Journal of Linguistics and Khorasan Dialects
https://jlkd.um.ac.ir

https://doi.org/10.22067/jlkd.2025.95260.1345

Brain Processing of Compound Verbs in Second Language Learning using Brain Scanning Techniques and ERP

Mahboobe Bagheri
PhD Candidate, Linguistics Department, Faculty of Literature and Foreign Languages, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran[1]
Zari Saeedi
Associate Professor, Linguistics Department, Faculty of Literature and Foreign Languages, Allameh Tabataba"i University, Tehran, Iran (Corresponding Author)[2]

Received: 19 September 2025 Revised: 08 October 2025
Accepted: 12 October 2025 Published Online: 18 May 2026

How to cite this article:
Bagheri, M., & Saeedi, Z. (2026). Brain Processing of Compound Verbs in Second Language Learning using Brain Scanning Techniques and ERP. Journal of Linguistics and Khorasan Dialects, 18 (1), 87-122. (in Persian with English abstract)
https://doi.org/10.22067/jlkd.2025.95260.1345

Abstract

Language as a cognitive capacity possesses a generative system known as syntax through which humans unconsciously produce and comprehend sentences. Nevertheless, the neural mechanisms underlying this process remain to be fully explored. This study aimed to investigate the processing of Persian compound verbs among non-native learners of Persian at the Institute for Cognitive Science Studies. In the first phase, forty participants completed an online questionnaire containing 320 compound verbs. Based on frequency, 240 verbs were selected and categorized into four non-verbal groups (nominal, adjectival, adverbial, and prepositional). Subsequently, two tests were designed: one to assess the comprehension of verb meanings in phrases and another to evaluate the processing of compound verbs in two categories: opaque and transparent. The tests were developed using the *Sokhan Dictionary* (Anvari, 2002) and *Compound Verbs in Modern Persian* (Saeedi, 2016). In the next phase, ten participants were randomly selected for ERP brain imaging. Prior to the experiment, all participants, who were right-handed, completed questionnaires on general health, working memory, and attention level. Data were analyzed using EEGLAB in MATLAB and paired-sample t-tests. The ERP components N400, P300, and P600, associated with semantic and syntactic processing, were examined. The findings revealed that compound verbs, particularly opaque ones, required deeper processing and elicited distinct neural patterns in learners' brains. Therefore, in teaching Persian as a second language, special attention should be paid to the semantic transparency of compound verbs. The results open new perspectives in neurolinguistics and hold practical implications for instructional material design and content development.

Keywords: Brain Scanning/Event-Related Potentials (ERP), Persian Compound Verbs, Cognitive Science, Non-native Persian Learners.

1. maah.bagheri@gmail.com
2. saeediz240@yahoo.com https://orcid.com/0000-0003-2165-8891

Authors retain the copyright and full publishing rights.. This is an open access article distributed under article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

Extended Abstract

1. Introduction

Language, as a cognitive ability, is governed by a generative system known as syntax, through which humans produce and comprehend sentences via unconscious neural processing. However, the functional dimensions of brain activity involved in this process still require further investigation. This study aimed to examine the neural processing of Persian compound verbs through brain imaging techniques among non-native learners of Persian and was conducted at the Institute for Cognitive Science Studies.

2. Method

This research was carried out in two phases using a single sample group. In the first phase, 40 participants of diverse nationalities at the upper-intermediate proficiency level were selected through convenience sampling. The sample consisted of 26 males and 14 females, aged between 19 and 35. All participants were non-Iranian learners learning Persian as a second language. Prior to participation, they completed informed consent forms and were fully informed about the procedures and objectives of this study. In the second phase, 10 participants were purposively selected to take part in the brain imaging experiment based on Event-Related Potentials (ERP). The inclusion criteria included right-handedness, absence of neurological injury or disorders, and adequate general health and attentional capacity. To ensure eligibility, participants completed questionnaires assessing general health, working memory, and attention. Four instruments were used in this study: 1) online compound verb selection questionnaire: comprising 320 Persian compound verbs categorized into four non-verbal components (nominal, adjectival, adverbial, and prepositional); 2) researcher-designed language tests: including a) a test assessing compound verb meaning at both sentence and lexical levels, and b) a test evaluating semantic transparency, classifying verbs into *transparent* and *opaque* categories; 3) brain imaging tool: ERP-based electroencephalography (EEG) for recording event-related potentials during compound verb processing, 4) screening questionnaires: assessing general health, working memory, and attention. The development and selection of linguistic materials followed several stages. An online questionnaire, containing 320 compound verbs, was administered to participants. The verbs were analyzed based on frequency of use. The final linguistic materials were designed based on two primary sources: the *Sokhan Dictionary* (Anvari, 2002), *Compound Verbs in Modern*

Persian (Saeedi, 2016). The study proceeded in two stages: a) the identification and selection of appropriate compound verbs through questionnaire data and frequency analysis; b) the ERP experiment examining neural processing differences between transparent and opaque compound verbs. Participants completed two tests: one at the lexical level and one at the sentence level. In the lexical-level test, they were required to observe a target compound verb displayed on a screen and subsequently select the correct option from among three provided alternatives. In the sentence-level test, where the target compound verb was underlined, participants chose the correct answer from three given options based on the contextual information within the sentence. During the ERP session, linguistic stimuli were presented under controlled conditions, and neural responses were recorded in accordance with ethical and neurolinguistic research standards. The study received ethical approval from the National Ethics Committee (Approval No. IR.ATU.REC.1402.049), and all participants signed informed consent forms. EEG data were analyzed using EEGLAB in MATLAB, and paired-sample *t*-tests were conducted. ERP components associated with semantic and syntactic processing (i.e., N400, P300, and P600) were examined.

3. Results

The findings indicated that semantic transparency plays a crucial role in the cognitive processing of Persian compound verbs by non-native learners. Compound verbs with semantically transparent nominal and prepositional components showed higher memorability and faster processing speed, whereas adjectival and adverbial components exerted weaker effects on working memory performance. In contrast, semantically opaque compound verbs imposed greater cognitive load and elicited more complex neural processing patterns, necessitating increased practice and repetition. ERP results further demonstrated that both semantic transparency and the type of non-verbal component significantly modulate working memory demands and processing speed, as reflected in N400, P300, and P600 amplitudes.

4. Discussion and Conclusion

The findings suggest that Persian compound verbs are processed by second language learners as independent semantic-cognitive units rather than mere syntactic combinations. The results contribute to the development of more effective pedagogical approaches, the standardization of instructional materials, and the enhancement of Persian language teaching methodologies, particularly through textbooks, curricula, and intelligent digital learning tools designed to facilitate compound verb acquisition.

نشریه علمی
زبانشناسی و گویش های خراسان
https://jlkd.um.ac.ir

https://doi.org/10.22067/jlkd.2025.95260.1345

مجله زبانشناسی و گویش‌های خراسان، شماره ۴۲، بهار ۱۴۰۵
مقالهٔ پژوهشی

پردازش مغزی فعل‌های مرکب در فرایند یادگیری زبان دوم با استفاده از تکنیک اسکن مغزی و ای. آر. پی

محبوبه باقری

دانشجوي دکترا، گروه زبان‌شناسي، دانشکدهٔ ادبیات و زبان‌های خارجی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران[1]

زری سعیدی

دانشیار گروه زبان‌شناسي، دانشکدهٔ ادبیات و زبان‌های خارجی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)[2]

صص ۸۷-۱۲۲

ارسال: ۱۴۰۴/۰۶/۲۸ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۷/۱۶ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۲۰ انتشار بر خط: ۱۴۰۵/۰۲/۲۸

ارجاع به این مقاله:

باقری، م.، و سعیدی، ز. (۱۴۰۵). «پردازش مغزی فعل‌های مرکب در فرایند یادگیری زبان دوم با استفاده از تکنیک اسکن مغزی و ای.آر.پی»، زبانشناسی و گویش‌های خراسان، ۱۸ (۱)، صص ۸۷-۱۲۲.

https://doi.org/10.22067/jlkd.2025.95260.1345

چکیده

زبان به‌عنوان یک توانایی شناختی، نظامی زایا به نام نحو دارد که انسان از طریق پردازش ناخودآگاه مغز به تولید و درک جملات می‌پردازد. بااین‌حال، ابعاد عملکرد مغز در این فرایند همچنان نیازمند پژوهش است. مطالعه حاضر با هدف بررسی پردازش فعل‌های مرکب فارسی در میان فارسی‌آموزان غیرفارسی‌زبان در پژوهشگاه علوم شناختی انجام شد. در مرحله نخست، ۴۰ شرکت‌کننده از ملیت‌های مختلف در سطح فوق میانی به پرسش‌نامه برخط شامل ۳۲۰ فعل مرکب پاسخ دادند و بر اساس فراوانی، ۲۴۰ فعل مرکب در چهار گروه غیرفعلی (اسمی، صفتی، قیدی و حرف‌اضافه‌ای) انتخاب گردید. سپس دو آزمون طراحی شد: یکی برای سنجش معنای فعل‌ها در عبارات و دیگری برای ارزیابی درک فعل‌های مرکب در دو دسته «تیره» و «شفاف». طراحی آزمون‌ها با استفاده از پیکره فرهنگ سخن (انوری، ۱۳۸۱) و کتاب فعل‌های مرکب در فارسی نوین (سعیدی، ۲۰۱۶) صورت گرفت. در گام بعد، ۱۰ نفر به‌طور تصادفی برای آزمایش اسکن مغزی ای.آر.پی انتخاب شدند. پیش از اجرا، پرسشنامه‌های سلامت عمومی، حافظهٔ فعال و سطح توجه تکمیل شد و همه شرکت‌کنندگان راست‌دست بودند. داده‌ها با نرم‌افزار (Lab EEG) در متلب و آزمون تی وابسته تحلیل گردید. مؤلفه‌های (N۴۰۰)، (P۳۰۰) و (P۶۰۰) که با پردازش معنایی و نحوی ارتباط دارند بررسی شدند. یافته‌ها نشان داد فعل‌های مرکب، به‌ویژه نوع تیره، نیازمند پردازش عمیق‌ترند و مغز زبان‌آموزان با الگوهای متفاوتی آنها را پردازش می‌کند؛ بنابراین، در آموزش زبان فارسی باید به شفافیت معنایی و نحوی فعل‌های مرکب توجه ویژه شود. نتایج این پژوهش با گشودن چشم‌اندازی تازه در عصب‌شناسی زبان، کاربردهای عملی در طراحی مواد آموزشی و تولید محتوا دارد.

کلیدواژه‌ها: اسکن-مغزی/ای-آر-پی، فعل مرکب فارسی، علوم شناختی، غیرفارسی‌زبانان.

1. maah.bagheri@gmail.com
2. saeediz240@yahoo.com https://orcid.com/0000-0003-2165-8891

۱. مقدمه

طی سال‌ها مطالعهٔ علم عصب‌شناسی، مسئلهٔ مغز موردتوجه اندیشمندان و فیلسوفان بوده است که به‌عنوان یک عنصر مادی چگونه می‌تواند جهان ذهنی را ایجاد کند. این مسئله به ذهن- بدن[1] مشهور شده است و رویکردهای حل این مسئله را می‌توان پژوهش‌های عصب‌شناسی دانست. نظریهٔ دوگانگی[2] براساس تفاوت ماهیت و جوهرهٔ ذهن به‌عنوان عنصری غیرمادی و مغز به‌عنوان عنصری که ماهیتی مادی دارد، پایدار است. رنه دکارت[3]، یکی از طرفداران معروف این نظریه، معتقد است که ذهن عنصری فناناپذیر و غیرمادی است، درحالی‌که بدن ماهیتی فناپذیر و مادی دارد. اسپینوزا[4] دانشمند هم‌دورهٔ دکارت که طرفدار نظریهٔ دووجهی[5] است ذهن و مغز را دو سطح از یک‌چیز واحد در نظر می‌گیرد. رویکرد دیگری که برای حل مسئلهٔ ذهن- بدن مطرح شده است رویکرد تقلیل‌گرایی[6] است که بر مبنای آن، اگرچه مفاهیم ذهن بنیاد و مرتبط با شناخت انسان مانند توجه، حافظه و احساسات می‌توانند به‌صورت علمی موردبررسی قرار گیرند، اما باید با ساختارهای کاملاً زیستی مانند الگوهای فعالیت عصبی[7] یا با آزادسازی انتقال دهنده‌های عصبی[8] جایگزین شوند، همان‌گونه که با آگاهی تدریجی بشر در مورد ساز و کار مغز، روان‌شناسی به زیست‌شناسی تقلیل یافته است (وارد[9]، ۲۰۱۵، ص. ۱۴) دانش عصب‌شناسی زبان با پیشینهٔ تاریخی دویست‌ساله و با توجه به شواهد بسیار و چارچوب‌های نظری در مورد رابطه مغز/ ذهن ازیک‌طرف و زبان از طرفی دیگر به‌عنوان علمی بین‌رشته‌ای به‌دنبال پاسخ‌های علمی و دقیق برای روشن‌نمودن ماهیت پردازش انواع ساخت‌های زبانی در فرایندهای تولید، درک و رابطهٔ آنها با نحوهٔ کارکرد ساختارهای مختلف مغز است. **زبان‌شناسی عصب‌پایه** شاخه‌ای میان‌رشته‌ای است که با بهره‌گیری از روش‌های عصب‌شناختی مانند **EEG** و **fMRI** به بررسی فرایندهای مغزی درک و تولید زبان می‌پردازد. یکی از حوزه‌های چالش‌برانگیز در این زمینه، مطالعهٔ **فعل‌های مرکب (Complex**

1. Mind-body problem
2. dualism
3. Rene Decartes
4. Spinoza
5. Dual- aspect theory
6. reductionism
7. Patterns of neuronal firings
8. Neurotransmitter firings
9. Ward, J

Verbs) است که در بسیاری از زبان‌ها، از جمله فارسی، ساختاری دو جزئی دارند و ارتباط پیچیده‌ای میان نحو و معنا برقرار می‌کنند. پژوهش‌های عصب‌زبان‌شناختی نشان داده‌اند که پردازش فعل‌های مرکب، به‌ویژه در زبان دوم، مستلزم **درگیری گسترده‌تر شبکه‌های مغزی مرتبط با حافظهٔ کاری، یکپارچه‌سازی نحوی-معنایی و پردازش مفهومی** است (ویتنبرگ و کوپربرگ، ۲۰۱۴). در زبان فارسی نیز، فعل‌های مرکب به دلیل ترکیب یک جزء فعلی و یک جزء غیرفعلی، چالشی مضاعف برای زبان‌آموزان ایجاد می‌کنند و پردازش آن‌ها با **الگوهای خاص ERP** از جمله افزایش دامنهٔ **N400** و **P600** همراه است که به ترتیب نشانگر بار معنایی و نحوی بالاترند (ویتنبرگ و همکاران، ۲۰۱۴ و سعیدی، ۲۰۱۶). بدین‌ترتیب، مطالعات عصب‌شناسی زبان نشان می‌دهد که تحلیل فعل‌های مرکب نه‌تنها در فهم سازوکارهای شناختی زبان اهمیت دارد، بلکه می‌تواند مبنایی تجربی برای بهبود آموزش زبان فارسی به غیرفارسی‌زبانان فراهم آورد.

