

Uloga mobilnih aplikacija kao alata za pomoć osobama s poremećajima vida

Kraml, Karlo

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:301511>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-05**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**

Sveučilišni prijediplomski studij Računarstvo

**ULOGA MOBILNIH APLIKACIJA KAO ALATA ZA
POMOĆ OSOBAMA S POREMEĆAJIMA VIDA**

Završni rad

Karlo Kraml

Osijek, 2024.

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac Z1P: Obrazac za ocjenu završnog rada na sveučilišnom prijediplomskom studiju****Ocjena završnog rada na sveučilišnom prijediplomskom studiju**

Ime i prezime pristupnika:	Karlo Kraml
Studij, smjer:	Sveučilišni prijediplomski studij Računarstvo
Mat. br. pristupnika, god.	R4665, 28.07.2021.
JMBAG:	0165091371
Mentor:	doc. dr. sc. Bruno Zorić
Sumentor:	
Sumentor iz tvrtke:	
Naslov završnog rada:	Uloga mobilnih aplikacija kao alata za pomoć osobama s poremećajima vida
Znanstvena grana završnog rada:	Programsko inženjerstvo (zn. polje računarstvo)
Zadatak završnog rada:	U teorijskom dijelu rada potrebno je opisati poremećaje vida i probleme s kojima se susreću ljudi zahvaćeni ovim problemima. Potrebno je staviti na ulogu tehnologije u pomoći ovim osobama, a poseban naglasak staviti na mobilne platforme i aplikacije. U praktičnom dijelu rada potrebno je ostvariti vlastito programsko rješenje koje ugrađuje odabrane mehanizme za pomoć osobama s poremećajima vida za neku od mobilnih platformi slijedeći najbolje prakse razvoja za danu mobilnu platformu te ga prikladno vrednovati. (Tema rezervirana za: Karlo Kraml)
Datum prijedloga ocjene završnog rada od strane mentora:	04.09.2024.
Prijedlog ocjene završnog rada od strane mentora:	Izvrstan (5)
Datum potvrde ocjene završnog rada od strane Odbora:	11.09.2024.
Ocjena završnog rada nakon obrane:	Izvrstan (5)
Datum potvrde mentora o predaji konačne verzije završnog rada čime je pristupnik završio sveučilišni prijediplomski studij:	11.09.2024.



FERIT

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK**

IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Osijek, 11.09.2024.

Ime i prezime Pristupnika:

Karlo Kraml

Studij:

Sveučilišni prijediplomski studij Računarstvo

Mat. br. Pristupnika, godina upisa:

R4665, 28.07.2021.

Turnitin podudaranje [%]:

4

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Uloga mobilnih aplikacija kao alata za pomoć osobama s poremećajima vida**

izrađen pod vodstvom mentora doc. dr. sc. Bruno Zorić

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.

Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis pristupnika:

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Zadatak završnog rada	1
2. POREMEĆAJI VIDA I POMAGALA ZASNOVANA NA TEHNOLOGIJI	2
2.1. Poremećaji vida.....	2
2.1.1. Katarakta	3
2.1.2. Dijabetička retinopatija	4
2.1.3. Glaukom.....	5
2.1.4. Starosna makularna degeneracija	6
2.1.5. Daltonizam	6
2.2. Pristupačnost mobilnih aplikacija za osobe s poremećajima vida	7
2.2.1. Web Content Accessibility Guidelines.....	8
2.2.2. Osnovne pristupačne značajke	9
2.3. Mogućnost primjene tehnologije kod poremećaja vida	11
2.3.1. Dijagnostika	11
2.3.2. Terapija	11
2.3.3. Rehabilitacija	12
2.3.4. Asistencija.....	12
2.4. Pregled i analiza aplikacija namijenjenih osobama s poremećajima vida	12
2.4.1. e-Paarvai.....	14
2.4.2. RetinaRisk.....	15
2.4.3. Be My Eyes.....	15
2.4.4. BlindSquare.....	16
2.4.5. Seeing AI.....	17
3. PROGRAMSKO RJEŠENJE EXPLORE & SEE NAMIJENJENO OSOBAMA S POREMEĆAJIMA VIDA.....	19
3.1. Zahtjevi na programsko rješenje	19
3.2. Korištene tehnologije.....	22
3.2.1. Android Studio	22
3.2.2. CameraX	22
3.2.3. Google Maps SDK i Places API	23
3.2.4. Retrofit	25

3.2.5. Room.....	26
3.3. Dijagram toka aplikacije.....	29
3.4. Način rada Explore & See aplikacije.....	30
3.4.1. Korištenje povećala.....	30
3.4.2. Korištenje navigacije.....	34
3.5. Evaluacija aplikacije	37
4. ZAKLJUČAK	39
LITERATURA	40
SAŽETAK	48
ABSTRACT.....	49
PRILOZI.....	50

1. UVOD

Poremećaji vida, najdominantnijeg ljudskog osjetila, globalno su zastupljeni. Gubitak vida smatra se najozbiljnijim senzornim invaliditetom, uzrokujući oko 90% lišavanja cjelokupne percepcije pojedinca [1]. Osobe zahvaćene poremećajima vida često se zbog njih osjećaju umjereno ili potpuno odsječene od društva i okoline. Jedan od primjera tog problema jest nemogućnost korištenja punog potencijala mobilnih uređaja koji danas predstavljaju prijeko potreban alat za svakodnevno funkcioniranje. Takva poteškoća može dovesti do socijalnog, kulturnog ili ekonomskog isključivanja osobe [2]. Kako bi se takve posljedice spriječile ili barem umanjile, u posljednje se vrijeme pozornost obraća na rješenja koja bi navedenim osobama olakšala obavljanje svakodnevnih zadataka. U domeni mobilnih aplikacija to obuhvaća shvaćanje potreba i problema s kojima se osobe s oštećenjem vida suočavaju pri korištenju mobilnih uređaja, odnosno prilagođavanje mobilnih aplikacija navedenim korisnicima. Fokus ovog rada ukazati je na probleme s kojima se osobe s oštećenjem vida susreću kroz prezentiranje *Android* mobilne aplikacije kao rješenja za neke od problema. U drugom poglavlju opisani su neki poremećaji vida i uloga mobilnih aplikacija u ublažavanju poteškoća s kojima se ti korisnici susreću. U trećem poglavlju predstavljeno je programsko rješenje u obliku *Android* mobilne aplikacije te cjelokupni proces izrade tog rješenja. U četvrtom poglavlju sažeti su rezultati rada, što je ostvareno, prednosti i ograničenja korištenog pristupa i programskog rješenja i naposljetku ideje za moguća poboljšanja.

1.1. Zadatak završnog rada

U teorijskom dijelu rada potrebno je opisati poremećaje vida i probleme s kojima se susreću ljudi zahvaćeni ovim problemima. Potrebno je staviti na ulogu tehnologije u pomoći ovim osobama, a poseban naglasak staviti na mobilne platforme i aplikacije. U praktičnom dijelu rada potrebno je ostvariti vlastito programsko rješenje koje ugrađuje odabrane mehanizme za pomoć osobama s poremećajima vida za neku od mobilnih platformi slijedeći najbolje prakse razvoja za danu mobilnu platformu te ga prikladno vrednovati.

2. POREMEĆAJI VIDA I POMAGALA ZASNOVANA NA TEHNOLOGIJI

Bez vida osoba se bori s osnovnim aktivnostima poput čitanja, hodanja, učenja itd. Svatko, barem jednom u životu, doživi stanje oka koje će zahtijevati odgovarajuću njegu [3]. Međutim, ozbiljniji problemi su trajna oštećenja oka zbog kojih može doći i do potpunog gubitka vida. Najčešći uzroci oštećenja vida su: refrakcijske greške, katarakta, dijabetička retinopatija, glaukom i starosna makularna degeneracija (AMD, engl. *Age related macular degeneration*) [3]. U prethodnim desetljećima, interes za pomagalima zasnovanim na tehnologiji raste zbog politika Europske unije (EU) i Ujedinjenih naroda (UN) u korist osoba s posebnim potrebama i zbog značajnog porasta stanovništva starijeg od 65 godina [4]. Tako su i na području mobilnih aplikacija nastala razna rješenja koja bi trebala pomoći osobama s oštećenjem vida. Neki primjeri su: aplikacije za unos teksta ili pozivnog broja uporabom *Braille* sustava, prepoznavanje valute kamerom uređaja, čitači knjiga, povećala, prilagođene navigacijske aplikacije te razne aplikacije za treniranje vida, nerijetko kroz igru.

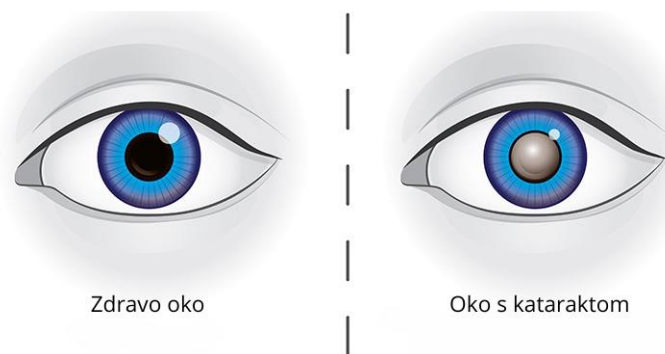
2.1. Poremećaji vida

Iako se poremećaji vida mogu pojaviti neovisno o dobi i spolu, poznato je da se rizik oštećenja vida povećava s godinama te da dijabetičari i pušači spadaju u skupinu većeg rizika za stjecanje nekog od poremećaja vida. Također, poremećaji vida mogu se povezati s nasljednim čimbenicima i s traumatskim ozljedama oka. Simptomi poremećaja vida su: zamućen vid, dvostruki vid, gubitak perifernog vida, gubitak središnjeg vida, problemi s prepoznavanjem boja, poteškoće s vidom u slabom osvjetljenju, iznenadna bol u oku, osjetljivost na svjetlo [5] i dr. Simptomi kao što su suhe ili umorne oči, bol u očima ili oko njih, zamućenje ili dvostruki vid, mogu se pripisati čimbenicima okoline, npr. nedovoljno osvjetljenja, ili čimbenicima koji se odnose na pojedinca, kao nekorigirane refrakcijske pogreške, nedostatak akomodacije, inkongruentna konvergencija oka ili drugi binokularni problemi vida. Osobe s određenim oštećenjima vida također su izložnije mišićno-kosturnim poteškoćama i problemima s ravnotežom [6]. Kako su refrakcijske greške najčešći uzročnici oštećenja vida, za njih postoji i najviše rješenja, poput korekcija nošenjem naočala ili kontaktnih leća. U posljednje vrijeme sve je popularnija i operativna metoda uklanjanja dioptrije. Najčešće refrakcijske greške su kratkovidnost, dalekovidnost, astigmatizam i staračka dalekovidnost [7]. Sadržaj ovog rada biti će usmjereniji na ostale poremećaje koji također

zahtijevaju pozornost i traženje načina kako bi se pomoglo osobama zahvaćenim tim poremećajima.

2.1.1. Katarakta

Katarakta je zamućeno područje u leći oka. Zdrava leća prozirna je i služi za savijanje (refrakciju) svjetlosnih zraka koje ulaze u oko i tako omogućava normalan vid. Osoba s kataraktom ima zamućenu leću pa se često povlači usporedba s gledanjem kroz maglovito ili prašnjavo staklo. Na slici 2.1. prikazana je usporedba zdravog oka i oka s kataraktom (preuzeto iz [8]). Katarakta je vrlo čest poremećaj kod starijih ljudi te je progresivna bolest pa može dovesti i do potpunog gubitka vida. Zbog toga je ključno otkriti ju u ranoj fazi razvoja bolesti [9], [10].



Slika 2.1. Prikaz zdravog oka i oka s kataraktom

Simptomi katarakte su: zamućen vid, izbljedjeli izgled boja, pogoršan vid noću, svjetiljke, sunčeva svjetlost ili farovi izgledaju previše svijetlo, aureola oko svjetla, dvostruki vid (to ponekad nestane kako katarakta raste), česta potreba za mijenjanjem recepta za naočale ili kontaktne leće [9]. Kataraktu uzrokuje razgradnja proteina u leći koja može započeti nakon dobi od 40 godina, a većina ljudi starijih od 60 godina iskusi zamućenje vida. Osim zbog starenja, katarakta se može pojaviti kod osoba čiji članovi obitelji imaju kataraktu, kod osoba s određenim bolestima poput dijabetesa, zbog ozljede oka, operacije oka ili izlaganja gornjeg dijela tijela radijaciji, zbog neumjerene izloženosti suncu (osobito bez sunčanih naočala), kod pušača [10] itd. Razvoj katarakte može se usporiti nošenjem sunčanih naočala, no jedino pravo rješenje za uklanjanje katarakte jest operacija. Osim operacije, osobi s kataraktom mogu pomoći nove naočale/leće (u ranoj fazi bolesti) te korištenje umjetnih izvora svjetlosti i povećala pri radu i čitanju [9], [10]. Ovo stvara prostor za moguću primjenu pomoćnih programskih rješenja.

2.1.2. Dijabetička retinopatija

Dijabetička retinopatija očna je bolest koja se pojavljuje kod osoba s dijabetesom. Uzrok bolesti je visoka razina šećera u krvi zbog koje dolazi do oštećenja krvnih žila u retini (svjetlosno osjetljivom sloju tkiva na stražnjem dijelu oka) koja mogu dovesti do gubitka vida. Na slici 2.2 prikazana je usporedba zdravoga oka i oka s dijabetičkom retinopatijom (preuzeto iz [11]).

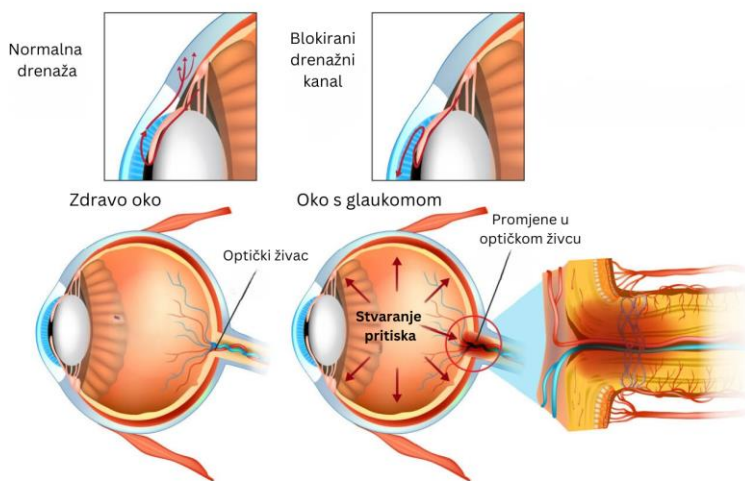


Slika 2.2. Zdravo oko i oko s dijabetičkom retinopatijom

U ranoj fazi bolesti osoba obično nema simptome, no kako bolest napreduje mogu se pojaviti neki od sljedećih koji obično zahvaćaju oba oka: mrlje ili tamne niti koje plutaju u vidnom polju, zamućen vid, promjenjiv vid, lošiji vid noću, izbljedjele boje, tamna ili prazna područja u vidnom polju i naposljetku gubitak vida [12], [13]. Dvije su glavne faze dijabetičke retinopatije: neproliferativna ili rana dijabetička retinopatija (NPDR) i proliferativna dijabetička retinopatija (PDR). Osobe s NPDR-om imaju zamućen vid i u toj fazi ne rastu nove krvne žile već postojeće sitne krvne žile propuštaju, što uzrokuje oticanje retine. Kada makula (žuta pjega) otekne, to se naziva makularni edem i predstavlja najčešći razlog gubitka vida dijabetičara. Također, krvne žile se u ovoj fazi mogu zatvoriti pa krv ne dolazi do makule, što se naziva makularna ishemija. PDR faza je naprednija te u njoj dolazi do razvoja novih krvnih žila u retini što se naziva neovaskularizacija. Te krhke nove žile često krvare u središte oka, staklovinu. Ako krvare malo, pojavljuje se nekoliko tamnih plutajućih mrlja u vidnom polju. Ako krvare puno, mogu blokirati sav vid. Ove nove krvne žile mogu formirati ožiljke koji uzrokuju probleme s makulom ili dovesti do odvajanja retine od stražnjeg dijela oka. PDR je ozbiljna bolest koja može oduzeti i središnji i periferni vid [12], [13]. Premda se dijabetička retinopatija liječi lijekovima, laserskim tretmanima i operacijom, tehnološka pomagala mogu pomoći bolesniku u svakodnevnim zadaćama [14]. Uređaji koji pružaju dodatno osvjetljenje, odabire prikaza, podešavanje fokusa, odabir kontrasta i uvećanje slike pomažu oboljeloj osobi u obavljanju tih zadaća [15].

