



<https://jrl.ui.ac.ir/?lang=en>

Journal of Researches in Linguistics

E-ISSN: 2322-3413

18(1), 71-91

Received: 05.01.2025 Accepted: 15.03.2025

Research Paper

Cross-Domain Structural Priming of Action Sequences and Relative Clause Constructions: Tracing the Embodied Bases of Syntactic Structures

Amirabbas Rafiee Fazel 

Ph.D. in Cognitive Science-Linguistics, Department of Linguistics, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

a.rafieefazel@modares.ac.ir

Arsalan Golfam* 

Associate professor of Linguistics, Department of Linguistics, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

golfamar@modares.ac.ir

Hayat Ameri 

Associate professor of Linguistics, Department of Linguistics, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

h.ameri@modares.ac.ir

Sahar Bahrami-Khorshid 

Associate professor of Linguistics, Department of Linguistics, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

sahbahrami@modares.ac.ir

Abstract

One of the controversial questions in neuropsychological investigations of language is whether syntactic mechanisms interact with a domain-general hierarchical processor or operate independently from other cognitive domains. Inspired by theoretical conjectures regarding structural parallels between language syntax and action sequences, this study focused on the correspondence between sentences featuring extraposed and center-embedded subject Relative Clauses (RCs) and complex actions with linear and nonlinear sequences, respectively. To explore this relationship, we conducted a series of cross-domain structural priming experiments to determine whether the abstract structures of actions influenced participants' processing speed in grammaticality judgments of RCs. Thirty-one native Persian speakers aged 18-32 years voluntarily participated in the study. We manipulated the participants' exposure to complex actions with linear and nonlinear sequences across three experimental conditions: execution, observation, and reading of means-end sentences. The results from pooled data across all experimental conditions suggested a structural interaction between linguistic and nonlinguistic domains. However, we found no significant evidence of priming effects within each experimental condition. Using linear mixed-effects models, the overall analysis indicated a main effect of the experimental condition.

Keywords: Structural Priming, Embodiment of Syntax, Relative Clause (RC) Constructions, Action Sequences, Persian.

Introduction

Several scholars have proposed theoretical frameworks to explore the connection between linguistic syntax and the brain action systems (e.g., Glenberg & Gallese, 2012; Knott, 2012; Pulvermüller & Fadiga, 2010). To investigate how bodily

*Corresponding author



2322-3413 © University of Isfahan

This is an open access article under the CC BY-NC-ND/4.0/ License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



<https://doi.org/10.22108/jrl.2025.143908.1888>

representations of syntax are integrated within the sensorimotor ("mirror") system, Pulvermüller and Fadiga (2010) suggested that the hierarchical structure of a center-embedded Relative Clause (RC) (e.g., "the man [whom the dog chased] ran away") resembles a superordinate sequence, where one action is nested between two others (e.g., open door [switch on light] close door). In recent years, a growing body of empirical research has provided evidence for shared structural processing mechanisms between linguistic and nonlinguistic domains (e.g., Casado et al., 2018; Roy et al., 2013; Van de Cavey & Hartsuiker, 2016). These cross-domain structural interactions suggest that syntax processing may be less language-specific than traditionally believed.

This study investigated whether prior exposure to linear and nonlinear action sequences could influence Response Time (RT) patterns in grammaticality judgments of extraposed and center-embedded subject RCs. We also explored whether the occurrence and strength of priming effects varied based on the modality, in which the prime stimuli were presented: execution (motor), observation (sensory), and reading of means-end sentences (verbal).

Materials & Methods

We employed a $2 \times 2 \times 2 \times 3$ design incorporating 4 within-participant variables: prime type (linear sequence vs. nonlinear sequence), sentence correctness (correct vs. incorrect), trial congruency (congruent vs. incongruent), and prime condition (execution, observation, and reading). These variables served as our independent factors. We measured RTs as an indicator of how quickly participants judged the grammaticality of sentences in terms of subject-verb agreement, which was our primary dependent variable. RTs were calculated as the duration from the presentation of a question mark immediately following the last word (the verb) to the moment participants responded by pressing the appropriate keystroke (the right shift key for 'True' and the left shift key for 'False').

Following the methodology of Allen et al. (2010), we formulated 32 means-end sentences as prime items with half structured as linear sequences (e.g., "Pouya picked up the hand shovel, dug a hole, and sowed the beans") and the other half as nonlinear sequences (e.g., "Pouya turned on the tap, wore the dishwashing gloves, and washed the spoon"). For target items, we selected two types of subject RCs distinguished by their embedding locations: 8 extraposed RCs (e.g., "Parastār āmpul-i-rā zad-Ø [ke mard-rā bihuš kard-Ø]" / "The nurse gave the injection [that anesthetized the man]") and 8 center-embedded RCs (e.g., "Mard-i [ke tabar-rā tiz kard-Ø] deraxt-rā qat' kard-Ø" / "the man [that sharpened the ax] cut down the tree"). Half of these sentences included a subject-verb morphosyntactic anomaly. The (un)grammaticality of sentences was not revealed until the last word, which was always the 8th word in the two RC types. Additionally, we constructed a set of filler materials, including 12 conjoined sentences and 12 two-action means-end sentences, ensuring at least one filler item intervened between each prime-target sequence. Each experimental session was divided into 4 blocks, each presenting a different combination of prime pairs and target sentences to create structurally congruent and incongruent trials.