براساس پیشرفت‌های چشمگیر علمی و رشد فناوری در حوزهٔ مغز، اکنون این امکان برای زبان‌شناسان علوم شناختی که علاقه به بررسی رابطهٔ مغز و زبان دارند، فراهم گردیده است تا بتوانند با روش‌های مختلف آزمایشگاهی به بررسی و توصیف چگونگی و تولید سطوح مختلف زبانی در حوزه‌های مختلف بپردازند. در این رابطه، ما نیز به عملکرد مغز در درک فعل‌های مرکب در دو بخش تیره و شفاف از نظر معنایی و نحوی بر روی چهار جزء غیرفعلی (اسمی)، (صفتی)، (قیدی) و حرف اضافه‌ای با استفاده از تکنیک‌های تصویربرداری عصبی مغزی[1] از جمله تکنیک ثبت سیگنال‌های مغزی وابسته به رویداد (ای. آر. پی)[2] پرداختیم. در روش **پتانسیل‌های برانگیختهٔ رویدادی‌ای**. آر. پی فعالیت الکتریکی مغز به‌صورت غیرتهاجمی و با دقت زمانی بسیار بالا (میلی‌ثانیه‌ای) ثبت می‌شود؛ ای. ای. جی سیگنال‌های پایه را ضبط می‌کند و با میانگیری پاسخ‌ها به تکرارهای مشابه، نویز تصادفی حذف و اجزای وابسته به محرک به‌نام مؤلفه‌های ای. آر. پی نمایان می‌شوند (ودمن[3]، ۲۰۱۰). هر مؤلفهٔ ای. آر. پی (مثلاً N400، P300، P600) به دوره زمانی معینی پس از ارائهٔ محرک تعلق دارد و به فرایندهای شناختی ویژه‌ای مانند پردازش معنایی، توجه، تشخیص خطا یا بازتحلیل نحوی نسبت داده می‌شود. مزیت اصلی این تکنیک در مقایسه با روش‌های تصویربرداری مغزی مانند اف.ام.آر.آی، وضوح زمانی بسیار بالا است، اگرچه مکان‌یابی آن نسبت به این روش‌ها

1. FMRI
2. Event related potential(ERP)
3. Woodman

محدودتر است؛ بااین‌حال، با ترکیب ای.آر.پی با مدل‌سازی الکتریکی و روش‌های تحلیل منبع، امکان برآورد قریب به واقعیت از ساختارهای مغزی فعال نیز فراهم است (هیلیارد[1] و همکاران، ۲۰۰۴).

نتایج حاصل از این پژوهش نه‌تنها در حل مسئلهٔ نظری مانند مسئلهٔ ذهن- بدن راهگشا خواهد بود، بلکه می‌تواند اطلاعات ارزشمند و مهمی برای پاسخ به مسائل کاربردی مرتبط با پردازش زبان و تدریس زبان فارسی به غیرفارسی‌زبانان شرایط بهتری را برای نحوهٔ تدریس و تهیهٔ کتاب‌های زبان فارسی به غیرفارسی‌زبانان فراهم سازد.

زبان‌شناسان در میان ساختارهای گوناگون زبانی و از جمله در مورد فعل مرکب نظرات مختلفی دارند، برخی از آنان با مسلم دانستن وجود آن در زبان فارسی به تعریف آن پرداخته‌اند، برخی دیگر در وجود چنین پدیده‌ای در زبان فارسی تردید داشته‌اند، و برخی دیگر علاوه بر تعریف فعل مرکب، آن را دارای انواع مختلفی دانسته‌اند. ما در این پژوهش به اهمیت عملکرد مغز، فعل مرکب و پردازش آن در مغز پرداخته‌ایم. اهمیت و هدف انجام این پژوهش به این شرح است که با توجه به گسترش علوم شناختی و اهمیت زبان به‌عنوان بخشی از فرایندهای شناختی انسان، پژوهش‌های عصب‌شناسی زبان با روش‌های علمی و آزمایشگاهی مانند تصویربرداری عصبی (fMRI) و ثبت سیگنال‌های مغزی (ERP) به بررسی پردازش سطوح مختلف زبانی در مغز می‌پردازند. با وجود گستردگی این مطالعات در جهان، در زبان فارسی هنوز پژوهش‌های اندکی انجام شده است. پژوهش حاضر با تمرکز بر فعل‌های مرکب فارسی، به بررسی پردازش این ساخت‌ها در حافظهٔ فعال و مغز از منظر زبان‌شناسی شناختی می‌پردازد و دو گروه فعل‌های مرکب شفاف و تیره را از نظر معنایی و تأثیر آنها بر عملکرد مغز و ظرفیت حافظهٔ فعال مقایسه می‌کند. نتایج این مطالعه می‌تواند علاوه بر غنای نظری در حوزهٔ زبان‌شناسی شناختی، برای فراگیران و مدرسان زبان دوم، زبان‌شناسان، و طراحان برنامه‌های درسی نیز کاربردی و آگاهی‌بخش باشد. در راستای پاسخ به اهداف پژوهش حاضر، پرسش ذیل مطرح گردید که امید است با پاسخ به آن از طریق تکنیک اسکن مغزی بابی جدید در حوزهٔ پژوهش‌های زبان‌شناسی و علوم شناختی باز شود.

سرعت پاسخ رفتاری (سرعت پردازش فعل‌های مرکب در فرایند فهم و درک آنها در چهار جزء غیرفعلی اسمی- صفتی-قیدی- حرف اضافه‌ای در دو گروه تیر و شفاف) در فراگیران غیرایرانی زبان‌فارسی، متناظر با پیک‌های زمانی پایین‌تر و دامنه پیک کمتر در مؤلفه‌های پتانسیل فراخوانده رویداد (N400، P600، P300) چگونه خواهد بود؟

1. Hillyard

۲. پیشینهٔ پژوهش

در این بخش از مطالعهٔ حاضر به انواع پژوهش‌ها در حوزهٔ ای.آر.پی، مغز و فعل مرکب پرداخته شده است. در بین این مطالعات می‌توان به پژوهش بدکر و کومینیاک[1](۲۰۰۶) اشاره نمود که در پژوهشی بر روی گویشوران زبان اسلواکی به بررسی نقش صرف، مطابقت و بازیابی حافظهٔ فعال در تولید جمله پرداختند. این زبان به دلیل آنکه افعال در زمان گذشته بر اساس جنسیت و شمار صرف می‌شوند، زمینهٔ مناسبی برای مطالعهٔ مطابقت فاعل–فعل فراهم می‌کند. در آزمایش‌های آن‌ها جملاتی طراحی شد که شامل یک فاعل اصلی و یک اسم محلی بودند و جنسیت و حالت اسم محلی به‌طور نظام‌مند دست‌کاری می‌شد. نتایج نشان داد که ویژگی‌های اسامی محلی می‌توانند در فرآیند صرف فعل مداخله کنند و این مداخله وابسته به جنسیت و حالت آن‌ها است. بدین ترتیب، خطاهای ایجادشده در تولید افعال نشان داد که مطابقت فاعل–فعل نه‌تنها به بازیابی فاعل در حافظهٔ فعال، بلکه به روابط نحوی و تعامل ویژگی‌های دستوری عناصر جمله نیز وابسته است. پنچوا[2](۲۰۰۸) به بررسی فعل‌های مرکب فارسی پرداخته است. چارچوب نظری او مبتنی بر تجزیهٔ گروه فعلی در قالب «نحو اولین فاز» بود. بر اساس این رویکرد، گروه فعلی از سه گروه بیشینه تشکیل می‌شود: گروه آغازگر (مسئول تولید رویداد سبب)، گروه فرایند (نمایانگر رویداد تغییر) و گروه نتیجه (بیانگر پیامد تغییر). تحلیل داده‌های زبانی نشان داد که ساخت فعل‌های مرکب فارسی را می‌توان با این سه لایه توضیح داد؛ به این معنا که هر جزء از فعل مرکب نقشی مشخص در ایجاد ساخت رویدادی ایفا می‌کند. یافته‌های پژوهش نشان داد که نحو فعل‌های مرکب زبان فارسی بر مبنای سازمان رویدادی چندلایه قابل تبیین است. فرو، پزولو و پیرلی[3] (۲۰۱۰) به بررسی صرف، حافظه و واژگان ذهنی پرداختند. شواهد تجربی اخیر در مورد یادگیری و پردازش صرف باعث شده است که دیدگاهی کمتر قطعی از تعامل بین دانش کلمهٔ ذخیره‌شده و پردازش برخط (آنلاین) ایجاد شود. ذخیره‌کردن یک کلمه در واژگان ذهنی صرفاً مستلزم حفظ یک تصویر از آن کلمه به فشرده‌ترین حالت ممکن در حافظه نیست. همچنین نیاز است چنین تصاویری از طریق ویژگی‌های ساختاری رمزگذاری و دستکاری شوند؛ زیرا این ساختارها به‌طور بهینه برای تولید و درک کلمه سازگار هستند. نقشه‌های خودسازماندهی زمانی[4] یک مدل جدید از شبکهٔ عصبی مصنوعی هستند که اطلاعات توالی زمانی را از طریق زنجیره‌های فعال‌سازی پیش‌بینی‌کنندهٔ

1. Badecker & Kuminiak
2. Pantcheva
3. Ferro, Pezzulo & Pirrelle
4. THSOMs

گیرنده‌ها که اطلاعات مکانی و زمانی محرک‌های ورودی را رمزگذاری می‌کنند، حفظ می‌کند. تأثیر این مدل بر مسائل سازمان‌دهی واژگانی و پردازش صرفی به‌تفصیل از طریق مجموعه‌ای از شبیه‌سازی‌ها، بررسی شده است که پویایی بین حافظهٔ کوتاه‌مدت (فعال‌سازی)، حافظهٔ بلندمدت (یادگیری) و سازمان‌دهی صرف شکل‌های کلمه ذخیره‌شده را نشان می‌دهد (ویژگی‌های ساختاری). شعبانی جدیدی (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای به بررسی پردازش فعل‌های مرکب فارسی در واژگان ذهنی پرداخت تا روشن شود این افعال چگونه در ذهن ذخیره، سازمان‌دهی و بازیابی می‌شوند. در این پژوهش، ۴۸ فرد بومیِ فارسی‌زبان در بازهٔ سنی ۲۰ تا ۴۰ سال که همگی دانشجوی دانشگاه‌های ایران بودند، شرکت کردند. ابزار اصلی گردآوری داده‌ها نرم‌افزار **DMDX** بود و از روش **اندازه‌گیری زمان واکنش** برای سنجش سرعت و دقت پردازش استفاده شد. محرک‌ها شامل افعال مرکب فارسی و معادل‌های سادهٔ آن‌ها بودند و شرکت‌کنندگان باید در کوتاه‌ترین زمان ممکن به محرک‌ها پاسخ می‌دادند. نتایج نشان داد که پردازش فعل‌های مرکب فارسی به‌صورت یکپارچه و کل‌واحدی[1] صورت می‌گیرد و نه به شکل ترکیب جداگانهٔ اجزای آن‌ها؛ به‌عبارت‌دیگر، این افعال به‌عنوان واحدهایی مستقل در واژگان ذهنی ذخیره می‌شوند. این یافته‌ها اهمیت سازمان‌دهی واژگانی و پردازش سریع افعال مرکب در زبان فارسی را نشان دادند. کیلامبی[2] (۲۰۲۰) به بررسی کلمات مرکب در حوزهٔ شناختی پرداخته است. این پژوهش واژه‌های مرکب را بر اساس زبان‌شناسی شناختی طبقه‌بندی کرده است. روند استفاده از آن‌ها را با استفاده از زبان‌شناسی پیکره‌ای مقایسه کرد. با استفاده از مفهوم نوام چامسکی، لیز از ساختارهای عمیق و سطحی یک جمله کلمات مرکب را به‌عنوان واحدهای مجزا در نظر نمی‌گرفت؛ اما به‌عنوان نوعی جملات تعبیه شده و اشاره به احتمال حضور عمیق و سطحی ساختارها در کلمات مرکب دارد که این تحقیق سعی در بررسی آن‌ها داشت. سپس بر اساس مدل شناختی آرمانی پیشنهاد شده توسط لاکوف و فاوکونیر، کلمات مرکب به کلمات مرکب شفاف، مبهم و غیرشهودی طبقه‌بندی شدند. با استفاده از Google Books، این مطالعه همچنین روند استفاده از آن‌ها را مقایسه کرد. این کار با استفاده از فرکانس تعریف شده انجام شد. این کار که مشابه بهره‌وری برای کلمات چسبانده شده توسط G.E.Booij است، انجام شدند. هر یک طبقه‌ای از واژه‌های مرکب که بر اساس ICM تشکیل شده‌اند، دارای فرکانس استفاده متفاوتی بودند.

