https://jrl.ui.ac.ir/?lang=en

Journal of Researches in Linguistics
E-ISSN: 2322-3413
15(1), 55-84
Received: 13.04.2023 Accepted: 03.07.2023

Research Paper

Determining the sonority scale of Persian phonemes based on an acoustic study and comparing it with Parker's model (2008)

Masoud Moshayedi
University of Isfahan, Iran
m.moshayedi@yahoo.com

Batool Alinezhad*
University of Isfahan, Iran
b.alinezhad@fgn.ui.ac.ir

Abstract
Sonority and its various aspects, in addition to affecting the structure of a syllable can trigger some phonological and morphophonological processes. The foundation of these sonority-based processes is that the sonority scale of all the phonemes should be determined in a hierarchical order. To achieve this primary goal, a sonority hierarchical model of Persian phonemes was proposed according to the theoretical foundations previously clarified about sonority,. Then, all the 23 Persian consonants were used in the onset and coda position of the CVC syllable. The 6 vowels of this language were also used in this syllable. In the next step, all the data were put in carrier sentences, then read and recorded three times by 10 monolingual native Persian speakers. Since according to Parker (2008), there is a direct relationship between intensity and sonority, so the intensity of all phonemes was measured in Praat software (version 6.1.42). Following that, through Pearson's correlation coefficient, the relationship between the intensity and sonority scale proposed in the hypothesis was calculated. In doing so, the calculations were done for individual phonemes and phonemic classes and the results were 0.90 and 0.91 respectively and the hypothesis of the research was statistically attested. Finally the hierarchical sonority model of Persian phonemes was presented. Moreover, the comparison of this model with the model suggested by Parker (2008) showed that it is completely consistent with it, and it can be claimed that Parker's model (2008) is also confirmed in Persian.
Keywords: Sonority, Intensity, Persian Sonority Hierarchy, Parker's Sonority Hierarchy (2008)

Introduction

Sonority, as an interface between the phonetics and phonology of a language, can affect the syllable structure and its production. Moreover, sonority and its various aspects such as Sonority Sequencing Principle, Syllable Contact Law, Minimum Sonority Distance and Sonority Dispersion Principle can trigger some phonological and morphophonological processes of a language. Some linguists (Clements, 1990; Ohala, 1995; Parker, 2003; Zolfaghari & Kambuziya, 2005; Rahili, 2016; Mahmoodi, 2017; Wulfert, 2017; Salimi & Kambuziya, 2019) believe that some processes such as assimilation, dissimilation, metathesis, deletion and insertion also happen under the influence of sonority. The foundation of these sonority-based processes is that the sonority scale of all the phonemes in a language should be determined in a hierarchical order.

From articulatory point of view, sonority indicates the greater openness of the vocal tract and from acoustic point of view, it is related to the greater intensity of the sound signals (Parker, 2002: 41-49). Ladefoged and Johnson (2010: 245) believe that the sonority of a sound is its loudness relative to that of other sounds with the same length, stress, and pitch.

*Corresponding author

2322-3413 © University of Isfahan
This is an open access article under the CC BY-NC-ND/4.0/ License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.136996.1734

They (ibid) state that the sonority of a sound can be estimated from measurements of the acoustic intensity of a group of sounds that have been spoken on comparable pitches and with comparable degrees of length and stress. Parker (2008) also focusing on the direct relationship between intensity and sonority proposes a hierarchical model of sonority as in table 1 and claims that it can be a universal model.

Table 1- Parker's hierarchical model of sonority (2008)

Phonemic Classes	Sonority index
Low vowels	17
Mid-peripherial vowels(not ə)	16
High- peripherial vowels(not ɨ)	15
Mid- interior vowel (ə)	14
High- interior vowel (ɨ)	13
Glides	12
Rhotic approximant (ɹ)	11
Flaps	10
Laterals	9
Thrills	8
Nasals	7
Voiced fricatives	6
Voiced affricates	5
Voiced stops	4
Voiceless fricatives	3
Voiceless affricates	2
Voiceless stops	1

The present study was acoustically conducted to firstly determine the sonority scale of Persian phonemes based on intensity and secondly to compare the obtained scale with that of Parker's (2008).

Materials and Methods

To determine the sonority hierarchy of Persian phonemes based on intensity, in the first step, according to the theoretical foundations previously clarified by scholars (Clements, 1990; Parker, 2002) about sonority, a sonority hierarchical model of Persian phonemes was proposed as a hypothesis. Then, all the 23 Persian consonants were used once in the onset position and once in the coda position of the CVC syllable. The 6 vowels of this language were also used in this syllable. To maintain the consistent articulatory conditions for all the consonants in this syllable structure (CVC), they were used adjacent to the same vowel /ɑ/, i.e. when they appeared in onset position, the nucleus and coda were (–ɑm) and when they were employed in coda position, the onset and nucleus were (bɑ–). All the vowels were also alternatively used between /s/ and /r/ in s–r frame. The data gathered in this way were either monosyllabic Persian words or Persian syllables. In the next step, all the data were put in carrier sentences, then read and recorded three times by 10 monolingual native Persian speakers ranging from 30 to 40 years old from both genders. Following that, using Praat software (version 6.1.42), the audio files were acoustically analyzed, and all the target phonemes (tokens) were measured in terms of intensity variable. In doing so, according to Parker (2002: 107), peak intensity was measured for vowels since this was the point when they were most distinct from consonants. Conversely, for consonants minimum intensity was measured because the most consonant -like point of consonants was when their intensity marked the minimum. Following that, Mean Values for individual phonemes, Grand weighted Means for phonemic classes and Standard Deviations for both groups were calculated.

Discussion of Results and Conclusions

After extracting the Mean Values and Grand weighted Means, the relationship between intensity measurements and sonority indices proposed in the hypothesis was calculated through Pearson's Correlation Coefficient for two approaches (individual phonemes and phonemic classes) for both genders (male and female) and for both positions (onset and coda). Because of this, 8 Correlation Coefficients were obtained as in table 2:

Table 2- Final correlation between intensity and sonority

	Onset consonants plus vowels		Coda consonants plus vowels		
	men	women	men	women	Mean
Individual phonemes	0.92	0.84	0.95	0.90	0.90
Phonemic classes	0.93	0.87	0.94	0.88	0.91

As it is seen in table 2, the Correlation Coefficients for individual phonemes and phonemic classes were 0.90 and 0.91 respectively. These measurements show that intensity has a positive, direct and meaningful relationship with sonority. Accordingly, the hypothesis of the research was statistically attested and the hierarchical sonority model of Persian phonemes was presented as in table 3:

Table 3- Sonority hierarchy of Persian phonemes

Phonemic Classes	Phonemes	Sonority index
Open vowels	/ ɑ , a/	13
Mid-open vowels	/ e , o/	12
Closed vowels	/i , u/	11
Approximant	/j/	10
Lateral	/l/	9
Thrill	/r/	8
Nasals	/m , n/	7
Voiced fricatives	/v , z , ʒ/	6
Voiced affricate	/dʒ/	5
Voiced stops	/b , d , ɟ , G/	4
Voiceless fricatives	/f , s , ʃ , h , χ/	3
Voiceless affricate	/tʃ/	2
Voiceless stops	/p , t , c , ʔ/	1

Moreover, the comparison of this model with the model suggested by Parker (2008) showed that it is completely consistent with it, and it can be claimed that Parker's model (2008) is also confirmed in Persian.

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.134154.1700

Journal of Researches in Linguistics, 15(1), Spring & Summer 2023

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.136996.1734

نشریه پژوهش‌های زبان‌شناسی
سال پانزدهم، شماره اول، شماره ترتیبی۲۸، بهار و تابستان ۱۴۰۲، ص ۵۵-۸۴
تاریخ وصول: ۱۴۰۲/۰۱/۲۴ تاریخ اصلاحات: ۱۴۰۲/۰۴/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۲

مقاله پژوهشی

تعیین درجه رسایی واج‌های زبان فارسی براساس یک مطالعه آکوستیکی و مقایسه آن با مدل پارکر (2008)

مسعود مُشیّدی *
بتول علی‌نژاد **

چکیده

رسایی و جنبه‌های مختلف آن علاوه بر تأثیر بر ساختار هجا در مواردی می‌تواند به‌عنوان محرکِ وقوع برای برخی فرایندهای واجی و واژ- واجی زبان ایفای نقش کند. مبنای تحلیل رسایی‌بنیاد این فرایندها در این است که ابتدا درجه رساییِ واج‌های زبان به‌صورت سلسله‌مراتبی مشخص شود. برای این منظور، ابتدا با توجه به بنیان‌های نظری ارائه‌شده پیرامون رسایی، جدول سلسله‌مراتب رسایی واج‌های زبان فارسی به‌صورت یک فرضیه مطرح شد. سپس براساس روش تحقیق پارکر(2008) همه ۲۳ همخوان زبان فارسی در جایگاه آغازه و در جایگاه پایانه هجای CVC در بافت‌های یکسان به کار رفت. ۶ واکه زبان فارسی نیز در بین دو همخوان مشترک قرار گرفت. همه داده‌ها، در قالب جملات حامل توسط ۱۰ گویشور تک‌زبانه فارسی‌زبان سه بار خوانده و ضبط شد و توسط نرم افزار پرت تقطیع و اندازه‌گیری شد. تمامی واج‌های هدف از نظر چهار پارامتر شدت، دیرش، بسامد پایه و سازه اول (با توجه به طبقات آوایی مختلف) اندازه‌گیری شدند. تحلیل آماری داده‌های زبان فارسی و مقایسه آن با نتایج پارکر (2008) نشان داد که رسایی واج‌های زبان فارسی با مدل وی منطبق است. بدین معنی که شدت مهمترین همبسته فیزیکی رسایی است و براساس آن مدل سلسله‌مراتب رسایی زبان فارسی ارائه شد. به دلیل محدودیت فضا در این مقاله صرفاً نتایج آماری مربوط به متغیر شدت ارائه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: رسایی، شدت، درجه رسایی، سلسله مراتب رسایی پارکر(2008)

* دانشجوی دکتری زبان‌شناسی، دانشکدهٔ زبان‌های خارجی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران m.moshayedi@yahoo.com
** دانشیار، گروه زبان‌شناسی، دانشکده زبان‌های خارجی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران (نویسنده مسئول) b.alinezhad@fgn.ui.ac.ir

2322-3413 © University of Isfahan
This is an open access article under the CC BY-NC-ND/4.0/ License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

۱. مقدمه

رسایی[1] به‌عنوان یکی از مباحث حوزه آواشناسی و واج‌شناسی هر زبان می‌تواند بر ساختار هجا، تولید و درک آن تأثیرگذار باشد. علاوه‌بر این، رسایی و جنبه‌های مختلف آن مانند اصل توالی رسایی،[2] قانون مجاورت هجا،[3] محدودیت حداقل فاصله رسایی[4] و اصل پراکندگی رسایی[5] در مواردی می‌تواند به‌عنوان عامل رخداد[6] برخی فرایندهای واجی و واژ- واجی هر زبان عمل کند. برخی زبان‌شناسان (Clements, 1990 ; Ohala, 1995; Parker, 2003; Zolfaghari & Kambuziya, 2005; Mahmoodi, 2017; Rahilly, 2016; Wulfert, 2017؛ سلیمی و کامبوزیا، ۱۳۹۹) معتقدند علاوه‌بر فرایندهایی مانند شکل‌گیری ساختار هجا و واژه‌سازی، فرایندهای دیگری همچون همگونی، ناهمگونی، قلب، حذف و درج نیز در برخی موارد تحت تأثیر پدیده رسایی اتفاق می‌افتد. رسایی به‌عنوان یک واقعیت زبان‌شناختی، از نظر تولیدی نشانگر باز بودن بیشتر مجرای خروج هوا و از نظر صوت‌شناختی نشاندهنده شدت[7] بیشتر سیگنال صوتی است (Parker, 2002: 41,49). از این رو، از منظر تولیدی، میزان رسایی با میزان گرفتگی در مجرای صوتی رابطه عکس دارد؛ یعنی هرچه گرفتگی مجرای صوتی بیشتر باشد، رسایی آن آوا کمتر است و برعکس. به همین خاطر، انفجاری‌ها دارای کمترین و واکه‌ها دارای بیشترین میزان رسایی هستند. از منظر صوت-شناختی هم هرچه شدت بیشتر باشد، صدا رساتر است و شنوندگان آن را بلندتر درک می‌کنند. لدِفوگد[8] و جانسون[9] (2010:245) معتقدند از منظر درک شنونده رسایی عبارت است از بلندی نسبی یک صدا در مقایسه با صداهای دیگری که دارای کشش،[10] تکیه[11] و زیروبمی[12] یکسان هستند. بنابر این موارد، درجه رسایی یک واج در یک زبان یک مقوله دو ارزشی[13] نیست، بلکه مقوله‌ای نسبی[14] ومدرج[15] است که بایستی در مقایسه با دیگر واج‌های همان زبان اندازه‌گیری شود. هرگاه بتوان واج‌های یک زبان را از این دیدگاه مقایسه کرد و به هر کدام یک درجه خاص اختصاص داد، آنگاه می‌توان نمودار سلسله‌مراتبی[16] آن‌ها را از بالاترین تا پایین‌ترین درجه مشخص کرد و سپس بر مبنای آن می‌توان در خصوص فرایندهای متأثر از رسایی در آن زبان اظهار نظر کرد. نظر به اهمیت این موضوع در مطالعات مربوط به مباحث آواشناسی و واج‌شناسی زبان فارسی، در این پژوهش ابتدا تلاش می‌شود براساس یک مطالعه آکوستیکی درجه رسایی واج‌های این زبان استخراج شود، سپس سلسله‌مراتب رسایی این واج‌ها مشخص می‌گردد و نهایتاً با سلسله‌مراتب رسایی ارائه‌شده توسط پارکر[17] (2008) مقایسه می‌شود. پارکر (2002 & 2008) ادعا کرده است که سلسله‌مراتب رسایی پیشنهادی او می‌تواند جنبه جهانی[18] داشته باشد. بعد از این ادعا، پژوهشگران دیگر به بررسی صحت و سقم مدل وی در زبان‌های مختلف پرداختند. پارکر (2017) با استناد به پژوهش فریچ[19] (2015) که یک پژوهش آماری درباره مطالعات انجام‌شده در خصوص رسایی است بیان می‌کند که اصل توالی رسایی که برمبنای مدل 2008 او ارائه شده در ۷۰ درصد از داده‌های مورد مطالعه در ۴۷ زبان صادق است. در پژوهش پیش رو نیز مقایسه این دو سلسله‌مراتب می‌تواند در جهت تقویت یا تضعیف ادعای وی باشد. در این پژوهش، تمامی واج‌های هدف از نظر چهار متغیر آکوستیکی شدت، دیرش، F_1 و F_0 با توجه به طبقات آوایی مختلف بررسی شدند. به‌دلیل محدودیت فضای مقاله و معنادار بودن متغیر شدت در مقابل سایر متغیرها، در اینجا نتایج مربوط به شدت صوت ارائه می‌شود و سپس با استفاده از تحلیل آماری داده‌های زبان فارسی با نتایج پارکر(2008) مقایسه می‌گردد. در این پژوهش دو پرسش مورد بررسی قرار می‌گیرد که عبارتند از:

