Journal of Language Research
Online ISSN: 2676-3362
https://jolr.ut.ac.ir

Acoustic Analysis of the Effect of Speech Style on the Vowel Space in Persian: A Comparison of Read and Clear Speech

Tahereh Ahmadi [1]; **Batool Alinezhad** [2]; **Vali Rezaei** [3]; **Homa Asadi** [4]

1.Ph.D Candidate, Department of Linguistics, Faculty of Foreign Languages, University of Isfahan, Isfahan, Iran.Email: pazhvak.ta@gmail.com
2.Corresponding author, Associate Professor, Department of Linguistics, Faculty of Foreign Languages, University of Isfahan, Isfahan, Iran.Email: b.alinezhad@fgn.ui.ac.ir
3.Associate Professor, Department of Linguistics, Faculty of Foreign Languages, University of Isfahan, Isfahan, Iran.Email: vali.rezai@fgn.ui.ac.ir
4.Assistant Professor, Department of Linguistics, Faculty of Foreign Languages, University of Isfahan, Isfahan, Iran.Email: h.asadi@fgn.ui.ac.ir

Article Info

Article Type:
Research Article

Article History:
Received:
7, February, 2026

In Revised Form:
21, May, 2026

Accepted:
12 September 2026

Published Online:
21, September, 2026

Keywords: Vowel; vowel space; reading speech; clear speech; phonological analysis; speech recognition.

Abstract

This study investigates and compares vowel space in two speech styles, read speech and clear speech, in Persian within the framework of acoustic phonetics. Speech style is an important factor influencing vowel production patterns and the organization of vowel space, as it may lead to systematic changes in vowel dispersion and distinctiveness. Although clear speech has been widely studied across different languages, systematic evidence on Persian vowel space variation across speech styles, particularly considering gender and inter-speaker variability, remains limited. The main novelty of this study lies in the joint examination of speech style, gender, and inter-speaker variation in shaping vowel space using acoustic measures such as Vowel Space Area (VSA), Vowel Centralization Index (VCI), and F1/F2 dispersion.The data consist of speech recordings from 25 Persian speakers (male and female) produced in two speech styles: read and clear speech. Recordings were collected in a controlled acoustic laboratory setting. Following the extraction of first and second formant frequencies (F1 and F2), the data were analyzed using Python and R, and normalized based on the Neary scale. The analysis included measures of vowel space area, vowel centralization, and inter-speaker variability.The results indicate that clear speech exhibits a significantly larger vowel space compared to read speech, accompanied by greater vowel dispersion. An increase in F1 values in clear speech suggests greater jaw opening and increased vertical articulatory movement. It was also found that female speakers demonstrate a larger vowel space and higher vowel distinctiveness compared to male speakers in both speech styles. Regarding inter-speaker variation, males show greater dispersion in F1 and F2, whereas females exhibit more stable vowel production in clear speech. Furthermore, rounded vowels, particularly /u/, are the most sensitive to changes in both speech style and gender. Overall, the findings suggest that speech style and gender interactively shape the organization of vowel space in Persian. Clear speech is characterized by enhanced vowel distinctiveness and an expanded acoustic vowel space, contributing to a more detailed understanding of stylistic variation in acoustic phonetics.

Cite this The Author(s): Ahmadi, T; Alinezhad, B; Rezaei, V; Asadi, H., (2026) Acoustic Analysis of the Effect of Speech Style on the Vowel Space in Persian: A Comparison of Read and Clear Speech. Journal of Language Researches, No. 1, Vol.17 , Serial No.32, Spring& Summer-(1-22). https://doi:10.22059/jolr.2026.410222.666954

Publisher: University of Tehran Press.
© Author(s) retain the copyright. Tahereh Ahmadi; Batool Alinezhad; Vali Rezaei; Homa Asadi
DOI: https://doi.org/10.22059/jolr.2026.410222.666954

1. Introduction

Advances in digital technology have facilitated the accurate recording and analysis of speech data, thereby increasing the importance of investigating the acoustic characteristics of vowels across various fields. Vowel production is influenced by linguistic and paralinguistic factors, including speech style. Different speech styles, such as read speech and clear speech, involve distinct production strategies. Clear speech is generally associated with increased vowel duration and changes in formant patterns, whereas more natural speech tends to be characterized by vowel reduction and centralization.

The vowel space, defined by the first and second formants (F1 and F2), is an important indicator of vowel distinctiveness and articulatory clarity. It can be influenced by factors such as speech style and gender. Despite the considerable body of research in this area, investigations into differences in vowel space between read and clear speech in Persian, as well as the role of gender in these differences, remain limited.

Accordingly, the present study adopts an experimental laboratory approach to investigate the effect of speech style on the Persian vowel space, focusing on variations in the first and second formants and the role of gender. The data were collected from 25 Persian-speaking participants (14 women and 11 men), aged 20–35 years, in two speech styles: read speech and clear speech. The data were analyzed using R and Python. The findings of this study may contribute to a more comprehensive understanding of the effects of speech style on the acoustic characteristics of Persian vowels.

2. Research Questions

The study seeks to answer the following research questions:

1. What differences exist in the vowel space between read speech and clear speech in Persian?
2. Is there a statistically significant difference between women and men in the vowel space across the two speech styles (read speech and clear speech)?
3. Do inter-speaker variation patterns differ between read speech and clear speech?

3. Literature review

The analysis of vowel phonetic features and vowel space plays a significant role in fields such as forensic linguistics, clinical phonetics, and speech analysis. Cross-linguistic studies have shown that speaking style—particularly clear speech compared to read or spontaneous speech—is generally associated with an expanded vowel space, increased vowel duration, and improved speech intelligibility. This pattern has been observed in various languages, including English, Spanish, and Chinese, and several studies have confirmed the relevance of vowel space for speaker identification and the preservation of vowel distinctiveness across speaking styles.

In Persian, existing research, though limited, indicates that vowel-related phonetic parameters are influenced by speaking style, with significant differences observed in measures such as fundamental frequency and formants. Clinical and forensic studies likewise emphasize the importance of vowel space as an indicator of speech clarity and speaker discrimination. Recent advances in automatic vowel space analysis tools have enabled more precise and large-scale acoustic analyses. Nevertheless, research gaps remain in Persian, particularly regarding the comparison of vowel space in read and clear speech, the role of gender differences, and the application of advanced normalization techniques. These gaps provide the main motivation for conducting the present study.

4. Data and Methodology

The present study is an experimental laboratory study in the field of experimental phonetics. It aims to compare the vowel space in two speech styles, read speech and clear speech, in Persian and to investigate its application to speaker discrimination. It is hypothesized that speech style has a significant effect on vowel formants and vowel space, that these changes may differ between female and male speakers, and that they may affect the accuracy of speaker identification systems.

The data were collected from 25 Persian-speaking participants who speak Standard Persian (14 women and 11 men), aged 20–35 years. Speech recordings were made under controlled laboratory conditions in two styles: read speech and clear speech. The sentences used in the study were selected primarily from the Farsdat corpus. Following the recordings, the acoustic parameters of the vowels were extracted and used to analyze vowel space and examine stylistic, gender-related, and inter-speaker differences.

5. Discussion and Results

The present study showed that a shift in speech style from read speech to clear speech leads to a significant increase in the extent and area of the Persian vowel space, as well as changes in vowel production patterns. The increase in mean F1 in clear speech indicates greater jaw opening, while the limited changes in F2 suggest that this speech style has a greater effect on vowel height and the degree of vocal tract opening than on the front–back position of the tongue. These changes can be regarded as a strategy for enhancing speech intelligibility and strengthening vowel contrasts.nnWith regard to gender, women exhibited a larger vowel space than men in both speech styles. Differences were also observed in patterns of inter-speaker variation: women showed greater consistency in vowel production in clear speech, whereas inter-speaker variability increased to a greater extent among men. Back rounded vowels, particularly /u/, also showed greater sensitivity to changes in speech style and gender.nnOverall, the findings indicate that speech style and gender, both independently and interactively, influence the organization of the vowel space and the acoustic characteristics of Persian vowels. These results may contribute to a better understanding of Persian speech production mechanisms and inform further research in acoustic phonetics. The limitations of the study include the relatively small number of speakers and the exclusive focus on Persian monophthongs. Future research is therefore recommended to examine the effects of speech style on diphthongs, connected speech, and different age groups.

پژوهش‌های زبانی
شاپای الکترونیکی: ۲۶۷۶-۳۳۶۲
https://jolr.ut.ac.ir/
دانشگاه تهران

تحلیل صوت‌شناختی اثر سبک گفتار بر فضای واکه‌ای در زبان فارسی: مقایسه گفتار خوانداری و واضح

طاهره احمدی [۱]، بتول علی‌نژاد [۲]✉، والی رضایی [۳]، هما اسدی [۴]

۱. دانشجوی دکتری زبان‌شناسی، گروه زبان‌شناسی، دانشکده زبان‌های خارجی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: pazhvak.ta@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، دانشیار زبان‌شناسی، گروه زبان‌شناسی، دانشکده زبان‌های خارجی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: b.alinezhad@fgn.ui.ac.ir
۳. دانشیار زبان‌شناسی، گروه زبان‌شناسی، دانشکده زبان‌های خارجی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: vali.rezai@fgn.ui.ac.ir
۴. استادیار زبان‌شناسی، گروه زبان‌شناسی، دانشکده زبان‌های خارجی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: h.asadi@fgn.ui.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
علمی – پژوهشی
تاریخ دریافت:
۱۴۰۴/۱۱/۱۸

تاریخ بازنگری:
۱۴۰۵/۰۲/۳۰

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۵/۰۶/۲۱

تاریخ انتشار:
۱۴۰۵/۰۶/۳۰

واژه‌های کلیدی:
واکه، فضای واکه‌ای، گفتار خوانداری، گفتار واضح، تحلیل صوت‌شناختی، تشخیص گفتار

چکیده

پژوهش حاضر در چهارچوب آواشناسی صوت‌شناختی به بررسی و مقایسه فضای واکه‌ای در دو سبک گفتاری خوانداری و واضح در زبان فارسی می‌پردازد. سبک گفتار یکی از عوامل مؤثر بر الگوهای تولید واکه‌ها و سازمان‌دهی فضای واکه‌ای است و می‌تواند موجب تغییر در میزان تمایز و پراکندگی واکه‌ها شود. با وجود پژوهش‌های متعدد درباره گفتار واضح در زبان‌های مختلف، بررسی نظام‌مند تأثیر سبک گفتار بر فضای واکه‌ای زبان فارسی، به‌ویژه با در نظر گرفتن عامل جنسیت و تغییرات بین‌گوینده، همچنان محدود است. نوآوری پژوهش حاضر در بررسی هم‌زمان اثر سبک گفتار، جنسیت و تغییرات بین‌گوینده بر فضای واکه‌ای واکه‌های فارسی و تحلیل آن‌ها بر اساس شاخص‌های صوت‌شناختی مانند VSA، VCI و پراکندگی F1 و F2 است.داده‌های پژوهش شامل نمونه‌های گفتاری ۲۵ گوینده فارسی‌زبان (زن و مرد) در دو سبک گفتاری خوانداری و واضح است که به‌صورت میکروفونی و در محیط آزمایشگاهی ضبط شدند. پس از استخراج بسامدهای سازه‌ای اول و دوم واکه‌ها، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای Python و R و بر مبنای روش نری تحلیل شدند. در این پژوهش از شاخص‌هایی مانند مساحت فضای واکه‌ای، شاخص تمرکز واکه‌ها و تحلیل تغییرات بین‌گوینده استفاده شد .نتایج نشان داد که سبک واضح در مقایسه با سبک خوانداری دارای فضای واکه‌ای گسترده‌تر و پراکندگی واکه‌ای بیشتری است. افزایش میانگین F1 در سبک واضح نیز بیانگر بازشدگی بیشتر دهان و افزایش دامنه حرکتی عمودی در تولید واکه‌هاست. همچنین مشخص شد که زنان در هر دو سبک گفتاری فضای واکه‌ای بزرگ‌تر و شاخص تمرکز واکه‌ای بالاتری نسبت به مردان دارند. بررسی تغییرات بین‌گوینده نیز نشان داد که مردان در هر دو بعد F1 و F2 پراکندگی بیشتری نسبت به زنان دارند، در حالی که زنان در سبک واضح انسجام تولیدی بیشتری نشان می‌دهند. افزون بر این، واکه‌های گرد، به‌ویژه/u/، بیشترین حساسیت را نسبت به تغییرات سبک و جنسیت نشان دادند. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که سبک گفتار و جنسیت به‌صورت تعاملی بر سازمان‌دهی فضای واکه‌ای زبان فارسی اثر می‌گذارند و گفتار واضح با افزایش تمایز واکه‌ای و گسترش فضای صوت‌شناختی همراه است. این نتایج می‌تواند در گسترش مطالعات مربوط به آواشناسی صوت‌شناختی و تغییرات سبک گفتار در زبان فارسی مورد استفاده قرار گیرد.

