

# Analiza Stroop efekta u dvojezičnom kontekstu korištenjem Flutter aplikacije

---

Šokčević, Katarina

Master's thesis / Diplomski 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:200:332792>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-10-13**

*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 studij**

**ANALIZA STROOP EFEKTA U DVOJEZIČNOM  
KONTEKSTU KORIŠTENJEM FLUTTER APLIKACIJE**

**Diplomski rad**

**Katarina Šokčević**

**Osijek, 2024.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac D1: Obrazac za ocjenu diplomskog rada na sveučilišnom diplomskom studiju****Ocjena diplomskog rada na sveučilišnom diplomskom studiju**

<b>Ime i prezime pristupnika:</b>	Katarina Šokčević
<b>Studij, smjer:</b>	Sveučilišni diplomski studij Računarstvo
<b>Mat. br. pristupnika, god.</b>	D1330R, 07.10.2022.
<b>JMBAG:</b>	0165082568
<b>Mentor:</b>	doc. dr. sc. Dragana Božić Lenard
<b>Sumentor:</b>	doc. dr. sc. Krešimir Romić
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Predsjednik Povjerenstva:</b>	doc. dr. sc. Ivana Hartmann Tolić
<b>Član Povjerenstva 1:</b>	doc. dr. sc. Dragana Božić-Lenard
<b>Član Povjerenstva 2:</b>	dr. sc. Marija Habijan
<b>Naslov diplomskog rada:</b>	Analiza Stroop efekta u dvojezičnom kontekstu korištenjem Flutter aplikacije
<b>Znanstvena grana diplomskog rada:</b>	<b>Programsko inženjerstvo (zn. polje računarstvo)</b>
<b>Zadatak diplomskog rada:</b>	Cilj je diplomskoga rada izraditi mobilnu i web aplikaciju korištenjem programskog jezika Flutter. Aplikacija će se temeljiti na Stroop efektu. Korisnik će dobiti riječi (boje) koje označavaju jednu boju, a napisane su drugom bojom. Riječi će biti zadane i na hrvatskom i na engleskom jeziku, a mjerit će se brzina i točnost spajanja riječi i njenog značenja. Provest će se istraživanje na populaciji studenata FERIT-a koje će se zamoliti da dobrovoljno i anonimno odigraju igru na izrađenoj aplikaciji. Analizirat će se brzina i točnost odgovora na materinjem te usporediti s istim
<b>Datum ocjene pismenog dijela diplomskog rada od strane mentora:</b>	13.09.2024.
<b>Ocjena pismenog dijela diplomskog rada od strane mentora:</b>	Izvrstan (5)
<b>Datum obrane diplomskog rada:</b>	26.9.2024.
<b>Ocjena usmenog dijela diplomskog rada (obrane):</b>	Izvrstan (5)
<b>Ukupna ocjena diplomskog rada:</b>	Izvrstan (5)
<b>Datum potvrde mentora o predaji konačne verzije diplomskog rada čime je pristupnik završio sveučilišni diplomski studij:</b>	26.09.2024.

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK****IZJAVA O IZVORNOSTI RADA**

Osijek, 26.09.2024.

**Ime i prezime Pristupnika:**

Katarina Šokčević

**Studij:**

Sveučilišni diplomski studij Računarstvo

**Mat. br. Pristupnika, godina upisa:**

D1330R, 07.10.2022.

**Turnitin podudaranje [%]:**

2

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Analiza Stroop efekta u dvojezičnom kontekstu korištenjem Flutter aplikacije**

izrađen pod vodstvom mentora doc. dr. sc. Dragana Božić Lenard

i sumentora doc. dr. sc. Krešimir Romić

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:

**Obrazac D1: Obrazac za ocjenu diplomskog rada na sveučilišnom diplomskom studiju**

**Ocjena diplomskog rada na sveučilišnom diplomskom studiju**

<b>Ime i prezime pristupnika:</b>	Katarina Šokčević
<b>Studij, smjer:</b>	Sveučilišni diplomski studij Računarstvo
<b>Mat. br. pristupnika, god.</b>	D1330R, 07.10.2022.
<b>JMBAG:</b>	0165082568
<b>Mentor:</b>	doc. dr. sc. Dragana Božić Lenard
<b>Sumentor:</b>	doc. dr. sc. Krešimir Romić
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Predsjednik Povjerenstva:</b>	doc. dr. sc. Ivana Hartmann Tolić
<b>Član Povjerenstva 1:</b>	doc. dr. sc. Dragana Božić-Lenard
<b>Član Povjerenstva 2:</b>	dr. sc. Marija Habijan
<b>Naslov diplomskog rada:</b>	Analiza Stroop efekta u dvojezičnom kontekstu korištenjem Flutter aplikacije
<b>Znanstvena grana diplomskog rada:</b>	<b>Programsko inženjerstvo (zn. polje računarstvo)</b>
<b>Zadatak diplomskog rada:</b>	Cilj je diplomskoga rada izraditi mobilnu i web aplikaciju korištenjem programskog jezika Flutter. Aplikacija će se temeljiti na Stroop efektu. Korisnik će dobiti riječi (boje) koje označavaju jednu boju, a napisane su drugom bojom. Riječi će biti zadane i na hrvatskom i na engleskom jeziku, a mjerit će se brzina i točnost spajanja riječi i njenog značenja. Provest će se istraživanje na populaciji studenata FERIT-a koje će se zamoliti da dobrovoljno i anonimno odigraju igru na izrađenoj aplikaciji. Analizirat će se brzina i točnost odgovora na materinjem te usporediti s istim
<b>Datum ocjene pismenog dijela diplomskog rada od strane mentora:</b>	13.09.2024.
<b>Ocjena pismenog dijela diplomskog rada od strane mentora:</b>	Izvrstan (5)
<b>Datum obrane diplomskog rada:</b>	16.9.2024.
<b>Ocjena usmenog dijela diplomskog rada (obrane):</b>	Izvrstan (5)
<b>Ukupna ocjena diplomskog rada:</b>	Izvrstan (5)
<b>Datum potvrde mentora o predaji konačne verzije diplomskog rada čime je pristupnik završio sveučilišni diplomski studij:</b>	26.09.2024.

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMATIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK****IZJAVA O IZVORNOSTI RADA**

Osijek, 26.09.2024.

**Ime i prezime Pristupnika:**

Katarina Šokčević

**Studij:**

Sveučilišni diplomski studij Računarstvo

**Mat. br. Pristupnika, godina upisa:**

D1330R, 07.10.2022.

**Turnitin podudaranje [%]:**

2

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Analiza Stroop efekta u dvojezičnom kontekstu korištenjem Flutter aplikacije**

izrađen pod vodstvom mentora doc. dr. sc. Dragana Božić Lenard

i sumentora doc. dr. sc. Krešimir Romić

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

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKA PODLOGA I POSTOJEĆA RJEŠENJA</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1. Povijest i teorija Stroop efekta</b> .....	<b>4</b>
2.1.1. Utjecaj jezika u Stroop efektu.....	5
2.1.2. Vizualno prepoznavanje riječi .....	6
<b>2.2. Dvojezičnost</b> .....	<b>7</b>
2.2.1. Model dvojezične interaktivne aktivacije .....	8
2.2.2. Dvojezično procesiranje jezika.....	10
2.2.3. Prebacivanje kodova.....	11
<b>2.3. Pregled postojećih rješenja na webu i Google Playu</b> .....	<b>12</b>
<b>3. KORIŠTENE TEHNOLOGIJE I ALATI</b> .....	<b>15</b>
<b>3.1. Android Studio razvojno okruženje</b> .....	<b>15</b>
<b>3.2. Flutter</b> .....	<b>15</b>
<b>3.3. Firebase</b> .....	<b>16</b>
<b>4. RAZVOJ APLIKACIJE</b> .....	<b>19</b>
<b>4.1. Dijagram toka</b> .....	<b>19</b>
<b>4.2. Arhitektura MVC</b> .....	<b>21</b>
<b>4.3. Programsko rješenje</b> .....	<b>21</b>
<b>4.4. Izgled aplikacije</b> .....	<b>27</b>
<b>5. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA</b> .....	<b>33</b>
<b>5.1. Vrste istraživanja i korištene metode</b> .....	<b>33</b>
<b>5.2. Ciljevi</b> .....	<b>33</b>
<b>5.3. Hipoteza</b> .....	<b>34</b>
<b>5.4. Sudionici istraživanja</b> .....	<b>35</b>
<b>5.5. Postupak istraživanja</b> .....	<b>36</b>
<b>6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA</b> .....	<b>37</b>
<b>6.1. Usporedba rezultata engleskog i hrvatskog jezika</b> .....	<b>37</b>

<b>6.2. Analiza rezultata prema bojama .....</b>	<b>41</b>
<b>6.3. Usporedba rezultata korisnika s višestrukim pokušajima rješavanja .....</b>	<b>44</b>
<b>7. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>47</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>49</b>
<b>SAŽETAK.....</b>	<b>55</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>56</b>
<b>ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>57</b>



## 1. UVOD

Od otkrića Stroop efekta, istraživači su proveli temeljnu analizu iz različitih perspektiva, ali Stroop efekt u jeziku nije baš jasno definiran. Stroop efekt jednostavan je fenomen koji otkriva na koji način mozak procesira informacije. Psiholog John Ridley Stroop opisao je Stroop efekt kao sklonost doživljavanja poteškoća pri imenovanju boja kada se ona koristi za ispisivanje imena druge boje [1]. Ovo otkriće ima veliku ulogu u psihološkim istraživanjima i kliničkoj psihologiji. Otkriće Stroop efekta dovelo je do razvoja Stroop testa koji se koristi kako bi se procijenila sposobnost inhibicije kognitivne interferencije koja se pojavljuje kada obrada specifičnog obilježja podražaja ometa istovremenu obradu drugog atributa podražaja [2]. Stroop test predstavlja nekongruentne informacije prema ispitaniku tako da se boja riječi razlikuje od napisane riječi. Koristi se i za mjerenje ispitanikove selektivne pažnje, paralelnost i brzine procesuiranja riječi, kao i za procjenu ukupnih izvršenih vještina i sposobnosti obrade informacija [3].

Razvojem kognitivne psihologije u 21. stoljeću, psihologe je počela zanimati dvojezičnost. Provedena su mnoga istraživanja u kojima se analiziralo rješavanje zadataka i kognitivno funkcioniranje kod dvojezičnih ljudi te razlike dvojezične populacije i populacije koja aktivno govori jednim jezikom. Istraživači su otkrili da postoji mnogo čimbenika koji mogu utjecati na rezultate Stroop testa [2]. Provodeći istraživanje s kineskim i američkim sudionicima, Biederman i Tsao [4] otkrili su da različiti jezici dovode do različitih rezultata na Stroop testu. U istraživanju su zatražili sudionike da učine Stroop test na svojem materinjem jeziku. Rezultati su pokazali da kineski sudionici pokazuju veći Stroop efekt na kineskom jeziku, nego američki sudionici na engleskom jeziku. Vjeruju da je razlog postojanje temeljne razlike u obradi navedenih jezika. S druge strane, istraživači Smith i Kirsner [5] izrazili su sumnju u zaključak prethodnog istraživanja te su proveli vlastito istraživanje među kineskim i engleskim govornicima i nisu zabilježili značajnu razliku između jezika pri rješavanju Stroop testa.

Cilj je ovoga diplomskog rada izraditi aplikaciju za mrežne i mobilne uređaje, temeljenu na Stroop efektu, korištenjem razvojnog okvira Flutter. Koristeći razvojno okruženje Android Studio i platformu Firebase izraditi će se Flutter aplikacija, gdje će korisnicima biti prikazane riječi koje predstavljaju jednu boju, ali su napisane drugom bojom. Riječi će biti zadane i na hrvatskom i na engleskom jeziku te će se mjeriti brzina i točnost korisnikova povezivanja riječi s njenim značenjem. U okviru istraživanja, aplikacija će biti testirana na populaciji studenata

Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek (u daljnjem tekstu FERIT ili Fakultet) te će se analizirati brzina i točnost odgovora na materinjem i stranom jeziku.

Rad će započeti poviješću i teorijom Stroop efekta, konceptima vizualnog prepoznavanja riječi i dvojezičnosti kao i pojmovima dvojezične interaktivne aktivacije, dvojezičnoga procesuiranja jezika te prebacivanja kodova (engl. *code-switching*) koji se vežu uz njega. U drugom će se poglavlju dati pregled prethodnih istraživanja o Stroop efektu i postojećih aplikacija slične svrhe. Korištene tehnologije i alati pri izradi aplikacije opisani su u trećem poglavlju. Četvrto poglavlje opisuje proces razvoja i izgled aplikacije, dok peto poglavlje opisuje metodologiju istraživanja s postavljenim ciljevima, hipotezama te objašnjenim postupkom provođenja eksperimenta. Diplomski rad završava s tumačenjem rezultata provedenoga istraživanja u kojem se uspoređuju rezultati studenata postignuti na Stroop testu korištenjem aplikacije na hrvatskom i engleskom jeziku nakon čega se donosi zaključak.

## 2. TEORIJSKA PODLOGA I POSTOJEĆA RJEŠENJA

Starenjem ljudski mozak skuplja znanja i iskustva na temelju kojih se razvijaju obrasci i strategije ljudskog poimanja okoline, reakcija na podražaje i životne situacije. Tijekom života potrebno je „vježbati mozak“ (engl. *brain training*) kako bismo poboljšali kognitivne vještine ili opće sposobnosti ponavljajući određene kognitivne zadatke tijekom nekog vremenskog razdoblja [6]. Jedna je od tih vježbi raspoznavanje boja, koja se temelji na Stroop efektu. Istaknuta vježba, naziva se još i Stroop test, a pomaže u razvijanju svjesnosti o tome kako naš mozak obrađuje informacije o boji i riječima te kako ta obrada može biti podložna kognitivnoj interferenciji. Stroop test je dobar alat za mjerenje kognitivnih procesa, kao što su selektivna pažnja i fleksibilnost [7]. Sudionici vježbe moraju brzo prepoznati boju teksta, zanemarujući riječ koja opisuje boju, što potiče njihovu sposobnost za fleksibilno razmišljanje i rješavanje problema. Postoji mnogo verzija Stroop testa ovisno o svrsi njihove primjene, varirajući u brojnim aspektima. Jensen i Rohwer [8] koristili su Stroopov test za mjerenje drugih kognitivnih funkcija kao što su brzina obrade pažnje, dok su Kane i Engle [9] mjerili njegovu povezanost s radnom memorijom. Istraživanja Dulaneya i Rogersa [10] dokazala su da te vještine opadaju starenjem te da Stroop test postaje popularniji za procjenu različitih kliničkih stanja.

Od otkrića Stroop efekta, istraživači su detaljno istraživali ovaj fenomen iz različitih znanstvenih perspektiva. Kao što je već navedeno, jedna je od znanstvenih perspektiva procjena različitih kliničkih stanja, poput depresije, koju su istraživali Markela-Lerenc i suradnici [11]. Njihov je zaključak da depresivni pacijenti, analizirani kao grupa, pokazuju trend prema većoj interferenciji Stroop efekta na početku testa. Kada je analiza napravljena podjelom na melankolične i nemelankolične pacijente, samo je grupa nemelankoličnih pacijenata imala lošije rezultate na Stroop testu. Također, jedna je od znanstvenih perspektiva u kojima se koristi Stroop test procjena deficita pažnje kod neuroloških i psihijatrijskih pacijenata. Buchanan i suradnici [12] istraživali su neuropsihološke poremećaje u deficitnim i nedeficitnim oblicima šizofrenije. Pacijenti s deficitom postigli su lošije rezultate na Stroop testu u usporedbi s pacijentima bez deficita na dvama različitim mjerenjima funkcije frontalnog režnja.

## 2.1. Povijest i teorija Stroop efekta

Korijeni istraživanja Stroop efekta sežu 50 godina prije nego što je J. R. Stroop službeno objavio svoje istraživanje, a započeli su s radom Jamesa McKeena Cattella 1886. godine, koji je u svom doktorskom radu dokazao da je imenovanje objekata i boja trajalo duže, nego čitanje odgovarajuće riječi. Izgovor riječi „crvena“ za obojenu mrlju crvene boje bilo je sporije, nego izgovor riječi „crvena“ za napisanu riječ, a Cattell objašnjava da je u slučaju riječi i slova asocijacija između ideje i imena česta te se odvija automatski, dok u slučaju boja i slika ljudi moraju dobrovoljnim naporom odabrati odgovarajuće ime [13].

Brown [14] je u svom eksperimentu ispisao kongruentne riječi na pozadinama u boji, što, suprotno njegovim očekivanjima, nije bilo dobro za imenovanje boja. Na temelju toga, tvrdio je da se procesi imenovanja boja i čitanja riječi ne preklapaju. Bio je to prvi objavljeni slučaj gdje su se boja i riječ pojavile zajedno i gdje je riječ interferirala s imenovanjem boje. Brown je previdio da će s dugotrajnim vježbanjem, imenovanje boja imati bolje rezultate, nego čitanje riječi boje jer je imenovanje boje inicijalno manje uvježbana vještina. Otkrio je da omjer između dvaju vremena ostaje prilično konstantan s vježbanjem i zaključio da diferencijalno vježbanje ne može objasniti Cattellova proučavanja.

Istraživanje koncepta diferencijalnog vježbanja proveo je Ligon [15] 1935. godine. Utvrdio je da se imenovanje boja i čitanje riječi boje unaprijedilo od 1. do 9. razreda, ali da je razlika između tih vještina ostala nepromijenjena. Tvrdio je da se vrijeme potrebno za izgovaranje odgovora poboljšalo. Iste godine Stroop [16] je demonstrirao da Ligonovi podaci pokazuju diferencijalno poboljšanje s godinama, savršeno odgovarajući ideji diferencijalnog vježbanja.

Želeći što bolje objasniti interferenciju, Stroop [16] je bio uključen u studije imenovanja boja i čitanja riječi te došao na ideju o složenom stimulusu u kojem je riječ bila nekongruentna s bojom riječi. Njegova dva glavna pitanja bila su kakav će učinak imati svaka dimenzija složenog stimulusa na pokušaj imenovanja riječi i kakav će učinak imati vježbanje na uočenu interferenciju. U prvome eksperimentu ispitivao se učinak nekongruentnih boja tinte na čitanje riječi naglas. Stroop je koristio pet riječi i njihove odgovarajuće boje tinti: crvena, plava, zelena, smeđa i ljubičasta. Eksperimentalna grupa dobila je 100 riječi s nekongruentnom bojom tinte, dok je kontrolna grupa dobila 100 riječi u crnoj boji. Subjektima eksperimentalne grupe je trebalo 2,3 sekunde duže za čitanje riječi, no povećanje od 5,6 % za razliku od kontrolne grupe nije značajno, čime se može zaključiti da ne postoji efekt interferencije. U drugome

eksperimentu zadatak je promijenjen na imenovanje boja naglas u kojima je eksperimentalna grupa imala tintom obojene kvadrate, a kontrolna je grupa imala riječi s nekongruentnom bojom tinte istim slijedom. Rezultati su pokazali da je subjektima kontrolne grupe trebalo 47 sekundi duže za imenovanje boje nekongruentne riječi, nego tintom obojanih kvadrata, a Stroop objašnjava ovaj rast od 74 % kao značajan učinak interferencije. U eksperimentu tri istražio je utjecaj vježbanja imenovanja boja na razvoj interferencije u čitanju riječi, gdje su subjekti imenovali boju nekongruentne riječi osam dana. Tijekom dana, vrijeme imenovanja boja smanjilo se za 16,8 sekundi (od 49,6 do 32,8 sekundi), a interferencija s nekongruentnim riječima smanjila se s vježbanjem. Stroop je zaključio da riječi izazivaju jednu reakciju čitanja, dok boje izazivaju više reakcija, čime imenovanje boja postaje sporije od čitanja riječi.

