

## The palatal glide /j/ in Persian phonology

**Vahid Sadeghi<sup>1</sup>**

Corresponding author, Associate professor, Faculty of Humanities, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

**Zahra Sabzali<sup>2</sup>**

M. A. in Linguistics, Faculty of Humanities, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

### Abstract

The idea that glides occupy a phonological category of their own, especially as distinct from the related high vowels /i/ and /u/, has not been accepted by all researchers. Some prefer the term “semivowel” to that of “glide”, labeling them as vowel-like segments that only function like consonants (Ladefoged & Maddieson, 1996). Others deny any difference between glides and vowels, other than their relative positions in the syllable. For example, Selkirk (1984) has argued that there is no need for a feature distinction between the glides /j, w/ and the high vowels /i, u/, since they can be differentiated instead by syllable theory alone.

Stevens (1998) defines glides as “a class of consonants produced with a constriction that is not sufficiently narrow to cause a significant average pressure drop across the constriction during normal voicing”. The lack of a vocal tract closure producing a significant pressure drop is a clear distinction between glides and other consonants; its acoustic correlate is a lack of abrupt discontinuity in the acoustic signal (Stevens, 2002). The dividing line between glides and vowels (especially the closely related high vowels), however, has heretofore been less clearly defined. Chomsky & Halle (1968) suggest that the [-vocalic] feature that differentiates glides from vowels is defined by a constriction that is greater in degree than that for a high vowel; but the threshold boundary required to create this category distinction along the continuum of constriction degrees has not been established in terms of articulation and acoustics. Previous acoustic analyses have found several potential acoustic correlates of the [-vocalic] feature that differentiates glides from related vowels: (1) Glides, inhabiting the syllable boundaries, should have a weaker intensity than the vowels at the syllable nuclei (Stevens, 1998); RMS amplitude (ARMS) provides a quantitative measure of this intensity relationship (Hon Hunt, 2009); (2) The narrow constriction in the front part of the vocal tract for a

---

Received on: 07/10/2018

Accepted on: 16/12/2018

<sup>1</sup>. Email: vsadeghi@hum.ikiu.ac.ir

<sup>2</sup>. Email: sabz6868@gmail.com

DOI: 10.30479/jtpsol.2019.9433.1398

pp.19-39

## *Archive of SID*

glide has the effect of decreasing the frequency of the first formant peak (F1) relative to that of a vowel (Hon Hunt, 2009); (3) The bandwidth of the first formant (B1) is expected to be larger for glides than for vowels, again because of the narrower constriction in the vocal tract for the glide segments (Stevens, 1998); (4) a less sonorous sound segment (such as a glide) might exhibit more of a noise component in its acoustic signal than a more sonorous sound segment (such as a vowel) (Padgett, 2008); (5) the aerodynamic effects of the oral constriction on the glottal source may also have the effect of decreasing the fundamental frequency of phonation (F0) in a glide relative to that in an adjacent vowel. Acoustic modeling suggests that this effect will be most pronounced when F0 and F1 are close together. Because F0 is strongly affected by prosodic considerations, this source effect may be variably present in different prosodic environments. (Stevens, 1998).

The present research aims at investigating the acoustic properties of the Persian palatal glide /j/. To this end, a number of words were randomly selected to include /j/ in three different phonological positions, namely word-initial, word-medial and word-final, so we could control for the effect of vocalic as well as prosodic context on the acoustic properties of the glide. The words were selected in such a manner to include the six vowels of the Persian language. The data were elicited by 9 native speakers of Persian, aged 20 to 30 years old. Recordings were made in a sound-attenuating chamber in the laboratory of linguistics at IKIU, with subjects seated with a fixed microphone approximately six inches from the lips. The subjects were prompted by text appearing on a computer monitor to read the phrases that were displayed on the screen.

All acoustic analyses were carried out in Praat. The Acoustic analyses included measuring F1, F2 and F3 as well as their bandwidths, overall intensity and the intensity between 0 to 1000 Hz and 1000 to 5000 Hz. The measurements were made on the steady state of /j/ and the preceding vowel.

The results suggested that both the formant frequencies and the intensity of the mid and higher formant frequencies are significantly different between the glide /j/ and the neighboring vowels. Indeed, the formant frequencies and the intensity of the mid and higher formant frequencies were the only two acoustic properties that systematically distinguished the glide /j/ from the neighboring vowels. The results further suggested that the magnitude of the narrowing of the oral cavity in transition from /i/ to /j/ was too small to excite changes in the first formant frequency and bandwidth, but it sufficed to produce changes in phonation type, and thus intensity in the mid and higher formant frequencies. The results were interpreted to indicate that phonation type is the most important articulatory feature that differentiates between /j/ and the surrounding vowels.

**Keywords:** intensity of mid and higher formant frequencies, palatal glide, feature-based models of phonology, high front vowel, acoustic correlates.

## غلت سختکامی /z/ در نظام آوایی زبان فارسی

وحید صادقی<sup>۱</sup>

نویسنده‌ی مسئول، دانشیار گروه زبان‌شناسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی<sup>(ه)</sup>

زهرا سبزی‌علی<sup>۲</sup>

دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد زبان‌شناسی همگانی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی<sup>(ه)</sup>

### چکیده

جایگاه غلت‌ها در نظام‌های واجی مشخصه‌بنیاد چندان روشن نیست. برخی، غلت‌ها را در طبقه‌ی واجی واکه‌ها قرار می‌دهند؛ برخی نیز معتقدند که غلت‌ها شاخصه‌های صوتی منحصر به فردی دارند که آن‌ها را از واکه‌ها و همخوان‌ها (اعم از همخوان‌های گرفته و رسا) متمایز می‌کند. پژوهش حاضر به بررسی ویژگی صوت‌شناختی همخوان غلت سختکامی /z/ در نظام آوایی زبان فارسی می‌پردازد. برای این منظور، تعدادی کلمه حاوی غلت /z/ را به‌عنوان کلمات هدف آزمایش انتخاب کردیم. برای بررسی اثر بافت واکه‌ای و جایگاه نوایی بر ویژگی‌های صوتی غلت سختکامی /z/، این همخوان را در سه جایگاه آغازی، میانی و پایانی کلمات در مجاورت تمامی شش واکه‌ی زبان فارسی قرار دادیم. برای تحلیل آوایی داده‌ها، تعدادی پارامتر صوتی حوزه‌ی فرکانس (F1، F2، F3 و پهنای نوار این سازه‌ها) و دامنه‌ی انرژی موج صوتی (دامنه‌ی انرژی کل، دامنه‌ی انرژی فرکانس‌های ۱-۵ کیلوهرتز و ۵-۱ کیلوهرتز) بر روی ناحیه‌ی ایستای غلت سختکامی /z/ و واکه‌های مجاور اندازه‌گیری شد. نتایج پژوهش نشان داد آنچه به شکل پایدار و منظم طیف فرکانسی غلت /z/ را از واکه‌ی مجاورش متمایز می‌کند، تغییر فرکانس سازه‌ها و کاهش دامنه‌ی انرژی فرکانس‌های میانی و بالا است. این نتایج همچنین نشان داد که میزان باریک‌شدگی حفره‌ی دهان از /i/ به /j/ آنقدر زیاد نیست که بر مقادیر فرکانس، پهنای نوار و شدت انرژی F1 تأثیر بگذارد و فقط در حدی است که باعث می‌شود الگوی واکسازای حنجره تغییر و دامنه‌ی انرژی فرکانس‌های میانی و بالا تضعیف شود.

**کلیدواژه‌ها:** دامنه‌ی انرژی فرکانس‌های میانی و بالا، غلت سختکامی، نظام واجی مشخصه‌بنیاد، واکه‌ی افراشته

پیشین، همبسته‌های صوتی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۷/۱۵ تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۷/۰۹/۲۵

<sup>۱</sup> رایانامه: vsadeghi@hum.ikiu.ac.ir

<sup>۲</sup> رایانامه: sabz6868@gmail.com

شناسه دیجیتال (DOI): 10.30479/jtpsol.2019.9433.1398

صص: ۳۹-۱۹

## ۱. مقدمه

در نظام‌های واجی مشخصه‌بنیاد<sup>۱</sup>، واکه‌ها و همخوان‌ها با مشخصه‌های دو ارزشی خاصی از یکدیگر متمایز شده‌اند: [+واکه‌ای] برای توصیف واکه‌ها و [+همخوانی] برای توصیف همخوان‌ها استفاده می‌شود. اما غلت‌ها مشخصه‌ی آوایی تمایز دهنده‌ای ندارند و جایگاه مبهمی را بین واکه‌ها و همخوان‌ها اشغال می‌کنند (Hon Hunt, 2009, p. 13). چامسکی<sup>۲</sup> و هله<sup>۳</sup> (۱۹۶۸) و کنستویچ<sup>۴</sup> و کیثربرت<sup>۵</sup> (۱۹۷۹) این فضای واجی مبهم را از طریق نفی یکی از دو مشخصه‌ی [+واکه‌ای] و [+همخوانی]، یا هر دوی آن‌ها تعریف کرده‌اند ([-واکه‌ای]، [-همخوانی]). در چارچوب مشخصه‌های واجی چامسکی و هله، مشخصه‌های [-همخوانی]، [-واکه‌ای] علاوه بر غلت‌ها، همخوان‌های چاکنایی را نیز توصیف می‌کنند (Kenstowicz & Kisseberth, 1979).

غلت‌ها اغلب در جایگاه آغازی<sup>۶</sup> یک هجا واقع می‌شوند؛ یعنی بر هسته‌ی واکه‌ی هجایی که به آن تعلق دارند مقدم هستند. طبیعی‌ترین جایگاه تولید غلت‌ها آن است که از هر دو سو در مجاورت با واکه‌ها باشند (یعنی V—V). تولید غلت در آغاز کلمه قبل از واکه V---# فاقد مرحله‌ی آمادگی یا گرایش است و تولید آن در پایان کلمه # V--- بعد از واکه فاقد مرحله‌ی انجام یا رهش است. این واقعیت نشان می‌دهد که غلت‌ها به‌طور معمول نمی‌توانند ویژگی‌های توزیعی طبقه‌ی آوایی [+همخوانی] را نشان بدهند.

