Slavistična revija (https://srl.si) je ponujena pod licenco
Creative Commons, priznanje avtorstva 4.0 international.
URL https://srl.si/sql_pdf/SRL_2012_4_05.pdf | DOST. 19/04/24 2.01

UDK 811.163.3'34
Бранислав Геразов, Зоран Ивановски
Институт за електроника, Факултет за електротехника и информациски технологии, Универзитет Св. Кирил и Методиј, Скопје, Р Македонија
Веселинка Лаброска
Институт за македонски јазик Крсте Мисирков, Скопје, Р Македонија

МОДЕЛИРАЊЕ НА ИНТОНАЦИСКАТА СТРУКТУРА НА МАКЕДОНСКИОТ ЈАЗИК НА НИВО НА ИНТОНАЦИСКИ ФРАЗИ

Во овој реферат се изложени резултати добиени од анализа на интонацијата во македонскиот јазик на ниво на интонациски целини (ИЦ). Во анализата беа екстрахирани и нормализирани кривите на основниот хармоник кои беа групирани по основа на полот на говорникот и типот на ИЦ. Овие вектори послужија за генерирање на 8 линеарно-сегментни модели на интонацијата на македонскиот јазик на ниво на ИЦ.

Клучни зборови: интонација, модел, интонациска фраза, македонски, синтеза на говор

The paper presents the results obtained from the analysis of intonation patterns at the level of intonation phrases (IPs) in the Macedonian language. In the analysis, pitch contours were extracted and normalized and then grouped according to the speakers' genders and IP type. For each group, vectors for the average normalized pitch and upper and lower bounds of its range were generated. These vectors were used to create 8 distinct linear-segment models of intonation patterns in Macedonian at the level of IPs.

Keywords: intonation, model, intonation phrase, Macedonian, speech synthesis

Кратка содржина – Прозодијата, која во себе ги вклучува интонацијата, интензитетот, акцентот и ритамот, претставува една од најважните карактеристики на човековиот говор. Преку неа се врши пренос на дополнителна информација за дискурсот: неговата функција (разликуваме расказни, прашални, извични реченици), важноста на одредени негови делови (нагласување на одредени значајни зборови), како и чувствата и ставот на говорникот (среќа, изненадување, сомнеж итн.). Поради неможноста комплетно да се запише, прозодијата и информацијата која таа ја пренесува е една од суштинските разлики кои го двојат говорениот од пишаниот јазик. Уште повеќе, таа е до толку вткаена во говорениот јазик, што истиот во недостиг на соодветна прозодија станува сосема неприроден и тежок за следење. Затоа во системите за синтеза на говор од текст (ГОТ), алгоритмите за генерирање на природна интонација во синтетизираниот говор се од големо значење. За да се направи висококвалитетен модул за генерирање на прозодија во ГОТ системите потребно е да се изработи модел на прозодиската структура на јазикот за кој се наменети.

Slavistična revija (https://srl.si) je ponujena pod licenco
Creative Commons, priznanje avtorstva 4.0 international.
URL https://srl.si/sql_pdf/SRL_2012_4_05.pdf | DOST. 19/04/24 2.01

Во трудов се презентирани резултатите на анализата на македонската интонација на ниво на интонациска целина. Фокусот на анализата беа просечните интонациски контури за различните типови на интонациски целини кои се поврзани со употребената интерпункција: почетни, средишни и завршни ИЦ на расказни реченици, прашални ИЦ и извични ИЦ. За целите на анализата беше подготвена база на снимен говорен материјал кој во својата конечна верзија броеше вкупно 255 ИЦ со вкупно времетраење од 9 min и 34 s, изговорени од 7 говорници од кои 5 спикери во Македонското радио.

За квантитативен опис на интонациските трендови беа издвоени вектори на движењата на основниот хармоник f_0 од аудио материјалот. Издвоените вектори на f_0 беа нормализирани и потоа групирани по пол и по тип на ИЦ. За овие групи беа изработени здружени графици и беа пресметани вектори на просечната нормализирана f_0 и горната и долната граница на нејзиното движење. Пресметаните вектори беа искористени за генерирање на 6 линеарно-сегментни модели за трите основни типови ИЦ: расказни завршни, прашални и извични ИЦ, за двата пола на говорници. Дополнителни два модели за почетните односно средишните ИЦ беа изработени за двата пола на говорници со адаптација на моделите за завршни ИЦ.

Генерираните линеарно-сегментни модели послужија како основа на алгоритамот за автоматско генерирање на интонациски контури за системот за вештачка синтеза на говор од текст »Зборувај македонски«. Се надеваме дека презентираните резултати ќе бидат од интерес и за македонската лингвистичка наука.

1 Вовед

Прозодијата, која во себе ги вклучува интонацијата, интензитетот, акцентот и ритамот, претставува една од најважните карактеристики на човековиот говор. Преку неа се врши пренос на дополнителна информација за дискурсот: неговата функција (разликуваме расказни, прашални, извични реченици), важноста на одредени негови делови (нагласување на одредени значајни зборови), како и чувствата и ставот на говорникот (среќа, изненадување, сомнеж итн.), (Jurafsky 2008, Campbell 2005, O'Shaughnessy 2007, Bilibajkić 2005). Поради неможноста комплетно да се запише, прозодијата и информацијата која таа ја пренесува е една од суштинските разлики кои го двојат говорениот од пишаниот јазик. Уште повеќе, таа е до толку вткаена во говорениот јазик, што истиот во недостиг на соодветна прозодија станува сосема неприроден и тежок за следење. Затоа во системите за синтеза на говор од текст (ГОТ), алгоритмите за генерирање на природна интонација во синтетизираниот говор се од големо значење, (Dutoit 1997). Ова е особено точно во врвните ГОТ системи денес, кои се стремат не само да звучат природно туку и да покажат чувства, (Tatham 2005, Pitrelli 2006, Bulut 2002), поради што генерирањето на природна прозодија останува да биде една од најгорливите теми за истражување во оваа област, (Taylor 2009).

Slavistična revija (https://srl.si) je ponujena pod licenco
Creative Commons, priznanje avtorstva 4.0 international.
URL https://srl.si/sql_pdf/SRL_2012_4_05.pdf | DOST. 19/04/24 2.01

За да се направи висококвалитетен модул за генерирање на прозодија во ГОТ системите потребно е да се изработи модел на прозодиската структура на јазикот за кој се наменети. Притоа, не постои општо-прифатен консензус во научната јавност за опишување на кој било нејзин аспект. Постои низа на теории и модели за таа цел, повеќето од нив фокусирани само на интонацијата. Автосегментно-метричката (анг. *Autosegmental-Metrical* – AM) школа е автор на можеби најпознатиот ToBI (анг. *Tone and Break Indices*) модел (Pierrehumbert 1980, Silverman 1992), кој ја опишува интонацијата употребувајќи апстрактни ознаки од типот на високи (H) и ниски (L) тонови. Познатиот модел на Фуџисаки, базиран на моделирање на физиолошките механизми за генерирање на прозодијата, нуди математички апарат за моделирање на интонациските криви со голема точност, (Fujisaki 1984). Конечно, Тилт моделот, развиен за чисто инженерски цели, ја опишува интонацијата преку низа од настани, од кои секој е опишан од група на континуирани параметри, (Taylor 2000).