### **2.1.1. Utjecaj jezika u Stroop efektu**

Studija Stroop efekta na jezik počela je s Prestonom i Lambertom [17] 1969. godine kada su otkrili značajnu interferenciju bez obzira je trebalo imenovati boju na istom jeziku kao i ometajuće riječi ili na drugom jeziku. Dvojezični govornici engleskog i mađarskog pokazali su otprilike 68 % interferencije na različitim jezicima u odnosu na onu unutar jednog jezika, dok su dvojezični govornici engleskog i francuskog jezika imali preklapanje od 95 %. Zaključili su da interferencija između jezika može biti jednako velika kao i unutar jezika, ali da to ovisi o relativnoj bliskosti dvaju jezika u pitanju. Dyer [18] je u eksperimentu s dvojezičnim govornicima španjolskog i engleskog otkrio najvišu interferenciju prilikom poklapanja jezika imenovanja i interferencije, no bilo je značajne interferencije i prilikom nepoklapanja jezika. Približno 63 % interferencije viđeno je u uvjetima s različitim jezicima, nego u uvjetima s istim jezikom.

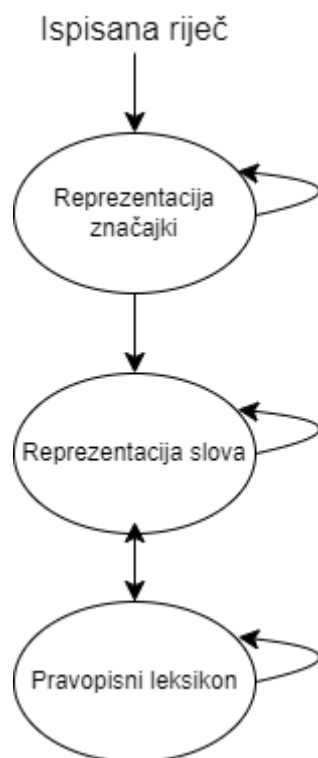
Težina interferencija unutar i između više jezika također ovisi o relativnoj razini vještine u tim jezicima. Mägiste [19] je promatrao promjenjiv obrazac s razvojem drugog jezika kod pojedinaca. Subjektima je materinji jezik bio njemački i pokazivali su više interferencije pri odgovaranju na njemačkom jeziku bez obzira jesu li riječi bile na švedskom ili njemačkom jeziku. Tijekom vremena, kako se njihovo znanje švedskog jezika poboljšavalo, došli su do točke ravnoteže, a kada je njihovo iskustvo švedskog jezika postalo dominantno, pokazali su najveću interferenciju pri imenovanju na švedskom jeziku. Slično prethodnom istraživanju, Chen i Ho [20] s dvojezičnim subjektima kineskog i engleskog jezika, potvrdili su da s inicijalno većom međujezičnom interferencijom, njihovi subjekti pokazuju veću interferenciju

u samom jeziku. Može se zaključiti da razlika u interferenciji ovisi o dominaciji jezika, odnosno ako jezik nije dominantan, interferencija između i unutar samog jezika ima tendenciju biti identična. Dominantan jezik ima više potencijala za interferenciju, nego nedominantan jezik.

### **2.1.2. Vizualno prepoznavanje riječi**

Učinci promatrani u Stroop testu pružaju jasnu informaciju o ljudskom kapacitetu za selektivnu pažnju i procesuiranje informacija. Proces se mogu podijeliti na kontrolirane i automatske procese [21]. Kontrolirani su procesi relativno spori, zahtijevaju pažnju i događaju se dobrovoljno. Suprotno tome, automatski su procesi brzi, ne zahtijevaju pažnju za njihovo izvođenje i mogu se dogoditi nevoljno. Istraživači Posner i Snyder [22] odredili su razliku kontroliranih i automatskih procesa u Stroop testu tako što su napravili tri pretpostavke: čitanje riječi automatski je proces, čitanje je boja kontrolirani te ako se rezultati od bilo kojih dvaju procesa ometaju, jedan od tih dvaju procesa bit će sporiji. Otkriveno je da je čitanje riječi brže, nego imenovanje boja, što proizlazi iz činjenice da je relativno veća brzina automatskih procesa. Navedeno se može objasniti pojmom vizualnog prepoznavanja riječi, za koje je Stroop efekt često naveden kao dokaz [23].

U vizualnom prepoznavanju riječi, cijela riječ može biti pogledana odjednom i prepoznavanje je postignuto kada karakteristike podražaja odgovaraju pravopisu unosa u mentalnom leksikonu. Riječi se mogu prepoznati hijerarhijski na temelju njihovih dijelova kao na modelu McClellanda i Rumelharta [24] prikazanog slikom 2.1.



Slika 2.1. Interaktivni-aktivacijski model vizualnog prepoznavanja riječi

Informacije s ispisanog stimulusa mapiraju se na pohranjene reprezentacije vizualnih značajki koje čine slova, a informacije s ove razine reprezentacije mapiraju se na pohranjene reprezentacije slova. Reprezentacije u pravopisnom leksikonu tada mogu aktivirati informacije o njihovim odgovarajućim značenjem. Glavna teorija vizualnog prepoznavanja riječi pretpostavlja da se prepoznavanje riječi postiže kada jedinstvena reprezentacija u pravopisnom leksikonu dostigne kritičnu razinu aktivacije [25].

## 2.2. Dvojezičnost

U Hrvatskoj se engleski jezik tradicionalno uči već od ranih godina djetetova obrazovanja. Cebollero [26] tvrdi da u situacijama gdje postoji želja ili pritisak djecu naučiti strani jezik, dob prvog izlaganja treba biti niža, što reflektira pogled optimalnih godina za početak učenja stranog jezika. U ranom djetinjstvu mozak je podložniji promjeni, stoga je lakše naučiti nove jezike [27]. Prvi naučeni jezik, koji se naziva i materinji jezik, generalno se smatra dominantnijim jezikom s najvećom razinom stručnosti, za razliku od stranog jezika. Pojam

dvojezičnosti Weinreich [28] objašnjava kao mogućnost uporabe dvaju jezika za proces razmjene informacije, odnosno komunikaciju.

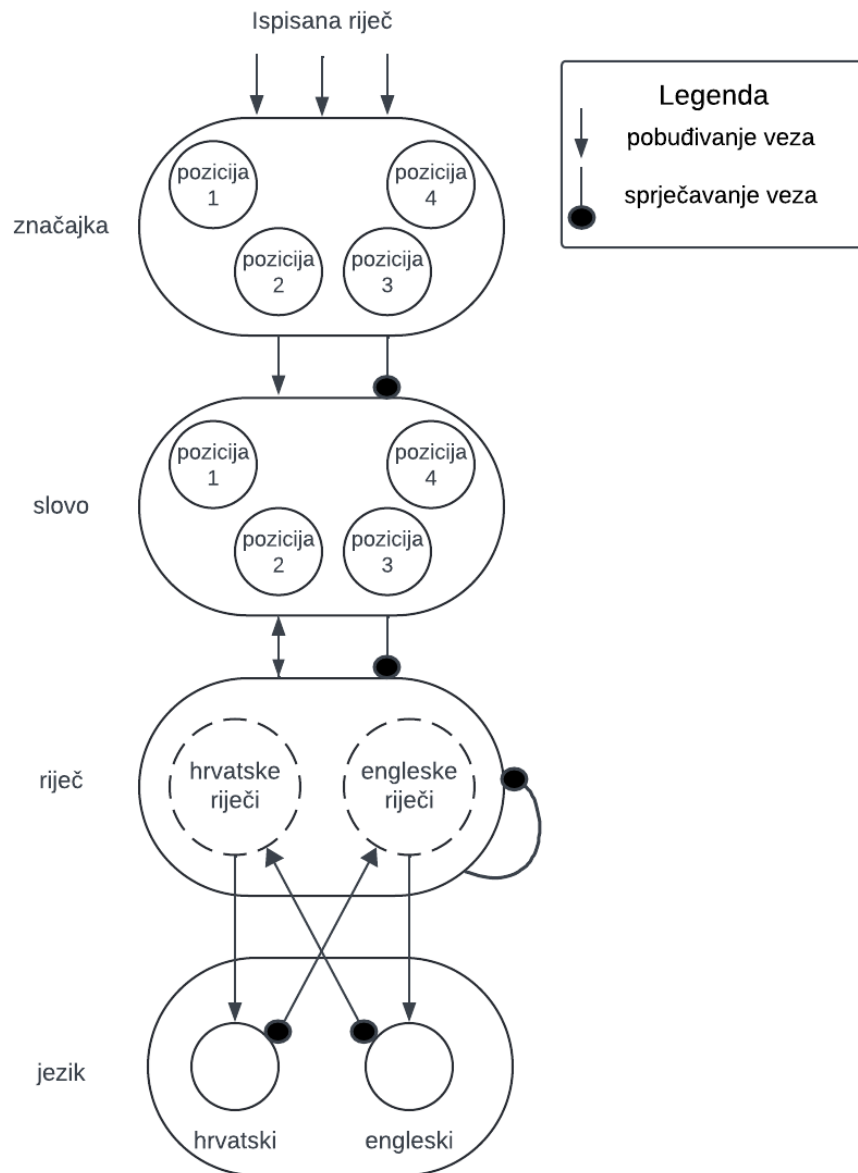
Brojna istraživanja [29] o učenju stranog jezika pokazuju da dolazi do transfera s materinjeg jezika na strani jezik. Tijekom učenja stranog jezika znanje materinjeg jezika trebalo bi ostati nepromijenjeno, odnosno ne štetiti znanju materinjeg jezika. Kroll i suradnici [30] navode kako dvojezične osobe ne mogu isključiti jedan od dvaju jezika po volji. Kada pišu, slušaju govor ili se pripremaju govoriti na samo jednom od dvaju jezika, informacija o jeziku kojeg trenutno ne koriste je također aktivna i utječe na izvedbu. Dvojezične se govornici razlikuju od jednojezičnih govornika u kognitivnom funkcioniranju, pokazujući bolje verbalno izražavanje, veću selektivnu pažnju, mogućnost paralelne aktivacije obaju jezika koji dovode do stvaranja međujezičnih interakcija te bolju inhibiciju automatskih procesa [27].

### **2.2.1. Model dvojezične interaktivne aktivacije**

Vizualno prepoznavanje riječi u jednojezičnoj domeni definirano je kao dohvaćanje pravopisne reprezentacije iz mentalnog leksikona koji odgovara unesenom nizu slova. U dvojezičnoj domeni može se objasniti na isti način, uz pitanje je li leksička reprezentacija obaju jezika pohranjena zajedno kao integrirani leksikon (neovisno o jeziku kojem pripadaju) ili su pohranjeni u različite leksikone, posebne za svaki jezik [31]. U integriranom leksičkom sustavu može doći do učinka natjecanja ili odabira između leksičkih kandidata obaju jezika, dok u dva odvojena leksička sustava takvi učinci natjecanja ograničeni su samo na kandidate unutar jednog jezika, odnosno riječi iz jednog jezika ne natječu se direktno s riječima iz drugog jezika.

Postoje dva teoretska pogleda: neodabrani jezični ulaz u integrirani leksikon i jezično odabrani ulaz u neovisni leksikon. Model dvojezične interaktivne aktivacije (engl. *Bilingual Interactive Activation – BIA*) zalaže se za prvi pogled pretpostavljajući da leksički pristup nije selektivan i da je dvojezični mentalni leksikon integriran preko jezika [32]. BIA model prikazan na slici 2.2. prikazuje osnovnu arhitekturu u kojem je integriran hrvatsko-engleski leksikon. Dodan je reprezentacijski sloj sadržavajući dva jezična čvora koji su povezani svim riječnim čvorovima u oba leksikona.





Slika 2.2. Dvojezični interaktivni aktivacijski model

Model implementira inhibiciju jezika do riječi koja dolazi odozgo prema dolje. Kada je lista slova prezentirana BIA modelu, ispisana riječ utječe na određene značajke na poziciji svakog slova, što posljedično pobuđuje slova koja sadrže te značajke i u isto vrijeme inhibiciju slova koja nemaju te karakteristike. Aktivirana slova zatim pobuđuju riječi u obama jezicima u kojima se aktivirana slova pojavljuju na poziciji, dok su sve ostale riječi inhibirane. Na razini riječi, sve se riječi međusobno sprječavaju, neovisno o jeziku kojem pripadaju. Aktivirani čvorovi riječi s istog jezika šalju aktivaciju odgovarajućem jezičnom čvoru, dok aktivirani čvorovi riječi šalju povratnu informaciju o inhibiciji svim riječnim čvorovima drugog jezika.

Jezični čvorovi skupljaju aktivaciju riječi u jeziku kojeg predstavljaju i sprječavaju aktivne riječi drugog jezika. Aktivacija čvorova riječi reflektira količinu aktivacije svakog jezika [32].

### 2.2.2. Dvojezično procesiranje jezika

Korištenje dvojezičnog jezika drugačije je od korištenja jednojezičnog jezika zbog neosporivih dokaza da su oba jezika u dvojezičnom repertoaru uvijek aktivna do neke mjere iako jedan od njih nije aktivan za trenutni kontekst [33]. Kroll i suradnici [34] pružili su detaljan pogled na međujezično olakšavanje i interferenciju u jednostavnim leksičkim zadacima i našli su dokaz zajedničke aktivacije za kojeg smatraju da je veliko otkriće u nastojanju razumijevanja dvojezičnosti. Zajednička aktivacija znači da postoji konstantno natjecanje za selekciju jezika te da dvojezične osobe moraju kontrolirati usmjeravanje pažnje na jezične reprezentacije i jezičnu obradu na način koji jednojezičnim osobama nije potreban. Bez takve kontrole, postojao bi konstantan rizik upadanja neciljanog jezika, što se povremeno i događa. Kako bi postigli tečnu lingvističku izvedbu, dvojezični govornici imaju veće zahtjeve na sustav kontrole za razliku od jednojezičnih govornika, čak i kada se čini da jezična produkcija izgleda jednako [35]. Zajednička aktivacija zahtijeva postojanje mehanizma za odabiranje jezika kako bi se osigurala fluentnost ciljanog jezika.

Daljnji dokazi za zajedničku aktivaciju neciljanog jezika u studiji su praćenja pokreta očiju istraživača Mariana i Spiveyja [36], gdje su rusko-engleski dvojezični govornici izvršavali jednostavan zadatak na engleskom jeziku u kojem ruski nije bio potreban. Prikazali su im tri objekta, a subjektima je bio zadatak usmjeriti pogled prema objektu koji odgovara izrečenoj riječi. Svaki stimulus prikazivao je tri tipa objekta: ciljani objekt („*marker*“), objekt koji je fonološki sličan ciljanom na engleskom jeziku („*marble*“) i objekt koji je fonološki sličan ciljanom na ruskom jeziku iako ne postoji zajedničko značenje („*stamp*“, na ruskom „*marka*“). Ova međujezična informacija bila je potpuno nevažna za izvedbu, no rusko-engleski dvojezični govornici su u početku usmjeravali pogled prema međujezičnom ometaču.

Spekulacije o načinu rada selekcijskog sustava bazirane su na teorijskom radu Greena [37] koji je predložio model inhibicijske kontrole za odabir jezika. U svome je modelu sustav nadzorne pažnje bio je vođen visokorazinskim signalima koje dolaze iz viših kognitivnih procesa kao što su pažnja, svijest ili namjera. Ti signali zatim dovode do inhibicije neciljanog jezika kako bi jezična obrada mogla nastaviti s kontekstualno i lingvistički prikladnim reprezentacijama, odnosno da se jezična obrada može fokusirati na one informacije koje su

relevantne i odgovarajuće za trenutni kontekst i jezične norme. Implicira se da su inhibicijski procesi prilagođeni odabiru jezika te da su pod utjecajem inhibicijske kontrole u drugim domenama. Zbog ograničenja inhibicije, Green i Abutalebi [38] proširili su model inhibicijske kontrole kako bi pružio detaljniji opis procesa odgovornih za odabir dvojezičnog jezika i posljedice za kogniciju. Oni su identificirali osam kontrolnih procesa: održavanje ciljeva, praćenje sukoba, potiskivanje interferencije, otkrivanje značajnih signala, inhibicija selektivnog odgovora, napuštanje zadatka, angažiranje zadataka i oportunističko planiranje. Navedeni su procesi različito korišteni ovisno o vrstama interakcijskog konteksta za uporabu jezika. Model pruža odličan okvir za detaljna predviđanja kognitivnih i moždanih promjena koje bi trebale slijediti iz svakog od konteksta, a konteksti su jedan jezik, dva jezika i prebacivanje kodova, a svaki od njih postavlja različite naredbe za selekciju.

### **2.2.3. Prebacivanje kodova**

U mnogim dvojezičnim zajednicama govornici se redovito prebacuju s jednog jezika na drugi, često nekoliko puta u jednoj izjavi. Ovaj se fenomen naziva prebacivanje kodova (engl. *code-switching*). U kontekstu prebacivanja kodova, oba su jezika prisutna i govornik ima sklonost miješati jezike tijekom jedne izjave i prilagođavati riječi iz jednog jezika kako bi se uklopile u drugi. Sposobnost tečnog prebacivanja kodova znak je visoke razine vještine u oba jezika budući da uspješno i tečno prebacivanje kodova zahtijeva veliki stupanj znanja i osjetljivosti na gramatička ograničenja obaju jezika [39]. Kootstra i suradnici [40] istraživali su ulogu zajedničkog redoslijeda riječi i usklađenosti sa sugovornikom u produciranju rečenica s prebacivanjem kodova. U dva eksperimenta dansko-engleski dvojezični govornici pitani su da prebace kod u opisivanju slika usmjerenim redoslijedom riječi koji je zajednički ili nije zajednički u dvama jezicima. U druga dva eksperimenta manipulirano je redoslijedom riječi i pozicijom rečenica pri kodnom prebacivanju. Sudionici su pokazali jasnu preferenciju korištenja zajedničkog redoslijeda riječi prilikom prebacivanja jezika, ali su također uskladili svoje izbore riječi i obrasce kodnog prebacivanja s onim koje je koristio i istraživač. Ovi rezultati dokazuju da je prebacivanje jezika bilo pod utjecajem međujezične sintaktičke interferencije i interaktivne interferencije između sugovornika, odnosno da pri izvršavanju zadatka na jednom jeziku, automatski se aktivira znanje drugog jezika.

Postoje dva tipa prebacivanja kodova: prebacivanje između rečenica i prebacivanje unutar rečenice. Prebacivanje između rečenica pojavljuje se u dvjema različitim rečenicama od kojih

je prva rečenica na materinjem jeziku, a druga je u potpunosti napisana stranim jezikom (primjer: „Trebala bih ići u trgovinu. *I need to buy some groceries.*“). Istraživanje Marzeih i ostalih [41] pokazuju da se ovaj tip prebacivanja događa zbog različitih razloga koji uključuju obraćanje različitoj publici, nedostatak sposobnosti korištenja odgovarajućeg registra, pragmatički razlozi, naglašavanje određene točke i raspoloženje govornika. Mabule [42] je indicirao da se događa svakodnevno, svjesno ili nesvjesno, u razgovorima zbog nedostatka prikladne ili ekvivalentne terminologije, radi stjecanja društvene prihvaćenosti, traženja potvrde, boljeg razumijevanja te pokazivanja vještine govorenja više od jednog jezika. Prebacivanje kodova unutar rečenice definira se pojavljivanjem u rečenici gdje je riječ promijenjena s jednog jezika na drugi jezik govornika (primjer: „Trebala bih ići *in store* i kupiti *some groceries.*“). Istraživanje Rasdija [43] dokazalo je da su najčešće riječi koje se mijenjaju na drugi jezik imenice (49,4 %), zbog specifičnih imena hrane, ljudi, mjesta ili ostalih stvari koje se ne mogu prevesti na drugi jezik, te glagoli (27 %) za koje nema određeno objašnjenje.

