فصلنامهٔ علمی- پژوهشی زبان‌پژوهی دانشگاه الزهرا(س)
سال هفتم، شمارهٔ ۱۷، زمستان ۱۳۹۴

توزیع رسایی در خوشهٔ دوهمخوانیِ مرز هجا در زبان فارسی

افشین رحیمی[۱]
محرم اسلامی[۲]
بهرام وزیرنژاد[۳]

تاریخ دریافت: ۹۱/۷/۱۱
تاریخ تصویب: ۹۲/۸/۲۶

چکیده

در این مقاله، توزیع رسایی درخوشه‌های دوهمخوانی مرز دو هجای CVC-CVC در واژه‌های زبان فارسی مورد بررسی قرار گرفته است. محدودیت رسایی در مرز هجا بیانگر تمایل جهانی در جهت تغییر افتان رسایی همخوان‌ها در مرز هجا است. در این بررسی، تعداد ۴۲۰۲ واژه از واژگان زایای زبان فارسی که دارای ساختار هجایی CVC.CVC بودند، مطالعه شده‌اند. همخوان‌های زبان فارسی از نظر رسایی به ۵ طبقه مختلف

[۱] دانشجوی دکتری دانشگاه علوم کامپیوتر، دانشگاه ملبورن؛ arahimi@student.unimelb.edu.au
[۲] دانشیار گروه زبان و ادبیات فارسی، دانشگاه زنجان (نویسندهٔ مسئول)؛ meslami@znu.ac.ir
[۳] آزمایشگاه پردازش گفتار و زبان، مرکز زبان‌ها و زبان‌شناسی، دانشگاه صنعتی شریف؛ bahram@sharif.edu

تقسیم شده و ارتباط شیب رسایی در مرز هجا و بسامد در واژگان مورد بررسی قرار گرفته است. از آنجا که بی‌نشانی یک ساختار باعث افزایش بسامد آن به‌صورت هم‌زمانی و درزمانی می‌گردد، می‌توان میزان بی‌نشانی یک ساختار را از بسامد آن دریافت. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که افتان بودن شیب رسایی در خوشه‌های دوهمخوانی در مرز هجاهای CVC در زبان فارسی به‌صورت مقوله‌ای عمل نکرده و ساختارها را به دو طبقهٔ خوش‌ساخت و غیرخوش‌ساخت تقسیم نمی‌کند. هم‌چنین در سطح واژگان بسامد خوشه‌های دوهمخوانی با کاهش شیب رسایی (از +۴ به -۴) افزایش می‌یابد. دلیل افزایش بسامد تمایل بیشتر همخوان‌های با رسایی پایین مانند انفجاری‌ها و انسایشی‌ها به حضور در جایگاه آغازه و عدم تمایل آنها به حضور در جایگاه پایانه می‌باشد. هم‌چنین همخوان‌های رساتر مانند سایشی‌ها، خیشومی‌ها و روان‌ها تمایل بیشتری به حضور در جایگاه پایانه نسبت به جایگاه آغازه دارند. بسامد واحد (بسامد در پیکره) ساختارهایی که از همخوان‌های نارسای انفجاری استفاده می‌کنند در مقایسه با ساختارهایی که از سایر همخوان‌ها استفاده می‌کنند، به‌شدت کاهش می‌یابد. استفاده از بسامد نرمال (معیار اطلاعات مشترک نقطه‌ای) نشان می‌دهد که تمایل به هم‌رخدادی در خوشه‌های با شیب رسایی افتان بیشتر از خوشه‌هایی با شیب رسایی خیزان نبوده و حضور گروه‌های مختلف رسایی در پایانه و آغازه در مرز هجا مستقل از یکدیگر صورت می‌گیرد. با توجه به تمایل همخوان‌های نارسا به حضور در جایگاه آغازه و تمایل همخوان‌های رسا به حضور در جایگاه پایانه و نقش مهم این تمایل در شکل‌گیری الگوهای مرز هجا، توصیف مبتنی بر آواشناسی ادراکی این پدیدهٔ واج‌شناختی (نظریهٔ جواز ادراکی) قابل‌قبول‌تر از توصیف این پدیده با استفاده از محدودیت‌های واج‌شناختی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: *قانون اتصال هجا، رسایی، مرز هجای CVC، خوشهٔ دوهمخوانی، رسایی افتان، رسایی خیزان*

۱. مقدمه

رسایی از سرنخ‌های شناختی[1] در تشخیص آواهای زبان است و از نظر تولیدی نشانگر باز بودن بیشتر دهان، از نظر شنیداری نشانگر شدت بیشتر صوت و از نظر صوت‌شناختی نشانگر دامنهٔ بیشتر سیگنال صوتی است. رسایی هر آوا ناظر بر بلندی نسبی آن در مقایسه با دیگر آواهاست (لدفوگد[2] و جانسون[3]، ۲۰۱۱: ۲۴۵). رسایی مقوله‌ای نسبی است به این معنی که میزان رسایی یک آوا نسبت به آوای دیگر سنجیده می‌شود و بر اساس آن آواهای هر زبان را به‌صورت سلسله‌مراتبی دسته‌بندی می‌کنند. نسبت رسایی آواها در زبان‌های مختلف اندکی متغیر است و می‌توان سلسله‌مراتب آواها را از نظر میزان رسایی در مورد همهٔ زبان‌ها با تغییراتی اندک جاری دانست. در جدول ۱، آواها از نظرسلسله‌مراتب رسایی نشان داده شده‌اند (بورکوئست[4] و پاین[5]، ۱۹۹۳). همان‌طور که در جدول ۱ دیده می‌شود، واکه‌های باز بیشترین و همخوان‌های انفجاری بی‌واک دارای کمترین رسایی هستند (همان: ۲۴۶).

در منابع، رسایی و نقش‌های آن به‌صورت‌های مختلفی تعریف شده است. مهم‌ترین تفاوت در این تعاریف اعتقاد و یا عدم اعتقاد به نقش ممیز برای رسایی است. اگر رسایی یک مشخصه ممیز باشد و باعث تمایز واجی شود، باید مانند سایر مشخصه‌های ممیز مانند واک‌داری، فرمانت‌ها، نحوهٔ تولید و ... دارای مابه‌ازای تولیدی-آوایی باشد. در برخی از منابع (کلمنتس[6]، ۱۹۹۰) رسایی را مجموعه‌ای از مشخصات آکوستیکی معرفی کرده‌اند. در برخی دیگر از منابع (هریس[7]، ۲۰۰۵) رسایی به‌عنوان سیگنال حامل و رسانندهٔ پیام زبانی شناخته شده و از خود پیام که دارای مشخصات واجی و ممیز است، مجزا می‌گردد.

---

[1] cognitive cues
[2] Ladefoged
[3] Johnson
[4] Burquest
[5] Payne
[6] Clements
[7] Harris

جدول ۱. طبقات مختلف رسایی در واج‌های زبان

واکه‌های باز افتاده	[a]	بیشترین رسایی
واکه‌های میانی	[e o]	
واکه‌های افراشتهٔ بسته	[i u]	
زنشی‌ها	[r]	
کناری‌ها	[l]	
خیشومی‌ها	[m n]	
سایشی‌های واک‌دار	[z v ð]	
سایشی‌های بی‌واک	[s f θ]	
انفجاری‌های واک‌دار	[b d g]	
انفجاری‌های بی‌واک	[p t k]	کمترین رسایی

همان‌طور که در جدول ۱ دیده می‌شود، واکه‌های باز بیشترین و همخوان‌های انفجاری بی‌واک دارای کمترین رسایی هستند (همان: ۲۴۶).