We utilized a cross-domain structural priming method, where participants read, observed, or executed prime action sequences before judging the grammaticality of sentences in a self-paced reading task. The study involved three visits spaced approximately two weeks apart. All stimulus presentations and data collection were managed using DMDX software (version 6.0.1.0).

Discussion of Results & Conclusion


By pooling the RTs of extraposed RCs across all conditions, we observed a statistically significant difference between congruent and incongruent trials ($V=5100$, $p=.04$). For center-embedded RCs, the Wilcoxon signed-rank test indicated a marginally significant difference ($V=5821$, $p=.09$). Additionally, we analyzed the overall data using linear mixed-effects models in R (lme4 package; Bates et al., 2015). The final best-fitting model included the main effects of condition, sentence correctness, and congruency; however, no significant effect of prime type was found.


Our findings provided suggestive, yet inconclusive, evidence for cross-domain priming in structural information processing. The limited number of participants in each condition, as well as the relatively small number of trials eligible for analysis, might partly account for these results. Another consideration was that the prime stimuli were constructed from a linguistic perspective, focusing on the general goals of actions rather than the specific movements involved (i.e., at a detailed movement level). (K. Pastra, personal communication, February 18, 2022, and February 21, 2022). This approach might have impacted the effectiveness of the primes. Furthermore, the lack of comparable mean RTs across the tested modalities suggested that they might differ in terms of timing, manner, and the amount of information they conveyed (see Fischer & Zwaan, 2008).





مقاله پژوهشی

آماده‌سازی ساختاری میان‌حوزه‌ای توالی کنش‌ها و ساخت‌های موصولی: در جستجوی پایه‌های بدن‌مند ساختارهای نحوی

 **امیرعباس رفیعی فاضل***

 **ارسلان گل‌فام****

 **حیات عامری*****

 **سحر بهرامی خورشید******

چکیده

یکی از مباحث بحث‌انگیز در تحقیقات عصب-روان‌شناسی زبان پاسخ به این پرسش است که آیا سازوکارهای نحوی با یک پردازشگر سلسله‌مراتبی حوزه‌عام در تعامل هستند یا عملکردی مستقل از سایر حوزه‌های شناختی دارند. بر پایه‌ی نظرپردازی‌های صورت‌گرفته مبنی بر وجود تناظرهای ساختاری بین نحو زبان و توالی کنش‌ها، در این پژوهش جملات موصولی فاعلی پس‌بندی و درونه‌ای‌میانی را به ترتیب در تطابق نسبی با توالی خطی و غیرخطی کنش‌های غیرساده قرار دادیم. از این رو، در مجموعه‌ای از آزمایش‌های آماده‌سازی ساختاری میان‌حوزه‌ای بررسی کردیم که آیا ساختار انتزاعی کنش‌ها می‌تواند سرعت پردازش آزمودنی‌ها را در قضاوت دستوری جملات موصولی تحت تأثیر قرار دهد. بدین منظور، ۳۱ آزمودنی فارسی‌زبان در دامنه‌ی سنی بین ۱۸ تا ۳۲ سال به‌طور داوطلبانه در این مطالعه شرکت کردند. متعاقباً بسامد رویارویی آنها را نسبت به کنش‌هایی با توالی خطی و غیرخطی در سه شرایط آزمایشی اجرا، مشاهده و خواندن جمله‌های وسیله-هدف تغییر دادیم. نتایج حاصل از تجمیع داده‌ها در شرایط آزمایشی مختلف بیانگر نوعی تعامل ساختاری بین حوزه‌های زبانی و غیرزبانی بود. اما شواهد درخور توجهی برای اثر آماده‌سازی در هر یک از شرایط آزمایشی به‌طور جداگانه یافت نشد. نتایج تحلیل کلی داده‌های به‌دست‌آمده از طریق مدل‌های اثرات آمیخته خطی نیز مؤید اثر عمده شرایط آزمایشی بود.

کلیدواژه‌ها: آماده‌سازی ساختاری، بدن‌مندی نحو، ساخت‌های موصولی، توالی کنش‌ها، زبان فارسی



۱. مقدمه

صاحب‌نظرانی مانند فودور^۱ (1983) زبان را حوزه‌ای^۲ مستقل در نظر گرفته‌اند که سازوکارهای مرتبط با آن فارغ از دیگر حوزه‌های شناختی است. این در حالی است که در چارچوب نظری بدن‌مندی زبان^۳، شواهد قابل توجهی مبنی بر تعاملات ساختاری میان حوزه‌های شناختی وجود دارد که رویکرد حوزه‌ای^۴ را با چالش‌های جدی مواجه می‌کند. برای مثال، اگرچه توالی‌های ساختارمند^۵ در زبان بسیار بارز هستند، پردازش حوزه‌های دیگر نیز مانند کنش‌های معطوف به هدف^۶ متشکل از عناصر حرکتی ساده‌ای هستند که می‌توانند به صورت سلسله‌مراتبی^۷ در کنار یکدیگر قرار گیرند (Lashley, 1951). همچنین، همان‌طور که برخی از جنبه‌های برنامه‌ریزی زبان^۸ انتخاب‌هایی را از میان انواع صورت‌های ساختاری پیش روی گویشوران قرار می‌دهند تا پیامی را در آنها بگنجانند، گاه مجموعه انتخاب‌هایی نیز در برنامه‌ریزی کنش‌ها وجود دارد تا عناصر به اشکال مختلفی ترکیب شوند.