گنگ و یامادا[3] (۲۰۲۰) به بررسی تأثیر یک سیستم یادگیری واقعیت افزوده برای فعل‌های مرکب ژاپنی بر عملکرد

1. holistic
2. Kilambi
3. Geng & Yamada

یادگیری و بار شناختی پرداختند. پژوهشگران با استفاده از روش **آزمایش نیمه‌تجربی**، دو گروه از زبان‌آموزان غیرژاپنی را مقایسه کردند: گروهی که از سیستم واقعیت افزوده بهره گرفت و گروهی که با روش‌های سنتی یادگیری کار کردند. داده‌ها از طریق آزمون‌های عملکردی (برای سنجش یادگیری افعال مرکب) و پرسشنامه‌های بار شناختی جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد که استفاده از واقعیت افزوده به طور معناداری موجب بهبود یادگیری و به خاطر سپاری افعال مرکب شد و درعین‌حال بار شناختی یادگیرندگان را کاهش داد؛ بنابراین، این مطالعه اثربخشی فناوری واقعیت افزوده را در ارتقای یادگیری زبان دوم و کاهش فشار ذهنی زبان‌آموزان تأیید می‌کند.

کیم و همکاران[1] (۲۰۲۲) به بررسی پویایی زمانی صورت و معنا در پردازش واژه‌های مشتق، مطالعهٔ ای.آر.پی بر روی افعال تصریفی زبان کره‌ای پرداختند. در این پژوهش به‌منظور یافتن نقش صورت و معنا در طول تشخیص بصری واژه‌های مشتق، تأثیر طول ستاک افعال تصریفی زبان کره‌ای به‌عنوان یک زبان به‌شدت تصریفی و فراوانی آن افعال در یک آزمایش ای.آر.پی بررسی شده است. به همین منظور با استفاده از ای.آر.پی که بر روی ۲۶ گویشور بومی زبان کره‌ای (هفت زن و نوزده مرد ۱۹- ۲۹ساله) راست‌دست و دارای بینایی طبیعی انجام شد، طول ستاک و فراوانی افعال تصریفی زبان کره‌ای دستکاری شد و تأثیرات رفتاری (RT)، دقت و الکتروفیزیولوژیک (مؤلفه‌های N۱۰۰، N۲۵۰، N۴۰۰ و P۶۰۰) مقایسه شد. نتایج رفتاری نشان داد که در واژه‌هایی که ستاک کوتاه‌تری داشتند، در مقایسه با واژه‌هایی که طول یکسان اما ستاک بلندتری داشتند، زمان‌های تصمیم‌گیری واژگانی سریع‌تر بود. بااین‌حال در واژه‌هایی که فراوانی بالایی داشتند، تأثیر طول ستاک معنادار نبود. درمجموع داده‌های این پژوهش شواهدی از فعال‌سازی هم‌زمان اطلاعات صرفی و واژگانی- معنایی در مراحل اولیهٔ پردازش بصری واژه (پس از اسکن کردن کل واژه) ارائه می‌دهد.

یوسف‌زاده و همکاران (۲۰۲۴) در یک پژوهش روان‌زبان‌شناختی با استفاده از آزمون تولید نوشتاری واژه نشان دادند که ترکیبات فارسی در ذهن تحت تأثیر شفافیت معنایی، ترتیب اجزاء و شیوهٔ نوشتاری پردازش می‌شوند. در این مطالعه، شرکت‌کنندگان پس از شنیدن محرک‌ها، ترکیبات را تایپ کردند و نتایج بیانگر آن بود که ترکیبات شفاف سریع‌تر و دقیق‌تر تولید می‌شوند و ترکیبات بدون فاصله بیشتر به‌صورت یک واحد واژگانی بازنمایی می‌گردند. به‌طورکلی، یافته‌ها حاکی از آن است که پردازش ترکیبات در فارسی حاصل تعامل ویژگی‌های معنایی و صوری است.

1. Kim & et all

مقاله پین[1] (۲۰۲۰) مروری نظام‌مند بر مطالعات انجام‌شده با استفاده از پتانسیل‌های وابسته به رویداد (ERP) در حوزه پردازش زبان‌های چندزبانه است و به‌جای ارائهٔ داده‌های تجربی جدید، رویکردی تحلیلی برای تبیین فرایندهای عصبی مرتبط با فراموشی یا تضعیف زبان ارائه می‌دهد. پژوهش‌های ERP مرتبط با پردازش نحوی، واژگانی و معنایی مرور شده و نشان داده می‌شود که الگوهای الکتروفیزیولوژیک مغز (مانند مؤلفه‌های N400 وP600) به‌طور معناداری تحت تأثیر عواملی چون سطح مهارت، سن یادگیری و میزان استفاده از زبان قرار دارند. نتایج این مرور بیانگر آن است که تغییرات عصبی ناشی از نگهداشت یا تضعیف زبان فرایندی تدریجی و تجربه‌محور است، نه پدیده‌ای ناگهانی، و درک این الگوها می‌تواند به تبیین بهتر سازوکارهای شناختی و عصبی زبان‌پریشی یا کاهش توانایی زبانی کمک کند.

شعبانی‌جدیدی (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای رفتاری با استفاده از آزمون پرایمینگ نقابی، روی ۴۶ زبان‌آموز نزدیک‌به‌بومی فارسی نشان داد که فعل‌های مرکب تیره نسبت به افعال مرکب شفاف نیازمند پردازش شناختی بیشتری هستند و بار پردازشی بیشتری بر زبان‌آموزان وارد می‌کنند. این پژوهش، چارچوب مفیدی برای تحلیل نقش شفافیت معنایی در دسترسی دومسیره به فعل‌های مرکب فراهم می‌آورد. همچنین، شعبانی‌جدیدی در یک کتاب پژوهشی دیگر (۲۰۱۷) مرور و گزارش آزمون‌های روان‌زبان‌شناختی مربوط به ذخیره و بازیابی فعل‌های مرکب فارسی را ارائه کرده است که می‌تواند به‌عنوان مرجع نظری و تجربی برای طراحی محرک‌های آزمون‌های رفتاری و ای.آر.پی در پژوهش‌های مشابه به‌کار رود.

در حوزهٔ عصب‌زبان‌شناختی، مطالعاتی که بر ساخت‌های فعل سبک انجام شده‌اند، گرچه روی زبان فارسی اجرا نشده‌اند، اما به دلیل استفاده از مؤلفه‌های ای.آر.پی مانند (N400) و (P300/P600)، می‌توانند به طراحی و تحلیل داده‌های ای.آر.پی برای فعل‌های مرکب فارسی راهنمایی کنند. به‌عنوان‌مثال، ویتنبرگ و کوپربرگ[2] (۲۰۱۴) نشان دادند که پردازش ساخت‌های فعل سبک با فعالیت عصبی پایدار و مؤلفه‌های ای.آر.پی مرتبط با پردازش معنایی و نحوی همراه است. همچنین مطالعه دیگری از ویتنبرگ و همکاران[3] (۲۰۱۴) پردازش عصبی ساختارهای «فعل سبک» (مانند *give a kiss*) در مقایسه با ساختارهای غیرسبک (مانند *give a rose*) بررسی شد تا روشن شود آیا این

1. payne
2. Wittenberg, E., & Kuperberg, G. R
3. Wittenberg, E

ساختارها بار شناختی متفاوتی برای مغز دارند. در آزمایشیEEG ـ‌محور با جملات آلمانی که فعل در انتهای جمله قرار داشت، پتانسیل‌های برانگیخته‌شدهٔ رویداد (ERP) در لحظهٔ پردازش فعل اندازه‌گیری شد. نتایج نشان دادند که در بازهٔ زمانی اولیه (۳۰۰–۵۰۰ میلی‌ثانیه، مربوط به مؤلفهٔN400) تفاوتی میان شرایط دیده نشد، اما در بازهٔ دیرتر (۵۰۰–۹۰۰ میلی‌ثانیه) ساختارهای فعل سبک موجب بروز **فعالیت منفی پایدار و گسترده در نواحی پیشانی مغز** شدند. این اثر به‌عنوان شاخصی از بار پردازشی اضافی در ترکیب معنایی تفسیر شد؛ زیرا در این نوع ساختار، نقش‌های معنایی میان فعل و اسم باید به‌طور پیچیده‌تری هم‌پوشانی یابند. به‌این‌ترتیب، پژوهش نشان می‌دهد که گرچه فعل‌های سبک از نظر نحوی ساده به نظر می‌رسند، پردازش معنایی آن‌ها نیازمند سازوکارهای شناختی و حافظه‌ای پیشرفته‌تری است.

لی[1] و همکاران(۲۰۲۱) مطالعهٔ اف.ام.آر.آی روی مرکبات چینی دوحرفی بررسی نواحی قشری در پردازش ترکیب معنا/شکل انجام داد. نتایج با اف.ام.آر.ای نشان داده شد که پردازش مرکبات (شامل فعل‌ها/اسم‌ها) شبکهٔ زبان کلاسیک را فعال می‌کند و نحوهٔ ترکیب معنا در سطح مغزی وابسته به ویژگی‌های زبانی (مثلاً شفافیت معنی) است.

در حوزهٔ پژوهش‌های نظری و پیکره‌محور فارسی، ساموليان و فقیری (۲۰۱۴) در مقاله‌ای به تحلیل ترکیب‌پذیری فعل‌های مرکب پرداختند و نقش شفافیت و تیرگی معنایی را در طراحی محرک‌های آزمایشی مورد تأکید قرار دادند. پژوهشی تجربی در سال ۲۰۱۸ نیز به مسئلهٔ جداپذیری اجزای فعل‌های مرکب فارسی پرداخت و نشان داد که کنترل متغیرهای ساختاری همراه با شفافیت معنایی برای تحلیل پردازش شناختی فعل‌های مرکب اهمیت دارد. علاوه بر این، عشاقی (۲۰۲۲) با طراحی پیکره‌ای از ساخت‌های فعل سبک در فارسی، منبع ارزشمندی برای انتخاب افعال مرکب پرتواتر و برچسب‌گذاری شفاف/تیره فراهم کرده است. بررسی‌های کلاسیک‌تر نیز مانند مقالهٔ طبائی (۱۹۷۹) مبانی نظری و نمونه‌های معتبر از فعل‌های مرکب فارسی را ارائه می‌دهد که زمینهٔ لازم را برای توسعه چارچوب‌های نظری و عملی پژوهش‌های رفتاری و ای.آر.پی فراهم می‌سازد.

1. Lee, H-J

۱-۲. فعل‌های مرکب

طبق نظر تابعیان (۱۹۷۹)، عبارت‌های فعلی[1] در فارسی به دو دسته تقسیم می‌شوند: فعل‌های ساده و مرکب یا ترکیبی. هر عبارت فعلی که تنها شامل یک ریشهٔ فعلی باشد، یک فعل ساده است. عبارت‌های فعلی که شامل یک پیشوند و یک ریشهٔ فعلی، یا یک اسم همراه با یک ریشهٔ فعلی عادی یا یک فعل کمکی باشند، فعل‌های مرکب محسوب می‌شوند.

یکی از نخستین مطالعاتی که به دسته‌بندی فعل‌های مرکب فارسی پرداخته است، اثر لازار (۱۹۵۷) است. او فعل‌های مرکب فارسی را به سه دسته تقسیم می‌کند: نوع اول: شامل یک پیش‌فعل و یک فعل است. نوع دوم: از ترکیب اسم با یکی از فعل‌های کمکی فارسی مانند کردن، شدن و بودن تشکیل می‌شود. این گروه خود به دو زیرگروه تقسیم می‌شود: بخش اسمی یک اسم است که می‌تواند عمل، انتزاعی یا عینی باشد. بخش اسمی یک صفت یا قید است. نوع سوم: شامل عبارات فعلی است که از ترکیب مفعول با فعل تشکیل می‌شوند. ازآنجایی‌که دسته‌بندی لازار با دسته‌بندی‌های دیگر پژوهشگران از جمله لمبتون (۱۹۸۴) و دبیرمقدم (۱۹۹۷) همپوشانی دارد، نیازی به بحث جزئی‌تر در مورد طبقه‌بندی لازار نیست. سعیدی (۲۰۰۹، ۲۰۱۲، ۲۰۱۴، ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷) نیز به بررسی فعل مرکب در اجزاء غیرفعلی به‌صورت مفصل پرداخته است.

