

/k/ Lenition in Persian History: A Laboratory Phonology View

Fahimeh Khodaverdi 

Ph.D. Student of Linguistics,
Allameh Tabataba'i University,
Tehran, Iran

Golnaz Modarresi Ghavami * 

Associate Professor, Linguistics
Department, Faculty of Persian
Literature & Foreign Languages,
Allameh Tabataba'i University,
Tehran, Iran

Mojtaba Monshizadeh 

Full Professor, Linguistics
Department, Faculty of Persian
Literature & Foreign Languages,
Allameh Tabataba'i University,
Tehran, Iran

1. Introduction

Consonants are unstable in intervocalic or pre-consonantal positions and opted for reduction (Honeybone, 2008). The process is referred to as lenition or weakening through which consonants lose their consonantal features and become more vowel-like diachronically or synchronically (Trask, 2000: 90; Ashby & Maidment, 2005: 141). Lenition of /k/ in those weak positions in the history of Persian passing from Old Iranian through present-day Persian is a good example. The process is well exemplified in the verbal tense alternations as shown in 1):

*Corresponding Author: modarresighavami@atu.ac.ir

How to Cite: Khodaverdi, F., Modarresi Ghavami, G., & Monshizadeh, M. (2023). /k/ Lenition in Persian History: A Laboratory Phonology View. *Language Science*, 10 (17), 37-82. doi: 10.22054/LS.2020.46542.1270.

Table 1: Sound Changes Resulting in Past/Present Alternation

“to ignite”	prefix-root-past tense suffix	prefix-root-present tense suffix
Old Iranian	*abi-√rauk (> raux)-ta	*abi-√rauk (> rauč)-a
	↓	↓
Middle Persian	abrōx-t	abrōz
	↓	↓
Present day Persian	afrux-t	afruz
Sound Change	k→x/.— + t	k→č/V— +V č→z/V.—+V

In (1) the tense maker suffixes /-ta/ and /-a/ in past and present forms respectively prepare pre-consonantal and intervocalic contexts for /k/ where it can be lenited. Lenition of /k/ to [x] before /t/ and to [tʃ] and [z] intervocalically, before the front vowel /a/ is the subject of the present article. Its goal is to investigate the acoustic grounds of the changes in the framework of Laboratory Phonology (Ohala, 1984; Pierrhumbert et al., 1996; Tams, 2018).

2. Literature Review

Similar sound changes observed in different languages of the world even from different language families have been proved to be articulatorily/ perceptually motivated. Some studies on the field are presented below.

Iverson and Salmons (1995) believe that voiceless aspirated stops are prone to spirantization because of their short closure period. Furthermore, the feature [spread glottis] in aspirated stops is the equivalent of the noise in fricative sounds.

Ohala (1983) mentions that the affricated release before the front high vowel is a natural phenomenon as the closer oral cavity in the articulation of those vowels makes the rapid airflow accompany friction moving through the narrow channel.

Keating and Rahili (1993) have proven the acoustic and articulatory similarity between the velar stop and coronal affricates before the front vowel using X-ray. They have observed that the frequency of the main spectral peak in consonant release depends on the following vowel. As such, velar stops have a higher peak before front vowels.

Chang et al. (2001) have prepared us with the point that the acoustic similarity between velar stops and affricates in the context of front vowels results in listener misperceptions. Changing [ki] to [tʃi] as they have observed in Slavic languages, is such a case.

Bateman (2007: 203 & 213-214) attributed the /k/ palatalization to the overlapping of articulatory gestures. Palatalization is due to the phasing differences between those gestures; to the onset and the offsets of the gestures.

Zigis et al. (2008) have studied VOT, spectral peak, formant transition and the amplitude of release burst as the acoustic cues of velar stop /k/ before vowels in Germany. Their investigation's result is that the aspiration of aspirated [k^h] is the main motivation for it to be precepted as [tʃ], while the lenition of unaspirated [k] might be observed not only in front of front vowels, but also before low central vowel /a/ and word finally as well.

Recasens and Espinosa (2003) and Recasens (2011) believe that /k/ lenition to [tʃ] before front vowels in Romance Languages passes through the front [c] sound. The place of articulation of [c] can be pre-palatal and its longer fricated release is the motivation for it being perceived as an affricative or fricative sound. Recasens (2011) has also pointed out that /k/ lenition in stressed syllables is more probable. /k/ has a more forwarded place of articulation, a bigger contact with the palate and a stronger release in stressed syllables, all of which features make it closer to affricates and fricatives.

3. Methodology

Historical Laboratory Phonology (HLP) is the methodological framework of this article. The first steps in HLP are discovering and classifying diachronic changes as being analogical generalizations or physical grounding sound changes rooted in articulatory/perceptual systems shared with mankind. Such physical cues are recoverable in the laboratory environment. Based on this and in order to replicate the phonetic context of the pre-mentioned diachronic changes within the framework of laboratory phonology, present-day Persian forms containing the same phonetic contexts were uttered twice by two male speakers of Persian and recorded and analyzed using the Praat software (version 5.3.63). Then the acoustic results of pronounced /k/ were compared to the acoustic cues of affricates and fricatives in /V—t/ and /V—a/ as well as in /—e, o, a/ contexts both in stressed and unstressed syllables. The comparison made it possible to differentiate the acoustic characteristics of the target sound in front vs. back vowel context. The results of laboratory investigations were statistically analyzed using an Independent-Samples t-test.




4. Conclusion

The results of the acoustic analysis of the recorded samples and Independent-Samples t-test indicated that [á, é] being front and stressed motivate a high degree of /k/ fronting and /k/ being aspirated and located in intervocalic position is liable to spirantization/affrication. Intervocalic fronted [c] and [ʃ] are acoustically similar to each other as well as to [ʃ] and [s]. The consonants [c] and [x] have certain common acoustic characteristics when they appear in /V—t/. Therefore, [c] is prone to be weakened and interpreted as a fricative/affricate in such contexts.

Keywords: diachronic lenition, velar stop, Laboratory Phonology, Historical Phonology, Persian Language



تضعیف همخوان /k/ در تاریخ زبان فارسی از دیدگاه واج‌شناسی آزمایشگاهی

- فهیمة خداوردی  دانشجوی دوره دکتری زبان‌شناسی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
- گلناز مدرسی قوامی  * دانشیار گروه زبان‌شناسی، دانشکده ادبیات فارسی و زبان‌های خارجی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
- مجتبی منشی‌زاده  استاد گروه زبان‌شناسی، دانشکده ادبیات فارسی و زبان‌های خارجی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

چکیده

همخوان /k/ در ساخت ستاک حال برخی فعل‌های فارسی باستان و برخی صورت‌های غیرفعلی آن، در بافت /V—a, e/ به آواهای [ʃ] و [z] تبدیل شده‌است و در ساخت گذشته همان افعال در بافت /V—t/ به آوای [x] تغییر کرده‌است. مقاله حاضر به بررسی پایه‌های صوت‌شناختی این تضعیف در زمانی در قالب واج‌شناسی آزمایشگاهی می‌پردازد. به منظور بازسازی بافت آوایی این تغییرات تاریخی، صورت‌هایی از فارسی امروز که دارای بافت‌های فوق هستند، توسط دو گویشور مرد فارسی معیار دو بار تکرار شدند. تحلیل صوت‌شناختی نمونه‌ها که به وسیله نرم‌افزار پرت نسخه ۵/۳/۶۳ ضبط شدند و نتایج آزمون تی نمونه‌های مستقل نشان دادند که پیشین‌بودن و تکیه‌بر بودن واکه‌های /ā, ē/ دلیل پیشین‌شدگی /k/ و دمی‌دگی و قرارگیری آن در بافت میان‌واکهای، انگیزه انسایشی /سایشی‌شدگی آن است. در این بافت، ویژگی‌های صوت‌شناختی انسدادی پیشین [c] و انسایشی [ʃ] به یکدیگر و در مواردی، به سایشی [ʃ] و حتی [s] شبیه‌اند. [c] در بافت /V—t/ نیز ویژگی‌های آوایی سایشی را نشان می‌دهد و در برخی پارامترها، به [x] نزدیک است. بنابراین، [c] در این بافت‌ها مستعد تبدیل و تعبیر به آواهای انسایشی /سایشی است.

کلیدواژه‌ها: تضعیف آوایی در زمانی، همخوان انسدادی نرم‌کامی، واج‌شناسی تاریخی، واج‌شناسی آزمایشگاهی، زبان فارسی.

— مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری زبان‌شناسی دانشگاه علامه طباطبائی است.

* نویسنده مسئول: modarresighavami@atu.ac.ir

۱. مقدمه

همخوان‌ها در جایگاه میان دو واکه و در پایان هجا پیش از همخوان آغازۀ هجای بعد، وضعیت ناپایداری دارند و غالباً دستخوش تغییراتی می‌شوند (Honeybone, 2008). این تغییرات که از آنها با عنوان نرم‌شدگی^۱ یا تضعیف^۲ یاد می‌شود، دگرگونی‌هایی هستند که طی آن عنصری و ویژگی‌های همخوانی خود را ازدست می‌دهد و بیش‌ازپیش، به واکه‌ها شبیه می‌شود (Trask, 2000: 90; Ashby & Maidment, 2005: 141). سایشی‌شدگی^۳ همخوان /k/ پیش از همخوانی دیگر و نیز در بافت میان‌واکه‌ای در گذر از ایرانی باستان به فارسی امروز، نمونه‌بارز همین نوع تغییرات است. مصداق چنین تغییراتی در تناوب^۴ ریشه فعلی در صورت‌های گذشته و حال گروهی از فعل‌های زبان فارسی، مانند *افروخت* ~ *افروز*؛ *سوخت* ~ *سوز*؛ *ریخت* ~ *ریز* و نظایر آن یافت می‌شود. سیر تحول این گونه صورت‌ها در تاریخ زبان فارسی و تغییرات آوایی صورت گرفته را می‌توان در نمونه شماره (۱) دید (ابوالقاسمی، ۱۳۷۳: ۲۹-۳۰):^۵

	(۱)	
ایرانی باستان	raux)-ta > *abi-√rauk (*abi-√rauk (> rauč)-a
	↓	↓
فارسی میانه	abrōx-t	abrōz
	↓	↓
فارسی امروز	afrox-t / <i>افروخت</i>	afruz / <i>افروز</i>
تغییر آوایی	+ t...k → x/	+V—k → č/V +V —č → z/V

مجاورت تکواژهای /-ta/ و /-a/ در ایرانی باستان، با همخوان /k/ در جایگاه پایانی ریشه‌های فعلی، منجر به تضعیف این همخوان شده است، اما به دلیل متفاوت بودن بافت تضعیف (بافت پیش همخوانی در برابر بافت میان‌واکه‌ای)، نتیجه این فرایند متفاوت بوده و

1. lenition
2. weakening
3. fricativization/spirantization
4. alternation

۵. در آوانویسی داده‌های هر منبع از نشانه‌های به کاررفته در همان اثر استفاده شده است.

به تناوب میان صورت‌های گذشته و حال در فعل‌هایی از این دست در فارسی امروز منجر شده‌است. سایشی‌شدگی همخوان /k/ محدود به بافت تکواژ /-ta/ نیست. در واقع، یکی از مشخصه‌هایی که زبان ایرانی اولیه^۱ را از زبان هندی اولیه^۲ متمایز می‌ساخته، ظهور همخوان سایشی بی‌واک /x/ در جایگاه پیش از همخوان (Testen, 1997: 572) و بعضاً پیش از واکه در زبان ایرانی است. مجموعه مثال‌های (۲) این تغییر را نشان می‌دهند (حسن دوست، ۱۳۹۳: ذیل مدخل‌ها):

(۲)

هندواروپایی	فارس ایرانی باستان	ی امروز
*√kšīrā-	√xšīrā	šīr شیر (نوشتیدن ی)
*√ksej-tj-	√xša(>a:)ja-θja-	šah شاه
*√uōk ^۱ -s-	√wāxš-	vaxš وختش (گفتن)
*√kuk-lo-	√s. xra-	sorx سرخ
*√men-tuk ^۱ -	-tux-man√	tox تخم m
*√leuk-s-no-	√rauxš-na-	ro:ša روشن n
*√k ^۱ -sep-	√xšap-	šab شب

این گونه مثال‌ها نشان می‌دهند که در ایرانی باستان، توالی /kC/ هندواروپایی^۲ با توالی /xC/ جایگزین شده‌است. در چنین خوشه‌هایی، هنگامی که C همخوان /š/ بوده‌است، /x/ در دوره بعد حذف شده‌است، اما در مجاورت دیگر همخوان‌ها و از جمله در مجاورت تکواژ گذشته‌ساز /-t/ باقی مانده‌است. این ویژگی زبان فارسی مشابه به زبان انگلیسی است.

1. Early Iranian
2. Early Indic
3. Indo-European

قانون سایشی شدگی ژرمنی^۱ منجر به سایشی شدن /k/ به [x] قبل از همخوان‌های لثوی تکواژ گذشته‌ساز /-t, -d/ در ستاک برخی از فعل‌های زبان انگلیسی باستان شده‌است. سپس، از اواخر دوره انگلیسی میانه [x] در آنها حذف شده‌است و تناوب‌های امروزی buy/bought [baɪ]~[bo:t] و teach/taught [ti:tʃ]~[tɔ:t] شکل گرفته اند (Anderwald, 2009: 4-6 & 199).

در صورت‌های حال فعل‌های فارسی، همخوان /k/ بین دو واکه، قبل از واکه پیشین قرار داشته‌است و در این بافت نه تنها شیوه تولید آن، بلکه جایگاه تولید و وضعیت حنجره نیز تغییر کرده و به بافت واکه‌ای شبیه‌تر شده‌است. به بیان دیگر، انسدادی نرم‌کامی /k/ طی دو فرایند نرم‌شدگی نرم‌کامی^۲ (Zigis et al., 2008; Recasense, 2011) و پیشین‌شدگی (Calabrese, 1965: 301) به انسایشی پس‌لثوی [č] تغییر یافته و این همخوان اخیر نیز با پشت سر گذاشتن همین دو فرایند، در نهایت به سایشی لثوی [z] تبدیل شده‌است (k > č > z). تغییر در جایگاه نخستین تولید همخوان‌های بدنه‌ای، غالباً با سایشی شدگی آنها همراه است و در نتیجه، این همخوان‌ها به شکل آوایی انسایشی ظاهری شوند (Krämer & Urek, 2015). پیشین‌شدگی همخوان‌های نرم‌کامی نیز معمولاً در بافت واکه‌های پیشین /i, e/ و غلت /j/ دیده می‌شود (Chen, 1973; Bhat, 1978; Hall, 2000) و در این فرایند جایگاه واکه نسبت به ارتفاع آن نقش مهم‌تری دارد (Bhat, 1978; Kochetov, 2011). نمونه‌های پیشین‌شدگی و انسایشی شدگی /k/ به [č] در تاریخ زبان فارسی فراوان‌اند (حسن دوست، ۱۳۹۳: ذیل مدخل‌ها):

(۳)

هندواروپایی	ایرانی باستان	فارسی امروز	
*√ker-	√ča:raka-	čare	چاره
*√(s)ker-	√čarman-	čarm	چرم
*eĕ-s-√k	√čašman-	čašm	چشم
*√kengo-	√čanga-	čang	چنگ
*√etuer-√k	-√čaθwar	čahr	چهار

1. Germanic Spirantization Law
2. velaric softening

حتی در فارسی امروز نیز در تلفظ واژه‌هایی مانند پوک و پوچ، کرک و کرچ، کمچه و چمچه، کلباسه و چلباسه (فرهنگ دهخدا، ۱۳۷۷: ذیل مدخل واژه‌ها) میان این دو همخوان تناوب دیده می‌شود. تناوب میان [k] و [č] در اکثر این واژه‌ها و در مثال‌های (۳) به جایگاه آغازین واژه محدود است و هرگاه همخوان /k/ در بافت بین دو آوای رسا قرار گرفته، در تحول زبان فارسی به [j] یا [z] تغییر یافته‌است (حسن دوست، ۱۳۹۳: ذیل مدخل‌ها):

(۴)

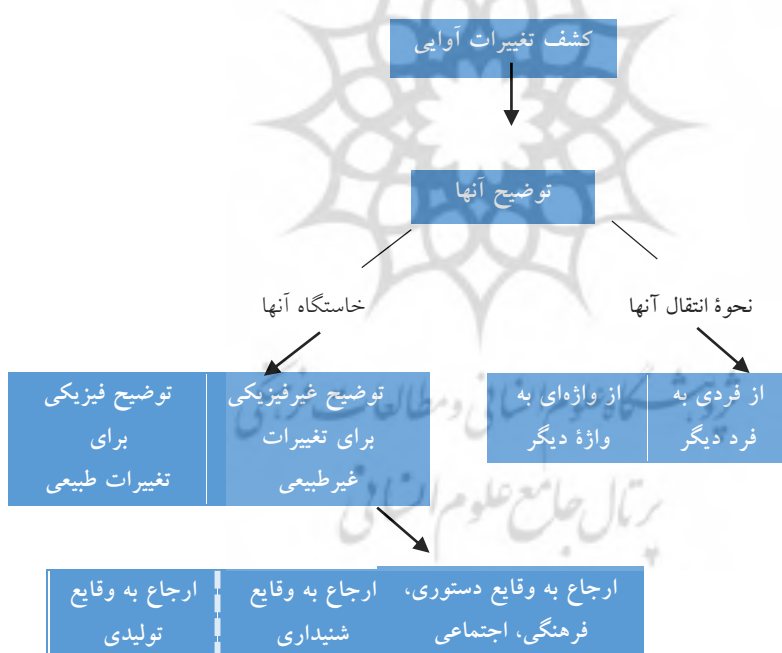
هندواروپایی	ایرانی باستان	فارسی امروز	
*√keit-lo-	ana-√čiθ-ra-	anjir	انجیر
Ɑ- *√penk	√panč-a-	panj	پنج
Ɑ- *√uek	√vāč-a- -ā	avaz	آواز
- *√tak	ham-√tāč-aka-	andaze	اندازه
*√leuk-	-√rauča	ruz	روز
Ɑ- *Ɑi-√leik	√raiča--wi	goriz	گریز

زبان بلوچی که بسیاری از ویژگی‌های آوایی/واجی ایرانی باستان را حفظ کرده‌است نیز، صورت‌هایی با آوای [č] دارد که در زبان فارسی [z] تلفظ می‌شوند، مانند واژه‌های /rōčan, rōč, gičín/ که در فارسی امروز به ترتیب، [rōzan] /روزن/، [ruz] /روز/ و [gozin] /گزین/ تلفظ می‌شوند. تبدیل [č] به [z] باید از مسیر [j] یا [s] عبور کرده‌باشد. در وضعیت نخست، آوای [č] به دلیل واقع شدن در بافت میان‌واکه‌ای، نخست به همتای واکه‌دار خود یعنی [j] و بعد به [z] بدل شده‌است؛ یعنی واکه‌دارشدگی پیش از تغییر جایگاه تولید صورت گرفته‌است. نمونه‌هایی از ایرانی باستان مانند [wī-či-nau]، [raʃ] و [bōj] که در فارسی امروز به ترتیب به [gozin/vejín] /گزین/ و [raz] /رنگ/ و [baz] باز تبدیل شده‌اند، نماینده این حالت هستند (Korn, 2005: 84-85). از سوی دیگر، آوای [č] در تبدیل به [z] می‌تواند از مسیر [s] عبور کرده‌باشد، یعنی ابتدا تغییر

جایگاه تولید و سپس، واکنش‌دهی اتفاق افتاده باشد که نمونه‌هایی از این روند تاریخی در زبان فارسی دیده نمی‌شود.

در مقاله حاضر قصد داریم در قالب واج‌شناسی آزمایشگاهی^۱ (Ohala, 1984; Pierrhumbert et al., 1996; Tams, 2018) پایه‌های صوت‌شناختی^۲ تغییر همخوان /k/ به [x] و [z] را در ریشه افعال فارسی بیابیم. در واج‌شناسی آزمایشگاهی می‌توان با فراهم کردن بافت تغییرات آوایی در زمانی در محیط آزمایشگاه، پایه‌های آوایی این تغییرات را دید و تشخیص داد. آزمایش در این مفهوم، پیش از این، در آثار ایسپر^۳ (1925) و هدن^۴ (1938) نیز مورد توجه قرار گرفته بود، اما وارد شدن آن در انگاره واج‌شناسی تاریخی اوهاالا^۵ (1984)، توصیف روشن‌تری از ابعاد آن به دست داده است:

شکل ۱. انگاره واج‌شناسی تاریخی (Ohala, 1984: 335)



1. Laboratory Phonology
2. acoustic
3. Esper, E. A.
4. Haden, E. F.
5. Ohala, J. J.

نخستین گام در این انگاره، کشف تغییرات آوایی و دسته‌بندی آنهاست. سپس، نوبت به توضیح چگونگی این تغییرات می‌رسد؛ این که خاستگاه آنها چیست و چگونه در گذر زمان منتقل شده‌اند. بخشی از تغییرات آوایی، مانند تصحیح‌های افراطی^۱، تلفظ‌های متنوع سبکی، تعمیم‌های قیاسی^۲ الگوهای دستوری و نظایر آنها، به‌طور غیرطبیعی رخ می‌دهند و به یک زبان و یا به مقطع خاصی از زمان تعلق دارند. این تغییرات در قلمروی احتمالات و عوامل غیرقابل پیش‌بینی می‌گنجند، اما بخش دیگری از تغییرات آوایی پایه فیزیکی دارند. تغییرات آوایی طبیعی در زبان‌های بی‌شماری قابل مشاهده‌اند که ممکن است به‌لحاظ رده‌شناختی، زمانی و جغرافیایی از هم فاصله داشته‌باشند. این تغییرات با محدودیت‌های جهانی در نظام تولید و ادراک گفتار مشترک میان انسان‌ها مرتبط هستند و برای توصیف آنها به شواهدی از نحوه تولید و ادراک نیاز است. چنین عواملی قابل‌احیا و بررسی در محیط‌های آزمایشگاهی هستند (Ohala, 1984; 1989) و واج‌شناسی آزمایشگاهی راهکارهای لازم برای دستیابی به شواهد آنها را فراهم کرده‌است. هدف اصلی واج‌شناسی آزمایشگاهی کم کردن فاصله میان آواشناسی و واج‌شناسی و پیوند روش‌های نظری مطالعه گفتار با روش‌های تجربی است تا بتواند تمام جنبه‌های مؤثر در تولید، درک و اکتساب زبان را پوشش دهد. اگر زبان پدیده‌ای طبیعی و نظامی شناختی است، باید در خلال رویدادهای دنیای فیزیکی و در ارتباط با توانایی‌های خاص نوع بشر و نیز در ارتباط با تعامل اندام‌واره‌ها با محیط اطراف توصیف شود (Pierrhumbert et al., 1996: 1-8). گشوده‌شدن پنجره این فرایند علمی به‌سوی واج‌شناسی تاریخی، نقطه عطفی در مطالعه تغییرات در زمانی آواها و واج‌ها بوده‌است (Ohala, 1989).

۲. پیشینه مطالعات

مشاهده تغییرات آوایی مشابه در زبان‌های خویشاوند و غیرخویشاوند بدین معناست که این تغییرات به دلایل آوایی، اعم از تولیدی، فیزیکی یا ادراکی صورت می‌پذیرند. در تغییر

1. hypercorrection
2. analogical generalization
3. constraint

تاریخی /k/ به [x] در بافت همخوان /t/، فرایند سایشی شدگی و در تغییر /k/ به [z] در بافت میان‌واکه‌ای، فرایندهای انسایشی شدگی، واک‌دارشدگی و تغییر جایگاه تولید رخ داده‌اند.

انسدادی‌های بی‌واک دمیده نسبت به انسدادی‌های بی‌واک نادمیده گرایش بیشتری به سایشی شدن دارند، زیرا مرحله بست آنها به نسبت کوتاه‌تر است. همچنین، مشخصه [چاکنای گسترده]^۱ در تولید انسدادی‌های دمیده نماینده همان وضعیتی است که در تولید آواهای سایشی مشاهده می‌شود. هر دو همخوان در توالی /kt/ بی‌واک‌اند، اما بیشترین میزان بازبودن حنجره در پایان اولین همخوان رخ می‌دهد و به تدریج، از میزان بازبودن آن تا رسیدن به نقطه انسداد برای همخوان بعدی، کاسته می‌شود. به این دلیل که در تولید [k] چاکنای بازتر از زمان تولید [t] است، /k/ به آوایی سایشی تعبیر و در نهایت تبدیل می‌شود (Iverson & Salmons, 1995).

او‌هالا (1983) رهش انسایشی شده^۲ انسدادی‌های بی‌واک را قبل از واکه‌های پیشین افراشته، فرایندی طبیعی می‌داند. مجرای دهان در تولید واکه‌های افراشته نسبت به واکه‌های افتاده‌تر، بسته‌تر است و طبیعی است که عبور سریع جریان هوا از این مجرای کم‌عرض با سایش همراه باشد. کیتینگ و راهیلی^۳ (1993) با کمک پرتونگاری اشعه ایکس، به شباهت تولیدی و صوت‌شناختی انسدادی نرم‌کامی با آوای انسایشی در بافت واکه‌های پیشین پی‌برده‌اند. قله اصلی در طیف بسامدی^۴ رهش همخوان‌ها، نماینده بازخوانی هوا در تولید آنها در مجرای دهان است و ارزش بسامدی^۵ آن به واکه بعد وابسته است. آواهای نرم‌کامی پیش از واکه‌های پیشین‌تر، بدنه بازخوانی محدودتر و قله بسامدی بالاتری دارند. گوین^۶ (1998) و چنگ^۷ و همکاران (2001)، برخلاف کالابریس^۸ (1965) و لی^۹ (2000: 423-425)، معتقدند تبدیل [k] به [ʃ] قبل از واکه‌ها و غلت‌های پیشین با

1. spread glottis
2. affricated release
3. Keating P., & Rahili, A.
4. spectrum
5. frequential value
6. Guion, S. G.
7. Chang, S. S.
8. Calabrese, A.
9. Lee, J. K.

شباهت طیف بسامدی رهش انسدادی نرمکامی با نوفه سایش آوای انسایشی لثوی - کامی در این بافت در ارتباط است، به طوری که قله بسامدی هر دو آوا بالاتر از قله بسامدی انسدادی‌های نرمکامی در سایر بافت‌ها و حدود ۲۵۰۰-۳۵۰۰ هرتز است. این شباهت صوت‌شناختی به سوءادراک شنونده منجر می‌گردد. یافته‌های چنگ و همکاران (2001) نشان می‌دهد که تبدیل یک‌سویه [ki] به [ʃi] در خانواده‌های زبانی اسلاوی^۱، هندوایرانی و بانتو^۲ به همین دلیل است. به باور آنها، شنونده ممکن است توالی [ki] را به [ti] یا [ʃi] تعبیر کند، زیرا در طیف‌نگاشت^۳ انفجار [k] (در مجاورت [i])، قله‌ای با بسامد میانی متراکم دیده می‌شود که طیف‌نگاشت [t] فاقد آن است. این مشخصه متمیز می‌تواند به حدی در گفتار تضعیف شود که شنونده [k] را به [t] تعبیر کند. تغییر [ki] به [ʃi] نیز به دلیل ترکیب با نوفه دمش^۴ همخوان نرمکامی است، زیرا همخوان‌های نرمکامی به ویژه پیش از واکه /i/، زمان آغاز واکه (زاو)^۵ طولانی دارند. بنابراین، نوفه دمش پس از انفجار [k^{hi}]، به عنوان [ʃ] در [ʃi] تعبیر می‌شود. گواه این امر این است که این سوءتعبیر در مورد همتای واکه دار همخوان نرمکامی کمتر اتفاق می‌افتد و تبدیل [gi] به [dʒi] بسامد وقوع کمتری دارد، زیرا تولید همخوان [g] فاقد دمش بعد از انفجار است.

بت‌من^۶ (2007: 203 & 213-214) کامی‌شدگی همخوان نرمکامی /k/ پیش از واکه‌ها را به میزان همپوشانی ژست‌های تولیدی همخوان و واکه به لحاظ زمانی، نسبت داده است. به اعتقاد او، در کامی‌شدگی کامل^۷ (تبدیل /k/ به [ʃ]) نسبت به کامی‌شدگی ثانویه^۸ (تبدیل /k/ به [kⁱ])، آمیزش ژست‌های تولیدی میان همخوان و واکه بعد (در این مورد، ژست‌های زبانی)، از زمانی زودتر آغاز می‌شود. یعنی در تبدیل به [ʃ]، تولید واکه (آغاز واکه^۹) قبل از رهش، در میانه گیرش [k] آغاز می‌شود و در تبدیل به

1. Slavic
2. Bantu
3. spectrogram
4. aspiration noise
5. Voice Onset Time (VOT)
6. Bateman, N.
7. complete palatalization
8. secondary palatalization
9. vowel onset

[kʰ]، شروع واکه همزمان با رهش همخوان است. زیگیس^۱ و همکاران (2008) نیز با بررسی ویژگی‌های صوت‌شناختی زاو، قلّه طیف‌نگاشتی انفجار، گذر سازه‌ای^۲ و شدت رهش انفجار در توالی /kV/ به این نتیجه رسیده‌اند که دمی‌دگی همخوان نرم‌کامی [kʰ] در زبان آلمانی عامل اصلی ادراک آن به صورت [ʃ] قبل از آواهای [i, ε, j] است، اما نرم‌شدگی گونه‌نادمیده آن که در سایر زبان‌ها نه تنها در بافت آواهای پیشین، بلکه قبل از واکه‌های افتاده و مرکزی و نیز در جایگاه پایان واژه رخ می‌دهد، به شدت رهش انفجار [c] تولید شده در میانه مسیر تغییر و محدوده بسامد سازه‌ای در آن شرایط جایگاهی و بافتی خاص مربوط است. رکاسنس و اسپینوزا^۳ (2003) و رکاسنس (2011) نیز معتقدند تبدیل [k] به [ʃ] در زبان‌های رومیایی^۴ از مسیر تولید [c] عبور می‌کند که جایگاه تولید آن بسته به سبک گویشور، بافت واکه‌ای، جایگاه همخوان در واژه و نیز ویژگی‌های نوایی متفاوت است. تولید [c] با افزایش میزان تماس زبان با پیشکام و هم‌پوشانی زمانی و مکانی ژست‌های تولیدی و تقویت آنها همراه است، اما شدت انفجار رهش این واجگونه کامی یا رهش سایشی طولانی‌تر آن قبل از /i, e, j/ و حتی قبل از واکه /a/ یا در پایان واژه قبل از هر واکه‌ای دیگر، منجر به ادراک آن به صورت [ʃ] می‌شود که ممکن است در ادامه مسیر، به گونه‌های سایشی [ç]، [ʃ] یا [s] ساده شود. واکه‌های افتاده امکان تماس وسیع‌تر بخش میانی بدنه زبان با کام را در تولید [c] فراهم می‌آورند. در نتیجه، دیرش نسبتاً طولانی انفجار آن و نیز گذر سازه‌ای طولانی آن در طی فاصله قابل توجه بدنه زبان برای رسیدن به واکه افتاده، باعث ادراک آن به آوایی انسایشی می‌شود. بی‌واک بودن همخوان انسدادی اولیه توجیه دیگری برای بالابودن حجم و سطح فشار جریان هوا در مرحله رهش آن است. به‌همین دلیل، در زبان‌های دنیا، انسایشی‌شدگی انسدادی‌های واکه‌دار نسبت به همتای بی‌واک آنها، بسامد وقوع کمتری دارد. رکاسنس (2011) همچنین به این نکته اشاره کرده است که جایگاه تکیه بر کامی شدن و تضعیف /k/ مؤثر است. این آوای انسدادی در جایگاه‌های تکیه‌بر جایگاه تولید پیشین‌تر، سطح تماس وسیع‌تر و انفجار شدیدتری دارد (به‌ویژه در تولید آوای انسدادی کامی [c] در مجاورت

-
1. Zigis, M.
 2. formant transition
 3. Recasens, D., & Espinosa, A.
 4. Romance

واکه /a/، در نتیجه، امکان انسایشی شدگی آن در این جایگاه بیشتر است. سایشی شدگی آوای انسایشی نیز با تغییر در ویژگی‌های صوت‌شناختی آن همراه است. از مهم‌ترین این تغییرات می‌توان به کاهش دیرش بست و شیب دامنه سایش^۱ و در مقابل، افزایش دیرش سایش و زمان رسیدن به میزان بیشینه آن^۲ اشاره کرد (Repp et al., 1978; Dorman et al., 1980).

ظهور آوای [ʃ] و امکان تبدیل آن به [s] در جایگاه تکیه‌بر در زبان‌های رومیایی مشابه پیش‌بینی ما در مورد زبان فارسی است، با این تفاوت که واکه‌دار بودن برون‌داد نهایی فرایند تضعیف در آن زبان‌ها، به دلیل اشتقاق آن از همخوان انسدادی واکه‌دار [g] اولیه است، درحالی‌که فرضیه ما برای واکه‌دار شدن آوای سایشی مشتق از [k] در ساخت فعل‌های زبان فارسی، قرارگیری و واکه‌دارشدگی آن در بافت میان‌واکه‌ای و در جایگاه تکیه‌بر است. افزون‌براین، در فارسی امروزی نیز همخوان‌های انسدادی بی‌واکه، از جمله /k/، در تمام بافت‌ها به درجات مختلف دمیده‌اند (حق‌شناس، ۱۳۷۶: ۱۱۰؛ ثمره، ۱۳۷۸: ۲۶ و ۴۸-۳۸) و تنها در بافت آوای سایشی بی‌واکه، از میزان دمیدگی آنها کاسته می‌شود (بی‌جن‌خان، ۱۳۷۴: ۹۳؛ مدرسی قوامی، ۱۳۸۶؛ صادقی، ۱۳۸۶). برای اطمینان از صحت پیش‌بینی‌ها و سنجش فرضیه‌های خود در مورد زبان فارسی، بررسی آزمایشگاهی داده‌های این زبان و سرنخ‌های صوت‌شناختی تغییرات رخ داده در آنها لازم است. در دو بخش بعد، به نحوه گردآوری و اندازه‌گیری داده‌ها و تحلیل صوت‌شناختی آنها می‌پردازیم.

۳. روش پژوهش

به منظور مقایسه ویژگی‌های همخوان انسدادی بدنه‌ای با خصوصیات آوای انسایشی و سایشی، صورت‌هایی از زبان فارسی معیار امروز انتخاب شدند که در آنها، همخوان‌های مذکور در بافتی مشابه با بافت موجود در فعل‌های ایرانی باستان قرار دارند؛ در هجای تکیه‌بر، در بافت /V-aC/ و /V-t/، همچنین، برای مقایسه ویژگی‌های همخوان انسدادی بدنه‌ای بی‌واکه، این همخوان‌ها قبل از واکه‌های پیشین /e, a/ در هجای فاقد تکیه و نیز پیش از واکه‌های پسین /o, a/ مورد توجه قرار گرفتند. واکه سازنده ستاک حال در این

1. amplitude rise slope
2. rise time

دسته از فعل‌های ایرانی باستان، واکه /a/ بوده‌است که با قرارگیری در پایان ریشه، ستاک فعلی می‌ساخته‌است، اما در زبان فارسی معیار امروز، این واکه تنها در پایان دو واژه «وَ» /va/ و «نه» /na/ قرار دارد و در داده‌های مورد بررسی ما، واکه /a/ در هجای بسته واقع شده‌است. همچنین، در ریشه هندواروپایی برخی از واژه‌های ایرانی باستان (مثال ۳)، همخوان انسدادی بدنه‌ای بی‌واک پیش از واکه /e/ ظاهر شده‌است. این امکان وجود دارد که انسایشی‌شدگی این همخوان پیش از تبدیل /e/ به /a/ رخ داده‌باشد. انتخاب بافت /V-e/ به‌منظور بررسی این امکان صورت گرفته‌است. صورت‌های موردبررسی این پژوهش در جدول (۱) فهرست شده‌اند:

جدول ۱. داده‌های مورد بررسی پژوهش

/—e/, /—o/		/—a/, /—ɑ/		/—C/	
/va.cé/	واکه	/pa.cáɪ/	پکر	/pac.taɪ/	پاک‌تر
/pa.tʃé/	پاچه	/ca.tʃál/	کچل	/baχ.taɪ/	باختر
/ma.sé/	ماسه	/ʔa.sál/	عسل	/mas.can/	مسکن
/la.fé/	لاشه	/ba.ʃáɪ/	بشر	/moʃ.cel/	مشکل
/ba.ce.íɪ/	باکری	/na.ca.íé/	نکره		
/na.se.íɪ/	ناصری	/ca.sa.bé/	کسبه		
/ka.ʃe.fí/	کاشفی	/ha.ʃa.íé/	حشره		
/ʔat.sé/	عطسه	/ʔat.sam/	عطسه‌ام		
/paɪt.ʃe/	پرت شه	/paɪt.ʃam/	(گرفت) پرت شم		
/ɪɑ.kón/	راکن	/ma.kán/	مکان		

واژه‌های جدول (۱) در اختیار دو گویشور مرد زبان فارسی معیار قرار گرفتند و از آنها خواسته شد تا هر یک از آنها را دو بار بخوانند؛ یک بار در جمله‌ی حامل «کلمه... را بخوانید» و بار دیگر، خارج از آن. خوانش‌ها مستقیماً توسط نرم‌افزار پرت^۱ نسخه ۵/۳/۶۳

1. Praat

(Boersma & Weenink, 2011) ضبط شد و طیف‌نگاشت و موج صوتی^۱ ثبت شده آنها مورد بررسی قرار گرفت. پس از محاسبه میانگین پارامترهای صوت‌شناختی مورد نظر (پیوست ۱)، معناداری / عدم معناداری اختلاف میانگین آنها با استفاده از آزمون تی نمونه‌های مستقل^۲ با نرم‌افزار اسپ‌اس‌اس^۳ (2016) نسخه ۲۴ تعیین شد. مطابق این آزمون، اگر $p \leq 0.05$ باشد، اختلاف میانگین دو نمونه به لحاظ آماری معنادار است (پیوست ۲). جزئیات تحلیل‌های صوت‌شناختی در بخش بعد آمده است.

۴. یافته‌ها

در بخش‌های (۱) و (۲)، پیشین‌تر بودن جایگاه تولید همخوان انسدادی، افزایش میزان دمش و شدت انفجار رهش به‌عنوان شواهد آوایی تضعیف همخوان انسدادی به گونه انسایشی آن در بافت قبل از واکه‌های پیشین معرفی شدند که این شواهد به‌ویژه در جایگاه تکیه‌بر واژه خودنمایی می‌کنند. همچنین، دریافتیم کاهش دیرش بست و شیب دامنه سایش و در مقابل، افزایش دیرش سایش و زمان رسیدن به میزان بیشینه آن از سرنخ‌های صوت‌شناختی سایشی شدگی آواهای انسدادی یا انسایشی هستند. در این بخش، به بررسی این شواهد در داده‌های گردآوری شده می‌پردازیم.

۴-۱. پیشین‌شدگی در بافت واکه‌های پیشین

اولین تغییر در مسیر تضعیف همخوان انسدادی /k/ به [ʔ] و سپس به [z]، پیشین‌شدن جایگاه تولید آن است. در فارسی امروز، آوای نرم‌کامی [k] پیش از واکه‌های پسین، واجگونه همخوان انسدادی بدنه‌ای کامی /c/ است (ثمره، ۱۳۷۸: ۴۱؛ کرد زعفرانلو کامبوزیا: ۱۳۹۲: ۱۸۰؛ اشرف‌زاده و نوربخش: ۱۳۹۳؛ عظیمی، ۱۳۹۴: ۱۰۵). بنابراین، انتظار داریم در بافت پیش از واکه‌های /a, e/ با گونه پیشین این همخوان مواجه شویم. مرکز تجمع انرژی در انفجار رهش^۴ همخوان، یکی از سرنخ‌های صوت‌شناختی جایگاه تولید همخوان‌های انسدادی است (Reetz & Jongman, 2009: 192-193). برای

1. wave form
2. Independent-Samples T-Test
3. Statistical Package for the Social Sciences/ Statistical Product and Service Solutions (SPSS)
4. center of gravity

به دست آوردن مرکز تجمع انرژی در نرم افزار پرت، پس از انتخاب محدوده مورد نظر (در اینجا، قطعه انفجار رهش)، نخست قطعه بسامدی^۱ آن را از مسیر Spectrum (Edit > View Spectral Slice Window) استخراج می کنیم. سپس، از مسیر Spectral Slice (Object Window) > Query > Get Center of Gravity انرژی را در طیف بسامدی قطعه رهش همخوان به دست می آوریم (Styler, 2017: 26 & 30).

میانگین به دست آمده از اندازه گیری ها نشان می دهد که مرکز تجمع انرژی در طیف بسامدی قطعه رهش همخوان انسدادی در هجاهای تکیه بر و پیش از واکه های /e, a/ بسامد بالاتری دارد تا در هجاهای فاقد تکیه و یا پیش از واکه های /o, a/، اما این برتری فقط به لحاظ جایگاه واکه و نه از نظر تکیه بر بودن آن معنادار است. مرکز تجمع انرژی در نوفه سایش [ʃ] پیش از واکه های /é/ و /á/، از میزان آن در قطعه رهش [c] در همان بافت ها بیشتر است و این تفاوت در بافت واکه /a/ معنادار است. طبق مشاهدات بی جن خان (۱۳۹۲: ۳۲۰-۳۲۲)، انسایشی های زبان فارسی دو مرکز تجمع انرژی در بسامدهای ۲۷۰۰-۳۲۰۰ و ۴۳۰۰-۵۰۰۰ هرگز ندارند. یافته های ما در مورد همخوان [ʃ] نشان می دهد که بسامد مرکز اول تجمع انرژی این آوا در بافت واکه های پیشین، به مرکز تجمع انرژی در قطعه رهش آوای [c] نزدیک است، گرچه به طور کلی، بسامد مرکز تجمع انرژی در همخوان های انسدادی پیشین تر، بالاتر است: [k] > [c] > [ʃ] (پیوست ۱).

میانگین شدت انرژی رهش همخوان انسدادی نیز پس از به دست آوردن قطعه بسامدی آن (روش بالا)، از مسیر زیر تعیین می شود (Styler, 2017: 25):

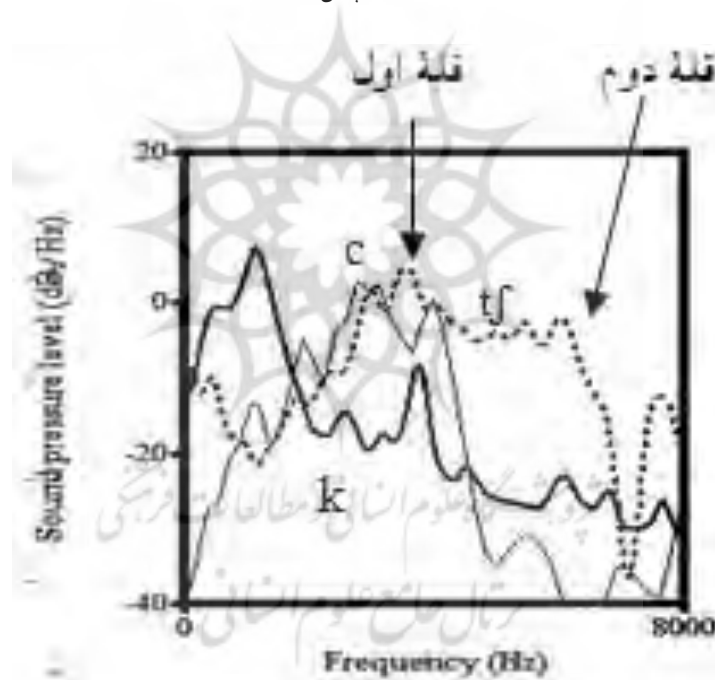
Spectral Slice (Object Window) > Sound > To Sound > To Intensity > Query > Get mean...

میانگین شدت انرژی در رهش همخوان، در هجاهای تکیه بر [cá] و [cé] به طور غیرمعنادار، بیش از مقدار آن در همتهای بی تکیه آنهاست. میانگین این پارامتر در گونه های پسین همخوان انسدادی بیشتر از گونه های پیشین آن است، اما این تفاوت تنها در مقایسه [cá]/[ká] معنادار است. شدت نوفه سایش [ʃ] نیز پیش از واکه های [é] و [á]

1. spectral slice

تفاوت معناداری با میزان آن در قطعه رهش [c] در همان بافت‌ها دارد و از آن بیشتر است. البته این تفاوت در بافت [á] بارزتر است. بنابراین، قطعه رهش انسدادی‌های پیشین مرکز تجمع انرژی بالاتر، اما شدت پایین‌تری (به‌ویژه در مجاورت [á]) نسبت به گونه‌های پسین آنها دارد و در این تفاوت‌ها، جایگاه واکه نسبت به تکیه‌بر بودن آن، نقش مهم‌تری دارد. نوفه [tʃ] نیز از لحاظ این دو پارامتر، در بافت [é] شباهت بیشتری با [c] دارد تا در مجاورت [á]. شکل (۲) بسامد تمرکز انرژی و شدت آن را در طیف بسامدی قطعه رهش [c] و [k] و نیز در نوفه [tʃ] نشان می‌دهد:

شکل ۲: طیف بسامدی قطعه رهش [c] (خط نازک) و [k] (خط ضخیم) و نوفه [tʃ] (خط چین) در بافت میان‌واکه‌ای پیش از واکه [á]



همان‌طور که در شکل ۲ مشخص است، شدت و مرکز تجمع انرژی در قطعه رهش [c] بالاتر از مقادیر آنها در رهش [k] و پایین‌تر از میزان آنها در نوفه [tʃ] است، اما قله اول [tʃ] بسامد و شدتی نزدیک به بسامد و شدت مرکز تجمع آن در رهش [c] دارد.

۲-۴. انسایشی شدگی در بافت واکه‌های پیشین

تغییر دیگری که در جریان تضعیف همخوان انسدادی بدنه‌ای بی‌واک رخ داده‌است، تغییر در شیوه تولید آن است. این بخش را به مقایسه پارامترهای صوت‌شناختی مربوط به شیوه تولید آواهای انسدادی و انسایشی اختصاص می‌دهیم. طیف‌نگاشت‌های همخوان‌های انسدادی و انسایشی به‌طور مشابه، شامل وقفه انسداد و نوفه پس از رهش آنهاست. تفاوت میان این دو طیف‌نگاشت این است که رهش همخوان انسدادی ناگهانی و کوتاه است، درحالی‌که رهش همخوان انسایشی تدریجی و طولانی است. افزون‌براین، قطعه پس از بست در همخوان انسدادی بی‌واک، علاوه بر رهش انفجار، شامل نوفه دمش است (Catford, 2001: 56؛ مدرسی قوامی، ۱۳۹۰: ۱۴۰ و ۱۴۷). در داده‌های ما، میانگین دیرش بست آوای انسدادی پیش از واکه‌های پسین به‌طور غیرمعنادار بیشتر از مقدار آن قبل از واکه‌های پیشین است. افزون‌براین، مرحله بست [c] در هجاهای تکیه‌بر و نیز در مقایسه با مرحله بست [ʃ] طولانی‌تر است، اما این تفاوت‌ها نیز معنادار نیستند. نکته دیگر این است که مقادیر دیرش بست [c] و [ʃ] در بافت [á] به یکدیگر نزدیک‌ترند تا در بافت [é]. بدین ترتیب، در داده‌های ما، میانگین دیرش بست [c] و [ʃ] در هجاهای تکیه‌بر پیش از واکه‌های پیشین تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند.

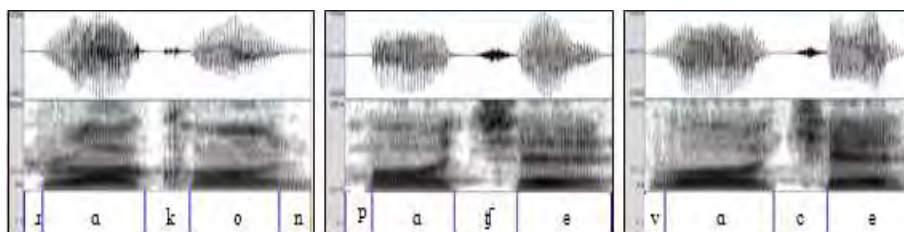
دیرش رهش آواهای انسدادی در بافت واکه‌های پیشین و نیز در هجاهای تکیه‌بر، طولانی‌تر از مقدار آن در بافت همتاهای پسین و بی‌تکیه است و این تفاوت‌ها تنها در حالت دوم معنادار هستند. همچنین، رهش آواهای انسدادی، بسیار کوتاه‌تر از دیرش نوفه آوای انسایشی است، اما مجموع آن با نوفه دمش را می‌توان با نوفه آوای انسایشی مقایسه نمود. در تحلیل‌ها، مجموع رهش و دمش همخوان انسدادی را 'نوفه' نامیده‌ایم که به قطعه پس از بست این همخوان اشاره دارد و در واقع، معادل زاو است. دیرش نوفه [c] در بافت هر دو واکه پیشین در هجای تکیه‌بر، طولانی‌تر است تا در هجای بی‌تکیه و این تفاوت به‌لحاظ آماری، به‌ویژه در بافت واکه [a]، معنادار است. تفاوت دیرش نوفه [c] در مقایسه با دیرش نوفه [k] معنادار نیست، اگرچه میانگین آن در حالت اول بیشتر است. دیرش نوفه [ʃ] در بافت واکه‌های پیشین نیز طولانی‌تر از دیرش آن در آوای [c] است (مطابق نظر نوربخش، ۱۳۸۸: ۱۵۹-۱۶۱)، اما این اختلاف نیز معنادار نیست، به‌ویژه در بافت واکه [a].

به طور کلی، آنچه برای دیرش نوفه بیان شد، برای مقادیر زاو نیز صادق است. تنها راه پی بردن به تفاوت‌های مقادیر زاو در همخوان‌های انسدادی، توجه به میزان دمش آنهاست. مطابق جدول‌های پیوست، تفاوت معنادار مقدار زاو در هجاهای تکیه‌بر، به دلیل طولانی‌تر بودن دمش همخوان انسدادی در آن هجاهاست. دمش همخوان‌های انسدادی در بافت واکه‌های پیشین نیز تا حد معناداری بالاتر از میزان آن در بافت واکه‌های پسین است. چو و لدی‌فوگد^۱ (۱۹۹۹: ۲۱۱-۲۱۳) معتقدند جایگاه و وسعت سطح گرفتگی همخوان و نیز سرعت حرکت اندام‌های گفتار در مقادیر زاو دخیل هستند. جایگاه تولید پسین تر [k] و حرکت کندتر بدنهٔ زبان در ایجاد اختلاف فشار چاکنایی لازم برای واک‌سازی، دلیل بیشتر بودن زاو آن نسبت به همخوان‌های لثوی و لبی است. این میزان برای [c]، به علت سطح گرفتگی وسیع‌تر، بیشتر از [k] است. نکتهٔ قابل توجه دیگر تأثیر تکیه بر افزایش میزان زاو و دمش در داده‌های موردبررسی ماست. ثمره (۱۳۷۸: ۲۶ و ۴۸-۳۸)، صادقی (۱۳۸۶) و نوربخش (۱۳۸۸: ۱۴۲) نیز میزان دمی‌دگی و زاو انسدادی‌های بی‌واک زبان فارسی را در هجای تکیه‌بر بیشتر از هجای بی‌تکیه دانسته‌اند.

نوفهٔ انسایشی‌ها علاوه بر اطلاعات مربوط به زمان آغاز واک، ویژگی‌های صوت شناختی دیگری نیز دارد که آن را از یک‌سو با آواهای انسدادی و از سوی دیگر با آواهای سایشی قابل مقایسه می‌سازد. محدودهٔ بسامدی (بسامد آغازی و پایانی) نوفه، مرکز تجمع انرژی و شدت آن در کنار دیرش و شیب افزایش دامنهٔ نوفه از جملهٔ این ویژگی‌ها هستند. در این مبحث، به بررسی این مؤلفه‌ها در همخوان‌های انسایشی و انسدادی می‌پردازیم و مقایسهٔ آنها با آواهای سایشی در بافت میان‌واکه‌ای را به بخش بعد موكول می‌کنیم. نوفهٔ انسایشی‌ها و انسدادی‌های پیشین نسبت به انسدادی‌های پسین متراکم‌تر است و آغاز آن نیز در بسامدهای بالاتری مشاهده می‌شود. شکل (۳) این تفاوت را نشان می‌دهد:

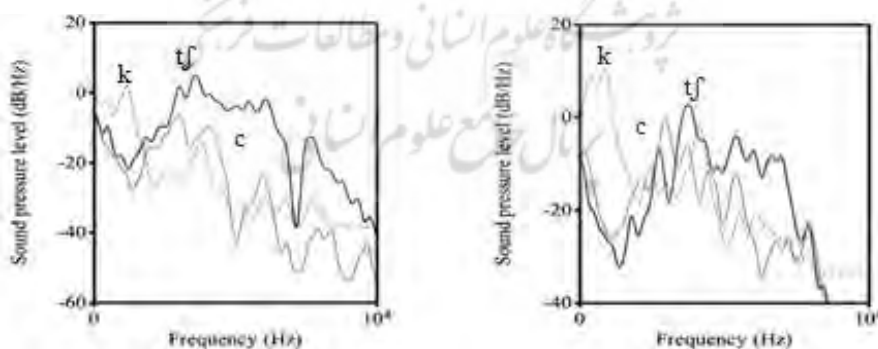
شکل ۳. شکل موجی و طیف‌نگاشت نوفهٔ [c]، [k] و [ʃ]

1. Cho, T., & Ladefoged, P.



اختلاف میانگین بسامد آغاز نوفه [c] در بافت هر دو واژه پیشین، نسبت به مقدار آن در [k] در بافت هر دو واژه پسین بسیار معنادار است، اما نسبت به [ʃ] این گونه نیست. تکیه بر بودن هجا نیز تنها در بافت واژه [a] باعث اختلاف معنادار شده است. بسامد پایان نوفه [c] در بافت [e] در هجای تکیه بر و در مقایسه با آوای [ʃ] کمتر و در مقایسه با [k] در بافت [ó] بیشتر است، اما هیچ یک از این تفاوت‌ها معنادار نیستند. این مقدار برای [c] در هجای تکیه بر و نیز در مقایسه با [k] در بافت [á] بیشتر و در مقایسه با [ʃ] کمتر است، اما این بار این تفاوت‌ها معنادار هستند. بدین ترتیب، تأثیر تکیه در افزایش بسامد آغاز و پایان نوفه [c]، تنها در بافت [a] مشهود است و آوای [ʃ] تنها به لحاظ بسامد پایان نوفه در همان بافت، با آوای [c] متفاوت است. شکل (۴) طیف بسامدی نوفه [c]، [k] و [ʃ] را در بافت واژه‌های [é] و [á] نشان می‌دهد:

شکل ۴. طیف بسامدی نوفه [c] (خط نازک)، [ʃ] (خط ضخیم) و [k] (خط چین) پیش از واژه‌های [é, ó] (شکل راست) و [á, á] (شکل چپ)



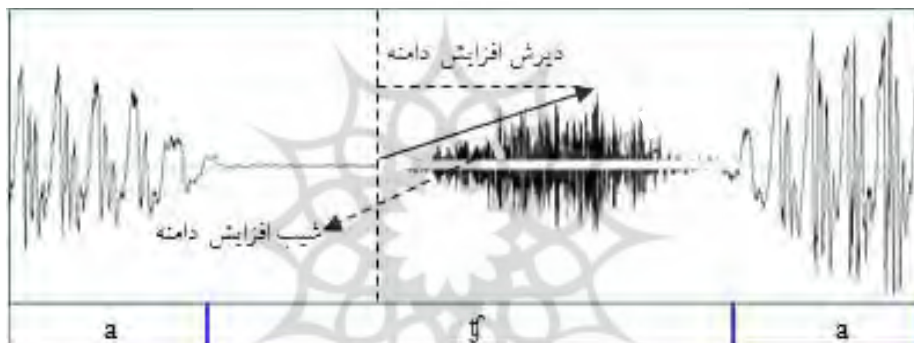
مقایسه طیف‌های بسامدی در شکل ۴ نشان می‌دهد که بسامد آغاز نوفه [c] و [ʃ] در بافت هر دو واژه پیشین به هم نزدیک‌اند، اما با مقدار آن در [k] در بافت هر دو واژه پسین، اختلاف دارد. بسامد پایان نوفه [c]، [ʃ] و [k] نیز در بافت واژه‌های میانی به یکدیگر شبیه‌است.

پیش از این، در بخش ۴-۱ مرکز تجمع انرژی و شدت نوفه آوای انسایشی را با مقادیر آنها در قطعه رهش همخوان انسدادی مقایسه کردیم. در اینجا، به مقایسه آنها با مقادیر مربوط به کل نوفه همخوان انسدادی (قطعه پس از وقفه انسداد) می‌پردازیم. مرکز تجمع انرژی نوفه [c] نسبت به میزان آن در نوفه [ʃ] در بافت هر دو واژه [a] و [e]، به مقدار معناداری کمتر و نسبت به میزان آن در [k] در بافت هر دو واژه [a] و [o] به طرز معناداری بیشتر است. تکیه بر بودن هجا تأثیر معناداری بر افزایش بسامد مرکز تجمع انرژی نوفه [c] در بافت هیچ‌یک از واژه‌های [a] و [e] ندارد، اگرچه میزان این بسامد به‌طور کلی در هجای تکیه‌بر [cá] بیشتر است. شدت نوفه [c] نسبت به میزان آن در نوفه [ʃ] در بافت هر دو واژه پیشین کمتر (به‌ویژه در بافت [a]) و نسبت به میزان آن در [k]، در مجاورت هر دو واژه پسین (به‌ویژه در بافت [a])، بیشتر است، اما این تفاوت‌ها معنادار نیستند؛ درست برعکس آنچه در هجاهای تکیه‌بر مشاهده می‌شود. با توجه به یافته‌های فوق، بسامد مرکز تجمع انرژی در نوفه آوای [c] و [ʃ] متفاوت است (در [ʃ] بالاتر است)، اما میزان شدت آنها در این آواها به یکدیگر نزدیک است و در این رابطه، تکیه مؤثر است.

دیرش و شیب افزایش دامنه نوفه دو سرنخ صوت‌شناختی دیگر در تمایز نحوه تولید همخوان‌های انسایشی از همتهای سایشی آنها هستند (Dorman et al., 1980)، اما به این دلیل که یافته‌های ما تا کنون شباهت‌هایی را میان سایر ویژگی‌های همخوان‌های انسایشی و انسدادی نشان داده‌اند، این دو سرنخ را نیز در مقایسه آنها مورد توجه قرار می‌دهیم. دیرش افزایش دامنه نوفه مدت زمانی است که طی آن شدت نوفه به بیشینه خود می‌رسد. اگرچه میانگین این دیرش در آوای [ʃ] بیشتر از مقادیر آن در آوای [c] است، اما این تفاوت معنادار نیست، به‌ویژه در بافت واژه [a]. همچنین، طولانی‌تر بودن مدت این دیرش در آوای [c] نسبت به آوای [k] و در هجاهای تکیه‌بر نسبت به هجاهای بی‌تکیه بی‌معناست. منظور از شیب افزایش دامنه، سرعت رسیدن دامنه نوسان نوفه به بیشترین مقدار آن است. این مقدار از تقسیم مقدار بیشینه شدت نوفه بر مدت زمان رسیدن

آن به این مقدار بیشینه به دست می‌آید و واحد اندازه‌گیری آن پاسکال/ثانیه^۱ است (بی‌جن خان، ۱۳۹۲: ۳۱۳). طبق یافته‌های ما، جایگاه واکه و تکیه بر بودن هجا تأثیر معناداری بر مقدار شیب افزایش دامنه ندارد، گرچه میزان آن برای [c] در هجای بی‌تکیه [ce] اندکی بیشتر از آن در همتای تکیه‌بر آن است. شیب افزایش دامنه نوفه [c] نسبت به میزان آن در [ʃ] به‌ویژه در بافت [e] اندکی بیشتر است، اما این برتری معنادار نیست. بدین ترتیب، مقادیر دیرش و شیب افزایش دامنه [c] و [ʃ] به یکدیگر نزدیک‌اند. شکل (۵) شیوه محاسبه این دو پارامتر را نشان می‌دهد:

شکل ۵. شیوه محاسبه دیرش و شیب افزایش دامنه در انسایشی بی‌واک [ʃ] در زنجیره /caʃal/



همان‌طور که در بخش ۴-۱ به آن اشاره شد، به گفته بی‌جن خان (۱۳۹۲: ۳۲۰-۳۲۲)، دومین مرکز تجمع انرژی انسایشی‌های زبان فارسی قله‌ای در بسامدهای ۴۳۰۰-۵۰۰۰ هرتز دارد. این مرکز تجمع را به اختصار قله دوم می‌نامیم و مقادیر آن را در نوفه آواهای انسدادی نیز بررسی می‌کنیم (ر.ک. شکل‌های (۲) و (۸)). بسامد قله دوم نوفه [c] با تفاوت غیرمعنادار، به‌ویژه در بافت [á], از میزان آن در نوفه [ʃ] پایین‌تر است. بسامد این قله [c] همچنین در هجای تکیه‌بر (به‌خصوص در مجاورت [á]), بالاتر از هجای بی‌تکیه و نیز بالاتر از مقدار آن در نوفه [k] (به‌خصوص در مجاورت [ó]) است، اما این تفاوت‌ها معنادار نیستند. شدت این قله نیز در نوفه [ʃ]، بالاتر از میزان آن در قله [c] است و این تفاوت در مجاورت [á] معنادار است (p= ۰/۰۴): [cá]/ [ʃá]. و تنها در یک مورد از

1. Pascal/Second

تکرارها، شدت این دو به یکدیگر نزدیک شده است. قله دوم [c] در هجای تکیه بر [cá] شدت بالاتر و در هجای تکیه بر [cé]، شدت پایین تری نسبت به همتهای بی تکیه خود دارد. این تفاوت در حالت دوم فاقد معناست. همچنین، میزان این شدت پیش از واکه‌های پیشین بیشتر است و این تفاوت در مقایسه [cá]/ [ká] به طور جزئی معنادار است. از مجموع یافته‌های این بخش نتیجه می‌گیریم که اکثر پارامترهای صوت‌شناختی نوفه [c] در بافت میان‌واکه‌ای، به‌ویژه در هجاهای تکیه‌بر، به مقادیر آنها در [ʃ] نزدیک‌اند و تفاوت معنادار میان این دو آوا مربوط به بالاتر بودن بسامد پایانی و بیشتر بودن مرکز تجمع انرژی و شدت قله دوم نوفه [ʃ] در مجاورت [a] است.

