



The Neural Response to the Syntactic Processing of wh-Complements in Persian within Adult Verbal Entries, Based on Lexical-Functional Grammar

Delangiz Dalir<sup>1</sup>, Mehdi Purmohammad<sup>2</sup>, Arsalan Golfam<sup>3</sup>, Reza Khosroabadi<sup>4</sup>, Mahnaz Karbalaeisadegh<sup>5</sup>

- 1. Ph.D. Candidate of Department of Linguistics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: delangizdalir@yahoo.com
2. Corresponding Author, Researcher of Special Education, Faculty of Education, University of Alberta, Alberta, Canada. Email: purmoham@ualberta.ca
3. Assistant Professor of Department of Linguistics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. Email: golfamar@modares.ac.ir
4. Assistant Professor of Institute for Cognitive and Brain Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. Email: r\_khosroabadi@sbu.ac.ir
5. Assistant Professor of Department of Linguistics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: karbalaei@srbiau.ac.ir

Table with 2 columns: Article Info and Abstract. Rows include Article Type (Research Article), Article History, Received (8, September, 2023), In Revised Form (6, November, 2023), Accepted (20, January, 2024), Published Online (15, March, 2024), and Keywords (psycholinguistics; syntax; neurolinguistics; filler-gap dependencies; Wh-movement, ERPs).

Cite this The Author: Dalir, D., Purmohammad, M., Golfam, A., Khosroabadi, R., Karbalaeisadegh, M: (2023-2024). The Neural Response to the Syntactic Processing of wh-Complements in Persian within Adult Verbal Entries, Based on Lexical-Functional Grammar-Journal of Language Researches, No. 2, Vol.14, Autumn & Winter, Serial No. 27 - (25-53)- DOI:10.22059/jolr.2024.365010.666855.



## 1. Introduction

Displacement, a fundamental feature of natural language structure, is integral to its computational system. Within the minimalist program, it's posited that structures should only undergo movement when necessary. Hauser, Chomsky, and Fitch (2002) contend that words or phrases, when moved or displaced, assume different initial positions in the merging process, thereby determining their semantic role. Chomsky (2019) consistently delineates two merging types: external and internal. Under condition A, B can be merged with it externally or internally, constituting external and internal mergers, respectively. The latter, internal merging, is a mechanism yielding the familiar property of displacement in language. Within the lexical category, the role is encoded in the lexical entry, potentially indicating displacement in the wh-complement pre-merging. Examining lexical entries across sentences from a neurophysiological stand point aids in probing this perspective and aligning it closer to a biological basis. Investigating movement mechanisms in adults significantly enhances comprehension of speech production and comprehension processes. This study aims to scrutinize the brain's response to WH \_complement structure processing within the verbal lexical entry, grounded in native speaker syntax. Here, the WH \_complement serves as the primary stimulus in sentences with varying word orders. Additionally, following Friederici's (1995) temporal language processing investigation, preferred and less-preferred phrases are discerned, with deviations from the preferred phrase noted when a WH \_complement assumes a position other than the prepositional object. Moreover, this study investigates the displacement process of the WH-complement in the filler-gap dependency structure across sentences with varying word orders in the verbal lexical entry, within the framework of lexical functional grammar. The Friederici model suggests that the processing of the filler-gap dependency structure during the second phase involves semantic-lexical information processing, indicated by N400. To explore the relationship between ERP and the extent of WH-complement displacement, the study examines the N400 related to the target wh-complement using statistical correlation analysis, which yields statistically significant results via SPSS software.

## 2. Methods

Twenty-three adults (10 males - 13 females) aged 18 to 40, with a mean age of 25, residing in Tehran and Persian-speaking, were recruited for this study. Each sentence comprised a pronoun, an object, a prepositional object, and a verb. Since Persian allows forming imperative sentences without a subject pronoun, a condition without a subject pronoun was considered. The prepositional object in these sentences moved from its original position after the object to various positions in the sentence. The focus was on investigating the prepositional object in different word order. This study involved presenting prepositional objects in a constituent to constituent form through images on a high-resolution display screen. Each element was displayed for 1000 milliseconds, followed by displaying the "+" sign as a fixation point for 500 milliseconds. To mitigate potential variability introduced by sentence order, all questions were presented randomly. Questions were displayed in black on a gray background. To prevent participant fatigue and manage task length, questions were divided into two sets of 100, with a short break between them. Participants underwent testing individually in a quiet, dimly lit room. This research utilized the ERP method, with the execution process described as follows: A special cap with 64 electrodes based on the 10-20 system was placed on participants' heads. EEG data analysis and preprocessing were performed using MATLAB in the EEGLAB toolbox, followed by independent component analysis of EEG signals. Data were digitally filtered from 1 to 40 Hz to remove power line noise and motion artifacts, then examined in terms of temporal, frequency, and spatial aspects. The best component with brain origin was selected. Data from 200 milliseconds before to 1000 milliseconds after the stimulus were separated and averaged as ERP. Brain waves obtained by EEGLab were analyzed, and the results were examined for statistical significance. The ERP data underwent statistical analysis including the Kolmogorov-Smirnov test for data distribution normality. Subsequently, analysis of variance (ANOVA), repeated measures ANOVA, and Bonferroni post hoc method were employed. Correlation analysis was conducted to explore the relationship between N400, a quantitative dependent variable, and several independent variables of verb position in different sentence structures. Electrodes in the central-parietal area were targeted for N400 analysis (Abutalebi and Green, 2016).

### **3. Discussion and Conclusion**

Based on ERP data, we find that gap-filling structures significantly impact sentence parsing, highlighting their importance compared to syntactic chains. The timing of filler-dependency formation, corresponds to filler-gap phenomena across languages. Our study investigates the effect of displacement on ERP components, focusing on WH-complement structures and neural reactions in various lexical orders within the verb lexicon of Persian speakers, considering lexical-functional grammar. Regarding the N400 component, our findings, show its highest magnitude in Condition 1, associated with the verb, reflecting syntactic and lexical role assignments. Studies by Dallas et al. (2013), Phillips et al. (2005) further explore N400 effects induced by verbs in response to different fillers, highlighting the examination of lexical and syntactic features. The increased amplitude in the verb of the first sentence, used after the object, suggests a change in its structural construction and failure to meet lexical and syntactic specifications at its primary position. Since the lexical entry "rafti" contains the WH element of the question, the empty element is in the typical complement position. The focal element (Q-FOCUS), containing new information, should be placed at the beginning of the sentence before the subject in the tree diagram. The placement of the WH-element at the beginning of a sentence is crucial for fulfilling the interrogative structure and aligning with lexical and syntactic features. Failure to do so results in an increased magnitude of the N400 element during initial evaluation. Although Persian allows for flexibility in this placement, discrepancies lead to heightened N400 magnitude, indicating a focus on examining lexical and syntactic features. In this study, we utilized EEG and event-related potentials (ERPs) to examine how filler-gap dependency structures are processed in adult verbal entries according to lexical-functional grammar. Employing the Friedrich model, which encompasses semantic, lexical, and syntactic dimensions, we identified negative ERPs emerging 400 milliseconds post-stimulus onset during the processing of lexical-semantic information. N400 component is reflected in the, variations contingent upon the filler's placement within the verbal entry. Each verbal entry comprises syntactic and structural elements, necessitating the positioning of the filler preceding the subject at the outset of the interrogative sentence, in alignment with the proposed model. However, failure to meet thematic structure requirements resulted in an augmented N400 component observed in condition one and in the filler's location. While our study offers valuable insights through methodological and theoretical analyses, sample limitations and data issues constrain the robustness of our results, highlighting the need for larger sample size studies. Moreover, design limitations raise questions about the timing and distribution of observed EEG effects, warranting further investigation. This study initiates exploration into the influence of semantic and lexical information on the formation of active dependency structures and brain responses in theoretical linguistic models. It marks a starting point for disentangling semantic-cognitive and syntactic complexities and better understanding the theoretical and neuroscientific perspectives of gap positions. However, interpreting results requires caution due to study limitations, emphasizing the necessity for further research to unravel intricate mechanisms at play.



## پاسخ مغزی به پردازش نحوی متمم پرسشی زبان فارسی در مدخل واژگانی افعال

دل‌انگیز دلیر<sup>۱</sup>، مهدی پورمحمد<sup>۲</sup>، ارسلان گلغام<sup>۳</sup>، رضا خسروآبادی<sup>۴</sup>، مهناز کربلایی صادق<sup>۵</sup>

delangizdalir@yahoo.com

purmoham@ualberta.ca

golfamar@modares.ac.ir

r\_khosroabadi@sbu.ac.ir

karbalaiei@srbiau.ac.ir

۱. دانشجوی دکتری تخصصی رشته زبان شناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه:

۲. نویسنده مسئول پژوهشگر آموزش ویژه، دانشکده آموزش، دانشگاه آلبرتا، آلبرتا، کانادا. رایانامه:

۳. دانشیار گروه تخصصی زبان شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه:

۴. استادیار گروه علوم شناختی و مغز، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه:

۵. استادیار گروه زبان شناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه:

### چکیده

### اطلاعات مقاله

در زبان فارسی که ترتیب کلمات آن از نوع SOV است، متمم پرسشی، یا مفعول حرف‌افزای معمولاً پس از مفعول در جایگاه کنونی قرار می‌گیرند. با این حال، امکان جابجایی این عبارت به مکان‌های دیگر در داخل جمله وجود دارد. هدف این مطالعه، بررسی پردازش جابجایی متمم پرسشی در زبان فارسی در مدخل واژگانی افعال با استفاده از پتانسیل‌های وابسته به رویداد بر مبنای دستور واژی-نقشی است. این مطالعه بر روی بخش مرکزی-آهیانه ای مغز مؤلفه N400 و (تمرکز دارد، که طبق مدل مطرح‌شده توسط فریدریچی در پردازش زبان (۱۹۹۵) ارائه شده است. از آن‌جا که زبان فارسی به‌واسطه تصریف قوی می‌تواند ترتیب واژگانی متفاوتی داشته باشد، به‌منظور بررسی متمم پرسشی در مدخل واژگانی افعال، چهار جایگاه مختلف متمم پرسشی در زبان فارسی در جملات مورد بررسی قرار گرفت و ۵۰ جمله برای هر کاندیشن ساخته شده است. کاندیشن جملات به‌واسطه واژگان یکسان از لحاظ طول واژه و طبقه دستوری ایجاد گردید. به‌منظور بررسی دقیق‌تر مدخل واژگانی فعل، جملات در صفحه نمایش به‌صورت سازه‌ای ارائه گردید و توضیحات کامل قبل از شروع آزمایش به شرکت‌کنندگان ارائه گردید. به شرکت‌کنندگان توضیح داده شد که کلمات را بدون حرکت لب‌ها و صورت، ادا کنند. در حین خواندن واکنش‌های مغزی به‌صورت پتانسیل وابسته به رویداد ثبت گردید و سپس در نرم‌افزار متلب به‌واسطه EEG lab و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که جابجایی متمم پرسشی باعث پاسخ مغزی متفاوت در مدخل واژگانی فعل می‌گردد بدین‌صورت که افزایش دامنه N400 در ناحیه مرکزی-آهیانه‌ای در جایگاه کنونی متمم پرسشی دیده شد. از این یافته‌ها می‌توان نتیجه گرفت که جابجایی متمم پرسشی در زبان فارسی بر اساس دستور واژی نقشی در مدل مطرح‌شده توسط فریدریچی پایه نوروفیزیولوژیکی دارد.

