



<http://ui.ac.ir/en>

Journal of Researches in Linguistics

E-ISSN: 2322-3413

Document Type: Research Paper

12(1), 109-130

Received: 21.07.2020 Accepted: 28.10.2020

## Degree of Phonological Contrast in Contemporary Persian Language

Mahmood Bijankhan\* 

*Professor, Department of Linguistics, Faculty of Literature and Humanities, University of Tehran, Tehran, Iran.*

*mbjkan@ut.ac.ir*

Sedigheh Roshan Ghanbari

*Graduate student, Department of Computational Linguistics, Faculty of Sciences and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran*

*sedigheh.roshan@ut.ac.ir*

### Abstract

In this article, the current Persian phonological contrast system is addressed under the framework of functionalism. The Degree of Phonological Contrast (DC), as a quantitative index, is determined for consonants in terms of sonority, manner, and place of articulation, and tongue height, place, and length for vowels. The findings of this study demonstrate that DC can be explained for consonants and vowels in similar and dissimilar phonological classes.

**Keywords:** minimal pairs, degree of contrast, functional load, sonority, phonological class

### Introduction

The main question in this article concerns the extent to which Persian phonology employs the contrast of a pair of phonemes in the word formation. This question is already reported for consonants and vowels. The hypothesis of the research implies that decreasing the similarity of the opposition members in phonological features increases the prevalence of minimal pairs and vice versa. For this purpose, the phonological contrast and functional load of the functionalism are quantified according to the formula of the DC. Then, the DC mean is determined for consonants in terms of initial, middle, and final positions within words, and the number of syllables for vowels using non-linear mathematical functions. Findings confirmed that the dissimilarity of vowels in length, along with the similarity of consonants in non-sonority and coronality, are among the pervasive factors in Persian word formation.

### Materials and Methods

Research data include 41718 minimal pairs extracted from the generative lexicon (Eslami et al., 1383) with a volume of 52858 entries using a computer program. In this program, each entry's phonological form is compared with phonological forms of approximately the same length (with one unit of length error). If the difference is one, the two words are considered a minimal pair. Minimal pairs that differed in consonants were classified according to their beginning, middle, and end. Moreover, those that differed in vowels were classified according to the number of syllables. Diagrams of exponential and logistic functions were employed to study the relationship between the DC in consonants and the position of consonants at the beginning, middle, and end of words on the one hand, along with the relationship between the DC of vowels and the number of syllables on the other. To evaluate the research hypothesis, a comparison between the values of DCs, as well as their descending order, was performed.

---

\* Corresponding author

Copyright©2020, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>, which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they can't change it in any way or use it commercially.

[Doi: 10.22108/jrl.2020.123985.1496](https://doi.org/10.22108/jrl.2020.123985.1496)

### Discussion and Conclusion

Examining the minimal pairs in the Persian lexicon shows that the DC of Persian consonants increases as we move from the beginning to the end of the word. Moreover, as the number of syllables increases, the DC of vowels decreases, and the inflection point of DC mean variations rest on three-syllable words. Conversely, as the number of syllables increases, the DC of consonants decreases, while there is no inflection point of DC mean variations on three-syllable words. Overall, DC for dissimilar classes is greater than that of similar classes. Specifically, the DC of vowels (in terms of tongue height and length) for dissimilar classes is more than that of similar classes, while it is the opposite for the place of articulation. However, the DC of consonants varies according to sonority, manner, and place of articulation for both similar and dissimilar classes. Therefore, the members of minimal pairs tend to be non-sonorant and coronal.

### References

- Eslami, M.; Sharifi Atashgah; M., Alizadeh Lamjiri; S., Zandi, T. (2004). Persian generative lexicon. *Proceedings of the first workshop on Persian language and computer*. Tehran: University of Tehran Press. [In Persian]
- Hayes, B. (2009). *Introductory Phonology*. Oxford: Wiley-Blackwell.
- Hockett, Ch. F. (1967). The Quantification of Functional Load. *Word* 23(1-3), 300-320.
- Hyman, L. M. (1975). *Phonology: Theory and Analysis*, translated by Y. Samareh. (1368). *Nezam-e Ava 'i-ye Zaban: Nazariye Va Tahlil*. Tehran: Entesharat-e Farhang-e Mo'aser. [In Persian]
- Kenstowicz, M. (1944). *Phonology in Generative Grammar*. Cambridge: Blackwell Textbooks in Linguistics.
- King, R. D. (1967). Functional load and sound change. *Language* 13: 831– 852.
- Lazard, G. (1992). *Grammar of contemporary Persian*. Costa Mesa, CA: Mazda Publisher.
- Samareh, Y. (1977). *The arrangement of Segmental Phonemes in Farsi*. Tehran: University of Tehran Press.
- Samareh Y. (2001). *Persian Phonetics: Phonemes and Phonetic Syllable Structure* (2<sup>nd</sup> ed.). Tehran: University Publishing Center. [In Persian]
- Surendran D. & Niyogi, P. (2006). Quantifying the functional load of phonemic oppositions, distinctive features, and suprasegmentals. In O. Nethergaard Thomsen (Ed.), *Competing Models of Linguistic Change: Evolution and Beyond* (43-58). Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company.
- Yu, S.; Xu, C., Liu, H. & Chen, Y. (2011). Statistical analysis of Chinese phonemic contrast. *Phonetica* 68(4), 201-14. <http://doi.org/10.1159/000334548>.

نشریه پژوهش‌های زبان‌شناسی

سال دوازدهم، شماره اول، شماره ترتیبی ۲۲، بهار و تابستان ۱۳۹۹

نوع مقاله: پژوهشی


تاریخ وصول: ۱۳۹۹/۴/۳۱

تاریخ اصلاحات: ۱۳۹۹/۸/۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۸/۷

صص ۱۰۹-۱۳۰

## میزان تقابل واجی در زبان فارسی امروز

\* محمود بی‌جن خان 

\*\* صدیقه روشن قنبری

### چکیده

هدف از پژوهش حاضر بررسی نظام تقابل واجی زبان فارسی امروز در چارچوب مبانی نقش‌گرایی است. پرسش اصلی پژوهش، ناظر به میزان بهره‌برداری واج‌شناسی زبان فارسی از تقابل هر دو واج در واژه‌سازی است. داده‌های پژوهش شامل ۴۱۷۱۸ جفت کمینه است که از یک واژگان زایا به حجم ۵۲۸۵۸ مدخل با استفاده از برنامه‌ای رایانه‌ای استخراج شده‌اند. سپس، میزان تقابل واجی برای همخوان‌ها و واکه‌های فارسی به صورت مجزا محاسبه شد. تجزیه و تحلیل یافته‌های آماری نشان داد میزان تقابل واجی واکه‌ها در جفت‌های کمینه فارسی برحسب مشخصه‌های ارتفاع زبان و کشش برای طبقات غیرشبه بیشتر از همین میزان برای طبقه شبه است؛ اما برحسب محل تولید برای طبقات شبه بیشتر از همین میزان برای طبقه غیرشبه است. علاوه بر آن، میزان تقابل واجی همخوان‌ها برحسب رسایی، نحوه و محل تولید برای طبقات شبه و غیرشبه متفاوت عمل می‌کند، به طوری که اعضای تقابل مستقل از تعداد هجا گرایش به غیررسا و تیغه‌ای بودن دارند.

### کلیدواژه‌ها

جفت کمینه، میزان تقابل، بار نقشی، رسایی، طبقات واجی

## ۱- مقدمه

یکی از مباحث جالب و دقیق در واج‌شناسی نظری نقش تقابل واجی در واژه‌سازی است. از یک سو، واژه‌های هر زبان ترکیب نظام‌مندی از واج‌ها هستند و از سوی دیگر، واج‌های هر زبان از رهگذر جفت‌های کمینه شناسایی می‌شوند. هر واژه حداقل از یک هجا تشکیل شده و چینش واج‌ها در درون هر واژه تابع محدودیت‌هایی است که بر آغاز، قله و پایانه هجا حاکم است (Samareh, 1997؛ ثمره، ۱۳۸۰). پرسش اصلی پژوهش حاضر ناظر به ماهیت محدودیت‌های واج‌آرایی است که خود متأثر از نظام تقابلی واج‌ها در زبان است. زبان فارسی امروز چگونه از تقابل واج‌ها در ساختن واژه‌ها استفاده می‌کند؟ به عبارت دیگر، تقابل واج‌ها در ابتدا، وسط و پایان کلمات از چه ساختاری تبعیت می‌کند؟ فرضیه پژوهش ناظر به این معناست که هر قدر شباهت اعضای تقابل بر حسب مشخصه‌های واجی کمتر باشد، رواج جفت‌های کمینه بیشتر است و برعکس، هر قدر شباهت اعضای تقابل بر حسب مشخصه‌های واجی بیشتر باشد، رواج جفت‌های کمینه کمتر است. با بررسی جفت‌های کمینه موجود در واژگان فارسی مشخص می‌شود میزان تقابل واجی واکه‌ها بر حسب مشخصه‌های ارتفاع زبان، محل تولید و کشش برای طبقات غیرشبه بیشتر از همین میزان برای طبقات شبه است. همچنین، میزان تقابل واجی همخوان‌ها در جفت‌های کمینه فارسی بر حسب رسایی، نحوه و محل تولید و کشش برای طبقات شبه و غیرشبه متفاوت است. در این پژوهش بنا نداریم محدودیت‌های واج‌آرایی را از روی واژگان یا متون فارسی استخراج کنیم (Samareh, 1997)، بلکه قصد داریم به مطالعه شبکه تقابل واجی فارسی به مثابه یکی از علل محدودیت‌های واج‌آرایی بپردازیم. داده‌های پژوهش شامل ۴۱۷۱۸ جفت کمینه است که از واژگان زایا<sup>۱</sup> (اسلامی و همکاران، ۱۳۸۳) با استفاده از یک برنامه رایانه‌ای به زبان پایتون استخراج شده‌اند.