پژوهش حاضر تلاشی است جهت پیگیری پاسخ به این پرسش اساسی که آیا سازوکارهای نحوی زبان با یک پردازشگر سلسله‌مراتبی حوزه‌عام در تعامل هستند یا عملکردی مستقل از سازوکارهای مشابه در سایر حوزه‌های شناختی دارند. بر پایه نظر پردازشی‌های صورت‌گرفته در رابطه با وجود تشابه‌هایی بین ساختار نحوی زبان و توالی کنش‌ها (برای مثال، Knott, 2012; Pulvermüller & Fadiga, 2010)، در این مطالعه ساخت موصولی فاعلی پس‌اندی^۹ و ساخت موصولی فاعلی درونه‌ای میانی^{۱۰} را به ترتیب در تطابق نسبی با توالی خطی^{۱۱} و غیرخطی^{۱۲} کنش‌ها قرار می‌دهیم. سپس، از طریق مجموعه‌ای از آزمایش‌های آماده‌سازی ساختاری میان‌حوزه‌ای^{۱۳} بسامد رویارویی آزمودنی‌ها را نسبت به این کنش‌ها در سه شرایط آزمایشی مختلف (اجرا، مشاهده و خواندن) تغییر خواهیم داد تا تأثیر آن را در سرعت پردازش نحوی جملات موصولی مورد بررسی و مقایسه قرار دهیم.

۲. مبانی نظری

۲-۱. تشابه‌هایی بین ساختار نحوی و ساختار کنش‌ها

توانایی شناسایی روابط ساختاری مانند وابستگی‌های غیرهم‌جوار^{۱۴} نه تنها یکی از پیش‌نیازهای پردازش نحوی است (Wilson et al., 2020)، بلکه پردازش آنها از قابلیت‌های چندحوزه‌ای^{۱۵} دستگاه شناختی به شمار می‌رود (Koelsch et al., 2013). برای نمونه، در ساخت موصولی فاعلی درونه‌ای میانی بند موصولی وابستگی پرمسافتی^{۱۶} را بین فاعل و فعل در بند پایه ایجاد می‌کند (مثلاً، مردی؛ [که] تیر را تیز کرد) درخت را قطع کرد). پسترا^{۱۷} و آلیمنس^{۱۸} (2012) معتقدند که چنین وابستگی‌هایی را حتی می‌توانیم در کنش‌های روزمره خود مشاهده کنیم مانند زمانی که یک کنش کنشی قبلی را دچار وقفه می‌کند. وجود هم‌پوشی میان حوزه‌ها در پردازش روابط وابستگی^{۱۹} در نظریه حافظه کاری نحوی^{۲۰} تشریح شده است (Kljajevic, 2010). حافظه کاری نحوی واسطه‌ای حوزه‌عام^۱ بین حافظه کوتاه‌مدت و حافظه

¹ J. A. Fodor

² module

³ embodiment of language

⁴ modular

⁵ structured sequences

⁶ goal-directed actions

⁷ hierarchical

⁸ language planning

⁹ extraposed subject RC construction

¹⁰ center-embedded subject RC construction

¹¹ linear

¹² nonlinear

¹³ cross-domain structural priming

¹⁴ nonadjacent dependencies

¹⁵ multidomain

¹⁶ long-distance dependency

¹⁷ K. Pastra

¹⁸ Y. Aloimonos

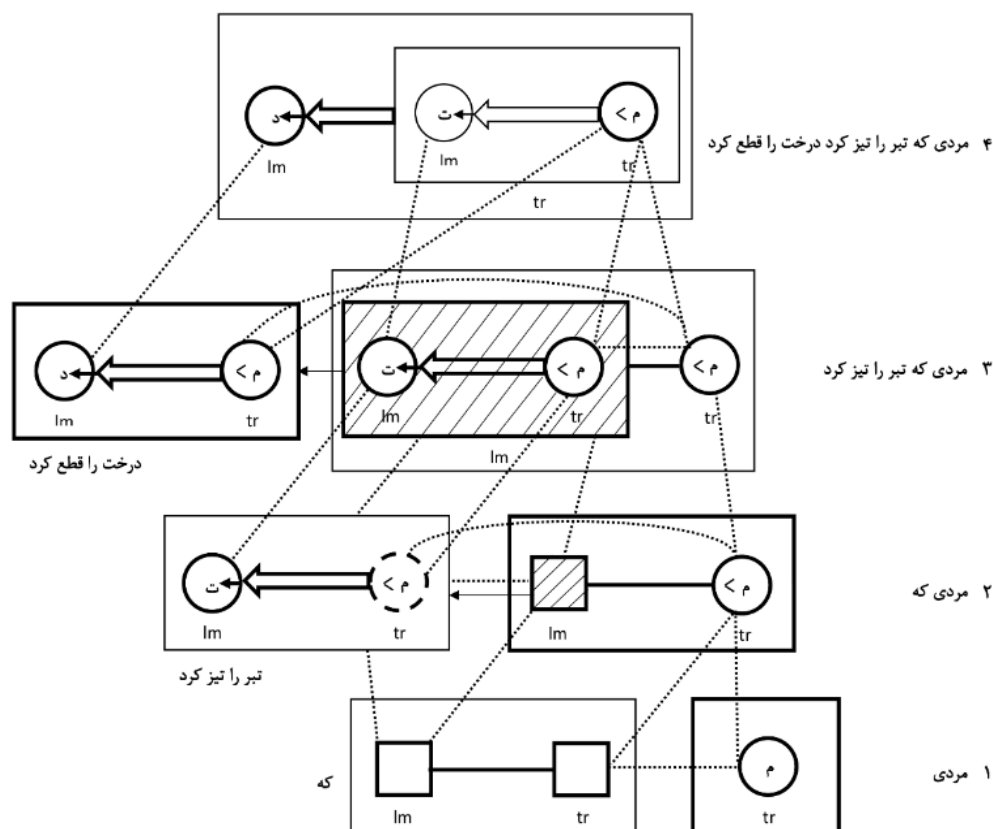
¹⁹ dependency relationships

²⁰ syntactic working memory



بلندمدت است که در ثبت موقت بازنمایی‌ها و تلفیق ساختاری حوزه‌هایی مانند زبان، موسیقی و کنش‌ها کاربرد گسترده‌ای دارد (Kljajevic, 2010).

