

Ines Carović, Damir Horga

Odsjek za fonetiku

Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska

icarovic@ffzg.unizg.hr, dhorga@ffzg.unizg.hr

Varijabilnost konsonanata /s/ i /š/ pod utjecajem različitih vokala u hrvatskome: ultrazvučno istraživanje

Rad prikazuje koartikulacijski utjecaj vokala na frikative /s/ i /š/ u hrvatskome jeziku. Provjerene su pretpostavke da će se koartikulacijski utjecaj razlikovati s obzirom na angažiranost leđa jezika u izgovoru konsonanata (Recasens i sur., 1997) kao i prema koartikulacijskom djelovanju tako da će frikativ /š/ pokazati veći koartikulacijski otpor nego /s/ te da će međuispitanička varijabilnost biti veća od unutarispitaničke. Istraživanje je provedeno na frikativima /s/ i /š/ izgovorenima u riječima/pseudoriječima KVK u inicijalnom i finalnom položaju. Za istraživanje je snimljeno šestero govornika (tri muška i tri ženska) hrvatskoga jezika zdravoga govornog i slušnog statusa. Govorni je materijal prikupljen i analiziran ultrazvukom. Koartikulacijski je utjecaj dobiven pomoću koeficijenta varijabilnosti, koeficijenta pomaka težišta jezika i varijabilnosti visine najviše točke jezika u izgovoru konsonanata.

Ključne riječi: koartikulacija, bezvučni frikativi /s/ i /š/, vokali, ultrazvuk

1. Uvod

Između reprezentacijskih jezičnih jedinica (fonema) i njihove realizacije ne postoji jednoznačan odnos. Razlog tomu je proces koartikulacije do kojeg dolazi u povezanom govoru kada se realizirane lingvističke jedinice (fonemi) međusobno uzgobljuju tako da pokreti, pa onda i akustički rezultati pojedinih jedinica (glasnici), nose neka obilježja koja su im prenijele susjedne jedinice. Dakle, koartikulacija se može odrediti kao preklapanje susjednih glasnika u govoru, odnosno artikulacijski prolaz u određenom trenutku ima obilježja koja pripadaju istodobno susjednim segmentima. Taj se mehanizam s jedne strane objašnjava biomehaničkim svojstvima artikulatora, a s druge karakteristikama planiranja izgovornih pokreta. S obzirom na smjer

utjecaja razlikuju se dvije vrste koartikulacije: perserveracijska i anticipacijska. Perserveracijska (koartikulacija unaprijed, s lijeva na desno, prijenosna, progresivna) koartikulacija ponekad se objašnjava biomehaničkim uvjetima govornih pokreta i činjenicom da govorni organi zbog svoje tromosti trebaju vremena da bi prešli na izgovor sljedećega glasnika pa je rezultat koartikulacijski pokret. Anticipacijska koartikulacija (koartikulacija unatrag, regresivna) ponekad se objašnjava planiranjem i djelomičnim izvođenjem sljedećega glasnika tijekom izgovora aktualnoga glasnika.

Koartikulacijski se utjecaj može promatrati i u odnosu na vremenske ili prostorne parametre izgovora susjednih glasnika. Tako se, na primjer, labijalizacija glasnika /s/ u slogu /su/ može smatrati vremenskom jer je labijalizacija vokala /u/ započela ranije od artikulacije njegovih drugih izgovornih parametara, tj. pokreta jezika. Pomicanje velarne artikulacije glasnika /k/ prema tvrdom nepcu pod utjecajem /i/ u slogu /ki/ može se smatrati prostornom jer je jezik pomaknut od neutralnoga mjesta izgovora za glasnik /k/. Dakako da je teško razlučiti kada se radi o vremenskoj, a kada o prostornoj koartikulaciji; najčešće su obje komponente prisutne u svakom koartikulacijskom utjecaju.

Daljnja pitanja o kojima se raspravlja u vezi koartikulacije odnose se na međusobne koartikulacijske utjecaje pojedinih razina govorne proizvodnje: respiracijske, fonacijske i izgovorne. Na primjer, razlika u nekim vremenskim parametrima vokala u engleskom jeziku ispred zvučnih i bezvučnih suglasnika može se promatrati kao koartikulacijski utjecaj rada larinksa na izgovornu razinu.

U teorijskom smislu koartikulacija se pokušava objasniti različitim modelima i teorijama. Četiri su glavne teorije kojima se ona objašnjava. Prema teoriji širenja fonoloških obilježja (Daniloff i Hammarberg, 1973), anticipacijska se koartikulacija ostvaruje već na razini planiranja izgovora i to tako da se fonološka obilježja šire prije nego su naredbe upućene artikulatorima te je ta vrsta koartikulacije određena jezičnim pravilima. S druge strane, perserveracijska je koartikulacija prema tom modelu jednostavno rezultat mehaničkih karakteristika i tromosti artikulatora. Model koartikulacijskoga otpora ili artikulacijske angažiranosti (Bladon i Al-Bamerni, 1976) polazi od činjenica da su prema nekim artikulacijskim kriterijima pojedini govorni organi više ili manje angažirani u izgovoru pojedinoga glasnika, a to znači manje ili više rezistentni na koartikulacijski utjecaj susjednih glasnika.