در بخش دوم پژوهش چارچوب نظری براساس مفاهیم بنیادین مکتب پراگ توضیح داده می‌شود. در بخش سوم، میزان تقابل واجی به مثابه شاخصی کمی برای اندازه‌گیری نقش واجی هر تقابل تعریف شده است. در بخش چهارم، واژگان زایا به مثابه منبع زبانی برای دستیابی به جفت‌های کمینه واجی معرفی شده است. بخش پنجم پژوهش، شیوه استخراج جفت‌های کمینه را از واژگان زایا توصیف می‌کند. در بخش ششم، میزان تقابل واج‌های فارسی با استفاده از توابع ریاضی به تفصیل بحث شده است. بخش هفتم میزان تقابل واجی واکه‌ها و همخوان‌های فارسی را به صورت مجزا بررسی کرده و فرضیه پژوهش را محک زده است. در بخش هشتم یافته‌های پژوهش گزارش شده است.

## ۲. چارچوب نظری

ویلم متیزیس<sup>۲</sup> (1882-1945) بنیان‌گذار مکتب پراگ، واج‌شناسی زبان را شامل سیاه‌های از واج‌ها، واج‌گونه‌ها، مشخصه‌های تمایزدهنده و بار نقشی می‌داند (Surendran & Niyogi, 2006). تقابل واجی<sup>۳</sup> و بار نقشی<sup>۴</sup> دو دستاورد مکتب پراگ است. تقابل واجی از طریق چندتایی‌های کمینه<sup>۵</sup> به دست می‌آید و بار نقشی دلالت بر میزان به کارگیری تقابل بین هر دو واج در

۱. این یک اسم خاص است که اسلامی و همکاران (۱۳۸۳) برای واژگان الکترونیکی خود انتخاب کرده‌اند و لزوماً هم‌ارز با مفهوم «واژگان زایا» در زبان‌شناسی نظری نیست. به همین دلیل، معادل انگلیسی آن در پانویس آورده نشده است.

۲. V. Mathesius

۳. phonological contrast (opposition)

۴. functional load (FL)

۵. minimal n-tuplets

واژه‌های یک زبان دارد. تروبتسکوی<sup>۱</sup> (1890-1945) انواع تقابل‌های واجی را برحسب مشخصه‌های تک‌ارزشی تعریف کرده است<sup>۲</sup> (Hyman, 1975؛ ترجمه ثمره، ۱۳۶۸). یاکوبسن<sup>۳</sup> (1896-1982) تقابل‌های واجی را برحسب مشخصه‌های تمایزدهنده دوارزشی تعریف کرده (Kenstowicz, 1994) که در واج‌شناسی زایشی مبنای توصیف طبقات طبیعی واجی قرار گرفته است. طبقات طبیعی واجی برحسب مشخصه‌های دوارزشی، در واقع، صورت‌بندی انواع تقابل‌های تروبتسکوی هستند. برای مثال، انفجاری‌های نادمیده واکدار فارسی شامل بیش از دو همخوان یعنی /g/, /j/, /d/, /b/ هستند. بنابراین، تقابل چندجانبه بین آنها برقرار است و طبقه طبیعی [-son,<sup>۴</sup> -cont,<sup>۵</sup> -sg<sup>۶</sup>] را می‌سازند و قادرند در فرایندهای واجی نقش واحدی را ایفا کنند؛ برای مثال، در مجاورت همخوان‌های بیواک واکرفته شوند.

مارتینه<sup>۷</sup> (1908-1999) بار نقشی برای هر دو واج مانند x و y را میزان به‌کارگیری آن دو واج در تمایز واژه‌های زبان می‌داند و آن را با FL(x,y) نشان می‌دهد. او معتقد است هر چه مقدار بار نقشی دو واج بیشتر باشد، احتمال خنثی‌شدگی تقابل آنها کمتر می‌شود (Surendran & Niyogi, 2006)؛ زیرا اگر چنین نباشد ارتباط گفتاری بین اهل زبان مختل می‌شود. برخی تقابل‌های واجی کاربرد بیشتری در ارتباط گفتاری دارند. برای نمونه، با بررسی آماری این پژوهش که مشخصات آن در بخش چهار خواهد آمد، این نتیجه به دست آمد که در ابتدای کلمات دوهجایی فارسی، تقابل بین /s/ و /b/ در کلماتی چون «سر» و «بر»، بیشترین کاربرد و تقابل بین /z/ و /n/ در کلماتی چون «ژاله» و «ناله»، کمترین کاربرد را دارد. همچنین، مارتینه این فرضیه را مطرح کرد که هر قدر از میزان بار نقشی دو واج کاسته شود، احتمال از بین رفتن تقابل آن دو واج در گذر زمان بیشتر می‌شود (Yu et al., 2011). فرضیه مارتینه این نتیجه را در بر دارد که تحولات آوایی برای واج‌هایی که بار نقشی زیاد دارند، کمتر است؛ زیرا ارتباط گفتاری نباید دچار اختلال شود. به عبارت دیگر، ساخت همزمانی و درزمانی واج‌های زبان متأثر از نقش ارتباطی واج‌ها شکل می‌گیرد. این فرضیه را برخی زبان‌شناسان به‌طور جدی نقد کرده‌اند (Yu et al., 2011; King, 1967)؛ زیرا این امکان وجود دارد که تحولات آوایی ناشی از تغییر در مشخصه‌های آوایی در یک جایگاه واجی خاص، مثلاً پایان کلمه، بیشتر ظاهر شود. اینکه این فرضیه چقدر با واقعیت داده‌های واجی مطابقت دارد، جای بحث است. برای مثال، در سیر تحول نظام واجی از فارسی میانه به فارسی امروز، تقابل سایش ملازی بیواک /χ/ با جفت لبی‌شده‌اش /χ<sup>w</sup>/ در گویش شوشتری و دزفولی حفظ شده است: مانند کلمه /χ<sup>w</sup>ad/ در معنای بن مضارع فعل «خوردن» در مقابل کلمه /χad/ «خر»، اگرچه این تقابل در بعضی از گویش‌های دیگر ایرانی از بین رفته است. پذیرش فرضیه مارتینه درباره رابطه بین بار نقشی و تحولات آوایی در زبان‌ها جای تردید دارد؛ اما اندازه‌گیری میزان بهره‌برداری واج‌شناسی زبان از تقابل واجی در واژه‌سازی می‌تواند آموزنده باشد. **هاکت**<sup>۸</sup> (1967) اولین فرمول ریاضی را برای محاسبه بار

<sup>۱</sup> N. Trubetskoj

<sup>۲</sup> انواع تقابل‌های واجی عبارت‌اند از: تقابل‌های دوجانبه، چندجانبه، همسنگ، منفرد، ویژه، مدرج، برابر، پایدار و ناپایدار (Hyman, 1975؛ ترجمه ثمره ۱۳۶۸: ۵۸-۵۴).

<sup>۳</sup> R. Jakobson

<sup>۴</sup> son = sonorant

<sup>۵</sup> cont = continuant

<sup>۶</sup> sg = spread glottis

<sup>۷</sup> A. Martinet

<sup>۸</sup> Ch. F. Hockett

نقشی دو واج در یک زبان صورت‌بندی کرد. برای این منظور، او براساس مفهوم آنتروپی در نظریه اطلاعات، بار نقشی را در تقابل بین دو واج در یک زبان هم‌ارز با میزان پیش‌بینی‌پذیری آن دو واج در یک متن گفتاری تعریف کرد و به این نتیجه رسید هرچه این میزان بیشتر باشد بار نقشی تقابل واجی کمتر است، و برعکس، هرچه میزان پیش‌بینی‌پذیری واج‌ها در یک تقابل واجی کمتر باشد بار نقشی تقابل واجی بیشتر است. آنچه در این پژوهش به آن خواهیم پرداخت، کمی‌سازی میزان هر تقابل واجی در واژگان یک زبان است که مقدم بر بار نقشی است. بنابراین، برای ساده‌سازی بحث از پرداختن به محاسبه بار نقشی یک تقابل واجی در متون گفتاری زبان پرهیز کرده‌ایم.

### ۳. میزان تقابل واجی

تصور می‌کنیم که از تلفظ یک کلمه در ذهن اهل زبان هست، صورت واجی نام دارد. صورت واجی یک کلمه، رشته‌ای از واج‌های زبان است. بنابراین، هر واج در یک جایگاه مشخص در صورت واجی قرار دارد که می‌تواند در آغاز، وسط و پایان کلمه خلاصه شود. اگر تفاوت صورت واجی دو کلمه ناشی از حضور واج X در کلمه اول و واج Y در کلمه دوم در یک جایگاه مشخص باشد، آن دو کلمه جفت کمینه هستند و X و Y در تقابل واجی با یکدیگرند. برای مثال، تقابل بین /f/ و /n/ در ابتدای کلماتی چون «فک» و «نوک»، در وسط کلماتی چون «لفت» و «لنت»، و در پایان کلماتی چون «ناف» و «نان»، تمایزدهنده است. اگرچه این تقابل در سه جفت کمینه آورده شده‌اند، تفاوت واجی اعضای تقابل یعنی واج‌های /f/ و /n/ برحسب مشخصه‌های تمایزدهنده واجی بیشینه است؛ زیرا در محل و نحوه تولید و واکداری-بیواکی شباهت ندارند. همچنین، تقابل بین /m/ و /n/ در ابتدای کلماتی چون «مام» و «نام»، در وسط کلماتی چون «خامی» و «خانی»، و در پایان کلماتی چون «مصمم» و «مشم» تمایزدهنده است. اما تفاوت واجی اعضای تقابل یعنی واج‌های /m/ و /n/ برحسب مشخصه‌های تمایزدهنده واجی کمینه است؛ زیرا فقط در محل تولید شباهت ندارند. پرسش اصلی پژوهش این است که زبان فارسی به چه میزان از تقابل هر دو واج در واژه‌سازی استفاده می‌کند. مسلماً زبان فارسی از تقابل /f/ و /n/ از یک سو و تقابل /m/ و /n/ از سوی دیگر، و به‌طور کلی از تقابل واج‌های X و Y به یک اندازه در واژه‌سازی استفاده نمی‌کند.

