

## INFLUENCE OF THE MUSICAL NOISE, TYPE MAJOR ACCORD, ON THE COMPREHENSIBILITY OF SPEECH IN THE SERBIAN LANGUAGE

Dr Zoran Milivojević<sup>1</sup>; Ing. D. Kostić<sup>1</sup>; Dr Darko Brodić<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Visoka tehnička škola strukovnih studija, Niš, Srbija, zoran.milivojevic@vtsnis.edu.rs

<sup>1</sup> Visoka tehnička škola strukovnih studija, Niš, Srbija, koricanac@yahoo.com

<sup>2</sup> Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet, Bor, Srbija, dbrodic

**Abstract:** *The paper presents the results of the experiment in which the comprehensibility of speech in the presence of musical disturbances, type accord, was analyzed. The experiment was conducted in accordance with the MOS test. The basis of the words spoken in the Serbian language (SMST base) was used. The testing was done on a test group formed by students of the High Technical School, Nis. The results are tabularly and graphically presented. The comparative analysis with comprehensibility in the superimposed Gaussian and Babble noises was carried out.*

**Key word:** *Matrix Sentences Test, intelligibility, musical noise.*

### 1. UVOD

U procesu snimanja, memorisanja, prenosa i reprodukcije multimedijalnih sadržaja (audio, video,...) dolazi do degradacije signala (superponirani šumovi, pozadinski šumovi, reverberacija prostorije, eho, izobličenja usled nelinearnih karakteristika sistema, i dr.). Kod govornog signala može doći do takvih degradacija da govor bude u manjoj ili većoj meri nerazumljiv ili čak apsolutno nerazumljiv. Kao mera razumljivosti govora uveden je indeks razumljivosti (**engl. Speech intelligibility index**) koji se izražava u procentima i kreće se u opsegu 0-100 %, gde je 0% apsolutna nerazumljivost a 100% apsolutna razumljivost. Određivanje indeksa razumljivosti realizuje se primenom objektivne i subjektivne metode. Objektivne metode se baziraju na proceni parametara govornog signala: a) AI (**engl. Articulation index**) [1], b) STI (**engl. Speech transmission index**) [2, 3], c) SII (**engl. Speech intelligibility index**) [1, 4] i dr. Subjektivne metode se baziraju na testiranju pojedinačnih slušalaca koji pripadaju testnoj krupi, koja je formirana po određenom kriterijumu, tako što slušaju odgovarajući akustički govorni signal i pokušavaju da razumeju sadržaj govora. Statističkom obradom rezultata testiranja razumevanja govora donosi se subjektivna ocena o razumljivosti govora. Testiranje može biti organizovano tako da se daje ocena o stepenu razumljivosti govornog signala ili stepena oštećenja sluha kod ispitanika. Kao govorni signal mogu se koristiti fonemi, smislene reči, reči bez smisla (logatomi), kao i cele rečenice.

Često korišćena metoda za subjektivno testiranje bazira se na primeni MOS (**engl. Mean opinion score**) testa. MOS test može biti: a) zatvorenog i b) otvorenog tipa. Kod zatvorenog tipa, ispitanik dobija ponuđene odgovore i nakon reprodukcije govornog signala bira jedan od ponuđenih odgovora koji misli da je čuo. Ovu vrstu testa primenjena je za MRT (**eng. Modified Rhyme Test**) [5] i DRT (**eng. Diagnostic Rhyme Test**) testove [6]. Otvoreni tip MOS testa se najčešće primenjuje kod testiranja uz pomoć smislenih i nesmislenih reči koje se nazivaju logatomi. Logatomi predstavljaju reči bez smisla koje u sebi imaju i konsonante (C) i vokale (V). Formirane su liste fonetski balansiranih jednosložnih reči koje su odabrane tako da odražavaju statističku raspodelu glasova u tom dijalektu [7, 8]. Većina lista fonetski balansiranih reči su dizajnirane za američki engleski jezik [9, 10]. Problem koji može da se javi kod testiranja uz pomoć liste reči je da, zbog ograničenog broja reči, slušaoc može da nauči listu. Zbog ovoga, a u cilju dobijanja realnih rezultata razumljivosti, počele su se koristiti liste logatoma tipa CCV, CVC, nazala, laterala... [11], [12].

Radi dobijanja pouzdanog merenja razumljivosti govora u prisustvu šuma u [13] su primenjene kratke, svakodnevne rečenice (rečenice sa semantičkim smislom). Pored testa sa svakodnevnim rečenicama formiran je i Matrični rečenični test. Ovaj test podrazumeva postojanje baze reči odgovarajućeg gramatičkog tipa (ime, glagol, broj, pridev, imenica). Programski se, prema slučajnom zakonu, formiraju reči sa fiksnom sintaksnom strukturom: *ime-glagol-broj-pridev-*

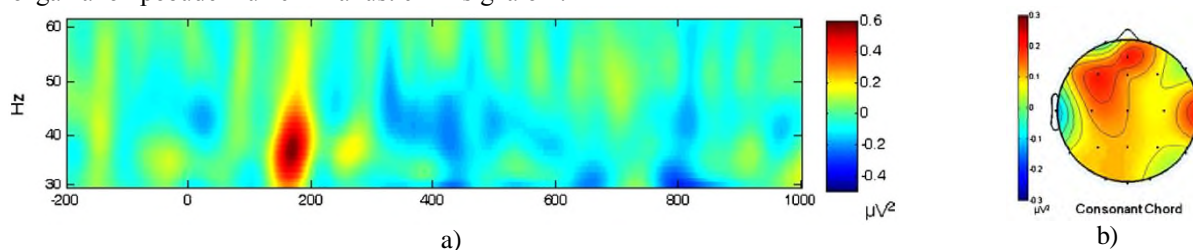
imenica. Prvi matični test urađen je za švedski jezik [14]. Za potrebe testiranja u srpskom jeziku autori su formirali bazu Srpskog matičnog rečeničnog testa (**eng. Serbian Matrix Sentences Test, SMST**), koja je opisana u [15]. SMST baza sadrži po 10 reči iz svakog gramatičkog tipa, ukupno  $5 \cdot 10 = 50$  reči. Za potrebe testiranja programski se mogu da formiraju 100000 rečenica. Time se uklanja mogućnost da ispitanik može da nauči listu reči i da, samim tim, umanjuje objektivnost testa. Fonetska struktura SMST urađena je u duhu srpskog jezika, što je verifikovano upoređivanjem sa fonetskom strukturom kapitalnih dela napisanih na srpskom jeziku (romani "Na Drini Čuprija", autora Ive Andrića, i "Bakonja fra Brne" autora Sime Matavulja, ep "Gorski vjenac" autora Petra Petrovića Njegoša i drama "Koštana", autora Bore Stankovića).

