



عدم تفاوت‌های جنسیتی در پردازش مشخصه‌های فای در افراد دوزبانه متوازن: مطالعه‌ای بر پایه تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکردی (fMRI)

سیمین میکده^{۱*}

ورنر زومر^۲

مقاله پژوهشی

چکیده

بررسی تفاوت‌های جنسیتی بر پردازش مشخصه‌های فای شخص و شمار در زبان اول و دوم دوزبانه‌ها، محور اصلی مطالعه حاضر است. بدین منظور، عملکرد ۳۰ نفر دوزبانه ترکی - فارسی (۱۵ زن) که زبان دوم را به هنگام ورود به مدرسه آموخته بودند، با روش تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکردی (fMRI) و الگوی تحریک وابسته به رویداد ارزیابی شد. هر دو گروه فعالیت معنادار پارس آپرکولاریس را فقط برای مشخصه شمار نشان دادند. در حالی که، ناحیه شکنج گیجگاهی فوقانی خلفی برای هر دو مشخصه شخص و شمار فعال شد. نکته قابل اهمیت این است که هیچ تفاوتی در الگوی فعالیت مغزی زنان و مردان در پردازش مشخصه‌های فای شخص و شمار دیده نشد. به‌طور کلی، نتایج حاضر پیشنهاد می‌کند که پردازش مشخصه‌های فای شخص و شمار متأثر از تفاوت‌های جنسیتی، سن یادگیری زبان دوم یا تعامل این دو عامل نیست که خود حاکی از توانش نحوی هم‌تراز زنان و مردان در زبان اول و دوم برای دوزبانه‌های متوازن است.

کلیدواژه‌ها: دوزبانه‌های متوازن، مشخصه‌های فای شخص و شمار، پارس آپرکولاریس، شکنج گیجگاهی فوقانی خلفی، fMRI

مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری دانشگاه تربیت مدرس، با عنوان بررسی اثرات بسندگی زبان و سن یادگیری زبان دوم بر دستگاه عصبی برای پردازش صرفی - نحوی با استفاده از ERPs و fMRI به راهنمایی دکتر ارسلان گل‌قام و دکتر علی مطیع نصرآبادی است.

✉ a.meykadeh@modares.ac.ir

۱- دکترای زبان‌شناسی، گروه زبان‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس،

تهران، ایران*

✉ werner.sommer@cms.hu-berlin.de

۲- استاد گروه روانشناسی، دانشگاه هومبولت برلین، آلمان

۱- مقدمه

با گذشت نزدیک به یک قرن از پژوهش‌های زبان‌شناختی و روانشناختی، هنوز موضوع میزان اثرگذاری تفاوت‌های جنسیتی بر زبان افراد مورد بحث است. برخلاف برخی مطالعات که بر این باورند که عملکرد زنان در مقایسه با مردان در درک (چو و مک‌براید-چانگ^۱، ۲۰۰۶؛ لوگان و جانستون^۲، ۲۰۱۰؛ استوئت و گیری^۳، ۲۰۱۳) و تولید زبان (لیپر و اسمیت^۴، ۲۰۰۴) بهتر است، زل و همکارانش^۵ (۲۰۱۵) نتایج ۱۰۶ فراتحلیل^۶ شامل داده بیش از ۱۲ میلیون شرکت‌کننده را ارزیابی نمودند و ضمن تأیید فرضیه شباهت‌های جنسیتی^۷ (هاید^۸، ۲۰۰۵) دریافتند که اثر تفاوت‌های جنسیتی بر متغیرهای زبانی کم یا بی‌اهمیت است (اندازه اثر^۹ $d < 0.2$). با این وجود، این پژوهشگران معتقدند که حتی تفاوت‌های رفتاری کوچک هم نباید نادیده گرفته شوند (زل و همکاران، ۲۰۱۵)؛ زیرا یک اندازه اثر کوچک هم می‌تواند تأثیرگذار باشد (سنچیز-سگورا^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۹). در سطح نورونی نیز، نحوه عملکرد مغز در تأیید یا نفی تأثیر تفاوت‌های جنسیتی در زبان به خوبی شناخته نشده است. در حالی که برخی تحقیقات تأثیر جنسیت را بر فعالیت مغز برای پردازش زبان گزارش کرده‌اند (شیویتس^{۱۱} و همکاران، ۱۹۹۵؛ بکستر^{۱۲} و همکاران، ۲۰۰۳)، تعدادی دیگر هیچ اختلافی بین زنان و مردان در سطح کارکردی مشاهده نکردند (زومر^{۱۳} و همکاران، ۲۰۰۴؛ هرنتساین^{۱۴} و همکاران، ۲۰۱۳). به‌عنوان مثال، مطالعات پیشین تصویربرداری مغزی نشان دادند که در حین انجام تکالیف زبانی (از جمله تکالیف معنایی، واج‌شناختی و ...)، زنان در مناطق مرتبط با زبان شامل شکنج پیشانی‌تحتانی^{۱۵}، شکنج گیجگاهی فوقانی خلفی^{۱۶} و شکنج دوکی‌شکل^{۱۷} فعالیت هر دو نیمکره مغز را نشان دادند، اما در مردان این فعالیت محدود به نیمکره چپ بود (شیویتس و همکاران، ۱۹۹۵؛ بکستر و همکاران، ۲۰۰۳؛ برمن^{۱۸} و همکاران، ۲۰۱۳). اخیراً، با استفاده از تجزیه و تحلیل شبکه داده‌های fMRI، تفاوت‌های جنسیتی قابل توجهی بین مناطق مغزی مرتبط با پردازش معنایی گزارش شد (شو^{۱۹} و همکاران، ۲۰۱۹). با این وجود، مطالعات با حجم نمونه نسبتاً بزرگ (هرنتساین و همکاران،

1. Chiu and McBride-Chang
2. Logan and Johnston
3. Stoet and Geary
4. Leaper and Smith
5. Zell et al.
6. Meta-analysis
7. Gender Similarities Hypothesis
8. Hyde
9. Effect size
10. Sanchis-Segura
11. Shaywitz
12. Baxter
13. Sommer
14. Hirnstein
15. Inferior frontal gyrus (IFG)
16. Posterior superior temporal gyrus (pSTG)
17. Fusiform gyrus
18. Burman
19. Xu

(۲۰۱۳) و فراتحلیل‌هایی که اندازه اثر را در چندین مطالعه ارزیابی کردند (زومر و همکاران، ۲۰۰۴؛ زومر و همکاران، ۲۰۰۸)، هیچ اختلاف جنسیتی را مشاهده نکردند که مؤید شباهت بین ساختار مغز زنان و مردان برای پردازش زبان است. نظر به این که، تا آنجا که ما می‌دانیم، تاکنون به نقش تفاوت‌های جنسیتی بر پردازش مشخصه‌های فای شخص و شمار در افراد دوزبانه متوازن^۱ پرداخته نشده است، امید است که پژوهش حاضر بتواند در غنی‌سازی پیشینه پژوهش سهمیم باشد.

نظریه مشخصه‌های فای (آکیما و نیلمن^۲، ۲۰۱۸، ۲۰۱۹) برای مطابقت شخص و شمار بر مبنای دو فرض استوار است. یک، عبارات ارجاعی^۳ فاقد شخص هستند، در حالی که ضمائر حاوی شخص هستند. دو، همه اشخاص حاوی مشخصه شخص هستند. در مقابل، حالت مفرد فاقد مشخصه شمار است. نظریه مشخصه‌های فای که اساس خود را از مطالعات زاوشفسکی، سنتستبان و لاکا^۴ (۲۰۱۶) و مانسینی و همکارانش^۵ (۲۰۱۷) گرفته است، در شرایط نادرستی بودن فعل، دو تعمیم را پیشنهاد می‌دهد. در مطالعات الکتروانسفالوگرافی^۶، اولاً، در جملاتی که فاعل یک عبارت ارجاعی است، در مرحله تشخیص خطا، مشخصه شخص متفاوت از مشخصه شمار عمل می‌کند و در مرحله بازسازی پربهتر از مشخصه شمار است. دوماً، در جملاتی که فاعل یک ضمیر است، در مرحله تشخیص خطا، مشخصه شخص همانند مشخصه شمار عمل می‌کند، اما در مرحله بازسازی پربهتر از مشخصه شمار است. مرحله بازسازی که به دنبال تشخیص خطا می‌آید (هاخورت و بروان^۷، ۲۰۰۰؛ فردریچی، هینه و سادی^۸، ۲۰۰۲؛ کریراس، سالیلاس و باربر^۹، ۲۰۰۴؛ باربر و کریراس، ۲۰۰۵؛ مالینارو، و سپیگنانی و جاب^{۱۰}، ۲۰۰۸) و بهای آن به ماهیت مشخصه نقض شده بستگی دارد (مانسینی، ۲۰۱۸). در مطالعات fMRI، این دو تعمیم به صورت زیر تطبیق داده می‌شود (آکیما و نیلمن، ۲۰۱۹: ۸):

۱- در جملاتی که فاعل یک عبارت ارجاعی است، مشخصه شخص به لحاظ کیفی متفاوت از مشخصه شمار عمل می‌کند و به لحاظ کمی نیز اثر بزرگتری ایجاد می‌کند.

۲- در جملاتی که فاعل یک ضمیر است، هیچ تفاوت کیفی بین مشخصه شخص و مشخصه شمار وجود ندارد، اما مشخصه شخص به لحاظ کمی اثر بزرگتری ایجاد می‌کند.

1. Balanced bilingual

دوزبانه متوازن به کسی اطلاق می‌گردد که تسلطش به هر دو زبان یکسان است (پورمحمد، ۱۳۹۷).

