

# Sustav za proaktivni auditorni trening

---

**Buljubašić, Matan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*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:200:072889>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-28**

*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**

**Preddiplomski sveučilišni studij Računarstvo**

**SUSTAV ZA PROAKTIVNI AUDITORNI TRENING**

**Završni rad**

**Matan Buljubašić**

**Osijek, 2023.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK****Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju**

Osijek, 02.09.2023.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Prijedlog ocjene završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju**

<b>Ime i prezime Pristupnika:</b>	Matan Buljubašić
<b>Studij, smjer:</b>	Programsko inženjerstvo
<b>Mat. br. Pristupnika, godina upisa:</b>	R4475, 27.07.2020.
<b>OIB Pristupnika:</b>	01596789864
<b>Mentor:</b>	doc. dr. sc. Bruno Zorić
<b>Sumentor:</b>	,
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Naslov završnog rada:</b>	Sustav za proaktivni auditorni trening
<b>Znanstvena grana rada:</b>	<b>Programsko inženjerstvo (zn. polje računarstvo)</b>
<b>Zadatak završnog rad:</b>	U teorijskom dijelu rada potrebno je opisati probleme vezane uz gubitak sluha te proaktivne načine za ublažavanje navedenog problema, s posebnim naglaskom na uporabu tehnoloških rješenja. Predstaviti često korištene vježbe i njihovu implementaciju na računalnim platformama. U praktičnom dijelu rada ostvariti programsko rješenje za ublažavanje gubitka sluha i neurološkog usporavanja ugradniom odabranih vježbi.
<b>Prijedlog ocjene završnog rada:</b>	Izvrstan (5)
<b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b>	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 3 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
<b>Datum prijedloga ocjene od strane mentora:</b>	02.09.2023.
<b>Datum potvrde ocjene od strane Odbora:</b>	24.09.2023.
Potvrda mentora o predaji konačne verzije rada:	<i>Mentor elektronički potpisao predaju konačne verzije.</i>
	Datum:

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

Osijek, 25.09.2023.

Ime i prezime studenta:	Matan Buljubašić
Studij:	Programsko inženjerstvo
Mat. br. studenta, godina upisa:	R4475, 27.07.2020.
Turnitin podudaranje [%]:	3

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Sustav za proaktivni auditorni trening**

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

i sumentora ,

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija. Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Sadržaj završnog rada .....</b>	<b>1</b>
<b>2. AUDITORNI TRENING .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Problemi sluha .....</b>	<b>2</b>
2.1.1. Gubitak sluha .....	2
2.1.2. Poremećaj slušnog procesiranja .....	5
2.1.3. Tinitus .....	6
2.1.4. Hiperakuzija .....	8
<b>2.2. Metode i protokoli auditornog treninga .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3. Tehnologije i alati za auditorni trening .....</b>	<b>11</b>
2.3.1. Pregled računalnih programa za auditorni trening .....	13
2.3.2. Pregled mobilnih aplikacija za auditorni trening .....	16
<b>3. PROGRAMSKO RJEŠENJE ZA AUDITORNI TRENING .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1. Zahtjevi na programsko rješenje .....</b>	<b>19</b>
<b>3.2. Korišteni alati i tehnologije .....</b>	<b>21</b>
3.2.1. Visual Studio Code .....	21
3.2.2. Python .....	21
3.2.3. Tkinter .....	21
3.2.4. Firebase Authentication, Realtime Database i Pyrebase .....	21
3.2.5. Winsound i Pygame .....	22
3.2.6. Pandas i Matplotlib .....	22
<b>3.3. Prikaz načina rada aplikacije .....</b>	<b>22</b>
3.3.1. Prije prvog zaslona .....	22
3.3.2. Zasloni registracije i prijave .....	23
3.3.3. Zasloni za odabir auditornog treninga .....	25
3.3.4. Način prikaza ekrana za trening .....	26
3.3.5. Vježbe za trening frekvencija .....	28
3.3.6. Vježbe za trening slogova .....	29
3.3.7. Vježbe za trening riječi .....	29
3.3.8. Vježbe za trening rečenica .....	30
3.3.9. Ekran za pregled statistike .....	31
<b>3.4. Ispitivanje rada aplikacije .....</b>	<b>32</b>
<b>4. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>34</b>

<b>LITERATURA .....</b>	<b>35</b>
<b>SAŽETAK.....</b>	<b>38</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>39</b>
<b>PRILOZI.....</b>	<b>40</b>

# 1. UVOD

Sluh je jedno od pet ljudskih osjetila, ali ujedno i ono bez kojega je možda i najteže živjeti, uzimajući u obzir da je to način komunikacije s drugima i stjecanja znanja. Prema izvješću WHO-a iz 2021., procjenjuje se da više od 1.5 milijarde ljudi živi s nekom vrstom poteškoće sluha, a da 430 milijuna ljudi treba liječničku pomoć [1]. Ako se ne poduzme ništa u vezi problema sluha, oni mogu imati vrlo negativne posljedice na život, primjerice na psihološko stanje, razvoj jezika i slično. No, postoje sredstva za uklanjanje ili bar ublažavanje posljedica. Slušni aparati odmah pomažu s uklanjanjem simptoma, dok auditorni trening ima postepeni učinak, ali može imati bolji učinak od slušnih aparata. No, ova rješenja nisu lako dostupna svima, stoga se u ovom radu obrađuje izazov stvaranja alata za auditorni trening za osobna računala.

U drugom poglavlju opisane su najčešće poteškoće sluha i kako auditorni trening može pomoći, ako može pomoći, koraci i parametri provođenja auditornog treninga, te koji programi i tehnologije olakšavaju auditorni trening. Treće poglavlje opisuje praktični dio rada, točnije, programsko rješenje za provođenje auditornog treninga, način njegova rada, te koje tehnologije su pomogle u stvaranju aplikacije. Također, u ovom poglavlju su prikazani rezultati ankete vezane za rad aplikacije. Konačno, u zaključku je sažeta ideja rada i izvučene su najbitnije točke.

## 1.1. Sadržaj završnog rada

U teorijskom dijelu rada potrebno je opisati probleme vezane uz gubitak sluha te proaktivne načine za ublažavanje navedenog problema, s posebnim naglaskom na uporabu tehnoloških rješenja. Predstaviti često korištene vježbe i njihovu implementaciju na računalnim platformama. U praktičnom dijelu rada ostvariti programsko rješenje za ublažavanje gubitka sluha i neurološkog usporavanja ugradnjom odabranih vježbi.

## **2. AUDITORNI TRENING**

Prema Henshaw i Fergusonu [2], auditorni trening se definira kao namjerna i sustavna prezentacija zvukova, takvih da ih se slušaoci uče razlikovati. Ova definicija se može shvatiti kao da se auditorni trening odvija samo prilikom specifičnih vježbi, u strogo kontroliranim uvjetima i to samo ako se vježba nekoliko sati dnevno. Međutim, istraživanja su pokazala da čak i prilikom primanja auditornih podražaja, poput različitih frekvencija zvuka, radeći neku drugu aktivnost, poput igranja Tetrisa, doći će do male, ali svejedno mjerljive količine učenja [3]. Stoga, može se reći da auditorni trening prethodi auditornom učenju.

Auditorni trening se uglavnom koristi kako bi se pomoglo osobama s gubitkom sluha, poremećajem slušnog procesiranja i drugim auditornim poteškoćama. Trening se može odrađivati na razne načine, uključujući računalne programe, grupne tečajeve i jedan-na-jedan sastanke. Cilj treninga je poboljšati sposobnost pojedinaca da opažaju i interpretiraju zvukove, što dovodi do boljih vještina komunikacije, akademskog uspjeha i općenito bolje kvalitete života.

### **2.1. Problemi sluha**

Problemi sluha su poteškoće ili izazovi povezani sa slušanjem ili procesiranjem zvuka. Ove poteškoće uzrokuju razni faktori, kao što su genetika, bolest, ozljede i okolišni čimbenici. Problemi sluha utječu na osobu na razne načine, neki od kojih su poteškoće u komunikaciji, što za sobom povlači probleme na poslu, školi i svakodnevnom životu. Prema izvješću WHO-a, svaka peta osoba ima nekakav oblik problema sluha, a predviđa se da će do 2050. svaka četvrta osoba imati poteškoće sa sluhom [1]. U sljedećim poglavljima su detaljno opisani najčešći problemi sluha, a to su: gubitak sluha, poremećaj slušnog procesiranja, tinitus i hiperakuzija. Također, opisane su i mogućnosti primjene auditornog treninga za svaki problem, ako one postoje.

#### **2.1.1. Gubitak sluha**

Za osobu se kaže da pati od gubitka sluha, ako na oba uha ima prag sluha slabiji od 20 dB. Nadalje, gubitak sluha može biti blag, umjeren, težak i potpun, s time da se osobe s potpunim gubitkom sluha smatraju gluhima. Otprilike jedna trećina starijih ljudi boluje od gubitka sluha. Vjerojatnost razvijanja gubitka sluha povećava se s godinama. Gubitak sluha često ne dolazi sam, već je popraćen tinitusom i hiperakuzijom [4]. Tinitus je poremećaj sluha kod kojeg osoba čuje određeni zvuk. Hiperakuzija je problem sluha gdje osoba percipira zvukove glasnije nego što zapravo jesu.

Neki od znakova koji govore da osoba možda pati od gubitka sluha su:



- Teško praćenje razgovora s dvoje ili više osoba
- Često traženje ljudi da ponove što su rekli, jer ih nisu dobro čuli
- Pozadinska buka stvara problem kod razumijevanja govora
- Česta pomisao da drugi ljudi mumljaju

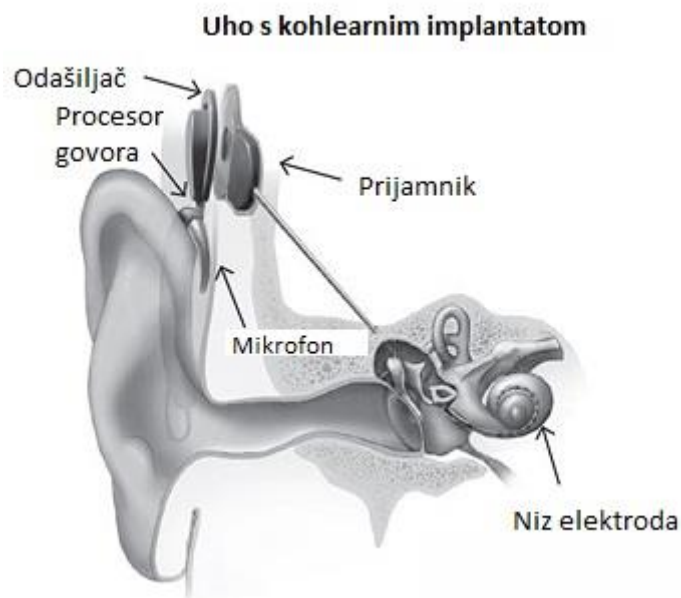
Najčešći uzrok gubitka sluha jesu glasni zvukovi. Slušanje preglasne glazbe, život pored aerodroma ili gradilišta, buka koju proizvode kosilice, su stvari koje mogu oštetiti unutarnje uho i uzrokovati trajni gubitak sluha. Također, nakupljanje ušnog voska može zaustaviti zvukove da uopće dođu do bubnjića. Nadalje, oštećenjem bubnjića prilikom upala, pritiska ili guranja stvari u uho, uvelike se smanjuje prag sluha. Kod starijih ljudi, dijabetes i visok krvni tlak pridonose gubitku sluha.

Posljedice gubitka sluha nisu nimalo zanemarive. Najveći problemi se vide na kognitivnoj i društvenoj razini. Naime, američki državni institut za starenje tvrdi da kod starijih osoba s gubitkom sluha postoji veći rizik od demencije nego kod starijih osoba s normalnim sluhom [5]. Uz to, kognitivne sposobnosti, koje uključuju pamćenje i koncentraciju, opadaju brže kod starije populacije koja pati od nekog oblika gubitka sluha [5]. Što se tiče društvene razine, osobe s otežanim sluhom izbjegavaju interakcije s ljudima, jer ne razumiju što im se govori, pa se zbog toga osjećaju izolirano od društva, usamljeno i mogu patiti od depresije. Ova stanja se dodatno ističu kada osoba sa slabijim sluhom pokušava sudjelovati u grupnom razgovoru, gdje više osoba priča u isto vrijeme, ili u razgovorima gdje postoji veća pozadinska buka. No, nisu samo osobe s gubitkom sluha jedine na koje isto utječe. Naime, takve osobe mogu predstavljati problem i za ljude oko njih, primjerice tijekom vožnje, osoba sa slušnim poteškoćama možda neće čuti znakove upozorenja na vrijeme. Gubitak sluha utječe i na život djece i odraslih osoba. Djeca s gubitkom sluha u državama u razvoju često nemaju pristup za njih prilagođenom obrazovanju. Odrasli ljudi sa slušnim poteškoćama imaju puno veću stopu nezaposlenosti, ali i oni koji jesu zaposleni često rade na poslovima koji su nisko na poslovnoj hijerarhiji.

Pozitivna stvar je što postoje uređaji koju pomažu osobama s gubitkom sluha voditi normalniji život. Nedvojbeno je da slušna pomagala povećavaju korisnikovu sposobnost slušanja i razumijevanja tako što pojačavaju zvukove iz okoline, međutim, dokazano je i da poboljšavaju korisnikove kognitivne sposobnosti. Naime, Yeo B. S. Y. et al. proveli su istraživanje [6] u kojem su pokušali pronaći korelaciju između slušnih pomagala i pada kognitivnih sposobnosti i demencije. Rezultati istraživanja provedenih u tom radu tvrde da su se kod osoba s gubitkom sluha koje su koristile slušna pomagala, opasnosti dugoročnog kognitivnog pada smanjile za 19%.

Nadalje, korištenje pomagala je bitno povezano s poboljšanjem rezultata kognitivnog testa od 3% [6].