بی‌جن‌خان (۱۳۹۲: ۳۲۰) با مقایسه آواهای سایشی و انسایشی در بافت بین‌واکه‌ای، فرضیه‌ای مطرح کرده است که لازم است در اینجا مورد توجه قرار گیرد. به گفته وی، انسایشی‌های زبان فارسی دو قله انرژی با بسامدی مشابه بسامد سایشی‌های همتای خود یعنی [ʃ, ʒ] دارند، اما انرژی قله دوم آنها (۴۳۰۰-۵۰۰۰ هرتز) قدری بیشتر از انرژی همین قله در آواهای سایشی مذکور است. در نتیجه، جایگاه تولید انسایشی‌ها ممکن است پیشین‌تر از سایشی‌ها و به جایگاه تولید [s] و [z] نزدیک‌تر باشد. منظور بی‌جن‌خان باید تولید آواهای انسایشی [ts] و [dz] باشد که ممکن است با تضعیف بخش انسداد، به [s] و [z] تبدیل شوند. صادقی (۱۳۵۷: ۱۲۴-۱۲۵) در مقابل، به این نکته اشاره کرده است که تلفظ واج‌های /tʃ/ <چ> و /dʒ/ <ج> فارسی امروز در فارسی باستان به ترتیب، به صورت [ts] و [dz] بوده است که هنوز در مناطقی از اصفهان و خلیج فارس متداول است، اما به سرعت در حال ناپدید شدن است. در ادامه، برای آزمودن این فرضیه‌ها، ویژگی‌های نوفه [c] و [ʃ] را با نوفه [s] و [ʃ] مقایسه می‌کنیم. زنجیره‌های [t.se]، [t.sa]، [t.fe] و [t.fə] توالی انسداد - نوفه را برای مقایسه با همین توالی در آواهای انسدادی و انسایشی فراهم می‌کنند. با توجه به میانگین‌ها می‌توان دریافت که نوفه [c] پیش از هر دو واکه پیشین در مقایسه با نوفه‌های [s] و [ʃ] در بافت‌های [t.se]، [t.sa]، [t.fe] و [t.fə] دیرش کمتری دارد، اما این تفاوت در بافت‌های [t.se] و [t.sa] معنادار نیست، به‌ویژه در بافت [e]. اختلاف دیرش نوفه [ʃ] با [s] پس از [t] فاقد معناست، به‌ویژه در بافت [e]، اما در مقایسه با [ʃ] پس از [t] معنادار است، به‌ویژه در بافت [a]. پس، دیرش نوفه [c] و به‌ویژه [ʃ] در مجاورت هر دو واکه، به‌میزان آن در نوفه [s] در توالی‌های [t.se] و [t.sa] نزدیک است.

معناداری تفاوت میانگین آغاز نوفه [c] در بافت هر دو واکه، نسبت به [ʃ] کمتر است تا در مقایسه با [s] و این اختلاف در رابطه [t.ʃa]/ [cá] فاقد معناست. بسامد آغاز نوفه [s] و [ʃ] در بافت پس از [t] بیشتر از مقدار آن در نوفه [ʃ] است و این تفاوت تنها در مقایسه با [ʃ] در توالی [t.ʃa] فاقد معناست. نوفه [c] و [ʃ] در بسامدهایی پایین تر از بسامد نوفه [s] و [ʃ] پایان می‌یابد و این تفاوت در موارد [cá]/ [t.sa]، [cá]/ [t.ʃa] و [t.se] / [ʃé] معنادار است. نتیجه این که بسامد آغاز و پایان نوفه [c] و [ʃ] به مقدار آن در [ʃ] نزدیک تر است تا در [s].

مرکز تجمع انرژی نوفه [c] در بافت هر دو واکه، بسامدی کمتر از میزان آن در آوهای سایشی دارد و این اختلاف در تمامی موارد، معنادار است. البته میزان این معناداری در مقایسه با [ʃ] اندکی کمتر است تا در مقایسه با [s]. بسامد مرکز تجمع انرژی نوفه [ʃ] از میزان آن در آوهای سایشی در توالی‌های [t.se]، [t.sa] و [t.ʃe] کمتر و از مقدار آن نسبت به [ʃ] در توالی [t.ʃa] بیشتر است، اما این تفاوت [ʃ] فقط در مقایسه [ʃé]/ [t.se] معنادار است. می‌توان گفت که مرکز تجمع انرژی نوفه [ʃ] گرایش بیشتری به سمت [ʃ] دارد، برای مثال در مقایسه [t.sa]/ [ʃá] با [t.ʃa]/ [ʃá]. اختلاف میانگین شدت نوفه [c] و [ʃ] با میزان آن در آوهای سایشی معنادار نیست، گرچه میزان این اختلاف به مقدار آن در [ʃ] در توالی [t.ʃe] نزدیک تر است تا به مقدار آن در [s] در زنجیره [t.se]. شدت نوفه [c] و [ʃ] قبل از [á] نیز تفاوت معناداری با مقدار آن در [ʃ] و [s] ندارد، اما این بار به مقدار آن در [s] در توالی [t.sa] نزدیک تر است.

دیرش افزایش دامنه نوفه در آوهای انسدادی و انسایشی کوتاه تر از دیرش آن در آوهای سایشی است، اما این تفاوت در مقایسه‌های [t.se]/ [ʃé]، [t.sa]/ [ʃá]، [t.ʃa] / [ʃá] و [t.se]/ [cé] معنادار نیست. کمترین میزان معناداری در سایر موارد نیز مربوط به [cá]/ [t.sa] است. بدین ترتیب، آوهای [c] و [ʃ] بیشترین شباهت را با [s] به لحاظ دیرش افزایش دامنه نوفه در بافت پس از [t] دارند.

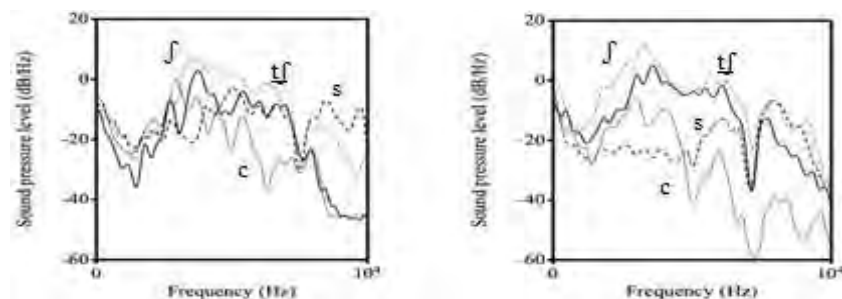
اختلاف میانگین شیب دامنه نوفه [c] پیش از [e] با مقدار آن در هر دو آوای سایشی، همواره معنادار است، اما این معناداری در مقایسه با [ʃ] در بافت [t.ʃe] کمتر است. این اختلاف در بافت [á] معنادار نیست، به‌ویژه در مقایسه با [ʃ] در رابطه [cá]/ [t.ʃa].

بالاتر بودن شیب نوفه [ʃ] نسبت به آواهای سایشی معنادار نیست، به خصوص پیش از واکه [é].

در یافتیم که نوفه [c] در بسامدهایی نزدیک بسامد قلّه دوم نوفه [ʃ] نیز تمرکز انرژی دارد، اما با شدتی کمتر از آن. در اینجا، بسامد قلّه دوم تمرکز انرژی و شدت [c] و [ʃ] را با مقادیر آنها در آواهای سایشی در توالی‌های [t.sV] و [t.ʃV] مقایسه می‌کنیم. قلّه دوم [c] به‌طور غیرمعنادار، در بسامدهایی پایین‌تر از آن در [s] و [ʃ] متمرکز است. بسامد این قلّه در [ʃ] نیز تفاوت معناداری با مقدار آن در آواهای سایشی و به‌ویژه در [s] در توالی‌های مذکور ندارد. بدین ترتیب، بسامد قلّه دوم آواهای [c] و [ʃ] به‌میزان آن در [s] در بافت پس از [t] نزدیک‌تر است تا به مقدار آن در [ʃ] در همان جایگاه.

شدت قلّه دوم نوفه [s] در بافت‌های [t.se] و [t.sa]، به‌طور معنادار، از مقدار آن در نوفه [ʃ] در بافت‌های [t.fe] و [t.fa] کمتر است. این امر باعث شده‌است که شدت قلّه دوم نوفه [c] به‌میزان آن در نوفه [s] در توالی‌های [t.se] و [t.sa] نزدیک شود و با مقدار آن در [ʃ] تفاوت معنادار بیابد. اختلاف شدت قلّه دوم [ʃ] با [ʃ] در بافت [e]، معنادار و در بافت [a] فاقد معناست و این عدم معناداری در مقایسه با [s] کمتر است. در جمع‌بندی مطالب این بخش می‌توان گفت که نوفه [ʃ] تنها به‌لحاظ دیرش افزایش دامنه، بسامد قلّه دوم و دیرش کل آن به آوای [s] در بافت [t.sV] نزدیک شده‌است، اما در سایر ویژگی‌ها به آوای [ʃ] در همان بافت، شبیه است. شباهت [c] با [s] نیز نه تنها در سه پارامتر مذکور، بلکه به‌لحاظ شدت نوفه، شیب دامنه و شدت قلّه دوم نوفه، به‌ویژه در بافت [a] مشاهده می‌شود. همچنین در مواردی که اختلاف‌ها معنادار هستند، میزان معناداری در مقایسه هر دو آوا با [ʃ] در بافت پس از [t] کمتر است تا در مقایسه با [s] در همان بافت. شکل (۶) طیف بسامدی نوفه [c] و [ʃ] را در مقایسه با نوفه [s] و [ʃ] پس از انسداد [t] نشان می‌دهد:

شکل ۶. طیف بسامدی نوفه [c] (خط نازک)، [ʃ] (خط ضخیم) در مقایسه با نوفه [ʃ] (خط چین نازک) و [s] (خط چین ضخیم) در بافت‌های [t-a] (شکل راست) و [t-e]؛



شکل ۶ نشان می‌دهد که شدت نوفه [s] پایین‌تر از مقدار آن در نوفه [ʃ] است. نوفه [c] به‌لحاظ بیشتر پارامترها به نوفه [s] شباهت دارد، اما نوفه [tʃ] به نوفه [ʃ] شبیه است.

۳-۴. سایشی‌شدگی در بافت واکه‌های پیشین

همان‌طور که در مجموعه مثال‌های (۱) و (۴) مشاهده شد، تضعیف در زمانی همخوان [k] در بافت میان‌واکه‌ای قبل از واکه‌های پیشین، پس از انسایشی‌شدگی تا مرحله سایشی‌شدگی پیش‌رفته است. بر اساس یافته‌های ما تا اینجا، این همخوان در زبان فارسی معیار امروز نیز در همان بافت و به‌ویژه در هجاهای تکیه‌بر، شباهت‌های بسیاری با آوای انسایشی دارد. در بخش حاضر، امکان سایشی‌شدگی هم‌زمانی آوای انسایشی و انسدادی را در بافت مذکور می‌سنجیم.

به گفته محمودزاده و بی‌جن‌خان (۱۳۸۹)، تقابل آوایی همخوان‌های انسایشی و سایشی در بخش انسداد آنهاست که به‌ویژه در گفتار پیوسته، به‌راحتی تضعیف می‌شود و از بین می‌رود، در نتیجه باید بخش نوفه آنها را مورد مقایسه قرارداد. بنابراین، در این بخش پارامترهای صوت‌شناختی مربوط به نوفه آنها را با همان پارامترها در آوای سایشی [ʃ] و [s] در بافت واکه‌های پیشین مقایسه می‌کنیم.

دیرش نوفه [c] پیش از هر دو واکه پیشین و در هر دو نوع هجای تکیه‌بر و بی‌تکیه، به‌طور معنادار، کمتر از مقدار آن در آوای سایشی، به‌ویژه [ʃ] در مجاورت همان واکه هاست. نوفه [tʃ] نیز وضعیتی مشابه دارد؛ یعنی اختلاف دیرش آن با دیرش نوفه [s] و [ʃ] در تمام بافت‌ها معنادار است. بسامد آغاز نوفه [c] قبل از [é] و [e]، به‌طور میانگین، پایین‌تر از آن در آوای سایشی است و این تفاوت در مقایسه با [ʃ] در بافت‌های [é] و [e]

فاقد معناست. در اختلاف‌های معنادار با [s]، میزان معناداری این اختلاف نسبت به هجای بی‌تکیه بیشتر است. اختلاف میانگین این بسامد برای [c] در بافت [á] و [a] با مقدار آن در [s] در همان بافت‌ها معنادار است، اما در مقایسه با [ʃ] این‌طور نیست. نوفه [ʃ] در مجاورت هر دو واکه از بسامدهای پایین‌تر از بسامد نوفه [s] و بالاتر از نوفه [ʃ] در همان بافت شروع می‌شود و در حالت دوم، این اختلاف معنادار نیست. نتیجه این که بسامد آغاز نوفه [c] و [ʃ] به مقدار آن در [ʃ] نزدیک‌تر است تا در [s].

نوفه [c] در بسامدهای پایین‌تر از بسامد نوفه [s] و [ʃ] پایان می‌یابد، اما رفتار آن از این نظر، پیش از [é] و [e] متفاوت از زمانی است که قبل از [á] و [a] قرار دارد. در حالت اول، تفاوت بسامد پایانی آن تنها با بسامد پایانی نوفه [s] معنادار است و در حالت دوم، به‌ویژه در هجای بی‌تکیه، این معناداری در مقایسه با [ʃ] نیز مشهود است، گرچه میزان آن در مقایسه با [s] بسیار بیشتر است. نوفه [ʃ] نیز به‌جز پیش از [a]، در مقایسه با [ʃ/ʃ]، در سایر بافت‌ها به بسامدهای پایین‌تری ختم می‌شود، اما معناداری این تفاوت تنها در موارد [ʃá]/[sá] و [ʃé]/[sé] مشاهده می‌شود. می‌توان نتیجه گرفت که بسامد پایان نوفه [c] و [ʃ] نیز، مانند بسامد آغاز آن، به مقدار آن در [ʃ] نزدیک‌تر است تا به میزان آن در [s].