---

1. sonority
2. Sonority Sequencing Principle (SSP)
3. Syllable Contact Law (SCL)
4. Minimum sonority distance
5. Sonority dispersion
6. trigger
7. intensity
8. P. Ladefoged
9. K. Johnson
10. length
11. stress
12. pitch
13. binary
14. relative
15. gradient
16. hierarchical order
17. S. Parker
18. universal
19. S. Frisch

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

۱. براساس متغیر آکوستیکی شدت، درجه رسایی واج‌های زبان فارسی و در نتیجه ساختار سلسله‌مراتب رسایی آن‌ها نسبت به هم چگونه است؟

۲. ساختار سلسله‌مراتب رسایی واج‌های زبان فارسی تا چه اندازه با مدل پارکر (2008) تطابق دارد؟

از آنجا که قرار است نتیجه این پژوهش با مدل پارکر(2008) مقایسه شود، بنابراین، روش پژوهش نیز مشابه روش وی است.

بدین ترتیب که پیش از انجام آزمایش‌های آکوستیکی برای رسیدن به جواب دو پرسش فوق، ابتدا با توجه به دیدگاه‌های صاحب‌نظران پیرامون رسایی (Clements,1990 ; Parker, 2002 & 2008; Ladefoged & Johnson, 2010; Berent, Lennertz & Smolensky, 2011) و بنیان‌های نظری مورد اتفاق آن‌ها و همچنین با لحاظ برخی معیارهای تولیدی مانند درجه گرفتگی همخوان‌ها، میزان باز بودن مجرای صوتی در تولید واکه‌ها و واکدار- بیواکی همخوان‌ها، جدول سلسله‌مراتب رسایی واج‌های زبان فارسی به‌صورت یک فرضیه مطرح می‌شود. در مرحله بعد، این فرضیه با نتایج حاصل از مطالعات آکوستیکی شدت واج‌های زبان فارسی محک زده می‌شود و پس از انجام محاسبات آماری، ضریب همبستگی بین مقادیر نمایه‌های رسایی فرضیه و داده‌ها محاسبه می‌شود.

همان طور که پیش‌تر گفته شد، مطابق با پارکر (2002: 41,49)، رسایی از نظر تولیدی نشانگر باز بودن بیشتر مجرای خروج هوا و از نظر صوت‌شناختی نشانگر شدت بیشتر سیگنال صوتی است. بر این اساس، می‌توان نتیجه گرفت که درجه رسایی هر آوا با میزان باز بودنِ بیشترِ مجرای خروج هوا رابطه مستقیم و با میزان گرفتگی آن رابطه عکس دارد؛ به طوری که هرچه مجرای صوتی بازتر باشد، رسایی آن بیشتر و هرچه بسته‌تر باشد، رسایی آن کمتر است. از این رو، به‌لحاظ نظری، انفجاری‌ها دارای کمترین و واکه‌ها دارای بیشترین میزان رسایی هستند و آواهای دیگر با درجه‌بندی‌های متفاوت در حدفاصل این دو گروه قرار می‌گیرند. کلمنتس(1990) نیز با لحاظ این معیار تولیدی، در یک دسته‌بندی کلی سلسله‌مراتب زیر را برای طبقات عمده آوایی ارائه داده است. در مدل پیشنهادی او درجه رسایی از چپ به راست کم می‌شود:

همخوان‌های گرفته > خیشومی‌ها > روانها > غلت‌ها > واکه‌ها

در مدل بالا می‌توان به هر طبقه آوایی یک درجه اختصاص داد و روابط آن‌ها را مانند جدول (۱) نشان داد:

جدول ۱- سلسله‌مراتب رسایی طبقات عمده آوایی براساس کلمنتس(1990)

Table 1- Sonority hierarchy of major sound classes (Clements, 1990)

درجه رسایی	طبقات عمده آوایی
۵	vowels واکه‌ها
۴	glides غلت‌ها
۳	liquids روان‌ها
۲	nasals خیشومی‌ها
۱	Obstruents همخوان‌های گرفته

مطابق با جدول (۱)، پنج نمایه[1] رسایی برای طبقات عمده آوایی در نظر گرفته شد؛ اما هر کدام از این طبقات عمده را می‌توان باز هم به زیرطبقات کوچکتری تقسیم‌بندی کرد. برای مثال، در همخوان‌های گرفته که شامل انفجاری‌ها، انسایشی‌ها و سایشی‌ها هستند، به نظر می‌رسد با لحاظ میزان گرفتگی، درجه رسایی انفجاری‌ها کمتر از انسایشی‌ها و انسایشی‌ها کمتر از سایشی‌ها باشد. در گروه روان‌ها نیز با توجه به گرفتگی کمترِ صدای کناری /l/ می‌توان درجه رسایی آن را بالاتر از صدای لرزشی /r/ در نظر گرفت. در تولید صدای کناری /l/ ، نوک زبان به لثه بالا می‌چسبد؛ ولی بقیه حاشیه‌های زبان تا اطراف کام باز هستند و هوا به‌راحتی از دو طرف دهان، بدون آنکه سایش ایجاد شود، خارج می‌شود. در تولید صدای لرزشی /r/، نوک زبان با لثه بالا تماس ملایم برقرار می‌کند؛ ولی دو طرف زبان با دیواره دندان‌های آسیای بالا مسیر هوا را مسدود می‌کنند و فشار هوا باعث می‌شود نوک زبان از لثه جدا شود (ثمره، ۱۳۷۸: ۷۵-۶۷). بنابراین، گرفتگی مجرای صوتی در تولید /l/ کمتر از /r/ است. در گروه واکه‌ها نیز، با لحاظ میزان باز بودن مجرای صوتی در فضای واکه‌ای، می‌توان آن‌ها را به سه دسته

[1]. index

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

تقسیم کرد: واکه‌های بسته شامل واکه‌های افراشتهِ پسین و پیشین، واکه‌های نیمه‌باز شامل واکه‌های میانی و نهایتاً واکه‌های باز شامل واکه‌های افتادهِ پسین و پیشین. مطابق با این تقسیم‌بندی، درجه رسایی واکه‌های بسته باید کمتر از واکه‌های نیمه‌باز و واکه‌های نیمه‌باز کمتر از واکه‌های باز باشد. با لحاظ این مطلب، می‌توان جدول (۱) را به‌صورت جدول (۲) گسترش داد:

جدول ۲- سلسله‌مراتب رسایی طبقات عمده آوایی براساس زیرطبقات واجی

Table 2- Sonority hierarchy of major sound classes based on phonemic subclasses

درجه رسایی	طبقات عمده آوایی
۱۰	واکه‌های باز
۹	واکه‌های نیمه باز
۸	واکه‌های بسته
۷	غلت‌ها
۶	کناری
۵	لرزشی
۴	خیشومی‌ها
۳	سایشی‌ها
۲	انسایشی‌ها
۱	انسدادی‌ها

در جدول (۲) باز هم می‌توان برخی طبقات عمده آوایی را به زیرطبقات کوچکتری تقسیم کرد. از آنجا که واکداری ارزش بی‌نشان آواهای رسا و بیواکی ارزش بی‌نشان آواهای غیررسا (گرفته) است (بی‌جن‌خان، ۱۳۹۲: ۸۳)، پس، می‌توان همخوان‌های گرفته (انسدادی‌ها، انسایشی‌ها و سایشی‌ها) را برحسب معیار واکدار/ بیواکی به دو زیرمجموعه جدا تفکیک کرد و به همه گرفته‌های واکدار، صرف‌نظر از نوع گرفتگی، رتبه بالاتری از رسایی نسبت به گرفته‌های بیواک اختصاص داد. با احتساب این مسئله، می‌توان جدول (۲) را به‌صورت جدول (۳) بازطراحی کرد و به یک سلسله‌مراتب تفصیلی‌تری از رسایی براساس معیار واکدار/ بیواکی دست یافت:

جدول ۳- سلسله‌مراتب رسایی زیرطبقات عمده واجی براساس معیار واکدار/ بیواکی

Table 3- Sonority hierarchy of phonemic subclasses based on voicing

درجه رسایی	طبقات آوایی
۱۳	واکه‌های باز
۱۲	واکه‌های نیمه‌باز
۱۱	واکه‌های بسته
۱۰	غلت‌ها
۹	کناری
۸	لرزشی
۷	خیشومی‌ها
۶	سایشی‌های واکدار
۵	انسایشی‌های واکدار
۴	انسدادی‌های واکدار
۳	سایشی‌های بیواک
۲	انسایشی‌های بیواک
۱	انسدادی‌های بیواک

در این پژوهش، این مدل از سلسله‌مراتب رسایی به‌عنوان فرضیه مطرح می‌شود و در ادامه تلاش می‌شود این فرضیه از رهگذر مطالعات آکوستیکی و محاسبات آماری (ضریب همبستگی) محک زده شود و نتیجه حاصل با مدل پارکر (2008) مقایسه گردد.

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

این پژوهش با احتساب مقدمه شامل پنج بخش است. پس از مقدمه که به تشریح مسئله می‌پردازد، در بخش دوم پیشینه پژوهش‌های انجام‌شده ارائه می‌گردد. در بخش سوم روش انجام پژوهش و نوع داده‌ها تبیین می‌شود. بخش چهارم که بدنه اصلی پژوهش را تشکیل می‌دهد، به تجزیه و تحلیل داده‌ها در دو زیربخش جداگانه (آکوستیکی و آماری) می‌پردازد و سرانجام در بخش پنجم نتیجه‌گیری پژوهش ارائه می‌شود.

۲. پیشینه پژوهش

شاید پانینی[1] را بتوان به‌عنوان اولین کسی قلمداد کرد که به مفهوم رسایی پرداخته است (Parker, 2002). اگرچه خود او واضع اصطلاح رسایی نیست؛ اما در سال ۵۰۰ قبل از میلاد و در حین بررسی زبان سانسکریت، او واج‌های این زبان را بر مبنای درجه بازبودن دهان به ۱۴ دسته طبیعی تقسیم‌بندی کرد. امروزه نیز آنچه که از رسایی مدنظر است، از دیدگاه تولیدی با درجه باز بودن مجرای صوتی و عبور آزادانه هوای ششی مرتبط است. از آن زمان به بعد تا اواسط قرن هجدهم پژوهش‌های مختلفی در خصوص دسته‌بندی آواها با توجه به درجه باز و بسته بودن مجرای صوتی دربارهٔ آواهای زبان‌های مختلف شکل گرفت که هر کدام به نوعی نزدیک به مفهوم رسایی مورد اشاره پانینی بودند. در سال ۱۷۶۵ دبروسز[2] فرانسوی از اصطلاحات بلندی صدا[3] و نرمی[4] بهره برد تا صداهای زبان فرانسه را طبقه‌بندی کند(Parker, 2002 ; Cited in Ohala, 1990). این دو معیار که به چگونگی ادراک صدا در گوش اشاره دارند، باز هم با سازوکار درک صداهای رسا ارتباط دارند؛ زیرا بلندی و نرمی همبسته شنیداری شدت هستند و شدت هم یکی از عوامل تأثیرگذار بر رسایی است.

در قرن نوزدهم، رسایی با اقبال بیشتری از جانب زبان‌شناسان مواجه شد و افراد بیشتری در زبان‌های مختلف به بررسی این مسئله پرداختند؛ اما همگی آن‌ها کم و بیش معیار باز بودن مجرای دهان و بلندی صدا را مدنظر قرار می‌دادند. از میان این افراد می‌توان به ولف[5] (1871)، سیورز[6] (1885) و ویت‌نی[7] (1889) اشاره کرد (Parker, 2002).