هدف از انجام تحقیق حاضر، تحلیل صوت‌شناختی همخوان غلت سختکامی /z/ در نظام آوایی زبان فارسی و تعیین همبسته‌هایی است که این همخوان را از واکه‌ها به‌ویژه واکه‌ی افراشته پیشین /i/ متمایز می‌کند. عوامل صوتی تمایزدهنده غلت‌ها از واکه‌ها در پیشینه‌ی مطالعات آوایی چندان روشن نیست. چنین بحث شده است که چون میزان افت فشار در اطراف محل گرفتگی در تولید غلت‌ها مانند واکه‌های افراشته ناچیز است، حالت واکسازای حنجره هنگام تولید آن‌ها کاملاً طبیعی بوده و طیف فرکانسی آن‌ها سازه‌ای و تمام‌قله‌ای است و از این رو، این همخوان‌ها را، مانند واکه‌ها، با مشخصه [-cons] توصیف کرده‌اند (Stevens & Hanson, 2009). از سوی دیگر، استدلال شده است که چون میزان گرفتگی فوق‌حنجره‌ای در تولید همخوان‌های غلت نسبت به واکه‌ها از جمله واکه‌های افراشته بیشتر است، بنابراین باید آن‌ها را با مشخصه [-vocalic] که به معنای میزان گرفتگی بیشتر از یک واکه‌ی افراشته است، توصیف کرد (Hon Hunt, 2009). اگر تغییرات فرکانس سازه‌ها، پهنای نوار سازه‌ها، دامنه انرژی طیف فرکانسی و فرکانس پایه را

1. feature-based  
2. Chomsky  
3. Halle  
4. Kenstowicz  
5. Kisseberth  
6. onset position

به‌عنوان همبسته‌های صوتی محتمل برای تمایز غلت‌ها از واکه‌ها در نظر بگیریم، (Hon Hunt, 2009) سؤالی که مطرح می‌شود این است که کدام‌یک از این همبسته‌ها عامل اصلی تمایز غلت سختکامی /j/ از واکه‌ها، به ویژه واکه‌ی افراشته پیشین /i/، در نظام آوایی زبان فارسی است. در این تحقیق سعی خواهیم کرد با انجام یک مطالعه‌ی آزمایشگاهی جامع روی غلت سختکامی /j/ در جایگاه‌های واجی و بافت‌های واکه‌ای مختلف به سؤال مطرح‌شده پاسخ دهیم.

## ۲. چارچوب نظری تحقیق: نظریه‌ی صوت‌شناختی تولید و درک گفتار

این تحقیق در چارچوب نظریه‌ی صوت‌شناختی تولید و درک گفتار انجام می‌شود. بر اساس این نظریه، الگوهای صوت‌شناختی هر واج یا مشخصه‌ی واجی به‌صورت الگوهای آوایی مرجع در بازنمایی آوایی آن ذخیره می‌شود و تولید و درک آن واج یا مشخصه‌ی واجی، از رهگذر فعال‌سازی الگوهای آوایی مرجع در بازنمایی آوایی آن واحد واجی صورت می‌گیرد (Stevens, 1998; Stevens, 2000). از یک سو، گوینده مشخصه‌های واجی ناپیوسته را به‌صورت مجموعه‌ای از ویژگی‌های صوتی پیوسته پیاده‌سازی می‌کند و از سوی دیگر، شنونده امواج صوتی حاصل از فعالیت دستگاه گفتار را به نوعی بازنمود ادراکی که دربرگیرنده‌ی مجموعه‌ای از پارامترهای آوایی ناپیوسته (دو ارزشی) است نگاشته و سپس پیام زبانی را از رهگذر انطباق بین بازنمود ادراکی و الگوهای واجی درک می‌کند (Stevens, 1998). در نظریه‌ی صوت‌شناختی تولید و درک گفتار، مشخصه‌های واجی به‌عنوان واحدهای بنیادین تولید و درک واج‌شناختی در نظر گرفته می‌شوند. فرض بر این است که این مشخصه‌ها جهانی بوده و در بازنمایی آوایی هریک از آن‌ها مجموعه‌ای از الگوهای صوت‌شناختی مشخص ذخیره شده‌اند (Keyser & Stevens, 1994).

برخی همبسته‌های صوتی همخوان‌های غلت در مطالعات آزمایشگاهی معرفی شده‌اند. استیونز (۱۹۹۸) و هان هانت (۲۰۰۹: ۳۱-۳۰) با مطالعات جامع بر روی غلت /j/ در زبان انگلیسی همبسته‌های آکوستیکی این همخوان را مطرح و جایگاه واجی این همخوان را در نظام واجی زبان انگلیسی تبیین کرده‌اند. با توجه به اهمیت این همبسته‌ها، در مطالعه‌ی حاضر آن‌ها را به‌طور کامل در ذیل بررسی می‌کنیم (Stevens, 1998; Hon Hunt, 2009):

**F1**: گرفتگی باریک غلت‌ها و واکه‌های افراشته در اثر افراستگی بدنه‌ی زبان باعث کاهش فرکانس اول آن‌ها می‌شود. چون گرفتگی غلت‌ها بیشتر از واکه‌ها است، پس F1 آن‌ها از واکه‌ها کمتر است. در /w/ با توجه به گرفتگی همزمان عقب زبان و لب‌ها، F1 کمترین میزان ممکن را دارد.

**B1** (پهنای نوار F1): پهنای نوار فرکانس اول در تولید غلت‌ها به علت گرفتگی بیشتر حفره‌ی فوق حنجره نسبت به واکه‌ها بزرگتر است. گرفتگی بیشتر باعث مقاومت صوتی دیواره‌های دستگاه گفتار و افت انرژی در

این ناحیه می‌شود. استیونز (۱۹۹۸) اختلاف پهنای نوار غلت‌ها و واکه‌های افراشته را در حدود ۲۰ تا ۷۰ هرتز پیش‌بینی کرده است (Stevens, 1988).

چرخه باز ارتعاش (OQ): چرخه‌ی باز ارتعاش مدت زمانی است که طی آن چاکنای باز است و تارآواها از یکدیگر فاصله دارند. چنین فرض شده است که فشار هوای فوق‌حجره‌ای بیشتر در تولید غلت‌ها باعث تأخیر در شروع چرخه‌ی باز ارتعاش و در نتیجه انحنای شکل موج (سیگنال) حنجره می‌شود. پیامد صوتی این وضعیت، کاهش دامنه‌ی انرژی فرکانس‌های میانی و بالا و افزایش اختلاف دامنه‌ی انرژی فرکانس‌های پایین نسبت به فرکانس‌های بالاتر است. بر این اساس انتظار می‌رود دامنه‌ی انرژی فرکانس‌های میانی و بالا در غلت‌ها از واکه‌های افراشته ضعیف‌تر باشد.

دامنه‌ی انرژی: گرفتگی بیشتر دستگاه گفتار در غلت‌ها نسبت به واکه‌های افراشته باعث می‌شود که فشار جریان هوای زیر حنجره در طول مرحله‌ی باز چرخه ارتعاش کاهش یابد که پیامد آن تضعیف دامنه‌ی انرژی سیگنال و طیف فرکانسی غلت‌ها در مقایسه با واکه‌ها است. استیونز (۱۹۹۸) کاهش دامنه انرژی فرکانس‌های پایین (فرکانس‌های ۰-۳۰۰۰ هرتز) را در رشته‌های آوایی GV همبسته‌ی صوتی اصلی همخوان‌های غلت می‌داند. طرفداران نظام‌های واجی رسایی بنیاد نیز معتقدند که الگوی شدت انرژی طیف فرکانسی عامل اصلی تمایز غلت‌ها از واکه‌هاست. بر این اساس چون غلت‌ها در حاشیه‌ی هجا قرار می‌گیرند، دامنه‌ی طیف فرکانسی آن‌ها نسبت به واکه‌های مجاور ضعیف‌تر است؛ به همین دلیل با رسایی یا بلندای کمتری نسبت به واکه‌ها در مرکز هجا درک می‌شوند.

F0: فرکانس پایه‌ی غلت‌ها با توجه به گرفتگی بیشتر حفره‌ی دهان از واکه‌های مجاور کمتر است. البته چون F0 تا حد زیادی تابع بافت نوایی است، اختلاف F0 واکه‌ها و غلت‌ها در بافت‌های نوایی مختلف متفاوت است.

### ۳. پیشینه‌ی تحقیق

در رابطه با جایگاه غلت‌ها در نظام آوایی زبان دو دیدگاه نظری متفاوت وجود دارد. برخی واج‌شناسان بین واکه‌ها و غلت‌ها تفاوت آوایی قائل نمی‌شوند. استدلال آن‌ها این است که غلت‌ها مانند واکه‌ها فاقد یک گرفتگی مشخص و برجسته در دستگاه گفتار هستند (Hon Hunt, 2009, p. 15)؛ ناپیوستگی ناگهانی در سیگنال صوتی آن‌ها اتفاق نمی‌افتد (Stevens, 1998) و همچنین هیچ نقطه‌ی صفر انرژی در طیف فرکانسی وجود ندارد (Jakobson et al., 1968).

1. open quotient

کتفورد<sup>۱</sup> (۱۹۸۸) معتقد است که غلت‌ها، واکه‌های بسیار کوتاه یا لحظه‌ای هستند؛ یعنی /j/ همان /i/ و /w/ همان /u/ است که فقط تولید آن‌ها از حالت ممتد به لحظه‌ای تبدیل شده است. به عبارت دیگر از نظر وی (۲۰۰۱، ۷۲-۷۱)، /j/ و /w/ اگر به‌طور ممتد تولید شوند، به ترتیب به واکه‌ی /i/ و /u/ تبدیل می‌شوند و برعکس، /i/ و /u/ اگر به‌طور لحظه‌ای تولید شوند، به ترتیب به غلت‌های /j/ و /w/ بدل می‌شوند (Catford, 1988).