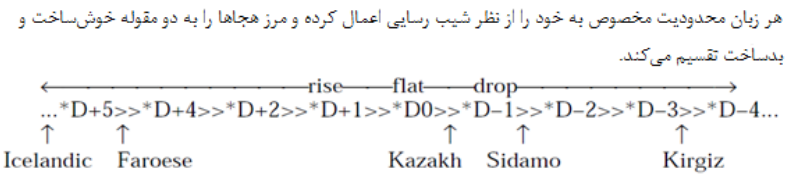
در منابع، رسایی و نقش‌های آن به صورت‌های مختلفی تعریف شده است. مهم‌ترین تفاوت در این تعاریف اعتقاد و یا عدم اعتقاد به نقش ممیز برای رسایی است. اگر رسایی یک مشخصه ممیز باشد و باعث تمایز واجی شود، باید مانند سایر مشخصه‌های ممیز مانند واک‌داری، فرمانت‌ها، نحوهٔ تولید و ... دارای مابه‌ازای تولیدی-آوایی باشد. در برخی از منابع (کلمنتس، ۱۹۹۰) رسایی را مجموعه‌ای از مشخصات آکوستیکی معرفی کرده‌اند. در برخی دیگر از منابع (هریس، ۲۰۰۵) رسایی به‌عنوان سیگنال حامل و رسانندهٔ پیام زبانی شناخته شده و از خود پیام که دارای مشخصات واجی و ممیز است، مجزا می‌گردد.

۲. قانون اتصال هجا[1] و اصل رسایی

اصل رسایی و اصل بیشینگی آغازه به بررسی میزان رسایی دنبالهٔ واج‌ها در درون ساخت هجایی می‌پردازند. بررسی میزان رسایی آواها در مرز اتصال هجاها نشان می‌دهد که در

[1] Syllable Contact Law

بسیاری از زبان‌ها تمایل به گذر از یک پایانهٔ رساتر درهجای اول به یک آغازهٔ نارساتر در هجای دوم بیشتر است. به عبارت دیگر، میزان رسایی همخوان‌ها در مرز این قبیل هجاها افتان است. در ونِمان (۱۹۸۸) تمایل بسیار زیادی در زبان‌های مختلف در جهت پیروی از این قانون گزارش شده است. در مواردی که شیب رسایی خیزان وجود دارد، تمایل زبان‌ها به واکه‌افزایی گزارش شده است. تبدیل 'thatway' به 'that-a-way' در زبان انگلیسی یک نمونه از واکه‌افزایی در جهت انطباق بیشتر با این قانون از طریق حذف بافت دوهمخوانی در موارد نقض آن می‌باشد. بررسی فرایند واکه‌افزایی در ارتباط با اصول حاکم بر رسایی در مرز هجا در زبان فارسی مورد توجه محققین این حوزه است. در نظریهٔ بهینگی، این قانون به‌صورت یک یا چند محدودیت تعریف می‌شود. تفاوت رسایی میان پایانه و آغازه در توالی t.w بیشترین فاصلهٔ خیزان رسایی یعنی 7+ و در توالی w.t بیشترین فاصلهٔ افتان رسایی یعنی 7- متغیر است. هر فاصلهٔ رسایی به‌عنوان یک محدودیت تعریف می‌شود (گوشکووا، ۲۰۰۴). علامت * به معنی نقیض یک محدودیت است؛ به‌عنوان مثال محدودیت *Dist+7 به این معنی است که میزان رسایی پیش‌هسته در هجای دوم ۷ سطح با میزان رسایی پس‌هسته در هجای اول فاصله دارد. این فاصله خیزان و به شدت نشان‌دار است؛ به همین دلیل علامت * در کنار آن قرار می‌گیرد تا عدم تمایل زبان به این فاصله را نشان داده و بر فقدان آن به‌عنوان یک محدودیت با اولویت بالا تأکید کند. به‌عنوان مثال محدودیت‌های *Dist+7 تا *Dist-7 تعریف می‌شوند و به‌صورت زیر اولویت‌بندی می‌گردند:



شکل ۱. میزان تفاوت رسایی مجاز در زبان‌های مختلف (گوشکووا، ۲۰۰٤). در این زبان‌ها میزان تفاوت رسایی در مرز هجا به‌صورت مقوله‌ای عمل کرده و ساختار را به دو مقولهٔ بی‌نشان و نشان‌دار تقسیم می‌کند.

در شکل ۱ میزان اختلاف مُجاز رسایی در چند زبان مشاهده می‌گردد. به‌عنوان مثال در زبان قزاقی الگوی رسایی خیزان مجاز نیست اما الگوی رسایی flat و یا همهٔ حالت‌های افتان مجاز است. در زبان قرقیزی، شیب افتان بودن رسایی باید حتماً از ۳- بیشتر باشد، در غیر این‌صورت ساختار نشان‌دار خواهد بود (گوشکووا، ۲۰۰۴).

۲. ۱. فرایندهای تغییر، حذف، واج‌افزایی و قلب در خوشه‌های همخوانی مرز هجای زبان فارسی

در بسیاری از خوشه‌های همخوانی که از نقطه‌نظر اصل رسایی در مرز هجا کمتر خوش‌ساخت هستند (به‌عنوان مثال دارای شیب رسایی خیزان ۴+ هستند)، تغییرات واجی مانند تغییر، حذف، واج‌افزایی و قلب رخ می‌دهد تا دنبالهٔ واجی خوش‌ساخت‌تر گردد. این تغییرات به دو صورت هم‌زمانی و درزمانی در ساخت زبان تغییراتی ایجاد می‌کنند. تغییر هم‌زمانی در بین برخی طبقات اجتماعی (کشاورز، ۲۰۰۰) رخ می‌دهد و برخی از این تغییرات پس از فراگیر شدن، در طول زمان جایگزین ساخت نشان‌دارتر می‌گردند. تغییرات درزمانی در هجای زبان فارسی توسط احمدخانی (۲۰۱۰) مطالعه شده است. جدول ۲ مثال‌هایی از این تغییرات را در مرز هجای واژه‌هایی با ساختار CVC-CVC نشان می‌دهد. تفاوت میزان رسایی در مرز این هجاها ۴+ خیزان می‌باشد.