#### نوع مقاله:

علمی - پژوهشی

#### تاریخ دریافت:

۱۴۰۲/۰۶/۱۷

#### تاریخ بازنگری:

۱۴۰۲/۰۸/۱۵

#### تاریخ پذیرش:

۱۴۰۲/۱۲/۲۰

#### تاریخ انتشار:

۱۴۰۲/۱۲/۲۵

#### واژه‌های کلیدی:

روانشناسی زبان نحو، عصب‌شناسی زبان، ساختار وابستگی پرکننده خلأ، حرکت عنصر پرسشی، پتانسیل وابسته به رویداد (ERPs)

استناد: دلیر، دل‌انگیز؛ پورمحمد، مهدی؛ ارسلان، گلغام؛ رضا، خسروآبادی؛ کربلایی صادق، مهناز، (۱۴۰۲). پاسخ مغزی به پردازش نحوی متمم پرسشی زبان فارسی در مدخل واژگانی افعال: پژوهش‌های زبانی، سال ۱۴، شماره ۲، پاییز و زمستان، شماره پیاپی ۲۷ (۵۳-۲۹).  
DOI:10.22059/jolr.2024.365010.666855



### ۱. مقدمه

یکی از ویژگی‌های اصلی ساختار زبان‌های طبیعی همواره جابه‌جایی بوده است بخشی از نظام محاسباتی عبارت است از فرآیند حرکت و جذب که در برنامه کمینه‌گرا مفروض است و در این برنامه این باور وجود دارد که سازه‌ها حتی امکان نباید حرکت کنند و اگر حرکتی صورت گیرد باید به تعویق انداخته شود تا زمانی که آن حرکت اجتناب‌ناپذیر است هاوزر، چامسکی و فیچ (Fitch, Hauser, Chomsky, Tecumseh, 2002)<sup>۱</sup> در حرکت و یا جابه‌جایی واژه یا عبارتی که یک ساختار نحوی می‌باشند، در واقع جایگاه اولیه متفاوتی در فرآیند ادغام دارند که نقش معنایی آنها را مشخص می‌کند. چامسکی (Chomsky, 2019)<sup>۲</sup> چامسکی همواره از دو نوع ادغام سخن گفته است: ادغام برونی و ادغام درونی. با فرض الف می‌توانیم ب را با آن از بیرون الف یا از درون الف ادغام کنیم که این‌ها به ترتیب ادغام بیرونی و درونی هستند، دومین آن یعنی ادغام درونی سازوکاری است که حرکت خوانده شده است که ویژگی آشنای جابه‌جایی سازه‌ها در زبان را به دست می‌دهد چامسکی (Chomsky, 1985-1981). در دستور واژی نقشی هر آنچه رخ می‌دهد در مدخل واژگانی است که این مدخل فعلی می‌تواند جابه‌جایی در متمم پرسشی را پیش از ورود به فرآیند ادغام نشان می‌دهد بررسی در مدخل فعلی در جملات مختلف از دیدگاه نوروفیزیولوژیکی می‌تواند به بررسی این دیدگاه و نزدیک‌تر شدن به مبنای بیولوژیکی یاری رساند

بررسی سازوکار حرکت در بزرگسالان کمک شایانی به فهم بهتر فرآیند تولید و درک گفتار خواهد نمود. عصر جدید پژوهش در مورد چگونگی پردازش نحوی به اواخر دهه ۱۹۵۰ برمی‌گردد. روش‌های مورد بررسی در این‌گونه پژوهش‌ها بر گفتار فی البدیئه، روش‌های آزمایشی، روش‌های برخط همچون ردیابی چشمی، الکتروآنسفالوگرافی و مگنتو آنسفالوگرافی است هاگورت (Hagoort, 2019)<sup>۳</sup>

این پژوهش به دنبال بررسی پاسخ به این سؤال است که با بررسی پردازش متمم پرسشی، در جملاتی با ترتیب واژگانی متفاوت با استفاده از سیگنال ای آر پی یا پتانسیل وابسته به رویداد، پاسخ مغزی به ساختار وابستگی پرکننده خلأ، مورد بررسی قرار گیرد بدین منظور که پاسخ مغزی به پردازش نحوی متمم پرسشی در مدخل واژگانی فعل از نظر سخنور مادری زبان بر مبنای دستور واژی - نقشی مشخص گردد. در پژوهش حاضر، متمم پرسشی به‌عنوان محرک اصلی، در جملاتی با ترتیب واژگانی متفاوت در نظر گرفته شده است و هم‌چنین با توجه به آنچه در بررسی

1. W Tecumseh Fitch, Marc D Hauser, Noam Chomsky

2. Chomsky

3. Hagoort, 2019

پردازش زمانی زبان در فعالیت نحوی توسط فریدریچی<sup>۱</sup> در نظر گرفته شد عبارات به صورت ارجح و با ارجحیت کمتر می‌باشند فریدریچی (Friederici, 1995) و در صورت‌هایی که عبارت حرف‌اضافه‌ای در جایگاه دیگری به‌جز مفعول حرف‌اضافه‌ای واقع شده، ما آن را به‌نوعی تخطی از عبارت ارجح در نظر بگیریم. و همچنین بر اساس این مدل بررسی فرآیند جابه‌جایی متمم پرسشی در ساختار وابستگی پرکننده-خلاً در جملاتی با ترتیب واژگانی مختلف در مدخل واژگانی فعل بر اساس دستور واژی - نقشی مورد سؤال قرار گرفت و فرض بر این است که با توجه به مدل فریدریچی بر مبنای دستور واژی - نقشی می‌توان فرآیند ساختار وابستگی پرکننده- خلاً از منظر مشخصه‌های معنایی، واژی و نحوی در طی فاز دوم در نظر گرفت که اطلاعات ساختاری عناصر فعلی و اطلاعات معنایی- واژگانی مورد پردازش قرار می‌گیرد و به‌صورت موج ای آر پی منفی در ۴۰۰ میلی‌ثانیه بعد از شروع محرک در ناحیه آهیانه‌ای - گیجگاهی چپ و راست به‌هنگام پردازش اطلاعات معنایی- واژگانی مورد پردازش قرار می‌گیرد که تخطی از آن به‌صورت N400 نشان داده می‌شود. به منظور انجام این پژوهش ۲۳ فرد بزرگسال (۱۰ مرد - ۱۳ زن) ۱۸ - ۴۰ سال با میانگین سنی ۲۵ سال، ساکن تهران و فارسی زبان انتخاب گردید. در این مطالعه ۴ جمله در نظر گرفته شد که هر جمله معرف یک کاندیشن است که برای هر کاندیشن ۵۰ جمله در نظر گرفته شده است. کاندیشن‌ها جملاتی متشکل از ۴ واژه بودند که متشکل از فاعل، مفعول، مفعول حرف‌اضافه و فعل دو مفعولی است. با استفاده از پتانسیل وابسته به رویداد با استفاده از کلاهی مخصوص دارای ۶۴ الکتروود به بررسی مفعول حرف‌اضافه که به‌صورت پرسشی است در جایگاه‌های مختلف در ترتیب واژگانی متفاوت در جملات پرداختیم. این مطالعه شامل ارائه متمم پرسشی به‌صورت سازه به سازه توسط تصویر روی یک صفحه‌نمایش با رزولوشن بالا بود. سؤال‌ها به دو مجموعه صدتایی تقسیم شدند و مدتی کوتاهی بین آنها به‌عنوان استراحت اعمال شد؛ و سپس تحلیل داده‌های ای ای جی و پیش پردازش سیگنال صورت گرفت و در این پژوهش ERP های مربوط به کلمات هدف یا متمم پرسشی مورد بررسی قرار گرفت که به منظور بررسی ارتباط ERP با میزان تأثیر جابه‌جایی متمم پرسشی از همبستگی آماری استفاده گردید و نتایج از نظر معنی‌داری آماری با نرم‌افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت. این پژوهش متشکل از پنج بخش است که شامل مقدمه، پیشینه مطالعات، مبانی نظری، تحلیل داده‌ها و نتیجه‌گیری است.

## ۲. پیشینه مطالعات پژوهش

پژوهش روی ای آر پی مختص زبان با مطالعات کوتاس و هیلارد<sup>۱</sup> وی پردازش نحوی جملات نوشتاری آغاز شد. این محققان زمانی با پتانسیل وابسته به رویداد (ای آر پی)<sup>۲</sup> تولیدشده برخورد کردند که آزمودنی‌ها جملات خاتمه یافته به یک واژه سازگار یا ناسازگار پاسخ می‌دادند. آنها هنگامی که افراد را با واژگان غیرمنتظره مواجه کردند انتظار مشاهده موج مثبت پی ۳۰۰ را داشتند در صورتی که به جای آن موج منفی که به صورت خلفی توزیع می‌شود را مشاهده کردند. این موج قسمتی از پاسخ طبیعی مغز به واژه‌ها و دیگر محرک‌های معنادار شامل شنیداری و دیداری، نشان‌های زبان اشاره، تصاویر، چهره‌ها، صداهای محیطی و بومی است (پورمحمد، ۱۳۹۹).

همچنین در این میان بررسی ساختار وابستگی پرکننده خلأ نیز تحقیقات وسیعی بر اساس پاسخ مغزی صورت گرفت. در ژورنال زبان و مغز در پژوهشی با عنوان پاسخ مغزی به خلأ پرشده از هستویک و همکاران. (Hestvik et al, 2006)<sup>۳</sup> به بحث در مورد مسائل حل نشده در مطالعه فهم جملات پرداخته شد. به منظور بررسی این موضوع که آیا پردازش خلابی به واسطه بررسی ساختار مقولات تهی (رد)<sup>۴</sup> صورت می‌گیرد و یا اینکه آیا این پرکننده به طور مستقیم مرتبط با ساختار عنصر فعلی است. این بررسی به واسطه مطالعه ای آر پی صورت گرفته است که پارادایم نقض به منظور بررسی توزیع زمانی و مکانی پاسخ مغزی به خلأ یابی غیردستوری مورد بررسی قرار می‌گیرد. این تحقیق نشان می‌دهد که زودترین پاسخ مغز به نقض پارادایم به صورت ای لن<sup>۵</sup> موج منفی قدامی چپ زود هنگام خواهد بود. این یافته‌ها حاکی از آن است که خلأ یابی بیشتر به واسطه مقوله تهی پیش‌بینی شده از لحاظ ساختاری، صورت می‌گیرد تا به طور مستقیم و توسط عملیات ساختار موضوعی. در پژوهش دیگری به واسطه بارگلی و همکاران (Barkley et al, 2015)<sup>۶</sup> پژوهش مغز به چاپ رسید به بررسی فرآیند ارجاعی در مغز انسان توسط مطالعه ای آر پی، با پاسخ مغزی پرداخته شد. بخش مهمی از تحقیقات پتانسیل وابسته به رویداد (ای آر پی) در مورد فرآیند پردازش دور است که نشان می‌دهد در بین زبان‌ها و انواع ساختاری، دومین عنصر معمولاً باعث استخراج ای لن یا موج منفی قدامی چپ می‌گردد. این طور فرض می‌شود که این اثر به وابستگی نحوی مرتبط نمی‌شود بلکه نشان‌دهنده عملیات شناختی عمومی است که در آن دومین عنصر در ارتباط دورادور زبانی در سطح جمله، پردازش پیوستگی با عنصر اول را نشانه می‌گیرد. در این پژوهش این فرضیه به واسطه وابستگی ارجاعی مستقیم، مقایسه ضمائر با مرجع