Postoje dvije vrste slušnih pomagala: slušni aparat i umjetna pužnica. Slušni aparat je mala elektronička sprava koja se nosi iza uha ili u uhu. Napajaju ih baterije i funkcioniraju tako što se zvuk uhvaćen mikrofonom šalje u pojačalo, koje na kraju vodi u zvučnik i pojačani zvuk se čuje u uhu. Ovim aparatom olakšava se slušanje i razumijevanje ljudi u razgovoru. Druga vrsta slušnog pomagala je umjetna pužnica ili kohlearni implantat. Ovo pomagalo je mala, složena, elektronička sprava koja se koristi kako bi pomogla osobama s teškim oblikom gubitka sluha ili potpunom gluhoćom. Struktura implantata je prikazana na slici 2.1. Implantat se sastoji od vanjskog dijela koji se nalazi iza uha i unutarnjeg dijela koji se kirurški umetne ispod kože. Vanjski dio sadrži mikrofonski sistem koji prikuplja zvukove iz okoline, procesor govora koji odabire i uređuje zvukove koje pokupi mikrofonski sistem, te odašiljač i prijamnik koji primaju signale od procesora govora i pretvaraju ih u električne impulse. Niz elektroda je jedini dio implantata koji je ispod kože i njegova je zadaća da primi impulse koje šalje odašiljač i da ih proširi na različite regije slušnog živca. Dakle, umjetna pužnica ne vraća normalan sluh ljudima s teškim gubitkom sluha ili potpuno gluhim, već zaobilazi oštećene dijelove uha i direktno stimulira slušni živac, dajući im nešto najbliže pravom sluhu u obliku električnih impulsa.



Slika 2.1. Struktura kohlearnog implantata (napravljena po uzoru na [7])

Auditorni trening je jedan od načina kako poboljšati život ljudi koji pate od gubitka sluha. Pomoću treninga se pokušava poboljšati auditorne vještine, kako bi se osnažila sposobnost osobe da prikuplja akustične znakove. U literaturi se razlikuju dvije vrste treninga, sintetički ili odozgo

prema dolje i analitički ili odozdo prema gore [8]. Kod sintetičkog pristupa, osoba se obučava da razumije rečenice time što poboljša sluh ili koristi kontekst razgovora. Analitički pristup ne gleda širu sliku, već se fokusira na razumijevanje pojedinačnih zvukova, fonema i riječi. Obično se koristi kombinacija oba načina.

Iako su istraživanja potvrdila da auditorni trening potiče napredak u razumijevanju govora [2], procjenjuje se da samo 10% audiologa preporuča auditorni trening svojim pacijentima [9]. Glavni razlog tome je nedovoljna količina istraživanja koja postoji o toj temi [2]. Henshaw i Ferguson su uvidjeli da postoji značajan napredak u auditornim procesima koji se razvijaju treningom, te da se događa prijenos učenja, odnosno da se vježbanjem jednog procesa poboljšava i drugi proces koji nije treniran, ali da je taj prijenos učenja premalen [2]. Također, ocijenili su dosadašnja istraživanja vrlo niskom do umjerenom ocjenom. Stoga, zaključuju da ne postoji dovoljno kvalitetnih dokaza koji pokazuju učinkovitost auditornog treninga na ljudima s gubitkom sluha.

### **2.1.2. Poremećaj slušnog procesiranja**

Poremećaj slušnog procesiranja (PSP), poznat kao i centralni poremećaj slušnog procesiranja, je problem sluha koji uglavnom zahvaća djecu, ali se može pojaviti i u odrasloj dobi. PSP je rijedak i slabo shvaćen problem. PSP se odnosi na disfunkciju središnjeg auditornog živčanog sustava, koji je ključan dio kod razumijevanja auditornih informacija. Negativnim utjecajem na središnji auditorni živčani sustav, PSP usporava razvoj vještina u kojima uspješno slušanje ima bitnu ulogu, kao što su učenje jezika, razgovor i praćenje nastave [10]. Uzrok PSP-a nije poznat, ali može biti povezan s ozljedama glave, prijevremenim rođenjem, genetikom i bolestima, kao što su kronične upale uha, meningitis ili trovanje olovom.

PSP ometa proces centralnog slušnog procesiranja i time uzrokuje [11]:

- Poteškoće u pronalaženju izvora zvukova
- Poteškoće u razumijevanju govora u bučnim okolinama ili kada su riječi izgovorene brzo
- Dulje vrijeme potrebno za odgovor u komunikaciji
- Neprimjereno ili nedosljedno odgovaranje
- Slab raspon pažnje i lako ometanje
- Poteškoće prilikom čitanja, sricanja i učenja
- Nemogućnost da se prate složene upute

Kod testiranja za prisutnost PSP-a, osobe se zamole da slušaju govor s pozadinskom bukom, primijete male promjene u zvukovima, to jest, pokažu da nemaju problema s diskriminacijom

zvukova, ili kompleksnije, navedeno se provodi mjerenjem reakcija mozga na zvuk pomoću elektroda.

PSP nije problem sluha. Dapače, osobe s PSP-om obično imaju normalan sluh. Problem se nalazi u procesiranju tih zvukova, odnosno mozak osobe s PSP-om „ne čuje“ zvukove na uobičajen način. Iako PSP nije problem sluha, naveden je zato što se njegova štetnost može suzbiti auditornim treningom.

Kod osoba s PSP-om, auditornim treningom se pokušava minimizirati ili ukloniti disfunkcija u auditornom procesiranju. Weihing et al. su proveli pregled istraživanja primjene auditornog treninga kod osoba s PSP-om [10]. Zaključili su da se auditorni trening fokusira na jedan ili više auditornih procesa koji su manjkavi kod pacijenta, koji uključuju vremenske procese, dihوتيčno procesiranje, percepciju monotički prezentiranih signala niske redundantnosti i binauralnu interakciju. Vremenski procesi su bitni za percepciju promjene signala u vremenu. Dihوتيčno procesiranje se događa kada se svakom uhu istovremeno puštaju različiti zvukovi. Percepcija monotički prezentiranih signala niske redundantnosti jest puštanje ljudskog govora samo jednom uhu, ali uz primjenu raznih filtera kao što je dodavanje buke. Binauralna interakcija jest korištenje zvukova kako bi se locirao predmet u prostoru. Također, ustvrdili su da je za uspješnu primjenu auditornog treninga potrebno imati prikladan raspored treninga, težinu zadataka koja se prilagođava razini uspjeha i održavanje motivacije pacijenta. Kod rasporeda treninga, ustanovljeno je da se najbolji rezultati očituju u kraćim treninzima raspoređenim na više dana [12]. Težina zadataka se mora prilagođavati točnosti rješavanja. Drugim riječima, Weihing et al. preporučuju da točnost zadataka treba biti 30-70% [10]. Ako je lošija od 30%, potrebno je olakšati zadatak, a otežati ga ako je veća od 70%. Iako istraživanja pokazuju da se efekti treninga pokazuju i prilikom nemogućih zadataka, to jest kada je točnost približna 0% [3], ne preporuča se ovaj pristup, jer se riskira demotivacija pacijenta. Suprotno tome, motivacija pacijenta se održava objašnjavanjem razloga i ciljeva auditornog treninga, davanjem pozitivne povratne informacije i zadržavanjem pozornosti pacijenta time što su zadaci dovoljno zahtjevni. No, treba pronaći idealnu količinu pozitivne povratne informacije. Pozitivna povratna informacija ne pridonosi učenju kada je uopće nema ili kada je ima previše, primjerice na 90% zadataka [10].

### **2.1.3. Tinitus**

Tinitus je problem sluha koji se odnosi na percepciju zvuka kojeg zahvaćena osoba čuje, odnosno nema vanjski izvor. Postoji i objektivni tinitus koji nastaje uslijed aneurizme i njega mogu čuti osobe u blizini zahvaćene osobe, dakle ovaj oblik tinitusa ima vanjski izvor, ali to je puno rjeđa

varijanta i nadalje će se opisivati subjektivni tinitus. Velika većina ljudi ima vrlo blagi oblik tinitusa koji se najbolje očituje pri potpuno tihoj sobi, ali kod ozbiljnijih oblika, tinitus ometa slušanje i koncentraciju. Tinitus je poprilično čest problem, procjenjuje se da 10-15% odraslih ljudi pati od njega, ali ozbiljne poteškoće u svakodnevnom životu ima 1-2% ljudi [13].

Kao i kod PSP-a, precizni uzroci tinitusa nisu poznati, ali moguće poveznice s tinitusom su izloženost glasnim zvukovima, nuspojava lijekova, upala uha i ozljeda glave ili vrata. Jedna od najvećih poveznica s tinitusom je gubitak sluha. Kod gubitka sluha, najveći utjecaj na život osobe ima smanjenje razine decibela koje može čuti, a odmah poslije toga dolazi tinitus. Često se osobe s gubitkom sluha žale na zvukove u ušima, koji dodatno otežavaju normalnu percepciju govora ili zvukova iz okoline. Očito je da su tinitus i gubitak sluha usko povezani, što dodatno potvrđuje podatak da je tinitus češći kod djece s gubitkom sluha nego kod djece s normalnim sluhom [14]. Čak je i ugodnije imati gubitak sluha i tinitus, nego samo tinitus, jer „uz pomoć“ gubitka sluha, tinitus nema toliki utjecaj na ljude i time je manja anksioznost osobe s tinitusom [15].

Zvuk koji osoba čuje poprilično varira od osobe do osobe. Zvukovi mogu biti različite glasnoće, pa i različite frekvencije. Vrijeme percepcije zvuka također varira, odnosno može biti prisutan cijelo vrijeme ili samo ponekad. Osobe zahvaćene tinitusom žale se na razne vrste zvukova koje čuju. Neki od primjera su zvonjava, zujanje, rikanje, zviždanje, škljocanje i pištanje. Ovi problemi dovode do mnogih poteškoća u svakodnevnom životu. Naime, Kentish et al su proveli istraživanje nad malim uzorkom od 24 djece dobi između 7 i 17 godina koji su bili poslani u kliniku zbog psiholoških posljedica tinitusa. Glavni psihološki faktori povezani s tinitusom su nesanica, emocionalni stres, te poteškoće sa slušanjem i pažnjom [15].

Za sve oboljele postoji šansa da će tinitus oslabiti ili da će čak u potpunosti nestati, no postoji šansa i da će se s vremenom pogoršati. Međutim, postoje i tehnike koje ublažavaju posljedice tinitusa. Iako stres nije uzrok tinitusa, on ga može pogoršati, stoga se preporuča smanjenje stresa odgovarajućim tehnikama. Slično tome, tinitus ometa normalan san, što dovodi do stresa, zato se savjetuje da se maksimizira mogućnost kvalitetnog sna. Maskiranje je još jedan način suzbijanja posljedica tinitusa. U suštini, kada tijelo čuje isti zvuk koji proizvodi tinitus iz nekakvog vanjskog izvora, to ublažava simptome. Postoji više vrsta maskiranja, a one su puštanje istog zvuka, puštanje izmijenjenog zvuka, puštanje glazbe koja ne sadrži zvuk tinitusa i puštanje bijelog šuma ili sličnih ugodnih zvukova [16]. Postoji i terapija ponovnog treniranja tinitusa (engl. *tinnitus retraining therapy*) koja je kombinacija savjetovanja i auditorne terapije. Pacijenta se educira o auditornom sustavu i objašnjava se kako dolazi do tinitusa, te se pomoću zvučnih pomagala postiže djelomično

maskiranje tinitusa. Phillips i McFerran su zaključili da je ovaj oblik terapije učinkovitiji nego zasebno maskiranje [17]. Posljednje, testirana je i učinkovitost auditornog treninga na smanjenje simptoma tinitusa.

Hoare et al. su obavili pregled radova koji se bave umanjivanjem posljedica tinitusa pomoću auditornog treninga [18]. Konkretno, pregledali su 10 radova o navedenoj temi i 9 od 10 radova pokazuje da razina smetnje koju uzrokuje tinitus opada uz auditorni trening. Polovica istraživanja rabila je zadatak diskriminacije frekvencija, što znači da se sudioniku pusti ton određene frekvencije, a njegov je zadatak da prepozna je li frekvencija identična onoj tinitusa. Dva rada su koristila vježbe auditorne diskriminacije gdje su morali razlikovati razne zvukove uz dodanu smetnju bijelog šuma. Dva rada su sudionicima puštala identične zvukove tinitusa i postupno smanjivali razinu glasnoće zvuka. Sudionici su se morali koncentrirati na slabiji zvuk dok se stvarni tinitus ne izjednači s umjetnim zvukom. Samo jedan rad je koristio vježbe identifikacije i lokalizacije auditornih objekata s pozadinskom bukom. Primjerice, sudionik je morao prepoznati da mu se pušta mijaukanje mačke u lijevo uho. No, Hoare et al. su ustanovili da je 8 od 10 radova niske kvalitete, dok su ostali umjerenе kvalitete [18]. Pod time se misli da provedena istraživanja nisu bila dovoljno kontrolirana, nasumična, te da su potrebna istraživanja koja će proizvesti nepristrane i generalizirane rezultate visoke kvalitete. Shodno tome, ne može se sa sigurnošću reći da auditorni trening ima bitan utjecaj na tinitus.

#### **2.1.4. Hiperakuzija**

Hiperakuzija je poremećaj u percepciji glasnoće zvukova. Osobama koje boluju od hiperakuzije svakodnevni zvukovi se čine glasniji nego što bi trebali biti i imaju nisku toleranciju na glasnoću. Nadalje, osobe koje pate od hiperakuzije opisuju svoje iskustvo s pretjerano glasnom percepcijom zvuka kao bolno i neugodno, a zna biti i zastrašujuće kada se određeni glasni zvuk pojavi nenadano. Zvukovi koji smetaju ljudima uključuju zveckanje novčića, lajanje psa i buka usisavača. Hiperakuzija može biti prisutna na jednom uhu ili oba uha istovremeno. Rasprostranjenost hiperakuzije varira od 3% do 17% u 25 provedenih istraživanja [14]. Teško je odrediti točnu rasprostranjenost hiperakuzije, budući da ne postoji konkretan način kako ju identificirati, već se pomoću specifične skupine pitanja pokušava dokučiti pati li osoba od hiperakuzije.

Ne zna se točno što prethodi hiperakuziji, ali najčešće je ona rezultat prevelike izloženosti buci. Naime, istraživanja su pokazala da profesionalni glazbenici imaju veće šanse razviti hiperakuziju, s dodatnim naglaskom na *pop/rock* glazbenike koji su izloženi dužim periodima glasnog zvuka [19]. No, prilikom viševarijantne analize 850 sudionika nije nađena bitna korelacija između gubitka

sluha i hiperakuzije. Stoga, Coey i De Jesus zaključuju da se hiperakuzija često pojavljuje zajedno s gubitkom sluha, ali nije ključna u razvoju gubitka sluha [20]. Tinitus se također nerijetko pojavljuje uz hiperakuziju. Štoviše, u radu Anari et al. 100 pacijenata s poviješću hiperosjetljivosti na zvukove je bilo ispitano, te je pronađeno da je čak 86% pacijenata imalo tinitus uz hiperosjetljivost, odnosno hiperakuziju [21]. Međutim, obrnuto nije istina. Samo 30-40% ljudi koji pate od tinitusa pokazuju znakove hiperakuzije [22].