جدول ۲. تغییر واجی در مرز هجا به‌منظور تولید صورت‌های بی‌نشان‌تر و خوش‌ساخت‌تر الگوی رسایی

واژهٔ فارسی معیار	واژهٔ آوانویسی‌شده	فاصلهٔ رسایی در مرز هجا	واژهٔ جدید	نوع تغییر	فاصلهٔ رسایی جدید
اعلام	ʔ ɜʔ.lɑm	+۴	ʔ ɜ.lɑm	حذف	+۱
زودرس	zud.ræs	+۴	zur.ræs	تغییر	۰
کبریت	kɜb.rit	+۴	kɜr.bit	قلب	-۴
دادیار	dɑd.yɑr	+۴	dɑ.de.yɑr	واکه‌افزایی	+۱

این تغییرات نشانگر وجود دلیل آواشناختی برای تغییرات واجی است به این معنی که بی‌نشانی تولیدی/درکی انگیزهٔ تغییر در نظام آوایی زبان می‌باشد. یافتن علت دقیق این تغییرات نیاز به بررسی بیشتری دارد.

۳. داده‌ها و روش‌شناسی پژوهش حاضر

با استفاده از پیکرهٔ واژگان زایای زبان فارسی (اسلامی و همکاران، ۱۳۸۳) که دارای بیش از ۵۴۰۰۰ واژهٔ زبان فارسی است، ساختار هجایی مورد نظر با استفاده از زنجیرهٔ واجی موجود استخراج شد. با توجه به این که ساختار هجایی زبان فارسی فاقد خوشهٔ همخوانی در آغازه است و وجود یک همخوان در آغازهٔ هجا الزامی می‌باشد، لذا هجاسازی به‌صورت قطعی و به شکلی ساده انجام می‌گیرد. هر هجا از اولین همخوان پیش از واکه آغاز می‌شود و تا قبل از اولین همخوان پیش از واکهٔ بعدی در واژه ادامه می‌یابد. به‌عنوان مثال اگر زنجیرهٔ واجی فرضی /CVCCVCVCCVCV/ را در نظر بگیریم، باتوجه به ساختار هجایی زبان فارسی، هجاسازی آن به‌صورت قطعی /CVC.CV.CVC.CV.CV/ خواهد بود. واژه‌های دارای ساختار هجایی CVC.CVC استخراج شد و فاصلهٔ رسایی بین پس‌هسته هجای اول و پیش‌هسته هجای دوم محاسبه گردید. دلیل انتخاب ساختار CVC.CVC حذف اثر خوشهٔ همخوانی در هجای CVCC بر الگوی تغییر رسایی بود چرا که به‌عنوان مثال در CVC1C2.C3V ممکن است مشخصات واجی همخوان C1 بر الگوی تغییر رسایی خوشهٔ همخوانی C2.C3 در مرز دو هجا تاثیرگذار باشد.

در محاسبهٔ رسایی، ساختار سلسله‌مراتبی رسایی آواها به‌صورت جدول ۳ در نظر گرفته شده‌اند و واج‌های زبان فارسی هر کدام در یکی از پنج گروه جدول ۴ قرار گرفتند. از آنجا که واکه‌ها در گروه همخوانی حضور ندارند، گروه‌های همخوانی را به‌ترتیب رسایی امتیازبندی می‌کنیم. در جدول ۴ امتیاز رسایی گروه‌ها مشاهده می‌شود. با توجه به این که ۵ سطح رسایی در بین همخوان‌ها تعریف کردیم، فاصلهٔ رسایی بین دو همخوان می‌تواند از ۴+ تا ۴- متغیر باشد. فاصلهٔ ۴+ به‌معنی فاصلهٔ رسایی خیزان بین دو همخوان در مرز هجاست که نشان‌دارترین حالت از نقطه‌نظر قانون اتصال هجا محسوب می‌شود.

واژه‌ای که دارای این فاصلهٔ رسایی باشد، الگوی قالب افتان بودن رسایی در مرز هجا را نقض کرده است. در زبان فارسی نمونه‌هایی از تمامی فاصله‌های رسایی به چشم می‌خورد.

جدول ۳. سلسله‌مراتب رسایی گروه‌های واجی زبان فارسی به‌همراه نشانهٔ اختصاری و درجهٔ رسایی آنها

ردیف	گروه همخوان	همخوان‌ها	مخفف	تعداد همخوان	درجهٔ رسایی
۱	روان‌ها	[y, r, l]	LI	۳	۵
۲	خیشومی‌ها	[m, n]	NA	۲	۴
۳	سایشی‌ها	[v, z, ʒ, f, s, ʃ, h, x]	FR	۸	۳
۴	انسایشی‌ها	[tʃ, dʒ]	AF	۲	۲
۵	انسدادی‌ها	[b, d, g, q, ʔ, p, t, k]	PL	۸	۱

واژه‌های دارای خوشهٔ دوهمخوانی در مرز هجا با ساختار CVC.CVC از واژگان زبان فارسی استخراج شد و میزان تفاوت رسایی آنها در مرز بین دو هجا اندازه‌گیری شد. در جدول ۴ حالت‌های مختلف هم‌رخدادی طبقات رسایی مختلف در خوشهٔ همخوانی در مرز هجا نشان داده شده است. به‌عنوان مثال واژهٔ /dʒæmʃid/ دارای خوشهٔ همخوانی /m.ʃ/ در مرز هجا می‌باشد که با توجه به طبقهٔ رسایی هر یک از همخوان‌ها، خوشهٔ طبقاتی /NA.FR/ به وجود می‌آید. این خوشهٔ طبقاتی دارای فاصلهٔ رسایی **۱**- می‌باشد. فاصلهٔ رسایی از اختلاف رسایی طبقهٔ FR و طبقهٔ NA به دست می‌آید.

جدول ٤. حالت‌های مختلف هم‌رخدادی طبقات رسایی در خوشهٔ همخوانی مرز هجای ساختار CVC.CVC

گروه همخوان اول	گروه همخوان دوم	میزان تغییر رسایی	واژه	گروه همخوان اول	گروه همخوان دوم	میزان تغییر رسایی	واژه
NA	NA	0	bimnâk	LI	PL	-4	deldâr
PL	PL	0	didgâh	LI	AF	-3	dirǰuš
FR	NA	1	gâvmiš	NA	PL	-3	lombân
NA	LI	1	hamrâh	LI	FR	-2	porsud
AF	FR	1	maǰzur	NA	AF	-2	pančar
PL	AF	1	zudǰuš	FR	PL	-2	pustin
FR	LI	2	rišriš	LI	NA	-1	murmur
AF	NA	2	?âčmaz	NA	FR	-1	ǰamšid
PL	FR	2	lotfan	FR	AF	-1	tahčin
AF	LI	3	ǰâǰrud	AF	PL	-1	gačbor
PL	NA	3	niknâm	LI	LI	0	golriz
PL	LI	4	tadris	AF	AF	0	saǰǰâd
				FR	FR	0	?afšin

۳. ۱. اطلاعات مشترک نقطه‌ای[1]

همان‌طور که بیان شد، برای بررسی شیب رسایی در مرز هجا از بسامد نرمال استفاده شده است. جهت محاسبه بسامد نرمال از اطلاعات مشترک نقطه‌ای استفاده کرده‌ایم. این معیار نشانگر میزان هم‌رخدادی دو رخداد فارغ از میزان رخداد هر یک به‌صورت جداگانه می‌باشد. اطلاعات مشترک نقطه‌ای دو رخداد x و y از دو متغیر تصادفی X و Y به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد.

$$PMI(x,y) = \log_2 \frac{p(x,y)}{p(x) * p(y)}$$

[1]PMI = Pointwise Mutual Information : $PMI(x,y) = \log_2 \frac{p(x,y)}{p(x)*p(y)}$

هر چه میزان اطلاعات مشترک نقطه‌ای دو متغیر بیشتر باشد، تمایل به رخداد هم‌زمان دو متغیر بیشتر است. مقدار منفی این معیار نشانگر عدم تمایل به هم‌رخدادی دو متغیر و یا خاصیت دفعی آنهاست. هم‌چنین مقدار صفر این معیار نشان می‌دهد که دو متغیر به‌صورت مستقل از یکدیگر رخ می‌دهند.