سلکرک<sup>۲</sup> (۱۹۸۴) بیان کرده که بین غلت‌های /j/ و /w/ و واکه‌های /i/ و /u/ هیچ‌گونه تمایز تولیدی-آکوستیکی وجود ندارد و از این رو، ضرورتی ندارد که از مشخصه‌ی آوایی جداگانه‌ای برای تمایز غلت‌ها از واکه‌ها استفاده شود. تمایز آن‌ها صرفاً مربوط به توزیع‌شان در ساختمان هجا است. سلکرک (همان) برای توصیف طبقات عمده‌ی واجی، شامل واکه‌ها، همخوان‌های رسا و همخوان‌های گرفته به‌جای مشخصه‌های [همخوانی، واکه‌ای] از شاخص رسایی استفاده می‌کند. در نظام رسایی بنیاد سلکرک، واکه‌های /i/ و /u/ از واکه‌های دیگر رسایی کمتری دارند. میزان رسایی /j/ و /w/ به اندازه‌ی واکه‌های افراشته /i/ و /u/ است. تمایز واکه‌های /i/ و /u/ از غلت‌های /j/ و /w/ با توجه به بافت واجی یا الگوی توزیع‌شان در ساختمان هجا مشخص می‌شود. اگر /i/ و /u/ قبل از واکه‌های دیگر (که رساتر از آن‌ها هستند) قرار بگیرند، به‌صورت /j/ و /w/ درک می‌شوند؛ ولی اگر در مرکز هجا قرار بگیرند، به‌صورت واکه درک می‌شوند (Selkirk, 1984).

در مقابل، برخی دیگر از واج‌شناسان با ارائه‌ی استدلال‌هایی از واج‌شناسی نظری یا آزمایشگاهی، غلت‌ها را در طبقه‌ی آوایی مجزایی از واکه‌ها قرار داده‌اند. پارکر<sup>۳</sup> (۲۰۰۲) مطرح کرده که طبقه‌بندی آواها با توجه به توزیع‌شان یک استدلال دور باطل است؛ زیرا هجایی‌شدگی مستلزم طبقه‌بندی اولیه‌ی عناصر آوایی به دو طبقه‌ی کلی واکه‌ها و غیر واکه‌ها است. وی (همان) به پیروی از مدیسون<sup>۴</sup> (۲۰۰۸) استدلال کرده است که دیرش، عامل اصلی تمایز واکه‌ها از همخوان‌های غلت نیست، چراکه در بسیاری از زبان‌ها غلت‌هایی وجود دارند که به‌صورت مشدد تولید می‌شوند. غلت‌های مشدد با دیرش بیشتر، طیف فرکانسی پایدارتر و گذر سازه‌ای کندتر نسبت به غلت‌های واحد تولید می‌شوند و از این رو، اختصار یا گذار سریع را نمی‌توان ویژگی ذاتی همخوان‌های غلت تلقی کرد (Parker, 2002). کایتوران<sup>۵</sup> (۲۰۰۲) با انجام یک آزمایش تولیدی-ادراکی در زبان رومانیایی نشان داده است که توالی‌های واکه - واکه (VV) و غلت - واکه (GV) در این زبان تظاهر آکوستیکی متمایزی دارند و به‌صورت دو توالی متفاوت درک می‌شوند، ضمن آن‌که رفتار واجی این

1. Catford  
2. Selkirk  
3. Parker  
4. Maddieson  
5. Chitoran

توالی‌ها نیز با یکدیگر متفاوت است. وی (همان) عامل اصلی این تمایز آکوستیکی-شنیداری را دیرش و طول گذار متفاوت واکه‌ها و همخوان‌های غلت می‌داند، بدین معنی که طول گذار از G به V در GV بیشتر از طول گذار از V به V در VV است (Chitoran, 2002). پجت<sup>۱</sup> (۲۰۰۸) استدلال کرده است که رفتار واجی همخوان‌های غلت و واکه‌ها با یکدیگر متفاوت است، زیرا در فرآیندهای واجی جداگانه‌ای مشارکت دارند. او (همان) این تفاوت را ناشی از تفاوت تولیدی آن‌ها و به‌طور مشخص میزان گرفتگی دستگاه گفتار دانسته: گرفتگی دستگاه گفتار در غلت‌ها باریک‌تر از واکه‌های افراشته است. دیدگاه پجت با نظام طبقه‌بندی مشخصه‌بنیاد چامسکی و هله مطابقت دارد که بر اساس آن میزان گرفتگی بیشتر از یک واکه‌ی افراشته با مشخصه [-vocalic] نشان داده می‌شود (Padgett, 2008). نوینز<sup>۲</sup> و کایتوران (۲۰۰۸) نیز با ارائه‌ی شواهدی از واج‌شناسی نظری و همچنین شواهد آزمایشگاهی زبان‌گذر ثابت کرده‌اند که گرفتگی غلت‌ها از واکه‌های افراشته بیشتر است (Nevins, & Chitoran, 2008). استیونز و هانسن<sup>۳</sup> (۲۰۰۹) برای توصیف غلت‌ها از یک مشخصه‌ی آوایی جدید، یعنی [غلت] استفاده کرده‌اند. این مشخصه، غلت‌ها را به‌طور کامل از واکه‌ها و سایر همخوان‌ها متمایز می‌کند. در این نظام غلت‌ها [+غلت] و واکه‌ها [-غلت] هستند و همخوان‌ها برای این ویژگی مشخصه‌گذاری نمی‌شوند (Stevens & Hanson, 2009).

ویژگی‌های آوایی غلت سخت‌کامی فارسی در مطالعات برخی زبان‌شناسان ایرانی از جمله حق‌شناس (۱۳۵۶)، یارمحمدی (۱۳۶۴)، ثمره (۱۳۷۸) و بی‌جن‌خان (۱۳۹۲) مورد بررسی قرار گرفته است. حق‌شناس (۱۳۵۶: ۷۶) بیان کرده که غلت سختکامی /j/ در کلماتی مانند [mejl] از نظر تولید و طبیعت آوایی طوری است که در چارچوب ضوابط آواشناسی بدون شک در شمار واکه‌ها قرار می‌گیرد، زیرا جوهره‌ی آوایی آن واک است و این جوهره‌ی آوایی در عبور از اندام‌های گویایی با آوای تازه‌ای آمیخته نمی‌شود (Haghshenas, 1977). یارمحمدی (۱۳۶۴) واکه‌های مرکب فارسی شامل غلت سختکامی /j/ را به‌صورت [ei, ui, oi, ai, ei, ai] بازنویسی کرده است، زیرا معتقد است که عضو دوم این واکه‌ها از نظر آوایی دارای تمام ویژگی‌های تولید یک واکه‌ی افراشته‌ی پیشین است. وی (همان: ۳۷) تغییر فرکانس سازه‌های اول (F1) و دوم (F2) این واکه‌های مرکب را در گذار از واکه به غلت /j/ با استفاده از طیف‌نگاشت‌هایی که از یک بار ضبط کردن واژه‌های "بایگان"، "بیت"، "صیاد"، "خوی"، "دو" و "کوی" به‌دست آمده بود، اندازه‌گیری کرد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که واکه‌های مورد نظر به لحاظ آوایی مرکب‌اند، زیرا سازه‌های آن‌ها از ابتدا تا انتها فرکانس ثابتی ندارند (Yarmohammadi, 1985).

1. Padgett

2. Nevins

3. Hanson



شمره (۱۳۷۸) تولید غلت‌ها را بسیار شبیه واکه‌های افراشته دانسته و توضیح داده که نقطه‌ی آغازی برای تولید غلت‌ها همان نقطه‌ی آغازی برای تولید واکه‌های افراشته است و نقطه‌ی پایانی تولید آن‌ها، محل تولید واکه‌ی پس از آن است. بین این دو

نقطه‌ی آغازی و پایانی، یک یا دو قسمت از زبان تغییر موضع می‌دهند که به آن غلت گفته می‌شود. چون در اثنای این تغییر موضع، تارآواها در حال ارتعاش و تولید واک هستند، بنابراین تولید غلت سختکامی /j/ یا غلت نرمکامی /w/ در واقع یک غلت آوایی<sup>۱</sup> یا واک‌دار است، به ترتیب از موقعیت واکه‌ی افراشته /i/ یا /u/ به موقعیت یک واکه‌ی دیگر (Samare, 1999).

بی‌جن‌خان (۱۳۹۲) مطرح کرده که غلت‌ها، همانند واکه‌ها، تولید ناسوده دارند و دارای مشخصه [-cons] هستند. وی عامل اصلی تمایز غلت‌ها از واکه‌ها را کاهش معنادار انرژی F1 می‌داند و توضیح می‌دهد که در گذار از /i/ به /j/ از میزان انرژی کلی طیف فرکانسی به‌ویژه فرکانس‌های پایین (مانند F1) به تدریج کاسته می‌شود که علت آن ارتفاع و انقباض بیشتر زبان در تولید غلت‌ها است. وی همچنین بیان کرده که سازه‌های F1، F2 و F3 در /j/ شباهت زیادی با همین سازه‌ها در واکه‌ی /i/ دارند، یعنی فاصله‌ی زیاد F2 از F1 و فاصله کم F3 از F2. با این حال، چون مقدار سازه‌های F1 و F2 در هر غلت قدری کمتر از واکه‌های متناظر آن غلت است، مقادیر این سازه‌ها در غلت /j/ کمتر از همین مقادیر در /i/ است. بی‌جن‌خان (همان) همچنین اشاره می‌کند که غلت /j/ و واکه‌ی افراشته /i/ در حوزه‌ی زمان نیز از یکدیگر متفاوتند: مدت زمان تولید غلت /j/ به مراتب کمتر از /i/ است، زیرا /i/ یک آوای ممتد است و غلت‌ها آواهای غیر ممتداند (Bijankhan, 2013).