Razina neugode glasnoće (engl. *loudness discomfort level*) je mjera koja pokazuje pri kojoj glasnoći zvuka, zvuk postaje neugodno glasan, te se mjeri u decibelima. Istraživanja su pokazala da je razina neugode glasnoće kod pacijenata s hiperakuzijom oko 80 dB do 90 dB, dok je kod prosječne osobe ta razina na 100 dB [21][22]. No, neugoda nije jedini rezultat hiperakuzije prema Tyler et al [19]. Naime, kod osoba s hiperakuzijom, oni dijele reakcije na zvukove u četiri kategorije: pretjerana glasnoća, smetnja, strah i bol [19]. Pretjerana glasnoća je kada se zvukovi umjerene jačine doživljavaju kao neugodno glasni. Hiperakuzija koja izaziva smetnje kod ljudi najčešće se pojavljuje u obliku razdražljivosti ili anksioznosti. Hiperakuzija popraćena strahom uzrokuje izbjegavanje drugih ljudi i vanjskog svijeta. Naposljetku, postoji i bolna hiperakuzija koja se opisuje kao probadajuća bol unutar uha.

Vrste tretmana za hiperakuziju se mogu podijeliti na one koji ublažuju fizičke simptome i one koji pomažu kod reakcije na hiperakuziju, to jest psihičke probleme. Kognitivno-bihevioralna terapija nudi tehnike kojima se kontrolira emocionalna reakcija na zvukove i time smanjuje razina neugode glasnoće i ozbiljnost hiperakuzije [23]. Kao i kod tinitusa, postoji mogućnost terapije ponovnog treniranja tinitusa. Nema auditornog treninga koji može pomoći kod hiperakuzije.

## **2.2. Metode i protokoli auditornog treninga**

Parametri auditornog treninga, kao što su dnevno trajanje treninga, vježbe koje se koriste i učestalost treninga, nisu točno određeni, budući da istraživanja o učinkovitosti auditornog treninga nisu dovoljno kvalitetna, stoga svako istraživanje ima svoje parametre [2]. U radovima o ovoj temi, dnevno vrijeme treninga je trajalo od 30 minuta do 2 sata, a sveukupno trajanje treninga je bilo u rasponu od 4 dana do 3 mjeseca [2].

Prethodno spomenuti analitički i sintetički načini treniranja su prisutni u raznim istraživanjima. Neka istraživanja su koristila analitički način, odnosno sudionici su vježbali prepoznavanje djelića razgovora kao što su fonemi, dok su druga istraživanja koristila sintetički pristup treningu, to jest fokusirali su se na percepciju riječi, znamenki i rečenica. Posljednje, postojala su istraživanja koja su koristila kombinaciju ova dva pristupa [2]. Iz pregleda efikasnosti auditornog treninga Sweetow

i Palmer iz 2005. vidljivo je da istraživanja pokazuju da sintetički pristup pomaže kod razumijevanja govora, posebno prilikom utjecaja buke [24]. S druge strane, analitički pristup nije dovoljno kvalitetno istražen, stoga još postoje nedoumice oko njegove učinkovitosti, ali ne može odmoći ako je uključen u program auditornog treninga. Primjeri zadataka kod analitičkog pristupa su diskriminacija frekvencije i prepoznavanje jednosložnih riječi uz utjecaj buke. Sintetički pristup se fokusira na percepciju većih rečeničnih dijelova, pa tako zadaci mogu biti prepoznavanje rečenice ili riječi uz utjecaj buke.

Auditorni trening se može primjenjivati na formalan i na neformalan način. Glavna razlika između ova dva načina je razina kontrole nad poticajima i okolinom, te vrste poticaja koji se koriste [6]. Poželjno je da se koristi formalni trening, a da se neformalni trening koristi samo kada apsolutno nije moguće drugačije.

Kod formalnog treninga, svaki zadatak se radi u kontroliranim uvjetima. Auditorni poticaji se puštaju pacijentima putem računala kako bi ostali dosljedni preko više treninga i kako bi se znali točni parametri poticaja, primjerice razina decibela, frekvencija zvuka ili omjer zvuka i buke. Također, može se koristiti zvučna kabina kako bi se smanjio utjecaj zvukova iz okoline na kvalitetu treninga. Još jedna karakteristika formalnog treninga je prethodno spomenuto prilagođavanje težine zadataka ovisno o uspješnosti njihovog rješavanja.

Za razliku od formalnog treninga, neformalni trening nije toliko ovisan o kontroli nad poticajima. Naime, neformalni trening koristi poticaje koji se izvode uživo, pred pacijentom. Takvim načinom rada se ne mogu precizno odrediti značajke poticaja, stoga neformalni trening otežava evaluaciju napretka pacijenta. Kod neformalnog treninga također postoji mogućnost prilagođavanja težine zadatka, ali budući da je evaluacija napretka otežana, otežano je i određivanje trenutka kada treba otežati, odnosno olakšati, zadatak koji pacijent rješava. Dodatno, bez uporabe zvučne kabine, rezultati su osjetljivi na okolne zvukove.

Za procjenu rezultata koriste se razne metrike i testovi. Neki od korištenih testova za metrike su testovi razumijevanja govora, testovi kognitivne sposobnosti, te ankete koje pacijent sam ispunjava. Jedan od primjera testova razumijevanja govora jest test slušanja u buci (engl. *The Hearing in Noise Test*). Ovaj test se sastoji od 250 rečenica koje se dijele na 25 nizova. Također, test je adaptivan, u smislu da se za svaku točno identificiranu rečenicu smanjuje glasnoća govora, a za svaku netočno identificiranu rečenicu se povećava glasnoća govora. Razina buke ostaje konstantna. Ovaj test bi se trebao izvesti tako da 8 ljudi napravi krug oko pacijenta, promjera 1



metra. Osoba direktno ispred pacijenta izgovara rečenice, dok ostalih 7 ljudi stvara pozadinsku buku [25].

Primjer testa kognitivne sposobnosti je Stroop test [26]. Stroop test boja i riječi (engl. *Stroop Color and Word Test*) je neuropsihološki test koji procjenjuje sposobnost sprječavanja kognitivnih smetnji. Kognitivne smetnje se pojavljuju kada procesiranje jedne značajke određenog poticaja ometa procesiranje različite značajke istog poticaja. Najčešći oblik ovog testa je čitanje određene tablice riječi što brže moguće. Naime, tablica sadrži imena boja, ali imena boja su napisana različitom bojom od one koje piše. Primjerice, riječ „plava“ je napisana žutom bojom. Od sudionika se zahtijeva da izgovore boju kojom je riječ napisana. Ovim zadatkom sudionici moraju obaviti manje automatiziran zadatak, to jest imenovanje boje, dok suzbijaju smetnju koja dolazi od više automatiziranijeg zadatka, odnosno čitanje riječi.

Zadnja mjera korištena u pregledu napretka auditornog stanja osobe jest anketa koju osoba sama ispunjava. U radu Gil i Iorio [27], korišten je APHAB [28]. APHAB je anketa o svakodnevnim problemima i problemima u komunikaciji s kojima se pacijent susreće, te sadrži 24 situacije kojima pacijent treba odrediti učestalost događanja. Primjer jedne situacije je „Imam poteškoća s praćenjem razgovora s članom obitelji kod kuće“. Na svaku situaciju pacijent treba dati dva odgovora: učestalost situacije sa i bez slušnog pomagala. Odgovor se daje na ljestvici od „A“ do „G“, gdje „A“ znači „uvijek“ (99%), a „G“ znači „nikad“ (1%). Obično se ova anketa koristi za određivanje koristi slušnog pomagala, ali kod Gil i Iorio [27] pacijenti su riješili APHAB prije i nakon završetka programa auditornog treninga. Rezultati su pokazali kako su osobe nakon kraja auditornog treninga imali manje poteškoća s sluhom. APHAB vraća rezultate za četiri kategorije: lakoća komunikacije, utjecaj pozadinske buke, utjecaj jeke, nesklonost zvukovima. Za konačne rezultate se uzima prosjek učestalosti svake situacije bez slušnog pomagala i oduzima se od prosjeka učestalost svake situacije sa slušnim pomagalom.

Još jedna evaluacija koja se ne pojavljuje u normalnom auditornom treningu, ali je prisutna u istraživanjima je elektrofiziološka evaluacija. Ona se obavlja mjerenjem moždane aktivnosti uz auditorne poticaje. Elektrode se stavljaju na uši, čelo te na tjeme. Pacijente se zamoli da leže mirno sa zatvorenim očima i da u sebi broje jedinstvene auditorne poticaje [27].

### **2.3. Tehnologije i alati za auditorni trening**

U prošlosti, veliki razlog zašto je tako malo audiologa preporučalo auditorni trening je bila prevelika potrošnja vremena i novca. No, s pojavom lako dostupnih računala, a u novije vrijeme i lako dostupnih mobilnih uređaja, ti problemi su uglavnom nestali. Od 90-ih godina prošlog

stoljeća, počeo se pojavljivati računalno-orijentirani auditorni trening (ROAT) (engl. *computer-based auditory training*). Ovakav način treninga je vratio zanimanje za auditorni trening kao ispomoc kod ljudi s gubitkom sluha. Sweetow i Palmer navode nekoliko kriterija koje dobra aplikacija za auditorni trening mora ispunjavati [24].

Prvenstveno, program mora biti isplativ, praktičan i lako dostupan. Ovo se postiže time što je ROAT dostupan svakome s mobilnim uređajem ili računalom koje ima pristup Internetu. Prema podacima međunarodne telekomunikacijske unije iz 2021., 63% ljudi na svijetu su korisnici Interneta, dakle većina ljudi na svijetu ima pristup Internetu, a pri promatranju samo razvijenog dijela svijeta, tada taj postotak raste na 90% [29]. Stoga, svatko s pristupom Internetu može provoditi auditorni trening u udobnosti svog doma. Ranije, dok je auditorni trening bio dostupan samo pri susretu s audiologom, to je predstavljalo problem osobama u ruralnim područjima ili osobama s ograničenim pristupom objektima gdje se takav trening događa [30]. Također, postojala je i slaba naknada troškova od države za takav trening, pa su pacijenti plaćali većinu troškova iz svog džepa [30]. Nasreću, u današnje vrijeme ROAT programi i aplikaciju su dostupni nekoliko klikova.

Ostale značajke ROAT-a koje su bitne kod iskustva korisnika su zabava, lakoća i povratne informacije o uspjehu. Prethodno su se opisale karakteristike prilagodljive težine i optimalne frekvencije pozitivne povratne informacije, ali i zabava korisnika je isto ključan faktor, posebice s mlađom populacijom. Često se ROAT programi djeci prezentiraju u obliku videoigara primjerenih za njihovu dob kako bi im se zadržala pažnja, kao što je prikazano na slici 2.2. [10]. S odraslim ljudima se također može koristiti koncept videoigre, ali uz ozbiljniju prezentaciju. Dokazano je da elementi videoigara integrirani u auditorni trening rezultiraju većom uključenosti korisnika [31], shodno tome možda se i rezultati treninga poboljšaju.



Slika 2.2. Primjer programa za auditorni trening u obliku videoigre [32]

Iako je jedna od velikih prednosti ROAT-a odsutnost potrebe za audiologom, ROAT programi nude opcije audiolozima za nadzor svojih pacijenata. Neke ROAT aplikacije korisnicima nude mogućnost da se registriraju, te da se njihove metrike šalju na server, koji njihove podatke prikazuje njihovom audiologu.

Zadnji uvjet koji Sweetow i Palmer predlažu jest da ROAT mora sadržavati i sintetički i analitički pristup. Budući da su ovo rješenja za ROAT, to jest apliciraju se pomoću digitalnih uređaja, vrlo je lako izvesti formalni trening. Frekvencije zvukova, odnos signala i buke, izgovor riječi, to su sve svojstva auditornih poticaja koja ostaju konstantna kroz cijeli trening. Mogući problem može biti kod glasnoće i jasnoće zvuka, jer ipak nemaju svi ljudi identične zvučnike, slušalice ili mobilne uređaje.

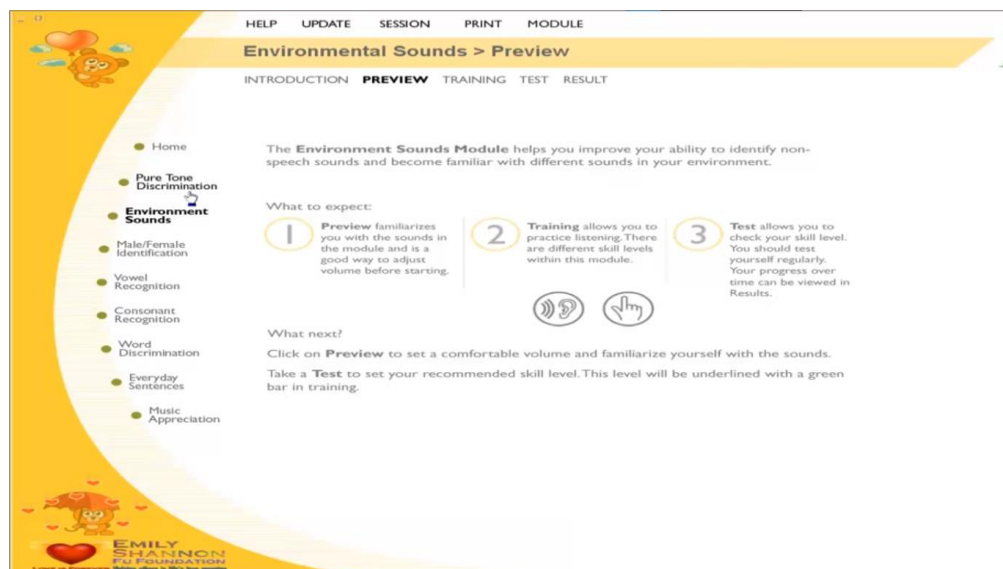
### 2.3.1. Pregled računalnih programa za auditorni trening

#### Angel Sound

Angel Sound je besplatan računalni program za ROAT. Razvio ga je TigerSpeech Technology i besplatno ga distribuira zaklada Emily Shannon Fu. Angel Sound postoji kao i mobilna aplikacija, ali dok računalna verzija sadrži preko 10,000 auditornih poticaja, mobilna verzija sadrži puno manje, tek oko 2000. Stoga se ovdje obrađuje samo računalni program, budući da je kompletnija verzija. Angel Sound može pomoći osobama s obje vrste slušnih pomagala i osobama s PSP-om. Mnoga istraživanja su napravljena koristeći Angel Sound, stoga iskače kao znanstveno dokazani alat [33]. Cilj ovog programa je vježbanje razlikovanja i identificiranja zvukova i govornih komponenti kroz niz vježbi koje pokrivaju različite auditorne procese. Može se koristiti na

različitim jezicima, koji uključuju engleski, kineski i japanski. Nadalje, nudi kombinacije različitih zvučnih poticaja i raznih okruženja za slušanje. Također omogućava spajanje na udaljeni server, te sinkronizaciju podataka o treniranju.