1. Kutas and Hillyard

2. Event related potential (ERP)

3. Hestvik و Nathan MaxWeld b, Richard G. Schwartz a, Valerie Shafer a

4. trace

5. ELAN

6. C. Barkley, n, R. Kluenderb, M. Kutasc a University of Minnesota

اسم خاص و در صورت عدم حضور مرجع، اسم خاص با ضمیر هم مرجع یا بدون آن، مورد بررسی قرار می‌گیرد. این تحقیق پیش‌بینی می‌کند که لن فازی در پاسخ به عنصر ارجاعی دومین در هر دو مقایسه فعال گردد. اما آنچه مشاهده می‌شود تنها در پاسخ ضمائر با مرجع است... نکته حائز اهمیت در این پژوهش‌ها این است که ساختار وابستگی فعال در بزرگسالان، فرآیند ساخت سازه‌ای پیش‌بینی کننده‌ای است که پیش از رمز گزاری اطلاعات پر کننده شروع می‌گردد و این روند ساخت سازه‌ای در حافظه کاری باقی می‌ماند

در مقاله‌ای با عنوان ساختار خلاً غیرفعال: مطالعه‌ای آر پی بر پردازش برون کشی از بند الحاقی از آنیکا کورت و همکاران (Anika kourt et al, 2020) <sup>۱</sup> به مطالعه وابستگی پرکننده - خلاً پرداخته می‌شود و این‌طور اظهار می‌شود که وابستگی پرکننده - خلاً (حرکت، برون کشی، جابه‌جایی) ه صورت فعال مورد پردازش قرار می‌گیرد. درک کننده به صورت پیش‌بینانه اقدام به تعبیر جمله پیش از پردازش پایین به بالا می‌کند. این موضوع نشان می‌دهد که درک کننده به این‌که چطور جمله پس از مواجه شدن با پر کننده عبارت اسمی مورد پردازش قرار گیرد، تعهد ساختاری دارد. اگرچه دستوری بودن وابستگی پر کننده - خلاً می‌تواند بستگی به مشخصه‌های معنایی و کاربردی جمله داشته باشد که به طور معمول در این‌گونه مطالعات لحاظ نمی‌گردد و در این مقاله برون کشی از بند الحاقی که در آن پر کننده عبارت اسمی به طور دستوری به‌عنوان مفعول جمله الحاقی بدون زمان در نظر گرفته می‌شود که فعل اصلی در این جمله گزاره دستاوردی است. همانند آنچه در جمله زیر مشاهده می‌گردد.

What coffee did you arrive drinking.....

این مقاله شواهدی از مطالعات ای ای جی نشان می‌دهد که درک کنندگان به طور فعال وابستگی پر کننده - خلاً را در چنین ساختارهایی نمی‌سازند، بلکه به‌جای آن به طور غیرفعال، تنها پس از یکپارچگی اطلاعات معنایی در رابطه با بند الحاقی در جمله، وابستگی را به طور غیرفعال می‌سازند. در این تحقیق برخلاف بسیاری از پژوهش‌ها در حوزه وابستگی پر کننده - خلاً که صرفاً به پردازش نحوی می‌پردازند به بررسی مشخصه‌های معنایی جملات در برجسته نمودن خلاً در بند الحاقی می‌پردازد. سپس به بررسی آن ۴۰۰ و پی ۶۰۰ ای آر پی پرداخته می‌شود. در بخش بحث و نتیجه‌گیری این‌طور استنباط می‌گردد که درک کنندگان از روند پردازش فعال وابستگی پر کننده - خلاً معمول استفاده نمی‌کنند و به‌جای آن از استراتژی غیرفعال که در آن مشخصه‌های نحوی و معنایی بند الحاقی مورد پردازش قرار می‌گیرد و سپس وابستگی پر کننده - خلاً بر اساس این مختصه‌ها مورد تحلیل واقع می‌شود در نتیجه این مقاله هر گونه شواهدی بر ساختار وابستگی پر کننده - خلاً در عناصر ای آر پی معمول زبان وابسته رد می‌شود و به‌جای آن

1. Anika kourt et al.



برون کشی از بند الحاقی به طور مشخصی دیرتر، بیش از ۱۲۰۰ میلی‌ثانیه از آغاز فعل کربتیکیال مشاهده گردیده است.

در مقاله دیگری در زبان ماندرین از چیا ون و همکاران (Chia-Wen Lo, 2021)<sup>۱</sup> با عنوان همبستگی ای ای جی در ساختار وابستگی راه دور در پرسش چه ای، مؤلفه ای آر پی در پردازش‌هایی که در زمینه درک سؤالات حساس می‌باشند، مورد بررسی قرار می‌دهند. در این مقاله اصطلاح پرسش چه ای پوشیده در زبان ماندرینی به کار برده می‌شود به منظور جستجو در مورد اینکه چطور چنین مؤلفه‌ای در بین انواع مختلف ساختارها تعمیم می‌یابد. این تحقیق نشان می‌دهد که پرسش چه ای ماندرینی موج منفی قدامی که مرتبط با نگهداری حافظه‌ای است را استخراج نمی‌کند حتی در زمانی که چنین وابستگی‌ای به صورت واضح مورد اشاره است نتیجه این تحقیق نشان‌دهنده این موضوع است که برخلاف مطالعات پیشین هیچ موج منفی قدامی پایدار در بین واژه مورد نظر و پرکننده پرسشی‌ای مشاهده نگردیده است. موج منفی قدامی پایدار مرتبط با نگهداری حافظه کاری است. همچنین در پژوهشی دیگر در این زبان در این زبان با عنوان خلاً یابی فعال و محدودیت جزیره‌ای در پردازش، ساختار موضوع «نوع - خلاً» در زبان ماندرینی در سال ۲۰۲۱ از ژیین دانگ و همکاران<sup>۲</sup> (Zhiyin Dong et al, 2021) به بررسی ساختار موضوع پرداخته می‌شود که آیا برگرفته از حرکت است و همچون مبتداسازی انگلیسی وابستگی پرکننده - خلاً ایجاد می‌نماید یا خیر. این مطالعه‌ای آر پی این موضوع را به واسطه بررسی اینکه آیا محدودیت جزیره‌ای، تشخیصی برای حرکت، در طی پردازش برخط «نوع- خلاً» در زبان ماندرینی است، مورد مطالعه قرار می‌دهد. این مطالعه‌ای آر پی این موضوع را به واسطه بررسی اینکه آیا محدودیت جزیره‌ای، تشخیصی برای حرکت، در طی پردازش برخط «نوع- خلاً» در ساختار موضوع در زبان ماندرینی مشاهده می‌گردد یا خیر؛ که در این بررسی به دنبال الگوی مطالعات ترکسلر و پیکرینک<sup>۳</sup> (Trexler and pickering) در سال ۱۹۹۶، به بررسی روابط جزیره‌ای و قابلیت فهم آن می‌پردازد و اینکه آیا موضوع یک مفعول قابل فهم برای فعل بالقوه بر اساس معیار جاننداری است در نتیجه این بررسی به منظور اندازه‌گیری پتانسیل رویداد وابسته ساختار موضوعی خلاً در زمان واقعی و پژوهش در مورد اینکه ساختار موضوعی خلاً آیا یک حرکت نحوی است و وابستگی پرکننده - خلاً را همچون مبتداسازی در زبان انگلیسی تشکیل می‌دهد، موج مثبت ۷۹۶-۶۷۲ میلی‌ثانیه پس از اولین فعل در جملات غیر جزیره‌ای ایجاد گردید که نشانگر این است که تجزیه‌کننده به صورت فعال به دنبال تعیین و بررسی ساختار وابستگی است؛ که این پی ۶۰۰ به عنوان نشانگری در رابطه با تأثیر ممکن بودن یا غیرممکن

1. Chia-Wen Lo\* and Jonathan R. Brennan

2. Zhiyin Dong<sup>1</sup> \*, Ryan Rhodes<sup>2</sup> and Arild Hestvik<sup>1</sup>

3. Trexler and pickering

بودن جمله در نظر گرفته می‌شود و مهم‌تر اینکه این موج مثبت در شرایط جزیره‌ای ناپدید گردیده است که حاکی از آن است که موضوع به فعل در جزیره مرتبط نیست. یافته‌ها حاکی از تشخیص پتانسیل رویداد وابسته متفاوت در شرایط جزیره‌ای و غیر جزیره‌ای است و یافته‌ها منطبق با تحلیل حرکتی، است اگرچه تنها یک نوع از محدودیت‌های جزیره‌ای و محدودیت جمله‌واره اسمی پیچیده و یک نوع عبارت موصولی مورد بررسی قرار گرفته است.

### ۳. مبانی نظری

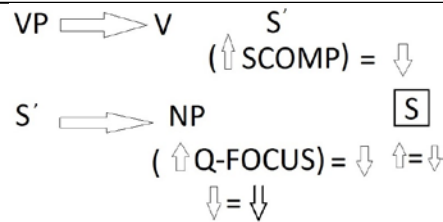
دستور زایشی چامسکی مشخصه جابه‌جایی را به صورت گشتار نشان می‌دهد که عنصر جا به جا شده در جای اصلی سازه یک رو گرفت به‌جا می‌گذارد که در مقاطع پیشین دستور زایشی گشتاری پس از حرکت سازه، ردی در جایگاه اصلی آن سازه به‌جا گذاشته می‌شود... برزنن در مقاله خود در سال ۱۹۸۷ ابتدا به مسأله غیرواقعی بودن نظریه معیار اشاره کرد و خاطر نشان شد که این نظریه واقعیت روان‌شناختی ندارد و نمی‌تواند درون‌داد انگاره‌های روان‌شناختی تولید و درک جمله‌ها قرار گیرند. در این نظریه برزنن و کاپلان معتقدند که دستور زایشی - گشتاری تاکنون نتوانسته است به‌عنوان بخش بنیادی نظریه‌های کنش مورد استفاده روان‌شناسان قرار گیرد، خاصه اینکه آزمایش‌های روان‌شناسی زبان مؤید واقعیت روان‌شناختی گشتارها نبوده‌اند. به اعتقاد برزنن و کاپلان می‌توان با تعدیل نظریه دستور زایشی - گشتاری و به‌ویژه حذف بخش گشتاری که مشخص شده است، فاقد واقعیت روان‌شناختی است، فرضیه توانش را حفظ کرد و بر این باور بودند که صورت تعدیل‌یافته نظریه دستور زایشی، بخش بنیادی یک انگاره معقول از کنش و کاربرد زبان را تشکیل می‌دهد. در دستور واژی - نقشی هر جمله در دو سطح نحوی توصیف می‌شود: سطح ساخت سازه‌ای و سطح ساخت نقشی که سطح ساخت سازه‌ای همان نمودار درختی روساختی یک جمله است، این ساخت مبنای عملکرد قواعد واجی واقع می‌شود و نتیجتاً تلفظ جمله تعیین می‌گردد. نقش‌های دستوری رو ساختی جمله‌ها در سطح ساخت نقشی نمایش داده می‌شود و مفاهیم سنتی همچون فاعل، فاعل مستتر، مفعول و متمم و افزوده در جمله‌ها مشخص می‌شود. ساخت نقشی تنها سطحی است که درون داد بخش معناست و اطلاعات آن به‌صورت بندی‌های یک زبان منطقی تبدیل می‌گردد. از نظر صوری، در ساخت سازه‌ای اطلاعاتی همچون گروه اسمی، گروه فعلی، گروه حرف‌افزافه‌ای و امثال آن زنجیره‌های پایانی، روابط اشراف و توالی خطی مطرح است. در صورتی که ساخت نقشی متشکل از نقش دستوری، اطلاعات معنایی و مشخصه‌های نحوی است (Dabir Moghadam, 1395).