در قرن بیستم و در مکتب پراگ، تروبتسکوی[8] (1939) طبقه‌بندی جامعی از تقابل‌های واجی را ارائه داد. از آن زمان به بعد، دیگر واج‌شناسان به ویژه واج‌شناسان زایشی بر مبنای همین تقابل‌ها تلاش می‌کردند واج‌های زبان را بر مبنای نشانداری/ بی‌نشانی دسته‌بندی کنند؛ به طوری که عضوی که دارای یک مشخصه خاص بود نشاندار و عضو فاقد آن بی‌نشان محسوب می‌شد. در این راه، رسایی نیز به‌عنوان یک معیار برای طبقه‌بندی واج‌ها مورد توجه قرار گرفت و ابتدا در یک دسته‌بندی کلی، همخوان‌ها به دو گروه گرفته و غیرگرفته تقسیم شدند؛ اما چالشی که وجود داشت این بود که میزان رسایی در بین اعضای همخوان‌های گرفته و غیرگرفته دارای ارزش یکسانی نبود. همین مسئله سرآغاز پژوهش‌هایی شد که در آن‌ها واج‌شناسان تلاش می‌کردند رسایی را به‌صورت سلسله‌مراتبی بازنمایی کنند. در این راستا، بنا به گفته پارکر (2002)، بیش از ۱۰۰ نوع نظام سلسله‌مراتبی برای رسایی واج‌ها در زبان‌های مختلف پیشنهاد شد که تعداد زیادی از آن‌ها در یک یا چند مسئله جزئی با هم تفاوت داشتند. اما مهمتر از همهٔ آن‌ها کار کلمنتس(1990) بود که امروزه نیز مورد توافق و استناد اکثر واج‌شناسان است (در بخش مقدمه به سلسله‌مراتب رسایی پیشنهادی او اشاره شد).

در سال‌های آغازین قرن بیست و یکم، علاوه‌بر پژوهش پیرامون سلسله‌مراتب رسایی، پژوهش‌های دیگری در خصوص جنبه‌های دیگر رسایی (مانند اصل توالی رسایی، اصل توزیع رسایی و اصل حداقل فاصله رسایی) درباره زبان‌های مختلف صورت گرفت و بر مبنای آن‌ها توجیهاتی در خصوص شکل‌گیری خوشه‌های مجاز و غیرمجاز، تولید هجاها و ترکیبات بزرگتر از هجا ارائه شد. از طرف دیگر، در پرتو مطالعات انجام‌شده پیرامون رسایی، تأثیر این پدیده بر برخی فرایندهای واجی و واج-واژی زبان‌های مختلف نیز بررسی شد. از میان همه پژوهش‌های انجام‌شده پیرامون رسایی، مطالعات پارکر (2008 & 2002) از مهمترین و برجسته‌ترین کارهای هستند که به‌طور مستقیم مبحث رسایی را از منظر مطالعات آکوستیکی در کانون توجه خود قرار داده‌اند. در این پژوهش‌ها، پارکر با انجام مطالعه آکوستیکی، نوعی

[1]. Panini
[2]. Ch. De Brosses
[3]. loudness
[4]. softness
[5]. O. Wolf
[6]. E. Sievers
[7]. W. Whitney
[8]. N. Trubetzkoy

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

سلسله‌مراتب رسایی ارائه کرده و ادعا کرده است که می‌تواند جنبه جهانی داشته و در زبان‌های دیگر هم صادق باشد. با لحاظ این مطلب که یکی از پرسش‌های مهم این پژوهش بررسی میزان تطابق سلسله‌مراتب رسایی حاصل از نتایج این پژوهش در زبان فارسی با سلسله‌مراتب رسایی پارکر است، لذا در این قسمت ابتدا پژوهش‌های او با تفصیل بیشتر مورد بررسی و مداقه قرار می‌گیرند و سپس در ادامه، پژوهش‌های پژوهشگران ایرانی بررسی می‌شود.

پارکر (2002) در بخشی از رساله دکتری خود با عنوان «کمی‌سازی اصل رسایی»[1] تلاش می‌کند تا رسایی را از نظر آکوستیکی بررسی کند. او برای این کار سه مؤلفه آکوستیکی (شدت، فرکانس سازه اول(F_1) و دیرش[2]) و دو مؤلفه آیرودینامیکی[3] (حداکثر فشار هوای درون دهان[4] و جریان هوای دهان و بینی[5]) را مورد مطالعه قرار داده است. در این پژوهش او تمام واج‌های زبان‌های انگلیسی و اسپانیایی را در درون کلمات تک‌هجایی با الگوی CVC و در درون جملات حامل[6] به کار برد و سپس از هشت گویشور انگلیسی‌زبان (چهار مرد و چهار زن) و هشت گویشور اسپانیایی‌زبان (چهار مرد و چهار زن) خواست تا این جملات را سه بار بخوانند و او جملات را ضبط می‌کرد.[7] البته در هر بار خوانش، چینش جملات با یکدیگر تفاوت داشت. او با اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل آماری این پنج مؤلفه و مقایسه میزان ضریب همبستگی و انحراف معیار آن‌ها به این نتیجه رسید که شدت دارای بیشترین میزان تأثیر بر رسایی است. بر همین اساس، او بهترین روش برای اندازه‌گیری میزان رسایی هر آوا را اندازه‌گیری میزان شدت آن می‌داند (Parker, 2002: 2, 5, 88, 105, 106, 295). در نهایت، پارکر (2002) سلسله‌مراتب رسایی زیر (جدول ۴) را برای طبقات واجی ارائه کرد و به هر طبقه یک درجه رسایی اختصاص داد و مدعی شد که این نوع درجه‌بندی برای رسایی جنبه جهانی دارد و می‌تواند به‌عنوان بخشی از دستور جهانی[8] لحاظ شود:

جدول ۴- سلسله مراتب رسایی از دیدگاه پارکر (2002)

Table 4- Sonority hierarchy (Parker, 2002)

نمایه رسایی	گروه واجی
۱۶	واکه‌های افتاده
۱۵	واکه‌های میانی غیر از /ə/
۱۴	واکه‌های افراشته غیر از /i̞/
۱۳	واکه/ə/
۱۲	واکه/i̞/
۱۱	غلت‌ها
۱۰	/r/
۹	کناری‌ها
۸	زنشی‌ها
۷	لرزشی‌ها
۶	خیشومی‌ها
۵	/h/
۴	سایشی‌های واکدار
۳	انسایشی‌ها و انسدادی‌های واکدار/ سایشی‌های بیواک
۲	سایشی‌های بیواک/ انسایشی‌ها و انسدادی‌های واکدار
۱	انسدادی‌ها و انسایشی‌های بیواک

1. Quantifying sonority principle
2. duration
3. آیرودینامیک شاخه‌ای از دانش فیزیک است که به بررسی رفتار جریان هوا و اثرات آن بر اجسام متحرک موجود در مسیر می‌پردازد.
4. peak intraoral air pressure
5. oral plus nasal air flow
6. carrier sentences
7. دستگاه ضبط صدا در پژوهش پارکر (2002) شامل یک ماسک مخروطی‌شکل بود که بر روی دهان و بینی هر گویشور قرار می‌گرفت و به یک محفظه رابط مبدل وصل می‌شد. این ماسک به گونه‌ای طراحی شده بود که بدون آنکه مزاحمتی برای دم و بازدم فرد ایجاد کند، سیگنال‌های صوتی را می‌گرفت و به یک پردازنده به نام PCquirer منتقل می‌کرد. هر دو بخش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری این دستگاه توسط واحد پژوهش و توسعه سیکان در لس آنجلس(Los Angeles Scicon R & D) طراحی شده بود.
8. Universal Grammar

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

در پژوهش دیگری، پارکر(2008) به بررسی «افزایش سطح صدا به‌عنوان همبسته فیزیکی رسایی»[1] می‌پردازد. در این پژوهش، او تلاش می‌کند با تکیه بر ویژگی آکوستیکی شدت، نمودار سلسله‌مراتب رسایی قبلی خود (Parker, 2002) را بهبود ببخشد. در این مطالعه، او علاوه‌بر واج‌های زبان‌های انگلیسی و اسپانیایی، واج‌های زبان کچوا[2] را هم در واژه‌ها و جملات حامل قرار داده و از پنج گویشور هر کدام از این زبان‌ها می‌خواهد که این جملات را پنج بار بخوانند. البته در هر بار خواندن او ترتیب جملات را به‌صورت تصادفی تغییر می‌دهد. از رهگذر این مرحله، او برای هر واج در هر زبان ۲۵ نمونه[3] به دست می‌آورد و سپس از طریق نرم‌افزار پرَت[4] هر واج را از منظر شدت مورد مطالعه قرار می‌دهد. وی برای واکه‌ها بیشینه شدت و برای همخوان‌ها کمینه شدت را اندازه‌گیری می‌کند. البته برای مطالعه واکه‌ها او فرکانس بسامد پایه را هم مورد بررسی قرار داد؛ اما تحلیل‌های او نشان داد که پارامتر شدت برجسته‌تر و واضح‌تر از بسامد پایه در تعیین نمایه رسایی عمل می‌کند. بر این اساس، او سلسله‌مراتب رسایی سال ۲۰۰۲ خود را به شرح زیر تغییر می دهد و اصلاح می‌کند:

جدول ۵ – سلسله‌مراتب رسایی از دیدگاه پارکر (2008)

Table 5- Sonority hierarchy (Parker, 2008)

نمایه رسایی	گروه واجی
۱۷	واکه‌های افتاده
۱۶	واکه‌های کناری میانی غیر از /ə/
۱۵	واکه‌های کناری افراشته غیر از /i̞/
۱۴	واکه داخلی میانی/ə/
۱۳	واکه داخلی افراشته/i̞/
۱۲	غلت‌ها
۱۱	ناسوده لثوی /ɹ/
۱۰	زنشی‌ها
۹	کناری‌ها
۸	لرزشی‌ها
۷	خیشومی‌ها
۶	سایشی‌های واکدار
۵	انسایشی‌های واکدار
۴	انسدادی‌های واکدار
۳	سایشی‌های بیواک
۲	انسایشی‌های بیواک
۱	انسدادی‌های بیواک

در حوزه آواشناسی و واج‌شناسی زبان فارسی و گویش‌های آن چند پژوهش پیرامون مسئله رسایی انجام شده است (سجادی، ۱۳۸۶؛ موسوی، ۱۳۸۷؛ مهربان، ۱۳۸۹؛ استاجی، ۱۳۹۰؛ بسطامی‌فر، ۱۳۹۰؛ کامبوزیا، تاج آبادی و بختیاری، ۱۳۹۱؛ علی‌نژاد و عطایی، ۱۳۹۲؛ نویدی باغی، ۱۳۹۲؛ طاهرلو، ۱۳۹۵؛ کامبوزیا، یعقوبی و مالمیر، ۱۳۹۷) که وجه اشتراک همه آن‌ها پرداختن به اصل توالی رسایی و بررسی آن در سطح خوشه‌های همخوانی است؛ اما نکته حائز اهمیت این است که در هیچ کدام از پژوهش‌های انجام‌شده، برای سنجش میزان رسایی واج‌های زبان فارسی کار آزمایشگاهی- آکوستیکی صورت نگرفته و هیچ کدام از آن‌ها میزان و درجه رسایی واج‌های مختلف این زبان را به‌طور مستقل مورد مطالعه قرار نداده‌اند. فقط بی‌جن‌خان (۱۳۹۹: ۱۲۸-۱۱۲) در چارچوب انگاره منبع – صافی،[5] برای آواهای رسا چند پارامتر آکوستیکی از جمله منظم‌بودن،[6] فرکانس پایه (زیروبمی)، صافی بسامدی[7] و ناپیوستگی[8] را معرفی کرده و آن‌ها را بر روی آواهای یک مصرع از گلستان

---

1. Sound level protrusions as physical correlates of sonority
2. Quechua زبانی که در کشور پرو صحبت می‌شود(Gordon, 2005).
3. token
4. Praat
5. source- filter model
6. periodicity
7. frequency filter
8. discontinuity

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

سعدی آزمایش کرده است.