Program nudi 9 različitih modula. Moduli programa su: osnovni, razgovor u buci, telefonski razgovor, prepoznavanje melodija za korisnike kohlearnih implantata, prepoznavanje raznih fonema, glazbeni trening, identifikacija malih akustičkih promjena i testiranje funkcionalnog slušanja. Svaki modul nudi nekoliko različitih vježbi vezanih za određenu kategoriju. Primjerice, modul za razgovor u buci sadrži vježbe za prepoznavanje samoglasnika, suglasnika, brojeva i rečenica uz utjecaj buke. Svaka vježba sadrži prozore za pregled, trening, test kao što se vidi na slici 2.3. Preporuča se da se prvo obavi test. Kada se odradi test određene vježbe, program prikaže rezultat testa i predloži na kojoj razini bi korisnik trebao nastaviti vježbati. Na prozoru za pregled, korisnik može pregledati sve zvukove koji se koriste u određenoj vježbi i prilagoditi glasnoću zvučnika za vježbu. Trening prozor omogućuje vježbanje određenog zadatka. Nakon svakog točno riješenog zadatka, program daje pozitivnu povratnu informaciju, što je već utvrđeno da nije idealno. Nakon krivo riješenog zadatka nema povratne informacije, ali program pokaže točno rješenje te nekoliko puta ponovi odabranu opciju i točan odabir, kako bi se mogla čuti razlika. Trening nudi više razina težine. Preporuča se češće obavljati testove, kako bi vježbali na prikladnoj razini. Prema preporuci proizvođača, trebalo bi se vježbati pola sata do jedan sat dnevno, 5 dana dnevno, najmanje mjesec dana.



Slika 2.3. Snimka zaslona Angel Sound programa

Velika prednost Angel Sounda su razne mogućnosti prilagođavanja. Moguće je podešavati vrstu i jačinu buke, te jačinu signala odvojeno. Može se prilagoditi brzina pričanja ili visina tona. Postoji mogućnost korištenja uvezene glazbe ili zvukova kao buku. Nadalje, Angel Sound omogućava fokusiranje na problem prepoznavanja određenih riječi. Primjerice, ako korisnik ima poteškoće s raspoznavanjem zadnjeg suglasnika u riječi, mogu se isključiti sve ostale riječi i vježbati samo one koje korisnik treba. Postoje i postavke za osobe s vizualnim poteškoćama. Mogu se modificirati boje, fontovi i raspored stvari na ekranu.

### **Listening and Communication Enhancement**

Listening and Communication Enhancement (LACE) je računalni program za ROAT namijenjen za kućnu primjenu. Kao i prethodno spomenuti program, LACE je nastao nakon pomnog istraživanja [34]. Za razliku od ostalih rješenja za ROAT koja su pregledana ovdje, LACE nije besplatan, već košta najmanje 100 funti. Poboljšava vještine slušanja i komunikacije pomoću prikladnih strategija i vježbi. Slično kao i kod Angel Sounda, preporuča se korištenje aplikacije pola sata dnevno, 5 dana tjedno u periodu od 4 tjedna. No, za razliku od Angel Sounda, ne nudi ni približno toliko mogućnosti podešavanja, niti vježbi. LACE nudi 5 kategorija vježbi i strategija.

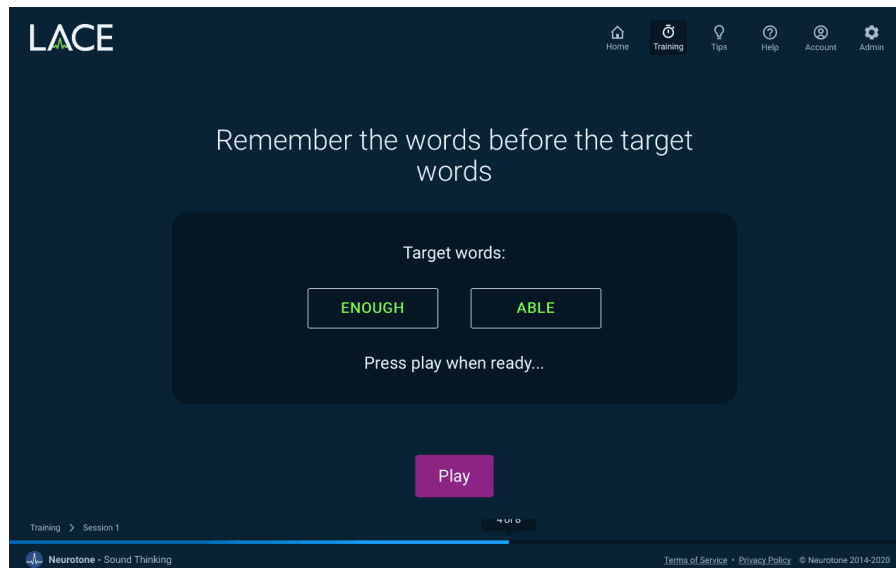
Prva kategorija je prepoznavanje govora u glasnim okruženjima. Prilikom ove vježbe, jedna osoba izgovara rečenicu, dok se u pozadini čuju nepovezani razgovori. Nakon što korisnik čuje rečenicu, program ju prikaže i pita korisnika je li uspješno razumio svaku riječ u rečenici. Ova vježba koristi adaptivnu težinu, tako da će glasnoća pozadinskog razgovora rasti, odnosno smanjivati, sukladno uspjehu korisnika.

Sljedeća kategorija se fokusira na brzi govor. Budući da brz govor predstavlja veliki problem osobama s gubitkom sluha, ova vježba može biti od velike pomoći. Procedura vježbe je slična prethodnoj. Govornik kaže rečenicu, korisnik odgovori je li uspio razumjeti svaku riječ i brzina govora se skalira ovisno o uspjehu.

Iduća kategorija bori se s problemom fokusiranja na jedan od više glasova. Ova vježba se obavlja tako što se korisniku predstave dvije rečenice u isto vrijeme, ali ih izgovaraju različite osobe. Govornik može biti muško, žensko ili dijete. Na ekranu će pisati na koji glas korisnik treba obratiti pozornost. S obzirom na uspjeh, program može utišati ili pojačati drugi glas.

Naredna vježba se koncentrira na kombinaciju pamćenja i slušanja. Ovim putem se korisniku trenira auditorno pamćenje i pomaže mu popuniti praznine u rečenici kada ne uspiju razumjeti sve riječi. Korisniku se prikaže određena riječ, te mu se pusti rečenica koja sadrži tu riječ. Njegov

zadatak je da točno identificira riječ koja prethodi pokazanoj riječi. S većim uspjehom se povećava broj riječi koje se moraju upamtiti i broj rečenica koje korisnik mora poslušati, to jest mora dulje pamtiti riječi. Primjer ove vježbe se nalazi na slici 2.4.



Slika 2.4. Snimka zaslona LACE programa

Zadnja kategorija nije vježba, već skupina komunikacijskih savjeta i strategija. LACE nudi više od 100 savjeta i strategija koje pomažu korisnicima kako izvući najviše iz trenutnih sposobnosti.

### 2.3.2. Pregled mobilnih aplikacija za auditorni trening

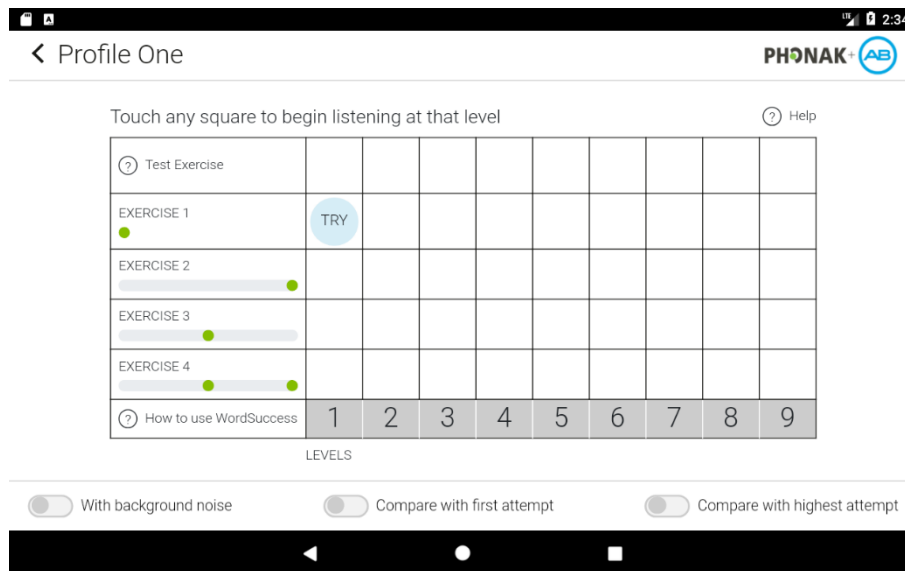
#### WordSuccess

WordSuccess je besplatna mobilna aplikacija za odrasle ljude koji koriste slušna pomagala. Ova aplikacija, koju je razvila tvrtka Advanced Bionics, je namijenjena za bolje razumijevanje riječi u govoru. To se postiže jedinom vrstom vježbe koja se nalazi u aplikaciji, a to je diskriminacija riječi.

Na početku, aplikacija zahtijeva registraciju, potom se mogu napraviti korisnički profili, kako bi više korisnika moglo vježbati na istom uređaju i imati odvojeno praćenje uspjeha. Nakon što je odabran profil, polaže se test koji određuje na kojoj razini težine korisnik počinje. Aplikacija nudi preko 2300 snimljenih riječi. No, riječi u nekim slučajevima nisu ni potrebne, jer aplikacija nudi i vježbanje s prijateljem ili članom obitelji.

Iako postoji samo jedna vrsta vježbe, postoje 4 varijacije na temu. U svakoj verziji korisnik mora prepoznati izrečenu riječ u izboru od nekolicine riječi. Ono što se razlikuje kod svake varijacije, jest položaj riječi u rečenici. U prvoj varijaciji riječ je izgovorena sama, zatim se u sljedećoj

varijaciji riječ nalazi na kraju rečenice. Kod predzadnje verzije riječ se nalazi sredini rečenice, a na kraju korisnik mora prepoznati dvije riječi, jednu u sredini i jednu na kraju rečenice. Svaka od ovih varijacija ima 9 razina težine. U ovom slučaju, težina se odnosi na sličnost prikazanih riječi. U svakom trenutku može se dodati buka, kako bi se dodatno otežao zadatak. Izbor vježbe i težine je prikazan na slici 2.5.



Slika 2.5. Snimka zaslona WordSuccess programa

Praćenje uspjeha je vrlo osnovno. Aplikacija pokazuje najbolji uspjeh na svakoj vježbi, a prije početka vježbe može se omogućiti da prilikom trajanja vježbe, prikaže uspjeh prvog pokušaja ili uspjeh najboljeg pokušaja.

## Speech Banana

Speech Banana je program za ROAT koji postoji i kao mobilna aplikacija i kao mrežna aplikacija. Obje aplikacije su identične. Aplikacija je nastala kao projekt na Johns Hopkins sveučilištu. Cilj projekta je da se korisnicima slušnih pomagala ponudi lako dostupan auditorni trening koji se kvalitetom može mjeriti s jedan-na-jedan sastancima.

Aplikacija sadrži 38 različitih vježbi. Vježbe su raspoređene u 7 lekcija i poredane po zahtjevnosti. Svaka vježba radi na istom principu. U svakoj vježbi postoji nekoliko desetaka riječi povezanih nekom logikom. Korisnik može stisnuti na riječ i glas će izgovoriti tu riječ, što je i prikazano na slici 2.6. Kada je korisnik spreman, može prijeći na testni dio vježbe. U testnom dijelu, glas izgovori rečenicu sastavljenu od proučenih riječi, a korisnik mora napisati cijelu rečenicu. Kao što je rečeno, vježbe se sastoje od logički povezanih riječi i poredane su po težini. Primjera radi, prva

vježba sadrži riječi koje opisuju objekte i boje, dok se zadnja vježba fokusira na riječi koje sadrže slog „ng“ kao u riječi *king*.



Slika 2.6. Snimka zaslona SpeechBanana aplikacije

Kao i kod LACE-a, mogućnosti prilagođavanja su minimalne. Moguće je jedino birati između muškog i ženskog govornika, te podešavati razinu pozadinske buke. Za pristup aplikaciji, ona zahtijeva registriranje ili prijavu s Google računom. Time omogućuje korisnicima praćenje svog napretka kroz vrijeme. Korisnik može vidjeti svoj napredak u svakoj vježbi za svaki dan, tjedan ili mjesec.



### 3. PROGRAMSKO RJEŠENJE ZA AUDITorni TRENING

Aplikacija Auditory Training omogućava osobama s problemima sluha, ali i onima koji samo žele poboljšati auditorne vještine, brzo i jednostavno započinjanje formalnog auditornog treninga. Aplikacija je napravljena po uzoru na kriterije Sweetow i Palmer, koje dobra ROAT aplikacija mora ispunjavati [24]. Svaki korisnik mora napraviti svoj račun pomoću adrese e-pošte i lozinke, te se time omogućava uvid audiologa u treninge pacijenata. Što se tiče dostupnosti, aplikacija je dostupna svakome s pristupom Internetu. Također, program sadrži tekst velikog fonta i visokog kontrasta za ljude s poteškoćama vida. Aplikacija također sadrži prilagodljivu težinu, te povratne informacije o korisnikovom uspjehu. Auditory Training integrira sintetički i analitički način treninga.