2.1.3. Glaukom

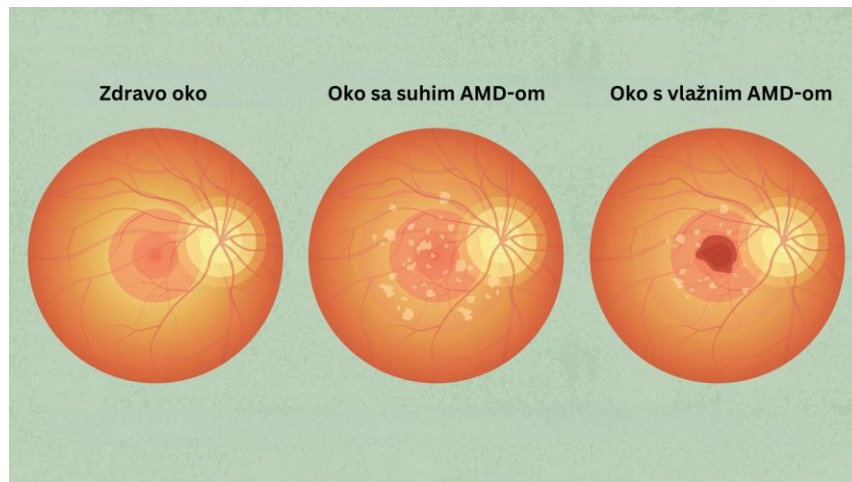
Glaukom je skupina očnih bolesti koje oštećuju optički živac. Obično se javlja usred nakupljanja tekućine u prednjem dijelu oka, uzrokujući povećani pritisak i zatim oštećenje optičkog živca. Međutim, glaukom se može pojaviti i pri normalnom očnom tlaku. Pojavljuje se u bilo kojoj dobi, no češće kod starijih osoba. Jedan je od vodećih uzroka sljepoće kod osoba starijih od 60 godina. Učinak bolesti je toliko postupan da osoba često ni ne primijeti promjenu vida sve dok stanje ne dosegne kasne faze. Zbog toga se bolest često naziva i „tihi kradljivac vida“. Dvije glavne vrste su glaukom otvorenog kuta i glaukom zatvorenog ili uskog kuta. Glaukom otvorenog kuta je najčešći tip glaukoma. Pojavljuje se postupno, kada oko ne drenira tekućinu kako bi trebalo pa očni tlak raste i dolazi do oštećenja optičkog živca. Ovaj tip glaukoma je bezbolan i u početku ne uzrokuje promjene u vidu. Glaukom zatvorenog kuta javlja se kod osoba čija je šarenica vrlo blizu drenažnog kuta u oku. Šarenica može blokirati drenažni kut, a kada se on potpuno blokira očni tlak brzo raste što se naziva akutni napad i zahtijeva hitnu reakciju jer može dovesti do sljepoće. Indikatori akutnog napada glaukoma zatvorenog kuta su: iznenadno zamagljen vid, jaka bol u oku, glavobolja, mučnina, povraćanje, priviđanje prstenova u duginim bojama oko svjetla. Na slici 2.3 prikazano je blokiranje drenaže oka i pritisak na optički živac (preuzeto iz [16]). Iako ne postoji lijek za glaukom, rano otkrivanje bolesti može zaustaviti oštećenje i spriječiti gubitak vida [17], [18], [19]. Povećala i filteri pridonose neovisnosti osobi s glaukomom, a *Text-to-speech* joj olakšava primanje informacija pa programska rješenja imaju potencijal za pružanje pomoći [20].



Slika 2.3. Prikaz zdravog oka i oka s glaukomom

2.1.4. Starosna makularna degeneracija

AMD očna je bolest povezana sa starenjem koje uzrokuje oštećenje makule i jedna je od vodećih uzročnika gubitka vida u starijih osoba. Ne uzrokuje potpunu sljepoću već otežava prepoznavanje lica, čitanje, vožnju itd. Zahvaća središnji vid, a periferni vid ostaje normalan. Postoje dvije vrste AMD-a: suhi i vlažni. Suhi AMD češći je oblik i zahvaća oko 80% oboljelih od AMD-a. Kako osoba stari, makula postaje tanja, što uzrokuje suhi AMD. On se javlja u tri stadija: rani, srednji i kasni. Nažalost, ne postoji liječenje za suhi AMD, ali postoje načini kako maksimalno iskoristiti preostali vid. Drugi tip AMD-a je vlažni AMD. On je ozbiljniji jer uzrokuje brži gubitak vida. Bilo koji stadij suhog AMD-a može se pretvoriti u vlažni AMD. Kod vlažnog AMD-a dolazi do abnormalnog porasta krvnih žila u stražnjem dijelu oka što dovodi do oštećenja makule. Srećom, postoje metode liječenja vlažnog AMD-a. Na slici 2.4 prikazani su suhi i vlažni AMD (preuzeto iz [21]). Kod suhog AMD-a može se vidjeti prisutnost žutih naslaga (drusena) u makuli, a kod vlažnog AMD-a abnormalnost krvnih žila i curenje tekućine. Vlažni AMD zahtijeva hitnu intervenciju [21], [22], [23]. Pomoćne tehnologije za AMD obuhvaćaju povećala, promjenu kontrasta i primjenu filtera te pretvorbu teksta u govor [24].



Slika 2.4. Prikaz usporedbe zdravog oka, oka sa suhim AMD-om i oka s vlažnim AMD-om

2.1.5. Daltonizam

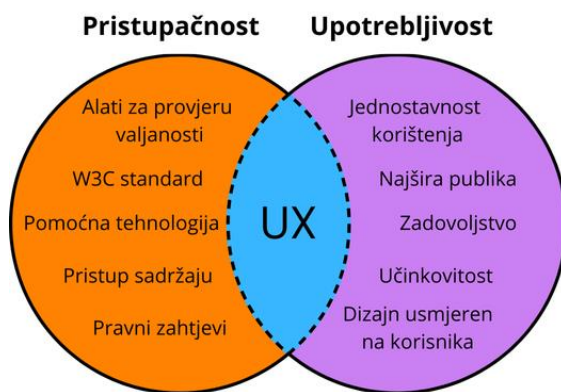
Još jedan poremećaj vida uzet u obzir u izradi ovoga rada jest daltonizam. On predstavlja nedostatak percepcije boja, odnosno daltonisti vide boje drukčije od drugih ljudi. Obično se nasljeđuje u obitelji, najčešće prenošenjem s majke na sina, ali premda ne postoji lijek, većina ljudi

s ovim poremećajem nema problema sa svakodnevnim aktivnostima. Najčešći problem predstavlja razlikovanje zelene i crvene boje iako i ostale boje mogu predstavljati problem. Uzrok daltonizma jest nedostajanje ili neispravno funkcioniranje jednog ili više čunjića za boje. Ako sva tri čunjića za boje nedostaju, radi se o teškoj sljepoći za boje i takve osobe vide samo nijanse sive. Različiti su stupnjevi daltonizma. Neke osobe imaju poteškoće s percepcijom boja tek u uvjetima slabog osvjetljenja, dok druge ne razlikuju određene boje ni pri dobrom svjetlu. Daltonizam obično zahvaća oba oka, a može biti prisutan od rođenja ili se pojaviti kasnije u životu [25], [26].

2.2. Pristupačnost mobilnih aplikacija za osobe s poremećajima vida

Pojam pristupačnosti podrazumijeva dizajniranje proizvoda i usluga na način da ih može koristiti što veći broj ljudi. Na pristupačnost se također može gledati kao na koncept kojim se svi ljudi smatraju jednakima, odnosno svima se pružaju iste mogućnosti, bez obzira na njihove sposobnosti ili okolnosti. Pristupačnost uključuje prilagodbe za različite vrste invaliditeta, kao što su vizualna, slušna, motorička i kognitivna oštećenja [27]. Dizajn mora uzeti u obzir pristupačnost kako bi se mogao smatrati inkluzivnim [28]. Pristupačnost se često poistovjećuje s upotrebljivosti. Premda se preklapaju i zajedno čine ključne dijelove korisničkog iskustva (engl. *user experience*, UX), između ovih pojmova postoji jasna razlika. Pod upotrebljivost spadaju učinkovitost dizajna i zadovoljstvo pri korištenju. Fokus upotrebljivosti nije na iskustvu osoba s invaliditetom dok to jest slučaj s pristupačnosti. Osim što je ispravno stvarati pristupačne proizvode i usluge, takav pristup često koristi svim korisnicima. Na primjer, titlovi na videu koji pomažu osobama s oštećenjem sluha također pomažu osobi koja gleda video s isključenim zvukom. Isto tako, čitljiv tekst visokog kontrasta koji pomaže osobama s oštećenjem vida također pomaže osobama sa zdravim vidom koje koriste aplikaciju na otvorenom pod jarkom sunčevom svjetlosti [29]. Na slici 2.5. pomoću Vennova dijagrama vizualiziran je odnos između pristupačnosti i povezanosti (izrađeno prema [29]). *World Wide Web Consortium* propisuje standarde za pristupačan dizajn putem Smjernica za osiguravanje digitalne pristupačnosti (engl. *Web Content Accessibility Guidelines*, WCAG). Pristupačnost mobilnih aplikacija tema je koja se prije zanemarivala prilikom razvoja istih. Danas ona dobiva više pozornosti, ne samo na području razvoja mobilnih aplikacija, što zbog regulativa EU i UN-a, što zbog razvoja svijesti zdravih pojedinaca o važnosti pružanja pomoći osobama s posebnim potrebama. Pristupačnost postaje ključan aspekt razvoja softvera kako bi tehnologija postala dostupna i onima koji su možda na početku tehnološke revolucije bili zanemareni. Nadalje,

tehnološka rješenja pokazuju se kao kvalitetna i jeftinija rješenja za povećanje praktičnosti i poboljšanje kvalitete života osoba s poremećajima. Davanjem pristupačnosti na važnosti rješavaju se zdravstveni, socijalni i finansijski problemi pojedinaca. Mobilne aplikacije imaju potencijal za integraciju osoba s poremećajima vida u društvo omogućavajući im neovisno i ravnopravno sudjelovanje u digitalnom svijetu te nudeći širok spektar funkcionalnosti. Od komunikacije i navigacije, do obrazovanja i zabave, polja koja se mogu obuhvatiti mobilnim aplikacijama mogu svakome dati rješenje za problem s kojim se suočava pa tako i osobama s poremećajima vida.



Slika 2.5. Prikaz povezanosti pristupačnosti i upotrebljivosti

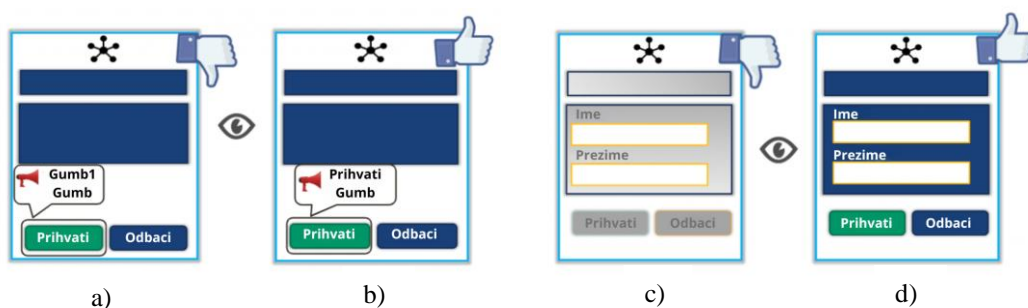
2.2.1. Web Content Accessibility Guidelines

Važnost pristupačnosti mobilnih aplikacija naglašena je i standardima poput WCAG koji pružaju okvir za stvaranje pristupačnih aplikacija kako bi informacije i funkcionalnosti bile dostupne svima. To dovodi i do poslovnih prednosti jer se širi korisnička baza i poboljšava korisničko iskustvo i zadovoljstvo. WCAG propisuje nekoliko slojeva smjernica uključujući opća načela, opće smjernice, kriterije uspjeha koji se mogu testirati, zbirku dostatnih i savjetodavnih tehnika i uobičajene pogreške. Na vrhu ove „arhitekture“ nalaze se opća načela: uočljivo, operabilno, razumljivo i robusno. Uočljivost podrazumijeva da informacije i korisničko sučelje moraju biti prikazani na način da ih korisnici mogu opaziti. Za osobe s poremećajima vida to može značiti tekstualni opis slike, prilagodbu boja i kontrasta te alternative za video sadržaje. Operabilnost uključuje operabilne komponente korisničkog sučelja i navigacije. Točnije, pružanje dovoljno vremena za unos informacija, omogućavanje prečaca i slično. Pod razumljivo smatra se uporaba jednostavnog i jasnog jezika, dosljednost dizajna i predvidljivost ponašanja aplikacije kako bi se

osigurala razumljivost informacije i korisničkog sučelja. Na kraju, robusnost podrazumijeva robustan sadržaj kojega može interpretirati širok raspon korisnika. Tu spada kompatibilnost s raznim čitačima ekrana i drugim alatima za pristupačnost [30].

2.2.2. Osnovne pristupačne značajke

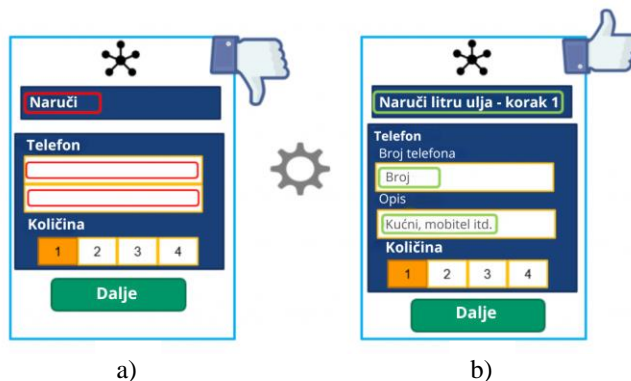
Pristupi koje bi trebalo uzeti u obzir pri dizajniranju bilo kakvog programskog rješenja, a iz kojih se mogu izvući osnovne pristupačne značajke su: pružanje odgovarajućeg kontrasta korištenjem boja i tekstura, ograničavanje broja korištenih boja, dopuštanje ručnog podešavanja veličine fonta, izbjegavanje oslanjanja isključivo na boju za prijenos informacije, davanje prečaca putem tipkovnice, korištenje eksplicitnih i opisnih oznaka za poveznice i gumbе te pružanje zamjenskog teksta ili opisa za sadržaje koji nisu tekstualni [31]. U sljedećim primjerima prikazane su dobre i loše prakse dizajna mobilnih aplikacija kategorizirane prema navedenim općim načelima iz poglavlja 2.2.1. Na slici 2.6. prikazana su dva primjera loše i dobre uočljivosti (preuzeto iz [32]). U prvom primjeru, na slici 2.6. pod a i b, prikazani su loš i dobar pristup uočljivosti u slučaju kada osoba koristi *TalkBack* alat. Loš pristup (pod a) daje zbunjujući opis gumba za razliku od dobrog opisa (pod b) koji jasno opisuje gumb i njegovu funkciju. Općenito, svaki vizualni element aplikacije trebao bi imati odgovarajući tekstualni opis za sebe. U drugom primjeru, pod c i d, prikazani su loš i dobar pristup uočljivosti prema aspektu korištenja kontrasta boja. U lošem primjeru (pod c) teško je pročitati opcije zbog korištenja sive boje teksta na sivoj pozadini. Dobar primjer (pod d) koristi boju teksta visokog kontrasta u odnosu na boju pozadine poboljšavajući tako uočljivost.



Slika 2.6. Prikaz dobrih i loših primjera dizajna prema uočljivosti

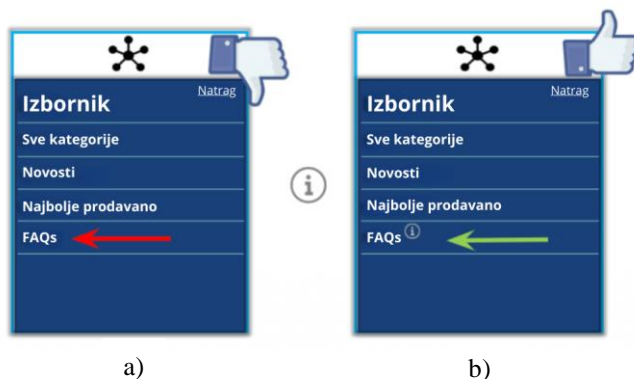
Na slici 2.7. prikazan je primjer loše i dobre operabilnosti (preuzeto iz [32]). Korisnik aplikacije u svakom trenutku mora znati gdje se nalazi unutar nje i što se od njega traži. U lošem primjeru, na

slici 2.7. pod a, naslov „Naruči“ ne pruža razumljiv opis gdje se korisnik nalazi. U slučaju da korisnik izađe iz aplikacije i vrati se u nju nakon određenog vremena, možda neće znati što točno naručuje. Također, polja za unos nisu dovoljno dobro opisana, što može dovesti do neispravnog unosa podataka. Na slici 2.7. pod b, na kojoj je prikazan dobar primjer operabilnosti, naslovi stranice i polja dovoljno su specifični da korisnik u svakom trenutku razumije gdje se nalazi i što se od njega traži.