Keating (1990) razvija prozorski model prema kojem širina prozora pojedinoga glasnika ustvari predstavlja njegovu otpornost ili podatnost za koartikulacijski utjecaj. Koartikulacijski utjecaj u tom slučaju ima parametrijske karakteristike i uključuje i fonološku i fonetsku razinu izgovora. Interpolacijske krivulje kojima se prozori spajaju ukazuju koliki je koartikulacijski učinak i koliko je ostvarena glatkoća izgovornih pokreta. Sljedeći teorijski pristup tumačenju koartikulacije proizašao je iz postavki artikulacijske fonologije prema kojoj, iako su artikulacijski pokreti i njihov akustički rezultat kontinuirani i pod utjecajem konteksta, izgovorni se pokreti mogu razložiti na diskretne jedinice koje su neovisne o kontekstu jer predstavljaju dinamički definirane artikulacijske geste (Browman i Goldstein, 1988, 1990, 1992). Artikulacijske geste pretpostavljaju koordinaciju i koprodukciju pojedinih artikulatora koji čine neku gestu te njihovu dinamičku pokretljivost. Na primjer, stvaranje bilabijalne okluzije uključuje koordinirani pokret donje čeljusti i gornje i donje usne. Na tim osnovama Recasens i suradnici (1997) razrađuju model stupnja artikulacijske angažiranosti (SAA) prema kojem su izgovorni organi u izgovornom prolazu pod utjecajem govornih jedinica različitoga stupnja artikulacijske angažiranosti. Oni im pridružuju i brojčane, doduše vrlo grube vrijednosti pa su, na primjer, palatali otporniji od labijala, dentala i alveolara jer je u njihovoj artikulaciji angažiran veći dio leđa jezika. U slučaju frikativa /s/ i /š/ Recasens i suradnici (1997) pretpostavljaju i potvrđuju veću koartikulacijsku angažiranost za /š/ nego za /s/ u katalonskom, a Zharkova i suradnici (2012), osim što daju pregled istraživanja, potvrđuju da je viši stupanj artikulacijske angažiranosti pripisan frikativu /š/ nego frikativu /s/. Nittrouer i suradnici (1996, prema Zharkova i sur., 2012) akustičkim istraživanjima (mjerjenje F2) dokazuju da /s/ i /š/ vrlo slično koartikuliraju, a Katz i Bharadwaj (2001, prema Zharkova i sur., 2012) pomoću magnetske rezonancije primjećuju da je veća koartikulacija kod /s/ na vrhu jezika, s različitim vokalskim okolinama. Različiti teorijski modeli kada se stave u eksperimentalnu provjeru daju različite rezultate te su stoga potrebna njihova daljnja testiranja i provjere. Ultrazvučnom analizom moguće je uspješno analizirati fenomen koartikulacije.

U dosadašnjim ultrazvučnim istraživanjima koartikulaciju su proučavali znanstvenici koji nastoje objasniti koartikulacijske promjene tijekom govora u vremenu i izgovornom prolazu. Dio istraživača bavi se koartikulacijom dječjega govora, a isti se istraživači bave i koartikulacijom dječjega

govora i tipičnoga govora odraslih (Barbier i sur., 2013; Farnetani i Recasens, 2013; Hawkins i Slater, 1994; Lilienthal, 2009; Löfqvist, 2009; Mielke i Roy, 2007; Recasens, 1985, 1999; Yun, 2003; Zharkova, 2013a, 2013b; Zharkova i Hewlett, 2009; Zharkova i sur., 2009, 2011, 2012).

2. Materijali i metoda

U istraživanju je sudjelovalo šestero ispitanika (tri muškarca i tri žene) u dobi od 28 do 35 godina koji su nakon procjene stručnih procjenitelja ocijenjeni kao govornici hrvatskoga općeprihvaćenog izgovornog standarda. Svi su ispitanici bili fakultetski obrazovani i svi su živjeli u Zagrebu dulje od deset godina. Ispitanici su prije istraživanja dobili informativni obrazac s informacijama o ultrazvuku i uputama o tijeku eksperimenta. Od svih se ispitanika tražio pisani pristanak na eksperiment. Eksperiment je proveden u Laboratoriju za fiziološka istraživanja govora na Odsjeku za fonetiku. Na eksperimentu su ispitanici sjedili u sustavu osnovne stabilizacije (SOS) sa stabiliziranim ultrazvučnom sondom ispod brade (FILIP – fonetski imobilizator za laboratorijsko istraživanje proizvodnje) (Carović, 2014a, 2014b) i mikrofonom ispred usta ispitanika.

Materijal koji je korišten u istraživanju dio je većega korpusa snimljenoga ultrazvučnog signala sinkroniziranog s akustičkim signalom. U ultrazvučnom korpusu (HULK – hrvatski ultrazvučni korpus) snimljen je govorni i negovorni materijal. U govornom su materijalu rečenice s beznačenskim i značenskim riječima, a u negovornom su gutanje, foniranje, zadržavanje jezika na nepcu te neutralni položaj jezika. Za istraživanje su analizirane rečenice s beznačenskim jednosložnim riječima s dugosilaznim naglaskom koje su u inicijalnom i finalnom položaju imale konsonante /s/ i /š/, dok je drugi konsonant bio jedan od bilabijalnih okluziva. Vokali u riječima bili su /a/, /e/, /i/, /o/ i /u/.

