

## ПЕРЦЕПТИВНО РАЗПОЗНАВАНЕ НА ТРАЙНОСТТА НА АФРИКАТИТЕ И ФРИКАТИВИТЕ В СРЪБСКИЯ ЕЗИК

**СИЛВАНА ПУНИШИЧ, СЛАВИЦА МАКСИМОВИЧ**

НАУЧНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКИ ИНСТИТУТ ЗА ПОДОБРЯВАНЕ  
НА КАЧЕСТВОТО НА ЖИВОТА, БЕЛГРАД, СРБИЯ  
*silvanapunistic@hotmail.com; s.pantelic@iefpg.org.rs*

**ИВАНА СТАНКОВИЧ**

ИНСТИТУТ ПО ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ФОНЕТИКА И РЕЧЕВА ПАТОЛОГИЯ  
БЕЛГРАД, СРБИЯ  
*iva\_milicevic@yahoo.com*

Акустичните характеристики са съвкупност от признаци, присъщи на фонетичната система на езика. Свойствата на всеки звук се характеризират с вариационно поле, в рамките на което реализациите му се възприемат като типични. При стойности на дадена акустична характеристика извън установения диапазон на типичност изговорните варианти на звука се интерпретират като нетипични.

Целта на настоящото изследване е да се определят границите на типичните и нетипичните стойности на идентификационните вероятностни функции за перцептивно разпознаване на трайността при група фрикативи и африкати и да се направи сравнение между звучните и беззвучните консонанти.

Анализът на изследваните съгласни / c /, / č /, / dž /, / š /, / ž / послужи за определяне на границите на типичните и нетипичните им реализации, въз основа на което бяха синтезирани множество от стимули. Чрез описаната в статията процедура бяха получени общо 6300 стимула. В рамките на проведения перцептивен експеримент участниците имаха за задача да идентифицират и маркират подаваните им стимули с оглед на възприятието си за трайността им – типична или нетипична (удължена или съкратена). В резултат от анализа на данните бяха установени идентификационните вероятностни функции за перцептивното разпознаване на типичната/нетипичната дължина на изследваните съгласни в позиция в началото на думата, като по този начин бяха определени граничните стойности на типичната и нетипичната им трайност.

Резултатите от изследването показват съществуването на категориално възприятие, проявяващо се чрез по-високата чувствителност на перцептивния механизъм към намаляване на дължината (по-рязък спад на идентификационната функция за перцептивното разпознаване на типичната и нетипичната трайност), отколкото към увеличаването ѝ. Това означава, че трайността може да служи като надежден индикатор за наличието на отклонения при артикулацията. В рамките на изследването

бяха установени и известни разлики между вероятностните функции за перцептивно разпознаване на дължината при звучните и беззвучните съгласни. Този въпрос обаче изисква по-задълбочено проучване.

*Ключови думи:* възприятие; типична/нетипична артикулация; акустични характеристики; трайност (дължина) на звуковете; вариационно поле

## **PERCEPTUAL RECOGNITION OF THE DURATION IN SERBIAN AFFRICATES AND FRICATIVES**

**SILVANA PUNIŠIĆ, SLAVICA MAKSIMOVIĆ**

RESEARCH AND DEVELOPMENT INSTITUTE

“LIFE ACTIVITIES ADVANCEMENT INSTITUTE”

BELGRADE, SERBIA

*silvanapunicic@hotmail.com; s.pantelic@iefpg.org.rs*

**IVANA STANKOVIĆ**

INSTITUTE FOR EXPERIMENTAL PHONETICS AND SPEECH PATHOLOGY

BELGRADE, SERBIA

*iva\_milicevic@yahoo.com*

The acoustic features are the phonetic system’s inherent features of the language. The characteristics of each speech sound have their variation field within which its realizations are perceived as typical. Sound is perceived as atypical pronunciation outside the acoustic feature typical boundaries.

The objectives of this study were to determine the boundaries on the typical/atypical basis of the identification functions of the probability of perceptual recognition of the duration and their comparison between voicing and voiceless speech sounds in the group of affricate and fricatives.

Based on the analysis of the selected speech sounds: / c /, / č /, / dž /, / š /, / ž /, the boundaries of typical and atypical were defined, and they served for the synthesis of stimuli used in perceptive experiments. According to the given procedure, 6300 stimuli were formed. Then they presented to the listeners, who were asked to identify and mark the stimulus based on typical and atypical (extended/shortened) duration. The data analysis found the identification functions of the probability of perceptual recognition of the typical/atypical duration for the examined speech sounds at the initial position in words, by which the limits of the typical/atypical duration of the stated speech sounds were determined.

The results have shown the existence of categorical perception through the emergence of a higher sensitivity of the perceptive mechanism to a reduction in duration (a greater inclination of the identification function of the probability of perceptual recognition of typical/atypical duration) than of prolonging the duration of the voice, which demonstrated that the label of duration could be a good indicator of deviation in articulation. In addition, it has been shown that there have been differences in the function of the probability of perceptual recognition of the duration of voicing and voiceless speech sounds, which explanation requires further research.

*Keywords:* perception; typical/atypical pronunciation; acoustic features; duration of pronounced speech sounds; variation field

## 1. Увод

Процесът на възприемане и декодиране, чрез който се извършва разпознаването на основните смислови единици в потока на речта посредством слушане, се нарича слухово възприятие. Този процес се характеризира с определено времетраене и се състои от две основни фази: (i) откриване на акустични характеристики в речевия сигнал; (ii) акумулиране и интегриране на минималните сегменти от речеви (акустични) сигнали, разпознати като езикова информация, в перцептивни единици. Речта е изградена от последователности от перцептивни единици, които на по-високо възприемателно ниво се интегрират и трансформират в езиково съобщение (Jovičić 1999). Речевият процес предполага наличието на двама участници – говорещ (лице, което продуцира изказването) и слушащ (лице, което възприема изказването) – и се състои от няколко етапа, които се осъществяват в строга последователност: формулиране на съобщението; инервация на говорните органи; учленяване, предизвикващо трептения на въздуха, които се разпространяват под формата на звукови вълни с определена честота и амплитуда; пренос на вълните през въздушната среда, структурите на средното и вътрешното ухо и по протежение на слуховия нерв и достигането им до мозъка; разбиране на съобщението. Основните единици в тази сложна комуникационна верига са фонемите, реализиращи се в речта под формата на говорни звукове, чиито основни акустични характеристики включват: трайност (дължина), честота и интензитет. Тези свойства се проявяват в резултат от взаимодействието на говорните органи и представляват важен фактор за перцептивното разпознаване на реализациите на отделните фонемите и разграничаването им една от друга.