این معیار جهت بررسی میزان تمایل دسته‌های مختلف رسایی در مرز بین دو هجا به کار رفته است. در این بررسی متغیر تصادفی اول رخداد یک دسته رسایی در موقعیت همخوان آخر هجای اول و متغیر تصادفی دوم رخداد یک دسته رسایی در موقعیت همخوان اول هجای دوم در مرز بین دو هجا در نظر گرفته شده است. به‌عنوان مثال متغیر تصادفی رخداد واج /t/ در موقعیت پس‌هسته هجای اول و متغیر تصادفی رخداد واج /l/ در موقعیت پیش‌هسته هجای دوم را در نظر بگیرید. می‌خواهیم میزان تمایل به هم‌رخدادی این دو واج را در مرز هجا به دست آوریم. تمایل به هم‌رخدادی در صورتی بالاست که درصد بالایی از رخدادهای این دو واج با هم انجام شده باشد به این معنی که ممکن است هر کدام از این دو واج جداگانه در موقعیت پس‌هسته و پیش‌هسته به تعداد بالا حضور داشته باشند اما رخداد هم‌زمان این دو متغیر کم باشد. هم‌چنین امکان دارد که این دو متغیر در موقعیت‌های گفته‌شده بسیار کم ظاهر شده باشند اما در اکثر موارد هم‌رخداد بوده‌اند. معیار اطلاعات مشترک نقطه‌ای با حذف اثر میزان رخداد جداگانهٔ هر یک از متغیرها، تنها نشانگر میزان تمایل به هم‌رخدادی را ارائه می‌دهد. در ادامه با یک مثال عددی این معیار بیشتر توضیح داده شده است. فرض کنیم که ۱۰۰۰ واژه با ساختار CVC.CVC در واژگان زایای زبان فارسی (اسلامی و همکاران، ۱۳۸۳) که دارای بیش از ۵۴۰۰۰ واژهٔ زبان فارسی است، وجود دارد. می‌خواهیم میزان تمایل به هم‌رخدادی واج /t/ در موقعیت پس‌هسته هجای اول و واج /l/ در پیش‌هسته هجای دوم را به دست آوریم. فرض کنیم که واج /t/ به تعداد ۵۰ بار در موقعیت پس‌هسته هجای اول ظاهر شده است. هم‌چنین واج /l/ به تعداد ۲۵ بار در پیش‌هسته هجای دوم ظاهر شده است. بنابراین احتمال رخداد واج /t/ در پس‌هسته هجای اول برابر ۰/۰۵ و احتمال رخداد واج /l/ در پس‌هسته هجای دوم برابر ۰/۰۲۵ خواهد

بود. در صورتی که این دو واج در ۵ واژه به صورت هم‌رخداد در موقعیت /t.l/ رخ داده باشند، اطلاعات دوسویهٔ مشترک آنها از طریق فرمول زیر به دست می‌آید:

$$PMI(t,l) = \log_2 \frac{p(t,l)}{p(t) * p(l)} = \log_2 \frac{\frac{5}{1000}}{\frac{50}{1000} * \frac{25}{1000}} = 2$$

در این فرمول p(t,l) برابر با ۰/۰۰۵، p(t) برابر با ۰/۰۵ و p(l) برابر با ۰/۰۲۵ می‌باشد. بنابراین مقدار اطلاعات مشترک نقطه‌ای برابر با ۲ می‌گردد. مثبت بودن این معیار نشانگر تمایل دو واج /t/ و /l/ به رخداد هم‌زمان در موقعیت‌های ذکرشده در مرز هجا می‌باشد.

درصورتی‌که فرض کنیم واج /t/ به تعداد ۸۰۰ بار در موقعیت پس‌هستهٔ هجای اول و واج /l/ به تعداد ۴۰۰ بار در موقعیت پیش‌هستهٔ هجای دوم در ساختار هجایی CVC.CVC به کار رفته باشند و هم‌چنین تعداد هم‌رخدادی این متغیرها در مرز هجا برابر با ۲۰ باشد، میزان اطلاعات مشترک نقطه‌ای به‌طریق مشابه به دست خواهد آمد.

$$PMI(t,l) = \log_2 \frac{p(t,l)}{p(t) * p(l)} = \log_2 \frac{\frac{20}{1000}}{\frac{800}{1000} * \frac{400}{1000}} = -4$$

مقدار منفی اطلاعات مشترک نقطه‌ای نشان می‌دهد که علی‌رغم این که این دو واج در حالت دوم نسبت به حالت اول بیشتر در موقعیت‌های ذکرشده در مرز هجا رخ می‌دهند و حتی تعداد رخداد هم‌زمان آنها بیشتر است اما از آنجا که بیشتر تمایل دارند با واج‌های دیگر هم‌رخداد گردند تا با همدیگر، میزان اطلاعات مشترک نقطه‌ای آنها منفی شده است. از این معیار در مک‌گوان (۲۰۰۸) نیز جهت بررسی محدودیت رسایی در مرز هجا بهره گرفته شده است.

۳. ۲. استخراج بسامدها و محاسبه اطلاعات مشترک نقطه‌ای

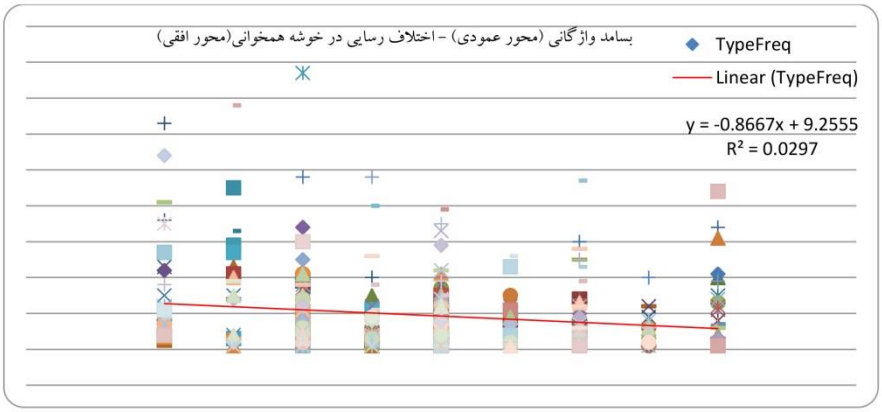
به ازای هر خوشهٔ دوهمخوانی در مرز هجا مانند C1.C2 اختلاف رسایی با توجه به طبقهٔ رسایی به دست آمده و تعداد رخداد آن خوشه هم در واژگان (بسامد نوع[1]) و هم با

[1] type frequency

استفاده از بسامد رخداد هر واژه در پیکره (بسامد واحد[1]) محاسبه شده است. دلیل محاسبه بسامد نوع و نیز بسامد واحد این است که ممکن است یک محدودیت در سطح واژگانی اعمال نشود اما در بسامد پیکره خود را نشان دهد. به‌عنوان مثال ممکن است در واژگان، واژه‌ها بدون توجه به محدودیت‌های نشان‌داری مدنظر باشند، اما در عمل، کلمات بی‌نشان‌تر بیشتر استفاده شده و بنابراین بسامد واحد بالا اما بسامد نوع پایین داشته باشند.

٤. نتایج

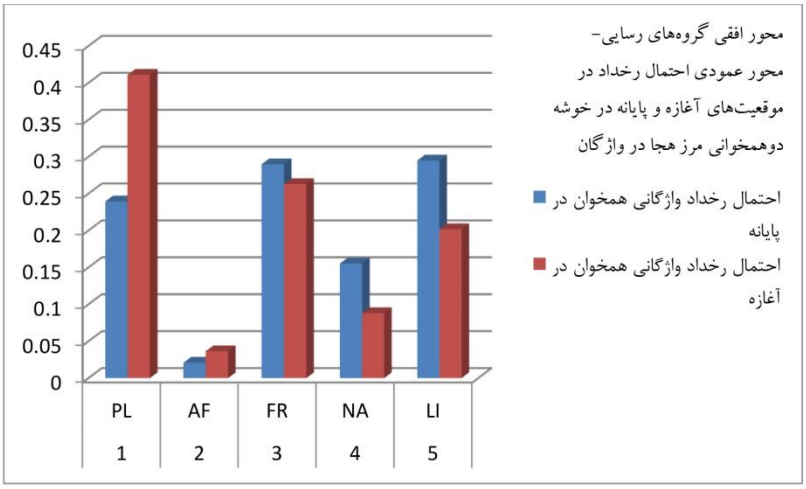
در نمودار۲ بسامد نوع به‌ازای اختلاف رسایی دو همخوان در خوشهٔ دوهمخوانی مشاهده می‌شود. این خوشه‌ها در مرز دو هجا در ساختار هجایی CVC.CVC قرار گرفته‌اند. خط قرمز که نشانگر تمایل کلی تغییرات می‌باشد با استفاده از درون‌یابی[2] به دست آمده است. همان‌طور که دیده می‌شود، بسامد خوشه‌های دوهمخوانی مرز هجا با افتان شدن شیب رسایی دو همخوان و حرکت از شیب رسایی +۴ به شیب رسایی -۴ افزایش می‌یابد. آهنگ افزایش بسامد یکنواخت می‌باشد.



شکل۲. بسامد نوع به‌ازای اختلاف رسایی دو همخوان در همخوان‌های C1 و C2 در مرز هجا

[1] token frequency
[2] interpolation

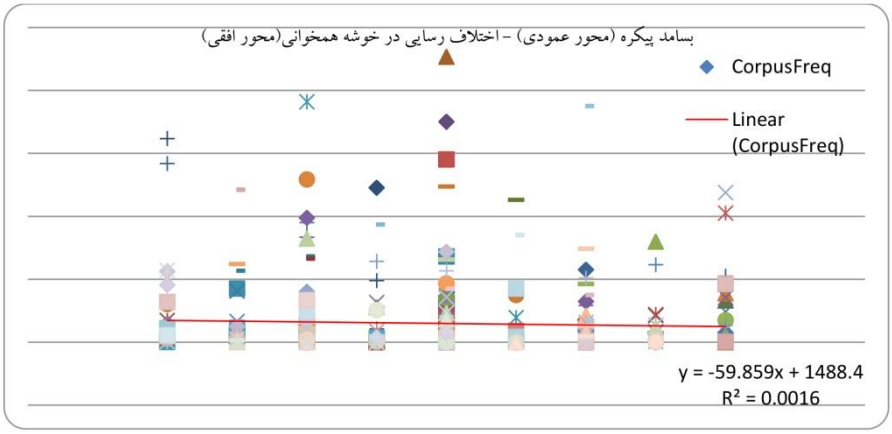
در نمودار ۳ احتمال رخداد هر یک از گروه‌های رسایی در جایگاه آغازه و پایانه با استفاده از بسامد نوع محاسبه شده و برای هر گروه مقایسه شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، احتمال رخداد گروه‌های انفجاری و انسایشی در جایگاه آغازه بیشتر از احتمال رخداد آنها در محیط پایانه است. هم‌چنین گروه‌های رسایی سایشی‌ها، خیشومی‌ها و روان‌ها احتمال رخداد بالاتری را در محیط پایانه دارند. این موضوع علت بسامد بالاتر خوشه‌های دوهمخوانی دارای شیب افتان در مرز هجا که در نمودار ۲ آمده است را روشن می‌کند. گروه‌های با رسایی بالاتر تمایل به حضور در بافت پایانه و گروه‌های با رسایی پایین‌تر تمایل به حضور در بافت آغازین را دارند و بنابراین ساختارهایی با شیب رسایی افتان احتمال رخداد بالاتری را خواهند داشت.



شکل ۳. مقایسه احتمال رخداد گروه‌های مختلف رسایی در جایگاه‌های پایانه و آغازه در خوشهٔ دوهمخوانی مرز هجا در ساختارهای CVCCVC با استفاده از بسامد نوع

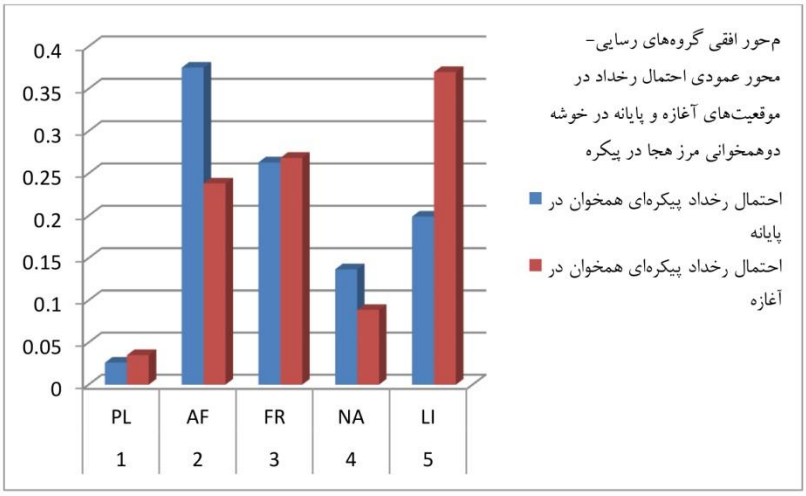
در نمودار ۴ بسامد پیکره‌ای به‌ازای اختلاف رسایی دو همخوان در خوشهٔ دوهمخوانی مرز هجا نشان داده شده است. همانند بسامد نوع در نمودار ۲، در نمودار ۴ نیز با کاهش شیب رسایی از +۴ به -۴ بسامد واحد افزایش می‌یابد اما این افزایش بسیار ملایم و اندک

است. در واقع هرچه خوشه دوهمخوانی بی‌نشان‌دارتر باشد، بسامد بیشتری دارد اما بیشتر شدن بسامد شیب بسیار ملایم‌تری نسبت به نمودار بسامد نوع دارد.



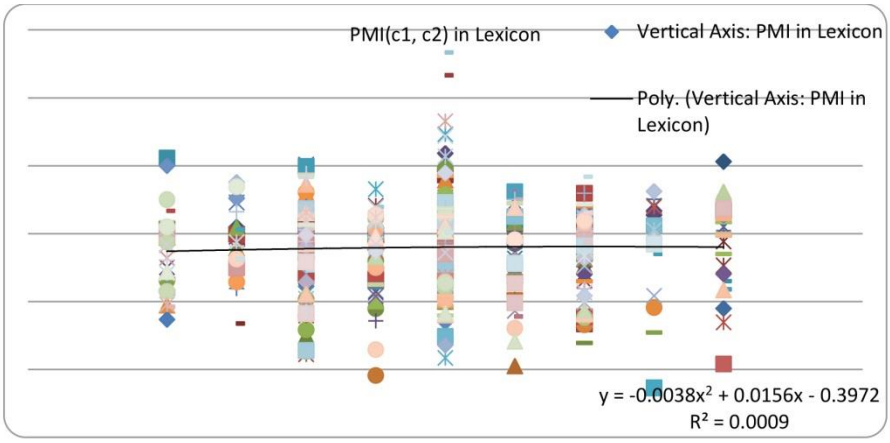
شکل ٤. بسامد واحد به‌ازای اختلاف رسایی دو همخوان در همخوان‌های C1 و C2 در مرز هجای واژه‌هایی با ساختار CVC1.C2VC

در نمودار ۵ احتمال رخداد هر یک از گروه‌های رسایی در جایگاه آغازه و پایانه در خوشهٔ دوهمخوانی مرز هجا در ساختارهای CVCCVC با استفاده از بسامد خوشه دوهمخوانی در پیکره محاسبه و با یکدیگر مقایسه شده است. تفاوت این نمودار با نمودار ۳ در این است که در آنجا از بسامد نوع برای محاسبه احتمالات استفاده شده بود اما در اینجا از بسامد واحد استفاده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، احتمال رخداد در پیکره ساختارهایی که دارای همخوان‌های انفجاری هستند نسبت به احتمال رخداد آنها در واژگان کاهش یافته است. این موضوع باعث هموارتر شدن شیب نمودار ۴ شده است چرا که گروه رسایی انفجاری‌ها دارای احتمال رخداد کمتری شده و بنابراین حالات میانی احتمال رخداد بیشتری را یافته‌اند. هم‌چنین افزایش احتمال رخداد همخوان‌های انسایشی در پیکره قابل‌توجه می‌باشد.



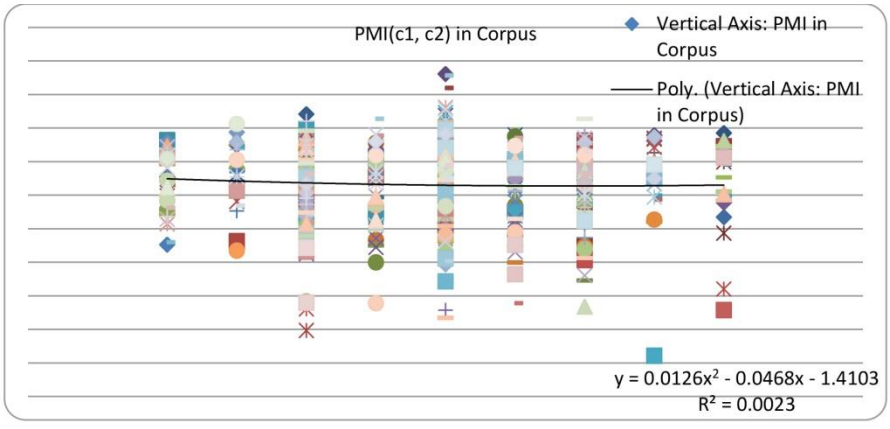
شکل ۵: مقایسه احتمال رخداد گروه‌های مختلف رسایی در جایگاه‌های پایانه و آغازه در خوشهٔ دوهمخوانی مرز هجا در ساختارهای CVCCVC با استفاده از بسامد واحد

در نمودار ۶ معیار اطلاعات مشترک نقطه‌ای با استفاده از بسامد نوع مشاهده می‌گردد. این معیار تقریباً در همه جا نزدیک به صفر است. همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، مقدار صفر برای معیار اطلاعات مشترک نقطه‌ای بین دو متغیر نشانگر استقلال رخداد دو متغیر نسبت به یکدیگر می‌باشد و به این معنی است که ارتباط مستقیمی بین بسامد رخداد واژگانی و شیب رسایی وجود ندارد. این می‌رساند که بسامد واحد مشاهده‌شدهٔ ساختارها با بسامد واحد مورد انتظار آنها تقریبا برابر بوده و بیشتر بودن بسامد واحد ساختارهایی با شیب افتان به این دلیل است که گروه‌های رساتر تمایل بیشتر به حضور در جایگاه پایانه و گروه‌هایی با رسایی کمتر تمایل بیشتر به حضور در جایگاه آغازه دارند.



شکل ٦. اطلاعات مشترک نقطه‌ای بین دو متغیر میزان اختلاف رسایی بین همخوان اول و دوم در خوشهٔ دوهمخوانی بین دو هجا و بسامد واژگانی

در نمودار ۷ معیار اطلاعات مشترک نقطه‌ای برای دو متغیر بسامد نوع و میزان اختلاف رسایی بین دو همخوان در خوشهٔ دوهمخوانی در مرز هجا در ساختار CVCCVC مشاهده می‌گردد. از آنجا که اطلاعات مشترک نقطه‌ای تقریباً در همه جا نزدیک به صفر است، می‌توان نتیجه گرفت که رابطه‌ای بین افتان یا خیزان بودن الگوی تغییر رسایی در مرز هجا در ساختار CVCCVC و بسامد نوع آن وجود ندارد.



شکل ۷. اطلاعات مشترک نقطه‌ای بین دو متغیر میزان اختلاف رسایی بین همخوان اول و دوم در خوشهٔ دوهمخوانی بین دو هجا در ساختار CVC.CVC و بسامد نوع

۵. بحث و نتیجه‌گیری

نتایج بررسی‌های آماری انجام‌شده نشان می‌دهد که بسامد نوع خوشه‌های دوهمخوانی مرز هجا با کاهش شیب رسایی افزایش می‌یابد (نمودار ۲) و این افزایش ناشی از تمایل بیشتر گروه‌های با رسایی کمتر مانند انفجاری‌ها و انسایشی‌ها به حضور در موقعیت آغازه و تمایل بیشتر گروه‌های با رسایی بیشتر مانند سایشی‌ها، خیشومی‌ها و روان‌ها به حضور در موقعیت پایانه هجا می‌باشد (نمودار ۳). هم‌چنین مشخص شد که بسامد واحد همخوان‌های انفجاری هم در جایگاه آغازه و هم در جایگاه پایانهٔ هجا کاهش چشمگیری دارد (نمودار ۵). این کاهش نشانگر این است که اگرچه بسامد نوع این ساختارها (بسامد در واژگان) به‌خصوص در جایگاه آغازه بیشتر از سایر گروه‌های همخوانی است اما واژه‌هایی که از ساختارهای واجی CVCCVC استفاده می‌کنند و در خوشهٔ دوهمخوانی مرز هجایشان همخوان‌های انفجاری را جای داده‌اند، دارای بسامد واحد کمتری هستند (در پیکره این واژه‌ها کمتر رخ می‌دهند). این کاهش حضور همخوان‌های انفجاری باعث کاهش حالت‌های حدی شیب رسایی (+۴ و -۴) شده و شیب نمودار ۴ را بسیار ملایم کرده است.