۲-۲. زبان‌شناسی شناختی و افعال مرکب

یکی از مبانی نظری پژوهش حاضر، رویکرد زبان‌شناسی شناختی است. در این دیدگاه، زبان به‌عنوان بخشی از نظام شناختی انسان در نظر گرفته می‌شود و ساخت‌های زبانی بازتاب فرایندهای ذهنی و مفهومی هستند (لانگاکر[2]، ۱۹۸۷). فعل‌های مرکب در زبان فارسی نمونه‌ای روشن از این پیوند میان معنا و ساختار هستند. این فعل‌ها غالباً از یک جزء اسمی یا صفتی و یک جزء فعلی تشکیل شده‌اند و معنای آنها در بسیاری از موارد فراتر از مجموع اجزاست. نظریهٔ استعارهٔ مفهومی (لیکاف و جانسون[3]، ۱۹۸۰) به‌خوبی توضیح می‌دهد که چرا بسیاری از فعل‌های مرکب فارسی دارای بار استعاری‌اند و در نتیجه شفافیت یا تیرگی معنایی آنها متفاوت است؛ مثلاً فعل «دست کشیدن» به معنای «رها کردن» ارتباط مستقیمی با اجزای خود ندارد و از مسیر استعاری فهمیده می‌شود.

1. verbal phrases
2. Langacker
3. Lakoff & Johnson

همچنین، نظریهٔ ساخت‌گرایانه[1] (گلدبرگ، ۱۹۹۵) تأکید می‌کند که واحدهای زبانی را باید به‌صورت ساخت‌هایی دانست که هم شکل و هم معنا را هم‌زمان حمل می‌کنند. از این منظر، فعل‌های مرکب فارسی صرفاً ترکیب نحوی نیستند، بلکه به‌عنوان ساخت‌هایی مستقل در نظام زبانی شناخته می‌شوند. این دیدگاه با یافته‌های عصب‌شناختی پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد، زیرا داده‌های ای.آر.پی نشان می‌دهند که مغز فارسی‌آموزان فعل‌های مرکب را نه به‌عنوان اجزای جداگانه، بلکه به‌صورت واحدهای پردازشی مستقل تحلیل می‌کند.

۲-۳. مدل‌های عصب‌زبان‌شناختی پردازش زبان

چارچوب نظری این پژوهش به‌شدت به داده‌ها و مدل‌های عصب‌زبان‌شناسی متکی است. بر اساس مدل دوگانهٔ پردازش واژگان[2]، واژه‌ها می‌توانند یا از مسیر ترکیبی[3] یا از مسیر واژگانی[4] پردازش شوند (کلشن[5]، ۱۹۹۹). در مورد فعل‌های مرکب، شفافیت معنایی می‌تواند تعیین کند که کدام مسیر فعال‌تر شود: فعل‌های شفاف اغلب از مسیر ترکیبی پردازش می‌شوند، درحالی‌که فعل‌های تیره بیشتر به‌صورت واحدهای واژگانی بازیابی می‌شوند.

مطالعات ای.آر.پی شواهد مهمی در این زمینه ارائه می‌دهند. مؤلفهٔ (N400) به‌دشواری پردازش معنایی و یکپارچه‌سازی واژگان در حافظهٔ معنایی اشاره دارد. (کوتاس و فدرمییر[6]، ۲۰۱۱) دامنهٔ بالاتر (N400) در فعل‌های مرکب تیره بیانگر این است که پردازش معنای آنها دشوارتر است. از سوی دیگر، (P600) معمولاً با بازتحلیل نحوی و تلاش برای یکپارچه‌سازی معنایی مرتبط است.(فریدریچی[7]، ۲۰۱۱) بروز این مؤلفه در پردازش فعل‌های مرکب غیرشفاف نشان می‌دهد که زبان‌آموزان هنگام مواجهه با این فعل‌ها مجبور به بازسازی ساخت نحوی و معنایی جمله می‌شوند. افزون بر این، (P300) به جنبه‌های توجهی و ارزیابی اولیه محرک مربوط می‌شود و تغییرات آن در فعل‌های مرکب با اجزای غیرفعلی حاکی از بار توجهی و پردازشی بیشتر در مرحلهٔ نخست درک جمله است (پولیش[8]، ۲۰۰۷).

1. Construction Grammar
2. dual-route model
3. rule-based
4. lexical
5. Clahsen
6. Kutas & Federmeier
7. Friederici
8. Polich

۳. روش گردآوری اطلاعات و تحلیل داده‌ها

این پژوهش از نوع آزمایشی است که بر روی ۴۰ نفر فارسی‌آموز غیرفارسی‌زبان (سن ۱۹ تا ۳۵ سال) انجام شد. شرکت‌کنندگان ابتدا به پرسشنامه‌های مربوط به درک و شناسایی فعل‌های مرکب پاسخ دادند و سپس از بین ۴۰ نفر فقط ۱۰ نفر به‌صورت نمونه هدفمند و تصادفی انتخاب شدند و قبل از اجرای تست‌ها، آزمون‌های حافظهٔ فعال، سطح توجه و سلامت عمومی از آنها گرفته شد. دو آزمون در سطح واژه و جمله طراحی شد. فارسی‌آموزان باید به این دو آزمون در آزمایشگاه علوم شناختی پاسخ می‌دادند. قبل از بردن فارسی‌آموزان به آزمایشگاه آزمون‌ها روی نرم‌افزار متلب کدنویسی شدند و مدت‌زمان و میزان پاسخ‌دهی به آنها مورد خطا و آزمایش قرار گرفتند. فعل‌ها به چهار گروه دوتایی تیره و شفاف تقسیم شدند. در هر گروه ۲۰ واژه و جمله قرار داشت که مجموعاً ۲۴۰ واژه و جمله می‌شد. ده نفر از چهل نفر به آزمایشگاه به‌صورت هدفمند انتخاب شدند. قبل از اجرای آزمون‌ها به شرکت‌کنندگان نحوه پاسخ‌دهی توضیح داده می‌شد و روز قبل از آزمون شرکت‌کننده نباید دارویی مصرف می‌کرد و باید سرش شسته می‌بود. سؤالات روی مانیتور به‌صورت چندگزینه‌ای در سطح واژه و جمله به آنها نشان داده می‌شد که باید بهترین گزینه را انتخاب می‌کردند. برای هر فارسی‌آموز حدود یک ساعت و نیم در آزمایشگاه زمان برد. سپس این چهار دسته از فعل‌های مرکب شفاف و تیره را طبق سه مؤلفهٔ (N400، P600 و P300) با روش آزمایشگاهی ای.آر.پی مورد ارزیابی قرار دادیم تا ببینم دسته‌بندی این فعل‌ها و عملکردشان در مغز چگونه است. داده‌های رفتاری با استفاده از آزمون تی[1] تحلیل شد و داده‌های مغزی با دستگاه ای‌ای‌جی ثبت و در نرم‌افزار ای‌ای‌جی لب تحلیل شدند. در این بخش ابتدا به آمار توصیفی پرداخته شده است و سپس آمار استنباطی شرح داده شد.

جدول ۱: مشخصات دموگرافیک سن، میزان سال‌های تحصیل، نمرهٔ توجه، نمرهٔ حافظهٔ فعال و میزان سلامت روان عمومی شرکت‌کنندگان

متغیر	زیرمقیاس	میانگین	انحراف معیار
سال‌های تحصیل		۱۷.۶	۰.۸
سن		۲۲.۹	۳.۷۸
توجه (درصد)		۸۸.۴۷	۸.۹۶

1. t-test

متغیر	زیرمقیاس	میانگین	انحراف معیار
حافظهٔ فعال (درصد)		۷۲.۰۵	۵.۳۶
سلامت روان عمومی	نشانه‌های سلامت روان مثبت	۲.۱	۱.۵۷
	نشانه‌های اختلال روانی	۱.۸۰	۱.۸۸

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود میانگین (انحراف معیار) سال‌های تحصیل ۱۷/۶ (۸.۰)، سن۲۲/۹ (۷۸.۳)، توجه ۴۷.۸۸ (۸/۹۶)، حافظهٔ فعال ۷۲/۰۵ (۹۶.۸)، نشانه‌های سلامت روان مثبت ۲/۱ (۱/۵۷) و نشانه‌های اختلال روانی ۱/۸۰ (۱/۸۸) می‌باشد. در ادامه جدول میانگین و انحراف معیار متغیرهای پژوهش در دو تست کلمه و تست جمله آورده شده است.

جدول ۲: جدول میانگین و انحراف معیار متغیرهای پژوهش در دو تست کلمه و تست جمله

نوع متغیر	متغیر	تست جمله		میانگین تست کلمه	
		میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
میزان به‌خاطرسپاری	فعل‌های مرکب با جزء غیرفعلی اسمی روشن	۷.۶	۰.۹۶۶	۷	۱.۳۳۳
	فعل‌های مرکب با جزء غیرفعلی اسمی تیره	۵.۶	۱.۷۱۳	۵.۱	۱.۵۹۵
	فعل‌های مرکب با جزء غیرفعلی صفتی روشن	۵.۹	۱.۹۶۹	۵.۹	۰.۹۹۴
	فعل‌های مرکب با جزء غیرفعلی صفتی تیره	۴.۶	۱.۰۷۵	۶	۲.۱۰۸
	فعل‌های مرکب با جزء غیرفعلی قیدی روشن	۶.۲	۱.۷۵۱	۷.۶	۲.۳۱۹
	فعل‌های مرکب با جزء غیرفعلی قیدی تیره	۶.۲	۰.۹۱۹	۷.۶	۱.۴۳
	فعل‌های مرکب با جزء غیرفعلی حرف اضافه‌ای روشن	۴.۹	۱.۵۲۴	۳.۶	۱.۱۷۴
	فعل‌های مرکب با جزء غیرفعلی حرف اضافه‌ای تیره	۵.۲	۱.۸۱۴	۶.۳	۲.۰۵۸
	فعل‌های مرکب روشن	۲۴.۶	۳.۴۷۱	۲۴.۱	۳.۶۳۵
	فعل‌های مرکب تیره	۲۱.۶	۳.۷۱۸	۲۵	۳.۶۲۱

نوع متغیر	متغیر	تست جمله		میانگین تست کلمه	
		میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
	فعل‌های مرکب اسمی	۱۳.۲	۱.۷۵۱	۱۲.۱	۲.۰۲۵
	فعل‌های مرکب صفتی	۱۰.۵	۱.۹	۱۱.۹	۲.۲۳۴
	فعل‌های مرکب قیدی	۱۲.۴	۱.۷۷۶	۱۵.۲	۲.۵۳
	فعل‌های مرکب حرف اضافه	۱۰.۱	۱.۸۵۳	۹.۹	۲.۹۲۳
سرعت واکنش	فعل‌های مرکب روشن	۳.۹۶۵	۱.۵۰۱	۴.۷۹۳	۲.۰۵۴
پاسخ (ثانیه)	فعل‌های مرکب تیره	۴.۱۶۴	۱.۵۱۲	۴.۸۳۳	۱.۹۳۴
	فعل‌های مرکب اسمی	۴.۱۲۱	۱.۷۶۵	۵.۰۴۲	۱.۹۹۷
	فعل‌های مرکب صفتی	۴.۱۱	۱.۶۶۴	۴.۸۸۱	۱.۷۴۵
	فعل‌های مرکب قیدی	۳.۸۶	۱.۵۶۵	۴.۸۷۳	۱.۷۹
	فعل‌های مرکب حرف اضافه	۳.۹۶۳	۱.۷۸۳	۴.۶۵۳	۱.۷۰۳

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود به‌خاطرسپاری فعل‌های مرکب بیشترین میانگین فعل‌های مرکب تیره – تست کلمه و کمترین میانگین 3.6 فعل‌های مرکب با جزء غیرفعلی حرف اضافه‌ای روشن در تست کلمه است و سرعت واکنش پاسخ بیشترین میانگین 5.042 فعل‌های مرکب اسمی در تست کلمه و کمترین میانگین 3.86 فعل‌های مرکب قیدی در تست جمله است.

۴. یافته‌ها

برای بررسی این سؤال که "سرعت پاسخ رفتاری پایین‌تر، متناظر با پیک‌های زمانی پایین‌تر و دامنهٔ پیک کمتر در مؤلفه‌های پتانسیل فراخواندهٔ رویداد (N400، P600، P300) چگونه خواهد بود؟" از آزمون همبستگی پیرسون بین مؤلفه‌های ای.آر.پی و سرعت واکنش پاسخ استفاده شد.

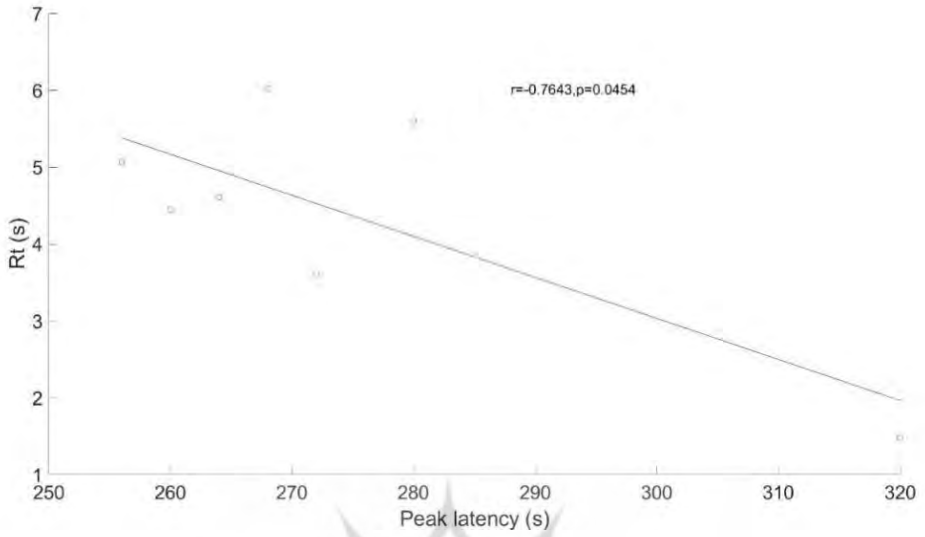
بخش الف: بررسی ضریب همبستگی در پیک زمانی (N۴۰۰) و سرعت پاسخ‌هایشان در دو تست کلمه و جمله

در جدول ۳ فقط نتایج کانال‌های معنی‌دار برای رابطهٔ بین مؤلفهٔ پیک زمانی (N400) و سرعت واکنش پاسخ در شرایط پاسخ، پاسخ غلط و شرایط کلی (پاسخ صحیح و غلط) آورده شده است.