#### ۴. روش پژوهش

##### ۴.۱. جامعه و نمونه‌ی آماری

داده‌های تحقیق، شامل ۳۶ کلمه حاوی غلت سخت‌کامی /j/ در سه جایگاه آغازی (۱۲ کلمه)، میانی (۱۵ کلمه) و پایانی (۹ کلمه) است. به‌منظور بررسی تأثیر عامل بافت واکه‌ای بر ویژگی‌های تولیدی-صوتی غلت سخت‌کامی /j/، واکه‌های هجاهای هدف کلمات را با توجه به متغیر سطح ارتفاع زبان از سه دسته افراشته، نیمه‌افراشته و افتاده انتخاب کردیم. /j/ در دو جایگاه آغازی و پایانی کلمات فارسی در مجاورت تمامی واکه‌ها به غیر از واکه‌ی افراشته پیشین /i/ قرار می‌گیرد و توزیع واجی /j/ در مجاورت واکه‌ی /i/ تنها محدود به جایگاه میانی کلمات است. بنابراین، برای جایگاه‌های آغازی و پایانی، کلماتی انتخاب شدند که در آن‌ها /j/

۱. vocalic glide

در مجاورت واکه‌ی افراشته پسین /ɯ/، واکه‌های نیمه‌افراشته /e/ و /o/ و واکه‌های افتاده /a/ و /ɑ/ قرار داشت. برای جایگاه میانی، کلماتی انتخاب شدند که در آن‌ها /j/ بین دو واکه که واکه‌ی اول آن‌ها واکه‌ی افراشته پیشین /i/ بود، قرار داشت. کلمات انتخاب‌شده به‌عنوان محرک‌های هدف در یک جمله‌ی حامل در موضع غیرپایانی و در جایگاه تکیه زیرویمی هسته<sup>۱</sup> قرار داده شدند (Sadeghi & Mansoory, 2016): علی گفت [کلمه هدف] دوباره. فهرست کامل کلمات در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: داده‌های تحقیق

بازنمایی واجی	بازنمایی نوشتاری	نوع واکه	جایگاه واجی
آغازی	یوسف یونان یونس یورش	افراشته	/jusef/ /junan/ /junes/ /juref/
	یونجه یکتا یگانه یویو	نیمه‌افراشته	/jondʒe/ /jecta/ /jegane/ /jojo/
	یخچال یقه یاقوت یاسر	افتاده	/jaxtʃal/ /jage/ /jagut/ /jaser/
میانی	فیوز پیاز دیه لیون	افراشته	/fijuz/ /pijaz/ /dije/ /lijon/
پایانی	سوی خوی گوی	افراشته	/suj/ /xuj/ /guj/
	تی ری دی	نیمه‌افراشته	/tej/ /rej/ /dej/
	نای لای (گل و لای) چای	افتاده	/naj/ /laj/ /tʃaj/

<sup>۱</sup> با تکیه زیرویمی اصلی بر روی هجای تکیه‌بر کلمه هدف

جملات طراحی شده را نه شرکت‌کننده (پنج زن و چهار مرد) با محدوده سنی ۳۰-۲۰ دارای تحصیلات دانشگاهی و با گویش فارسی معیار یک بار از روی برگه‌ی کاغذ به صورت طبیعی و با سرعت معمولی تولید کردند. بنابراین در مجموع ۳۲۴ پاره‌گفتار تولید و ضبط شد. ضبط داده‌ها در یک اتاق آرام و در سکوت کامل با فرکانس نمونه‌برداری ۱۱۰۲۵ هرتز انجام شد. برای آن‌که توجه آزمودنی‌ها به کلمات هدف تحقیق معطوف نگردد، از هر گونه برجسته‌سازی این کلمات خودداری شد.

#### ۴.۱.۱. ابزارها و شیوه‌های گردآوری و واکاوی داده‌ها

برای تجزیه و تحلیل صوتی پاره‌گفتارها از نرم‌افزار پرت ویرایش ۵/۲/۱۲ استفاده شد. پارامترهای صوتی حوزه‌ی فرکانس و دامنه‌ی انرژی سیگنال صوتی مطابق با پیشینه‌ی مطالعات صوتی همخوان‌های غلت (Stevens & Hanson, 2009; HonHunt, 2009)، برای اندازه‌گیری انتخاب شدند. بر این اساس، برای تحلیل‌های فرکانسی، مقادیر فرکانس‌های F1، F2، F3 و مقادیر پهنای نوار این سازه‌ها، یعنی B1، B2 و B3 به طور جداگانه برای غلت سختکامی /j/ و واکه‌ی مجاور در هجای مربوطه اندازه‌گیری شد. برای تحلیل دامنه‌ی انرژی سیگنال صوتی داده‌ها، مقادیر شدت انرژی کل، شدت انرژی فرکانس‌های ۱-۰ کیلو هرتز و شدت انرژی فرکانس‌های ۵-۱ کیلو هرتز در طول غلت سختکامی /j/ و واکه‌ی مجاور در هجای مربوطه به صورت جداگانه اندازه‌گیری شد.

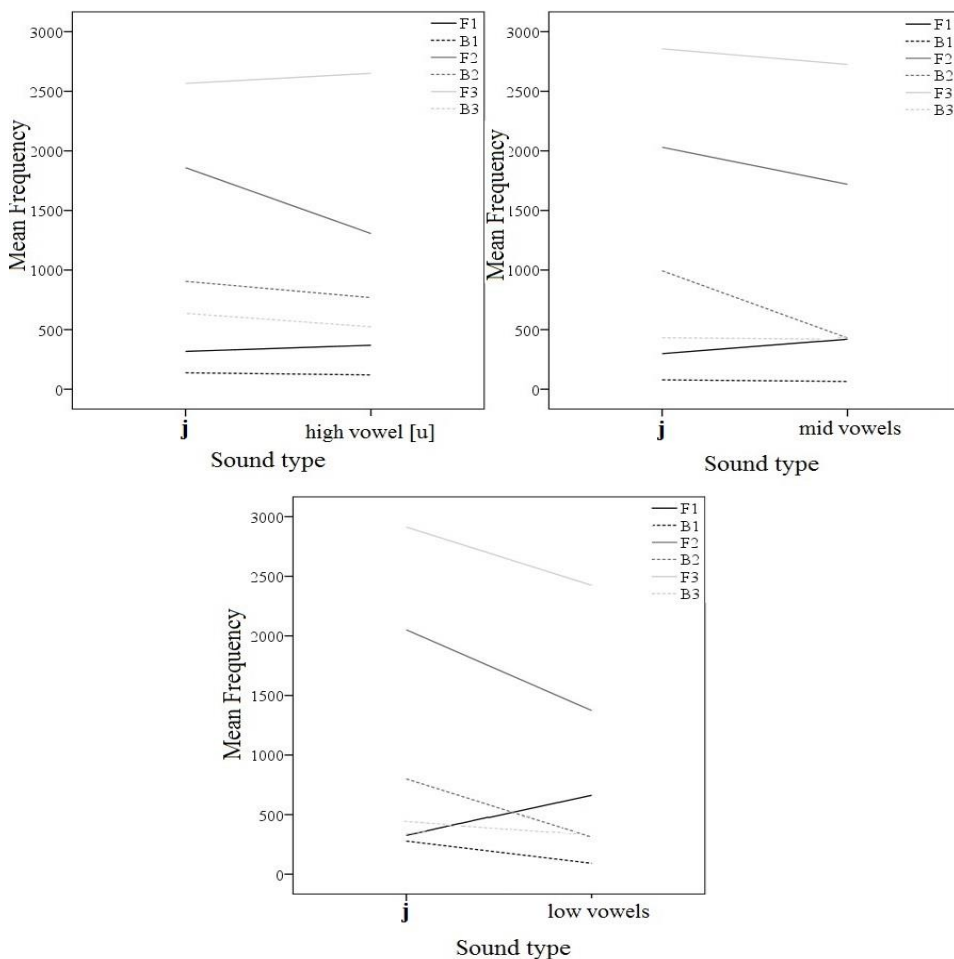
#### ۵. ارائه و واکاوی داده‌ها

##### ۱. جایگاه آغازی

##### ۱.۱. فرکانس و پهنای نوار سازه‌ها

شکل ۱ نمودار خطی متوسط مقادیر فرکانس‌های F1، F2 و F3 و پهنای نوار این سازه‌ها (B1، B2 و B3) در غلت /j/ و واکه‌های افراشته، نیمه‌افراشته و افتاده بعد از آن را در جایگاه آغاز کلمه در سطح تمامی کلمات و شرکت‌کنندگان آزمایش نشان می‌دهد. این شکل نشان می‌دهد که گذار از غلت /j/ در جایگاه آغاز کلمه به واکه‌های افراشته، نیمه‌افراشته و افتاده برای F1 روند صعودی و برای F2 و F3 روند نزولی دارد. علاوه بر این با گذار از غلت /j/ به واکه در جایگاه آغاز کلمه پهنای نوار تمامی سازه‌ها از جمله B1، B2 و B3 افزایش می‌یابد. نتایج تحلیل‌های آماری (جدول ۱) نشان داد که اختلاف فرکانس سازه‌های F1 و F2 بین غلت /j/ و واکه‌های افراشته، نیمه‌افراشته و افتاده بعد از خود در جایگاه آغاز کلمه معنادار بود. این نتایج همچنین نشان داد که اختلاف فرکانس F3 بین غلت /j/ و واکه‌های نیمه‌افراشته و افتاده معنادار بود؛ ولی فرکانس این سازه در غلت /j/ و واکه‌های افراشته تفاوت معناداری با یکدیگر نداشتند. نتایج به‌دست‌آمده برای

پهنای نوار سازه‌ها بر خلاف فرکانس، چندان منظم نبود. برای واکه‌های افراشته، اختلاف پهنای نوار هیچ‌یک از سازه‌ها معنادار نبود. برای واکه‌های نیمه‌افراشته، اختلاف مقادیر پهنای نوار B2 معنادار بود، ولی B1 و B3 معنادار نبود. در نهایت این‌که برای واکه‌های افتاده، اختلاف مقادیر پهنای نوار B1 و B2 معنادار بود؛ ولی B3 معنادار نبود.