Постојат голем број на варијации и адаптации на овие модели за целите на одреден јазик; најмногу за ToBI моделот. Некои од попознатите се J_ToBI за јапонскиот, (Venditti 1997), GToBI за германскиот, ToDI за холандскиот, Sp-ToBI за шпанскиот, дури и SCToBI за српско-хрватскиот јазик. Една од варијациите на моделот на Фуџисаки е моделот на Миксдорф-Фуџисаки за интонацијата на германскиот јазик (анг. *Mixdorff-Fujisaki model of German Intonation* − MFGI), (Mixdorff 1998).

Новите генерации на прозодиски модели, како Stem-ML (анг. *Soft TEMplate Mark-up Language*) моделот, нудат зголемена прецизност во репродукција на движењата на интонацијата, како и поддршка за повеќе јазици, (Kochanski 2003). Stem-ML моделот дозволува генерирање на прозодија во текстови кои се мешавина од повеќе јазици, на пример кинески текст во кој се содржани англиски имиња, што е особено привлечно за светските ГОТ системи. Моделот исто така нуди внесување на варијации во интонацијата за различни видови на дискурс, емоции и говорни стилови.

Некои од ГОТ системите во целост го избегнуваат моделирањето на прозодијата. Наместо тоа, тие употребуваат база на снимени реченици од кои ја екстрахираат прозодиската структура, на пример интонацијата, и ја накалемуваат на влезниот текст. Овој пристап и покрај едноставноста, покажува добри резултати спореден со системите базирани на правила, (Németh 2007).

Во науката постојат голем број на истражувања фокусирани на прозодијата на светските јазици, од кои најпознати се истражувањата на Пиерхумберт за англискиот јазик (Pierrehumbert 1980), на Миксдорф за германскиот, (Mixdorff 1998), на Алминана за шпанскиот, (Alminana 1996), на Вегнадуцо за италијанскиот итн. Според сознанијата на авторите постојат малку истражувања за прозодијата на македонскиот јазик, особено од аспект на синтезата на говор од текст. Првото концепт-решение за ГОТ систем за синтеза на македонски јазик не вклучува во себе модул за предвидување на прозодијата, (Josifovski 1997). Посериозен поглед врз македонската прозодија е направен во (Зрмановска 2005), како за нормален така и за емоционален говор. Во (Зрмановска 2005) се користи прозодиско накалемување (трансплантација)

Slavistična revija (https://srl.si) je ponujena pod licenco
Creative Commons, priznanje avtorstva 4.0 international.
URL https://srl.si/sql_pdf/SRL_2012_4_05.pdf | DOST. 19/04/24 2.01

од база на прозодиски структури екстрахирани од снимен говорен материјал. Системот е повеќе од експериментално значење, поради тоа што должината на интонациските целини во прозодиската база е ограничена на еден збор, што повлекува дека системот може да се употреби за генерирање на прозодијата за одделни зборови, а не за цели реченици. Најновиот ГОТ систем TTS-MK, воопшто не вклучува модул за генерирање и имплементација на прозодија во излезниот говор, (Чунгурски 2009).

Поради забележениот недостиг на истражувачки резултати во полето на анализата и моделирањето на македонската прозодија, како и поради навлегувањето во завршните фази на дизајнирањето и реализацијата на ГОТ системот за македонски »Зборувај македонски«, (Gerazov 2008), авторите самите започнаа подробна работа во ова поле. Нивниот труд до сега се фокусира на анализа на интонациските структури во македонскиот јазик на ниво на интонациски целини (ИЦ), (Gerazov 2010a, Gerazov 2010b, Gerazov 2010c). Во анализата беа екстрахирани и нормализирани кривите на основниот хармоник (f_0). Нормализираните контури на f_0 беа групирани по основа на полот на говорникот и типот на ИЦ. За овие групи беа генерирани вектори на просечната нормализирана f_0 и гранични вектори на опсегот на движење на нормализираната f_0. Овие вектори послужија за генерирање на линеарно-сегментни модели на интонацијата на македонскиот јазик на ниво на ИЦ, (Gerazov 2010c). Моделите беа основа врз која беше изграден алгоритамот за автоматско генерирање на интонација во системот за синтеза на говор од текст »Зборувај македонски«, (Gerazov 2011a).

2 Основни поими во интонацијата

Под поимот интонација се подразбира движењето на основниот хармоник, висина, на гласот на говорникот, вообичаено означен со f_0, за време на изговорот на дадена говорна содржина. Во таа смисла, говорот може да се набљудува како низа од интонациски целини (ИЦ), односно интонациски фрази, кои често, но не секогаш, соодветствуваат на синтактичката структура на говорната содржина. Имено, кратките реченици вообичаено соодветствуваат на поединечни ИЦ, додека долгите реченици вообичаено се составени од неколку вакви ИЦ, кои може, а и не мора, да се разделени со запирки при запишувањето. Поради ова наједноставната поделба на влезниот текст на интонациски целини во ГОТ системите, се базира само на неговата интерпункција. Ова е добро познатиот DP (анг. *Deterministic punctuation*) метод на сегментација, кој поставува крај на тековната ИЦ на секој интерпункциски знак. Постојат и други методи кои можат да се базираат на правила, или пак да користат алгоритми за машинска интелигенција со претходно обработени текстови за тренирање, (Taylor 2009).

Во секоја ИЦ некои од зборовите, вообичаено се работи за содржинските зборови (именки, глаголи, придавки и повеќето прилози), можат да бидат нагласени повеќе од останатите. Во лингвистиката оваа појава е позната под англискиот назив *pitch accent* (во превод акцент на висината) поради тоа што вообичаено се реализира преку движења на основниот хармоник f_0 на

Slavistična revija (https://srl.si) je ponujena pod licenco
Creative Commons, priznanje avtorstva 4.0 international.
URL https://srl.si/sql_pdf/SRL_2012_4_05.pdf | DOST. 19/04/24 2.01

говорникот, во понатамошниот текст овој акцент ќе го означиме како реченичен акцент. Реченичниот акцент паѓа на акцентираниот слог од нагласениот збор. Во една ИЦ, иако поретко, можат да се јават повеќе такви акценти, при што последниот од нив ја игра улогата на главен и се нарекува и нуклеарен акцент. Нуклеарниот акцент служи за покажување на тоа кој од зборовите во реченицата е во центарот на вниманието. Па, една од целите на модулите за синтеза на прозодија во ГОТ системите, е и да се одреди на кој збор паѓа овој нуклеарен акцент во дадената ИЦ. И тука постојат едноставни и сложени детерминистички алгоритми, како и алгоритми базирани на машинска интелигенција. Едно едноставно правило за поставување на нуклеарниот акцент е тој да се постави според веројатноста на појавување на зборовите во таа ИЦ, т.е. овој нуклеарен акцент да падне на зборот кој има најмала веројатност на појавување, (Pan 2000). Ова се употребува и во ГОТ системот »Зборувај македонски«, (Gerazov 2011b). Веројатноста на појавување на зборовите, којашто ја користи системот »Зборувај македонски«, е екстрахирана од анализата на гласовната структура на македонскиот јазик презентирана во (Геразов 2009). Освен реченичниот акцент постои и таканаречениот фразен акцент (анг. *phrase accent*) кој се јавува веднаш по последниот, односно главниот, реченичен акцент, а пред крајот на ИЦ.