جدول ۳: جدول همبستگی پیرسون بین مؤلفه پیک زمانی (**N۴۰۰**)
و سرعت واکنش پاسخ در شرایط پاسخ، پاسخ غلط و شرایط کلی

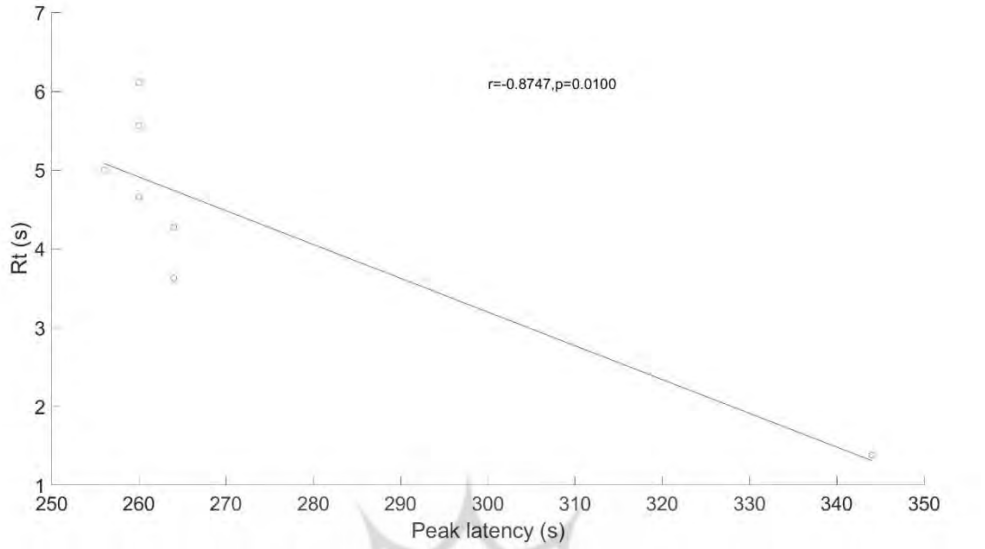
نوع تست	شرایط	کانال	ضریب همبستگی پیرسون	سطح معنی‌داری
کلمه	کل	اِف‌سی۳	-۰.۷۶۴۳	۰.۰۴۵۴۱۵
	پاسخ غلط	سی‌پی۳	-۰.۸۲۰۶۵	۰.۰۲۳۶۹۶
	پاسخ غلط	پی‌او۸	-۰.۷۸۰۹۸	۰.۰۳۸۱۶۹
	پاسخ صحیح	اِف۷	-۰.۷۸۹۱۸	۰.۰۳۴۸۵۹
	پاسخ صحیح	سی‌زِد	-۰.۷۹۴۹۴	۰.۰۳۲۶۳۷
	پاسخ صحیح	سی‌پی۲	-۰.۸۷۴۷۱	۰.۰۰۹۹۶۵
	پاسخ صحیح	پی‌او۳	-۰.۷۹۰۳۴	۰.۰۳۴۴۰۵
	پاسخ صحیح	پی‌او٤	-۰.۸۰۴۸۶	۰.۰۲۸۹۹۵

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود سرعت واکنش پاسخ در شرایط کلی در کانال اِف‌سی۳ (پیشانی-مرکزی چپ) رابطهٔ منفی و معنی‌داری با پیک زمانی (N۴۰۰) دارد (p<۰/۰۵). همچنین سرعت واکنش پاسخ در پاسخ غلط در کانال سی‌پی۳ (مرکزی-آهیانه‌ای چپ) و پی‌او۸ (پس‌آهیانه‌ای کناری راست) رابطهٔ منفی و معنی‌داری با پیک زمانی (N400) دارد (p<۰/۰۵). در انتها، سرعت واکنش پاسخ در شرایط پاسخ در کانال اِف۷ (پیشانی پایین چپ)، سی‌زِد (مرکزی میانی)، سی‌پی۲ (مرکزی-آهیانه‌ای راست)، پی‌او۳ (پس‌آهیانه‌ای چپ) و پی‌او۴ (پس‌آهیانه‌ای راست) رابطهٔ منفی و معنی‌داری با پیک زمانی (N400) دارد (p<۰/۰۵). نکتهٔ قابل توجه آن‌که در تست جمله کانال معنی‌داری مشاهده نشد. در ادامه نمودار ۱-۳ مربوط به هر یک از شرایط که بیشترین معنی‌داری را برای رابطهٔ بین مؤلفه پیک زمانی (N400) و سرعت واکنش پاسخ داشت، آورده شده است.



نمودار ۱: رابطهٔ بین مؤلفهٔ پیک زمانی (N۴۰۰) در کانال ۳FC
و سرعت واکنش پاسخ در شرایط کلی در تست کلمه

نمودار ۲: رابطهٔ بین مؤلفهٔ پیک زمانی (N۴۰۰) در کانال سی‌پی۳
و سرعت واکنش پاسخ در پاسخ غلط در تست کلمه



نمودار ۳: رابطهٔ بین مؤلفهٔ پیک زمانی (N۴۰۰) در کانال سی‌پی۲ (مرکزی-آهیانه‌ای راست) و سرعت واکنش پاسخ در شرایط پاسخ در تست کلمه

همان‌طور که در نمودارهای ۱-۳ مشاهده می‌شود با افزایش زمان پاسخ، پیک زمانی هم با تأخیر کمتر اتفاق می‌افتد. این روند در شرایط پاسخ کلی، صحیح و غلط یکسان است. همچنین بیشترین همبستگی در کانال‌های سی‌پی۲ (مرکزی-آهیانه‌ای راست)، سی‌پی۳ (مرکزی-آهیانه‌ای چپ) و اِف‌سی۳ (پیشانی-مرکزی چپ) وجود داشته است.

بخش ب: ضریب همبستگی پیرسون بین مؤلفه پیک دامنه (N400) و سرعت واکنش پاسخ آن در تست کلمه و جمله

در جدول ۴ فقط نتایج کانال‌های معنی‌دار برای رابطهٔ بین مؤلفهٔ پیک دامنهٔ (N۴۰۰) و سرعت واکنش پاسخ در شرایط پاسخ، پاسخ غلط و شرایط کلی (پاسخ صحیح و غلط) آورده شده است.

جدول ۴: همبستگی پیرسون بین مؤلفهٔ پیک دامنهٔ (N۴۰۰) و سرعت واکنش پاسخ در شرایط پاسخ، پاسخ غلط و شرایط کلی

نوع تست	شرایط	کانال	ضریب همبستگی پیرسون	سطح معنی‌داری
کلمه	کل	سی۵	۰.۸۵۳۶۴	۰.۰۱۴۵۲۳
	کل	سی۳	۰.۸۰۲۸۵	۰.۰۲۹۷۱۴

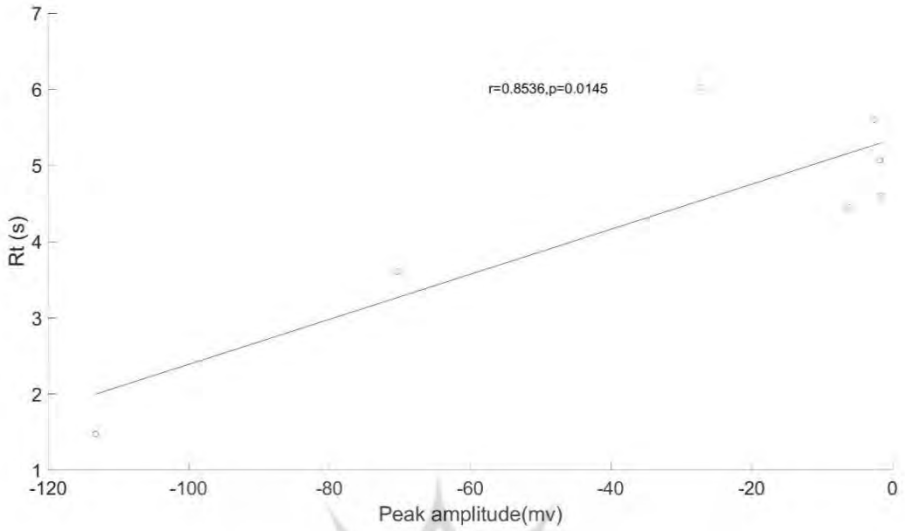
نوع تست	شرایط	کانال	ضریب همبستگی پیرسون	سطح معنی‌داری
	پاسخ غلط	سی۵	۰.۸۵۵۰۲	۰.۰۱۴۱۹۵
	پاسخ غلط	سی۳	۰.۷۷۹	۰.۰۳۸۹۹
	پاسخ صحیح	اِف‌زِد	۰.۷۸۸۳۵	۰.۰۳۵۱۸۹
	پاسخ صحیح	سی۵	۰.۸۳۰۵۲	۰.۰۲۰۶۸۳
جمله	پاسخ صحیح	اِف‌تی۷	-۰.۷۲۰۴۶	۰.۰۲۸۵۶۱
	پاسخ صحیح	تی۷	-۰.۶۸۰۲۷	۰.۰۴۳۷۵

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود سرعت واکنش پاسخ در شرایط کلی در کانال سی۵ (مرکزی کناری چپ) و سی۳ (مرکزی چپ) رابطهٔ مثبت و معنی‌داری با پیک دامنهٔ (N۴۰۰) دارد (p<۰/۰۵). همچنین سرعت واکنش پاسخ در پاسخ غلط در کانال سی۵ (مرکزی کناری چپ) و سی۳ (مرکزی چپ) رابطهٔ مثبت و معنی‌داری با پیک دامنهٔ (N۴۰۰) دارد (p<۰/۰۵). در انتها، سرعت واکنش پاسخ در شرایط پاسخ در کانال اِف‌زِد (پیشانی میانی) و سی۵ (مرکزی کناری چپ) رابطهٔ مثبت و معنی‌داری با پیک دامنهٔ (N۴۰۰) دارد (p<۰/۰۵)

در تست جمله سرعت واکنش پاسخ در شرایط پاسخ در کانال تی۷ (گیجگاهی چپ) و اف‌تی۷ (پیشانی-گیجگاهی چپ) رابطهٔ منفی و معنی‌داری با پیک دامنهٔ (N۴۰۰) دارد (p<۰/۰۵).

در ادامه، نمودار ۴ مربوط به رابطهٔ بین مؤلفهٔ پیک دامنهٔ (N۴۰۰) در کانال سی۵ و سرعت واکنش پاسخ در شرایط کلی در تست کلمه آورده شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



نمودار ۴: رابطهٔ بین مؤلفهٔ پیک دامنهٔ (N۴۰۰) در کانال سی۵
و سرعت واکنش پاسخ در شرایط کلی در تست کلمه

در تست کلمه مشاهده شد که با افزایش زمان پاسخ، دامنهٔ پیک بزرگ‌تری اتفاق می‌افتد. این روند در شرایط پاسخ کلی، صحیح و غلط یکسان است. همچنین بیشترین همبستگی در کانال سی۵ (مرکزی کناری چپ) برای همهٔ شرایط وجود داشته است. همچنین در تست جمله مشاهده شد، با افزایش زمان پاسخ، دامنهٔ پیک کوچک‌تری اتفاق می‌افتد. این روند در شرایط صحیح مشاهده شده است. همچنین بیشترین همبستگی در کانال اف‌تی۷ (پیشانی-گیجگاهی چپ) وجود داشته است.