Slika 2.7. Prikaz lošeg i dobrog dizajna prema operabilnosti

Na slici 2.8. prikazan je primjer loše i dobre razumljivosti (preuzeto iz [32]). Korisniku se treba pružiti konzistentan i informativan dizajn aplikacije kako bi sve bilo jasno i razumljivo. U lošem primjeru, na slici 2.8. pod a, korištena je skraćenica FAQs s kojom se korisnik možda nije susreo i čije mu je značenje nepoznato. U dobrom primjeru, na slici 2.8. pod b, korisniku je omogućeno proširivanje skraćenice kako bi doznao njezino značenje. U ovom slučaju korisniku bi klikom na informativni gumb iskočio puni naziv *Frequently Asked Questions*, to jest na hrvatskom jeziku Često Postavljena Pitanja.



Slika 2.8. Prikaz lošeg i dobrog dizajna prema razumljivosti

Robusnost nije direktno povezana s dizajnom već s ponašanjem aplikacije kada se koriste alati za pristupačnost. Kao što je rečeno u prethodnom poglavlju, pristupačna aplikacija mora biti kompatibilna s alatima za pristupačnost poput *VoiceOver*-a, *TalkBack*-a ili *Narrator*-a. Tako će pristupačna aplikacija uzeti u obzir da korisnici s uključenim jednim od navedenih alata moraju jednom kliknuti na gumb da bi čuli što je to, a zatim dvaputa da bi to odabrali. Kada aplikacija nije kompatibilna s navedenim alatima, dolazi do njezinog neočekivanog ponašanja.

2.3. Mogućnost primjene tehnologije kod poremećaja vida

Tehnologija ima ključnu ulogu u poboljšanju kvalitete života osoba s poremećajima vida. Inovativna rješenja i uređaji omogućuju ovim osobama veću samostalnost, olakšavaju svakodnevne aktivnosti i poboljšavaju ukupnu produktivnost. Kategorije u kojima se tehnologije koriste za pomoć ovim osobama jesu: dijagnostika, terapija, rehabilitacija i asistencija.

2.3.1. Dijagnostika

Softverski alati i aplikacije koje koriste umjetnu inteligenciju i strojno učenje omogućuju ranu dijagnostiku poremećaja vida. To privlači sve veću pozornost stručnjaka jer dodavanje metoda umjetne inteligencije u proces liječenja čini liječnike preciznijima i bržima u dijagnostici. Liječnici bivaju oslobođeni ponavljajućih zadataka, a također se dobiva i na točnosti klasifikacije očnih bolesti jer se eliminira mogućnost ljudskog propusta koji se može pojaviti pri klasičnim pregledima. U dijagnostici očiju, slike očne pozadine ili fundusa lako su dostupne i sadrže bogate biološke informacije, što ih čini prikladnim ulaznim skupovima podataka za CNN (engl. *convolutional neural network*), GAN (engl. *generative adversarial networks*) i prijenosno učenje. Svaka od ovih tehnologija ima svoju odgovarajuću domenu, no one se također mogu i kombinirati [33]. U domeni mobilnih aplikacija, dijagnostika se može provoditi analizom slike mrežnice kako bi se otkrili rani znakovi bolesti poput dijabetičke retinopatije ili makularne degeneracije.

2.3.2. Terapija

Razvoj tehnologije i mobilnih aplikacija unaprijedio je terapijske mogućnosti za osobe s poremećajima vida. Istraživanja pokazuju da je korištenje multimedijalnih alata u terapijske svrhe superiornije od terapije „na papiru“. Zbog toga se potiče razvoj računalnih i mobilnih aplikacija koje će kroz igru pružiti jednostavnu, pristupačnu, prenosivu i personaliziranu

mogućnost terapije, prvenstveno za djecu [34]. Također, VR (engl. *virtual reality*) rješenja pokazuju se korisnima u području vizualne terapije. Razvoj VR tehnologija doveo je do inovativnog pristupa pomoći osobama s poremećajima vida i pokušaja unaprjeđivanja ili barem sprječavanja daljnjeg gubitka vida. Nažalost, za neke neizlječive ili teško izlječive bolesti kao npr. oštećenje centralnog vida ili percepcije boja ne postoji mogućnost terapije i ne može ih se tretirati. Međutim, za određene poremećaje poput nedostataka u stereopsiji, sposobnost HMD-ova (engl. *head mounted display*) da prikazuju dvije različite slike lijevom i desnom oku kompatibilna je s dioptičkim treningom, obećavajućom novom terapijom za stereoslijepo osobe [35].

2.3.3. Rehabilitacija

Zadaća rehabilitacije vida je maksimizirati vizualnu funkciju pacijenta kako bi mu se poboljšala kvaliteta života. Svaki pacijent ima svoj individualni rehabilitacijski plan tako da se za različite poremećaje koriste različiti pristupi. Od tehnologija se pri rehabilitaciji obično koriste optički i elektronički uređaji za povećavanje, čitači ekrana te razne asistencijske tehnologije za poboljšanje kontrasta i vidnog polja [36]. Rehabilitacija je zapravo nastavak na terapiju, odnosno faza nakon liječenja bolesti pa se u njoj koriste slični pristupi kao kod terapije.

2.3.4. Asistencija

Asistencija može zaokružiti sve navedene kategorije jer podrazumijeva širok raspon uređaja, softvera i aplikacija koje pomažu osobama s poremećajima vida pri obavljanju svakodnevnih zadataka, komunikaciji, navigaciji, obrazovanju i dr. Pod asistencijske tehnologije spadaju sve već spomenute tehnologije: čitači ekrana, elektronički uređaji i aplikacije za povećavanje, aplikacije za prepoznavanje teksta i objekata, navigacijske aplikacije, uređaji i aplikacije za prepoznavanje boja itd. Asistencijske tehnologije imaju ključnu ulogu u poboljšanju kvalitete života osoba s poremećajima vida. Razvoj i primjena ovih tehnologija, posebno u obliku mobilnih aplikacija, omogućuje veću samostalnost i integraciju u društvo. Nastavak istraživanja na ovom području osigurava da će osobe s oštećenjem vida imati pristup sve boljim alatima za svakodnevne izazove.

2.4. Pregled i analiza aplikacija namijenjenih osobama s poremećajima vida

Prema anketi provedenoj 2017. godine na 259 ispitanika s poremećajem vida, 95,4% njih smatra aplikacije specijalizirane za osobe s poremećajima vida korisnim, a 91,1% pristupačnim alatom.

Zaključeno je da osobe s poremećajima vida svakodnevno koriste mobilne aplikacije za dobivanje pomoći. Razlog tome je što mobilne aplikacije predstavljaju prenosivo, jednostavno i jeftino rješenje za razliku od nekih drugih tehnoloških pomagala. Primjerice, *BlindSquare* GPS aplikacija košta \$39.99, a *Trekker Breeze*, namjenski ručni uređaj za glasovnu navigaciju, košta \$699. Osobe s oštećenjem vida najviše koriste aplikacije za e-mail (oko 25%), razne alate poput čitača zaslona i vizualnih identifikatora (oko 13%), društvene mreže (oko 11%), za zabavu (oko 11%) i za čitanje (oko 9%). Od specijalnih aplikacija najkorištenije su one za vizualnu identifikaciju (oko 30%, npr. *BeMyEyes*, *ColorID*, *CamFind*, *ColoredEye*), zatim čitači zaslona i zapisivači (oko 20%, npr. *KNFB Reader*, *BrailleTouch*, *AccessNote*, *Fleksy*, *TalkBack*), GPS-navigacija (oko 14%, npr. *Blind Square*, *Ariadne GPS*, *Seeing Eye GPS*, *Sendero GPS LookAround*, *Seeing Assistant*) te za čitanje i vijesti (skupa oko 20%, npr. *NLS BARD*, *Read2Go* i *Learning Ally Audio* za čitanje te *NFB-Newsline*, *Blind Bargains* i *AccessWorld* za vijesti). 80% ispitanika koristi uređaje *iOS* operacijskog sustava jer ga smatraju jednostavnijim i intuitivnijim za korištenje [37]. To ne mora nužno biti mjerodavno jer je anketa provedena na području SAD-a gdje je *iOS* popularniji, odnosno zastupljeniji operacijski sustav. Iz provedenih istraživanja o uporabi aplikacija od strane osoba s oštećenjima vida mogu se izvući kategorije koje se ciljaju prilikom izrade programskih rješenja. Iako postoje višenamjenske aplikacije koje se mogu svrstati u više kategorija, ipak su češće one koje su specijalizirane za jednu temeljnu funkcionalnost pa time pripadaju jednoj kategoriji. U tablici 2.1. navedene su najčešće kategorije u koje spadaju mobilne aplikacije prilagođene osobama s poremećajima vida, njihov približan broj i karakteristike.

Tablica 2.1. Pregled najčešćih aplikacija za pomoć osobama s poremećajima vida.

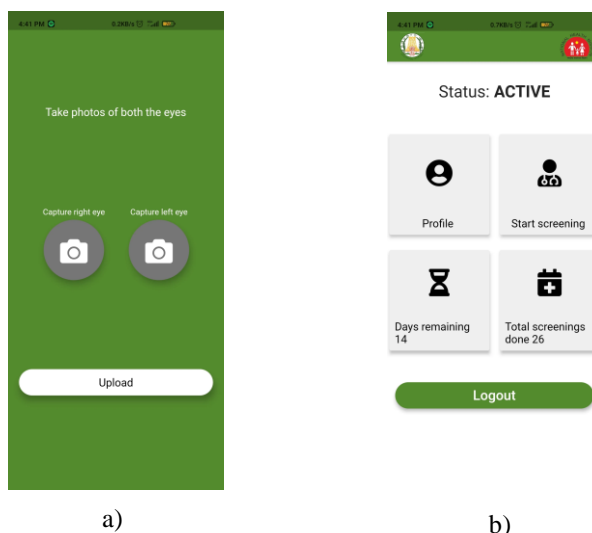
Kategorija	Broj dostupnih aplikacija	Karakteristike
Vizualna identifikacija	20+	Identificiranje boja, osoba, novčanica i ostalih objekata, najčešće uz pomoć umjetne inteligencije ili volontera.
Čitanje zaslona i zapisivanje teksta	10+	Čitanje sadržaja na zaslonu i prilagođeno zapisivanje putem npr. <i>Braille</i> sustava
GPS navigacija	10+	Naglasak na glasovne povratne informacije i glasovno navođenje kroz vanjski ili unutrašnji prostor
Čitači knjiga i vijesti	30+	Biblioteke audio knjiga i ostalih vrsta publikacija te glasovno iščitavanje vijesti

U ovom odjeljku pregledane su i analizirane postojeće mobilne aplikacije namijenjene osobama s poremećajima vida. Prve dvije aplikacije jesu dijagnostičke, konkretno za otkrivanje katarakte i

dijabetičke retinopatije. Slične dijagnostičke aplikacije postoje i za ostale, u ovom radu opisane bolesti. Ostale aplikacije već su spomenute ili spadaju u kategoriju najpoznatijih aplikacija za osobe s poremećajima vida.

2.4.1. e-Paarvai

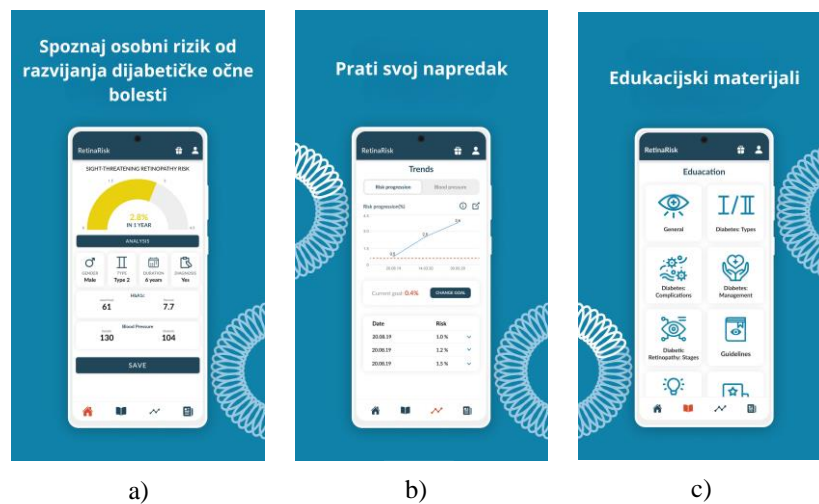
e-Paarvai mobilna je aplikacija razvijena zbog nedostatka oftalmologa u Indiji od strane Agencije za e-Upravu iz Tamil Nadua koja koristi umjetnu inteligenciju (konvolucijske neuronske mreže) za detektiranje i ocjenjivanje katarakte na temelju snimljenih fotografija oka. Fotografije se uspoređuju s dijagnozama oftalmologa baziranim na procjepnim svjetiljkama (biomikroskopu). Na slici 2.9. prikazano je sučelje aplikacije (preuzeto iz [38]). Na slici pod a prikazan je zaslon na kojem se korisniku nudi mogućnost snimanja fotografija oba oka. Na slici pod b prikazan je početni zaslon s izbornikom funkcionalnosti. Model *e-Paarvai* procjenjuje leću na temelju sjene koja se baca na neprozirni dio leće i predviđa ima li oko zrelu mrenu, nezrelu mrenu, intraokularnu leću stražnje komore ili nema mrenu. Također javlja prikladnu poruku u slučaju nevaljanosti slike [39]. Model ima točnost od 91%. Aplikaciju koristi terenski radnik koji preuzme aplikaciju na svoj pametni telefon i snima oko pacijenta, koje zatim analizira umjetna inteligencija i šalje na centraliziranu nadzornu ploču prema distriktu gdje medicinski službenik prima podatke o pregledanom pacijentu za daljnje djelovanje, u većini slučajeva operaciju. Ovo rješenje se preporuča i drugim državama kako bi smanjile opterećenje zdravstvenog sustava i ovisnost o ograničenom broju oftalmologa [40].



Slika 2.9. Sučelje *e-Paarvai* mobilne aplikacije

2.4.2. RetinaRisk

Mobilna aplikacija *RetinaRisk* razvijena od strane tvrtke *Risk Medical Solutions* omogućava izračunavanje osobnog rizika od dijabetičke retinopatije. Prva je takva vrsta mobilne aplikacije i dostupna je na četiri jezika: engleskom, islandskom, španjolskom i njemačkom. Klinički potvrđenim algoritmom omogućava korisnicima da procijene svoj individualizirani rizik od razvoja očnih bolesti umetanjem svog profila rizika (vrsta i trajanje dijabetesa, spol, postojeća retinopatija, HbA1c i krvni tlak). Može igrati ključnu ulogu u ranom otkrivanju bolesti i omogućava korisnicima da razumiju koji su ključni faktori rizika i koje promjene načina života mogu smanjiti rizik. Osim toga sadrži i druge funkcionalnosti poput praćenja termina pregleda očiju, praćenje napretka rizika i mogućnost izvoza podataka za prosljeđivanje liječnicima, odjeljak za blogove, obrazovni odjeljak [41], [42] i dr. Na slici 2.10. prikazan je izgled sučelja *RetinaRisk* aplikacije (preuzeto iz [42]). Slika pod a prikazuje početni zaslon na kojem su prikazani brojevi rizik od razvijanja dijabetičke retinopatije te korisnikov profil rizika. Slika pod b prikazuje zaslon za praćenje korisnikovog napretka rizika tijekom vremena uz mogućnost postavljanja ciljeva. Slika pod c prikazuje zaslon s edukacijskim materijalima za učenje o dijabetesu, njegovim komplikacijama i dijabetičkoj retinopatiji.