2. Ackema and Neeleman

۳. (referential-expressions = R-expressions)؛ در نظریه مرجع‌گزینی چامسکی، عبارات ارجاعی اسم‌های تمام عیار و رد پرسش‌واژه را شامل می‌شود.

4. Zawiszewski, Santesteban and Laka

5. Mancini et al.

6. Electroencephalography

7. Hagoort and Brown

8. Friederici, Hähne and Saddy

9. Carreiras, Salillas and Barber

10. Molinaro, Vespignani and Job

مطابق با پیش‌بینی‌های آکیما و نیلمن (۲۰۱۹)، به نظر می‌رسد که بهای بیشتر یا اثر بزرگتر برای خطاهای مشخصه‌شخص به نسبت مشخصه‌شمار مستقل از ماهیت فاعل است. ظاهراً، در نظریه آکیما و نیلمن (۲۰۱۹) شرایطی که در آن کنترل‌کننده‌های ویژه‌ای به‌عنوان فاعل برای نقض‌های شخص و شمار در نظر گرفته شده باشد، بررسی نشده است. به عبارتی دیگر، حالتی که در آن از عبارت ارجاعی برای نقض مشخصه‌شمار و از ضمیر برای نقض مشخصه‌شخص استفاده شده باشد. مهم‌ترین مزیت حالت اخیر این است که ماهیت فاعل (عبارت ارجاعی یا ضمیر) شفاف‌سازی می‌شود، زیرا هر نوع نقض (چه نقض مشخصه‌شمار و چه نقض مشخصه‌شخص) شامل یک تضاد^۱ در مشخصات مشخصه^۲ است. به عبارتی دقیق‌تر، از یک طرف، بین مشخصات شمار فاعل و مشخصات شمار فعل تضاد برقرار است. و از طرف دیگر، بین مشخصات شخص فاعل و مشخصات شخص فعل تضاد وجود دارد. اخیراً، میکده و همکاران (در دست چاپ) در یک مطالعه fMRI به این موضوع پرداختند و نشان دادند که هم‌راستا با پژوهش‌های پیشین در مرحله تشخیص خطا اختلاف کیفی بین مشخصه‌های شخص و شمار وجود دارد اما برخلاف مطالعات قبلی (زاوشفسکی، سنتستبان و لاکا، ۲۰۱۶؛ مانسینی و همکاران، ۲۰۱۷)، نقض مشخصه‌شمار اثرات بیشتری را به نسبت مشخصه‌شخص ایجاد می‌کند. یافته‌های این محققان نشان داد که مغز کنترل‌کننده‌های ضمیری و عبارات ارجاعی را به‌صورت متفاوت پردازش می‌کند.

در همین راستا، دو مکانیزم نورواناتومیکیال متمایز مرتبط با مشخصه‌های شخص و شمار معرفی شده است. اول، مطابق با نظریه دین‌دیکن (۲۰۱۹)، یک مکانیزم بازبینی مشخصه^۳ باید پیوستگی مشخصه‌های شخص و شمار بین آغازگر^۴ (فاعل) و هدف^۵ (فعل) را کنترل کند. دوم، بر مبنای فرضیات مانسینی و همکاران (۲۰۱۷)، یک مکانیزم نگاشت مشخصه^۶ بایستی اطلاعات صرفی- نحوی را با اطلاعات معنایی- گفتمانی تطبیق دهد. در بافت تک‌زبانگی، در یک مطالعه ERP در زبان باسک^۷ که از ضمایر به‌عنوان فاعل برای نقض هر دو مشخصه‌شخص و شمار استفاده شده بود (زاوشفسکی، سنتستبان و لاکا، ۲۰۱۶)، هر دو نقض الگوی N400-P600 را ایجاد کردند، اما در نقض مشخصه‌شخص به نسبت نقض مشخصه‌شمار مؤلفه P600 بزرگتر و خلفی‌تر و مؤلفه N400 بزرگتر و مرکزی- فرونتال‌تر بود. بنابراین، زاوشفسکی و همکاران (۲۰۱۶) ادعا کردند که مارکرهای ERP برای مشخصه‌شخص در مقایسه با مشخصه‌شمار به لحاظ کیفی همانند اما به لحاظ کمی بزرگ‌تر بودند. در مطالعه دیگری که با روش fMRI در زبان اسپانیولی توسط مانسینی و همکاران (۲۰۱۷) انجام و صرفاً از عبارات ارجاعی به‌عنوان فاعل استفاده شد، بخش پیشین شکنج گیجگاهی میانی چپ^۸

1. Clash
2. Feature specification
3. feature-checking mechanism
4. Trigger
5. Target
6. feature-mapping mechanism
7. Basque language
8. left middle temporal gyrus (LMTG)

برای نقض‌های مشخصه شخص و بخش پسین آن برای نقض‌های مشخصه شخص و شمار فعال شد و مشخصه شخص در مقایسه با مشخصه شمار اثر بزرگتری را ایجاد کرد. این نویسندگان پیشنهاد دادند که دو مکانیزم مختلف در پدیده مطابقه دخالت دارد. آنها استدلال کردند که مطابقه شخص و شمار شامل یک مکانیزم بازبینی مشترک اما مکانیزم نگاشت متفاوت است.

طبق مدل مسیر نورواناتومیکی^۱ فریدریچی و همکارانش (۲۰۱۷)، نواحی بروکا در شکنج پیشانی‌تحتانی نیمکره چپ و شکنج گیجگاهی فوقانی^۲ به‌عنوان قانون اصلی پردازش ساختارهای نحوی محسوب می‌شوند. بدین ترتیب، بخش خلفی ناحیه بروکا (پارس آپرکولاریس^۳، برادمن ۴۴) صرفاً زیربنای پردازش نحوی است، در حالی که بخش قدامی آن (پارس تری‌انگولاریس، برادمن ۴۵) عمدتاً پردازش واژگانی - معنایی را پشتیبانی می‌کند. این دو زیرناحیه بروکا، یعنی برادمن ۴۴ و ۴۵، به ترتیب توسط مجاری فیبری پشتی و شکمی مجزا به قشر گیجگاهی متصل هستند. با توجه به نواحی هدف آنها در قشر گیجگاهی، به نظر می‌رسد مسیرهای پشتی و شکمی از فرایندهای نحوی و معنایی پشتیبانی می‌کنند (میکده و همکاران، ۲۰۲۱ الف). درک جمله به‌عنوان یک کل، شبکه پیشانی‌گیجگاهی را درگیر می‌کند که شامل هر دو ناحیه بروکا و شکنج گیجگاهی فوقانی خلفی است. اساساً، در انسان بالغ، شبکه ویژه‌ای شامل برادمن ۴۴ وجود دارد که از نظر ساختاری و کارکردی به شکنج گیجگاهی فوقانی خلفی متصل است. بنابراین، این مدار عصبی ممکن است برای ظرفیت نحوی انسان به‌عنوان هسته زبان ضروری باشد (فریدریچی و همکاران، ۲۰۱۷).

در پژوهش حاضر دو گروه زنان و مردان دوزبانه ترکی - فارسی مورد مطالعه قرار گرفتند. نکته در خور توجه این است که دو زبان ترکی و فارسی ویژگی‌های دستوری مشترکی دارند که عامل مهمی در کنترل پردازش زبان دوم محسوب می‌شود. زبان‌های ترکی و فارسی به ترتیب به زیرشاخه‌های آلتایی و هندوایرانی از خانواده زبان‌های هندواروپایی تعلق دارند، اما در حالت بی‌نشان ترتیب واژه در هر دو زبان فاعل - مفعول - فعل^۴ است و از ویژگی‌های نحوی خاصی مانند مطابقه فعلی^۵ پیروی می‌کنند. مطابقه فاعل - فعل در زبان فارسی و ترکی مستلزم تطابق مشخصه‌های شخص و شمار است. بنابراین، در هر دو زبان، فعل به‌صورت اجباری با فاعل جاندار در مشخصه‌های شخص و شمار مطابقه برقرار می‌کند و برای سه شخص مفرد و جمع صرف می‌شود. بر اساس توصیف نحو مشترک^۶ (هارتسوک^۷ و همکاران، ۲۰۰۴)، دوزبانه‌ها بازنمایی‌های نحوی را بین زبان‌ها به اشتراک می‌گذارند مادامی که این بازنمایی‌ها به اندازه کافی بین زبان‌ها مشابه باشند. اخیراً زاوشفسکی، ستستیان و لاکا (۲۰۱۶) تأثیر شباهت‌ها و تفاوت‌های دستوری را بر پردازش زبان دوم بین زبان‌های بومی^۸ و

1. Neuroanatomical pathway model
2. Superior temporal gyrus (STG)
3. Pars opercularis
4. Subject-object-verb (SOV)
5. Verbal agreement
6. Shared syntax account
7. Hartsuiker
8. Native

غیربومی^۱ بررسی کردند. این نویسندگان فرضیه فاصله زبانی^۲ را طرح‌ریزی کردند و با نشان دادن این که حتی در شرایط مواجهه زود هنگام با زبان دوم و بسندگی بالا در این زبان، تفاوت‌های بومی و غیربومی در پردازش ویژگی‌های دستوری زبان دوم که در زبان اول وجود ندارد ظاهر می‌شوند، این فرضیه را مورد تأیید قرار دادند، در حالی که هنگام پردازش ویژگی‌های زبان دوم که در زبان اول وجود داشتند، چنین اختلافی مشاهده نشد. در پژوهش حاضر، سخنگویان دوزبانه از تسلط بالایی در هر دو زبان ترکی (زبان اول) و فارسی (زبان دوم) برخوردار بودند و به‌طور منظم از هر دو زبان استفاده می‌کردند. آنها غالباً در خانه با زبان ترکی مواجه شده بودند و از حدود ۷ سالگی که وارد دبستان شدند شروع به یادگیری زبان فارسی کردند. به‌طور خاص، مطالعه این جمعیت به این دلیل جالب است که اگرچه آنها یادگیری زبان دوم را نسبتاً دیر شروع کردند، اما در ادامه به سطح بسیار بالایی از بسندگی رسیدند. بنابراین، با هدف بررسی تفاوت‌های جنسیتی در پردازش مشخصه‌های فای شخص و شمار با روش fMRI در افراد دوزبانه ترکی-فارسی که در سن ۷ سالگی زبان دوم را آموخته‌اند درصدد هستیم تا به این پرسش پاسخ دهیم: چه تفاوتی بین الگوی فعالیت مغزی زنان و مردان دوزبانه ترکی-فارسی در نواحی پارس آپرکولاریس و شکنج گیجگاهی فوقانی خلفی در نیمکره چپ برای پردازش مشخصه‌های فای زبان اول و دوم وجود دارد؟