در سطح ساخت سازه‌ای، عملکرد قواعد ساخت سازه‌ای به تولید نمودارهای درختی ساخت سازه‌ای جمله‌ها می‌انجامد و در نمودار ترسیم می‌گردد. در ساخت نقشی علاوه بر اطلاعات معنایی مربوط به هر مدخل، نقش دستوری سازه‌های جمله نیز منعکس است و در این دستور،

فاعل و مفعول نیز همچون فعل گزاره می‌باشند اما گزاره‌های اسمی. گزاره‌های فعلی و گزاره‌های اسمی صورت‌های معنایی‌اند که مدخل مستقیماً از واژگان به همراه خود می‌آورد. در این دستور ساختار کلی ساخت نحسی، همگانی است در صورتی که ساختار ساخت سازه‌ای زبان ویژه است. حاشیه‌هایی که در قواعد ساخت سازه‌ای مشاهده می‌گردد بین اطلاعات ساخت نحسی (مثل فاعل، مفعول) و ساخت سازه‌ای گروه اسمی و گروه فعلی ارتباط برقرار می‌کند. در واقع در انگاره مورد نظر وی وظیفه گشتارها به عهده بخش‌های واژگان و معنا است. در بخش نحو در این دستور ما با دو ساخت مواجه هستیم ساخت نحسی که رابط بین واژگان و بخش معنا است و ساخت سازه‌ای که رابط بین واژگان و بخش قواعد واژی است. در بخش ساخت نحسی علاوه بر اطلاعات حوزه‌های معنایی، اطلاعات فاعل و مفعول نیز گنجانده می‌شود. در این نظریه فعل و مفعول نیز گزاره محسوب می‌شوند که همراه با اطلاعات مدخل واژگانی خود در فرآیند پردازش زبان دخیل می‌باشند. در دستور واژی - نحسی انطباق بین صورت معنایی فعل و نقش‌های دستوری وجود دارد برزنن (Bresnan, 1982).

این دستور از قواعد و شروط مختلفی در پردازش جمله بهره می‌جوید همچون نظارت نحسی و نظارت سازه‌ای. نظارت نحسی و نظارت سازه‌ای به ارتباط به عناصر جدا از هم می‌پردازند. در نظارت نحسی، نقش دستوری عوامل تعیین‌کننده است در صورتی که در نظارت سازه‌ای، سازه‌های ساخت سازه‌ای عوامل مؤثر می‌باشند. یکی از این قواعد ساخت سازه‌ای قاعده سازه تهی است که به وجود خلاً در جمله می‌پردازد. کاپلان و برزنن اظهار داشتند که سازه تهی عنصر منظور همانند رده‌های به‌جا گذاشته شده در پی عملکرد گشتارها در نظریات چامسکی است و تفاوت اصلی این دو در این است که همانند نظریات پیشین چامسکی در ژرف ساخت وجود ندارند و در دستور واژی نحسی رد در بحث نظارت سازه‌ای وجود دارد در صورتی که در نظریات چامسکی زیر عنوان نظارت نحسی دیده می‌شد.

آنچه در این پردازش در این دستور حائز اهمیت است وجود عنصر پرسشی است که به صورت زیر در مدخل واژگانی ظاهر می‌گردد.



در این پژوهش سعی بر آن است که با بررسی متمم پرسشی، به کی یا به چه کسی، پاسخ مغزی به پردازش نحوی متمم پرسشی زبان فارسی در مدخل واژگانی افعال در بزرگسالان بر مبنای دستور واژی-نقشی، با استفاده از سیگنال میانگین ای آر پی یا پتانسیل وابسته به رویداد بر اساس مدل پردازش نحوی فریدریچی مورد بررسی قرار می‌گیرد. پتانسیل‌های وابسته به رویدادش<sup>۱</sup> کوچکی از ثبت‌های ای ای جی<sup>۲</sup> هستند. به لحاظ تاریخی، نخستین روش تصویربرداری عصبی که برای کشف همبستگی‌های میان زبان و موجود زنده مورد استفاده قرار گرفت، روش الکتروآنسفالوگرافی (ای ای جی) بود که کشف آن در حدود ۱۴۰ سال پیش به وسیله پزشک انگلیسی ریچارد کاتن<sup>۳</sup> (Richard Caton) پیشرفت قابل توجهی داشت پورمحمد (purmohamad, 1399).

ثبت ای ای جی خام با توجه به تغییرات ریزساختاری در فعالیت ذهنی نسبتاً غیراختصاصی است اگر علاقه‌مند به بررسی این موضوع باشیم که مغز چگونه به درک یا تولید زبان می‌پردازد، بدین ترتیب به ثبتي نیاز داریم که منعکس‌کننده تغییرات فعالیت مغز به وسیله فعالیت خاص در لحظه معینی باشد که در عصب‌شناسی شناختی ای آر پی یا پتانسیل وابسته به رویداد گفته می‌شود. در واقع پتانسیل وابسته به رویداد در پاسخ به محرک‌هایی نظیر مشاهده تصویر یا واژه بر روی نمایشگر برانگیخته می‌شوند. ای آر پی از طریق قفل کردن زمانی محرک‌ها به دست می‌آید، در نتیجه می‌دانیم که محرک دقیقاً در کدام نقطه زمانی ارائه شده است و سپس به تحلیل مغزی آن محرک می‌پردازیم. ای آر پی به رویدادهایی که به صورت گذرا در مغز رخ می‌دهند بسیار حساس است و بسیار کمتر تحت تأثیر رویدادهای مدت‌دار قرار می‌گیرد. این مزیت به ما امکان مجزا سازی فرآیندهای معینی را می‌دهد که در زمان واقعی طول درک گفتار صورت می‌گیرد. ای آر پی در تحقیقات بسیار گوناگون روان‌شناختی که هدفشان بررسی جنبه‌های مختلف فرآیندهای شناختی است استفاده می‌شود. امواج مشاهده شده در طول ای آر پی بر اساس اینکه بالاترین دامنه‌شان در محدوده مثبت یا منفی قرار گیرد و همچنین زمان مشاهده موج نام‌گذاری می‌شوند. برای مثال آن ۱۰۰ موج منفی ای است که ۱۰۰ میلی‌ثانیه بعد از ارائه محرک

1. Event related potential
2. EEG Electroencephalography
3. Richard Caton

مشاهده می‌گردد. با ارجاع به پردازش زبانی، چند مؤلفه‌ی آری با مشخصه‌های فضایی و زمانی متفاوت مشخص شده‌اند که هر یک نشان‌دهنده‌ی سازوکارهای مجزایی هستند که در فرآیندهای نحوی یا معنایی دخیل‌اند. پورمحمد (purmohamad, 1399).

در بحث پردازش زبان همواره مدل‌های متفاوتی به منظور بررسی پردازش نحوی مطرح گردیده است که از این میان بازه زمانی فعالیت نحوی در پردازش زبانی توسط مدلی بر اساس داده‌های عصب روانشناسی و عصب فیزیولوژی برای اولین بار به واسطه آنجلا فریدریچی<sup>۱</sup> زبان و مغز در سال ۱۹۹۵ معرفی گردید؛ که بر این اساس ما سه فاز در پردازش زبانی داریم که ماهیت دو فاز آن نحوی به حساب می‌آید. در طی مرحله اول تجزیه‌کننده ساختار نحوی ابتدایی را بر اساس اطلاعات مقولات واژگانی مشخص می‌کند که این مرحله اولیه پردازش به واسطه بخش قدامی نیمکره‌ی چپ صورت می‌گیرد به طوری که پتانسیل وابسته به رویداد در خطاهای دستوری در این منطقه حداکثر فعالیت را نشان می‌دهد. در طی فاز دوم اطلاعات ساختاری عناصر فعلی و اطلاعات معنایی - واژگانی مورد پردازش قرار می‌گیرد؛ که به صورت موج آری پی منفی در ۴۰۰ میلی‌ثانیه بعد از شروع محرک در ناحیه‌ی آهیانه‌ای - گیجگاهی چپ و راست به هنگام پردازش اطلاعات معنایی-واژگانی و در بخش قدامی چپ به هنگام پردازش اطلاعات ساختاری عناصر فعلی مورد پردازش قرار می‌گیرد. در طی مرحله سوم، تجزیه‌کننده تلاش می‌کند بر انطباق ساختار نحوی اولیه بر اطلاعات ساختاری عناصر فعلی و واژگانی - معنایی که در صورت عدم تطابق، تحلیل دوباره در بخش مرکزی آهیانه‌ای به صورت موج مثبت تأخیری در پتانسیل وابسته به رویداد دیده می‌شود. فریدریچی (Friederici, 1995).<sup>۲</sup>

یکی از مباحث مهم در بحث پردازش نحوی زبان در ساختار وابستگی پرکننده - خلاً<sup>۳</sup> است که در ادبیات روان زبان‌شناختی، عنصر پرسشی جا به جا شده به طور معمول به عنوان پرکننده<sup>۴</sup> شناخته می‌شود، در حالی که جایگاه اصلی آن به عنوان خلاً<sup>۵</sup> شناخته می‌شود. پرکننده و خلاً به عنوان وابسته به یکدیگر در نظر گرفته می‌شوند، زیرا تفسیر یک خلاً شامل ارتباط دادن آن با پرکننده‌اش است فودور (Fodor, 1989). اصطلاح «وابستگی پرکننده - خلاً» برای تأکید بر جنبه زمانی ارتباط عبارت پرکننده با موقعیت بعدی استفاده می‌شود، در حالی که «استخراج» جنبه‌ی بازنمودی این وابستگی را برجسته می‌سازد. در این پژوهش متمم پرسشی در جایگاه‌های مختلف به عنوان پرکننده و جایگاه اصلی آن به عنوان خلاً در نظر گرفته شده است. این مطالعه

1. Angela Friederici
2. Friederici
3. filler-gap dependency
4. Filler
5. gap

مؤلفه، N400 را در چارچوب مدل فریدریچی بر مبنای دستور واژی نقشی در ساختار وابستگی پرکننده - خلاً در متمم پرسشی مورد بررسی قرار می‌دهد. در ادامه، به توضیحات دقیق‌تری از این مؤلفه می‌پردازیم.