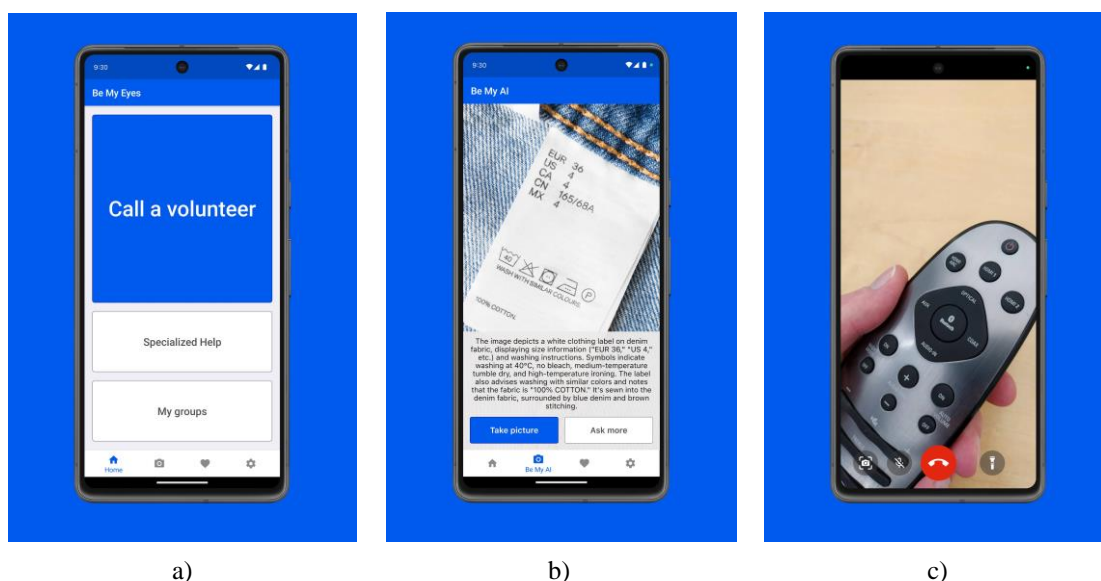


Slika 2.10. Sučelje *RetinaRisk* aplikacije

2.4.3. Be My Eyes

Be My Eyes je aplikacija koja uključuje volontere čija je zadaća pomoći osobama s poremećajima vida u svakodnevnim izazovima. Na primjer osoba s poremećajem vida može zatražiti pomoć

dostupnog volontera da pročita datum valjanosti nekog proizvoda ili da sazna boju određenog odjevnog predmeta. Aplikaciju je patentirao Hans Jorgen Wiberg, koji i sam ima poremećaj vida, kada je primijetio da često za pomoć u svakodnevici koristi video pozive s prijateljima i obitelji. *Be My Eyes* nudi efikasniju platformu kako osobe s poremećajem vida ne bi morale ovisiti o dostupnosti svojih bližnjih za pomoć [43]. Aplikacija još nudi i mogućnost korištenja umjetne inteligencije za pružanje opisa slika i prizora na 36 jezika. Broji više od pola milijuna slijepih korisnika diljem svijeta i preko 7 milijuna volontera. Volonteri pokrivaju mogućnost pružanja pomoći na 185 jezika. Na slici 2.11. prikazano je sučelje *Be My Eyes* aplikacije (preuzeto iz [44]). Slika pod a prikazuje početni zaslon s mogućnostima poziva nekog od dostupnih volontera za pomoć, povezivanja sa službenim predstavnicima tvrtke za pristupačnu i učinkovitu korisničku podršku te pregleda i stvaranja grupa. Slika pod b prikazuje davanje opisa slike pomoću umjetne inteligencije integrirane u aplikaciju. Slika pod c prikazuje primjer poziva slijepice osobe i volontera gdje slijepa osoba traži pomoć s korištenjem daljinskog upravljača.

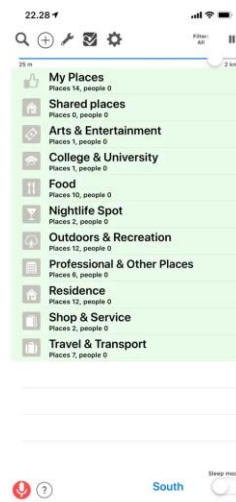


Slika 2.11. Prikaz *Be My Eyes* aplikacije

2.4.4. BlindSquare

BlindSquare najraširenija je GPS aplikacija za pristupačnost razvijena za slijepice, gluhoslijepice i slabovidne osobe. U kombinaciji s aplikacijama trećih strana za navigaciju, ova aplikacija s glasovnim vođenjem pruža detaljne informacije o točkama interesa i raskrižjima za sigurnu i pouzdanu navigaciju, kako vani tako i unutra [45]. Primarno razvijena za *iOS*, danas postoji i

Android verzija naziva *XploreNinja*. Aplikacija je namijenjena za korištenje dok je uređaj u džepu korisnika, bez potrebe za fizičkom interakcijom s uređajem. Aplikacija verbalno izvještava korisnika o zanimljivostima dok se kreće. Koristeći jedinstvene algoritme, *BlindSquare* odlučuje koje informacije su relevantne te ih potom koristi za verbalno izvještavanje korisnika. Aplikacija se može kontrolirati i glasovnim naredbama, no ta se opcija dodatno naplaćuje. Korisnik može namjestiti radijus interesa unutar kojeg će aplikacija uzimati interesne točke u obzir. Korisnik također može pretraživati lokacije kroz tražilicu ili prema kategorijama. *BlindSquare* prepoznaje kretanje automobilom, busom ili vlakom, najavljujući postaje, prijelaze ulica i slične relevantne informacije [46]. Na slici 2.12. prikazano je sučelje *BlindSquare* aplikacije (preuzeto iz [46]). Dizajn sučelja je minimalistički jer je i interakcija s uređajem minimalna prilikom uporabe aplikacije.

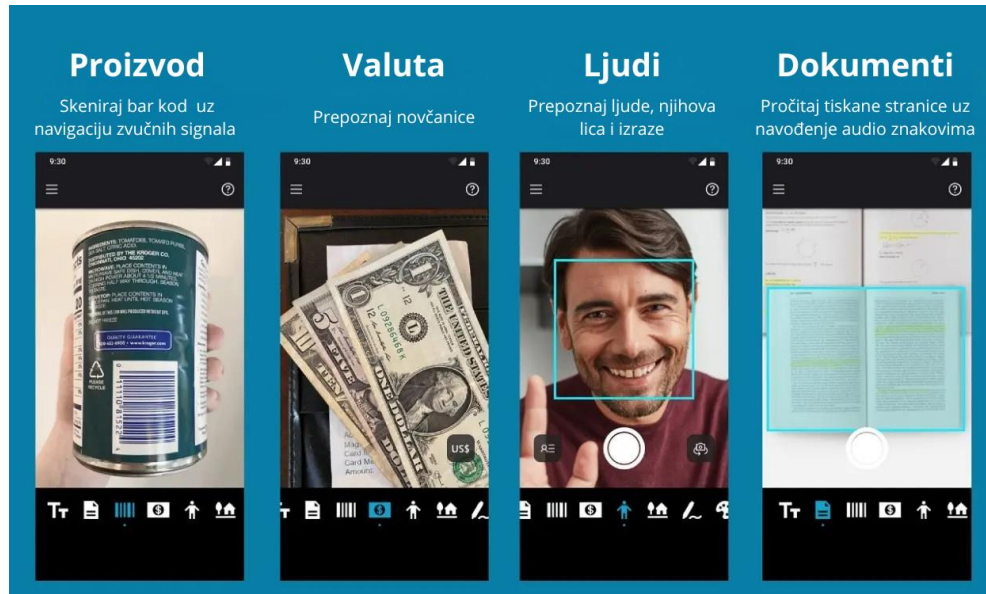


Slika 2.12. Sučelje *BlindSquare* aplikacije

2.4.5. Seeing AI

Dizajnirana uz pomoć zajednice slijepih i slabovidnih osoba, *Seeing AI* besplatna je aplikacija razvijena od strane *Microsoft*-a za pomoć osobama s poremećajima vida kako bi lakše istraživale okolinu i obavljale svakodnevne zadatke koji im inače predstavljaju izazov. Ova aplikacija koristi snagu umjetne inteligencije za otvaranje vizualnog svijeta osobama s poremećajima vida opisujući obližnje ljude, tekstove i predmete. Aplikacija izgovara kratak tekst čim se pojavi pred kamerom, pruža audio upute i olakšava skeniranje dokumenata, skenira bar kodove ili QR kodove proizvoda

i audio signalima informira korisnike o nazivu i opisu proizvoda, prepoznaje novčanice, identificira boje, procjenjuje dob, spol i izraz lica ljudi te još mnogo toga [47]. Na slici 2.13. prikazane su neke funkcionalnosti *Seeing AI* aplikacije (preuzeto iz [48]).



Slika 2.13. Prikaz funkcionalnosti *Seeing AI* aplikacije

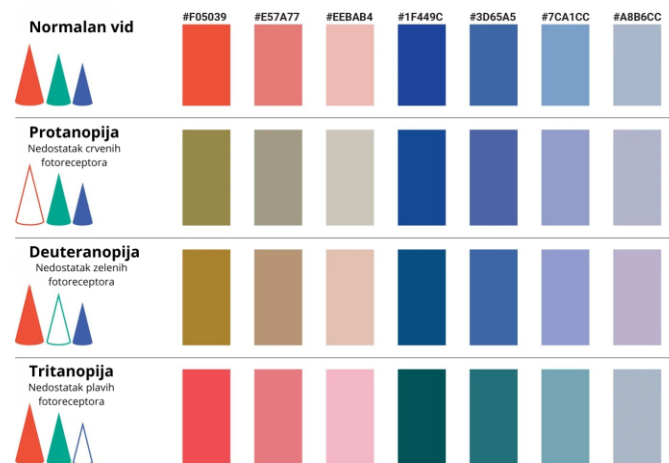
3. PROGRAMSKO RJEŠENJE EXPLORE & SEE NAMIJENJENO OSOBAMA S POREMEĆAJIMA VIDA

Kao rješenje za probleme s kojima se osobe s poremećajima vida susreću, izrađena je *Android* mobilna aplikacija *Explore & See* čiji je cilj pružiti asistenciju korisniku u zadaćama poput čitanja i prepoznavanja objekata i orijentiranja u prostoru. Mobilna aplikacija dostupno je i jednostavno rješenje, što je važno u pružanju pomoći što većem broju ljudi. Primarna ciljana skupina korisnika jesu osobe zahvaćene nekim od poremećaja iz prethodnog poglavlja premda aplikacija može koristiti i ostalima. Davanjem mogućnosti ravnopravnog korištenja mobilnih uređaja dizajniranjem aplikacije namijenjene za osobe s poremećajima vida, postiže se smanjenje stigmatizacije koju navedene osobe inače osjećaju u društvu. Konkretno, aplikacija nudi funkcionalnosti povećala i navigacije. Kroz aplikaciju se proteže *Text-to-speech* tehnologija za pretvorbu teksta u govor kako bi se olakšala navigacija kroz aplikaciju. Aplikacija *Explore & See* izrađena je u programskom jeziku *Kotlin* u razvojnom okruženju *Android Studio*.

3.1. Zahtjevi na programsko rješenje

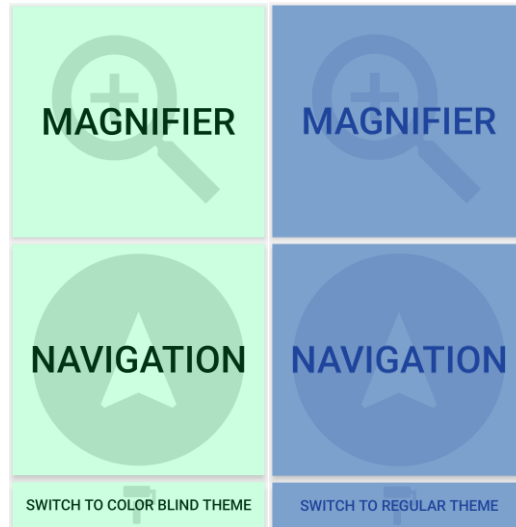
Proučavanjem različitih poremećaja vida i istraživanjem literature, određeni su zahtjevi na programsko rješenje, tj. funkcionalnosti koje bi aplikacija trebala imati. Funkcionalni zahtjevi programskog rješenja su: povećalo za lakše čitanje ili proučavanje slike, mogućnost primjene filtera koji dokazano pospješuju osobama s poremećajima vida prepoznavanje objekata i čitanje te navigacija s glasovnim navođenjem. Povećalo treba nuditi mogućnost uvećanja pomoću geste (*pinch-to-zoom*) jer osobe s oštećenjem vida to preferiraju [49]. Također, dobro je ponuditi i mogućnost dodatnog osvjetljenja što je u aplikaciji ostvareno korištenjem bljeskalice. Aplikacija bi trebala ponuditi nekoliko filtera kako bi se povećala vjerojatnost olakšavanja čitanja ili prepoznavanja slike. Stoga su, istraživanjem dostupne literature o korisnim filterima za osobe s oštećenjem vida, odabrani filteri: *Sobel*, *Sharpen* i *Unsharp mask* [50]. Osim toga, dobro je omogućiti korisnicima dodatnu kontrolu nad kontrastom i svjetlinom pa su implementirani i klizači za njihovo podešavanje. Kod funkcionalnosti navigacije, glasovno navođenje implementirano je obavještavanjem korisnika o različitim kategorijama točaka interesa (engl. *points of interest*, POI) u njegovoj blizini i mogućnošću vezanja glasovnog zapisa uz trenutnu lokaciju. Sučelje aplikacije dizajnirano je prema smjernicama opisanim u poglavlju 2.2 što znači da je naglasak na

jednostavnosti, intuitivnosti i pristupačnosti. Gumbi su većih dimenzija kako bi bili uočljiviji te je svaki pritisak gumba popraćen glasovnom povratnom informacijom. Kako ne postoji *Text-to-speech* na hrvatskom jeziku unutar *Android Studija*, u aplikaciji se koristi engleski jezik. Nadalje, aplikacija nudi izbor između dvije teme, tj. palete boja. Prva, zadana tema, sadrži kombinacije zelene i ljubičaste boje te njihovih nijansi. Druga tema prilagođena je osobama koje imaju određeni oblik daltonizma i koristi kombinaciju crvene i plave boje i njihovih nijansi. Ova kombinacija smatra se sigurnom za više oblika daltonizma, no naravno postoji mogućnost da neće biti prilagođena za svakoga [51]. Na slici 3.1. prikazana je korištena paleta boja prilagođena različitim oblicima daltonizma (preuzeto iz [51]).



Slika 3.1. Prikaz palete boja prilagođene različitim oblicima daltonizma

Na slici 3.2. prikazan je izgled početnog zaslona aplikacije u prvoj, zadanoj temi i drugoj temi prilagođenoj daltonistima. Vidljivi su gumbi velikih dimenzija s natpisima velikog fonta. Još jedan bitan zahtjev na programsko rješenje jest zahtjev na performanse. Kako bi korisničko iskustvo bilo što ugodnije, aplikacija treba raditi glatko i bez značajnih kašnjenja. To se osobito odnosi na obradu slike jer aplikacija sadrži primjenu filtera te na navigacijske upute. Algoritam za svaki filter optimiziran je kako bi što brže izračunao i primijenio određeni filter na sliku. Također, korišteni *TextToSpeechController* podržava dvije različite metode, jednu neprekidnu za informacije za koje je bitno da budu izrečene u potpunosti i drugu prekidnu koja je korištena u situacijama kada sadržaj onoga što treba biti izrečeno nije presudan već je bitnija brzina promjene povratne informacije.



Slika 3.2. Prikaz početnog zaslona u zadanoj temi i temi prilagođenoj daltonistima

Zahtjevi na programsko rješenje mogu se podijeliti na funkcionalne i nefunkcionalne. Funkcionalni zahtjevi su oni koje korisnik traži kao osnovne funkcionalnosti koje sustav treba ponuditi. Ovi zahtjevi su prikazani u obliku unosa koji se daju sustavu, operacija koje se izvršavaju i očekivanih izlaza. Nefunkcionalni zahtjevi definiraju attribute kvalitete softverskog sustava. Ovi zahtjevi se fokusiraju na prenosivost, sigurnost, performanse, skalabilnost itd. [52], [53] U tablici 3.1. prikazani su funkcionalni i nefunkcionalni zahtjevi na aplikaciju s odgovarajućim oznakama.