مرکز تجمع انرژی نوفه [c] در بافت هر دو واکه، در هر دو نوع هجا، در بسامدهای پایین‌تری نسبت به مقدار آن در هر دو آوای سایشی قرار دارد، اما این تفاوت در موارد [ʃé] / [c.]/ [sé]، [c/]/ [e] و [ce]/ [e] و $p = 0.1$ [ca]/ [ʃa]: البته این عدم معناداری در مقایسه با [ʃ]، به‌ویژه در هجای بی‌تکیه، بیشتر است. این بدان معناست که مرکز تجمع انرژی نوفه [c] به‌طور کلی، به مقدار آن در [ʃ] نزدیک‌تر است تا در [s]. مرکز تجمع انرژی نوفه [ʃ] در تمام بافت‌ها از میزان آن در [s] کمتر است، اما از مقدار آن نسبت به [ʃ] بیشتر است، با وجود این، هیچ‌یک از این تفاوت‌ها معنادار نیستند. می‌توان گفت که مرکز تجمع انرژی نوفه [ʃ] در حدفاصل مرکز تجمع انرژی نوفه‌های [s] و [ʃ] قرار دارد، اما با گرایش بیشتر به سمت [ʃ]، به‌عنوان مثال در مقایسه‌های [ʃé]/[sé] و [ʃá]/[sá].

اختلاف میانگین شدت نوفه [c] و [ʃ] با میزان آن در [s] و [ʃ] معنادار نیست، اما به درجات مختلف، به‌طوری که میانگین شدت نوفه آنها قبل از هر دو واکه، به مقدار آن در

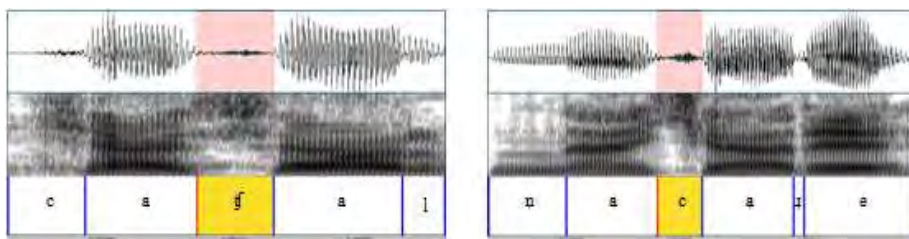
[ʃ] در توالی‌های [ʃé] و [ʃá] نزدیک‌تر است تا به مقدار آنها در [s] در توالی‌های [sá] و [sé]. وضعیت شدت نوفه [c] در هجاهای بی‌تکیه، اندکی متفاوت است و اختلاف آن با شدت نوفه [s] فاقد معناست، اما در مقایسه با [ʃ] معنادار است. بنابراین، شدت نوفه‌های [c] و [ʃ] در هجاهای تکیه‌بر شباهت بیشتری با مقدار آن در آواهای سایشی دارد و گرایش آن مانند مرکز تجمع انرژی آنها بیشتر به سمت [ʃ] است.

دیرش افزایش دامنهٔ نوفه در آواهای انسدادی و انسایشی کمتر از دیرش آن در آواهای سایشی به‌ویژه در [ʃ] است. این تفاوت تنها در مقایسهٔ [se]/[ce] فاقد معناست. کمترین میزان معناداری نیز در رابطهٔ [ʃá]/[sá] مشاهده می‌شود. شیب افزایش دامنهٔ نوفهٔ آنها نیز در تمام بافت‌ها، نسبت به شیب نوفهٔ آواهای سایشی، به‌ویژه [s] بیشتر است، اما این تفاوت‌ها همیشه معنادار نیستند. اختلاف میانگین شیب نوفهٔ [c] پیش از [é]، با مقدار آن در آواهای سایشی همواره معنادار است و میزان این معناداری در مقایسه با [ʃ] در بافت [ʃé] کمتر است. تفاوت میانگین شیب نوفهٔ [c] پیش از واژهٔ بی‌تکیهٔ [e] نیز تنها در مقایسه با [s] به‌طور جزئی معنادار است. اختلاف شیب نوفهٔ [c] پیش از [á] و [a] معنادار نیست، به‌ویژه در مقایسه با [ʃ] در هجای تکیه‌بر و در مقایسه با [s] در هجای فاقد تکیه. بالاتر بودن شیب نوفهٔ [ʃ] نیز تنها در مقایسه با [s] به مقدار جزئی معنادار است، به‌خصوص پیش از واژهٔ [é] و عدم معناداری آن نسبت به [ʃ] در بافت [ʃé] بارزتر است. با این توصیف، شیب افزایش دامنهٔ نوفهٔ [c] و [ʃ] به‌طور کلی، به میزان آن در [ʃ] نزدیک‌تر است.

رپ و همکاران (۱۹۷۸) و درمن و همکاران (۱۹۸۰) عنوان کرده‌اند که کاهش دیرش بست و شیب دامنهٔ سایش در مقابل افزایش دیرش سایش و زمان رسیدن به میزان بیشینهٔ آن، مهم‌ترین تغییرات صوت‌شناختی در تبدیل آواهای انسایشی به سایشی هستند. در میان داده‌های ما، یک مورد از تکرار واژه‌های کچل و نکره یافت شد که آواهای [c] و [ʃ] در آنها، فاقد مرحلهٔ بست بودند و تلفظی کاملاً سایشی داشتند^۱. شکل (۷) طیف‌نگاشت این دو مورد را نشان می‌دهد:

۱. مقادیر مربوط به این موارد در جدول‌های پیوست وارد نشده‌اند.

شکل ۷. شکل موجی و طیف‌نگاشت [ca.tʃál] و [na.ca.ré]



همان‌طور که در شکل ۷ مشخص است، در طیف‌نگاشت و شکل موجی [c] و [tʃ] وقفه سکوت وجود ندارد و در مقابل، نوفه سایش در تمام طول آنها برقرار است. دیرش صفر مرحله بست و کاهش شیب دامنه نوفه [c] و [tʃ] (به ترتیب، ۰/۱ و ۰/۰۴ پاسکال/ثانیه) نسبت به میانگین آن در سایر موارد تلفظ آنها پیش از [a] و [á] (به ترتیب، ۰/۸ و ۰/۲۷ پاسکال/ثانیه) و در مقابل، افزایش دیرش نوفه آنها (۷۳/۶۲ و ۸۱/۳۱ هزارم ثانیه) در مقایسه با میانگین این مقادیر در دیگر موارد این بافت‌ها (۳۶/۱۶ و ۶۱/۵۹ هزارم ثانیه) و در نهایت، دیرش بیشتر افزایش دامنه آنها (۲۹/۴۳ و ۴۷/۱۵ هزارم ثانیه) نسبت به سایر موارد تلفظ آنها در همان بافت‌ها (۲۱/۹ و ۳۵/۶ هزارم ثانیه) (پیوست ۱) سایشی‌شدگی این آواها را در بافت میان‌واکه‌ای (در اینجا، قبل از واکه پیشین) اثبات می‌کند. بدین ترتیب، اگرچه آواهای انسدادی و انسایشی در هجاهای تکیه‌بر شباهت بیشتری با آواهای سایشی دارند، سایشی‌شدگی آنها در هر دو نوع هجای بی‌تکیه و تکیه‌بر ممکن است.

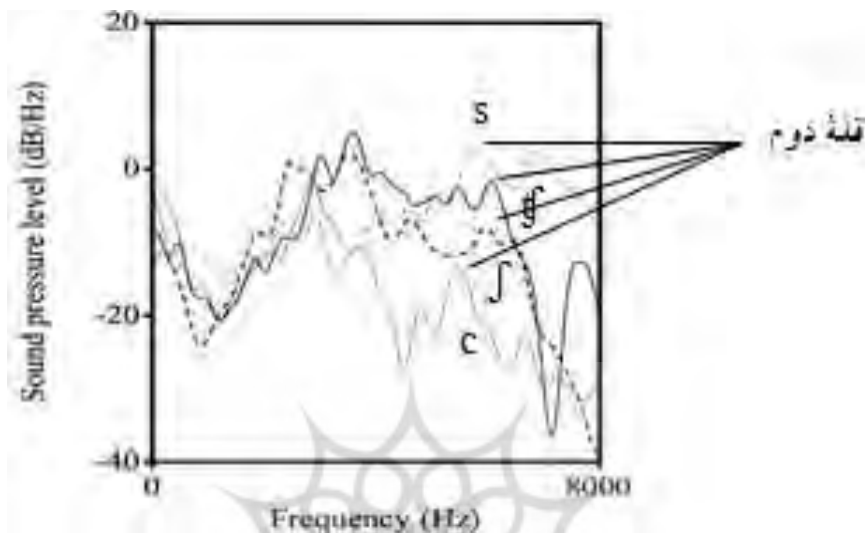
این بخش را با توضیح در مورد دو پارامتر دیگر به پایان می‌بریم. در داده‌های ما، به‌طور کلی، قله دوم نوفه [ʃ] در بسامدهایی کم‌ویش پایین‌تر از بسامد آن در [s] قرار دارد، اما این اختلاف معنادار نیست، به‌ویژه در مقایسه [ʃé]/[sé]. قله دوم [c] در بسامدهایی پایین‌تر از آن در [s] متمرکز است و بیشترین نزدیکی با آن را در بافت [sé] دارد. میانگین این بسامد نسبت به میانگین آن در [ʃ] نیز کمتر است، ولی این تفاوت هم معنادار نیست. اختلاف بسامد این قله برای [c] در هجاهای بی‌تکیه تنها در بافت [e] فاقد معناست. قله دوم [tʃ] در بسامدهایی بسیار نزدیک به بسامدهای آن در [ʃ] و [s] واقع شده‌است و تفاوت معناداری با آنها ندارد. می‌توان گفت قله دوم [tʃ] در بافت واکه [é] بیشترین نزدیکی را با میزان آن در [s] در توالی [sé] دارد و پیش از واکه [á] بیشترین شباهت را با [ʃ] در توالی

[fá] داراست. در نتیجه، بسامد قله آواهای انسدادی، انسایشی و سایشی مذکور کم‌وبیش به یکدیگر نزدیک است، اما بر اساس اختلاف میانگین مجموع داده‌ها و فارغ از میزان معناداری آنها، می‌توان ترتیب [c] < [ʃ] < [ʒ] < [s] را برای بسامد قله دوم آنها قائل شد.

شدت قله دوم نوفه [c]، اختلاف معناداری با میزان آن در [s] در توالی‌های [sé] و [sá] دارد، به‌خصوص در مورد دوم و به مقدار آن در [ʃ] در بافت‌های [é] و [á] نزدیک تر است. اختلاف میانگین شدت این قله [c] در هجاهای بی‌تکیه، در مقایسه با هر دو آوای سایشی، فقط در بافت [a] معنادار است. شدت دومین مرکز تجمع انرژی نوفه [ʒ] از میزان شدت آن در [s] کمتر و از مقدار آن در [ʃ] بیشتر است، اما این تفاوت‌ها در بافت واکه [á] بارزترند و اختلاف میانگین [ʃ]/[ʒ] در این بافت معنادار است. بیشتر بودن میزان این شدت در [ʒ] نسبت به [ʃ] در بافت میان‌واکه‌ای (یافته بی‌جن‌خان (۱۳۹۲: ۳۲۰)) را تأیید می‌کند؛ به این معنی که [ʒ] در بافت میان‌واکه‌ای پیش از واکه‌های پیشین ممکن است جایگاه تولید پیشین‌تری نسبت به [ʃ] داشته باشد. این وضعیت در مقایسه با زمانی که [ʃ] در بافت میان‌واکه‌ای قرار ندارد، مشاهده نمی‌شود، زیرا در آن شرایط شدت قله دوم نوفه [s] از مقدار آن در [ʃ] و [ʒ] کمتر است (بخش ۴-۲).

نتایج این بخش را می‌توان این‌گونه خلاصه نمود که [c] و [ʒ] در بافت میان‌واکه‌ای، تنها از نظر دیرش نوفه با هر دو آوای [ʃ] و [s] در همان بافت و در هر دو نوع هجا تفاوت معنادار دارند. شدت قله دوم [s] در این بافت و به‌ویژه در هجای تکیه‌بر، بیشتر از مقدار آن در [ʃ] و نزدیک به میزان آن در [ʒ] در بافت بیناواکه‌ای و به‌خصوص پیش از واکه [á] است (برخلاف آنچه در مقایسه با [t.ʃV] و [t.sV] دیده می‌شود) و این می‌تواند استدلالی برای پیشین‌تر بودن جایگاه تولید [ʒ] در این مورد باشد. نوفه [c] از این لحاظ با نوفه [ʒ] متفاوت است، زیرا شدت قله دوم آن در هجای تکیه‌بر، به میزان آن در آوای [ʃ] شبیه‌تر است (مشابه آنچه در مقایسه با [t.ʃV] و [t.sV] دیده می‌شود). به‌غیر از این موارد، اکثر پارامترهای نوفه هر دو آوای [c] و [ʒ] در بافت میان دو واکه، بیشتر به مقادیر آنها در [ʃ] گرایش دارند تا در آوای [s]. شکل (۸) مرکز تجمع انرژی و شدت آن را در طیف بسامدی نمونه‌ای از همخوان‌های انسدادی، انسایشی و سایشی در بافت میان‌واکه‌ای نشان می‌دهد:

شکل ۸. طیف بسامدی نوفه [c] (خط نازک)، [ʃ] (خط ضخیم) [s] (خط چین نازک) و [j] (خط چین ضخیم) در بافت میان‌واکهای، پیش از واژه [á]



بر اساس شکل ۸، بسامد قله دوم آواهای [c]، [s]، [j] و [ʃ] به یکدیگر نزدیک است، اما شدت انرژی این قله در آنها متفاوت است، به طوری که، پایین ترین میزان آن در نوفه [c] و بالاترین مقدار آن در نوفه [s] مشاهده می‌شود. شدت قله دوم [ʃ] بالاتر از میزان آن در [j] و پایین تر از مقدار آن در [s] است و این نشان می‌دهد جایگاه تولید [ʃ] پیشین تر و به جایگاه تولید [s] نزدیک شده است.

۴-۴. واک‌دارشدگی در بافت میان‌واکهای

همخوان‌ها در بافت میان‌واکهای مستعد واک‌دارشدگی هستند و همان‌طور که در مثال‌های (۱) و (۴) مشاهده شد، این تغییر در صورت‌های تاریخی زبان فارسی رخ داده است. این تغییر در نمونه‌های هم‌زمانی این پژوهش وقوع نیافته است، زیرا بررسی سرنخ‌های صوت‌شناختی آن شامل دیرش مرحله بست، حضور بسامد پایه^۱ در مرحله بست در طیف‌نگاشت، دیرش واژه ماقبل همخوان و مقدار زاو (بی‌جن‌خان، ۱۳۹۲: ۲۱۵، ۲۹۰ و

1. fundamental frequency

(۳۱۷) در موارد مشکوک به واک دارشدگی، تفاوت معناداری با سایر موارد نشان نمی‌دهند.