Начинот на реализација на реченичниот акцент преку интонацијата воопшто не е едноставен. Иако вообичаено тој се реализира преку извишување во интонациската крива, може и да биде пренесен преку пад во интонацијата, а често еден ист реченичен акцент во истата ИЦ и на истата позиција може да биде реализиран на различни начини. Со соодветни промени во f_0 се реализира и фразниот акцент, а пад и пораст во интонацијата вообичаено се јавува и на крајот од интонациските целини. За опишување на овие движења во интонацијата, како што беше спомнато во воведот, во употреба се повеќе модели, од кои еден од најпознатите е ToBI моделот. Бидејќи во презентацијата на резултатите некои дискусии се дадени во согласност со овој модел, на кратко ќе разгледаме некои негови карактеристики.

ToBI моделот, (Pierrehumbert 1980, Silverman 1992), се базира на употребата на апстрактни ознаки за низок L (анг. *low*) и висок H (анг. *high*) тон за да се претстави релативното движење на основниот хармоник f_0 во моментите на реченичните акценти (ако ги има повеќе), фразниот акцент и на крајот од интонациската целина. За да се даде до знаење за кој акцент се однесува дадената ознака, таа се придружува со следните три симболи: * (ако се работи за реченичен акцент), − (фразен акцент) и % (крај на целината). Дополнително во некои случаи може да се употреби и ознаката %H која се однесува на почетната интонација во ИЦ, но вообичаено таа се избегнува при маркирањето.

3 Претходни познавања за интонацијата на македонскиот јазик

Некои основни констатации за интонацијата во македонскиот јазик, се дека во расказните реченици интонацијата започнува ниско, па полека се повишува за на крајот повторно да се намали. Кај прашањата пак, интонацијата повторно почнува ниско па се повишува до крајот без да се намали, (Бојковска 2008). Кај

Slavistična revija (https://srl.si) je ponujena pod licenco
Creative Commons, priznanje avtorstva 4.0 international.
URL https://srl.si/sql_pdf/SRL_2012_4_05.pdf | DOST. 19/04/24 2.01

(Friedman 2001) дополнително е посочено дека прашањата бележат пораст во интонацијата на глаголот односно на зборот кој е во фокусот на прашањето. Исто така, авторот ја потенцира важноста на интонацијата за одредување на фокусот во реченицата. Олеснителна околност во моделирањето на интонацијата на македонскиот јазик е фактот што акцентот е од експираторен (динамичен) вид, односно се реализира преку зголемена енергија на носечката самогласка во говорниот сигнал, (Бојковска 2008). Тоа значи дека акцентот не се надодава врз интонациската крива како во јазиците со реченичен, односно музички, акцент.

Поподробна анализа на проблемот на македонската интонација, може да се најде во (Николаева 1977), во која авторот ја анализира фразната интонација во словенските јазици, осврнувајќи се притоа и на интонацијата во македонскиот јазик. Во анализата на македонската интонација најзначајна е монографијата на Савицка *et al.*, која донесува нови податоци за интонацијата во стандардниот македонски, (Савицка 1977). Убаво надоврзување на податоците од оваа монографија, се дадени во прилогот за фразната интонација во современиот полски и македонски јазик којшто претставува дел од монографијата посветена на прозодијата во полскиот и во македонскиот јазик, (Видоески 1999). Овие анализи се од особено значење за изработка на квалитетен модул за автоматско генерирање на интонација во систем за синтеза на говор направен за македонскиот јазик.

4 База на снимен говорен материјал

Основната замисла беше анализата на македонската интонација да се направи врз говорен материјал снимен од група на професионални говорници со висок квалитет. Поради недостигот на ресурси, беше решено да се сними аудио материјал директно од програмата на Македонското радио и од него да се издвои потребниот говорен материјал за нашата анализа. По повеќедневното снимање беше собрано големото количество на аудио материјал, од кое вкупно беа издвоени 4 и пол часа говор. Од овој говорен материјал беа избрани 5 говорници, 2 мажи и 3 жени, за кои беше утврдено дека имаат интонација поволна за анализа. Имено, некои од отфрлените снимени говорници правеа реченици во постојана низа, надоврзувајќи ги интонациски една на друга, други зборуваа пребрзо итн. Поради недостигот на прашања и извични реченици дополнително беа снимени уште 2 говорника што го зголеми вкупниот број на говорници во базата на 7. Целиот снимен материјал е направен со надворешен аудио интерфејс со професионални AD конвертори и дигитализација со резолуција од 24 битови на фреквенција на семплирање од 44,1 kHz. Аудио материјалот е потоа реквантизиран на резолуција од 16 битови за да се заштеди на меморија. Додатните говорници се снимени со обичен микрофон за широка употреба.

Од целиот говорен материјал беа екстрахирани 255 интонациски целини со вкупно времетраење од 09 m 34 s. Базата содржи вкупно 205 ИЦ издвоени од расказни реченици, а поделени на почетни, средишни и завршни ИЦ, 31 ИЦ

Slavistična revija (https://srl.si) je ponujena pod licenco
Creative Commons, priznanje avtorstva 4.0 international.
URL https://srl.si/sql_pdf/SRL_2012_4_05.pdf | DOST. 19/04/24 2.01

издвоени од прашања (прашални ИЦ) и 19 ИЦ издвоени од извични реченици и наредби (извични ИЦ), табела I.

Табела I: Состав на базата од снимен говорен материјал употребен во анализата на македонската интонација.

Говорник		Должина на материјалот		Расказни ИЦ			Прашални ИЦ	Извични ИЦ
Ознака	Пол	Време	ИЦ	Почетни	Средишни	Завршни		
ВФ	м	1m 25s	35	10	13	12	/	/
МБ	м	1m 59s	51	14	19	18	/	/
БГ	м	1m 16s	47	8	1	12	14	12
МВ	ж	1m 08s	26	8	11	7	/	/
ЗК	ж	1m 56s	39	12	13	14	/	/
ТА	ж	1m 33s	50	11	9	13	10	7
ЛУ	ж	0m 15s	7	/	/	/	7	/
Вкупно		9m 34s	255	63	66	76	31	19

5 Анализа на нормализирани контури на f_0

Оваа анализа на интонацијата во македонскиот јазик имаше за цел квантитативно да ги опише трендовите во неговата интонациска структура, со цел да биде извршено нивно моделирање. Во рамките на оваа анализа беше направена екстракција и нормализација на интонациските криви од дел од ИЦ од аудио базата. Ова овозможи здружена анализа и приказ на интонациските контури од повеќе говорници, со што се постигна дополнително усреднување на интонациските трендови. Беа направени 6 групи на интонациски контури и тоа за трите најзначајни типови на ИЦ: расказни завршни, прашални и извични ИЦ, за двата пола. За овие групи беа пресметани просечните интонациски контури и опсези, коишто послужија во генерирањето на линеарно-сегментни модели на македонската интонација на ниво на ИЦ. Овие модели се во основата на алгоритамот за автоматско генерирање на прозодијата во системот за синтеза на говор од текст »Зборувај македонски«.