#### 3.1. Zahtjevi na programsko rješenje

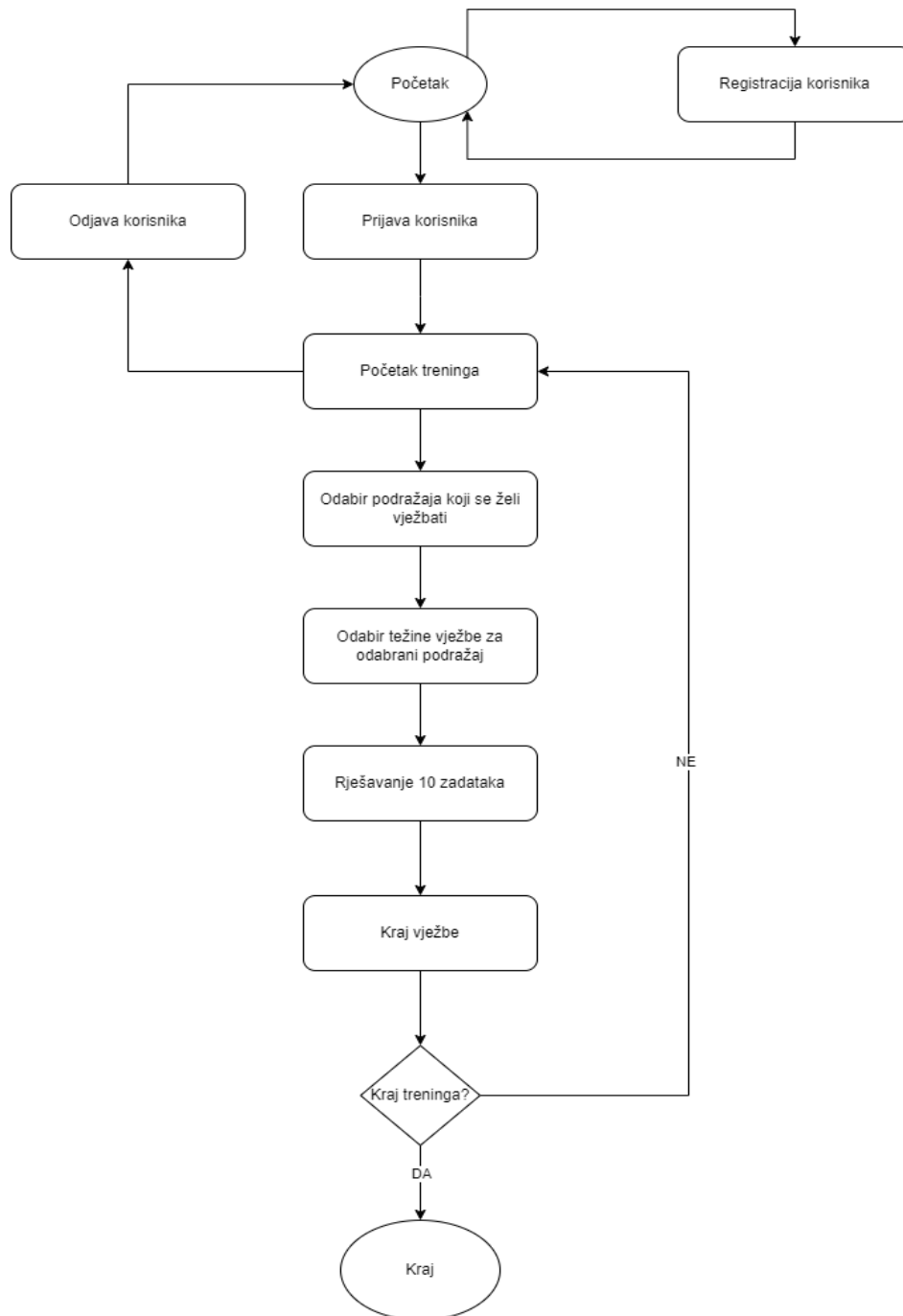
U tablici 3.1. navedene su funkcionalnosti aplikacije i iste su ukratko opisane. Funkcionalnosti su odabrane po uzoru na rad Sweetow i Palmer [24], te su izabrane za povećanje jednostavnosti, intuitivnosti i dostupnosti aplikacije.

Tablica 3.1. Funkcionalnosti aplikacije Auditory Training

	FUNKCIONALNOST	OPIS
UC1	Registracija korisnika	Korisnik se može registrirati pomoću email adrese i lozinke.
UC2	Prijava/odjava korisnika	Registrirani korisnik se može prijaviti uz pomoć email adrese i lozinke, te se može i odjaviti.
UC3	Odabir podražaja za treniranje	Aplikacija nudi četiri podražaja za treniranje na engleskom jeziku: frekvencije, slogovi, riječi i rečenice.
UC4	Odabir težine treninga	Nakon odabira podražaja, korisnik bira jednu od tri vježbe za taj podražaj.
UC5	Trening	Nakon odabira vježbe kreće trening koji se sastoji od 10 zadataka.
UC6	Kraj Treninga	Kada je trening završen, podaci o treningu se spremaju na <i>Firebase</i> bazu podataka, a korisniku se prikaže zaslon odabira podražaja za treninge.
UC7	Prilagodljiva težina	Nakon svakog točno/netočno riješenog zadatka, otežava/olakšava se sljedeći zadatak.
UC8	Izbor spola glasa	Kod slogova, riječi i rečenica, korisnik ima mogućnost u bilo kojem trenutku promijeniti spol glasa koji govori podražaje.
UC9	Mogućnost ponavljanja podražaja	Korisnik može ponovno čuti podražaj pritiskom na tipku.
UC10	Povratna informacija	Nakon svakog netočno riješenog zadatka, korisniku se prikaže povratna informacija i točno rješenje, dok kod točnih odgovora se prikazuje povratna informacija u samo 70% slučajeva.
UC11	Prikaz statistike	Za svaku vježbu je prikazan korisnikov najbolji, zadnji i prosječni rezultat.

Na slici 3.1. je prikazan dijagram toka aplikacije. Nakon pokretanja aplikacije, korisnik bira između registracije ili prijave, ovisno o tome ima li već stvoren račun ili ne. Poslije registracije i/ili prijave, korisnik ima mogućnost pokrenuti trening ili provjeriti svoju statistiku. Ako korisnik odabere početak treninga, izabire jednu od 4 moguća podražaja za trening, te jednu od 3 ponuđene

vježbe za svaki podražaj. Nakon 10 varijacija iste vježbe, korisniku se prikaže statistika upravo završene vježbe, te je korisnik vraćen na početni zaslon.



Slika 3.1. Dijagram toka Auditory Training

## 3.2. Korišteni alati i tehnologije

### 3.2.1. Visual Studio Code

Visual Studio Code je Microsoftovo besplatno integrirano razvojno okruženje koje podražava uporabu mnoštva programskih jezika, kao što su C, C#, C++, Java i Python. Jedan je od najpopularnijih razvojnih okruženja zbog svoje pristupačnosti početnicima i dostupnosti u smislu cijene.

### 3.2.2. Python

Python je odabran kao programski jezik ovog rada iz više razloga. Prvenstveno zbog količine biblioteka koje nudi, od kojih su u radu korištene biblioteke za puštanje zvuka, biblioteke za grafičko sučelje, biblioteke za komunikaciju s udaljenom bazom podataka, te biblioteke za manipuliranje podataka. Samim time što ima opsežan raspon biblioteka, postoji i značajna količina dostupne dokumentacije i ostalih materijala za učenje Pythona i rješavanje problema. Također, Python ima vrlo jednostavnu sintaksu, što ga čini izuzetno laganim za naučiti i koristiti.

### 3.2.3. Tkinter

Biblioteka Tkinter je standardna Python biblioteka za stvaranje grafičkih sučelja. Koristeći ovu biblioteku, stvoreno je grafičko sučelje za aplikaciju Auditory Training. Budući da je ona standardni dio Python biblioteka, i sama je jednostavna za koristiti. Dodatna prednost Tkintera jest neovisnost o operacijskom sustavu računala. Za prikaz vizualnih elemenata, Tkinter koristi elemente ugrađenog operacijskog sustava, tako da će isti program pokrenut na različitim operacijskim sustavima, raditi jednako, ali će se razlikovati jedino u prikazu.

### 3.2.4. Firebase Authentication, Realtime Database i Pyrebase

Google Firebase je platforma za razvoj mobilnih i web-aplikacija. Sadrži skup alata koji pomažu programerima s autentikacijom korisnika, spremanjem i sinkroniziranjem podataka, te praćenjem metrika kao što su korištenje procesora i mreže. U ovom radu je korišteno svojstvo autentifikacije Firebase platforme. Naime, korisnici se registriraju i prijavljuju uz pomoć svoje adrese e-pošte i lozinke, te se spremaju na listu korisnika na Firebase platformi. Uz autentifikaciju, koristi se i Realtime Database koju Firebase nudi. Kada se korisnik registrira, stvara se novi unos u listi *users* u bazi podataka koji sadrži korisnikovu adresu e-pošte i listu *results* u koju se spremaju podaci o svim korisnikovim završenim vježbama. No, za implementaciju ovih funkcionalnosti u Python, koristila se biblioteka Pyrebase, koja je zapravo samo omotač za Firebase, kako bi se on mogao koristiti u Pythonu.

### 3.2.5. Winsound i Pygame

Ove dvije biblioteke su se koristile za puštanje zvukova prilikom treninga. Winsound je modul koji se koristi za puštanje osnovnih zvukova koje pružaju Windows platforme. Aplikacija Auditory Training koristi ovu biblioteku za puštanje tonova određenih frekvencija. No, Winsound je poprilično osnovan što se tiče funkcionalnosti, stoga se za ostale zvukove koristila biblioteka Pygame. Pygame je zapravo skup modula namijenjenih za stvaranje videoigara. Konkretno, Auditory Training koristi samo *mixer* modul. U aplikaciji on služi za puštanje auditornih podražaja, puštanje pozadinske buke i dinamično podešavanje glasnoće buke.

### 3.2.6. Pandas i Matplotlib

Pandas i Matplotlib su biblioteke koje se koriste za prikazivanje statistike korisnika. Točnije, Pandas je biblioteka namijenjena za rad sa skupovima podataka. U ovom radu se koristila kako bi pripremila sve podatke o korisnikovim vježbama, kako bi se ti podaci mogli lakše prikazati korisniku. Za prikaz podataka koristi se Matplotlib biblioteka. Općenito, ona se koristi za prikaz podataka u obliku raznih grafova.

## 3.3. Prikaz načina rada aplikacije

U ovom poglavlju su prikazani svi dijelovi aplikacije zajedno s njihovim slikama i opisima. Dodatna objašnjenja o implementaciji pojedinih funkcionalnosti su dodana tamo gdje su potrebna.

### 3.3.1. Prije prvog zaslona

Na slici 3.2 je prikazan isječak koda koji je zaslužan za prikaz svih ekrana u aplikaciji. Prikazani kod se nalazi u klasi *App*, koja nasljeđuje klasu *Tk* iz Tkinter biblioteke. Klasa *Tk* je zapravo korijenski element aplikacije, odnosno prozor. Varijabla *container* predstavlja okvir koji se veže za korijenski element i širi se po cijelom prozoru. Zatim se svaka klasa koja predstavlja zaslon dodjeljuje posebnoj varijabli. Jedino se varijablama ne dodjeljuju klase koje predstavljaju ekrane u kojima se sadržaj dinamički generira, primjerice ekrani za trening ili ekran za statistiku. Nadalje, pokreće se petlja koja inicijalizira svaku odabranu klasu pomoću funkcije *init\_frame*. Svaka klasa ekrana nasljeđuje Tkinterovu klasu *tk.Frame*. Stoga, konstruktoru svakog zaslona se predaje korijenski element, kako bi svi ekrani imali pristup bazi podataka i funkcijama koje će biti navedene, i okvir na kojem se želi prikazati, te se spremaju u rječnik *frames* gdje je sama klasa ključ, a vrijednost je instanca te klase. Funkcije *show\_frame* i *hide\_frame* se koriste za prikaz i skrivanje ekrana. U funkciji *show\_frame* se iz rječnika *frames* dohvati instanca klase ekrana koji se želi prikazati, te se pomoću ugrađene funkcije *tkraise* taj ekran podigne iznad svih ostalih i

postavi se na željeno mjesto u prozoru. Suprotno tome, funkcija *hide\_frame* na identičan način dohvaća instancu klase i uporabom funkcije *grid\_forget* miče ekran s prozora. Dakle, instance klasa su cijelo vrijeme u memoriji, ali se bira koja se prikazuje u određenom trenutku. U konačnici, ovo je opis aktivnosti koje se dogode između pokretanja aplikacije i prikaza prvog ekrana korisniku.

```
self.container = ttk.Frame(self)
self.container.grid(column=0, row=0, sticky="nsew")
self.container.grid_rowconfigure(0, weight=1)
self.container.grid_columnconfigure(0, weight=1)

self.frames = {}
self.LandingPage = LandingPage
self.LoginPage = LoginPage
self.RegisterPage = RegisterPage
self.HomePage = HomePage
self.StimuliPage = StimuliPage
self.PreTrainingPage = PreTrainingPage

for F in {LandingPage, LoginPage, RegisterPage, HomePage, StimuliPage, PreTrainingPage}:
    self.init_frame(F)

self.show_frame(LandingPage)

def show_frame(self, cont):
    frame = self.frames[cont]
    frame.tkraise()
    frame.grid(row=0, column=0, sticky="nsew")

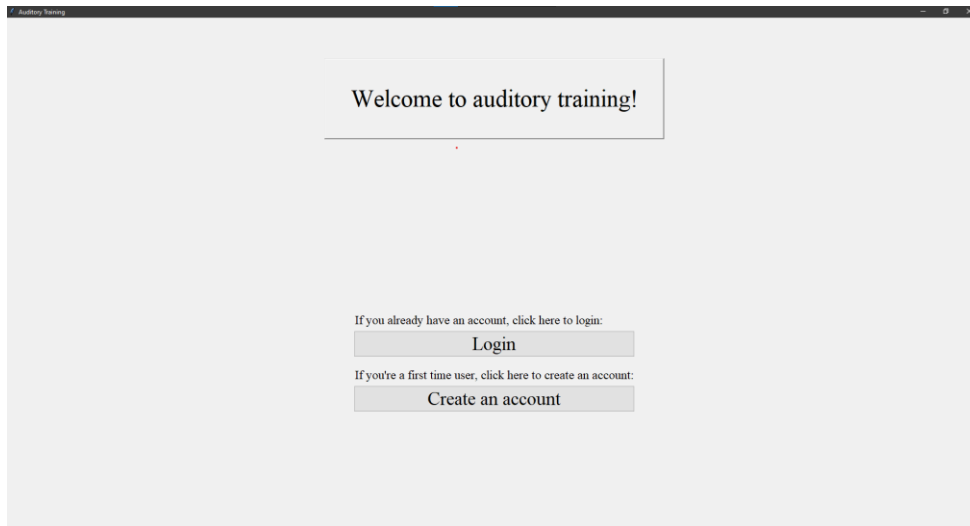
def hide_frame(self, cont):
    frame = self.frames[cont]
    frame.grid_forget()

def init_frame(self, F):
    frame = F(self, self.container)
    self.frames[F] = frame
```

Slika 3.2. Kod za prikaz ekrana

### 3.3.2. Zasloni registracije i prijave

Nakon što je aplikacija pokrenuta, prikazuje se početni zaslon na slici 3.3. Početni zaslon korisniku nudi dvije opcije: registraciju ili prijavu.