#### **N400:**

این مؤلفه عنوان یک محرک منفی در حدود ۴۰۰ میلی‌ثانیه پس از آغاز محرک قرار می‌گیرد، اگرچه می‌تواند در بازه ۲۵۰-۵۰۰ میلی‌ثانیه رخ دهد. N400 عمدتاً در الکترودهای مرکزی و آهیانه ای مشاهده می‌شود. این پاسخ مغزی عکس‌العملی طبیعی به کلمات و سایر محرک‌های معنادار است. N400، همچنین نشان‌دهنده مشکلات در یکپارچه‌سازی یک کلمه یا عبارت در نمود معنایی جمله است. کوتاس و فدرمیر (Kutas & Federmeier, 2011)<sup>۱</sup> با این حال، این تفسیر همچنان مورد بحث است زیرا دامنه این مؤلفه می‌تواند به جای آن که مشکلات در دسترسی به یک واژه را نشان دهد، پیش‌بینی‌های پردازشی در سطح جمله را تسهیل یا مهار کند. لو و همکاران (Lau et al, 2008)<sup>۲</sup> بدون توجه به تفسیر دقیق این مؤلفه، این دیدگاه است که در شرایط تشکیل ساختار وابستگی فعال، درک کنندگان زبان برخی اطلاعات درباره رابطه بین عبارت پرکننده و فعل را، حدود ۲۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌ثانیه بعد از آغاز فعل پردازش می‌کنند.

#### **۴. تحلیل داده‌های پژوهش**

##### **۴-۱. روش تحقیق**

##### **۴-۱-۱. آزمودنی‌ها**

۲۳ فرد بزرگسال (۱۰ مرد - ۱۳ زن) ۱۸ - ۴۰ سال با میانگین سنی ۲۵ سال، ساکن تهران و فارسی زبان برای این پژوهش انتخاب می‌گردند که برای هر ساعت مشارکت هدایایی مناسب آنها داده می‌شود. رضایت‌نامه‌ای توسط آزمودنی‌ها و همچنین فرم خودارزیابی در مورد زبان، سن، مقطع تحصیلی و وضعیت سلامتی آنها پر گردید. این افراد از نظر بینایی سالم و یا اصلاح شده - سالم می‌باشند و سابقه بیماری‌های عصبی و یا زبان پریشی نخواهند داشت.

۴، ۱، ۲: اقلام آزمایشی و طراحی آزمایش:

به منظور بررسی در این پژوهش ۴ جمله در نظر گرفته شد که هر جمله معرف یک کاندیشن است که برای هر کاندیشن ۵۰ جمله در نظر گرفته شده است. کاندیشن‌ها جملاتی متشکل از ۴ واژه بودند که متشکل از فاعل، مفعول، مفعول حرف اضافه و فعل دو مفعولی است. در این پژوهش به بررسی مفعول حرف اضافه که به صورت پرسشی است پرداختیم که متشکل از حرف اضافه و واژه پرسشی است. ترتیب واژگانی جملات بر اساس آنچه در گفتار گویشور فارسی

1. Kutas & Federmeier, 2011

2. Lau et al, 2008

زبان مورد استفاده قرار می‌گیرد انتخاب شد. طول واژگان به‌صورتی انتخاب گردید که در تمامی کوشش‌ها مشابه می‌باشند و در این تحقیق از واژگان بلند استفاده نشد. فاعل جملات ضمائر یا اسامی خاص کوتاه، مفعول در این پژوهش شامل یک اسم + حرف نشانه را، متمم پرسشی شامل حرف‌اضافه + واژه پرسشی و فعل دو مفعولی<sup>۱</sup> است.

بدین ترتیب که جمله اصلی یا همان کاندیشن اول گویای ترتیب واژگانی پایه در زبان فارسی است که به‌صورت فاعل + مفعول + متمم پرسشی + فعل است. از آنجا که سؤال اصلی این پژوهش بررسی روند جابه‌جایی متمم پرسشی در صورت‌های مختلف جمله در زبان فارسی است متمم پرسشی در هر کاندیشن عبارت حرف‌اضافه‌ای مورد نظر برای بررسی قرار می‌گیرد. هر جمله از ضمیر، مفعول، مفعول حرف‌اضافه‌ای یا متمم پرسشی و فعل تشکیل شده است و با توجه به اینکه زبان فارسی ضمیر انداز است و می‌تواند بدون ضمیر فاعلی جمله‌ای را به‌صورت دستوری ساخت یک کاندیشن که شامل ۵۰ جمله است بدون ضمیر فاعلی در نظر گرفته شده است. در این جملات متمم پرسشی از جایگاه اصلی آنکه بعد از مفعول در ترتیب واژگانی زبان فارسی است حرکت کرده و در جایگاه‌های مختلف در جمله قرار می‌گیرد:

در کاندیشن اول در جایگاه اصلی آن بعد از مفعول قرار دارد.

تو کتاب را به کی دادی؟

در کاندیشن دوم قبل از فاعل در ابتدای جمله به‌صورت زیر قرار دارد.

به کی تو کتاب را دادی؟

در کاندیشن سوم متمم پرسشی یا مفعول حرف‌اضافه‌ای بعد از فاعل قرار دارد.

تو به کی کتاب را دادی؟

و در کاندیشن چهارم که به‌صورت جمله ضمیر انداز است، محرک ما در ابتدای جمله قرار می‌گیرد، به کی کتاب را دادی؟

این تفاوت در ساختار نشان‌دهنده این است که متمم‌ساز فارسی می‌تواند مشخصه سؤالی است که به‌صورت اختیاری در روند پردازش تعریف نماید و آنچه مشخص است این مشخصه به واسطه واژه پرسشی نمی‌تواند در روند پردازش حرکت نماید و حتماً باید حرکت به همراه حرف‌اضافه و به‌صورت عبارت انجام شود و در غیر این صورت ساختار غیردستوری خواهد بود و همچنین همان‌طور که کاپلان و برزنن اظهار داشتند سازه تهی متمم پرسشی در این جملات در عنصر منظور که همان متمم پرسشی است همانند رده‌های به جا گذاشته شده در پی عملکرد گشتارها در نظریات چامسکی در روند پردازش قرار می‌گیرد.

### ۳-۱-۴. روند اجرای آزمایش

این مطالعه شامل ارائه متمم پرسشی به صورت سازه به سازه توسط تصویر روی یک صفحه نمایش با رزولوشن بالا بود. هر جزء به مدت ۱۰۰۰ میلی ثانیه نشان داده می‌شد. هر سازه با نمایش علامت «+» به عنوان نقطه تثبیت به مدت ۵۰۰ میلی ثانیه پس از آن دنبال می‌شد. بعد از توضیح کامل روند آزمایش به شرکت‌کنندگان، آزمایش با فشردن کلید واردکردن توسط شرکت‌کنندگان به عنوان دستور داده شده در صفحه شروع شد. فاصله بین چشمان هر آزمودنی و صفحه نمایش به ۵۰ سانتیمتر ثابت ماند. برای کاهش هرگونه تغییرپذیری ناشی از ترتیب جملات که می‌تواند سیگنال ناخواسته به تحلیل تفاوت‌های فردی اضافه کند، همه سؤال‌ها به ترتیب تصادفی به کار گرفته شدند. سؤال‌ها با رنگ سیاه روی پس زمینه خاکستری نمایش داده شدند. برای جلوگیری از خستگی شرکت‌کنندگان و مدیریت طول وظیفه، سؤال‌ها به دو مجموعه ۱۰۰ تایی تقسیم شدند و مدتی کوتاهی بین آنها به عنوان استراحت اعمال شد. شرکت‌کنندگان به صورت تک تک در یک اتاق آرام و کم نور آزمون شدند. هر جلسه آزمایشی حدود ۶۰ دقیقه به طول می‌انجامد که شامل مرحله آماده‌سازی برای انجام آزمون نیز بود. لازم به ذکر است که پیش از آزمون رضایت آزمودنی‌ها جهت انجام آزمون اتخاذ گردید و از آزمودنی خواسته شد ۲۴ ساعت قبل از انجام آزمایش هیچ‌گونه داروی مؤثر بر سیستم عصبی-خواب و توجه مصرف ننماید.

### ۴-۱-۴. جمع‌آوری داده‌ها

این پژوهش با استفاده از روش ای آر پی انجام پذیرفته است که روال اجرای آن در این بخش شرح داده می‌شود: ابتدا کلاهی مخصوص دارای ۶۴ الکتروود بر اساس سیستم ۱۰-۲۰ بر سر آزمودنی قرار داده می‌شود. سپس الکتروژل بر روی پوست سر تزریق می‌شود تا رسانای لازم برای ایجاد جریان الکتریکی به وجود آید. شاخص اندازه‌گیری رسانایی مطلوب عددی است که رایانه از جریان برق حاصل ثبت می‌نماید و امپدانس نام دارد. در پژوهش حاضر تلاش شده است که امپدانس طبق معیار جهانی زیر عدد پنج نگاه داشته شود. با استفاده از متلب<sup>۱</sup> در تولباکس ای ای جی لب<sup>۲</sup> تحلیل داده‌های ای ای جی و پیش‌پردازش سیگنال صورت گرفت و سپس از تحلیل مؤلفه‌های مستقل<sup>۳</sup> پردازش سیگنال ای ای جی انجام گرفت امکان استفاده از تحلیل مؤلفه‌های مستقل برای جداسازی منابع دارای منشأ مغزی و منابع آرتیفکتی در مقالات زیادی تأیید شده است که فرضیات و شرایط مورد بررسی با خصوصیات سیگنال سازگار است داده‌ها با نرخ نمونه‌گیری ۵۱۲ هرتز با فیلتر ۱ تا ۴۰ هرتز دیجیتالی شدند جهت حذف نویز برق شهر و

1. MATLAB (MathWorks Inc. USA)

2. EGLAB toolbox66,

3. independent component analysis (ICA) technique



آرتیفکت‌های حرکتی در داده از یک فیلتر میان‌گذر ۱ تا ۶۰ هرتز استفاده شده است سپس مؤلفه‌های مستقل به دست آمده از نظر زمانی فرکانسی مکانی بررسی گردیده و بهترین مؤلفه دارای منشأ مغزی انتخاب گردیده است. داده‌ها در مؤلفه مستقل از ۲۰۰ میلی‌ثانیه قبل تا ۱۰۰۰ میلی‌ثانیه در تولباکس ای آر پی لب در متلب<sup>۱</sup> سیگنال ای ای جی جدا شده‌اند و نسبت به وقوع تحریک قفل شده‌اند و میانگین آنها به‌عنوان ای آر پی محاسبه شده است. با توجه به حالت‌های مختلف جمله برای هر واژه یک کد در نظر گرفته شد که بر اساس این کدها میانگین ای آر پی منحصرأ در نظر گرفته شد. در این پژوهش ERP های مربوط به کلمات هدف یا افعال با جایگاه‌های متفاوت متمم پرسشی مورد بررسی قرار گرفت که به منظور بررسی ارتباط ERP با میزان تأثیر جابه‌جایی متمم پرسشی از همبستگی آماری استفاده گردید. امواج مغزی حاصل توسط نرم‌افزار EEGLAB تحلیل شده و نتایج از نظر معنی داری آماری با نرم افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت.