5.1 Методологија

За реализација на анализата, најпрвин беше потребно да се екстрахираат интонациските криви од снимениот говорен материјал во вид на вектори од основниот хармоник f_0. Екстракцијата на основниот хармоник f_0 од снимениот говорен материјал беше направена со варијација на класичниот алгоритам за екстракција на f_0 со употреба на автокорелацијата на говорниот сигнал, (Rabiner 1978). Промената на f_0 беше пресметувана со чекор од 20 ms, што резултираше со фреквенција на семплирање за екстрахираните вектори на f_0

Slavistična revija (https://srl.si) je ponujena pod licenco
Creative Commons, priznanje avtorstva 4.0 international.
URL https://srl.si/sql_pdf/SRL_2012_4_05.pdf | DOST. 19/04/24 2.01

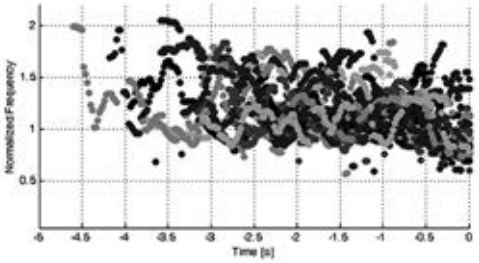
од 50 Hz. Вкупниот број на екстрахирани интонациски контури употребени во вториот дел на анализата беше 125, табела II.

Во следниот чекор, секоја од контурите на f_0 беше нормализирана според најчестата f_0 за тој говорник за даденият тип на ИЦ. Најчестата f_0 беше добиена при статистичката анализа на динамиката на интонацијата за секој од говорниците и за 3^те типови на ИЦ, (Gerazov 2010b). Со оваа нормализација се овозможи групирање на контури на f_0 од различни говорници и нивна здружена анализа. Тие беа групирани според типот на ИЦ, но и според полот на говорникот, поради очекуваните разлики во степенот на употреба на интонацијата кај двата пола. Групата на прашални ИЦ беше понатаму поделена на прашања со H% антикаденција и прашања со L% каденција (типичен и нетипичен изговор), што направи конечниот број на групи да биде 8; прикажани во табела II.

Табела II: Осумте групи на нормализирани контури на f_0 земени в'предвид во анализата.

	Тип на интонациски целини				
Група говорници	Раскажни завршни	Прашални		Извични	**Вк.**
		пораст	пад		
мажи	41	10	4	12	67
жени	34	8	9	7	58
				Вкупно	**125**

За секоја од групите, нормализираните вектори на f_0 беа зачувани во вид на матрица со нивно израмнување во десно, што значи дека беа поместени така што нивните краеви ќе бидат преклопени во време. Ова беше потребно поради различната должина на контурите на f_0 и поради тоа што центарот на вниманието беше врз интонациските трендови на крајот од ИЦ. Вака поместени, контурите на f_0 беа исцртани на здружен график со маркери во различни бои, сл. 1. На сликата е прикажан график направен со исцртување на 34 нормализирани контури на f_0 на завршни ИЦ земени од групата на говорнички. На апсцисата е нанесено времето во секунди сметано од крајот на ИЦ (означен со 0), а на ординатата е нанесена нормализираната фреквенција.



Сл. 1: График на кој се прикажани 34 нормализирани контури на f_0 екстрахирани од завршните ИЦ за групата на говорнички.

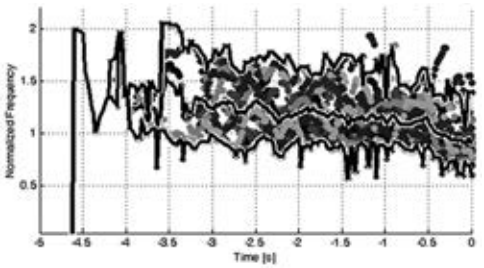
Slavistična revija (https://srl.si) je ponujena pod licenco
Creative Commons, priznanje avtorstva 4.0 international.
URL https://srl.si/sql_pdf/SRL_2012_4_05.pdf | DOST. 19/04/24 2.01

Може да се забележи дека кривите на нормализираната f_0 најгусто го покриваат подрачјето околу нормализираната фреквенција 1, што и можеше да се очекува поради употребата на најчестата f_0 за нивна нормализација. Исто така, тие имаат тенденција да направат скок нагоре повишувајќи се и враќајќи се назад околу 1, што всушност претставуваат реченичните акценти во различните контури на f_0.

На крајот, за секоја од 8^те групи на нормализирани контури на f_0, беа пресметани вектори на просечната нормализирана f_0 и горната и долната граница на опсегот на нејзиното движење. Најпрвин просечната нормализирана f_0 и нејзините гранични вредности беа пресметани за секој временски момент според следниот алгоритам:

1. Земи ги сите вредности за нормализираната f_0 од матрицата за временски момент i и зачувај ги во еден вектор.
2. Пресметај ја просечната нормализирана f_0, m, за векторот.
3. Пресметај ја стандардната девијација σ на нормализираната f_0 во векторот.
4. Најди ја највисоката вредност на нормализираната f_0, b_{max}, таква што: $b_{max} \leq m + 3 \cdot \sigma$.
5. Најди ја најниската вредност на нормализираната f_0, b_{min}, таква што: $b_{min} \geq m - 3 \cdot \sigma$.
6. Инкрементирај го i.
7. Ако $i <$ крај, оди на 1^о.
8. Крај.

За пресметување на граничните вредности на опсегот на нормализираната f_0, b_{max} и b_{min}, беше употребена статистичка анализа со цел да се елиминираат повремените грешки на алгоритамот за екстракција на f_0. Имено, опсегот од $3 \cdot \sigma$ ги содржи 99,7% од вредностите на нормализираната f_0 во дадениот временски момент, што беше земено за соодветно во пресметката. На сл. 2 може да се види графички приказ на добиените вредности за m, b_{max} и b_{min}, добиени со алгоритамот за контурите на f_0 групата на завршни ИЦ на говорничките.

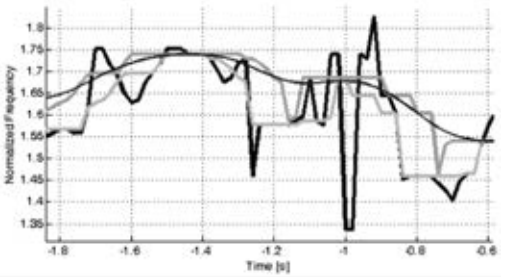


Сл. 2: Средна нормализирана f_0 (црно) и горна и долна граница на нормализираната f_0 (сино) по временски момент за завршетоци на расказни реченици за говорниците жени.

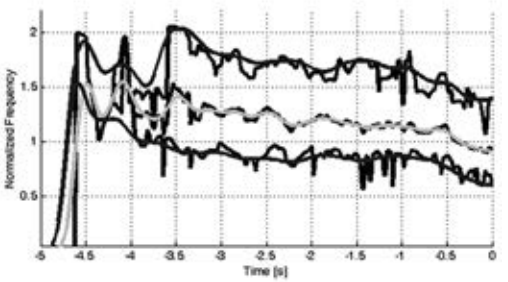
Slavistična revija (https://srl.si) je ponujena pod licenco
Creative Commons, priznanje avtorstva 4.0 international.
URL https://srl.si/sql_pdf/SRL_2012_4_05.pdf | DOST. 19/04/24 2.01

Иако границата од 3σ послужи за елиминирање на дел од импулсниот шум присутен во контурите на f_0, може да се забележи од сл. 2 дека во добиените вектори тој сè уште е присутен. Поради ова, тие се филтрираат со медијански филтер од 5ти ред што соодветствува на прозорец од 100 ms при фреквенција на семплирање од 50 Hz. По филтрирањето се пресметуваат анвелопите на двата гранични вектори. За горната граница, анвелопата се пресметува со замена на моментната вредност на b_{max} со максималната во интервал од 200 ms околу неа. За пресметување на анвелопата на долната граница беше употребена минималната вредност во истиот интервал.