### **2.3. Pregled postojećih rješenja na webu i Google Playu**

Interactive Stroop Effect Experiment je mrežna stranica koja je postavljena na mrežnom serveru Sveučilišta u Washingtonu, a njeno je korištenje besplatno. Početna stranica sadrži upute za rješavanje eksperimenta koji se sastoji od dvaju dijelova. Prvi je dio set riječi koje su napisane kongruentnom bojom. Potrebno je pročitati sve riječi naglas i pri završetku pritisnuti gumb finish, koji prikazuje vremensko trajanje eksperimenta i potiče korisnika da zapiše navedeno vrijeme. Drugi je dio eksperimenta set riječi koje su napisane nekongruentnom bojom te ih je također potrebno čitati na glas i pritisnuti gumb finish. Pritiskom na gumb prikazuje se vremensko trajanje drugog dijela eksperimenta te potiče korisnika da usporedi vremensko trajanje s prvim dijelom i postavlja pitanje korisniku postoji li razlika među navedenim trajanjima. Izgled je mrežne stranice osnovan i nije vizualno privlačan, a korisničko sučelje nije responsivno. Korisnik mora zapisati vremena trajanja te ih sam mora usporediti. Slika sa setom riječi je mala, što korisniku može otežati rješavanje eksperimenta. Mrežna stranica nema ljestvicu najboljih korisnika, a ni objašnjenje rezultata.

Memorize je mrežna stranica koja na početnoj stranici sadrži mogućnost vježbanja baziranog na Stroop efektu i testu. Za vježbu je potrebno prvo odrediti trajanje u razdoblju od 10 do 120 sekundi te je potrebno kliknuti na gumb boje koja opisuje tu riječ. S gornje lijeve strane prikazuju se brojevi točnih i netočnih odgovara kao i redni broj pitanja, a na kraju same

vježbe pokazuju se razni grafovi o performansama korisnika i usporedbe njega s prethodnim korisnicima. Rješavanje testa odvija se u tri dijela: u prvom dijelu, riječ je napisana crnom bojom te je potrebno kliknuti na gumb boje koju prikazana riječ opisuje; u drugome dijelu, prikazan je obojeni kvadrat i potrebno je kliknuti na gumb iste boje. Treći dio testa prikazuje riječ s nekongruentnom bojom i potrebno je kliknuti na gumb boje koju ta riječ opisuje. Svaki dio testa traje 30 sekundi, a na kraju testa prikazan je dobiveni koeficijent za trenutni test i usporedni pokazatelj ostalih ispitanika koji su rješavali taj test. Stranica sadrži intuitivan izgled, jednostavna je za korištenje, a prikaz grafova na kraju kviza je zanimljiv i koristan.

EncephalApp – Stroop Test je besplatna mobilna aplikacija predviđena za Android 6.0 i više verzije. Objavljena je 2015. godine, a zadnji je put ažurirana u ožujku 2023. godine i broji više od 10 000 preuzimanja. Na početnoj stranici postoje gumbi za Novi test i Brzi test te postavke i povijest rezultata. U postavkama se može namjestiti obavezna polja prilikom novog testa, a neka od polja su naziv škole, ime, prezime, datum rođenja, spol i godina školovanja, pri čemu se može zaključiti da je aplikacija napravljena za školski eksperiment. Klikom na novi test, pojavljuju se pravila te počinje odbrojavanje do početka testa u kojem je potrebno odabrati boju prikazivanja obojenog kvadrata. Mjeri se vrijeme od početka testa sve dok korisnik ne pogriješi. Klikom na gumb brzog testa, pojavljuju se riječi koje su napisane nekongruentnom bojom, a mjeri se vrijeme od početka testa do pogreške korisnika. Aplikacija se čini zanimljivom i korisnom za istraživanje te analiziranje utjecaja raznih parametara kao što su spol i godina školovanja. Izgled je intuitivan, a jedini je nedostatak aplikacije u tome što se riječi/obojeni kvadrati pojavljuju na nasumičnim mjestima u predviđenom kvadratu, što može dekoncentrirati korisnika.

Besplatna mobilna aplikacija Stroop Effect Test objavljena je 2015. godine i ažurirana zadnji put u srpnju 2024. godine zbog čega se može reći da je održavana. Obavezni operacijski sustav za aplikaciju je Android 6.0 i novije verzije, a preuzeta je više od 5 000 puta. Pokretanjem aplikacije odmah se otvara test u kojem je prikazana riječ nekongruentne boje te se ispod riječi nalaze četiri boje, no pravila nisu prikazana. Na gornjem dijelu ekrana nalaze se rezultati točnih i netočnih odgovora, prikaz trenutne riječi od mogućih 50 te gumbi za novu igru i prikaz postavki. U postavkama se mogu mijenjati vrste Stroop testa, postaviti glazba, mijenjati boja pozadine te prikazati rezultati spremljeni na tom uređaju. Aplikacija nema intuitivni izgled te nisu objašnjena pravila, što može korisnika zbuniti. Prikaz rezultata nepotrebno je kompleksan i nerazumljiv.

U ovome diplomskom radu planira se izraditi Flutter aplikacija nazvana Stroop effect. Na početnoj stranici pisat će cilj aplikacije - proučavanje korisnikovih interakcija, dobivanje uvida u kognitivne procese i bolje razumijevanje dvojezičnog utjecaja na Stroop efekt. Ispod cilja nalazit će se gumb Start, a klikom na gumb prikazat će se pravila za rješavanje testa uz primjer točnog odgovora. Ispod uputa nalazit će se gumb Preview za vizualni prikaz, gdje će korisnik moći vidjeti izgled aplikacije, prikazanu riječ te ponuđene odgovore i točan odgovor. Pored Preview gumba nalazit će se gumb Start koji će pokretati test. Test će se sastojati od 20 prikazanih riječi: deset na hrvatskom i deset na engleskom jeziku. Na kraju testa, sudionik će istraživanja trebati upisati svoje ime i prezime kako bi mogao vidjeti rang ljestvicu najboljih deset igrača.

Dizajn će aplikacije biti jednostavan, moderan i intuitivan za korisnika, a korisničko sučelje bit će responzivno, odnosno prilagođeno različitim veličinama ekrana. Aplikacija će biti slična opisanim aplikacijama jer imaju isti cilj - implementirati Stroop test. Ponuđeni će odgovori sadržavati četiri boje, slično kao i mobilna aplikacija Stroop Effect Test. S druge strane, aplikacija EncephalApp – Stroop Test u ponuđenim odgovorima sadrži tri boje, a mrežna stranica Memorize sadrži pet, što se čini kompleksnim. Aplikacija će se razlikovati od drugih jer će biti napravljena kao web stranica i mobilna aplikacija, što će sudionicima omogućiti fleksibilnost sudjelovanja u ovome istraživanju. U ovome će se radu sudionici testirati i na hrvatskome i na engleskome jeziku, dok se u opisanim aplikacijama testira isključivo na engleskome jeziku. Upisivanje sudionika i prikazivanje rang ljestvice deset najboljih činit će ovu aplikaciju istaknutijom od drugih.

### 3. KORIŠTENE TEHNOLOGIJE I ALATI

U trećem poglavlju opisivat će se tehnologije i alati koji su korišteni za implementaciju Flutter aplikacije. Na početku pružit će se pregled razvojnog okruženja Android Studio, nakon toga će se detaljno opisati razvojni okvir Flutter s naglaskom na njegove glavne značajke i funkcionalnosti. U zadnjem potpoglavlju opisać će se platforma Firebase i njezine usluge koje su korištene u razvoju aplikacije.

#### 3.1. Android Studio razvojno okruženje

Službeno integracijsko razvojno okruženje za razvoj Android aplikacija je Android Studio. Temelji se na moćnom uređivaču koda i alatima s IntelliJ IDEA te sadrži mnogo značajki koje poboljšavaju produktivnost prilikom razvijanja Android aplikacije. Android Studio koristi Gradle, alat za automatizaciju izgradnje aplikacija, kao temelj sustava za izgradnju uz dodatne funkcionalnosti koje pružaju Gradle dodaci specifični za Android [44]. Ovaj sustav za izgradnju radi kao integrirani alat s izbornikom Android Studija i nezavisan je od komandne linije. Android Studio pruža jednostavnu analizu praćenja aplikacijske memorije i korištenja procesora, pronalaženje dealociranih objekata, lociranje curenja memorije te optimiziranje grafičkih performansi.

#### 3.2. Flutter

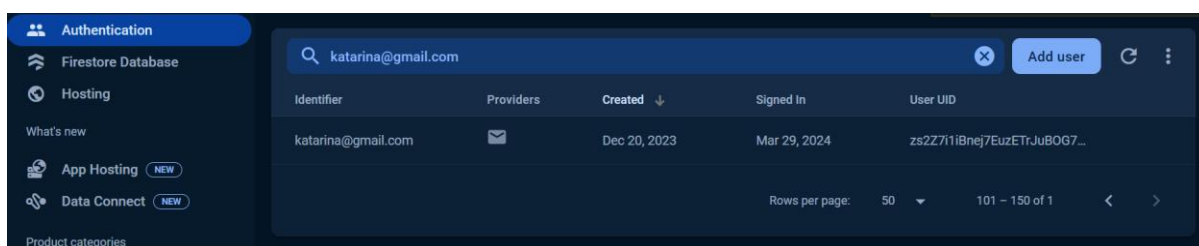
Flutter je višeplatformski okvir otvorenog koda za razvoj aplikacija koji omogućuje kreiranje aplikacija visokih performansi za različite operacijske sustave uključujući iOS, Android, macOS i Windows. Google je napravio Flutter kao prijenosni alat za korisnička sučelja koji omogućavaju izradu nativnih aplikacija za mobilne uređaje, web i desktop iz jedne kodne baze [45]. Flutter sadrži vlastiti set objekata sučelja, prikazivanja i mehanizma koji implementira animacije, grafiku, datoteke i mrežni ulaz/izlaz uz mnoge druge biblioteke. Flutter projekti pisani su u Dart programskom jeziku i izvođeni su *Just-in-time* (JIT) na arhitekturu ciljane platforme, čime se postiže neometana brzina. Za dostavljanje najboljih izlaza u svijetu s visokim performansama, Flutter koristi pomoć Darta kako bi omogućio alate koji doprinose produktivnosti razvojnog inženjera u fazi razvoja koda [46]. Jedna je od značajki *hot reload* koji se oslanja na JIT izvođenje koda kako bi razvojni inženjer vidio promjene koje

je uradio na aplikaciji, tako da možemo vidjeti rezultate u stvarnom vremenu bez ponovnog pokretanja aplikacije.

### 3.3. Firebase

Firebase je platforma za razvojne inženjere koju je napravio Google. Platforma sadrži mnogo različitih vrsta proizvoda kao što su usluge poslužitelja, usluge baze podataka, funkcije u oblaku, oblak za slanje poruka i druge. Google je omogućio jednostavnu integraciju Firebasea s alatima kao što su Google Play, Slack, Jira i Android Studio [47]. Detaljna dokumentacija i paket za razvoj programske podrške (engl. *Software Development Kit – SDK*), koji omogućuje razvoj aplikacija na više platformi, jedne su od najvažnijih značajki Firebasea kojom se omogućuje razvoj aplikacije za iOS, Android, Web, Flutter, Unity i C++. U ovome diplomskom radu korištene su usluge autentifikacije (engl. *Authentication*), Firestore baze podataka (Firestore Database) i Hosting.

Firebase Authentication omogućuje dodavanje kreiranog korisničkog računa i mogućnost prijavljivanja u aplikaciju. Jednom kada je korisnik autentificiran s Firebaseom, dodijeljen mu je jedinstven ID koji može biti korišten u integraciji drugih Firebase usluga kao što je pohrana podataka. Podržani davatelji usluga za Firebase autentifikaciju trenutno su Google, Facebook, Twitter, GitHub, mobilni broj i email/lozinka autentifikacija. U ovome je radu korištena email/lozinka autentifikacija, a primjer registriranog korisnika i dodjele njegovog jedinstvenog ID-a prikazan je na slici 3.1.

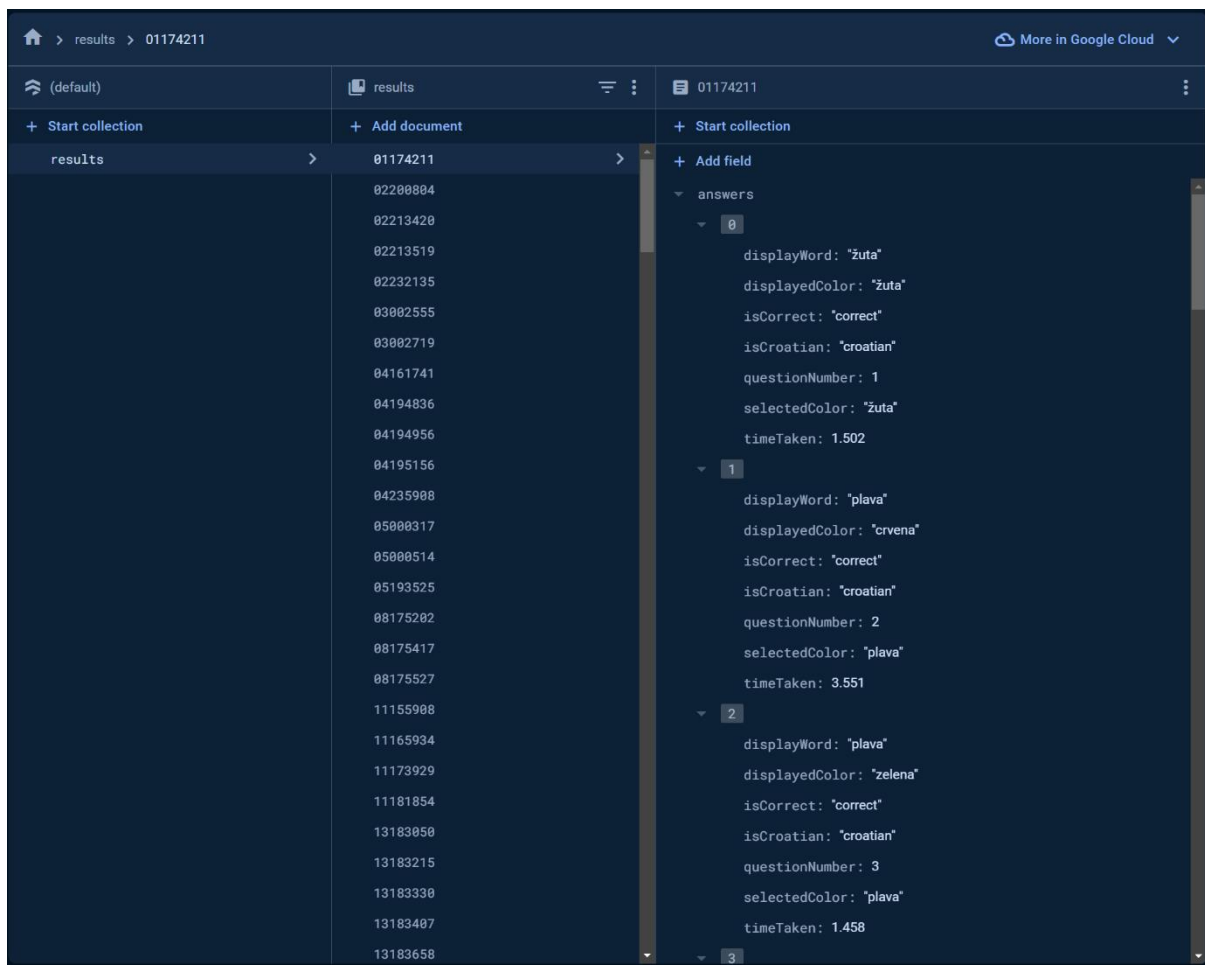


Slika 3.1. Registrirani korisnik

Firestore Database je fleksibilna, skalabilna NoSQL baza podataka u oblaku napravljena na infrastrukturi Google oblaka za pohranu i sinkronizaciju podataka na klijentskoj i poslužiteljskoj strani. Sinkronizira podatke preko klijentske aplikacije u stvarnom vremenu i omogućuje rad izvan mreže na mobilnim uređajima i webu tako što razvija responzivne



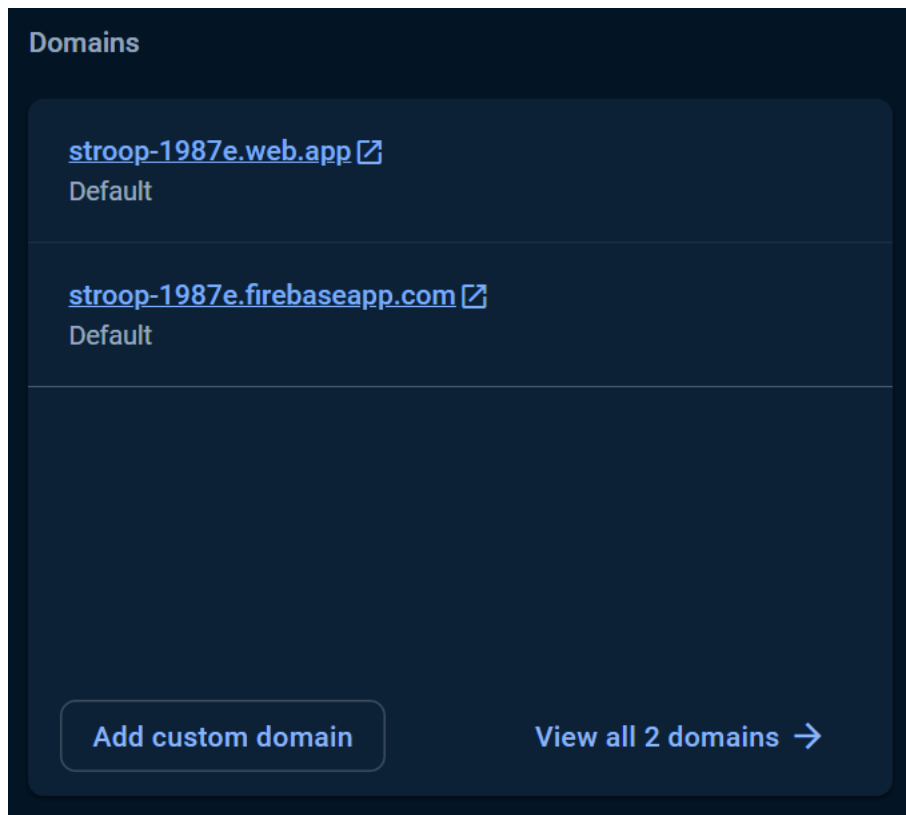
aplikacije koje rade bez obzira na mrežnu latenciju ili povezanost s internetom [48]. Slijedeći Cloud Firestore NoSQL model podataka, podaci se pohranjuju u dokumente koji sadržavaju polja koja se mapiraju vrijednostima. Dokumenti su pohranjeni u kolekcije, kontejnere za dokumente i mogu se koristiti za organizaciju podataka i izradu upita. Na slici 3.2. prikazana je kolekcija „results“, a u njoj se nalaze dokumenti koji predstavljaju sve pokušaje rješavanja Stroop testa.



Slika 3.2. Prikaz rezultata rješavanja Stroop testa u bazi podataka

Firestore Hosting je web usluga poslužitelja koja automatski razvija i pokreće web aplikaciju baziranu na izvornom kodu. Usluga poslužitelja Firebasea daje subdomenu na firebaseapp.com domeni koja je prikazana na slici 3.3. S Firebase sučelja naredbenog retka (engl. *Command Line Interface – CLI*) mogu se objavljevati lokalne datoteke s osobnog računala na Hosting server. Dokumenti se predaju preko zaštitnog sloja *socket*a (engl. *Secure Sockets Layer – SSL*) konekcije s najbližeg rubnog servera na Firebase global mreže za

isporuku podataka (engl. *Content Delivery Network – CDN*) [49]. Kada je aplikacija spremna za produkciju, može se spojiti ime osobne domene na Firebase Hosting. Firebase osigurava SSL certifikat za tu domenu, što štiti objavu.