Jednosložni stimulusi osmišljeni su i korišteni jer su i u dosadašnjoj literaturi autori u svojim istraživanjima koristili upravo takve stimuluse, npr. Bernhardt i suradnici (2003) s konsonantima /t/, /d/, /s/, /š/, /č/, /l/, /r/ i /h/. Alfonso i Baer (1982), Fowler i Saltzman (1993) te Hudu (2008) koriste u jednosložnim riječima u citatnom obliku i inicijalni i finalni položaj konsonanta, a Iskarous (2005) unutar velikoga korpusa od 600 primjera ima i KV i VK segmente.

Za istraživanje je korišten ultrazvučni sustav Odsjeka za fonetiku Sveučilišta u Zagrebu koji se sastoji od ultrazvučnoga aparata sa sondom, odvojenoga mikrofona i osobnoga računala te stabilizacijskoga sustava ispitanika (SOS) i stabilizacijskoga sustava sonde (FILIP) (slika 1). Nakon namještanja sonde ispod ispitanikove brade, uputa ispitaniku bila je da tijekom cijeloga eksperimenta bude naslonjen i ne pomiče glavu ni u kojem smjeru.



Slika 1. Ultrazvučni sustav sa stabilizacijskim sustavom ispitanika (SOS – sustav osnovne stabilizacije) i stabilizacijskim sustavom sonde (FILIP – fonetski imobilizator za laboratorijsko istraživanje proizvodnje govora)

U istraživanju je korišten ultrazvučni aparat proizvođača Shimadzu, model SDU-450XL (220V-P CE) namijenjen za europsko tržište sa standardnim PAL videoformatom. Na njega je spojena konveksna sonda, model VA13R-050U s karakteristikama raspona frekvencija od 3,5 do 6 MHz uz mogućnost odabira (osim krajnjih) i središnje frekvencije, a mikروفон Sony ECM-MS907 spojen je odvojeno na videokarticu. Za snimanje je odabrana frekvencija 6 MHz i dubina signala 12 centimetara (Rutter i Cunningham, 2013). Ultrazvučni se signal prenosio USB videokarticom Canopus u standardnom PAL formatu, a signal se pohranio na tvrdi disk računala. Aku-

stički se signal snimao na mikrofonski pričvršćen za stabilizacijsku stolicu simultano s videom u programu DVStorm-RT (Carović, 2014a). Računalni program za analizu i anotiranje linije jezika korišten u ovom radu je Ultra-CATS, razvijen na Sveučilištu u Torontu (Gu i Bressmann, 2004). Program je predviđen za poluautomatsko iscrtavanje linije jezika tako da se ručno iscrta nekoliko slika, a zatim se na temelju iscrtanih predložaka zadaje automatsko iscrtavanje prema bijeloj liniji (područje granice jezik-zrak). U ovom istraživanju sve su linije iscrtane ručno pomoću crtače ploče s pripadajućom pisaljkom Genius G-PEN F610.

Određivanje granica među glasnicima i označavanje pojedinih glasnika rađeno je ručno, perceptivno i programom Ultra-CATS koji, osim prikaza videosignala, omogućuje i prikaz oscilograma u prozorčiću ispod trake trajanja snimke. Kod svakoga je ispitanika nasumično provjereno označavanje i pomoću programa za akustičku analizu govora Praat (Boersma i Weenink, 2010). U dijelu eksperimenta s riječima vizualno su između iscrtanih linija u Ultra-CATS-u odabrane, a u Excelu anotirane linije frikativa u stabilnom stanju. Stabilno stanje frikativa označeno je na barem dvije slike koje se uzastopce ne razlikuju, odnosno kada se ne pomiče linija jezika. Odabrana je središnja slika između njih te se ta linija uzimala kao linija jezika stabilnoga dijela frikativa (tj. kada je dosegnuta meta) za određeni frikativ. Kod konsonanata reprezentativni oblik jezika predstavlja slika na kojoj je linija jezika bila u najvišem, tj. najizdignutijem položaju (mjesto najvećega suženja), dok se za frikative koristio kriterij odabira stabilnoga stanja frikcije kao i za vokale budući da imaju stabilno stanje glasnika. Zharkova i suradnici (2012) potvrdili su da je na stabilnom dijelu frikativa moguće najvjernije uspoređivati i analizirati koartikulaciju te izbjeći mogućnost utjecaja prijenosa (prostornoga tranzijenta) prema vokalu. Nakon prijenosa tekstualnih datoteka iz programa Ultra-CATS u tablični kalkulator Excel proveden je izračun za pretvaranje polarnoga u kartezijski prikaz linija jezika (Carović, 2014a).