در دستور شناختی^۲، ساخت موصولی یک واحد نمادین^۳ در نظر گرفته می‌شود (Langacker, 2008). در نمابرداری^۴ ساخت موصولی فاعلی درونه‌ای میانی (شکل ۱)، حرف ربط «که» در سطح ۱ رابطه‌ای غیرزمان‌مند^۵ را بازنمایی می‌کند که متحرک^۶ و مکان‌نمای^۷ آن طرح‌واره‌ای^۸ هستند. متحرک این رابطه اسمی است که توصیف می‌شود (خطوط نقطه‌چین افقی و عمودی روابط انطباق^۹ را نشان می‌دهند) و مکان‌نمای آن منطبق بر بند موصولی است که اسم را توصیف می‌کند (خط انطباق عمودی بین سطح ۱ و ۲). در این سطح، «مردی» تعیین‌کننده‌ی نمای^{۱۰} کل ساخت می‌باشد که درون مربعی با خطوط برجسته مشخص شده است.



شکل ۱- نمابرداری ساخت موصولی فاعلی درونه‌ای میانی
Fig 1- The profiling of a center-embedded subject RC construction
 (The man who sharpened the ax cut down the tree)

در سطح ۲، دو ساختار مؤلفه‌ای^{۱۱} وجود دارد. در سمت راست، ساختار ترکیبی^۱ «مردی که» از همنشینی دو ساختار مؤلفه‌ای سطح ۱ حاصل شده است. بر اساس مفهوم سازه‌بندی^۲، ساختار ترکیبی «مردی که» در کنار بند موصولی «تبر را تیز کرد» یک ساختار مؤلفه‌ای

¹ domain-general interface

² cognitive grammar

³ symbolic unit

⁴ profiling

⁵ atemporal

⁶ trajector (tr)

⁷ landmark (lm)

⁸ schematic

⁹ correspondance

¹⁰ profile determinant

¹¹ component structure

محسوب می‌شود. یک زیرساختار^۳ برجسته و طرح‌واره‌ای نیز در این ساختار وجود دارد؛ ویژگی‌های این زیرساختار به وسیلهٔ بند موصولی که در سمت چپ همنشین آن شده با جزئیات بیشتر گسترش می‌یابد. رابطهٔ گسترش^۴ توسط نشانهٔ پیکان با خط ممتد و میدان گسترش^۵ با هاشور نشان داده می‌شوند. خط انطباق افقی با ساختار سمت چپ نشان می‌دهد منظور از «مرد» آن مردی است که تبر را تیز کرد. در اینجا با یک سازهٔ متممی روبرو هستیم که در آن گروه اسمی هستهٔ وابسته^۶ است و بند موصولی متمم خودایستاست^۷. ارادهٔ کنشگر با نوک پیکان، انتقال انرژی با پیکان دوخطی و تغییر حالت با پیکان یک خطی نشان داده می‌شوند. از آنجایی که متحرک بند موصولی رمزگذاری نشده، این مشارک^۸ معنامند غیربارز (محور^۹) را با دایرهٔ خط‌چین نمایش می‌دهیم.

همان‌طور که اشاره شد، در سمت راست سطح^۳ شاهد تلفیق^{۱۰} ساختارهای مؤلفه‌ای در سطح^۲ هستیم که گروه اسمی غیرساده‌ای^{۱۱} را می‌سازند. در سمت چپ، بند پایه بازنمایی می‌شود که تعیین‌کنندهٔ ناماست و ساخت موصولی نمای^{۱۲} آن را به ارث می‌برد. وابستگی دیگری نیز در این ساختار وجود دارد و آن رابطهٔ هسته-توصیف‌کننده بین بند پایه (هسته) و بند پیرو (توصیف‌کننده) است. بند پایه خودایستاست زیرا زیرساختاری طرح‌واره‌ای (مکان‌نما) را در سازهٔ وابسته (بند پیرو) گسترش می‌دهد. همان‌طور که در سطح^۳ و ۴ مشاهده می‌کنید، بند موصولی به همراه اسم هسته متحرک بند اصلی است و سازه‌ای را در جایگاه فاعل توصیف می‌کند.