۲- روش پژوهش

۲-۱- شرکت‌کنندگان

دانشجویان واجد شرایط مقطع دکتری بر اساس فراخوان در پژوهش کاربردی و تجربی حاضر شرکت کردند. از بین داوطلبان، تعداد ۳۰ دانشجوی ترک‌زبان (۱۵ زن و ۱۵ مرد به ترتیب با میانگین سنی و انحراف معیار $27/47 \pm 3/18$ و $26/87 \pm 2/97$ ، در محدوده سنی ۲۲-۳۴ سال و میانگین سال‌های تحصیل ۱۹/۵ سال) به روش هدفمند انتخاب شدند. همه افراد سالم و طبق گزارش فردی فاقد اختلال شنوایی بودند. در مطالعات fMRI، حداقل حجم نمونه برای هر گروه ۱۵ نفر پیشنهاد شده است (فریستین، ۲۰۱۲). ملاک ورود به مطالعه شامل داشتن والدین ترک‌زبان، متولد و ساکن استان‌های ترک‌زبان ایران تا سن ۷ سالگی، راست‌دستی، عدم ابتلا به بیماری‌های زبانی-روانی، حداقل ۵ سال سکونت در شهرهای فارسی‌زبان و شروع آموزش رسمی زبان فارسی در سن ۷ سالگی بود. بنابر اظهارات شخصی، همه شرکت‌کنندگان در زندگی روزمره خود با زبان ترکی ارتباط برقرار می‌کردند. پس از غربالگری اولیه، همه افراد در جلسه ارزیابی رفتاری که در گروه زبان‌شناسی دانشگاه تربیت‌مدرس برگزار شد شرکت کردند. بر اساس آزمون دست‌برتری ادینبورگ همه افراد راست‌دست تشخیص داده شدند. جهت سنجش ظرفیت حافظه فعال، تکلیف فراخوانی خواندن (خدادادی و همکاران، ۱۳۹۳) اجرا شد. کسب امتیاز ۵۰ (از ۱۰۰) الزامی بود و همه افراد موفق به کسب امتیاز لازم شدند. خودارزیابی بسندگی در زبان فارسی و ترکی با اختلاف اندک بین درک و تولید زبان (۶ در برابر ۵) عالی بود. مصاحبه‌هایی به زبان

1. Non-native

2. Language Distance Hypothesis (LDH)

فارسی و ترکی توسط یک مصاحبه‌گر زبان‌شناس فارسی‌زبان و یک دانشجوی دکتری ترک‌زبان انجام شد. در بخشی از این مصاحبه، یک آزمون قضاوت دستوری‌بودگی شبیه‌سازی‌شده از شرکت‌کنندگان اخذ شد. با توجه به ماهیت آزمایش اصلی، این خرده آزمون (شامل ۳۰ آیتم) به صورت شنیداری به زبان ترکی و فارسی ارائه و بر این اساس توانمندی شنیداری و دستوری افراد در هر دو زبان «عالی» تشخیص داده شد. ضمناً، موقعیت اجتماعی-اقتصادی افراد بر اساس شاخص چهار-عاملی جایگاه اجتماعی - اقتصادی (هالینگزهد^۱، ۱۹۷۵) بررسی و هیچ اختلافی بین شرکت‌کنندگان پژوهش حاضر و گروه کنترل (افراد تک‌زبان فارسی‌زبان با میزان بسندگی زبانی بالا) مشاهده نشد (برای جزئیات بیشتر به میکده و همکاران (۲۰۲۱ب) مراجعه شود). افزون بر این، میزان تسلط شرکت‌کنندگان به دو زبان اول و دوم بر اساس معیار تسلط دوزبانه^۲ (دان و فاکس‌تری^۳، ۲۰۰۹) ارزیابی و اختلاف معناداری در تسلط افراد به زبان ترکی و فارسی مشاهده نشد. در ارتباط با متغیرهای سن و میزان تحصیلات نیز تفاوت معناداری بین دو جنسیت مشاهده نشد ($p > 0.05$). همه افراد با رضایت کتبی در این آزمایش شرکت و حق‌الزحمه حضور در آزمایش دریافت کردند. پژوهش حاضر مورد تصویب کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی ایران (مطابق با اعلامیه هلسینکی) و دارای کد IR.IUMS.REC.1398.465 است.

۲-۲- مواد آزمون

مواد آزمون برگرفته از مطالعه میکده و همکاران (در دست چاپ) است. به منظور ارزیابی پردازش مشخصه‌های فای‌شخص و شمار در سخنگویان دوزبانه یک تکلیف قضاوت دستوری‌بودگی^۴ طراحی شد. مجموعاً ۱۲۸ شنیداری (۵۰٪ جملات به زبان ترکی - به عنوان زبان اول - و ۵۰٪ به زبان فارسی به عنوان زبان دوم) استفاده شد. محرک‌های این تکلیف دارای ساختار فاعل + مفعول + فعل بود که نیمی از محرک‌ها در هر زبان به لحاظ نحوی درست و سایر محرک‌ها دارای نقض مطابقت فعل-فاعل بودند.

-
1. Hollingshead
 2. Bilingual Dominance Scale (BDS)
 3. Dunn and Fox Tree
 4. Auditory grammaticality judgment task

جدول ۱: مثال‌هایی از مواد آزمون در زبان ترکی و فارسی با حرف‌نویسی و ترجمه انگلیسی
برگرفته از میکده و همکاران (در دست چاپ)

زبان اول	زبان دوم
مطابقه دستوری شمار قارداشلاریم 1.sg پالتارلارین یودولار 1.sg. My brothers their cloth.PL.OBJ-CLT.Def lose. wash.PAST-3PL (My brothers washed their clothes.)	ورزشکاران 1.sg مسابقه را باختند 1.sg. The athletes race.OBJ-CLT.Def lose. PAST-3PL (The athletes lost the race.)
مطابقه دستوری شخص من 1.sg پالتارمی یودوم 1.sg. I cloth.HI.OBJ-CLT.Def wash.PAST-1SG (I washed my cloth.)	من 1.sg نظرش را پذیرفتم 1.sg. I offer.OBJ-CLT.Def accept.PAST-1SG (I accepted her/his offer.)
نقض مطابقه دستوری شمار *اوشاخلار 3.pl آغاچلاری سیندیردی 3.sg. Children tree.PL.OBJ-CLT.Def break.PAST-3SG (Children broke trees)	*دانشجویان 3.pl مقاله‌ها را نوشت 3.sg. Students article.PL.OBJ-CLT.Def write.PAST-3SG (Students wrote articles)
نقض مطابقه دستوری شخص *بیز 1.pl اولریمیزی سیدولر 3.pl. We house.PL.HI.OBJ-CLT.Def clean- PAST-3PL (We cleaned our houses)	*ما 1.pl نامه‌هایتان را فرستادند 3.pl. We letter.PL.HI.OBJ-CLT.Def send.PAST-3PL (We sent your letters.)

* جملات نادرستی

همه محرک‌ها به لحاظ معنایی درست بودند و محرک‌های به لحاظ نحوی درست و نادرست، از یکدیگر مشتق نشدند. بنابراین، هر محرک چه درست و چه نادرست فقط یک‌بار ارائه شد و جملات هر زبان به صورت جداگانه طراحی گردید. زمان افعال، گذشته ساده بود و هیچ فعل کمکی به کار گرفته نشد. بنابراین، در مطالعه حاضر، ۶۴ جمله هر زبان شامل جملات دستوری با مشخصه شمار، جملات دستوری با مشخصه شخص، جملات نادرستی با مشخصه شمار و جملات نادرستی با مشخصه شخص می‌باشند. ضمناً، در هر جمله نادرستی صرفاً از یک نوع نقض دستوری (یا نقض مشخصه شمار یا نقض مشخصه شخص) و نه ترکیبی از هر دو نوع نقض استفاده شده است. در وضعیت دستوری، جملات حاوی مشخصه شخص و شمار در دو ویژگی متفاوت‌اند:

۱- نوع فاعل: در جملات حاوی مشخصه شمار، از عبارت ارجاعی به عنوان فاعل استفاده شد. اما، در جملات حاوی مشخصه شخص، از ضمیر ارجاعی به عنوان فاعل استفاده شد.

۲- نوع شخص: در جملات حاوی مشخصه شمار، از سوم شخص و در جملات حاوی مشخصه شخص، از اول شخص استفاده شد. اما، جملات هیچ تفاوتی در جمع/مفرد بودن نداشتند. به عبارتی دیگر، ۵۰٪ فاعل‌ها مفرد و ۵۰٪ دیگر جمع بودند.