Различната проява на акустичните характеристики води до вариране в акустичните качества на звуковете. Трайността, която е обект на интерес в настоящото изследване, е присъщо свойство на фонетичната система, което се наблюдава при всички акустични речеви прояви. Като основни сегменти на речта звуковете се реализират с определено времетраене, позволяващо разграничаването им един от друг. Изследването на общите акустични характеристики на говорните звукове сочи, че е възможно определянето на горна и долна граница за дължината им, в рамките на които тя може да варира. При трайност под 20 ms звуковете са практически невъзприемаеми за човешкия слух. Горният праг на тази характеристика не е строго определен, но има отношение към възможността за удължаване на издишната фаза и явлението *емфатичен акцент* и се определя от границата на изкривяване, при която звукът става неразпознаваем. Както показват някои по-ранни изследвания, трайността на проходните (фрикативните) съгласни може да промени възприятието за мястото им на учленение (Hughes, Halle 1956). Демонстрирано е например, че най-малката стойност на времетраенето на фрикативния шум, при която слушащият е в състояние да различи проходните съгласни /s/ и /š/ с лекота и висока точност, е около 50 ms (Jongman 1989).

Важно е варирането в артикулацията, обусловено от езикови и паразитични фактори, да не излиза извън зоната на учленение на съответния звук, т.е. да се наблюдава в диапазона, определящ типичната му реализация. В случаите, когато стойностите на характеристиките на звука попадат извън границите, зададени от речевия стандарт, налице е нетипична реализация. Отклонението може да засяга една или повече артикулационни и/или акустични характеристики. Най-старият метод за оценка и анализ на типичната и нетипичната продължителност на звуковете, който се използва и днес, е оценката по слух (слухово-перцептивна идентификация). Тази техника позволява разграничаването на типичното от нетипичното учленение. При нея експертът използва слухово-възприемателната си система за речева обработка, основаваща се на познанията му в областта на нормативната артикулация и акустичните характеристики на говорните звукове и опита му при диагностицирането, характеризирането и класифицирането на спецификите на учленението. Специалистите логопеди са обучени да извършват оценка на речта от гледна точка на нейната типичност или нетипичност и съответно – да регистрират нормалните и патологичните речеви изяви.

Наред с останалите използвани процедури за оценка на говорните нарушения се прилагат и тестове, основаващи се на перцептивната оценка на проверяващия експерт (Smit, Hand 1997; Goldman, Fristoe 2000). Освен установяването на нетипично учленение логопедът е в състояние да характеризира отклоненията по определен набор от признаци и да ги класифицира според принадлежността им към дадена патологична група.

При все че методите, основаващи се на слухово възприятие, заемат важно място в научните изследвания, обективизирането на оценката на патологичната артикулация би допринесло за уеднаквяването и по-универсалната приложимост на използваните процедури. Това е особено важно предвид факта, че за езици като сръбския не съществува утвърдена стандартизирана база за оценка на нетипичната артикулация, въз основа на която експертите да „тренират“ слуховото си възприятие. Допълнително затруднение представлява и липсата на проучвания в областта на патологичната артикулация, които да изясняват връзката между дължината и разграничението между типични и нетипични звукови реализации. Дори и в международната езиковедска литература обект на интерес е предимно типичното учленение (Crystal, House 1988). В сферата на перцептивните проучвания са известни разработки, изследващи влиянието на честотата на основния тон ( $F_0$ ) върху възприятието за дължината на гласните; влиянието на съседните гласни върху трайността на съгласните в потока на речта; ефекта от редукцията на гласните върху трайността на съгласните в интервокална позиция при четене на глас (Van Son, Pols 1996); влиянието на дължината на гласните и съгласните в стимули от типа консонант – вокал (CV) върху разграничението по признака звучност/беззвучност на фрикативи и африкати в английския език и др. В перцептивен експеримент, проведен за хърватски

(Horga 1988), са докладвани резултати относно степента на разпознаваемост на индивидуалните честотни диапазони на звуковете.

С развитието на съвременните речеви технологии изследванията върху дължината на звуковете реализации придобиват все по-голяма значимост с оглед на разпознаването и синтеза на реч, разпознаването на индивидуалните особености на конкретни диктори, обработката на естествения език и др. (Huang et al. 2001). Поради сложността на трайността като фонологичен признак разработките в тази област се характеризират с висока степен на езикова специфичност.

В научната литература върху сръбския език говорните звукове са изследвани както във фонетичен план (Mihajlović 1953; Kašić et al. 1987; Kašić, Ivanović 2011), така и с оглед на оптимизацията на системите за синтезиране на реч (Sovilj-Nikić et al. 2007). В проучване, публикувано от Йовичич и колектив (Jovičić et al. 2008), са анализирани трайността на консонанта /š/ в начална, средисловна и финална позиция в изолирани думи и влиянието на продължителността на изговора на думата, характера на ударената сричка и коартикулацията върху дължината на фрикативите. Резултатите показват, че съгласната /š/ се характеризира с най-малка трайност в средисловие, а с най-голяма дължина и най-устойчиво учленение във финална позиция. В рамките на същото изследване е установено също така, че времетраенето на /š/ е по-голямо в думи с по-малка дължина и в срички с кратко ударение. Съществуващите изследвания върху нетипичното учленение и връзката му с дължината на звуковете (Jovičić, Punišić 2007; Jovičić et al. 2010; Punišić et al. 2007; Punišić et al. 2009; Punišić et al. 2011; Punišić 2012; Punišić et al. 2021) са ограничени по мащаб и проблематика. Основен фокус в тях са характеристиките на определени (групи от) звукове, връзката между дължината и изкривяването на звука (Bilibajkić et al. 2016), приложението на невронни мрежи при изследването на параметрите, оказващи влияние върху артикулацията (Furundžić et al. 2009).

В настоящата статия се представят резултати от по-комплексно изследване, насочено към установяването на точни артикулационно-акустични индикатори за оценка на отклоненията при учленението на говорните звукове. Предмет на разработката е именно определянето на границите на типичното и нетипичното времетраене. Разграничаването по този признак е извършено въз основа на приложението на идентификационни вероятностни функции за перцептивното разпознаване на трайността. Изследването е проведено върху група фрикативи и африкати в сръбския език, като установените стойности за звучните и беззвучните корелати са съотнесени помежду си. Един от мотивите за възприетия подход е по-надеждното класифициране, категоризиране и оценка на патологичната артикулация за целите на речевата и езиковата рехабилитация. С оглед на това най-напред бяха проведени експерименти за определяне на вариационните полета на трайността на анализираните звукове, които послужиха за синтеза на стимули, използвани в последвалите перцептивни експерименти.

## 2. Цел на изследването

Целта на настоящото изследване е установяването на границите на типичната и нетипичната дължина на група фрикативи и африкати въз основа на идентификационните вероятностни функции за перцептивното разпознаване на трайността и сравнението между характеристиките на звучните и беззвучните корелати. Изследването се основава на речевата реализация на 5 звука от посочените групи: /c/, /č/, /dž/, /š/ и /ž/.

Прилагането на идентификационни функции позволява използването на количествени показатели за типичността/нетипичността на времетраенето на анализираният звук, което от своя страна играе важна роля в речевата практика и осигурява основата за по-нататъшни изследвания в тази област.