Slika 3.3. Početni zaslon

Ako korisnik nije registriran, klikom na tipku za registraciju se prikazuje zaslon na slici 3.4. Prikazani zaslon za registraciju zahtijeva od korisnika da unese ispravnu adresu e-pošte i ispravnu lozinku. Ispravnost adrese e-pošte i lozinke se provjerava pomoću regularnih izraza. Uvjeti za ispravnost lozinke su: bar jedan broj, bar jedno slovo, bez razmaka i minimalno 8 znakova. Tipka za registraciju je onemogućena sve dok oba polja nisu ispravno popunjena. Na pritisak tipke za registraciju provjerava se postoji li u bazi korisnik s istom adresom e-pošte, te ako ne postoji, u bazi se stvara novi unos koji sadrži korisnikovu adresu e-pošte i prazno polje za spremanje rezultata vježbi. Nakon registracije korisnik je vraćen na početni zaslon.



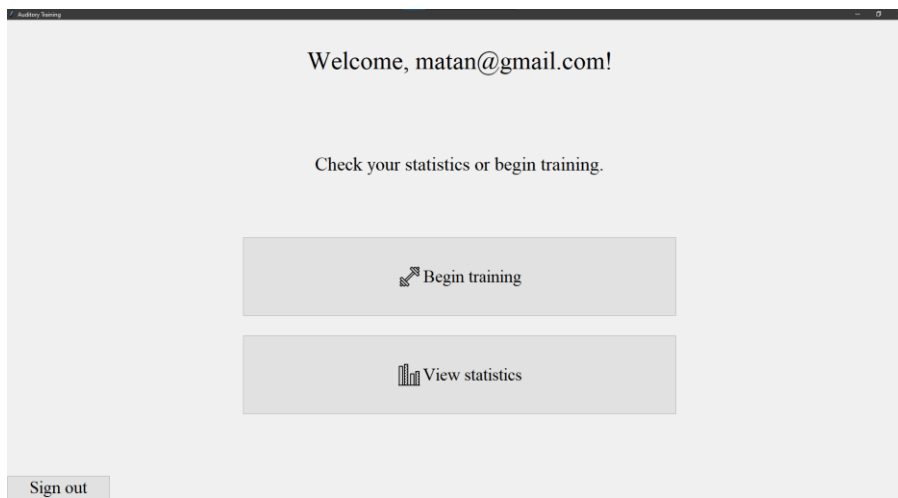
Slika 3.4. Zaslon za registraciju

Kada je korisnik registriran, na početnom zaslonu stisne gumb za prijavu i prikazuje se zaslon za prijavu. Zaslon za prijavu je vrlo sličan zaslonu za registraciju. Jedina vizualna razlika je gumb za prijavu. Što se tiče funkcionalnosti, više nema regularnih izraza za provjeru ispravnosti unosa, jer je ovdje samo bitno da se slažu lozinka i adresa e-pošte. Ova provjera se radi pomoću funkcije u Pyrebase biblioteci, kojoj se predaju adresa e-pošte i lozinka. Ako je kombinacija neispravna,

korisniku se prikazuje prikladna obavijest, ali ako je korisnik unio ispravnu kombinaciju, korisnikov identifikator se sprema u varijablu *user\_id* zbog pristupa njegovim rezultatima, a korisniku se prikazuje zaslon na slici 3.5.

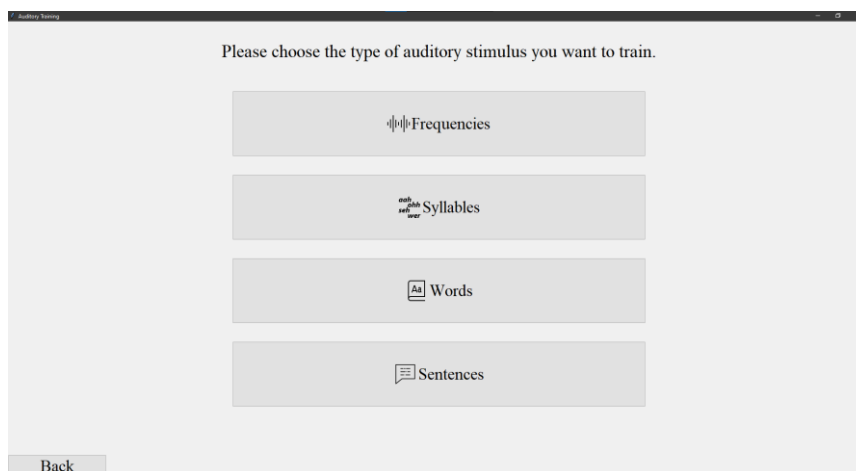
### 3.3.3. Zaslone za odabir auditornog treninga

Zaslon za odabir treninga ili pregled statistike se sastoji od poruke dobrodošlice korisniku i dvije tipke, jedna za početak treninga, druga za pregled statistike. Također, postoji i gumb za odjavu korisnika, koja ga vraća na početni zaslon.



Slika 3.5. Zaslone za odabir treninga ili pregleda statistike

Ako korisnik odabere početak treninga, sljedeći prikazani zaslon je zaslon za odabir podražaja koji će se trenirati, koji je vidljiv na slici 3.6. Na ovom zaslonu korisnik bira jedan od četiri ponuđena podražaja za trening. Opcije su frekvencije, slogovi, riječi i rečenice.



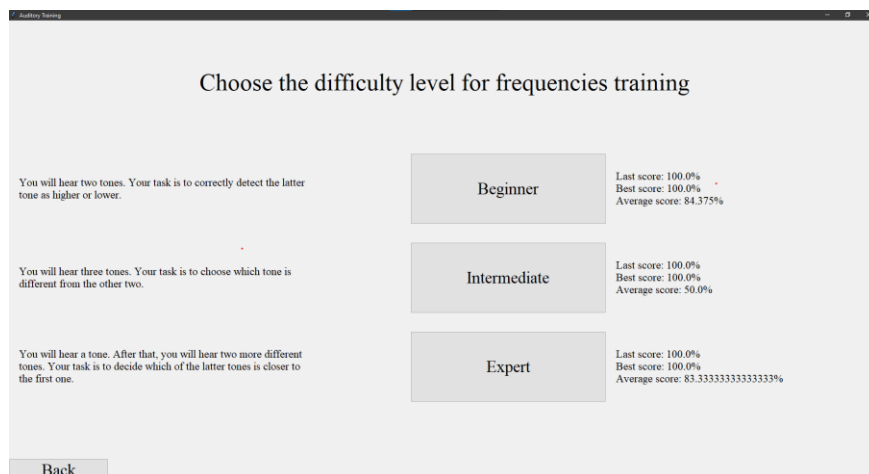
Slika 3.6. Zaslone za odabir podražaja

Odabirom podražaja pokreće se funkcija *choose\_stimuli*, čiji je kod prikazan na slici 3.7. Funkciji se predaje roditelj, odnosno korijenski element, te naziv podražaja koji je odabran. Navedena funkcija iz korijenskog elementa dohvaća instancu klase ekrana koji će se prikazati. Zatim na spomenutoj instanci poziva funkciju *add\_info* kojoj predaje podražaj i roditelja.

```
def choose_stimuli(self, parent, stimuli):
    page = parent.frames[PreTrainingPage]
    page.add_info(stimuli, parent)
    parent.show_frame(PreTrainingPage)
```

Slika 3.7. Kod funkcije *choose\_stimuli*

U funkciji *add\_info* se dohvaćaju rezultati korisnika koji se obrađuju za prikaz statistike i uređuju se opisi vježbi i naredbe tipki kako bi odgovarale odabranom podražaju. Nakon što se taj kod izvrši, navedeno se prikaže na zaslonu na slici 3.8. Na ovom zaslonu korisnik vidi tri ponuđene razine zahtjevnosti vježbe za odabrani podražaj. Za svaku razinu je prikazan kratak opis i jednostavne statistike korisnika, točnije zadnji, prosječni i najbolji rezultat na specifičnoj vježbi.

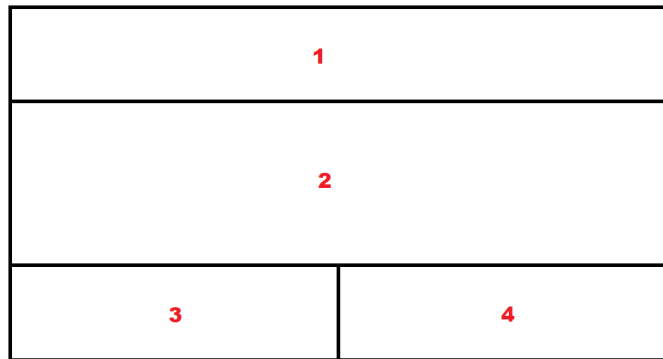


Slika 3.8. Zaslona za odabir težine vježbe

### 3.3.4. Način prikaza ekrana za trening

Sve klase za ekrane vježbi nasljeđuju klasu *TrainingPage* koja služi kao predložak za njih. Raspored ekrana za sve vježbe je prikazan na slici 3.9. U okviru označenom s brojem 1 se nalaze informacije o vježbi, a u okviru 2 se nalaze gumbi koji predstavljaju odgovore. U okvirima 3 i 4 se nalaze tipka za ponavljanje podražaja, tipka za izlaz iz vježbe, tipke za biranje spola glasa i statistika o trenutnoj vježbi. Ovi okviri se popunjavaju prilikom inicijalizacije pojedine klase s odgovarajućim elementima.





Slika 3.9. Raspored *TrainingPage* ekrana

No, konkretne klase za vježbe ne nasljeđuju samo raspored, već i nekoliko korisnih funkcija. Jedna od tih funkcija je funkcija *answer* čiji je kod prikazan na slici 3.10. Kao argumente, ona prima odabran odgovor i točan odgovor. Na početku odmah uveća broj vježbe i provjeri je li ona manja od 10, što je broj zadataka jedne vježbe. Neovisno o rezultatu usporedbe, uspoređuju se točan odgovor i korisnikov odgovor. Ako je točan, povećava se brojač točnih odgovora i smanjuje se varijabla *modifier*. Ova varijabla utječe na stvari kao što su razlika između dvije frekvencije ili glasnoća pozadinske buke. Nadalje, u slučaju točnog odgovora, funkcija *give\_feedback* daje pozitivnu povratnu informaciju u 70% slučajeva po uzoru na rad Weihing et al. [10]. Suprotno tome, ako je odgovor netočan, *modifier* se povećava i daje se negativna povratna informacija, točnije korisniku se pokaže točan odgovor. Konačno, ako je korisnik odgovorio na zadnje pitanje, podaci o vježbi se spremaju u rječnik *data*, te se spremaju u bazu podataka pod rezultate trenutnog korisnika. Na kraju je korisnik vraćen na zaslon za odabir početka treninga ili pregled statistike.

```

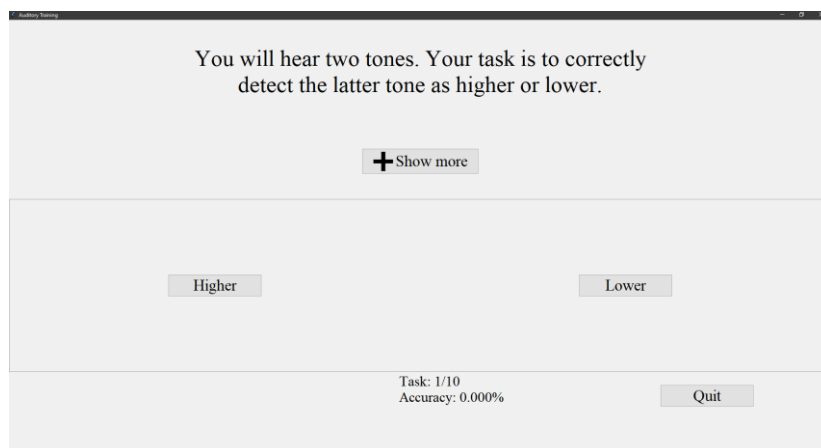
def answer(self, chosen, correct):
    self.task_number += 1
    if self.task_number < 10:
        if correct == chosen:
            self.correct += 1
            self.modifier -= 380
            if random.random() < 0.7:
                self.give_feedback(True)
            else:
                self.accuracy = (self.correct / self.task_number) * 100
                self.next_task()
        else:
            self.modifier += 380
            self.give_feedback(False)
    else:
        if correct == chosen:
            self.correct += 1
        self.accuracy = (self.correct / self.task_number) * 100
        data = {
            "level": self.level,
            "stimuli": self.stimuli,
            "accuracy": self.accuracy,
            "date": str(datetime.now())
        }
        music.unload()
        self.parent.db.child('users').child(self.parent.user_id).child("results").push(data)
        self.destroy()
        self.create_window("results")
        self.parent.show_frame(self.parent.HomePage)

```

Slika 3.10. Prikaz koda funkcije *answer*

### 3.3.5. Vježbe za trening frekvencija

Ekran za trening frekvencija najlakše razine je prikazan na slici 3.11. Ekрани za druge dvije razine izgledaju gotovo identično, jedina razlika je u opisu vježbe i u broju tipki za odgovor. Vježbe su osmišljene po uzoru na rad Moore i Amitay [3].



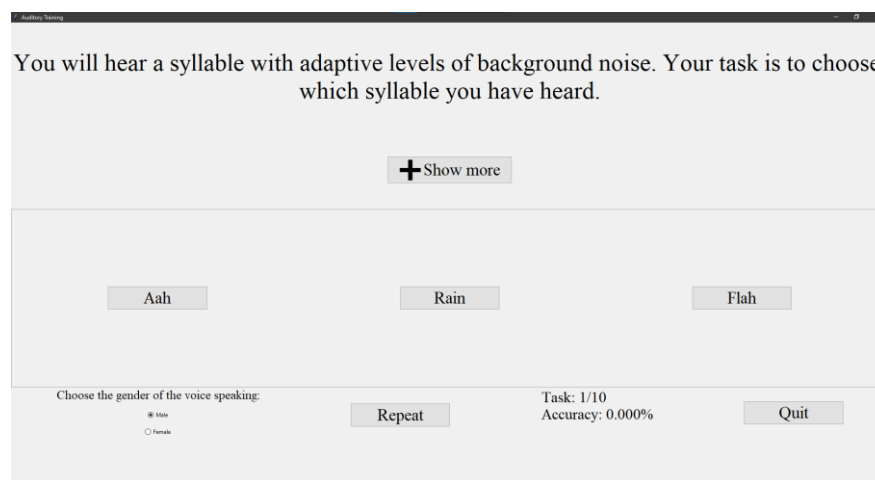
Slika 3.11. Ekran za trening frekvencija prve razine

Vježba prve razine se sastoji od dva tona različitih frekvencija, a korisnik mora odabrati je li drugi ton viši ili niži od prvog. Druga razina je vježba 'pronađi uljeza', odnosno korisnik čuje tri tona, od kojih su dva iste frekvencije, a jedan je različite frekvencije. Kod zadnje razine, korisnik također

čuje tri tona, ali ovdje mora odlučiti o tome koji je ton od druga dva bliži prvom. U svim razinama je prisutna prilagodljiva težina, točnije na temelju korisnikovih odgovora, tonovi postaju teži za razlikovati, odnosno lakši za razlikovati.