با توجه به خوانشی که از ساخت قبلی داشتیم و نمابرداری حاصل از آن، اکنون به نمابرداری ساخت موصولی فاعلی پسایندی در شکل ۲ می‌پردازیم. مستطیل‌هایی که طرح‌وارهٔ بند پایه و پیرو را در سطح^۳ احاطه کرده‌اند در بالاترین سطح ساختار مشارکی را نشان می‌دهند که دو نقش را ایفا می‌کند. در سازه‌بندی این ساختار می‌توان «آپول» را به‌عنوان چیز^{۱۳}، سبب‌ساز بی‌هوش شدن مرد در نظر گرفت. در این حالت، «آپول» که در بند اول هویتش را به‌عنوان مکان‌نما احراز کرده، در بند دوم به متحرک فرایند^{۱۴} «بی‌هوش کردن» تبدیل می‌شود. از این منظر شاهد زنجیرهٔ کنشی^{۱۵} هستیم که در آن انتقال انرژی از پرستار (متحرک) به آپول (مکان‌نما) صورت گرفته، و سپس از آپول (متحرک) به مرد (مکان‌نما) ادامه می‌یابد. توجه کنید که در این ساختار شاهد رابطهٔ هسته-متممی بین بند اصلی (وابسته) و بند موصولی (خودایستا) هستیم (سطح ۲).^{۱۶}

¹ composite structure

² constituency

³ substructure

⁴ elaboration

⁵ elaboration site

⁶ dependent

⁷ autonomous

⁸ participant

⁹ pivot

¹⁰ integration

¹¹ complex

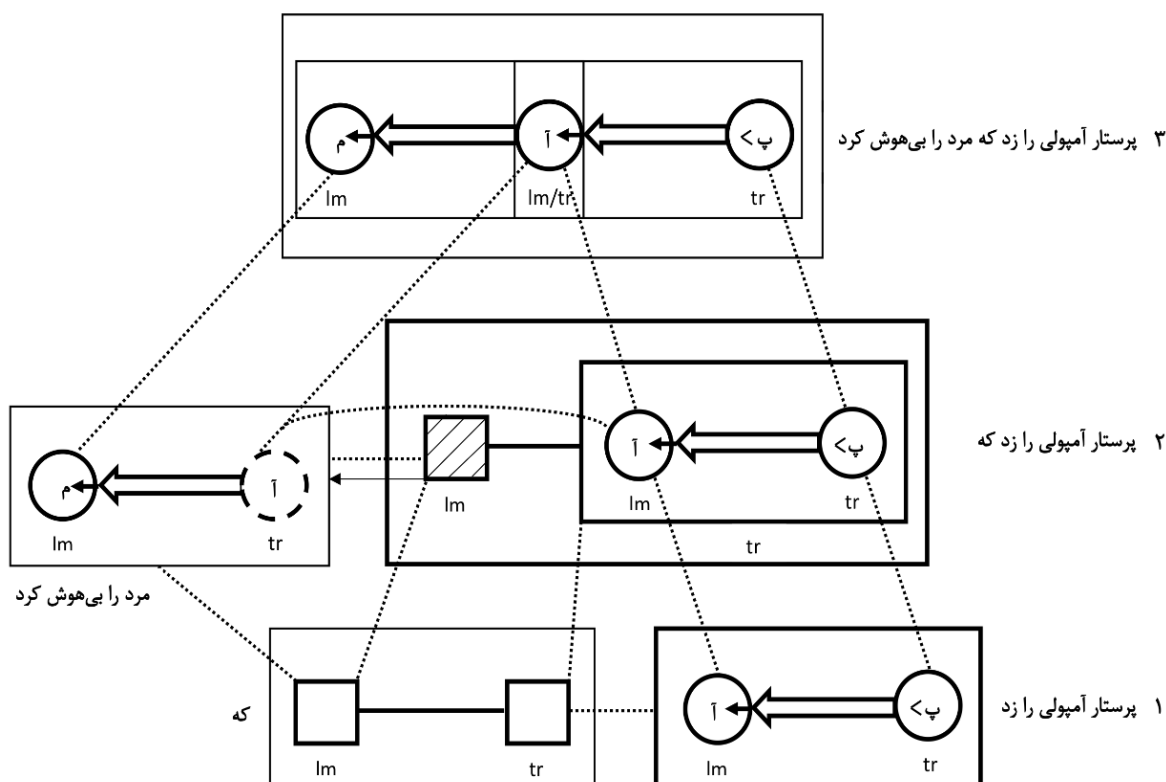
¹² profile

¹³ thing

¹⁴ process

¹⁵ action chain

¹⁶ در خوانشی دیگر می‌توان کل بند «پرستار آپولی را زد» را به‌عنوان کنشگر بازنمایی کرد که در این صورت کنش، سبب‌ساز بی‌هوش شدن مرد خواهد بود. بدین منظور، در سطح^۳ بایستی طرح‌وارهٔ بند «پرستار آپولی را زد» را به‌عنوان متحرک در یک مستطیل قرار داد (نگاه کنید به سطح^۴ در شکل ۱).



شکل ۲- نمابرداری ساخت موصولی فاعلی پسایندی

Fig 2- The profiling of an extraposed subject RC construction
(The nurse gave the injection that anesthetized the man)

تقریباً مشابه با آنچه در نمابرداری جملات موصولی ملاحظه کردیم، در ساختار انتزاعی کنش‌ها نیز می‌توان نمونه‌هایی از انواع روابط وابستگی را با تغییر جایگاه خرده‌کنش‌ها^۱ مشاهده کرد. آلن^۲ و همکارانش (2010) جملات توصیف‌کننده توالی کنش‌ها را جمله‌های وسیله-هدف^۳ نامیده‌اند. این جمله‌ها تشکیل شده از «روابط زمینه‌ساز»^۴ که شرایط را جهت رخداد کنش‌های دیگر فراهم می‌کنند و «کنش هدف»^۵ که نتیجه کنش‌هاست. شکل ۳ دو نمونه از جمله‌های وسیله-هدف با توالی خطی و غیرخطی را نشان می‌دهد. در این شکل، پیکان‌ها و ستاره‌ها به ترتیب نمایانگر روابط زمینه‌ساز و کنش‌های هدف هستند، و حروف انگلیسی ذیل گره‌ها ترتیب رخداد کنش‌ها را نشان می‌دهند.