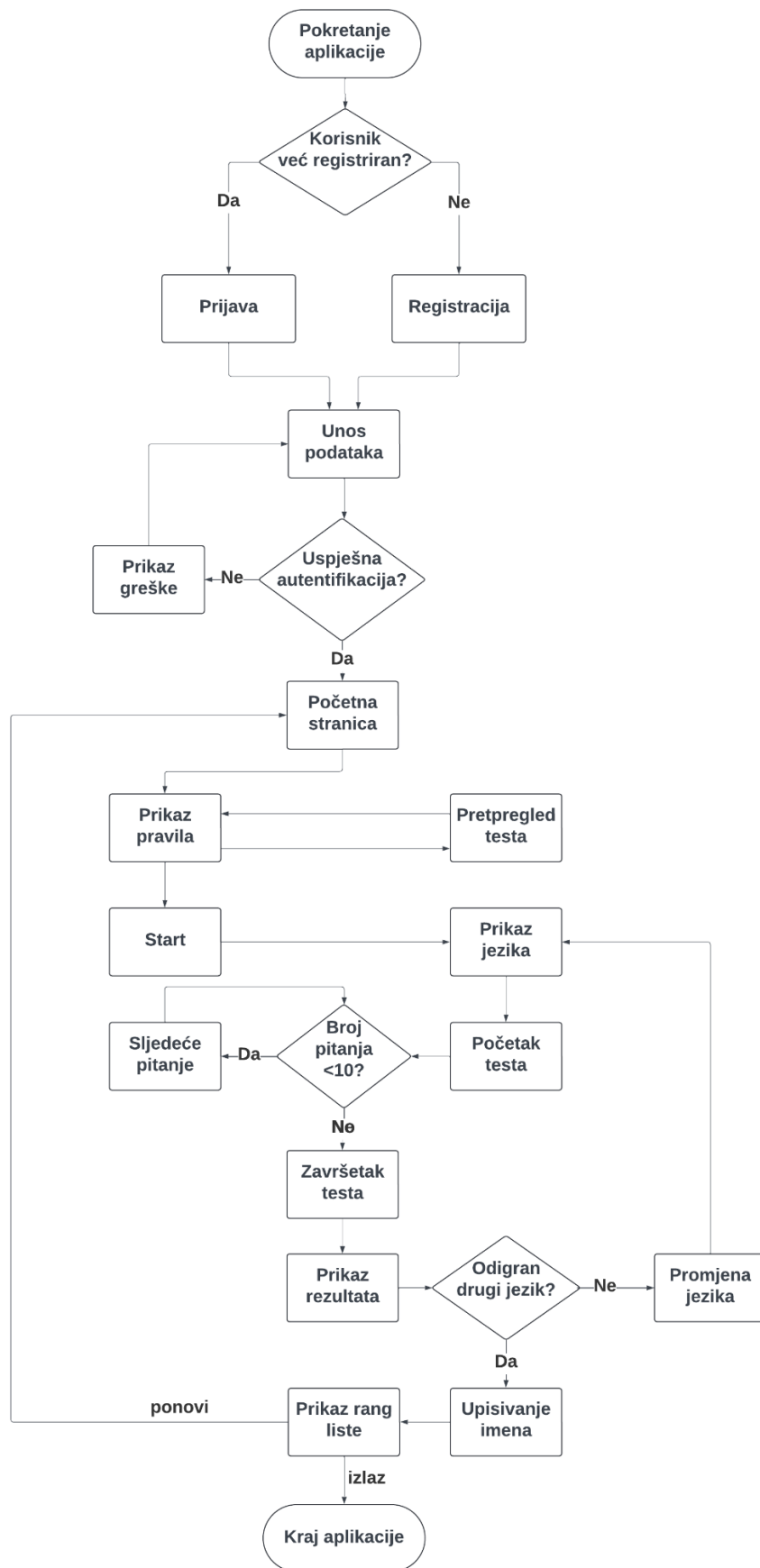
Slika 3.3. Domene za hosting aplikacije

## 4. RAZVOJ APLIKACIJE

U ovome je poglavlju prikazano programsko rješenje za izradu Stroop testa koji će se analizirati u dvojezičnom kontekstu. U prvome potpoglavlju detaljno će se objasniti dijagram toka aplikacije, koji vizualizira slijed koraka unutar aplikacije. U sljedećem potpoglavlju će se opisati MVC arhitektura korištena za izradu ove aplikacije, a nakon čega će uslijediti analiza programskog rješenja. Na kraju prikazat će se izgled aplikacije usklađen sa slijedom koraka prikazanim u dijagramu toka.

### 4.1. Dijagram toka

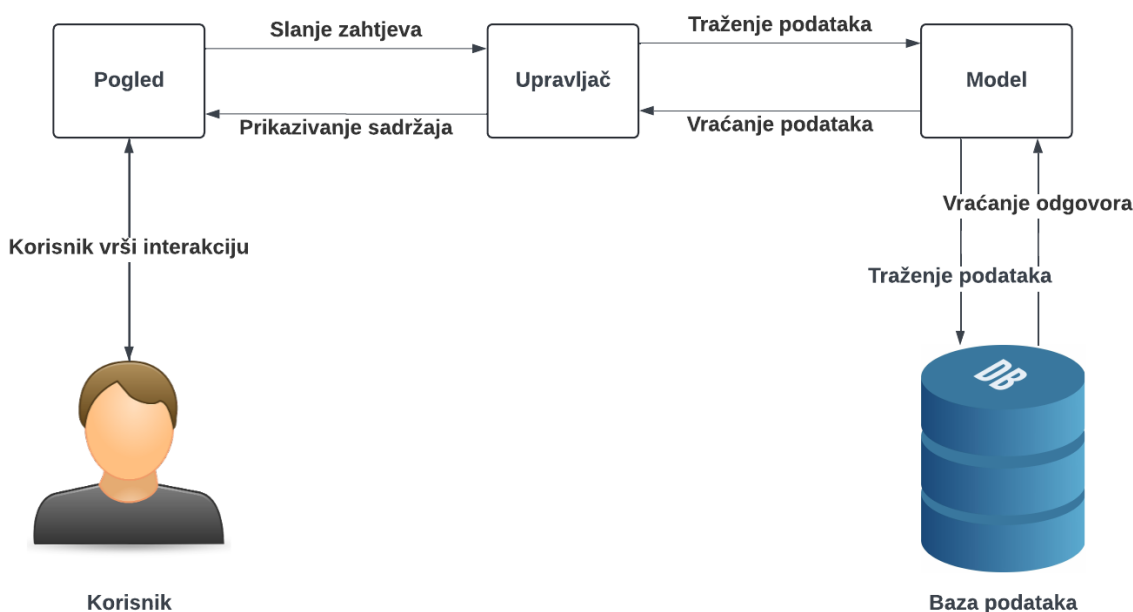
Dijagram toka aplikacije prikazan na slici 4.1. vizualno predstavlja logičan slijed koraka unutar aplikacije, počevši od njenog pokretanja pa sve do prikaza rang ljestvice. Prvi korak uključuje registraciju ili prijavu korisnika, nakon čega slijedi autentifikacija kako bi se osigurao identitet korisnika. Nakon uspješne autentifikacije, korisnik dolazi na početnu stranicu, gdje su prikazana pravila testa, mogućnost pretpregleda i početak testa. Pretpregled je vizualni prikaz testa koji omogućuje korisniku da se upozna s formatom testa, čime se osigurava bolja priprema prije samog početka rješavanja testa. Aplikacija je izrađena na hrvatskom i engleskom jeziku. Pri početku testa, korisniku se prikaže nasumično izabran jedan od navedenih jezika, omogućavajući da se pripremi za test iz tog jezika. Korisniku se prikazuju jedno po jedno od ukupno deset pitanja, nakon čega se završava test i prikazuje rezultat točnosti i vremenskog trajanja rješavanja testa. Nakon prikaza rezultata, korisnik nastavlja rješavati test na drugome jeziku prolazeći kroz isti proces kao i kod prethodnog testa. Po završetku rješavanja testa na drugom jeziku, prikazuje se rezultat nakon čega korisnik upisuje svoje ime te može vidjeti prikaz rang ljestvice deset najtočnijih i najbržih korisnika. Rang ljestvica je automatski postavljena za prikaz rezultata na hrvatskom jeziku. Za pregled rang ljestvice za rezultate na engleskom jeziku, korisnik može jednostavno promijeniti jezik klikom na odgovarajući gumb. Korisnik, također, ima mogućnost odraditi test više puta.



Slika 4.1. Dijagram toka aplikacije

## 4.2. Arhitektura MVC

*Model-View-Controller (MVC)* obrazac pomaže jasno odvojiti aplikaciju u tri glavne skupine komponenata: model (engl. *model*), pogled (engl. *view*) i upravljač (engl. *controller*). Ovaj obrazac ostvaruje princip razdvajanja odgovornosti. Ovaj princip osigurava da je programska podrška razdvojena na temelju vrste poslova koje obavlja [50]. Koristeći taj obrazac, korisnikovi su zahtjevi usmjereni na upravljač koji je odgovoran za rad s modelom kako bi izvršio korisničke akcije i/ili dohvatio rezultate upita. Model predstavlja stanje aplikacije i bilo koje poslovne logike ili operacije koja treba biti obavljena. Pogled je odgovoran za prezentiranje sadržaja kroz korisničko sučelje te treba sadržavati minimalno logike. Upravljač je komponenta koja rukuje s korisnikovom interakcijom, radi s modelom i odabire poglede koji će se prikazati. Na slici 4.2. prikazana je MVC arhitektura koja se koristila u izradi ovoga rada, a opisana je u sljedećem potpoglavlju.

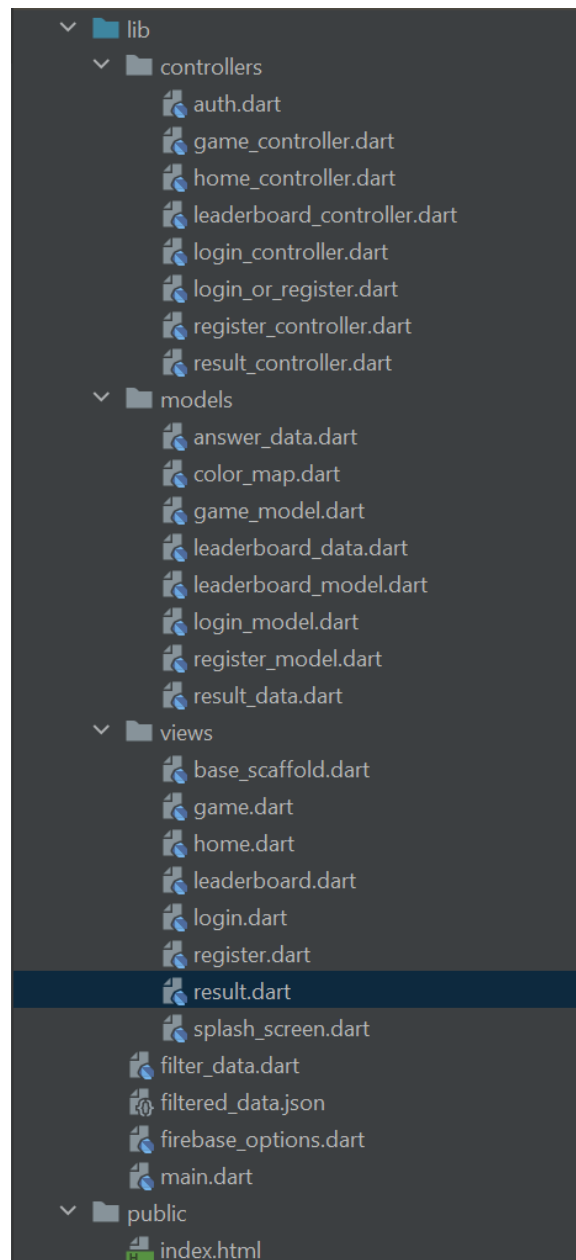


Slika 4.2. Prikaz MVC arhitekture

## 4.3. Programsko rješenje

Po uzoru na MVC arhitekturu, struktura je podijeljena na tri glavne skupine komponenata: modele, poglede i upravljače, kao što je vidljivo na slici 4.3. Ova struktura omogućava lakše održavanje i proširivanje aplikacije. Modeli se koriste za definiranje podataka i poslovne logike, integrirajući se preko Firestoreove baze podataka, dok se pogledi koriste za prikaz

korisničkog sučelja i omogućuju interakciju s korisnicima. Upravljači upravljaju operacijama kao što su autentifikacija, upravljanje igrom i prikazivanje rang ljestvice.



Slika 4.3. Struktura projekta

Pri pokretanju aplikacije, AuthPage je ključan dio aplikacije odgovoran za upravljanje autentifikacijom korisnika i dinamički određuje koji će sadržaj biti prikazan, kako je prikazano na slici 4.4. Ako je korisnik prijavljen, prikazuje se početna stranica; u suprotnom se prikazuje stranica za prijavu ili registraciju.

```

class AuthPage extends StatelessWidget {
  AuthPage({super.key});

  @override
  Widget build(BuildContext context) {
    return Scaffold(
      body: StreamBuilder<User?>(
        stream: FirebaseAuth.instance.authStateChanges(),
        builder: (context, snapshot) {
          if (snapshot.hasData) {
            return const HomePage();
          }
          else {
            return LoginOrRegisterPage();
          }
        },
      ), // StreamBuilder
    ); // Scaffold
  }
}

```

Slika 4.4. Korištenje Firebaseove Auth instance

Na slici 4.5. prikazana je metoda za generiranje sljedeće riječi koja se nalazi u Game upravljaču. Metoda je odgovorna za pokretanje vremena trajanja pitanja, generiranja riječi, generiranja nasumične boje za odabranu riječ i smanjenja broja preostalih riječi za obradu.

```

void nextWord() {
  gameModel.questionStartTime = DateTime.now();
  gameModel.currentWord = gameModel.isCroatian
    ? gameModel.words[Random().nextInt(4)]
    : gameModel.words[Random().nextInt(4) + 4];
  gameModel.wordColor = wordColorMap.values.elementAt(Random().nextInt(4));
  gameModel.wordLeftCounter--;
  updateState();
}

```

Slika 4.5. Generiranje sljedeće riječi

Na slici 4.6. može se vidjeti metoda za evaluaciju korisničkih odgovora. Ako je odabrana boja jednaka očekivanoj boji, onda se korisniku pribrojava točan odgovor; u suprotnom se pribrojava netočnim odgovorima. Mjeri se vrijeme koje je korisniku trebalo za rješavanje pitanja te se dodaju podaci o odgovoru u ukupne rezultate korisnika. Nakon toga se provjerava je li test završen, odnosno ako nema preostalih neriješenih riječi, korisnik se preusmjerava na stranicu s rezultatima tog jezika. U suprotnom se poziva metoda za generiranje sljedeće riječi.

```
void handleAnswer(Color selectedColor, BuildContext context) {
    Color? expectedColor = wordColorMap[gameModel.currentWord];

    if (selectedColor == expectedColor) {
        gameModel.correctAnswers++;
    } else {
        gameModel.incorrectAnswers++;
    }

    double timeTaken = (DateTime.now().difference(gameModel.questionStartTime).inMilliseconds) / 1000.0;
    gameModel.resultData.answers.add(AnswerData(
        questionNumber: gameModel.currentQuestionNumber++,
        displayedWord: gameModel.currentWord,
        displayedColor: gameModel.wordColor,
        selectedColor: selectedColor,
        isCroatian: gameModel.isCroatian,
        isCorrect: selectedColor == expectedColor,
        timeTaken: timeTaken,
    ));

    if (gameModel.wordLeftCounter == 0) {
        navigateToResultPage(context);
    } else {
        nextWord();
    }
}
```

Slika 4.6. Evaluacija odgovora

Upravljač za rezultate, prikazan na slici 4.7., djeluje kao posrednik između logike upravljanja podacima rezultata, sadržanih u modelu ResultData i izvršavanja operacija spremanja tih podataka.

```
class ResultController {
    Future<void> saveResult(ResultData resultData) async {
        await resultData.saveToDatabase();
    }
}
```

Slika 4.7. Spremanje rezultata



Model ResultData, koji predstavlja podatke o rezultatima korisnika, prikazan je na slici 4.8. Osim što sadržava podatke o rezultatima, bavi se poslovnom logikom slanja podataka u bazu podataka. Ovaj model prvo priprema podatke odgovora pretvarajući ih u mapu, koja uključuje podatke o svakom odgovoru. Zatim kreira ukupne podatke rezultata s korisničkim ID-jem, vremenom rješavanja, trajanjem i točnošću rješavanja na svakom jeziku te podatke odgovora. Na kraju se svi podaci pohranjuju u kolekciju results u Firestore.

```
class ResultData {
    final String userId;
    final String timestamp;
    String? name;
    int? correctEnglish;
    double? timeEnglish;
    int? correctCroatian;
    double? timeCroatian;
    final List<AnswerData> answers = [];

    ResultData(this.userId, this.timestamp);

    Future<void> saveToDatabase() async {
        final FirebaseFirestore _firestore = FirebaseFirestore.instance;

        List<Map<String, dynamic>> answersData =
            answers.map((result) {
                return {
                    'questionNumber': result.questionNumber,
                    'displayedWord': result.displayedWord,
                    'displayedColor': colorToString(result.displayedColor),
                    'selectedColor': colorToString(result.selectedColor),
                    'isCroatian': result.isCroatian ? "croatian" : "english",
                    'isCorrect': result.isCorrect ? "correct" : "incorrect",
                    'timeTaken': result.timeTaken,
                };
            }).toList();

        var dbData = <String, dynamic>{
            'userId': userId,
            'timestamp': timestamp,
            'timeCroatian': timeCroatian,
            'timeEnglish': timeEnglish,
            'correctEnglish': correctEnglish,
            'correctCroatian': correctCroatian,
            'name': name,
            'answers': answersData,
        };

        await _firestore.collection("results").doc(timestamp).set(dbData);
    }
}
```

Slika 4.8. Spremanje rezultata u bazu podataka

Na slici 4.9. prikazana je klasa LeaderboardModel koja upravlja dohvaćanjem podataka za prikaz rang ljestvice iz baze podataka. Dohvaća se najboljih deset rezultata, poslaganih prema broju točnih odgovora i trajanju rješavanja po odabranom jeziku. Navedeni se rezultati mapiraju u listu objekata LeaderboardData.

```
class LeaderboardModel {
    final FirebaseFirestore _firestore = FirebaseFirestore.instance;

    Future<List<LeaderboardData>> fetchLeaderboardData(bool isCroatian) async {
        final resultsRef = _firestore.collection("results");

        QuerySnapshot querySnapshot;
        if (isCroatian) {
            querySnapshot = await resultsRef
                .orderBy("correctCroatian", descending: true)
                .orderBy("timeCroatian", descending: false)
                .limit(10)
                .get();
        } else {
            querySnapshot = await resultsRef
                .orderBy("correctEnglish", descending: true)
                .orderBy("timeEnglish", descending: false)
                .limit(10)
                .get();
        }

        return querySnapshot.docs
            .map((doc) => LeaderboardData.fromMap(doc.data() as Map<String, dynamic>))
            .toList();
    }
}
```

Slika 4.9. Dohvaćanje podataka

Tvornica konstruktora, prikazana na slici 4.10., stvara instancu LeaderBoardData koristeći podatke iz zadane mape. Postavlja vrijednosti za ime, broj točnih odgovora i trajanje rješavanja na obama jezicima.

```
factory LeaderboardData.fromMap(Map<String, dynamic> map) {
    return LeaderboardData(
        name: map['name'],
        correctCroatian: map['correctCroatian'] ?? 0,
        correctEnglish: map['correctEnglish'] ?? 0,
        timeCroatian: (map['timeCroatian'] ?? 0).toDouble(),
        timeEnglish: (map['timeEnglish'] ?? 0).toDouble(),
    );
}
```

