

Uticaj COVID 19 zaštitnih maski na razumljivost govora u srpskom jeziku

Miloš Bjelić, Tatjana Miljković, Miomir Mijić, Dragana Šumarac Pavlović

Apstrakt—U ovom radu prikazana je analiza uticaja zaštitnih maski za lice na razumljivost govora. Analizirana su tri različita tipa zaštitnih maski koje se koriste u pandemijskim uslovima (pamučna maska, hirurška maska i maska N95). Takođe, analiziran je uticaj zaštitnog transparentnog vizira. Na osnovu govora nekoliko osoba utvrđen je oblik spektra dugovremenog govora u srpskom jeziku u slučaju upotrebe zaštitnih sredstava. Izvršeno je nekoliko subjektivnih testova u kojima je merena logatomska razumljivost govora sa i bez zaštitnih maski. Eksperimenti su organizovani u kontrolisanim uslovima (slušanje preko slušalica) i u prostoriji sa velikim vremenom reverberacije. Pokazano je da se prilikom korišćenja zaštitne maske N95 ostvaruje najbolja razumljivost govora u srpskom jeziku u odnosu na druga dva tipa analiziranih maski.

Ključne reči — Covid19, logatomi, N95, razumljivost govora, slabljenje, subjektivni testovi, zaštitne maske.

I. UVOD

Prijem govornih informacija je proces prepoznavanja pojedinačnih zvučnih simbola, ali i čitavih reči i rečenica kao celina. Razumljivost govora pri prenosu kroz neki fizički kanal smanjivaće se kada neki parazitski signali prekrivaju delove govornog signala manjih amplituda. Vokali su delovi govornog signala koji imaju relativno veliku energiju dok su konsonanti delovi koji su značajno slabiji. Prekrivanje tiših delova govornog signala može nastati na dva načina: kao vremenski uniformno pokrivanje aditivnim šumom i kao vremenski ograničeno pokrivanje refleksijama u prostoriji koje stižu sa kašnjenjem nakon jačih delova govornog signala (vokala) [1]. Reverberacioni proces u značajnoj meri može smanjiti razumljivost govora. Pokazano je da se razumljivost govora manja za 15% u prostorijama sa velikim vremenom reverberacije ($T_{60} > 2.5$ s) u odnosu na akustički obrađene prostore [2]. U literaturi je pokazano da razumljivost govora pri malim odnosima signal-šum, npr. manjim od 5 dB, može biti ispod 75% [3-4].

U poslednje skoro 2 godine pandemija virusa Covid19 uticala je na život ljudi na celom svetu. Preduzimane su mere predostrožnosti kako bi se smanjilo širenje virusa. Pored

socijalne distance i karantina, upotrebu sredstava za dezinfekciju sprovede se mere koje su podrazumevale obaveznu upotrebu zaštitne opreme, kao što su zaštitne maske, viziri za lice i rukavice. Upotreba zaštitnih maski, u velikoj meri, sprečava širenje virusa. Ove vrste zaštite pored sprečavanja širenja virusa imaju uticaj i na komunikaciju između ljudi. Maske za lice su vidljiva prepreka i utiču na verbalnu komunikaciju, emocionalna ekspresiju i čitanje sa usana, što je vrlo korisno pomagalo u uobičajenoj komunikaciji među ljudima i izuzetno korisno za ljude sa oštećenim sluhom [5].

Zbog navedenih razloga veliki broj istraživača u oblasti akustike bavio se uticajem zaštitnih maski na govornu komunikaciju. Istraživanja su se pre svega bavila uticajem zaštitnih maski na razumljivost govora [2-3], [5-12]. Analizirana je razumljivost u prostorijama, kao što su školske učionice [6]. Pokazano je da zaštitne maske utiču na zamaranje slušalaca prilikom dužeg slušanja, kao posledica smanjene razumljivosti [7]. Analiziran je i uticaj zaštitni maski na govor prilikom reprodukcije govora preko slušalica [3]. Takođe, ispitivan je uticaj zaštitne opreme na usmerenost govornika [8]. Posebno su analizirani uticaji maske na oblike dugovremenog spektra govora [3], [9-10], kao objektivna mera uticaja zaštitne opreme. U nekim istraživanjima posebno je ispitivan uticaj transparentnog zaštitnog vizira na govornu komunikaciju [9, 10]. Često su korišćeni subjektivni testovi kao metod za ispitivanje nekih od hipoteza vezanih za zaštitne maske [11].