استناد: احمدی، طاهره؛ علی‌نژاد، بتول؛ رضایی، والی؛ اسدی، هما؛ (۱۴۰۵): تحلیل صوت‌شناختی اثر سبک گفتار بر فضای واکه‌ای در زبان فارسی: مقایسه گفتار خوانداری و واضح: پژوهش‌های زبانی، سال ۱۷، شمارهٔ ۱، بهار و تابستان- پیاپی ۳۲، (۲۲-۱).
DOI: 10.22059/jolr.2026.410222.666954

ناشر: مؤسسهٔ انتشارات دانشگاه تهران. © نویسندگان: طاهره احمدی، بتول علی‌نژاد، والی رضایی، هما اسدی

۱. مقدمه

پیشرفت روزافزون فناوری‌های دیجیتال و گسترش ابزارهای ضبط و پردازش صوت، امکان ثبت، ذخیره و تحلیل داده‌های گفتاری را بیش از گذشته فراهم کرده است. این تحول موجب شده است که بررسی علمی گفتار و ویژگی‌های صوت‌شناختی آن، در حوزه‌های مختلف زبان‌شناسی، علوم شناختی، گفتاردرمانی و فناوری گفتار اهمیت فزاینده‌ای پیدا کند. در این میان، مطالعه‌ی ویژگی‌های صوت‌شناختی واکه‌ها به دلیل نقش محوری آن‌ها در ساختار آوایی زبان و قابلیت بالای آن‌ها در بازتاب تفاوت‌های تولیدی گفتار، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است.

واکه‌ها دارای مجموعه‌ای از ویژگی‌های درونی و بیرونی هستند که می‌توانند تحت تأثیر عوامل مختلف زبانی و فرازبانی تغییر کنند. عواملی مانند کشش، تکیه و شدت از جمله متغیرهای درونی و عواملی همچون بافت آوایی، سبک گفتار و شرایط تولید از جمله متغیرهای بیرونی مؤثر بر تولید واکه‌ها به شمار می‌روند (Wang, 2019). از سوی دیگر، سبک‌های گفتاری مختلف مانند گفتار محاوره‌ای، خوانداری و واضح، هر یک با الگوهای متفاوتی از سازمان‌دهی صوت‌شناختی همراه‌اند و بنابراین می‌توانند بر ساختار صوت‌شناختی واکه‌ها اثر بگذارند (Ronquest, 2016; Coulthard, May & Sousa-Silva, 2021).

بررسی سبک‌های گفتاری در پژوهش‌های صوت‌شناختی نشان داده است که گویندگان در سبک‌های مختلف، از راهبردهای تولیدی متفاوتی استفاده می‌کنند. برای مثال، در گفتار واضح، گویندگان معمولاً آهسته‌تر، دقیق‌تر و با دامنه حرکتی بیشتری صحبت می‌کنند و این امر با افزایش دیرش واکه‌ها، گسترش فضای واکه‌ای و تغییر در الگوهای سازه‌ای همراه است (Wang, 2019; Ronquest, 2016). در مقابل، در سبک‌های طبیعی‌تر یا کم‌تلاش‌تر، واکه‌ها گرایش بیشتری به فشردگی و مرکزگرایی دارند. از آن‌جا که واکه‌ها نقش مهمی در وضوح و قابلیت درک گفتار ایفا می‌کنند (Koffi & Krause, 2020). مطالعه‌ی تغییرات آن‌ها در سبک‌های مختلف گفتاری می‌تواند در شناخت سازوکارهای تولید گفتار و تبیین تفاوت‌های صوت‌شناختی میان سبک‌ها نقش مهمی داشته باشد.

در پژوهش‌های صوت‌شناختی، فضای واکه‌ای یکی از شاخص‌های اصلی برای بررسی تفاوت‌های تولیدی واکه‌ها محسوب می‌شود. این فضا معمولاً بر اساس مقادیر سازه‌های اول و دوم تعریف می‌شود و می‌تواند اطلاعات ارزشمندی درباره‌ی میزان تمایز واکه‌ها، دامنه حرکتی اندام‌های گفتاری و میزان وضوح تولید واکه‌ها ارائه دهد. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که عواملی مانند سبک گفتار، جنسیت و شرایط تولید می‌توانند موجب تغییر در ساختار فضای واکه‌ای شوند (Whitfield & Mehta, 2019). از این‌رو، بررسی تغییرات فضای واکه‌ای در سبک‌های مختلف گفتاری می‌تواند به درک دقیق‌تر الگوهای تولید گفتار در زبان‌های مختلف کمک کند.

با وجود پژوهش‌های متعدد درباره‌ی ویژگی‌های صوت‌شناختی واکه‌ها در زبان‌های مختلف، بررسی مستقیم تفاوت فضای واکه‌ای میان دو سبک گفتاری خوانداری و واضح در زبان فارسی همچنان محدود است. افزون بر این، هنوز به‌طور دقیق مشخص نیست که این دو سبک تا چه اندازه از نظر میزان گسترش فضای واکه‌ای و الگوهای سازه‌ای واکه‌ها با یکدیگر تفاوت دارند و جنسیت چه نقشی در این تفاوت‌ها ایفا می‌کند. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف تحلیل اثر سبک گفتار بر فضای واکه‌ای در زبان فارسی و مقایسه‌ی دو سبک گفتاری خوانداری و واضح انجام شده است. در این راستا، تغییرات سازه‌های اول و دوم واکه‌ها و همچنین نقش جنسیت در این تغییرات مورد بررسی قرار گرفته است.

مطالعه‌ی حاضر در چهارچوب پژوهش‌های صوت‌شناختی و با رویکردی تجربی–آزمایشگاهی انجام شده است. داده‌های پژوهش شامل گفتار ضبط‌شده‌ی ۲۵ گویشور فارسی‌زبان دارای گویش معیار (۱۴ زن و ۱۱ مرد) در بازه‌ی سنی ۲۰ تا ۳۵ سال است که در دو سبک خوانداری و واضح گردآوری شده‌اند. تحلیل داده‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزارهای R

و Python انجام شده است. نتایج این پژوهش می‌تواند در شناخت بهتر اثر سبک گفتار بر ساختار صوت‌شناختی واکه‌ها در زبان فارسی و توسعه‌ی مطالعات مرتبط با آواشناسی تولیدی و تحلیل گفتار سودمند باشد.

بر این اساس، پژوهش حاضر در پی پاسخ‌گویی به پرسش‌های زیر است:

۱.چه تفاوتی در فضای واکه‌ای سبک‌های گفتاری خوانداری و واضح در زبان فارسی وجود دارد؟

۲.آیا میان زنان و مردان در فضای واکه‌ای مربوط به دو سبک گفتاری خوانداری و واضح تفاوت معنادار وجود دارد؟

۳.آیا الگوهای تغییرات بین‌گوینده در دو سبک گفتاری خوانداری و واضح متفاوت است؟

پس از این مقدمه، در بخش بعدی چهارچوب نظری پژوهش معرفی می‌شود. سپس پیشینه‌ی پژوهش‌های مرتبط بررسی خواهد شد. در ادامه، روش‌شناسی پژوهش، تحلیل داده‌ها و یافته‌های حاصل از پژوهش ارائه می‌شود و در پایان، نتایج به‌دست‌آمده جمع‌بندی و تفسیر خواهند شد.

۲.چهارچوب نظری

مطالعه‌ی تفاوت‌های صوت‌شناختی میان سبک‌های گفتاری مختلف، نیازمند بهره‌گیری از چهارچوب‌هایی است که بتوانند رابطه‌ی میان تولید گفتار، تغییرات آوایی و شرایط ارتباطی را تبیین کنند. در پژوهش حاضر، چهارچوب نظری بر دو محور اصلی استوار است: (۱) نظریه‌ی منبع–فیلتر در تولید گفتار و (۲) نظریه‌ی تنظیم سبک گفتار با تمرکز بر مدل تطبیقی تولید پرتلاش و کم‌تلاش[1](H&H). این چهارچوب‌ها امکان تحلیل تغییرات سازه‌ای واکه‌ها و بررسی تفاوت فضای واکه‌ای در سبک‌های گفتاری خوانداری و واضح را فراهم می‌کنند.

۲-۱. نظریه‌ی منبع– فیلتر

طبق نظریه‌ی کلاسیک منبع–فیلتر (فانت، ۱۹۶۰)، گفتار از ترکیب یک منبع ارتعاشی[2] و یک سامانه‌ی فیلترکننده شامل مجرای آوایی شکل می‌گیرد. در این مدل، ارتعاش تارهای صوتی نقش منبع را بر عهده دارد و شکل و وضعیت مجرای گفتار به‌عنوان فیلتر عمل می‌کند. واکه‌ها به‌عنوان برونداد این سامانه، دارای مشخصه‌های صوت‌شناختی قابل اندازه‌گیری هستند که مهم‌ترین آن‌ها سازه‌ها یا فرمنت‌ها هستند. سازه‌های اول و دوم مهم‌ترین شاخص‌های صوت‌شناختی در توصیف واکه‌ها به شمار می‌روند. تغییر در موقعیت زبان، فک و لب‌ها موجب تغییر در این سازه‌ها می‌شود؛ به‌گونه‌ای که سازه اول عمدتاً با میزان بازشدگی دهان و ارتفاع زبان و سازه دوم با موقعیت پیشین یا پسین زبان مرتبط است. از این‌رو مساحت فضای واکه‌ای[3] به عنوان یک شاخص کلیدی در تحلیل‌های صوت‌شناختی معرفی می‌شود (Fant, 1971).

در تحلیل صوت‌شناختی گفتار، مساحت فضای واکه‌ای یکی از شاخص‌های کلیدی برای سنجش وضوح گفتار[4] و ویژگی‌های فردی گوینده محسوب می‌شود. مطالعات زبان‌شناسی آوایی و قضایی بر این باورند که وسعت این فضا با متغیرهایی مانند سبک گفتار، وضعیت فیزیولوژیکی گوینده و اهداف ارتباطی تغییر می‌کند (Fant, 1971; Whitfield & Mehta, 2019).

۲-۲. نظریه‌ی تنظیم سبک گفتار

گویشوران هر زبان متناسب با شرایط ارتباطی، مخاطب و هدف گفتار از سبک‌های گفتاری متفاوتی استفاده می‌کنند. به‌عنوان مثال، هنگام گفت‌وگو با دوستان معمولاً از سبک محاوره‌ای و در موقعیت‌های رسمی یا هنگام صحبت با فرد کم‌شنوا از سبک واضح استفاده می‌شود. بنابراین سبک گفتار را می‌توان نوعی تنوع زبانی دانست که مستقیماً با شرایط

1. Hyper- & Hypo-articulation (H&H)
2. turbulent/periodic glottal source
3. Vowel Space Area - VSA
4 .Speech clarity

ارتباطی و اجتماعی مرتبط است و انواع مختلفی از آن متناسب با شرایط و موقعیت اجتماعی، توسط گویشوران هر زبان به کار گرفته می‌شود (Coulthard, May & Sousa-Silva, 2021; Ronquest, 2016).

سبک‌های گفتاری را می‌توان بر روی یک پیوستار در نظر گرفت که در یک سوی آن گفتار خودانگیخته و در سوی دیگر گفتار خوانداری قرار دارد. در میان این دو قطب نیز سبک‌هایی مانند گفتار واضح، گفتار کودک‌پسند و روایت‌گری قرار می‌گیرند (Arantes, 2021). تفاوت این سبک‌ها در سطح صوت‌شناختی معمولاً به‌صورت تغییر در سرعت گفتار، دیرش واکه‌ها، شدت آوا و الگوهای سازه‌ای نمود پیدا می‌کند.