در مقابل، در وضعیت نادرستی، در جملات حاوی نقض مشخصه شمار، فاعل سوم شخص مفرد با فعل سوم شخص جمع (و بالعکس) همراه بود. با توجه به این که عبارات ارجاعی فاقد شخص هستند (آکیما و نیلمن، ۲۰۱۹)، در جملات دستوری و نادرستی حاوی مشخصه شمار، صرفاً از عبارت ارجاعی به عنوان فاعل استفاده شد. در جملات حاوی نقض مشخصه شخص نیز فاعل اول شخص مفرد با فعل سوم شخص مفرد (و بالعکس) همراه بود. با توجه به این که ضمائر ارجاعی حاوی شخص هستند (آکیما و نیلمن، ۲۰۱۹)، در جملات دستوری و نادرستی حاوی مشخصه شخص، صرفاً از ضمائر ارجاعی به عنوان فاعل استفاده شد (جدول ۱). جملات توسط یک خانم با ریتم طبیعی خوانده شد در استودیوی صدابرداری با فرمت WAV ذخیره شد (نرخ نمونه‌برداری ۱۶ بیت، ۴۴ کیلوهرتز).

۲-۳- نحوه اجرای آزمون

آزمون حاضر بر پایه مطالعات میکده (۱۴۰۰)، میکده و همکاران (۲۰۲۱الف) و میکده و همکاران (در دست چاپ) اجرا شد. پس از دریافت آموزش‌های لازم، شرکت‌کنندگان بر اساس دستوری/نادرستی‌بودگی جملات، پاسخ خود را ثبت کردند. محرک‌های شنیداری طراحی شده توسط نرم‌افزار سایکوپای^۱، از طریق هدفون ارائه شد. الگوی تحریک وابسته به رویداد^۲، شامل ۴ بلوک جملات شنیداری، ۴ بازه استراحت و نیز پارادایم زبان‌گردانی جایگزین^۳ به کار گرفته شد. هر بلوک متشکل از ۳۲ بخش^۴ است که برای ثبت پاسخ همودینامیکی^۵ نیز بازه‌های زمانی استراحت ۳۰-ثانیه‌ای در قبل و بعد از آن تعبیه شد که طی آن هیچ تحریکی ارائه نشد. مدت زمان هر بلوک ۳۱۸ ثانیه بود. هر بخش شامل یک بوق هشدار ۱ ثانیه‌ای، یک جمله ۳ ثانیه‌ای و مرحله پاسخ ۴، ۵ یا ۶ ثانیه‌ای (به طور میانگین ۵ ثانیه) بود. به علت ماهیت شنیداری تکلیف شناختی، یک علامت به علاوه (+) در وسط صفحه نمایش در کل زمان اجرای تکلیف^۶ نمایش داده شد. در هر بلوک، جملات دو زبان به طور پیوسته تغییر می‌کردند (به طور مثال، زبان اول، زبان دوم، زبان اول، زبان دوم و ...). افزون بر این، محرک‌های دستوری و نادرستی هر زبان، در هر بلوک به طور تصادفی توزیع و به طور یکسان برای همه شرکت‌کننده‌ها اجرا شد. اجرای آزمون fMRI به انضمام مرحله آماده‌سازی تقریباً ۳۵ دقیقه به ازای هر فرد به طول انجامید.

1. PsychoPy
2. Event-related design
3. alternating language switching paradigm
4. run
5. Hemodynamic baseline
6. Task

جدول ۲: پروتکل‌های تصویربرداری ساختاری و عملکردی

نام پروتکل	اندازه ^۱ وکسل ^۱ (mm ³)	اندازه ^۲ ماتریس ^۲ (mm ²)	زمان ^۳ اکو ^۳ (TE) (ms)	زمان ^۴ تکرار ^۴ (TR) (ms)	ضخامت ^۵ اسلایس ^۵ (mm)	میدان ^۶ دید ^۶ (FOV) (mm ²)	زاویه ^۷ چرخش ^۷ (deg) α
T1-weighted MP-RAGE (ساختاری)	۱ × ۱ × ۱	۲۵۶	۳/۵۳	۱۸۰۰	۱	۲۵۶	۹۷
T2-weighted EPI-BOLD (عملکردی)	۳ × ۳ × ۳	۶۴	۳۰	۳۰۰۰	۳	۱۹۲	۹۰

۲-۴- پروتکل تصویربرداری

تصاویر fMRI توسط اسکنر MRI سه تسلا^۸ زیمنس مدل پریزما^۹ با کویل سر ۲۰ کاناله^{۱۰} در آزمایشگاه ملی نقشه‌برداری مغز ثبت شد. تصویربرداری ساختاری رزولوشن بالا و عملکردی حالت استراحت از مغز هر فرد در یک جلسه انجام شد. پروتکل‌ها و پارامترهای مورد استفاده در جدول ۲ ارائه شده است. تصاویر ساختاری با قدرت تفکیک بالا با استفاده از روش MPRAGE و تصاویر عملکردی در حالت استراحت به صورت EPI به نحوی که شرکت‌کننده چشم خود را بسته بود، گرفته شد. زمان تصویربرداری عملکردی ۱۲۹۰ ثانیه و ۴۳۰ حجم بود. هر حجم متشکل از ۴۵ اسلایس است.

۲-۵- پیش‌پردازش تصاویر

پیش‌پردازش تصاویر با استفاده از ابزارهای موجود در نرم‌افزار FSL مدل ۶/۰۰ مجموعه^{۱۰} FMRIB به شرح زیر انجام شد:

۱- حذف مجسمه و استخراج قشر مغز

۲- انطباق داده ساختاری T1-MPRAGE بر روی اطلس MNI و سپس انطباق داده‌های عملکردی بر

آن

1. Voxel size
2. Matrix size
3. Echo time
4. Repetition time
5. Slice thickness
6. Field of view
7. Flip Angle
8. 3.0 Tesla Siemens Prisma MRI Scanner
9. 20 channel head coil
10. www.fmrib.ox.ac.uk/fsl

۳- تصحیح حرکت سر^۱

۴- تصحیح زمان‌بندی برش‌ها^۲ با استفاده از درون‌یابی فوریه

۵- نرم کردن مکانی^۳ توسط فیلتر کرنل گوسی با FWHM برابر با ۶ میلی‌متر

۶- نرمال کردن^۴ دامنه همه حجم‌ها در هر نقطه زمانی بر پایه شدت میانگین

۷- فیلتر کردن زمانی^۵ توسط فیلتر بالاگذر گوسی با سیگمای ۵۰ ثانیه

۸- حذف مؤلفه‌های نویز از تصاویر پیش پردازش شده با استفاده از روش ICA

نهایتاً، از مدل خطی عمومی (GLM)^۶ جهت آنالیز سطح اول (اجرای فردی) و دوم (اجرای گروهی) استفاده شد. با استفاده از مدل تأثیر^۷ مخلوط، آنالیزهای بین‌گروهی انجام و وکسل‌هایی با z-stat بالای ۲/۳ و سطح معناداری کمتر از $p < 0.05$ به صورت وکسل فعال تشخیص داده شد. فقط جملاتی که به آنها پاسخ درست داده شده بود، در چرخه آنالیز قرار گرفتند.

۲-۶- روش تحلیل آماری

به منظور تعیین نقش جنسیت بر پردازش مشخصه‌های فای شخص و شمار در دو زبان اول و دوم در افراد دوزبانه و نیز در راستای مدل نورواناتومیکال فردیچی و همکارانش (۲۰۱۷)، آنالیز دو ناحیه نحو-ویژه شامل پارس آپرکولاریس و شکنج گیجگاهی فوقانی خلفی در نیمکره چپ مغز انجام شد. درصد تغییر سیگنال^۸ به عنوان معیار «شدت»^۹ برای هر شرکت کننده و هر ناحیه مغزی مطابق با اطلس هاروارد-آکسفورد^{۱۰} در FSL محاسبه شد. شدت سیگنال به عنوان متغیر وابسته و جنسیت، دستوری بودگی، زبان و مشخصه به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. آنالیز آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS مدل ۲۶ انجام شد. تغییرات شدت سیگنال از طریق آزمون استنباطی تحلیل واریانس آمیخته با اندازه‌گیری‌های مکرر $2 \times 2 \times 2$ (جنسیت (زن، مرد) $\times$ زبان (زبان اول = ترکی، زبان دوم = فارسی) $\times$ دستوری بودگی (دستوری، نادرستی) $\times$ مشخصه (شخص، شمار)) بررسی شد. همچنین، به منظور کنترل مقایسه‌های چندگانه، آزمون بونفرونی^{۱۱} اجرا و صرفاً نتایج معنادار گزارش شد. سطح معناداری برای نواحی نحو-ویژه $p = 0.025$ (آزمون تحلیل واریانس آمیخته) و $p = 0.01$ (آزمون تعقیبی) در نظر گرفته شد.