На крајот, трите вектори беа филтрирани со Ханов ниско-пропусен филтер со гранична фреквенција од 1 Hz преку примена на методот на филтрирање со нулта фаза. Употребената граничната фреквенција од 1 Hz врши измазнување на облик на векторите, притоа дозволувајќи им динамика доволна за да го следат текот на интонациската структура. Оваа обработка на векторите е прикажана за краток исечок од векторот на горната граница на сл. 3. Конечниот облик на векторите на просечната нормализирана f_0 и границите на нејзиниот опсег е исцртан на сл. 4 врз првично добиените вектори.



Сл. 3: Векторот на горната граница на опсегот на движење на f_0: пресметан по временски момент (сино), по медијанското филтрирање (светло сино), пресметаната анвелопа (зелено) и конечниот негов облик (црвено).



Сл. 4: Конечен облик на просечната нормализирана f_0 (светло сино) и двете граници (црвено) наспроти тие пресметани по временски момент (црно и сино, соодветно).

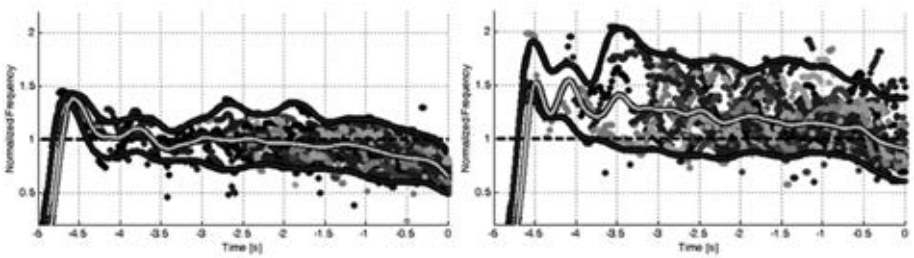
Slavistična revija (https://srl.si) je ponujena pod licenco
Creative Commons, priznanje avtorstva 4.0 international.
URL https://srl.si/sql_pdf/SRL_2012_4_05.pdf | DOST. 19/04/24 2.01

5.2 Резултати

Во овој дел ќе бидат претставени добиените збирни графици за осумте анализирани групи на ИЦ во квантитативната анализата на македонската интонација. На графиците се претставени и пресметаните вектори на просечната нормализирана f_0 и долната и горната граница на нејзиното движење. На секој график различните контури на нормализираната f_0 се дадени преку маркери во различни бои, додека со светло сината и двете црвени криви се дадени споменатите вектори. Како референца, на графиците со испрекината црна линија е дадена вредноста 1 на нормализираната фреквенција, што е најчестата f_0 за секој говорник за тој тип на ИЦ.

А. Расказни завршни ИЦ

На сл. 5 се прикажани графиците на завршните ИЦ на расказните реченици за машките и женските говорници. Евидентна е L−L% ToBI каденција кој испливува од збирот на контури на нормализираната f_0. Исто така, може да се забележи дека женските говорници тежат кон поголема употреба на интонацијата во зборувањето, што соодветствува на претходните истражувања на динамиката во македонската интонација, (Gerazov 2010в). Може да се види дека кај машките говорници се јавува стабилно плато кое води кон постепен пад на f_0 почнувајќи од −1,25 s, кој потоа ја зголемува својата стрмнина во −0,2 s од крајот. За женските говорници постои постепен пад во просечната нормализирана f_0 низ целиот тек на контурите со забрзан пад почнувајќи од −0,5 s од крајот.



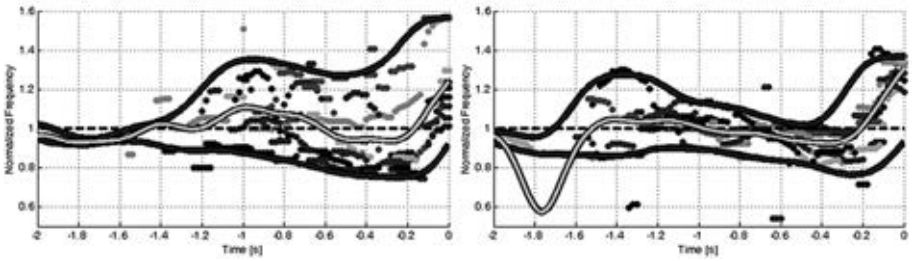
Сл. 5: Збирни графици на контурите на нормализираната f_0 и пресметаните вектори на просечната нормализирана f_0 и границите на нејзиниот опсег за завршни ИЦ на расказните реченици за машки (лево) и женски (десно) говорници.

Б. Прашални ИЦ

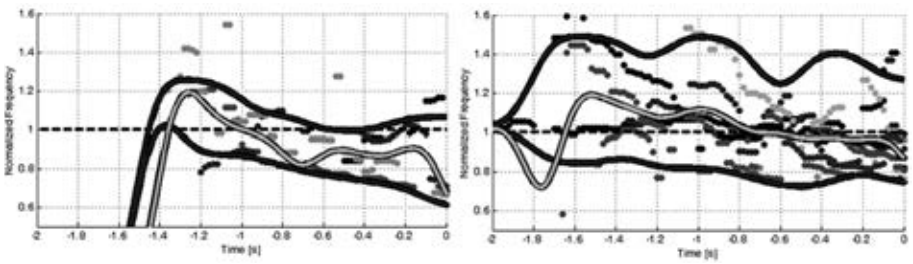
Збирни графици на контурите на нормализирана f_0 и генерирани вектори за просечната нормализирана f_0 и границите на нејзиниот опсег за прашалните ИЦ

Slavistična revija (https://srl.si) je ponujena pod licenco
Creative Commons, priznanje avtorstva 4.0 international.
URL https://srl.si/sql_pdf/SRL_2012_4_05.pdf | DOST. 19/04/24 2.01

се дадени на сл. 6 и сл. 7. Интонациските контури кај прашалните ИЦ можат да се поделат на две групи: интонациски контури со L–H% антикаденција (сл. 6) и тие со L–L% каденција (сл. 7). Поделбата на контурите во овие две групи беше направено автоматски, а употребениот критериум беше дали контурата на нормализирана f_0 завршува над или под 1. На сл. 6 може јасно да се види L–H% антикаденцијата, кое почнува од −0,2 s од крајот и кај машките и кај женските говорници.



Сл. 6: Збирни графици на контурите на нормализирана f_0 и пресметаните вектори на просечната нормализирана f_0 и границите на нејзиниот опсег за прашални ИЦ со H% антикаденција на крајот за машки (лево) и женски (десно) говорници.