یکی از مهم‌ترین نظریه‌ها در تبیین تفاوت سبک‌های گفتاری، نظریه‌ی تنظیم سبک گفتار با تمرکز بر مدل تطبیقی تولید پرتلاش و کم‌تلاش (H&H) است که توسط لیندبلوم (۱۹۹۰) ارائه شد. بر اساس این مدل، گوینده بسته به نیاز ارتباطی و شرایط شنیداری، میزان تلاش تولیدی خود را تنظیم می‌کند. در شرایطی که وضوح گفتار اهمیت بیشتری دارد، گوینده به سمت تولید پرتلاش حرکت می‌کند و واکه‌ها را با دقت و اغراق بیشتری تولید می‌کند. در نتیجه، فضای واکه‌ای گسترش می‌یابد، تمایز واکه‌ها افزایش پیدا می‌کند و VSA بزرگ‌تر می‌شود. در مقابل، در گفتار کم‌تلاش، واکه‌ها تمایل بیشتری به مرکزگرایی و کاهش تمایز دارند (Lindblom, 1990). مطالعات متعددی نشان داده‌اند که در سبک واضح، الگوهای صوت‌شناختی از جمله پراکندگی سازه‌ها، دیرش واکه‌ها و شدت آوا به‌گونه‌ای تغییر می‌کند که فهم‌پذیری گفتار افزایش می‌یابد (Whitfield & Mehta, 2019). این نظریه به‌ویژه در بررسی تفاوت سبک‌های خوانداری و واضح کاربرد دارد (Whitfield & Goberman, 2017).

۲-۳ .فضای واکه‌ای و تفاوت‌های بین‌گوینده

فضای واکه‌ای علاوه بر بازتاب ویژگی‌های سبک گفتار، می‌تواند تفاوت‌های فردی میان گویندگان را نیز نشان دهد. عوامل متعددی از جمله جنسیت، ویژگی‌های فیزیولوژیکی دستگاه گفتار، عادت‌های تولیدی و میزان کنترل حرکتی می‌توانند بر الگوهای سازه‌ای واکه‌ها اثرگذار باشند. به‌طور معمول، زنان به دلیل کوتاه‌تر بودن مجرای گفتار، مقادیر بالاتری در F1 و F2 دارند و در نتیجه فضای واکه‌ای آن‌ها گسترده‌تر از مردان است (Ghaffarvand-Mokari, Werner & Talebi, 2017).

در مطالعات صوت‌شناختی، بررسی تغییرات بین‌گوینده معمولاً با استفاده از شاخص‌هایی مانند انحراف معیار سازه‌ها انجام می‌شود. انحراف معیار بالاتر نشان‌دهنده‌ی پراکندگی بیشتر در الگوهای تولیدی و تفاوت بیشتر میان گویندگان است، در حالی که مقادیر پایین‌تر نشان‌دهنده‌ی همگونی بیشتر در تولید واکه‌هاست (Jacewicz et al., 2011). تحلیل این تغییرات می‌تواند نشان دهد که آیا سبک گفتار موجب افزایش یا کاهش تفاوت‌های بین‌گوینده می‌شود.

از سوی دیگر، پژوهش‌های مرتبط با نرمال‌سازی سازه‌ها نشان داده‌اند که استفاده از روش‌هایی مانند نرمال‌سازی نری می‌تواند اثر تفاوت‌های فیزیولوژیکی میان گویندگان را کاهش دهد و امکان مقایسه‌ی دقیق‌تر الگوهای واکه‌ای را فراهم کند (Adank, Smits & Van Hout, 2004; Nearey, 1978). در نتیجه، استفاده از چنین روش‌هایی در مطالعات مقایسه‌ای سبک گفتار، به پژوهشگر کمک می‌کند تا تغییرات ناشی از سبک را مستقل از تفاوت‌های آناتومیکی و فیزیولوژیکی بررسی کند. بر اساس مباحث نظری فوق، می‌توان انتظار داشت که تغییر سبک گفتار از خوانداری به واضح با گسترش فضای واکه‌ای، افزایش پراکندگی سازه‌ها و تغییر در الگوهای صوت‌شناختی واکه‌ها همراه باشد و این تغییرات در زنان و مردان شدت یکسانی نداشته باشد.

۳. مروری بر پیشینه پژوهش

پژوهش‌های صوت‌شناختی واکه‌ها و فضای واکه‌ای، یکی از حوزه‌های مهم در مطالعات آواشناسی و تولید گفتار به شمار می‌روند. فضای واکه‌ای معمولاً بر اساس مقادیر سازه‌های اول و دوم واکه‌ها توصیف می‌شود و می‌تواند اطلاعاتی درباره الگوهای تولیدی، میزان تمایز واکه‌ها و ویژگی‌های سبک گفتار ارائه دهد. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که تغییرات سبک

گفتار می‌تواند بر مقادیر سازه‌ای واکه‌ها، دیرش و میزان پراکندگی فضای واکه‌ای تأثیر بگذارد (Ferguson & Kewley-Port, 2007). در این میان، گفتار واضح به‌عنوان سبکی تعریف می‌شود که گوینده در آن با هدف افزایش وضوح و قابلیت درک گفتار، از راهبردهایی مانند افزایش دیرش واکه‌ها، اغراق در حرکات تولیدی و گسترش فضای واکه‌ای استفاده می‌کند (Picheny, Durlach & Braida, 1986). در مقابل، گفتار خوانداری اگرچه نسبت به گفتار خودانگیخته ساختارمندتر و کنترل‌شده‌تر است، الزاماً همه ویژگی‌های گفتار واضح را نشان نمی‌دهد؛ از این‌رو، تمایز میان این دو سبک گفتار در مطالعات صوت‌شناختی واکه‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد.

در مطالعات بین‌زبانی، تأثیر سبک گفتار بر ویژگی‌های صوت‌شناختی واکه‌ها بارها بررسی شده است. بر اساس نتایج این پژوهش‌ها، گفتار واضح معمولاً با افزایش دیرش واکه‌ها، کاهش نرخ گفتار و گسترش فضای واکه‌ای همراه است و این تغییرات می‌توانند موجب افزایش تمایز شنیداری واکه‌ها و بهبود قابلیت درک گفتار شوند. برای نمونه، نشان داده شده است که نوع دستورالعمل ارائه‌شده به گویندگان در تولید گفتار واضح می‌تواند بر ویژگی‌های صوت‌شناختی واکه‌ها و میزان گسترش فضای واکه‌ای اثرگذار باشد (Lam, Tjaden & Wilding, 2012). همچنین در گفتار واضح، فضای واکه‌ای نسبت به گفتار عادی گسترش می‌یابد و این گسترش با افزایش وضوح ادراکی گفتار ارتباط دارد (Whitfield & Goberman, 2017). رانکوئست نیز در مطالعه‌ای بر گویندگان اسپانیایی‌زبان گزارش کرد که گفتار واضح در مقایسه با گفتار طبیعی با افزایش دیرش واکه‌ها و پراکندگی بیشتر فضای واکه‌ای همراه است (Ronquest, 2016). افزون بر این، وانگ با بررسی گویندگان انگلیسی چینی نشان داد که اگرچه سبک گفتار بر دیرش واکه‌ها اثر معنادار دارد، میزان تأثیر آن بر گسترش فضای واکه‌ای در میان گویندگان متفاوت است (Wang, 2019). همچنین در پژوهش پلگرینو و همکاران (۲۰۲۳) بر روی گفتار فارسی نشان داده شده است که تغییر سبک گفتار می‌تواند بر تمایزپذیری صوتی گویندگان اثر بگذارد و الگوهای آوایی متفاوتی در سبک‌های مختلف ایجاد کند. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که تغییرات سبک گفتار نه تنها بر ویژگی‌های ادراکی گفتار، بلکه بر شاخص‌های صوت‌شناختی مرتبط با تمایز واکه‌ها و الگوهای تولیدی نیز اثرگذار است. این نتایج اهمیت بررسی تغییرات فضای واکه‌ای در سبک‌های مختلف گفتار فارسی را برجسته‌تر می‌کند (Pellegrino, Asadi, Dellwo, Skarnitzl & Volín, 2023).

در زبان فارسی نیز مطالعات متعددی به توصیف صوت‌شناختی واکه‌ها و بررسی تغییرات آن‌ها در شرایط و سبک‌های مختلف گفتاری پرداخته‌اند. غفاروند–مکاری، ورنر و طالبی (۲۰۱۷) با بررسی واکه‌های فارسی در گویش تهرانی نشان دادند که سازه‌های اول تا سوم، دیرش و الگوهای پراکندگی واکه‌ها تحت تأثیر جنسیت و بافت همخوانی قرار می‌گیرند (Ghaffarvand-Mokari, Werner & Talebi, 2017). همچنین آرونو، مک‌هیو و مولنار (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای درباره گفتار محاوره‌ای فارسی گزارش کردند که واکه‌های فارسی در گفتار طبیعی دچار مرکزگرایی و تغییرات قابل توجهی در فضای واکه‌ای می‌شوند و این الگوها با توصیف‌های سنتی واکه‌های فارسی تفاوت دارند (Aronow, McHugh & Molnar, 2017). جونز (۲۰۱۹) نیز با استفاده از یک پیکره بزرگ گفتار طبیعی فارسی نشان داد که توزیع واکه‌ها در گفتار محاوره‌ای معاصر فارسی نسبت به توصیف‌های کلاسیک تغییر یافته و برخی واکه‌ها، به‌ویژه واکه‌های پسین، گرایش بیشتری به مرکزگرایی دارند (Jones, 2019).

علاوه بر پژوهش‌های منتشرشده در نشریات بین‌المللی، در سال‌های اخیر پژوهش‌های متعددی در داخل کشور نیز به بررسی ویژگی‌های صوت‌شناختی واکه‌های فارسی، نقش جنسیت، تغییرات سبک گفتار و روش‌های نرمال‌سازی سازه‌ها پرداخته‌اند. بخش قابل توجهی از این مطالعات بر تحلیل مقادیر سازه‌ای واکه‌ها، تغییرات دیرش، تفاوت‌های بین‌گوینده‌ای و بررسی الگوهای پراکندگی فضای واکه‌ای متمرکز بوده‌اند (غفاروند–مکاری، ورنر و طالبی، ۲۰۱۷؛ اسدی، نوربخش، ساسانی و دلوو، ۲۰۱۸). نتایج این پژوهش‌ها نشان داده است که ویژگی‌های صوت‌شناختی واکه‌های فارسی می‌توانند تحت تأثیر عواملی مانند سبک گفتار، جنسیت، بافت آوایی و شرایط تولید قرار گیرند.

یکی از چالش‌های مهم در تحلیل آکوستیکی واکه‌ها، کنترل تفاوت‌های فیزیولوژیکی میان گویندگان است. در این زمینه، روش‌های نرمال‌سازی نقش کلیدی در افزایش قابلیت مقایسه داده‌ها دارند و در سال‌های اخیر، پژوهش‌های متعددی بر اهمیت استفاده از روش‌های نرمال‌سازی سازه‌ها برای کاهش اثر تفاوت‌های فیزیولوژیکی میان گویندگان تأکید کرده‌اند. در این میان، روش نرمال‌سازی نری[1] یکی از روش‌های شناخته‌شده در مطالعات صوت‌شناختی واکه‌ها به شمار می‌رود که برای افزایش قابلیت مقایسه داده‌های واکه‌ای میان گویندگان زن و مرد مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش، یکی از روش‌های معتبر نرمال‌سازی است که با استفاده از میانگین هندسی سازه‌ها، اثر تفاوت‌های آناتومیکی دستگاه گفتار را کاهش داده و امکان مقایسه دقیق‌تر فضای واکه‌ای میان گویندگان را فراهم می‌کند. مطالعات بعدی نیز کارایی این روش را در حفظ ساختار آوایی و در عین حال کاهش واریانس بین‌گوینده‌ای تأیید کرده‌اند (Adank, Smits & Van Hout, 2004; Barreda, 2021; Kuo & Berry, 2023). با وجود گسترش مطالعات مربوط به آکوستیک واکه‌ها در زبان فارسی، بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده بر توصیف کلی ویژگی‌های صوت‌شناختی واکه‌ها، گفتار محاوره‌ای، گفتار طبیعی یا مقایسه سبک‌های رسمی و غیررسمی متمرکز بوده‌اند و بررسی مستقیم تفاوت فضای واکه‌ای در گفتار خوانداری و گفتار واضح همچنان محدود است. افزون بر این، هنوز مشخص نیست که این دو سبک گفتار تا چه اندازه از نظر میزان گسترش فضای واکه‌ای و الگوهای سازه‌ای واکه‌ها با یکدیگر تفاوت دارند و متغیر جنسیت چه نقشی در این تفاوت‌ها ایفا می‌کند. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف مقایسه فضای واکه‌ای در گفتار خوانداری و گفتار واضح فارسی، بررسی نقش جنسیت در تغییرات این فضا و تحلیل سازه‌ها بر اساس مقیاس نری انجام شده است تا تصویری دقیق‌تر از تفاوت‌های صوت‌شناختی واکه‌ها در این دو سبک گفتاری ارائه دهد.