Slika 4.10. Dohvaćanje podataka najboljih igrača

Nakon provedenog istraživanja, potrebno je filtrirati podatke kako bi se spremili samo prvi rezultati svakog korisnika. Funkcija na slici 4.11. učitava podatke iz JSON datoteke, provodi filtriranje kako bi uklonila duplikate temeljene na korisničkom ID-u te sprema filtrirane podatke u novu JSON datoteku.

```
void filterDataAndSave() {
    String jsonData = File('../backup.json').readAsStringSync();
    Map<String, dynamic> json = jsonDecode(jsonData);
    Map<String, dynamic> filteredData = {};
    Set<String> processedUserIds = {};

    json['__collections__']['results'].forEach((key, value) {
        String userId = value['userId'];

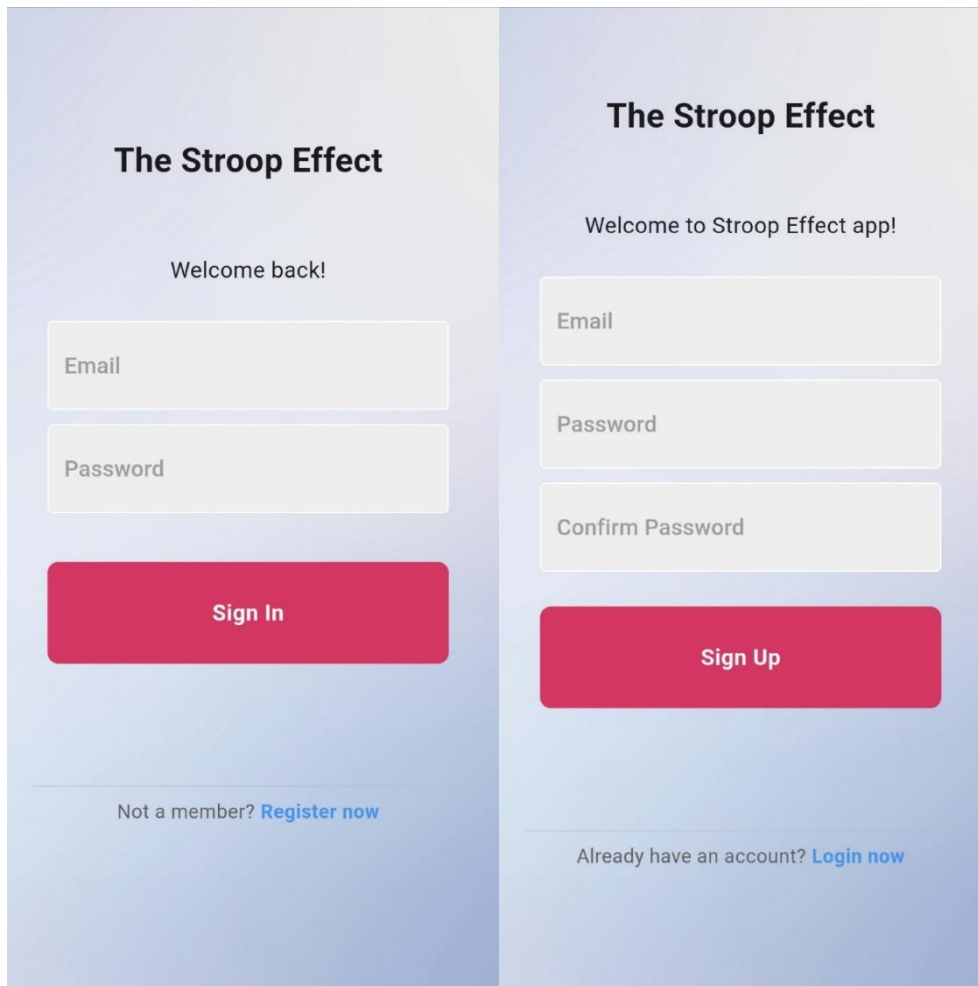
        if (!processedUserIds.contains(userId)) {
            processedUserIds.add(userId);
            filteredData[key] = value;
        }
    });

    String filteredJson = jsonEncode(filteredData);
    File('filtered_data.json').writeAsStringSync(filteredJson);
}
```

Slika 4.11. Filtriranje podataka

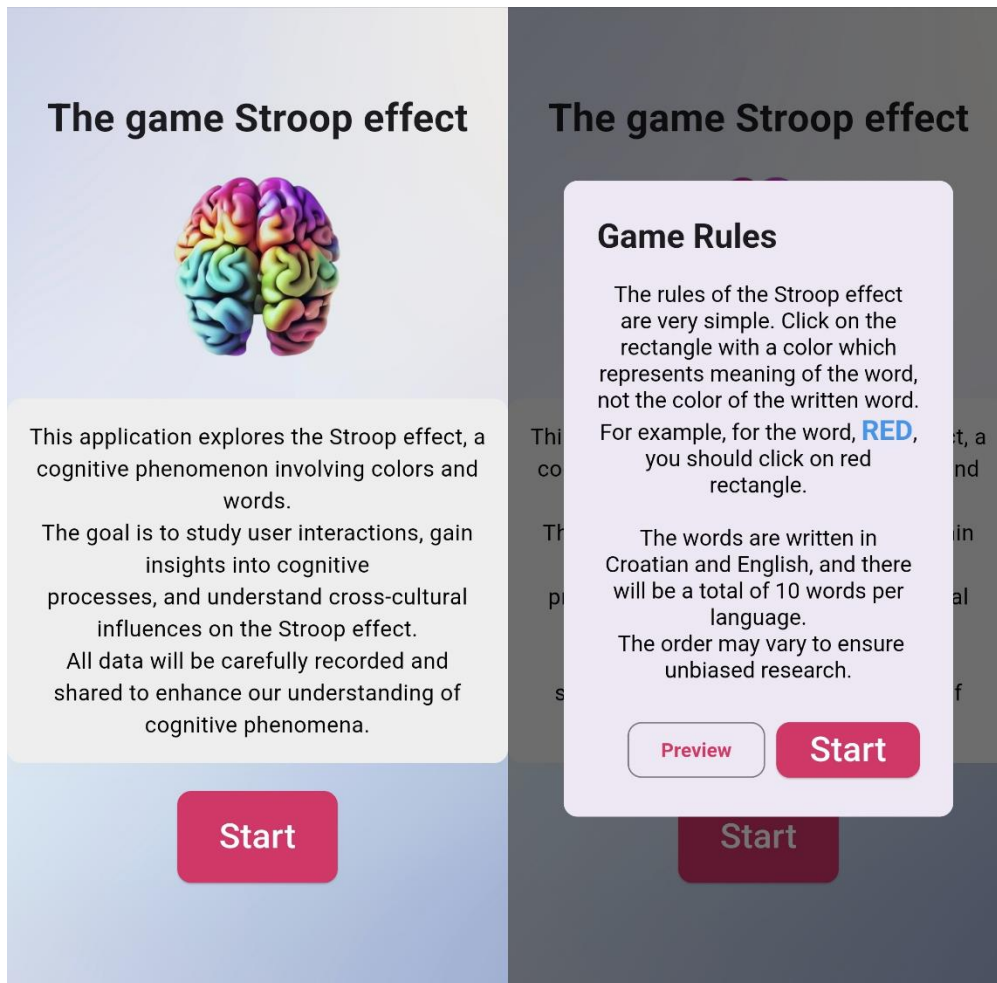
#### 4.4. Izgled aplikacije

Prijava i registracija u aplikaciju prikazana je slikom 4.12. Korisnik se može uspješno registrirati pod sljedećim uvjetima: email mora sadržavati znak @ i mora završavati s domenom najviše razine, a lozinka mora sadržavati minimalno 6 znakova te se mora podudarati na ponovnom upisivanju lozinke. Ako korisnik ne ispuni uvjete, aplikaciju mu prikazuje i opisuje grešku, tako da korisnik može ispraviti pogrešan unos.



Slika 4.12. Prijava i registracija korisnika

Nakon uspješne autentifikacije, korisnik dolazi na početnu stranicu u kojoj je objašnjeno čime se aplikacija bavi i koji su njeni ciljevi, kako je prikazano na slici 4.13. Pritiskom na gumb Start prikazuju se pravila za rješavanje testa uz objašnjeni primjer točnog odgovora i broj riječi koje će biti prikazane po jeziku. Ispod detaljnog opisa pravila nalaze se dva gumba - Preview i Start.



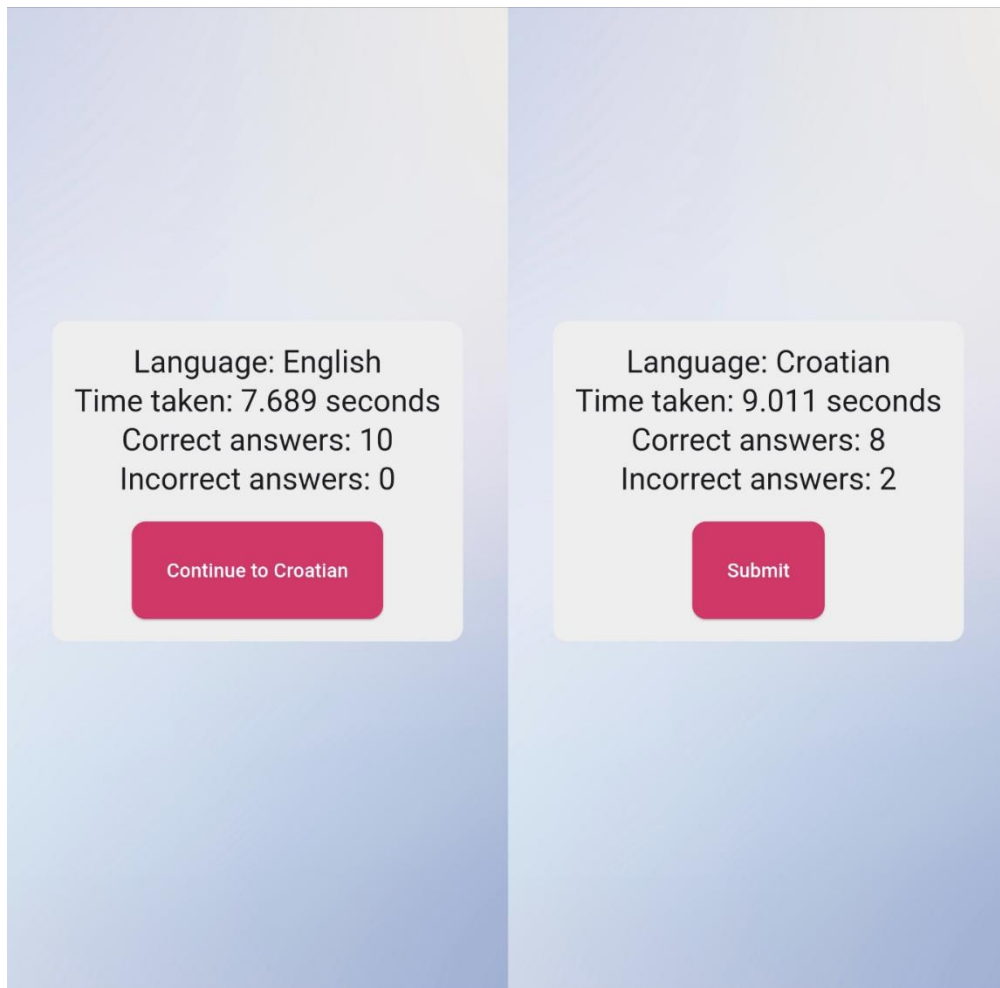
Slika 4.13. Izgled početne stranice i pravila za rješavanje Stroop testa

Kada korisnik klikne na gumb Preview otvara se slika 4.14. koja vizualno prikazuje test. Test se sastoji od 10 pitanja, pri čemu je svaka riječ prikazana u sredini ekrana, a na dnu se ekrana nalaze ponuđene četiri boje od kojih je samo jedna točna. Potrebno je odabrati boju koja odgovara značenju prikazane riječi.



Slika 4.14. Pretpregled aplikacije

Pregled rezultata prvoga jezika prikazan je s lijeve strane slike 4.15., dok su rezultati drugog jezika prikazani s desne strane. Oba rezultata sadrže podatke o vremenu trajanja rješavanja na tom jeziku, kao i broj točnih i netočnih odgovora. Na rezultatima prvog jezika nalazi se gumb koje korisnika vodi na rješavanje kviza na drugom jeziku, dok se na rezultatima drugog jezika nalazi gumb koje korisnika vodi na slanje rezultata.



Slika 4.15. Rezultati na obama jezicima

Kako bi korisnik mogao poslati rezultate, potrebno je unijeti ime, kao što je vidljivo s lijeve strane slike 4.16. Nakon slanja imena, aplikacija učitava rang ljestvicu deset najboljih igrača, poredanih po točnosti i trajanju rješavanja testa, kao što je vidljivo s desne strane navedene slike. Na vrhu rang ljestvice nalaze se dva gumba za biranje prikaza rezultata na željenom jeziku.

The image shows a mobile application interface. On the left, there is a form with the text "Enter your first and last name for the leaderboard". Below this text is an input field containing the name "Katarina Šokčević" and a red "Submit" button. At the bottom of the screen, a virtual keyboard is visible, with the language set to "Hrvatski". On the right side, there is a leaderboard table with the following data:

Ranking	Name	Correct answers	Time
1.	Juraj Birović	10	5.385 s
2.	Juraj Birović	10	5.654 s
3.	Juraj Birović	10	5.908 s
4.	Juraj Birović	10	6.05 s
5.	Juraj Filipović	10	6.141 s
6.	Antonio Kamenski	10	6.19 s
7.	Tamara Kaselj	10	6.196 s
8.	kskska	10	6.343 s
9.	Marta Lenić	10	6.498 s
10.	Juraj Birović	10	6.519 s

At the top of the leaderboard, there are two buttons: "Croatian" and "English". At the bottom right of the leaderboard, there is a red "Go to Menu" button.

Slika 4.16. Upisivanje imena i rang ljestvica najboljih deset igrača



## **5. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA**

U ovom će se poglavlju detaljno elaborirati metodologija provedbe istraživačkog dijela diplomskog rada koji se bavi analizom Stroop efekta dvojezičnog konteksta. Izložit će se specifični ciljevi istraživanja, formulirat će se precizne hipoteze te će se opisati metodološki pristupi i eksperimentalni postupci koji su korišteni.

### **5.1. Vrste istraživanja i korištene metode**

U ovom diplomskom radu provest će se empirijsko istraživanje Stroop efekta među studentima FERIT-a, pri čemu će se podaci o navedenoj pojavi prikupljati prvi put, stoga istraživanje možemo nazvati i primarnim. Rezultati će se usporediti s prethodnim radovima koji su se bavili istim ili sličnim problemima. S obzirom na učestalost provedbe, istraživanje je jednokratno, a s obzirom na obuhvat istraživanje, riječ je o mikroistraživanju jer se provodi na uzorku koji obuhvaća jedinicu populacije studenata FERIT-a. Prema cilju, istraživanje je opisno te će se opisani rezultati pojave Stroop efekta kasnije provjeriti postavljenom hipotezom.

Korištene metode pri ovom istraživanju su metoda komparacije i statističke metode. Metoda komparacije omogućit će uspoređivanje rezultata odgovora na hrvatskom i engleskom jeziku te će najprije utvrditi zajednička obilježja, a zatim obilježja po kojima se rezultati pojedinog jezika razlikuju. Statističke metode u ovom istraživanju Stroop efekta omogućit će analizu i interpretaciju podataka, a koristit će se deskriptivna statistika, parni t-test, prošireni t-test i Chi-kvadrat test. Deskriptivna će se statistika koristiti za mjerenje srednje vrijednosti, dok će se parni t-test primijeniti za usporedbu rezultata između hrvatskog i engleskog jezika kako bi se utvrdilo postoji li statistički značajna razlika. Proširenje t-testa za usporedbu triju ili više skupina naziva se analiza varijance (ANOVA) i koristit će se za analizu rezultata kroz višestruke pokušaje rješavanja testa. Chi-kvadrat test bit će korišten za ispitivanje povezanosti između jezika i točnosti odgovora.

### **5.2. Ciljevi**

Cilj je ovoga istraživanja analizirati utjecaj Stroop efekta kod studenata kojima je hrvatski jezik materinji, a strani jezik (engleski) govore dugi niz godina. Stroop test proveden je na

engleskom i hrvatskom jeziku među studentima Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek. Istraživanjem se nastoji utvrditi postoje li značajne razlike u točnosti i brzini rješavanja zadataka na engleskom i hrvatskom jeziku među spomenutom populacijom. Osim toga, cilj je identificirati boje koje studenti najčešće točno identificiraju, kao i one čije je korištenje podložnije pogreškama. Analizirajući rezultate, istraživanje će pokušati otkriti kako dvojezičnost može utjecati na sposobnost obrade riječi i njenog značenja kao i upravljanje pažnjom, koji su ključni elementi Stroop efekta. Rezultati bi mogli pružiti uvid u to kako se kognitivne funkcije prilagođavaju obradi informacija na dvama različitim jezicima.

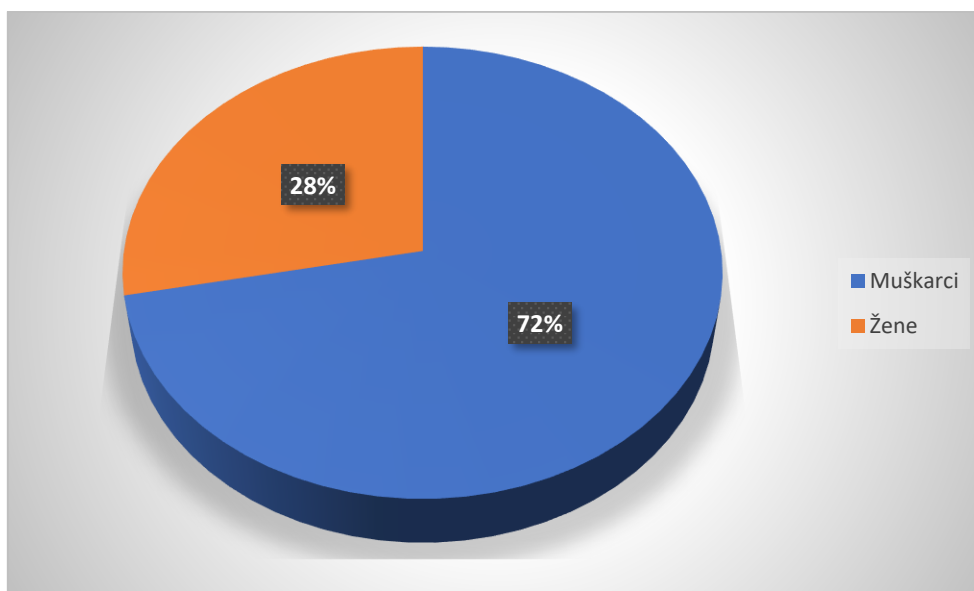
### **5.3. Hipoteza**

Hipoteza ovog istraživanja temelji se na pretpostavci da će sudionici pokazati bolju točnost i brže vrijeme odgovora na Stroop testu na engleskom jeziku u usporedbi s hrvatskim. Sudionicima istraživanja hrvatski je materinji jezik te se pretpostavlja da će asocijacija boja s riječima na hrvatskom jeziku biti jača, što će usporiti vrijeme reakcije i rezultirat će većim stupnjem interferencije. Svi sudionici imaju znanje engleskoga jezika, što implicira da će vjerojatno biti manje interferencije i kraće vrijeme reakcije pri rješavanju testa na engleskom jeziku jer im engleski jezik nije materinji. Navedeno se temelji na Mägisteovom [51] i Meuterovom istraživanju [52] u kojima je zaključeno da je materinji jezik teže potisnuti nego strani jezik te da je u samom jeziku interferencija veća kada se koristi materinji jezik, dok je međujezična interferencija jača na stranom jeziku. Rezultati istraživanja Braeta i ostalih [53], u kojem se testirao odnos vještine čitanja i automatizacije, objašnjavaju da je Stroop efekt u stranom jeziku pozitivno povezan s vještinom čitanja te da se s poboljšanjem vještine čitanja u stranom jeziku povećava i Stroop efekt na materinjem jeziku.

U ovom se istraživanju pretpostavlja da će crvena boja biti najbrže identificirana na engleskom jeziku, dok će žuta boja zahtijevati duže vrijeme odgovora zbog broja slova u riječi. U hrvatskom jeziku pretpostavlja se da će boje zelena i žuta biti podložnije pogreškama u odabiru jer riječi počinju sličnim grafemima. Ove će hipoteze biti testirane kako bi se utvrdila njihova točnost i kako bi omogućile razumijevanje utjecaja dvojezičnog konteksta na kognitivne procese povezane sa Stroop efektom.