Tablica 3.1. Funkcionalni i nefunkcionalni zahtjevi na aplikaciju

Oznaka	Zahtjev	Vrsta zahtjeva
F1	Izbor između dvije teme: zadane teme i teme za daltoniste	FZ
F2	Jednostavno i pristupačno sučelje s velikim gumbima	FZ
F3	Povećalo za lakše čitanje ili proučavanje slike	FZ
F4	Dodatno osvjetljenje korištenjem bljeskalice uređaja	FZ
F5	Primjena različitih filtera	FZ
F6	Podešavanje kontrasta i svjetline	FZ
F7	Pohranjivanje slike u galeriju	FZ
F8	Glasovna povratna informacija nakon pritiska gumba	FZ
F9	Navigacija s glasovnim najavljivanjem okolnih interesnih točaka	FZ
F10	Vežanje osobnog glasovnog zapisa uz trenutnu lokaciju	FZ
N1	Aplikacija treba raditi glatko i bez značajnih kašnjenja	NZ
N2	Optimizirani algoritmi za obradu slike i primjenu filtera	NZ

3.2. Korištene tehnologije

Ovo poglavlje pruža pregled korištenih tehnologija i alata pri razvoju aplikacije koji su međusobno integrirani kako bi se osigurala funkcionalnost i korisničko iskustvo. Njihova kombinacija omogućila je razvoj aplikacije prilagođene osobama s poremećajima vida. Temeljne tehnologije ovoga programskog rješenja su: *Android Studio*, *CameraX*, *Google Maps SDK* (engl. *Software Development Kit*) i *Places API* (engl. *Application Programming Interface*), *Retrofit* i *Room*.

3.2.1. Android Studio

Android Studio službeno je integrirano razvojno okruženje za razvoj *Android* aplikacija. Utemeljen je na uređivaču koda i alatima za razvoj iz *IntelliJ IDEA*, vodećeg integriranog razvojnog okruženja za programske jezike *Java* i *Kotlin* [54], [55]. Aplikacija *Explore & See* napisana je u programskom jeziku *Kotlin*. *Kotlin* je moderan, višenamjenski, objektno orijentirani programski jezik statičkog tipa dizajniran da u potpunosti kompatibilno djeluje s *Java* bibliotekama i virtualnim strojem te *Androidom*. Sažet je, jednostavan, siguran i pruža mnogo načina za ponovnu uporabu koda između više platformi [56], [57]. Sučelje *Explore & See* aplikacije dizajnirano je pomoću *Jetpack Compose* alata. To je moderni alat za razvoj korisničkog sučelja dizajniran da pojednostavi razvoj istog u *Androidu*. Potpuno je deklarativan, tako da se korisničko sučelje opisuje nizom funkcija koje transformiraju podatke u hijerarhiju korisničkog sučelja. Pri promjeni podataka, okvir automatski ponovno poziva funkcije i ažurira prikaz [58]. Još neke od ključnih značajki i alata u *Android Studiju* su *manifest* datoteka, biblioteke, *Git* integracija, otklanjanje pogrešaka i pregled aplikacije. *Android Studio* neophodan je alat za *Android* programere, pružajući cjelovit skup značajki i alata koji olakšavaju stvaranje *Android* aplikacija [59].

3.2.2. CameraX

Android Jetpack skup je biblioteka koje pomažu programerima slijediti najbolje prakse, smanjiti ponavljajući kod i pisati kod koji radi konzistentno na svim verzijama *Androida* i svim *Android* uređajima, kako bi se programeri mogli fokusirati na kod koji im je važan [60]. *CameraX* je biblioteka unutar *Jetpack* skupa biblioteka izgrađena da olakša razvoj aplikacija koje koriste kameru. Podržava uređaje koji koriste najmanje *Android 5.0* (API razina 21), što predstavlja preko 98% postojećih uređaja. *CameraX* naglašava slučajeve upotrebe, što omogućuje fokusiranje programera na zadatak umjesto na upravljanje specifičnostima uređaja. Najčešći slučajevi

upotrebe kamere koji su podržani uključuju: pregled, analizu slike, snimanje slike i snimanje videa. U aplikaciji *Explore & See* inicijaliziran je *CameraController* koji pruža većinu temeljnih funkcionalnosti *CameraX* biblioteke u jednoj klasi.

3.2.3. Google Maps SDK i Places API

Za implementaciju navigacije unutar *Explore & See* aplikacije korišteni su *Google Maps* SDK i *Google Places* API. *Google Maps* SDK omogućava dodavanje karte u aplikaciju koristeći *Google Maps* podatke, prikaz karata i odziv gesti na karti. Također pruža dodatne lokacijske informacije i podržava korisničku interakciju prikazivanjem ruta, markera i poligona. SDK podržava *Kotlin* programski jezik i pruža dodatne biblioteke i proširenja za programiranje naprednijih značajki [61]. *Google Places* API je usluga koja prihvaća HTTP (engl. *Hypertext Transfer Protocol*) zahtjeve za podatke o lokaciji kroz različite metode. Vraća formatirane podatke o lokaciji i slikovito izlaganje podataka o ustanovama, geografskim lokacijama ili značajnim točkama interesa [62]. Postoji pet vrsta zahtjeva dostupnih unutar API-ja. Oni su prikazani u tablici 3.2. zajedno sa svojim objašnjenjima (izrađeno prema [63]).

Tablica 3.2. Vrste zahtjeva unutar *Places* API-ja

Vrsta zahtjeva	Objašnjenje
Pretraživanje mjesta (engl. <i>Place search</i>)	Vraća popis mjesta na temelju korisnikove lokacije ili traženog niza znakova
Detalji mjesta (engl. <i>Place details</i>)	Daju detaljne informacije o određenom mjestu, uključujući korisničke recenzije
Fotografije mjesta (engl. <i>Place photos</i>)	Omogućuju pristup milijunima fotografija povezanih s mjestima koje se čuvaju u <i>Google's Place</i> bazi podataka
Recenzije mjesta (engl. <i>Place reviews</i>)	Omogućuju dohvat i umetanje <i>Google</i> recenzija s platforme
Automatsko dovršavanje mjesta (engl. <i>Place autocomplete</i>)	Automatski popunjava naziv ili adresu mjesta dok korisnici upisuju
Automatsko dovršavanje upita (engl. <i>Query autocomplete</i>)	Pružuje uslugu predviđanja upita za tekstualna geografska pretraživanja, vraćajući predložene upite dok korisnici upisuju

U aplikaciji *Explore & See*, iz *Google Maps* SDK-a korištena je *composable* funkcija *GoogleMap()* za stvaranje karte i još neke dodatne *composable* funkcije poput *Marker()* za stvaranje markera. Iz *Places* API-ja korištene su klase poput *PlacesClient* i *FindCurrentPlaceRequest* i njihove metode za dohvaćanje interesnih točaka. Na slici 3.3. prikazana je *getPOIs()* *suspend* funkcija za dohvaćanje interesnih točaka na temelju predane trenutne lokacije i veličine radijusa unutar kojega će se tražiti te interesne točke.

```

suspend fun getPOIs(location: LatLng, radius: Int): List<PlaceLikelihood> {
    return withContext(Dispatchers.IO) { this: CoroutineScope
        val placeFields = listOf(Place.Field.NAME, Place.Field.LAT_LNG)
        val request = FindCurrentPlaceRequest.newInstance(placeFields)

        try {
            val response = Tasks.await(placesClient.findCurrentPlace(request))
            response.placeLikelihoods.filter { it: PlaceLikelihood!
                it.place.latLng?.let { latLng ->
                    val distance = FloatArray( size: 1)
                    Location.distanceBetween(
                        location.latitude, location.longitude,
                        latLng.latitude, latLng.longitude, distance
                    )
                    distance[0] <= radius ^let
                } ?: false
            } ^withContext
        } catch (e: Exception) {
            emptyList() ^withContext
        } ^withContext
    }
}

```

Slika 3.3. Isječak programskog koda koji prikazuje funkciju dohvaćanja obližnjih interesnih točaka

Suspend funkcija se razlikuje od *non-suspend* funkcije po tome što može imati nula ili više točaka suspenzije, tj. izraza u svom tijelu koji mogu pauzirati izvršavanje funkcije kako bi se nastavilo kasnije. Točke suspenzije su važne jer u njima druga funkcija može započeti u istom toku izvršavanja, što može dovesti do potencijalnih promjena u dijeljenom stanju [64]. Sustav zapravo razlikuje *suspend* funkcije od *non-suspend* funkcija tek u trenutku prevođenja. Najvažnije što treba zapamtiti o *suspend* funkcijama je da se smiju pozivati isključivo iz korutina (engl. *coroutines*) ili drugih *suspend* funkcija [65]. Korutine su koncept sličan nitima u smislu da uzimaju blok koda za paralelno izvršavanje s ostatkom koda. Međutim, korutine nisu vezane za određenu nit već se njihovo izvršavanje može suspendirati i nastaviti izvoditi u drugoj niti. Također, korutine su manje resursno intenzivne od niti. Korutine same obavljaju prebacivanje između različitih konteksta izvršavanja umjesto operativnog sustava ili virtualnog stroja. U *Kotlinu* se korutine koriste za implementaciju *suspend* funkcija i mogu mijenjati kontekste samo na točkama suspenzije. Korutine slijede načelo strukturirane konkurentnosti, što znači da se nove korutine mogu pokrenuti samo unutar određenog *CoroutineScope*-a koji određuje trajanje korutine [66], [67]. Tako je i *suspend* funkcija *getPOIs()* pokrenuta unutar odgovarajućeg *CoroutineScope*-a. Kontekst je prvo prebačen na IO dispečer što osigurava da se kod izvodi na pozadinskoj niti, tj. da se ne blokira glavna nit. Zatim se konfigurira instanca zahtjeva trenutne lokacije na način da se dohvaćaju ime i geografske koordinate mjesta. U *try-catch* bloku čeka se odgovor na zahtjev i filtriraju se

dohvaćene lokacije tako da se uzimaju samo one unutar predanog radijusa. Postoji i *suspend* funkcija *getPOIsOfCategory()* koja prima još i kategoriju na temelju koje se filtriraju rezultati i asinkrono vraća listu od najviše tri točke interesa koje pripadaju toj kategoriji.

3.2.4. Retrofit

Retrofit je mrežna biblioteka za *Android* koja pojednostavljuje integraciju *RESTful web* usluga u aplikacije. Omogućuje jednostavno definiranje krajnjih točaka API-ja, postavljanje HTTP zahtjeva i rukovanje odgovorima. *Retrofit* pruža jednostavan način interakcije s *web* uslugama putem označenih *Java* sučelja, osigurava sigurnost tipa, sprječavajući pogreške zbog netočnih tipova podataka i podržava sinkrone i asinkrone mrežne zahtjeve [68]. Na slici 3.4. prikazani su isječci programskog koda vezanog uz *Retrofit*, tj. postavljanje svega potrebnoga za obavljanje API zahtjeva prema *Google Places* API-ju. Pomoću podatkovnih klasa *PlacesResponse*, *PlaceResult*, *Geometry* i *LatLngLiteral* definirana je struktura API odgovora tako da navedene klase predstavljaju hijerarhiju na vrhu koje se nalazi *PlacesResponse* klasa koja predstavlja odgovor *Places* API-ja. Konfiguracija *Retrofit*-a odrađena je unutar *RetrofitClient* objekta.

```
interface PlacesApiService {
    ◀ Karlo Kraml
    @GET("maps/api/place/nearbysearch/json")
    suspend fun getNearbyPlaces(
        @Query("location") location: String,
        @Query("radius") radius: Int,
        @Query("type") type: String,
        @Query("key") apiKey: String
    ): PlacesResponse
}

object RetrofitClient {
    private const val BASE_URL = "https://maps.googleapis.com/"

    val instance: Retrofit by lazy {
        Retrofit.Builder()
            .baseUrl(BASE_URL)
            .addConverterFactory(GsonConverterFactory.create())
            .build()
    }

    val placesApiService: PlacesApiService by lazy {
        RetrofitClient.instance.create(PlacesApiService::class.java)
    }
}

data class PlacesResponse(
    @SerializedName("results") val results: List<PlaceResult>
)
◀ Karlo Kraml
data class PlaceResult(
    @SerializedName("name") val name: String,
    @SerializedName("geometry") val geometry: Geometry
)
◀ Karlo Kraml
data class Geometry(
    @SerializedName("location") val location: LatLngLiteral
)
◀ Karlo Kraml
data class LatLngLiteral(
    @SerializedName("lat") val lat: Double,
    @SerializedName("lng") val lng: Double
)
```

Slika 3.4. Isječci programskog koda koji prikazuju postavljanje svega potrebnoga za uspostavljanje API poziva

3.2.5. Room

Room je biblioteka za pohranu podataka koju pruža *Android Jetpack* okvir (engl. *framework*). Koristi se za kreiranje i upravljanje apstrakcijom iznad *SQLite*-a, koji je široko korištena relacijska baza podataka. *Room* pruža jednostavan i učinkovit način za pohranu, pristup i upravljanje strukturiranim podacima u *Android* aplikaciji, odnosno pojednostavljuje proces rada sa *SQLite* bazama podataka. Prednosti koje *Room* nudi su: predmemoriranje (engl. *caching*) relevantnih dijelova podataka kako bi bili dostupni i kad je uređaj izvan mreže, provjeru *SQLite* upita za vrijeme kompiliranja što štiti aplikaciju od rušenja, prikladne anotacije koje minimiziraju ponavljajući kod i kod sklon pogreškama (engl. *boilerplate code*) i pojednostavljene migracije baze podataka [69], [70]. Najvažniji dijelovi *Room* baze podataka opisani su u tablici 3.3. (izrađeno prema [70]), a na slici 3.5. je njihova implementacija u *Explore & See* aplikaciji.

Tablica 3.3. Temeljni dijelovi *Room* baze podataka

Naziv dijela	Opis
Klasa baze podataka (engl. <i>Database Class</i>)	Pružna glavnu pristupnu točku za temeljnu vezu za relevantne podatke aplikacije. Ova klasa je anotirana s <i>@Database</i> .
Podatkovni entiteti (engl. <i>Data Entities</i>)	Predstavlja sve tablice iz postojeće baze podataka. Entiteti su anotirani s <i>@Entity</i> .
DAO (engl. <i>Data Access Objects</i>)	Sadrži metode za izvođenje operacija na bazi podataka. DAO-i su anotirani s <i>@Dao</i> .

```
@Dao
interface VoiceRecordingDao {
    ◀ Karlo Kraml
    @Insert
    suspend fun insert(voiceRecording: VoiceRecording)
    ◀ Karlo Kraml
    @Delete
    suspend fun delete(voiceRecording: VoiceRecording)
    ◀ Karlo Kraml
    @Query("SELECT * FROM voicerecording WHERE latitude BETWEEN :latMin AND :latMax AND longitude BETWEEN :lngMin AND :lngMax")
    suspend fun getMessagesNearLocation(latMin: Double, latMax: Double, lngMin: Double, lngMax: Double): List<VoiceRecording>
    ◀ Karlo Kraml
    @Query("SELECT * FROM voicerecording")
    suspend fun getVoiceRecordings() : List<VoiceRecording>
}

@Entity
data class VoiceRecording(
    @PrimaryKey(autoGenerate = true)
    val id: Int = 0,
    val fileName: String,
    val latitude: Double,
    val longitude: Double,
    val timestamp: Long
)

@Database(
    entities = [VoiceRecording::class],
    version = 2
)
abstract class AppDatabase : RoomDatabase() {
    ◀ Karlo Kraml
    abstract fun voiceRecordingDao(): VoiceRecordingDao
}
```

Slika 3.5. Isječci programskog koda koji prikazuju temeljne dijelove *Room* baze podataka

U aplikaciji je *Room* korišten za pohranu osobnih glasovnih zapisa. Ova baza podataka sadrži samo jednu tablicu naziva *VoiceRecording* s poljima: *id* (automatski generirani primarni ključ), *fileName* (naziv datoteke glasovnog zapisa), *latitude* i *longitude* (skupa čine lokaciju na kojoj je snimljen glasovni zapis) te *timestamp* (vremenska oznaka kada je snimljen zapis). *VoiceRecordingDao* sučelje definira potrebne metode za izvođenje operacija nad bazom podataka, točnije metode za ubacivanje i brisanje glasovnih zapisa iz baze, metodu za dohvaćanje svih zapisa unutar predanog raspona geografske širine i dužine i metodu za dohvaćanje svih zapisa iz baze.

3.3. Pregled implementacijskih detalja

U ovome poglavlju objašnjeni su korišteni filteri i funkcionalnost ostavljanja glasovnog zapisa. Prema istraživanju, zaključeno je da osobe s poremećajima vida preferiraju filtere koji daju naglasak visokim i srednjim frekvencijama, odnosno one koji naglašavaju rubove objekata premda dosta toga ovisi o tome što je na slici [50]. Zbog navedenog, u aplikaciji *Explore & See* implementirani su filteri *Sobel*, *Sharpen* i *Unsharp mask* koji svaki na svoj način čine upravo to. Ono što je zajedničko u implementaciji svih filtera jest paralelno programiranje. Korištenjem korutina optimizirana je primjena filtera na način da se slika podijeli na onoliko dijelova po vertikalnoj osi koliko ima slobodnih jezgri procesora i za svaki se od RGB kanala posebno izvode izračuni te se dobivene vrijednosti spajaju u vrijednost izlaznog piksela čiji skup čini izlaznu sliku.