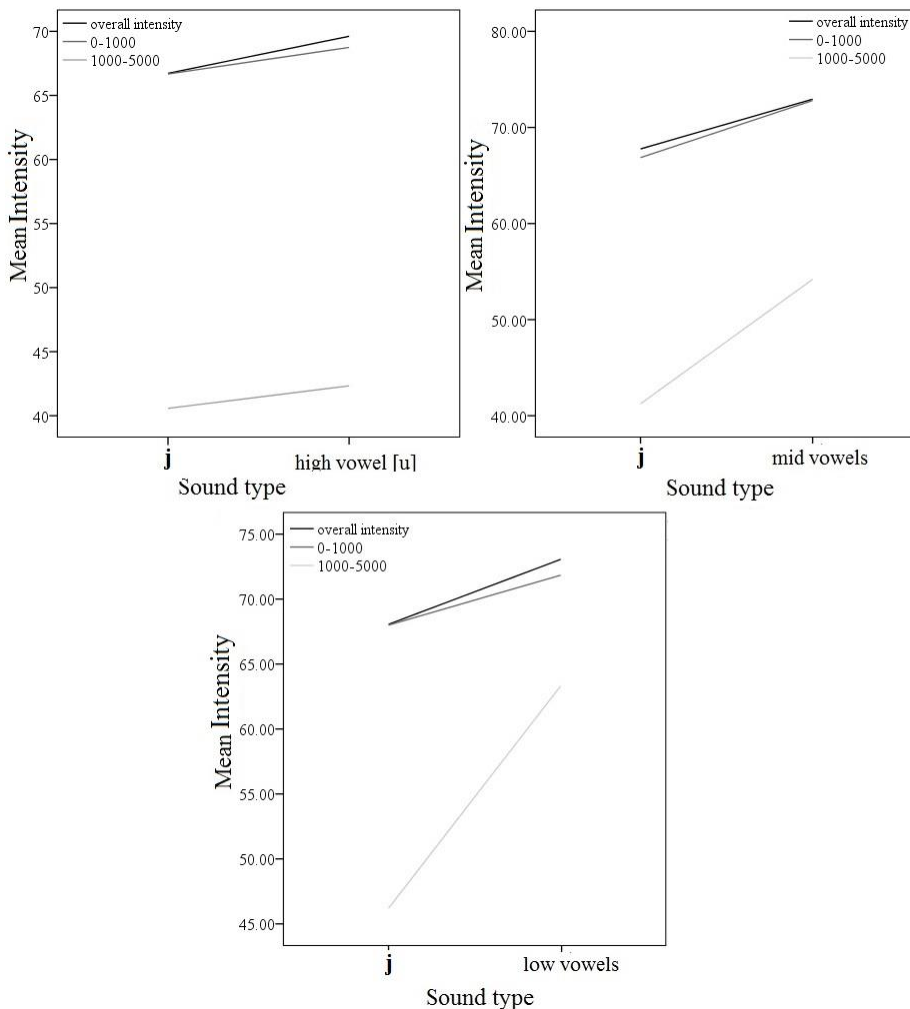
شکل ۱. نمودار خطی متوسط مقادیر فرکانس های F1، F2، F3 و پهنای نوار این سازه‌ها (B1، B2 و B3) در غلت /j/ و واکه‌های افراشته ([+high])، نیمه‌افراشته ([-high -low]) و افتاده ([+low]) بعد از آن در جایگاه آغاز کلمه برای تمامی شرکت‌کنندگان آزمایش

۵.۱.۲. شدت انرژی

شکل ۲ نمودار خطی متوسط مقادیر شدت انرژی کل، شدت انرژی فرکانس‌های ۰-۱ و ۵-۱ کیلوهرتز را در طیف فرکانسی غلت /z/ و واکه‌های افراشته، نیمه‌افراشته و افتاده‌ی بعد از آن در جایگاه آغاز کلمه در سطح تمامی کلمات و شرکت‌کنندگان آزمایش نشان می‌دهد.

جدول ۲. مقادیر فرکانس سازه‌ها، پهنای باند، دامنه شدت انرژی کل و دامنه‌ی شدت انرژی در فرکانس‌های ۰-۱ و ۵-۱ کیلوهرتز

Word position	Vowel type	t, p						Ov.Int.	Int.0-1K	Int.1K-5K
		F1	B1	F2	B2	F3	B3			
Initial	High	-2.74 P<0.008	0.34 P=0.73	5.17 P<0.001	0.81 P=0.41	-0.61 P=0.54	-1.01 P=0.31	-2.49 P<0.01	-1.48 P=0.15	-1.08 P=0.28
	Mid	-7.98 P<0.001	-0.27 P=0.78	2.82 P<0.006	3.23 P<0.002	2.7 P<0.009	-0.13 P=0.89	-5.07 P<0.001	-4.61 P<0.001	-7.56 P<0.001
	Low	-13.72 P<0.001	-2.07 P<0.04	7.53 P<0.001	3.45 P<0.001	5.98 P<0.001	-1.61 P=0.11	-4.63 P<0.001	-3.47 P<0.001	-9.27 P<0.001
Medial	mid	-2.96 P<0.003	0.35 P=0.72	3.46 P<0.001	1.91 P=0.056	3.32 P<0.001	-0.094 P=0.92	-2.89 P<0.004	2.91 P<0.004	-1.52 P=0.12
final	High	1.97 P<0.05	1.47 P=0.14	-16.88 P<0.001	-0.88 P=0.38	-0.4 P=0.68	0.67 P=0.5	1.23 P=0.22	1.3 P=0.19	-4.58 P<0.001
	Mid	4.47 P<0.001	-0.49 P=0.62	-2.23 P<0.03	-0.99 P=0.32	-0.62 P=0.53	-0.76 P=0.44	3.1 P<0.003	3.03 P<0.004	4.23 P<0.001
	Low	7.75 P<0.001	0.42 P=0.66	-6.61 P<0.001	-1.2 P=0.23	-2.17 P<0.03	-0.53 P=0.59	1.01 P=0.31	1.51 P=0.13	5.64 P<0.001



شکل ۲. نمودار خطی متوسط مقادیر شدت انرژی کل، شدت انرژی فرکانس‌های ۰-۱ و ۵-۱ کیلو هرتز در طیف فرکانسی غلت /z/ و واکه‌های افراشته، نیمه‌افراشته و افتاده‌ی بعد از آن در جایگاه آغاز کلمه، برای تمامی شرکت‌کنندگان آزمایش.

این شکل نشان می‌دهد که در گذار از غلت به واکه در جایگاه آغاز کلمه، مقادیر تمامی پارامترهای شدت انرژی از جمله شدت انرژی کل، شدت انرژی فرکانس‌های ۰-۱ کیلو هرتز و شدت انرژی فرکانس‌های ۵-۱ کیلو هرتز، افزایش می‌یابد، اما مقدار این افزایش برای شدت انرژی فرکانس‌های ۵-۱ کیلو هرتز به‌طور قابل ملاحظه‌ای از شدت انرژی کل و شدت انرژی فرکانس‌های ۰-۱ کیلو هرتز بیشتر است. بنابراین تفاوت اصلی در حوزه‌ی شدت انرژی بین غلت /z/ و واکه‌ی بعد از آن مربوط به فرکانس‌های ۵-۱ کیلو هرتز است و بین شدت انرژی کل و شدت انرژی فرکانس‌های ۰-۱ کیلو هرتز غلت /z/ و واکه‌های بعد در جایگاه آغاز کلمه تفاوت

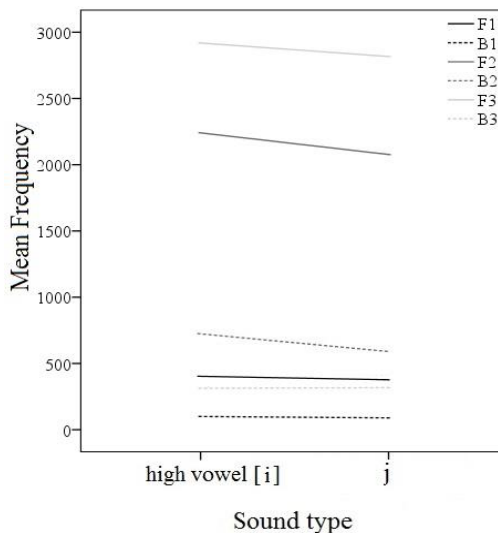
قابل ملاحظه وجود ندارد. نکته قابل ذکر این است که این الگوی اختلاف توزیع انرژی بین غلت /j/ و واکهی بعد، برای تمامی واکه‌های افراشته، نیمه‌افراشته و افتاده صادق است.

نتایج تحلیل‌های آماری (جدول ۱) نشان داد که اختلاف مقادیر هر سه پارامتر شدت انرژی بین غلت /j/ و واکه‌های نیمه‌افراشته و افتاده با یکدیگر معنادار است. برای غلت /j/ در مجاورت واکه‌های افراشته، اختلاف مقادیر شدت انرژی کل و شدت انرژی فرکانس‌های ۵-۱ کیلو هرتز معنادار است؛ ولی شدت انرژی فرکانس‌های ۱-۰ کیلو هرتز معنادار نیست.

## ۲.۵. جایگاه میانی

### ۱.۲.۵. فرکانس سازه‌ها و پهنا‌ی نوار

شکل ۳ نمودار خطی متوسط مقادیر فرکانس‌های F1، F2، F3 و پهنا‌ی نوار این سازه‌ها (B1، B2 و B3) در غلت /j/ و واکهی افراشته‌ی قبل از آن را در جایگاه میانی کلمه در سطح تمامی کلمات و شرکت‌کنندگان آزمایش نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، F1 در گذار از واکهی /i/ به غلت افزایش و در مقابل F2 و F3 کاهش می‌یابند؛ ولی میزان این کاهش برای فرکانس F1 نسبت به F2 و F3 کمتر است



شکل ۳. نمودار خطی متوسط مقادیر فرکانس‌های F1، F2، F3 و پهنا‌ی نوار این سازه‌ها (B1، B2 و B3) در غلت /j/ و واکهی افراشت (+high) قبل از آن در جایگاه میانی کلمه برای تمامی شرکت‌کنندگان آزمایش

این شکل همچنین نشان می‌دهد که پهنا‌ی نوار سازه‌ها بین غلت /j/ و واکهی /i/ تفاوت قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر ندارند، فقط مقدار پهنا‌ی نوار سازه‌ی دوم B2 در غلت /j/ نسبت به واکهی /i/ تا حدی بیشتر است.