Za analizu rezultata korištene su kvalitativna i kvantitativna metoda. Kvalitativna metoda temelji se na vizualnoj inspekciji oblika linije jezika u stabilnom dijelu frikativa te u normaliziranom ukupnom trajanju frikativa /s/ i /š/. Kao kvantitativna metoda korišten je koeficijent težišta (KT) (Carović, 2014a) i njegova varijabilnost. To je mjera koja omogućava dobivanje relativnoga položaja (naprijed-natrag) mase jezika u usnoj šupljini,

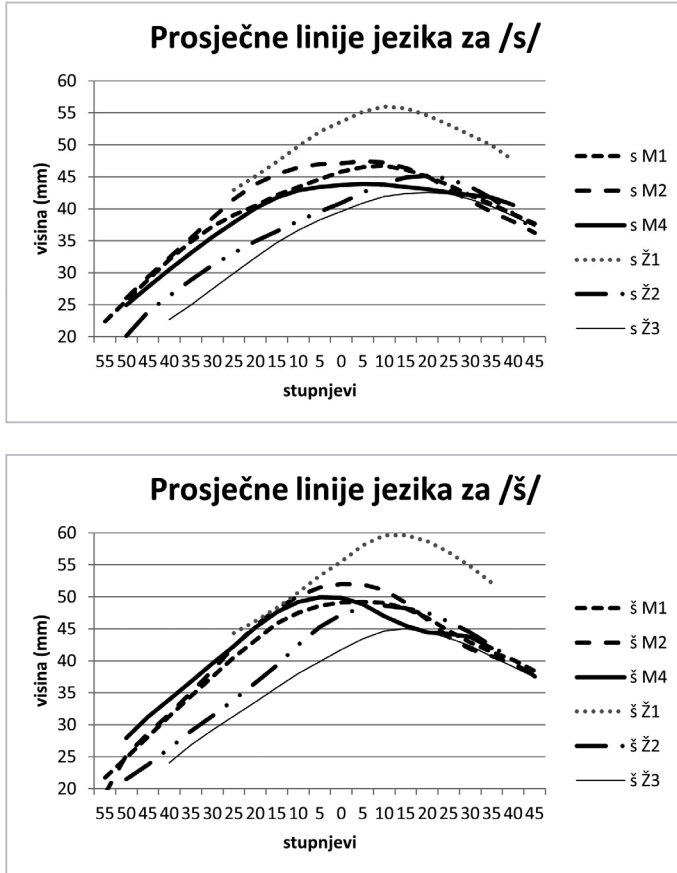
a koncept je preuzet iz analize elektropalatografskih podataka (engl. *the centre of gravity*) (Gibbon i sur., 1993, 2003; Hardcastle i Gibbon, 1997; Liker, 2009, 2010). Bressmann i suradnici (2005) ovakvu mjeru nazivaju koeficijent prednjega težišta i koriste je za usporedbu različitih koronalnih prikaza. Budući da je u ovom istraživanju korištena prilagođena mjera, a zbog same prirode mjere koja u obzir uzima cijelo područje jezika, a ne samo prednji dio, u ovom je radu nazvana koeficijent težišta (KT). Složenom analizom varijance (dvofaktorska ANOVA) analizirana je značajnost razlike između koeficijenta težišta frikativa /s/ i /š/ svakoga kod ispitanika te između različitih ispitanika.

Postavljene su sljedeće hipoteze:

- H1. Ultrazvukom se može analizirati i vizualno prikazati varijabilnost frikativa /s/ i /š/.
- H2. Frikativ /š/ bit će koartikulacijski otporniji od frikativa /s/ zbog većega stupnja artikulacijske angažiranosti.
- H3. Više će se razlikovati varijabilnost između ispitanika nego između promatranih frikativa.

3. Rezultati i rasprava

Prosječne linije jezika za prikaz u ovom radu dobivene su uprosječavanjem svih stabilnih linija jezika frikativa /s/ i /š/ u inicijalnom položaju. Na slici 2 vidi se linija jezika za frikativ /s/ na gornjem prikazu, gdje se dobro razabire razlika u samom položaju najvišega dijela jezika kod različitih ispitanika. Vrh jezika je s desne strane i gotovo sve linije (osim ispitanice Ž1) završavaju na gotovo istom mjestu. Može se uočiti da su linije najrazličitije u središnjem dijelu, tj. iza prednjega dijela jezika. Velika razlika u liniji jezika za ispitanicu Ž1 potvrđena je i u drugim istraživanjima (Carović, 2014a) te se zaključuje da je razlika u specifičnosti govornoga aparata, odnosno kraćoj usnoj šupljini i višem nepcu. U usporedbi s prikazom u donjem dijelu slike 2 mogu se uočiti pravilnosti u položaju cijeloga tijela jezika.

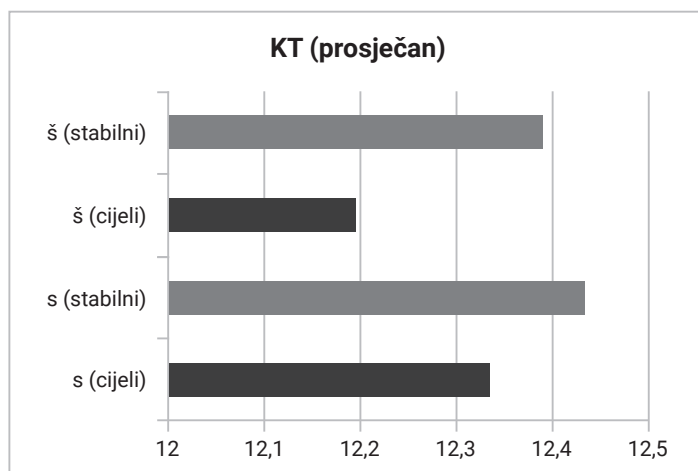


Slika 2. Prosječne linije jezika za frikativ /s/ (gornji prikaz) i frikativ /š/ (donji prikaz). Vrh jezika je desno na prikazima