¹ subactions

² K. Allen

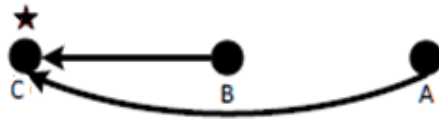
³ means-end sentences

⁴ enabling relations

⁵ crux action

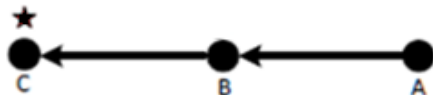
نوع الف.

پویا شیر آب را باز کرد، دستکش را دست کرد و قاشق را شست.



نوع ب.

پویا بیلچه را برداشت، چاله‌ای را حفر کرد و لوبیاهای را کاشت.



شکل ۳- جمله‌های وسیله-هدف با توالی خطی و غیرخطی

Fig 3- Means-end sentences with linear and nonlinear sequences

(Type A: Pooya turned on the faucet, wore the dishwashing gloves, and washed the spoon; Type B: Pooya picked up the hand shovel, dug a hole, and sowed the beans)

در جمله وسیله-هدف نوع الف، دو کنش «شیر آب را باز کرد» و «دستکش را دست کرد» زمینه‌ساز رخداد کنش هدف «قاشق را شست» شده‌اند. در اینجا رابطه زمینه‌سازی بین کنش‌های اول و دوم وجود ندارد (شخصی شیر آب را باز نمی‌کند تا دستکش را دست کند). کنش میانی هرچند از لحاظ بافت موقعیتی مرتبط می‌باشد اما نوعی وابستگی غیرهم‌جوار را در زنجیره عناصر ایجاد کرده است. بنابراین، ساختار انتزاعی کنش‌های غیرساده‌ای را که با درونه‌گیری^۱ یک کنش وقفه‌ای در توالی‌شان ایجاد شده غیرخطی در نظر می‌گیریم. اما در جمله وسیله-هدف نوع ب، کنش هدف «لوبیاهای را کاشت» است که حاصل رخداد کنش‌های زمینه‌ساز «بیلچه را برداشت» و «چاله‌ای را حفر کرد» می‌باشد. در اینجا زنجیره‌ای از کنش‌ها به ترتیب مشخصی انجام شده است. لذا، ساختار انتزاعی این توالی را که دارای روابط وابستگی هم‌جوار^۲ است خطی در نظر می‌گیریم.

۲-۲. نظریه حسی-حرکتی نحو^۳

این تناظرهای ساختاری^۴ همراه با کشف نورون‌های آینه‌ای^۵ که هنگام اجرای برخی از کنش‌ها و نیز حین مشاهده همان کنش‌ها فعال می‌شوند (di Pellegrino et al., 1992)، زمینه‌ساز طرح نظریاتی شده‌اند که تأکید می‌کنند سازوکارهای پردازش زبان، به‌ویژه بازنمایی‌های نحوی، حوزه‌ای کاملاً مستقل نبوده و تعاملاتی را با نظام حسی-حرکتی^۶ برقرار می‌کنند (Glenberg & Gallese, 2012; Knott, 2012; Pulvermüller & Fadiga, 2010). برای مثال، گلنبرگ^۷ و گلیس^۸ (2012) با ارائه مدل زبان کنش‌بنیان^۹ بر ارتباط نحو با سازوکارهای مغزی با توجه به نقش تجارب محیطی تأکید کرده‌اند. آنها پیشنهاد می‌کنند که یادگیری، درک و تولید زبان سازوکارهای سلسله‌مراتبی و هدفمند کنترل کنش^{۱۰} را به کار می‌گیرند.

¹ embedding

² adjacent dependency

³ sensorimotor theory of syntax

⁴ structural parallelisms

⁵ mirror neurons

⁶ sensorimotor system

⁷ A. M. Glenberg

⁸ V. Gallese

⁹ action-based language

¹⁰ action control

نات^۱ (2012) با این رویکرد که سازوکارهای نحوی ممکن است بر سازوکارهای حسی-حرکتی سوار^۲ باشند، فرضیه سازوکارهای مشترک^۳ را پیرامون رابطه بین این دو حوزه ارائه می‌کند. او با بهره‌گیری از برنامه کمینه‌گرا^۴ (Chomsky, 1995)، اظهار می‌کند که صورت منطقی^۵ جملاتی مانند «مرد فنجان را برداشت» را می‌توان یک شبیه‌سازی^۶ از توالی فرایندهای حسی-حرکتی دانست که در چنین رویدادی به واقع تجربه می‌شوند. نات هر یک از عناصر سازه‌ای نحوی این جمله را با جزئیات حسی-حرکتی رویداد مذکور مرتبط می‌سازد، و بر این اساس یک هم‌شکلی^۷ را در قالب تشابه صوری^۸ پیشنهاد می‌کند. در این رویکرد، فرایند بازپخش^۹ توالی‌های حسی-حرکتی در حافظه کاری و واسطه‌ای بین نظام حسی-حرکتی و زبان در نظر گرفته می‌شود.