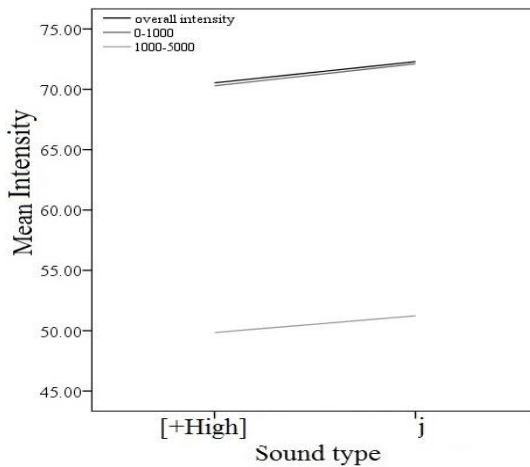
نتایج تحلیل‌های آماری (جدول ۱) نشان داد که اختلاف فرکانس سازه‌ها F2 و F3 بین غلت /j/ و واکه‌ی افراشته /i/ قبل از آن در جایگاه میانی کلمه معنادار است ولی بین فرکانس F1 غلت /j/ و واکه‌ی افراشته /i/ اختلاف معناداری وجود ندارد. نتایج به‌دست‌آمده همچنین نشان داد اختلاف مقادیر هیچ‌یک از پهنای نوارهای B1، B2 و B3 بین غلت /j/ و واکه‌ی افراشته /i/ در جایگاه میانی کلمه معنادار نیست.

گفتیم که در پیشینه‌ی مطالعات صوتی چنین فرض شده است که فرکانس پایه‌ی غلت‌ها با توجه به گرفتگی بیشتر حفره‌ی دهان از واکه‌ها از جمله واکه‌ی افراشته پیشین [i] کمتر است (Stevens & Hanson, 1998; Stevens, 2009). هان هانت (۲۰۰۹) نشان داده است که در زبان انگلیسی بین فرکانس پایه و فرکانس F1 غلت /j/ و واکه‌ی افراشته /i/ در /ij/ همبستگی مثبت قوی وجود دارد، طوری که هر قدر مقدار فرکانس F1 در گذار از /i/ به /j/ کمتر شود، مقدار F0 نیز به همان نسبت کمتر می‌شود و بالعکس هر قدر مقدار F1 در گذار از /j/ به /i/ بیشتر شود، مقدار F0 نیز به همان نسبت بیشتر می‌شود (Hon Hunt, 2009). برای تعیین میزان همبستگی پارامترهای F0 و F1 برای غلت /j/ و واکه‌ی افراشته /i/ در زبان فارسی، مقادیر ضریب همبستگی این پارامترها را برای سه ناحیه‌ی زمانی مختلف در گذار از /i/ به /j/ و سپس /j/ به /i/ (۱) ناحیه‌ی ایستای واکه‌ی /i/ اول؛ (۲) ناحیه‌ی ایستای غلت /j/ و (۳) ناحیه‌ی ایستای واکه‌ی /i/ دوم، به‌دست آوردیم. نتایج (شکل ۴) نشان داد که تغییرات F0 برای رشته‌ی آوایی /ij/ تابعی از تغییرات F1 نیست و مقادیر ضریب همبستگی دو پارامتر F0 و F1 برای هر سه ناحیه‌ی زمانی اندازه‌گیری شده بسیار اندک است.

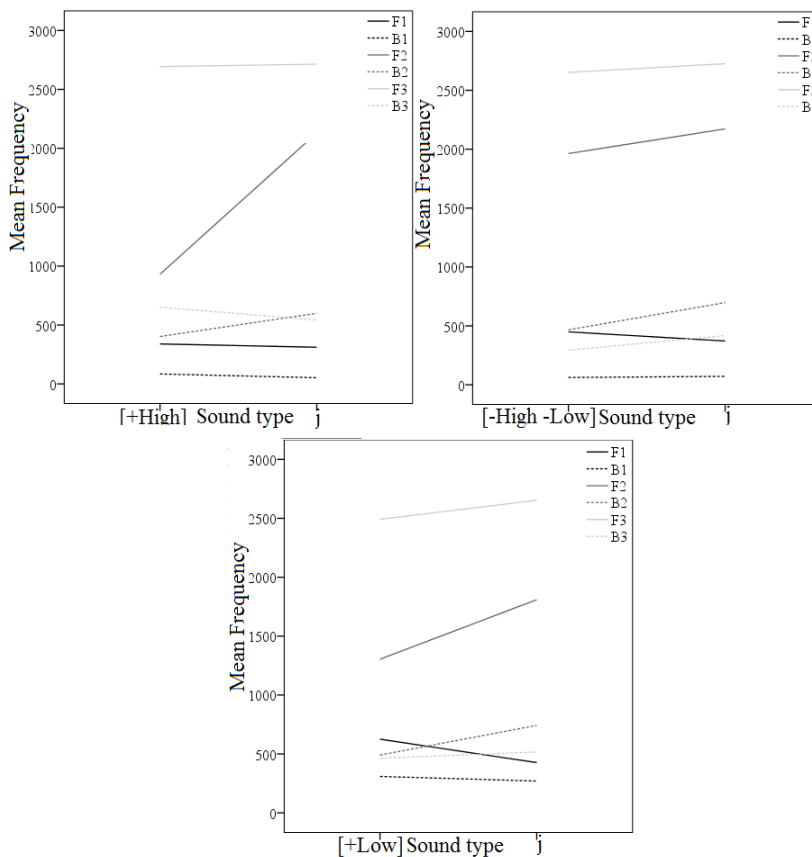
## ۵.۲.۲. شدت انرژی

شکل ۵ نمودار خطی متوسط مقادیر شدت انرژی کل، شدت انرژی فرکانس‌های ۱-۵ و ۰-۱ کیلو هرتز را در طیف فرکانسی غلت /j/ و واکه‌ی افراشته قبل از آن را در جایگاه میانی کلمه در سطح تمامی کلمات و شرکت‌کنندگان آزمایش نشان می‌دهد.





شکل ۵. نمودار خطی متوسط مقادیر شدت انرژی کل، شدت انرژی فرکانس‌های ۰-۱ و ۱-۵ کیلو هرتز در طیف فرکانسی غلت /j/ و واکه‌ی افزایش ([+high]) قبل از آن در جایگاه میانی کلمه برای تمامی شرکت‌کنندگان آزمایش



شکل ۶. نمودار خطی متوسط مقادیر فرکانس‌های F1، F2 و F3 و پهنای نوار این سازه‌ها (B1، B2 و B3) در غلت /j/ و واکه‌های افزایش، نیمه‌افراشته و افتاده قبل از آن در جایگاه پایان کلمه برای تمامی شرکت‌کنندگان آزمایش

چنانکه در شکل ۶ مشاهده می‌شود، هر سه پارامتر شدت انرژي، یعنی شدت انرژي کل، شدت انرژي فرکانس‌های ۰-۱ و شدت انرژي فرکانس‌های ۵-۱ کیلو هرتز در گذار از واکه‌ی /i/ به غلت /j/ کاهش می‌یابد؛ ولی میزان این کاهش برای شدت انرژي فرکانس‌های ۵-۱ کیلو هرتز نسبت به دو پارامتر دیگر بیشتر است. تحلیل‌های آماری (جدول ۱) نشان داد که اختلاف مقادیر تمامی پارامترهای شدت انرژي بین واکه‌ی افراشته /i/ و غلت /j/ معنادار است.

### ۵. ۳. جایگاه پایانی

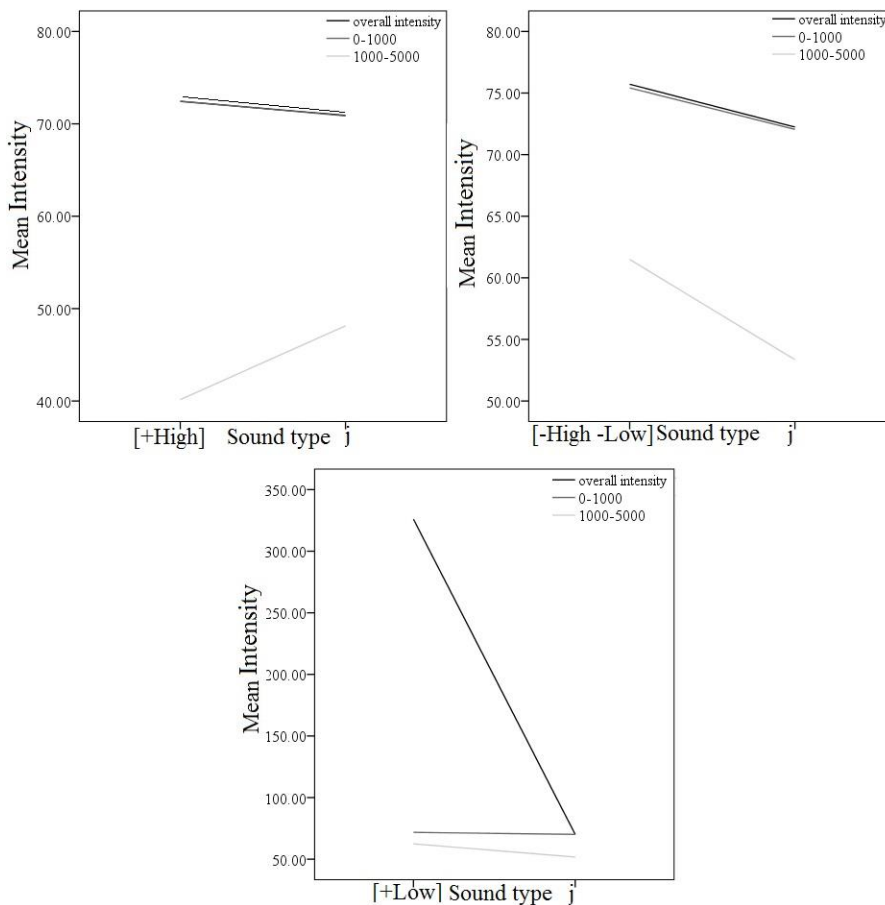
#### ۵. ۳. ۱. فرکانس و پهنای نوار سازه‌ها