در پژوهش‌های دیگری نیز که پیرامون ساختار هجا صورت گرفته (نقشبندی، ۱۳۸۹؛ بی‌جن‌خان و احمدی، ۱۳۹۰؛ بی‌جن‌خان، ۱۳۹۲؛ تاج‌آبادی، ۱۳۹۴؛ علی‌نژاد، ۱۳۹۵؛ منصوری، ۱۳۹۵؛ سلیمی و کامبوزیا، ۱۳۹۹) به مسئله رسایی اشاره شده است؛ اما در همه این پژوهش‌ها، عمدتاً سلسله‌مراتب رسایی پیشنهادی توسط پژوهشگران غیرایرانی که مربوط به درجه رسایی واج‌های زبان‌های دیگر است، مبنای پژوهش قرار گرفته است. برای مثال، نقشبندی (۱۳۸۹) در پژوهش خود به پایگان رسایی ارائه‌شده توسط گلداسمیت[1] (1990: 110-111) استناد کرده است. مهربان (۱۳۸۹) و بی‌جن‌خان و احمدی (۱۳۹۰) مدل پارکر (2002) را مبنا قرار داده‌اند. تاج‌آبادی (۱۳۹۴)، طاهرلو(۱۳۹۵) و کامبوزیا، یعقوبی و مالمیر (۱۳۹۷) به مدل گوسکوا[2](2004) استناد کرده‌اند. بی‌جن‌خان (۱۲۰:۱۳۹۲) پژوهش رُکا و جانسون[3](1999) را مبنای تعیین سلسله‌مراتب رسایی برای واج‌های زبان فارسی در نظر گرفته است. علی‌نژاد (۱۸۷:۱۳۹۵) به دوانمو[4](2008) به نقل از یسپرسن[5] (1904) استناد کرده و مقیاس رسایی را تا ۱۳ درجه تعریف کرده است. منصوری(۱۳۹۵) در قالب مدل سه وجهی ناندیسکان[6] (1997) به بررسی اصل توالی رسایی در واژه‌های تک هجایی با ساختار CVCC پرداخته و بر اساس سه مؤلفه واکداری ذاتی،[7] میزان بست همخوانی[8] و واکه،[9] نظام سلسله‌مراتب رسایی را از بالاترین تا پایین‌ترین درجه در ده طبقه تقسیم‌بندی کرده است.

درست است که کلیّت سلسله‌مراتب رسایی برای طبقات عمده آوایی مورد تأیید همه واج‌شناسان است؛ اما نظر به زبان‌ویژه بودن تعداد و ماهیت واج‌ها در هر طبقه آوایی، ضروری است این سلسله‌مراتب به طور خاص و از طریق مطالعات آکوستیکی برای زبان فارسی نیز تعریف و تبیین شود. با عنایت به اهمیت و ضرورت این موضوع، در این پژوهش ابتدا درجه رسایی واج‌های مختلف زبان فارسی از طریق مطالعات آکوستیکی بررسی می‌شود و سپس با مدل پارکر (2008) مقایسه می‌شود.

۳. روش انجام پژوهش

روش تحقیق در این پژوهش از نوع آکوستیکی- تحلیلی است. کلیات روش تحقیق در این پژوهش به این صورت است که ابتدا هجای مورد مطالعه انتخاب شده، سپس بر مبنای این هجا، داده‌های این پژوهش به گونه‌ای گردآوری شده‌اند که تمامی ۲۹ واج زبان فارسی را در بر بگیرند. بعد از انتخاب داده‌ها، همه آن‌ها در قالب جملات حامل استفاده شده و توسط ۱۰ گویشور تک‌زبانه فارسی‌زبان سه بار خوانده و ضبط شده‌اند. در مرحله بعد، فایل ضبط‌شده داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل آکوستیکی قرار گرفتند. لازم به توضیح است که برای بررسی میزان تأثیر دیگر پارامترهای آکوستیکی، علاوه‌بر شدت، پارامترهای دیگری مانند F_0، F_1 و دیرش نیز مورد مطالعه قرار گرفتند؛ اما مقایسه آماری ضریب همبستگی و انحراف معیار پارامترها نشان داد که همبسته شدت، همبسته معنادارتری نسبت به پارامترهای دیگر برای تعیین درجه رسایی است؛ از این رو، ما در این مقاله برروی شدت متمرکز شدیم و تنها نتایج آماری مربوط به متغیر شدت را ارائه می‌دهیم. پارامتر شدت در تمامی نمونه‌واج‌های زبان فارسی در نرم‌افزار پرَت اندازه‌گیری شده است. سپس، براساس میانگین کلی ضریب همبستگی پیرسون،[10] رابطه بین داده‌ها و درجه رسایی هر واج استخراج شده و در نهایت سلسل مراتب رسایی زبان فارسی ارائه گردیده است و پس از آن میزان تطابق این مدل با مدل پارکر (2008) مقایسه شده است. البته در ادامه این مبحث، جزئیات دقیق‌تر این روش تشریح می‌شود.

۳-۱. هجای مورد مطالعه

از میان سه ساخت هجای ممکن در زبان فارسی (CV، CVC وCVCC)، هجای CVC برای جمع‌آوری داده‌های این پژوهش انتخاب شد و همه ۲۹ واج زبان فارسی در قالب این ساخت هجایی مورد مطالعه قرار گرفتند. علت انتخاب این هجا به این دلیل است که از آنجا که قرار است مدل نهایی با مدل پارکر (2008) مقایسه شود؛ بنابراین، باید روش‌شناسی هر دو پژوهش یکسان باشد. علی‌رغم اینکه تنوع ساخت

1. J. Goldsmith
2. M. Gouskava
3. I. Rocca & W. Johnson
4. S. Duanmu
5. O. Jespersen
6. A. Gnanadesikan
7. inherent voicing
8. consonantal stricture
9. vowel height
10. Pearson's Correlation Coefficient overall mean

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

هجا در زبان انگلیسی بسیار بیشتر از زبان فارسی است، با این حال، پارکر نیز فقط بر روی هجای CVC تمرکز کرده و علت نپرداختن به انواع دیگر هجا با آغازه و پایانه پیچیده را تلاش برای «به حداقل رساندن تأثیرات هم‌تولیدی در خوشه‌های همخوانی» ذکر کرده است (Parker, 2002: 93; 2008). در خصوص همخوان‌ها، پارکر (2002: 95-96) آن‌ها را یک‌بار در موقعیت آغازه و یک‌بار در موقعیت پایانه هجای CVC به کار برده است. در رابطه با داده‌های زبان فارسی نیز دقیقاً از همین رویه در این پژوهش استفاده شده است. لازم به ذکر است در موارد معدودی که واژه تک‌هجاییِ مدنظر در بافت مورد مطالعه، در زبان فارسی موجود نیست، از هجای موجود در واژه‌های چندهجایی و یا پوچ‌واژه‌ها[1] (البته در موارد بسیار اندک) استفاده شده است.

۲-۳. داده‌ها

در این پژوهش، از سه مجموعه داده استفاده شده است. در مجموعهٔ اول داده‌ها، تمام ۲۳ همخوان زبان فارسی در جایگاه آغازه هجا به کار رفته‌اند. در مجموعهٔ دوم، تمام ۲۳ همخوان زبان فارسی در جایگاه پایانه هجا مورد استفاده قرار گرفته‌اند. برای ۶ واکه این زبان نیز یک مجموعه جداگانه در نظر گرفته شده است. در انتخاب داده‌ها تلاش شده است که برای ثابت نگه داشتن شرایط تولیدی، در هر مجموعه همه همخوان‌ها در بافت یکسان و همه واکه‌ها نیز در بافت یکسان به کار روند. در مجموعهٔ اول، تمام همخوان‌های زبان فارسی در جایگاه آغازه هجای CVC به گونه‌ای به کار رفته‌اند که هسته و همخوان پایانه همه هجاها به /ɑm—/ ختم می‌شود.

جدول ۶ - مجموعه اول داده‌ها ویژه همخوان‌ها در جایگاه آغازه هجای CVC در بافت ɑm—
Table 6- The first section of data (consonants in initial position of CVC in —ɑm)

شماره	همخوان هدف	واژه یا هجای حاملِ همخوان هدف
۱	/b/	بام
۲	/p/	پام (در واژه پامچال یا شکل کوتاه شده «پای من»)
۳	/t/	تام
۴	/d/	دام
۵	/c/	کام
۶	/ɟ/	گام
۷	/G/	قام (در واژه‌هایی مانند مقام و ضرغام)
۸	/ʔ/	عام
۹	/v/	وام
۱۰	/f/	فام
۱۱	/s/	سام
۱۲	/z/	زام (در واژه‌هایی مانند فرزام و زامبی)
۱۳	/ʃ/	شام
۱۴	/ʒ/	ژام (در واژه ژامبون)
۱۵	/h/	هام (در واژه‌هایی مانند پرهام، رهام، هامبورگ)
۱۶	/x/	خام
۱۷	/tʃ/	چام (واژه قدیمی به معنی راه پر پیچ و خم)
۱۸	/dʒ/	جام
۱۹	/m/	مام (در واژه‌هایی مانند زمام و تمام)
۲۰	/n/	نام
۲۱	/l/	لام (حرف الفبا و در واژه‌هایی مانند اسلام، کلام)
۲۲	/r/	رام
۲۳	/j/	یام (در واژه‌هایی مانند پیام، قیام، نیام، صیام)

[1]. nonce words

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

در مجموعه دوم، تمام همخوان‌های زبان فارسی در جایگاه پایانی هجای CVC به شکلی به کار رفته‌اند که همخوان آغازه و هسته همه هجاها با /bɑ—/ آغاز می‌شود. همان طور که ملاحظه می‌شود، در هر دو مجموعه همه همخوان‌ها در مجاورت یک واکه یکسان (/ɑ/) به کار رفته‌اند؛ بنابراین، به لحاظ تولیدی دارای شرایط یکسانی هستند.

جدول۷ - مجموعه دوم داده‌ها ویژه همخوان‌ها در جایگاه پایانه هجای CVC در بافت bɑ—

Table 7- The second section of data (consonants in final position of CVC in bɑ—)

شماره	همخوان هدف	واژه یا هجای حاملِ همخوان هدف
۱	/b/	باب
۲	/p/	باپ
۳	/t/	بات(در واژه‌هایی مانند رباط و باتلاق)
۴	/d/	باد
۵	/c/	باک(در واژه‌هایی مانند بی‌باک و باکتری)
۶	/ɟ/	باگ (واژه قرضی در علوم کامپیوتر به معنی مشکل نرم‌افزاری)
۷	/G/	باغ
۸	/ʔ/	باع (در واژه‌هایی مانند اشباع، اتباع)
۹	/v/	باو (در واژه نوباوگان)
۱۰	/f/	باف (در واژه‌هایی مانند بافته و زرباف)
۱۱	/s/	باس (در واژه‌هایی مانند باسلق و باسکول)
۱۲	/z/	باز
۱۳	/ʃ/	باش (به‌عنوان فعل امر یا هجای اول کلمه باشگاه)
۱۴	/ʒ/	باژ (واژه قدیمی به معنی خراج)
۱۵	/h/	باه (در واژه تباه)
۱۶	/x/	باخ (در واژه باختیم)
۱۷	/tʃ/	باچ (نام خانوادگی)
۱۸	/dʒ/	باج
۱۹	/m/	بام
۲۰	/n/	بان (در واژه‌هایی مانند نگهبان، دربان)
۲۱	/l/	بال
۲۲	/r/	بار
۲۳	/j/	بای (بای بای در گونه گفتار کودکان)

در مجموعه سوم، همه واکه‌ها در واژه‌هایی مورد استفاده قرار گرفته‌اند که دارای آغازه و پایانه یکسان هستند (/s—r/).

جدول۸ - مجموعه سوم داده‌ها ویژه واکه‌ها در جایگاه هسته هجای CVC در بافت s—r

Table 8- The third section of data (vowels in CVC in s—r frame)

شماره	واکه‌های زبان فارسی	واژه‌های حاملِ واکه هدف
۱	/a/	سَر
۲	/e/	سِر
۳	/o/	سُر
۴	/ɑ/	سار
۵	/i/	سیر
۶	/u/	سور

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

بعد از مشخص کردن داده‌های مدنظر طبق الگوی CVC، هر کدام از آن‌ها در درون یک جمله حامل قرار گرفتند. جمله حاملِ مورد استفاده برای همه داده‌های این پژوهش به صورت «این ..... است» می‌باشد. دلایل انتخاب این قالب به شرح زیر است:

الف. بعد از ضمیر اشاره «این» می‌توان هم اسم و هم صفت به کار برد و این ویژگی، جملات حامل را دستوری و معنادار می‌کند؛ در نتیجه به‌لحاظ روان‌شناختی، گویشور آن‌ها را به شکل طبیعی‌تر می‌خواند؛ مانند:

«این بام است.» (بام در جایگاه اسم)

«این خام است.» (خام در جایگاه صفت)

ب. در این جمله حامل، چون فعل ربطی «است» به کار رفته؛ بنابراین، واژه مدنظر در هر جمله، نقشِ هستهٔ تکیه‌بر را ایفا می‌کند و این کار باعث می‌شود این واژه و در نتیجه واج هدف واضح‌تر خوانده شود و نهایتاً در نرم‌افزار دقیق‌تر تحلیل شود.

ج. انتخاب این بافت از این نظر مفید است که حتی در موارد معدودی که به‌ناچار از پوچ‌واژه استفاده شده است و جمله ظاهراً معنای متعارفی برای فارسی‌زبانان ندارد، گویشور می‌تواند فرض کند که مثلاً آن واژه فرضی را در جایی دیده و می‌خواهد به آن اشاره کند؛ مانند «این باخ است».

بعد از آنکه تمام داده‌های هدف در درون جمله حامل قرار گرفت، چون قرار است هر گویشور سه بار آن‌ها را بخواند، لذا برای جلوگیری از یکنواختی در خوانش و عادت‌پذیری ناخودآگاه ذهنی برای هر گویشور، چینش جملات به شکل تصادفی جابه‌جا شدند و جملات در سه مجموعه با سه ترتیب مختلف ساماندهی شدند. در هر مجموعه ۵۲ جمله به شرح ذیل وجود دارد:

الف. در ۲۳ جمله، همه همخوان‌های زبان فارسی در جایگاه آغازه واژه یا هجای هدف ظاهر شده‌اند.

ب. در ۲۳ جمله، همه همخوان‌های زبان فارسی در جایگاه پایانه واژه یا هجای هدف ظاهر شده‌اند.

ج. در ۶ جمله، همه واکه‌های زبان فارسی در جایگاه هسته واژه یا هجای هدف ظاهر شده‌اند.

۳-۳. گویشوران و نحوه ضبط داده‌ها

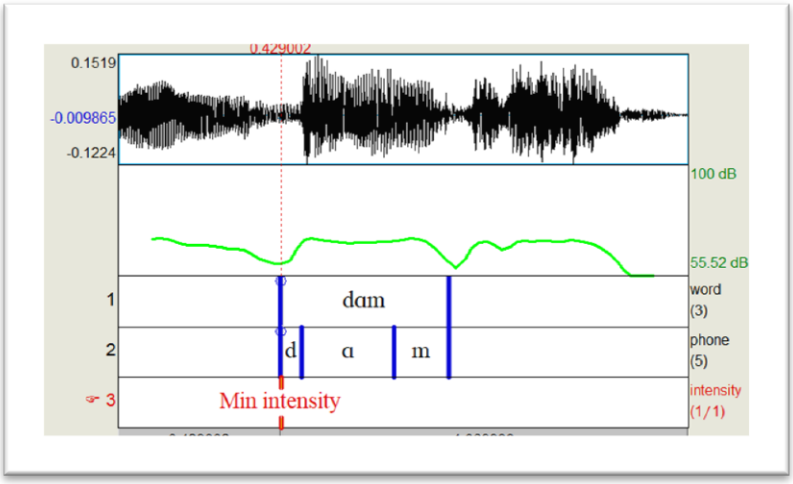
تعداد ۱۰ گویشور میانسال فارسی‌زبان (۵ مرد و ۵ زن در رده سنی ۳۰ تا ۴۰ سال) که سواد خواندن و نوشتن فارسی دارند، برای این پژوهش انتخاب شده‌اند. همه گویشوران شرکت‌کننده، تک‌زبانه بودند و به گونه فارسی معاصر معیار تکلم می‌کردند و هیچ گونه مشکل زبانی در تولید و درک گفتار نداشتند. علاوه‌بر این، هیچ کدام از این گویشوران از هدف انجام این کار و یا نوع واج‌های هدف آگاهی نداشتند. پیش از شروع کار ضبط، برای آشنایی با شیوه کار، متن داده‌ها به گویشوران داده شد و از آن‌ها خواسته شد جملات را مرور کنند تا در حین ضبط با مشکلی مواجه نشوند. کار ضبط برای همه گویشوران با استفاده از میکروفون Samson Go و با رعایت فاصله ۱۰ سانتی‌متری از دهان گوینده و از طریق نرم‌افزار WavePad در یک محیط کاملاً ساکت انجام شده است. نحوه ضبط داده‌ها به این صورت بود که هر گویشور سه مجموعه از جملات که هر کدام حاوی ۵۲ جمله حامل بود را به‌صورت طبیعی، بی‌نشان و بدون تأکید بر روی هیچ واژه‌ای خواندند و صدای آن‌ها ضبط شد. چینش جملات حامل در هر ۳ مجموعه کاملاً متفاوت بود.

۴. تجزیه و تحلیل داده‌ها

۴- ۱. تجزیه و تحلیل آکوستیکی

پس از مرحله ضبط داده‌ها، شدت هر واج در تمام نمونه‌ها به طور جداگانه اندازه‌گیری شد. برای این کار، با استفاده از نرم‌افزار پرَت، واج‌های هدف به‌صورت دستی تقطیع شدند. طبق روش پارکر (2008) برای همخوان‌ها شدت کمینه در محدوده مدنظر اندازه‌گیری شد. به‌عنوان نمونه‌ای از روش کار، نحوه اندازه‌گیری شدت صوت کمینه در همخوان [d] در طیف نگاشت جمله «این دام است» در شکل (۱) مشخص شده است:

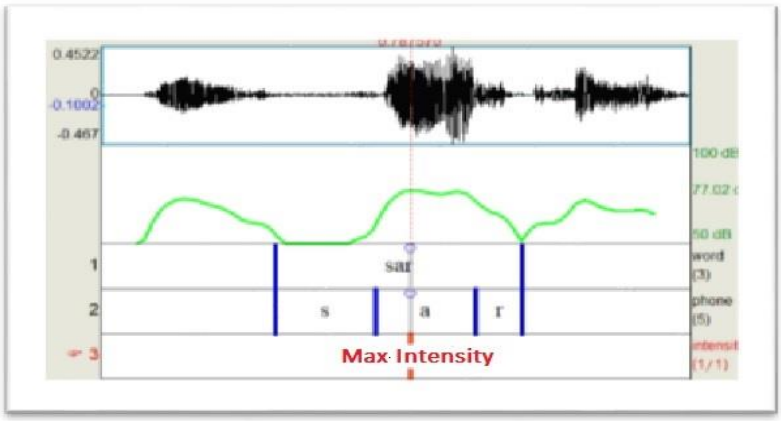
https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747



شکل ۱- طیف منحنی شدت صوت همخوان [d] در واژه «دام»

Figure 1- Intensity spectrum of [d] for the word "dam"

برای بررسی واکه‌ها شدت در محدوده حداکثر اندازه‌گیری شد. مطابق با شکل (۲)، طیف بیشینه شدت صوت [a] در واژه «سَر» مشخص شده است.



شکل ۲- طیف بیشینه شدت صوت [a] در واژه «سَر»

Figure 2- Intensity spectrum of [a] for the word "sar"

برای بررسی همخوان‌های انسایشی که همخوان‌های مرکب هستند از بخش انسدادی، حداقل شدت و از بخش سایشی هم حداقل شدت اندازه‌گیری و سپس میانگین گرفته شده است. برای انسدادی‌های دمیده هم از دو بخش گرفتگی و دمش حداقل شدت ثبت شد و سپس میانگین‌گیری شد. با در نظر گرفتن ملاحظات فوق، برای هر همخوان ۶۰ نمونه و برای هر واکه ۳۰ نمونه به دست آمد. علت اینکه تعداد نمونه خوانشِ همخوان‌ها دو برابر تعداد واکه‌ها است، این است که هر همخوان دو بار (یک‌بار در جایگاه آغازه و یک‌بار در جایگاه پایانه) در هجای CVC به‌کاررفته و بعد توسط هر گویشور سه بار خوانده شده است:

۶۰ = ۳ (تکرار) × ۲(جایگاه) × ۱۰(تعداد گویشوران)

اما واکه‌ها چون بنا بر ضرورتِ ساختِ هجای مورد مطالعه، فقط یک‌بار (در جایگاه هسته) به کار رفته‌اند، هر گویشور سه بار هر واکه را خوانده و در مجموع هر واکه ۳۰ بار تکرار شده است:

۳۰ = ۳ (تکرار) × ۱(جایگاه) × ۱۰(تعداد گویشوران)

پارکر (2002:106) با استناد به لدفوگد (1993: 245) رسایی را از منظر شدت آکوستیکی به‌صورت زیر تعریف می‌کند: «بلندی نسبی یک صدا در مقایسه با دیگر صداهایی که تکیه، دیرش و زیروبمی یکسانی دارند». بر این اساس، پارکر (2002:106-108) معتقد است برای

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

کنترل این عوامل (تکیه، دیرش و زیروبمی) در سطح جملات حامل لازم است که شدت هر واجِ هدف با شدت یک نقطه برجستهِ ثابت[۱] در همان جمله مقایسه شود. او برای این کار شدت واج /n/ در جمله حامل[۲] را از شدت هر واجِ هدف کم کرد و این کار را برای همه نمونه‌ها انجام داد. در قیاس با کار پارکر، در این مطالعه نیز صدای /n/ در جمله حامل (این ..... است) به‌عنوان یک نقطه برجسته ثابت در نظر گرفته شد و سپس در هر جمله حامل، میزان شدت آن از میزان شدت هر واج هدف کم شد. با لحاظ موارد فوق، مقادیر مربوط به شدت برای هر واج مشخص شد.

۲-۴. تجزیه و تحلیل آماری

در این مرحله اندازه‌گیری‌های مستخرج از مطالعه آکوستیکی، توسط نرم‌افزار اکسل (نسخه ۲۰۱۳) مورد تحلیل آماری واقع شد و میزان شدت واج‌ها در دو رویکرد تکی[۳] و گروهی[۴] برای هر دو جنس(زن و مرد) بررسی شد. در رویکرد تکی، میانگین شدت نمونه‌ها برای هر واج به‌صورت جداگانه محاسبه شد و در رویکرد گروهی میانگین وزنی[۵] شدت نمونه واج‌هایی که به طبقات آوایی یکسانی تعلق داشتند، محاسبه شد. این محاسبات (میانگین و میانگین وزنی) از طریق فرمول‌های زیر انجام شده است:

فرمول محاسبه میانگین: AVERAGE(C1:Cn) = میانگین مقدار سلول‌های C1 تا Cn را محاسبه می‌کند.

فرمول محاسبه میانگین وزنی: SUMPRODUCT(C1:Cn,B1:Bn)/SUM(B1:Bn) =

در فرمول دوم که برای گروه‌های واجی مورد استفاده قرار گرفته است، مقادیر سلول‌های C نشان‌دهنده میانگین شدت هر همخوان و مقادیر سلول‌های B به تعداد دفعات تکرار هر همخوان اشاره می‌کند. در شکل (۳) به‌عنوان نمونه، میانگین وزنی شدت برای گروه انفجاری‌های بیواک در گویشوران زن در جایگاه پایانه هجای CVC محاسبه شده است:

	A	B	C	D	E	F	G
1	گویشوران زن- جایگاه پایانه هجای CVC						
2	انفجاریهای بیواک	تعداد	میانگین				
3	p	15	-19/07				
4	t	15	-18/57				
5	c	8	-21/55				
6	ʔ	12	-20/22				
7							
8							
9	SUMPRODUCT(C3:C6,B3:B6)/SUM(B3:B6)				فرمول محاسبه میانگین وزنی		
10							
11	گروه انفجاریهای بیواک	تعداد	میانگین وزنی		نمایه رسایی بر اساس فرضیه		
12	p t c ʔ	50	-19/5928		1		
13							

شکل ۳- میانگین وزنی شدت برای گروه انفجاری‌های بیواک در گویشوران زن در جایگاه پایانه هجای CVC

Figure 3- Grand weighted means of intensity for voiceless stops in coda position of CVC for female participants

در ادامه این بخش جداول مربوطه به تفکیک جایگاه و جنسیت ارائه می‌شود. در هر کدام از جداول (۹ تا ۱۴) ابتدا میانگین واج‌ها به‌صورت تکی و در ادامه همان جدول میانگین وزنی هر طبقه واجی ارائه شده است:

[1]. consistent landmark

[۲]. جمله حامل در پژوهش پارکر به صورت I wanna…. بوده است.

[3]. segment
[4]. class
[5]. Grand Weighted Mean (GWM)

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

جدول ۹ – شدت همخوان‌های آغازه در گویشوران زن

Table 9- Intensity of onset consonants for females

همخوان	میانگین	تعداد نمونه	انحراف معیار
p	-15.49	15	5.71
t	-16.44	15	5.92
c	-13.97	15	7.31
ʔ	-3.64	12	3.51
b	-5.08	15	8.77
d	-8.03	15	10.34
ɟ	-11.23	15	9.22
G	-7.71	15	9.00
tʃ	-11.04	15	6.25
dʒ	-6.58	13	6.22
f	-22.08	15	9.14
s	-14.79	15	9.21
ʃ	-13.07	14	7.61
h	-19.64	15	8.08
x	-18.52	15	9.15
v	-5.25	15	6.96
z	-8.59	15	4.05
ʒ	-8.11	15	7.22
m	2.07	14	5.32
n	1.69	15	6.49
r	-13.82	15	9.97
l	-2.13	15	8.38
j	-5.92	14	7.33
گروه همخوان	میانگین وزنی	تعداد نمونه	انحراف معیار
p t c ʔ	-12.84	57	4.882
tʃ	-11.04	15	6.25
f s h ʃ x	-17.68	74	3.272
b d ɟ G	-8.0125	60	2.200
dʒ	-6.58	13	6.22
v z ʒ	-7.31	45	1.491
m n	1.87	29	.193
l r	-7.97	30	5.945
j	-5.9	15	7.33

جدول ۱۰ – شدت همخوان‌های آغازه در گویشوران مرد

Table 10- Intensity of onset consonants for males

همخوان	میانگین	تعداد نمونه	انحراف معیار
p	-15.4	15	6.20
t	-14.63	15	6.98
c	-7.58	12	3.83
ʔ	-10.99	15	11.86
b	-3.51	15	8.12
d	-11.01	14	7.65
ɟ	-7.43	14	6.98
G	-8.96	14	5.92
tʃ	-11.14	15	4.79
dʒ	-7.96	15	7.29
f	-20.24	14	5.43
s	-10.33	15	8.80
ʃ	-11.81	15	6.45
h	-14.26	14	4.72
x	-14.58	15	5.38
v	-7.34	15	4.15
z	-6.95	15	5.22
ʒ	-7.42	15	8.97
m	-0.39	15	2.98
n	-0.41	14	3.34
r	-2.56	14	3.11
l	-0.82	15	2.86
j	-3.99	15	3.68
گروه همخوان	میانگین وزنی	تعداد نمونه	انحراف معیار
p t c ʔ	-12.39	57	3.042
tʃ	-11.14	15	4.79
f s h ʃ x	-14.16	73	3.381
b d ɟ G	-7.65	57	2.803
dʒ	-7.96	15	7.29
v z ʒ	-7.23	45	.208
m n	-0.39	29	.010
l r	-1.66	29	.885
j	-3.99	15	3.68

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

در جداول زیر (۱۱ و ۱۲) میزان شدت همخوان‌ها در جایگاه پایانه به تفکیک جنسیت آورده شده است.

جدول ۱۱- شدت همخوان‌های پایانه در گویشوران زن

Table 11- Intensity of coda consonants for females

همخوان	میانگین	تعداد نمونه	انحراف معیار
p	-19.07	15	5.88
t	-18.57	15	6.18
c	-21.55	8	3.10
ʔ	-20.22	12	6.68
b	-13.09	13	4.24
d	-17.17	12	4.61
ɟ	-17.42	15	6.50
G	-17.27	15	6.68
tʃ	-17.04	15	8.53
dʒ	-15.49	15	5.76
f	-21.79	15	9.14
s	-18.97	15	11.45
ʃ	-19.32	13	9.21
h	-16.07	13	7.03
x	-22.75	15	9.45
v	-14.18	15	7.00
z	-14.95	15	8.29
ʒ	-13.4	15	4.72
m	-2.44	15	6.23
n	-8.93	15	7.95
r	-15.99	15	5.63
l	-11.79	15	7.73
j	-10.28	15	7.83
گروه همخوان	میانگین وزنی	تعداد نمونه	انحراف معیار
p t c ʔ	-19.59	50	1.061
tʃ	-17.04	15	8.53
f s h ʃ x	-19.89	71	2.341
b d ɟ G	-16.30	55	1.805
dʒ	-15.49	15	5.76
v z ʒ	-14.17	45	.640
m n	-5.685	30	3.300
l r	-13.89	30	2.136
j	-10.28	15	7.83

جدول ۱۲- شدت همخوان‌های پایانه در گویشوران مرد

Table 12- Intensity of coda consonants for males

همخوان	میانگین	تعداد نمونه	انحراف معیار
p	-15.93	15	4.11
t	-16.89	15	6.32
c	-16.16	15	5.48
ʔ	-16.5	15	9.27
b	-10.47	14	5.89
d	-14.81	15	7.47
ɟ	-12.47	15	4.81
G	-18.49	13	5.34
tʃ	-11.74	13	4.23
dʒ	-11	15	5.98
f	-15.43	12	4.36
s	-12.45	14	7.56
ʃ	-11.67	15	8.86
h	-10.89	15	7.48
x	-12.71	15	8.17
v	-8.8	15	5.36
z	-10.22	15	10.18
ʒ	-3.79	15	4.52
m	-1.91	15	5.52
n	-0.45	11	4.59
r	-3.67	14	5.92
l	-0.61	9	4.25
j	-3.83	14	5.96
گروه همخوان	میانگین وزنی	تعداد نمونه	انحراف معیار
p t c ʔ	-16.37	60	.365
tʃ	-11.74	15	4.23
f s h ʃ x	-12.51	71	1.478
b d ɟ G	-13.96	57	2.932
dʒ	-11	15	5.98
v z ʒ	-7.60	45	2.789
m n	-1.29	26	.736
l r	-2.47	23	1.527
j	-3.83	14	5.96

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

در ادامه، میزان شدت واکه‌ها به تفکیک جنسیت ارائه شده است:

جدول ۱۳- شدت واکه‌ها در گویشوران زن
Table 13- Intensity of vowels for females

واکه	میانگین	تعداد نمونه	انحراف معیار
ɑ	11.40	15	6.36
o	10.66	15	5.82
a	10.61	15	5.61
e	10.51	15	6.15
u	9.68	14	3.89
i	9.57	15	4.56

گروه واکه	میانگین وزنی	تعداد نمونه	انحراف معیار
i, u	9.62	29	.056
e, o	10.58	30	.076
a, ɑ	11	30	.402

جدول ۱۴- شدت واکه‌ها در گویشوران مرد
Table 14- Intensity of vowels for males

واکه	میانگین	تعداد نمونه	انحراف معیار
ɑ	12.77	15	6.68
a	12.18	15	6.56
e	11.87	15	5.12
o	11.57	14	5.18
u	9.79	15	2.25
i	9.27	15	2.54

گروه واکه	میانگین وزنی	تعداد نمونه	انحراف معیار
i, u	9.53	30	.264
e, o	11.72	29	.153
a, ɑ	12.47	30	.300

از بررسی داده‌های جداول ۹ تا ۱۴ چنین بر می‌آید که مقدار انحراف معیار در برخی داده‌ها در مقایسه با میانگین بیشتر از حد معمول است. برای مثال، در جدول (۱۰) مقادیر انحراف معیار در واج‌های /ʔ/ ، /dʒ/ و /ʒ/ در مقایسه با بقیه داده‌ها غیرطبیعی به نظر می‌رسد. پارکر (2002) نیز با چنین مشکلی مواجه شده است. در پژوهش او (2002:118-120) واج‌های /t/ و /d/ در گروه مردان در جایگاه پایانه انحراف معیاری به مراتب بزرگتر از میانگین هر واج دارند. پارکر برای رفع این مشکل هنگام محاسبه ضریب همبستگی این واج‌ها را کنار گذاشته است. در این پژوهش نیز همین رویه اعمال شده است و واج‌هایی که انحراف معیار آن‌ها از میانگین بزرگتر بوده در محاسبه ضریب همبستگی لحاظ نشده‌اند.

پس از استخراج میانگین به‌صورت تکی و گروهی (جداول بالا)، باید میزان رابطه بین شدت هر واج یا گروه واجی با درجه رسایی ارائه‌شده در فرضیه پژوهش مشخص شود. برای انجام این کار از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. به‌لحاظ آماری، هر چه مقدار این ضریب همبستگی به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد، فرضیه بیشتر مورد تأیید است. مطابق با روش پارکر (2002, 2008) از آنجا که پارامتر شدت در این پژوهش‌ها در دو گروه زنان و مردان در دو جایگاه آغازه و پایانه به دو صورت تکی و گروهی محاسبه شده است؛ بنابراین، باید ضریب همبستگی در ۸ حالت محاسبه شود و سپس میانگین کل آن‌ها استخراج شود:

۸ = ۲رویکرد (تکی و گروهی) × ۲جایگاه (آغازه و پایانه) × ۲جنسیت (زن ، مرد)

چون در فرضیه پژوهش، درجه رسایی همخوان‌ها و واکه‌ها با هم ارائه شده است؛ از این رو، برای محاسبه ضریب همبستگی، شدت واکه‌ها هم با همخوان‌های آغازه و هم با همخوان‌های پایانه محاسبه می‌شود. در جداول (۱۵ تا ۲۲) به تفکیک، داده‌های مربوط به این ۸ حالت ارائه شده است. در ستون سمت راست هر جدول درجه رسایی هر واج یا گروه واجی بر مبنای فرضیه مطرح‌شده در جدول (۳) (بخش مقدمه) آورده شده است و در پایان هر جدول ضریب همبستگی بین درجه رسایی و میانگین هر واج یا میانگین وزنی هر گروه واجی محاسبه شده است. سطح معناداری اگر کمتر از ۰/۰۵ باشد، نشان‌دهنده معنادار بودن رابطه بین دو متغیر است.

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

جدول۱۵- ضریب همبستگی بین شدت همخوان‌های آغازه و واکه‌ها با درجه رسایی آن‌ها طبق فرضیه (گروه زنان، رویکرد تکی)

Table 15- Correlation coefficient between intensity of onset consonants and vowels with the sonority indices of the hypothesis (females, individual phonemes)

همخوان آغازه و واکه	میانگین	درجه رسایی فرضیه
p	-15/49	1
t	-16/44	1
c	-13/97	1
ʔ	-3/64	1
tʃ	-11/04	2
f	-22/08	3
s	-14/79	3
ʃ	-13/07	3
h	-19/64	3
x	-18/52	3
b	-5/08	4
d	-8/03	4
ɟ	-11/23	4
G	-7/71	4
dʒ	-6/58	5
v	-5/25	6
z	-8/59	6
ʒ	-8/11	6
m	2/07	7
n	1/69	7
r	-13/82	8
l	-2/13	9
j	-5/92	10
i	9/57	11
u	9/68	11
o	10/66	12
e	10/51	12
a	10/61	13
ɑ	11/4	13
Total Correlation = 0/8439		
Sig = 0/000		

جدول۱۶- ضریب همبستگی بین شدت همخوان‌های آغازه و واکه‌ها با درجه رسایی آن‌ها طبق فرضیه (گروه مردان، رویکرد تکی)

Table 16- Correlation coefficient between intensity of onset consonants and vowels with the sonority indices of the hypothesis (males, individual phonemes)

همخوان آغازه و واکه	میانگین	درجه رسایی فرضیه
p	-15/4	1
t	-14/63	1
c	-7/58	1
ʔ	-10/99	1
tʃ	-11/14	2
f	-20/24	3
s	-10/33	3
ʃ	-11/81	3
h	-14/26	3
x	-14/58	3
b	-3/51	4
d	-11/01	4
ɟ	-7/43	4
G	-8/96	4
dʒ	-7/96	5
v	-7/34	6
z	-6/95	6
ʒ	-7/42	6
m	-0/39	7
n	-0/41	7
r	-2/56	8
l	-0/82	9
j	-3/99	10
i	9/27	11
u	9/79	11
o	11/57	12
e	11/87	12
a	12/18	13
ɑ	12/77	13
Total Correlation = 0/92255		
Sig = 0/000		

در جداول بالا مقایسه ضرایب همبستگی به‌دست‌آمده نشان می‌دهد، میزان شدت همخوان‌های آغازه و واکه‌ها به‌صورت تکی در گروه مردان تناسب بیشتری با نمایه‌های رسایی ارائه‌شده در فرضیه دارد.

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

جدول ۱۷- ضریب همبستگی بین شدت همخوان‌های پایانه و واکه‌ها با درجه رسایی آن‌ها طبق فرضیه (گروه زنان، رویکرد تکی)

Table 17- Correlation coefficient between intensity of coda consonants and vowels with the sonority indices of the hypothesis (females, individual phonemes)

همخوان پایانه و واکه	میانگین	درجه رسایی فرضیه
p	-19/07	1
t	-18/57	1
c	-21/55	1
ʔ	-20/22	1
tʃ	-17/04	2
f	-21/79	3
s	-18/97	3
ʃ	-19/32	3
h	-16/07	3
x	-22/75	3
b	-13/09	4
d	-17/17	4
ɟ	-17/42	4
G	-17/27	4
dʒ	-15/49	5
v	-14/18	6
z	-14/95	6
ʒ	-13/4	6
m	-2/44	7
n	-8/93	7
r	-15/99	8
l	-11/79	9
j	-10/28	10
i	9/57	11
u	9/68	11
o	10/66	12
e	10/51	12
a	10/61	13
ɑ	11/4	13
Total Correlation = 0/8999		
Sig = 0/000		

جدول ۱۸- ضریب همبستگی بین شدت همخوان‌های پایانه و واکه‌ها با درجه رسایی آن‌ها طبق فرضیه (گروه مردان، رویکرد تکی)

Table 18- Correlation coefficient between intensity of coda consonants and vowels with the sonority indices of the hypothesis (males, individual phonemes)

همخوان پایانه و واکه	میانگین	درجه رسایی فرضیه
p	-15/93	1
t	-16/89	1
c	-16/16	1
ʔ	-16/5	1
tʃ	-11/74	2
f	-15/43	3
s	-12/45	3
ʃ	-11/67	3
h	-10/89	3
x	-12/71	3
b	-10/47	4
d	-14/81	4
ɟ	-12/47	4
G	-18/49	4
dʒ	-11	5
v	-8/8	6
z	-10/22	6
ʒ	-3/79	6
m	-1/91	7
n	-0/45	7
r	-3/67	8
l	-0/61	9
j	-3/83	10
i	9/27	11
u	9/79	11
o	11/57	12
e	11/87	12
a	12/18	13
ɑ	12/77	13
Total Correlation = 0/94809		
Sig = 0/000		

مقایسه ضرایب همبستگی به‌دست‌آمده در جداول (۱۷) و (۱۸) نیز نشان می‌دهد، میزان شدت همخوان‌های پایانه و واکه‌ها به‌صورت تکی در گروه مردان تناسب بیشتری با نمایه‌های رسایی ارائه‌شده در فرضیه دارد؛ ولی به طور کلی تفاوت بین گروه مردان و زنان در جایگاه پایانه کمتر از آغازه است.

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

جدول ۱۹- ضریب همبستگی بین شدت همخوان‌های آغازه و واکه‌ها با درجه رسایی آن‌ها طبق فرضیه (گروه زنان، رویکرد گروهی)

Table 19- Correlation coefficient between intensity of onset consonants and vowels with the sonority indices of the hypothesis (females, phonemic classes)

گروه همخوان و واکه	میانگین وزنی	درجه رسایی بر اساس فرضیه
p t c ʔ	-12/8453	1
tʃ	-11/04	2
f s h ʃ x	-17/6815	3
b d ɟ G	-8/0125	4
dʒ	-6/58	5
v z ʒ	-7/31667	6
m n	1/873448	7
l r	-7/975	8
j	-5/92	9
i u	9/623103	10
o e	10/585	11
a, ɑ	11/005	12
Total Correlation = 0/866611		
Sig = 0/000		

جدول ۲۰ - ضریب همبستگی بین شدت همخوان‌های آغازه و واکه‌ها با درجه رسایی آن‌ها طبق فرضیه (گروه مردان، رویکرد گروهی)

Table 20- Correlation coefficient between intensity of onset consonants and vowels with the sonority indices of the hypothesis (males, phonemic classes)

گروه همخوان و وا که	میانگین وزنی	درجه رسایی بر اساس فرضیه
p t c ʔ	-12/3905	1
tʃ	-11/14	2
f s h ʃ x	-14/1616	3
b d ɟ G	-7/65351	4
dʒ	-7/96	5
v z ʒ	-7/23667	6
m n	-0/39966	7
l r	-1/66	8
j	-3/99	9
i, u	9/53	10
o, e	11/72517	11
a, ɑ	12/475	12
Total Correlation = 0/927531		
Sig = 0/000		

مقایسه ضریب همبستگی گروهی بین شدت همخوان‌های آغازه و واکه‌ها با درجه رسایی در دو گروه زنان و مردان نشان می‌دهد این مقدار در گروه مردان بالاتر از گروه زنان است. البته همان طور که پیش‌تر هم مشاهده شد، چون مقدار ضریب همبستگی به‌صورت تکی در گروه مردان بالاتر از زنان بود، در حالت گروهی نیز پیش‌بینی می‌شد که چنین اتفاقی بیفتد.

جدول ۲۱- ضریب همبستگی بین شدت همخوان‌های پایانه و واکه‌ها با درجه رسایی آن‌ها طبق فرضیه (گروه زنان، رویکرد گروهی)

Table 21- Correlation coefficient between intensity of coda consonants and vowels with the sonority indices of the hypothesis (females, phonemic classes)

گروه همخوان و واکه	میانگین وزنی	درجه رسایی بر اساس فرضیه
p t c ʔ	-19/5928	1
tʃ	-17/04	2
f s h ʃ x	-19/8975	3
b d ɟ G	-16/3011	4
dʒ	-15/49	5
v z ʒ	-14/1767	6
m n	-5/685	7
l r	-13/89	8
j	-10/28	9
i u	9/623103	10
o e	10/585	11
a, ɑ	11/005	12
Total Correlation = 0/8783		
Sig = 0/000		

جدول ۲۲- ضریب همبستگی بین شدت همخوان‌های پایانه و واکه‌ها با درجه رسایی آن‌ها طبق فرضیه (گروه مردان، رویکرد گروهی)

Table 22- Correlation coefficient between intensity of coda consonants and vowels with the sonority indices of the hypothesis (males, phonemic classes)

گروه همخوان و واکه	میانگین وزنی	درجه رسایی بر اساس فرضیه
p t c ʔ	-16/37	1
tʃ	-11/74	2
f s h ʃ x	-12/5142	3
b d ɟ G	-13/9675	4
dʒ	-11	5
v z ʒ	-7/60333	6
m n	-1/29231	7
l r	-2/47261	8
j	-3/83	9
i, u	9/53	10
o, e	11/72517	11
a, ɑ	12/475	12
Total Correlation = 0/94036		
Sig = 0/000		

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

اکنون با استفاده از داده‌های مستخرج از جداول (۱۵) تا (۲۲) می‌توان ضریب همبستگی نهایی بین میزان شدت و درجه رسایی را در ۸ حالت ذکرشده به‌صورت زیر تجمیع کرد:

جدول ۲۳- ضریب همبستگی نهایی بین شدت و درجه رسایی

Table 23- Final correlation between intensity and sonority

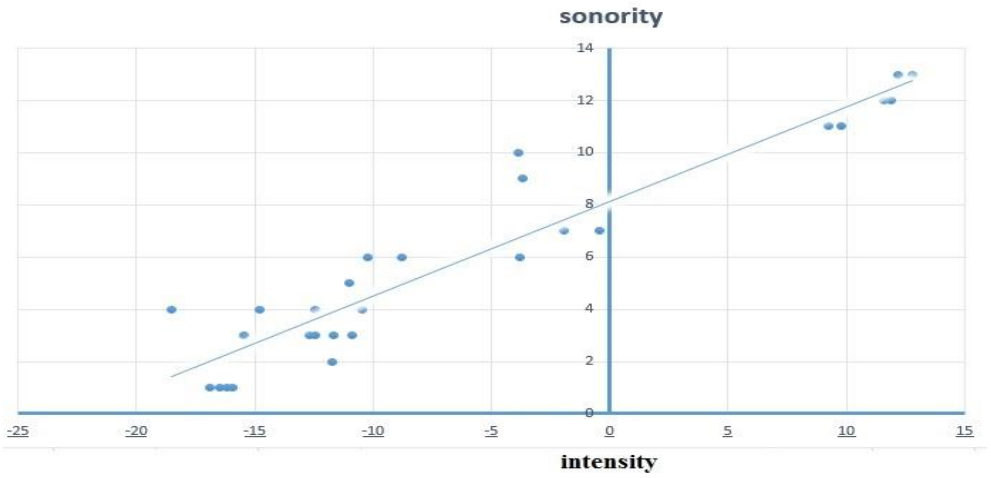
	همخوان‌های پایانه + واکه‌ها		همخوان‌های آغازه + واکه‌ها	
میانگین	زنان	مردان	زنان	مردان
۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۵	۰/۸۴	۰/۹۲
۰/۹۱	۰/۸۸	۰/۹۴	۰/۸۷	۰/۹۳
۰/۹۰۵	۰/۸۹	۰/۹۴۵	۰/۸۵۵	۰/۹۲

واج‌ها به‌صورت تکی

واج‌ها به‌صورت گروهی

میانگین کل

همانطور که در جدول (۲۳) ملاحظه می‌شود، ضریب همبستگی بین شدت و درجه رسایی واج‌ها هم به‌صورت تکی و هم به‌صورت گروهی به طور میانگین ۰/۹۰ و ۰/۹۱ و به طور کل ۰/۹۰۵ است. به‌لحاظ آماری ضریب همبستگی بین ۰/۷ تا ۱ نشان‌دهنده همبستگی قوی است و چون مقادیر به‌دست‌آمده به عدد ۱ نزدیک هستند، پس فرضیه پژوهش (جدول ۳) به‌صورت مستقیم و در جهت مثبت تأیید می‌شود. مقدار این ضریب همبستگی در پارکر (2008) نیز برابر با ۰/۹۱ است. انجام آزمون سطح معناداری در هر ۸ حالت نیز عدد کمتر از ۰/۰۵ را نشان می‌دهد و این امر یعنی آنکه رابطه بین دو متغیر(شدت و نمایه رسایی) کاملاً معنادار است. از طرف دیگر، می‌توان نمودار رگرسیون شدت و نهایتاً معادله خطی آن را استخراج کرد. برای این منظور، به‌عنوان نمونه، داده‌های جدول (۱۸) که رابطه بین شدت همخوان‌های پایانه و واکه‌ها با درجه رسایی آن‌ها را در گروه مردان نشان می‌دهد در اکسل بررسی شد و نمودار رگرسیون آن به‌صورت زیر مشخص شد:



شکل ۴- نمودار رگرسیون شدت

Figure 4- Intensity regression scatterplot

برای تعیین معادله خط از فرمول y= b + ax استفاده شده است. در این فرمول، y نشان‌دهنده نمایه رسایی (محور عمودی در شکل ۴) و x نشان‌دهنده پارامتر شدت (محور افقی) است. b عرض از مبدأ نام دارد؛ یعنی فاصله‌ای که خط، محور عمودی را قطع می‌کند که در نمودار بالا ۸.۱۴ است و a هم شیب خط است که از طریق فرمول زیر به دست می‌آید:

$$a = \tan\theta$$

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

در فرمول شیب خط، θ زاویه‌ای است که خط با محور افقی می‌سازد. برای به دست آوردن tanθ ضلع مقابل بر ضلع مجاور تقسیم می‌شود. حاصل این تقسیم عدد ۰/۳۶ است. در این حالت می‌توان گفت تقریباً با هر واحد افزایش در شدت، درجه رسایی به اندازه ۰/۳۶ افزایش می‌یابد. با قرار دادن این داده‌ها در فرمول y = b + ax ، معادله خطی شدت به شرح زیر به دست می‌آید:

$$sonority = 8.14 + 0.36 \times dB$$
$$(R^2=0.89)$$

پس از محاسبه معادله شیب خط، ضریب تعیین معادله (R^2) نیز برابر با ۰/۸۹ به دست آمده است و این بدین معنا است که ۸۹٪ تغییرات رسایی از تغییرات متغیر مستقل شدت نتیجه می‌شود و این امر تأییدی بر رابطه میان میزان شدت و درجه رسایی است. در معادله شیب خط، با قرار دادن درجه شدت هر واج به جای dB می‌توان نمایه رسایی آن را به طور تقریبی مشخص کرد.

پس از تأیید فرضیه پژوهش بر مبنای مطالعات آکوستیکی شدت، جایگیری واج‌های زبان فارسی در طبقات واجی فرضیه انجام شد و در نهایت، ساختار سلسله‌مراتب رسایی واج‌های این زبان در قالب جدول (۲۴) به‌عنوان خروجی اصلی شکل گرفت:

جدول ۲۴- جدول نهایی سلسله‌مراتب رسایی واج‌های زبان فارسی

Table 24- Final sonority hierarchy of Persian phonemes

درجه رسایی	طبقات آوایی
۱۳	/a , ɑ/ واکه‌های باز
۱۲	/o , e/ واکه‌های نیمه‌باز
۱۱	/u , i/ واکه‌های بسته
۱۰	/j/ غلت
۹	/l/ کناری
۸	/r/ لرزشی
۷	/n , m/ خیشومی‌ها
۶	/ʒ , z , v/ سایشی‌های واکدار
۵	/dʒ/ انسایشی‌های واکدار
۴	/G , ɟ , d , b/ انسدادی‌های واکدار
۳	/χ , h , ʃ , s , f/ سایشی‌های بیواک
۲	/tʃ/ انسایشی‌های بیواک
۱	/ʔ , c , t , p/ انسدادی‌های بیواک

از طرف دیگر، با مقایسه مدل سلسله‌مراتب رسایی حاصل از این پژوهش در زبان فارسی با مدل ارائه‌شده توسط پارکر (2008) (جدول شماره ۵) مشخص می‌شود که با آن تطابق کامل دارد و می‌توان ادعا کرد مدل ارائه‌شده وی در زبان فارسی نیز تأیید می‌شود. علاوه‌بر این، از دیگر یافته‌های این پژوهش می‌توان به مقدار ضریب همبستگی به تفکیک جنسیت و جایگاه نیز اشاره کرد:

الف. اگرچه میانگین ضریب همبستگی شدت در هر دو گروه مردان و زنان بالاست و به طور کلی رابطه بین شدت و رسایی تأیید می‌شود؛ اما از نظر مقایسه این دو جنسیت، میانگین ضریب همبستگی شدت در گروه مردان در هر دو جایگاه آغازه و پایانه نسبت به گروه زنان بالاتر است، لذا می‌توان گفت فرضیه درجه رسایی در گروه مردان نسبت به زنان بهتر محقق می‌شود.

ب. از نظر مقایسه جایگاه همخوان، میانگین ضریب همبستگی شدت در هر دو گروه مردان و زنان (هم به‌صورت تکی و هم به‌صورت گروهی) در جایگاه پایانه بالاتر جایگاه آغازه می‌باشد، لذا می‌توان گفت فرضیه درجه رسایی در جایگاه پایانه نسبت به آغازه بهتر محقق می‌گردد.

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

جدول۲۵ - ضریب همبستگی شدت در گروه مردان در هر دو جایگاه آغازه و پایانه

Table 25- Intensity correlation in men (initial and final positions)

	همخوان‌های آغازه + واکه‌ها	همخوان‌های پایانه + واکه‌ها
	مردان	مردان
واج‌ها به‌صورت تکی	۰/۹۲	۰/۹۵
واج‌ها به‌صورت گروهی	۰/۹۳	۰/۹۴
میانگین کل	۰/۹۲۵	۰/۹۴۵

جدول۲۶ - ضریب همبستگی شدت در گروه زنان در هر دو جایگاه آغازه و پایانه

Table 26- Intensity correlation in women (initial and final positions)

	همخوان‌های آغازه + واکه‌ها	همخوان‌های پایانه + واکه‌ها
	زنان	زنان
واج‌ها به‌صورت تکی	۰/۸۴	۰/۹۰
واج‌ها به‌صورت گروهی	۰/۸۷	۰/۸۸
میانگین کل	۰/۸۵۵	۰/۸۹

۵. نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش این بود که براساس مطالعه آکوستیکی شدت صوت درجه رسایی واج‌های زبان فارسی استخراج شود، سپس سلسله‌مراتب رسایی آن‌ها نسبت به هم ترسیم شود و نهایتاً با سلسله‌مراتب رسایی ارائه‌شده توسط پارکر (2008) مقایسه شود. نتایج پژوهش با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون بین شدت و درجه رسایی هر واج و گروه واجی نشان داده شد. با توجه به اینکه این ضریب به‌صورت تکی و گروهی به طور میانگین به ترتیب ۰/۹۰ و ۰/۹۱ به دست آمد، پس به‌لحاظ آماری فرضیه پژوهش مورد تأیید قرار گرفت و سپس نمودار رگرسیون خطی و معادله شیب خط برای شدت محاسبه شد و در نهایت، مدل سلسله‌مراتب رسایی زبان فارسی ارائه شد. علاوه‌بر این، مقایسه این مدل با مدل ارائه‌شده توسط پارکر (2008) نشان داد که با آن کاملاً تطابق دارد و می‌توان ادعا کرد مدل ارائه‌شده وی در زبان فارسی نیز تأیید می‌شود.