۴. روش پژوهش

پژوهش در این بخش به معرفی نوع پژوهش، فرضیه‌های پژوهش، شیوه گردآوری داده‌ها، مراحل پیش‌پردازش داده‌ها، نرمال‌سازی سازه‌ها و آزمون‌های آماری مورد استفاده پرداخته می‌شود. این پژوهش از نوع تجربی—آزمایشگاهی و در حوزه آواشناسی آزمایشگاهی[2] است و با هدف بررسی اثر سبک گفتار بر فضای واکه‌ای در زبان فارسی انجام شده است. تمرکز اصلی پژوهش حاضر بر تحلیل تغییرات صوت‌شناختی واکه‌ها در دو سبک گفتاری «خوانداری» و «واضح» و همچنین بررسی تفاوت‌های مرتبط با جنسیت و تغییرات بین‌گوینده‌ای در این دو سبک است.

با توجه به موضوع پژوهش و مبانی نظری مطرح‌شده، فرضیه‌های زیر برای این مطالعه در نظر گرفته شد:

۱.تفاوت سبک گفتار (خوانداری و واضح) بر سازه‌های واکه‌ها اثر دارد و فضای واکه‌ای را به‌صورت معنادار تغییر می‌دهد.

۲.تفاوت‌های جنسیتی می‌توانند بر الگوهای فضای واکه‌ای و رفتار صوت‌شناختی واکه‌ها اثرگذار باشند.

۳.میزان تغییرات بین‌گوینده در سبک‌های مختلف گفتار متفاوت است.

تحلیل مبتنی بر فضای واکه‌ای (VSA) و سازه‌های F1 و F2 می‌تواند در توصیف صوت‌شناختی سبک‌های گفتار فارسی مفید باشد.

۴-۱. شیوه گردآوری داده‌ها

هدف از انجام این پژوهش، استخراج و مقایسه پارامترهای صوت‌شناختی واکه‌ها در دو سبک گفتاری خوانداری و واضح در زبان فارسی است. در گام نخست، نمونه‌های گفتاری مربوط به هر یک از این دو سبک گردآوری و ضبط شدند. سپس برای هر سبک، مقادیر سازه‌های اول و دوم واکه‌ها استخراج شد تا امکان مقایسه الگوهای تولیدی در سطح فضای واکه‌ای فراهم شود. برای تأمین داده‌های مورد نیاز جهت استخراج مشخصه‌های صوت‌شناختی، از ۲۵ گوینده زن و مرد

1 .Nearey normalization
2 .Laboratory Phonetics

فارسی–زبان دارای گویش معیار شامل ۱۴ زن و ۱۱ مرد در بازه‌ی سنی ۲۰ تا ۳۵ سال و مدرک تحصیلی حداقل دیپلم جهت ضبط صدا در آزمایشگاه زبان‌شناسی دانشکده زبان‌های خارجی دانشگاه اصفهان دعوت به عمل آمد. روش انتخاب این گویندگان به صورت داوطلبانه و با فراخوان از بین دانشجویان و سایر افراد مراجعه‌کننده به مراکز و آموزشگاه‌های درون محوطه دانشگاه بوده است. این گویندگان ابتدا توسط یک گفتاردرمانگر باتجربه و یک متخصص زبان‌شناسی مورد ارزیابی گفتاری قرار گرفتند و از نظر برخورداری از سیستم گفتاری و شنوایی طبیعی، نداشتن سابقه‌ای از انواع اختلالات گفتار و زبان و صحبت کردن با گویش معیار تأیید شدند. هر یک از گویندگان در اتاقک آکوستیک آزمایشگاه حضور یافتند و متنی شامل ۴۵ جمله در اختیار آن‌ها قرار گرفت. جملات مورد استفاده در این متن، همگی از نوع خبری بودند و عمدتاً از پیکره فارس‌دات انتخاب شدند تا همچون داده‌های این پیکره حتی‌الامکان از توزیع واجی مناسب برخوردار باشند. هر یک از گویندگان، متن جملات را با استفاده از میکروفونی استاندارد که با زاویه ۴۵ درجه و فاصله ۲۰ سانتی‌متر از دهان گوینده قرار گرفته بود در دو سبک گفتاری خوانداری و واضح خواندند و صدای آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار استودیو وان[1]، به فرمت wav و نرخ نمونه‌برداری ۴۴۱۰۰ هرتز ضبط و در قالب فایل‌های جداگانه ذخیره شد. برای اجرای سبک خوانداری از گویندگان خواسته شد که هر یک از ۴۵ جمله متن داده شده را به صورت عادی و با سرعت طبیعی بخوانند. قبل از اجرای سبک واضح، برای گویندگان توضیح داده شد که همان جملات را به صورت شمرده شمرده بخوانند؛ به صورتی که گویی صدایی به سیستم بازشناسی گفتار ارائه می‌شود تا آن را به متن بازگردانی کند؛ یا به صورتی خوانده شود که انگار گوینده در حال صحبت کردن با یک فرد کم‌شنوا در یک محیط پر سروصداست.

۴-۲. پیش‌پردازش داده‌ها

پس از جمع‌آوری داده‌های صوتی و تهیه معادل‌های واجی آن‌ها، تقطیع و حاشیه‌نویسی[2] به صورت خودکار با استفاده از نرم‌افزار پرات نسخه ۶,۲,۰۹ (بورسما[3] و وینینک[4]: ۲۰۲۲) انجام و شبکه‌های متنی[5] مربوط به آن‌ها استخراج شد. شبکه‌های متنی تولیدشده پس از پردازش خودکار به‌صورت دستی نیز بازبینی شدند. با تولید شبکه‌های متنی، پارامترهای مورد نیاز جهت تحلیل‌های صوت‌شناختی بعدی (یعنی سازه‌های اول و دوم) به شیوه مرکزی به صورت خودکار و با کدنویسی و اجرای برنامه مربوطه در نرم‌افزار پایتون ویرایش ۳,۱۳ به دست آمد. این فرآیند به‌گونه‌ای طراحی شد که استخراج داده‌ها به‌صورت یکپارچه و قابل بازتولید انجام شود. در نهایت، مجموعه داده‌های نهایی شامل مقادیر سازه‌ای واکه‌ها در دو سبک گفتاری برای تحلیل‌های آماری بعدی آماده شد.

۴-۳ .نرمال‌سازی فیزیولوژیکی سازه‌ها با استفاده از مقیاس نِری

برای کاهش اثر تفاوت‌های فیزیولوژیکی میان گویندگان و افزایش قابلیت مقایسه داده‌های صوت‌شناختی، از روش نرمال‌سازی نِری استفاده شد. این روش نخستین‌بار توسط نری (۱۹۷۸) معرفی شد و بر اساس تبدیل لگاریتمی و مقیاس‌سازی نسبت به میانگین هندسی سازه‌ها عمل می‌کند. برای تبدیل بسامدهای سازه‌ای از مقیاس هرتز به نری، ابتدا لازم است که برای هر گوینده میانگین هندسی[6] همه بسامدهای سازه‌ای را محاسبه کرد:

GM = exp (mean (ln (Fi)))
F1_Neri = F1_Hz / GM

1. Studio One
2 .annotate
3 .P. Boersma
4 .D. Weenink
5 .Text grids
6 .geometric mean

در فرمول فوق، Fi = هر یک از بسامدهای سازه‌ای، In = لگاریتم طبیعی، mean = میانگین و exp = عامل برگرداننده از فضای لگاریتمی به فضای معمولی است (Nearey, 1978).

مطالعات مختلف نشان داده‌اند که این روش در تحلیل‌های آواشناسی تجربی می‌تواند اثر تفاوت‌های آناتومیکی میان گویندگان را کاهش داده و در عین حال ساختار نسبی فضای واکه‌ای را حفظ کند (Adank, Smits & Van Hout, 2004; Barreda, 2021; Barreda & Nearey, 2018; Kuo & Berry, 2023). علاوه بر این اسفندیاری و علی‌نژاد (۱۳۹۴) در پژوهش خود تکنیک نری را به عنوان بهترین شیوه هنجارسازی به منظور حذف کردن یا به حداقل رساندن اثرات فیزیولوژیکی با حفظ تمایزات واجی در زبان فارسی معرفی کرده‌اند. بنابراین استفاده از این روش در پژوهش حاضر با هدف مقایسه الگوهای نسبی فضای واکه‌ای در دو سبک گفتاری انجام شده است.

۴-۴. آزمون‌های آماری و شاخص‌های مورد استفاده در پژوهش

در بررسی توصیفی مشخصه‌های صوت‌شناختی واکه‌ها، برخی شاخص‌های آماری مانند میانگین، میانه، دامنه و ضریب تغییرات[1]، مدنظر قرار گرفت. ضریب تغییرات یا CV یک شاخص نسبی و در حقیقت نسبت درصدی انحراف معیار به میانگین است. انحراف معیار[2]، شاخصی است که نشان می‌دهد داده‌ها چقدر از میانگین خود فاصله دارند. فرمول محاسبه CV به صورت زیر است:

$$\text{CV}(\%) = \frac{\text{انحراف معیار}}{\text{میانگین}} \times 100$$

در این رابطه اگر CV کوچک باشد، داده‌ها نسبتاً یکنواخت و پایدار هستند و اگر CV بزرگ باشد، داده‌ها پراکندگی بیشتری دارند و تغییرات زیادی نسبت به میانگین وجود دارد (Vangel, 1996).

پیش از آغاز تحلیل‌های آماری بر روی داده‌ها، ابتدا به‌منظور تعیین شاخص مرکزی معتبر، نرمال بودن داده‌ها برای هر واکه در دو سبک گفتار خوانداری و واضح به‌صورت جداگانه و با تفکیک جنسیت بررسی شد. برای این منظور از آزمون شاپیرو–ویلک استفاده شد که یکی از دقیق‌ترین و توصیه‌شده‌ترین تست‌ها برای نرمال بودن توزیع داده‌ها، به‌ویژه در نمونه‌های کوچک ($n<50$) است (Shapiro & Wilk, 1965). در مواردی که مقدار p-value حاصل از این آزمون بیش از ۰.۵ شده باشد، فرض نرمال بودن داده‌ها پذیرفته و میانگین[3] به‌عنوان شاخص مرکزی[4] انتخاب شده و در صورتی که p-value کمتر یا مساوی ۰.۵ باشد، داده‌ها غیر نرمال تلقی و میانه[5] به‌عنوان شاخص مرکزی در نظر گرفته شده است.

به منظور مقایسه مساحت فضای واکه‌ای بر اساس دو متغیر سبک و جنسیت، آزمون تحلیل واریانس آمیخته[6] به کار برده شد. در این آزمون، متغیر سبک گفتار به‌عنوان عامل درون‌گروهی[7] و متغیر جنسیت به‌عنوان عامل بین‌گروهی[8] در نظر گرفته شد. این روش آماری امکان بررسی اثرات اصلی هر متغیر و همچنین اثر متقابل آن‌ها را بر متغیر وابسته فراهم می‌کند. این آزمون به‌ویژه در مطالعات صوت‌شناختی و گفتاری که هر گوینده در چندین وضعیت گفتاری مورد سنجش قرار می‌گیرد، مناسب است، زیرا تغییرات فردی میان گویندگان را در مدل لحاظ می‌کند و حساسیت تحلیل را افزایش می‌دهد (Field, 2013; Tabachnick & Fidell, 2019).