بخش پ: بررسی ضریب همبستگی پیرسون بین مؤلفهٔ پیک زمانی (P۳۰۰) و سرعت واکنش پاسخ آنها در تست کلمه و جمله

جدول ۵: همبستگی پیرسون بین مؤلفه پیک زمانی (P۳۰۰) و سرعت واکنش پاسخ در شرایط پاسخ،
پاسخ غلط و شرایط کلی

نوع تست	شرایط	کانال	ضریب همبستگی پیرسون	سطح معنی‌داری
کلمه	کل	اِف‌سی۵	۰.۷۷۰۱۷	۰.۰۴۲۷۸۴
	کل	اِف‌سی۳	۰.۸۵۸۰۱	۰.۰۱۳۴۹۶

نوع تست	شرایط	کانال	ضریب همبستگی پیرسون	سطح معنی‌داری
	کل	سی۵	۰.۷۷۰۴۷	۰.۰۴۲۶۵۴
	کل	سی۳	۰.۸۰۶۹۱	۰.۰۲۸۲۷۵
	کل	سی‌پی۳	۰.۸۲۲۰۷	۰.۰۲۳۲۴۹
	کل	پی‌او۳	۰.۸۸۵۹۸	۰.۰۰۷۹۲۲
	کل	اُ۲	۰.۷۵۷۶۵	۰.۰۴۸۴۹۸
	پاسخ غلط	اف‌تی۷	-۰.۸۵۵۸۹	۰.۰۱۳۹۸۹
	پاسخ صحیح	اِف‌پی۲	۰.۷۷۷۲۶	۰.۰۳۹۷۲۶
	پاسخ صحیح	اِف۷	۰.۷۷۰۹۷	۰.۰۴۲۴۳۲
	پاسخ صحیح	اِف۵	۰.۷۷۹۲۵	۰.۰۳۸۸۸۶
	پاسخ صحیح	اِف۳	۰.۷۶۳۸۶	۰.۰۴۵۶۱۴
	پاسخ صحیح	اِف۱	۰.۷۹۰۱۳	۰.۰۳۴۴۸۹
	پاسخ صحیح	اِف‌زِد	۰.۷۸۸۶۲	۰.۰۳۵۰۷۹
	پاسخ صحیح	اِف۲	۰.۷۶۴۹۵	۰.۰۴۵۱۲
	پاسخ صحیح	تی۷	۰.۸۵۹۰۳	۰.۰۱۳۲۶۳
	پاسخ صحیح	پی‌او۳	۰.۷۹۱۳۵	۰.۰۳۴۰۱۳
	پاسخ صحیح	پی‌او۸	۰.۸۱۰۲۲	۰.۰۲۷۱۲۹

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود سرعت واکنش پاسخ در شرایط کلی در کانال اِف‌سی۵ (پیشانی-مرکزی کناری چپ)، اِف‌سی۳ (پیشانی-مرکزی چپ)، سی۵ (مرکزی کناری چپ)، سی۳ (مرکزی چپ)، سی‌پی۳ (مرکزی-آهیانه‌ای چپ)، پی‌او۳ (پس‌آهیانه‌ای چپ) و اُ۲ (پس‌سری راست) رابطهٔ مثبت و معنی‌داری با پیک زمانی (P۳۰۰) دارد (p<۰/۰۵). همچنین سرعت واکنش پاسخ در پاسخ غلط در کانال اف‌تی۷ (پیشانی-گیجگاهی چپ) رابطهٔ مثبت و معنی‌داری با پیک زمانی (P۳۰۰) دارد (p<۰/۰۵). در انتها باید گفت که سرعت واکنش پاسخ در شرایط پاسخ در کانال اِف‌پی۲ (پیشانی پیشین راست)، اِف۷ (پیشانی پایین چپ)، اِف۵ (پیشانی کناری چپ)، اِف۳

(پیشانی چپ)، اِف۱ (پیشانی چپ نزدیک خط وسط)، اِف‌زِد (پیشانی میانی)، اِف۲ (پیشانی راست نزدیک خط وسط)، تی۷ (گیجگاهی چپ)، پی‌او۳ (پس‌آهیانه‌ای چپ) و پی‌او۸ (پس‌آهیانه‌ای کناری راست) رابطهٔ مثبت و معنی‌داری با پیک زمانی (P۳۰۰) دارد (p<۰/۰۵) و مورد قابل ذکر آنکه در تست جمله کانال معنی‌داری مشاهده نشد.

بخش ت: بررسی ضریب همبستگی پیرسون بین مؤلفهٔ پیک دامنهٔ (P۳۰۰) و سرعت واکنش پاسخ آنها در تست کلمه و جمله

جدول۶: همبستگی پیرسون بین مؤلفهٔ پیک دامنهٔ (***P300***)
و سرعت واکنش پاسخ در شرایط پاسخ، پاسخ غلط و شرایط کلی

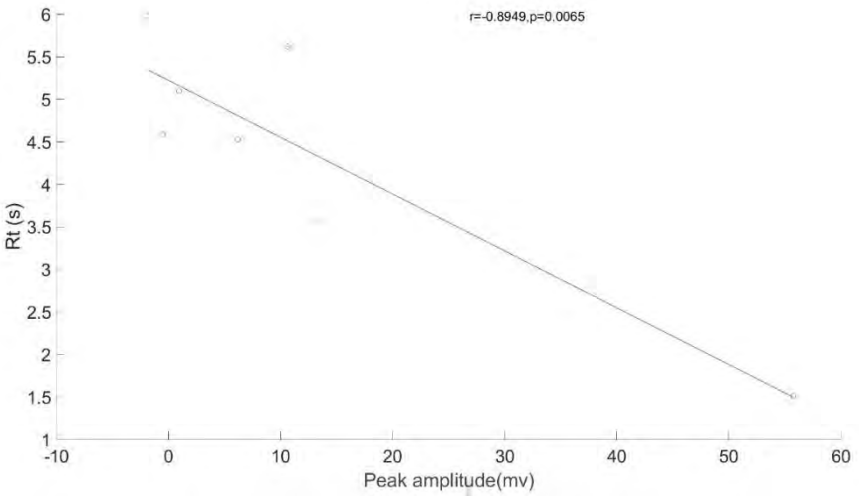
نوع تست	شرایط	کانال	ضریب همبستگی پیرسون	سطح معنی‌داری
کلمه	پاسخ غلط	اِف۳	-۰.۷۸۳۱۱	۰.۰۳۷۲۹۳
	پاسخ غلط	اِف‌سی۳	-۰.۸۷۷۴	۰.۰۰۹۴۵۲
	پاسخ غلط	سی۵	-۰.۸۷۳۱۴	۰.۰۱۰۲۷۱
	پاسخ غلط	سی۳	-۰.۸۹۴۹۲	۰.۰۰۶۴۹۲
	پاسخ غلط	تی‌پی۷	-۰.۷۶۰۰۷	۰.۰۴۷۳۶۴
	پاسخ صحیح	اِف۳	۰.۷۶۸۸۲	۰.۰۴۳۳۸۱
	پاسخ صحیح	سی‌پی٤	-۰.۸۲۰۷۴	۰.۰۲۳۶۶۶
جمله	کل	اِف۷	-۰.۷۹۴۹۴	۰.۰۱۰۴۵۲
	کل	اف‌تی۷	-۰.۸۰۸۱۳	۰.۰۰۸۳۹۸
	کل	اِف‌سی۵	-۰.۶۹۸۶۲	۰.۰۳۶۲۹۴
	کل	اِف‌سی۳	-۰.۶۸۷۵۵	۰.۰۴۰۶۸۴
	پاسخ غلط	اِف‌سی۵	-۰.۶۸۲۹۲	۰.۰۴۲۶۱۷
	پاسخ صحیح	اِف۲	-۰.۸۲۳۰۹	۰.۰۰۶۴۲
	پاسخ صحیح	اف‌تی۷	-۰.۷۷۸۶۲	۰.۰۱۳۴۳۳

نوع تست	شرایط	کانال	ضریب همبستگی پیرسون	سطح معنی‌داری
	پاسخ صحیح	اِف‌سی۵	-۰.۷۰۰۳۷	۰.۰۳۵۶۳
	پاسخ صحیح	پی٦	-۰.۶۷۶۹۱	۰.۰۴۵۲۱۵
	پاسخ صحیح	پی۸	-۰.۶۷۱۲۲	۰.۰۴۷۷۶۴
	پاسخ صحیح	پی‌او٤	-۰.۶۹۳۶۳	۰.۰۳۸۲۳۲
	پاسخ صحیح	ای‌اِف۸	-۰.۷۵۱۷۶	۰.۰۱۹۴۹۱

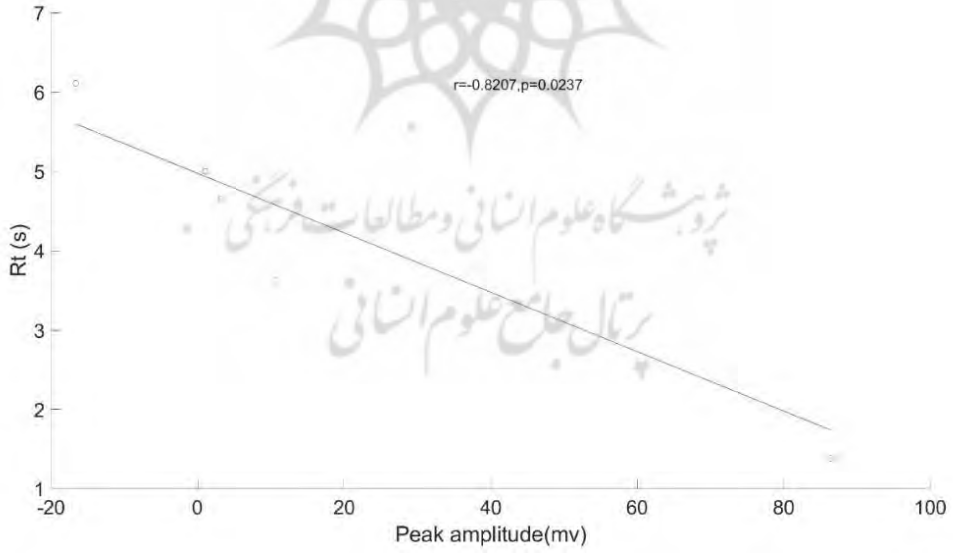
همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود در تست کلمه سرعت واکنش پاسخ در پاسخ غلط در کانال اِف۳ (پیشانی چپ)، اِف‌سی۳ (پیشانی-مرکزی چپ)، سی۵ (مرکزی کناری چپ)، سی۳ (مرکزی چپ) وتی‌پی۷ (گیجگاهی-آهیانه‌ای چپ) رابطهٔ منفی و معنی‌داری با پیک دامنهٔ (P۳۰۰) دارد (p<۰/۰۵). همچنین سرعت واکنش پاسخ در شرایط پاسخ در کانال اِف۳ (پیشانی چپ) و سی‌پی۴ (مرکزی-آهیانه‌ای راست) رابطهٔ مثبت و معنی‌داری با پیک دامنهٔ (P۳۰۰) دارد (p<۰/۰۵).

در تست جمله سرعت واکنش پاسخ در شرایط کلی در کانال، اِف۷ (پیشانی پایین چپ)، اف‌تی۷ (پیشانی-گیجگاهی چپ)، اِف‌سی۵ (پیشانی-مرکزی کناری چپ) و اِف‌سی۳ (پیشانی-مرکزی چپ) رابطهٔ منفی و معنی‌داری با پیک زمانی (P۳۰۰) دارد (p<۰/۰۵). همچنین سرعت واکنش پاسخ در پاسخ غلط در کانال اِف‌سی۵ (پیشانی-مرکزی کناری چپ) رابطهٔ منفی و معنی‌داری با پیک زمانی (P۳۰۰) دارد (p<۰/۰۵). در آخر سرعت واکنش پاسخ در شرایط پاسخ در کانال، اِف۲ (پیشانی راست نزدیک خط وسط)، اف‌تی۷ (پیشانی-گیجگاهی چپ)، اِف‌سی۵ (پیشانی-مرکزی کناری چپ)، پی۶ (آهیانه‌ای کناری راست)، پی۸ (آهیانه‌ای پایین راست)، پی‌او۴ (پس‌آهیانه‌ای راست) و ای‌اِف۸ (پیش‌پیشانی کناری راست) رابطهٔ منفی و معنی‌داری با پیک زمانی (P۳۰۰) دارد (p<۰/۰۵).

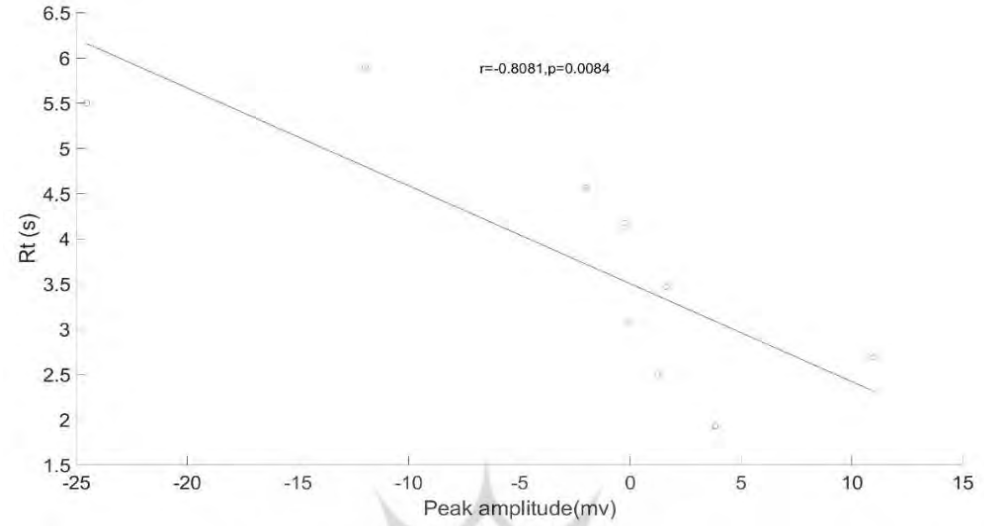
در ادامه نمودارهای مربوط به هر یک از شرایط که بیشترین معنی‌داری را برای رابطهٔ بین مؤلفهٔ پیک دامنهٔ (P۳۰۰) و سرعت واکنش پاسخ داشت، آورده شده است.