به‌علاوه، پلورملر^{۱۰} و فیدینگا^{۱۱} (2010) ادعا می‌کنند که مدارهای حسی-حرکتی در پردازش نحوی مشارکت دارند، تا جایی که حتی معتقدند ساخت‌های نحوی معادل‌هایی را در کنش‌های ما دارند. برای مثال، ساختار سلسله‌مراتبی جملات موصولی درونه‌ای میانی مانند «مردی [که سگ دنبالش کرد] فرار کرد» مشابه ساختار انتزاعی کنش‌هایی مانند «باز کردن در [روشن کردن چراغ] بستن در» می‌باشد که شکل‌بندی لانه‌گیری شده^{۱۲} دارد. با توجه به اینکه یکی از پایه‌های رویکرد بدن‌مندی نحو را می‌توان در آرای مرتبط با مفهوم تصویرگونگی^{۱۳} یافت، غیرمحمتمل نیست که جلوه‌هایی از ساختار کنش‌ها این چنین در زبان ردی از خود به‌جا گذاشته باشند.

اگرچه منتقدان چنین رویکردی معتقدند که شبکه‌های عصبی حسی-حرکتی ممکن است در برخی از پردازش‌های نحوی فعالیت داشته باشند، آنها تأکید می‌کنند که چنین ادعایی در رابطه با ساخت‌های پیچیده غیرمحمتمل به نظر می‌رسد (Grodzinsky, 2013; Moro, 2014; Tettamanti & Moro, 2012).^{۱۴} با این استدلال که توالی‌های غیرخطی را می‌توان با استفاده از کنش‌های مختلفی خاتمه داد (مانند، «باز کردن در [...] پریدن»)، نظریه پلورملر و فیدینگا را به چالش می‌کشد. در واقع، او معتقد است که این توالی بیش از آنکه شبیه به توالی سازه‌ای کلمات در جمله باشد، شبیه به توالی حروف الفباست مانند «الف ب [پ ت] ث ج» که میان حروف (ب تا ث) رابطه وابستگی وجود ندارد و آن را می‌توان به «الف ب [پ ت] خ ج» تغییر داد. بنابراین، در اینجا درونه‌گیری اتفاق نیفتاده و عنصر به‌ظاهر درونه‌گیری شده محدودیتی از لحاظ بافت توزیع^{۱۵} ندارد.

همچنین، تتامنتی^{۱۶} و مُر^{۱۷} (2012) معتقدند که رفتاری مانند «باز کردن در [روشن کردن چراغ] بستن در» نمونه‌ای از سازواره سلسله‌مراتبی متوالی^{۱۷} است که در آن کنشی بین یک توالی از کنش‌های مرتبط اما مستقل درونه‌گیری شده؛ این نوع سازواره ممکن است توسط حواس بدن‌مند ما قابل ادراک باشد. با این حال، آنها اذعان می‌کنند که نحو بر پایه روابطی سلسله‌مراتبی استوار است که در توالی خطی زبان مشهود نیستند. برای مثال، گراجنسکی^{۱۸} (2013) نشان می‌دهد که جملات موصولی تحدیدی^{۱۹} (توصیفی) دارای محدودیت‌های نحوی^{۲۰} هستند و نوع خاصی از درونه‌گیری را به نمایش می‌گذارند. بنابراین، از آنجایی که ساختارهای سلسله‌مراتبی نحوی غیرخطی

¹ A. Knott

² supervene

³ shared mechanisms hypothesis

⁴ Minimalist Program

⁵ logical form

⁶ simulation

⁷ isomorphism

⁸ formal similarity

⁹ replay

¹⁰ F. Pulvermüller

¹¹ L. Fadiga

¹² nested configuration

¹³ iconicity

¹⁴ A. Moro

¹⁵ context of distribution

¹⁶ M. Tettamanti

¹⁷ sequential hierarchical organization

¹⁸ Y. Grodzinsky

¹⁹ restrictive relative sentences

²⁰ syntactic constraints

نمی‌توانند مستقیماً در دسترس سازوکارهای ادراکی-حرکتی رمزگذاری‌شده توسط نورون‌های آینه‌ای باشند، تتامنتی و مر به نقش سازوکارهای محاسباتی ذهنی^۱ نیز تأکید می‌کنند.

با این همه، محققانی مانند بکس^۲ و فوجیتا^۳ (2014) بیان می‌کنند که تفاوت‌هایی که نحو با سایر حوزه‌های شناختی دارد نباید مانعی در مسیر بررسی تعاملات بالقوه میان حوزه‌ها قرار گیرد. شاید پردازش توالی‌های ساختارمند^۴ در زبان و کنش‌ها دو سازوکار مستقل به هم وابسته^۵ باشند که در این صورت بخشی از فرایندهای نحوی حوزه‌عام و بخشی دیگر حوزه‌ویژه^۶ خواهند بود.

۳. پیشینه پژوهش

در دهه گذشته، پژوهش‌هایی با استفاده از آزمایش‌های مختلف شواهدی را در حمایت از تعاملات ساختاری میان حوزه‌ای نشان داده‌اند، به طوری که کنش‌های ساختارمند توانسته‌اند تولید و پردازش نحوی جملاتی با شکل‌بندی مشابه را تحت تأثیر قرار دهند (برای مثال، Casado et al., 2018; Roy et al., 2013; van de Cavey & Hartsuiker, 2016).