3.3.1. Sobel filter

Sobel filter koristi se za detekciju rubova objekata na slikama. Filter je definiran dvama matričnim operatorima, u ovom slučaju 3x3, od kojih jedan detektira horizontalne, a drugi vertikalne promjene na slici, tj. računa se intenzitet gradijenta [71]. U ovoj implementaciji ulazna je slika u boji pa se gradijent računa posebno za svaki kanal. U tablicama 3.4. i 3.5. prikazane su ove dvije matrice.

Tablica 3.4. Matrica X

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Tablica 3.5. Matrica Y

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

3.3.2. Sharpen filter

Sharpen filter koristi se za naglašavanje rubova objekata unutar slike, tj. za dobivanje učinka izoštravanja koje se postiže konvolucijom matrice preko piksela slike. Matricu karakterizira visoka vrijednost središnjeg elementa koja pojačava intenzitet boje centralnog piksela, a ostali elementi umanjuju utjecaj susjednih piksela, tj. povećava se kontrast susjednih piksela što pridonosi uočljivosti detalja. U tablici 3.4. prikazana je korištena matrica u implementaciji *Sharpen* filtra u *Explore & See* aplikaciji. Iako može popraviti zamagljene dijelove slike, filter često unosi dodatan, neželjeni šum [72].

Tablica 3.4. Matrica *Sharpen* filtra

-1	-1	-1
-1	9	-1
-1	-1	-1

3.3.3. Unsharp mask filter

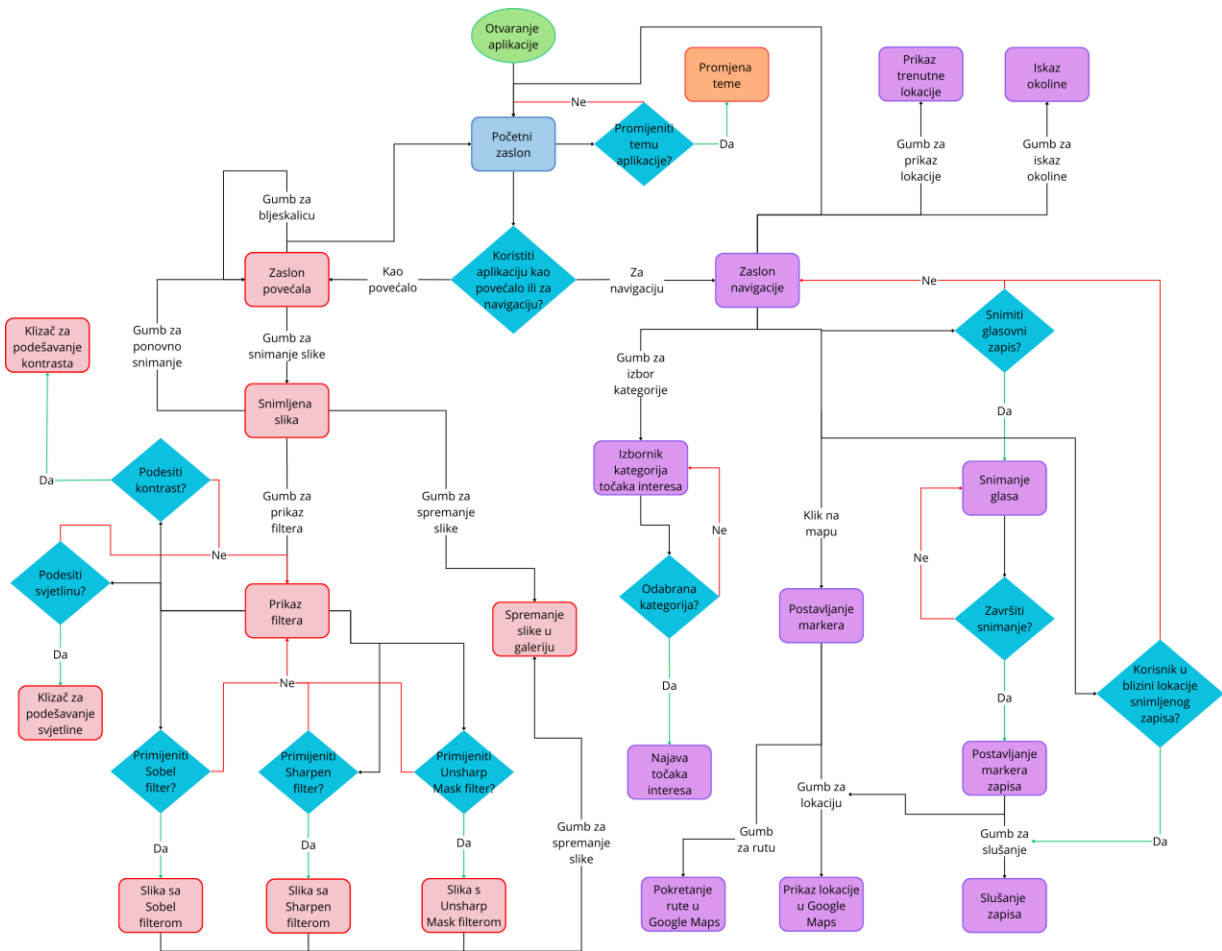
Unsharp mask filter također se koristi za izoštravanje slike i smatra se sofisticiranijim i prirodnijim pristupom od primjene *Sharpen* filtera. Postupak primjene filtera može se podijeliti u tri koraka. U prvom koraku stvara se zamučena verzija slike što se u aplikaciji *Explore & See* postiglo primjenom konvolucije s Gaussovom jezgrom. U drugom koraku zamučena se slika oduzima od originalne za svaki kanal boje čime nastaje tzv. maska. U posljednjem koraku se dodaje maska, koja predstavlja rubove i detalje slike, na originalnu sliku, stvarajući tako izoštrenu inačicu [73].

3.3.4. Snimanje glasovnog zapisa

Unutar navigacije aplikacije implementirana je funkcionalnost ostavljanja glasovnog zapisa na trenutnoj lokaciji korisnika. Ovo omogućava korisnicima označavanje mjesta od interesa ili ostavljanje kojekakvih podsjetnika u audio obliku, oslanjajući se tako na osjetilo sluha za dobivanje informacija, odnosno prijašnjih dojmova i iskustava. Korisnik u svakom trenutku može poslušati snimljeni zapis na jedan način, kasnije objašnjen u radu, dok na drugi način može poslušati isključivo zapise u neposrednoj blizini što pridonosi jasnoći pri kretanju u prostoru.

3.4. Dijagram toka aplikacije

Dijagram korisničkog toka prikazuje put koji korisnik može pratiti dok se kreće između ekrana ili pojedinačnih funkcionalnosti u aplikaciji. Može se još reći da dijagram toka opisuje korake koje korisnik poduzima kako bi postigao željeni ishod. Prednosti koje izrada dijagrama toka donosi prilikom izrade aplikacije jesu: manje vrijeme za iteracije proizvoda, izrada intuitivnog dizajna sučelja, pojašnjavanje ideje kolegama, investitorima i dr. te predviđanje potencijalnih frustracija korisnika [74]. Dijagram toka karakterizira korištenje različitih geometrijskih oblika za različite radnje, a uz to i korištenje različitih boja za razdjeljivanje segmenata aplikacije. Na slici 3.6. prikazan je dijagram mogućeg kretanja kroz aplikaciju *Explore & See*.



Slika 3.6. Dijagram toka aplikacije *Explore & See*

3.5. Način rada Explore & See aplikacije

U ovom poglavlju opisan je način rada programskog rješenja, tj. dane su upute za korištenje aplikacije *Explore & See*. Opis korištenja podijeljen je u dva poglavlja s obzirom da aplikacija sadrži dvije temeljne funkcionalnosti: povećalo i navigaciju. Početni zaslon aplikacije već je prikazan na slici 3.2. i on predstavlja polazišnu točku u kojoj korisnik odabire želi li koristiti funkcionalnost povećala ili navigacije. Uz to sadrži i gumb za promjenu teme aplikacije u slučaju da korisnik ima određeni oblik daltonizma pa mu zadana tema aplikacije ne odgovara. U nastavku su prikazani ostali zaslone i funkcionalnosti. Treba napomenuti da je svaki pritisak gumba popraćen odgovarajućom povratnom glasovnom informacijom.

3.5.1. Korištenje povećala

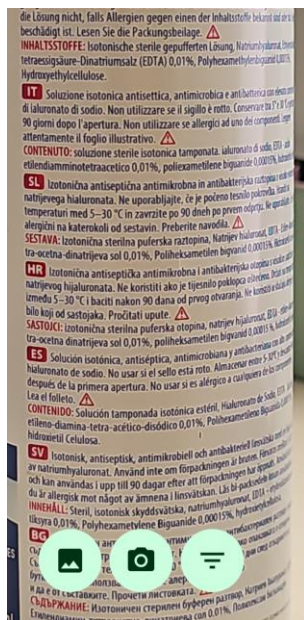
Ukoliko korisnik pritisne gumb „*MAGNIFIER*“ otvoriti će mu se zaslon prikazan na slici 3.7.



Slika 3.7. Zaslon povećala u aplikaciji *Explore & See* (u zadanoj temi)

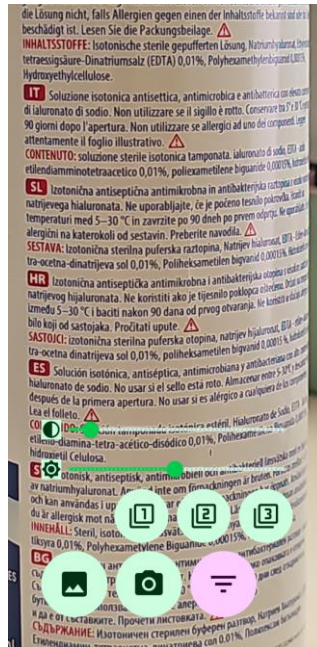
Taj zaslon je povećalo implementirano pomoću kamere uređaja s mogućnostima fokusiranja dodirrom (engl. *tap-to-focus*), uvećavanja prstima (engl. *pinch-to-zoom*) i ostalim pogodnostima *CameraX* biblioteke. Zaslon je jednostavnog dizajna sa samo dva velika gumba okruglog oblika (što osobe s poremećajima vida preferiraju [49]): jedan za upravljanje bljeskalicom (ikona ručne

svjetiljke) i drugi za snimanje fotografije, odnosno zamrzavanje slike (ikona pahulje). Klikom na gumb s ikonom svjetiljke, osim glasovno, korisniku je i vizualno naznačeno stanje bljeskalice promjenom boje gumba. U slučaju da korisnik želi zamrznuti sliku, pritisak gumba s ikonom pahulje vodi ga do zaslona prikazanog na slici 3.8.



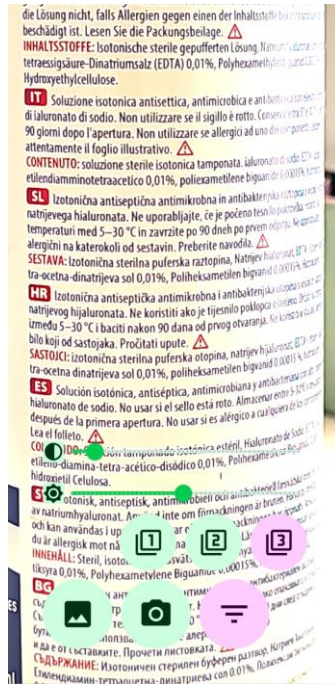
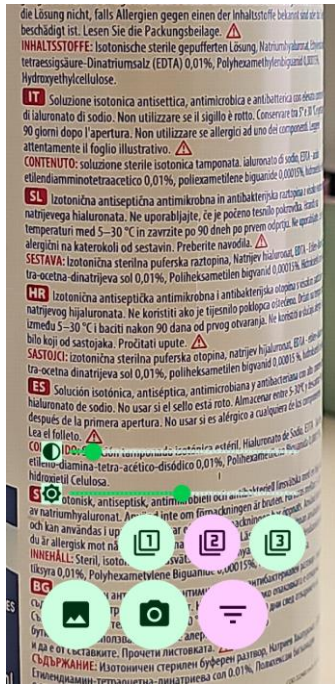
Slika 3.8. Zaslون snimljene fotografije

Ovaj zaslon čine snimljena fotografija i tri gumba: prvi za spremanje fotografije u galeriju, drugi za ponovno snimanje fotografije i treći za proširivanje prikaza filtera i klizača za podešavanje kontrasta i svjetline. Najzanimljiviji je upravo treći gumb pa je na slici 3.9. prikazan izgled zaslona nakon njegovog pritiska. Pojavljuju se tri nova gumba od kojih svaki predstavlja jedan od filtera: *Sobel*, *Sharpen* i *Unsharp Mask*. Također su vidljiva dva klizača za podešavanje kontrasta (gornji) i svjetline (donji) s početnim vrijednostima 1 i 0. Mogući raspon za koeficijent kontrasta je od 0 do 10, a za svjetlinu od -255 do 255. Za oba klizača postavljeno je da imaju 50 mogućih koraka, tj. različitih vrijednosti koje se mogu primijeniti na sliku. Zahvaljujući *Image composable* funkciji i njezinim svojstvima, implementacija mogućnosti modificiranja svjetline i kontrasta nije zahtjevnija jer njezin parametar *colorFilter* zahtijeva samo varijabilnu matricu za promjenu piksela. Koristeći objekt klase *ColorMatrix*, koji je zapravo 4x5 matrica za transformaciju boja i alfa komponenti slike, moguće je vrlo brzo i jednostavno mijenjati svjetlinu i kontrast snimljene fotografije.

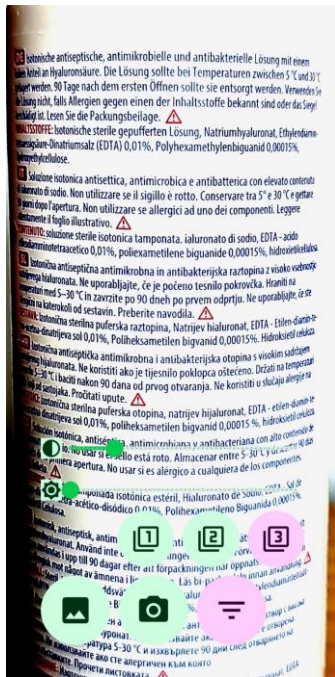
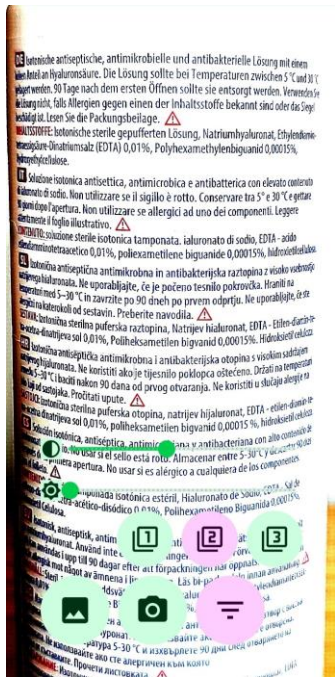


Slika 3.9. Prikaz zaslona snimljene fotografije nakon pritiska gumba za prikaz filtera

Na slici 3.10. prikazana je ista snimljena fotografija sa svakim od filtera. S obzirom da programsko rješenje nudi tri različita filtera uz mogućnost mijenjanja kontrasta i svjetline slike, vrlo je vjerojatno da će korisnik moći pronaći kombinaciju koja će mu pomoći pročitati snimljeni tekst ili prepoznati snimljeni objekt. Zbog toga što se svi filteri primjenjuju na snimljenu fotografiju u trenutku snimanja, prebacivanje pogleda s jednog na drugi filter je trenutno. Treba također napomenuti da će se pri pritisku gumba za spremanje slike u galeriju, spremiti filtrirana slika u slučaju da je filter u tom trenutku primijenjen. Iako je optimalna razina svjetline i kontrasta individualna, smanjenje svjetline i povećanje kontrasta često poboljšava uočljivost za osobe s poremećajima vida jer su pri većem kontrastu detalji vidljiviji, a smanjenjem svjetline smanjuje se i odbljesak što olakšava fokusiranje na bitne dijelove slike. Primjerice, osobe s kataraktom i AMD-om često su osjetljivije na svjetlo pa im smanjenje svjetline pridonosi ugodnosti pri gledanju. Stoga su na slici 3.11. ponovno prikazani svi filteri, ali s povećanim kontrastom i smanjenom svjetlinom.