1. Coefficient of Variation (CV)
2 .Standard Deviation
3 .mean
4. central_index
5. median
6. Mixed ANOVA
7. within-subject factor
8. between-subject factor

یکی از شاخص‌های صوت‌شناختی مورد بررسی در این پژوهش، شاخص تمرکز واکه‌ها[1] است. این شاخص یک معیار عددی برای سنجش میزان تمرکز یا پراکندگی واکه‌ها به شمار می‌رود و به صورت خلاصه بیانگر میزان وضوح و تمایز صوت‌شناختی واکه‌ها در گفتار است. مقدار این شاخص هر چقدر کوچکتر باشد واکه‌ها متمرکزتر و کم‌وضوح‌تر هستند و بزرگتر بودن این شاخص به معنای پراکنده‌تر بودن و در نتیجه واضح‌تر و متمایزتر بودن واکه‌ها است. شاخص تمرکز واکه‌ها را می‌توان تنها بر مبنای سه واکه مرزی کلاسیک /ɒ, u, i/ محاسبه کرد یا به منظور دقت بیشتر در اندازه‌گیری پراکندگی واکه‌ها، مجموعه کامل‌تری از واکه‌ها را دخالت داد (Sapir et al., 2010; Whitfield & Goberman, 2014). در پژوهش حاضر، این شاخص بر اساس مجموعه کامل‌تری از واکه‌های زبان فارسی محاسبه شد تا تصویری دقیق‌تر از الگوهای پراکندگی واکه‌ها ارائه شود.

برای بررسی میزان همگونی یا ناهمگونی الگوهای تولیدی میان گویندگان مختلف، استفاده از شاخص‌های آماری و به‌ویژه انحراف معیار[2] اهمیت ویژه‌ای دارد. انحراف معیار شاخصی است که میزان پراکندگی داده‌ها را حول مقدار مرکزی (میانگین یا میانه) نشان می‌دهد و در مطالعات صوت‌شناختی گفتار برای سنجش ثبات تولید گفتار و میزان تفاوت‌های فردی به کار می‌رود (Jacewicz et al., 2011). مقادیر بالاتر انحراف معیار نشان‌دهنده‌ی پراکندگی بیشتر در داده‌ها و بنابراین تفاوت بیشتر میان گویندگان در تولید ویژگی صوتی مورد نظر هستند، در حالی‌که مقادیر پایین‌تر انحراف معیار نشان‌دهنده‌ی همگونی بیشتر گویندگان و ثبات صوت‌شناختی بالاتر است (Bradlow et al., 1996).

در مطالعات صوت‌شناختی واکه‌ها، انحراف معیار سازه‌ها به‌ویژه F1 و F2 معمولاً به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی تغییرپذیری گفتار مورد استفاده قرار می‌گیرد، زیرا این دو مؤلفه بازتاب‌دهنده‌ی اصلی‌ترین ابعاد حرکتی–صوت‌شناختی تمایز واکه‌ها هستند. تحلیل انحراف معیار در این پژوهش نیز با هدف مقایسه میزان تغییرات بین–گوینده در دو سبک گفتاری خوانداری و واضح و همچنین بررسی تفاوت‌های جنسیتی انجام شد. این تحلیل امکان بررسی میزان ثبات یا تغییرپذیری الگوهای تولید واکه‌ها را در شرایط مختلف گفتاری فراهم می‌کند. بدین ترتیب مشخص می‌شود که آیا سبک گفتار می‌تواند نقش تنظیم‌کننده‌ای در کاهش یا افزایش تفاوت‌های صوت‌شناختی بین گویندگان ایفا کند یا خیر. افزون بر این، محاسبه انحراف معیار به تفکیک جنسیت امکان بررسی این پرسش را فراهم می‌کند که آیا تفاوت‌های فیزیولوژیکی و زبانی میان مردان و زنان بر میزان ثبات تولید واکه‌ها اثرگذار است (Jacewicz et al., 2011).

استفاده از نمودارهای میله‌ای و جعبه‌ای نیز کمک می‌کند تا الگوی توزیع و میزان پراکندگی داده‌ها به‌صورت دیداری تبیین شود و مقایسه بین شرایط مختلف (سبک × جنسیت) به‌روشنی صورت پذیرد. چنین رویکردی در پژوهش‌های صوت‌شناختی معاصر رایج بوده و در تحلیل گفتار طبیعی و سبک‌های گفتاری مختلف کاربرد گسترده‌ای دارد (Bradlow et al., 1996).

۵. گزارش آزمایش‌ها و تحلیل داده‌ها

به منظور بررسی فرضیه‌های مطرح شده برای پژوهش، داده‌های نهایی حاصل از مرحله پیش‌پردازش با استفاده از هر دو روش آمار توصیفی و آمار استنباطی مورد تحلیل قرار گرفتند. تحلیل داده‌ها با بهره‌گیری از نرم‌افزار R ویرایش ۴,۵,۰ و نرم‌افزار پایتون ویرایش ۳,۱۳ انجام گرفت. پیش از انتخاب آزمون‌های آماری، نرمال بودن داده‌ها بررسی شد تا امکان انتخاب روش آماری مناسب فراهم شود. در ادامه، ابتدا نتایج مربوط به آمار توصیفی و مقایسه بسامد سازه‌های اول و دوم واکه‌ها در دو سبک گفتاری ارائه و سپس با استفاده از تحلیل‌های استنباطی، اثر سبک گفتار و جنسیت بر متغیرهای

1. Vowel Concentration Index (VCI)
2. Standard Deviation

صوت‌شناختی مورد بررسی تحلیل شد. تحلیل داده‌ها در این پژوهش مشتمل بر چند بخش است که نتایج هر بخش به‌صورت جداگانه گزارش می‌شود.

۱-۵. بررسی توصیفی مشخصه‌های صوت‌شناختی در دو سبک خوانداری و واضح

شاخص‌های آماری مربوط به بسامد سازه‌های اول و دوم واکه‌های زبان فارسی در دو سبک خوانداری و واضح در جدول (۱) ارائه شده است. در این مطالعه، مشخصه‌های صوت‌شناختی واکه‌ها در دو سبک گفتاری بررسی شد و برای هر واکه، بسامد سازه‌های اول و دوم محاسبه و شاخص‌های آماری شامل میانگین، میانه، دامنه و ضریب تغییرات استخراج گردید. در سراسر این مقاله، نگاره‌های rd برای سبک خوانداری، cl برای سبک واضح، CV برای ضریب تغییرات، m برای جنسیت مرد و fm برای جنسیت زن به کار رفته است. همچنین به منظور سهولت در تحلیل، آوانگاشت /ɒ/ به صورت /aa/ نمایش داده شده است.

جدول ۱. بررسی توصیفی مشخصه‌های صوت‌شناختی واکه‌های زبان فارسی در سبک‌های خوانداری و واضح (بر حسب Nearey)

سبک	n	واکه	F1 Mean	F1 Median	F1 Min-Max	F1 CV(%)	F2 Mean	F2 Median	F2 Min-Max	F2 CV(%)
rd	۲۵	aa	۶۷/۱۲	۹۵/۱۲	۹۴/۹ – ۳۷/۱۴	۶۴/۷	۳۵/۱۷	۳۴/۱۷	۸۳/۱۵ – ۳۵/۱۸	۲۱/۴
rd	۲۵	u	۱۴/۹	۱۴/۹	۶۷/۶ – ۸۳/۱۰	۴۴/۱۰	۴۱/۱۶	۲۲/۱۶	۵۲/۱۴ – ۳۲/۱۹	۵۲/۷
rd	۲۵	i	۷۶/۴	۷۶/۴	۵۲/۴ – ۹۸/۴	۲۹/۲	۲۵/۲۲	۲۸/۲۲	۶۶/۲۱ – ۶۶/۲۲	۲۰/۱
rd	۲۵	a	۹۷/۶	۰۰/۷	۵۶/۶ – ۱۷/۷	۰۱/۳	۰۰/۱۹	۹۴/۱۸	۳۵/۱۸ – ۴۳/۲۰	۳۹/۲
rd	۲۵	e	۳۶/۵	۳۷/۵	۷۶/۴ – ۶۷/۵	۳۱/۵	۰۰/۲۱	۲۱/۲۱	۷۲/۱۹ – ۷۲/۲۲	۰۶/۳
rd	۲۵	o	۵۵/۵	۵۷/۵	۷۶/۴ – ۰۸/۶	۲۶/۶	۶۸/۱۶	۷۴/۱۶	۸۰/۱۵ – ۷۴/۱۸	۵۴/۴
cl	۲۵	aa	۸۹/۱۲	۹۷/۱۲	۱۹/۱۰ – ۵۱/۱۴	۸۲/۷	۸۸/۱۶	۸۷/۱۶	۵۲/۱۵ – ۲۱/۱۸	۰۳/۴
cl	۲۵	u	۹۴/۸	۴۳/۸	۷۳/۶ – ۱۳/۱۱	۷۰/۱۳	۱۴/۱۶	۸۴/۱۵	۰۰/۱۴ – ۸۷/۱۹	۴۹/۱۰
cl	۲۵	i	۲۰/۸	۴۳/۸	۴۲/۶ – ۳۵/۹	۰۷/۹	۰۵/۲۳	۲۰/۲۳	۶۴/۲۱ – ۳۷/۲۴	۴۵/۳
cl	۲۵	a	۵۷/۱۴	۸۹/۱۴	۶۷/۱۰ – ۷۰/۱۶	۷۶/۹	۴۴/۱۹	۵۲/۱۹	۸۴/۱۷ – ۵۸/۲۰	۸۴/۳
cl	۲۵	e	۹۸/۱۰	۲۵/۱۱	۹۴/۷ – ۰۵/۱۲	۱۲/۱۰	۲۹/۲۱	۶۴/۲۱	۷۶/۱۹ – ۰۲/۲۳	۲۱/۴
cl	۲۵	o	۷۱/۱۰	۱۰/۱۱	۴۵/۸ – ۹۶/۱۱	۷۲/۷	۱۸/۱۶	۰۹/۱۶	۱۸/۱۴ – ۱۸/۱۸	۶۶/۴

با استفاده از داده‌های جدول (۱) و مقیاس نری، میانگین F1 و F2 در دو سبک مورد بررسی در جدول (۲) مقایسه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود میانگین F1 در سبک واضح بالاتر و در نتیجه دهان بازتر است و جابجایی عمودی بیشتری در سبک واضح وجود دارد. همچنین تفاوت اندک میانگین F2 در دو سبک، نشان‌دهنده جابجایی افقی محدود در سبک واضح نسبت به سبک خوانداری است. این امر حاکی از آن است که گویندگان در این سبک کنترل بیشتری بر محور پیشین–پسین واکه‌ها دارند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مهم‌ترین اثر سبک در این بخش، افزایش ارتفاع دهان و کشش در جهت عمودی (یعنی F1) در گفتار واضح نسبت به گفتار خوانداری است.

جدول ۲: میانگین F1 و F2 در دو سبک خوانداری و واضح

شاخص	سبک خوانداری	سبک واضح
میانگین F1	۷,۴۱	۱۱,۰۵
میانگین F2	۱۸,۷۸	۱۸,۸۳

در جدول (۳) پراکندگی F1 و F2 بر حسب CV% در دو سبک مورد بررسی نشان داده شده است. بر اساس داده‌های این جدول، در سبک واضح علاوه بر نوسان بیشتر در ارتفاع واکه‌ها، نوسان بیشتر در محور پیشین–پسین نیز مشاهده می‌شود. بنابراین می‌توان گفت که سبک واضح، دامنه حرکتی زبانی بیشتری ایجاد می‌کند.