منابع فارسی

استاجی، اعظم. (۱۳۹۰). تحلیل فرایند واجی قلب در زبان فارسی. *زبان و زبانشناسی* (۱۳)۷، ۱۴۶-۱۲۹.

بسطامی‌فر، مهدی. (۱۳۹۰). *بررسی صوت‌شناختی فرایند قلب در گویش لری بویراحمدی*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه اصفهان.

بی‌جن‌خان، محمود. (۱۳۹۲). *واج‌شناسی؛ نظریه بهینگی* (چاپ چهارم). تهران: سمت.

بی‌جن‌خان، محمود. (۱۳۹۹). *نظام آوایی زبان فارسی* (چاپ چهارم). تهران: سمت.

بی‌جن‌خان، محمود؛ و احمدی، مهدی. (۱۳۹۰). خوشه‌های صامت پایانی در فارسی میانه و نو؛ قیاس با سنجه محدودیت توالی رسایی. *پژوهش‌های زبان‌شناسی* (۲)۲، ۳۵-۱۳.

تاج‌آبادی، فرزانه. (۱۳۹۴). *محدودیت‌های واجی حاکم بر ساخت و ترکیب تکواژهای وابسته زبان فارسی در چارچوب نظریه بهینگی*. رساله دکتری. دانشگاه تربیت مدرس.

ثمره، یدالله. (۱۳۷۸). *آواشناسی زبان فارسی؛ آواها و ساخت آوایی هجا* (ویرایش دوم). تهران: مرکز نشر دانشگاهی.

سجادی، طاهره. (۱۳۸۶). *بررسی رسایی در زبان فارسی*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه بوعلی سینا.

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

سلیمی، لیلا و کامبوزیا، عالیه کرد زعفرانلو. (۱۳۹۹). شیوه‌های دستیابی به اصل توالی رسایی و قانون مجاورت هجا در نظریهٔ بهینگی. *جستارهای زبانی* (۱۱)۴، ۲۴۱-۲۶۵.

طاهرلو، فرنوش. (۱۳۹۵). *بررسی واج‌آرایی واژه‌های سه‌هجایی زبان فارسی در چارچوب نظریه بهینگی*. رساله دکتری. دانشگاه تربیت مدرس.

علی نژاد، بتول و عطایی، الهه. (۱۳۹۲). بررسی فرایند قلب و اصل مرز اجباری در زبان فارسی براساس واج‌شناسی غیرخطی. *پژوهش‌های زبانشناسی* (۵)۲، ۳۶-۱۷.

علی نژاد، بتول. (۱۳۹۵). *مبانی واج‌شناسی*. اصفهان: انتشارات دانشگاه اصفهان.

کامبوزیا، عالیه کرد زعفرانلو؛ تاج‌آبادی، فرزانه و محمودی بختیاری، بهروز. (۱۳۹۱). قلب آوایی در زبان فارسی و برخی گویش‌های ایرانی. *ادب و زبان* (۱۵)۳۲، ۱۲۷-۱۰۵.

کامبوزیا، عالیه کرد زعفرانلو؛ یعقوبی، روح الله و مالمیر، علی. (۱۳۹۷). بررسی اصل توالی رسایی و قانون مجاورت در واژه‌های سه هجایی با هجای آغازین CVCC در زبان فارسی. *پژوهش‌های زبانشناسی* (۱)۱۰، ۸۲-۶۱.

مدرسی قوامی، گلناز. (۱۳۹۳). *آواشناسی؛ بررسی علمی گفتار*. تهران: سمت.

منصوری، مهرزاد. (۱۳۹۵). بررسی اصل توالی رسایی در واژه‌های یک‌هجایی CVCC زبان فارسی در قالب مدل سه‌وجهی ناندیسکان. *مطالعات زبان‌ها و گویش‌های غرب ایران* (۲)۱۳، ۱۰۳-۸۳.

موسوی، ندا. (۱۳۸۷). *بررسی همبسته‌های صوت‌شناختی وزن هجا، تکیه، رسایی و کشش*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه بوعلی سینا.

مهربان، مارال. (۱۳۸۹). *بررسی اصول رسایی در نظام واجی زبان فارسی*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی.

نقشبندی، شهرام. (۱۳۸۹). *ساخت هجا و محدودیت‌های واج‌آرایی در هورامی و فارسی معیار (در واج‌شناسی زایشی/ پسازایشی و نظریه بهینگی)*. رساله دکتری. دانشگاه علامه طباطبایی.

نویدی باغی، سکینه. (۱۳۹۲). *بررسی واج‌آرایی واژه‌های بسیط چندهجایی در زبان فارسی*. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.

References

Alinezhad, B. & Atayi, E. (2014). A study of metathesis and the Obligatory Contour Principle in Persian based on Nonlinear phonology. *Journal of Linguistic Researches* 5(2), 17-36. [In Persian]

Alinezhad, B. (2016). *Fundamentals of phonology*. Isfahan: Isfahan University Press. [In Persian]

Bastamifar, M. (2011). *An acoustic study of metathesis in Lori Boyerahmadi dialect*. M.A. Thesis. University of Isfahan. [In Persian]

Berent, I., Lennertz, T. & Smolensky, P. (2011). Syllable markedness and misperception: It's a two-way street. In C. E. Cairns, & E. Raimy (Eds.), *Handbook of the Syllable* (pp. 373–393). Boston: Retrieved from http://booksandjournals.brillonline.com/content/books/10.1163/ej.9789004187405.i-464.111

Bijankhan, M & Ahmadi, M. (2011). Final consonant clusters in Middle Persian and New Persian: A comparison based on Sonority Sequencing Constraint. *Journal of Researches in Linguistics 2*(2), 13-35. [In Persian]

Bijankhan, M. (2013). *Phonology: Optimality Theory* (4th ed.). Tehran: Samt. [In Persian]

Bijankhan, M. (2020). *Phonetic system of the Persian language* (4th ed.) Tehran: Samt. [In Persian]

Clements, G. N. (1990). The role of the sonority cycle in core syllabification. In J. Kingston & M. E. Beckman (Eds), *Papers in laboratory phonology* (pp. 283-333). Cambridge: Cambridge University Press.

Duanmu, S. (2008). *Syllable structure: The limits of variation*. Oxford: Oxford University Press.

Estaji, A. (2011). Analysis of the phonological process of metathesis in Persian. *Language & Linguistics* 7(13), 129-146. [In Persian]

Frisch, S. A. (2015). A preliminary investigation of quantitative patterns in sonority sequencing. *Italian Journal of Linguistics 27*(1), 9-27.

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

Gnanadesikan, A. E. (1997). *Phonology with ternary scales*. PhD. dissertation. University of Massachusetts Amherst.

Goldsmith, J. A. (1990) *Autosegmental and Metrical Phonology*. Oxford: Blackwell Publishers.

Gordon, R. G. J. R. (2005). *Ethnologue: Languages of the world* (15th ed.). Dallas: SIL International.

Gouskova, M. (2004). Relational hierarchies in Optimality Theory: The case of syllable contact. *Phonology 21*(2), 201-250.

Jespersen, O. (1904). *How to teach a foreign language*. London: Routledge.

Kambuziya, A. K. Z., Tajabadi, F. & Mahmoodi Bakhtiari, B. (2012). Phonetic metathesis in Persian and some of Iranian dialects. *Journal of Letters and Language 32*, 105-127. [In Persian]

Kambuziya, A. K. Z., Yaghoubi, R. & Malmir, A. (2018). A study of Sonority Sequencing Principle (SSP) and Syllable Contact Law (SCL) in three syllable words with Initial CVCC in Persian. *Journal of Researches in Linguistics 10*(1), 61-82. [In Persian]

Ladefoged, P. (1993). *A course in phonetics* (3rd ed.). Fort Worth: Harcourt Brace Jovanovich College Publishers.

Ladefoged, P. and Johnson, K. (2010). *A course in phonetics* (6th ed.). Boston: Wadsworth publishing company.

Mahmoodi, S. (2017). Sonority-Driven Phonological Processes in Turkic Languages. *Language Related Research 8*(5), 235-268.

Mansouri, M. (2016). Investigating Sonority Sequencing Principle in one syllable CVCC Persian words in Gnanadesikan's ternary scales. *The Journal of Western Iranian Languages and Dialects 2*(13), 83-103. [In Persian]

Mehraban, M. (2010). *Investigating the principles of sonority in the phonological system of the Persian*. M.A. thesis. Ferdowsi University. [In Persian]

Modarresi Ghavami, G. (2014). *Phonetics; the scientific study of speech*. Tehran: Samt. [In Persian]

Mousavi, N. (2008). *The acoustics correlates of syllable weight, stress, sonority and length in Persian*. M.A. thesis. Bu Ali Sina University. [In Persian]

Naghshbandi, Sh. (2010). *Syllable Structure and Phonotactics in Hawrami and Standard Farsi (Generative/Post-Generative and Optimality Theory Perspectives).* Ph.D. Thesis. Allameh Tabataba'i University. [In Persian]

Navidi Baghi, S. (2013). *A Phonotactic study on Persian polysyllabic simple words*. M.A. thesis. Tarbiat Modaress University. [In Persian]

Ohala, D. (1995). Sonority driven cluster reduction. In E. V. Clark (Ed.). *The Proceeding of the Twenty Seventh Annual Child Language Research Forum* (pp. 217-226). Stanford, CA: Center Study of Language & Information.

Ohala, J. (1990). There is no interface between phonology and phonetics: A personal view. *Journal of phonetics 18*(2), 153-171.

Parker, S. (2003). The psychological reality of sonority in English words. *Journal of the International Linguistic Association 54*(3), 359–401.

Parker, S. (2002). *Quantifying the sonority hierarchy*. Ph. D. dissertation. University of Massachusetts.

Parker, S. (2008). Sound level protrusions as physical correlates of sonority. *Journal of Phonetics 36*(1), 55–90.

Parker, S. (2017). Sounding out Sonority. *Language & Linguistics Compass 11*(9), 1-41.

Rahilly, J. (2016). Sonority in natural language: A review. In M. J. Ball & N. Müller (Eds), *Challenging sonority: cross-linguistic evidence* (pp. 5–20). Sheffield, UK: Equinox.

Roca, I. & Johnson, W. (1999). *A course in phonology*. Oxford: Blackwell Publishers.

Sajadi, T. (2007). *Research on sonority in Persian words*. M.A. thesis. Bu Ali Sina University. [In Persian]

Salimi, L. & Kambuziya. A. K. Z. (2020). Investigating different ways of achieving the Sonority Sequencing Principle and the Syllable Contact Law: Optimality Theory. *Language Related Researches 11*(4), 241-265. [In Persian]

Samareh, Y. (1999). *The arrangement of segmental phonemes in Farsi* (2nd ed.). Tehran: Nashre Daneshgahi. [In Persian]

Sievers, E. (1885). *Grundzüge der Phonetik, zur Einführung in das Studium der Lautlehre der Indogermanischen Sprachen*. (Bibliothek Indogermanischer Grammatiken). Germany: Breitkopf & Härtel.

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

Taherloo, F. (2016). *Analyzing phonology of tri-Syllabic words of Persian according to Optimality Theory*. Ph.D. Thesis. Tarbiat Modaress University. [In Persian]

Tajabadi, F. (2015). *Phonological constraints on formation and combination of Persian bound morphemes in Optimality Theory*. Ph.D. Thesis. Tarbiat Modaress University. [In Persian]

Trubetzkoy, N. S. (1939). *Grundzűge der Phonologie. (Travaux du Cercle Linguistique de Prague)*. Translated by by Ch. A. M. Baltaxe. *Principles of Phonology*. Berkeley: University of California Press.

Whitney, W. D. (1889). *Sanskrit grammar, including both the classical language, and the older dialects, of Veda and Brahmana*. Cambridge, Massachusetts and London, England: Harvard University Press.

Wolf, O. (1871). *Sprache und Ohr: Akustisch-physiologische und pathologische Studien*. Braunschweig: Friedrich Vieweg.

Wulfert, S. (2017). Consonant clusters as units of processing: The roles of frequency and sonority. In S. Fuchs; J. Cleland; A. Rochet-Capellan & M. O. Chorin (Eds.). *Proceedings of the Winter School Speech Production and Perception: Learning and memory* (pp. 65–67). Berlin: German- French University Saarbrucken and the Leibniz Institute General Linguistics Berlin

Zolfaghari Serish, M. & Kambuziya, A. K. Z. (2005). Sonority in CVCC Syllables in Persian. *Journal of Language and Linguistics 4*(1), 121–134.

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747

https://doi.org/10.22108/jrl.2023.137338.1747