#### ۵-۱-۴. ملاحظات اخلاقی

پیش از آزمون، به آزمودنی‌ها اطمینان داده می‌شود که در تمامی مراحل پژوهش از ذکر نام آنها و اطلاعات شخصی ایشان خودداری می‌شود و در جای دیگری از آنها استفاده نمی‌گردد. در پژوهش حاضر از یک فرم برای آشنایی آزمودنی‌ها در خصوص روش پژوهش ERP و بی‌خطر بودن آن و عدم هرگونه عوارض جانبی بر مغز خاطر نشان می‌گردد.

#### ۲-۴. تحلیل داده‌ها

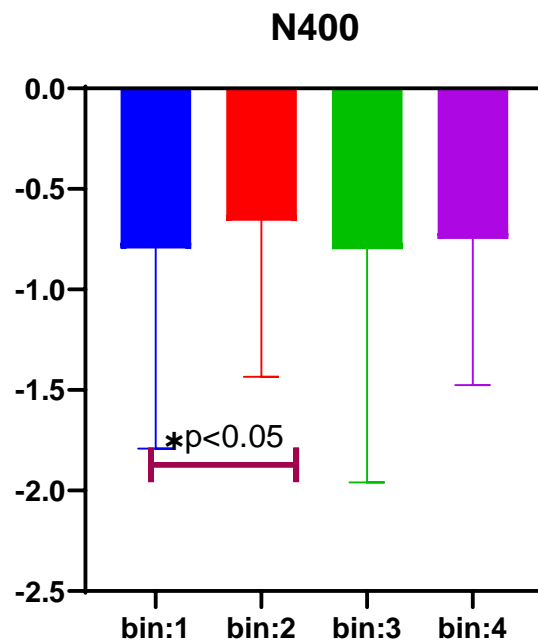
جهت آنالیز آماری داده‌های ERP ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌ها با انجام آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (KS) مورد بررسی قرار گرفت سپس از آزمون واریانس (ANOVA) ، اندازه‌گیری مکرر آنوا<sup>۲</sup>، روش بنفرونی<sup>۳</sup> میانگین ویژگی‌های متغیرهای کمی وابسته -N400- با متغیرهای مستقل شامل: فعل در جمله‌ای با متمم پرسشی بعد از مفعول BIN4 فعل در جمله‌ای با متمم پرسشی در ابتدا جمله، جایگاه متمم نما (BIN8)، فعل جمله‌ای که متمم پرسشی بعد از فاعل قرار دارد (BIN12)، فعل جمله‌ای که متمم پرسشی در جملات فاعل انداز و بدون فاعل (BIN 15) است، مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور الکترودها و در ناحیه مرکزی - آهیانه ای در الکترودهای cp5-cp3-cp1-cpz-cp2-cp4-cp6 در تحلیل N400 به‌عنوان نواحی هدف<sup>۴</sup> مورد بررسی قرار گرفتند. (ابوطالبی و گرین؛ فدورنکو و همکاران؛ فدورنکو و تامسون شیل، گرین و

1. ERPLAB Toolbox
2. repeated measure
3. Bonferroni
4. Region of interest

ابوطالبی- Fedorenko & Thompson (2010; Fedorenko et al., 2010; Abutalebi & Green, 2016)؛  
 Schill, 2014; Green & Abutalebi, 2013)؛

### ۱-۲-۴. نتایج آماری

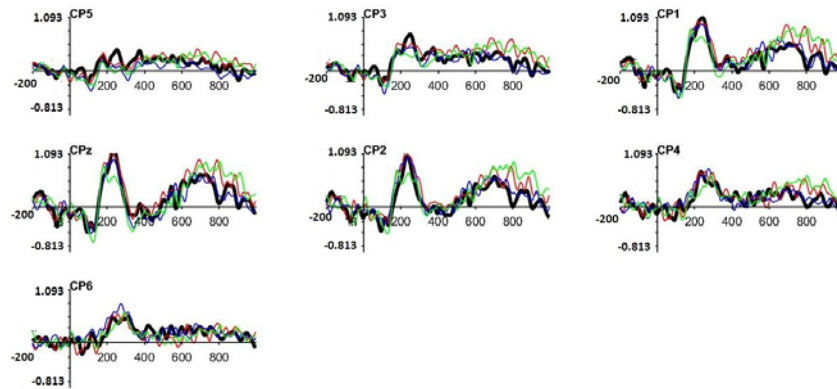
در ادامه به بحث جداول و نتایج داده‌های متمم پرسشی که نتیجه آزمون ANOVA از طریق اس پی اس اس<sup>۲</sup>، است و مقدار- $p$  در متغیر مستقل N400 می‌پردازیم. N400، ۱، ۲، ۳، ۴: در جدول بعدی از نمودار SPSS تفاوت معنی‌داری به صورت مقایسه‌های زوجی مورد آزمون قرار گرفته و نتایج مربوط به آن دیده می‌شود... در این بررسی همچنان مشخص گردید که تفاوت معنادار بین کاندیشن ۲ و ۱، دیده می‌شود. ماکزیمم دامنه در کاندیشن ۱ و دیده می‌شود. در بررسی صورت گرفته مشخص گردید از آنجا که مقدار Sig کوچک‌تر از حداقل احتمال خطای نوع اول ۰،۰۵ شده است تفاوت معنادار بین کاندیشن ۲ و ۱، دیده می‌شود؛ که با Sig = <0.05 یا  $p < 0.05$  دیده می‌شود



1.(Abutalebi & Green, 2016; Fedorenko et al., 2010; Fedorenko & Thompson-Schill, 2014; Green & Abutalebi, 2013).

2. Spss 27 (IBM Corporation, NY, USA, 2020).

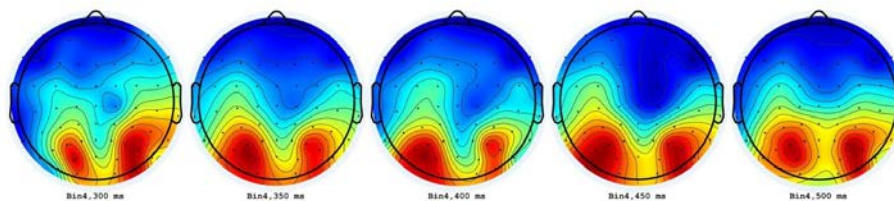
## ۲-۲-۴. نمایش یافته‌ها در کانال‌های هدف



نمودار ۴-۶: نمایش دامنه قله در کاندیشن ۱ در موج N400 با رنگ مشکی

## ۲-۳-۴. نمودار توپوگرافیک مغز

در ادامه به نمودار توپوگرافیک مغز در بازه‌های زمانی و ۳۰۰-۵۰۰ در کاندیشن‌ها می‌پردازیم



## ۳-۴. بحث و بررسی

بر اساس داده‌های ERP، به نتیجه می‌رسیم که خلأ و ساختار وابستگی‌های پرکننده-خلأ مرتبط، در مقایسه با شکل‌گیری زنجیره‌های نحوی بین پرکننده-خلأ نقش حیاتی در تجزیه و تحلیل جمله‌ها دارند. اهمیت زمان‌بندی در شکل‌گیری ساختار وابستگی پرکننده-خلأ با نظریه نحوی زایشی در پاسخ به پدیده پرکننده-خلأ در زبان‌های مختلف هم‌راستا است آیل، اشنایدر-زیوگا، ارلوی (Abels، 2003؛ Schneider-Zioga، 2007؛ Erlewine، 2016).<sup>۱</sup> در مطالعه صورت گرفته همان‌طور که بیشتر ذکر گردید هدف بررسی تأثیر جابجایی ساختار وابستگی-متمم پرسشی - بر اجزای ERP است بدین منظور که پردازش جابه‌جایی در ساختار وابستگی‌های متمم پرسشی و همچنین واکنش‌های مغزی مرتبط را در ترتیب واژگانی متفاوت در مدخل واژگانی افعال بر مبنای دستور واژی - نقشی مورد بررسی قرار دهیم. تا بتوان به پرسش در رابطه ساختار

1. Abels، 2003؛ Schneider-Zioga، 2007؛ Erlewine، 2016.

پرکننده و خلأ در ذهن سخنوران فارسی زبان پاسخ داد. با توجه به دستاوردهای به دست آمده مؤلفه N400 نتایج زیر هم‌راستا با پرسش مطرح گردیده، به دست آمد:

مؤلفه: N400

چندین مشاهده در مورد مؤلفه N400 در شرایط مختلف انجام دادیم. به طور خاص، مشاهده کردیم که مؤلفه N400 دارای بیشترین دامنه در کاندیشن ۱ بود که با فعل مرتبط بود. به علاوه، بیشینه دامنه N400 در موقعیت فعل با دستور واژی نقشی همخوانی دارد که نقش اساسی مدخل‌های واژگانی را تأکید می‌کنند. پیکرینگ، پیکرینگ و بری (Pickering, 2000; Pickering & Barry 1991) و پژوهش‌های پیشین انجام شده توسط گوا و همکاران (Gouvea et al, 2010)<sup>۲</sup>. نشان دادند که وجود پرکننده‌ها می‌بایست درک کنندگان را قادر سازد تا وابستگی را در موقعیت فعل برقرار کنند که در نتیجه به پاسخ N400 منجر می‌شود. مؤلفه N400 می‌تواند با در نظر گرفتن تخصیص نقش‌های نحوی و واژگانی توضیح داده شود. مطالعات انجام شده درباره وابستگی‌های پرکننده خلأ اثرات N400 را به دنبال دارند که توسط افعال در پاسخ به پرکننده‌های غیرممکن ایجاد گردیده است دالاس و همکاران؛ گرنسی و همکاران (Dallas et al. 2013; Garnsey et al. 1989)<sup>۳</sup> و پرکننده‌هایی که با نیازمندی‌های ساختاری عنصر فعلی همخوانی ندارند. فیلیپ و همکاران (Phillips et al. 2005)<sup>۴</sup>. در جملات پرسشی، تغییر در ساختار سازه-ای، به‌ویژه موقعیت فعل نسبت به مفعول مستقیم، منجر به عدم تأیید مشخصات واژگانی و نحوی در موقعیت‌های کانونی شود. ناسازگاری موقعیت عنصر پرسشی با ویژگی‌های نحوی و واژگانی منجر به افزایش دامنه N400 در شرایط ۱ می‌شود که نشان دهنده بررسی ویژگی‌های واژگانی و نحوی است. این مؤلفه را می‌توان بر اساس دستور واژی نقشی برزنن تبیین نمود. از آنجا که در این دستور اعم پردازش‌ها در مدخل واژگانی افعال صورت می‌گیرد و انگاره این دستور به شکل زیر است

- 
1. Pickering, 2000; Pickering & Barry 1991.
  2. Gouvea et al, 2010.
  3. Dallas et al. 2013; Garnsey et al. 1989.
  4. Phillips et al. 2005.



دامنه N400 در شرایط ۱ می‌شود که نشان‌دهنده بررسی ویژگی‌های واژگانی و نحوی در مدل ذکر شده، است.