U [16] prikazani su rezultati eksperimenta u kome su merene moždane aktivnosti primenom elektroencefalografije, nakon akustičke pobude muzičkim signalom. Muzički signal sastavljen je od durskih akorda interpretiranih na klaviru. Rezultati pokazuju intenzivnu reakciju nervnog sistema čoveka 170 ms nakon akustičke pobude, koja se manifestuje kao povećana moždana talasna aktivnost u gama opsegu (30-60 Hz). Autori ovog rada su postavili pitanje: *da li, i u kojoj meri, akustički muzički signal tipa 'durski akordi' dovodi do smanjenja razumljivosti govora*. Odgovor na ovo pitanje potražen je pomoću eksperimenta u kome je testirana razumljivost reči i celih rečenica izgovorenih na srpskom jeziku u uslovima promenljivog odnosa SNR. Muzičke smetnje generisane su na dva načina, i to interpretacijom durskih akorda na: a) klaviru i b) harmonici. Razlog za korišćenje ova dva instrumenta je oblik anvelope generisanog signala. Kod klavira anvelopa eksponencijalno opada a kod harmonike je konstantna. Samim tim i efekat ovih muzičkih smetnji je različit i različito maskiraju govorni signal. Korišćena baza rečenica je SMST baza koju su razvili autori [15]. Testna grupa je formirana od 25 studenata Visoke tehničke škole u Nišu, gde je i sproveden eksperiment. Testiranje je obavljeno u skladu sa MOS testom i obavljeno je za  $SNR = \{0, -2, -5, -10\}$ . Rezultati su prikazani grafički i tabelarno. Na kraju je izvršena procena razumljivosti za govornog signala u prisustvu muzičkih smetnji i izvršena komparativna analiza sa rezultatima razumljivosti za superponiran Gausov [17] i Babble [18] šum.

Organizacija rada je sledeća. U sekciji 2 prikazana je EEG aktivnost nakon akustičke pobude. U sekciji 3 je opisan eksperiment, prikazani rezultati i izvršena komparativna analiza. Sekcija 4 je zaključak.

## 2. AKUSTIČKA POBUDA I EEG AKTIVNOST

U radu [16] je prikazan eksperiment u kome je vršeno registrovanje moždanih aktivnosti u uslovima slušanja akorda interpretiranih na klaviru. Registrovanje moždanih aktivnosti obavljeno je pomoću neurofiziološke metode primenom elektroencefalografije (**engl. Electroencephalogram, EEG**) gde se registruje se moždana aktivnost preko elektroda smeštenih na glavi. Analizirani su moždani talasi iz gama opsega (30-60 Hz) koji se javljaju u fazi visoke koncentracije. Na sl. 1. prikazane su dijagrami koji se odnose na moždane aktivnosti u oblasti gama talasa, i koji su dobijeni procesiranjem EEG signala u vremensko-frekvencijskom domenu, i to: a) sl. 1.a spektrogram (vremensko-frekvencijski dijagram) i b) sl. 1.b srednje vrednosti EEG signala u vremenskom prozoru 100-250 ms posle akustičke stimulacije akordom. Na spektrogramu se uočava da 170 ms nakon akustičke pobude (odsviran akord), kao posledica moždanih aktivnosti, dolazi do povećanja intenziteta gama talasa. Ovim eksperimentom je pokazano da postoji intenzivna reakcija mozga nakon pobude muzičkim akustičkim signalom.



**Slika 1:** Moždane aktivnosti u oblasti gama talasa: a) vremensko-frekvencijski dijagram i b) srednje vrednosti aktivnosti u vremenskom prozoru 100-250 ms posle stimulacije akordom.

## 3. EKSPERIMENTALNI REZULTATI I ANALIZA

### 3.1. Eksperiment

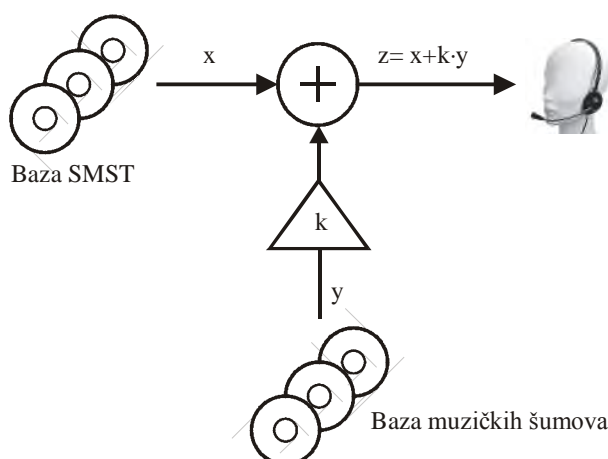
Dejstvo muzičkih smetnji tipa akord, interpretiranih na klaviru i harmonici, na razumljivost govora analizirano je eksperimentalnim putem. Cilj eksperimenta je bio da se odredi dejstvo superponiranih muzičkih smetnji na razumljivost reči kod govornog signala koji je nastao snimanjem govornika koji govori srpski jezik. Eksperiment koji je realizovan na Visokoj tehničkoj školi strukovnih studija u Nišu. U okviru eksperimenta realizovana su testiranja razumljivosti kod testne grupe pomoću MOS testa (MOS ocena razumljivosti: loša 0-67%, slaba 67-78%, prihvatljiva 78-87%, dobra 87-94% i odlična 94-96%). Time se određuje subjektivna ocena razumljivosti. Model eksperimenta prikazan je na sl. 2.