تعریف جفت کمینه را می‌توان به تقابل واج X با واج تهی یا صفر تعمیم داد.<sup>۱</sup> هیز<sup>۲</sup> (۲۰۰۹:۶۴) این وضعیت را «تقابل با صفر» می‌نامد. برای مثال، واژه «باد» /bad/ که سه واج دارد، با همه کلمات دوواجی مانند «با» /ba/، سه‌واجی مانند «بار» /ba: /

<sup>۱</sup> واج‌گان هر زبان شامل مجموعه‌ای از واج‌ها است که در آن زبان نقش تقابلی دارند. از دیدگاه صورت‌گرایی، چون تهی عضو هر مجموعه‌ای است، پس واج تهی عضو واج‌گان همه زبان‌ها است در حالی که نقش واجی آن در هر زبان تابع نظام واجی آن زبان است؛ یعنی می‌توان در هر زبان یک واج در نظر گرفت که در آن ارزش همه مشخصه‌های تمایزدهنده صفر باشد. اولین بار که بدون دوکورتی (۱۸۴۵-۱۹۲۹) مفهوم واج را در چارچوب تناوب صداهای شبیه به هم در بافت‌های مختلف واجی مطرح کرد و از سوی افرادی چون سویت (۱۸۴۵-۱۹۱۲) و سپیر (۱۸۸۴-۱۹۳۹) و دیگران توسعه پیدا کرد، هیچ‌گاه سخن از واج تهی به میان نمی‌آمد. هیز (۲۰۰۹:۶۴) معتقد است هر واج می‌تواند در تقابل با صفر یا واج تهی باشد. اما شاهد رایج و پرکاربرد برای واج تهی در مبحث تناظر بین حرف و واج در زبان‌های واج‌نگار (phonograph) است که در آنها در یک حالت آرمانی به‌ازای هر حرف در صورت نوشتاری یک کلمه، معمولاً یک واج در تلفظ آن کلمه وجود دارد. برای مثال، در خط واج‌نگار فارسی امروز، به‌ازای هر حرف در کلمه «خار» یک واج در تلفظ آن وجود دارد: /xɑ:/. اما به احتمال خیلی زیاد در همه زبان‌های واج‌نگار در مواردی این تناظر یک به یک بین حرف و واج نقض می‌شود. برای مثال، اگر بخواهیم بین صورت نوشتاری کلمه «خواب» و تلفظ آن /xab/ یک تناظر یک به یک برقرار کنیم، یا باید دوحرفی «خو» را به واج /x/ بنگاریم یا باید حرف «او» را به واج تهی بنگاریم که برای تعریف تناظر یک به یک حالت دوم درست است؛ زیرا حرف «او» اساساً تلفظ نمی‌شود. به عبارت دیگر، تلفظ نشدن یک حرف در کلمه به معنای وجود واج تهی در صورت واجی آن کلمه است.

<sup>۲</sup> B. Hayes

و چهارواجی مانند «باند» /band/ که همگی فقط در یک واج تفاوت دارند، جفت کمینه می‌سازد. در این صورت طول اعضای جفت کمینه برابر نیست؛ زیرا یکی از اعضا می‌تواند یک واج کمتر یا بیشتر از دیگری داشته باشد. فرض کنیم میزان تقابل واجی دو واج  $x$  و  $y$  را با  $DC(x/y)$  نشان دهیم. در این صورت، میزان تقابل واجی  $x$  و  $y$  برابر است با نسبت تعداد جفت‌های کمینه حاصل از تقابل دو واج به تعداد کلماتی که هر کدام از دو واج (در یک جایگاه مشخص) در آن‌ها ظاهر می‌شوند (Yu et al., 2011).

$$(۱) \quad DC(x/y) = \frac{\text{تعداد جفت‌های کمینه حاصل از واج‌های } x \text{ و } y}{\text{تعداد کلمات دارای واج } x}$$

رابطه (۱) میزان تقابل دو واج  $x$  و  $y$  را نشان می‌دهد. واضح است که میزان تقابل دو واج برحسب هر کدام از اعضای تقابل می‌تواند برابر نباشد، یعنی داشته باشیم:  $DC(x/y) \neq DC(y/x)$ ؛ زیرا اگر میزان تقابل  $x$  و  $y$  را در مقایسه با کل کلمات دارای واج  $x$  بسنجیم، مقداری که به دست می‌آید لزوماً با مقداری که در مقایسه با کل کلمات دارای واج  $y$  به دست می‌آید برابر نیست، مگر آنکه تعداد کلمات دارای واج  $x$  و  $y$  برابر باشد.

همیشه مقدار میزان تقابل، عددی بین صفر و یک خواهد بود. اگر میزان تقابل دو واج صفر باشد، آن دو واج در توزیع تکمیلی با یکدیگر هستند؛ زیرا این به معنای نبود جفت کمینه برای واج‌های  $x$  و  $y$ ، یا صفر شدن صورت در رابطه (۱)، خواهد بود.

#### ۴. واژگان زایا

واژگان زایا متشکل از ۵۴۳۸۹ مدخل به همراه صورت واجی آنها است (اسلامی و همکاران، ۱۳۸۳). ابتدا صورت نوشتاری و واجی چهل مدخل اصلاح شدند. سپس، مداخلی چون «چقدر» و «چه قدر» یا «املاء» و «املا» که واژه‌های هم‌آوا و هم‌معنی با صورت‌های نوشتاری متفاوت بودند، یکسان‌سازی شدند و فقط یک صورت واجی و نوشتاری در نظر گرفته شد. در نهایت، واژگان به ۵۲۸۵۸ مدخل کاهش یافت.

جدول توزیع فراوانی نسبی کلمات را برحسب تعداد هجا نشان می‌دهد. کلمات سه‌هجایی بیشترین و کلمات یک‌هجایی کمترین فراوانی نسبی را در واژگان دارند. فراوانی نسبی کلمات دوهجایی و چهارهجایی، با اختلاف تقریباً دو درصد، از کلمات سه‌هجایی فاصله دارند.

#### جدول ۱- توزیع فراوانی مدخل‌های واژگان زایا براساس تعداد هجا

Table 1- Frequency distribution for the entries of the generative lexicon in terms of the number of syllables

جمع	یک هجایی	دو هجایی	سه هجایی	چهار هجایی	پنج هجایی	شش تا چهارده هجایی
۱۰۰٪	۳/۹۸٪	۲۲/۵۲٪	۳۲/۴٪	۲۴/۳٪	۱۱/۷۸٪	۵/۰۲٪

## ۵. استخراج جفت‌های کمینه

برای استخراج جفت‌های کمینه از واژگان زایا برنامه‌ای به زبان پایتون نوشته شد. در سخت‌ترین حالت ممکن باید هر صورت واجی را با تمام صورت‌های واجی دیگر موجود در پیکره مقایسه کرد. پیچیدگی زمانی الگوریتمی که مبتنی بر این شیوه باشد  $O(n^2)$  می‌شود. از آنجا که جفت کمینه به اختلاف در تنها یک واج اطلاق می‌شود، صورت واجی هر کلمه را می‌توان تنها با صورت‌های واجی هم‌طول و یک واحد طول کمتر و بیشتر مقایسه کرد و در صورت مشاهده تنها یک اختلاف، آن دو کلمه را به‌مثابه جفت کمینه در نظر گرفت. از این رو، به‌منظور بهبود پیچیدگی زمانی، جفت‌ها را براساس طول صورت واجی مرتب کرده و هر واژه تنها با واژه‌های هم‌طول و یک واحد طول بیشتر مقایسه شد تا از قیاس مجدد با واژه‌هایی که در مراحل قبل بررسی شدند، خودداری شود. به این طریق پیچیدگی زمانی الگوریتم تقریباً یک‌ششم کاهش یافت. در نهایت، برای تحلیل جفت‌های کمینه حاصل‌شده، جفت‌هایی که اختلاف در همخوان داشتند، برحسب جایگاه ابتدا، وسط و انتهای واژه دسته‌بندی شدند و آنهایی که اختلاف در واژه داشتند، برحسب تعداد هجا طبقه‌بندی شدند.

در واژگان زایا ۴۱۷۱۸ جفت کمینه به دست آمد که از این تعداد ۸۸/۱۷ درصد جفت‌ها مربوط به همخوان‌ها و ۱۱/۸۳ درصد آنها به واژه‌ها تعلق داشت. در جدول‌های (۲) و (۳) فراوانی نسبی جفت‌های کمینه یافت‌شده به تفکیک جایگاه برای همخوان‌ها و به تفکیک تعداد هجا برای واژه‌ها برحسب درصد مشاهده می‌شود. منظور از ابتدایی، وسط‌تبی و انتهایی تقابل همخوان با واج تهی در جایگاه ابتدا، وسط و انتهای جفت‌های کمینه است. برای مثال، کلمات «باد» و «باند» جفت‌های کمینه وسط‌تبی هستند، چون واج /n/ در وسط کلمه «باند» در تقابل با واج تهی (صفر) در وسط کلمه «باد» است. همچنین، کلمات «باد» و «با» جفت‌های کمینه انتهایی هستند، چون واج /d/ در انتهای کلمه «باد» در تقابل با واج تهی در انتهای کلمه «با» است. علاوه بر آن، چون این فرض را پذیرفته‌ایم که تمام کلمات فارسی با یک همخوان شروع می‌شوند؛ بنابراین، جفت کمینه ابتدایی در واژگان فارسی وجود ندارد. جدول (۲) نشان می‌دهد هرقدر از ابتدا به سمت انتهای کلمات فارسی برویم از فراوانی نسبی تقابل‌های همخوانی کاسته می‌شود. این بدان معناست که فارسی‌زبانان از تقابل‌های همخوانی در ابتدای کلمه بیشتر از وسط و سپس انتهای کلمه استفاده می‌کنند. همچنین، جدول (۳) نشان می‌دهد اگرچه کلمات دوهجایی بیشترین فراوانی نسبی را برای تقابل واژه‌ای دارند، در مجموع همانند تقابل‌های همخوانی هرقدر از ابتدا به سمت انتهای کلمات فارسی برویم از فراوانی نسبی تقابل‌های واژه‌ای کاسته می‌شود.