Istraživanja koja se mogu pronaći u literaturi se pre svega odnose na ispitivanje uticaja maski na govor u engleskom jeziku. Ideja istraživanja u ovom radu bila je da se sagleda uticaj zaštitnih maski i vizira na komunikaciju u srpskom jeziku. Analizirana je promena oblika dugovremenog spektra govornog signala prilikom korišćenja različitih tipova zaštitnih maski. Ovi eksperimenti imali su za cilj određivanje objektivnog uticaja maski. Sprovedeni su eksperimenti u kojima je određivana razumljivost govora na srpskom jeziku. Razumljivost govora određivana je za slučaj idealnog slušanja govora i slušanje u realnim uslovima u prostoriji. Da bi se odredila razumljivost govora korišćeni su subjektivni testovi.

Rad je organizovan u pet poglavlja. U drugom poglavlju predstavljena je metodologija. U narednom poglavlju prikazana je eksperimentalna postavka. U četvrtom poglavlju prikazani su dobijeni rezultati i njihova diskusija. Na kraju izneti su zaključci na osnovu sprovedenog istraživanja.

Miloš Bjelić – Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11020 Beograd, Srbija (e-mail: bjelic@etf.rs).

Tatjana Miljković – Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11020 Beograd, Srbija (e-mail: tm@etf.rs).

Miomir Mijić – Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11020 Beograd, Srbija (e-mail: emijic@etf.rs).

Dragana Šumarac Pavlović – Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11020 Beograd, Srbija (e-mail: dsumarac@etf.rs).

II. METODOLOGIJA

Prvi deo istraživanja u ovom radu obuhvata analizu oblika spektra dugovremenog govora. Oblik spektra normalnog govora na srpskom jeziku može se pronaći u literaturi [13], međutim oblik spektra govora sa zaštitnim sredstvima ne postoji. Za određivanje oblika spektra potrebno je snimanje većeg broja govornika koji izgovaraju neutralni govor. Govor je potrebno snimiti kada govornici nose zaštitne maske, odnosno vizir i u slučaju kada govornik ne nosi nikakvu zaštitnu opremu (normalan govor). Ovaj eksperiment predstavlja objektivni način za sagledavanje uticaja zaštitne opreme u pandemijskim uslovima na govornu komunikaciju.

Drugi deo istraživanja predstavlja realizaciju subjektivnih testova u kojima su ljudi ocenjivali razumljivost govora prilikom korišćenja zaštitne opreme. U slučaju izgovora reči bez smisla prepoznavanje izgovorenog teksta je moguće samo u okolnostima kada je omogućeno prepoznavanje svakog pojedinačnog glasa, a za to je potreban dovoljno visok nivo kvaliteta prenosa [14]. Iz toga sledi da samo reči bez smisla mogu dati izvesnu objektivnost u oceni kvaliteta prenosa kroz kanal bez uticaja sofisticiranih mehanizama percepcije koji nadoknađuju nedostatke u govornom signalu. Metoda koja se koristi merenje kvaliteta kanala za prenos govora i kvantifikovanje razumljivosti zasnovana je na emitovanju posebno sastavljenih reči bez smisla koje se nazivaju logatomi [14]. Proces merenje se zasniva na emitovanju logatoma na ulazu u prenosni kanal i beleženju onoga što se čuje na mestu prijema. Utvrđuje se procenat tačno primljenih logatoma i taj podatak predstavlja ocenu kvaliteta prenosa govora koji se naziva „logatomska razumljivost“.

Logatomi se posebno dizajniraju za potrebe merenja razumljivosti, i obično se sastoje od tri ili četiri glasa u redosledu konsonant–vokal–konsonant (CVC) ili konsonant–vokal–konsonant–vokal (CVCV) [1, 14]. Logatomi se prave u grupama od po 50 ili 100. Pri tome se grupe tako formiraju da budu fonetski balansirane (PB word–*Phonetically Balanced word*), što znači da je u jednoj grupi logatoma statistika zastupljenosti pojedinih glasova ista kao u običnom govoru.

Logatomska razumljivost je apsolutni pokazatelj kvaliteta prenosa govora jer se dobija neposrednim slušanjem i zbog toga je u ovom radu izabrana za ispitivanje uticaja zaštitnih maski na razumljivost govora. Sprovedenjem subjektivnih testova u kojima se određuje logatomska razumljivost mogu se odrediti uticaji različitih zaštitnih maski i vizira na govornu komunikaciju.

III. POSTAVKA EKSPERIMENTATA

U eksperimentima su korišćena 3 tipa zaštitnih maski: pamučna maska, hirurška maska, maska N95 i zaštitni vizir. Na slici 1. prikazani su izgledi korišćene zaštitne opreme. Analiziran je uticaj zaštitnog vizira koji se često koristiti u situacijama gde je izloženost virusu velika, kao što su bolnice. Zaštitni vizir se koristi u kombinaciji sa zaštitnim maskama, pa je u ovom radu razmatrana upotreba u kompletu sa zaštitnom hirurškom maskom. Izgled korišćenog vizira dat je na slici 1 d).



Sl. 1. Zaštitna oprema korišćena u eksperimentu: a) hirurška maska, b) N95 maska, c) pamučna maska d) zaštitni vizir

Snimanja govora sa i bez zaštitne opreme obavljena su u anechoičnoj prostoriji („gluva soba“). Govornici su se nalazili 20 centimetara ispred mikrofona i izgovarali potrebne reči, odnosno tekst. Na slici 2 prikazana je postavka snimanja govora u anechoičnim uslovima.



Sl. 2. Snimanje govora sa zaštitnim maskama u gluvoj sobi

U prvom eksperimentu snimani su govornici koji su čitali isti književni tekst u trajanju od 150 sekundi. U eksperimentu je učestvovalo 10 osoba, 5 muških i 5 ženskih. Svi govornici su izgovarali tekst bez maske, a zatim sa svim tipovima maske korišćenih u ovom radu. To znači da je svaki govornik izgovarao je isti tekst 5 puta. Na osnovu snimljenih signala formirane su grupe snimaka prema tipu maske i računati dugovremeni 1/3 oktavni spektri („terčni“ spektri) [15]. Cilj ovog eksperimenta bio je sagledavanje uticaja zaštitne opreme na oblik spektra govora. Za snimanje je korišćen neusmereni mikrofoni [16] i AD konvertor sa 24 bita [17].

Da bi se sagledao subjektivni uticaj zaštitne opreme na razumljivost govora bilo je neophodno sprovesti subjektivne testove. U anechoičnim uslovima snimljeno je 5 grupa logatoma od po 50 reči. Svaka od grupa predstavlja jedan od slučajeva koji se analizira (jedan bez maske i 4 sa zaštitnom opremom). Sprovedena su 2 subjektivna testa. Prvi test izveden je u kontrolisanim uslovima, tj. slušanjem snimljenih grupa logatoma preko slušalica. U ovom eksperimentu eliminisan je uticaj spoljašnje sredine, odnosno prostorije i ambijentalne buke. U testu je učestvovalo 12 osoba koje su slušale grupe logatoma preko istih slušalica [18].



Sl. 3. Izgled zvučnika korišćenog za reprodukciju logatoma u učionici

Drugi test realizovan je u prostoriji koja je imala relativno veliku vrednost vremena reverberacije. Dodatno, u prostoriji je postojala ambijentalna buka zbog loše izolacione moći vrata i prozora. Korišćena prostorija je učionica na fakultetu. Grupe logatoma su reprodukovane slušaocima pomoću usmerenog zvučnika koji je prikazan na slici 3. Pozicija zvučnika odgovarala je uobičajenoj poziciji predavača u učionici – na bini ispred table. U eksperimentu je učestvovalo 14 slušalaca, koji su raspoređeni uniformno po prostoriji, kao na slici 4. U oba subjektivna testa slušaoci su pripadali starosnoj grupi od 20 do 30 godina, što predstavlja najbolju starosnu grupu za subjektivna audio ispitivanja.

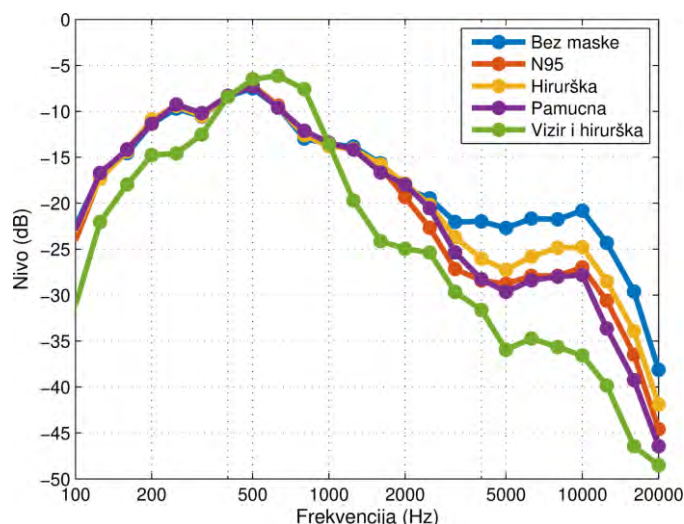


Sl. 4. Realizacija subjektivnog testa u učionici

IV. REZULTATI I DISKUSIJA

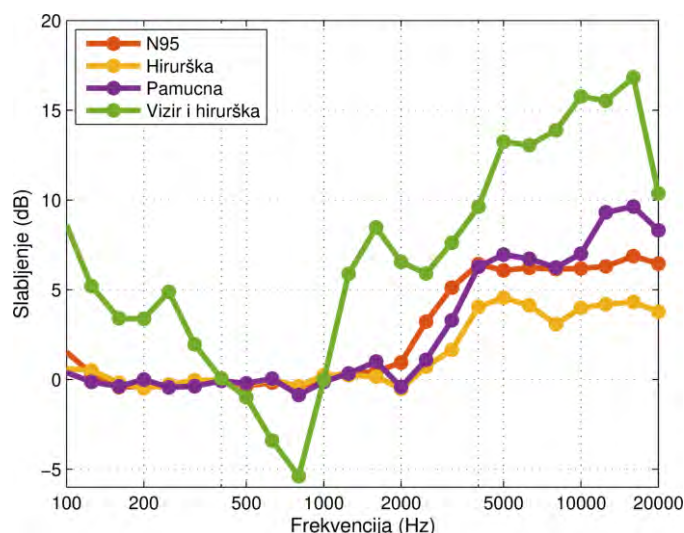
A. Dugovremeni spektri govora

Na slici 5 prikazani su usrednjeni dugovremeni spektri za 10 govornika. Spektri su normalizovani tako da ukupan nivo za svaki od spektara iznosi 0 dB. Plavom bojom prikazan je usrednjeni spektar govora bez korišćenja zaštitnih maski, odnosno zaštitne opreme. Maksimalna vrednost nivoa dugovremenog govora odgovara 1/3 opsegu 500 Hz. U oblasti frekvencija ispod 500 Hz spektar opada 10 dB po oktavi, a u oblasti do 3100 Hz spektar govora opada sa 6 dB po oktavi. U opsegu frekvencija između 3100 Hz i 10 kHz spektar je ravan, a nakon 10 kHz se može smatrati da nema značajnih komponenti u spektru dugovremenog govora. Ovakav oblik spektra poklapa se sa podacima o srpskom jeziku koji se mogu pronaći u literaturi [13].



Sl. 5. Izgled 1/3 oktavnih dugovremenih spektara

Dugovremeni spektar govora u slučaju korišćenja zaštitnih maski (hirurška, pamučna i N95) u oblasti frekvencija do 2000 Hz poklapa se sa oblikom spektra za govor bez maske. Prilikom korišćenja hirurške maske nivo spektra govora je za oko 5 dB manji od spektra nivoa govora bez maske, za oblast frekvencija iznad 2 kHz. Maska N95 unosi veće slabljenje u odnosu na hiruršku masku u oblasti visokih frekvencija. Vrednosti slabljenja u odnosu na normalan govor iznosi oko 6 dB. Pamučna maska unosi najveće slabljenje u odnosu na ostala dva tipa maski. Slabljenje u odnosu na govor bez maske iznosi oko 7 dB. Na osnovu vrednosti slabljenja koje unose zaštitne maske može se zaključiti da one za govor deluju kao filter propusnih niskih frekvencija. Očekivano bi bilo da je razumljivost govora obrnuto srazmerna vrednosti slabljenja koje unosi maska. Zbog toga bi razumljivost govora trebala biti najveća za hiruršku masku, zatim za N95 i najmanja za pamučnu masku.



Sl. 6. Slabljenje zaštitnih maski izračunato na osnovu dugovremenih spektara

U slučaju korišćenja zaštitnog vizira (sa hirurškom maskom) oblik spektra je značajno drugačiji od spektra govora bez i sa korišćenjem zasitnih maski. Kako bi se lakše

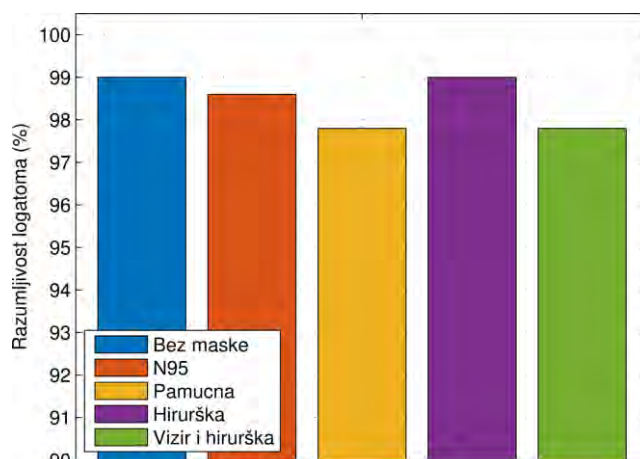
sagledao uticaj zaštitnog vizira na spektar govora izračunato je slabljenje koje unosi zaštitna oprema. Slabljenje je izračunato tako što je od spektra dugovremenog govora bez zaštitnih maski oduzet spektar govora sa maskama (Slika 5). Na slici 6 prikazano je slabljenje koje unose zaštita oprema (maske i vizir). Sa slike se mogu uočiti razlike u vrednostima slabljenja između pojedinačnih maski koje su prikazane i na slici 5.

U obliku spektra dugovremenog govora govornika koji su nosili zaštitni vizir može se uočiti zona između 400 Hz i 1000 Hz u kojoj je koncentrisana najveća energija govornog signala. Opadanje nivoa ka nižim frekvencijama je slično kao kod govora sa zaštitnim maskama, a opadanje ka višim frekvencijama iznosi oko 12 dB po oktavi. Na osnovu oblika spektra zaključuje se da zaštitni vizir deluje kao filter propusnik opsega. Hirurška maska koja je korišćena zajedno sa vizikom doprinosi samo dodatnom slabljenju na visokim frekvencijama. Govor prilikom korišćenja vizira zvuči „telefonski“ zbog efekta filtra propusnika opsega. U literaturi [9, 10] je pokazano da se ovakav oblik spektra javlja prilikom korišćenja zaštitnog vizira i za druge jezike. Međutim, nije dato objašnjenje zašto nastaje ovaj lokalni maksimum u spektru govora. Pokazano je da se takav oblik javlja u eksperimentima u kojima je izvor zvuka čovek [6, 9, 10], ali i veštački glas [10]. To znači da artikulacija kod čoveka prilikom izgovora nije odgovorna za nastanak ovog fenomena. Fenomen koji se javlja je posledica nastanka rezonance u vazдушnom prostoru između lica i zaštitnog vizira, po kraćoj dimenziji vizira. Zbog slabljenja koje unosi vizir na visokim frekvencijama očekivano je da razumljivost govora u ovom slučaju bude najmanja.

B. Logatomska razumljivost – slušalice

Za svaku od zaštitnih maski (zaštitne opreme) pripremljena je različita grupa logatoma. Na slici 7 prikazani su rezultati logatomske razumljivosti za subjektivni test u kome su slušaoci slušali logatome preko slušalica. Rezultati su usrednjeni za svaku od grupa logatoma na osnovu rezultata dobijenih za 12 slušalaca za tu grupu. Slušanje preko slušalica predstavlja praktično idealan način slušanja po pitanju ambijentalne buke, tj. odnosa signal šum. Nivo šuma određen je nivoom šuma u gluvoj sobi gde su snimljene grupe logatoma. Odnos signal šum prilikom reprodukcije logatoma preko slušalica u ovo eksperimentu iznosio je 40 dB.

Logatomska razumljivost za slučaj govora bez zaštitne maske iznosi 99%, što predstavlja jako dobru razumljivost. To znači da slušaoci u proseku nisu razumeli samo jednu reč od 50. Razumljivost za grupu logatoma koja je snimljena kada je govornik nosio hiruršku zaštitnu masku iznosi takođe 99%. Na osnovu toga može se zaključiti da ovaj tip zaštitne maske ne kvira razumljivost govora. U slučaju korišćenja maske N95 logatomska razumljivost iznosi 98.6%, što takođe predstavlja jako dobru razumljivost govora. Nešto manja logatomska razumljivost dobijena je za slučaj korišćenja dvoslojne pamučne maske i u slučaju korišćenja zaštitnog vizira sa hirurškom maskom. Razumljivost u ovim slučajevima je ista i iznosi 97.8%.



Sl. 7. Logatomska razumljivost za slušanje preko slušalica

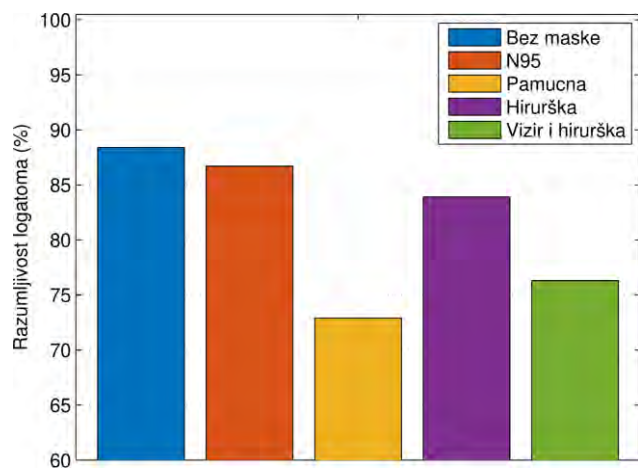
Razlike u razumljivosti dobijene za različite tipove zaštitne opreme su relativno male pre svega zbog velikog odnosa signal šum, odnosno idealnih uslova slušanja. Vrednosti su nešto manje za pamučnu masku i zaštitni vizir, ali u ovim slučajevima slušaoci, u proseku, nisu razumeli samo dve reči. Rezultati dobijeni u ovom eksperimentu mogu pokazati koje grupe maski mogu značajnije uticati na razumljivost govora, ali su procenti razumljivosti jako slični pa se neki značajniji zaključci ne mogu napraviti. Dodatno, na osnovu rezultata u ovom subjektivnom testu ne može se sagledati uticaj zaštitnih maski na razumljivost govora u svakodnevnim uslovima. U svakodnevnom životu nivo ambijentalne buke je veći, a često i značajno veći, od nivoa ambijentalne buke u ovom eksperimentu. Ambijentalna buka može maskirati delove govornog signala, što je značajno pre svega na višim frekvencijama gde zaštitne maske dodatno slabe nivo govornog signala.

C. Logatomska razumljivost – učionica

U ovom subjektivnom testu 14 slušalaca slušalo je u učionici površine 100 m² grupe logatoma, koji su snimljeni sa različitim zaštitnim maskama. Učionica nije akustički obrađena, što se može videti na slici 4. Vreme reverberacije iznosi oko 2 sekunde za 1/1 oktavne frekvencijske opsege sa centralnim frekvencijama 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz i 2000 Hz. Nivo ambijentalne buke u prostoriji iznosio je 36.5 dBA. Merenje ambijentalne buke izvršeno je u toku trajanja eksperimenta, u sredini prostorije. Odnos signal šum prilikom reprodukcije logatoma iznosio je maksimalno 11 dB. Na slici 8 prikazani su rezultati logatomske razumljivosti u učionici za različite tipove zaštitnih maski. Rezultati pojedinačnih slušalaca su usrednjeni za odgovarajuće grupe logatoma.

Vrednost logatomske razumljivosti u prostoriji za slučaj bez korišćenja zaštitne opreme iznosi 88.4%. Vrednost razumljivosti u ovom eksperimentu je za oko 10% manja nego u slučaju eksperimenta sa slušalicama. Najbolja razumljivost ostvarena je kod slušalaca koji su sedeli u prednjoj zoni učionice i maksimalno je iznosila 94%. Za slušaoca koji su sedeli u zadnjem delu sale razumljivost je značajno manja i minimalno iznosi 82%. U slučaju korišćenja zaštitne opreme

najbolja razumljivost ostvarena je za masku N95. Logatomska razumljivost za masku N95 iznosi 86.7%, što je približno vrednosti koja je ostvarena bez korišćenja maski. Kao i u prethodnom slučaju slušaoci koji su sedeli bliže zvučniku imali su veću uspešnost prilikom prepoznavanja logatoma. Vrednosti razumljivosti za ovaj tip maske u prostoriji kreću se u opsegu od 74% do 94%.



Sl. 8. Logatomska razumljivost za slušanje u Sali

Za slučaj u kom je korišćena hirurška zaštitna maska logatomska razumljivost je nešto manja u odnosu na prethodna dva slučaja i iznosi 83.9%. Raspodela razumljivosti po prostoriji za hiruršku masku ne poklapa se sa raspodelom sa slučajem maske N95 i slučajem bez korišćenja maske. U ovom slučaju vrednosti razumljivosti su potpuno slučajne u odnosu na rastojanje slušalaca od zvučnika preko koga su emitovani logatomi. Ostvarena razumljivost govora u slučaju u kom je korišćen zaštitni vizir zajedno sa hirurškom maskom iznosi 76.3%. Ova vrednost je za 22% manja u odnosu na slučaj razumljivosti govora bez korišćenja zaštitne maske. Vrednost razumljivosti je očekivano manja u odnosu na slučaj kada je korišćena samo hirurška zaštitna maska. Vrednost je manja za 7.6%, što se može pripisati uticaju vizira. Raspodela razumljivosti je slučajna po prostoriji, i ne zavisi od rastojanja slušaoca od zvučnika. Najmanja razumljivost od svih analiziranih slučajeva postignuta je u slučaju korišćenja dvoslojne pamučne maske i iznosi samo 72.9%. Ova vrednost razumljivosti je manja za čak 25.5% u odnosu na razumljivost govora ostvarenu za slučaj bez zaštitne opreme.

Neke od grešaka koje su pravili slušaoci su nastajale zamenom parova /f/-/h/, /f/-/p/ i /d/-/g/. Fonemi /g/ i /d/ pripadaju grupi ploziva i u artikulacionom smislu su slični jer se sastoje iz dva dela okluzije i eksplozije. Kod fonema /d/ eksplozija stvara šumnu energiju koja se karakteriše sa više koncentrata gotovo ravnomerno do 8 kHz [1]. Prilikom izgovora fonema /g/ pojavljuju se 2 koncentrata energije, veći na 2000 Hz i manji na oko 5 kHz. Zbog slabljenja zaštitnih maski iznad 2000 Hz slušaoci slovo /d/ mešaju sa slovom /g/. Fonem /f/ pripada grupi frikativa. Energija kod šumnog fonema /f/ se prostire od 500 Hz do gotovo 10 kHz [1]. Zbog uticaja maski u ovom frekvencijskom području razumljivost ovog fonema može biti narušena.

Posmatrajući oblik usrednjenih spektara sa slike 5 zaključuje se da maska N95 unosi veće slabljenje u odnosu na hiruršku masku. Međutim, na osnovu rezultata subjektivnog testa realizovanog u realnim uslovima (npr. slušanje predavanja u učionici) zaključuje se da je najmanji uticaj na razumljivost govora ima maska N95. Maska N95 skoro da ima isti uticaj na spektar dugovremenog govora kao i pamučna maska, ali je razumljivost govora u učionici prilikom korišćenja pamučne maske za 14% manja u odnosu na masku N95. Takođe, slabljenje koje unosi zaštitni vizir sa hirurškom maskom je značajno veće u odnosu na sve tipove maski, ali je razumljivost govora u tom slučaju veća od razumljivosti za pamučnu masku. Na osnovu toga zaključuje se da posmatranje maske (odnosno zaštitne opreme) kao filtra za govorni signal nije dobar način za sagledavanje uticaja maski na razumljivost govora. Ponašanje maske kao filtra propusnika niskih frekvencija nije zanemarljiv uticaj na razumljivost, ali nije jedini. U literaturi se mogu pronaći podaci i o drugim uticajima maske na govor [13], pored filtriranja. Pored unošenja slabljenja na visokim frekvencijama maske utiču i na način izgovora slova, odnosno na artikulaciju. Pamučna maska je pripijena uz lice i postoji konstantno trenje usana o masku. Prilikom dužeg govora ovo stvara ometanje i otežava otvaranje usta prilikom izgovora određenih slova. Dodatno, ova maska se pomera prilikom govora. Sličan uticaj ostvaruje na artikulaciju ima i hirurška maska. Ova dva tipa maske prilikom dužeg govora stvaraju osećaj otežanog disanja, pa i to utiče na način izgovora određenih fonema. Za razliku od toga maska N95 ima čvrstu formu i ne pomera se zajedno sa ustima. Ona je odvojena fizički od usana i ne opterećuje prilikom dužeg govora. Zbog toga je i logatomska razumljivost za ovu masku najveća.

Kako bi se sagledalo da li su neki govornici usled nedovoljne koncentrisanosti ili neobučenosti za slušanje logatoma uticali na globalne rezultate izvršena je detaljnija analiza. Za svakog slušaoca izvršena je normalizacija vrednosti razumljivosti za svih 5 grupa logatoma. Normalizacija je urađena tako da su vrednosti logatomske razumljivosti za svaku od grupa podeljene sa maksimalnom vrednošću razumljivosti. Nakon toga izvršeno je usrednjavanje razumljivosti za svaku od grupa za sve slušaoce. Dobijene su sledeće vrednosti: bez maske 98.1%, maska N95 96.2%, hirurška maska 93.1%, vizir sa hirurškom maskom 84.6% i pamučna maska 80.76%. Međusobni odnos normalizovanih vrednosti je isti kao u slučaju bez normalizacije vrednosti. To znači da slušaoci nisu uticali na dobijene rezultate.

V. ZAKLJUČAK

U ovom radu analiziran je uticaj zaštitne opreme koja se koristi u vreme pandemije virusa COVID19 na razumljivost govora u srpskom jeziku. Analizirana su 3 tipa maski i jedan zaštitni vizir. Pokazano je da se dugovremeni spektar govora na srpskom jeziku menja upotrebom zaštitnih maski. Na frekvencijama iznad 2 kHz zaštitne maske unose slabljenje od 3 dB do čak 10 dB. Zaštitni vizir pored slabljenja na visokim

frekvencijama ističe oblast frekvencija između 400 Hz i 1000 Hz. Rezultati subjektivnih testova realizovanih slušanjem preko slušalica pokazali su da uticaj zaštitnih maski postoji. Zbog idealnih uslova slušanja dobijeni rezultati ne pokazuju uticaj zaštitne opreme u svakodnevnim uslovima. Zbog toga je sproveden subjektivni test gde su slušaoci u prostoriji slušali pripremljene grupe logatoma, koji su prethodno snimljeni sa zaštitnim sredstvima u gluvoj sobi. Rezultati su pokazali da je razumljivost najveća za masku N95, zatim slede hirurška maska, zaštitni vizir i pamučna maska. Dobijeni rezultati poklapaju se sa rezultatima iz literature dobijenim za engleski jezik. Rezultati se ne poklapaju sa vrednostima slabljenja dugovremenih spektara govora, što ukazuje da maske ne utiču samo kao filter za govorni signal već utiču i na artikulaciju. Dobijeni rezultati pokazuju značajno smanjenje razumljivosti govornika sa određenim tipovima zaštitnih maski u reverberantnim prostorima sa ambijentalnom bukom.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta TR 36026 koga finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije. Autori žele da se zahvale studentkinjama Maji Đaković i Melaniji Milenković na pomoći prilikom realizacije eksperimenata, kao i svima koji su učestvovali u snimanju govora i u subjektivnim testovima.

LITERATURA

- [1] S. T. Jović, "Govorna komunikacija – fiziologija, psihoakustika i percepcija," pp. 29–72, NAUKA, Beograd, Srbija, 1999.
- [2] P. Bottalico, S. Murgia, G. E. Puglisi, A. Astolfi, K. I. Kirk, "Effect of masks on speech intelligibility in auralized classrooms," *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 148, pp. 2878–2884, November, 2020.
- [3] Y. Choi, "Acoustical measurements of masks and the effects on the speech intelligibility in university classrooms," *Applied Acoustics*, vol. 180, pp. 1–8, May, 2021.
- [4] N. Prodi, C. Visentin, A. Feletti, "On the perception of speech in primary school classrooms: Ranking of noise interference and of age influence," *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 133, pp. 255–268, November, 2012.
- [5] V. V. Ribeiro, A. P. Dassi-Leite, et al, "Effect of Wearing a Face Mask on Vocal Self-Perception during a Pandemic," *Journal of Voice*, pp. 1–7, October, 2020.
- [6] M. Caniato, A. Marzi, A. Gasparella, "How much COVID-19 face protections influence speech intelligibility in classrooms?" *Applied Acoustics*, vol. 178, pp. 1–14, March, 2021.
- [7] M. Nobrega, R. O. Mariana, M. L. Christiane, A. Nobrega, "How face masks can affect school performance," *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, vol. 138, pp. 1–2, May, 2021.
- [8] C. Pörschmann, T. Lübeck, J. M. Arend, "Impact of face masks on voice radiation," *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 148, pp. 3663–3670, December, 2020.
- [9] R. M. Corey, U. Jones, A. C. Singer, "Acoustic effects of medical, cloth, and transparent face masks on speech signals," *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 148, pp. 2371–2375, October, 2020.
- [10] S. R. Atcherson, B. R. McDowell, M. P. Howard, "Acoustic effects of non-transparent and transparent face coverings," *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 149, pp. 2249–2254, April, 2021.
- [11] S. R. Atcherson, L. L. Mendel, W. J. Baltimore, C. Patro, S. Lee, M. Pousson, M. J. Spann, "The Effect of Conventional and Transparent Surgical Masks on Speech Understanding in Individuals with and without Hearing Loss," *Journal of the American Academy of Audiology*, vol. 28, no. 1, pp. 58–67, 2017.
- [12] M. Magee, C. Lewis, G. Noffs et al., "Effects of face masks on acoustic analysis and speech perception: Implications for peri-pandemic protocols," *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 148, pp. 3562–3568, December, 2020.
- [13] M. Vojnović, M. Mijic, "The influence of the oxygen mask on longtime spectra of continuous speech," *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 102, no. 4, pp. 2456–2458, October, 1997.
- [14] E. Zwicker, H. Fastl, "Psychoacoustics: Facts and Models," 2nd edition, Springer-Verlag, Beograd, New York, 1999.
- [15] *Specification for Octave, Half-Octave, and Third Octave Band Filter Sets*, ANSI S1.11, 49 CFR 227, June 2009.
- [16] Tehnička dokumentacija proizvođača, dostupno na mreži: <http://www.nti-audio.com/Portals/0/data/en/MiniSPL-Measurement-Microphone-Product-Data.pdf>, pristupano 19.6.2021.
- [17] Tehnička dokumentacija proizvođača, dostupno na mreži: http://download.steinberg.net/downloads_hardware/UR22/UR22_documentation/UR22_OperationManual_en.pdf, pristupano 19.6.2021.
- [18] Tehnička dokumentacija proizvođača, dostupno na mreži: <https://www.akg.com/Headphones/Professional%20Headphones/K92.html>, pristupano 19.6.2021.

ABSTRACT

This paper presents an analysis of the impact of face masks on speech intelligibility. Three different types of protective masks used in pandemic conditions (cotton mask, surgical mask and N95 mask) were analyzed, as well as a protective transparent visor. Based on the speech of several people, the shape of the spectrum of long-term speech in the Serbian language in the case of the use of protective equipment was determined. Several subjective tests were performed in which the logatom intelligibility of speech with and without protective masks was measured. The experiments were organized in controlled conditions (listening through headphones) and in a room with a large reverberation time. It has been shown that the best intelligibility of speech in the Serbian language is achieved when using the N95 protective mask in relation to the other two types of analyzed masks.

Impact of COVID19 face masks on speech intelligibility in the Serbian language

Miloš Bjelić, Tatjana Miljković, Miomir Mijić, Dragana Šumarac Pavlović