).
7. Šilić, Lucija; Dolić, Jurica; Pibernik, Jesenka.  
Connotative meaning of type // Proceedings / 13th International conference of printing, design and graphic communication Blaž Baromić, Senj, September 30th- October 2nd, 2009 / Bolanča, Zdenka (ur.). Zagreb : University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts, Croatia, University of Ljubljana, Faculty of Natural Science and Engineering, Slovenia, Ogranak Matice hrvatske Senj, Croatia, Pulp and Paper Institute, Ljubljana, Slovenia, 2009. 239-244 (predavanje, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni).
8. Pibernik Jesenka, Brozović Maja, Dolić Jurica.  
Challenging the Role of Graphic Design by situating it in Larger Context // 27. Mednarodna konferenca o razvoju organizacijskih znanosti ZNANJE ZA TRAJNOSTNI RAZVOJ 19. - 21. Marec 2008, Portorož, Slovenija Book of Abstracts / Vladislav Rajković, Eva Jereb, Tomaž Kern, Mirosljub Kljajić, Bjoern Paape, Milan Pagon, Goran Vuković (ur.). arbor : Moderna organizacija v okviru Univerze v Mariboru - Fakulteta za organizacijske vede, 2008. 2067-2074 (predavanje, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni).

9. Pibernik, Jesenka; Dolić, Jurica.

A Design-based Research Framework for Assessing e-Learning in Sustainable Development // Proceedings of the 10th International Design Conference Design 2008 : Workshop Design of Graphic Media ; sv. 3 / Žiljak, Vilko (ur.). Zagreb ; Glasgow : Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture ; Design Society, 2008. 1417-1501 (predavanje,međunarodna recenzija,objavljeni rad,znanstveni).

### **Drugi radovi u zbornicima skupova s recenzijom**

1. Dolić, Jurica; Pibernik, Jesenka; Futač, Nikola.

Contemporary magazine design // Proceedings of the 12th International conference of printing, design and graphic communication Blaž Baromić / Bolanča, Zdenka (ur.). Zagreb ; Ljubljana ; Senj : University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts ; University of Ljubljana, Faculty of Natural Science and Engineering ; Pulp and Paper Institute ; Ogranak Matice hrvatske, 2008. 69-73 (predavanje,međunarodna recenzija,objavljeni rad, stručni).

### **Sažeci u zbornicima skupova**

1. Dolić, Jurica; Pibernik, Jesenka; Mandić, Lidija.

Dizajn prilagodljivog sustava simbola // Zbornik sažetaka završne konferencije projekta ICT sustavi za osobe sa složenim komunikacijskim potrebama / Car, Željka (ur.). Zagreb : Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 2013. (predavanje,sažetak, stručni).