### جدول ۲- فراوانی نسبی جفت‌های کمینه همخوان‌ها براساس جایگاه ابتدا، وسط و انتهای واژه‌ها

Table 2- Relative frequency of the minimal pairs for consonants in terms of the beginning, middle and end positions of the words

ابتدا	ابتدایی	وسط	وسط‌تبی	انتهایی	جمع
٪ ۳۹/۲۶	۰	٪ ۳۰/۸۸	٪ ۴/۶۸	٪ ۱۸/۸	٪ ۱۰۰



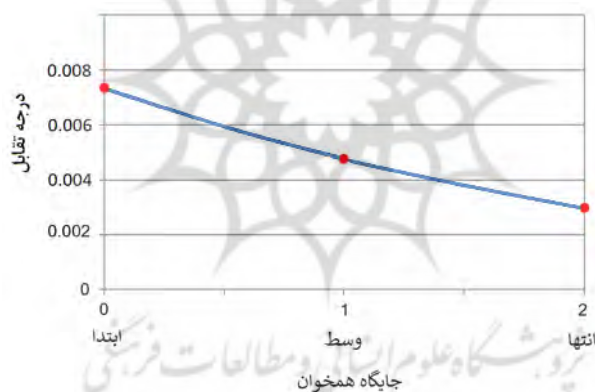
جدول ۳- فراوانی نسبی جفت‌های کمینه واکه‌ها براساس تعداد هجای واژه‌ها  
 Table 3- Relative frequency of the minimal pairs for vowels in terms of the number of syllables of the words

جمع	شش تا نه هجایی	پنج هجایی	چهار هجایی	سه هجایی	دو هجایی	یک هجایی
٪ ۱۰۰	٪ ۰/۳۵	٪ ۰/۹۳	٪ ۴/۸۶	٪ ۲۰/۱۶	٪ ۴۵/۳۴	٪ ۲۸/۳۶

### ۶. میزان تقابل واج‌های فارسی

با استفاده از رابطه (۱)، می‌توان میزان تقابل واج‌های فارسی را برای همخوان‌ها براساس جایگاه ابتدا، وسط و انتها و برای واکه‌ها براساس تعداد هجا محاسبه کرد. در شکل ۱ میانگین میزان تقابل همخوان‌های فارسی براساس جایگاه ابتدا، وسط و انتهای واژه نمایش داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، هر قدر از ابتدا به سمت انتهای کلمه برویم، از میزان تقابل واجی همخوان‌های فارسی کاسته می‌شود. رابطه بین جایگاه واج‌ها و میانگین میزان تقابل با تابع منحنی برازش<sup>۱</sup> نمایی رابطه (۲) و ضریب تعیین<sup>۲</sup> ۱ است.

$$(۲) \quad f(x) = ۰/۰۰۹۷۴ \times e^{-۰/۲۸۳۴x} - ۰/۰۰۲۴۵۹$$



شکل ۱- میانگین میزان تقابل همخوان‌ها در جایگاه ابتدا، وسط و انتهای واژه

Fig 1- DC mean of the consonants for the beginning, middle and end positions of the words

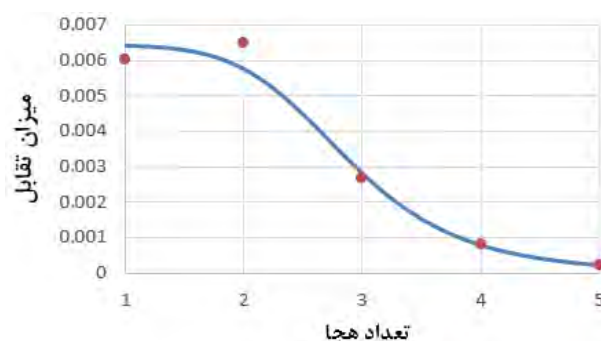
شکل (۲) رابطه بین میانگین میزان تقابل واکه‌ها را بر مبنای تعداد هجا با استفاده از منحنی برازش غیرخطی لجستیک (۳) با ضریب تعیین تعدیل شده<sup>۳</sup> ۰/۹۹۹ نمایش می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود هر چه به تعداد هجاهای کلمات افزوده می‌شود از میانگین میزان تقابل واکه‌ها کاسته می‌شود و نقطه عطف تغییرات میانگین روی کلمات سه‌هجایی قرار دارد که میانگین میزان تقابل آنها کمتر از کلمات یک‌هجایی و دوهجایی و بیشتر از کلمات چهارهجایی و پنج‌هجایی است.

1. curve fitting function

2. coefficient of determination (R)

3. adjusted R

$$(۳) \quad f(x) = -0.00002 + \frac{0.00643 - (-0.00002)}{1 + \left(\frac{x}{2/1876}\right)^{5/922}}$$



شکل ۲- میانگین میزان تقابل واژه‌ها بر اساس تعداد هجای واژه‌ها

Fig 2- DC mean of the vowels in terms of the number of the syllables of the words

همچنین، میزان تقابل همخوان‌ها نسبت به جایگاه واجی و بر مبنای تعداد هجا<sup>۱</sup> بررسی شد. در جایگاه ابتدای کلمه میانگین میزان تقابل با تعداد هجا رابطه غیرخطی لجستیکی با پارامترهای مشخص شده در رابطه (۴) دارد. در شکل (۳) این رابطه با منحنی برازش لجستیکی و ضریب تعیین تعدیل شده ۰/۹۹۹ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود با افزایش تعداد هجاهای کلمات از میزان تقابل همخوانی در ابتدای کلمات فارسی کاسته می‌شود. بازهم نقطه عطف تغییرات میانگین روی کلمات سه‌هجایی قرار دارد.

$$(۴) \quad f(x) = 0.000146 + \frac{0.0036 - 0.000146}{1 + \left(\frac{x}{2/444}\right)^{7/493}}$$



شکل ۳- میانگین میزان تقابل همخوان‌ها در جایگاه ابتدای کلمات بر اساس تعداد هجا

Fig 3- DC mean of the consonants in the beginning position of the words in terms of the number of the syllables

<sup>۱</sup> تعداد هجا عددی صحیح است. اما به منظور نمایش رفتار تغییرات میزان تقابل واجی بر حسب تعداد هجا با منحنی برازش و نشان دادن تعمیم‌های واجی در قالب نمودار، این متغیر را پیوسته در نظر گرفتیم.

شکل (۴) رابطه میانگین میزان تقابل با تعداد هجا را برای همخوان‌ها در جایگاه وسط کلمات نشان می‌دهد که با ضریب تعیین تعدیل شده ۰/۹۷ دارای توزیع شبه‌گوسی متمایل به راست (۵) است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بازهم نقطه عطف تغییرات میانگین روی کلمات سه‌هجایی قرار دارد.

$$(۵) \quad f(x) = ۰/۰۰۳ \times e^{\frac{-(x - ۲/۲۶۱)^2}{۲ \times ۰/۶۴}}$$

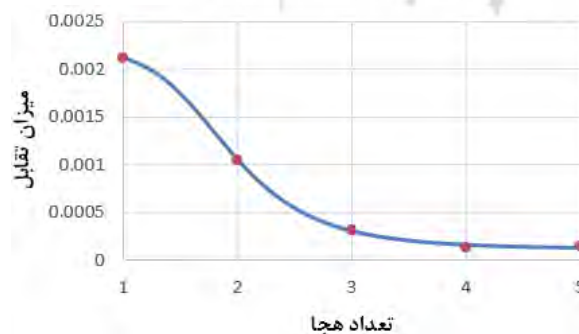


شکل ۴- میانگین میزان تقابل همخوان‌ها در جایگاه وسط کلمات براساس تعداد هجا

Fig 4- DC mean of the consonants in the middle position of the words in terms of the number of the syllables

در شکل (۵) نیز رابطه میانگین میزان تقابل همخوان‌های انتهایی واژه و تعداد هجا را با منحنی برازش لجستیکی (۶) و ضریب تعیین تعدیل شده ۰/۹۹۸ نمایش داده‌ایم. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش تعداد هجاهای کلمات بازهم از میزان تقابل همخوانی کلمات فارسی کاسته می‌شود، با این تفاوت که نقطه عطفی در تغییرات میانگین روی کلمات سه‌هجایی دیده نمی‌شود؛ زیرا میانگین میزان تقابل همخوان‌ها در انتهای کلمات سه‌هجایی تفاوت معنی‌داری با کلمات چهارهجایی و پنج‌هجایی ندارد، و همگی کمتر از ۰,۰۰۰۵ هستند.

$$(۶) \quad f(x) = ۰/۰۰۰۱۱ + \frac{۰/۰۰۲۱۸ - ۰/۰۰۰۱۱}{1 + \left(\frac{x}{۱/۹۳۳}\right)^{۵/۱۸۴۳}}$$



شکل ۵- میانگین میزان تقابل همخوان‌ها در جایگاه انتهایی کلمات براساس تعداد هجا

Fig 5- DC mean of the consonants in the end position of the words in terms of the number of the syllables

## ۷. تجزیه و تحلیل یافته‌ها

در این بخش به بحث دربارهٔ میزان تقابل واجی همخوان‌ها و واکه‌های فارسی برحسب مشخصه‌های تمایزدهندهٔ واجی می‌پردازیم. در این پژوهش، تقابل جفت‌های کمینه در حوزهٔ واکه‌ها و همخوان‌ها برحسب مشخصه‌های نحوهٔ تولید، محل تولید و طبقهٔ عمدهٔ واجی بررسی شده است. فرضیهٔ کلی پژوهش این است که تقابل جفت‌های کمینه متأثر از میزان شباهت اعضای تقابل برحسب مشخصه‌های واجی است: یعنی هر قدر شباهت اعضای تقابل برحسب مشخصه‌های واجی کمتر باشد، رواج جفت‌های کمینه بیشتر است و برعکس، هر قدر شباهت اعضای تقابل برحسب مشخصه‌های واجی بیشتر باشد، رواج جفت‌های کمینه کمتر است. این فرضیه با مبانی واج‌شناسی صورت‌گرا و نقش‌گرا کاملاً هماهنگ است. اگر اصل مرز اجباری<sup>۱</sup> را به نظام تقابل واجی گسترش دهیم، انتظار می‌رود میزان تقابل واجی در جفت‌های کمینه که اعضای تقابل‌شان شباهت کمتری دارند، بیشتر از جفت‌های کمینه‌ای باشد که اعضای تقابل‌شان شباهت بیشتری دارند.<sup>۲</sup>