## 3. Методология и методологически процедури, използвани в изследването

Изследователската извадка се състои от две групи: в първата бяха включени лицата, участващи във формирането на набора от звукови стимули (диктори), а във втората – участниците в перцептивния експеримент за определяне на границите между типична и нетипична трайност (слушатели).

В ролята на диктори бяха избрани деца на възраст десет и единайсет години, тъй като речевото им развитие е съпоставимо с това на възрастните, а именно – овладяна е системата от автоматизирани учленителни навици и е започнал процесът на усвояване на произносителните норми на езика. Групата на слушателите се състои от специалисти логопеди.

### 3.1. Описание на първия експеримент

За формиране на набора от речеви стимули са използвани Глобалният артикулационен тест (GAT) и Тестът за аналитична оценка на звуковете в сръбския език (AT) (Kostić et al. 1983).

В изследването на артикулационните и акустичните характеристики на изучаваните звукове бяха включени 410 деца на възраст десет и единайсет години, като се предполага, че в тази фаза от развитието им учленителната основа на родния им език (сръбски) е напълно автоматизирана. Участниците в експеримента се характеризират със средни интелектуални способности, добър слух и анатомо-функционален статус на говорния апарат. Децата са едноезични, родени и живеещи в Белград.

Като произносителен стандарт беше използвано описанието на акустично-артикулационните характеристики на звуковете в сръбския език (Kostić et al. 1964; Stevanović 1981).

От получената съвкупност от реализации на /c/, /č/, /dž/, /š/ и /ž/ в хода на експеримента бяха идентифицирани и отделени звуковете, характеризирани се с типично учленение, и звуковете, отклоняващи се от типичната артикулация единствено по признака *трайност*. В резултат от това бе получена извадка от общо 381 звука, съдържащи се в същия брой (381) произнесени от участниците изговорни варианти на набор от думи (/cica/, /čelo/,

/džep/, /šuma/, /žaba/), в които изследваните фрикативи и африкати се намират в начална позиция. Броят на звуковете се разпределя, както следва: /c/ – 86 звука, от които 45 с типично, а останалите 41 – с нетипично учленение; /č/ – 81 звука, от които 36 – с типично и 45 – с нетипично учленение; /dž/ – 67 звука, от които 40 – с типично и 27 – с нетипично учленение; /š/ – 77 звука, от които 43 – с типично и 34 – с нетипично учленение; /ž/ – 70 звука, от които 42 – с типично и 28 – с нетипично учленение.

Важна предпоставка за изследването на ролята на трайността при разпознаването и разграничаването на фонемите в сръбския език е установяването на обективни критерии за определяне на границата между типичните и нетипичните стойности на този признак. За тази цел в рамките на първия експеримент бяха установени границите между типичната и нетипичната дължина на всеки от анализиранияте звукове въз основа на характеристиките на разпределението на трайността при реализациите им.

### 3.2. Описание на втория експеримент

В рамките на втория експеримент бе изследвана чувствителността на перцептивния механизъм при група специалисти по логопедия към промяната на трайността на избраното множество съгласни. Отклонението в дължината бе анализирано с помощта на идентификационна вероятностна функция за перцептивно разпознаване.

При анализа на варирането на дължината на звуковете чрез перцептивна идентификация бе използвана методологията, прилагана при класическите експерименти за изследване на възприемането и разграничаването на фонемните реализации (вж. например проучването върху диференцирането на експлозивните съгласни въз основа на прехода на втория формант (F2), проведено от Стивънс и колектив (Stevens et al. 1969). В рамките на настоящото изследване на всеки от участниците бе поставена задачата да разпознае съответната съгласна и да оцени продукцията ѝ от гледна точка на нейната типичност или нетипичност.

Определянето на стойностите на функцията за идентифициране на дължината на звуковете бе извършено по тристепенна скала: съкратено (намалено), типично и удължено (увеличено) времетраене. Намалената и увеличената трайност, които спадат към отклоненията, дължащи се на изкривяване на звука, бяха постигнати чрез синтезирането на звуковете с помощта на компютърна манипулация на дължината им при пълно запазване на естествеността им.

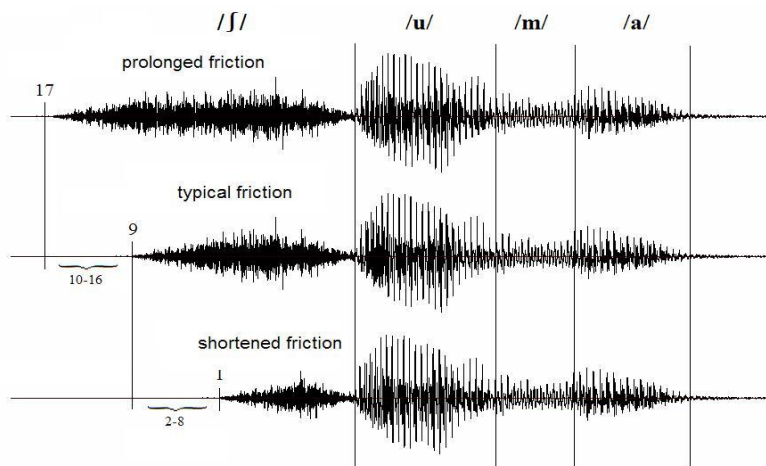
По-конкретно, изследваните звукове бяха сегментирани и модифицирани, а времетраенето на останалата част на думите стимули – /\_ica/, /\_elo/, /\_ep/, /\_uma/, /\_aba/ – бе запазено без промени. Модифицирането на дължината бе извършено с помощта на програмата за акустичен речев анализ *Praat* (Voersma, Weenink 2018). За всяка от петте думи стимули като отправна точка за експеримента бе избрана нейна реализация, в която трай-

ността на анализирания фонемен вариант съответства на средната типична стойност на този признак (т. нар. референтна дума). Изменението на времетраенето на изследваните звукове бе извършено чрез осемстепенното им скъсяване и удължаване до стойности, съответстващи на реализации с максимално съкратено и максимално увеличено времетраене при запазване на ясната им разпознаваемост като варианти на съответните фонемни. По този начин за всяка съгласна бяха получени общо 17 стимула (заедно с изходния), най-скъсеният и най-удълженият от които съответстват на звукови реализации с нетипично времетраене: първият се характеризира с максимално съкратена, а седмнайсетият – с максимално удължена трайност. След това стимулите бяха разделени на две групи, в първата от които бяха включени осемте стимула с намалена дължина и началният стимул, а във втората – осемте стимула с удължено времетраене и началният стимул. Всеки стимул в дадена група бе повторен десетократно. В резултат от това бяха генерирани два аудиофайла, съдържащи по 90 стимула, които участниците в експеримента трябваше да изслушат в рамките на две сесии. Поредността на изслушване бе произволна, с петсекундни паузи между подаването на отделните стимули. За провеждането на експеримента бяха използвани аудиослушалки TDK MP 100AX.