Govorni signal  $x$  se generiše da osnovu reči iz SMST baze, tako što se formira rečenica sa preciznom sintaksnom strukturom ali sa neizvesno semantikom, što se postiže izborom tipova reči prema slučajnom zakonu. Kod SMST baze moguće je formirati do 100.000 slučajnih rečenica. Kao primer, na sl. 3.a prikazan je vremenski oblik govornog signala ‘Danica želi šesnaest različitih rukavica’, dok je na sl. 4.a prikazan je vremenski oblik govornog signala ‘Slaviša briše šest starih ormara’. Na sl. 3.b i 4.b prikazane su vremensko-frekvencijske raspodele (spektrogrami) gde se uočavaju linije koje predstavljaju trajektorije fundamentalnih frekvencija i njihovih harmonika.

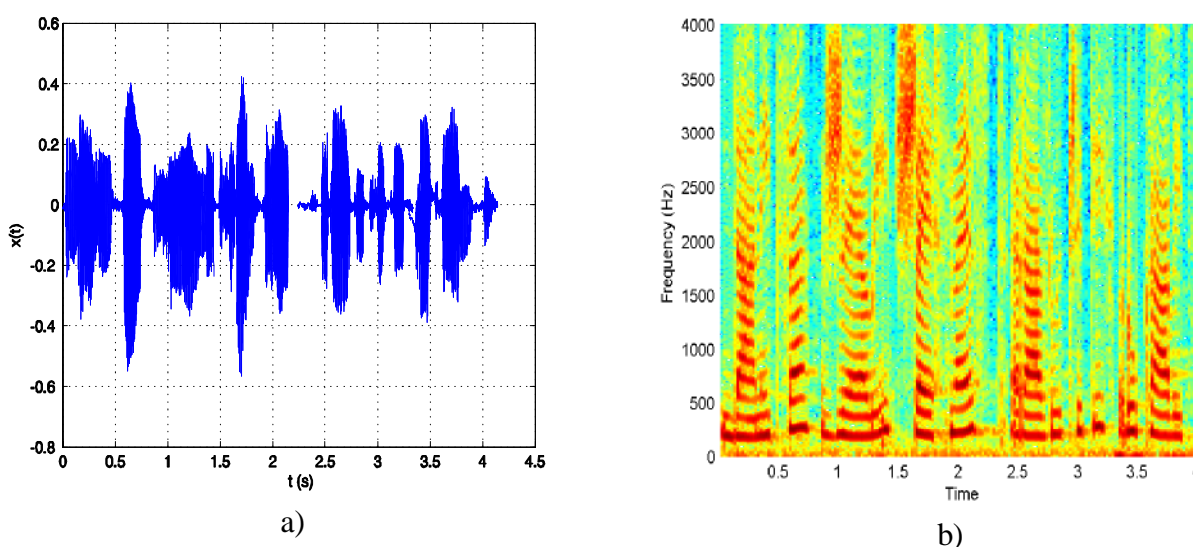
Govornom signalu,  $x$ , superponiraju se muzičke smetnje  $y$ . Na sl. 5.a prikazan je vremenski oblik muzičke smetnje klavira dok je na sl. 6.a prikazan je vremenski oblik muzičke smetnje klavira. Njihovi spektrogrami su prikazani na sl. 5.b i sl. 6.b. Uočava se vremenska kontinualnost signala snage kod smetnji harmonike za razliku od vremenskog opadanja snage kod smetnji klavira. Promena akorda menja se na 700 ms.

Govorni signal sa smetnjom,  $z = x + k \cdot y$ , (sl. 7 i sl. 8) je sa promenljivim odnosom signal/šum (SNR) koji se za potrebe eksperimenta podešava faktorom pojačanja  $k$  prema  $SNR = 10 \cdot \log_{10} \frac{\sigma_x^2}{k \cdot \sigma_y^2}$  [dB] gde su  $\sigma_x^2$  i  $\sigma_y^2$  varijanse signala  $x$  i  $y$  respektivno. Vrednosti faktora  $k$  određene su tako da je generisan signal  $z$  sa  $SNR = \{0, -2, -5, -10\}$ .