### ۷-۱. میزان تقابل واجی واکه‌ها

در بررسی میزان تقابل واجی واکه‌ها از مشخصه‌های ارتفاع زبان، محل تولید و کشش استفاده شده است. برای این منظور، سه درجهٔ ارتفاع زبان یعنی افراشته، متوسط و افتاده در نظر گرفته شد و جفت‌های کمینه برای شش حالت افراشته-افراشته، افراشته-متوسط، افراشته-افتاده، متوسط-متوسط، متوسط-افتاده و افتاده-افتاده طبقه‌بندی شدند. سپس میزان تقابل واجی برای هر طبقه برحسب تعداد هجای کلمات با استفاده از فرمول (۱) به دست آمد (جدول ۴). محتوای جدول (۴)، و سایر جداول، برحسب مقادیر میزان تقابل واجی کلمات یک‌هجایی به ترتیب نزولی مرتب شده است. خاکستری شدن برخی خانه‌های جدول به این معنی است که برای حفظ ترتیب نزولی در ستون مربوطه، مقدار خاکستری باید به یکی از خانه‌های بالاتر منتقل شود. برای مثال، مقدار ۰/۱۱۵ برای طبقهٔ افتاده-افتاده باید به خانهٔ بالاتر از خود به‌جای مقدار ۰/۰۹۷ منتقل شود تا ترتیب نزولی در ستون دوهجایی برقرار باشد.<sup>۳</sup> طبقات ارتفاع زبان را می‌توان برحسب شباهت اعضای تقابل به دو دسته تقسیم کرد: طبقهٔ اول شامل طبقاتی که اعضای تقابل‌شان شبیه نیستند: افراشته-افتاده (مانند «راز» و «روز»)، افراشته-متوسط (مانند «پوست» و «پُست») و متوسط-افتاده (مانند «یُد» و «یاد»). طبقهٔ دوم شامل طبقاتی که اعضای تقابل‌شان شبیه هستند: افراشته-افراشته (مانند «پیچ» و «پوچ»)، افتاده-افتاده (مانند «تار» و «تر») و متوسط-متوسط (مانند «لنگ» و «لنگ»).

<sup>۱</sup>. Obligatory Contour Principle (OCP)

اصل مرز اجباری دربارهٔ عدم مجاورت دو خودواحد مشابه یکدیگر بر روی محور هم‌نشینی است. می‌توان مفهوم «مجاورت» را به محور جانشینی تعمیم داد.  
<sup>۲</sup>. در ادامه سعی شده است مثال‌های جفت‌های کمینه، فارغ از تعداد هجا، از کلمات اصیل فارسی انتخاب شوند. همچنین، جفت‌های کمینهٔ همخوانی با توجه به همخوان آغازین کلمات انتخاب شده‌اند.

<sup>۳</sup>. با این روش، قصد داریم ساختار تقابل واجی کلمات فارسی را برحسب تعداد هجا و طبقات ارتفاع زبان مطالعه کنیم.

## جدول ۴- میزان تقابل واجی برای ارتفاع زبان واکه بر حسب تعداد هجای کلمات

Table 4- DC for vowel height in terms of the number of the syllables

ارتفاع زبان	یک هجایی	دو هجایی	سه هجایی	چهار هجایی	پنج هجایی	فراوانی
افراشته-افتاده	۲/۹۳۷	۰/۴۴۴	۰/۰۸	۰/۰۲۱	۰/۰۰۶	۱۵۳۸
افراشته-متوسط	۲/۰۵۵	۰/۳۲۴	۰/۰۹۵	۰/۰۱۹	۰/۰۱	۱۱۷۷
متوسط-افتاده	۱/۸۷۵	۰/۲۲۶	۰/۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۹۴۰
افراشته-افراشته	۰/۸۲۷	۰/۰۹۷	۰/۰۱۷	۰/۰۰۹	۰	۲۴۷
افتاده-افتاده	۰/۵۳۱	۰/۱۱۵	۰/۰۳	۰/۰۱۴	۰/۰۰۶	۶۶۵
متوسط-متوسط	۰/۲۹۸	۰/۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰	۱۲۷

در کلمات یک هجایی میزان تقابل واجی در طبقات غیرشبهه بالاتر از طبقات شبهه است. در کلمات دو هجایی با انتقال طبقه افتاده-افتاده به جای طبقه افراشته-افراشته ترتیب نزولی همچنان برقرار می ماند. در کلمات سه هجایی نیز با دو انتقال همچنان ترتیب نزولی بین طبقه غیرشبهه و شبهه به هم نمی خورد. اما در کلمات چهار هجایی و پنج هجایی که از کمترین میزان بسامد واژگانی برخوردارند، با دو انتقال که به صعود طبقه افتاده-افتاده به جایگاه طبقه متوسط-افتاده می انجامد، ترتیب نزولی طبقات غیرشبهه و شبهه مخدوش شده و فرضیه پژوهش نقض می شود. بنابراین، این نتیجه به دست می آید که به طور کلی میزان تقابل واجی در جفت های کمینه فارسی فارغ از ساخت هجا بر حسب مشخصه های ارتفاع زبان در طبقات غیرشبهه بیشتر از طبقات شبهه است. علاوه بر آن، در کلمات پربسامد یک هجایی تا سه هجایی ترتیب نزولی مقادیر میزان تقابل واجی هماهنگ با ترتیب طبقات غیرشبهه و سپس طبقه شبهه است؛ اما در کلمات کم بسامد چهار هجایی و پنج هجایی جایگاه طبقه افتاده-افتاده بالاتر از جایگاه طبقه متوسط-افتاده است.

همچنین، به ازای دو محل تولید پیشین و پسین، جفت های کمینه برای سه حالت پیشین-پیشین، پیشین-پسین و پسین-پسین طبقه بندی شدند و میزان تقابل واجی برای هر طبقه بر حسب تعداد هجای کلمات با استفاده از فرمول (۱) به دست آمد (جدول ۵). طبقات محل تولید را می توان بر حسب شباهت اعضای تقابل به دو دسته تقسیم کرد: طبقه اول شامل طبقاتی که اعضای تقابل شان شبهه نیستند: پیشین-پسین (مانند «توان» و «تاوان»). طبقه دوم شامل طبقاتی که اعضای تقابل شان شبهه هستند: پیشین-پیشین (مانند «شوره» و «شوری») و پسین-پسین (مانند «سوختگی» و «ساختگی»).

## جدول ۵- میزان تقابل واجی برای محل تولید واکه بر حسب تعداد هجای کلمات

Table 5- DC for place of articulation of the vowels in terms of the number of the syllables

یک هجایی	دو هجایی	سه هجایی	چهار هجایی	پنج هجایی	فراوانی
۵/۲۲۹	۰/۲۴۳	۰/۰۵	۰/۰۱۲	۰/۰۰۹	۷۸۱
۲/۰۴۵	۰/۷۱۶	۰/۱۱۸	۰/۰۴	۰/۰۱۱	۲۷۲۲
۱/۲۴۹	۰/۲۸۷	۰/۰۸۹	۰/۰۱۶	۰/۰۰۵	۱۱۹۱

در کلمات دوهجایی تا پنج‌هجایی با انتقال طبقه پیشین-پسین به جایگاه طبقه پسین-پسین و انتقال طبقه پیشین-پسین به یک جایگاه بالاتر ترتیب نزولی طبقات غیرشبه و شبه برقرار می‌شود. فقط در کلمات یک‌هجایی است که این ترتیب نزولی مخدوش می‌شود؛ زیرا طبقه پسین-پسین دارای میزان تقابل بیشینه است. بنابراین، این نتیجه به دست می‌آید که به جز کلمات یک‌هجایی، در کلمات دوهجایی تا پنج‌هجایی ترتیب نزولی مقادیر میزان تقابل واجی هماهنگ با ترتیب طبقات غیرشبه و سپس طبقه شبه است.

در ادامه، دو درجه کشش یعنی کشیده و کوتاه در نظر گرفته شد و جفت‌های کمینه برای سه حالت کشیده-کشیده، کشیده-کوتاه و کوتاه-کوتاه طبقه بندی شدند و میزان تقابل واجی برای هر طبقه برحسب تعداد هجای کلمات با استفاده از فرمول (۱) به دست آمد (جدول ۶). طبقات کشش واکه را می‌توان برحسب شباهت اعضای تقابل به دو دسته تقسیم کرد: طبقه اول شامل طبقاتی که اعضای تقابل‌شان شبه نیستند: کشیده-کوتاه (مانند «نشانه» و «نوشانه»). طبقه دوم شامل طبقاتی که اعضای تقابل‌شان شبه هستند: کشیده-کشیده (مانند «پوران» و «پیران») و کوتاه-کوتاه (مانند «کشتی» و «کشتی»).

#### جدول ۶- میزان تقابل واجی برای کشش برحسب تعداد هجای کلمات

Table 6- DC for vowel length in terms of the number of the syllables

فرآوانی	پنج‌هجایی	چهارهجایی	سه‌هجایی	دوهجایی	یک‌هجایی	
۲۹۷۷	۰/۰۲	۰/۰۳۹	۰/۱۷	۰/۷۶۲	۴/۶۹۲	کشیده-کوتاه
۱۲۷۳	۰/۰۰۵	۰/۰۲۶	۰/۰۷۷	۰/۳۷۳	۲/۸۵۱	کشیده-کشیده
۴۴۴	۰	۰/۰۰۴	۰/۰۱	۰/۱۱۱	۰/۹۸	کوتاه-کوتاه

همان‌طور که ملاحظه می‌شود در کلمات یک‌هجایی تا پنج‌هجایی، ترتیب نزولی مقادیر میزان تقابل واجی هماهنگ با ترتیب طبقه غیرشبه و سپس طبقات شبه است و هیچ استثنائی در آن وجود ندارد. این یافته نشان می‌دهد کشش واکه عاملی مقاوم و فراگیر در واژه‌سازی زبان فارسی است.<sup>۱</sup>

#### ۲-۷. میزان تقابل واجی همخوان‌ها

در بررسی میزان تقابل واجی همخوان‌ها از مشخصه‌های رسایی، نحوه تولید و محل تولید استفاده شده است. برای این منظور، دو ارزش رسایی، یعنی رسا و غیررسا، در نظر گرفته شد و جفت‌های کمینه برای سه حالت رسا-رسا، رسا-غیررسا و غیررسا-غیررسا طبقه بندی شدند. سپس، میزان تقابل واجی برای هر طبقه برحسب سه جایگاه ابتدا، وسط و انتهای کلمات و همچنین

<sup>۱</sup> کشش در واکه‌های فارسی امروز نقش تقابلی ندارد؛ اما با استفاده از فرایندهای واجی و واج‌آرایی می‌توان ثابت کرد واکه‌های /a, i, u/ یک طبقه طبیعی واکه‌های /a, e, o/ یک طبقه طبیعی واجی دیگر در زبان فارسی هستند که از آنها با عنوان «کشیده» و «کوتاه» نام برده‌ایم. این نامگذاری متأثر از نظام واکه‌ای در فارسی میانه است. لازار (۱۹۹۲) این دو طبقه را به واکه‌های پایدار و ناپایدار تقسیم کرده است. این واکه‌های ناپایدار هستند که در فرایندهای واجی دستخوش تغییر ساختاری می‌شوند، در حالی که واکه‌های پایدار تابع این گرایش واجی نیستند (مراجعه شود به بی‌جن خان (۲۰۱۸) فصل پنجم).