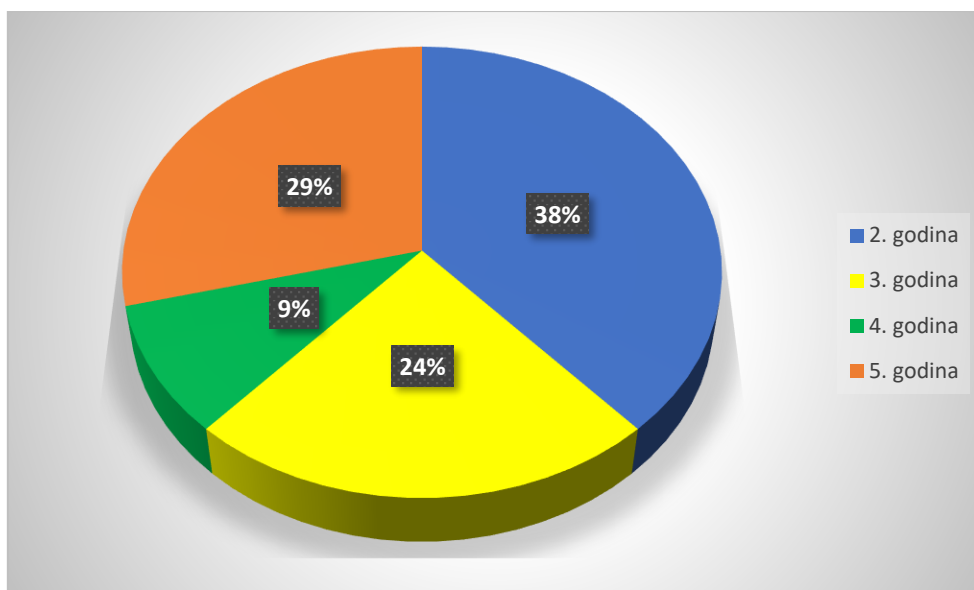
## 5.4. Sudionici istraživanja

U istraživanju su dobrovoljno sudjelovali studenti Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek. Ukupno je sudjelovalo 128 studenata, među kojima je bilo 36 studentica (28 %) i 92 studenta (72 %), što je vidljivo na kružnom grafu sa slike 5.1.



Slika 5.1. Graf zastupljenosti spolova ispitanika

Ispitanici su studenti druge, treće, četvrte i pete godine u dobi od 20 do 25 godina, a graf zastupljenosti studenata po godini studija vidljiv je na slici 5.2. i može se zaključiti da je najviše studenata bilo s druge godine, ukupno 49 (38 %). S pete godine bilo je 37 studenata (29 %), dok je s treće sudjelovalo 30 studenata (24 %). Najmanje studenata je bilo s četvrte godine, gdje je sudjelovalo samo 12 studenata (9 %), dok s prve godine nije bilo studenata koji su sudjelovali u istraživanju. Svim studentima hrvatski je jezik materinji, a trajanje učenja engleskog jezika ne može se precizno odrediti zbog različitog individualnog obrazovanja.



Slika 5.2. Graf zastupljenosti studenata po godini studija

### 5.5. Postupak istraživanja

Istraživanje je provedeno u razdoblju od ožujka do svibnja 2024. godine. Studenti su mogli pristupiti istraživanju s mobilnog uređaja ili preko mrežne stranice, čime je osigurana pristupačnost sudjelovanju. Istraživanje se sastojalo od ukupno 20 pitanja; 10 riječi na hrvatskome i 10 na engleskom jeziku kako bi se usporedila uspješnost rješavanja testa na stranom i materinjem jeziku, odnosno analizirao Stroop efekt. Redoslijed prikazivanja riječi na pojedinom je jeziku nasumično odabran kako bi rezultati bili vjerodostojniji. Svako je pitanje sadržavalo četiri ponuđene boje te je bilo potrebno odabrati boju koja je predstavljala značenje prikazane riječi. Na kraju Stroop testa student je trebao upisati svoje ime i prezime kako bi se rezultati mogli uzeti u obzir za rangiranje na ljestvici deset najbržih i najtočnijih sudionika. Studenti su mogli više puta riješiti Stroop test, ali za ovo su istraživanje filtrirani samo prvi pokušaji rješavanja te su se isti analizirali.

## 6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

U istraživanju, koje je provedeno na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, sudjelovalo je ukupno 128 studenata. Svaki je student imao priliku sudjelovati u višestrukim pokušajima rješavanja Stroop testa, što je rezultiralo ukupnim brojem od 227 zabilježenih rješavanja. U skladu s ciljevima, za analizu će se uzeti u obzir samo prvi pokušaj svakog korisnika. Ova je metodologija usklađena s pretpostavkom da se ponavljanjem Stroop testa rezultat postignut na istome poboljšava zbog procesa prilagodbe jer studenti postaju brži ili precizniji nakon što se upoznaju s logikom testa.

Na slici 6.1. prikazan je dio filtrirane Excel tablice koja sadrži podatke studenata koji su rješavali Stroop test prvi puta.

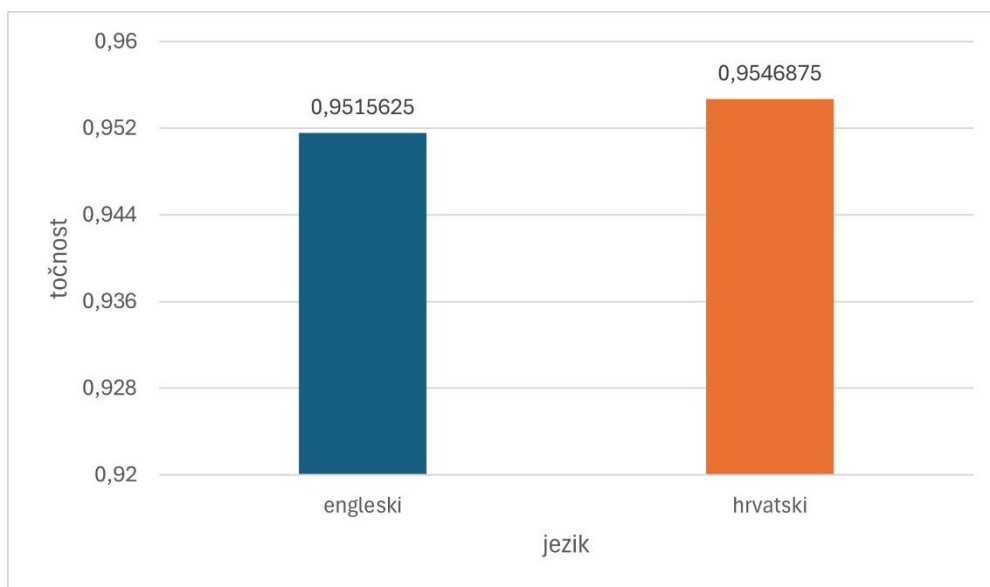
Value.name	Value.answers.displayedColor	Value.answers.timeTaken	Value.answers.isCroatian	Value.answers.displayWord	Value.answers.selectedColor	Value.answers.questionNumber	Value.answers.isCorrect
Marko Salopek	plava	1,98	croatian	plava	plava	1	correct
Marko Salopek	crvena	0,747	croatian	crvena	crvena	2	correct
Marko Salopek	zelena	1,123	croatian	crvena	zelena	3	incorrect
Marko Salopek	plava	1,779	croatian	zelena	zelena	4	correct
Marko Salopek	žuta	1,223	croatian	plava	plava	5	correct
Marko Salopek	zelena	1,14	croatian	zelena	zelena	6	correct
Marko Salopek	žuta	1,323	croatian	zelena	zelena	7	correct
Marko Salopek	žuta	1,976	croatian	zelena	zelena	8	correct
Marko Salopek	žuta	1,186	croatian	žuta	žuta	9	correct
Marko Salopek	crvena	1,12	croatian	zelena	zelena	10	correct
Helena Borzan	žuta	2,056	english	green	zelena	1	correct
Helena Borzan	žuta	1,999	english	blue	plava	2	correct
Helena Borzan	zelena	2,366	english	blue	plava	3	correct
Helena Borzan	žuta	0,985	english	blue	plava	4	correct
Helena Borzan	crvena	1,2	english	yellow	žuta	5	correct
Helena Borzan	žuta	1,198	english	green	zelena	6	correct
Helena Borzan	plava	1,184	english	yellow	žuta	7	correct
Helena Borzan	žuta	1,533	english	red	crvena	8	correct
Helena Borzan	zelena	0,882	english	green	zelena	9	correct
Helena Borzan	plava	1,666	english	red	crvena	10	correct

Slika 6.1. Rezultati prvog pokušaja rješavanja Stroop testa

### 6.1. Usporedba rezultata engleskog i hrvatskog jezika

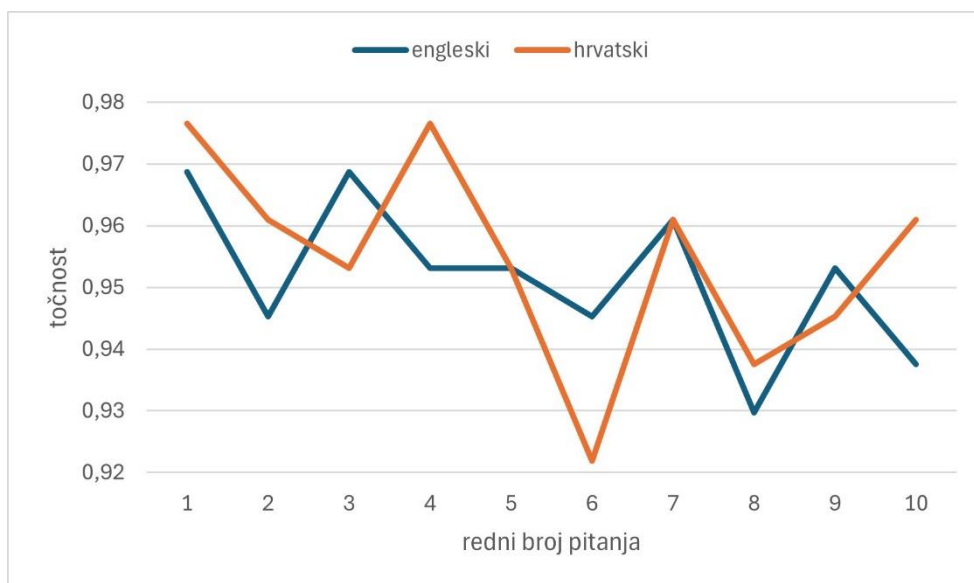
Na Sliku 6.2. nalazi se graf koji prikazuje usporedbu točnosti odgovora po pitanju prema jezicima iz čega se može zaključiti da je točnost odgovora na hrvatskom (95,47 %) nešto viša u usporedbi s engleskim jezikom (95,16 %), ali nije statistički značajna ( $p = ,6458$ ). Razlog tome može biti veća fluentnost hrvatskog jezika, što dovodi do smanjivanja kognitivnog opterećenja i omogućavanja točnije reakcije. Navedeni su rezultati u skladu s istraživanjem Tzelgova i suradnika [54] u kojem su dvojezični sudionici (hebrejski i arapski) bolje kontrolirali Stroop efekt na materinjem, nego na stranom jeziku. S druge strane, Datta i suradnici [55] proveli su istraživanje s dvojezičnim govornicima hindskog i engleskog jezika, a rezultati su pokazali manji Stroop efekt na hindskom jeziku za razliku od engleskog, koji im je strani jezik. Slično, rezultati istraživanja Wang i suradnika [56] pokazali su manji utjecaj Stroop efekta na materinjem (kineskom), nego na stranom (engleskom) jeziku. Rezultate

objašnjavaju automatizacijom i kontrolom, odnosno da na materinjem jeziku automatizacija ima veću ulogu i otežava ignoriranje boje riječi, a kada se koristi strani jezik kontrola ima veću ulogu jer je manja automatizacija na tom jeziku.



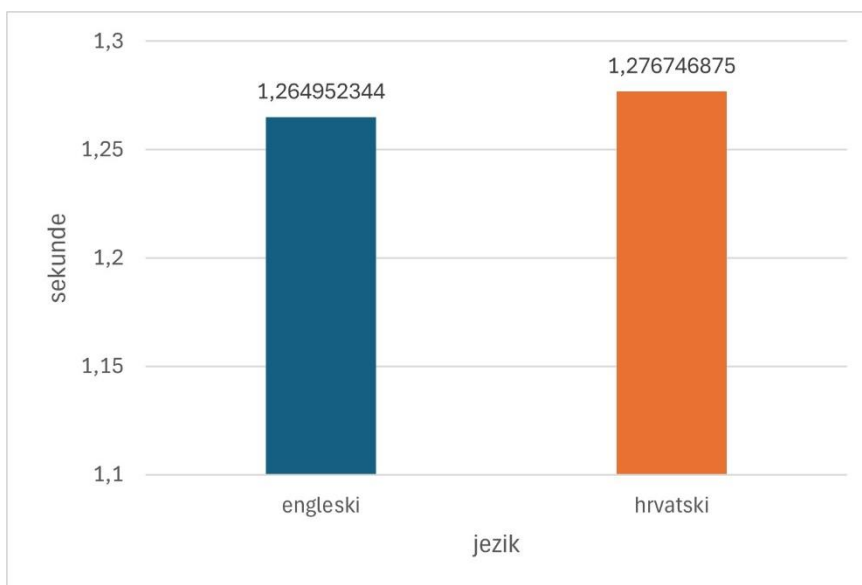
Slika 6.2. Točnost odgovora po pitanju prema jezicima

Slika 6.3. prikazuje usporedbu točnosti odgovora na deset različitih pitanja na engleskom i hrvatskom jeziku. Točnost se kreće u visokom rasponu od 92 % do 98 %, no postoji varijabilnost kroz pitanja za oba jezika. Za hrvatski jezik, najviša točnost zabilježena je kod prvog i četvrtog pitanja vjerojatno zbog visoke koncentracije na početku Stroop testa. Međutim, točnost pada kod šestog pitanja, što bi se moglo tumačiti kao privremeni pad koncentracije. U slučaju engleskoga jezika, točnost je studenata stabilnija tijekom većeg dijela testa, ali se primjećuje blagi pad kod osmog pitanja. U oba slučaja, najveća je točnost zabilježena na početku testa, dok je na sredini testa nešto niža točnost za oba jezika, što se može povezati s padom koncentracije. Navedeni su rezultati u skladu s istraživanjem mjerenja pogrešaka u Stroop testu kojeg je objavila Miller [57], gdje je grupa ljudi od 18 do 45 godina najviše pogrešaka imala na osmom pitanju, dok su najmanje pogrešaka imali na prvom pitanju. Marcora i suradnici [58] proveli su istraživanje o mentalnom umoru i psihobiološkom stanju uzrokovano dugotrajnim razdobljima koji zahtijevaju kognitivne aktivnosti te su dokazali da mentalni umor umanjuje fizičku sposobnost čovjeka, što može objasniti lošije rezultate pri kraju testa.



Slika 6.3. Točnost odgovora prema jezicima

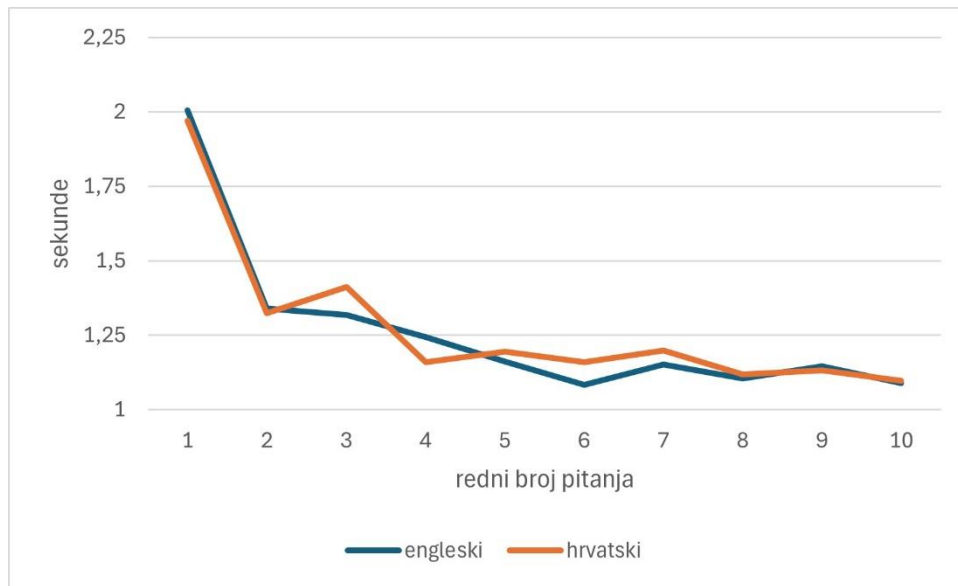
Graf na slici 6.4. prikazuje usporedbu prosječnog trajanja odgovora po pitanju i prema jezicima, gdje se vidi da je prosječno trajanje odgovora na hrvatskom (1,28 s) nešto više za razliku od engleskog jezika (1,26 s). Ovo može sugerirati da je kognitivna obrada riječi na materinjem jeziku intenzivnija, što dovodi do dužeg vremena reakcije. U usporedbi s engleskim, koji nije prvi jezik studenata, mozak može brže automatski obrađivati riječi, što rezultira bržim vremenom odgovora. Već spomenuto istraživanje Wanga i suradnika [56] ima slične rezultate sporijeg odgovaranja na materinjem jeziku. Navedeno nije u skladu s rezultatima istraživanja Hua i suradnika [59] koji su, uspoređujući utjecaj kineskog i engleskog jezika među dvojezičnim osobama, vidjeli da je sudionicima trebalo manje vremena da točno odgovore na materinjem jeziku, nego na stranom. Nadalje, Rosselli i suradnici [60] zabilježili su brže odgovore dvojezičnih govornika španjolskog i engleskog jezika na materinjem jeziku. Rezultate objašnjavaju tako da su dvojezični govornici vjerojatno prevodili stranu riječ na materinji jezik, što je usporilo njihovu izvedbu.



Slika 6.4. Prosječno trajanje odgovora po pitanju i prema jezicima

Analizirajući graf na slici 6.5., vidljivo je da se vrijeme odgovara nakon prvog pitanja smanjuje na obama jezicima, što se može tumačiti kao rezultat nesnalaženja studenata na Stroop testu. Međutim, već kod drugog pitanja dolazi do prilagodbe, što ukazuje na brzo prilagođavanje studenata na test. Za hrvatski jezik, primjećujemo porast trajanja odgovora na trećem pitanju, nakon čega dolazi do blage fluktuacije. S druge strane, engleski jezik pokazuje manju varijabilnost i veću stabilnost u trajanju odgovora kroz cijeli test, što sugerira veću dosljednost u brzini odgovaranja i možebitno veću naviknutost ispitanika na korištenje engleskog jezika.