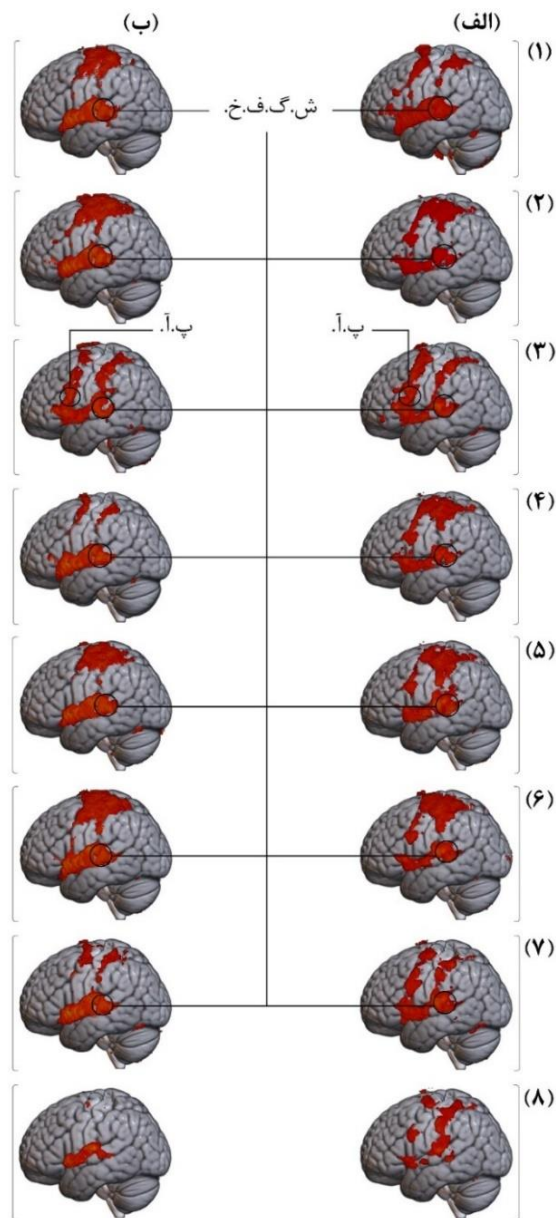
1. Head Motion Correction
2. Slice Timing Correction
3. Spatial Smoothing
4. Normalization
5. Temporal Filtering
6. Generalized Linear Model
7. Mixed effects
8. Percent Signal Change (PSC)
9. Intensity
10. Harvard-Oxford Atlas
11. Bonferroni test

۳- یافته‌ها

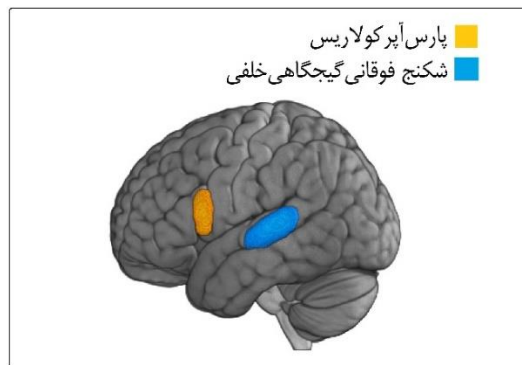
۳-۱- نتایج فعالیت کل- مغز

به منظور شناسایی مکانیزم‌های احتمالی درگیر در پردازش مطابقتی مشخصه‌های فای شخص و شمار آنالیز کل-مغز^۱ اجرا شد. در این آنالیز، حساسیت ناحیه پارس آپرکولاریس به محرک‌های نادرستی حاوی مشخصه شمار در زبان اول و در هر دو گروه زنان و مردان مشاهده شد، در حالی که ناحیه شکنج فوقانی گیجگاهی خلفی برای محرک‌های دستوری حاوی مشخصه شخص و شمار در هر دو زبان اول و دوم، محرک‌های نادرستی حاوی مشخصه شمار در هر دو زبان اول و دوم و نیز محرک‌های نادرستی حاوی مشخصه شخص در زبان اول برای هر دو گروه زنان و مردان فعال شد (شکل ۱). بر این اساس، با در نظر گرفتن دو ناحیه پارس آپرکولاریس و شکنج گیجگاهی فوقانی خلفی به عنوان نواحی دخیل در پردازش مشخصه‌های فای، متعاقباً آنالیزی بر مبنای این نواحی اجرا شد تا الگوی فعالیت محرک‌ها در هر ناحیه مغزی مشخص گردد (پلدرک^۲، ۲۰۰۷).

1. whole-brain analysis
2. Poldrack



شکل ۱: میانگین فعالیت مغزی در دو گروه (الف) زنان و (ب) مردان در حین ارائه محرک‌های شنیداری
 (۱) دستوری زبان اول حاوی مشخصه شمار، (۲) دستوری زبان اول حاوی مشخصه شخص، (۳) نادرستی زبان اول
 حاوی مشخصه شمار (۴) نادرستی زبان اول حاوی مشخصه شخص، (۵) دستوری زبان دوم حاوی مشخصه شمار،
 (۶) دستوری زبان دوم حاوی مشخصه شخص، (۷) نادرستی زبان دوم حاوی مشخصه شمار
 (۸) نادرستی زبان دوم حاوی مشخصه شخص. دایره مشکی رنگ نشان‌دهنده مکان فعالیت هر محرک است.



شکل ۲: موقعیت نواحی پارس آپرکولاریس و شکنج گیجگاهی فوقانی خلفی در نیمکره چپ

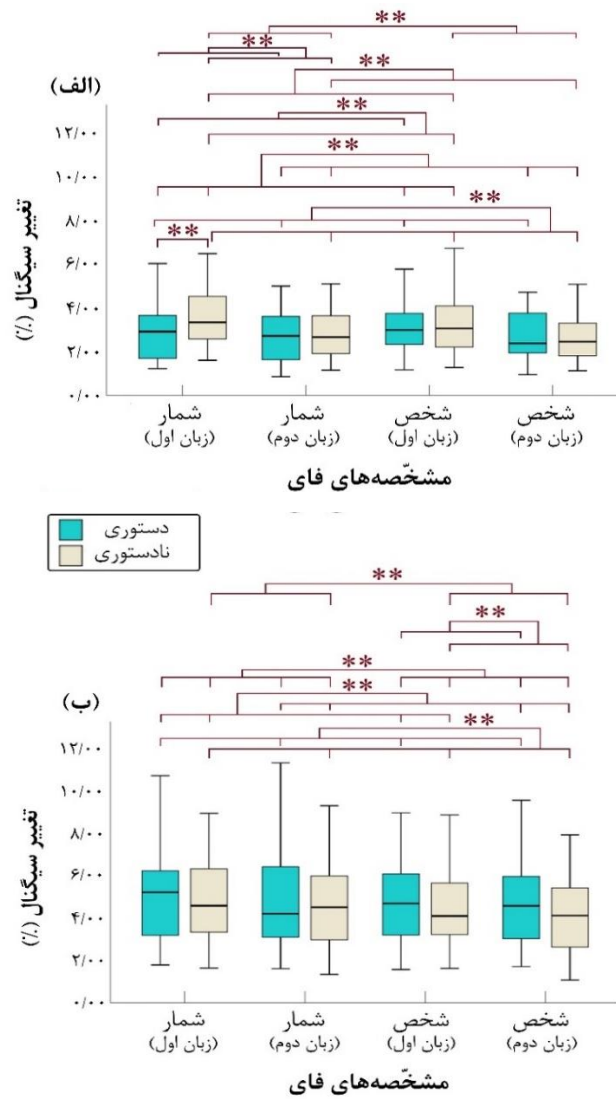
۳-۲- نتایج نواحی نحو- ویژه

موقعیت نواحی نحو- ویژه پارس آپرکولاریس و شکنج گیجگاهی فوقانی خلفی در نیمکره چپ مغز نشان داده شده است (شکل ۲). برای ناحیه پارس آپرکولاریس چپ، نتایج حاصل از تحلیل واریانس آمیخته $2 \times 2 \times 2 \times 2$ نشان داد که عامل اصلی دستوری بودگی معنادار است (جدول ۲). مشخصاً، شدت درصد تغییر سیگنال در جملات نادرستی (۳/۰۹۱) به نسبت جملات دستوری (۲/۹۲۳) بیشتر بود (شکل ۳ الف). عامل اصلی زبان هم با شدت درصد تغییر سیگنال بیشتر در زبان اول (۳/۲۲۴) به نسبت زبان دوم (۲/۷۸۹) به سطح معناداری رسید (جدول ۲ و شکل الف ۳). افزون بر این، اثر تعاملی دستوری بودگی $\times$ زبان معنادار بود. با در نظر گرفتن عامل دستوری بودگی، مشاهده شد که در زبان اول درصد تغییر سیگنال جملات نادرستی (۳/۴۰۹) در مقایسه با جملات دستوری (۳/۰۳۹) بیشتر بود ($t_{(۲۹)} = ۳/۳۸۴$, $p = ۰/۰۰۲$)، اما در زبان دوم اختلاف معناداری بین درصد تغییر سیگنال جملات نادرستی (۲/۷۷۳) و دستوری (۲/۸۰۶) مشاهده نشد ($t_{(۲۹)} = -۰/۴۳۲$, $p = ۰/۶۶۹$). با در نظر گرفتن عامل زبان، مشاهده شد که در جملات غیردستوری درصد تغییر سیگنال در زبان اول (۳/۴۰۹) در مقایسه با زبان دوم (۲/۷۷۳) بیشتر بود ($t_{(۲۹)} = ۶/۰۸۵$, $p < ۰/۰۰۱$)، اما در جملات دستوری هیچ تفاوتی بین درصد تغییر سیگنال زبان اول (۳/۰۳۹) و دوم (۲/۸۰۶) مشاهده نشد ($t_{(۲۹)} = ۱/۹۶۵$, $p = ۰/۰۵۹$) (جدول ۲ و شکل ۳ الف). همچنین، اثر تعاملی دستوری بودگی $\times$ مشخصه به سطح معناداری رسید. با در نظر گرفتن عامل دستوری بودگی، مشاهده شد که در جملات حاوی مشخصه شمار درصد تغییر سیگنال جملات نادرستی (۳/۲۳۴) در مقایسه با جملات دستوری (۲/۸۸۲) بیشتر بود ($t_{(۲۹)} = ۳/۴۳۲$, $p = ۰/۰۰۲$)، اما در جملات حاوی مشخصه شخص اختلاف معناداری بین درصد تغییر سیگنال جملات نادرستی (۲/۹۴۸) و دستوری (۲/۹۶۲) مشاهده نشد ($t_{(۲۹)} = -۰/۱۴۷$, $p = ۰/۸۸۴$). با در نظر گرفتن عامل مشخصه، مشاهده شد که در جملات نادرستی درصد تغییر سیگنال در جملات حاوی مشخصه شمار (۳/۲۳۴) در مقایسه با جملات حاوی مشخصه شخص (۲/۹۴۸) بیشتر بود ($t_{(۲۹)} = ۲/۸۰۸$, $p = ۰/۰۰۹$)، اما در جملات دستوری هیچ تفاوتی بین درصد تغییر سیگنال جملات حاوی مشخصه شمار (۲/۸۸۳) و جملات حاوی مشخصه شخص (۲/۹۶۲) مشاهده نشد ($p = ۰/۴۴۹$).