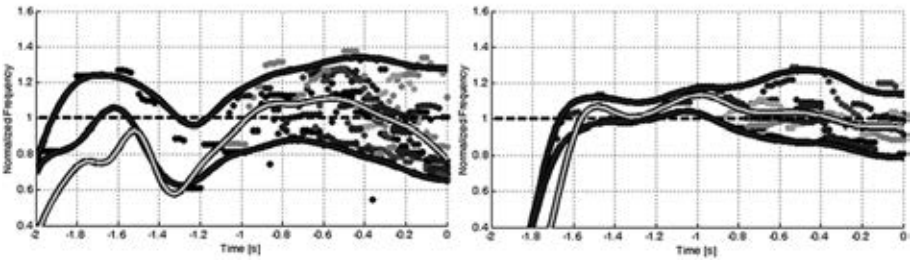
Сл. 7: Збирни графици на контурите на нормализирана f_0 и пресметаните вектори на просечната нормализирана f_0 и границите на нејзиниот опсег за прашални ИЦ со L% каденција на крајот за машки (лево) и женски (десно) говорници.

B. Извични ИЦ

Збирните графици и пресметаните вектори за извичните ИЦ се прикажани на сл. 8. При нормализирањето на контурите на f_0 кај машките говорници беше употребена нивната средна f_0 наместо најчестата f_0, поради невообичаено високите вредности за најчестата f_0 добиени во анализата на динамиката на f_0, (Gerazov 2010b). Може да видиме дека поради поголемиот број на извични ИЦ со L% каденција во интонацијата на нивните краеви, пресметаните вектори

Slavistična revija (https://srl.si) je ponujena pod licenco
Creative Commons, priznanje avtorstva 4.0 international.
URL https://srl.si/sql_pdf/SRL_2012_4_05.pdf | DOST. 19/04/24 2.01

на просечната нормализирана f_0 во двата случаја завршуваат со L% каденција, како и кај расказните завршни ИЦ. Разликата кај извичните ИЦ е во тоа што средната и најчестата f_0 се повисоки од оние кај расказните ИЦ за сите говорници. На сликата може да се види дека падот на f_0 започнува од −0,5 s од крајот кај машките говорници, а кај женските постои постепено опаѓање низ целиот тек на векторот.



Сл. 8: Збирни графици на контурите на нормализирана f_0 и пресметаните вектори на просечната нормализирана f_0 и границите на нејзиниот опсег за извични ИЦ за машки (лево) и женски (десно) говорници.

6 Линеарно-сегментни модели на македонската интонација на ниво на интонациска целина

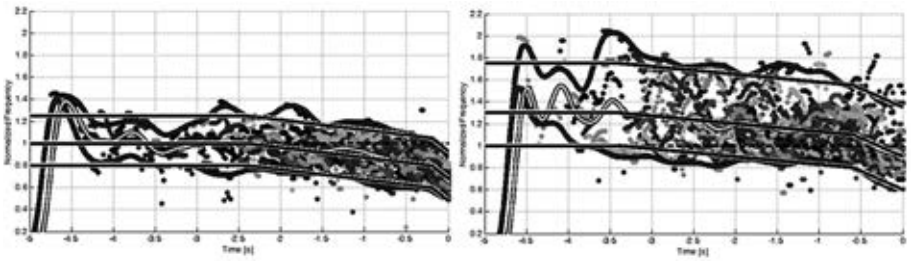
Пресметаните вектори на просечната нормализирана f_0 за различните типови на интонациски целини за двете групи на говорници, понатаму беа искористени за генерирање на поедноставени линеарно-сегментни модели на македонската интонација на ниво на интонациска целина во зависност од полот на говорникот. Моделите се направени така што со употреба на минимален број на сегменти да се добие доволно блиска слика за движењето на контурите на просечната нормализирана f_0. За горната и долната граница на опсегот на движење на нормализираната f_0 не беа дефинирани засебни модели, туку беше најдено потребното поместување на моделот на просечната нормализирана f_0 за тој да се поклопи со пресметаните вектори на границите. Беа генерирани вкупно 8 модели: за почетните, средишните и завршните ИЦ на расказните реченици, за прашалните ИЦ со H% антикаденција и за извичните ИЦ, за секој од половите. Во продолжение се презентирани генерираните модели.

А. Расказни завршни ИЦ

На сл. 9 се прикажани линеарно-сегментните модели за просечната нормализирана f_0 (црно) и горната и долната граница (сино) за завршните ИЦ на расказните реченици. Може да се види дека моделите имаат постепено опаѓање на f_0 низ целиот тек кое се зголемува во временските моменти −0,2 s и −0,6 s

Slavistična revija (https://srl.si) je ponujena pod licenco
Creative Commons, priznanje avtorstva 4.0 international.
URL https://srl.si/sql_pdf/SRL_2012_4_05.pdf | DOST. 19/04/24 2.01

од крајот на контурите за машките и за женските говорници. Во двата модела се употребени по три сегменти. Во табелата III се дадени карактеристичните точки на двата модела на просечната нормализирана f_0 како и поместувањата потребни за добивање на моделите за границите.



Сл. 9: Линеарно-сегментни модели за просечната нормализирана f_0 (црно) и горната и долна граница (сино) на завршните ИЦ за машки (лево) и женски (десно) говорници.

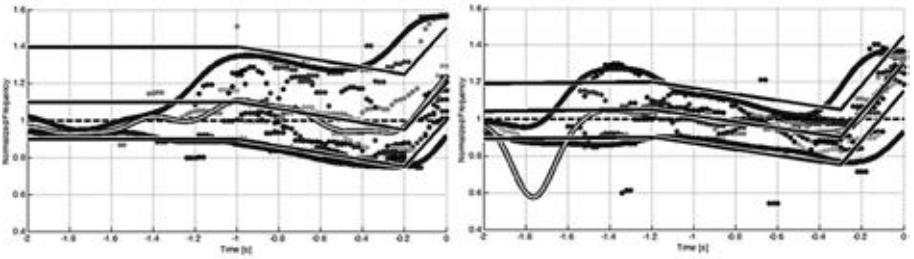
Табела III. Карактеристични точки на интонациските модели за завршни ИЦ кај машки и женски говорници со поместувањата за добивање на моделите на двете граници.

Група говорници		Карактеристична точка			Поместување за границата	
		1	2	3	горна	долна
мажи	време [s]	-2,4	-0,2	0		
	нормализирана фреквенција	1	0,8	0,68	0,25	0,2
жени	време [s]	-3,4	-0,6	0		
	нормализирана фреквенција	1,3	1,1	0,9	0,45	0,3

Б. Прашални ИЦ

Линеарно-сегментните модели на интонацијата кај прашалните ИЦ заедно со поместувањата за добивање на горната и долната граница за двата пола се дадени на сл. 10. Поради тоа што не беше утврден начин за одредување на кој од двата различни изговори на прашалните ИЦ одговара конкретно прашање, моделот е направен само за прашалните ИЦ со типичната L−H% антикаденција на крајот. Во моделот може да се види постепено опаѓање на f_0 кај двете групи низ целиот тек на контурите со повишување во f_0 почнувајќи од −0,2 s и −0,3 s од крајот. Карактеристичните точки на овие два модела како и поместувањата за моделирање на границите се дадени во табелата IV.