Na donjem je prikazu vidljivo da su sve linije koje se mogu usporediti prema ispitanicima više za frikativ /š/ nego za frikativ /s/. Također je vidljivo da je cijelo tijelo jezika više prednje za frikativ /s/ nego za frikativ /š/. Ovakav prikaz potvrđuje hipotezu da je moguće pomoću ultrazvučne metode prikazati varijabilnost izgovora frikativa /s/ i /š/. Na slici 2 mogu se uočiti razlike između različitih frikativa (gornji i donji prikaz na slici 2), a moguće je vidjeti i međuispitaničku različitost unutar izgovora svakoga ispitanika.

U izračunima su kvantificirane neke razlike u varijabilnosti frikativa uočene na slikama. Složenom analizom varijance dobivene su prosječne

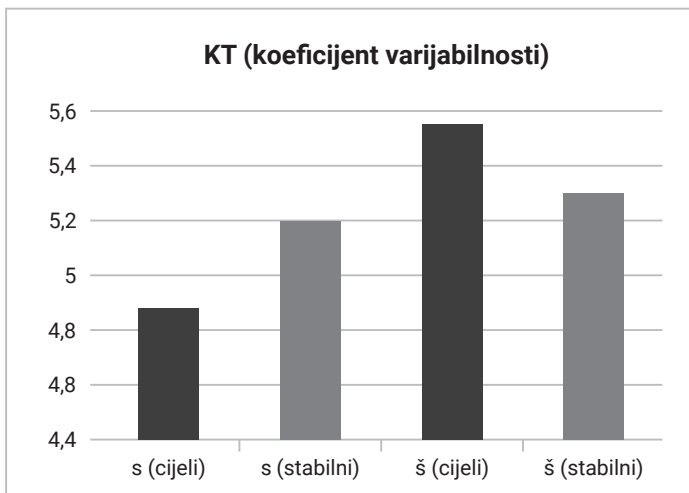
vrijednosti koeficijenta težišta koji bi trebao poslužiti kao kvantificirana mjera za vizualnu inspekciju na slici 2. Prikazane su prosječne vrijednosti koeficijenta težišta za svakoga pojedinog ispitanika i za svaki pojedini frikativ /s/ i /š/. Budući da je vrijednost $p < 0,05$ ($p = 0,029$; $F = 4,78$; $F_{crit} = 3,86$; $df = 1$), odbacuje se nul-hipoteza i zaključuje da postoje statistički jaki dokazi da su razlike s obzirom na vrstu frikativa značajne, što smo i zaključili vizualnom inspekcijom. Razlika u koeficijentu težišta vidljiva je i na slici 3. Koeficijent težišta govori o relativnom položaju mase jezika naprijed-natrag u usnoj šupljini. Što je KT veći, to je masa jezika smještena više naprijed u usnoj šupljini. Na slici 3 prikazani su koeficijenti težišta za frikative /s/ i /š/ u stabilnom dijelu frikativa i u prosječnom normaliziranom trajanju frikativa. Potvrđeno je kao i na slici 2 da je tijelo jezika kod frikativa /s/ više prednje nego kod frikativa /š/. Uspoređujući KT u normaliziranom trajanju frikativa, potvrđena je ista razlika, tijelo jezika kod frikativa /s/ prednjije je nego kod frikativa /š/. I Liker i Gibbon (2013) za ove frikative pokazuju iste rezultate s koeficijentom težišta pomoću elektropalatografije.



Slika 3. Prosječan koeficijent težišta (KT) za frikative /s/ i /š/ u cijelom trajanju glasnika i u stabilnom dijelu

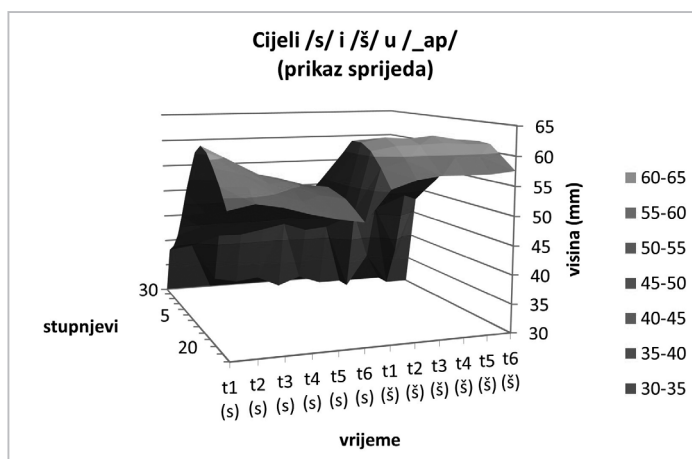
Na slici 4 prikazani su uprosječeni koeficijenti varijabilnosti koeficijenta težišta za sve ispitanike u svim vokalskim okolinama u stabilnom dijelu frikativa te tijekom ukupnoga normaliziranog trajanja. Vidljivo je da je koeficijent varijabilnosti veći kod frikativa /š/ nego kod frikativa /s/. Ovakav