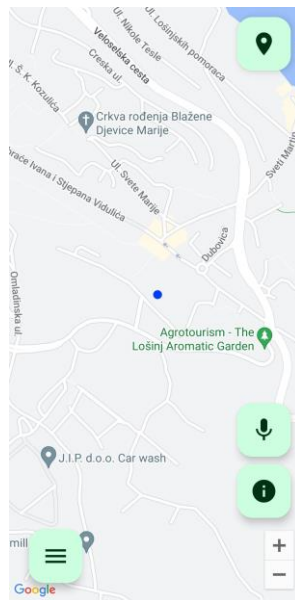
Slika 3.10. Prikaz svakog od filtera na snimljenoj fotografiji



Slika 3.11. Prikaz svih filtera s povećanim kontrastom i smanjenom svjetlinom

3.5.2. Korištenje navigacije

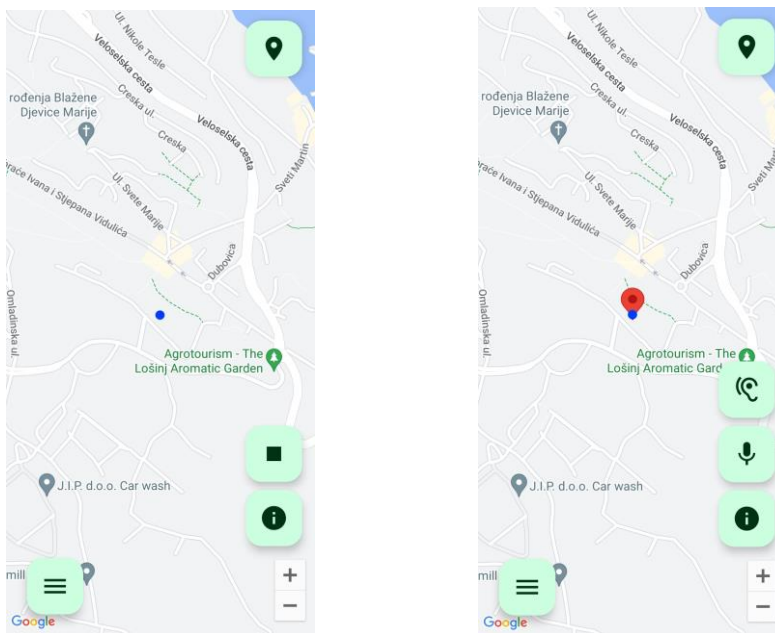
U slučaju da korisnik pritisne gumb „NAVIGATION“ najprije se pojavljuje ekran za učitavanje lokacije s tekстом „Loading current location...“ ako korisnik npr. otvara navigaciju po prvi put u životnom ciklusu aktivnosti, a zatim se otvara zaslon prikazan na slici 3.12. Preko cijelog zaslona prikazana je mapa centrirana oko točke trenutne lokacije uređaja pomoću nepromjenjive *CameraPosition* klase koja objedinjuje sve parametre položaja kamere kao što su lokacija, razina zumiranja, kut nagiba i orijentacija. Za stvaranje *CameraPosition* objekta korištena je statička javna metoda klase *fromLatLngZoom()* koja stvara prikaz na temelju predane lokacije i razine uvećanja. U gornjem desnom kutu zaslona nalazi se gumb s ikonom markera koji vraća prikaz mape na trenutnu lokaciju, tj. postavlja *CameraPosition* objekt na trenutnu lokaciju. Navedeno je korisno u slučaju da korisnik „odluta“ od prikaza trenutne lokacije prilikom razgledavanja mape. U donjem desnom kutu nalaze se dva gumba koja dolaze zadani s *GoogleMap() composable* funkcijom. Donji, s ikonom minusa, služi za smanjivanje prikaza, a gornji, s ikonom plusa, uvećava prikaz. Premda osobe s poremećajima vida preferiraju geste [49], ova su dva gumba ostavljena u slučaju iznimaka po pitanju preferencija kao dodatan način za manipuliranjem mape.



Slika 3.12. Izgled zaslona navigacije

Iznad ova dva gumba nalazi se gumb s ikonom za pružanje informacija. Pritisak ovoga gumba aktivira glasovno iščitavanje okoline, tj. adresa i točaka interesa u neposrednoj blizini trenutne

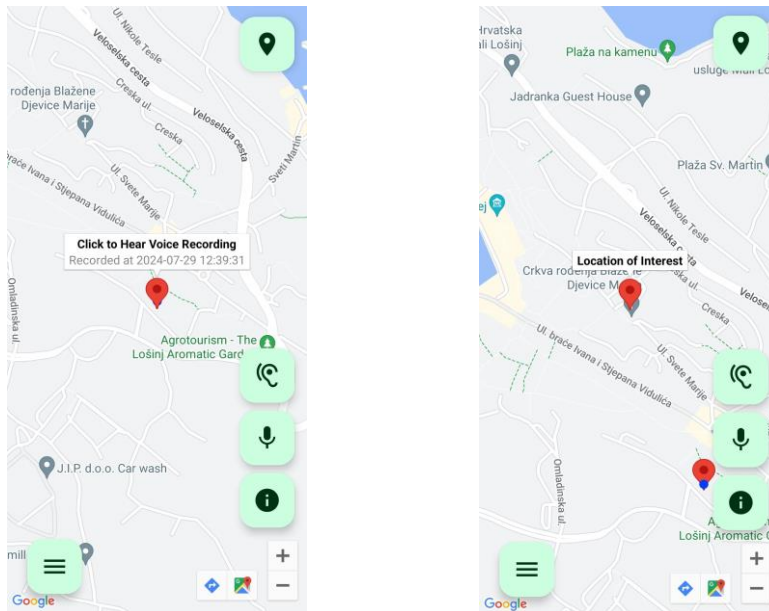
lokacije. U slučaju da nije pronađeno ništa u njegovoj blizini, korisniku je izrečena prikladna poruka. Iznad ovoga gumba jest gumb s ikonom mikrofona na čiji pritisak započinje snimanje glasovnog zapisa. Početak snimanja najavljen je zvučnim signalom te se uz to mijenja i ikona gumba u ikonu kvadrata kao dodatna vizualna informacija da je snimanje u tijeku. Na slici 3.13. prikazan je izgled zaslona prilikom snimanja glasa (pod a) i nakon pritiska gumba za završetak snimanja (pod b). Na slici pod b vidi se povratak ikone mikrofona i pojava novoga gumba iznad s ikonom uha. Taj novi gumb nudi mogućnost korisniku da poslušá glasovne zapise snimljene u neposrednoj blizini njegove trenutne lokacije. Osim toga, na mapi se pojavljuje i marker na mjestu gdje je glasovni zapis snimljen. Na slici 3.14. prikazan je izgled zaslona nakon pritiska na marker glasovnog zapisa (pod a) i nakon pritiska na bilo koju točku mape (pod b). Pritiskom na marker koji označava glasovni zapis pojavljuje se tekst „Click to Hear Voice Recording“ koji se može pritisnuti da bi se poslušao zapis. Ovom tehnikom moguće je poslušati bilo koji glasovni zapis bez obzira na trenutnu lokaciju. Nadalje, moguće je postaviti marker bilo gdje na mapi pritiskom na neku točku mape. Ovo je korisno ukoliko korisnik želi pokrenuti rutu do neke lokacije od interesa.



a)

b)

Slika 3.13. Izgled zaslona navigacije prilikom i nakon snimanja glasa

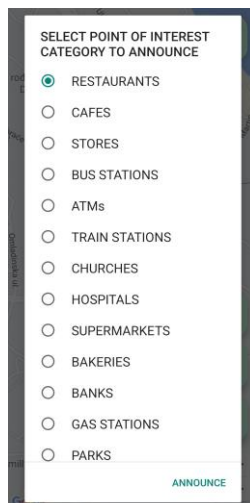


a)

b)

Slika 3.14. Prikaz markera glasovnog zapisa i lokacije od interesa

Na slici 3.14., lijevo od gumba za smanjivanje i uvećavanje prikaza, nalaze se dva gumba koja se pojavljuju nakon pritiska nekog od markera (marker zvučnog zapisa ili marker lokacije od interesa). Oba gumba zadana su *GoogleMap()* *composable* funkcijom i otvaraju *Google Maps* aplikaciju, a razlika je u tome što lijevi gumb postavlja rutu dok desni samo prikazuje odabranu lokaciju. Na kraju ostaje za objasniti posljednji gumb zaslona navigacije koji se može vidjeti u donjem lijevom kutu na prethodnim slikama, s ikonom tri horizontalne crte, tj. ikonom izbornika. Na slici 3.15. prikazan je izgled zaslona nakon pritiska tog gumba. Otvara se dijalog s korisnikom preko kojeg može odabrati jednu od kategorija od interesa: restorani, kafići, trgovine, bankomati itd. Nakon odabira određene kategorije, pritisak na gumb „*ANNOUNCE*“ rezultirati će najavom do tri lokacije odabrane kategorije u radijusu od 500 metara oko korisnikove lokacije. U slučaju da u blizini nema lokacija odabrane kategorije, korisniku će se izreći prikladna poruka.



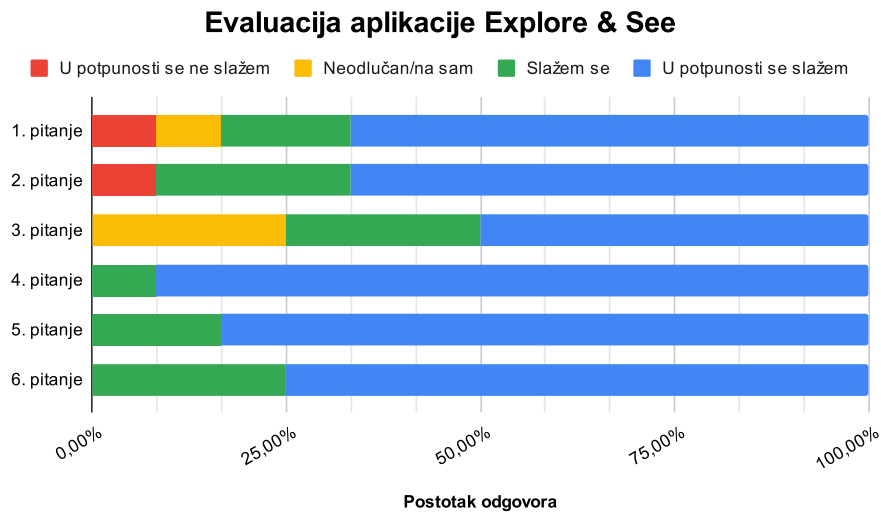
Slika 3.15. Prikaz izbornika kategorija interesnih točaka

3.6. Evaluacija aplikacije

Evaluacija aplikacije ključan je korak za razumijevanje njezine učinkovitosti, korisnosti i prihvaćenosti među korisnicima. U svrhu evaluacije, tj. provjere kvalitete aplikacije *Explore & See* i zadovoljstva njezinih korisnika, provedena je kratka anketa sa šest pitanja čiji se odgovori mogu predstaviti Likertovom ljestvicom. U tablici 3.5. prikazana su pitanja, tj. tvrdnje postavljene u anketi na koje je moguće odgovoriti jednom od pet ponuđenih opcija, od potpunog neslaganja do potpunog slaganja. Anketa je provedena na uzorku od dvanaest osoba. Na slici 3.16. grafički su prikazani agregirani rezultati ankete. Analizom ovih rezultata može se zaključiti da većina korisnika smatra aplikaciju intuitivnom i jednostavnom iako nekim korisnicima može biti zahtjevno shvatiti određene funkcije, naročito kod navigacije, jer očekuju funkcionalnosti na koje su navikli kod već postojećih, sličnih aplikacija. Primjerice, netko može pomisliti da se pritiskom na ikonu mikrofona izgovara destinacija do koje se žele dobiti upute pa može doći do zbunjenosti.

Tablica 3.5. Pitanja postavljena u anketi za evaluaciju aplikacije *Explore & See*

Broj pitanja	Tekst pitanja
1.	Aplikacija je intuitivna i jednostavna za koristiti
2.	Filteri i mogućnost podešavanja svjetline i kontrasta pomažu mi pri čitanju ili raspoznavanju sadržaja slike
3.	Mogućnost promjene teme aplikacije smatram korisnim
4.	Povratna glasovna informacija pri pritisku gumba pruža mi dodatnu sigurnost i jasnoću
5.	Funkcionalnosti navigacije poput iskazivanja okolnih točaka interesa i vezanja glasovnog zapisa za lokaciju smatram jedinstvenim i korisnim dodatkom navigaciji
6.	Smatram da aplikacija ima potencijala za nadogradnju i pružanje pomoći osobama s poremećajima vida



Slika 3.16. Prikaz rezultata ankete

Isto tako, kako ispitanici nemaju poremećaje vida opisane u ovome radu vjerojatno im filteri i promjena teme aplikacije nisu od velike koristi. Ipak, većina ispitanika ima neki oblik refrakcijske greške pa se može pretpostaviti da bi njihovo zadovoljstvo moglo u nekoj mjeri biti mjerodavno te da bi osobe s nekim od poremećaja vida iz poglavlja 2.1 iskusile podjednako, ako ne i veće zadovoljstvo korištenja aplikacije jer bi razlika u životu tih osoba sa i bez ove aplikacije bila veća. Naravno, navedeno su samo nagađanja koja bi bilo uputno ispitati u praksi. Srećom, ispitanici ove ankete jednoglasno su prepoznali potencijal za daljnji razvoj aplikacije i za pružanje pomoći osobama s poremećajima vida što daje razlog za daljnji rad, kako na ovoj aplikaciji, tako i općenito u pronalasku tehnoloških rješenja za pomoć osobama s poremećajima vida.

4. ZAKLJUČAK

U radu je proučeno i opisano nekoliko poremećaja vida i načini na koje se može pomoći osobama zahvaćenim nekim od poremećaja vida s naglaskom na pomagala u obliku mobilnih aplikacija. Primijećen je potencijal koji mobilne aplikacije imaju za pomoć navedenim osobama zbog njihove jednostavnosti, dostupnosti i mnogih drugih faktora koji ih čine intuitivnim i vrijednim rješenjem za ulaganje truda i resursa s ciljem stvaranja upotrebljivih i korisnih pomagala. Zbog toga što ne stvaraju stigmatu, mobilne aplikacije su u mogućnosti pozitivno djelovati na socijalnu integraciju osoba s poremećajima vida. Njihov dizajn treba biti usmjeren na korisnike (engl. *user-centered design*) kako bi se maksimizirala učinkovitost u pružanju pomoći.

Kao programsko rješenje ostvarena je *Android* aplikacija *Explore & See* koja pruža pomoć osobama s poremećajima vida na područjima koja su smatrana ključnim za njihovu svakodnevnicu. Riječ je o pomoći pri čitanju i raspoznavanju objekata koja je ostvarena u obliku funkcionalnosti povećala s raznim mehanizmima koji dokazano pomažu osobama s poremećajima vida u navedenim zadaćama i također o pomoći pri orijentiranju i kretanju kroz prostor u obliku funkcionalnosti navigacije, isto tako s provjerenim mehanizmima koji maksimalno iskorištavaju osjetilo sluha. Aplikacija nudi spoj već postojećih rješenja na tržištu uz nekolicinu novih ideja i dodataka.

Dodatni napori trebali bi biti uloženi kako bi se povećala pristupačnost postojećih aplikacija, ali i pri stvaranju novih aplikacija usmjerenih u potpunosti na osobe s poremećajima vida. Komunikacijom s osobama s poremećajima vida, osobe zadužene za stvaranje programskih rješenja zasigurno dobivaju dodatnu perspektivu i razumijevanje za njihovim potrebama, što svakako treba iskoristiti u cilju stvaranja ravnopravnog društva. Aplikaciju *Explore & See* trebalo bi isprobati što više ljudi, osobito osobe s poremećajima vida, kako bi ju se moglo što vjernije evaluirati i naposljetku nadograditi da postane neizostavan pomoćni alat u svakodnevnim zadaćama svojih korisnika. Sigurno bi koristilo optimizirati postojeći kod kako bi aplikacija bila još efikasnija i dodati nove mogućnosti kod obrade slike i navigacije kao npr. glasovno pokretanje ruta. Integracija umjetne inteligencije također je jedna od potentnih mogućnosti nadogradnje.