В ролята на слушащи бяха избрани седем специалисти логопеди. Всеки от тях проведе две сесии, в рамките на които изслуша по 90 стимула от първата и 90 стимула от втората група, в резултат от което за петте изследвани думи бяха оценени общо 6300 стимула. Преди началото на експеримента участниците бяха запознати със съдържанието му, както и с примери за типични и нетипични стимули. В рамките на самия експеримент им бе поставена задачата да маркират стимулите в две категории в предварително зададен формат (типични и нетипични) и да опишат типичните стимули по признака 'трайност' според това, дали се характеризират с удължено, или със съкратено времетраене (тест с „принудителен избор“).

Методологията за модификация на началния стимул (т.е. на стимула с типична продължителност) се различава при звучните и беззвучните съгласни. По-долу е описана процедурата, приложена при фрикатива /š/. След като в рамките на първия експеримент бе установена усреднената стойност на типичното ѝ времетраене в думата /šuma/ – 223 ms (таблица 1), съгласната бе подложена на определени модификации. За целта изходният стимул с дължина 223 ms бе съкратен и удължен чрез серия от стъпки (всяка от които съответства на около 11 ms), така че да се генерират 8 скъсени и 8 удължени звука. По този начин се получи поредица от 17 звукови реализации, в която началният стимул заема девета позиция по трайност. Процедурите по скъсяване и удължаване бяха извършени върху централния сегмент от стимула с типично времетраене чрез двукратно, трикратно и т.н. увеличаване на дължината на скъсявания или удължавания сегмент. Модифицираните по този начин звукове бяха добавени в начална позиция пред сегмента /uma/ (фигура 1).





**Фигура 1.** Метод за синтезиране на стимули с различна трайност.

Отгоре надолу: удължено времетраене, типично времетраене, намалено времетраене

Намаляването на дължината на фрикатива /s/ бе извършено чрез прецизно „изрязване“ на сегменти от фрикативния компонент на съгласната, като бе положено особено старание да не се наруши характерът му. Целта бе да се постигне минимално амплитудно отклонение (т.е. да се запазят силата и общата форма на звука), като едновременно с това се осигури нарастване на фазата в точката на съединяване на левия и десния сигнал след премахването на определен сегмент. „Изрязването“ бе извършено при преминаване на сигнала през нулевата ос и при нарастващи ръбове на вълната. Шумовият характер на триенето позволява отстраняване на сегменти от произволно място на фрикативния компонент на звука.

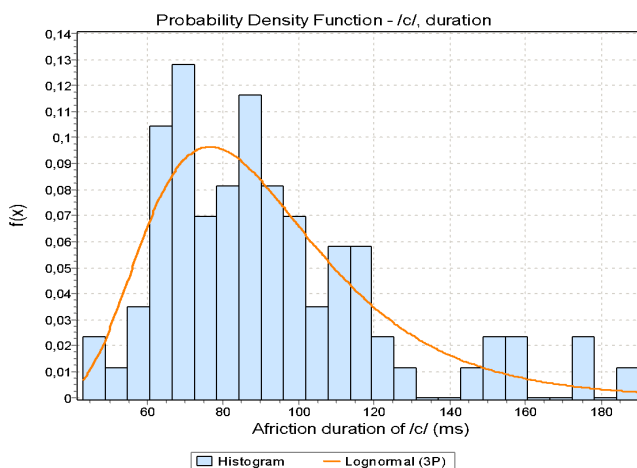
Удължаването бе извършено чрез увеличаване на времетраенето на дветия, характеризиращ се с типична дължина стимул, в резултат от което бяха получени стимули 10 – 17. Процедурата бе сведена до повторението на избран кратък фрикативен сегмент от централната част на съответния проходен или преградно-проходен звук. За целта избраният подсегмент бе копиран и вмъкнат на други позиции във фрикативния компонент на звука. За по-малко удължаване на времетраенето бе достатъчно копирането и добавянето на единични кратки сегменти, докато за постигане на по-значително удължаване се наложи вмъкването на два-три такива сегмента. Тази манипулация бе извършена с изключително внимание, за да се избегне ефектът на повторителност на добавените сегменти и да се запази формата и силата на звука. С оглед на това трябваше да бъдат удовлетворени следните три критерия: (i) непрекъснатостта на амплитудата на сигнала около точката на свързване на сегментите да остане ненарушена; (ii) да се запази характерът на целия фрикативен сегмент; (iii) извършената манипулация да бъде незабележима при спектралния анализ на звука.

#### 4. Резултати и дискусия

С оглед на оценката на типичната и нетипичната продукция на изследваните звукове бе извършено сегментиране и измерване на дължината им в изолираните думи стимули.

По-долу е онагледена процедурата по определяне на диапазона на типичната и нетипичната трайност на анализираният съгласни въз основа на разпределението на стойностите им по този признак.

Хистограмата на фигура 2 представя разпределението на дължината за африката /c/. Показана е и кривата на вероятностната плътност на разпределението, която се характеризира с много добро приближение до лицето на фигурата, образувана от хистограмата. Чрез анализа на разпределението бяха установени две основни характеристики. На първо място, функцията на вероятностната плътност е от *логнормален (3P)* тип, т.е. представлява трипараметрично разпределение, където логаритъмът се характеризира с нормално разпределение. Качеството на хармонизация на хистограмата и вероятностната плътност е много задоволително (тестът на Колмогоров-Смирнов за съвпадение на функциите на разпределение дава  $P=0,72985$ ). На второ място бе установено, че най-високата концентрация на стойностите на функцията в хистограмата се намира в диапазона между 55 и 125 ms (приближение, основаващо се на вероятностната плътност на разпределението). Стойностите, които лежат извън този диапазон, съответстват на намалената или удължената трайност на африката /c/, т.е. на атипичната му продукция.



**Фигура 2.** Вероятностна плътност на разпределението на трайността на звука /c/. По абсцисата: дължина на съгласната (в ms); по ординатата: стойностите на функцията

Аналогична процедура бе приложена за характеризирание и на останалите изследвани съгласни. Получените резултати са представени в таблица 1.

**Таблица 1.** Вариационно поле на признака *трайност* и типична динамика на дължината на изследваните звукове

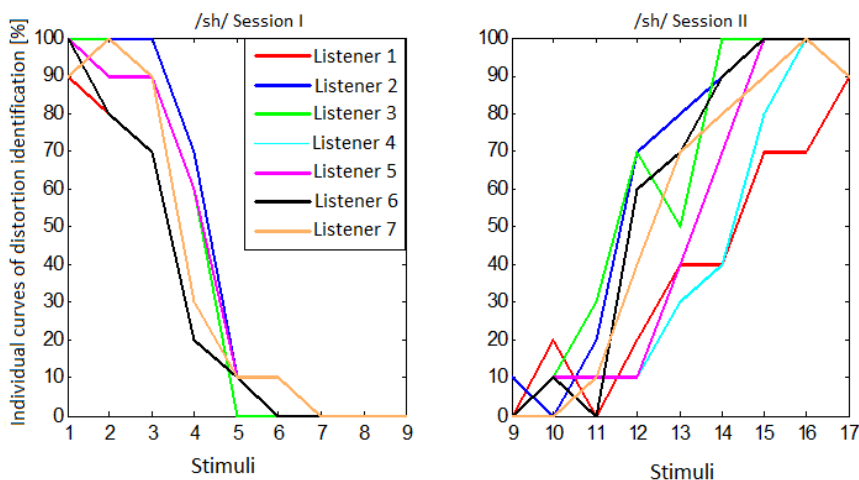
Звук	Вариационно поле на признака <i>трайност</i> (ms)	Типична динамика (ms)
/dž/	{45, 190}	145
/ž/	{90, 190}	100
/š/	{155, 250}	95
/č/	{45, 130}	85
/c/	{55, 125}	70