تعداد هجای کلمات با استفاده از فرمول (۱) به دست آمد (جدول ۷). طبقات رسایی را می توان برحسب شباهت اعضای تقابل به دو دسته تقسیم کرد: طبقه اول شامل طبقاتی که اعضای تقابل شان شبیه نیستند: رسا-غیررسا (مانند «مور» و «بور»). طبقه دوم شامل طبقاتی که اعضای تقابل شان شبیه هستند: رسا-رسا (مانند «یاد» و «راد») و غیررسا-غیررسا (مانند «بال» و «زال»).

**جدول ۷- میزان تقابل واجی برای طبقات ارزش رسایی همخوان ها در سه جایگاه ابتدا، وسط و انتهای کلمه بر حسب تعداد هجا**

**Table 7- DC for the combinations of the sonorant and non-sonorant consonants in terms of the initial, middle and final positions and the number of the syllables**

فرآوانی	پنج هجایی	چهار هجایی	سه هجایی	دو هجایی	یک هجایی	
<b>جایگاه ابتدا</b>						
۹۲۴۷	۰/۱۹۴	۰/۶۱۹	۲/۹۷۹	۱۶/۴۹۸	۹۷/۱۹۵	غیررسا-غیررسا
۴۷۳۷	۰/۱۰۷	۰/۲۴۸	۱/۳۱۸	۸/۳۱۸	۵۳/۷۲۶	رسا-غیررسا
۴۵۱	۰	۰/۰۲۲	۰/۱۰۵	۰/۸۷۲	۵/۴۰۷	رسا-رسا
<b>جایگاه وسط</b>						
۵۱۲۷	۰/۱۴۷	۰/۵۰۳	۱/۹۶۷	۸/۶۹۱	۱۲/۸۲۴	غیررسا-غیررسا
۵۱۸۱	۰/۲۰۸	۰/۳۹۴	۱/۴۰۳	۶/۲۲۹	۱۰/۳۰۷	رسا-غیررسا
۱۰۴۶	۰/۰۰۶	۰/۰۲۹	۰/۱۷۲	۰/۸۸۷	۱/۴۹۳	رسا-رسا
<b>جایگاه انتها</b>						
۲۸۵۱	۰/۱۲۷	۰/۲۸۲	۱/۳۳۲	۶/۰۳	۵۸/۹۰۵	غیررسا-غیررسا
۳۳۰۶	۰/۱۷۳	۰/۴۲	۱/۱۹۴	۵/۵۰۶	۴۳/۳۴۹	رسا-غیررسا
۷۹۱	۰	۰/۰۱۹	۰/۲۱۸	۰/۹۲۵	۶/۵۲۴	رسا-رسا

همان طور که مشاهده می شود در کلمات یک هجایی تا پنج هجایی، ترتیب نزولی مقادیر میزان تقابل واجی هماهنگ با ترتیب طبقه غیرشبه و سپس طبقات شبیه نیست، بلکه نظام تقابل واجی زبان فارسی ترجیح می دهد حداقل یکی از اعضای تقابل غیررسا باشد. این یافته نشان می دهد غیررسا بودن همخوان ها در نظام تقابلی واج ها بر رسا بودن همخوان ها اولویت دارد و چون این اولویت در آغاز و وسط و پایان کلمه اتفاق می افتد، پس گرایش غالب در نظام تقابلی همخوان های فارسی ناظر به حداکثر فاصله آغاز و پایانه هجا نسبت به مرکز هجا است.

همچنین، به ازای شش نحوه تولید انفجاری<sup>۱</sup>، سایشی، خیشومی، روان و غلت، جفت های کمینه برای چهارده حالت انفجاری-انفجاری، انفجاری-سایشی و انفجاری-خیشومی، انفجاری-روان، انفجاری-غلت، سایشی-خیشومی، سایشی-روان، سایشی-غلت، خیشومی-روان، خیشومی-غلت، روان-غلت، سایشی-سایشی، خیشومی-خیشومی، روان-روان و غلت-غلت طبقه بندی

<sup>۱</sup> انسایشی نیز در طبقه انفجاری در نظر گرفته شده است.

شدند و میزان تقابل واجی برای هر طبقه برحسب سه جایگاه ابتدا، وسط و انتهای کلمات و همچنین، تعداد هجای کلمات با استفاده از فرمول (۱) به دست آمد (جدول ۸). طبقات نحوه تولید همخوان‌ها را می‌توان برحسب شباهت اعضای تقابل به دو دسته تقسیم کرد: طبقه اول شامل طبقاتی که اعضای تقابل‌شان شبیه نیستند: انفجاری-سایشی (مانند «دار» و «سار»)، انفجاری-خیشومی (مانند «کاست» و «ماست»)، انفجاری-روان (مانند «پول» و «لول»)، انفجاری-غلت (مانند «پوز» و «یوز»)، سایشی-خیشومی (مانند «خشک» و «مُشک»)، سایشی-روان (مانند «شاه» و «راه»)، سایشی-غلت (مانند «زار» و «یار»)، خیشومی-روان (مانند «ناله» و «لاله»)، خیشومی-غلت (مانند «نزد» و «یزد») و روان-غلت (مانند «لنگه» و «ینگه»). طبقه دوم شامل طبقاتی که اعضای تقابل‌شان شبیه هستند: انفجاری-انفجاری (مانند «بویایی» و «گویایی»)، سایشی-سایشی (مانند «سرمایش» و «فرمایش»)، خیشومی-خیشومی (مانند «مالیده» و «نالیده»)، روان-روان (مانند «لایحه» و «رایحه») و غلت-غلت (جفت کمینه در واژگان زایا وجود ندارد).

جدول ۸- میزان تقابل واجی برای طبقات نحوه تولید همخوان‌ها در جایگاه ابتدای کلمه برحسب تعداد

هجای

Table 8- DC for the classes of consonant manner of articulation in word initial position in terms of the number of the syllables

نحوه تولید	یک‌هجایی	دو‌هجایی	سه‌هجایی	چهارهجایی	پنج‌هجایی	فراوانی
انفجاری-سایشی	۴۹/۸۱۷	۸/۴۶۶	۱/۶۳۵	۰/۳۷	۰/۱۳۵	۴۷۲۴
انفجاری-انفجاری	۳۰/۸۴۴	۴/۹۴۳	۰/۷۸۸	۰/۱۵۷	۰/۰۴۴	۳۱۶۹
سایشی-سایشی	۱۶/۵۳۴	۳/۰۸۹	۰/۵۵۷	۰/۰۹۲	۰/۰۱۴	۱۳۵۴
انفجاری-خیشومی	۱۲/۸۲۶	۱/۹۱	۰/۳۴۵	۰/۰۴۳	۰/۰۲۴	۱۴۶۹
انفجاری-روان	۱۲/۵۹۶	۲/۰۶	۰/۲۶۴	۰/۰۵۲	۰/۰۳	۱۱۴۹
سایشی-خیشومی	۹/۱۶۲	۱/۵۹۸	۰/۳	۰/۰۴۹	۰/۰۱۶	۹۶۹
سایشی-روان	۸/۸۲۷	۱/۵۸۵	۰/۲۴۷	۰/۰۵۷	۰/۰۳۸	۷۵۵
انفجاری-غلت	۶/۰۴۴	۰/۷۷۹	۰/۱۱۷	۰/۰۰۹	۰	۲۴۹
سایشی-غلت	۴/۲۷	۰/۳۸۶	۰/۰۴۵	۰/۰۳۹	۰	۱۴۶
خیشومی-روان	۲/۵	۰/۴۰۳	۰/۰۸	۰/۰۲	۰	۲۵۶
خیشومی-غلت	۱/۰۶۴	۰/۱۸۳	۰/۰۱۳	۰	۰	۴۹
روان-غلت	۰/۷۶۳	۰/۰۴۴	۰	۰	۰	۲۳
خیشومی-خیشومی	۰/۵۶۴	۰/۰۹۹	۰/۰۰۷	۰/۰۰۲	۰	۷۲
روان-روان	۰/۵۱۶	۰/۱۴۲	۰/۰۰۶	۰	۰	۵۱
غلت-غلت	۰	۰	۰	۰	۰	۰



جدول ۹- میزان تقابل واجی برای طبقات نحوه تولید همخوان‌ها در جایگاه وسط کلمه بر حسب تعداد هجا  
Table 9 -DC for the classes of consonant manner of articulation in word middle position in terms of the number of the syllables