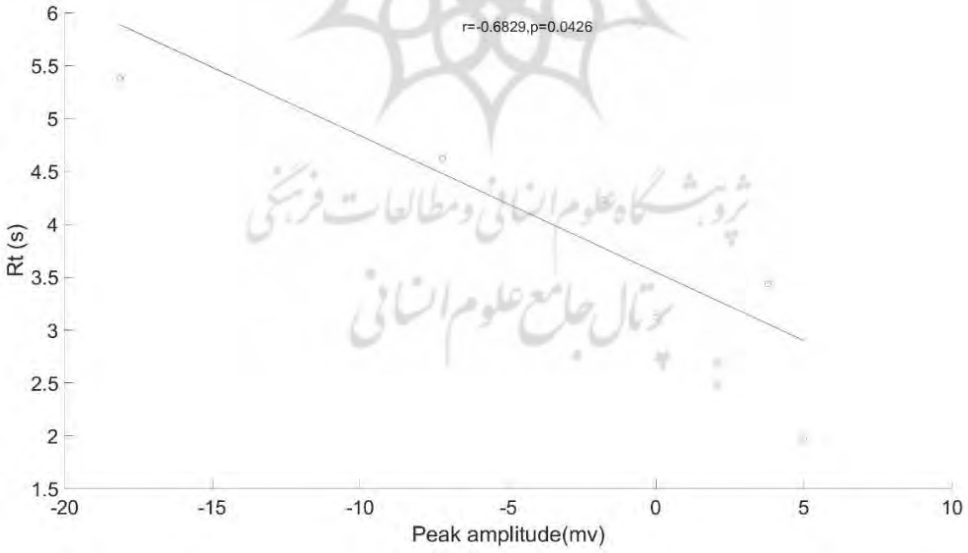
نمودار ۵: رابطهٔ بین مؤلفهٔ پیک دامنهٔ (P۳۰۰) در کانال سی۳
و سرعت واکنش پاسخ در پاسخ غلط در تست کلمه



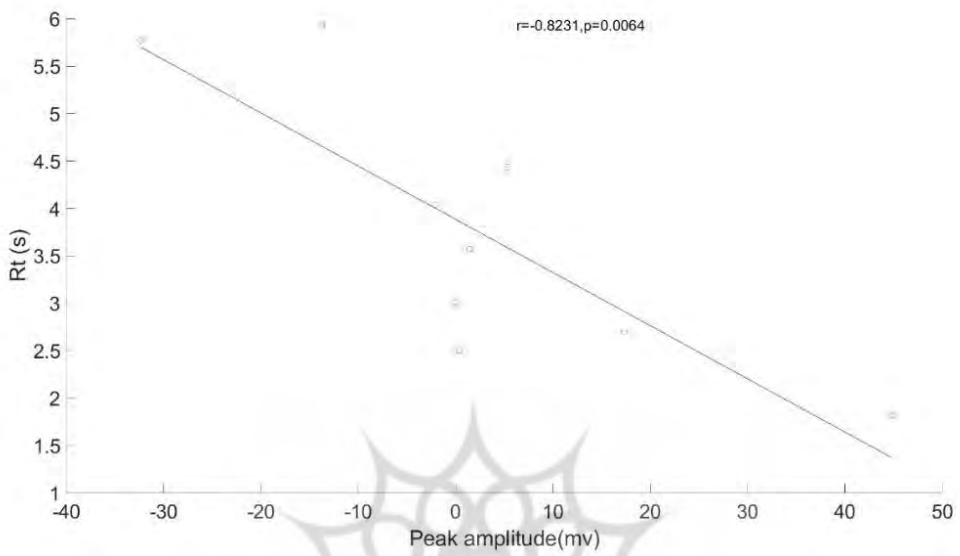
نمودار ۶: رابطهٔ بین مؤلفهٔ پیک دامنهٔ (P۳۰۰) در کانال سی‌پی۴
و سرعت واکنش پاسخ در شرایط پاسخ در تست کلمه



نمودار ۷: رابطهٔ بین مؤلفهٔ پیک دامنهٔ (P۳۰۰) در کانال اف‌تی۷
و سرعت واکنش پاسخ در شرایط کلی در تست جمله



نمودار ۸: رابطهٔ بین مؤلفهٔ پیک دامنهٔ (P۳۰۰) در کانال اِف‌سی۵
و سرعت واکنش پاسخ در پاسخ غلط در تست جمله



نمودار ۹: رابطهٔ بین مؤلفهٔ پیک دامنهٔ (P۳۰۰) در کانال اِف۲
و سرعت واکنش پاسخ در شرایط پاسخ در تست جمله

همان‌طور که در نمودارهای ۵ و ۶ مربوط به تست کلمه مشاهده می‌شود با افزایش زمان پاسخ، دامنهٔ پیک کوچک‌تری اتفاق می‌افتد. این روند در شرایط پاسخ و غلط یکسان است. همچنین بیشترین همبستگی در کانال سی۳ (مرکزی چپ) برای پاسخ غلط و کانال سی‌پی۴ (مرکزی-آهیانه‌ای راست) برای شرایط پاسخ وجود داشته است. همچنین در تست جمله در نمودارهای ۸ تا ۱۰ مشاهده می‌شود با افزایش زمان پاسخ، دامنهٔ پیک کوچک‌تری اتفاق می‌افتد. این روند در شرایط پاسخ کلی، صحیح و غلط یکسان است. همچنین بیشترین همبستگی در کانال اف‌تی۷ (پیشانی-گیجگاهی چپ) در شرایط کلی، کانال اِف‌سی۵ (پیشانی-مرکزی کناری چپ) برای پاسخ غلط و کانال اِف۲ (پیشانی راست نزدیک خط وسط) برای شرایط پاسخ وجود داشته است.

بخش ث: بررسی ضریب همبستگی پیرسون و تفاوت سطح معناداری بین مؤلفهٔ پیک زمانی (P۶۰۰) و سرعت واکنش پاسخ آنها در تست کلمه و جمله

در جدول ۷ فقط نتایج کانال‌های معنی‌دار برای رابطهٔ بین مؤلفهٔ پیک زمانی (P۶۰۰) و سرعت واکنش پاسخ در شرایط پاسخ، پاسخ غلط و شرایط کلی (پاسخ صحیح و غلط) آورده شده است.

جدول ۷: همبستگی پیرسون بین مؤلفهٔ پیک زمانی (**P۶۰۰**)
و سرعت واکنش پاسخ در شرایط پاسخ، پاسخ غلط و شرایط کلی

نوع تست	شرایط	کانال	ضریب همبستگی پیرسون	سطح معنی‌داری
کلمه	کل	اِف‌پی۱	۰.۹۸۳۲۷	۶.۸۹E-۰۵
	کل	ای‌اِف۷	۰.۸۲۰۹۱	۰.۰۲۳۶۱۴
	کل	اف‌تی۸	۰.۸۴۸۷	۰.۰۱۵۷۳۷
	کل	سی‌پی۲	۰.۷۶۲۵۱	۰.۰۴۶۲۳۴
	پاسخ غلط	اِف‌پی۱	۰.۸۲۸۲۱	۰.۰۲۱۳۶۸
	پاسخ غلط	اف‌پی‌زِد	۰.۸۳۳	۰.۰۱۹۹۶۴
	پاسخ غلط	ای‌اِف۸	۰.۷۷۵۴۱	۰.۰۴۰۵۱۱
	پاسخ غلط	سی‌پی۱	۰.۸۰۶۸۶	۰.۰۲۸۲۹۳
	پاسخ صحیح	اِف‌پی۱	-۰.۹۴۰۹۱	۰.۰۰۱۵۷۹
	پاسخ صحیح	اف‌پی‌زِد	-۰.۷۹۸۴۱	۰.۰۳۱۳۳۶
	پاسخ صحیح	اِف‌پی۲	-۰.۸۴۲۴۱	۰.۰۱۷۳۶۲
	پاسخ صحیح	اِف۷	-۰.۸۰۸۹۹	۰.۰۲۷۵۵۲
	پاسخ صحیح	اف‌تی۷	-۰.۷۷۶۴۵	۰.۰۴۰۰۶۶
	پاسخ صحیح	تی۸	-۰.۸۹۷۱۹	۰.۰۰۶۱۵۵
	پاسخ صحیح	تی‌پی۸	-۰.۹۱۵۲۷	۰.۰۰۳۸۳۳

همان‌طور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود در تست کلمه سرعت واکنش پاسخ در شرایط کلی در کانال اِف‌پی۱ (پیشانی پیشین چپ)، ای‌اِف۷ (پیش‌پیشانی کناری چپ)، اف‌تی۸ (پیشانی-گیجگاهی راست) و سی‌پی۲ (مرکزی-آهیانه‌ای راست) رابطهٔ مثبت و معنی‌داری با پیک زمانی (P۶۰۰) دارد (p<۰/۰۵). همچنین سرعت واکنش پاسخ در پاسخ غلط در کانال اِف‌پی۱ (پیشانی پیشین چپ)، اف‌پی‌زِد (پیش‌پیشانی میانی)، ای‌اِف۸ (پیش‌پیشانی کناری راست) و سی‌پی۱ (مرکزی-آهیانه‌ای چپ) رابطهٔ مثبت و معنی‌داری با پیک زمانی (P۶۰۰) دارد (p<۰/۰۵). در انتها باید خاطر نشان کرد که سرعت واکنش پاسخ در شرایط پاسخ در کانال اِف‌پی۱ (پیشانی پیشین چپ)، اف‌پی‌زِد (پیش‌پیشانی میانی)، اِف‌پی۲ (پیشانی پیشین راست)، اِف۷ (پیشانی پایین چپ)، اف‌تی۷

(پیشانی-گیجگاهی چپ)، تی۸ (گیجگاهی راست) و تی‌پی۸ (گیجگاهی-آهیانه‌ای راست) رابطهٔ منفی و معنی‌داری با پیک زمانی (P۶۰۰) دارد (p<۰/۰۵). در راستای موارد قبلی ذکرشده در بخش‌های پیشین، در تست جمله کانال معنی‌داری مشاهده نشد.

در ادامه هر یک از شرایط که بیشترین معنی‌داری را برای رابطهٔ بین مؤلفهٔ پیک زمانی (P۶۰۰) و سرعت واکنش پاسخ داشت، آورده شده است.

در تست کلمه مشاهده شد با افزایش زمان پاسخ در شرایط کلی و پاسخ غلط، پیک زمانی با تأخیر بیشتر اتفاق می‌افتد. در تست کلمه مشاهده شد این روند در شرایط پاسخ صحیح برعکس است. بدین صورت که با افزایش زمان پاسخ صحیح، پیک زمانی هم با تأخیر کمتر اتفاق می‌افتد.

بخش ج: بررسی ضریب همبستگی پیرسون بین مؤلفهٔ پیک دامنهٔ (P۶۰۰) و سرعت واکنش پاسخ آنها در تست کلمه و جمله

در جدول فقط نتایج کانال‌های معنی‌دار برای رابطهٔ بین مؤلفهٔ پیک دامنهٔ (P۶۰۰) و سرعت واکنش پاسخ در شرایط پاسخ، پاسخ غلط و شرایط کلی (پاسخ صحیح و غلط) آورده شده است.

جدول ۸: همبستگی پیرسون بین مؤلفهٔ پیک دامنهٔ (P۶۰۰)
و سرعت واکنش پاسخ در شرایط پاسخ، پاسخ غلط و شرایط کلی

نوع تست	شرایط	کانال	ضریب همبستگی پیرسون	داری‌سطح معنی
کلمه	کل	سی ۳اف	-۰.۷۶۳۱۵	۰.۰۴۵۹۴
	پاسخ صحیح	سی ۳	۰.۷۶۳۷۷	۰.۰۴۵۶۵۷
جمله	پاسخ غلط	تی ۷اف	۰.۷۴۴۶۵	۰.۰۲۱۳۵۴
	پاسخ غلط	تی ۷	۰.۸۱۴۳۴	۰.۰۰۷۵۳۲
	پاسخ غلط	او ۳پی	۰.۷۴۹۱	۰.۰۲۰۱۷۶
	پاسخ صحیح	تی ۷اف	-۰.۷۵۷۱۸	۰.۰۱۸۱۴۷

همان‌طور که در جدول ۸ مشاهده می‌شود در تست کلمه سرعت واکنش پاسخ در شرایط کلی در کانال اِف‌سی۳ (پیشانی-مرکزی چپ) رابطهٔ منفی و معنی‌داری با پیک دامنهٔ (P۶۰۰) دارد (p<۰/۰۵). همچنین سرعت واکنش پاسخ صحیح در کانال سی۳ (مرکزی چپ) رابطهٔ مثبت و معنی‌داری با پیک دامنهٔ (P۶۰۰) دارد (p<۰/۰۵).

در تست جمله سرعت واکنش پاسخ غلط در کانال اف‌تی۷ (پیشانی-گیجگاهی چپ)، تی۷ (گیجگاهی چپ) و پی‌او۳ (پس‌آهیانه‌ای چپ) رابطهٔ مثبت و معنی‌داری با پیک دامنهٔ (P۶۰۰) دارد (p<۰/۰۵). همچنین سرعت واکنش پاسخ صحیح در کانال اف‌تی۷ (پیشانی-گیجگاهی چپ) رابطهٔ منفی و معنی‌داری با پیک دامنهٔ (P۶۰۰) دارد (p<۰/۰۵).

در ادامه هر یک از شرایط که بیشترین معنی‌داری را برای رابطهٔ بین مؤلفهٔ پیک دامنهٔ (P۶۰۰) و سرعت واکنش پاسخ داشت، آورده شده است.

در تست کلمه مشاهده شد با افزایش زمان در شرایط کلی، دامنهٔ پیک کوچک‌تری در کانال اِف‌سی۳ (پیشانی-مرکزی چپ) اتفاق می‌افتد. در تست کلمه این روند برعکس است بدین‌صورت که با افزایش زمان در پاسخ غلط، دامنهٔ پیک بزرگ‌تری در کانال سی۳ (مرکزی چپ) اتفاق می‌افتد. همچنین در تست جمله در نمودار ۲۰ و ۲۱ مشاهده می‌شود با افزایش زمان پاسخ غلط، دامنهٔ پیک کوچک‌تری اتفاق می‌افتد. این روند در شرایط پاسخ و غلط یکسان است. همچنین بیشترین همبستگی در کانال تی۷ (گیجگاهی چپ) برای پاسخ غلط و کانال اف‌تی۷ (پیشانی-گیجگاهی چپ) برای شرایط پاسخ وجود داشته است.