به‌طور خلاصه، یافته‌های ما نشان می‌دهد که پردازش وابستگی‌های متمم پرسشی شامل اثرات ERP متمایز در مدخل واژگانی افعال است. در طی فاز دوم اطلاعات ساختاری عناصر فعلی و اطلاعات معنایی-واژگانی مورد پردازش قرار می‌گیرد؛ که به‌صورت موج ای آر پی منفی در ۴۰۰ میلی‌ثانیه بعد از شروع محرک در ناحیه آهیانه ای - گیجگاهی چپ و راست به هنگام پردازش اطلاعات معنایی-واژگانی و به هنگام پردازش اطلاعات ساختاری عناصر فعلی مورد پردازش قرار می‌گیرد مؤلفه N400 شاهدهی برای پردازش جوانب مختلف درک جمله در پردازش جملات به‌صورت الکتروفیزیولوژیکی ارائه می‌دهد که در مدخل واژگانی افعال رخ می‌دهد. با این حال، می‌توان این‌طور اظهار داشت که مطالعه ما شواهد قابل توجهی برای پردازش جملات با ترتیب واژگانی مختلف که به دست آورد.

## ۵. نتیجه

در پژوهش حاضر با استفاده از EEG و پاسخ مغزی، ای آر پی، به بررسی و درک عمیق‌تر پردازش ساختار وابستگی پرکننده-خلأ متمم پرسشی، در مدخل واژگانی افعال در بزرگسالان برمبنای دستور واژی-نقشی، با استفاده از سیگنال میانگین ای آر پی یا پتانسیل وابسته به رویداد بر اساس مدل پردازش نحوی فریدریچی پرداختیم که با توجه به مدل فریدریچی بر مبنای دستور واژی-نقشی می‌توان فرآیند ساختار وابستگی پرکننده-خلأ از منظر مشخصه‌های معنایی، واژی و نحوی در طی فاز دوم در نظر گرفت که اطلاعات ساختاری عناصر فعلی و اطلاعات معنایی-واژگانی مورد پردازش قرار می‌گیرد و به‌صورت موج ای آر پی منفی در ۴۰۰ میلی‌ثانیه بعد از شروع محرک در ناحیه آهیانه‌ای-گیجگاهی چپ و راست به هنگام پردازش اطلاعات معنایی-واژگانی مورد پردازش قرار می‌گیرد که تخطی از آن به‌صورت N400 نشان داده می‌شود که با توجه به جایگاه‌های متفاوت متمم پرسشی در مدخل واژگانی افعال این ساتار وابستگی مورد بررسی قرار گرفت... وضوح زمانی بالا و بُعد بالای داده‌های EEG، به ما درک عمیق‌تری از فرایندهای مرتبط با وابستگی پرکننده-خلأ به‌صورت فعال و همچنین تصویر دقیقی از این فرایندها را ارائه داده است. نتایج به دست آمده فرضیات مطرح شده پروپوزال پیشنهادی را تأیید می‌کنند و شواهدی در ارتباط با تشکیل ساختار وابستگی فعال پرکننده-خلأ در مدخل واژگانی فعل ارائه می‌دهند؛ که با مؤلفه N400 که مؤلفه‌های ای آر پی مرتبط با زبان هستند، در دستور واژی نقشی قابل تبیین است نشان داده می‌شوند؛ و همان‌طور که مشخص گردید، بر اساس دستور واژی - نقشی هر مدخل واژگانی فعلی شامل ساخت نقشی و ساخت سازه‌ای است و از آنجا که مدخل واژگانی، دارای عنصر کانونی و حاوی اطلاعات نو است متمم پرسشی باید در

ابتدای جمله و در نمودار درختی پیش از فاعل قرار می‌گرفت. در واقع ساخت سازه‌ای این جمله بدین صورت خواهد بود و از آنجا که ارضای ساختار موضوعی بر اساس مدل مطرح شده در فاز دوم برآورده نشده است، مؤلفهٔ n400 در کاندیشن اول و در جایگاه کانونی متمم پرسشی با افزایش دامنه همراه گردیده است. اگرچه این مطالعه تحلیل‌های ارزشمندی را فراهم آورد که با استفاده از روش‌های متدولوژیکی و نظری انجام گرفته است محدودیت‌های نمونه‌ای کم و مشکلات داده‌ای، قدرت قاطعانهٔ نتایج ما را محدود می‌کنند و برای تقویت ادعاهای موجود، مطالعات با اندازهٔ نمونه‌های بزرگ‌تر نیاز است. علاوه بر این، محدودیت طراحی در عدم وجود شرایطی که به طور مستقل اثر یکپارچه سازی متمم پرسشی که با دیگر عناصر جمله آزمون کند، سؤالاتی دربارهٔ زمان‌بندی و توزیع مجمله سر از تأثیرات مشاهده شده، برمی‌انگیزد. بررسی‌های بیشتر آینده باید به سؤالاتی در این رابطه پاسخ دهند. مطالعهٔ حاضر نشان‌دهندهٔ بررسی اولیه بر تأثیر اطلاعات معنایی و لغوی است که در فرایندهای تشکیل ساختار وابستگی فعال و واکنش‌های مغزی در مدل‌های زبان‌شناختی نظری، نمایان می‌شوند. این پژوهش به‌عنوان نقطهٔ شروع مفیدی برای تفکیک پیچیدگی تعامل معناشناختی و نحوی و درک بهتر جایگاه خلأ از منظر زبان‌شناسی نظری و عصب‌شناسی عمل می‌کند. با این حال، به دلیل محدودیت‌های این مطالعه، نیاز به احتیاط در تفسیر نتایج وجود دارد. برای درک عمیق‌تر از مکانیزم‌های پیچیده‌ای که در حال انجام هستند، تحقیقات بیشتری لازم است.

### منابع

- پورمحمد، م (۱۳۹۷). روانشناسی زبان، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت) پژوهشکده تحقیق و توسعه علوم انسانی.
- پورمحمد، م (۱۳۹۶). زبان‌شناسی شناختی، درک: خرازی (گردآورنده)، مقدمه‌ای بر علوم و فناوری‌های شناختی و کارکردهای آن (۱۳۳-۱۶۱)؛ تهران: سمت.
- دبیرمقدم، م. (۱۳۹۰). معرفی و نقد کتاب مطالعه‌ای در ساخت گفتمانی زبان فارسی. مجله دستور (ویژه‌نامه نامهٔ فرهنگستان)، ۷، ۲۲۳-۲۹۳. دبیرمقدم، م. (۱۳۹۲). رده‌شناسی زبان‌های ایرانی دو جلد چ، ۲ (۱۳۹۳) تهران سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت). رایبیز، آر. اچ. (۱۳۷۰). تاریخ مختصر زبان‌شناسی (ع. م. حق‌شناس، مترجم). تهران: نشر مرکز.
- تاریخ انتشار اثر اصلی (۱۹۶۷)
- عاصی، م؛ و عبدعلی. م. (۱۳۷۵). واژگان گزیده زبان‌شناسی. تهران: شرکت انتشارات علمی و فرهنگی
- دبیرمقدم، م. (۱۳۹۸). زبان‌شناسی نظری، پیدایش و تکوین دستور زایشی (ویراست سوم: با تجدید نظر اساسی). تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).

Ambridge, Benjamin & Adele Goldberg. 2008. The island status of clausal complements: Evidence in favor of an information structure explanation. *Cognitive Linguistics* 19(3). 349-381. <https://doi.org/10.1515/COGL.2008.014>.

- Aoshima, Sachiko, Colin Phillips & Amy Weinberg. 2004. Processing filler-gap dependencies in a head-final language. *Journal of Memory and Language* 51(1). 23–54. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2004.03.001>.
- Asi, M.; and Abdul Ali M. (1919). Selected vocabulary of linguistics. Tehran: Scientific and Cultural Publishing Company.. [In Persian].
- Boudewyn, M. A., Luck, S. J., Farrens, J. L., and Kappenman, E. S. (2018). How many trials does it take to get a significant ERP effect? It depends. *Psychophysiology* 55:e13049. <https://doi.org/10.1111/psyp.13049>
- Chomsky, Noam. 1977. On wh-movement. In Peter Culicover, Adrian Akmajian & Thomas Wasow (eds.), *Formal syntax*. 71–133. New York: Academic Press.
- Chomsky, Noam. 1981. *Lectures on government and binding: The Pisa lectures*. Dordrecht: Foris. Chomsky, Noam. 1986. *Barriers*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Chow, Wing-Yee & Yangzi Zhou. 2019. Eye-tracking evidence for active gap-filling regardless of dependency length. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology* 72(6). 1297–1307. <https://doi.org/10.1177/1747021818804988>.
- Cinque, Guglielmo. 1990. *Types of A'-dependencies*. Cambridge, MA: MIT Press. Deane, Paul. 1991. Limits to attention: A cognitive theory of island phenomena. *Cognitive Linguistics* 2. 1–63. <https://doi.org/10.1515/cogl.1991.2.1.1>.
- Cohen, M. X. (2017). Rigor and replication in time-frequency analyses of cognitive electrophysiology data. *Int. J. Psychophysiology*. 111, 80–87. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2016.02.001
- de Vincenzi, Marica. 1991. Syntactic parsing strategies in Italian: The minimal chain principle. *Journal of Neuroscience Methods* 164. 177–190. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2007.03.024>.
- DeLong, K. A., Quante, L., and Kutas, M. (2014). Predictability, plausibility, and two late ERP positivities during written sentence comprehension. *Neuropsychologia* 61, 150–162. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2014.06.016
- Executive Secretary, M. (2018). *Theoretical Linguistics, Origin and Development of Generative Grammar (Third Edition: With Major Revision)*. Tehran: Organization for Studying and Compiling Humanities Books of Universities (Samt).[In Persian].
- Federmeier, K. D., Mai, H., and Kutas, M. (2005). Both sides get the point: hemispheric sensitivities to sentential constraint. *Mem. Cogn.* 33, 871–886. doi: 10.3758/BF03193082
- Fiebach, C. J., Schlesewsky, M., and Friederici, A. D. (2002). Separating syntactic memory costs and syntactic integration costs during parsing: the processing of German Wh-questions. *J. Mem. Lang.* 47, 250–272. doi: 10.1016/S0749-596X(02)00004-9