rezultat nije očekivan budući da varijabilnost govori o koartikulacijskom otporu. Što je glasnik koartikulacijski otporniji, to bi njegova varijabilnost trebala biti manja. U istraživanjima engleskog i katalonskog dobiveni su rezultati u kojima je stupanj artikulacijske angažiranosti veći kod frikativa /š/ nego kod /s/, dok je u hrvatskome ovakav rezultat suprotan u ultrazvučnom istraživanju. Pretpostavlja se da se razlika u varijabilnosti dobiva zbog koartikulacijskih utjecaja različitih vokala te zbog razlike u strategijama izgovora različitih ispitanika. Liker i Gibbon (2013) pokazuju da je zbog biomehaničkih razloga /s/ manje varijabilan te da bi tlak koji je potreban za njegovu realizaciju i frikciju bio dovoljno jak, leđa jezika moraju biti u istom položaju i omogućiti uvjete za kvalitetnu realizaciju. U ovom slučaju /s/ potvrđuje takve postavke. Također nije očekivano da je varijabilnost za /s/ u cijelom trajanju frikativa manja od varijabilnosti za /s/ u stabilnom dijelu frikativa. Može se samo pretpostaviti da su takve vrijednosti rezultat zahtjeva za velikom artikulacijskom preciznošću samoga frikativa. U artikulaciju frikativa /s/ ulazi se s velikom kontrolom jezika u fazi pripreme kako bi tlak bio pogodan za ovjeren izgovor. U fazi držanja neposredno prije frikcije i najveće frikcije varijabilnost je veća zbog varijabilnosti između različitih ispitanika koja proizlazi iz različitih govornih aparata (i konfiguracije govornoga prolaza).

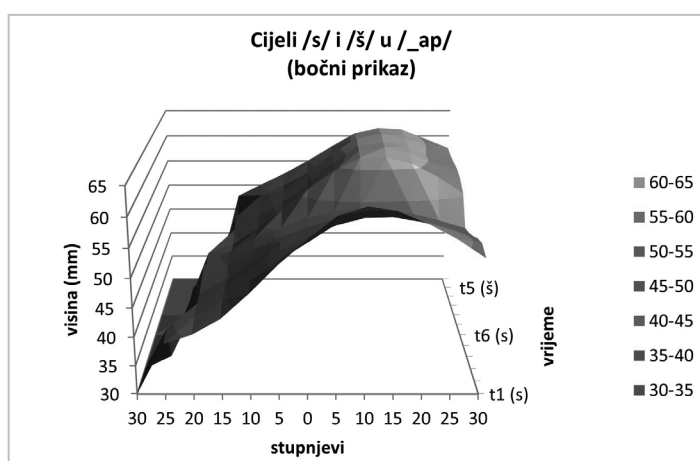


Slika 4. Koeficijent varijabilnosti koeficijenta težišta za frikative /s/ i /š/ u cijelom trajanju glasnika i u stabilnom dijelu

Zharkova i suradnici (2011) istraživali su utjecaj vokala /i/, /a/ i /u/ na frikativ /š/ kod djece i odraslih i dobili su rezultate da /i/ i /u/ ne utječu na frikativ /š/. U ovom se istraživanju pokazalo da je alveopalatalni frikativ /š/ varijabilniji od alveolarnoga frikativa /s/. Varijabilnost koeficijenta težišta veća je i u stabilnom dijelu frikativa /š/ i u cijelom normaliziranom trajanju frikativa.



Slika 5. Prikaz oblika jezika s prednje strane i vrha jezika za frikative /s/ i /š/ u normaliziranom trajanju. Vrh jezika je na početku



Slika 6. Prikaz oblika jezika s bočne strane za frikative /s/ i /š/ u normaliziranom trajanju. Vrh jezika je desno na slici

Stabilnost (ili varijabilnost) u normaliziranom trajanju moguće je vizualno prikazati pomoću prikaza linija jezika u svakoj od vremenskih jedinica. Na slikama 5 i 6 ilustracije su prikaza linija jezika u normaliziranom trajanju frikativa /s/ i /š/ s prednje strane (slika 5) i s bočne strane (slika 6) tako da je vrh jezika desno. Može se uočiti da je na slikama dobro vidljiva razlika u prednjem dijelu jezika, dok je stražnji dio jezika sličniji u ova dva frikativa. U daljnjim istraživanjima potrebno je analizirati razlike s obzirom na smjer koartikulacije te utvrditi postoji li razlika u početnom i završnom dijelu frikativa u odnosu na stabilni dio kao i postizanje artikulacijske mete. Jednostavnom analizom varijance izračunate su prosječne vrijednosti koeficijenta težišta za sve stabilne dijelove frikativa u inicijalnom položaju. U trećoj je hipotezi pretpostavljeno da će varijabilnost između ispitanika biti veća nego kod jednoga ispitanika i to je potvrđeno. Višefaktorskom analizom varijance utvrđeno je da je razlika između ispitanika veća nego kod jednoga ispitanika ($p = 0,00$; $F = 327,74$; $F_{crit} = 2,24$; $df = 5$). Rezultat interakcije pokazuje statističku značajnost, tj. razliku u vokalskoj okolini koja nije konzistentna između svih govornika, što dodatno naglašava međuispitaničku varijabilnost.