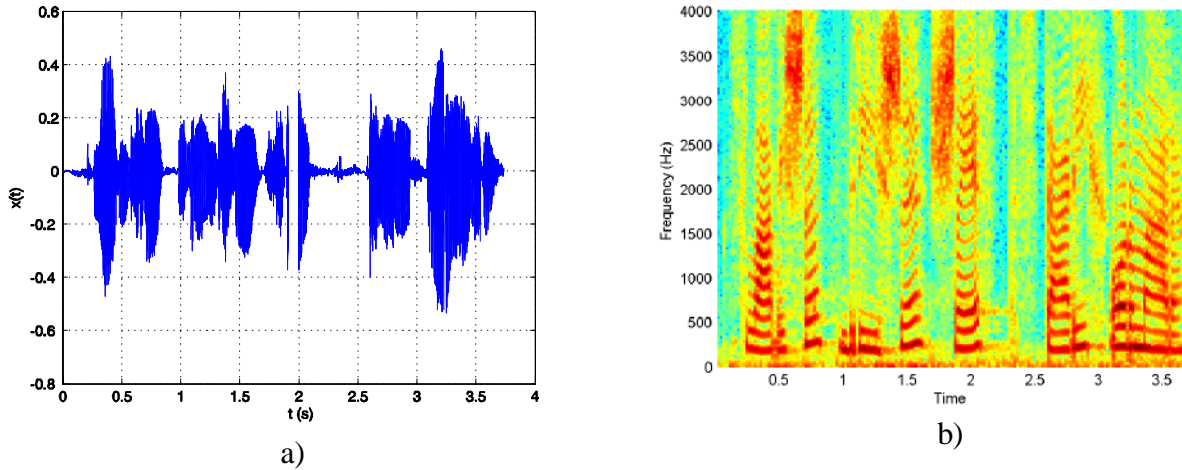
Slušalac se nalazi u akustički izolovanom prostoru i sluša jasno izgovorene rečenice na srpskom jeziku. Nakon što čuje rečenicu slušalac glasno ponavlja rečenicu onako kako je on čuo, odnosno razumeo. Ispitivač beleži uspešnost po tipovima reči kao i uspešnost cele rečenice. Rečenice koje služe za testiranje su u semantičkom smislu neizvesne kako za slušaoca tako i za ispitivača. Nakon reprodukovane rečenice ona se tekstualno ispisuje na ekranu monitora se i vidljiva je samo ispitivaču. Na taj način se vrši provera ispravnosti razumljivosti pojedinih reči i formiraju podaci za kasniju statističku obradu.



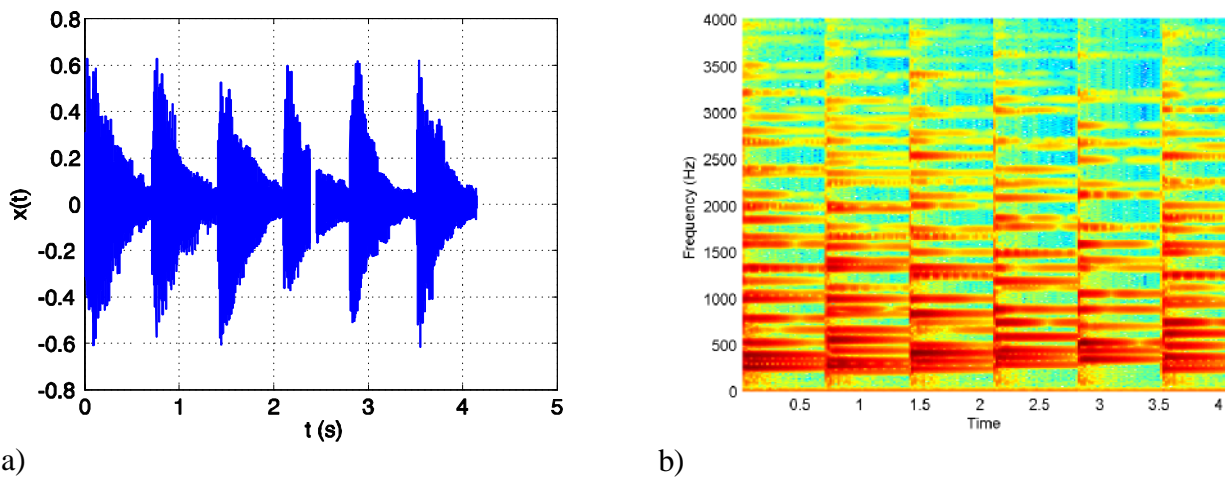
Slika 2: Model eksperimenta.



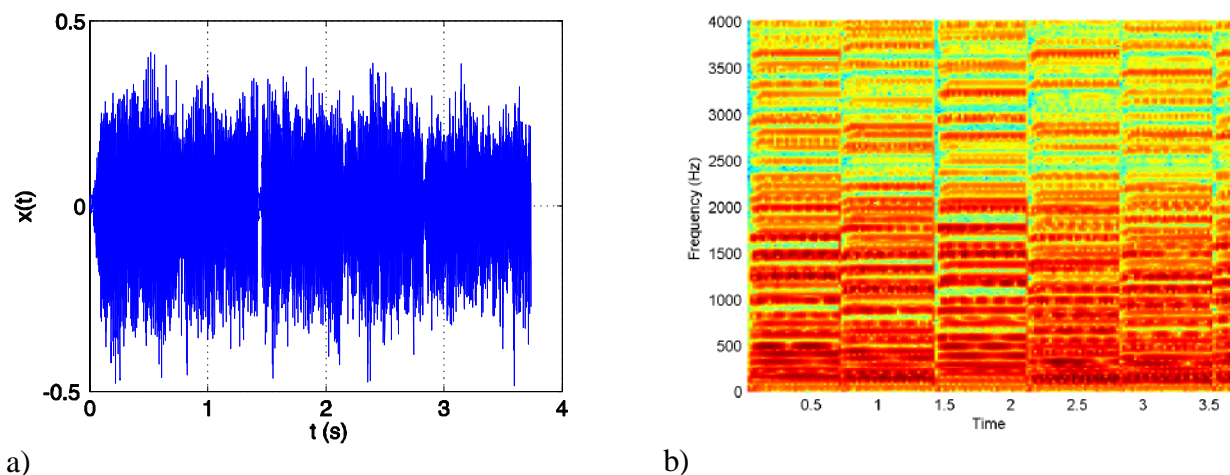
Slika 3: Govorni signal rečenice ‘Danica želi šesnaest različitih rukavica’ generisan iz SMST baze: a) vremenski signal i b) spektrogram.