به‌طورکلی فعالیت شدید در نواحی آهیانه‌ای (سی‌پی۲ و سی‌پی۳) پس سری‌آهیانه‌ای (پی‌او۳ و پی‌اُ۲)، کانال‌های مرکزی سی‌زِد (مرکزی میانی) و پیشانی اِف۷ (پیشانی پایین چپ) در ۲۵۰ تا ۳۵۰ میلی‌ثانیه فعال هستند. به نظر می‌رسد این بازه با پردازش اولیهٔ محرک یا مرحلهٔ توجه اولیه مانند مؤلفه‌های (P۳۰۰) مرتبط باشد. بیشترین فعالیت در نواحی پیش‌پیشانی (اِف‌پی۲)، جلوی مرکزی (اِف‌سی۳)، تمپورال (تی‌پی۸ و تی‌پی۹) و پس‌سری (اُ۲) در ۳۵۰ تا ۵۵۰ میلی ثانیه است. این بازه می‌تواند مربوط به مؤلفه‌های شناختی مانند (N400) یا پاسخ به تصمیم‌گیری باشد. فعالیت مثبت قوی در نواحی پیشانی (ای‌اِف۷ و اِف۵)، جلوی مرکزی (اِف‌سی۱) و پس‌آهیانه‌ای (پی‌اُزِد) در ۶۰۰ تا ۹۰۰ میلی‌ثانیه است. این بازه بیشتر به پاسخ‌های بعد از تصمیم یا حافظهٔ فعال مربوط است.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که پردازش فعل‌های مرکب در میان فارسی‌آموزان غیرفارسی‌زبان به‌ویژه در نوع «تیره»، مستلزم درگیری بیشتر پردازش‌های شناختی و معنایی است. تحلیل داده‌های ای.آر.پی بیانگر آن بود که مؤلفه‌هایی چون (N400، P300 و P600) در واکنش به تفاوت‌های شفافیت و تیرگی معنایی تغییر می‌کنند؛ به‌گونه‌ای که افعال مرکب تیره موجب افزایش دامنهٔ N400 به‌عنوان شاخص دشواری پردازش معنایی و نیز بروز P600 در نتیجهٔ بازتحلیل نحوی شدند، درحالی‌که P300 بیشتر بازتاب‌دهندهٔ بار توجهی و ارزیابی اولیه در مواجهه با افعال مرکب بود. این نتایج به‌وضوح نشان می‌دهد که شفافیت معنایی نقش تعیین‌کننده‌ای در سهولت یا دشواری پردازش فعل‌های مرکب دارد. همسویی این یافته‌ها با پژوهش‌های پیشین نیز مشهود است؛ به‌طور مثال، شعبانی جدیدی (۲۰۱۶) در مطالعهٔ رفتاری خود با آزمون پرایمینگ نقابی نشان داد زبان‌آموزان فارسی در پردازش افعال مرکب تیره با بار پردازشی بیشتری مواجه‌اند، نتیجه‌ای که با داده‌های عصب‌شناختی پژوهش حاضر مطابقت دارد. همچنین یافته‌های یوسف‌زاده و همکاران (۲۰۲۴) دربارهٔ نقش شفافیت معنایی در پردازش ساختاری، و گزارش پین (۲۰۲۰) از افزایش N400 و P600در افعال تیره، در راستای نتایج ما قرار دارند. هم‌چنین، شباهت میان الگوهای به‌دست‌آمده در این پژوهش و مطالعات ویتنبرگ و کوپربرگ (۲۰۱۴) دربارهٔ فعل‌های سبک، نشان می‌دهد که پردازش افعال مرکب فارسی نه‌تنها در سطح واژگانی، بلکه در سطوح نحوی و عصب‌زبان‌شناختی نیز به میزان شفافیت معنایی وابسته است. لی[1] و همکاران(۲۰۲۱) کلمات مرکب را با استفاده از تکنیک اف.ام.آر.ای بررسی کردند و مانند پژوهش حاضر به این نتیجه دست یافتند که نحوهٔ ترکیب معنا در سطح مغزی وابسته به ویژگی‌های زبانی (مثلاً شفافیت معنی) است.

از سوی دیگر، پژوهش‌های فقیری و ساموليان(۲۰۱۴) جداپذیری افعال مرکب با تأکید بر نقش ترکیب‌پذیری و جداسازی اجزای فعل در دشواری پردازش را بررسی کردند که نتایج ما را تأیید می‌کنند.. تفاوت اصلی پژوهش حاضر با مطالعات پیشین، استفاده از شواهد عصب‌شناختی و بررسی مستقیم مؤلفه‌های مغزی است که امکان ارائهٔ چارچوبی میان‌رشته‌ای و دقیق‌تر برای تبیین سازوکار پردازش افعال مرکب در زبان دوم را فراهم کرده است. درنهایت، این یافته‌ها ضمن غنابخشیدن به مباحث نظری در زبان‌شناسی شناختی، از منظر کاربردی نیز اهمیت دارند؛ زیرا می‌توانند مبنایی برای طراحی مواد آموزشی فارسی به غیرفارسی‌زبانان بر اساس سطح شفافیت و بسامد افعال مرکب و به‌کارگیری راهبردهای شناختی در آموزش زبان دوم فراهم سازند.

1. Lee, H-J

یادگیری فعل‌های مرکب در زبان فارسی، به‌سبب بسامد بالا و پیچیدگی معنایی و نحوی آنها، همواره یکی از عرصه‌های دشوار برای غیرفارسی‌زبانان بوده است. پژوهش حاضر با بررسی فرایند درک و تولید این فعل‌ها، نشان می‌دهد که آموزش مؤثر آنها مستلزم رویکردی چندوجهی است. نتایجی که حاصل شده از این تحقیق، بیانگر ضرورت طبقه‌بندی فعل‌های مرکب براساس شفافیت معنایی، توجه به بار شناختی فعل‌های تیره و طراحی تمرینات تعاملی برای آنها و به‌کارگیری روش‌هایی است که هم‌زمان ابعاد معنایی و نحوی را هدف قرار دهند. همچنین، یافته‌ها اهمیت بهره‌گیری از فناوری‌های شناختی نوین همچون بازی‌های آموزشی و ابزارهای بازخورد مغزی را در بهینه‌سازی فرایند یادگیری برجسته می‌سازد. بدین‌ترتیب، این پژوهش ضمن تأکید بر رویکرد بین‌رشته‌ای در آموزش زبان، لزوم توجه دقیق‌تر به ساختارهای خاصی چون فعل‌های مرکب را در برنامه‌ریزی آموزشی زبان فارسی به غیرفارسی‌زبانان برجسته می‌کند.

سپاسگزاری

این پژوهش زیر نظر پژوهشگاه علوم شناختی مغز دانشگاه شهید بهشتی انجام شده است. همکاری‌ها و خدمات این آزمایشگاه را ارج می‌نهیم.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

کتابنامه

انوری، ح. (۱۳۸۱). فرهنگ سخن (جلد ۱ و ۲). انتشارات سخن.

Badecker, W., & Kuminiak, F. (2007). *Morphology, agreement and working memory retrieval in sentence production: Evidence from gender and case in Slovak*. Journal of Memory and Language, 56(1), 65–85. https://doi.org/10.1016/j.jml.2006.08.004 ResearchGate

Clahsen, H. (1999). Lexical entries and rules of language: A multidisciplinary study of German inflection. *Behavioral and Brain Sciences, 22*(6), 991–1013. https://doi.org/10.1017/S0140525X99002228.

Dabir-Moghaddam, M. (1997). Compound verbs in Persian. *Studies in the Linguistic Sciences, 27*(2), 25–59.

Eshaghi, M. (2022). A corpus of light verb constructions in Persian. *Language Resources and Evaluation, 56*(2), 467–495. https://doi.org/10.1007/s10579-021-09572-9.

Faghiri, P., & Samvelian, P. (2014). Separability in Persian complex predicates: An experimental study. *Proceedings of the 36th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 1934–1939.

Ferro, M., Pezzulo, G., & Pirrelli, V. (2010). Morphology, memory and the mental lexicon. *Lingue e Linguaggio, 9*(2), 199-238.

Friederici, A. D. (2011). The brain basis of language processing: From structure to function. *Physiological Reviews, 91*(4), 1357–1392. https://doi.org/10.1152/physrev.00006.2011.

Geng, X., & Yamada, M. (2020). An augmented reality learning system for Japanese compound verbs: Study of learning performance and cognitive load. Smart Learning Environments, 7(1), 1–17.

Goldberg, A. E. (1995). *Constructions: A construction grammar approach to argument structure*. University of Chicago Press.

Hillyard, S. A., & Anllo-Vento, L. (2004). Event-related brain potentials in the study of visual selective attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 101*(suppl_1), 14678–14685.

Karimi, S., & Samvelian, P. (2014). Persian complex predicates: How compositional are they? *Journal of Linguistics, 50*(3), 1–38. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/S0022226713000204.

Kilambi, P. (2020). Compound words: A cognitive linguistic study. Preprints. [https://doi.org/10.20944/preprints202008.0601.v1.

Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2011). Thirty years and counting: Finding meaning in the (N400) component of the event-related brain potential (ERP). *Annual Review of Psychology, 62*, 621-647. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.093008.131123.

Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*. University of Chicago Press.

Lambton, A. K. S. 1984 [1953]. Persian Grammar. Cambridge: Cambridge UP.

Langacker, R. W. (1987). *Foundations of cognitive grammar: Theoretical prerequisites* (Vol. 1). Stanford University Press.

Lazard, G. (1957). *Grammire du Persan Contemporain*. Paris: Klincksieck.

Lee, H. J., Cheng, S. K., Lee, C. Y., & Kuo, W. J. (2021). *The neural basis of compound word*

processing revealed by varying semantic transparency and morphemic neighborhood size. *Brain and Language, 221*, Article 104985. https://doi.org/10.1016/j.bandl.2021.104985.

Pantcheva, M. (2008). *The nominal element in complex predicates*. Tromsø: CASTL, University of Tromsø.

Payne, B. R. (2020). *Event-related brain potentials in multilingual language processing*. In M. Schmid & B. Köpke (Eds.), *The Oxford handbook of language attrition*. Oxford University Press.

Polich, J. (2007). Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology, 118*(10), 2128–2148. https://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.04.019.

Saeedi, Z. (2009). Adjectiv Adjectival Nuclear Junctur al Nuclear Junctures in P es in Persian: A Role & Ref ersian: A Role & Reference Grammar Analysis. The ITB Journal: Vol. 10: Iss. 1, Article 2.

Saeedi, Z. (2012). *Adverbial Nuclear Junctures in Persian*. Proceedings of the 8th Linguistics Conference.

Saeedi, Z. (2014- 24-25 Feb.). The Linking Algorithm and Event Structure of Persian Adverbial Complex Predicates. Published in Proceedings of the 9th Iranian Conference on Linguistics.

Saeedi, Z. (2016). *Complex Predicates in Modern Persian*: A Functional Characterization, Equinox Publishing.

Saeedi, Z. (2017, 1396/11). Nominal Predication in Persian: A Functional Characterization. In Nolan, B. and Diedrichsen, E. (Eds.). *Argument Realisation in Complex Predicates and Complex Events*. Benjamins Publication. https://doi.org/10.1075/slcs.180.13sae

Shabani-Jadidi, P. (2012). *Processing compound verbs in Persian* (PhD thesis). Department of Linguistics, Faculty of Arts, University of Ottawa, Canada.

Shabani-Jadidi, P. (2016). *Processing compound verbs in Persian: Experimental evidence from second language speakers*. McGill University.

Shabani-Jadidi, P. (2017). *Processing Persian compound verbs: Evidence from masked priming experiments*. *Lingua, 197*, 50–69. https://doi.org/10.1016/j.lingua.2017.05.001

Seyednozadi, S. (2021). The role of (N400) and P600 in semantic and syntactic processing of sentences: An overview. *Basic and Clinical Neuroscience, 12*(4), 393–400. https://doi.org/10.32598/bcn.12.4.324.1.

Tabaian, H. (1979). Persian compound verbs. *Lingua* 47: 189-208.

Ward, J. (2015). The Student's Guide to Cognitive Neuroscience (third). New York: psychology press London and New York.

Wittenberg, E., & Kuperberg, G. R. (2014). Sustained neural activity to the light verb construction. *Journal of Memory and Language, 73*, 31–42. https://doi.org/10.1016/j.jml.2014.02.002

Wittenberg, E., Jackendoff, R., Kuperberg, G. R., Paczynski, M., Snedeker, J., & Wiese, H. (2014). The difference between "giving a rose" and "giving a kiss": Event structure and light verb constructions. *Journal of Memory and Language, 73*, 31–42. https://doi.org/10.1016/j.jml.2014.02.002.

Woodman, G. F. (2010). A brief introduction to the use of event-related potentials in studies of perception and attention. *Attention, Perception, & Psychophysics, 72*(8), 2031–2046. https://doi.org/10.3758/APP.72.8.2031.

Yousefzadeh, F., Krott, A., Shabani-Jadidi, P., & Tabatabaei, O. (2024). Persian compounds in the

mental lexicon: Psycholinguistic evidence from written word production. *Frontiers in Communication, 9*, 1293401. https://doi.org/10.3389/fcomm.2024.1293401.

.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی