

ارسال: ۱۴۰۳/۰۸/۲۵

پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۱

10.22034/nf.2025.487672.1361

نگاهی بر رده‌شناسی تکیه - کلمه برپله - فراگیری و پردازش زبان

حامد رحمانی* (استاد یار مدعو گروه زبان‌شناسی دانشگاه تهران، تهران، ایران)

چکیده: تکیه کلمه را می‌توان از دید الگوریتم‌های پردازش و فراگیری زبان بررسی کرد، الگوریتم‌هایی که زبان را به‌عنوان توالی پیوسته‌ای از سیگنال صوتی تحلیل می‌کنند، نه براساس مجموعه‌ای از کلمات و تکرارهای از پیش برچسب‌خورده. این دیدگاه، با در نظر گرفتن ویژگی‌ها و محدودیت‌های شناختی نوزادان، ابعاد جدیدی را از پیچیدگی مواجهه با پدیده‌های زبانی آشکار می‌سازد. در این مقاله، تکیه کلمه را براساس الگوریتم‌های واقع‌گرایانه فراگیری نوزادان از گفتار پیوسته بررسی کرده و به چالش‌هایی می‌پردازیم که در رویکردهای سنتی، که تکیه را براساس صورت‌های واژگانی و برچسب‌های صرفی و نحوی توصیف می‌کنند، مطرح نمی‌شوند. ابتدا به معرفی مدل شناختی پیرکمپ و دوپو برای فراگیری و پردازش تکیه و تمایزات واجی پرداخته و مفروضات آن را در زمینه رده‌شناسی تکیه مرور می‌کنیم. سپس، تفاوت‌های مشاهده‌پذیری و دسترسی الگوریتم‌های یادگیری تکیه را در زبان‌های مختلف با تکیه‌های پیش‌بینی‌پذیر از لحاظ واجی بررسی می‌کنیم. در این راستا، تفاوت مهم میان پیش‌بینی‌پذیر بودن تکیه از لحاظ واجی و صرفی بحث خواهد شد. در ادامه، چالش‌های خاص زبان فارسی را مورد توجه قرار داده و سؤالات مهمی را برمی‌شماریم که تکیه این زبان برای الگوریتم‌های فراگیری تکیه مطرح می‌سازد. در نهایت، پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی ارائه می‌دهیم، پیشنهادهایی که بر همکاری میان‌رشته‌ای، جمع‌آوری داده‌های واقع‌گرایانه مقیاس‌گسترده، و استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین خودنظارتی تأکید دارند.

کلیدواژه‌ها: رده‌شناسی تکیه، فراگیری زبان، پردازش تکیه، تکیه کلمه، یادگیری خودنظارتی، فارسی.

۱. مقدمه

رده‌شناسی پدیده‌های زبانی معمولاً مبتنی بر مفاهیم سنتی مانند کلمه، جمله، صرف و نحو است. با این حال، اگر هدف ما رویکردی عینی به زبان باشد، اتکا به این مفاهیم همیشه نمی‌تواند از نظر علمی خنثی محسوب شود. در نبود این تمایزها به‌عنوان پیش‌فرض، تعیین مرزهای دقیق میان چنین مقوله‌هایی چالش‌برانگیز است و این خطر وجود دارد که شناخت ما از ساختار زبان بیشتر براساس قراردادهای مرسوم شکل بگیرد تا شواهد تجربی. از طرفی، شواهد تجربی نیز به‌راحتی در دسترس نیستند و کار با زبان در قالب توالی پیوسته گفتار طبیعی پیچیدگی‌های ویژه‌ای دارد. همواره این احتمال وجود دارد که، به‌واسطه پیش‌فرض‌های غالباً ضمنی، برخی از ویژگی‌ها برجسته شوند و برخی دیگر نادیده گرفته‌شده یا کم‌اهمیت به‌شمار آیند. در گذشته‌های دور، که تمرکز عمدتاً بر نوشتار و منابع محدودی بود که به‌طور سنتی ارزشمند تلقی می‌شدند، این مشکل کمتر به چشم می‌آمد یا اصولاً دغدغه دست‌نویسان نبود. اما امروزه، با ادعای علمی بودن زبان‌شناسی و توجه به زبان گفتار، یافتن نظم‌های سنتی در این پدیده پیچیده به‌مراتب دشوارتر شده است.

این مقاله درنگی بر بخشی کوچک از پیچیدگی‌های زبان گفتار، با تمرکز بر تکیه کلمه و بررسی چگونگی فراگیری و پردازش آن توسط نوزادان در گفتار پیوسته است. فرایند فراگیری زبان در سال‌های نخست زندگی، به‌ویژه یادگیری مقوله‌های نوایی همچون تکیه، از جنبه‌های شگفت‌انگیز توانایی‌های شناختی انسان به‌شمار می‌آید. نوزادان در این دوران با سرعت چشمگیری زبان محیط خود را یاد می‌گیرند و این در حالی است که در ابتدای این مسیر هنوز به برجسب‌های صرفی و نحوی زبان به‌طور کامل دسترسی ندارند. رویکردهایی که هم پیچیدگی‌های فیزیکی سیگنال گفتار و هم محدودیت‌های شناختی کاربران زبان را در نظر می‌گیرد ما را در شناخت دقیق‌تر و ارائه رده‌شناسی واقع‌گرایانه‌تری از تکیه یاری می‌دهد. این رویکرد، در کنار روش‌های رایج سنتی یا ساختاری که رفتار تکیه کلمه را با اتکا به پیش‌فرض‌های انتزاعی نظیر صورت مجزای کلمات و برجسب‌های صرفی توصیف می‌کنند، افق‌های جدیدی برای بررسی پدیده‌های زبانی می‌گشاید.

در ادامه، ابتدا با کلیات یک مدل شناختی از فراگیری تمایزهای واجی و تکیه و مفروضات و پیش‌بینی‌های مهم آن آشنا می‌شویم. سپس به بررسی پیچیدگی پردازش تکیه کلمات در حالت‌های گوناگون براساس داده‌های چند زبان مختلف پرداخته و زبان‌ها را به رده‌های مختلف تقسیم می‌کنیم.

در ادامه، جایگاه زبان فارسی در این چارچوب بررسی شده‌است و چالش‌های جالب آن برای مدل فراگیری تکیه بیان می‌شود. درنهایت، چشم‌اندازی برای پژوهش‌های آتی با تأکید بر روش‌های نوین ترسیم می‌گردد.

۲. مدل فراگیری تکیه

در پژوهش‌هایی که از سوی محققان آزمایشگاه علوم شناختی و روان‌شناسی زبان در پاریس انجام گرفت، از جمله دوپو و پپرکمپ (2002)، پپرکمپ و دوپو (2002)، و پپرکمپ (2004)، چارچوبی مفهومی برای مطالعه فراگیری تکیه کلمه در زبان مادری، به همراه روش‌هایی برای تفسیر داده‌ها و مشاهدات در این زمینه، پیشنهاد شد. در این نوشتار برای ساده‌سازی، این رویکرد فراگیری تکیه را به اختصار PD می‌نامیم که برگرفته از نام دو پژوهشگر اصلی آن است. مفروضات اساسی PD، که بخش مهمی از آن بر پایه مدل شناختی پردازش زبان ملر و همکاران (1990) شکل گرفته، از این قرار است:

الف. فراگیری زود هنگام

فرایند فراگیری واج‌شناختی در نوزادان بلافاصله پس از تولد شروع می‌شود و در طول سال اول زندگی به سرعت پیشرفت می‌کند. پژوهش‌های آزمایشگاهی نشان می‌دهد که نوزادان پیش از اینکه اولین کلمات را بیان کنند، بازنمایی واجی از زبان مادری خود ایجاد و اصوات گفتاری را به شیوه خاص زبان مادری ادراک می‌کنند. به‌طور مشخص، نوزاد پس از هفت ماهگی قادر است زنجیره پیوسته گفتار را در قالب واحدهای واجی مانند جمله و عبارت تفکیک نماید. مهم‌ترین شواهد تجربی و آزمایشگاهی این حوزه در جدول ۱ خلاصه شده‌است.

جدول ۱ یافته‌های پژوهشی مرتبط با حساسیت‌های زبانی نوزادان به مرزها و طرح‌های زبانی در مراحل اولیه فراگیری زبان

منابع	مشاهدات و یافته‌ها	سن نوزادان	مورد پژوهشی
(Hirsh-Pasek et al., 1987)	نوزادان بیشتر به صداهایی گوش می‌دهند که در آنها مکث در مرزهای جمله قرار دارد و به صداهایی که مکث درون جمله است توجه کمتری دارند.	۷ ماه	حساسیت به مرز جمله
(Gerken et al., 1994)	با استفاده از تکنیک درج، مکث میان واحدهای واجی مشاهده شد که نوزادان قادرند مرزهای گروه‌های واجی را تشخیص دهند.	۹ ماه	حساسیت به مرز گروه واجی
(Myers et al., 1996)	نوزادان به جمله‌های حاوی مکث در مرز کلمات مدت طولانی‌تری گوش می‌دهند (نسبت به حالتی که مکث در وسط کلمه درج شده‌است) که نشان از توانایی آنها در تشخیص مرز کلمات در گفتار روان دارد.	۱۱ ماه	حساسیت به مرز کلمه
(Jusczyk et al., 1993)	نوزادان به کلماتی با طرح وزنی غالب زبان مادری بیشتر از کلماتی با طرح وزنی نشان‌دار توجه می‌کنند.	۹ ماه	تشخیص طرح وزن کلمات
(Friederici and Wessels, 1993; Jusczyk et al., 1994)	نوزادان هلندی طرح‌های مجاز واج‌آرایی را نسبت به طرح‌های غیرمجاز ترجیح می‌دهند؛ نوزادان آمریکایی طرح‌های واج‌آرایی با احتمال زیاد را نسبت به طرح‌های احتمال کم ترجیح می‌دهند.	۹ ماه	حساسیت به واج‌آرایی
(Jusczyk and Aslin, 1995)	نوزادان مدت طولانی‌تری به جمله‌های حاوی کلمات آشنا گوش می‌دهند تا جمله‌هایی که فاقد کلمه آشنا هستند، که نشانگر توانایی ابتدایی تقطیع کلمات است.	۷/۵ ماه	توانایی تقطیع کلمات
(Shady, 1996)	نوزادان میان جمله‌های معمولی انگلیسی و جمله‌هایی که در آنها کلمات دستوری با کلمات بی‌معنی جایگزین شده‌اند تمایز قائل می‌شوند؛ اما در مورد کلمات قاموسی چنین تمایزی نمی‌گذارند.	۱۰/۵ ماه	تمایز کلمات دستوری

ب. مسئله تقطیع گفتار

به‌طور سنتی غالباً فرض می‌شود که تقطیع گفتار از طریق دانش واژگان امکان‌پذیر است: اگر هویت کلمات برای کودک مشخص نباشد، امکان استخراج آنها از زنجیره پیوسته گفتار وجود ندارد.

باین حال، باید توجه داشت که، به واسطه درجه زیاد ابهام و نوفه^۱ در زنجیره گفتار، تقطیع کلمات فرایند پیچیده‌ای خواهد بود. از طرف دیگر می‌دانیم که کودکان در مراحل اولیه فراگیری زبان فاقد واژگان، نظام صرف و نحو، معنی‌شناسی و کاربردشناسی‌اند. در نتیجه با تناقضی روبه‌رو می‌شویم: اگر کودکان برای ساخت واژگان خود نیاز به استخراج کلمات دارند، چگونه این فرایند استخراج می‌تواند به واژگان متکی باشد؟ برای رفع این تناقض، فرض می‌شود که واحدی پیش‌واژگانی^۲ در بازنمایی زبانی کودکان وجود دارد که به کودکان کمک می‌کند از طریق استخراج ساختار واج‌شناختی، ورودی‌های واژگان خود را بسازند. برای پردازش گفتار در این مرحله، فرض بر این است که نوزادان از عنصری آوایی استفاده می‌کنند که تقریباً معادل مفهوم هجا است. اهمیت هجا در پردازش گفتار در مرحله پیش‌واژگانی شواهد تجربی و آزمایشگاهی فراوان دارد. به‌ویژه پژوهش‌های جدید با شبیه‌سازی درک گفتار نوزادان از طریق طراحی مدل‌های محاسباتی مبتنی بر پدیده همگام‌سازی نوسانی مغز^۳ با ریتم گفتار نشان می‌دهند ساختارهای شبیه به هجا حتی در مراحل اولیه یادگیری زبان برای نوزادان قابل دسترسی و پردازش است (Räsänen and Doyle, 2018).

ج. سطوح بازنمایی متفاوت

سه مؤلفه پردازشی در فراگیری زبان دخیل‌اند. نخست، بازنمایی آوایی ذاتی که به‌وسیله رمزگذاری اصوات گفتار آن دسته از تمایزات واجی را دربر می‌گیرد که می‌توانند بالقوه به‌صورت تقابلی در زبان‌های جهان استفاده شوند. در این سطح، اثر اطلاعات نامربوط از نظر زبانی مانند سرعت گفتار، طول مجرای صوتی و نوفه زمینه کاهش می‌یابد. دوم، واژگان که مشتمل است بر صورت زبان‌ویژه کلمات که طی سال‌های نخست زندگی آموخته می‌شود. در سطح پردازش واژگان، کلمات دستوری و کلمات قاموسی قابل تمایزند. سوم، بازنمایی پیش‌واژگانی زبان‌ویژه که در میان دو بخش بازنمایی آوایی ذاتی و بازنمایی واژگان قرار دارد. این سطح بازنمایی شامل مشخصه‌ها و واحدهای گسسته است و تنها تمایزهای تقابلی را رمزگذاری می‌کند. از همان ابتدای فراگیری واژگان، نوزادان کلمات

1) noise

1) prelexical unit

3) neural oscillatory entrainment

را در این قالب واج‌شناختی زبان‌ویژه ذخیره می‌کنند. همچنین، ساختارهای صوتی غیربومی با نزدیک‌ترین ساختار صوتی بومی در این سطح همگون می‌شوند.

د. مدل واقع‌گرایانه

بیشتر چارچوب‌های مفهومی و مدل‌های نظری مرتبط با فراگیری نظام واج‌شناسی پیش از PD، مانند درِشِر و کی (1990) و تسار و اسمولنسکی (1998)، بر این فرض استوارند که کودکان از قبل بر صورت مجزای کلمات دسترسی دارند، که همان‌طورکه در بخش مسئله تقطیع بیان شد فرض مشکل‌سازی است، زیرا بسیاری از جنبه‌های واجی زبان مادری پیش از تفکیک کلمات آموخته می‌شود. بنابراین، الگوریتم‌های یادگیری واقع‌گرایانه باید، به‌جای کلمات مجزا، از بازنمایی‌هایی استفاده کنند که به جریان پیوسته گفتار نزدیک‌تر باشند.

ه. بنیاد آوایی/ درکی تکیه

در رویکرد DP عبارت تکیه برای اشاره به برجستگی آوایی و درکی در زنجیره هجاها به کار می‌رود، بدون آنکه لزوماً این برجستگی با مفاهیم ساختاری مانند تکیه وزنی همبستگی داشته باشد.

۳. میزان پیش‌بینی‌پذیری تکیه

از آنجاکه در رویکرد حاضر قواعد تکیه مانند سایر ویژگی‌های واجی مرتبط در ابتدای زندگی فراگرفته می‌شود، فرض بر این است که نوزادان، قبل از ساخت واژگان و در مرحله پیش‌واژگانی، الگوریتم پردازشی فعالی دارند که در پی یافتن قاعده تکیه است. هدف این است که کودکان در مدت زمان محدودی به این نتیجه برسند که آیا محل تکیه براساس ویژگی‌های آوایی و واجی قابل پیش‌بینی است یا خیر. اگر محل تکیه قابل پیش‌بینی نبود، نظام تکیه به‌طور بالقوه تقابلی است. همان‌طورکه قبلاً اشاره شد، الگوریتم‌های مرحله پیش‌واژگانی در پی یافتن تفاوت‌های واجی تقابلی زبان‌ویژه‌اند. این مرحله شامل کاهش مجموعه تمایزات واجی جهانی به تمایزاتی است که در زبان نوزادان به‌صورت تقابلی استفاده می‌شود؛ این مجموعه کاهش‌یافته از تمایزات واجی، به محض شروع ساخت واژگان ذهنی برای رمزگذاری واجی استفاده خواهد شد. داشتن بازنمایی واجی زبان‌ویژه به پدیده بسیار پیچیده و نسبتاً ناشناخته فراگیری واژگان کمک می‌کند. در واقع، هر کلمه می‌تواند به‌صورت‌های

آوایی متعددی ظاهر شود که اگر بنا بود واژگان بر مبنای بازنمایی آوایی جهانی ساخته شود، همه این صورت‌های مختلف باید به ورودی‌های واژگانی جداگانه نگاشت داده می‌شدند. مراحل مختلفی که نوزادان قواعد تکیه و تمایزات واجی را یاد می‌گیرند، در جدول ۲ خلاصه شده است.

جدول ۲ مراحل پردازش تکیه و تمایزهای واجی در نوزادان

مرحله یادگیری	فعالیت پردازشی نوزادان	نتیجه‌گیری و خروجی مرحله
پردازش آوایی جهانی	نوزادان از نوعی بازنمایی ذاتی یا جهانی استفاده می‌کنند که شامل تمام تمایزات واجی ممکن است و نوفه غیرمرتبط را کاهش می‌دهد.	مجموعه‌ای جهانی از تمایزات واجی که هنوز تفکیک نشده‌اند.
یادگیری پیش‌واژگانی	نوزادان از طریق ورودی‌های گفتاری و با استفاده از واحدهای پیش‌واژگانی (مانند هجا) به دنبال قواعد تکیه و تمایزات تقابلی زبان هستند.	شناسایی تمایزات واجی تقابلی زبان‌ویژه و یافتن قواعد تکیه در صورتی که قابل مشاهده و قابل یادگیری باشد.
ساخت واژگان ذهنی	نوزادان شروع به ساخت واژگان ذهنی بر مبنای تمایزات واجی تقابلی و بازنمایی زبان‌ویژه می‌کنند.	هر کلمه به یک ورودی واژگانی واحد نگاشت می‌شود و این امر موجب تسهیل در فرایند درک معانی کلمات می‌گردد.

در این چارچوب، اگر تکیه به لحاظ واجی قابل پیش‌بینی باشد، نیازی به رمزگذاری آن در واژگان نیست؛ تکیه می‌تواند از طریق یک یا مجموعه‌ای از قواعد واجی، که در مرحله پیش‌واژگانی قابل دسترسی است، استخراج شود. یک مفهوم کلیدی در این زمینه مشاهده‌پذیری در سطح^۱ است. قاعده واجی زمانی مشاهده‌پذیر در سطح است که بتوان آن را تنها از روی پاره‌گفتار خام — بدون هیچ نشانه‌ای از مرزهای تکواژ و کلمه — نتیجه‌گیری نمود. برای مثال، همان‌طور که در ادامه خواهد آمد، در زبان فرانسوی قاعده تکیه به راحتی مشاهده‌پذیر در سطح است، زیرا پاره‌گفتارها در حالت معمولی همیشه با هجای تکیه‌دار به پایان می‌رسند.

باید توجه داشت که تکیه قابل پیش‌بینی می‌تواند انواع مختلفی داشته باشد و هر دو عامل واجی و صرفی می‌توانند در قواعد تعیین تکیه تأثیر داشته باشند. نکته بسیار مهم این است که نظام‌های تکیه‌ای که در آنها صرف نقش دارد نمی‌توانند به صورت پیش‌واژگانی فرا گرفته شوند، زیرا الگوریتم‌های پردازشی پیش‌واژگان به اطلاعات و برجسب‌های صرفی دسترسی ندارند. مثلاً اگر

1) surface observability

برای توضیح قواعد تکیه در یک زبان خاص نیاز به دسته‌بندی و ندها براساس رفتار صرفی آنها داشته باشیم (مانند تصریفی و اشتقاقی)، یا لازم باشد بین واحدهای واژگانی مانند فعل و اسم تمایز قائل شویم، نوزادان نمی‌توانند این قواعد را به صورت پیش‌واژگانی یاد بگیرند. بنابراین، براساس مدل فراگیری PD، این نوع نظام‌ها مشابه با نظام‌های تکیه غیرقابل پیش‌بینی یا تقابلی اند، زیرا در هر دو حالت نوزادان نمی‌توانند طرح‌های تکیه را مشاهده کنند و به تعمیم قابل اطمینانی برسند. بنابراین تکیه به‌عنوان یکی از ویژگی‌های واجی در واژگان ذخیره می‌شود.

نتیجه اینکه پیش‌بینی‌پذیری به‌لحاظ واجی تفاوت بسیار مهمی با پیش‌بینی‌پذیری به‌لحاظ صرفی یا واژگانی دارد. پیش‌بینی‌پذیری صرفی وقتی موضوعیت دارد که از پیش مقولات صرفی و واژگانی را به رسمیت بشناسیم. از این رو برای کودکان پیش‌واژگانی، که دسترسی کامل به این برجسب‌ها ندارند، اما در عین حال الگوریتم‌های فعال برای کشف قواعد تکیه دارند، تنها پیش‌بینی‌پذیری به‌لحاظ واجی قابل شناسایی است.

باید توجه داشت که در بیشتر زبان‌های دنیا هم عوامل واجی و هم عوامل صرفی هم‌زمان در تعیین جایگاه تکیه کلمه نقش دارند. با این حال، برای مدل فراگیری تکیه PD، زبان‌هایی که در آنها تکیه به‌طور کامل واجی و از این رو پیش‌بینی‌پذیر است، اهمیت ویژه‌ای دارد. زیرا ساختار این زبان‌ها به ما اجازه می‌دهد تا الگوریتم‌های پردازشی نوزادان را بهتر مدل‌سازی کنیم. در چنین زبان‌هایی، به‌دلیل پیش‌بینی‌پذیری صرفاً واجی تکیه، فرایند یادگیری تکیه در مراحل پیش‌واژگانی برای نوزادان امکان‌پذیر است. این زبان‌ها در ادامه به‌طور دقیق‌تری بررسی خواهند شد. براساس PD، اگر در زبانی حتی به میزان کمی عوامل صرفی در تعیین جایگاه تکیه مؤثر باشند، قواعد عمومی تکیه در این زبان نمی‌تواند در مرحله پیش‌واژگانی آموخته شود و به رمزگذاری واژگانی نیاز است.

۴. رده‌شناسی تکیه بر پایه پردازش لبه پاره‌گفتار

به‌طور سنتی، غالباً فرض شده است که بخش زیادی از ورودی پردازشی زبان نوزادان را پاره‌گفتارهای تک‌کلمه‌ای تشکیل می‌دهد. با این حال، پژوهش‌های شاهدبنیاد نشان داده‌اند که هرچند زبان مورد استفاده اطرافیان نوزاد برای سخن گفتن با او (IDS)^۱ از پاره‌گفتارهای نسبتاً کوتاه بهره می‌گیرد، این

1) Infant-Directed Speech

به معنای آن نیست که جملات تک‌کلمه‌ای بخش اصلی IDS را تشکیل می‌دهند. IDS ویژگی‌های خاصی دارد، مانند استفاده اغراق‌آمیز از مؤلفه‌های نوایی که نشان‌دهنده برانگیختگی و شدت بالای احساسات، سرعت کم گفتار و همچنین مصوت‌هایی با ساختار سازه‌ای متمرکز است. افزون‌براین، همان‌طورکه کریستف و همکاران (1994) نشان می‌دهند، حتی اگر فرض کنیم که IDS گرایش زیادی به استفاده از جملات تک‌کلمه‌ای دارد، مسئله تقطیع گفتار همچنان باقی است، چراکه مشخص نیست نوزادان پیش از دسترسی به مرز کلمات چگونه می‌توانند بین جملات تک‌کلمه‌ای و چندکلمه‌ای تمایز قائل شوند.

با در نظر داشتن این موارد، پپرکمپ و دوپو (2002) فرض می‌کنند که الگوریتم‌های پیش‌واژگانی، به‌جای تمرکز بر لبه‌های کلمات، به دنبال طرح‌های تکیه در لبه‌های پاره‌گفتارند. از آنجاکه این لبه‌ها لزوماً با لبه‌های کلمه هم‌پوشانی دارند، نوزادان قادرند طرح‌های تکیه‌ای موجود در لبه پاره‌گفتار را به سطح کلمات تعمیم دهند. در ادامه، پردازش لبه‌های پاره‌گفتار و استخراج قواعد تکیه را در چند زبان بررسی خواهیم کرد. همان‌طورکه توضیح داده خواهد شد، این زبان‌ها از نظر واج‌شناسی تکیه پیش‌بینی‌پذیر دارند، اما سطح مشاهده‌پذیری و دسترسی الگوریتم‌ها به طرح‌های تکیه در آنها متفاوت است.

در زبان فرانسوی، همان‌طورکه در مثال‌های (۱) نشان داده شده‌است، تکیه به‌طور معمول روی هجای پایانی کلمه قرار می‌گیرد. باوجوداین، در جایگاه میانی گروه‌های واجی، در انتهای کلمات ممکن است مصوت بدون تکیه شوا درج شود تا از تشکیل خوشه‌های سنگین صامت جلوگیری نماید. اما در انتهای پاره‌گفتار، این شوا تلفظ نمی‌شود. نتیجه این است که نوزادان می‌توانند به‌راحتی قاعده تکیه را در انتهای پاره‌گفتار مشاهده کنند.

- (1) a. na'tion
b. natio'nal
c. nationali'ser
d. nationalisa'tion

با فرض اینکه محل تکیه در آخرین کلمه جمله با سایر کلمات تفاوتی ندارد، نوزادان می‌توانند نتیجه بگیرند که تکیه همیشه در هجای پایانی کلمه قرار دارد و بنابراین آن را از مجموعه ویژگی‌هایی که برای رمزگذاری واجی استفاده می‌شود حذف کنند. بدین ترتیب، با توجه به لبه‌های پاره‌گفتار و

بدون دسترسی به مرز کلمات، نوزادان می‌توانند به‌درستی استنتاج کنند که تکیه در زبان فرانسوی صرفاً واجی است.

در زبانی مانند اسپانیایی، برخلاف زبان فرانسوی، محل تکیه به‌طورکلی قابل پیش‌بینی نیست و بسته به کلمه، روی یکی از سه هجای پایانی قرار می‌گیرد. مثال‌های (۲) طرح تکیه در هجای پایانی، ماقبل پایانی و هجای سوم از آخر را به‌ترتیب نشان می‌دهند. می‌توان گفت که در زبان اسپانیایی هیچ طرحی در لبه‌های پاره‌گفتار وجود ندارد که نشان‌دهنده تکیه منظم باشد. به بیان دیگر، قواعد تکیه در زبان اسپانیایی مشاهده‌پذیر در سطح نیستند. از این‌رو، نوزادان اسپانیایی به‌درستی نتیجه می‌گیرند که تکیه صرفاً نوعی ویژگی واجی نیست و باید در واژگان ذخیره و رمزگذاری شود.

- (2) a. circuló
corazón
b. círculo
sabana
c. círculo
sábana

منظم بودن تکیه در زبان‌هایی با تکیه واجی قابل پیش‌بینی (یعنی غیرتقابلی) همیشه به‌سادگی زبان فرانسوی (یعنی در لبه‌های پاره‌گفتار) در سطح گفتار قابل مشاهده نیست. برای مثال، وجود کلمات دستوری بدون تکیه در لبه‌های پاره‌گفتار ممکن است اطلاعات مربوط به محل تکیه را مبهم کند، چنان‌که در زبان مجاری دیده می‌شود. در این زبان، تکیه بر هجای آغازی کلمه قرار می‌گیرد، اما به‌دلیل وجود کلمات دستوری بدون تکیه در ابتدای پاره‌گفتار ممکن است پاره‌گفتار با هجای تکیه‌دار آغاز نشود. طرح تکیه مجاری در (۳) نشان داده شده‌است.

- (3) a. emberek ['emberek] 'man'
b. az emberek [az'emberek] 'the men'

نتیجه اینکه نوزادان ابتدا باید بین کلمات دستوری و قاموسی تفاوت قائل شوند تا بتوانند به طرح تکیه پی ببرند. با توجه به مشاهدات پیرکمپ و دوپو (2002) مبنی بر کسب توانایی تشخیص کلمات دستوری از قاموسی در یک‌سال اول زندگی (جدول ۱)، می‌توان گفت الگوریتم‌های پردازشی پیش از جمع‌بندی بازنمایی واجی، قاعده تکیه زبان مجاری را از پاره‌گفتارهای خام استخراج می‌کنند.

در نتیجه نیازی به رمزگذاری تکیه در واژگان نیست. باید توجه داشت که در زبان فرانسوی، اضافه شدن کلمات دستوری به انتهای پاره‌گفتار بر میزان مشاهده‌پذیری سطحی تکیه تأثیری نمی‌گذارد، زیرا کلمات دستوری در موقعیت نهایی گروه یا با تکیه بیان می‌شوند (مثلاً [donne-les [dɔn'le]، یا محدود به درج صامت‌اند (مثلاً [dis-je ['diʒ]).

در اینجا باید تأکید نمود که در مدل PD، تمایز میان کلمات دستوری و قاموسی صرفاً براساس اطلاعات واجی و آوایی انجام می‌شود، زیرا در مرحله پیش‌واژگانی نوزادان هنوز به اطلاعات صرفی دسترسی ندارند. از این رو، تشخیص پیش‌واژگانی این دو نوع کلمه برای نوزادان زمانی امکان‌پذیر است که این تمایز از پاره‌گفتارهای خام به دست آید و نیازی به الگوریتم‌های پیچیده‌تر نباشد. این موضوع به‌ویژه برای زبان‌هایی مانند فارسی اهمیت دارد که در ادامه به آن خواهیم پرداخت.

علاوه بر تمایز میان کلمات دستوری و قاموسی، تفاوت واجی دیگری که برای نوزادان پیش‌واژگانی قابل تشخیص است مربوط به وزن هجاهاست. برای نمونه، وقوع تکیه در زبان فیجیایی به سنگینی هجا بستگی دارد. در این زبان، تکیه بر روی هجای آخر قرار می‌گیرد. اما برخلاف زبان فرانسوی که تکیه در آن به وزن هجا حساسیتی ندارد، در فیجیایی اگر هجای آخر کلمه سنگین (یعنی شامل مصوت بلند یا مرکب) نباشد، تکیه به هجای ماقبل آخر منتقل می‌شود. چند نمونه از طرح تکیه کلمات فیجیایی در (۴) آمده است.

- (4) a. 'kam.ba kam.'ba.ta 'climb/climb it'
b. te.ʔe.vu: te.e.'vu:.na' 'start/start_{TR}'
c. pu.'lou pu.'lou.na 'covered/cover_{TR}'

همچنین، کلمات قاموسی تک‌هجایی به شرط سنگین بودن هجا مجازند. بنابراین، از دیدگاه الگوریتم پیش‌زبانی فراگیری تکیه، در پاره‌گفتارهای فیجیایی اگر هجای پایانی سنگین باشد، تکیه بر روی هجای پایانی، و در غیراین صورت بر روی هجای ماقبل پایانی قرار می‌گیرد. شاید ساده‌تر باشد که طرح مذکور را در قالب مورا صورت‌بندی نمود: تکیه همواره بر روی هجایی قرار می‌گیرد که شامل مورای ماقبل پایانی باشد. مثال‌های (۵) به خوبی این قاعده را نشان می‌دهد.

- (5) a. ... (μ)'(μμ)
b. ... (μμ)'(μμ)
c. ... '(μ)(μ)
d. ... '(μμ)(μ)

بنابراین، نوزادان فراگیرنده زبان فیجیایی باید ابتدا توانایی شمارش مورا را کسب کنند تا بتوانند قاعده تکیه را از پاره‌گفتار خام استخراج نمایند. در واقع، الگوریتم‌های فراگیری تکیه باید قادر باشند تفاوت بین مصوت‌های کوتاه و مصوت‌های بلند یا مرکب را تشخیص دهند. با توجه به شواهد تجربی درباره یادگیری قواعد واج‌آرایی (جدول ۱)، می‌توان فرض کرد که این نوع دانش پیش از تثبیت بازنمایی واجی به دست می‌آید. در نتیجه، نوزادان فراگیرنده زبان فیجیایی تکیه را از مجموعه ویژگی‌هایی که برای رمزگذاری واجی استفاده می‌شود حذف می‌کنند.

الگوریتم‌های فراگیری تکیه واجی همیشه مؤثر عمل نمی‌کنند. در واقع، ممکن است زبانی دارای تکیه واجی قابل پیش‌بینی باشد، اما نوزادان نتوانند طرح‌های تکیه را در لبه پاره‌گفتار به‌طور منظم مشاهده کنند و به اشتباه نتیجه بگیرند که تکیه در زبان‌شان غیرقابل پیش‌بینی است. نمونه آشکار این مورد در زبان لهستانی دیده می‌شود. در این زبان، تکیه معمولاً روی هجای ماقبل آخر قرار می‌گیرد (مثال‌های 6a و 6b). با این حال، وجود کلمات قاموسی تک‌هجایی از میزان مشاهده‌پذیری سطحی قاعده تکیه می‌کاهد (مثال‌های 6c).

- (6) a. 'gazet / ga'zeta / gaze'tami
b. sprawie'dliwość / sprawiedli'wości
c. 'kot / 'las

با اینکه در اکثر پاره‌گفتارهای لهستانی تکیه روی هجای ماقبل آخر ظاهر می‌شود (طرح 7a)، حضور کلمات تک‌هجایی در پایان پاره‌گفتار ممکن است باعث شود که تکیه روی هجای پایانی قرار گیرد (طرح 7b). برای نوزادان پیش‌واژگانی، که هنوز قادر به تشخیص مرز کلمات نیستند، تنها توجه به دو هجای پایانی پاره‌گفتار نمی‌تواند طرح و نظم قابل اعتمادی از تکیه کلمه پایانی ارائه دهد. چراکه در شرایطی که مرز کلمه بین دو هجای پایانی باشد (همان‌طور که با علامت # در طرح 7b نشان داده شده است)، استخراج نظم تکیه ماقبل آخر دشوار می‌شود. مسئله پیش‌بینی ناپذیری و تقابلی بودن تکیه در لهستانی منجر به نتیجه‌گیری اشتباه در نوزادان می‌شود. در نتیجه، آن را به‌عنوان ویژگی‌ای برای رمزگذاری واجی در واژگان در نظر می‌گیرند.

- (7) a. . . . 'σ σ
b. . . . 'σ σ # 'σ

به‌عنوان جمع‌بندی این بحث، نوزادان پیش‌واژگانی تکیه را تنها زمانی برای رمزگذاری واجی حفظ می‌کنند که به‌درستی (یا به‌اشتباه) نتیجه بگیرند که تکیه ویژگی‌ای صرفاً واجی نیست. نوزادانی که زبان اسپانیایی فرا می‌گیرند به‌درستی استنباط می‌کنند که تکیه تقابلی است و بنابراین، پس از شروع به ساخت واژگان، تکیه را در بازنمایی واجی کلمات لحاظ خواهند کرد. در مقابل، نوزادانی که زبان‌هایی مانند فرانسوی، فیجیایی یا مجاری می‌آموزند به‌درستی نتیجه می‌گیرند که تکیه صرفاً واجی است و به همین دلیل آن را رمزگذاری نمی‌کنند. در نهایت، نوزادانی که زبان لهستانی فرا می‌گیرند، به دلیل آنکه تکیه در سطح گفتار به‌وضوح مشاهده‌پذیر نیست، به‌اشتباه نتیجه می‌گیرند که تکیه تقابلی است و از این رو آن را به‌عنوان ویژگی واجی در بازنمایی واژگان حفظ می‌کنند. این امر منجر به رمزگذاری حشو تکیه در بازنمایی واجی کلمات می‌شود.

به‌عنوان نکته پایانی در این بخش باید گفت که ویژگی «مشاهده‌پذیری در سطح» همبستگی جالبی با استثنائات واژگانی تکیه دارد. در واقع، گویشوران تنها زمانی قادر به ذخیره‌سازی استثنائات واژگانی قاعده تکیه هستند که بتوانند تمایزهای تکیه را ادراک کنند؛ یعنی، زمانی که تکیه در بازنمایی واجی واژگان رمزگذاری شده باشد. پیرکمپ (2004) با بررسی رده‌شناختی ۵۱ زبان با تکیه ثابت نشان می‌دهد که در زبان‌هایی با تکیه مشاهده‌پذیر در سطح، گرایش قوی فقدان استثنائات واژگانی است. گویشوران این زبان‌ها قادر به ذخیره‌سازی طرح‌های تکیه استثنایی نیستند و وام‌واژه‌های خارجی نیز به‌طور خودکار با طرح تکیه زبان بومی هماهنگ می‌شوند. در مقابل، زبان‌های دارای تکیه ثابت، که فاقد ویژگی مشاهده‌پذیری در سطح‌اند، ممکن است استثنائات واژگانی در قواعد تکیه داشته باشند. نمونه بارز آن زبان لهستانی است که در آن وام‌واژه‌های بسیاری از قاعده تکیه هجای ماقبل آخر پیروی نمی‌کنند.

۵. درک تکیه در بزرگسالان: ناشنوایی تکیه

یکی از ادعاهای اصلی فرضیه فراگیری دوپو و پیرکمپ (2002) این است که مطالعات بین‌زبانی بر روی درک گفتار در بزرگسالان اطلاعات مفیدی درباره چگونگی استخراج طرح‌های واجی و واژگانی توسط نوزادان در اختیار ما می‌گذارد. در واقع، مواجهه اولیه با یک زبان تأثیر دائمی بر روی فرایندهای پردازشی گفتار در بزرگسالی دارد. از آنجاکه این تنظیمات پردازشی با ویژگی‌های زبان مادری

هماهنگ می‌شود، شنوندگان در برابر ساختارهای گفتار غیربومی با مشکلات گوناگونی مواجه خواهند شد. از اختلال در پردازش ادراکی تمایزات غیربومی، به‌عنوان «ناشنوایی واجی»^۱ یاد می‌شود. به‌طور مشخص، ناشنوایی واجی ممکن است در پردازش تقابل‌های غیربومی بروز یابد. گویشوران معمولاً در تشخیص تمایزاتی که یا در زبان مادری آنها کاملاً غایب است یا صرفاً به‌صورت واجگونه وجود دارد، دچار مشکل می‌شوند. برای مثال، چون در زبان ژاپنی تنها یک همخوان روان ([r]) وجود دارد، گویشوران این زبان در تشخیص تمایز بین همخوان‌های [r] و [l] زبان انگلیسی مشکل دارند و هر دو را به‌صورت [r] درک می‌کنند.

مطالعات دوپو و همکاران به خوبی نشان داده‌است که ناشنوایی واجی در حوزه نوای زبان نیز وجود دارد. به‌ویژه، دوپو و همکاران (1997) و (2001) با به‌کارگیری آزمون‌های مختلف بازیابی از حافظه دریافتند که گویشوران فرانسوی برخلاف گویشوران اسپانیایی در درک تقابل‌های تکیه با مشکل مواجه‌اند و، از این منظر، ناشنوایی تکیه دارند. این پژوهشگران در مطالعات بعدی خود نشان دادند که تأثیر زبان مادری بر درک تمایزات غیربومی حتی در دوزبانه‌های بسیار مسلط و زودهنگام نیز مشهود است. درواقع، دشواری گویشوران فرانسوی در پردازش تمایزات تکیه زبان اسپانیایی، با وجود تسلط زیاد بر زبان اسپانیایی، همچنان پابرجاست و حتی با مواجهه گسترده با زبان دوم از بین نمی‌رود (Doupo et al., 2008). به بیان دیگر، «ناشنوایی تکیه» ریشه در فراگیری در دوران نوزادی دارد و پس از آن، چه در یادگیری زبان مادری و چه در یادگیری زبان دوم، تغییر چندانی نمی‌کند.

برای بررسی ناشنوایی تکیه در زبان‌های گوناگون، دوپو و همکاران روشی آزمایشگاهی بر پایه «بازیابی ترتیب توالی از حافظه کوتاه مدت»^۲ (SRT) پیشنهاد نموده‌اند. در این آزمایش، توانایی تمایز یک تقابل تکیه‌ای در مقایسه با یک تقابل واجی در شرایط مختلف بار حافظه بررسی می‌شود. آزمایش به دو بخش تقسیم شده‌است. در هر بخش، آزمودنی‌ها باید دو کلمه ساختگی [CVCV] بیاموزند که تنها در یک بُعد واجی متفاوت‌اند. این تفاوت یا در محل تولید همخوان دوم (مثلاً [muku]/[munu]) و یا در محل تکیه (مثلاً [númi]/[numí]) است. آزمودنی‌ها یاد می‌گیرند که

1) phonological deafness

2) Sequence-Recall Task

هر یک از این کلمات را با یکی از کلیدهای [۱] و [۲] روی صفحه کلید رایانه نشان دهند. سپس، به توالی‌های تصادفی از این دو کلمه گوش می‌دهند که بلافاصله باید آن را به صورت توالی‌هایی از [۱] و [۲] ثبت کنند. طول توالی‌ها از دو تا شش کلمه متغیر است. برای اطلاع از جزئیات آزمون SRT در زبان فارسی به پژوهش معصومی و مدرسی قوامی (۱۴۰۱) مراجعه کنید.

علاوه بر زبان‌های فرانسوی و اسپانیایی، روش فوق برای بررسی درک تکیه در میان گویشوران فنلاندی، مجاری و لهستانی نیز به کار گرفته شد (Doupoux and Peperkamp, 2002). در زبان فنلاندی، تکیه همیشه بر روی هجای اول کلمه قرار دارد، و از این نظر می‌توان آن را تصویر وارونه‌ای از تکیه در زبان فرانسه دانست، چراکه در فنلاندی تکیه به جای انتهای پاره‌گفتار از ابتدای آن قابل استنتاج است. نتایج این مطالعه نشان داد که گویشوران فنلاندی و مجاری در درک تکیه همانند گویشوران فرانسوی عمل می‌کنند، به این معنا که در شناسایی تقابل‌های تکیه‌ای به مراتب خطای بیشتری نسبت به تقابل‌های واجی داشتند. گویشوران لهستانی نیز خطای بیشتری در تمایز تقابل‌های تکیه‌ای نسبت به واجی داشتند، اما این تفاوت به لحاظ آماری معنادار نبود. علاوه بر این، تفاوت معناداری در عملکرد گویشوران لهستانی و اسپانیایی مشاهده نشد. براساس این مشاهدات، زبان‌ها در آزمون ناشنوایی تکیه و ارتباط آن با نظام واجی در سه دسته قرار می‌گیرند:

۱. ناشنوایی قوی: زبان‌هایی که تکیه پیش‌بینی‌پذیر واجی دارند و طرح‌های تکیه در آنها عمدتاً در سطح مشاهده‌پذیر است.

۲. ناشنوایی ضعیف: زبان‌هایی که تکیه پیش‌بینی‌پذیر واجی دارند اما طرح‌های تکیه در آنها به طور کامل در سطح مشاهده‌پذیر نیست.

۳. عدم ناشنوایی: زبان‌هایی که تکیه غیرقابل پیش‌بینی و تقابلی دارند.

۶. چالش‌های تکیه زبان فارسی برای پردازش پیش‌واژگانی

توصیف ساختاری طرح‌های تکیه در زبان فارسی اصولاً با ارجاع به مفاهیم صرفی-نحوی (مانند تکواژ، مقوله نحوی و برجسب‌های صرفی مانند اشتقاق و تصریف) و نه واجی/آوایی (تعداد و وزن هجا، نوع مصوت و نظایر این) انجام می‌گیرد. تکیه بیشتر کلمات تصریف‌نشده زبان (شامل تمام اسم‌ها و صفت‌های ساده، مشتق و مرکب) روی هجای آخر است. اما صورت‌های تصریف‌شده یا

دارای واژه‌بست، متناسب با ویژگی صرفی-نحوی هر کدام، مکان تکیه متفاوت خواهند داشت. مثلاً پیشوندهای تصریفی در افعال تکیه جذب می‌کنند، درحالی‌که پسوندهای تصریفی چنین اثری ندارند. پس محل تکیه در زبان فارسی پیش‌بینی‌پذیر و قاعده‌مند است، اگر – و این شرط مهمی است – مفاهیمی مانند کلمه و مقوله نحوی و برجسب‌های صرفی را بدیهی فرض کنیم، چنان‌که معمولاً در سنت‌های دستورنویسی و زبان‌شناسی چنین است. اما براساس مفروضات PD، داستان برای الگوریتم‌های پیش‌واژگانی نوزادان بسیار متفاوت است، چرا که بیشتر این مفاهیم و برجسب‌ها برای نوزادان قابل درک یا بدیهی نیست. منابع نوزاد در چنین شرایطی محدود به اطلاعات سیگنال‌های آوایی و طرح‌های ریتمیک مانند توالی هجاها در گفتار پیوسته است که از طریق آنها به تدریج به تمایزات زبانی دست می‌یابد. مهم‌ترین ویژگی‌های تکیه فارسی از دیدگاه الگوریتم‌های پردازشی PD به شرح زیر است:

الف. عدم مشاهده‌پذیری در سطح

به دلیل تأثیر زیاد مقولات دستوری و صرفی و تعداد نسبتاً زیاد نکواژهای مقید متعلق به لایه‌های مختلف صرف (اشتقاقی، تصریفی، واژه‌بستی)، طرح‌های تکیه فارسی از پاره‌گفتار خام قابل مشاهده نیستند. به نظر می‌آید که فارسی از این جهت نه تنها در مقایسه با زبان‌های مورد مطالعه PD، بلکه اصولاً در میان زبان‌های جهان یکی از پیچیده‌ترین طرح‌های تکیه را برای کودکان پیش‌واژگانی دارد. در بیشتر زبان‌های مطالعه‌شده، حتی اگر تکیه تا حد زیادی غیرقابل پیش‌بینی باشد، گرایش تکیه به بروز در یکی از دو سوی کلمه (اول یا آخر) است. مثلاً در زبان اسپانیایی که PD به‌عنوان زبانی با تکیه پیش‌بینی‌ناپذیر معرفی می‌کند، گرایش به سمت آخر کلمه است. از همین روی، در زبان‌های مورد بحث PD، از همان ابتدا کمابیش مشخص می‌شود که الگوریتم‌های پردازش تکیه کدام لبه پاره‌گفتار را مورد توجه قرار می‌دهند. اما در فارسی تقابل تکیه انتهای اسامی ساده و مشتق و مرکب با تکیه ابتدایی افعالی که پیشوند تصریفی می‌پذیرند، طرحی نامتقارن برای الگوریتم پردازش لبه پاره‌گفتار به وجود می‌آورد. توجه کنید که پاره‌گفتارها می‌توانند با فعل شروع شوند یا فقط شامل فعل باشند، که چنین وضعی در IDS بسیار محتمل است. برای مثال، می‌توان تصور کرد که یک پیکره طبیعی از IDS زبان فارسی تا چه اندازه از پاره‌گفتارهایی نظیر «می‌گشمتا، می‌خورمتا» پر باشد.

علاوه‌براین، دو ویژگی دیگر که طبق رویکرد PD، الگوریتم‌های پردازش لبه پاره‌گفتار را در تشخیص طرح‌های تکیه دچار چالش می‌کند در زبان فارسی رایج است: یکی کلمات تکیه‌دار تک‌هجایی که در فارسی فراوان‌اند؛ و دیگری، وجود انواع وندها و کلمات دستوری که تکیه نمی‌پذیرند. در اینجا لازم به ذکر است که در متن PD به مسئله تکیه‌زدایی^۱ و وضعی که در آن پاره‌گفتار با کلماتی بدون تکیه به پایان می‌رسد پرداخته نشده است. این نوع پاره‌گفتارها در گفتار بزرگسالان بسیاری از زبان‌های جهان از جمله فارسی رایج‌اند. هر چند این احتمال وجود دارد که بررسی داده‌های طبیعی نشان دهد در IDS، نسبت به گفتار بزرگسالان، توالی‌های تکیه‌زدایی شده کمتری مشاهده می‌شود، این موضوع نیز باید در پژوهش‌های آتی مرتبط مورد توجه قرار گیرد.

ب. چالش تمایز بین تکواژهای دستوری و قاموسی

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، در زبان مجاری نوزادان پیش‌واژگانی احتمالاً پس از کسب توانایی تمایز تکواژهای دستوری از قاموسی، طرح تکیه واجی این زبان را شناسایی می‌کنند. بنابراین نیازی به رمزگذاری آن در واژگان وجود ندارد. ممکن است در نگاه نخست ترغیب شویم که چنین وضعی را به زبان فارسی تعمیم دهیم، همان‌گونه که معصومی و مدرسی قوامی (۱۴۰۱) نیز فرض کرده‌اند؛ به این معنا که اگر نوزادان فارسی‌آموز بتوانند تکواژهای دستوری را از قاموسی تشخیص دهند، مشکلات استخراج طرح‌های تکیه از پاره‌گفتار خام رفع می‌شود. اما با در نظر گرفتن پویایی صرفی تکیه در فارسی، چنین فرضی به دلایل زیر دور از انتظار است.

نخست اینکه در زبان مجاری، براساس تحلیل PD، تکواژهای دستوری تأثیر محدودی در ابهام‌آفرینی برای طرح تکیه دارند؛ بیشتر این تکواژهای تک‌هجایی تنها زمانی که در ابتدای پاره‌گفتار قرار می‌گیرند ممکن است طرح تکیه را اندکی مبهم سازند. این شرایط اما به هیچ‌وجه با تنوع گسترده و پیچیدگی دخالت تکواژهای دستوری در طرح‌های تکیه در فارسی قابل مقایسه نیست. تکواژهای دستوری که با الگوریتم‌های پردازش لبه گفتار در فارسی مرتبط‌اند، به لایه‌های متنوع صرفی-نحوی تعلق دارند و به صورت محدود و منسجم ظاهر نمی‌شوند؛ آنها شامل وندها، واژه‌بست‌ها، حروف اضافه و حتی ضمائر آزادند که هرکدام رفتار خاص خود را در جملات دارند.

1) deaccentuation

درواقع، در فارسی نمی‌توانیم وجود یا نبود تکیه را به‌سادگی با دسته‌بندی کلی قاموسی یا دستوری توجیه کنیم، زیرا بسیاری از عناصر دستوری نیز تکیه می‌گیرند. برای مثال، پیشوندهای فعلی و پسوندهای اشتقاقی با وجود ماهیت مقید خود تکیه می‌گیرند. از سوی دیگر، برخلاف بسیاری از زبان‌ها، ضمائر شخصی آزاد که اغلب تک‌هجایی و دارای ساختار واجی ساده‌اند (مانند «ما، تو»)، نیز در فارسی تکیه می‌گیرند. علاوه‌براین، حروف اضافه هرچند تکیه نمی‌پذیرند، به‌دلیل اتصال احتمالی به کلمات پیشین یا پسین، چالشی برای الگوریتم‌های کشف تکیه ایجاد می‌کنند (مثلاً رشته «من از علی» می‌تواند به گونه‌های متفاوتی مانند [ma.na.za.li] یا [man.a.za.li] هجابندی شود).

نکته مهم این است که کودک برای تفکیک عناصر دستوری و قاموسی، از ابتدا نمی‌تواند به‌سادگی با عدم مشاهده تکیه در هر لبه پاره‌گفتار به این نتیجه برسد که عنصر مقابل او دستوری است، بلکه باید در گام نخست، تفاوت این دو دسته را به‌صورت مستقل از توزیع تکیه کشف کند. سپس ممکن است متوجه شود که این تمایز با توزیع تکیه همبستگی بالایی دارد. بنابراین، حتی اگر در پاره‌گفتارهای فارسی چنین تمایزی قابل استخراج باشد، همبستگی قوی با بروز تکیه ندارد، زیرا برخلاف زبان‌هایی مانند معجاری، نمی‌توانیم یک قانون کلی ارائه کنیم که در آن تکواژهای دستوری در لبه پاره‌گفتارها فاقد تکیه باشند، زیرا بسیاری از این تکواژها در فارسی تکیه می‌گیرند.

دوم، همان‌طور که از مدل PD برمی‌آید، تمایز بین کلمات دستوری و قاموسی در مرحله پیش‌واژگانی فقط براساس اطلاعات آوایی و سطحی سیگنال گفتاری انجام‌پذیر است، زیرا نوزادان هنوز به برجسب‌های صرفی دسترسی ندارند. به‌طور کلی، این امکان وجود دارد که کلمات دستوری نسبت به کلمات قاموسی از طریق ویژگی‌های جهانی خاصی شناسایی شوند؛ مثلاً کلمات یا تکواژهای دستوری بسامد وقوع بیشتری دارند، از نظر زمانی کوتاه‌ترند، انرژی کمتر و ساخت هجایی ساده‌ای دارند و مصوت‌هایشان گرایش به مرکزی‌شدگی نشان می‌دهند. پژوهشگران با مدل‌سازی پردازش نوزادان از طریق شبکه‌های عصبی خودسازمان دهنده^۱ (SONN) نشان دادند که مجموعه ویژگی‌های آکوستیکی و توزیعی در سیگنال می‌تواند کلمات را در پاره‌گفتارهای IDS در سه زبان

1) Self-Organizing Neural Networks

انگلیسی، چینی ماندارین و ترکی، با دقتی بین ۸۴ تا ۹۰ درصد، به‌عنوان کلمات دستوری یا قاموسی طبقه‌بندی کند (Shi, 2014; Shi, Morgan and Allopenna, 1998).

باید توجه داشت که ویژگی‌های آکوستیکی که به نوزاد کمک می‌کند تا کلمات دستوری را از قاموسی تمیز دهد، در زبان‌هایی برجسته‌تر است که تنوع واجگونگی در مصوت‌ها دارند. برای مثال، در زبان انگلیسی، تفاوت‌های طیفی قابل توجهی بین مصوت‌های تکیه‌دار و بی‌تکیه وجود دارد و حتی نظام واجی انگلیسی به‌گونه‌ای شکل گرفته که برخی مصوت‌ها فقط در هجای تکیه‌بر ظاهر می‌شوند. چنین تفاوت‌هایی در زبان فارسی به مراتب کمتر به چشم می‌آید، زیرا نظام مصوت فارسی درجه و واجگونگی نسبتاً پایینی دارد. توزیع مصوت‌های فارسی هیچ‌گونه همبستگی آشکاری با محل تکیه ندارد. همچنین در فارسی برخلاف بسیاری از زبان‌ها مصوت شوا وجود ندارد. شوا معمولاً به‌عنوان مصوت هجاهای بی‌تکیه شناخته می‌شود، و از این‌رو نشانگر مهمی برای پردازش تمایزهای تکیه محسوب می‌شود، و این امر در زبان فارسی می‌تواند پردازش آکوستیکی پیش‌واژگانی مرتبط با وزن یا تکیه را پیچیده‌تر کند.

در نهایت، چالش تمایز تکواژهای دستوری در زبان فارسی بیش از هر چیز در درجه بالای هم‌آوایی تکواژهای مقید نمایان می‌شود، که به ایجاد تعداد بی‌شمار زوج کمینه در محدوده‌های دو تا چند هجایی منجر می‌گردد. مثلاً الگوریتم پیش‌واژگانی چگونه می‌تواند تمایز میان [dás.te] و [das.té] را در لبه انتهایی پاره‌گفتار پردازش کند؟ کودک پیش‌واژگانی، بدون دسترسی به برجسب‌های صرف-نحوی و تنها با اتکا به بافت آوایی یا واجی، چگونه باید از قبل تفاوت میان [e] به‌عنوان واژه‌بست سوم شخص مفرد فعل ربطی مضارع و [e] به‌عنوان پسوند معرفه را بداند تا بتواند براساس این تفاوت، طرح تکیه هجای آخر فارسی را از [dás.te] و [das.té] استخراج کند؟ این مورد تنها بخشی از پیچیدگی پردازش است. کافی است سایر نقش‌های [e] را مانند پسوند صفت مفعولی، پسوند اسم اشتقاقی، کسره اضافه و یا حتی به‌عنوان صدای پایانی در کلمات قاموسی (مانند دسته) را در نظر بگیریم تا ابعاد دشواری استخراج تکیه در فارسی بهتر قابل تصور باشد.

به نظر می‌رسد که بخشی از اهمیت تکیه در زبان فارسی، که در رفع ابهام تمایزهای مهم ساختاری نقش دارد، با این واقعیت همبسته است که تعداد زیادی از عناصر مقید دستوری در فارسی هم‌آوا هستند. شواهد آزمایشگاهی نشان می‌دهد که گویشوران بزرگسال زبان فارسی در بافت‌هایی

که تقابل‌هایی مانند [das.té] و [dás.te] تکیه‌زدایی می‌شوند (مانند محدودهٔ پساکانونی جمله)، نمی‌توانند این دو را از یکدیگر تشخیص دهند (Rahmani, Rietveld and Gussenhoven, 2018). این واقعیت نشان می‌دهد که در واج‌شناسی بزرگسالان، تمایزی میان دو [e] وجود ندارد و این موضوع به‌نوبهٔ خود احتمال توانایی تشخیص آن توسط نوزادان پیش‌واژگانی را به‌شدت کاهش می‌دهد. این وضعیت بسیار متفاوت از تمایز کلمات دستوری و قاموسی در زبانی مانند مجاری است. اگر تکیه در مجاری تا این حد نقش رفع ابهام داشت، مدل PD به‌سادگی نمی‌توانست فرض کند که تمایز این دو نوع کلمه برای کودکان پیش‌واژگانی قابل یادگیری است. لازم به ذکر است که در بررسی PD، برای هیچ‌کدام از زبان‌های دارای تکیهٔ پیش‌بینی‌پذیر واجی، وجود زوج کمینه گزارش نشده‌است.

ج. ناشنوایی تکیه در فارسی‌زبانان

اگر نوزادان فراگیرندهٔ فارسی نتوانند قواعد تکیه را صرفاً براساس طرح‌های آوایی از پاره‌گفتار استخراج کنند، طبق استدلال PD، این قواعد را در مراحل بعد که به اطلاعات صرفی و واژگانی دسترسی دارند، در واژگان رمزگذاری می‌کنند. همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، زبان‌هایی که تکیه در آنها به برجسب‌های صرفی یا مقولات دستوری وابسته است، حتی با وجود قاعده‌مند بودن تکیه، از دید الگوریتم‌های فراگیری تکیه، مانند زبان‌های تکیهٔ پیش‌بینی‌ناپذیر عمل می‌کنند. به‌طور مشخص، از گویشوران بزرگسال چنین زبان‌هایی انتظار داریم که ناشنوای تکیه نباشند. پس پیش‌بینی اولیه براساس پیش‌فرض‌های PD این است که فارسی‌زبانان در آزمون SRT عملکرد خوبی داشته باشند. اما یافته‌ها خلاف این پیش‌بینی را نشان می‌دهد. در پژوهشی میان‌زبانی، فارسی‌زبانان در آزمون SRT به‌شدت ضعیف عمل کردند و عملکردی مشابه گروه‌های اندونزیایی و فرانسوی (زبان‌هایی بدون کدگذاری محل تکیه در واژگان) داشتند و به مراتب ضعیف‌تر از شرکت‌کنندگان هلندی و ژاپنی (زبان‌هایی با رمزگذاری تکیه در واژگان) بودند (Rahmani, Rietveld and Gussenhoven, 2015). عدم موفقیت آنها در آزمون SRT اثری قوی و پایدار است و در پژوهش‌های بعدی نیز مشاهده شده‌است (معصومی و مدرسی قوامی، ۱۴۰۱).

براساس PD، ناشنوایی تکیه ویژگی زبان‌هایی با تکیه پیش‌بینی‌پذیر واجی است و در زبان‌هایی با تکیه صرفی، مانند فارسی، دور از انتظار است. البته برای اجتناب از پیچیدگی مطلب از بحث تکیه‌های استثنایی در فارسی (مانند تکیه اول در برخی قیود و حروف ربط) چشم‌پوشی کردیم. اما باید تأکید کرد که این استثناها در چارچوب PD اهمیت ویژه‌ای دارند، زیرا نشان‌دهنده وابستگی عمیق نظام تکیه به مقولات صرفی یا واژگانی‌اند. براساس PD، وجود هرگونه استثنا حتی در مقیاس محدود، پیامدهای مهمی در فرایند فراگیری دارد و باعث اختلال در نظام تکیه پیش‌بینی‌پذیر واجی می‌شود.

با توجه به مطالبی که ذکر شد باید پرسید چرا فارسی‌زبانان ناشنوای تکیه‌اند؟ یک پاسخ ممکن، همان‌طور که رحمانی (2019) پیشنهاد می‌دهد، این است که سازوکار تعیین محل تکیه در فارسی از نظام صرف و نحو (و نه صرف محدود به واژگان) دستور می‌گیرد و اصولاً محدود به حوزه واج‌شناسی واژگانی نیست و نیازی به رمزگذاری واژگانی در بازنمایی واجی کلمات منفرد ندارد. نظامی که محل وقوع وندها و واژه‌بست‌های سطح گروه و جمله را تعیین می‌کند محل وقوع تکیه را نیز تعیین می‌کند. یادآوری می‌شود که در متن PD، تکیه به برجستگی آوایی در توالی هجاها دلالت دارد و پژوهشگران PD چندان با تمایزات انتزاعی مانند تکیه گروهی، تکیه وزنی و مانند آن درگیر نمی‌شوند. هدف این مقاله نیز مطالعه دقیق تکیه فارسی یا تفکیک مفاهیم انتزاعی مرتبط با آن نیست؛ بنابراین، دنبال یافتن پاسخی مشخص برای مسئله ناشنوایی تکیه در فارسی نیست. پاسخ رحمانی تنها یکی از پاسخ‌های ممکن است، و مدل PD نیز همانند هر مدلی می‌تواند نقاط ضعف خود را داشته باشد. این موضوعات هر کدام به تنهایی نیازمند پژوهش و روایت مستقل‌اند.

پیام مهم مقاله حاضر این است که، ورای پیش‌بینی‌پذیری تکیه در فارسی، پیچیدگی‌هایی وجود دارد که معمولاً کمتر به آنها توجه می‌شود. در نظر گرفتن ابعاد پیچیده پردازش و فراگیری زبان می‌تواند به درک ژرف‌تر تکیه و پدیده‌های مرتبط کمک کند و مسیرهای پژوهشی تازه‌ای برای بررسی گفتار طبیعی و چالش‌های پردازشی آن باز نماید.

۷. نتیجه‌گیری و پژوهش‌های آتی

تکیه کلمه را می‌توان از دید الگوریتم‌های پردازش و فراگیری زبان بررسی کرد، الگوریتم‌هایی که به زبان به‌عنوان توالی پیوسته از سیگنال صوتی و نه ترکیب‌های از پیش تعریف‌شده از کلمات و تکواژها،

نگاه می‌کنند. این دیدگاه با در نظر گرفتن ویژگی‌ها و محدودیت‌های شناختی نوزادان، جنبه‌های جدیدی از پیچیدگی مواجهه با پدیده‌های زبانی را نمایان می‌سازد. مدل فراگیری تکیه PD که در این مقاله معرفی شد، هرچند که فاقد مؤلفه‌های دقیق کمی برای تحلیل‌های محاسباتی است، برای مطالعه جنبه‌های نوایی زبان فارسی و ارزیابی تحلیل‌های نظری برآمده از صورت‌بندی‌های سنتی، می‌تواند نقطه شروع مناسبی باشد.

پیشرفت‌های اخیر در بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای مسائل زبان‌شناسی و افزایش دسترسی به داده‌ها در مقیاس وسیع فرصت‌های تازه‌ای برای پژوهش در این حوزه فراهم نموده است. دوپو (2018)، با معرفی رویکرد هوش مصنوعی رشد^۱ در پژوهش‌های فراگیری زبان، پیشنهاد می‌کند که با استفاده از سیستم‌های محاسباتی مقیاس‌پذیر^۲ که با داده‌های واقعی تغذیه می‌شوند می‌توان روندها و الگوریتم‌های فراگیری زبان را به شیوه‌ای مشابه آنچه در نوزادان رخ می‌دهد شبیه‌سازی کرد. چنین رویکردی کمک می‌کند تا بهتر بفهمیم نوزادان چگونه سیگنال‌های گفتار را تفسیر و به سایر جنبه‌های ادراکی خود تعمیم می‌دهند. این رویکرد در واقع نوعی مهندسی معکوس^۳ یادگیری نوزادان است که راه را برای فهم عمیق‌تر فراگیری زبان هموار می‌سازد.

از این رو، می‌توان چشم‌اندازی برای پژوهش‌های نوایی زبان فارسی در نظر گرفت که به استفاده از رویکردهای پردازشی و فراگیری زبان متکی باشد. به‌عنوان نمونه، برخلاف فرضیات PD که در این مقاله بررسی شد، ممکن است در واقعیت هم‌پوشانی‌هایی میان مراحل پیش‌واژگانی و واژگانی زبان‌آموزی مشاهده شود که نیازمند مدلی پیچیده‌تر برای مطالعه پردازش تکیه باشد. در این راستا، می‌توان از روش‌های نوینی بهره گرفت که، با در نظر گرفتن پیچیدگی‌های مختلف زبان‌آموزی، تلاش می‌کنند با استفاده از داده‌های گسترده و شبیه‌سازی رفتار کودک در مواجهه با سیگنال گفتار، از طریق مدل‌های یادگیری ماشین خودنظارتی^۴، این فرایند را ارزیابی کنند (Swingley and Algayres, 2024). بنابراین، به‌وضوح نیازمند برنامه‌ریزی دقیق برای جمع‌آوری داده‌های طبیعی و انجام پژوهش‌های منسجم و مشترک در حوزه‌های آواشناسی، واج‌شناسی آزمایشگاهی، زبان‌شناسی رایانشی و عصب‌شناسی زبان هستیم تا ابعاد مختلف این فرایند پیچیده را بهتر بشناسیم.

1) developmental AI
4) self-supervised learning

2) Scalable Systems

3) reverse engineering

منابع

- معصومی، انیس و گلناز مدرسی قوامی (۱۴۰۱)، «ناشنوایی تکیه در گونه‌های تهرانی و کرمانی زبان فارسی»، زبان پژوهی، دوره ۱۴، ش ۴۴ (پیاپی ۴۴)، ص ۲۵۵-۲۸۳.
- Christophe, A. et al. (1994), "Do Infants Perceive Word Boundaries? An Empirical Study of the Bootstrapping of Lexical Acquisition", *The Journal of the Acoustical Society of America*, 95(3), p. 1570-1580.
- Dresher, B. E. and J. D. Kaye (1990), "A Computational Learning Model for Metrical Phonology", *Cognition*, 34(2), p. 137-195.
- Dupoux, E. (2018), "Cognitive Science in the Era of Artificial Intelligence (A Roadmap for Reverse-engineering the Infant Language-learner)", *Cognition*, 173, p. 43-59.
- Dupoux, E., et al. (1997), "A Destressing "Deafness" in French?", *Journal of Memory and Language*, 36(3), p. 406-421.
- Dupoux, E. et al. (2001), "A Robust Method to Study Stress Deafness", *The Journal of the Acoustical Society of America*, 110(3), p. 1606-1618.
- Dupoux, E. and S. Peperkamp (2002), "Fossil Markers of Language Development (Phonological Deafnesses in Adult Speech Processing)", *Phonetics, Phonology, and Cognition*, Oxford, Oxford University, p. 168-190.
- Dupoux, E. et al. (2008), "Persistent Stress 'Deafness' (The Case of French Learners of Spanish)", *Cognition*, 106(2), p. 682-706.
- Friederici, A. D. and J. M. Wessels (1993), "Phonotactic Knowledge of Word Boundaries and Its Use in Infant Speech Perception", *Perception and Psychophysics*, 54(3), p. 287-295.
- Gerken, L., P. W. Jusczyk, and D. R. Mandel (1994), "When Prosody Fails to Cue Syntactic Structure (9-Month-Olds' Sensitivity to Phonological Versus Syntactic Phrases)", *Cognition*, 51(3), p. 237-265.
- Hirsh-Pasek, K. et al. (1987), "Clauses Are Perceptual Units for Young Infants", *Cognition*, 26(3), p. 269-286.
- Jusczyk, P. W. et al. (1993), "Infants' Sensitivity to the Sound Patterns of Native Language Words", *Journal of Memory and Language*, 32(3), p. 402-420.
- Jusczyk, P. W., P. A. Luce and J. Charlss-Luce (1994), "Infants' Sensitivity to Phonotactic Patterns in the Native Language", *Journal of Memory and Language*, 33(5), p. 630-645.
- Jusczyk, P. W. and R. N. Aslin (1995), "Infants' Detection of the Sound Patterns of Words in Fluent Speech", *Cognitive Psychology*, 29(1), p. 1-23.
- Mehler, J., E. Dupoux, and J. Segui (1990), "Constraining Models of Lexical Access (The Onset of Word Recognition)", *Cognitive Models of Speech Processing (Psycholinguistic and Computational Perspectives)*, Gary Altmann (ed.), Cambridge, MIT Press, p. 236-262.
- Myers, J. et al. (1996), "Infants' Sensitivity to Word Boundaries in Fluent Speech", *Journal of Child Language*, 23(1), p. 1-30.
- Peperkamp, S. and E. Dupoux (2002), "A Typological Study of Stress Deafness", *Laboratory Phonology*, 7(2000), p. 203-240.

- Peperkamp, S. A., (2004), "Lexical Exceptions in Stress System (Arguments from Early Language Acquisition and Adult Speech Perception)", *Language*, 80(1), p. 98-126.
- Rahmani, H. (2019), *An Evidence-Based New Analysis of Persian Word Prosody*, Amsterdam, LOT.
- Rahmani, H., T. Rietveld and C. Gussenhoven (2015), "Stress Deafness Reveals Absence of Lexical Marking of Stress or Tone in the Adult Grammar", *PloS One* 10(12), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143968>.
- _____ (2018), "Post-Focal and Factive Deaccentuation in Persian", *Glossa (A Journal of General Linguistics)*, 3(1), Article 13. <https://doi.org/10.5334/gjgl.328>.
- Räsänen, O., G. Doyle and M. C. Frank (2018), "Pre-Linguistic Segmentation of Speech Into Syllable-Like Units". *Cognition*, 171, p. 130-150.
- Shady, M. E. (1996), Dissertation, "Infants' Sensitivity to Function Morphemes", Buffalo, State University of New York.
- Shi, R., J. L. Morgan, and P., Allopenna (1998), "Phonological and Acoustic Bases for Earliest Grammatical Category Assignment (A Cross-Linguistic Perspective)", *Journal of Child Language*, 25(1), p. 169-201.
- Shi, R. (2014), "Functional Morphemes and Early Language Acquisition", *Child Development Perspectives*, 8(1), p. 6-11.
- Swingley, D. and R. Algayres (2024), "Computational Modeling of the Segmentation of Sentence Stimuli From an Infant Word-Finding Study", *Cognitive Science*, 48(3), e13427, <https://doi.org/10.1111/cogs.13427>.
- Tesar, B. and P. Smolensky (1998), "Learnability in Optimality Theory", *Linguistic Inquiry*, 29(2), p. 229-268.