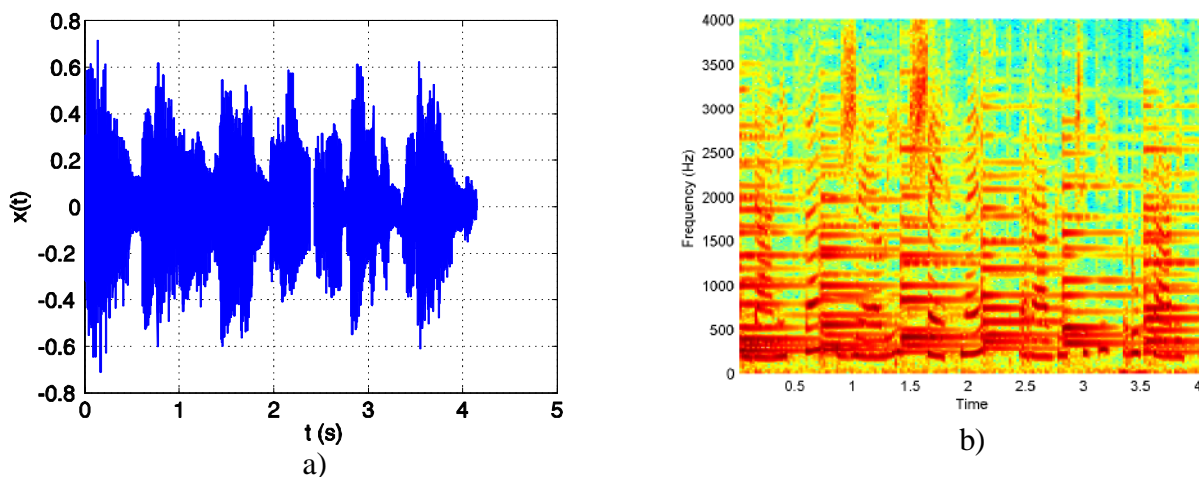
Slika 4: Govorni signal rečenice ‘Slaviša briše šest starih ormara’ generisan iz SMST baze: a) vremenski signal i b) spektrogram.



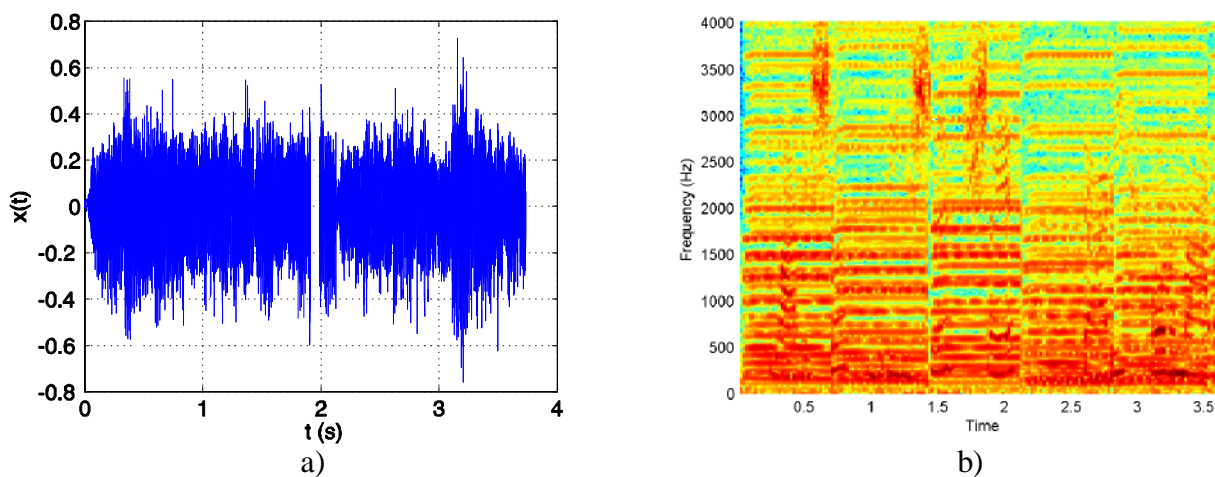
Slika 5: Signal smetnje: durski akordi interpretirani na klaviru: a) vremenski signal i b) spektrogram.



Slika 6: Signal smetnje: durski akordi interpretirani na harmonici: a) vremenski signal i b) spektrogram.



Slika 7: Govorni signal rečenice ‘Danica želi šesnaest različitih rukavica’ sa superponiranom smetnjom tipa akord (SNR=0 dB) interpretirani na klaviru: a) vremenski signal i b) spektrogram.



Slika 8: Govorni signal rečenice ‘Slaviša briše šest starih ormara’ sa superponiranom smetnjom tipa akord (SNR=0 dB) interpretirani na harmonici: a) vremenski signal i b) spektrogram.

### 3.1.1. Baza

U eksperimentu su korišćene dve baze, i to: a) govornih i b) muzičkih signala.

Baza govornih signala je SMST (**eng.** *Serbian Matrix Sentences Test* - Srpska Matrična Rečenična Test) baza [15]. Baza sadrži po 10 reči tipa: a) ime, b) glagol, c) broj, d) pridev i e) imenica, ukupno 50 reči. Formiranje rečenica vrši se slučajnim izborom po jedne reči iz svakog tipa reči i formiranje rečenice sa sintaksnom strukturom: *ime - glagol - broj - pridev - imenica*. Na taj način je moguće formirati 100.000 rečenica.

Muzička baza je sastavljena od snimaka kvintnih durskih akorda<sup>1</sup> iz C-dur lestvice (sl. 9.a), i to {C-dur, D-dur, E-dur, F-dur, G-dur, A-dur i B-dur} interpretiranih na dva instrumenta, i to: a) klavira i b) harmonike [19].

<sup>1</sup> Akord je istovremeno zvučanje najmanje tri tona različite visine. Naziv akorda je u skladu sa veličinom intervala između osnovnog i najvišeg tona u akordu. Akord kod koga je osnovni ton u basu naziva se *osnovni akord*. Akordi kod kojih se osnovni ton nalazi na nekoj drugoj poziciji naziva se *obrtač osnovnog akorda*. Osnovni akordi se grade od niza terci. Akord sastavljen od tri tona naziva se *kvint akord*. Kvint akord je sastavljen od: a) osnovnog tona, b) njegove terce i c) njegove kvinte. Kvint akord može biti: a) veliki (durski: velika terca i čista kvinta), b) mali (molski: mala terca i čista kvinta), c) umanjeni (mala terca i umanjena kvinta) i d) prekomerni (velika terca i prekomerna kvinta).