### 3.3.6. Vježbe za trening slogova

Prikaz ekrana za trening slogova prve razine je prikazan na slici 3.12. Ekрани za ostale razine također izgledaju skoro pa identično, ponovno je razlika u opisu vježbe i broju tipki. No, postoji razlika između ovih vježbi i vježbi za frekvencije. Naime, dodana je opcija biranja spola glasa i opcija za ponoviti podražaj. Vježbe su napravljene uz inspiraciju iz rada Ratnanather et al. [35].

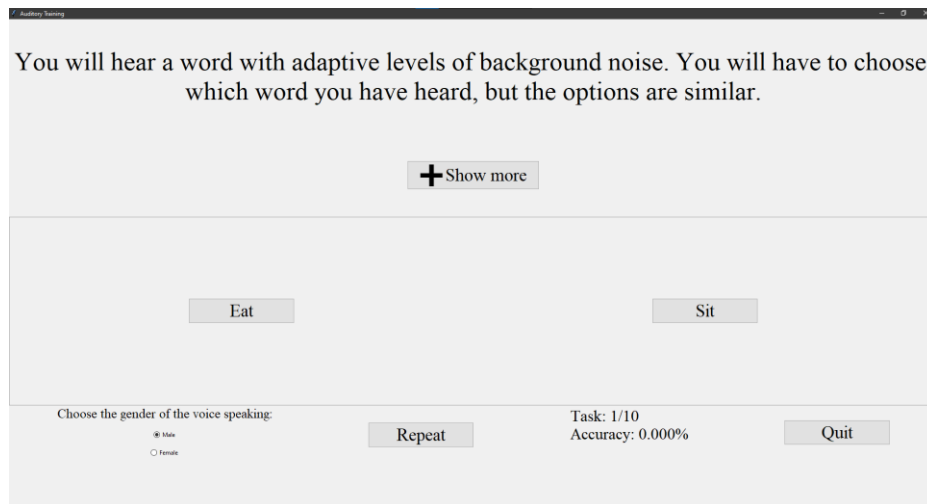


Slika 3.12. Ekran za trening slogova prve razine

Vježba prve razine zahtijeva od korisnika da uz adaptivnu glasnoću pozadinske buke prepozna točan slog. Druga razina je malo drukčija, gdje korisnik mora pronaći riječ u kojoj se nalazi određeni slog. Treća razina je slična prvoj razini, ali slogovi koji su ponuđeni slično zvuče, stoga je zahtjevnija. Kod svih vježbi, osim za frekvencije, podražaj se nasumično izabere iz liste svih podražaja te vrste. Spomenute liste se nalaze u datoteci *constants.py*. Za zadnju vježbu, podražaj se uzima iz liste lista koje sadrže slične slogove. Svi auditorni podražaji, osim frekvencija, su preuzeti iz rada Ratnanather et al. [35].

### 3.3.7. Vježbe za trening riječi

Ekran za trening riječi zadnje razine je prikazan na slici 3.13. Ekрани za sve tri razine izgledaju slično, osim već spomenutog broja tipki za odgovor i opisa vježbe. Vježbe su napravljene po uzoru na rad Ratnanather et al. [35].

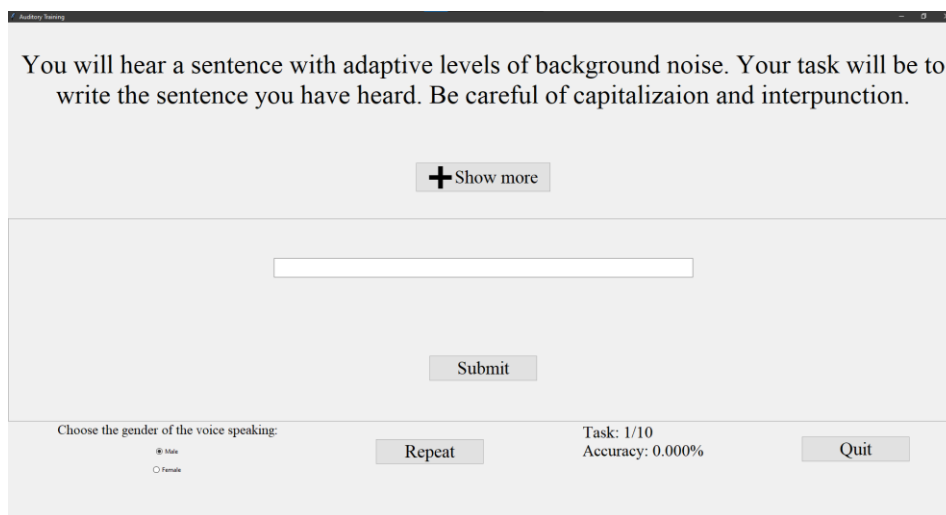


Slika 3.13. Ekran za trening riječi treće razine

U prve dvije vježbe, korisnik mora prepoznati izgovorenu riječ među ponuđenim odgovorima. Jedina razlika između vježbe prve i druge razine je prisutnost pozadinske buke kod druge vježbe. Novitet u trećoj vježbi su ponuđene riječi koje slično zvuče.

### 3.3.8. Vježbe za trening rečenica

Izgled ekrana za treću razinu vježbe je vidljiv na slici 3.14. Ovaj ekran se bitno razlikuje od prve dvije razine po tome što umjesto tipki ima mjesto za unos rečenice. Prve dvije vježbe su napravljene po uzoru na rad Ratnanather et al. [35], a treća vježba je osmišljena pomoću inspiracije iz rada Sweetow i Sabes [34].



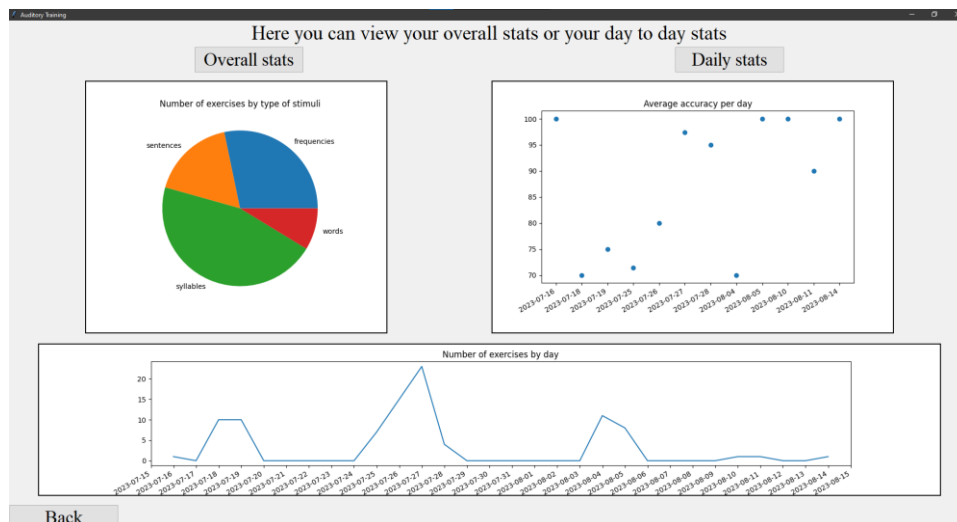
Slika 3.14. Ekran treće razine vježbe za trening rečenica

Vježbe prve i druge razine imaju jednu rečenicu kao podražaj, a korisnik mora izabrati izgovorenu rečenicu od ponuđenih izbora. Treća razina je specifična po tome što korisnik mora sam upisati

cijelu rečenicu. Ova vježba koristi sintetički pristup auditornom treningu, gdje se od korisnika traži da poboljša svoje auditorne sposobnosti kako bi mogao ispravno čuti cijelu rečenicu.

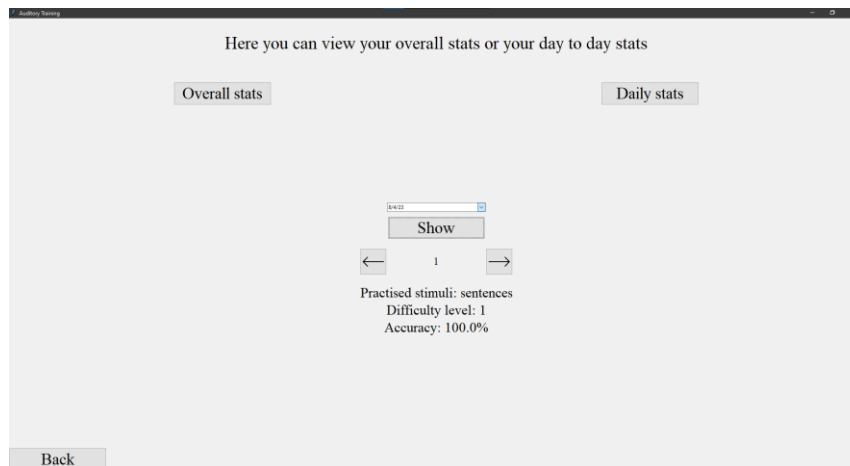
### 3.3.9. Ekran za pregled statistike

Nakon minimalno jedne potpuno odrađene vježbe, korisnik može pregledati svoju statistiku. Prvi ekran koji korisnik vidi kada pritisne gumb za statistiku je prikazan na slici 3.15. To je ekran za prikaz ukupne statistike od registracije. Gore lijevo se nalazi kružni graf koji prikazuje udio vježbi svakog podražaja. Pored njega se nalazi graf koji prikazuje prosječnu točnost rješavanja vježbi za pojedini dan. Ispod spomenuta dva grafa se nalazi linijski graf koji prikazuje broj vježbi po danu. Iznad grafova se nalaze dva gumba koji omogućuju prijelaz između dva ekrana. Klikom na gumb *Daily stats* korisnik vidi prikaz na slici 3.16.



Slika 3.15. Ekran za pregled ukupne statistike

Ovdje korisnik može vidjeti popis vježbi riješenih na pojedini dan i informacije o vježbi. Pritiskom na strelicu prema dolje pored datuma, prikazuje se kalendar. Odabirom datuma i klikom na tipku *Show*, pojavljuju se informacije o vježbama toga dana. Ako ima više vježbi u jednom danu, korisnik može listati pomoću strelica.



Slika 3.16. Ekran za pregled dnevne statistike

### 3.4. Ispitivanje rada aplikacije

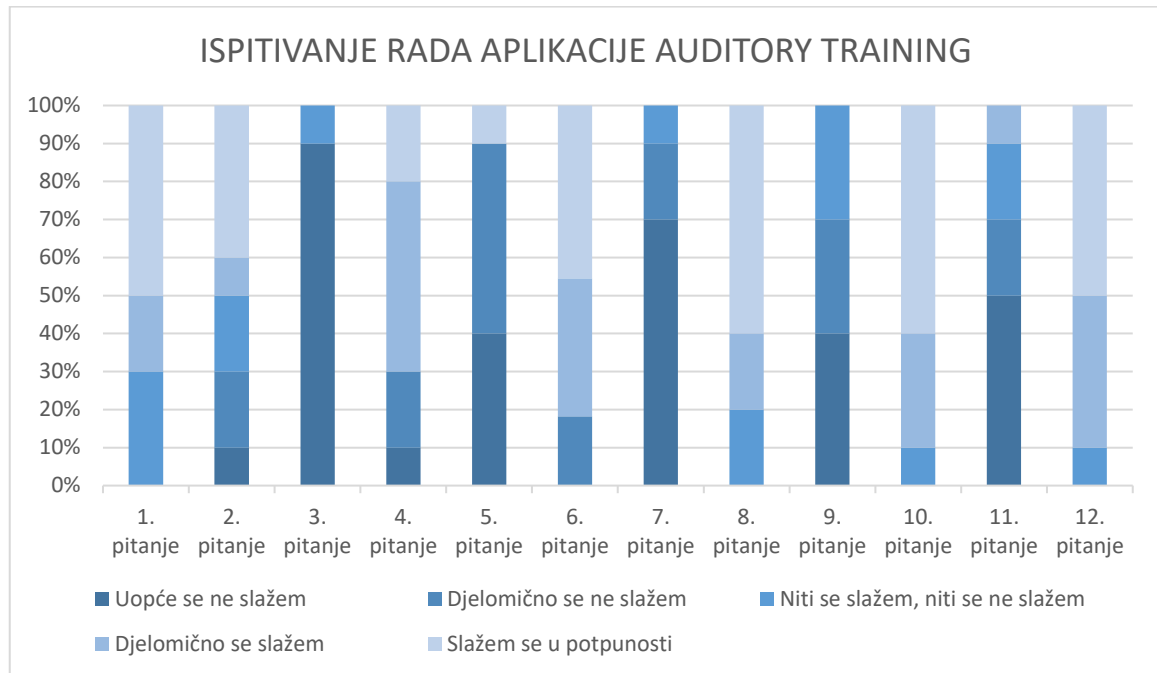
U svrhu ispitivanja korisničkog iskustva s programom, provedeno je kratko istraživanje u kojem je sudjelovalo deset osoba. Ispitivači su isprobali program te su popunili anketu od 12 pitanja vezanih za poznavanje poteškoća sluha, auditornog treninga, te iskustva s aplikacijom. Pitanja su strukturirana kao tvrdnje za koje korisnik izražava slaganja ili neslaganje pomoću brojeva od jedan do pet na Likertovoj ljestvici. Broj jedan predstavlja potpuno neslaganje s tvrdnjom, dok pet predstavlja potpuno slaganje s tvrdnjom. Sva pitanja iz ankete se nalaze u tablici 3.2. Prva tri pitanja su vezana za osobno iskustvo korisnika s problemima sluha i auditornim treningom, dok je ostatak preuzet iz upitnika za ljestvicu upotrebljivosti sustava [36].