- Frazier, L., & Flores D'Arcais, G. B. (1989). Filler driven parsing: A study of gap filling in Dutch. *Journal of Memory and Language*, 28, 331–344.
- Friederici, A. D. (1998). The neurobiology of language processing. In A. D. Friederici (Ed.), *Language comprehension: A biological perspective* (pp. 263–301). Berlin: Springer.
- Friederici, A. D., & Frazier, L. (1992). Thematic analysis in agrammatic comprehension: Syntactic structures and task demands. *Brain and Language*, 42, 1–29.
- Friederici, A. D., & Gorrell, P. (1998). Structural prominence and agrammatic theta-role assignment: A reconsideration of linear strategies. *Brain and Language*, 65, 253–275.
- Friederici, A. D., & Graetz, P. (1987). Processing passive sentences in aphasia: Deficits and strategies. *Brain and Language*, 30, 93–105.
- Friederici, A. D., Hahne, A., & Mecklinger, A. (1996). Temporal structure of syntactic parsing: Early and late event-related brain potential effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22, 1219–1248.
- Gibson, E. (2000). "The dependency locality theory: a distance-based theory of linguistic complexity," in *Image, Language, Brain: Papers From the First Mind Articulation Project Symposium*, eds A. Marantz, Y. Miyashita, and W. O'Neil (Cambridge, MA: The MIT Press), 94–126.
- Gibson, E., Desmet, T., Grodner, D., Watson, D., and Ko, K. (2005). Reading relative clauses in English. *Cogn. Linguist.* 12, 313–353. doi: 10.1515/cogl.2005.16.2.313
- Goldsmith, John A. 1985. A principled exception to the coordinate structure constraint. *Proceedings of the Chicago Linguistics Society (CLS)* 21. 133–143. Gouvea, Ana, Colin Phillips, Nina Kazanina & David Poeppel. 2009.
- Guo, Q., Thabane, L., Hall, G., McKinnon, M., Goeree, R., and Pullenayegum, E. (2014). A systematic review of the reporting of sample size calculations and corresponding data components in observational functional magnetic resonance imaging studies. *NeuroImage* 86, 172–181. doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.08.012
- Hagiwara, M., Ogawa, Y., Toyama, L. (2007). Effectiveness of indirect dependency for automatic synonym acquisition. *Contextual Information in Semantic Space Models*. Roskilde (Denmark).
- Hagoort, P., Brown, C., and Groothusen, J. (1993). The syntactic positive shift (SPS) as an erp measure of syntactic processing. *Lang. Cogn. Process.* 8, 439–483. doi: 10.1080/01690969308407585
- Hofmeister, Philip & Ivan A. Sag. 2010. Cognitive constraints on syntactic islands. *Language* 86(2). 366–415. <https://doi.org/10.1353/lan.0.0223>.
- Kaan, E., Harris, A., Gibson, E., and Holcomb, P. (2000). The P600 as an index of syntactic integration difficulty. *Lang. Cogn. Process.* 15, 159–201. doi: 10.1080/016909600386084

- Kass, R. E., and Raftery, A. E. (1995). Bayes factors. *J. Am. Stat. Assoc.* 90, 773–795. doi: 10.1080/01621459.1995.10476572
- Kluender, R., and Kutas, M. (1993). Bridging the gap: evidence from erps on the processing of unbounded dependencies. *J. Cogn. Neurosci.* 5, 196–214. doi: 10.1162/jocn.1993.5.2.196
- Kazanina, Nina & Colin Phillips. 2010. Differential effects of constraints in the processing of Russian cataphora. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 63(2). 371–400. <https://doi.org/10.1080/17470210902974120>.
- Kehler, Andrew. 2002. *Coherence, reference, and the theory of grammar*. Stanford, CA: CSLI Publications.
- King, Jonathan W. & Marta Kutas. 1995. Who did what and when? using word- and clause level ERPs to monitor working memory usage in reading. *Journal of Cognitive Neuroscience* 7(3). 376–395. <https://doi.org/10.1162/jocn.1995.7.3.376>.
- Kohrt, Annika, Trey Sorensen & Dustin A. Chacón. 2018. The real-time status of semantic exceptions to the adjunct island constraint. *Proceedings of the Chicago Linguistics Society (CLS)* 54.
- Kohrt, Annika, Trey Sorensen, Peter O’Neill & Dustin A. Chacón. 2019. Semantic effects on the processing of filler-gap dependencies into adjuncts and conjuncts. Talk given at the 55th Chicago Linguistics Society.
- Kratzer, Angelika. 1996. Severing the external argument from its verb. In Johan Rooryck & Laurie Zaring (eds.), *Phrase structure and the lexicon*. 109–137. Dordrecht: Springer.
- Kutas, Marta & Kara D. Federmeier. 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>.
- Kuperberg, G. R. (2007). Neural mechanisms of language comprehension: challenges to syntax. *Brain Res.* 1146, 23–49. doi: 10.1016/j.brainres.2006.12.063
- Larson, M. J., and Carbine, K. A. (2017). Sample size calculations in human electrophysiology (EEG and ERP) studies: a systematic review and recommendations for increased rigor. *Int. J. Psychophysiol.* 111, 33–41. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2016.06.015
- Luck, S. J., and Gaspelin, N. (2017). How to get statistically significant effects in any ERP experiment (and why you shouldn’t). *Psychophysiology* 54, 146–157. doi: 10.1111/psyp.12639
- Luck, S. J., and Hillyard, S. A. (1994). Electrophysiological correlates of feature analysis during visual search. *Psychophysiology* 31, 291–308. doi: 10.1111/j.1469-8986.1994.tb02218.x
- Makeig, S., Bell, A. J., Jung, T.-P., and Sejnowski, T. J. (1995). “Independent component analysis of electroencephalographic data,” in *NIPS’95 Proceedings of the 8th International Conference on Neural*

- Information Processing Systems, eds D. Touretzky, M. Mozer, and M. Hasselmo (Cambridge: MIT Press), 145–151. Maris, E., and Oostenveld, R. (2007). Nonparametric statistical testing of EEG- and MEG-data. *J. Neurosci. Methods* 164, 177–190. doi: 10.1016/j.jneumeth.2007.03.024
- maki, A., Lau, E. F., White, I. D., Dakan, M. L., Apple, A., and Phillips, C. (2015). Hyper-active gap filling. *Front. Psychol.* 6:384. doi: 10.3389/fpsyg.2015.00384
- Oostenveld, R., Fries, P., Maris, E., and Schoffelen, J.-M. (2011). Fieldtrip: open source software for advanced analysis of MEG, EEG, and invasive electrophysiological data. *Comput. Intell. Neurosci.* 2011:156869. doi: 10.1155/2011/156869
- McElree, B., Foraker, S., and Dyer, L. (2003). Memory structures that subserve sentence comprehension. *J. Mem. Lang.* 48, 67–91. doi: 10.1016/S0749-596X(02)00515-6
- McKinnon, R., and Osterhout, L. (1996). Constraints on movement phenomena in sentence processing: evidence from event-related brain potentials. *Lang. Cogn. Process.* 11, 495–523. doi: 10.1080/016909696387132
- Meyer, L., Obleser, J., and D.Friederici, A. (2013). Left parietal alpha enhancement during working memory-intensive sentence processing. *Cortex* 49, 711–721. doi: 10.1016/j.cortex.2012.03.006
- Moghadam Secretary, M. (2011). Introduction and review of a study book on Persian discourse construction. *Tastur Magazine* (special issue of Farhangistan), 7, 223-293. Moghadam Secretary, M. (2012) Classification of Iranian Languages, Volume 2, 2 (2013), Tehran Organization for the Study and Compilation of University Humanities Books (Samt).
- Robbins, R. H. (1991). *A Brief History of Linguistics* (A.M. Haqshanas, translator). Tehran: Nahr-e-Karzan. Publication date of the original work (1967).. [In Persian].
- Morey, R. D., and Rouder, J. N. (2018). BayesFactor: Computation of Bayes Factors for Common Designs. R package version 0.9.12-4.2. Available online at: [https:// CRAN.R-project.org/package=BayesFactor](https://CRAN.R-project.org/package=BayesFactor)
- Nathan, L. (2006). *The interpretation of concealed questions* (Ph.D. thesis). MIT Press. O
- Omaki, Akira, Ellen Lau, Imogen Davidson White, Myles L. Dakan, Aaron Apple & Colin Dordrecht: Springer. Wagers, Matthew W. & Colin Phillips. 2014. Going the distance: Memory and control processes in active dependency formation. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology* 67(7). 1274–1304. <https://doi.org/10.1080/17470218.2013.858363>.
- Osterhout, L., and Holcomb, P. J. (1992). Event-related brain potentials elicited by syntactic anomaly. *J. Mem. Lang.* 31, 785–806. doi: 10.1016/0749-596X(92)90039-Z
- Osterhout, L., and Holcomb, P. J. (1993). Event-related potentials and syntactic anomaly: evidence of anomaly detection during the perception

- of continuous speech. *Lang. Cogn. Process.* 8, 413–437. doi: 10.1080/016909693084 07584
- Phillips, C., Kazanina, N., and Abada, S. H. (2005). Erp effects of the processing of syntactic long-distance dependencies. *Cogn. Brain Res.* 22, 407–428. doi: 10.1016/j.cogbrainres.2004.09.012
- Phillips, Colin. 2006. The real-time status of island phenomena. *Language* 82(4). 795–823. <https://doi.org/110.1353/lan.2006.0217>.
- Phillips, Colin. 2013. On the nature of island constraints I: Language processing and reductionist accounts. In Jon Sprouse (ed.), *Experimental syntax and island effects*. 64–108. Cambridge: Cambridge University Press.
- Phillips, Colin, Nina Kazanina & Shani H. Abada. 2005. Erp effects on the processing of syntactic long-distance dependencies. *Cognitive Brain Research* 22(3). 407–428. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2004.09.012>.
- Pourmohamed, M. (2016) *Cognitive linguistics, understanding: Kharazi (compiler), an introduction to cognitive sciences and technologies and their functions (161-133)*; Tehran: Side. [In Persian].
- Pourmohamed, M. (2017). *Psychology of language, organization for studying and compiling humanities books of universities (Department) Research Institute of Research and Development of Humanities*. [In Persian].
- Rizzi, Luigi. 1990. *Relativized minimality*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Rizzi, Luigi. 2013. Locality. *Lingua* 130. 169–186. <https://doi.org/10.1016/j.lingua.2012.12.002>.
- Ross, John R. 1967. *Constraints on variables in syntax*. Cambridge, MA: MIT dissertation.
- Sassenhagen, Jona & Dejan Draschkow. 2016. Cluster-based permutation tests of MEG/EEG data do not establish significance of effect latency or location. *Psychophysiology* 56. e13335.
- Stowe, Laurie. 1986. Parsing wh-constructions: Evidence for on-line gap location. *Language and Cognitive Processes* 1(3). 227–245. <https://doi.org/10.1080/01690968608407062>.
- Truswell, Robert. 2007b. Tense, events, and extraction from adjuncts. *Proceedings of the Chicago Linguistic Society (CLS)* 43. 233–247.
- Truswell, Robert. 2011. *Events, phrases, and questions*. Oxford: Oxford University Press.
- Ueno, M., and Kluender, R. (2009). On the processing of Japanese Whquestions: an ERP study. *Brain Res.* 1290, 63–90. doi: 10.1016/j.brainres.2009.05.084
- Uriagereka, Juan. 1999. Multiple spell-out. In Norbert Hornstein & Samuel D. Epstein (eds.), *Working minimalism*. 251–282. Cambridge, MA: MIT Press.
- Vendler, Zeno. 1967. *Linguistics in philosophy*. Ithaca, NY: Cornell University Press.

- Wagers, M. W., and Phillips, C. (2014). Going the distance: memory and control processes in active dependency construction. *Q. J. Exp. Psychol.* 67, 123–138. doi: 10.1080/17470218.2013.858363
- Xiang, M., Dillon, B., Wagers, M., Liu, F., and Guo, T. (2014). Processing covert dependencies: an sat study on mandarin Wh-in-situ questions. *J. East Asian Linguist.* 23, 207–232. doi: 10.1007/s10831-013-9115-1
- Yoshida, Masaya, Nina Kazanina, Leticia Pablos & Patrick Sturt. 2014. On the origin of islands. *Language and Cognitive Processes* 29(7). 761–770.