Посредством анализа на резултатите от перцептивния експеримент бяха установени идентификационните вероятностни функции за оценка на перцептивното разпознаване на типичната и нетипичната дължина на реализациите на фонемите /c/, /č/, /dž/, /š/, /ž/ в начална позиция в множество от избрани думи, което от своя страна подпомогна определянето на границите на типичната и нетипичната трайност на тези звукове. По-долу е онагледена процедурата за получаване на идентификационната вероятностна функция за оценка на перцептивното разпознаване на типичната/нетипичната трайност на фрикатива /š/.

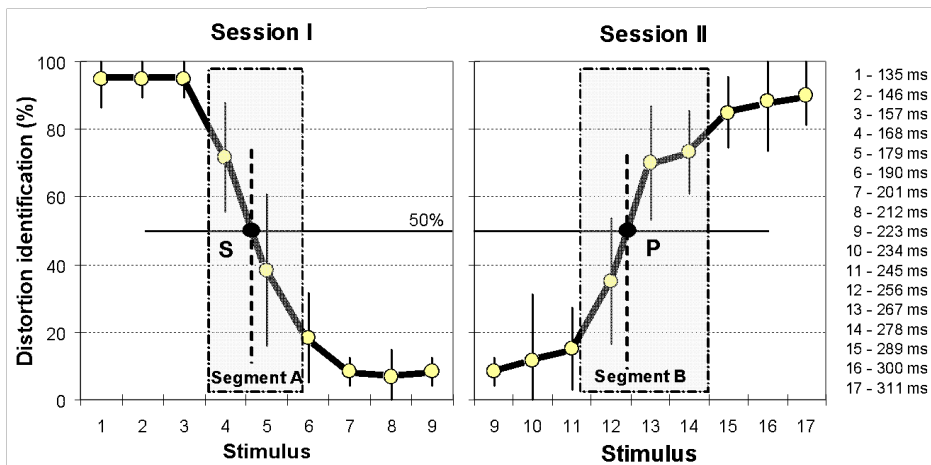
Индивидуалните идентификационни функции за дадения звук бяха получени въз основа на слуховото възприемане на стимулите и маркирането на тяхната типичност или нетипичност от страна на участниците в експеримента и последвалата обработка на резултатите.

Графиките на фигура 3 илюстрират индивидуалните различия между седемте участници по отношение на оценката на трайността на стимулите (съкратени или удължени) въз основа на извършената перцептивна идентификация. Резултатите показват, че за даден език не съществуват установени универсални граници, съответстващи на намалено или удължено времетраене, и че този параметър зависи от определени индивидуални особености. Съществуват множество фактори, които биха могли да оказват влияние: опитът на съответния участник, диалектът, на който е носител, незначителни разлики в остротата на слуха при отделните участници и др. По-задълбоченото изследване на проблема би могло да даде отговор на въпроса кои от тези фактори и по какъв начин допринасят за индивидуалните различия при оценката на типичната/нетипична дължина на звуковете.

По описания модел са получени индивидуалните идентификационни функции и за останалите 4 звука.



**Фигура 3.** Индивидуални идентификационни функции за фрикатива /ʃ/. Вляво: експериментална сесия I – стимули със съкратено времетраене; вдясно: експериментална сесия II – стимули с удължено времетраене; по абсцисата: 17-те стимула, подредени по продължителност; по ординатата: индивидуалните криви на идентифициране на изкривяването на звука (%); различните цветове съответстват на отделните участници в експеримента



**Фигура 4.** Идентификационни функции за оценка на типичната и нетипичната трайност на фрикатива /ʃ/. Вляво: експериментална сесия I – стимули със съкратено времетраене; вдясно: експериментална сесия II – стимули с удължено времетраене; по абсцисата: 17-те стимула, подредени по продължителност; по ординатата: идентифициране на изкривяването на звука (%)

На фигура 4 са показани усреднените идентификационни функции за оценка на типичната и нетипичната трайност на фрикатива /š/, получени в рамките на проведените експериментални сесии, по време на които на участниците са подавани стимули съответно със съкратено (сесия I) и с удължено (сесия II) времетраене.

Стимули 6 – 11, за които идентификационната вероятност е под 20%, могат да се разглеждат като примери за типична продължителност на фрикатива (със стойности в диапазона между 190 и 250 ms). При стимули 1, 2 и 3 от сесия I и стимули 15, 16 и 17 от сесия II, при които идентификационната вероятност е над 80%, дължината се разпознава като нетипична. Иначе казано, при трайност, по-малка от 165 ms или надхвърляща 285 ms, звукът /š/ се възприема като нетипичен. Сегментите А и В включват стимулите, при които участниците в експеримента не са били в състояние да направят категорично разграничение между типична и нетипична продължителност. Сегментите, при които експертите са проявили несигурност, са с продължителност 15 ms при стимулите от първата и 34 ms при стимулите от втората сесия. Тези преходни зони представляват съответно 6,75% и 15,25% от средната типична трайност на фрикативния компонент на звука. Бързото изменение в идентификационните функции свидетелстват за наличието на диференцирано възприемане при разпознаването на типичната и нетипичната трайност на изследвания фрикатив. Спадът на идентификационната функция за стимулите с намалено времетраене (стимул 4) е по-рязък в сравнение със спада на кривата при стимулите с удължено траене (стимули 12, 13 и 14). Този резултат е предсказуем поради факта, че при съкращаване под определен праг фрикативът /š/ преминава в африката /č/, докато при удължаването му не се наблюдава изменение в друг звук.