نحوه تولید	یک هجایی	دو هجایی	سه هجایی	چهار هجایی	پنج هجایی	فراوانی
انفجاری-سایشی	۶/۴۴۲	۴/۴۸۵	۱/۰۵۸	۰/۲۳۹	۰/۰۹۷	۲۶۵۸
سایشی-سایشی	۳/۸۰۷	۱/۷۹۷	۰/۳۳۷	۰/۱	۰/۰۲۹	۱۱۲۰
انفجاری-روان	۲/۶۷۱	۱/۴۶	۰/۲۰۶	۰/۰۴۵	۰/۰۱۴	۱۱۰۲
سایشی-روان	۲/۶۶۷	۱/۴۶	۰/۲۲۶	۰/۰۳۸	۰/۰۱	۱۱۵۱
انفجاری-انفجاری	۲/۵۷۶	۲/۴۰۹	۰/۵۷۲	۰/۱۶۳	۰/۰۲۱	۱۳۴۹
سایشی-خیشومی	۱/۷۵۸	۱/۱۱۲	۰/۲۲۳	۰/۰۴۱	۰/۰۱۳	۸۸۵
انفجاری-خیشومی	۱/۶۰۳	۱/۶۲۳	۰/۲۶۳	۰/۰۶۱	۰/۰۲	۹۴۲
انفجاری-غلت	۱/۰۱۱	۰/۶۲۱	۰/۴۰۵	۰/۱۹۶	۰/۱۵۲	۸۵۱
خیشومی-روان	۰/۶۶۳	۰/۳۸۵	۰/۰۸	۰/۰۱۵	۰/۰۰۴	۵۲۷
سایشی-غلت	۰/۵۹۷	۰/۴۱۲	۰/۰۸۱	۰/۰۱۳	۰	۲۵۰
روان-غلت	۰/۴۰۹	۰/۱۴۴	۰/۰۲	۰/۰۰۶	۰	۱۲۸
خیشومی-غلت	۰/۲۲۵	۰/۱۴۸	۰/۰۲۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۱۱۸
روان-روان	۰/۱۶۷	۰/۱۳۳	۰/۰۲۵	۰/۰۰۳	۰	۱۷۹
خیشومی-خیشومی	۰/۰۲۹	۰/۰۷۶	۰/۰۲۱	۰/۰۰۲	۰	۹۴
غلت-غلت	۰	۰	۰	۰	۰	۰

جدول ۱۰- میزان تقابل واجی برای طبقات نحوه تولید همخوان‌ها در جایگاه انتهای کلمه بر حسب تعداد هجا  
Table 10- DC for the classes of consonant manner of articulation in word final position in terms of the number of the syllables

نحوه تولید	یک هجایی	دو هجایی	سه هجایی	چهار هجایی	پنج هجایی	فراوانی
انفجاری-سایشی	۳۰/۵۴۷	۳/۲۳	۰/۵۹۵	۰/۱۳۴	۰/۰۱۴	۱۴۸۳
انفجاری-انفجاری	۱۴/۶۸۳	۱/۹	۰/۵۱۷	۰/۱۱۶	۰/۱۲۳	۸۱۰
سایشی-سایشی	۱۳/۶۷۵	۰/۹۰۱	۰/۲۲	۰/۰۳۲	۰	۵۵۸
سایشی-روان	۱۰/۸۳۲	۱/۱۸۷	۰/۲۶۹	۰/۰۷۶	۰	۷۹۵
انفجاری-روان	۱۰/۱	۱/۴۰۴	۰/۴۴	۰/۱۱۶	۰	۹۸۴
سایشی-خیشومی	۸/۴۶۱	۱/۱۴۹	۰/۱۵۵	۰/۰۷۳	۰/۰۸۳	۵۸۵
انفجاری-خیشومی	۸/۲۷	۱/۳	۰/۲۶۶	۰/۱۵۵	۰/۰۹	۷۹۲
سایشی-غلت	۳/۱۵۴	۰/۰۶۷	۰/۰۳۳	۰	۰	۷۹
خیشومی-روان	۲/۸۹۴	۰/۴۹۶	۰/۱	۰/۰۰۸	۰	۴۷۸
انفجاری-غلت	۲/۵۳۱	۰/۰۹۷۸	۰/۰۳۱	۰	۰	۷۱
روان-غلت	۱/۲۸۹	۰/۰۹۸	۰/۰۲۹۹	۰	۰	۴۸
خیشومی-غلت	۰/۹۳۳	۰/۰۹۹	۰/۰۳	۰	۰	۳۴
روان-روان	۰/۸۳۹	۰/۱۱۴	۰/۰۴۱	۰/۰۱۱	۰	۱۴۷
خیشومی-خیشومی	۰/۵۷	۰/۱۱۸	۰/۰۲	۰	۰	۸۴
غلت-غلت	۰	۰	۰	۰	۰	۰

جدول‌های (۸)، (۹) و (۱۰) نیز اولویت غیررسا بودن همخوان‌ها را بر رسا بودن آنها برحسب میزان گرفتگی نشان می‌دهند. همان‌طور که مشاهده می‌شود گرایش غالب در کلمات یک‌هجایی تا پنج‌هجایی، این است که رسا بودن اعضای تقابل به معنای کمترین میزان تقابل همخوانی است.

همچنین، به‌ازای چهار محل تولید لبی، تیغه‌ای، بدنه‌ای و چاکنایی، جفت‌های کمینه برای ده حالت لبی-تیغه‌ای، لبی-بدنه‌ای، لبی-چاکنایی، تیغه‌ای-بدنه‌ای، تیغه‌ای-چاکنایی، بدنه‌ای-چاکنایی، لبی-لیبی، تیغه‌ای-تیغه‌ای، بدنه‌ای-بدنه‌ای و چاکنایی-چاکنایی طبقه‌بندی شدند و میزان تقابل واجی برای هر طبقه برحسب سه جایگاه ابتدا، وسط و انتهای کلمات و همچنین، تعداد هجای کلمات با استفاده از فرمول (۱) به دست آمد (جدول ۹). طبقات محل تولید همخوان‌ها را می‌توان برحسب شباهت اعضای تقابل به دو دسته تقسیم کرد: طبقه اول شامل طبقاتی که اعضای تقابل شان شبیه نیستند: لبی-تیغه‌ای (مانند «پهن» و «صحن»)، لبی-بدنه‌ای (مانند «بوی» و «گوی»)، لبی-چاکنایی (مانند «واجی» و «حاجی»)، تیغه‌ای-بدنه‌ای (مانند «تاب‌بازی» و «قاب‌بازی»)، تیغه‌ای-چاکنایی (مانند «دروزی» و «عروضی») و بدنه‌ای-چاکنایی (مانند «کم‌صدا» و «هم‌صدا»). طبقه دوم شامل طبقاتی که اعضای تقابل شان شبیه هستند: لبی-لیبی (مانند «فریده» و «پریده»)، تیغه‌ای-تیغه‌ای (مانند «دیده» و «چیده»)، بدنه‌ای-بدنه‌ای (مانند «کاروبار» و «خواروبار») و چاکنایی-چاکنایی (مانند «آوایی» و «هاوایی»).

#### جدول ۱۱- میزان تقابل واجی برای طبقات محل تولید همخوان‌ها در جایگاه ابتدای کلمه برحسب تعداد هجا

Table 11- DC for the classes of consonant place of articulation in word initial position in terms of the number of the syllables

محل تولید	یک‌هجایی	دوهجایی	سه‌هجایی	چهارهجایی	پنج‌هجایی	فراوانی
تیغه‌ای-تیغه‌ای	۳۴/۶۹۸	۵/۹۳	۰/۹	۰/۱۶۵	۰/۰۴۱	۲۹۸۵
تیغه‌ای-بدنه‌ای	۳۴/۵۹۴	۵/۱۷۳	۰/۸۷۵	۰/۱۸۵	۰/۰۶۱	۲۷۳۲
لیبی-تیغه‌ای	۳۲/۲۲۶	۵/۱۱	۰/۹۸۳	۰/۲۵۷	۰/۱۰۵	۲۹۶۳
لیبی-بدنه‌ای	۱۵/۰۸۳	۲/۳۳۷	۰/۳۵۶	۰/۰۶۴	۰/۰۱۵	۱۲۹۹
تیغه‌ای-چاکنایی	۱۴/۱۰۶	۲/۵۹۳	۰/۴۱۳	۰/۰۴۸	۰/۰۵۴	۱۶۰۲
بدنه‌ای-بدنه‌ای	۶/۷۸۲	۱/۰۰۳	۰/۱۶۸	۰/۰۲۸	۰	۴۹۷
بدنه‌ای-چاکنایی	۶/۱۸۴	۱/۲۴۶	۰/۲۱	۰/۰۱۸	۰/۰۱۱	۷۲۲
لیبی-لیبی	۶/۱۳۵	۱/۰۴۶	۰/۲۴۴	۰/۰۵۵	۰	۶۴۵
لیبی-چاکنایی	۵/۷۲۱	۱/۱۰۷	۰/۲۰۴	۰/۰۵۲	۰	۷۸۶
چاکنایی-چاکنایی	۰/۷۹۷	۰/۱۴۵	۰/۰۴۸	۰/۰۱۷	۰/۰۱۳	۱۴۱

جدول ۱۲- میزان تقابل واجی برای طبقات محل تولید همخوان‌ها در جایگاه وسط کلمه بر حسب تعداد هجا

Table 12- DC for the classes of consonant place of articulation in word middle position in terms of the number of the syllables

محل تولید	یک هجایی	دو هجایی	سه هجایی	چهار هجایی	پنج هجایی	فراوانی
تیغه‌ای- تیغه‌ای	۶/۳۵	۴/۲۲۹	۰/۷۶۶	۰/۱۵۲	۰/۰۵۸	۳۰۴۰
لبی- تیغه‌ای	۵/۰۳۵	۳/۳۰۲	۰/۶۴۸	۰/۱۵۱	۰/۰۴۱	۲۴۱۵
تیغه‌ای- بدنه‌ای	۳/۹۹۵	۲/۹۳۳	۰/۵۷	۰/۱۲۴	۰/۰۲۶	۱۸۵۲
تیغه‌ای- چاکنایی	۳/۲۶۳	۱/۶۲۵	۰/۳۵	۰/۱۰۸	۰/۰۲۷	۱۱۳۳
لبی- بدنه‌ای	۱/۶۹۱	۱/۱۰۲	۰/۲۷۷	۰/۰۵	۰/۰۱۳	۷۱۱
بدنه‌ای- چاکنایی	۱/۳۲۴	۰/۷۳۴	۰/۴۷۱	۰/۲۰۹	۰/۱۴۹	۹۴۰
لبی- چاکنایی	۱/۱۹۸	۰/۶۷۴	۰/۱۶۱	۰/۰۵	۰/۰۱۸	۴۷۸
بدنه‌ای- بدنه‌ای	۰/۷۴۳	۰/۴۰۳	۰/۱۰۶	۰/۰۴۲	۰/۰۰۷	۲۴۷
لبی- لبی	۰/۷۲۹	۰/۶۴	۰/۱۵۷	۰/۰۲۹	۰/۰۱۷	۴۴۳
چاکنایی- چاکنایی	۰/۲۹۷	۰/۱۶۴	۰/۰۳۷	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۹۵