شکل ۶ نمودار خطی متوسط مقادیر فرکانس‌های F1، F2 و F3 و پهنای نوار این سازه‌ها (B1، B2 و B3) در غلت /j/ و واکه‌های افراشته، نیمه‌افراشته و اُفتاده‌ی قبل از آن را در جایگاه پایان کلمه در سطح تمامی کلمات و شرکت‌کنندگان آزمایش نشان می‌دهد. به طوری که ملاحظه می‌شود الگوی توزیع مقادیر پارامترها برای گذار از واکه به غلت در جایگاه پایانی، درست قرینه‌ی گذار از غلت به واکه در جایگاه آغازی است. گذار از واکه به غلت در شکل ۵، با کاهش F1 و افزایش F2 و F3 همراه است. این الگو برای تمامی واکه‌ها اعم از واکه‌های افراشته، نیمه‌افراشته و اُفتاده صادق است. توزیع مقادیر مربوط به پهنای نوارهای B1، B2 و B3 از الگوی منظمی پیروی نمی‌کند. پهنای نوار سازه‌ی سوم، B3، با گذار از واکه‌های نیمه‌افراشته و اُفتاده به غلت در جایگاه پایانی کلمه، افزایش می‌یابد در حالی که پهنای نوار همین سازه برای واکه‌های افراشته کاهش می‌یابد. B2 در گذار از تمامی واکه‌ها اعم از افراشته، نیمه‌افراشته و اُفتاده به غلت روند افزایشی دارد؛ ولی B1 تغییر محسوسی برای هیچ‌یک از واکه‌ها در گذار از واکه به غلت در جایگاه پایانی کلمه نشان نمی‌دهد. نتایج تحلیل‌های آماری (جدول ۱) نشان داد که اختلاف فرکانس سازه‌های F1 و F2 بین تمام واکه‌ها و غلت معنادار است، اما این اختلاف برای F3 فقط برای واکه‌های اُفتاده معنادار است. این نتایج همچنین نشان داد که اختلاف مقادیر پهنای نوار هیچ‌یک از سازه‌ها اعم از B1، B2 و B3 بین واکه‌ها و غلت معنادار نیست.

#### ۵. ۳. ۲. شدت انرژي

شکل ۷ نمودار خطی متوسط مقادیر شدت انرژي کل، شدت انرژي فرکانس‌های ۰-۱ و ۵-۱ کیلو هرتز را در طیف فرکانسی غلت /j/ و واکه‌های افراشته، نیمه‌افراشته و اُفتاده‌ی قبل از آن در جایگاه پایان کلمه در سطح تمامی کلمات و شرکت‌کنندگان آزمایش نشان می‌دهد. چنانکه مشاهده می‌شود، هر سه پارامتر شدت انرژي کل، شدت انرژي فرکانس‌های ۰-۱ و شدت انرژي فرکانس‌های ۵-۱ کیلو هرتز در گذار از واکه به غلت در پایان کلمه روند نزولی دارند، ولی شیب نزولی گذار شدت انرژي فرکانس‌های ۵-۱ کیلو هرتز از شدت انرژي

کل، شدت انرژی فرکانس‌های ۰-۱ به مراتب تندتر است. تحلیل‌های آماری (جدول ۱) نشان داد که اختلاف شدت انرژی فرکانس‌های ۵-۱ کیلو هرتز بین غلت /j/ در پایان کلمه و تمامی واژه‌ها از جمله واژه‌های افراشته، نیمه‌افراشته و افتاده معنادار است، اما شدت انرژی کل و شدت انرژی فرکانس‌های ۰-۱ کیلو هرتز فقط برای واژه‌های نیمه‌افراشته معنادار است.



شکل ۷. نمودار خطی متوسط مقادیر شدت انرژی کل، شدت انرژی فرکانس‌های ۰-۱ و ۵-۱ کیلو هرتز در طیف فرکانسی غلت /j/ و واژه‌های افراشته (+high)، نیمه‌افراشته (-high -low) و افتاده (+low) قبل از آن، در جایگاه پایان کلمه برای تمامی شرکت‌کنندگان آزمایش

## ۶. تفسیر داده‌ها

جایگاه واجی غلت‌ها در نظام‌های مشخصه‌بنیاد چندان روشن نیست. برخی، غلت‌ها را در طبقه آوایی واژه‌ها قرار داده و تمایز آن‌ها از واژه‌ها را صرفاً به توزیع‌شان در ساختمان هجا نسبت می‌دهند؛ برخی نیز معتقدند که غلت‌ها شاخصه‌های صوتی منحصر به فردی دارند که آن‌ها را از واژه‌ها و همخوان‌ها (اعم از همخوان‌های

گرفته و رسا) متمایز می‌کند. در تحقیق حاضر، پارامترهای صوتی حوزه‌ی فرکانس و دامنه‌ی انرژی موج صوتی را برای تحلیل آوایی غلت سخت‌کامی /j/ در نظام آوایی زبان فارسی بررسی کردیم تا همبسته‌های صوتی این همخوان را برای تمایز آن از طبقات آوایی دیگر مشخص کنیم.

برای بررسی اثر بافت واکه‌ای و جایگاه نوایی (جایگاه غلت /j/ در سطح کلمه) بر ویژگی‌های صوتی غلت سخت‌کامی /j/، این همخوان را در سه جایگاه آغازی، میانی و پایانی کلمات در مجاورت تمامی شش واکه‌ی زبان فارسی قرار دادیم. مقادیر فرکانس‌های F1، F2 و F3 و پهنای نوار این سازه‌ها به‌عنوان پارامترهای حوزه‌ی فرکانس و مقادیر دامنه‌ی انرژی کل، دامنه‌ی انرژی فرکانس‌های ۱-۱۰ kh و دامنه‌ی انرژی فرکانس‌های ۵-۱۰ kh به‌عنوان پارامترهای حوزه‌ی شدت انرژی موج صوتی بر روی بخش ایستای غلت سخت‌کامی /j/ و واکه‌های مجاور در هجاهای هدف آزمایش اندازه‌گیری و با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج تحلیل‌های فرکانس نشان داد که به‌طور کلی با گذار از غلت /j/ به واکه (به غیر از "i") در جایگاه آغاز کلمه فرکانس F1 افزایش و فرکانس‌های F1 و F3 کاهش می‌یابند؛ و بالعکس با گذار از واکه به غلت /j/ در پایان کلمه، فرکانس F1 کاهش و فرکانس‌های F2 و F3 افزایش می‌یابند. این نتایج همچنین نشان داد که در گذار از واکه‌ی /i/ به غلت /j/ در جایگاه میانی هر سه فرکانس F1، F2 و F3 کاهش می‌یابند، ولی مقدار این کاهش برای F1 ناچیز است. نتایج به‌دست آمده همچنین نشان داد که پهنای نوار سازه‌ها با گذار از غلت /j/ به واکه کاهش و با گذار از واکه به غلت افزایش می‌یابند؛ اما تغییرات پهنای نوار سازه‌های صوتی از الگوی منظمی پیروی نمی‌کند و تا حدی وابسته به بافت واکه‌ای مجاور است.

بر این اساس، به‌نظر می‌رسد تفاوت بین واکه و غلت /j/ در زبان فارسی برای تمامی واکه‌ها از جمله /i/ (که واکه متناظر با غلت سخت‌کامی /j/ است) در حوزه‌ی فرکانس موج صوتی تظاهر آوایی دارد؛ یعنی بین غلت سخت‌کامی /j/ و واکه‌ی مجاورش تفاوت‌های فرکانسی پایدار و منظم وجود دارد، طوری که می‌توان با تکیه بر شاخصه‌های فرکانسی سیگنال آوایی، مرز صوتی بین غلت /j/ و واکه‌ها را مشخص کرد. البته در حالی که هر سه فرکانس F1، F2 و F3 بین غلت /j/ و تمامی واکه‌ها به غیر از /i/ با یکدیگر تفاوت‌های پایدار دارند، تفاوت‌های فرکانسی غلت /j/ و واکه‌ی افراشته /i/ بیشتر به فرکانس‌های میانی و بالای F2 و F3 مربوط می‌شود و بین F1 غلت /j/ و واکه /i/ تفاوت معناداری وجود ندارد.

سطح نسبتاً یکسان فرکانس F1 در غلت سخت‌کامی /j/ و واکه‌ی افراشته‌ی /i/ مسأله‌ی قابل تأملی است. F1 همبسته‌ی صوتی سطح ارتفاع بدنه زبان است و با میزان افراستگی بدنه‌ی زبان رابطه‌ی معکوس دارد. هر قدر بدنه‌ی زبان افراشته‌تر شود، مقدار F1 کمتر و هر قدر بدنه‌ی زبان افتاده‌تر شود، مقدار F1 بیشتر می‌شود. در پیشینه‌ی مطالعات صوتی چنین بحث شده است که میزان گرفتگی بدنه‌ی زبان در تولید غلت‌ها

بیشتر از واکه‌های افراشته است و به همین دلیل F1 آن‌ها از واکه‌های افراشته کمتر است (Stevens, 1988; Stevens & Hanson, 2009; HonHunt, 2009). به علاوه، فرض شده است که با توجه به افزایش مقاومت صوتی دیواره‌های دستگاه گفتار در اثر باریک‌شدگی حوزه‌ی فوق‌حنجره، میزان پهنای نوار سازه‌ها، به ویژه F1، در غلت /j/ نسبت به واکه‌ی افراشته /i/ بیشتر است. اما نتایج این تحقیق نشان داد که مقدار فرکانس و پهنای نوار F1 در غلت سخت‌کامی /j/ و واکه‌ی افراشته /i/ تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند. با توجه به این نتایج می‌توان این‌گونه استنباط کرد که اختلاف بین غلت سخت‌کامی /j/ و واکه‌ی متناظرش /i/ از نظر میزان افراستگی بدنه‌ی زبان آن‌قدر زیاد نیست که باعث تفاوت قابل ملاحظه در مقدار فرکانس و پهنای نوار F1 آن‌ها شود.