Slavistična revija (https://srl.si) je ponujena pod licenco
Creative Commons, priznanje avtorstva 4.0 international.
URL https://srl.si/sql_pdf/SRL_2012_4_05.pdf | DOST. 19/04/24 2.01



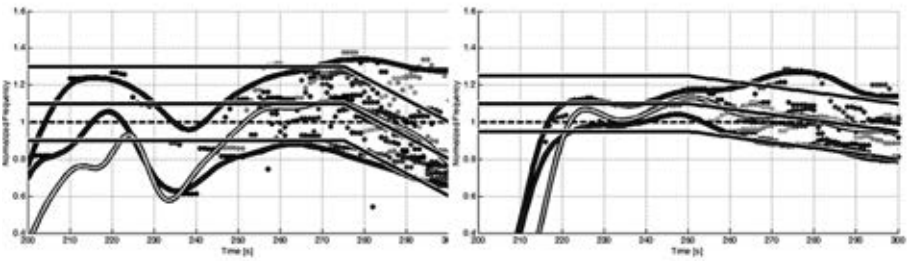
Сл. 10: Линеарно-сегментни модели за просечната нормализирана f_0 (црно) и горната и долна граница (сино) на прашални ИЦ со L−H% антикаденција за машки (лево) и женски (десно) говорници.

Група говорници		Карактеристична точка			Поместување за границата	
		1	2	3	горна	долна
мажи	време [s]	-1	-0,2	0		
	нормализирана фреквенција	1,1	0,95	1,2	0,3	0,2
жени	време [s]	-1,2	-0,3	0		
	нормализирана фреквенција	1,05	0,9	1,3	0,15	0,15

Табела IV: Карактеристични точки на интонациските модели на прашални ИЦ со L−H% антикаденција кај машки и женски говорници со поместувањата за добивање на моделите на двете граници

В. Извични ИЦ

Линеарно-сегментните модели за извичните ИЦ се дадени на сл. 11. Нивните карактеристични точки се дадени во табелата V. Двата модела се составени од два сегмента, а притоа доволно добро го следат текот на просечната нормализирана f_0. Кај двата модела може да се види постепено опаѓање на интонацијата кое не забрзува на крајот како кај расказните реченици.



Сл. 11: Линеарно-сегментни модели за просечната нормализирана f_0 (црно) и горната и долна граница (сино) на извични ИЦ за машки (лево) и женски (десно) говорници.

Slavistična revija (https://srl.si) je ponujena pod licenco
Creative Commons, priznanje avtorstva 4.0 international.
URL https://srl.si/sql_pdf/SRL_2012_4_05.pdf | DOST. 19/04/24 2.01

Табела V. Карактеристични точки на интонациските модели на извични ИЦ кај машки и женски говорници со поместувањата за добивање на моделите на двете граници.

Група говорници		Карактеристична точка			Поместување за границата	
		1	2	3	горна	долна
мажи	време [s]	-0,5	0	/		
	нормализирана фреквенција	1,1	0,8	/	0,2	0,2
жени	време [s]	-1	0	/		
	нормализирана фреквенција	1,1	0,95	/	0,15	0,15

Г. Расказни почетни и средишни ИЦ

Да споменеме дека, иако во анализата не беа директно разгледани почетните и средишните ИЦ во расказните реченици со забележаната L–H% антикаденција на крајот, модели за нив сепак беа направени. Моделите се базираат на моделите за завршните ИЦ со мала модификација во вредноста на нормализираната f_0 во последната (третата) карактеристична точка на моделот. Имено, со внесување на почетната нормализирана f_0 во оваа точка, беше моделирана H% антикаденција на местото на L% каденцијата. Карактеристичните точки на овие два модели се дадени во табелата VI.

Табела VI: Карактеристични точки на интонациските модели за почетните и средишните ИЦ кај машки и женски говорници со поместувањата за добивање на моделите на двете граници.

Група говорници		Карактеристична точка			Поместување за границата	
		1	2	3	горна	долна
мажи	време [s]	-2,4	-0,2	0		
	нормализирана фреквенција	1	0,8	1	0,25	0,2
жени	време [s]	-3,4	-0,6	0		
	нормализирана фреквенција	1,3	1,1	1,3	0,45	0,3

7 Заклучок

Во трудов се презентирани резултатите на анализата на македонската интонација на ниво на интонациска целина. Фокусот на анализата беа просечните интонациски контури за различните типови на интонациски целини

Slavistična revija (https://srl.si) je ponujena pod licenco
Creative Commons, priznanje avtorstva 4.0 international.
URL https://srl.si/sql_pdf/SRL_2012_4_05.pdf | DOST. 19/04/24 2.01

кои се поврзани со употребената интерпункција: средишни и завршни ИЦ на расказни реченици, прашални ИЦ и извични ИЦ. За целите на анализата беше подготвена база на снимен говорен материјал кој во својата конечна верзија броеше вкупно 255 ИЦ со вкупно времетраење од 9 min и 34 s, изговорени од 7 говорници од кои 5 спикери во Македонското радио.

За квантитативен опис на интонациските трендови требаше да се издвојат вектори на движењата на основниот хармоник f_0 од аудио материјалот. Издвоените вектори на f_0 беа нормализирани и потоа групирани по пол и по тип на ИЦ. За овие групи беа изработени здружени графици и беа пресметани вектори на просечната нормализирана f_0 и горната и долната граница на нејзиното движење. Пресметаните вектори беа искористени за генерирање на 6 линеарно-сегментни модели за трите основни типови ИЦ: расказни завршни, прашални и извични ИЦ, за двата пола на говорници. Дополнителни два модели за почетните односно средишните ИЦ беа изработени за двата пола на говорници со адаптација на моделите за завршни ИЦ.

Резултатите од анализата доведоа до потврдување на некои веќе познати сознанија за интонацијата во говорениот македонски јазик, но и до добивање на нови. Беше потврдено дека на крајот од расказните ИЦ се јавува L% пад во интонацијата односно имаме каденција, додека на крајот од прашалните ИЦ H% повишување односно имаме антикаденција. Дополнително беше утврдено дека кај прашалните и извичните ИЦ постојат два типа на изговор чија интонација се разликува. Првиот тип го сочинуваат интонациските контури кои завршуваат со H% пораст, додека вториот оние со L% пад (како расказните ИЦ). Раслојувањето на двата типа изговор кај прашалните ИЦ можеби се должи на типот на прашањето, односно дали тоа се одговара со »да« или »не«, или дали содржи прашален збор или не. Кај извичните ИЦ пак, можната причина е тоа дали се работи за наредба, односно дали исказот имплицира некое продолжение, како извршување на молба. Точната причина не беше утврдена и потребна е дополнителна анализа. Бидејќи кај прашалните реченици преовлада по застапеност првиот тип на интонациски контури, а кај извичните ИЦ вториот, како и поради сложените услови на раслојување, овие изговори беа земени за единствени типови на интонациски контури за овие ИЦ и за нив беа изработени модели. Во таа смисла, разликата помеѓу интонацијата на извичните ИЦ и расказните ИЦ е во задржувањето на повисоко H− плато во средината на контурите, како и нивната повисока најчеста f_0, особеност што ја истакнува и Никоалева во нејзиното истражување на македонската интонација (Николаева 1977: 221). Дополнително беше забележано дека реченичниот акцент кај прашањата најчесто паѓа на прашалниот збор.

Генерираните линеарно-сегментни модели послужија како основа на алгоритамот за автоматско генерирање на интонациски контури за системот за вештачка синтеза на говор од текст »Зборувај македонски«. Се надеваме дека презентираните резултати ќе бидат од интерес и за македонската лингвистичка наука.

Slavistična revija (https://srl.si) je ponujena pod licenco
Creative Commons, priznanje avtorstva 4.0 international.
URL https://srl.si/sql_pdf/SRL_2012_4_05.pdf | DOST. 19/04/24 2.01

Литература

Juan María Garrido Alminana, 1996: *Modelling spanish intonation for text-to-speech applications: PhD thesis*. Barcelona: [Juan María Garrido Alminana].