4. Zaključak

U radu su ultrazvučnom metodom istražene razlike između frikativa /s/ i /š/. Ultrazvuk se pokazao kao korisna metoda u vizualnom prikazu cijele linije jezika za frikative te kao dobra kvalitativna metoda pomoću koje je moguće ovjeriti i druge kvantitativne rezultate analize. Budući da su u modelu stupnja artikulacijske angažiranosti za frikative /s/ i /š/ autori pridavali različite stupnjeve artikulacijske angažiranosti različitim frikativima, i to u katalonskom i engleskom za /s/ manji stupanj artikulacijske angažiranosti nego za /š/, ultrazvučnim je istraživanjem u hrvatskom provjereno je li to isto tako. Pokazalo se da je /š/ u hrvatskome varijabilniji nego frikativ /s/. Objašnjenje je moguće iz vizualnoga prikaza gdje se može zaključiti da frikativ /š/ nema jako dugu površinu jezika angažiranu u izgovoru (kao u katalonskom i engleskom) te se iz veličine površine jezika uključenog u jezično-nepčani dodir može pokušati objasniti razlika u odnosu na engleske i katalonske stupnjeve artikulacijske angažiranosti različitih frikativa. Unutarispitanička varijabilnost pokazala se manjom od međuispitaničke,

što se i pretpostavilo u hipotezama. Daljnja istraživanja trebala bi dati preciznije rezultate o smjeru koartikulacije i o razlikama u strategijama izgovora frikativa /s/ i /š/ te o koartikulacijskom utjecaju različitih vokala na ove frikative.

5. Literatura

- Alfonso, P. J. i Baer, T. (1982). Dynamics of vowel articulation. *Language and Speech*, 25(2), 151–173.
- Barbier, G., Perrier, P., Ménard, L., Tiede, M. i Perkell, J. (2013). Token-to-token variability and anticipatory coarticulation as indicators of maturity of speech motor control in 4-year-old children. *ICA 2013 – Acoustics 2013 – 21st International Congress on Acoustics – 165th Meeting of the Acoustical Society of America*, Jun 2013, Montréal, Canada.
- Bernhardt, B., Gick, B., Bacsfalvi, P. i Ashdown, J. (2003). Speech habilitation of hard of hearing adolescents using electropalatography and ultrasound as evaluated by trained listeners. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 17(3), 199–216.
- Bladon, R. A. i Al-Bamerni, A. (1976). Coarticulation resistance in English /l/. *Journal of Phonetics*, 4, 137–150.
- Boersma, P. i Weenink, D. (2010). Praat: A system for doing phonetics by computer (verzija 5.1.45). Dostupno na <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/> [posljednji pristup 10. rujna 2022.].
- Bressmann, T., Thind, P., Uy, C., Bollig, C., Gilbert, R. W. i Irish, J. C. (2005). Quantitative three-dimensional ultrasound analysis of tongue protrusion, grooving and symmetry: Data from 12 normal speakers and a partial glossectomee. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 19(6/7), 573–588.
- Browman, C. P. i Goldstein, L. (1988). Some notes on syllable structure in articulatory phonology. *Phonetica*, 45(2–4), 140–155.
- Browman, C. P. i Goldstein, L. (1990). Tiers in articulatory phonology, with some implications for casual speech. U G. Docherty i D. R. Ladd (ur.), *Papers in Laboratory Phonology II: Between the Grammar and the Physics of Speech* (341–376). Cambridge University Press.
- Browman, C. P. i Goldstein, L. (1992). Articulatory phonology: An overview. *Phonetica*, 49(3–4), 155–180.
- Carović, I. (2014a). *Ultrazvučno istraživanje artikulacije i koartikulacije*

- hrvatskoga vokalskog sustava* (doktorski rad). Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Carović, I. (2014b). Stabilizacijski sustavi u ultrazvučnim istraživanjima. *Govor*, 31(2), 87–108.
- Daniloff, R. G. i Hammarberg, R. E. (1973). On defining co-articulation. *Journal of Phonetics*, 1, 239–248.
- Farnetani, E. i Recasens, D. (2013). Coarticulation and connected speech processes. U W. J. Hardcastle, J. Laver i F. E. Gibbon (ur.), *The Handbook of Phonetic Sciences*, 2. izd. (316–352). Wiley-Blackwell.
- Fowler, C. A. i Saltzman, E. (1993). Coordination and coarticulation in speech production. *Language and Speech*, 36(2–3), 171–193.
- Gibbon, F. E., Hardcastle, W. i Nicolaidis, K. (1993). Temporal and spatial aspects of lingual coarticulation in /kl/ sequences: A cross-linguistic investigation. *Language and Speech*, 36(2–3), 261–277.
- Gibbon, F. E., McNeill, A. M., Wood, S. E. i Watson, J. M. (2003). Changes in linguapalatal contact patterns during therapy for velar fronting in a 10-year-old with Down's syndrome. *International Journal of Language and Communication Disorders*, 38(1), 47–64.
- Gu, J. i Bressmann, T. (2004). *Ultra-CATS User Manual*. Voice and Resonance Lab, University of Toronto.
- Hardcastle, W. J. i Gibbon, F. E. (1997). Electropalatography and its clinical applications. U M. J. Ball i C. Code (ur.), *Instrumental Clinical Phonetics* (149–193). Whurr.
- Hawkins, S. i Slater, A. (1994). Spread of CV and V-to-V coarticulation in British English: Implications for the intelligibility of synthetic speech. *Proceedings of the International Conference on Spoken Language Processing (ICSLP)*, 57–60.
- Hudu, F. (2008). The low vowel and retraction in St'át'imcets: An ultrasound investigation. *SKY Journal of Linguistics*, 21, 67–81.
- Iskarous, K. (2005). Detecting the edge of the tongue: A tutorial. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 19(6/7), 555–565.
- Keating, P. (1990). The window model of coarticulation: Articulatory evidence. U J. Kingston i M. Beckman (ur.), *Papers in Laboratory Phonology I: Between the Grammar and Physics of Speech* (451–470). Cambridge University Press.
- Liker, M. (2009). *Elektropalatografska metoda u opisu izgovora glasnika*