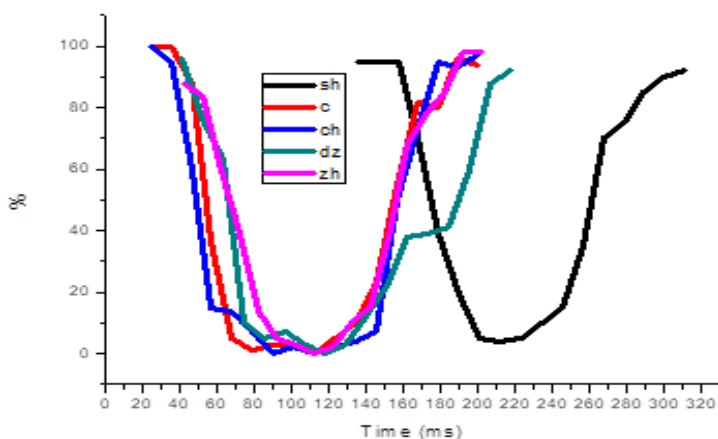
Сегментът А съответства на прехода от типично към съкратено времетраене, а сегментът Б – на прехода от типично към удължено времетраене. Частта от графиката, лежаща между тях, представлява сегментът, в който дължината на изследвания звук се възприема като типична. Точки S и P от графиката, обозначаващи 50% вероятност, бележат границата между типичното и нетипичното времетраене. Стандартното отклонение е 4,89 ms в точка S и 12,81 ms в точка P. При стимулите с намалена продължителност то е незначително и свидетелства за високата степен на съответствие между преценката на отделните участници в експеримента, докато при стимулите с удължено времетраене на преден план излизат индивидуалните различия (резултатите на първия и четвъртия участник показват малко по-висока перцептивна толерантност спрямо останалите), като отклонението спрямо типичната трайност (223 ms) варира в диапазона между 2,2% и 5,7%. Резултатите показват висока степен на съответствие между експертите при определяне на типичните стойности на признака 'трайност' (Jovićić et al. 2010).

В хода на тестването бе установено, че стимулите със съкратено времетраене се разпознават по-лесно от участниците поради субективното възприятие за преминаването на думата /šuma/ в думата /čuma/. При намаляването

на трайността на /š/ спрямо изходния референтен сигнал до стойност от около 146 ms се стига до заместването му с африкатите /č/ или /ć/. Обратно, при увеличаване на трайността на фрикатива до 300 ms не се регистрират съществени фонетични промени освен слуховото регистриране на по-голямата дължина.

Сравнението на получените данни за типичната дължина на фрикатива /š/ {165–285 ms} с данните в таблица 1 показва съществуването на различия по отношение на установения диапазон на времетраенето му. Този резултат не е неочакван, като се има предвид, че както показват стойностите на нормалното разпределение на дължината на звука, направената извадка не е представителна. Целта на първия експеримент обаче е не представителност, а получаването на типични и нетипични (съкратени и удължени) изговорни варианти.

Аналогична процедура бе приложена и за получаване на идентификационните функции за разпознаване на останалите 4 изследвани съгласни.



**Фигура 5.** Сравнително представяне на идентификационните функции на изследваните съгласни. По абсцисата: времетраенето на съгласните в ms

На фигура 5 е представено сравнение между идентификационните функции на петте звука. В таблица 2 са обобщени параметрите на типичното им времетраене, получени въз основа на идентификационните криви.

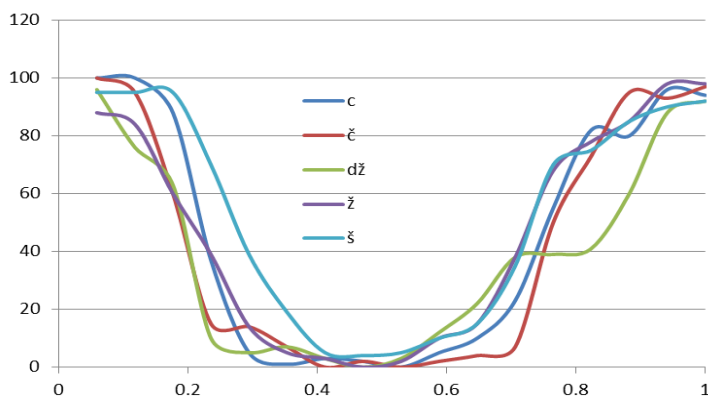
При все че идентификационните функции на отделните консонанти се характеризират със сходна форма, прави впечатление значителното отклонение, което се наблюдава при /dž/ и /š/. Идентификационната крива на фрикатива /š/ е отместена надясно (фигура 5) поради по-голямото му времетраене, докато границите, в които варира дължината на останалите изследвани

звукове, са близки. При африката /dž/ се наблюдава различна форма на кривата на идентификационната функция в областта, съответстваща на прехода от типично към удължено времетраене.

**Таблица 2.** Параметри на типичното времетраене на изследваните звукове

Звук	Типична динамика на параметъра <i>трайност</i> [ms]	Диапазон (S – P) [ms]
/dž/	122	62 – 184
/č/	108	48 – 156
/ž/	96	57 – 153
/š/	96	164 – 260
/c/	97	55 – 152

За да се даде по-ясна представа за характеристиките на идентификационните криви, за всеки от изследваните звукове бе извършено нормализиране на стойностите по времевата ос по отношение на времетраенето на стимулите с най-голяма дължина (фигура 6).



**Фигура 6.** Сравнително представяне на идентификационните функции на изследваните звукове след нормализацията по параметъра *времметраене*

При сравнението на кривите на нормализираните идентификационни функции се открояват определени различия в наклона им. В сегмента А, който определя зоната на неопределеност при намаляване на времетраенето на звуковете, може да се отбележи още и отместването на сегмента, съответстващ на фрикатива /š/, спрямо останалите звукове. По отношение на сегмента В, определящ зоната на неопределеност при удължаване на звуковете, отместване се наблюдава при сегмента, съответстващ на африката /dž/.

С цел да се определи дали съществува разлика в наклоните на идентификационните криви, бяха изчислени линейните зависимости за петте изследвани звука (таблица 3) посредством линейно приближение на низходящите и възходящите сегменти в областта от ординатата, разположена в диапазона между 20% и 80% .

Забелязва се, че и при петте звука наклонът на лявата страна на идентификационните криви (коефициентите заедно с променливата *dur*, отразяваща трайността) е по-рязък в сравнение с наклона на дясната им страна. Иначе казано, при намаляване на времетраенето на звуковете изменението на функцията за перцептивната идентификация настъпва по-бързо (по-рязък наклон), отколкото при удължаването им (по-полегат наклон). По-резкият наклон на идентификационните функции за съкратените стимули в сравнение с удължените е очакван предвид наблюдаваното преминаване на някои звукове в други при намаляване на времетраенето им под определен праг, докато удължаването не води до промяна във фонемния план. При помалка минимална типична продължителност на изговора на даден звук може да се очаква, че и незначителните изменения в дължината му около тази стойност ще доведат до по-големи перцептивни промени, а именно – по-бързо преминаване в друг звук. Същевременно, както се вижда от таблица 3, с най-голям наклон се характеризира идентификационната крива на звука /c/, въпреки че минималната му дължина е по-голяма от тази на /č/ (таблица 2). Този пример онагледява факта, че наклонът на идентификационните криви зависи от множество фактори.