هم‌چنین استفاده از معیار اطلاعات مشترک نقطه‌ای نشانگر استقلال متغیرهای بسامد و شیب رسایی خوشهٔ دوهمخوانی در مرز هجا می‌باشد (نمودار ۶ و ۷). استقلال این دو متغیر به این معنی است که شیب رسایی در مرز هجای زبان فارسی به خودی خود واقعیتی واج‌شناختی محسوب نمی‌شود و یا اولویت بسیار پایینی را در زبان فارسی داراست. در واقع میزان بسامد مشاهده‌شده خوشه‌های دوهمخوانی با شیب رسایی مختلف کاملاً منطبق با میزان بسامد قابل‌انتظار رخداد این خوشه‌هاست. اگر در بسامد نوع، خوشه‌های دوهمخوانی با شیب رسایی افتان بیشتر از خوشه‌های دوهمخوانی با شیب رسایی خیزان است دلیل آن وجود قانون اتصال هجا به‌عنوان یک واقعیت واج‌شناختی نمی‌باشد که اگر چنین بود می‌بایست همبستگی بین این واقعیت واج‌شناختی و بسامد نوع و واحد در نمودارهای ۶ و ۷ مشاهده می‌شد. بیشتر بودن بسامد نوع خوشه‌های دوهمخوانی مرز هجای زبان فارسی ناشی از تمایل بیشتر همخوان‌های انفجاری و انسایشی با رسایی کمتر در جایگاه آغازه و تمایل بیشتر همخوان‌های سایشی، خیشومی و روان به حضور در جایگاه پایانه است.

کاهش تمایل همخوان‌های انفجاری در پایانه و افزایش تمایل حضور آنها در آغازه تأییدکننده این موضوع است که کلیدهای درکی محل تولید همخوان‌های انفجاری پیش از واکه‌ها مقاومت بیشتری نسبت به نوفه (که همواره در محیط موجود است) دارند و این مقاومت در بافت پیش‌همخوانی مانند حضور در پایانه در خوشه‌های دوهمخوانی مرز هجا کاهش می‌یابد (رایت، ۲۰۰۴). هم‌چنین بر اساس نظریهٔ جواز ادراکی (استریادی، ۱۹۹۷)، با توجه به این که ویژگی محل تولید دارای کلیدهای درکی قوی در جایگاه پایانه نیست، تمایل همخوان‌های انفجاری به بروز مقادیر مختلف این ویژگی کاهش یافته و بنابراین بسامد نوع همخوان‌های انفجاری در این جایگاه کاهش می‌یابد. بررسی‌های بیشتر کلیدهای درکی همخوان‌های انفجاری به‌وسیلهٔ انجام آزمون وضوح گفتار این همخوان‌ها در جایگاه پیش‌همخوانی و مقایسهٔ آن با جایگاه پیش‌واکه‌ای در زبان فارسی می‌تواند شواهد بیشتری را از این موضوع به دست دهد.

محدودیت‌های نشان‌داری باعث می‌شود تا گونه‌های نشان‌دارتر به‌مرور زمان بی‌نشان‌تر شده و به‌مرور بسامد گونه‌های بی‌نشان در واژگان بالاتر رود. هم‌چنین انتظار می‌رود واژه‌های بی‌نشان‌تر بیشتر به کار رفته و بسامد پیکره‌ای بالاتری داشته باشند. بنابراین اگر محدودیتی در سطح زبان اعمال گردد، انتظار می‌رود بسامد ساختارهایی که آن محدودیت را نقض نکرده‌اند به‌مرور بیشتر شود. با توجه به این که نتایج به‌دست‌آمده نشانگر فقدان رابطه بین الگوی تغییر رسایی در خوشه‌های همخوانی در مرز هجا و بسامد می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که محدودیت افتان بودن الگوی رسایی در مرز هجا در زبان فارسی عمل نمی‌کند یا دارای اولویت پایینی می‌باشد.

تغییرات زبانی در جهت کاهش نشان‌داری ساختارهای زبان حرکت می‌کنند. با توجه به نمونه‌های ذکرشده از تغییرات زبانی در جهت کاهش نشان‌داری شیب رسایی در مرز هجا، می‌توان نتیجه گرفت که با وجود تأثیر اندک قانون اتصال هجا بر بسامد خوشه‌های دوهمخوانی، این اصل در ساختارهای بسیار نشان‌دار با شیب افزایشی شدید اثر کرده و گونه‌های بی‌نشان‌تری را تولید می‌کند. در واقع می‌توان چنین گفت که محدودیت شیب رسایی خیزان شدید +۴ برخلاف سایر محدودیت‌های مرتبط با اصل اتصال هجا در برخی

از بافت‌های زبانی عمل می‌کند. هم‌چنین بررسی جامعه‌شناختی این تغییرات زبانی و توجه به محل استفاده از آنها (مثلاً مکان‌های دارای نوفه) می‌تواند موضوع بررسی بیشتر باشد. وجود نوفه دائمی در محیط‌های کاری می‌تواند یک عامل محرک برای تولید گونه‌های بی‌نشان‌تر که از نظر شنیداری مقاوم‌تر نسبت به نوفه هستند، باشد. بررسی این گمان پژوهش جداگانه‌ای را می‌طلبد.

با توجه به این که در برخی از زبان‌ها مانند زبان‌های قرقیزی و قزاقی که گونه‌هایی از خانوادهٔ زبان‌های ترکی هستند، محدودیت رسایی در مرز هجا اعمال می‌شود، می‌بایست عدم اعمال این محدودیت در زبان فارسی دلیلی داشته باشد. در زبان فارسی نه تنها این محدودیت به‌صورت مقوله‌ای، ساختارها را به بی‌نشان و نشان‌دار تقسیم نمی‌کند، بلکه این محدودیت، برخلاف زبان انگلیسی، بی‌نشانی طیفی ساختارها را نیز ایجاد نمی‌کند. یکی از دلایل این امر می‌تواند قطعی بودن تشخیص مرز هجا در زبان فارسی باشد. در صورتی که در زبانی آغازه و پایانه هر دو بتوانند دارای خوشهٔ همخوانی باشند، لازم می‌شود در آرایش ویژهٔ همخوان‌ها در مرز هجا محدودیتی ایجاد گردد تا تشخیص مرز هجا توسط شنونده میسر گردد. به‌عنوان مثال زنجیرهٔ CVCCV را در نظر بگیرید؛ این ساختار را می‌توان به‌صورت‌های مختلفی تقطیع هجایی کرد؛ مثلاً: (CV,CCV),(CVC,CV),(CVCC,V). با توجه به این‌که زبان فارسی اجازهٔ وجود یک هجای تک‌واکه‌ای و خوشهٔ همخوانی در آغازه را نمی‌دهد، نیاز به محدودیتی برای مشخص کردن مرز هجا ندارد و برای زنجیرهٔ فوق تنها ساخت هجایی مجاز CVC,CV خواهد بود. در زبان‌هایی مانند انگلیسی که ساختار هجایی پیچیده‌تری دارند و تشخیص مرز هجا گاه توسط گویشوران زبان نیز محل تردید است، نیاز به محدودیت‌هایی پیدا می‌شود تا حالات تقطیع هجایی را کمینه کرده و تشخیص مرز هجا و به دنبال آن زنجیرهٔ را آسان‌تر نماید. هر چه حالات ممکن تقطیع در زبانی بیشتر باشد، به محدودیت‌های قوی‌تری برای تشخیص مرز هجا نیازمندیم. بنابراین زبان فارسی شاید به دلیل قطعی بودن مرز هجاها نیازی به اعمال محدودیت رسایی در مرز هجا ندارد. اگر در چارچوب نظریهٔ بهینگی محدودیت‌ها را جهانی فرض کنیم، باید اولویت این محدودیت را برای زبان فارسی بسیار کم و نزدیک به صفر در نظر بگیریم و یا

محدودیت را به‌صورت پارامتریک در نظر بگیریم تا در مورد زبان‌هایی با پارامتر مرز هجای قطعی اولویت بسیار پایینی به آن اختصاص داده شود.

در صورتی که اعمال محدودیت در مرز هجا در چند زبان با مرز هجای قطعی (مانند فارسی و فرانسه) و چند زبان با مرز هجای غیر قطعی (مانند انگلیسی و قزاقی) به روش‌های آماری اشاره‌شده در این مقاله انجام گردد، می‌توان از نتایج این مقاله در مطالعات رده‌شناختی نظام آوایی زبان فارسی استفاده کرد.

منابع

اسلامی، محرم، مسعود شریفی آتشگاه، صدیقه علیزاده لمجیری و طاهره زندی (۱۳۸۹). «واژگان زایای زبان فارسی». *زبان فارسی و رایانه*. ج۱. به کوشش حسین صامتی محمود بی‌جن‌خان. تهران: انتشارات سمت. صص ۳۸-۳۰.

Ahmadkhani, M. (2010). "Phonological Metathesis in Persian: Synchronic, Diachronic, and the Optimality Theory". *Pazhuhesh-e Zbanhay-e Khareji*. 56. Special Issue, English. Spring 2010. pp. 5-24.

Burquest, Donald A. & David L. Payne (1993). *Phonological Analysis: A Functional Approach*. Dallas: Summer Institute of Linguistics.

Clements, G. N. (1990). "The Role of the Sonority Cycle in Core Syllabification". *Papers in Laboratory Phonology I: Between the Grammar and the Physics of Speech*. New York: Cambridge University Press. pp. 283-333.

Gouskova, M. (2004)."Relational Hierarchies in Optimality Theory: The Case of Syllable Contact".*Phonology*. 21. Cambridge Univ Press. pp. 201-250.

Harris, J. (2005). "The Phonology of Being Understood: Further Arguments against Sonority". *Lingua*. vol 116. Issue 10. pp 1483-1494.

Keshavarz, M. (2000). "A Sociolinguistic Analysis of ethathsis in Persian". *Journal of Humanities*.Winter-Spring 2000. vol. 7. No. 1. pp. 16-22.

Ladefoged, Peter & Keith Johnson (2011). *A Course in Phonetics*. 6th edition. Wadsworth, Cengage Learning.

McGowan, K. (2008). *Gradient Lexical Reflexes of Syllable Contact Law*. In: <https://kbmcgowan.github.io/publications/mcgowan-cls45.pdf>

Selkrik, Elizabeth (1984). "On the Major Class Features and Syllable Theory". *Language Sound Structure: Studies in Phonology Dedicated to Morris Halle by his Students*. M. Aronoff and R.T. Oherle (eds). MIT Press, Cambridge, Mass. pp.107-136.

Steriade, D. (1997). *Phonetics in Phonology: The case of Laryngeal Neutralization*. UCLA ms.

Vennemann, T. (1988). *Preference Laws for Syllable Structure and the Explanation of Sound Change: With Special Reference to German, Germanic, Italian, and Latin.* Berlin: Mouton de Gruyter.

Wright, R. A. (2004). "A Review of Perceptual Cues and Cue Robustness". *Phonetically Based Phonology.* B. Hayes, R. Kirchner & D. Steriade (eds.). Cambridge; New York: Cambridge University Press. pp. 34-57.

Journal of Language Research (Zabanpazhuhi)
VOL. 10, NO. 17, 2016
http://jlr.alzahra.ac.ir

Sonority Dispersion of Two Consonant Clusters in Syllable Boundary Position in Persian[1]

Afshin Rahimi[2]
Moharram Eslami[3]
Bahram Vazinezhad[4]

Received: 2012/10/02
Accepted: 2013/11/17

Abstract

This study explories the sonority dispersion between two consonants in syllable boundary in Persian. Sonority restriction in syllable boundary demonstrates a universal tendency in falling sonority of consonants at syllable boundary. In this study, 4202 lexemes consisting of syllable structure of CVC.CVC were subject to analyses which were extracted from Persian Generative Lexicon. From the point of view of sonority, the Persian consonants have been classified in five distinct classes in which the relation of sonority scale in syllable boundary and frequency in lexemes has been investigated. Unmarkedness of a structure

[1] (DOI): 10.22051/JLR.2016.2144

[2] Afshin Rahimi, PhD Candidate in Computer Science, University of Melbourne, arahimi@student.unimelb.edu.au

[3] Moharram Eslami, Associate Professor. of linguistics, University of Zanjan, meslami@znu.ac.ir (correspondent author)

[4] Bahram Vazirnezhad, Assistant Professor. Sharif University of Technology, bahram@sharif.edu

has direct relation with frequency both diachronically and synchronically, and the results show that falling in sonority in two cluster consonants in the boundary CVC syllables do not act categorically in Persian and do not divide the structures into two wellformed and illformed ones. The frequency of two consonant clusters in lexemes increases with decreasing of the slope of sonority from +4 to -4. Contrary to sonorant consonants which are likely to appear in offset position, non-sonorant consonants have a tendency to appear in onset position in syllable boundary. Using Pointwise Mutual Information demonstrates that co-occurrence tendency in clusters with the falling slope of sonority is not higher than rising equivalent and different sonority based consonant classes appear independently in offset and onset. Based on the above said tendency and the important role of this tendency in the structure of patterns in syllable boundary, it is more justified to describe this phonological phenomenon in the framework of auditory phonetics than describe it with phonological constraints.

Keywords: *syllable contact law, sonority, CVC syllable boundary, two consonant clusters, falling sonority, rising sonority*