(doktorski rad). Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

- Liker, M. (2010). Elektropalatografska analiza faza okluzije u /t/ i /tʃ/: više-jezično istraživanje. U V. Mildner i M. Liker (ur.), *Proizvodnja i percepcija govora* (106–116). FF Press.
- Liker, M. i Gibbon, F. E. (2013). Differences in EPG contact dynamics between voiced and voiceless lingual fricatives. *Journal of the International Phonetic Association*, 43(1), 49–64.
- Lilienthal, J. (2009). The articulatory and acoustic impact of Scottish English /r/ on the preceding vowel-onset. *Interspeech*, 2819–2822. ISCA.
- Löfqvist, A. (2009). Vowel-to-vowel coarticulation in Japanese: The effect of consonant duration (L). *Journal of the Acoustical Society of America*, 125(2), 636–639.
- Mielke, J. i Roy, J. (2007). *Ultrasound in a Model of Phonetic Similarity*. NYU.
- Recasens, D. (1985). Coarticulatory patterns and degrees of coarticulatory resistance in Catalan CV sequences. *Language and Speech*, 28(2), 97–114.
- Recasens, D. (1999). Lingual coarticulation. U W. J. Hardcastle i N. Hewlett (ur.), *Coarticulation. Theory, Data and Techniques* (80–104). Cambridge University Press.
- Recasens, D., Pallares, M. D. i Fontdevila, J. (1997). A model of lingual coarticulation based on articulatory constraints. *Journal of the Acoustical Society of America*, 102(1), 544–561.
- Rutter, B. i Cunningham, S. (2013). The recording of audio and video data. U N. Müller i M. J. Ball (ur.), *Research Methods in Clinical Linguistics and Phonetics: A Practical Guide* (160–176). Wiley-Blackwell.
- Zharkova, N. (2013a). Using ultrasound to quantify tongue shape and movement characteristics. *The Cleft Palate – Craniofacial Journal*, 50(1), 76–81.
- Zharkova, N. (2013b). A normative-speaker validation study of two indices developed to quantify tongue dorsum activity from midsagittal tongue shapes. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 27(6–7), 484–496.
- Zharkova, N. i Hewlett, N. (2009). Measuring lingual coarticulation from midsagittal tongue contours: Description and example calculations using English /t/ and /a/. *Journal of Phonetics*, 37(2), 248–256.
- Zharkova, N., Hewlett, N. i Hardcastle, W. J. (2009). *An Ultrasound Study of Lingual Coarticulation in Children and Adults*. ESRC.

- Zharkova, N., Hewlett, N. i Hardcastle, W. J. (2011). Coarticulation as an indicator of speech motor control development in children: An ultrasound study. *Motor Control*, 15(1), 118–140.
- Zharkova, N., Hewlett, N. i Hardcastle, W. J. (2012). An ultrasound study of lingual coarticulation in /sV/ syllables produced by adults and typically developing children. *Journal of the International Phonetic Association*, 42(2), 193–208.
- Yun, G. (2003). An ultrasound study of coarticulation and vowel assimilation in Korean. *Coyote Papers*, 14, 196–216.

Variability of consonants /s/ and /ʃ/ by different vowels coarticulation in Croatian: Ultrasound study

In this research paper we investigate the coarticulatory effect of the surrounding vowel context on Croatian fricatives /s/ and /ʃ/. The following is hypothesised: the coarticulatory influence will differ in relation to the engagement of the back of tongue on consonant pronunciation (Recasens et al., 1997), as well as according to the coarticulatory effect that the fricative /ʃ/ will show greater coarticulatory resistance when compared with /s/, and that interspeaker variability will be more pronounced than the intraspeaker variability. The speech material comprised meaningless CVC sequences in which the two fricatives were either in initial or final positions. Six typical Croatian speakers (three male and three female) of healthy speech and hearing state were recorded. The speech-related material was collected and analysed by ultrasound. Three measures were used to quantify the results: variability index, tongue centre of gravity index and the variability of the highest section of the tongue.

Keywords: coarticulation, voiceless fricatives /s/ and /ʃ/, vowels, ultrasound