جدول ۳: پراکندگی F1 و F2 در دو سبک خوانداری و واضح

شاخص	سبک خوانداری	سبک واضح
F1-CV	٪۵,۸۲	٪۹,۷۰
F2-CV	٪۳,۸۲	٪۵,۱۱

یافته‌های فوق نشان می‌دهد که در زبان فارسی نیز همسو با روند متداول حاکم بر سایر زبان‌ها، گفتار واضح باعث بازشدگی بیشتر دهان، افزایش دامنه حرکات زبان و تقویت مرزبندی واکه‌ها می‌شود. نتایج حاصل از بررسی توصیفی دو سبک، در جدول (۴) خلاصه شده است.

جدول ۴: مقایسه توصیفی دو سبک خوانداری و واضح

ویژگی	سبک خوانداری	سبک واضح
دقت حرکتی	کمتر	بیشتر
گستره صوت‌شناختی (به‌ویژه F1)	محدودتر	بازتر
نوسان تولید	کم	زیاد
وضوح واکه‌ها	طبیعی	افزایش‌یافته و برجسته

۲-۵. مقایسه فضای واکه‌ای بر اساس سبک

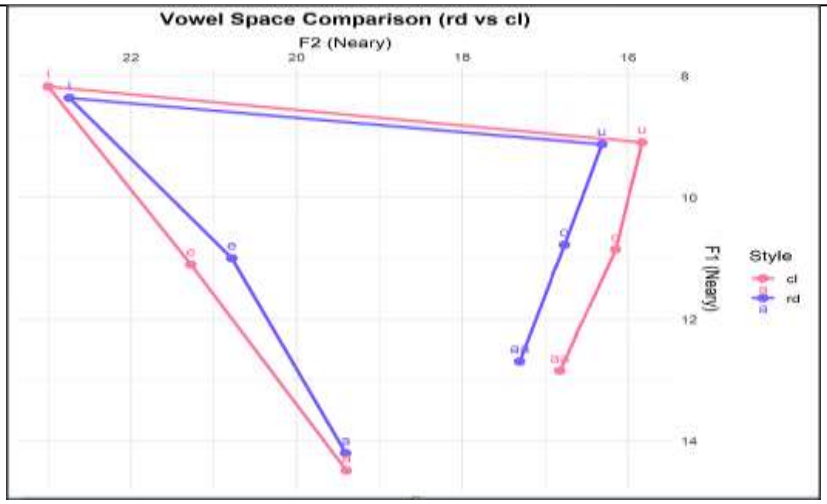
بررسی نرمال بودن داده‌ها بر اساس آزمون شاپیرو–ویلک و تعیین شاخص مرکزی مناسب، پیش‌نیاز محاسبه و مقایسه مساحت فضای واکه‌ای در دو سبک گفتاری بوده است. در این پژوهش، مساحت فضای واکه‌ای بر اساس شش واکه زبان فارسی/ɒ/ ، /u/، /i/، /a/، /e/و /o/ محاسبه شده است. هدف این بخش، بررسی تفاوت کلی دو سبک خوانداری و واضح از نظر گستره فضای واکه‌ای است؛ از این‌رو، سبک گفتار به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد و اثر آن بر VSA بررسی گردید.

جدول ۵. مساحت فضای واکه‌ای (بر حسب Nearey) برای واکه‌های زبان فارسی به تفکیک سبک گفتار

سبک	مساحت فضای واکه‌ای (نری)
خوانداری	۲۰,۲۲۹۰۵
واضح	۲۶,۹۰۳۰

طبق داده‌های جدول (۵)، میانگین مساحت در گفتار خوانداری برابر با ۲۰,۲۲ (بر حسب نری) و در گفتار واضح برابر با ۲۶,۹۰ به‌دست آمده است. این تفاوت که در نمودار شکل (۱) نیز نمایش داده شده است، به معنای افزایش حدود ۳۳ درصدی مساحت فضای واکه‌ای در سبک واضح نسبت به سبک خوانداری است و نشان می‌دهد که گویندگان در این سبک واکه‌ها را با دامنه حرکتی بیشتر و فاصله‌گذاری آکوستیکی واضح‌تری تولید می‌کنند. در نتیجه، واکه‌های مرزی (/i/, /a/, /u/) از مرکز فضای واکه‌ای فاصله بیشتری می‌گیرند و گستره کلی فضای واکه‌ای افزایش می‌یابد. این الگو بیانگر افزایش وضوح تولیدی در سبک گفتار واضح نسبت به گفتار خوانداری است.

در تحلیل آماری مبتنی بر مدل‌های مقایسه‌ای (تحلیل واریانس آمیخته)، اثر سبک گفتار بر مساحت فضای واکه‌ای معنادار گزارش شد ($p < 0.05$). بر این اساس، تفاوت مشاهده‌شده بین دو سبک از نظر آماری معنادار است.



شکل ۱. نمودار فضای واکه‌ای (بر حسب Nearey) برای سبک‌های گفتاری خوانداری و واضح

۳-۵ مقایسه فضای واکه‌ای بر اساس سبک و جنسیت

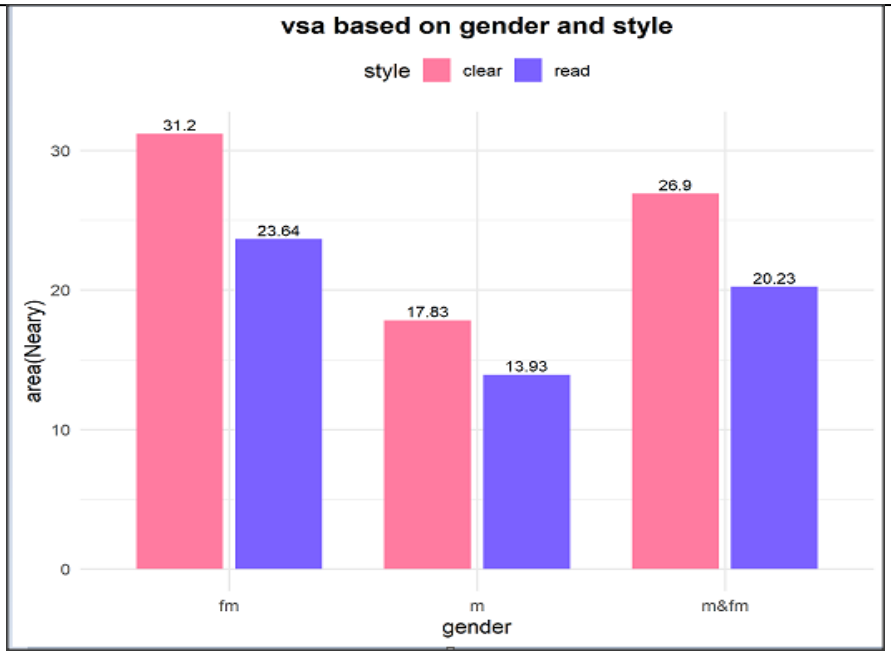
در این بخش، علاوه بر عامل سبک گفتار، متغیر جنسیت نیز در تحلیل‌ها وارد شده است تا نقش آن در تغییرات فضای واکه‌ای در دو سبک خوانداری و واضح بررسی شود. هدف این بخش، بررسی اثر مستقل جنسیت و همچنین تعامل آن با سبک گفتار بر مساحت فضای واکه‌ای است.

جدول۶. مساحت فضای واکه‌ای (بر حسب Nearey) برای واکه‌های زبان فارسی به تفکیک سبک گفتار و جنسیت

جنسیت	سبک	مساحت
مرد	خوانداری	۱۳,۹۲۵۸
مرد	واضح	۱۷,۸۲۵۷
زن	خوانداری	۲۳,۶۳۸۴
زن	واضح	۳۱,۱۹۹۵
مرد و زن	خوانداری	۲۰,۲۲۹۰۵
مرد و زن	واضح	۲۶,۹۰۳۰

یافته‌های جدول (۶) نشان می‌دهد که هر دو متغیر سبک گفتار و جنسیت بر گستره‌ی فضای واکه‌ای تأثیرگذارند. همانند نتایج بخش‌های پیشین، در هر دو جنسیت، مساحت فضای واکه‌ای در سبک واضح بزرگ‌تر از سبک خوانداری است. به‌طور مشخص، در مردان این مقدار از ۱۳,۹۳ در سبک خوانداری به ۱۷,۸۲ در سبک واضح افزایش یافته است (افزایش حدود ۲۸٪). در زنان نیز همین روند مشاهده می‌شود؛ به‌گونه‌ای که مساحت فضای واکه‌ای از ۲۳,۶۳ در سبک خوانداری به ۳۱,۲۰ در سبک واضح رسیده است (افزایش حدود ۳۲٪). این یافته‌ها در نمودار شکل (۲) نیز نمایش داده شده است. همچنین مقایسه‌ی کلی نشان داد که زنان در هر دو سبک، فضای واکه‌ای بزرگ‌تری نسبت به مردان دارند. این تفاوت می‌تواند ناشی از ویژگی‌های فیزیولوژیکی دستگاه گفتاری از جمله کوتاه‌تر بودن طول مجرای صوتی و بسامدهای بالاتر F1 وF2 در زنان باشد که منجر به پراکندگی بیشتر واکه‌ها در فضای صوتی می‌شود.

در تحلیل استنباطی و بر اساس مدل تحلیل واریانس آمیخته، اثر اصلی سبک گفتار و جنسیت بر مساحت فضای واکه‌ای و همچنین اثر تعاملی این دو عامل بررسی شد. همان‌گونه که در جدول (۷) نیز مشخص است مقدار p-value در هر سه عامل مورد بررسی یعنی جنسیت، سبک و تعامل این دو،کوچکتر از ۰,۰۵ است و در نتیجه هر سه این عوامل دارای اثر معنادار بر مساحت فضای واکه‌ای هستند؛ بدین معنا که هم تغییر سبک گفتار و هم تفاوت‌های جنسیتی به‌طور مستقل موجب تغییر در گستره‌ی فضای واکه‌ای می‌شوند.



شکل ۲. مقایسه مساحت فضای واکه‌ای (بر حسب Nearey) به تفکیک سبک گفتار و جنسیت

علاوه بر این، بررسی تعاملی نشان داد که افزایش مساحت فضای واکه‌ای در سبک واضح در زنان نسبت به مردان برجسته‌تر است. به عبارت دیگر، اگرچه هر دو گروه در سبک واضح فضای واکه‌ای بزرگ‌تری تولید کرده‌اند، اما شدت این افزایش در زنان بیشتر بوده است.

جدول ۷. نتایج ANOVA دوطرفه (سبک × جنسیت)- مساحت فضای واکه‌ای (بر حسب Nearey) برای واکه‌های زبان فارسی

اثر	F	df	p-value	η^2 (np2)	توضیح
سبک گفتار	۹۰,۱۶	۱,۲۳	<۰,۰۰۰۱	۰,۷۹۷	اثر سبک معنادار است. فضای واکه‌ای در سبک واضح بزرگتر از سبک خوانداری است.
جنسیت	۱۷,۵۳	۱,۲۳	۰,۰۰۰۳۵	۰,۴۳۳	اثر جنسیت معنادار است. زنان فضای واکه‌ای بزرگتری نسبت به مردان دارند.
تعامل سبک و جنسیت	۵,۷۲	۱,۲۳	۰,۰۲۵	۰,۱۹۹	اثر تعامل سبک×جنسیت معنادار است. افزایش مساحت در سبک واضح در زنان نسبت به مردان بیشتر است.

۴-۵. مقایسه شاخص تمرکز واکه‌ها بر اساس سبک و جنسیت

به منظور بررسی تغییرات صوت‌شناختی واکه‌ها در شرایط مختلف، شاخص تمرکز واکه‌ها[1] بر اساس شش واکه زبان فارسی و به تفکیک سبک گفتار و جنسیت محاسبه شد. نتایج به‌دست‌آمده در جدول (۸) خلاصه شده است.

جدول ۸. شاخص تمرکز واکه‌ها برای شش واکه زبان فارسی به تفکیک سبک گفتار و جنسیت

سبک گفتار	جنسیت	شاخص تمرکز واکه‌ها (میانگین فاصله)
واضح	مرد	۲,۸۸
واضح	زن	۳,۶۸
واضح	مرد+زن	۳,۴۰
خوانداری	مرد	۲,۵۳
خوانداری	زن	۳,۲۳
خوانداری	مرد+زن	۲,۹۷

1. Vowel Concentration Index (VCI)

شاخص تمرکز واکه‌ها نشان‌دهنده میزان پراکندگی یا فشردگی واکه‌ها در فضای صوتی است؛ به این صورت که مقادیر بالاتر بیانگر پراکندگی بیشتر و در نتیجه تفکیک‌پذیری بالاتر واکه‌ها هستند، در حالی که مقادیر پایین‌تر نشان‌دهنده تمرکز بیشتر واکه‌ها در فضای آکوستیکی است.