$t_{(۳۹)} = -۰/۷۶۷$ (جدول ۲ و شکل ۳ الف). همان‌گونه که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، هیچ تفاوت معناداری در تعامل دستوری‌بودگی × جنسیت، زبان × جنسیت، مشخصه × جنسیت، دستوری‌بودگی × زبان × جنسیت، زبان × مشخصه × جنسیت و دستوری‌بودگی × زبان × مشخصه × جنسیت مشاهده نشد (شکل ۴ الف).

جدول ۲: نتایج آزمون تحلیل واریانس آمیخته در ناحیه پارس آپرکولاریس

منبع تغییرات	آماره F	درجه آزادی	معناداری	مجذور اتا
دستوری‌بودگی	۵/۶۷۲	۱	۰/۰۲۴	۰/۱۶۸
دستوری‌بودگی × جنسیت	۰/۱۳۸	۱	۰/۷۱۳	۰/۰۰۵
زبان	۲۲/۳۹۸	۱	۰/۰۰۱	۰/۴۴۴
زبان × جنسیت	۰/۷۸۷	۱	۰/۳۸۲	۰/۰۲۷
مشخصه	۱/۸۲۵	۱	۰/۱۸۸	۰/۰۶۱
مشخصه × جنسیت	۰/۳۶۰	۱	۰/۵۵۳	۰/۰۱۳
دستوری‌بودگی × زبان	۹/۸۱۹	۱	۰/۰۰۴	۰/۲۶۰
دستوری‌بودگی × زبان × جنسیت	۰/۸۱۲	۱	۰/۳۷۵	۰/۰۲۸
دستوری‌بودگی × مشخصه	۶/۵۱۰	۱	۰/۰۱۶	۰/۱۸۹
دستوری‌بودگی × مشخصه × جنسیت	۰/۰۰۲	۱	۰/۹۶۱	۰/۰۰۱
زبان × مشخصه	۰/۱۱۳	۱	۰/۷۳۹	۰/۰۰۴
زبان × مشخصه × جنسیت	۰/۵۴۲	۱	۰/۴۶۸	۰/۰۱۹
دستوری‌بودگی × زبان × مشخصه	۱/۷۳۶	۱	۰/۱۹۸	۰/۰۵۸
دستوری‌بودگی × زبان × مشخصه × جنسیت	۰/۱۰۵	۱	۰/۷۴۹	۰/۰۰۴



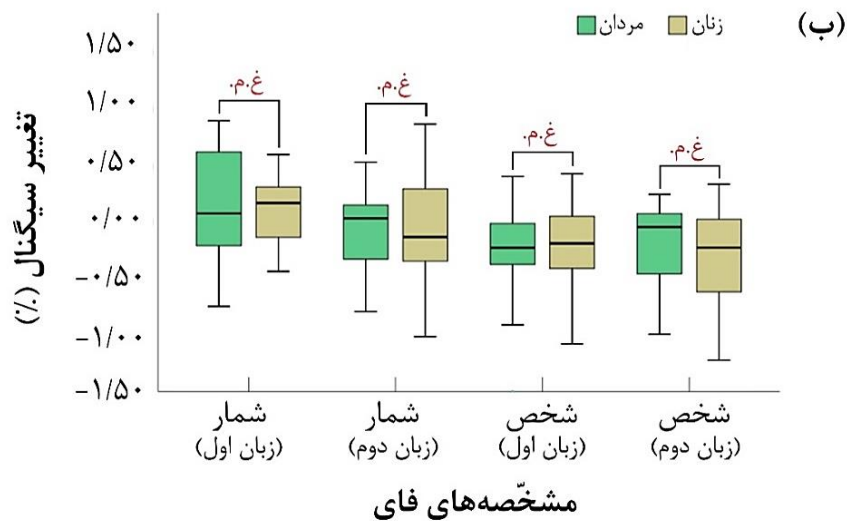
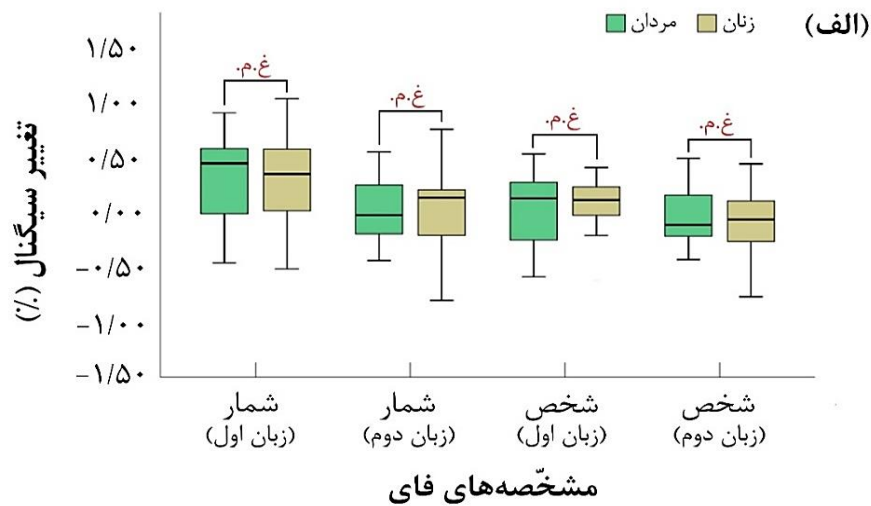
شکل ۳: نمودارهای جعبه‌ای درصد تغییر سیگنال برای اثرات دستوری‌بودگی، عامل‌های اصلی و تعامل‌های معنادار در نواحی (الف) پارس آپرکولاریس و (ب) شکنج فوقانی گیجگاهی خلفی. $p < 0.01$ **

جدول ۳: نتایج آزمون تحلیل واریانس آمیخته در ناحیه شکنج فوقانی گيجگاهی خلفی

منبع تغییرات	آماره F	درجه آزادی	معناداری	مجذور اتا
دستوری‌بودگی	۸/۹۰۹	۱	۰/۰۰۶	۰/۲۴۱
دستوری‌بودگی × جنسیت	۰/۰۷۹	۱	۰/۷۸۱	۰/۰۰۳
زبان	۷/۵۹۵	۱	۰/۰۱۰	۰/۲۱۳
زبان × جنسیت	۰/۰۷۵	۱	۰/۷۸۶	۰/۰۰۳
مشخصه	۹/۲۷۱	۱	۰/۰۰۵	۰/۲۴۹
مشخصه × جنسیت	۰/۳۳۴	۱	۰/۵۶۸	۰/۰۱۲
دستوری‌بودگی × زبان	۰/۱۶۱	۱	۰/۶۹۱	۰/۰۰۶
دستوری‌بودگی × زبان × جنسیت	۰/۰۷۸	۱	۰/۷۸۲	۰/۰۰۳
دستوری‌بودگی × مشخصه	۷/۱۸۳	۱	۰/۰۱۲	۰/۲۰۴
دستوری‌بودگی × مشخصه × جنسیت	۰/۰۰۴	۱	۰/۹۴۹	<۰/۰۰۰
زبان × مشخصه	۱/۳۶۷	۱	۰/۲۵۲	۰/۰۴۷
زبان × مشخصه × جنسیت	۱/۷۱۱	۱	۰/۲۰۱	۰/۰۵۸
دستوری‌بودگی × زبان × مشخصه	۰/۰۱۲	۱	۰/۹۱۳	<۰/۰۰۱
دستوری‌بودگی × زبان × مشخصه × جنسیت	۰/۱۹۶	۱	۰/۶۶۱	۰/۰۰۷

برای ناحیه شکنج فوقانی گيجگاهی خلفی چپ، نتایج حاصل از تحلیل واریانس آمیخته $2 \times 2 \times 2 \times 2$ نشان داد که عامل اصلی دستوری‌بودگی با شدت درصد تغییر سیگنال بیشتر در جملات دستوری (۴/۹۲۴) به نسبت جملات نادرستی (۴/۶۰۳) به سطح معناداری رسید (جدول ۳ و شکل ۳ ب). عامل اصلی زبان هم معنادار بود (جدول ۳). مشخصاً، شدت درصد تغییر سیگنال در زبان اول (۴/۸۶۹) به نسبت زبان دوم (۴/۶۵۸) بیشتر بود (شکل ۳ ب). همچنین، عامل اصلی مشخصه با شدت درصد تغییر سیگنال بیشتر در جملات حاوی مشخصه شمار (۴/۹۰۳) به نسبت جملات حاوی مشخصه شخص (۴/۶۲۵) به سطح معناداری رسید (جدول ۳ و شکل ۳ ب). افزون بر این، اثر تعاملی دستوری‌بودگی × مشخصه به سطح معناداری رسید. با در نظر گرفتن عامل دستوری‌بودگی، مشاهده شد که در جملات حاوی مشخصه شخص درصد تغییر سیگنال جملات دستوری (۴/۸۷۷) در مقایسه با جملات نادرستی (۴/۳۷۳) بیشتر بود ($t_{(29)} = 4/487, p < 0/001$)، اما در جملات حاوی مشخصه شمار اختلاف معناداری بین درصد تغییر سیگنال جملات نادرستی (۴/۸۳۳) و دستوری (۴/۹۷۱) مشاهده نشد ($t_{(29)} = -1/006, p = 0/323$). با در نظر گرفتن عامل مشخصه، مشاهده شد که در جملات نادرستی درصد تغییر سیگنال در جملات حاوی مشخصه شمار (۴/۸۳۳) در مقایسه با جملات حاوی مشخصه شخص (۴/۳۷۳) بیشتر بود ($t_{(29)} = 3/885, p = 0/001$)، اما در جملات دستوری هیچ تفاوتی بین درصد تغییر سیگنال جملات حاوی مشخصه شمار (۴/۹۷۱) و جملات حاوی مشخصه شخص (۴/۸۷۷) مشاهده نشد ($t_{(29)} = 0/894, p = 0/379$) (جدول ۳ و شکل ۳ ب). همان‌گونه که جدول (۳) نشان می‌دهد، هیچ تفاوت معناداری

در تعامل دستوری‌بودگی × جنسیت، زبان × جنسیت، مشخصه × جنسیت، دستوری‌بودگی × زبان × جنسیت، زبان × مشخصه × جنسیت و دستوری‌بودگی × زبان × مشخصه × جنسیت مشاهده نشد (شکل ۴ ب).