نتایج مربوط به شدت انرژی در تحقیق حاضر نشان داد که به‌طور کلی تمامی پارامترهای حوزه‌ی شدت انرژی، اعم از شدت انرژی کل، شدت انرژی فرکانس‌های پایین (۰-۱ kh) و میانی و بالا (۵-۱ kh) با گذار از غلت /j/ به واکه در آغاز کلمه افزایش و با گذار از واکه به غلت /j/ در پایان کلمه کاهش می‌یابند. این نتایج همچنین نشان داد، در حالی که مقادیر اختلاف شدت انرژی کل و شدت انرژی فرکانس‌های پایین بین غلت /j/ و واکه‌ی مجاور کم و با توجه به بافت واکه‌ای متغیر است، اختلاف شدت انرژی فرکانس‌های میانی و بالای غلت /j/ و واکه‌ی مجاور صرف نظر از نوع واکه زیاد و برای تمامی واکه‌های فارسی صادق است. این واقعیت اساساً نشان می‌دهد که معتبرترین همبسته صوتی غلت /j/ در حوزه‌ی شدت انرژی، دامنه انرژی فرکانس‌های میانی و بالاست.

آواشناسان معتقدند که دامنه‌ی انرژی کل و دامنه‌ی انرژی فرکانس‌های پایین تابع میزان گرفتگی حفره‌ی فوق‌حنجره و دامنه‌ی انرژی فرکانس‌های میانی و بالا تابع شکل هندسی و الگوی واکسازی حنجره است (van Heuven, 1996a, 1996b & Hon Hunt, 2009; Sluijter, ). این‌گونه بحث شده است که چون میزان گرفتگی حفره‌ی فوق‌حنجره در تولید غلت‌ها نسبت به واکه‌ها از جمله واکه‌های افراشته باریک‌تر است، فشار جریان هوای زیرحنجره برای ارتعاش تارآواها در تولید آن‌ها کمتر و در نتیجه دامنه‌ی انرژی طیف فرکانسی آن‌ها به ویژه در محدوده‌ی فرکانس‌های پایین ضعیف‌تر است. همچنین فرض شده است که گرفتگی بیشتر حفره‌ی فوق‌حنجره بر الگوی واکسازی حنجره تأثیر می‌گذارد، به این صورت که طول مرحله‌ی باز چرخه‌ی ارتعاش نسبت به مرحله‌ی بست، طی هر دوره‌ی تناوب چاکنایی بیشتر می‌شود که پیامد این وضعیت توزیع نامتعادل انرژی بر روی نوارهای فرکانسی به‌صورت کاهش بیشتر فرکانس‌های میانی و بالا نسبت به فرکانس‌های پایین است.

بر این اساس با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق حاضر تغییر مهم تولیدی که در گذار از غلت به واکه و واکه به غلت در نظام آوایی زبان فارسی اتفاق می‌افتد، تغییر در الگوی واکسازی حنجره یا نسبت زمانی

بین مرحله‌ی باز و مرحله‌ی بست چرخه ارتعاش است. این تغییر از آن جهت اهمیت دارد که منجر به تغییرات صوتی قابل ملاحظه در حوزه‌ی شدت انرژی بر فرکانس‌های میانی و بالا می‌شود. البته بدیهی است که میزان گرفتگی فوق حنجره در گذار از غلت /z/ به واکه‌های افتاده یا نیمه‌افتاده، به‌طور حتم کمتر می‌شود، اما این تغییر تولیدی بر الگوی توزیع شدت انرژی بر روی نوارهای فرکانسی تأثیر قابل ملاحظه و پایدار ندارد. بنابراین مطابق با نتایج به‌دست آمده در دو حوزه‌ی فرکانس و شدت انرژی، می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد که آنچه به شکل پایدار و منظم طیف فرکانسی غلت /z/ را از واکه‌ی مجاورش متمایز می‌کند، تغییر فرکانس سازه‌ها و کاهش دامنه انرژی فرکانس‌های میانی و بالا است. برای رشته آوایی /ij/ تغییرات هر دو حوزه‌ی فرکانس و شدت انرژی مربوط به فرکانس‌های میانی و بالاست و سازه‌ی فرکانسی اول، یعنی F1، کمتر دستخوش تغییرات طیفی می‌شود. این واقعیت موید آن است که میزان باریک‌شدگی حفره‌ی دهان از /i/ به /j/ آن‌قدر زیاد نیست که بر مقادیر فرکانس، پهنای نوار و شدت انرژی F1 تأثیر بگذارد و فقط در حدی است که باعث می‌شود الگوی واکساز حنجره تغییر و دامنه انرژی فرکانس‌های میانی و بالا تضعیف شود. این نتایج با یافته‌های صوتی به‌دست‌آمده برای غلت سخت‌کامی /z/ در زبان انگلیسی مطابقت ندارد. در انگلیسی فرکانس، پهنای نوار و شدت انرژی F1 بیشتر از فرکانس‌های میانی و بالا در گذار از واکه‌ی افراشته /i/ به غلت سخت‌کامی /z/ تغییر می‌کند که نشان می‌دهد میزان گرفتگی حفره‌ی فوق حنجره در گذار از /i/ به /z/ به‌طور معناداری بیشتر می‌شود.

## فهرست منابع:

- بی‌جن‌خان، محمود. (۱۳۹۲). *نظام آوایی زبان فارسی*. تهران: انتشارات سمت.  
 ثمره، یدالله. (۱۳۷۸). *آواشناسی زبان فارسی، آواها و ساخت آوایی هجا*. ویراست ۲. تهران: مرکز نشر دانشگاهی.  
 حق‌شناس، علی محمد. (۱۳۵۶). *آواشناسی*. تهران: انتشارات آگاه.  
 یارمحمدی، لطف‌الله. (۱۳۶۴). *درآمدی به آواشناسی*. تهران: مرکز نشر دانشگاهی.

## References:

- Bijankhan, M. (2013). *Phonetic System of the Persian Language*. Tehran: Samt.  
 Catford, J. (1988). *A Practical Introduction to Phonétique de Strasbourg*.  
 Catford J. C. (2001). *A Practical Introduction to Phonetics*. Oxford: Clarendon Press.  
 Chitoran, I. (2002). A perception-production study of Romanian diphthongs and glide-vow sequences. *Journal of the International Phonetic Association*, 32 (2), 203-222.  
 Chomsky, N., & Halle, M. (1968). *The Sound Pattern of English*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

- Haghsheenas, A. M.** (1977). *Phonetics*. Tehran: Aghah.
- Hon Hunt, E.** (2009). *Acoustic Characterization of the Glides /j/ and /w/ in American English*. PhD dissertation. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology.
- Jakobson, R., Fant, C. G., & Halle, M.** (1968). *Preliminaries to Speech Analysis: The Distinctive Features and their Correlates*, *Technical Report No. 13*, Massachusetts Institute of Technology, Acoustics Laboratory, Cambridge, and Massachusetts.
- Kenstowicz, M., & Kisseberth, C.** (1979). *Generative Phonology*. San Diego Academic Press.
- Keyser, S. J. & Stevens, K. N.** (1994). *Feature Geometry and the Vocal Tract*. *Phonology* II, 2, 207-236.
- Ladefoged, P.** (2005). *An Introduction to Phonetic Data Analysis*. Blackwell Publishing.
- Maddieson, I.** (2008). *Glides and germination*. *Lingua* 118, 1926-1936.
- Nevens, A., & Chitoran, I.** (2008). *Phonological representations and the variable patterning of glides*, *Lingua*, 118, 1979- 1997.
- Padgett, J.** (2008). *Glides, vowels, and features*. *Lingua*, 118, 1937-1955.
- Parker, S. G.** (2002). *Quantifying the Sonority Hierarchy*, PhD Thesis, University of Massachusetts, Amherst.
- Sadeghi, V. & Mansoori Harehdasht, N.** (2016). *Persian Sentence Stress Production by Mandarin Chinese Speakers*. *Journal of Teaching Persian to Speakers of Other Languages*, 25 (1), 95-119.
- Samare, Y.** (1999). *Persian Phonetics, Sound and Syllable Structure*. 2<sup>nd</sup> ed. Tehran: Center of academic publications.
- Selkirk, E. o.** (1984). *On the major Class Features and Syllable Theory*. In M. Aronoff, & R. T. Oehrle (Eds.), *Language Sound Structure* (pp. 107-136). Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Sluijter, A. & van Heuven, V.** (1996a). *Spectral balance as an acoustic correlate of linguistic stress*, *J. Acoust. Soc. Am.*, 100 ( 4), 2471-2485.
- Sluijter, A. & van Heuven, V.** (1996b). *Acoustic correlates of linguistic stress and accent in Dutch and American English*, *Proceedings of ICSLP 96*, pp. 630-633. Philadelphia, PA: Applied Science and Engineering Laboratories, Alfred I. DuPont Institute.
- Stevens, K, N.** (1998). *Acoustic Phonetics*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Stevens, K. N.** (2000). *From Acoustic Cues to Segments, Features and Words*. Fifth ICSLP, Vol1, 1-8.
- Stevens, K, N. & Hanson, H. M.** (2009). *Articulatory-acoustic relations as the basis of distinctive contrasts*. In W. Hardcastle, & J. Laver (Eds.), *Handbook of Phonetic Sciences* (2<sup>nd</sup> Ed.). Malden, Massachusetts: Wiley- Blackwell.
- Yarmohammadi, L.** (1985). *An Introduction to Phonetics*. Tehran: Center of academic publications.