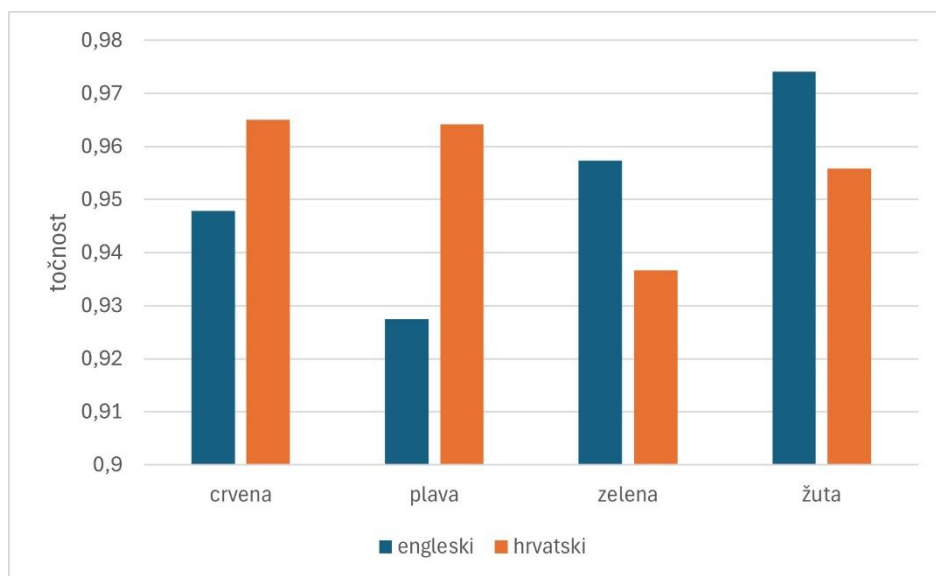




Slika 6.5. Prosječno trajanje odgovora prema jezicima

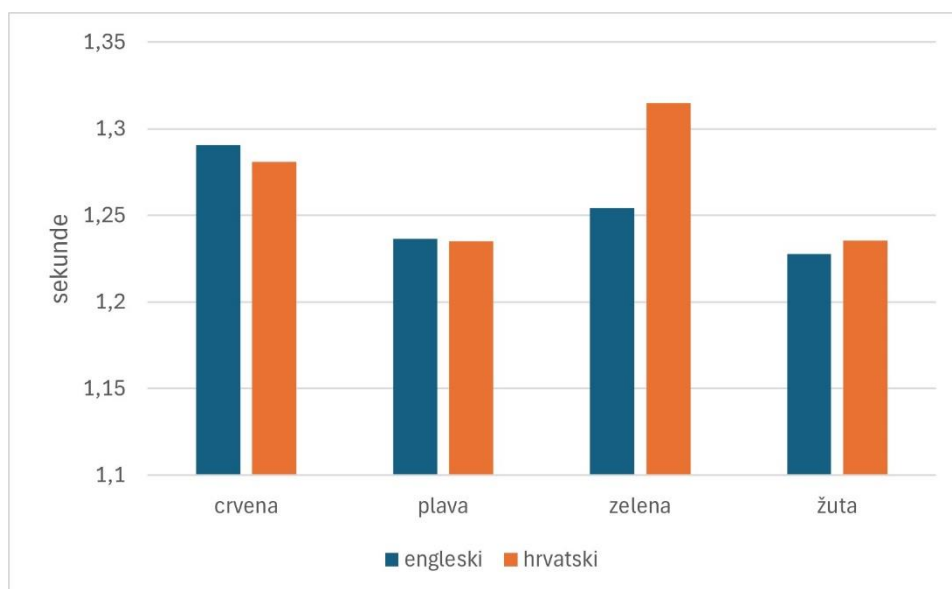
## 6.2. Analiza rezultata prema bojama

Analizom grafikona na slici 6.6. mogu se vidjeti zanimljive razlike u točnosti odabira boja između hrvatskog i engleskog jezika. Na hrvatskom jeziku, crvena i plava boja ističu se kao najtočnije odabrane boje, s točnošću oko 96,5 %, što ukazuje na visoku razinu preciznosti u percepciji tih boja. Zelena boja, međutim, ima nešto nižu točnost, s vrijednošću malo iznad 93,5 %, što može sugerirati da je identifikacija zelene boje manje precizna u usporedbi s ostalim bojama. S druge strane, na engleskom jeziku, s najvišom točnošću, nešto više od 97 %, dominira žuta boja, što može značiti veću lakoću u prepoznavanju boje. Plava boja pokazuje najmanju točnost na engleskom jeziku od skoro 93 %, što je značajno niže u usporedbi s ostalim bojama. Nadarevic i ostali [61] istraživali su utjecaj boja na brzinu i točnost/netočnost odgovora, gdje su zelenu boju označili točnom, a crvenu netočnom. Sudionicima su bila postavljena dva bloka, u kojem je svaki blok imao točnu i netočnu tvrdnju obojenu s jednom od dviju mogućih boja, a trebali su brzo i točno pritisnuti tipku koja označava točne ili netočne odgovore. Stroop efekt je bio karakteriziran brzim odgovorima i manjim pogreškama za točne tvrdnje u zelenim bojama, nego u crvenim. Suprotno tome, Stroop efekt nije bio evidentan za netočne tvrdnje.



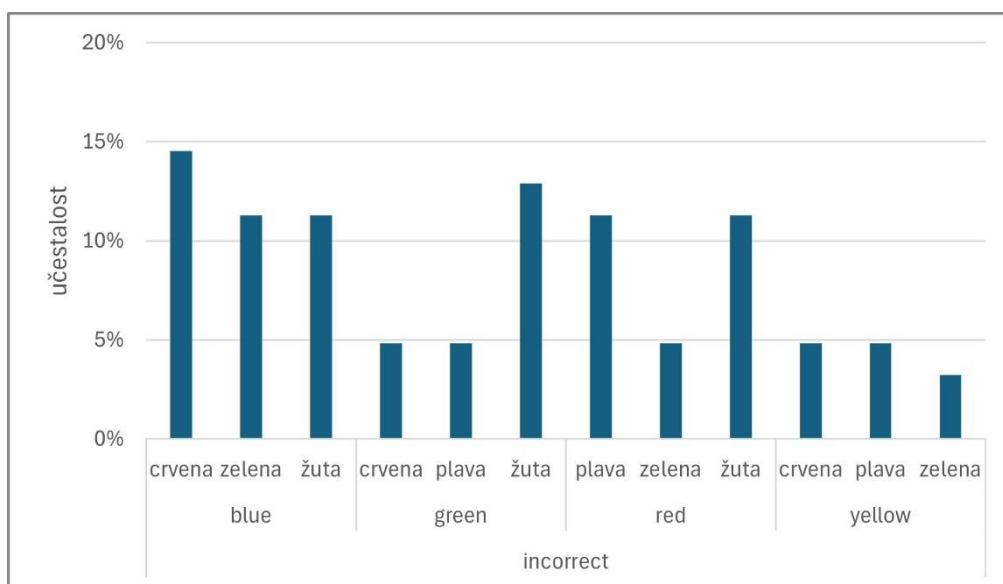
Slika 6.6. Točnost odabira boje po jezicima

Graf sa slike 6.7. prikazuje utjecaj jezika na brzinu kognitivne obrade pri identifikaciji boja. Na hrvatskom jeziku, odgovori su za zelenu boju najsporiji (1,31 s), a s druge strane, odgovori su za plavu boju najbrži (1,24 s). Na engleskom jeziku, najsporiji su odgovori zabilježeni za crvenu boju (1,29 s), a najbrži su odgovori su za žutu boju (1,23 s). Usporedbom obaju jezika, primjećuje se sličnost u prosječnom vremenu odabira za većinu boja, osim za zelenu gdje ne postoji statističko značajno odstupanje na hrvatskom jeziku ( $p = ,659$ ).



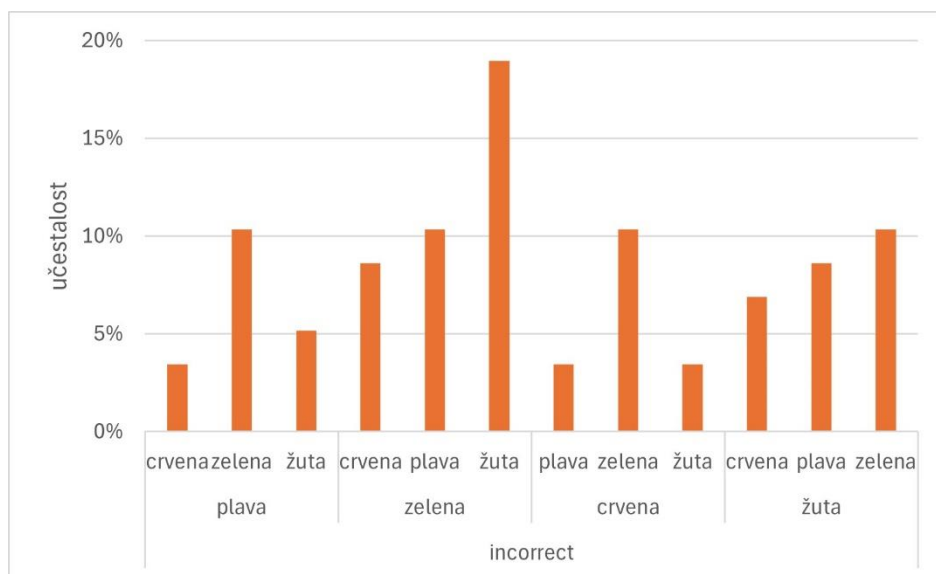
Slika 6.7. Prosječno trajanje odabira točne boje prema jezicima

Postotak netočnih odabira za sve četiri boje na engleskom jeziku prikazan je na slici 6.8. Može se zaključiti da je plava boja najčešće zamijenjena s crvenom, a zelena boja je, sa značajnom razlikom ( $p < 0,05$ ), najčešće zamijenjena sa žutom. Crvena je boja podjednako zamijenjena s plavom i žutom, a manje sa zelenom. Žuta je boja podjednako zamijenjena sa svim ostalim bojama, što može ukazivati na to da je žuta bila najteža za točno identificirati. Rezultati potvrđuju rezultate istraživanja Soldata i suradnika [62] koji govore da boja utječe na kognitivnu izvedbu, odnosno da plava ili zelena boja vode do bolje izvedbe, nego crvena boja, dok istraživanja Kwallek i suradnika [63] pokazuju obrnuto. Navedeno objašnjavaju utjecajem boja na spoznaju i ponašanje kroz naučene asocijacije, odnosno situacije u kojima su različite boje povezane s određenim iskustvima ili konceptima te stvaraju specifične asocijacije prema bojama.



Slika 6.8. Učestalost odabira pogrešne boje na engleskom jeziku

Slika 6.9. prikazuje postotak netočnih izbora za sve četiri boje na hrvatskom jeziku. Crvena i plava boja najčešće su zamijenjene za zelenu, što ukazuje na tendenciju ispitanika da te dvije boje povezuju sa zelenom. Zelena se boja ističe po tome što je sa značajnom razlikom ( $p < 0,05$ ) najčešće zamijenjena sa žutom, što ukazuje na to da ispitanici često mijenjaju te dvije boje. Žuta je boja najviše zamijenjena sa zelenom bojom, što se slaže s navedenim da je zelena boja najviše zamijenjena sa žutom. Navedeno se može objasniti Bálizsovim [64] istraživanjem koje je pokazalo da su u prošlosti neki narodi koristili istu boju za označavanje raspona žute i zelene boje.



Slika 6.9. Učestalost odabira pogrešne boje na hrvatskom jeziku

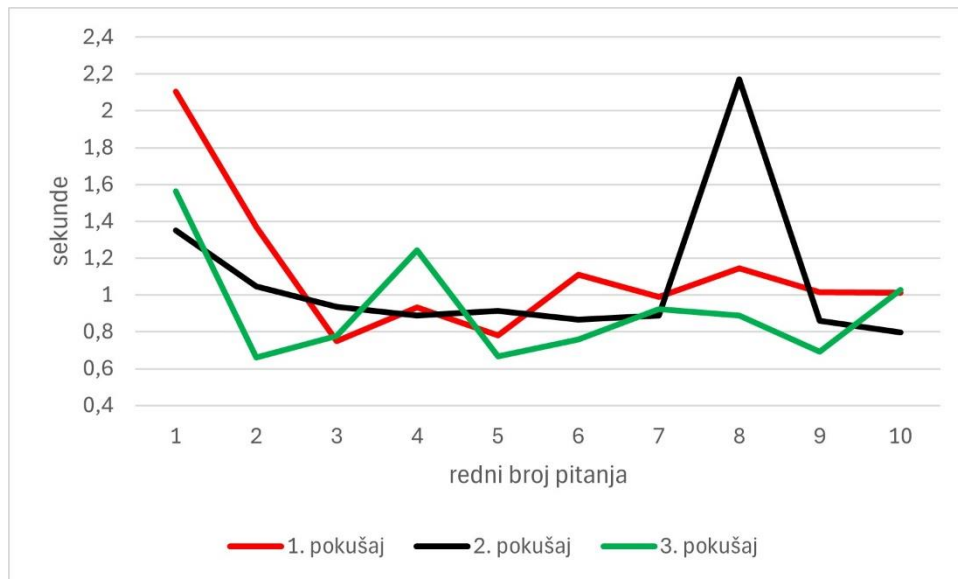
Usporedbom grafova sa slika 6.8. i 6.9. možemo zaključiti da se u obama jezicima zelena boja najčešće mijenja sa žutom, ali u većoj mjeri na hrvatskom, nego na engleskom jeziku. Najuočljivija je razlika mijenjanje plave s crvenom na engleskom jeziku, dok je na hrvatskom jeziku to najrjeđa zamjena. Smatra se da su zelena i žuta najviše zamijenjene zbog percepcije boja budući da se nalaze blizu jedna drugoj u spektru boja. S druge strane razlog zamjene plave s crvenom bojom može se objasniti kognitivnim razlikama, odnosno različiti kognitivni obrasci mogu utjecati na percepciju boja.

### 6.3. Usporedba rezultata korisnika s višestrukim pokušajima rješavanja

U procesu dodatne analize podataka dobivenih iz Stroop testa, proveden je postupak filtriranja podataka prema frekvenciji pokušaja rješavanja. Prema analizi podataka izdvojen je jedan student koji se istaknuo rješavanjem testa tri puta, pri čemu je svaki put postigao stopostotnu točnost. Analiza će se koncentrirati na mjerenje vremena odgovora studenta tijekom svakog pokušaja, a cilj je razumjeti kako promjena jezika može utjecati na brzinu odgovora izdvojenog studenta. Usporedbom rezultata triju pokušaja, moći će se uočiti razlika u izvedbama, koje su razlog studentove adaptacije na test.

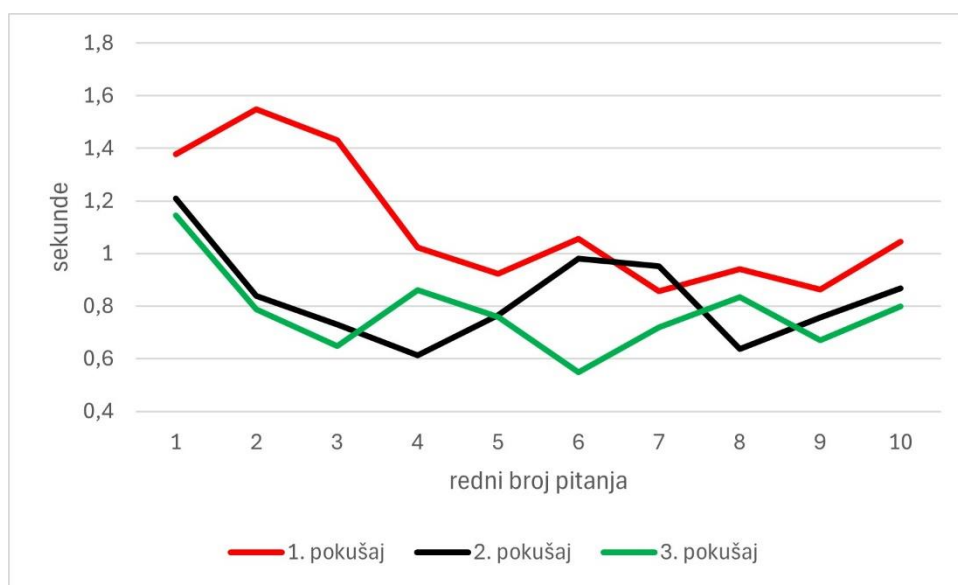
Slika 6.10. prikazuje vremena odgovora na višestruke pokušaje Stroop testa na engleskom jeziku. U prvom pokušaju, studentu je najduže trebalo da odgovori na prvo pitanje (2,104 s),

dok je na treće pitanje odgovorio najbrže (0,75 s), a preostali su odgovori bili sličnog vremenskog raspona. Odgovor na prvo pitanje u drugom je pokušaju bio kraći za 0,754 sekunde i trajao je 1,35 sekundi, dok su ostali odgovori trajali oko 0,9 sekundi. Značajna razlika primijećena je na osmom pitanju, gdje je vrijeme odgovora iznosilo 2,2 sekunde, a razlog je vjerojatno gubitak koncentracije. U trećem pokušaju, najkraća vremena odgovora zabilježena su na drugom (0,659 s) i petom pitanju (0,655 s), dok je na četvrtom pitanju odgovor trajao najduže (1,242 s). Može se zaključiti da se ponavljanjem testa brzina odgovaranja povećava.



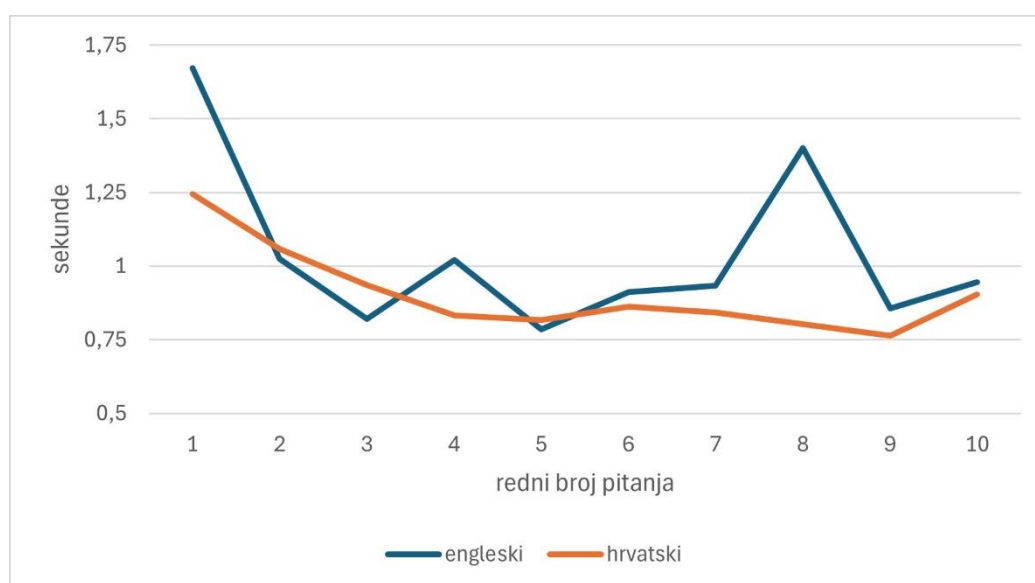
Slika 6.10. Trajanje odgovora prema višestrukim pokušajima na engleskom jeziku

Trajanje odgovora u odnosu na višestruke pokušaje prikazano je na slici 6.11. Iz podataka je vidljivo da je vrijeme potrebno za prvi odgovor tijekom prvog pokušaja bilo dulje u usporedbi s ostalima. Posebno se ističe drugo pitanje koje je zahtijevalo najduže vrijeme odgovora. U drugom pokušaju, trajanje odgovora bilo je znatno kraće nego u prvom, dok je u trećem pokušaju zabilježeno najkraće vrijeme odgovaranja, osim u slučaju četvrtog i osmog pitanja gdje je došlo do manjeg povećanja trajanja. Analizom svih pokušaja, ne može se primijetiti značajna razlika ( $p = ,6176$ ) u trajanju odgovora između prvog pokušaja i ostalih, osobito kod drugog i trećeg pitanja. Za deveto i deseto pitanje, sva tri pokušaja pokazuju slično vrijeme odgovaranja. Zaključno, može se reći da ponavljanjem testa dolazi do ubrzanja vremena odgovaranja. Navedeno se slaže sa Stroopovim istraživanjem [1], koje je trajalo osam dana, a mjerilo se na materinjem jeziku. Rezultati su pokazali da je prosječno vrijeme u prvom danu bilo 51,2 sekundi, dok je na osmome danu trajalo 33,4 sekunde. Ovo predstavlja smanjenje od 65,23 % vremena trajanja.



Slika 6.11. Trajanje odgovora prema višestrukim pokušajima na hrvatskom jeziku

Prosjeck trajanja odgovora prema višestrukim pokušajima po jezicima prikazan je na slici 6.12. Prosjeci su izračunati na temelju triju pokušaja na engleskom i triju na hrvatskom jeziku, što omogućuje pouzdanu usporedbu rezultata. Analiza grafa otkriva da je studentu za prvo pitanje na engleskom jeziku bilo potrebno više vremena, nego na hrvatskom. Odgovori na hrvatskom bili su stabilniji i kraći, a odgovori na engleskom jeziku pokazuju veću varijabilnost, posebno kod četvrtog i osmog pitanja.