بر اساس نتایج در جدول (۸) در هر دو سبک گفتار، مقدار این شاخص در زنان بالاتر از مردان است (مثلاً در سبک واضح ۳٫۶۸ در برابر ۲٫۸۸ و در سبک خوانداری ۳٫۲۳ در برابر ۲٫۵۳). این الگو نشان می‌دهد که زنان واکه‌ها را با پراکندگی بیشتری در فضای صوتی تولید می‌کنند که به گسترش مرزهای صوتی بین واکه‌ها منجر می‌شود.

از نظر اثر سبک گفتار نیز مشاهده می‌شود که شاخص تمرکز واکه‌ها در سبک واضح نسبت به سبک خوانداری افزایش یافته است (۲٫۹۷ در برابر ۳٫۴۰ در داده‌های تجمیعی). این یافته بیانگر آن است که در سبک واضح، واکه‌ها با فاصله‌گذاری بیشتر و جداسازی آکوستیکی قوی‌تر تولید می‌شوند، در حالی که در سبک خوانداری تولید واکه‌ها فشرده‌تر است.

در مجموع، نتایج نشان می‌دهد که هر دو عامل سبک گفتار و جنسیت در الگوی پراکندگی واکه‌ها نقش دارند. به‌طور مشخص، ترکیب سبک واضح و جنسیت زن بالاترین مقدار شاخص تمرکز واکه‌ها را نشان می‌دهد که بیانگر بیشترین میزان تفکیک آکوستیکی واکه‌ها در میان شرایط مورد بررسی است.

۵-۵. مقایسه تغییرات بین-گوینده بر اساس سبک و جنسیت

بخش دیگری از تحلیل‌های پژوهش حاضر به بررسی تغییرات ب بین-گوینده اختصاص دارد. در این بخش، گوینده به‌عنوان متغیر اصلی در نظر گرفته شد تا میزان تفاوت الگوهای صوت‌شناختی میان افراد در هر یک از سبک‌های گفتاری بررسی شود. بدین منظور، برای هر سبک گفتار به‌صورت جداگانه، میزان پراکندگی داده‌های سازه‌ای F1 و F2 با استفاده از انحراف معیار (SD) محاسبه و سپس میان سبک‌ها و جنسیت‌ها مقایسه شد.

جدول ۹. میانگین انحراف معیار F1 و F2 به تفکیک سبک گفتار و جنسیت

	rd		cl	
	sd-F1	sd-F2	sd-F1	sd-F2
m	۰٫۹۳۸	۰٫۷۴۰	۱٫۰۳۳	۰٫۸۴۲
fm	۰٫۶۸۰	۰٫۵۲۷	۰٫۶۱۰	۰٫۴۶۲
m+fm	۰٫۹۷۵	۰٫۸۵۰	۱٫۰۱۰	۰٫۸۶۳

نتایج جدول (۹) نشان می‌دهد که در سبک خوانداری، گویندگان مرد در هر دو بعد F1 و F2 پراکندگی بیشتری نسبت به زنان دارند. این تفاوت را می‌توان با تفاوت‌های فیزیولوژیکی و دامنه حرکتی اندام‌های گفتاری در دو جنس مرتبط دانست. همچنین افزایش انحراف معیار در گروه ترکیبی مرد و زن نیز طبیعی است و از تفاوت‌های میان‌گروهی دو جنس ناشی می‌شود.

در سبک واضح نیز مردان همچنان پراکندگی بیشتری نسبت به زنان نشان می‌دهند. افزون بر این، در مردان میزان پراکندگی از سبک خوانداری به سبک واضح افزایش یافته است؛ به‌گونه‌ای که sd-F1 از ۰٫۹۳۸ به ۱٫۰۳۳ و sd-F2 از ۰٫۷۴۰ به ۰٫۸۴۲ رسیده است. این افزایش را می‌توان نشان‌دهنده‌ی گسترش دامنه حرکتی اندام‌های گفتاری و افزایش تنوع تولید واکه‌ها در گفتار واضح دانست.

در مقابل، زنان در سبک واضح پراکندگی کمتری نسبت به سبک خوانداری نشان می‌دهند. مقدار sd-F1 در زنان از ۰٫۶۸۰ در سبک خوانداری به ۰٫۶۱۰ در سبک واضح و sd-F2 از ۰٫۵۲۷ به ۰٫۴۶۲ کاهش یافته است. این الگو می‌تواند نشان‌دهنده‌ی ثبات بیشتر زنان در کنترل حرکات گفتاری هنگام تغییر سبک باشد. برخی مطالعات صوت‌شناختی نیز نشان داده‌اند که زنان در بسیاری از وظایف گفتاری کنترل حرکتی دقیق‌تری بر حرکات فک و زبان دارند (Strycharczuk & Kirkham, 2025).

بر اساس یافته‌های این بخش می‌توان سه الگوی کلی را مشاهده کرد:

۱. در هر دو سبک، مردان نسبت به زنان پراکندگی بیشتری دارند.
۲. تفاوت میان دو جنس در سبک واضح برجسته‌تر می‌شود.
۳. در سبک واضح، زنان الگوی تولیدی منسجم‌تری نشان می‌دهند، در حالی که پراکندگی در مردان افزایش می‌یابد.

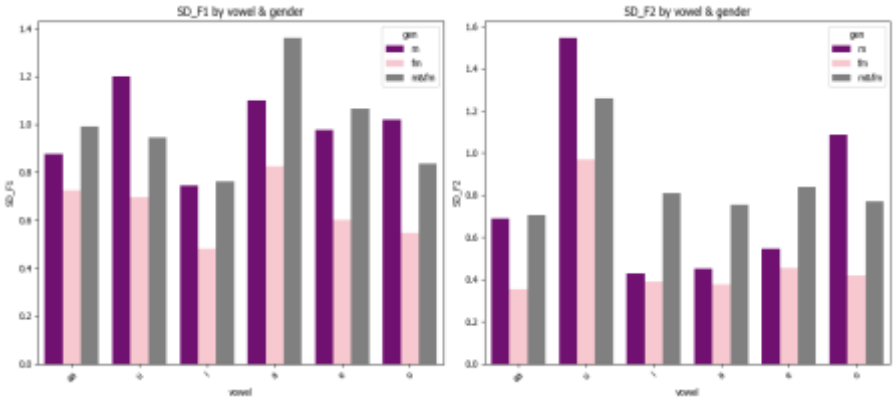
نتایج فوق در شکل (۳) نیز به تفکیک واکه‌ها نمایش داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در تمامی واکه‌ها مقادیر sd-F1 و sd-F2 در مردان بیشتر از زنان است؛ بدین معنا که پراکندگی بین‌گوینده در مردان به‌طور نظام‌مند بالاتر است.

جدول ۱۰. میانگین انحراف معیار F1 و F2 به تفکیک سبک گفتار و جنسیت در واکه‌های /u/ و /o/

سبک	جنسیت	واکه	sd_f1	sd_f2
rd	m	u	۱,۱۸	۱,۴
rd	fm	u	۰,۷۳	۱,۰۸
rd	m	o	۱,۰۳	۱,۰۹
rd	fm	o	۰,۵۷	۰,۴۶
cl	m	u	۱,۲۲	۱,۶۹
cl	fm	u	۰,۶۶	۰,۸۶
cl	m	o	۱,۰۱	۱,۰۸
cl	fm	o	۰,۵۲	۰,۳۸

داده‌های جدول (۱۰) نشان می‌دهد که تفاوت میان مردان و زنان در مقادیر F1 و F2 عمدتاً در واکه‌های پسین و گرد برجسته‌تر است. برای مثال، در سبک خوانداری نسبت sd-F1 مردان به زنان در واکه /o/ حدود ۱,۸ برابر و نسبت sd-F2 حدود ۲,۳۶ برابر است. در واکه /u/ نیز این نسبت‌ها به‌ترتیب حدود ۱,۶۱ و ۱,۲۹ برابر به‌دست آمده‌اند.

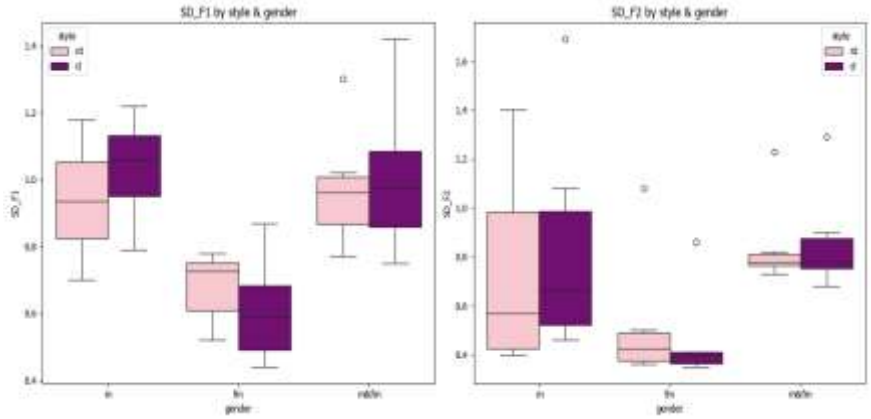
همچنین بیشترین مقدار sd-F1 در مردان مربوط به واکه /u/ (حدود ۱,۲۲) و در زنان مربوط به واکه /a/ (حدود ۰,۸۷) است. این الگو نشان می‌دهد که ویژگی‌هایی مانند گردی و گستردگی واکه‌ها می‌توانند میزان پراکندگی بین‌گوینده را افزایش دهند. افزون بر این، بیشترین تغییرات F2 در هر دو جنس مربوط به واکه /u/ است که در مردان حدود ۱,۶۹ و در زنان حدود ۱,۰۸ مشاهده شد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که تمایز F2 (فاصله قدامی–خلفی زبان) برای واکه‌های گرد و به طور خاص واکه /u/ در میان افراد مختلف آسان‌تر است و این تمایز خصوصاً در میان مردان آشکارتر می‌نماید.



شکل ۳. نمودار میله‌ای مقایسه تغییرات بین-گوینده F1 و F2 بر اساس سبک و جنسیت

در شکل (۴)، نمودار جعبه‌ای sd-F1 و sd-F2 بر حسب سبک و جنسیت و به‌صورت تجمیعی بر روی همه واکه‌ها نمایش داده شده است. مقایسه میانگین sd-F1 نشان می‌دهد که در زنان، سبک واضح نسبت به سبک خوانداری موجب کاهش حدود ۷ درصدی پراکندگی شده است (۰٫۶۸ در برابر ۰٫۶۱)، در حالی که در مردان سبک واضح افزایش حدود ۱۰ درصدی sd-F1 را نشان می‌دهد (۱٫۰۳ در برابر ۰٫۹۴).

این نتایج را می‌توان چنین تفسیر کرد که زنان در گفتار واضح به سمت راهبرد تولید دقیق‌تر و کنترل‌شده‌تر حرکت می‌کنند و در نتیجه پراکندگی بین‌گوینده در آنان کاهش می‌یابد؛ در حالی که مردان در سبک واضح دامنه حرکتی بیشتری نشان می‌دهند و پراکندگی آن‌ها افزایش پیدا می‌کند. این الگو با توزیع داده‌ها در نمودار جعبه‌ای نیز همخوان است؛ به‌گونه‌ای که کاهش دامنه و میانه در زنان و افزایش آن‌ها در مردان مشاهده می‌شود. نتایج مربوط به sd-F2 نیز روندی مشابه sd-F1 را نشان می‌دهد.