LITERATURA

- [1] L. Hakobyan, J. Lumsden, D. O’Sullivan, i H. Bartlett, „Mobile assistive technologies for the visually impaired“, *Surv. Ophthalmol.*, sv. 58, izd. 6, str. 513–528, prosinac 2013.
- [2] A. Komminos, V. Stefanis, i J. Garofalakis, „A Review of Design and Evaluation Practices in Mobile Text Entry for Visually Impaired and Blind Persons“, *Multimodal Technol Interact*, sv. 7, izd. 2, veljača 2023.
- [3] S. Liste, „Blindness and vision impairment“, World Health Organization. Pristupljeno: 21. lipanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>
- [4] A. Karkar i S. Al-Maadeed, „Mobile Assistive Technologies for Visual Impaired Users: A Survey“, u *Proceedings of the 2018 International Conference on Computer and Applications (ICCA)*, kol. 2018, str. 427–433.
- [5] L. Osman, „Visual impairment: what is it, symptoms and treatment“, Top Doctors. Pristupljeno: 22. lipanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.topdoctors.co.uk/medical-dictionary/visual-impairment>
- [6] C. Zetterlund, L.-O. Lundqvist, i H. Richter, „Visual, musculoskeletal and balance symptoms in individuals with visual impairment“, *Clin. Exp. Optom.*, sv. 102, izd. 1, str. 63–69, lip. 2018.
- [7] National Eye Institute, „Eye Conditions and Diseases“, National Eye Institute. Pristupljeno: 22. lipanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.nei.nih.gov/learn-about-eye-health/eye-conditions-and-diseases>
- [8] American Optometric Association, „Cataract“, American Optometric Association. Pristupljeno: 22. lipanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.aoa.org/healthy-eyes/eye-and-vision-conditions/cataract?sso=y>
- [9] National Eye Institute, „Cataracts“, National Eye Institute. Pristupljeno: 22. lipanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.nei.nih.gov/learn-about-eye-health/eye-conditions-and-diseases/cataracts>
- [10] K. Boyd, „What Are Cataracts?“, American Academy of Ophthalmology. Pristupljeno: 22. lipanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.aao.org/eye-health/diseases/what-are-cataracts>

- [11] Eye7 Chaudhary Eye Centre, „A Complete Guide to Diabetic Retinopathy“, Eye7 Chaudhary Eye Centre. Pristupljeno: 10. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.ey7.in/retina/diabetic-retinopathy/complete-guide/>
- [12] American Academy of Ophthalmology, „Diabetic Retinopathy: Causes, Symptoms, Treatment“, American Academy of Ophthalmology. Pristupljeno: 23. lipanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.aao.org/eye-health/diseases/what-is-diabetic-retinopathy>
- [13] Mayo Clinic, „At risk of diabetes-related vision loss?-Diabetic retinopathy - Symptoms & causes“, Mayo Clinic. Pristupljeno: 23. lipanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/diabetic-retinopathy/symptoms-causes/syc-20371611>
- [14] National Eye Institute, „Diabetic Retinopathy“, National Eye Institute. Pristupljeno: 23. lipanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.nei.nih.gov/learn-about-eye-health/eye-conditions-and-diseases/diabetic-retinopathy>
- [15] enhanced vision, „Learn About Visual Assistance and Diabetic Retinopathy Aids“, Low Vision Products and Low Vision Solutions. Pristupljeno: 27. lipanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.enhancedvision.com/low-vision/diabetic-retinopathy-aids.html>
- [16] A. McManes, „Glaucoma: Are You at Risk?“, All About Vision. Pristupljeno: 27. lipanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.allaboutvision.com/conditions/glaucoma/>
- [17] National Eye Institute, „Glaucoma“, National Eye Institute. Pristupljeno: 27. lipanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.nei.nih.gov/learn-about-eye-health/eye-conditions-and-diseases/glaucoma>
- [18] K. Boyd, „What Is Glaucoma? Symptoms, Causes, Diagnosis, Treatment“, American Academy of Ophthalmology. Pristupljeno: 27. lipanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.aao.org/eye-health/diseases/what-is-glaucoma>
- [19] Mayo Clinic, „Glaucoma - Symptoms and causes“, Mayo Clinic. Pristupljeno: 27. lipanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/glaucoma/symptoms-causes/syc-20372839>
- [20] A. Khanna i P. Ichhpujani, „Low Vision Aids in Glaucoma“, *J. Curr. Glaucoma Pract.*, sv. 6, izd. 1, str. 20–24, 2012.

- [21] Thomas Eye Group, „AMD: Treatment and Awareness“, Thomas Eye Group. Pristupljeno: 27. lipanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.thomaseye.com/age-related-macular-degeneration-understanding-treatment-and-awareness/>
- [22] National Eye Institute, „Age-Related Macular Degeneration (AMD)“, National Eye Institute. Pristupljeno: 27. lipanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.nei.nih.gov/learn-about-eye-health/eye-conditions-and-diseases/age-related-macular-degeneration>
- [23] K. Boyd, „What Is Macular Degeneration?“, American Academy of Ophthalmology. Pristupljeno: 27. lipanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.aao.org/eye-health/diseases/amd-macular-degeneration>
- [24] AMDF, „Assistive Technology for Age-related Macular Degeneration“. Pristupljeno: 27. lipanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.macular.org/living-and-thriving-with-amd/low-vision-resources/tools-for-living>
- [25] National Eye Institute, „Color Blindness“, National Eye Institute. Pristupljeno: 27. lipanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.nei.nih.gov/learn-about-eye-health/eye-conditions-and-diseases/color-blindness>
- [26] D. Turbert, „What Is Color Blindness?“, American Academy of Ophthalmology. Pristupljeno: 27. lipanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.aao.org/eye-health/diseases/what-is-color-blindness>
- [27] MDN, „What is accessibility? - Learn web development“, MDN. Pristupljeno: 10. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Accessibility/What_is_accessibility
- [28] The Interaction Design Foundation, „What is Inclusive Design? — updated 2024“, The Interaction Design Foundation. Pristupljeno: 10. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.interaction-design.org/literature/topics/inclusive-design>
- [29] The Interaction Design Foundation, „What is Accessibility? — updated 2024“, The Interaction Design Foundation. Pristupljeno: 11. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.interaction-design.org/literature/topics/accessibility>
- [30] W3C, „Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1“, W3C. Pristupljeno: 27. lipanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>

- [31] R. Vorm, „How to Make Websites Accessible for the Visually Impaired“, Fuzzy Math. Pristupljeno: 27. lipanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://fuzzymath.com/blog/improve-accessibility-for-visually-impaired-users/>
- [32] Abstracta Team, „5 Do's and Don'ts of Accessible Mobile UI Design | Abstracta“, Blog about Software Development, Testing, and AI | Abstracta. Pristupljeno: 11. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://abstracta.us/blog/mobile-testing/accessible-mobile-ui-design/>
- [33] J. Wang, S. Wang, i Y. Zhang, „Artificial intelligence for visually impaired“, *Displays*, sv. 77, str. 102391, tra. 2023, Pristupljeno: 27. lipanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141938223000240>
- [34] N. Ben Itzhak, I. Franki, B. Jansen, K. Kostkova, J. Wagemans, i E. Ortibus, „An individualized and adaptive game-based therapy for cerebral visual impairment: Design, development, and evaluation“, *Int. J. Child-Comput. Interact.*, sv. 31, str. 100437, ožu. 2022.
- [35] Y. Li i ostali, „A Scoping Review of Assistance and Therapy with Head-Mounted Displays for People Who Are Visually Impaired“, *ACM Trans Access Comput*, sv. 15, izd. 3, str. 25:1-25:28, Kolovoz 2022.
- [36] American Optometric Association, „Low Vision and Vision Rehabilitation“, American Optometric Association. Pristupljeno: 06. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.aoa.org/healthy-eyes/caring-for-your-eyes/low-vision-and-vision-rehab?sso=y>
- [37] N. Griffin-Shirley i ostali, „A Survey on the Use of Mobile Applications for People who Are Visually Impaired“, *J. Vis. Impair. Blind.*, sv. 111, izd. 4, str. 307–323, 2017.
- [38] Google Play, „e Paarvai - Apps on Google Play“, Android Apps on Google Play. Pristupljeno: 06. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.codevector.cataract_detection_app&hl=en_US
- [39] C. S. Vasani i ostali, „Accuracy of an artificial intelligence-based mobile application for detecting cataracts: Results from a field study“, *Indian J. Ophthalmol.*, sv. 71, izd. 8, str. 2984–2989, kol. 2023.
- [40] J. Elias, „E-Paarvai: Cataract Detection and Screening System by Tamil Nadu Government“, INDIAai. Pristupljeno: 11. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://indiaai.gov.in/article/e-paarvai-cataract-detection-and-screening-system-by-tamil-nadu-government>

- [41] RetinaRisk, „RetinaRisk | The Leading App & API For Diabetic Retinopathy Care“, RetinaRisk. Pristupljeno: 06. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.retinarisk.com/>
- [42] Google Play, „RetinaRisk, Aplikacije na Google Playu“, Android Apps on Google Play. Pristupljeno: 11. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.retinarisk&hl=hr>
- [43] E. Salam, „I tried Be My Eyes, the popular app that pairs blind people with helpers“, *The Guardian*, 12. srpanj 2019. Pristupljeno: 07. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.theguardian.com/lifeandstyle/2019/jul/12/be-my-eyes-app-blind-people-helpers>
- [44] Google Play, „Be My Eyes - Apps on Google Play“, Android Apps on Google Play. Pristupljeno: 11. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bemyeyes.bemyeyes&hl=en>
- [45] BlindSquare, „What is BlindSquare?“, What is BlindSquare? Pristupljeno: 07. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.blindsquare.com/about/>
- [46] App Store, „BlindSquare“, App Store. Pristupljeno: 07. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://apps.apple.com/us/app/blindsquare/id500557255>
- [47] Google Play, „Seeing AI - Apps on Google Play“, Android Apps on Google Play. Pristupljeno: 07. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.microsoft.seeingai&hl=en_US
- [48] A. Sha, „Microsoft’s Seeing AI Mobile App Can Help Visually Impaired Users“, Beebom. Pristupljeno: 07. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://beebom.com/microsoft-seeing-ai-app-help-visually-impaired-users/>
- [49] M. C. Buzzi, M. Buzzi, B. Leporini, i A. Trujillo, „Exploring Visually Impaired People’s Gesture Preferences for Smartphones“, u *Proceedings of the 11th Biannual Conference of the Italian SIGCHI Chapter*, u CHItaly ’15. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, Rujan 2015, str. 94–101.
- [50] S. J. Leat, G. Omoruyi, A. Kennedy, i E. Jernigan, „Generic and customised digital image enhancement filters for the visually impaired“, *Vision Res.*, sv. 45, izd. 15, str. 1991–2007, srp. 2005.

- [51] I. Kilin, „The best charts for color blind viewers | Blog | Datylon“, datylon. Pristupljeno: 08. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.datylon.com/blog/data-visualization-for-colorblind-readers>
- [52] chitrasingla2001, „Functional vs Non Functional Requirements“, GeeksforGeeks. Pristupljeno: 22. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.geeksforgeeks.org/functional-vs-non-functional-requirements/>
- [53] M. Martin, „Funkcionalni i nefunkcionalni zahtjevi“, Guru99. Pristupljeno: 22. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.guru99.com/hr/functional-vs-non-functional-requirements.html>
- [54] Android Developers, „Meet Android Studio“, Android Developers. Pristupljeno: 09. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://developer.android.com/studio/intro>
- [55] JetBrains, „IntelliJ IDEA – the Leading Java and Kotlin IDE“, JetBrains. Pristupljeno: 09. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.jetbrains.com/idea/>
- [56] JetBrains, „Kotlin Docs“, Kotlin Help. Pristupljeno: 09. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://kotlinlang.org/docs/home.html>
- [57] B. Lutkevich, „What is Kotlin and Why Use it? | Definition from TechTarget“, WhatIs. Pristupljeno: 09. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/Kotlin>
- [58] chaitanyamunje, „Basics of Jetpack Compose in Android“, GeeksforGeeks. Pristupljeno: 09. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.geeksforgeeks.org/basics-of-jetpack-compose-in-android/>
- [59] bhaseninad2, „What is Android Studio?“, GeeksforGeeks. Pristupljeno: 09. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.geeksforgeeks.org/overview-of-android-studio/>
- [60] Android Developers, „Android Jetpack Dev Resources - Android Developers“, Android Mobile App Developer Tools – Android Developers. Pristupljeno: 09. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://developer.android.com/jetpack>
- [61] Google for Developers, „Maps SDK for Android overview“, Google Maps Platform. Pristupljeno: 09. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://developers.google.com/maps/documentation/android-sdk/overview>

- [62] Google for Developers, „Overview | Places API“, Google for Developers. Pristupljeno: 13. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://developers.google.com/maps/documentation/places/web-service/overview>
- [63] V. Polyakova, „How to use Google Places API and get an API key“, Elfsight. Pristupljeno: 13. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://elfsight.com/blog/how-to-use-google-places-api-and-get-an-api-key/>
- [64] M. Akhin i M. Belyaev, „Asynchronous programming with coroutines“, Kotlin language specification. Pristupljeno: 13. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://kotlinlang.org/spec/asynchronous-programming-with-coroutines.html>
- [65] A. Srivastava, „What is suspend and how it works?“, Medium. Pristupljeno: 13. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://abhiappmobiledeveloper.medium.com/what-is-suspend-and-how-it-works-c7e743d79ca>
- [66] M. Akhin i M. Belyaev, „Kotlin language specification“, Kotlin. Pristupljeno: 22. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://kotlinlang.org/spec/asynchronous-programming-with-coroutines.html>
- [67] Kotlin, „Coroutines basics“, Kotlin Help. Pristupljeno: 22. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://kotlinlang.org/docs/coroutines-basics.html>
- [68] N. Kramer, „Retrofit Tutorial for Android Beginners“, daily.dev. Pristupljeno: 22. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://daily.dev/blog/retrofit-tutorial-for-android-beginners>
- [69] Android Developers, „Save data in a local database using Room“, Android Developers. Pristupljeno: 23. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://developer.android.com/training/data-storage/room>
- [70] K. Raithatha, „Room Database In Android“, Medium. Pristupljeno: 23. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://medium.com/@kathankraithatha/room-database-in-android-294442467bc8>
- [71] više autora, „Sobel Filter - an overview“, Science Direct. Pristupljeno: 29. kolovoz 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/sobel-filter>
- [72] Y. Liao, „Sharpen filter in image processing“, Globalsino. Pristupljeno: 29. kolovoz 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.globalsino.com/EM/page1371.html>

- [73] R. Fisher, S. Perkins, A. Walker, i E. Wolfart, „Spatial Filters - Unsharp Filter“, The University of Edinburgh. Pristupljeno: 30. kolovoz 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/unsharp.htm>
- [74] K. Iannace, „User Flow for App Development: A Beginner’s Guide“, Designli. Pristupljeno: 31. srpanj 2024. [Na internetu]. Dostupno na: <https://designli.co/blog/user-flow-for-app-development-a-beginners-guide/>

SAŽETAK

U teorijskom dijelu rada opisani su neki od najčešćih poremećaja vida i uloga tehnologija u pružanju pomoći osobama zahvaćenim tim poremećajima s naglaskom na mobilne aplikacije. Analiziran je pojam pristupačnosti i objašnjena njezina važnost pri dizajniranju mobilnih aplikacija. Objašnjene su moguće kategorije u koje spadaju tehnološka rješenja za pomoć osobama s poremećajima vida i uz to postojeće mobilne aplikacije koje pripadaju tim kategorijama. U praktičnom dijelu rada izrađena je *Android* aplikacija *Explore & See* kao alat za pomoć osobama s poremećajima vida s dvjema temeljnim funkcionalnostima: povećalo i navigacija. Objašnjene su korištene tehnologije pri izradi rješenja kao i predviđeni način uporabe aplikacije. Dijagramom toka ilustrirano je kretanje korisnika kroz aplikaciju, a evaluacija je provedena na uzorku od dvanaest korisnika s pozitivnim rezultatima.

Ključne riječi: *Android* aplikacija, navigacija, poremećaji vida, povećalo, pristupačnost

ABSTRACT

The role of mobile applications as a tool to assist individuals with visual impairments

In the theoretical section of the paper, some of the most common visual impairments are described, along with the role of technology in assisting individuals affected by these impairments, with a focus on mobile applications. The concept of accessibility is analysed and explained, as well as its importance in the design of mobile applications. The possible categories of technological solutions for assisting people with visual impairments are discussed and some existing mobile applications that fall into these categories are presented. In the practical part of the paper, an Android application called Explore & See was developed as a tool to assist individuals with visual impairments, featuring two main functionalities: a magnifier and navigation. The technologies used in creating the solution are explained, as well as the intended usage of the application. User's navigation through the application is illustrated by a flowchart. Evaluation was conducted on a sample of twelve users with positive results.

Keywords: Android application, navigation, visual impairments, magnifier, accessibility

PRILOZI

- „Uloga mobilnih aplikacija kao alata za pomoć osobama s poremećajima vida“ u .pdf formatu
- <https://github.com/KarloK34/finalPaper>