۴-۵. سایشی شدگی در بافت /V—t/

آخرین تغییر آوایی که مورد توجه قرار می‌دهیم، سایشی شدگی /k/ به [x] در پایان هجا، پیش از همخوان [t] در آغازه هجای بعد است. در فارسی امروز، همخوان انسدادی بدنه ای بی‌واک در این بافت هم دمیده (حق شناس، ۱۳۷۶: ۱۱۰؛ ثمره، ۱۳۷۸: ۲۶ و ۴۸-۳۸) و هم پیشین (ثمره، ۱۳۷۸: ۴۱؛ کرد زعفرانلو کامبوزیا: ۱۳۹۲: ۱۸۰؛ اشرف‌زاده و نوربخش: ۱۳۹۳) است و در هجای بی‌تکیه قرار دارد. تغییر آوایی مذکور این بار نیز با تغییر در شیوه تولید همخوان همراه است و در صورت وقوع آن، امکان مشاهده ویژگی‌های صوت‌شناختی آوایی سایشی مانند [x] در این بافت وجود دارد. برای بررسی این امکان، پارامترهای صوت‌شناختی [x] را با همان پارامترها در مورد [c] در مجاورت [t] مقایسه می‌کنیم.

میانگین دیرش بست، رهش و دمش [c] پیش از [t] کوتاه‌تر از مقدار آنها در هجای بی‌تکیه در بافت میان‌واکه‌ای /a—e/ (به ترتیب، ۴۵/۷۲، ۵/۲۵ و ۴۲/۱۵ هزارم‌ثانیه) در داده‌های این پژوهش است. وضعیت [c] در آن بافت، مشابه وضعیت آن در داده‌های این بخش است؛ قرارگیری در هجایی بی‌تکیه و پس از واکه پسین /a/. دیرش کوتاه این پارامترها در واقع، به این دلیل است که [c] در ۲ مورد از ۴ تکرار توالی [ct] فاقد وقفه انسداد و انفجار ناشی از رهش آن است و تلفظی سایشی شده دارد.

میانگین دیرش دمش [c] در دو موردی که دارای مرحله بست هستند، ۵۴/۴۵ هزارم‌ثانیه است که از میانگین آن در مجاورت همخوان‌های سایشی بی‌واک در زنجیره‌های [mascan] و [moʃcel] (به ترتیب، ۳۲/۸ و ۴۶/۱۶ هزارم‌ثانیه) بیشتر است. دیرش رهش [c] نیز در این موارد چندان قابل توجه نیست، زیرا رهش همخوان‌های انسدادی معمولاً در بافت /—V/ محسوس‌تر است تا در بافت /—C/ (اشرف‌زاده و نوربخش، ۱۳۹۳). بنابراین، تنها ویژگی‌های نوفه [c] (قطعه پس از بست و نوفه سایش در موارد سایشی شده) را مورد توجه قرار می‌دهیم.

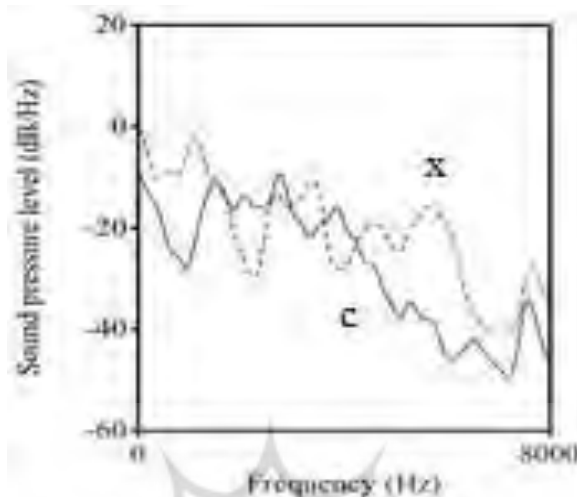
میانگین دیرش نوفه [c] در مجموع تکرارها، اختلاف معناداری با مقدار آن در [x] ندارد، اما تفاوت میانگین مرکز تجمع انرژی و شدت نوفه آن با آوای سایشی فوق معنادار

است. با توجه به میانگین داده‌ها، مرتبه‌بندی دو آوای موردنظر به لحاظ بسامد مرکز تجمع انرژی، به شکل $[x] < [c]$ و از نظر شدت، برعکس آن است. بالاتر بودن مرکز تجمع انرژی $[c]$ به دلیل پیشین‌تر بودن جایگاه تولید آن نسبت به آوای دیگر است، اما در یکی از نمونه‌های سایشی شده $[c]$ بسامد مرکز تجمع انرژی و شدت نوفه به مقادیر میانگین آنها در $[x]$ بسیار نزدیک است (به ترتیب، $۱۹۵۲/۳۶$ هرتز و $۲۸/۵۵$ دسی‌بل (شکل ۹)). گفتنی است بسامد مرکز تجمع انرژی $[c]$ در این نمونه، از میانگین آن در بافت $/a-e/$ کمتر است، چه در قطعه رهش همخوان ($۲۹۹۰/۵۶$ هرتز) و چه در نوفه آن ($۲۸۵۸/۴۳$ هرتز). این امر نشان می‌دهد که جایگاه تولید $[c]$ پیش از $[t]$ ممکن است پسین‌تر باشد.

لدی‌فونگ و مدیسن (1996: 176) به این نکته اشاره کرده‌اند که در طیف بسامدی $[x]$ چند قله وجود دارد که اولین آنها در بسامدهای پایین طیف، در تعیین جایگاه این آوا نقش دارد، به طوری که با پسین‌تر شدن $[x]$ از بسامد این قله کاسته می‌شود. میانگین این قله در داده‌های ما، که در آنها $[x]$ پس از واژه پسین $/a/$ قرار دارد، برابر با $۱۰۷۸/۵$ هرتز است که با میزان گزارش شده آن (۱۱۱۷ هرتز) در پژوهش اسدی (۱۳۹۱) تقریباً برابر است. در داده‌های این بخش، آوای $[c]$ نیز در همان بافت قرار دارد و در ۳ مورد از تکرارهای آن، قله‌هایی مشاهده می‌شوند که میانگین بسامد آنها تفاوت معناداری با میزان آنها در آوای $[x]$ ندارد. البته شدت این قله در $[c]$ به طور معنادار کمتر از میزان آن در آوای دیگر است. شکل (۹) طیف بسامدی گونه سایشی شده $[c]$ را در مقایسه با آوای $[x]$ نشان می‌دهد:

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

شکل ۹. طیف بسامدی [c] (خط ساده) و [x] (خط چین)



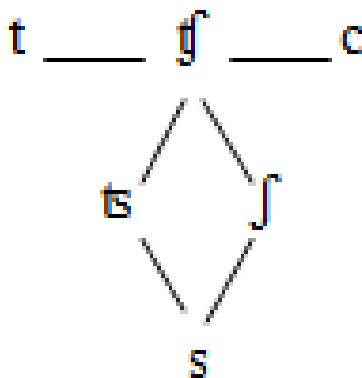
مطابق شکل ۹، مرکز تجمع انرژی نوبه [c] (۱۹۵۲/۳۶ هرتز) و شدت آن (۲۸/۵۵ دسی بل) به میانگین آنها در [x] نزدیک است. قله اول [c] با بسامد ۱۵۰۷/۳۳ هرتز، به قله [x] شباهت دارد، اما شدت این قله (۱۰/۹- دسی بل) از مقدار آن در [x] کمتر است. میانگین دیرش افزایش دامنه نوبه [c] نیز به مقدار آن در [x] بسیار نزدیک تر است و تفاوت معناداری با آن ندارد. میانگین شیب افزایش دامنه نوبه [c] از مقدار آن در سایشی [x] کمتر است، ولی این اختلاف نیز فاقد معناست. بر اساس یافته‌های این بخش، میانگین بسامد قله، دیرش نوبه و شیب افزایش دامنه آن به میزان آنها در [x] نزدیک است. معناداری اختلاف میانگین مرکز تجمع انرژی [c] و شدت نوبه آن نیز در مقایسه با [x] کم است. بدیهی است که مقادیر این پارامترها در موارد سایشی شده، شباهت بیشتری با مقدار آنها در آوای سایشی فوق دارد.

۵. خلاصه و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، در قالب واج‌شناسی تاریخی آزمایشگاهی به بررسی پایه‌های آوایی تغییرات همخوان [k] در گروهی از فعل‌های زبان فارسی پرداختیم. در فارسی باستان، [k] همخوان پایانی ریشه این فعل‌ها بوده‌است که در بافت میان‌واکه‌ای، پیش از واکه پیشین /a/ (در ساخت ستاک حال)، جایگاه پیشین تری داشته و در گذر زمان به آواهای پیشین

انسایشی [tʃ] و سایشی [z] تغییر یافته است، اما پیش از همخوان [t] (در ساخت گذشته) به آوای سایشی [x] تغییر کرده است. برای پی بردن به چگونگی این تغییرات در زمانی در جایگاه و شیوه تولید [k]، ویژگی های صوت شناختی آن در بافت های /V-[e, a]/ و /V-t/ بررسی و با ویژگی های صوت شناختی آواهای انسایشی و سایشی مذکور در همان بافت ها مقایسه شد. یافته های پژوهش حاضر نشان می دهند که جایگاه تولید [c] به ویژه در بافت واکه پیشین تر [e]، به جایگاه تولید [tʃ] نزدیک شده است و تکیه نقش مؤثری بر میزان این نزدیکی دارد. طبق این یافته ها، [c] به لحاظ ویژگی های شیوه تولید نیز در بافت مورد نظر به [tʃ] شبیه است، اما در گذر [tʃ] به آوایی سایشی، اکثر پارامترهای نوفه [tʃ] در جایگاه میان دو واکه، بیشتر به مقادیر آنها در [l] گرایش دارند تا در آوای [s] و شباهت آن با [s] از نظر شدت قله دوم نیز تنها در همین جایگاه است. این ویژگی ها می توانند استدلالی برای پیشین تر بودن جایگاه تولید [tʃ] در بافت میان واکه ای باشند. بنابراین، همخوان /tʃ/ در زبان فارسی معیار امروز ممکن است در بافت میان واکه ای، به صورت آوای [ts] ظاهر شود. به نظر می رسد آوای سایشی پایانی در ساخت فعل های مورد نظر ما، نتیجه تضعیف همین آوا بوده باشد که به اعتقاد صادقی (۱۳۵۷: ۱۲۴-۱۲۵)، در فارسی باستان، وجود داشته است. نکته قابل توجه دیگر در مورد تکیه است. در یافتیم که تکیه نقش مهمی در جایگاه تولید آوای انسدادی دارد. تأثیر تکیه بر شیوه تولید [c] و [tʃ] نیز مشهود است. به طور کلی، شیوه تولید این آواها در هجاهای تکیه بر شباهت بیشتری با شیوه تولید آواهای انسایشی و سایشی دارد، اگرچه تولید سایشی [c] در هجای بی تکیه نیز ممکن است. به همین دلیل، می توان نتیجه گرفت که در تضعیف آواهای مذکور، دمیده بودن و قرارگیری در بافت میان واکه ای عوامل مهم تری هستند و تکیه نقش ثانویه دارد. با توجه به شباهت های صوت شناختی مشاهده شده، می توان رابطه زیر را برای تغییرات ممکن آواهای فوق در بافت واکه های پیشین در نظر گرفت:

شکل ۱۰. رابطه شباهت میان آوای انسدادی، انسایشی و سایشی در بافت میان‌واکه‌ای



رابطه ۱۰ با اندکی تغییر، مشابه آن چیزی است که کاوار و هامن^۱ (۲۰۰۳) برای زبان لهستانی ارائه کرده‌اند. در زبان فارسی نیز امکان تغییر آوای تاج‌زبانی [t] و بدنه‌ای [c] به آوای پس‌لثوی [ç] وجود دارد. تفاوت‌های سبکی در تلفظ واژه‌های *چپاندن* [tʃapandan]~[tapandan] و *معطل* [moʔattal]~[maʔʃal] نمونه‌هایی از حالت اول هستند و داده‌های پژوهش حاضر، مصداق‌هایی از حالت دوم. کاهش چشمگیر مدت زمان بست [c]، نزدیکی آن به آوای [ç] به لحاظ جایگاه و شیوه تولید، شباهت آن با [ʃ] و [s] و نیز سایشی شدن آن در برخی از تکرارها حاکی از آن هستند که [c] در مسیر تضعیف خود در این بافت، باید از وضعیتی انسایشی عبور کند. آنگاه آوای انسایشی حاصل می‌تواند با تضعیف بیشتر به آوایی سایشی تبدیل شود. آوای انسدادی، انسایشی و سایشی به دلیل قرارگیری در بافت میان‌واکه‌ای مستعد واکنش‌داری هستند و این امکان برای آنها در هر مرحله فراهم است، گرچه این تغییر در صورت‌های هم‌زمانی این پژوهش مشاهده نشده است. شرایط سایشی‌شدگی [c] علاوه بر بافت بیناواکه‌ای، در جایگاه پایانی هجا پیش از همخوان [t] نیز فراهم است و نطفه [c] در این بافت بسیاری از ویژگی‌های آوای [x] را داراست. گرچه [c] به لحاظ جایگاه تولید هنوز با [x] فاصله دارد، اما میانگین مرکز تجمع انرژی آن در دو مورد مذکور پایین‌تر از مقدار آن در بافت /a—e/ است؛



1. Ćavar, M., & Hamman, S.

یعنی این امکان وجود دارد که جایگاه تولید [c] پیش از [t] پسین تر باشد. سایشی شدگی در بافت /t/ محدود به آوای [c] نیست و در واقع، سایر همخوان‌های انسدادی و حتی انسایشی زبان فارسی از این نظر رفتار مشابهی دارند. برخی از نمونه‌های این تغییرات، مانند آنچه در فعل‌های مورد توجه ما دیده می‌شود، از گذشته این زبان و در قالب تناوب‌های ساختاری به‌جامانده‌اند، مانند کوبیدن [kub]~[kuft]، تفتن [tab]~[taft] و بستن [band]~[bast] و برخی دیگر، مثل نقطه [nocte]~[noxte]، وقت [vagt]~[vaxt] (رضا آسا، ۱۳۹۵) و اجتماع [ʔedʒ.te.ma(ʔ)]~[ʔeʒ.te.ma(ʔ)]~[ʔeʃ.te.ma(ʔ)] که به شکل تفاوت‌های سبکی در فارسی امروز وجود دارند. تفاوت این صورت‌ها و تناوب‌هایی مانند مثال (۱) با نمونه‌های هم‌زمانی مورد بررسی در این است که تغییرات رخ داده در حالت اول، به سطح ادراک گویشور رسیده‌است، اما تغییرات مشاهده شده در حالت دوم، هنوز در سطح ویژگی‌های صوت‌شناختی هستند، به طوری که گویشور ممکن است واژه‌های «پکر» و «پاک‌تر» را «پچر» و «پاخ‌تر» نشنود. با وجود این، بافت آوایی این کلمه‌ها مشابه بافت آوایی موجود در فعل‌های مورد پژوهش است و زمینه صوت‌شناختی تغییرات مشاهده شده در ریشه آن فعل‌ها در این واژه‌ها نیز فراهم است. بنابراین، بعید نیست که با گذر زمان تغییرات آوایی از ساخت‌های فعلی به صورت‌های غیرفعلی منتقل شوند و گویشوران بیشتری آن را درک و تولید کنند. آنگاه، انتقال واژه‌به‌واژه و فردبه‌فردی که مدنظر اوها لاست (شکل ۱)، صورت می‌گیرد و آنچه امروز به شکل تنوع آوایی، واجگونه‌ای و سبکی در زبان وجود دارد، به تغییرات آوایی (تاریخی) فردا منتهی خواهد شد. /k/ این مسیر را در گذشته زبان فارسی طی کرده‌است، اما در حال آن، هنوز در میانه راه است.