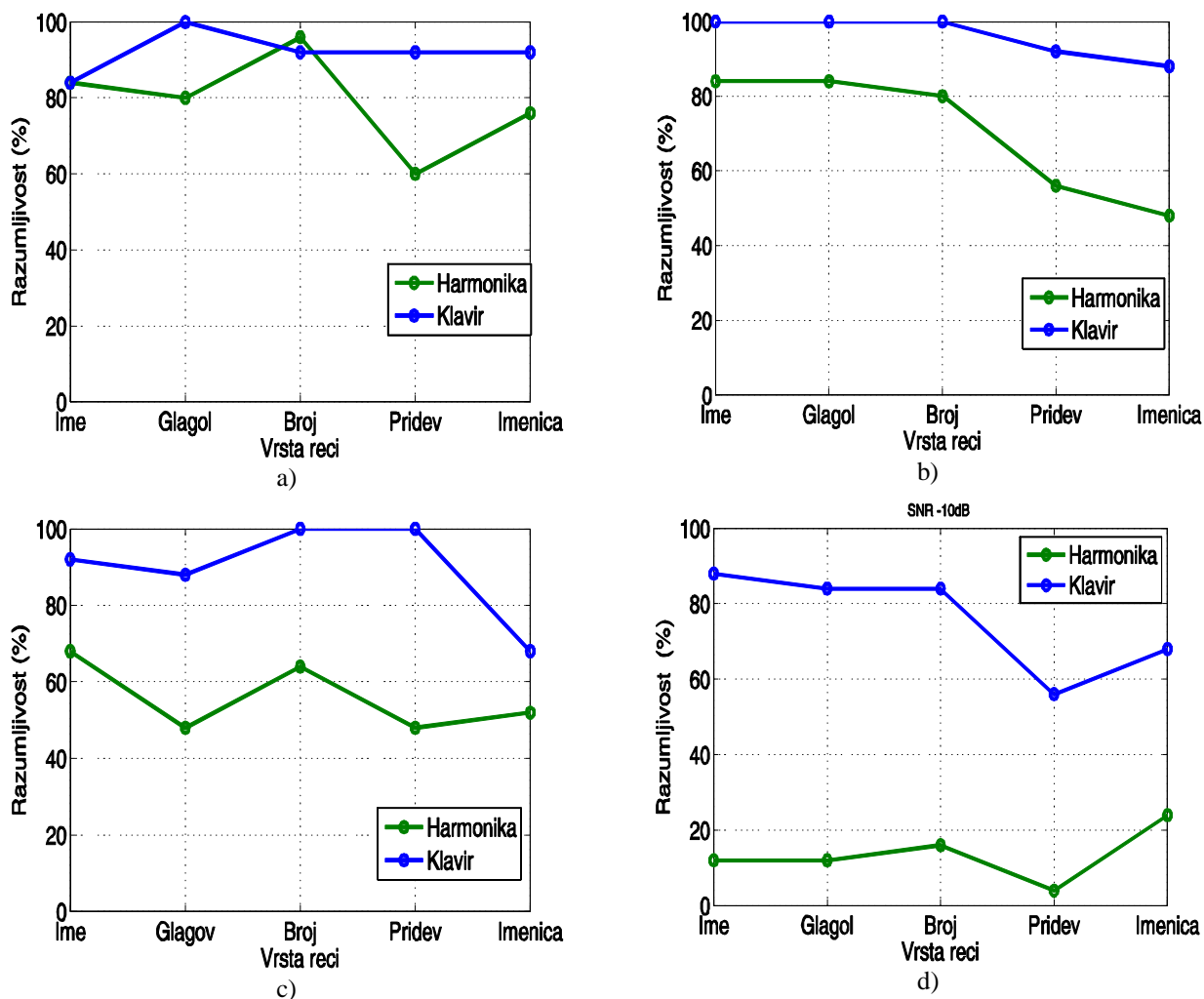
Slika 9: Struktura muzičkih smetnji: a) note jedne oktave C-dur skale, i b) durski akordi jedne oktave C-dur skale.

### 3.1.2. Testna grupa

Testna grupa je formirana od 25 studenata Visoke tehničke škole Niš (15 muškog i 10 ženskog pola), starosne dobi 19-30 godina, sa srednjom vrednošću 21.9 god. Svi članovi grupe imaju normalan, odnosno, neoštećen sluh.

### 3.2. Rezultati

Na sl. 10. grafički prikazana je razumljivost pojedinih tipova reči za durske akorde interpretirane na klaviru i harmonici za: a) SNR=0 dB (sl. 10.a), b) SNR=-2 dB (sl. 10.b), c) SNR=-5 dB (sl. 10.c) i d) SNR=-10 dB (sl. 10.d). Numeričke vrednosti razumljivosti za pojedine tipove reči prikazane su u tabeli 1 (klavir) i tabeli 2 (harmonika). U cilju komparativne analize u tabeli 3 prikazane su vrednosti razumljivosti za superponiran Gausov [17] a u tabeli 4 za Babble [17] šum.



Slika 10: Razumljivost vrste reči za: a) SNR=0 dB, b) SNR=-2 dB, c) SNR=-5 dB i d) SNR=-10 dB.

**Tabela 1:** Razumljivost tipa reči za akorde interpretirane na klaviru.

SNR (dB)	Razumljivost (%)					
	Ime	Glagol	Broj	Pridev	Imenica	Sred. vrednost
0	84	100	92	92	92	92
-2	100	100	100	92	88	96
-5	92	88	100	100	68	89.6
-10	88	84	84	56	68	76

**Tabela 2:** Razumljivost tipa reči za akorde interpretirane na harmonici.

SNR (dB)	Razumljivost (%)					
	Ime	Glagol	Broj	Pridev	Imenica	Sred. vrednost
0	84	80	96	60	76	79.2
-2	84	84	80	56	48	70.4
-5	68	48	64	48	52	56
-10	12	12	16	4	24	13.6

**Tabela 3:** Razumljivost tipa reči za Gausov šum [17].

SNR (dB)	Razumljivost (%)					
	Ime	Glagol	Broj	Pridev	Imenica	Sred. vrednost
0	63.33	50	70	63.33	53.33	59.99
-2	66.67	40	63.33	60	53.33	56.66
-5	46.67	16.67	53.33	56.67	33.33	41.33
-10	20	13.33	10	3.33	13.33	11.99

**Tabela 4:** Razumljivost tipa reči za Babble šum [18].

SNR (dB)	Razumljivost (%)					
	Ime	Glagol	Broj	Pridev	Imenica	Sred. vrednost
0	53.33	36.67	53.33	46.67	30	44
-2	40	10	36.67	20	16.67	24.66
-5	26.67	6.67	10	3.33	6.67	10.66
-10	0	0	0	0	0	0

### 3.3. Analiza rezultata

Na osnovu rezultata razumljivosti govora prikazanih na sl. 10 i tabelama 1-4, zaključuje se da muzičke smetnje tipa durskih akorda interpretiranih na harmonici prouzrokuju manju razumljivosti govornog signala u odnosu na muzičke smetnje istog tipa interpretiranih na klaviru, i to za sve tipove reči i sve nivoe SNR (izuzetak je samo tip reči *broj* pri SNR=0 dB): a)  $92 / 79.2 = 1.1616$  (SNR = 0 dB), b)  $96 / 70.4 = 1.3636$  (SNR = -2 dB), c)  $89.6 / 56 = 1.6000$  (SNR = -5 dB) i d)  $76 / 13.6 = 5.5882$  (SNR = -10 dB) puta.

Objašnjenje ove pojave leži i vremenskom obliku smetnji, odnosno u njihovoj anvelopi. Naime, akord interpretiran na klaviru izaziva akustički efekat kod koga postoji eksponencijalno opadanje intenziteta (sl. 5), što za posledicu ima vremenski promenljive nivoe smetnji. To znači da je prvom delu trajanja muzička smetnja sa takvim iznosom da mnogo degradira govorni signal i drastično smanjuje razumljivost. U drugom delu trajanja muzičke smetnje intenzitet je mali tako da je razumljivost bitno veća. Čovek ima mogućnost da prepozna iskustveno reči gde pojedini delovi nedostaju, tako da metodom predikcije nadoknađuje pojedine delove reči. Sa druge strane smetnje izazvane akordima interpretiranim na harmonici su sa vremenski ujednačenom anvelopom, tako da za sve vreme trajanja muzičke smetnje deluju sa ujednačenim intenzitetom, što, kod malih vrednosti SNR, dovodi do degradacije celih reči kao i kompletnih rečenica.

Komparativnom analizom sa rezultatima za superponiran Gausov šum [17] i Babble šum [18] zaključuje se kod govornog signala sa superponiranom muzičkom smetnjom interpretiranoj na klaviru je veća razumljivost, i to u odnosu na govorni signal sa superponiranim:

1. Gausovim šumom: a)  $92 / 59.99 = 1.5336$  (SNR = 0 dB), b)  $96 / 56.66 = 1.6943$  (SNR = -2 dB), c)  $89.6 / 41.33 = 2.1679$  (SNR = -5 dB) i d)  $76 / 11.99 = 6.3386$  (SNR = -10 dB) puta, i

2. Babble šumom: a)  $92 / 44 = 2.0909$  (SNR = 0 dB), b)  $96 / 24.66 = 3.8929$  (SNR = -2 dB), c)  $89.6 / 10.66 = 8.4053$  (SNR = -5 dB) i d)  $76 / 0 = \infty$  (SNR = -10 dB) puta.

Komparativnom analizom sa rezultatima za superponiran Gausov šum [17] i Babble šum [18] zaključuje se kod govornog signala sa superponiranom muzičkom smetnjom interpretiranoj na harmonici je veća razumljivost, i to u odnosu na govorni signal sa superponiranim:

1. Gausovim šumom: a)  $79.2 / 59.99 = 1.3202$  (SNR = 0 dB), b)  $70.4 / 56.66 = 1.2425$  (SNR = -2 dB), c)  $56 / 41.33 = 1.3549$  (SNR = -5 dB) i d)  $13.6 / 11.99 = 1.1343$  (SNR = -10 dB) puta, i

2. Babble šumom: a)  $79.2 / 44 = 1.8000$  (SNR = 0 dB), b)  $70.4 / 24.66 = 2.8548$  (SNR = -2 dB), c)  $56 / 41.33 = 1.3549$  (SNR = -5 dB) i d)  $13.6 / 10.66 = 1.2758$  (SNR = -10 dB) puta.

Analizom je pokazano da da superponiran Babble šum doprinosi najvećem smanjenju razumljivosti. Objašnjenje ove pojave leži u činjenici da je Babble šum kombinacija dva ili više govornih signal, i, samim tim je spektralna raspodela snage ekvivalentna spektralnoj raspodeli snage govornog signala, za razliku od:

a) Gausovog šuma gde je snaga uniformno raspodeljena u celom frekventnom opsegu, i

b) muzičkog signala sa snagom raspodeljenom oko fundamentalne frekvencije i njenih harmonika.

Zbog toga nervni sistem za sluh teže potiskuje pozadinski šum tipa Bable šum.