**Таблица 3.** Линейно приближение на низходящите и възходящите сегменти на звуковете

Звук	Приближение за област А	Приближение за област В
/š/	$y = -27,525 \text{ dur} + 180,24$ ( $R^2 = 0,9912$ )	$y = 20 \text{ dur} - 204$ ( $R^2 = 0,9059$ )
/ž/	$y = -23,586 \text{ dur} + 132,3$ ( $R^2 = 0,998$ )	$y = 20,289 \text{ dur} - 204,93$ ( $R^2 = 0,9595$ )
/c/	$y = -50,536 \text{ dur} + 241,07$ ( $R^2 = 0,997$ )	$y = 20,979 \text{ dur} - 224,09$ ( $R^2 = 0,9045$ )
/č/	$y = -46,512 \text{ dur} + 197,52$ ( $R^2 = 0,9967$ )	$y = 30,783 \text{ dur} - 357,13$ ( $R^2 = 0,9671$ )
/dž/	$y = -27,854 \text{ dur} + 132,87$ ( $R^2 = 0,8778$ )	$y = 10,41 \text{ dur} - 92,999$ ( $R^2 = 0,8841$ )



Границите на вариационното поле на трайността на определен звук са резултат от перцептивния анализ на дължината на реализациите му в конкретния език. Ако приемем, че това е статистически процес, то честотата на възприемане на звука в потока на речта би трябвало да оказва влияние върху точността при определянето на този диапазон. В такъв случай може да се очаква фреквентността на различните звукове в родния език да е един от факторите, които играят роля при установяването на акустичните граници на вариационното им поле. Честотата на срещане на изследваните звукове (Kostić 1971) е представена в таблица 4.

**Таблица 4.** Честота на срещането на изследваните звукове в сръбския език

Звук	Честота на срещането на звука в сръбския език
/č/	1,708%
/c/	1,528%
/š/	1,464%
/ž/	0,676%
/dž/	0,120%

За да се определи влиянието на отделните параметри върху наклона на идентификационните криви, беше направен корелационен анализ на низходящия и възходящия наклон на кривите със следните параметри на звуковите реализации: диапазон на трайността, минимална трайност, максимална трайност, усреднена трайност, честота в сръбския език (таблица 5).

Корелационният анализ показва наличие на статистически значима положителна корелация (алфа = 0,05) между наклона в област В и честотата на срещане на звуковете ( $R = 0,840$ ). По-конкретно, с нарастването на честотата на срещане на даден звук в езика наклонът на идентификационната крива се увеличава. Въпреки че при наклона в област А липсва статистически значима корелация, коефициентът на корелация на Пиърсън също има най-висока стойност за параметъра *честотата на срещане на звуковете в сръбски език* ( $R = -0,682$ ). Този коефициент има отрицателна стойност, поради което може да се заключи, че в област А наклонът на идентификационните криви е по-малък при по-висока честота на срещане на даден звук. Това обаче не е така, тъй като наклоните в област А са отрицателни числа (таблица 3). И в двата случая влиянието на честотата на срещане на звуковете показва една и съща тенденция: с повишаването на фреквентността на дадена съгласна се увеличава и наклонът на идентификационната крива.

**Таблица 5.** Корелация между наклона на идентификационните функции и параметрите *трайност* и *честота на срещане на звука в србски*

## Корелации

		Диапазон на трайността	Мин. трайност	Мак. трайност	Усреднена трайност	Наклон -	Наклон +	Честота на срещане
Наклон -	корелационен коефициент на Пийрсън	0,071	0,411	0,452	0,434	1	-0,572	-0,682
	Значимост (при едностранна опашка)	0,455	0,246	0,222	0,233		0,157	0,102
Наклон +	корелационен коефициент на Пийрсън	-0,421	-0,140	-0,252	-0,196	-0,572	1	0,834*
	Значимост (при едностранна опашка)	0,240	0,411	0,341	0,376	0,157		0,040

\*Корелацията е значима при стойност 0,05 (при едностранна опашка).

Данните, представени в таблица 3, показват още, че наклонът на идентификационните криви на изследваните звучни консонанти в област А е малко по-полегат от този на техните беззвучни корелати (*/š/ – /ž/; /č/ – /dž/*). Въпреки че не дава достатъчно основания за формулирането на генерални изводи относно влиянието на звучността на съгласните върху наклона на идентификационните криви, това наблюдение осигурява добра отправна точка за по-нататъшни изследвания.

## 5. Заключение

В потока на речта възприемането на фонемите е дотолкова автоматизирано, че обикновено не си даваме сметка за сложните процеси, протичащи по време на речевия акт. Човек възприема говорните звукове като реализации на определени фонемни, без да обръща внимание на спецификите им. Акустичните им свойства ни правят впечатление само в определени случаи.

Преценката относно качеството на даден звук, характеризирането на нетипичните му признаци и диагностиката на речевите нарушения се основават на комплексен перцептивен процес, при който експертът се осланя на анализа на абсолютните и относителните стойности на значимите за възприемането на фонемите акустични характеристики. За общото впечатление за степента на отклонение при учленението на даден звук може да допринесе нетипичната проява както на един-единствен, така и на множество перцептивни признаци, като е възможно да липсва корелация между степента на отклонение и броя на признаците. Идентификационните функции, описващи възприемането на дължината на съгласните, показват наличието на категориално възприятие: перцептивният механизъм е по-чувствителен към намаляването, отколкото към удължаването на трайността. В хода на настоящото изследване бе демонстрирано, че честотата на срещане на даден звук в езика оказва влияние върху характеристиките на идентификационната функция за перцептивното възприемане на дължината. Беше установено още и че наклонът на идентификационните функции в областта на стойностите, съответстващи на намалено времетраене, е по-малък при звучните съгласни, отколкото при беззвучните им корелати. Тези начални резултати могат да се разглеждат като индикации за наличието на определена тенденция и насока за изследване върху по-голям брой фонемни.

Получените резултати не потвърждават съществуването на отчетливи модели, отразяващи влиянието на трайността на звуковете върху идентификационните криви на възприемане на дължината.

За задълбочаването на извършените наблюдения са необходими по-нататъшни проучвания, основаващи се на по-широка база от звукови реализации. Въз основа на досегашния анализ може да се заключи, че при провеждането на бъдещи експерименти трябва да се предвиди нелинейно разпределение на стимулите, тъй като това би осигурило по-добра разделителна способност в преходните области.

## Благодарности

Изследването е частично финансирано в сътрудничество с Факултета по медицински науки към Университета в Крагуевац (Република Сърбия) в рамките на проекта „Влияние на психофизиологичните, социологическите и културните фактори върху детската реч“ (*Influence of psychophysiological, sociological and cultural factors on speech and language in the population of children*).