جدول ۱۳- میزان تقابل واجی برای طبقات محل تولید همخوان‌ها در جایگاه انتهای کلمه بر حسب تعداد هجا

Table 13- DC for the classes of consonant place of articulation in word final position in terms of the number of the syllables

محل تولید	یک هجایی	دو هجایی	سه هجایی	چهار هجایی	پنج هجایی	فراوانی
تیغه‌ای- تیغه‌ای	۳۰/۲۲۵	۳/۱۳۸	۰/۵۴۷	۰/۰۸۳	۰/۰۱۴	۲۳۹۸
لبی- تیغه‌ای	۲۴/۷۷	۲/۸۸۷	۰/۷۵۷	۰/۱۹۱	۰/۰۹	۱۷۶۸
تیغه‌ای- بدنه‌ای	۲۴/۲۵۴	۲/۰۱۶	۰/۵۱۹	۰	۰	۱۲۴۶
لبی- بدنه‌ای	۸/۹۰۶	۰/۹۷۲	۰/۱۹۱	۰/۰۶۳	۰	۳۹۸
تیغه‌ای- چاکنایی	۷/۳۳۸	۱/۱۵۹	۰/۲۹۸	۰/۲۰۳	۰	۴۸۱
لبی- لبی	۴/۱۵۷	۰/۷۷۳	۰/۱۲۱	۰/۰۴۷	۰/۱۷۵	۲۲۹
لبی- چاکنایی	۳/۱۱۶	۰/۵۵۸	۰/۱۵۶	۰/۰۵۱۲	۰/۰۳۱	۱۷۶
بدنه‌ای- چاکنایی	۲/۹۶۸	۰/۳۰۳	۰/۱۰۷	۰/۰۵۰۸	۰	۱۲۵
بدنه‌ای- بدنه‌ای	۲/۹۱۵	۰/۲۲	۰/۰۳۶	۰/۰۳۲	۰	۱۰۹
چاکنایی- چاکنایی	۰/۱۳۱	۰/۱۳۶	۰/۰۱۱	۰	۰	۱۸

همان طور که مشاهده می‌شود در کلمات یک‌هجایی تا پنج‌هجایی، ترتیب نزولی مقادیر میزان تقابل واجی هماهنگ با ترتیب طبقه غیرشبه و سپس طبقات شبه نیست، بلکه نظام تقابل واجی زبان فارسی ترجیح می‌دهد حداقل یکی از اعضای تقابل تیغه‌ای باشد. این یافته نشان می‌دهد تیغه‌ای بودن همخوان‌ها در نظام تقابلی واج‌ها بر غیرتیغه‌ای بودن همخوان‌ها اولویت دارد.

## ۸. نتیجه‌گیری

پرسش اصلی پژوهش حاضر این بود که آیا الگوی واجی خاصی در نظام تقابل واجی زبان فارسی امروز وجود دارد. آیا ساخت رایج معینی در تقابل جفت‌های کمینه برای همخوان‌ها و واکه‌های زبان فارسی اثبات‌شدنی است؟ زبان فارسی به چه میزان از تقابل هر دو همخوان یا واکه در واژه‌سازی استفاده می‌کند؟ برای پاسخ به این پرسش‌ها، ابتدا ۴۱۷۱۸ جفت کمینه از یک واژگان زبان فارسی به حجم ۵۴۳۸۹ مدخل، شامل صورت واجی هر مدخل، استخراج شد. سپس، میزان تقابل واجی برای همخوان‌ها و واکه‌های فارسی به صورت مجزا محاسبه شد. برای این منظور، از نسبت تعداد جفت‌های کمینه حاصل از تقابل دو واج به تعداد کلماتی که یکی از دو واج در (یک جایگاه مشخص) در آن‌ها ظاهر می‌شوند، استفاده شد.

برای بررسی میزان تقابل واجی واکه‌ها از مشخصه‌های ارتفاع زبان، محل تولید و کشش استفاده شده است. میزان تقابل واجی در جفت‌های کمینه فارسی برحسب مشخصه‌های ارتفاع زبان در کلمات پربسامد یک‌هجایی تا سه‌هجایی برای طبقات غیرشبه بیشتر از همین میزان برای طبقه شبه است. همچنین، میزان تقابل واجی در جفت‌های کمینه فارسی برحسب مشخصه‌های محل تولید، به جز کلمات یک‌هجایی، در کلمات دو‌هجایی تا پنج‌هجایی برای طبقات غیرشبه بیشتر از همین میزان برای طبقه شبه است. در نهایت، میزان تقابل واجی در جفت‌های کمینه فارسی برحسب مشخصه کشش واکه در کلمات یک‌هجایی تا پنج‌هجایی برای طبقات غیرشبه نیز بیشتر از همین میزان برای طبقه شبه به دست آمد. بنابراین، می‌توان به تعمیمی توصیفی واج‌شناختی دست یافت: میزان تقابل واجی واکه‌ها برحسب مشخصه‌های ارتفاع زبان و کشش برای طبقات غیرشبه بیشتر از همین میزان برای طبقات شبه است؛ اما برحسب محل تولید برای طبقات شبه بیشتر از همین میزان برای طبقه غیرشبه است. بنابراین، از منظر تقابل واجی می‌توان اصل مرز اجباری را به محور جانشینی توسعه داد به طوری که برحسب مشخصه‌های ارتفاع زبان و کشش واکه‌ها متفاوت از محل تولید عمل می‌کند.

برای بررسی میزان تقابل واجی همخوان‌ها از مشخصه‌های رسایی، نحوه تولید و محل تولید استفاده شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد غیررسا بودن همخوان‌ها در نظام تقابلی واج‌ها بر رسا بودن همخوان‌ها اولویت دارد و چون این اولویت در آغاز و وسط و پایان کلمه اتفاق می‌افتد؛ پس، گرایش غالب در نظام تقابلی همخوان‌های فارسی ناظر به حداکثر فاصله آغاز و پایانه هجا نسبت به مرکز هجا است. همچنین، برحسب میزان گرفتگی، میزان تقابل همخوان‌های غیررسا بر همخوان‌های رسا اولویت دارد. به عبارت دیگر، گرایش غالب در کلمات یک‌هجایی تا پنج‌هجایی این است که رسا بودن اعضای تقابل به معنای کمترین میزان تقابل همخوانی است. سرانجام اینکه برحسب محل تولید، تیغه‌ای بودن همخوان‌ها در نظام تقابلی واج‌ها بر غیرتیغه‌ای بودن همخوان‌ها اولویت دارد. بنابراین، اصل مرز اجباری برحسب مشخصه‌های رسایی، محل و نحوه تولید در زبان فارسی یک گرایش غالب واجی محسوب نمی‌شود.

یافته‌های این پژوهش از دو جهت اهمیت دارد: اول اینکه، ساختار تقابل واجی زبان‌ها به گونه‌ای است که فاصله واجی بین کلمات منجر به ابهام‌زدایی در درک کلمات و در نتیجه، سهولت در ارتباط گفتاری می‌شود و دوم اینکه، به کارگیری یافته‌های پژوهش می‌تواند عملکرد مدل زبانی را در سامانه‌های بازشناسی رایانه‌ای گفتار بهبود بخشد.

## منابع

- اسلامی، محرم؛ شریفی آتشگاه، مسعود؛ علیزاده لمجیری، صدیقه و زندی، طاهره. (۱۳۸۳). واژگان زبانی فارسی. مجموعه مقالات اولین کارگاه پژوهشی زبان فارسی و رایانه. تهران: دانشگاه تهران.
- ثمره، یدالله (۱۳۸۰). آواشناسی زبان فارسی: آواها و ساخت آوایی هجا (ویراست دوم). تهران: مرکز نشر دانشگاهی.
- Eslami, M.; Sharifi Atashgah; M., Alizadeh Lamjiri; S., Zandi, T. (2004). Persian generative lexicon. *Proceedings of the first workshop on Persian language and computer*. Tehran: University of Tehran Press. [In Persian]
- Hayes, B. (2009). *Introductory Phonology*. Oxford: Wiley-Blackwell.
- Hockett, Ch. F. (1967). The Quantification of Functional Load. *Word* 23(1-3), 300-320.
- Hyman, L. M. (1975). *Phonology: Theory and Analysis*, translated by Y. Samareh. (1368). *Nezam-e Ava 'i-ye Zaban: Nazariye Va Tahlil*. Tehran: Entesharat-e Farhang-e Mo'aser. [In Persian]
- Kenstowicz, M. (1944). *Phonology in Generative Grammar*. Cambridge: Blackwell Textbooks in Linguistics.
- King, R. D. (1967). Functional load and sound change. *Language* 13: 831– 852.
- Lazard, G. (1992). *Grammar of contemporary Persian*. Costa Mesa, CA: Mazda Publisher.
- Samareh, Y. (1977). *The arrangement of Segmental Phonemes in Farsi*. Tehran: University of Tehran Press.
- Samareh Y. (2001). *Persian Phonetics: Phonemes and Phonetic Syllable Structure* (2<sup>nd</sup> ed.). Tehran: University Publishing Center. [In Persian]
- Surendran D. & Niyogi, P. (2006). Quantifying the functional load of phonemic oppositions, distinctive features, and suprasegmentals. In O. Nethergaard Thomsen (Ed.), *Competing Models of Linguistic Change: Evolution and Beyond* (43-58). Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company.
- Yu, S.; Xu, C., Liu, H. & Chen, Y. (2011). Statistical analysis of Chinese phonemic contrast. *Phonetica* 68(4), 201-14. <http://doi.org/10.1159/000334548>.