شکل ۴. نمودار جعبه‌ای مقایسه تغییرات بین-گوینده F1 و F2 بر اساس سبک و جنسیت

۶. بحث و نتیجه

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر سبک گفتار بر فضای واکه‌ای زبان فارسی و تحلیل نقش جنسیت در این تغییرات، در چهارچوب آواشناسی صوت‌شناختی انجام شد. نتایج نشان داد که تغییر سبک گفتار از خوانداری به واضح، موجب افزایش معنادار گستره‌ی فضای واکه‌ای و تغییر در الگوهای تولید واکه‌ها می‌شود. این یافته با نتایج مطالعات پیشین درباره‌ی گفتار واضح در زبان‌های مختلف همسو است؛ پژوهش‌هایی که نشان داده‌اند گویندگان در گفتار واضح با افزایش دامنه حرکتی اندام‌های گفتاری، واکه‌ها را متمایزتر و با فاصله‌گذاری صوتی بیشتری تولید می‌کنند. از جمله می‌توان به یافته‌های(1996) .Bradlow et al ، Ferguson (2004) و Lam & Tjaden (2013) اشاره کرد که افزایش مساحت فضای واکه‌ای را یکی از شاخص‌های اصلی گفتار واضح دانسته‌اند.

در پژوهش حاضر نیز افزایش میانگین F1 در سبک واضح نشان داد که در این سبک، واکه‌ها با بازشدگی بیشتر دهان و جابه‌جایی عمودی گسترده‌تری تولید می‌شوند. در مقابل، تغییرات محدود F2 نشان می‌دهد که تغییرات سبک گفتار در زبان فارسی بیش از آنکه بر محور پیشین–پسین زبان اثر بگذارد، بر میزان گشودگی مجرای گفتار و ارتفاع واکه‌ها متمرکز است. این الگو با برخی یافته‌های مربوط به زبان‌های دیگر نیز همخوانی دارد؛ به‌ویژه در زبان‌هایی که تمایز واکه‌ای بیش از هر چیز بر تفاوت‌های ارتفاعی استوار است.

نتایج مربوط به مساحت فضای واکه‌ای نیز نشان داد که سبک واضح موجب گسترش قابل توجه VSA در مقایسه با سبک خوانداری می‌شود. این افزایش را می‌توان بازتابی از راهبرد تقویت وضوح آوایی دانست؛ راهبردی که طی آن گویندگان واکه‌های مرزی را از مرکز فضای واکه‌ای دور می‌کنند تا تمایز ادراکی میان واکه‌ها افزایش یابد. چنین الگویی در مطالعات مربوط به تولید پرتلاش نیز گزارش شده و به‌عنوان یکی از ویژگی‌های بنیادین گفتار واضح شناخته می‌شود.

بررسی عامل جنسیت نیز نشان داد که زنان در هر دو سبک گفتاری فضای واکه‌ای بزرگ‌تری نسبت به مردان دارند و شاخص تمرکز واکه‌ها در آنان بالاتر است. این یافته با مطالعات صوت‌شناختی پیشین درباره تفاوت‌های جنسیتی در تولید واکه‌ها همسو است و می‌تواند ناشی از تفاوت‌های فیزیولوژیکی دستگاه گفتار، کوتاه‌تر بودن مجرای صوتی و مقادیر بالاتر F1 و F2 در زنان باشد. علاوه بر این، نتایج پژوهش نشان داد که زنان در سبک واضح واکه‌ها را با انسجام بیشتری تولید می‌کنند، در حالی که مردان افزایش بیشتری در پراکندگی بین‌گوینده نشان می‌دهند. این تفاوت می‌تواند بیانگر تفاوت در راهبردهای کنترلی گفتار میان دو جنس باشد؛ به‌گونه‌ای که زنان در هنگام افزایش وضوح گفتار، به سمت کنترل حرکتی دقیق‌تر حرکت می‌کنند، در حالی که مردان دامنه حرکتی بیشتری را به کار می‌گیرند.

یافته‌های مربوط به تغییرات بین‌گوینده نیز نشان داد که واکه‌های پسین و گرد، به‌ویژه/u/ ، حساسیت بیشتری نسبت به تغییرات سبک و جنسیت دارند. این موضوع احتمالاً به پیچیدگی بیشتر کنترل حرکتی در تولید واکه‌های گرد و وابستگی آن‌ها به هماهنگی دقیق حرکات زبان و لب‌ها مربوط است. مشاهده‌ی بیشترین پراکندگی در F2 واکه /u/ نیز نشان می‌دهد که تفاوت‌های فردی در کنترل محور قدامی–خلفی زبان در این واکه آشکارتر می‌شود.

در مجموع، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که سبک گفتار و جنسیت هر دو نقش مهمی در سازمان‌دهی فضای واکه‌ای زبان فارسی دارند و این دو عامل به‌صورت تعاملی بر ویژگی‌های صوت‌شناختی واکه‌ها اثر می‌گذارند. پژوهش حاضر همچنین نشان داد که گفتار واضح در زبان فارسی با افزایش گستره‌ی فضای واکه‌ای، کاهش تمرکز واکه‌ای و تقویت تمایزهای آوایی همراه است. این یافته‌ها می‌تواند به درک دقیق‌تر سازوکارهای تولید گفتار در زبان فارسی و نیز گسترش مطالعات مربوط به تغییرات سبک گفتار در حوزه آواشناسی صوت‌شناختی کمک کند .از محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به محدود بودن تعداد گویندگان و تمرکز صرف بر واکه‌های ساده زبان فارسی اشاره کرد. بنابراین پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده، تأثیر سبک گفتار بر واکه‌های مرکب، گفتار پیوسته و نیز گروه‌های سنی مختلف بررسی شود تا تصویری جامع‌تر از الگوهای تغییرات صوت‌شناختی در زبان فارسی به‌دست آید.

اعلامیه تعارض منافع و حمایت مالی: نویسندگان در خلال انجام این پژوهش حمایت مالی دریافت نکرده و هیچ گونه تعارض منافعی برای اعلام نداشته‌اند.

اعلامیه هوش مصنوعی مولد و فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی در فرایند نگارش

شمارش، دسته‌بندی و تحلیل تمامی داده‌ها توسط نگارنده انجام شده است. آزمون خی دو و محاسبه اندازه اثر کرامر با استفاده از نرم افزار اس پی اس اس نسخه ۲۷,۰,۱ اجرا شده است. تنها برای ویرایش و یک‌دست‌سازی متن از هوش مصنوعی کلاد (sonnet 5) استفاده شده است. مسئولیت علمی تمامی مطالب مقاله بر عهده نویسنده است.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

بیانیه دسترسی به داده‌ها

داده‌های پژوهش حاضر از طریق درخواست از نویسندگان قابل دسترسی است.

سپاسگزاری

از داوران محترم به خاطر ارائه نظرهای ساختاری و علمی سپاسگزاری می‌شود.

منابع

اسفندیاری، نسیم و بتول علی‌نژاد (۱۳۹۴). بهنجارسازی فضای واکه‌ای زبان فارسی. *مجله پژوهش‌های زبان‌شناسی*، سال هفتم، شماره دوم، شماره ترتیبی ۱۳، پاییز و زمستان ۱۳۹۴، ۱۵-۳۴.

Adank, P., Smits, R., & Van Hout, R. (2004). A comparison of vowel normalization procedures for language variation research. *The Journal of the Acoustical Society of America, 116*(5), 3099–3107.

Arantes, P. (2021). Effects of speaking style on the shape of fundamental frequency distributions. *Revista da ABRALIN, 20*(1), 1–39.

Aronow, R., McHugh, B. D., & Molnar, T. (2017). A pilot acoustic study of Modern Persian vowels in colloquial speech. *Proceedings of the Linguistic Society of America, 2*, 1-17.

Asadi, H., Nourbakhsh, M., Sasani, F., & Dellwo, V. (2018). Examining long-term formant frequency as a forensic cue for speaker identification: An experiment on Persian. In *Proceedings of the First International Conference on Laboratory Phonetics and Phonology,* 21–28.

Barreda, S. (2021). Perceptual validation of vowel normalization methods for variationist research. *Language Variation and Change, 33*(1), 27–53.

Barreda, S., & Nearey, T. M. (2018). A regression approach to vowel normalization for missing and unbalanced data. *The Journal of the Acoustical Society of America, 144*(1), 500–520.

Bradlow, A. R., Torretta, G. M., & Pisoni, D. B. (1996). Intelligibility of normal speech I: Global and fine-grained acoustic-phonetic talker characteristics. *Speech Communication, 20*(3–4), 255–272.

Coulthard, M., May, A., & Sousa-Silva, R. (2021). *The Routledge handbook of forensic linguistics*. Routledge.

Esfandiari, N., & Alinajad, B. (2015). Normalization of the vowel space in Persian. *Journal of Linguistic Research, 7*(2), 15–34.[In Persian].

Fant, G. (1971). *Acoustic theory of speech production: With calculations based on X-ray studies of Russian articulations*. Walter de Gruyter.

Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (4th ed.). Sage.

Hargus Ferguson, S. (2004). Talker differences in clear and conversational speech: Vowel intelligibility for normal-hearing listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *116*(4), 2365-2373.

Ferguson, S. H., & Kewley-Port, D. (2007). Talker differences in clear and conversational speech: Acoustic characteristics of vowels. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 50*(5), 1241–1255.

Jacewicz, E., Fox, R. A., & Salmons, J. (2011). Cross-generational vowel change in American English. *Language Variation and Change, 23*(1), 45–86.

Jones, T. (2019). A corpus phonetic study of contemporary Persian vowels in casual speech.

Koffi, E., & Krause, J. (2020). Speech style variation of vowels in citation form vs. running speech: Intelligibility implications for AI-enabled devices. *Linguistic Portfolios, 9*(1), 6.

Kuo, C., & Berry, J. (2023). The relationship between acoustic and kinematic vowel space areas with and without normalization for speakers with and without dysarthria. *American Journal of Speech-Language Pathology, 32*(4S), 1923–1937.

Lam, J., Tjaden, K., & Wilding, G. (2012). Acoustics of clear speech: Effect of instruction. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 55*(6), 1807–1827.

Lam, J., & Tjaden, K. (2013). Intelligibility of clear speech: Effect of instruction. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 56*(5), 1429-1440.

Lindblom, B. (1990). Explaining phonetic variation: A sketch of the H & H theory. In *Speech production and speech modelling*, 403–439.

Mokari, P. G., Werner, S., & Talebi, A. (2017). An acoustic description of Farsi vowels produced by native speakers of Tehrani dialect. *The Phonetician Journal of the International Society of Phonetic Sciences, 114*, 6–23.

Nearey, T. M. (1978). *Phonetic feature systems for vowels*. Indiana University Linguistics Club.

Pellegrino, E., Asadi, H., Dellwo, V., Skarnitzl, R., & Volín, J. (2023). Voice discrimination across speaking styles in Persian. In *Proceedings of the International Congress of Phonetic Sciences*.

Picheny, M. A., Durlach, N. I., & Braida, L. D. (1986). Speaking clearly for the hard of hearing II: Acoustic characteristics of clear speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 29*(4), 434–446.

Ronquest, R. (2016). Stylistic variation in heritage Spanish vowel production. *Heritage Language*

Journal, 13(2), 275–298.

Sapir, S., Ramig, L. O., Spielman, J. L., & Fox, C. (2010). Formant centralization ratio: A proposal for a new acoustic measure of dysarthric speech.

Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika, 52*(3–4), 591–611.

Strycharczuk, P., & Kirkham, S. (2025). Articulatory strategies in male and female vowel production. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 1–21.

Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2019). *Using multivariate statistics* (7th ed.). Pearson.

Vangel, M. G. (1996). Confidence intervals for a normal coefficient of variation. *The American Statistician, 50*(1), 21–26.

Wang, Q. (2019). Stylistic variation in vowel production: Evidence from China English. In *Proceedings of the 19th International Congress of Phonetic Sciences*.

Whitfield, J. A., & Goberman, A. M. (2014). Articulatory-acoustic vowel space: Application to clear speech in individuals with Parkinson's disease. *Journal of Communication Disorders, 51*, 19–28.

Whitfield, J. A., & Goberman, A. M. (2017). Articulatory-acoustic vowel space: Associations between acoustic and perceptual measures of clear speech. *International Journal of Speech-Language Pathology, 19*(2), 184–194.

Whitfield, J. A., & Mehta, D. D. (2019). Examination of clear speech in Parkinson disease using measures of working vowel space. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 62*(7), 2082–2097.