Ružica Bilibajkić, 2005: Analysis of prosodic features in speech expressions of attitudes. *TELFOR* 2005. Belgrad, Serbia, 22–24. September.

Стојка Бојковска *et al.,* 2008: *Општа граматика на македонскиот Јазик*. Скопје: Просветно Дело.

Murtaza Bulut, Shrikanth **S**. Narayanan, 2002: Expressive speech synthesis using a concatenative synthesizer. *ICSLP 2002*. Denver, Colorado, САД, 16−20. September.

Nick Campbell, 2005: Developments in corpus−based speech synthesis: Approaching natural conversational speech. *IEICE trans. Inf&Syst.* E88–D/3.

Славчо Чунгурски, 2009: *Говорни синтетизатори за македонски*: *Докторска дисертација*. Скопје: [Славчо Чунгурски].

Thierry Dutoit, 1997: *An introduction to text-to-speech synthesis*. Dortrecht: Kluwer Academic Publishers.

Victor Friedman, 2001: Macedonian. *SEELRC*. Chapel Hill, USA, 1−10. August.

Hiroya Fujisaki, K. Hirose, 1984: Analysis of voice fundamental frequency contours for declarative sentences of Japanese. *Journal of the Acoustical Society of Japan* (E) 5/4. 233−241.

Branislav Gerazov, Goce Shutinoski, Goce Arsov, 2008: A novel quasi-diphone inventoryapproach to text-to-speech synthesis. *MELECON '08*. Ajaccio, France, 5–7. May.

Branislav Gerazov, Zoran Ivanovski, 2010a: Analysis of intonation in the Macedonian language for the purpose of text-to-speech synthesis. *EAA EUROREGIO 2010*. Ljubljana, Slovenia. 15–18. September.

--, 2010b: Analysis of intonation dynamics in Macedonian for the purpose of text-to-speech synthesis. *TELFOR 2010*. Belgrad, Serbia, 23–25. November.

Branislav Gerazov *et al.*, 2010c: Modeling Macedonian intonation for text-to-speech synthesis. *DOGS 2010*. Iriški Venac, Serbia 16–18. December

Branislav Gerazov, Zoran Ivanovski, 2011a: Generation of pitch curves for Macedonian text-to-speech synthesis. *6th forum* acusticum. Aalborg, Denmark, 26 June–1. July.

--, 2011b: Prosody generation module for Macedonian text-to-speech synthesis. *AES 130th* convention. London, United Kingdom, 13–16. May.

Бранислав Геразов, Зоран Ивановски, 2009: Статистичка анализа на гласовната структура на македонскиот јазик. *XLII Меѓународен семинар за македонски јазик, литература и култура*. Охрид, Македонија, 10–27. август.

Slavistična revija (https://srl.si) je ponujena pod licenco
Creative Commons, priznanje avtorstva 4.0 international.
URL https://srl.si/sql_pdf/SRL_2012_4_05.pdf | DOST. 19/04/24 2.01

Daniel Jurafsky, James H. Martin, 2008: *Speech and language processing: An introduction to natural language processing, computational linguistics, and speech recognition*. 2. Издание. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall

Ljubomir Josifovski *et al.*, 1997: Speech synthesizer based on time domain syllable concatenation. *SPECOM '97.* Cluj-Napoca, Romania, 27–30. October

Greg Kochanski, Chilin Shih, 2003: Prosodymodeling with soft templates. *Speech communication* 39/3–4. 311–352.

Татьяна Михайловна Николаева, 1977: *Фразовая интонация славянских языков.* Москва: Наука.

Hansjörg Mixdorff, 1998: *Intonation patterns of German – Quantitative analysis and synthesis of F0 countours*: *PhD thesis*. Dresden: [Hansjörg Mixdorff].

Géza Németh et al., 2007: Increasing prosodic varibility of text-to-speech synthesizers. *INTERSPEECH 2007.* Antwerp, Belgium, 27–31. August.

Douglas O'Shaughnessy, 2007: Modern Methods of Speech Synthesis. *IEEE circuits and systems magazine* 7/3. 6–23.

Shimei Pan, Julia Hirschberg, 2000: Modeling local context for pitch accent prediction. *Proceedings of ACL–*00. Hong Kong. 233–240.

Janet B. Pierrehumbert, 1980: *The phonology and phonetics of English intonation: PhD thesis*. Cambridge: [Janet B. Pierrehumbert].

John F. Pitrelli *et al.*, 2006: The IBM expressive text-to-speech synthesis system for American English. *TSAP* 14/4, стр. 1301–1312.

Lawrence R. Rabiner, Ronald W. Schafer, 1978: *Digital processing of speech signals*. New Jersey: Prentice Hall.

Kim E. A. Silverman *et al.*, 1992: ToBI: A standard for labelling English prosody. *ICSLP–92* 2. 867–870.

Ирена Савицка, Људмил Спасов, 1997: *Фонологија на современиот македонски стандарден јазик*. Скопје: Детска радост.

Mark Tatham, Katherine Morton, 2005: *Developments in speech synthesis*. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.

Paul Taylor, 2009: *Text-to-speech synthesis*. Cambridge: University Press.

Paul Taylor, 2000: Analysis and synthesis of intonation using the Tilt model. *Journal of the acoustical aociety of America* 107/3. 1697–1714, 2000.

Jennifer Venditti, 1997: Japanese ToBI labeling guidelines. *OSU Working Papers in Linguistics* 50. 127–162.

Божидар Видоески *et al.*, 1999: *Полски – македонски, Граматичка конфронтација, 2. Прозодија*, Скопје: МАНУ.

Марија Зрмановска, 2005: *Синтеза на македонскиот говор врз база на текст со прозодија*: *Магистерска теза*. Скопје: [Марија Зрмановска].

Slavistična revija (https://srl.si) je ponujena pod licenco
Creative Commons, priznanje avtorstva 4.0 international.
URL https://srl.si/sql_pdf/SRL_2012_4_05.pdf | DOST. 19/04/24 2.01

Summary

Prosody, comprising intonation, dynamics, and rhythm, is one of the most significant building blocks of spoken language, carrying information about the discourse function, saliency, and speaker attitude and emotion. A lack of proper prosody can make the speech sound unnatural and hard to follow, even though it might be fully intelligible. Thus prosody generation modules have a crucial role in text-to-speech (TTS) synthesis systems. In order to build a high-quality prosody module, a model describing the prosody of the language must be developed.

The paper provides a statistical analysis of Macedonian intonation patterns at the level of intonation phrases (IPs). The analysis was focused on the average pitch contours of various types of IPs, given by punctuation, i.e., the midpoints and ends of declarative sentences, questions, and exclamations. The analysis was based on a speech corpus comprised of recordings of 7 native speakers, 3 male and 4 female, with a total number of IPs of 255 and a total recording time of 9min 34s.

From the recordings, movements of the pitch were extracted across the 7 native speakers and 3 discourse contexts. They were then normalized and grouped according to the speakers' genders and the discourse function. For each group, vectors for the average normalized pitch and upper and lower bounds of the normalized pitch range were calculated. The vectors served as the basis for the generation of 8 linear-segment models built for automatic intonation generation in the text-to-speech (TTS) synthesis system "Speak Macedonian".