تعارض منافع

تعارض منافع ندارم.

ORCID

Fahimeh Khodaverdi		https://orcid.org/0000-0003-3926-9077
Golnaz Modarresi Ghavami		https://orcid.org/0000-0002-5440-9018
Mojtaba Monshizadeh		https://orcid.org/0000-0002-0808-6094

منابع

- ابوالقاسمی، محسن. (۱۳۷۳). *ماده‌های فعل‌های فارسی دری*. تهران: ققنوس.
- اسدی، اکرم. (۱۳۹۱). تحلیل آکوستیکی جایگاه تولید همخوان <خ> در زبان فارسی. مجموعه مقالات نخستین هم‌اندیشی آواشناسی فیزیکی (۱۳-۸۳). تهران: نویسه پارسی.
- اشرف‌زاده، فریبا و نوربخش، ماندانا. (۱۳۹۳). مرکز تجمع انرژی، پارامتر تعیین جایگاه تولید همخوان‌های انسدادی بدنه‌ای در زبان فارسی: یک تحلیل صوت‌شناختی. مجموعه مقالات نهمین همایش زبان‌شناسی ایران. (۱۱۷-۱۳۱). تهران: انتشارات دانشگاه علامه طباطبائی.
- بی‌جن‌خان، محمود. (۱۳۷۴). *بازنمایی آوایی و واجی زبان فارسی و کاربرد آن در بازشناسی گفتار*. رساله دکتری، دانشگاه تهران.
- بی‌جن‌خان، محمود. (۱۳۹۲). *نظام آوایی زبان فارسی*. تهران: سمت.
- ثمره، یدالله. (۱۳۷۸). *آواشناسی زبان فارسی: آواها و ساخت آوایی هجا*. تهران: مرکز نشر دانشگاهی.
- حسن دوست، محمد. (۱۳۹۳). *فرهنگ ۵ جلدی ریشه‌شناسی زبان فارسی*. تهران: فرهنگستان زبان و ادب فارسی.
- حق‌شناس، علی محمد. (۱۳۷۶). *آواشناسی*. تهران: آگه.
- دهخدا، علی‌اکبر. (۱۳۷۷). *لغت‌نامه دهخدا*. تهران: مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.
- رضاآسا، مریم. (۱۳۹۵). بررسی شیوه تولید همخوان ملازی /g/ در زبان فارسی معیار. *علم زبان*، ۴(۶)، ۱۰۱-۱۲۹.
- صادقی، علی‌اشرف. (۱۳۵۷). *تکوین زبان فارسی*. تهران: دانشگاه آزاد ایران.
- صادقی، وحید. (۱۳۸۶). تأثیر دمش بر تقابل واکه‌داری - بی‌واکی انسدادی‌های فارسی. *مجله زبان و زبان‌شناسی*، ۳(۶)، ۶۵-۸۱.
- عظیمی، الناز. (۱۳۹۴). *بررسی صوت‌شناختی همخوان‌های انسدادی بدنه‌ای در گزیده‌ای از زبان‌های ایرانی: رویکردی رده‌شناختی*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبائی.
- کرد زعفرانلو کامبوزیا، عالیه. (۱۳۹۲). *واج‌شناسی رویکردهای قاعده‌بنیاد*. تهران: سمت.

مدرسی قوامی، گلناز. (۱۳۸۶). خنثی‌شدگی تقابل همخوان‌های انسدادی واک‌دار و بی‌واک در زبان فارسی. مجموعه مقالات هفتمین همایش زبان‌شناسی ایران (۴۴۱-۴۵۴). تهران: انتشارات دانشگاه علامه طباطبائی.

مدرسی قوامی، گلناز. (۱۳۹۰). آواشناسی: بررسی علمی گفتار. تهران: سمت.
محمودزاده، زهرا و بی‌جن‌خان، محمود. (۱۳۸۹). تجزیه و تحلیل صوت‌شناختی سایشی‌شدگی انسایشی‌های /dʒ/ و /tʃ/: فرضیه جوازدهی سرنخی. مجله زبان و زبان‌شناسی، ۶(۱۱)، ۲۱-۴۳.
نوربخش، ماندانا. (۱۳۸۸). نقش تمایزی زمان شروع واک (وی‌آتی) در همخوان‌های انسدادی دهانی فارسی معیار. رساله دکتری، دانشگاه تهران.

References

- Abolghasemi, M. (1994). *Dari Persian Verb Articles*. Tehran: Ghoghnus. [In Persian]
- Anderwald, L. (2009). *The Morphology of English Dialects: Verb Formation in Non-Standard English*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Asadi, A. (2012). Acoustic analysis of the place of articulation of <خ> in Persian. *Proceeding of the 1st Consensus of Physical Phonetics*, Tehran: Nevis-e- Parsi, 13-38. [In Persian]
- Ashby, M., & Maidment, J. (2005). *Introducing Phonetic Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ashrafzadeh, F., & Noorbakhsh, M. (2014). Center of Gravity, a parameter for determining the place of articulation of Persian dorsal stops: An acoustic analysis. *Proceeding of the 9th Iranian Conference on Linguistics*, Tehran: Allameh Tabataba'i University Publishing, 117-131. [In Persian]
- Azimi, E. (2015). *An acoustic study of dorsal stops in a selection of Iranian Languages: A typological view* [Master's thesis, Allameh Tabataba'i University]. [In Persian]
- Bateman, N. (2007). *A crosslinguistic investigation of palatalization* [Doctoral Dissertation, University of California. San Diego].
- Bhat, D. N. S. (1978). A general study of palatalization. In J. H. Greenberg (Ed.), *Universals of Human Language*, 2 (pp. 47-91). Stanford University Press.
- Bijankhan, M. (1995). *Persian phonetic and phonological representation and its application in speech recognition* [Doctoral dissertation, Tehran University]. [In Persian]
- Bijankhan, M. (2013). *Phonetic System of Persian*. Tehran: Samt. [In Persian]
- Boersma, P., & Weenink, D. (2011). Praat: Doing phonetics by computer.

<http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>

- Calabrese, A. (1965). *Markedness and Economy in a Derivational Model of Phonology*. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Catford, J. C. (2001). *A Practical Introduction to Phonetics*. Oxford: Oxford University Press.
- Ćavar, M., & Hamman, S. (2003). Polish velar palatalization: Its perceptual background. In P. Kosta, J. Blaszczak, J. Frasek & L. Geist & M. Zygis (Eds.), *Investigation into Formal Slavic Linguistics: Contribution of the 4th European conference on Formal description of Slavic Language* (pp. 31-48). Berlin: Peter Lang Verlag.
- Chang, S. S., Plauché M. C., & Ohala, J. J. (2001). Markedness and consonant confusion asymmetries. In E. Hume & K. Johnson (Eds.), *The Role of Speech Perception in Phonology*, (pp. 79-101). New York: Academic Press.
- Chen, M. (1973). Predictive power in phonological description. *Lingua*, 32, 173-191.
- Cho, T., & Ladefoged, P. (1999). Variation and universal in VOT: evidence from 18 languages. *Journal of Phonetics*, 27, 207-227.
- Dekhoda, A. (1998). *Loghatnâmeh* (Encyclopedic Dictionary). Tehran: Tehran University Publication. [In Persian]
- Dorman, M. F., Raphael L. J., & Isenberg, D. (1980). Acoustic cues for a fricative-affricate contrast in word final position. *Phonetics*, 8(4), 397-405.
- Esper, E. A. (1925). A technique for the experiment investigation of associative interference in artificial linguistic material. *Language Monographs*, 1, 1-47.
- Guion, S. G. (1998). The role of perception in the sound change of velar palatalization. *Phonetica*, 55, 18-52.
- Hall, T. A. (2000). Typological generalizations concerning secondary palatalization. *Lingua*, 110, 1-25.
- Honeybone, P. (2008). Lenition, weakening and consonantal strength: tracing concepts through the history of phonology. In J. Brandao, T. Scheer & P. Segéral (Eds.), *Lenition and Fortition: Studies in generative Grammar*, 9, (pp. 9-92). Mouton de Gruyter.
- Haden, E. F. (1938). The physiology of French consonant changes: A study in experimental phonetic. *Language*, 14(4): 3-117. Linguistic Society of America.
- Haghshenas, A. (1997). *Phonetics*. Tehran: Agah Publishing. [In Persian]
- Hasandust, M. (2014). *The Etymological Dictionary of Persian*. 5 Vols. Tehran: Academy of Persian Language and Literature. [In Persian]

- Iverson, G. K., & Salmons J. C. (1995). Aspiration and laryngeal representation in Germanic languages. *Phonology*, 12(3), 369-396.
- Keating, P., & Rahili, A. (1993). Fronted velars, palatalized velars, and palatals. *Phonetica*, 50, 73-101.
- Kochetov, A. (2011). Palatalization. In C. Ewen, E. Hume, M. van Oostendorp & K. Rice (Eds.), *The Blackwell Companion to Phonology*, (pp. 1666-1690). Oxford: Wiley Blackwell.
- Kord-e Za'franloo, A. (2013). *Phonology: Rule-Based Approaches*. Tehran: Samt. [In Persian]
- Korn, A. (2005). *Towards a Historical Grammar of Balouchi: Studies in Phonology and Vocabulary* Beiträge zur Iranistik 26.
- Krämer, M., & Urek, O. (2015). *Special Issues on Palatalization*. In M. Krämer & O. Urek (Eds.), *Nordlyd*, 42 (pp. i-ii). University of Tromsø-The Arctic University of Norway.
- Ladefoged, P., & Maddieson, I. (1996). *the Sounds of the World Languages*. Cambridge: Willey Blackwell.
- Lee, J. K. (2000). Velar palatalization-revisited. *Studies in Phonetics, Phonology, and Morphology*, 6(2), 415-430.
- Mahmoodzadeh, Z., & Bijankhan, M. (2007). Acoustic analysis of the Persian fricative-affricate contrast, In *IcPhS XVI*, Saarbrücken, 920-924.
- Mahmoodzadeh, Z., & Bijankhan, M. (2010). The acoustic analysis of spirantization of the Persian affricates: Licensing by Cue Hypothesis. *Language and Linguistics*, 6(11), 21-43. [In Persian]
- Modarresi Ghavami, G. (2007). Neutralization of voice contrast in Persian stops. *Proceeding of the 7th Iranian Conference on Linguistics*, Tehran: Allameh Tabataba'i University Publishing, 441-454. [In Persian]
- Modarresi Ghavami, G. (2011). *Phonetics: The Scientific Study of Speech*. Tehran: Samt. [In Persian]
- Noorbakhsh, M. (2009). *Contrastive role of VOT in Persian oral stops* [Doctoral dissertation, Tehran University]. [In Persian]
- Ohala, J. J. (1983). The Origin of Sound Pattern in Vocal Tract Constraints. In P. F. MacNeilage (Ed.), *The Production of Speech* (pp. 189-216). New York: Springer-Verlag.
- Ohala, J. J. (1984). Experimental historical phonology. In W. U. Dressler, H. C. Luschützky, O. E. Pfeiffer, & J. R. Rennison (Eds.), *Phonologica. Proceedings of the fifth international phonology meeting*, Eisenstadt, 353-387.
- Ohala, J. J. (1989). Sound change is drawn from a pool of synchronic variation. In L. E. B. vik & E. H. Jahr (Eds.), *Language Change*:

- Contributions to the Study of its Causes* (pp. 173-198). Berlin: Mouton de Gruyter.
- Pierrhumbert, J. B., Beckmen M. E., & Ladd, D. R. (1996). Conceptual foundations of phonology as a laboratory science. In N. Burton-Roberts, P. Carr & G. Docherty (Eds.), *Phonological Knowledge: Its Nature & Status* (pp. 273-304). Cambridge: Cambridge University Press.
- Recasens, D., & Espinosa, A. (2003). Articulatory motivation of velar softening. In M. Solé, D. Recasens & J. Romero (Eds.), *Proceedings of the fifteenth ICPhS, Causal Productions*, Barcelona, 2, 1903-1906.
- Recasens, D. (2011). Velar and dental stop consonant softening in Romance. *Diachronica*, 28(2), 186-224.
- Reetz, H., & Jongman, A. (2009). *Phonetics: Transcription, Production, Acoustica, and Perception*. UK: Wiley-Blackwell.
- Repp, B. H., Liberman, A. M., Eccardt, T., & Pesetsky, D. (1978). Perceptual integration of acoustic cues for stop, fricative, and affricate manner. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4, 621-637.
- Reza Asa, M. (2016). An acoustic study of the manner of articulation of uvular consonant /g/ in Standard Persian. *Elm-e Zaban*, 4(6), 101-130. [In Persian]
- Sadeghi, A. (1396). *Development of Persian Language*. Tehran: Azad University of Iran. [In Persian]
- Sadeghi, V. (2008). The effect of aspiration on Persian stop voicing contrast. *Language and Linguistics*, 3, 2(6), 65-81. [In Persian]
- Styler, W. (2019). Using Pratt for linguistic research. At <http://savethevowels.org/praat>. Version 1.8.1, Updated in 2017.
- Samareh, Y. (1999). *Phonetics of Persian: Phones and Phonetic Structure of Syllable*. Tehran: Center of University Publication. [In Persian]
- Tams, A. (2018). Experiments in spoken language. Teaching notes at <http://www.essex.ac.uk/speech/teig>.
- Testen, D. (1997). Old Persian and Avestan phonology. In A. S. Kaye & P. T. Daniel (Eds.), *Phonologies of Asia and Africa (Including the Caucasus)*, 2 (pp. 569-600). Winona Lake, Indiana: Eisenbrauns
- Trask, L. (2000). *The Dictionary of Historical and Comparative Linguistics*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Zigis, M., Recasens D., & Espinosa, A. (2008). Acoustic characteristics of velar stops and velar softening in German, Polish and Catalan. In R. Stock, S. Fuchs & Y. Laprie (Eds.), *Proceedings of the eighth International Seminar on Speech Production*. Strasbourg: Universite de Strasbourg, 97-100.

بر مبنای آزمون‌های نمونه‌های مستقل پیوست ۲. جدول معاداری آماری اختلاف میانگین پارامترهای صوت‌شناختی

پارامتر صوت‌شناختی	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
[f] < [p]	۰.۰۸	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳
[k] < [g]	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳
[t] < [d]	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳
[n] < [m]	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳
[l] < [r]	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳
[e] < [i]	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳
[o] < [u]	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳
[a] < [ɒ]	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳
[ɔ] < [ɔ̃]	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳
[ɛ] < [ɛ̃]	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳
[ɪ] < [ĩ]	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳
[ʊ] < [ũ]	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳
[ɔ̃] < [ɔ]	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳
[ɛ̃] < [ɛ]	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳
[ĩ] < [ɪ]	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳
[ũ] < [ʊ]	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳
[ɔ̃] < [ɔ̃]	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳
[ɛ̃] < [ɛ̃]	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳
[ĩ] < [ĩ]	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳
[ũ] < [ũ]	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳

استناد به این مقاله: خداوردی، فهیمه، مدرسی قوامی، گلناز و منشی‌زاده، مجتبی. (۱۴۰۲). تضعیف همخوان /k/ در تاریخ زبان فارسی از دیدگاه واج‌شناسی آزمایشگاهی. علم زبان، ۱۰ (۱۷)، ۳۷-۸۲. doi: 10.22054/LS.2020.46542.1270



Language Science is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License.