شکل ۴: مقایسه زوجی با آزمون تعقیبی بونفرونی برای اختلاف اثر دستوری‌بودگی به ازای هر زبان و مشخصه در بین زنان و مردان. غ.م. = غیرمعنادار

۴- بحث

در مقاله حاضر تلاش شد تا زیربنای نورونی مشخصه‌های فای شخص و شمار در بین زنان و مردان دوزبانه در حین یک تکلیف دوزبانه بررسی گردد. بدین‌منظور، دوزبانه‌های متوازن ترکی-فارسی که در سن هفت سالگی زبان فارسی را آموخته بودند، مورد آزمون قرار گرفتند. الگوی فعالیت در شبکه گنجگاهی‌قدامی (پارس آپرکولاریس و شکنج گنجگاهی فوقانی خلفی)، تفاوت‌های کیفی و کمی را در هر دو گروه زنان و مردان نشان داد. اما، اختلاف معناداری در عملکرد زنان و مردان مشاهده نشد. در ذیل این بخش، نتایج با جزئیات بیشتری بحث و بررسی خواهد شد.

در سطح کل-مغز، حساسیت شکنج گنجگاهی فوقانی خلفی به نقض مشخصه شمار و محرک‌های دستوری مشخصه شخص و شمار برای هر دو زبان اول و دوم در هر دو گروه زنان و مردان مشاهده شد. همچنین، این ناحیه برای محرک‌های نادرستی مشخصه شخص در زبان اول برای هر دو گروه فعال شد. در حالی که فعالیت ناحیه پارس آپرکولاریس فقط برای نقض‌های مشخصه شمار در زبان اول هر دو گروه محرز شد. این الگو، مطابق با فرضیه‌های چارچوب جریان پستی-شکمی^۱ (بورنکسل-شلیسوسکی و شلیسوسکی^۲، ۲۰۱۳) و فرضیه مسیر نورواناتومیکی (فردریچی و همکاران، ۲۰۱۷) است که در آن، مسیر پستی (از برادمن ۴۴ به شکنج گنجگاهی فوقانی خلفی) اطلاعات را در حین نگاشت صورت-به-معنا^۳ در سطح جمله انتقال می‌دهد. مشخصاً، مسیر پستی مشخصه‌ها را ترکیب می‌کند تا بازنمایی‌های پیچیده‌تر را بسازد. شکنج گنجگاهی فوقانی خلفی برای ایجاد پلی به سیستم‌های مغز برای درک کنش^۴ پیشنهاد شده است (بورنکسل-شلیسوسکی و شلیسوسکی، ۲۰۱۳) و به‌نظر می‌رسد که به رقابت برای کنشگری^۵ مربوط است. به عبارتی دقیق‌تر، هر چه میزان رقابت برای نقش کنش در یک جمله بیشتر باشد، فعالیت بیشتری در این ناحیه مشاهده می‌شود (بورنکسل-شلیسوسکی و شلیسوسکی، ۲۰۰۹). از سوی دیگر، پارس آپرکولاریس به‌عنوان کانون پردازش نحوی در طول درک جمله شناخته و تثبیت شده است (فردریچی و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین، محاسبه تعداد برای یک موضوع که در حین ساخت نحوی یک جمله اتفاق می‌افتد (مانسینی، مولینارو و کریاس، ۲۰۱۳)، ممکن است که پارس آپرکولاریس را درگیر کند. دخالت ناحیه ۴۴ برادمن، که پارس آپرکولاریس هم به آن تعلق دارد، در محاسبات عددی پایه مانند حساب ساده (مثلاً $5 \times 6 = ?$) و قضاوت بزرگی یک عدد (مثلاً آیا ۱۰ بزرگتر از ۱۵ است؟) در مطالعه fMRI ریچارد و همکارانش^۶ (۲۰۰۰) نشان داده شده و پیشنهاد شده است که نه تنها پردازش محاسبات، بلکه پردازش نحوی لازم برای کدگذاری و درک مسائل حساب را نیز منعکس می‌کند. روی هم رفته، نتایج فعلی پیش‌بینی‌های قبلی را در ارتباط با دخالت ناحیه پارس آپرکولاریس و شکنج گنجگاهی فوقانی خلفی

1. dorsal-ventral stream framework
2. Bornkessel-Schlesewsky and Schlewsky
3. form-to-meaning mapping
4. Action
5. Actorhood
6. Rickard et al.

در مدیریت اطلاعات کنش و محاسبه تأیید می‌کند. ضمناً، بر عملکرد یکسان زنان و مردان دوزبانه در پردازش مشخصه‌های شخص و شمار صحه می‌گذارد.

در ارتباط با پردازش مشخصه‌های فای، فعالیت ناحیه پارس آپرکولاریس در حین پردازش مشخصه شمار و ناحیه شکنج گیجگاهی فوقانی خلفی در حین پردازش مشخصه‌های شخص و شمار برای هر دو گروه حاکی از این است که مشخصه شمار به لحاظ کیفی در هر دو گروه زنان و مردان متمایز از مشخصه شخص رفتار می‌کند. مقایسه مستقیم بین محرک‌های نادرستی مشخصه شخص و شمار در ناحیه شکنج گیجگاهی فوقانی - خلفی (که به هر دو مشخصه حساس بود)، شواهدی را در حمایت از اثر قوی‌تر مشخصه شمار به نسبت مشخصه شخص فراهم کرد که مبین تفاوت کمی بین مشخصه شخص و شمار در هر دو گروه زنان و مردان بود. بدیهی‌ترین پیامد تشخیص دو زیربنای نوروئی متمایز برای دو مشخصه شخص و شمار در دو گروه زنان و مردان این است که آنها دستخوش مکانیزم‌های مجزایی برای بازبینی مشخصه‌ها هستند (یعنی صرفی - نحوی و معنایی - گفتمانی) که در سطوح مختلف عمل می‌کنند. با توجه به این که اطلاعات مربوط به مشخصه شمار در لایه صرفی - نحوی ساختار جمله قرار دارد و اطلاعات شخص به بازنمایی کارگفت پیوند خورده است، می‌توان استدلال کرد که محاسبه روابط مطابقه در طول ساخت نحوی جمله و مستقل از اطلاعات موضوعی و معنایی - گفتمانی موضوع‌های^۱ فعل اتفاق می‌افتد (مانسینی و همکاران، ۲۰۱۳). بنابراین، این امکان وجود دارد که سیستم زبانشناختی وزن بیشتری را به لایه صرفی - نحوی ساختار جمله (در مقایسه با لایه پسانحوی در نگاشت صورت-به-معنا) اختصاص دهد (میکده و همکاران، در دست چاپ).

دیگر دستاورد پژوهش حاضر، درگیری نواحی مغزی مشترک و الگوهای کاملاً همانند برای پردازش مشخصه‌های فای در دو زبان اول و دوم بود که البته در هر دو گروه زنان و مردان دیده شد. اولین و ساده‌ترین تفسیر این است که، هم‌سو با مطالعات قبلی (اولمن^۲، ۲۰۰۱؛ گرین^۳، ۲۰۰۳؛ پرانی و ابوطالبی^۴، ۲۰۰۵)، یادگیری زبان دوم بر پایه نظام زبان موجود (زبان اول) استوار است و هنگامی که میزان بسندگی زبان دوم افزایش می‌یابد، پردازش نحوی بومی مانند می‌شود که مؤید فرضیه همگرایی^۵ گرین است (۲۰۰۳). تفسیر جایگزین این است که نواحی پارس آپرکولاریس و شکنج گیجگاهی فوقانی خلفی مشخصه‌ویژه هستند و نه زبان‌ویژه. این تعبیر تا حدودی با یافته‌های قبلی (بورنکسل - شلیسوسکی و شلیسوسکی، ۲۰۱۳) که شکنج پیشانی تحتانی^۶ در نیمکره چپ را به عنوان یک ناحیه تکلیف-محور و نه زبان-ویژه توصیف می‌کند، هم‌راستا است. به طور کلی، نتایج این پژوهش شواهدی را فراهم کرد که بر اساس آن می‌توان مدعی شد مردان و زنان دوزبانه با میزان بسندگی بالا از مکانیزم‌های مشترکی برای کنترل مشخصه‌های فای در زبان اول و دوم بهره می‌برند.

1. arguments

2. Ullman

3. Green

4. Perani and Abutalebi

5. Convergence hypothesis

6. The inferior frontal gyrus (IFG)

و در پایان، نتایج فعلی در راستای مطالعات پیشین (زومر و همکاران، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۸) در دیگر حوزه‌های زبانی (از جمله حوزه معنا) است که بر شباهت بین ساختار مغز زنان و مردان برای پردازش زبان تأکید دارند.