Slika 6.12. Prosječno trajanje odgovora prema višestrukim pokušajima po jezicima

## 7. ZAKLJUČAK

U ovom diplomskom radu napravljena je Flutter aplikacija ekvivalentna Stroop testu. Aplikacija je besplatna i dostupna je na mrežnoj stranici i mobilnoj aplikaciji kako bi se omogućila fleksibilnost i digitalizacija tradicionalnog Stroop testa. Uspoređujući aplikaciju s drugim verzijama, pokazuje više pogodnosti kao što su precizno mjerenje vremena reakcije sudionika u milisekundama, uspoređivanje vremena reakcije i točnosti na hrvatskom i engleskom jeziku, dobivanje uvida u kognitivne procese i bolje razumijevanje dvojezičnog utjecaja na Stroop efekt. Istraživanje pruža standardizirane podatke, dobivene analizama prvog pokušaja, te analizom triju pokušaja nasumično odabranog sudionika, izdvojenog od uzorka sudionika studenata FERIT-a. Istraživanje je proučavalo utjecaj jezika na Stroop efekt, a cilj je bio usporediti Stroop efekt hrvatskog i engleskog jezika među studentima FERIT-a.

Analizom rezultata može se vidjeti kako jezik nije imao utjecaj na Stroop test. Sudionicima je trebalo nešto manje vremena za odgovore na engleskom jeziku, što potvrđuje postavljenu hipotezu, dok s druge strane točnost je bolja na hrvatskom jeziku te opravdava dulje vrijeme odgovaranja. S obzirom na točnost identificiranja boja na engleskom jeziku, žuta je boja najbrže i najtočnije odabrana, a crvena je najsporije odabrana, čime se ne potvrđuje hipoteza. U hrvatskom jeziku najtočnija je odabrana boja crvena, a zelena je najmanje, dok su u slučaju vremena odabira, najbrži odgovori za plavu, a najsporiji za zelenu boju. Zelena je boja najčešće zamijenjena sa žutom bojom u hrvatskom jeziku, što podupire postavljenu hipotezu. Navedeno se može objasniti varijacijama u kognitivnoj obradi boja i različitim utjecajem boja na spoznaju i ponašanje. Boje su povezane s određenim iskustvima ili konceptima kroz naučene asocijacije, što dovodi do stvaranja specifičnih reakcija na boje. Smatra se da zelena i žuta najviše su zamijenjene zbog percepcije boja, odnosno zbog njihove blizine u spektru boja. Blizina u spektru boja otežava njihovo razlikovanje te dovodi do većeg broja pogrešaka u percepciji i prepoznavanju.

Iako ovo istraživanje demonstrira rezultate koji su pouzdani i slični rezultatima prethodnih verzija Stroop testa, mogu se uvidjeti neka ograničenja. Uzorak studenata nije dovoljno reprezentativan jer nije heterogen. Primjetna je neravnoteža u spolu sudionika, s većim brojem muškaraca u odnosu na žene. Također, najveći broj ispitanika pohađa drugu godinu studija, dok je sudjelovanje studenata prve godine najmanje zastupljeno jer nijedan student prve godine nije sudjelovao u istraživanju, što može biti posljedica nedostatka informiranosti za sudjelovanje u ovom istraživanju. Za daljnji rad na ovome području predlaže se izvođenje

eksperimenta s većim uzorkom studenata te formiranje eksperimentalne i kontrolne skupine. U kontrolnoj skupini testiralo bi se vrijeme reakcije na riječima obojene crnom bojom. U jednoj od eksperimentalnih skupina mjerilo bi se vrijeme reakcije na kongruentne stimuluse, dok bi se u drugoj mjerilo vrijeme reakcije na nekongruentne stimuluse. Na kraju eksperimenta usporedili bi se rezultati među skupinama, što bi jasnije objasnilo utjecaj Stroop efekta.



## LITERATURA

- [1] J. R. Stroop, Studies of interference in serial verbal reactions, *Journal of Experimental Psychology*, No. 6, Vol. 18, str. 643–662, 1935.
- [2] C. M. MacLeod, Half a Century of Research on the Stroop Effect: An Integrative Review The Stroop effect, *Psychological Bulletin*, No. 2, Vol. 109, str. 165, 1991.
- [3] F. Scarpina, S. Tagini, The Stroop Color and Word Test, *Frontiers in Psychology*, Vo. 8, str. 1, 2017.
- [4] I. Biederman, Y. C. Tsao, On processing Chinese ideographs and English words: Some implications from Stroop-test results, *Cognitive Psychology*, No. 2, Vol. 11, str. 125–132, 1979.
- [5] M. C. Smith, K. Kirsner, Language and Orthography as Irrelevant Features in Colour-Word and Picture-Word Stroop Interference, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, No. 1, Vol. 34, str. 153–170, 1982.
- [6] T. Rossignoli-Palomeque, E. Perez-Hernander, J. Gonzalez-Margues, Brain Training in Children and Adolescents: Is It Scientifically Valid?, *Frontiers in Psychology*, Vo. 9, str. 2, 2018.
- [7] H. Uchiyama, I. Fukumoto, A cognitive function self-training system by Stroop effect task, *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006*, str. 3758-3762, 2007.
- [8] A. R. Jensen, W. D. Rohwer, Jr., The Stroop color-word test: a review, *Acta Psychol*, Volume 25, str. 36–93, 1966.
- [9] M. J. Kane, R. W. Engle, Working-memory capacity and the control of attention: the contributions of goal neglect, response competition, and task set to Stroop interference, *Journal of experimental psychology, General*, No. 1, Vo. 132, str. 47–70, 2003.
- [10] C. L. Dulaney, W. A. Rogers, Mechanisms underlying reduction in Stroop interference with practice for young and old adults, *Journal of experimental psychology*, Vo. 20, str. 470–484, 1994.
- [11] J. Markela-Lerenc, S. Kaiser, P. Fiedler, M. Weisbrod, C. Mundt, Stroop performance in depressive patients: a preliminary report, *Journal of affective disorders*, Vo. 94, str. 261–267, 2006.

- [12] R. W. Buchanan, M. E. Strauss, B. Kirkpatrick, C. Holstein, A. Breier, W. T. Carpenter, Jr, Neuropsychological impairments in deficit vs nondeficit forms of schizophrenia, *Archives of general psychiatry*, Vo. 51, str. 804–811, 1994.
- [13] J. M. Cattell, The time it takes to see and name objects, *Mind*, Vo. 11, str. 63-65, 1886.
- [14] W. Brown, Practice in associating color names with colors. *Psychological Review*, Vo. 22, str. 45-55, 1915.
- [15] E. M. Ligon, A genetic study of color naming and word reading. *American Journal of Psychology*, Vo. 44, str. 103-122, 1932.
- [16] J. R. Stroop, Factors affecting speed in serial verbal reactions. *Psychological Monographs*, Vo 50, str. 38-48, 1938.
- [17] M. S. Preston, W. E. Lambert, Interlingual interference in a bilingual version of the Stroop color-word task, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, Vo. 8, str. 295-301, 1969.
- [18] E. N. Dyer, Color-naming interference in monolinguals and bilinguals. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, Vo, 10, str. 297- 302, 1971.
- [19] E. Mägiste, Stroop tasks and dichotic translation: The development of interference patterns in bilinguals, *Journal of Experimental Psychology." Learning, Memory, and Cognition*, Vo. 10, str. 304-315, 1964.
- [20] H.-C. Chen, C. Ho, Development of Stroop interference in Chinese-English bilinguals, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vo. 12, str. 397-401, 1986.
- [21] R. M. Shiffrin, W. Schneider, Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending, and a general theory, *Psychological Review*, Vo, 84, str. 127-190, 1977.
- [22] M. I. Posner, C. R. Snyder, Attention and cognitive control. In R. L. Solso (Ed.), *Information processing and cognition*, str. 55- 85, 1975.
- [23] C. M. MacLeod, Half a century of research on the Stroop task: An integrative review. *Psychological Bulletin*, Vo. 109, str. 163-203, 1991.

- [24] J. L. McClelland, D. E. Rumelhart, An Interactive Activation Model of Context Effects in Letter Perception: Part 1. An Account of Basic Findings, University of California, No. 5, Vo. 88, str. 379, 1981.
- [25] M. Coltheart, K. Rastle, C. Perry, R. Langdon, J. Ziegler, DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, No. 1, Vo. 108, str. 204–256, 2001.
- [26] P. A. Cebollero, A School Language Policy for Puerto Rico, San Juan, 1945.
- [27] B. Ivanović, Dvojezičnost i kognitivno funkcioniranje, *Filozofski fakultet u Zagrebu, Psychē*, No. 1, Vo. 3, str. 26-35, 2020.
- [28] U. Weinreich, *Languages in contact: Findings and problems*. The Hague: Mouton Publishers, 1968.
- [29] G. Rahmanova, Language processing in bilingual speakers, *European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences*, No. 12, Vol. 8, str 133, 2020.
- [30] J. Kroll , P. Dussias, C. Bogulski, K. J. Valdes, Juggling Two Languages in One Mind: What Bilinguals Tell Us About Language Processing and its Consequences for Cognition. *Psychology of Learning and Motivation*, Elsevier Inc, Vol. 56, 2012.
- [31] A. M. Jacobs, J. Grainger, Models of visual word recognition: Sampling the state of the art, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, Vol. 20, str. 1334, 1994.
- [32] T. Dijkstra T, W. J. B. van Heuven, The architecture of the bilingual word recognition system: From identification to decision. *Bilingualism: Language and Cognition*, No. 3, Vol. 5, str. 175-197, 2002.
- [33] U. Weinreich, *Languages in contact*, New York: Linguistic Circle of New York, str. 2, 1953.
- [34] J.F. Kroll, P. E. Dussias, K. Bice, L. Perrotti, Bilingualism, Mind, and Brain, *Annual Review of Linguistics*, str. 377–394, 2015.
- [35] E. Bialystok, The bilingual adaptation: How minds accommodate experience, *Psychol Bull*, No. 3, Vol. 143, str. 233-262, 2017.

- [36] V. Marian, M. Spivey, Competing activation in bilingual language processing: Within- and between-language competition, *Bilingualism: Language and Cognition*, str. 97–115, 2003.
- [37] D.W. Green, Mental control of the bilingual lexico-semantic system, *Bilingualism: Language and Cognition*, str. 67–81, 1998.
- [38] D. W. Green, J. Abutalebi, Language control in bilinguals: The adaptive control hypothesis. *Journal of cognitive psychology*, No. 5, Vol. 25, str. 515–530, 2013.
- [39] A.W. Miccio, C. S. Hammer, B. L. Rodríguez, Code-switching and language disorders in young bilingual children. In: Toribio J, Bullock B, editors, *Handbook on Linguistic Code-Switching*, New York: Cambridge Univ. Press, str. 241–252, 2009.
- [40] G. J. Kootstra, J. G. van Hell, T. Dijkstra, Syntactic alignment and shared word order in code-switched sentence production: Evidence from bilingual monologue and dialogue, *Journal of Memory and Language*, No. 2, Vol. 63, str. 210-231, 2010.
- [41] H. Marzeih, C. K. Vigneswari, K. Shuh Jie, Social Factors for Code-Switching: A Study of Malaysian-English Bilingual Speakers, *International Journal of Language and Linguistics*, No. 3, Vol. 4, str. 122-127, 2016.
- [42] D. R. Mabule, What is this? Is It Code Switching, Code Mixing or Language Alternating?, *Journal of Educational and Social Research*, No. 1, Vol. 5, str. 339-349., 2017.
- [43] N. I. B. Rasdi, Intrasentential Code-Switching among Malays in Malaysia on Facebook, *Department of Language and Linguistics*, str. 35, 2016.
- [44] Android Studio, Meet Android Studio, dostupno na: <https://developer.android.com/studio/intro> [21.6.2024.]
- [45] A. Tashildar, N.Shah, R. Gala, T. Giri, P. Chavhan, Application development using Flutter, *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, Vo. 2, str. 1262, 2020.
- [46] A. Biessek, *Flutter for Beginners*, Packt Publishing, str. 14, 2019.
- [47] Firebase, dostupno na: <https://firebase.google.com/> [21.6.2024.]
- [48] Firestore, Cloud Firestore, dostupno na: <https://firebase.google.com/docs/firestore> [21.6.2024.]

- [49] Firebase App Hosting, dostupno na: <https://firebase.google.com/docs/app-hosting>  
[21.6.2024.]
- [50] Microsoft, Overview of ASP.NET Core MVC, dostupno na:  
<https://learn.microsoft.com/en-us/aspnet/core/mvc/overview?view=aspnetcore-8.0>  
[21.6.2024.]
- [51] E. Mägiste, Development of intra- and interlingual Interference in bilinguals, *Journal of Psycholinguistic Research*, No. 2, Vo. 14, str. 137-154, 1985.
- [52] R.F.I. Meuter, Language selection in bilinguals, In J.F. Kroll & A.M.B. de Groot (Eds.), *Handbook of bilingualism: Psycholinguistic approaches*, Oxford, UK: Oxford University Press, Vo 17., str. 349-370, 2005.
- [53] W. Braet, N. Noppe, J. Wagemans, H. Op de Beeck, Increased Stroop interference with better second-language reading skill, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, No. 3, Vo. 64, str. 596-607, 2011.
- [54] J. Tzelgov, A. Henik, D. Leiser, Controlling Stroop interference: Evidence from a bilingual task, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, No. 5, Vo. 16, str. 760–771, 1990.
- [55] K. Datta, N. Nebhinani, A. Dixit, Performance Differences in Hindi and English Speaking Bilinguals on Stroop Task, *Journal of psycholinguistic research*, No. 6, Vo. 48, str. 1441–1448, 2019.
- [56] R. Wang, X. Fan, C. Liu, Z.G. Cai, Cognitive control and word recognition speed influence the Stroop effect in bilinguals, *International Journal of Psychology*, No. 2, Vo. 51, str. 93-101, 2014.
- [57] A. K. Miller, "Examining the Errors and Self-Corrections on the Stroop Test", *ETD Archive*, Cleveland State University, str. 24, 2010.
- [58] S. M. Marcora, W. Staiano, V. Manning, Mental fatigue impairs physical performance in humans, *American Physiological Society*, No. 3, Vo. 106, str. 857, 2009.
- [59] Y. Hu, X. Kang, R. Mao, The Languages Impact on the Stroop Effect: Comparison in Chinese and English, *Proceedings of the 2021 4th International Conference on Humanities Education and Social Sciences (ICHESS 2021)*, Vo. 615, str. 929, 2021.

- [60] M. Rosselli, A. Ardila, M. N. Santisi, M. delR. Arecco, J. Salvatierra, A. Conde, B. Lenis, Stroop effect in Spanish-English bilinguals, *Journal of the International Neuropsychological Society : JINS*, No. 6, Vo. 8, str. 819–827, 2002.
- [61] L. Nadarevic, N. Symeonidou, A. Kias, In *Colore Veritas? Color effects on the speed and accuracy of true/false responses*, *Psychological research*, No. 2, Vol. 86, str. 919–936, 2022.
- [62] S. Soldat, R. C. Sinclair, M. M. Mark, Color as an environmental processing cue: External affective cues can directly affect processing strategy without affecting mood, *Soc. Cogn*, No. 1, Vo. 15, str. 55, 1997.
- [63] N. Kwallek, C M. Lewis, Effects of environmental colour on males and females: a red or white or green office, *Appl. Ergon.* 21, str. 275, 1990.
- [64] B. Bálizs, “Meanings of the Color Yellow and Its Color Associates, Yellow-Black and Yellow-Green.”, *Hungarian Cultural Studies. e-Journal of the American Hungarian Educators Association*, Vo. 14, str 113, 2021.

## SAŽETAK

Otkrićem Stroop efekta, fenomena koji otkriva kako mozak procesira informacije, počeli su se razvijati različiti Stroop testovi. Stroop testovi koriste se za mjerenje brzine procesuiranja riječi, ispitanikove selektivne pažnje, paralelnosti kao i za procjenu ukupnih izvršenih vještina i sposobnosti obrade informacija. Cilj je ovoga diplomskoga rada napraviti web i mobilnu aplikaciju u razvojnom okviru Flutter koja će se temeljiti na dvojezičnom utjecaju jezika u Stroop testu. Aplikacija je izrađena za potrebe provođenja eksperimenta iz dvaju dijelova - u jednom se dijelu istraživao utjecaj hrvatskog kao materinjeg jezika, dok se u drugom istraživao utjecaj engleskog kao stranog jezika. Istraživanje je provedeno kao primarno i opisno, koristeći komparativne i statističke metode za analizu podataka. Aplikacija je testirana na populaciji studenata FERIT-a, a dobrovoljno je sudjelovalo 128 studenata. Aplikacijom se analizirala brzina i točnost odgovora na materinjem i stranom jeziku. Analizom rezultata može se zaključiti da je točnost odgovora na hrvatskom nešto viša u usporedbi s engleskim jezikom, ali nije statistički značajna ( $p = ,6458$ ). Usporedba prosječnog trajanja odgovora pokazuje da su odgovori na engleskom jeziku kraći nego na hrvatskom, što podupire postavljenu hipotezu da će na stranom jeziku trajanje odgovora biti brže nego na materinjem jeziku.

**Ključne riječi:** Flutter, materinji jezik, procesuiranje jezika, strani jezik, Stroop efekt

## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF STROOP EFFECT IN BILINGUAL CONTEXT USING FLUTTER APPLICATION**

Since the discovery of the Stroop effect, a phenomenon that illuminates how brains process information, different types of Stroop tests have been developed. Stroop tests are utilized to measure processing speed, selective attention capacity, parallelism, and overall cognitive executive processing skills and information processing abilities. This master's thesis aims to investigate the bilingual impact on the Stroop test using a newly developed web and mobile application based on the Flutter framework. The application is divided into two parts: one focuses on the impact of Croatian as a native language and the other on the impact of English as a foreign language. The research was conducted as primary and descriptive using comparative and statistical methods for data analysis. The application was tested on a population of 128 FERIT students who voluntarily participated in the research. The speed and accuracy of their responses in both languages were analyzed. The results indicated that the accuracy of responses in Croatian was slightly higher than in English; however, the difference is not statistically significant ( $p = ,6458$ ). The average response time was shorter for English answers compared to the Croatian ones, which supports the hypothesis that response times in a foreign language are faster than in the native language.

**Keywords:** Flutter, foreign language, language processing, native language, Stroop effect



## ŽIVOTOPIS

Katarina Šokčević rođena je 25. studenoga 2000. godine u Vinkovcima. Svoje srednjoškolsko obrazovanje završila je u Gimnaziji Matije Antuna Reljkovića u Vinkovcima, gdje je pohađala opći smjer. Nakon završetka gimnazije, upisala je sveučilišni prijediplomski studij Računarstva na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku. Po završetku prijediplomskog studija, nastavila je svoje obrazovanje na sveučilišnom diplomskom studiju, smjer Programsko inženjerstvo. Tijekom svog sveučilišnog obrazovanja aktivno je sudjelovala u izvannastavnim i izvanfakultetskim aktivnostima, čime je dobila priznanje za izvannastavne aktivnosti kojima je pridonijela ugledu Fakulteta. Jedna je od osnivača novonastale sekcije FERIT esports te ujedno i predsjednica iste.

Aktivno je uključena u rad akademske zajednice kao članica Studentskog zbora i Stegovnog suda za studente. Članica je studentskog sportskog kluba FERITOS i članica Skupštine Studentskog sportskog saveza. U suradnji s doc. dr. sc. Draganom Božić Lenard, izradila je istraživački rad o mišljenju FERIT-ovih studenata vezanih za temu umjetne inteligencije objavljen u časopisu e-mentor (4, 105) te predstavljala rezultate istog na Festivalu znanosti 2024. godine. Sudjelovala je na Europskom dodgeball prvenstvu 2023. godine u Osijeku kao organizatorica i natjecateljica, a 2024. godine sudjelovala je na Svjetskom dodgeball prvenstvu.

---

Potpis autora