#### 4. ZAKLJUČAK

U radu su prikazani rezultati eksperimenta u kome je procenjivana razumljivost govora u prisustvu muzičkih smetnji. Procena razumljivosti sprovedena je u skladu sa MOS testom i obavljeno je za SNR={0, -2, -5, -10}. Korišćen je govorni signal iz SMST baze, dok su muzičke smetnje bili durski akordi iz C-dura interpretirani na klaviru i harmonici. Testna grupa je sačinjena od studenata Visoke tehničke škole u Nišu. Analiza rezultata je pokazala da je veća razumljivost kod prisustva muzičkih smetnji klavira u odnosu na smetnje harmonike, i to: a) 1.1616 (SNR = 0 dB), b) 1.3636 (SNR = -2 dB), c) 1.6000 (SNR = -5 dB) i d) 5.5882 (SNR = -10 dB) puta. Komparativna analiza pokazuje da je razumljivost za superponirane muzičke smetnje interpretirane na harmonici: a) 1.3202 (SNR = 0 dB), b) 1.2425 (SNR = -2 dB), c) 1.3549 (SNR = -5 dB) i d) 1.1343 (SNR = -10 dB) puta manja od razumljivosti kod Gausovog šuma, i a) 1.8000 (SNR = 0 dB), b) 2.8548 (SNR = -2 dB), c) 1.3549 (SNR = -5 dB) i d) 1.2758 (SNR = -10 dB) puta manja od razumljivosti kod Babble šuma.

#### LITERATURA

- [1] KRYTER, K.D.: *Methods for the calculation and use of the articulation index*, J. Acoust. Soc. Am. 34, 1689-1697.
- [2] STEENEKEN H. J. M.; HOUTGAST T.: *A physical method for measuring speech-transmission quality*, J. Acoust. Soc. Am., vol. 67, no. 1, pp. 318-326, 1980.
- [3] HOUTGAST, T.; STEENEKEN, H.J.M.: *A review of the MTF concept in room acoustics and its use for estimating speech intelligibility in auditoria*, J. Acoust. Soc. Am. 77, 1069-1077.
- [4] PAVLOVIC, C.V.: *Derivation of primary parameters and procedures for use in speech intelligibility predictions*, J. Acoust. Soc. Am. 82, 413-422. 1987.
- [5] HOUSE, A.S.; WILLIAMS, C.E.; HECKER, M.H.L.; KRYTER, K.D.: *Articulation testing methods: Consonantal differentiation with a closed response set*, J. Acoust Soc. Am. 37, 158-166, 1965.
- [6] VOIERS, W.D.: *Diagnostic evaluation of speech intelligibility*, In *Speech Intelligibility and Speaker Recognition*, Vol 2. Benchmark papers in Acoustics, edited by M.E. Hawley (Dowden, Hutchinson, and Ross, Stroudsburg), 374-384, 1977.
- [7] EGAN, J.P.: *Articulation testing methods*, Laryngoscope 58, 955-981, septembar, 1948.
- [8] RUBENSTEIN, H.; DECKER, L.; POLLACK, I.: *Word length and intelligibility*, Language and Speech 2, 175-178, 1959.
- [9] TILLMAN, W. W.; CARHART, R.: *An expanded test for speech discrimination utilizing CNC monosyllabic word*, Brooks Air Force Base, TX: Northwestern University Auditory Test No. 6. USAF School of Aerospace Medicine Technical Report, 1966.
- [10] CLARK, J.E.: *Four PB word lists for Australian English*, Aust. J. Audiology 3(1), 21-31, 1981.
- [11] KOSTIĆ, D.; MILIVOJEVIĆ, Z.; STOJANOVIĆ, V.: *The Evaluation of Speech Intelligibility in the Orthodox Church on the Basis of MOS Test Intelligibility Logatom Type CCV*, ICESST 2016, pp 153-156, Ohrid, Macedonia, 2016.
- [12] STOJANOVIĆ, V.; KOSTIĆ, D.; MILIVOJEVIĆ, Z.; VELIČKOVIĆ, Z.: *Subjective evaluation of speech intelligibility in orthodox church based of the test intelligibility Nasals, Laterals and Affricates*, UNITEH Gabrovo, 2016.



- [13] VERSFELD, N. J.; DAALDER, L.; FESTEN, J. M.; HOUTGAST, T.: *Method for the selection of sentence materials for efficient measurement of the speech reception threshold*, J. Acoust. Soc. Am., 107, 1671–1684, 2000.
- [14] HAGERMAN, B.: *Sentences for testing speech intelligibility in noise*, Scand Audio, Vol. 11, pp. 79-87, 1982.
- [15] MILIVOJEVIĆ, Z.; KOSTIĆ, D.; VELIČKOVIĆ, Z.; BRODIĆ, D.: *Serbian sentence matrix test for speech intelligibility measurement in different reverberation conditions*, UNITEH Gabrovo, Bulgaria, 2016.
- [16] PARKA, J.Y., PARKC, H., *Consonant chords stimulate higher EEG gamma activity than dissonant chords*, Neuroscience Letters, Vol. 488, pp. 101–105, 2011.
- [17] MILIVOJEVIĆ, Z.; KOSTIĆ, D.; BRODIĆ, D.: *Performanse razumljivosti Srpskog MST-a u prisustvu akustičkog Gausovog šuma*, Infoteh-Jahorina, Vol 16, pp 327-332, 2017.
- [18] MILIVOJEVIĆ, Z.; KOSTIĆ, D.; VELIČKOVIĆ, Z.; BRODIĆ, D.: *Performance of the Serbian Matrix Sentence Test in presence of the Babble Noise*, 22<sup>nd</sup> Internacionalna naučno-stručna konferencija Informatičkih Tehnologija 2017, Žabljak, Montenegro 2017.
- [19] TAJČEVIĆ, M., *Osnovna teorija muzike*, Prosveta, Beograd, 1962.