Tablica 3.2. Pitanja iz ankete za program Auditory Training

Broj pitanja	Pitanje
1.	Upoznat/a sam s problemima sluha.
2.	Susreo/la sam se s pojmom auditornog treninga.
3.	Imam problema sa sluhom koji bitno utječu na moj život.
4.	Volio/voljela bih koristiti Auditory Training redovito.
5.	Auditory Training je bio nepotrebno kompliciran.
6.	Auditory Training je bio jednostavan za korištenje.
7.	Mislim da bih mi bila potrebna pomoć stručnije osobe za korištenje.
8.	Smatram da su funkcionalnosti dobro integrirane.
9.	Smatram da je bilo previše nedosljednosti u programu (grafičkih i funkcionalnih).
10.	Mislim da bi većina ljudi brzo naučila koristiti ovaj program.
11.	Program je bio nezgrapnan za korištenje (dugačka učitavanja, neočekivane greške i slično).
12.	Osjećao/la sam se vrlo samopouzdan/a prilikom korištenja aplikacije.

Rezultati testiranja su vidljivi na slici 3.17. Iz prikazanog se vidi da su ljudi većinom barem malo upoznati s problemima sluha, no ipak malo manje s mogućnostima auditornog treninga, iako velika većina nema problema sa sluhom. Što se tiče pitanja vezanih za samu aplikaciju, iz rezultata se

vidi da su ispitanici uglavnom bez problema koristili aplikaciju, ali su postojale blage primjedbe na nedosljednosti programa, bile one grafičke ili funkcionalne. Ovo bi se moglo riješiti dodavanjem vizualno atraktivnih elemenata kao što su dodatne boje. Također, ne bi škodilo dodati više uputa za korištenje aplikacije, kako bi se izbjegle neke situacije kod osoba koje imaju manje iskustva s računalima.



Slika 3.17. Rezultati testiranja rada aplikacije Auditory Training

## 4. ZAKLJUČAK

U radu su predstavljeni najčešći problemi sluha, te načini suzbijanja njihovih posljedica. Ustanovljeno je da su ovi problemi široko rašireni i da već postoje sredstva za oporavak od poteškoća sluha, bilo to slušnim pomagalicama ili auditornim treningom. No, iako postoji dobar broj alata i tehnologija za provedbu auditornog treninga kod kuće i pozitivni rezultati su djelomično dokazani, još uvijek je nepoznata točna veza između onoga što je trenirano i onoga što je naučeno. Točnije, bitno je znati u kojim situacijama primjenjivati analitički pristup, a kada koristiti sintetički pristup, iako se trenutno koriste oba pristupa.

U današnjici, ROAT je najčešći pristup auditornom treningu, zbog njegove lake dostupnosti, niske cijene i formalnog pristupa auditornom treningu. Praktični dio ovog rada, program Auditory Training, je primjer ROAT-a. Ovaj program omogućuje vježbanje percepcije raznih podražaja uz tri različite težine za svaki podražaj. Korištenjem programa, auditorne sposobnosti bi se trebale poboljšati. Prednosti su, uz navedene, mogućnost praćenja uspjeha, adaptivna težina, te lakoća ugrađivanja novih vježbi. Nedostatak je manjak vizualne privlačnosti, odnosno opasnost od gubitka pažnje kod djece. Konkretno kod ovog programa, u budućnosti bi se trebalo provesti istraživanje o korisnosti programa kod osoba s poteškoćama sluha i zabilježiti njihova razmišljanja o predstavljanju vježbi. Općenito, kod ROAT-a, također bi se trebala provesti profesionalnija istraživanja, za nepristrane rezultate i mišljenja.



## LITERATURA

- [1] World Health Organization, World report on hearing, [Online] World Health Organization, Ženeva, Švicarska, 2021., Dostupno na: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240020481>, [pristupljeno: 23. travanj 2023.]
- [2] H. Henshaw, M. A. Ferguson, Efficacy of Individual Computer-Based Auditory Training for People with Hearing Loss: A Systematic Review of the Evidence, *PloS One*, br. 5, sv. 8, str. 1-18, svibanj 2013.
- [3] D. Moore, S. Amitay, Auditory Training: Rules and Applications, *Seminars in Hearing*, br. 2, sv. 28, str. 99-109, svibanj 2007.
- [4] M. J. M. de Klaver, M. A. van Rijn, J. Marinus, W. Soede, J. A. P. M. de Laat, J. J. van Hilten, Hyperacusis in patients with complex regional pain syndrome related dystonia, *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, br. 12, sv. 78, str. 1310-1313, travanj 2007.
- [5] National Institute on Aging, Hearing Loss: A Common Problem for Older Adults, [Online], National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, SAD, 2023., Dostupno na: <https://www.nia.nih.gov/health/hearing-loss-common-problem-older-adults> [pristupljeno: 24. travanj 2023.]
- [6] B. S. Y. Yeo, H. J. J. M. D. Song, E. M. S. Toh, L. S. Ng, C. S. H. Ho, R. Ho, R. A. Merchant, B. K. J. Tan i W. S. Loh, Association of hearing aids and cochlear implants with cognitive decline and dementia: a systematic review and meta-analysis, *JAMA Neurology*, br. 2, sv. 80, str. 134-141, veljača 2023.
- [7] National Institute on Deafness and Other Communication Disorders, Cochlear Implants [Online], National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, SAD, 2021., dostupno na: <https://www.nidcd.nih.gov/health/cochlear-implants> [pristupljeno: 21. travanj 2023.]
- [8] S. M. Hassan, M. Hegazi, R. Al-Kassaby, The effect of intensive auditory training on auditory skills and on speech intelligibility of prelingual cochlear implanted adolescents and adults, *Egyptian Journal of Ear, Nose, Throat and Allied Sciences*, br. 3, sv. 14, str. 201-206, studeni 2013.
- [9] A. D. Olson, Options for Auditory Training for Adults with Hearing Loss, *Seminars in Hearing*, br. 4, sv. 36, str. 284-295, studeni 2015.
- [10] J. Weihing, G. D. Chermak, F. E. Musiek, Auditory Training for Central Auditory Processing Disorder, *Seminars in Hearing*, br. 4, sv. 36, str. 199-215, studeni 2015.
- [11] I. L. Aristidou, M. H. Hohman, Central Auditory Processing Disorder, [Online], StatPearls Publishing, Treasure Island, Florida, SAD, 2022., Dostupno na: <http://europepmc.org/books/NBK587357> [pristupljeno: 24. travanj 2023.]
- [12] K. Molloy, D. R. Moore, E. Sohoglu, S. Amitay, Less Is More: Latent Learning Is Maximized by Shorter Training Sessions in Auditory Perceptual Learning, *PloS One*, br. 5, sv. 7, str. 1-13, svibanj 2012.
- [13] L. Berthold, P. M. Kreuzer, T. Kleinjung, D. De Ridder, Tinnitus: causes and clinical management, *The Lancet Neurology*, br. 9, sv. 12, str. 920-930, studeni 2013.
- [14] S. R. Rosing, J. H. Schmidt, N. Wedderkopp, D. M. Baguley, Prevalence of tinnitus and hyperacusis in children and adolescents: a systematic review, *BMJ Open*, br. 6, sv. 6, str. 1-20, lipanj 2016.
- [15] R. C. Kentish, S. R. Crocker, M. L. Children's Experience of Tinnitus: A Preliminary Survey of Children Presenting to a Psychology Department, *British Journal of Audiology*, br. 9, sv. 34, str. 335-340, lipanj 2000.

- [16] M. Grossan, D. C. Peterson, Tinnitus, [Online], StatPearls Publishing, Treasure Island, Florida, 2022., Dostupno na: <http://europepmc.org/books/NBK430809> [pristupljeno: 3. svibanj 2023.]
- [17] J. S. Phillips, D. McFerran, Tinnitus Retraining Therapy (TRT) for tinnitus, Cochrane Database of Systematic Reviews, br. 3, sv. 8, ožujak 2010.
- [18] D. J. Hoare, P. C. Stacey, D. A. Hall, The Efficacy of Auditory Perceptual Training for Tinnitus: A Systematic Review, *Annals of Behavioral Medicine*, br. 3, sv. 40, str. 313-324, srpanj 2010.
- [19] R. S. Tyler, M. Pienkowski, E. R. Roncancio, H. J. Jun, T. Brozoski, N. Dauman, C. B. Coelho, G. Andersson, A. J. Keiner, A. T. Cacace, N. Martin, B. C. J. Moore, A Review of Hyperacusis and Future Directions: Part I. Definitions and Manifestations, *American Journal of Audiology*, br. 4, sv. 23, str. 402-419, prosinac 2014.
- [20] J. G. Coey, O. De Jesus, Hyperacusis, [Online], StatPearls Publishing, Treasure Island, Florida, 2023., Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557713/> [pristupljeno: 2. svibanj 2023.]
- [21] M. Anari, A. Axelsson, A. Eliasson, L. Magnusson, Hypersensitivity to sound. Questionnaire data, audiometry and classification, *Scandinavian Audiology*, br. 4, sv. 28, str. 219-230, veljača 1999.
- [22] J. Sheldrake, P. U. Diehl, R. Schaette, Audiometric Characteristics of Hyperacusis Patients, *Frontiers in Neurology*, sv. 6, svibanj 2015.
- [23] L. Jüris, G. Andersson, H. C. Larsen, L. Ekselius, Cognitive behaviour therapy for hyperacusis: A randomized controlled trial, *Behaviour Research and Therapy*, sv. 54, str. 30-37, ožujak 2014.
- [24] R. Sweetow, C. V. Palmer, Efficacy of Individual Auditory Training in Adults: A Systematic Review of the Evidence, *Journal of the American Academy of Audiology*, br. 7, sv. 16, str. 494-504, srpanj 2005.
- [25] Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health, Audiograms and Functional Auditory Testing to Assess Hearing Speech in Noise: A Review of the Clinical Evidence, National Library of Medicine, Bethesda, Maryland, SAD, 2015., [Online] Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK315848/> [pristupljeno: 5. svibanj 2023].
- [26] F. Scarpina, S. Tagini, The Stroop Color and Word Test, *Frontiers in Psychology*, sv. 8, travanj 2017.
- [27] D. Gil, M. C. M. Iorio, Formal auditory training in adult hearing aid users, *Clinics*, br. 2, sv. 65, str. 165-174, veljača 2010.
- [28] J. A. Johnson, R. M. Cox, G. C. Alexander, Development of APHAB norms for WDRC hearing aids and comparisons with original norms, *Ear and hearing*, br. 1, sv. 31, str. 47-55, veljača 2010.
- [29] International Telecommunication Union, Measuring digital development: Facts and Figures 2021 International Telecommunication Union, International Telecommunication Union, Ženeva, Švicarska, 2021. [Online] Dostupno na: <https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/facts-figures-2021/> [pristupljeno: 7. svibanj 2023.]
- [30] A. Olson, R. Williams, E. Livingston, C. Futscher, Review of Auditory Training Mobile Apps for Adults With Hearing Loss, *Perspectives of the ASHA Special Interest Groups*, br. 7, sv. 3, str. 12-23, siječanj 2018.
- [31] D. J. Hoare, N. Van Labeke, A. McCormack, M. Sereda, S. Smith, H. A. Taher, V. L. Kowalkowski, M. Sharples, D. A. Hall, Gameplay as a Source of Intrinsic Motivation in a Randomized Controlled Trial of Auditory Training for Tinnitus, *PloS One*, br. 9, sv. 9, str. 1-11, rujan 2014.

- [32] Hearoes, Hearoes, [Online], Dostupno na :[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.Games4Hearoes.G4H&hl=en\\_US](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.Games4Hearoes.G4H&hl=en_US), [pristupljeno: 3. svibanj 2023.]
- [33] Emily Shannon Fu Foundation, Scientific Publications for Angel Sound, Emily Fu Foundation, [Online] Dostupno na: [http://angelsound.tigerspeech.com/angelsound\\_science.html](http://angelsound.tigerspeech.com/angelsound_science.html) [pristupljeno: 8. svibanj 2023.]
- [34] R. W. Sweetow, J. H. Sabes, The Need for and Development of an Adaptive Listening and Communication Enhancement (LACE™) Program, Journal of the American Academy of Audiology, br. 8, sv. 17, str. 538-558, rujan 2006.
- [35] J. T. Ratnanather, R. Bhattacharya, M. B. Heston, J. Song, L. R. Fernandez, H. S. Lim, S. Lee, E. Tam, S. Yoo, S. Bae, I. Lam, H. W. Jeon, S. A. Chang, J. Koo, An mHealth App (Speech Banana) for Auditory Training: App Design and Development Study, JMIR Mhealth Uhealth, svez. 9, br. 3, str. 66-77, 15. ožujak 2021.
- [36] J. Brooke, SUS: A quick and dirty usability scale, Usability Eval. Ind., svez. 189, studeni 1995.

## SAŽETAK

U teorijskom dijelu rada navedene su osnovne informacije o problemima sluha, kao i metode ublažavanja simptoma pojedinih problema primjenom auditornog treninga. Navedena su svojstva auditornog treninga, razlike između formalnog i neformalnog treninga, te parametri koji utječu na učinkovitost treninga. Navedeni su primjeri mobilnih i računalnih rješenja za auditorni trening i njihove prednosti i mane. U praktičnom dijelu rada predstavljena je aplikacija Auditory Training. Izrađena je s ciljem da poboljša kvalitetu sluha osobama s problemima sluha. Primjenjuju se suvremene metode za auditorni trening, kao i značajna količina auditornih podražaja. Zamišljeni način korištenja aplikacije je opisan uz prikaz ekrana i mehanizama koje implementiraju.

**Ključne riječi:** Auditorni trening, digitalni alati, gubitak sluha, problemi sluha, računalni program

## **ABSTRACT**

A proactive auditory training system

Basic information about hearing problems and methods of soothing the symptoms of individual hearing problems with the use of auditory training, are presented in the theoretical part of the thesis. Also presented are the features of auditory training, differences between formal and informal training and the parameters of training that affect its effectiveness. Examples of mobile and computer-based solutions for auditory training are stated, as well as their advantages and disadvantages. The application named Auditory Training is shown in the practical part of the thesis. It was made to enhance the hearing quality of the hearing impaired. Modern methods of auditory training are applied, as well as a significant quantity of auditory stimuli. The intended way of using the application is described, including screens and the mechanisms they apply

**Keywords:** Auditory training, digital tools, hearing loss, hearing problems, computer-based program

## **PRILOZI**

1. „Sustav za proaktivni auditorni trening“ u .docx formatu
2. „Sustav za proaktivni auditorni trening“ u .pdf formatu
3. Izvorni kod