۵- نتیجه‌گیری

همان‌طور که پیش‌تر هم عنوان شد، هدف از انجام این پژوهش بررسی مشخصه‌های فای شخص و شمار در زبان اول و دوم دوزبانه‌های متوازن بود. نتایج نشان داد که نواحی پارس‌آپرکولاریس و شکنج گیجگاهی فوقانی - خلفی که مجهز به مکانیزم‌های بازبینی مشخصه و نگاشت مشخصه هستند، در تشخیص مشخصه‌های شخص و شمار در دو گروه زنان و مردان به‌طور یکسان عمل می‌کنند. به‌طور کلی، یافته‌های پژوهش حاضر ما بیانگر این مهم است که در افراد دوزبانه‌ای که در سن ۷ سالگی زبان دوم را آموخته‌اند اما از بسندگی بالایی در هر دو زبان اول و دوم برخوردارند، تفاوت‌های جنسیتی در پردازش مشخصه‌های فای زبان اول و دوم دخیل نیست.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی ستاد توسعه علوم و فناوری‌های شناختی به شماره ۷۴۰۱ انجام شده است. همچنین، این پروژه از حمایت مالی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری ایران جهت تکمیل اهداف پروژه در دانشگاه هومبولت (Humboldt-Universität zu Berlin) آلمان برخوردار بوده است؛ بدین وسیله از همکاری آن سازمان متبوع قدردانی می‌گردد.

منابع

- پورمحمد، محمد (۱۳۹۷). روان‌شناسی زبان. تهران: سمت.
- خدادادی، مجتبی؛ اسدزاده، حسن؛ کلانتر قریشی، منیر و امانی، حسین (۱۳۹۳). نرم‌افزار حافظه کاری دانیمن و کارپنتر. تهران: مؤسسه تحقیقات علوم رفتاری - شناختی سینا.
- میکده، سیمین (۱۴۰۰). بررسی اثرات بسندگی زبان و سن یادگیری زبان دوم بر دستگاه عصبی برای پردازش صرفی - نحوی با استفاده از fMRI و ERPs، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.
- Ackema, P., and Neeleman, A. (2018). *Features of Person: From the Inventory of Persons to their Morphological Realization*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Ackema, P., and Neeleman, A. (2019). "Processing Differences between Person and Number: A Theoretical Interpretation". *Frontiers in psychology*, 10, 211.
- Barber, H. and Carreiras, M. (2005). "Grammatical Gender and Number Agreement in Spanish: An ERP Comparison". *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17, no. 1: 137-53.
- Baxter, L. C., Saykin, A. J., Flashman, L. A., Johnson, S. C., Guerin, S. J., Babcock, D., and Wishart, H. A. (2003). "Sex differences in semantic language processing: A functional MRI study". *Brain and Language*, 84(2): 264-272.

- Bornkessel-Schlesewsky, I., and Schlewsky, M. (2013). “Reconciling time, space and function: A new dorsal-ventral stream model of sentence comprehension”. *Brain and Language*, 125(1): 60e76.
- Burman, D. D., Minas, T., Bolger, D. J., and Booth, J. R. (2013). “Age, sex, and verbal abilities affect location of linguistic connectivity in ventral visual pathway”. *Brain and Language*, 124(2): 184-193.
- Carreiras, M. Salillas, E. and Barber, H. (2004). “Event-Related Potentials Elicited During Parsing of Ambiguous Relative Clauses in Spanish”. *Cognitive Brain Research*, 20, no. 1: 98-105.
- Chiu, M. M., and McBride-Chang, C. (2006). “Gender, context, and reading: A comparison of students in 43 countries”. *Scientific Studies of Reading*, 10(4): 331–362.
- Dunn, A. L., and Fox Tree, J. E. (2009). “A quick, gradient Bilingual Dominance Scale”. *Bilingualism: Language and Cognition*, 12(3): 273–289.
- Friederici, A. D, Hahne, A. and Saddy, D. (2002). “Distinct Neurophysiological Patterns Reflecting Aspects of Syntactic Complexity and Syntactic Repair”. *Journal of Psycholinguistic Research*, 31, no. 1: 45-63.
- Friederici, A. D., Chomsky, N., Berwick, R. C., Moro, A., and Bolhuis, J. (2017). “Language, mind and brain”. *Nat. Hum. Behav.* 1: 713–722.
- Green, D. W., and Abutalebi, J. (2013). “Language control in bilinguals: the adaptive control hypothesis”. *J. Cogn. Psychol. (Hove)*, 25: 515- 530.
- Hagoort, P. and Brown. C. M. (2000). “ERP Effects of Listening to Speech Compared to Reading: The P600/SPS to Syntactic Violations in Spoken Sentences and Rapid Serial Visual presentation”. *Neuropsychologia*, 38, no. 11: 1531-49.
- Hartsuiker, R. J., Pickering, M. J., and Veltkamp, E. (2004). “Is syntax separate or shared between languages?”. *Psychological Science*, 15(6): 409 - 414.
- Hirnstein, M., Westerhausen, R., Korsnes, M. S., and Hugdahl, K. (2013). “Sex differences in language asymmetry are age-dependent and small: A large-scale, consonant–vowel dichotic listening study with behavioral and fMRI data”. *Cortex*, 49(7): 1910–1921.
- Hollingshead, A. (1975). *Four Factor Index of Social Status*. Unpublished Manuscript. New Haven, CT: Yale University Department of Sociology.
- Hyde, J. S. (2005). “The gender similarities hypothesis”. *American Psychologist*, 60(6): 581–592.
- Leaper, C., and Smith, T. E. (2004). “A meta-analytic review of gender variations in children's language use: talkativeness, affiliative speech, and assertive speech”. *Developmental psychology*, 40(6): 993–1027.
- Logan, S., and Johnston, R. (2010). “Investigating gender differences in reading”. *Educational Review*, 62(2): 175–187.
- Mancini, S. (2018). *Features and Processing in Agreement*. Cambridge Scholars Publishing.
- Mancini, S. Molinaro, N and Carreiras, M. (2013). “Anchoring Agreement in Comprehension”. *Language and Linguistics Compass*, 7, no. 1: 1-21.
- Mancini, S., Quiñones, I., Molinaro, N., Hernandez-Cabrera, J. A., and Carreiras, M. (2017). “Disentangling meaning in the brain: Left temporal involvement in agreement processing”. *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, 86: 140–155.

- Meykadeh, A., Golfam, A., Nasrabadi, AM., Ameri, H., and Sommer, W. (2021b). "First Event-Related Potentials Evidence of Auditory Morphosyntactic Processing in a Subject-Object-Verb Nominative-Accusative Language (Farsi)". *Frontiers in Psychology*. 16, 12: 698165.
- Meykadeh, A., Golfam, A., Batouli, Sah and Sommer, W. (2021a). "Overlapping but language-specific mechanisms in morphosyntactic processing in highly competent L2 acquired at school entry: fMRI evidence from an alternating language switching task". *Frontiers in Human Neuroscience*. 26; 15:728549.
- Meykadeh, S., Golfam, A., Batouli, SAH, and Sommer, W. (In Press). "The neural basis of Number and Person phi-features processing: An fMRI study in highly proficient bilinguals". *Bilingualism: Language and Cognition*.
- Molinaro, N., Vespignani, F., and Job, R. (2008). "A deeper reanalysis of a superficial feature: an ERP study on agreement violations". *Brain research*, 1228: 161-176.
- Perani, D., and Abutalebi, J. (2005). "The neural basis of first and second language processing". *Current Opinion in Neurobiology*, 15(2): 202-206.
- Poldrack, R. A. (2007). "Region of interest analysis for fMRI". *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2 (1): 67-70.
- Sanchis-Segura, C., Ibañez-Gual, M., Adrián-Ventura, J., Aguirre, N., Gómez-Cruz, Á., Avila, C., and Forn, C. (2019). "Sex differences in gray matter volume: how many and how large are they really?" *Biology of sex Differences*, 10(1): 1-19.
- Shaywitz, B. A., Shaywitz, S. E., Pugh, K. R., Constable, R. T., Skudlarski, P., Fulbright, R. K., Bronen, R. A., Fletcher, J. M., Shankweiler, D. P., and Katz, L. (1995). "Sex differences in the functional organization of the brain for language". *Nature*, 373(6515), 607-609.
- Sommer, I. E., Aleman, A., Bouma, A., and Kahn, R. S. (2004). "Do women really have more bilateral language representation than men? A meta-analysis of functional imaging studies". *Brain*, 127(8): 1845-1852.
- Sommer, I. E., Aleman, A., Somers, M., Boks, M.P., and Kahn, RS. (2008). "Sex differences in handedness, asymmetry of the planum temporale and functional language lateralization". *Brain Res.*1206: 76-88.
- Stoet, G., and Geary, D. C. (2013). "Sex differences in mathematics and reading achievement are inversely related: Within-and across-nation assessment of 10 years of PISA data". *PLoS One*, 8(3), e57988.
- Ullman, M. T. (2001). "The neural basis of lexicon and grammar in first and second language: The declarative/procedural model". *Bilingualism: Language and Cognition*, 4: 105-122.
- Xu, M., Liang, X., Ou, J., Li, H., Luo, Y.-J., and Tan, L. H. (2019). "Sex differences in functional brain networks for language". *Cerebral Cortex*. 30 (3): 1528-1537.
- Zawiszewski, A., Santesteban, M., and Laka, I. (2016). "Phi-features reloaded: an even-related potential study on person and number agreement processing". *Applied Psycholinguistics*.
- Zell, E., Krizan, Z., and Teeter, S. R. (2015). "Evaluating gender similarities and differences using metasynthesis". *American Psychologist*, 70(1): 10-20.