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Bilibajkić et al. 2016: *Bilibajkić, R., Z. Šarić, S. T. Jovičić, S. Punišić, M. Subotić*. Automatic detection of stridence in speech using the auditory model. – *Computer Speech & Language*, Advance online publication. Volume 36, pp. 122–135.
- Boersma, Weenink 2018: *Boersma, P., D. Weenink*. Praat: Doing phonetics by computer

- [Computer program]. Version 6.0.40. Retrieved September 17 from <<http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>>.
- Crystal, House 1988: *Crystal, Th. M., A. S. House*. Segmental durations in connected-speech signal. – *Journal of the Acoustical Society of America* 85, pp. 1553–1573.
- Furundžić et al. 2009: *Furundžić, D., M. Subotić, S. Punišić*. Determination of relevant parameters influence in articulation regularity quantification for serbian language phoneme /š/ using neural networks. – In: Jovičić, S., M. Sovilj (eds.). – *Speech and Language, Proceedings*, Belgrade, pp. 158–168.
- Goldman, Fristoe 2000: *Goldman, R., M. Fristoe*. Goldman-Fristoe Test of Articulation-2. Circle Pines, MN: American Guidance Service.
- Horga 1988: *Horga, D.* Perceptivni spektar glasova. – *Defektologija*, vol. 24, 1, Zagreb, pp. 17–41.
- Huang et al. 2001: *Huang, X., A. Acero, H. W. Hon*. Spoken Language Processing: A Guide to Theory, Algorithm, and System Development. Prentice Hall.
- Hughes, Halle 1956: *Hughes, G. W., M. Halle*. Spectral properties of fricative consonants. – *Journal of the Acoustical Society of America*, 28, pp. 303–310.
- Jongman 1989: *Jongman, A.* Duration of frication noise required for identification of English fricatives. – *Journal of the Acoustical Society of America*, 85(4), pp. 1718–1725.
- Jovičić 1999: *Jovičić, S. T.* Speech communication: physiology, psychoacoustics and perception. Beograd, Nauka.
- Jovičić, Punišić 2007: *Jovičić, S. T., S. Punišić*. Perceptivno prepoznavanje akustičkih obeležja koja karakterišu odstupanja u izgovoru frikativa /š/. – In: *Zbornik radova LI Konferencija ETRAN*, Herceg Novi, AK5.1.
- Jovičić et al. 2008: *Jovičić, S. T., Z. Kašić, S. Punišić*. Trajanje frikativa /š/: analiza u izolovanim rečima. – In: *Zbornik radova, XVI TELFOR*, Belgrade, pp.715–718.
- Jovičić et al. 2010: *Jovičić S., Z. Kašić, S. Punišić*. Production and perception of distortion in word-initial friction duration. – *Journal of Communication Disorders* 43/5., DOI:10.1016/j.jcomdis.2010.04.007.
- Kašić et al. 1987: *Kašić, Z., S. Peter, Z. Urošević, M. Filipović*. Varijantnost trajanja glasova u reči. – *Zbornik radova XXXI ETAN*. Bled, pp. 229–233.
- Kašić, Ivanović 2011: *Kašić Z., M. Ivanović*. Stabilnost/nestabilnost trajanja glasova u promeni tempa govora. – In: *Zbornik radova Jezici i kulture u vremenu i prostoru*. Novi sad, Filozofske fakultet.
- Kostić 1964: *Kostić, Đ., M. Nestorović, D. Kalić*. Akustička fonetika srpskohrvskog jezika, 2. – *Glasovno polje*, Institut za eksperimentalnu fonetiku i patologiju govora. Beograd.
- Kostić 1971: *Kostić, Đ.* Metodika izgradnje govora u dece oštećenog sluha. – *Savez društva defektologa Jugoslavije*, IEFPG. Beograd.
- Kostić et al. 1983: *Kostić, Đ., S. Vladislavljević, M. Popović*. Testovi za ispitivanje govora i jezika. Beograd, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva.
- Maksimović 2013: *Maksimović, S.* Auditory perception characteristics in children with articulation disorders. *Beogradska defektološka škola*, 19(2), pp. 223–236. ISSN 0354-8759. In Serbian.
- Mihajlović 1953: *Mihajlović, Lj.* Duration of voiced and unvoiced phonemes in speech. – *Glasnik SANU*, V(1).
- Punišić et al. 2007: *Punišić, S., S. Pantelić, S. Đoković, M. Subotić*. Karakterizacija glasovnih odstupanja-analiza akustičkih obeležja u izgovoru frikativa /š/. – Poglavlje

- u: *Poremećaji verbalne komunikacije, prevencija, dijagnostika, tretman*. M. Sovilj (ur.), IEFPG, Beograd, pp. 62–83.
- Punišić 2011: Punišić, S., M. Subotić, S. Jovičić. Analysis of duration and intensity of voiceless affricatives and fricatives in typical and atypical pronunciation. – In: Sovilj, M., M. Skanaviv and V. Bojanova (eds.). *Proceedings of the Third European Congress on Early Prevention, Detection and Diagnostics of Verbal Communication Disorders*. Belgrade, pp. 72–79.
- Punišić 2012: Punišić, S. Articulation – acoustic and auditory aspect of sound deviation in pathological pronunciation, PhD Dissertation, Univerzitet u Beogradu.
- Punišić 2021: Punišić, S., S. T. Jovičić, M. Subotić and J. Stojanović. Psychoacoustic evaluation of acoustic features distortion in fricative consonant of speech. – *Applied Acoustics*, 171, pp. 1–10. <<https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107564>>.
- Smit, Hand 1997: Smit, A., L. Hand. Smit-Hand Articulation and Phonology Evaluation. Los Angeles, CA: Western Psychological Services.
- Sovilj-Nikić et al. 2007: Sovilj-Nikić, S., M. Sečujski, V. Delić. Analysis of different factors influencing vowel duration in Serbian language. – In: *Proceedings of the Symposium on Social Communication*, Santiago de Cuba, Cuba.
- Stevanović 1981: Stevanović, M. Savremeni srpskohrvatski jezik I. Beograd, Naučna knjiga.
- Stevens et al. 1969: Stevens, K. N., A. M. Liberman, S. E. G. Ohman, M. Studdert-Kennedy. Crosslanguage study of phoneme perception. – *Lang. Speech*, 12, pp. 1–23.
- Van Son, Pols 1996: Van Son, R. J. J. H., L. C. W. Pols. An acoustic profile of consonant reduction. – In: *Proceedings ICSLP 96*, vol. 3, pp. 1529–1532.

Превод: гл. ас. д-р Светлозара Лесева

☒ Д-р Силвана Пунишич

☒ Доц. д-р Славица Максимович

Секција за изследване на продукцията и възприемането на речта  
Научноизследователски институт за подобряване на качеството на живота  
ул. „Господар Йованова“ № 35, 11 000 Белград, Сърбия

☒ Д-р Ивана Станкович

Секција за изследване на речта, езика и слуха  
Институт по експериментална фонетика и речева патология „Джордже Костић“  
ул. „Господар Йованова“ № 35, 11 000 Белград, Сърбия

☒ Silvana Punišić, PhD

☒ Assoc. Prof. Slavica Maksimović, PhD

Department for Speech Production and Perception  
Research and Development Institute “Life Activities Advancement Institute”  
35 Gospodar Jovanova, 11 000 Belgrade, Serbia

☒ Ivana Stanković, PhD

Department of Speech, Language and Hearing Sciences  
Institute for Experimental Phonetics and Speech Pathology “Đorđe Kostić”  
35 Gospodar Jovanova, 11 000 Belgrade, Serbia