یکی از مهم‌ترین شواهد رفتاری در حمایت از سازوکارهای پردازش ساختاری مشترک میان حوزه‌های شناختی از جمله موسیقی، ریاضیات، جمله‌های وسیله-هدف و زبان توسط فان دو کیوی^۷ و هارتسوکر^۸ (2016) ارائه شده است. در بررسی هم‌پوشی بین ساختارهای غیرنحوی کنش‌بنیان^۹ (جمله‌های وسیله-هدف) و ساختارهای نحوی (جملات موصولی)، ۶۰ آزمودنی هلندی زبان ابتدا جمله‌های وسیله-هدفی را به طور شفاهی کامل کردند که بند سوم آنها غیرمبهم بود. این جمله‌ها یا با اتصال بلند^{۱۰} تکمیل می‌شدند (مانند، «تلفن را برداشتم، [زخم دستم را پوشاندم] و به دوستم زنگ زدم») یا با اتصال کوتاه^{۱۱} (مانند، «[زخم دستم را پوشاندم]، تلفن را برداشتم و به دوستم زنگ زدم»). پس از این مرحله آماده‌سازی، آزمودنی‌ها جملات موصولی را که دنباله آنها در محل اتصال^{۱۲} مبهم بودند با اولین پاسخی که به ذهن‌شان می‌رسید به طور شفاهی کامل می‌کردند (مانند، «I saw the knives in the kitchen that was dirty/were sharp»). نتایج این مطالعه نشان‌دهنده اثر آماده‌سازی ساختاری میان حوزه‌ای بود. به عبارت دیگر، انتخاب نحوه پیوست بندهای موصولی به گروه‌های اسمی در بند اصلی به طور قابل توجهی تحت تأثیر پردازش جمله‌های وسیله-هدف قرار گرفت. این یافته گویای وجود منابع مشترک پردازش روابط وابستگی^{۱۳} میان حوزه‌های شناختی مختلف می‌باشد که پیش‌تر نیز با تأکید بر منابع حافظه کاری نحوی حوزه‌عام^{۱۴} به آن اشاره شده است (Kljajevic, 2010).

همچنین، کسد^{۱۵} و همکارانش (2018) تلاش کردند تا شواهدی الکتروفیزیولوژیکی در حمایت از منابع پردازشی مشترک بین توالی‌های حرکتی^{۱۶} و ساخت‌های نحوی ارائه کنند. آنها جملات موصولی غیرتحدیدی^{۱۷} (توضیحی) را به ۲۴ آزمودنی اسپانیایی‌زبان ارائه کردند. علاوه بر جملات صحیح، جملاتی نیز ارائه شدند که در آنها فاعل و فعل اصلی از لحاظ شخص، شمار یا هر دو مطابقت نداشتند. آزمودنی‌ها هر بخش از جملات موصولی درونه‌ای میانی را که به سه قسمت تقسیم شده بودند به صورت اجرای خطی یا غیرخطی در یک

¹ internal computational mechanisms

² C. A. Boeckx

³ K. Fujita

⁴ structured sequences

⁵ independently interdependent

⁶ domain-specific

⁷ J. Van de Cavey

⁸ R. J. Hartsuiker

⁹ action-based

¹⁰ high attachment

¹¹ low attachment

¹² attachment site

¹³ shared pool of dependency processing resources

¹⁴ domain-general syntactic working memory resources

¹⁵ P. Casado

¹⁶ motor sequences

¹⁷ nonrestrictive relative sentences

تکلیف خواندن خودگام^۱ نمایش می‌دادند. به این شکل که در اجرای خطی^۲ کلیدهای ۱-۲-۳ روی صفحه‌کلید رایانه را به‌طور متوالی با سه انگشت دست راست‌شان (انگشت اشاره، انگشت میانی و انگشت حلقه) فشار می‌دادند، و در اجرای غیرخطی به‌جای استفاده از انگشت میانی برای نمایش بند موصولی از پای راست خود برای فشار دادن پدالی استفاده می‌کردند. در اجرای خطی، عناصر حرکتی براساس وابستگی موضعی^۳ بخشی از بدن به‌طور متوالی در کنار هم هم‌نشین شده بودند. در اجرای غیرخطی اما، بین عناصر نوعی وابستگی پرمسافت وجود داشت که براساس اعضای مختلف بدن تعریف شده بود (یعنی، فشار دادن با پا وابسته به فشار دادن قبلی با انگشت بود و سپس فشار دادن با انگشت دیگر). آزمودنی‌ها پس از نمایش کامل جملات آنها را از لحاظ واژنحوی قضاوت دستوری می‌کردند و در این هنگام پتانسیل‌های وابسته به رویداد^۴ ثبت می‌شدند.

پردازش همزمان جملات در اجرای خطی الگوی معمولی از مؤلفه‌های LAN^۵ و P600 را نسبت به خطاهای واژنحوی نشان داد.^۶ اما در پردازش این جملات در اجرای غیرخطی مؤلفه LAN در پاسخ به افعال نادرست ناپدید شد و مؤلفه P600 افزایش یافت. از آنجایی که توالی حرکتی غیرخطی الگوی مشابهی با ساختار غیرخطی جملات داشت، به نظر می‌رسد که این امر منجر به نوعی تداخل در مراحل اولیه پردازش نحوی شده؛ ناپدید شدن مؤلفه LAN گویای این نقصان بود که در مرحله بعد افزایش مؤلفه P600 آن را جبران کرد. از این رو، کسند^۷ و همکارانش این نتایج را در راستای نظریه‌های بدن‌مندی نحو تفسیر کردند. بر اساس یافته‌های این مطالعات، به‌نظر می‌رسد که در شبکه‌های عصبی نوعی هم‌پوشی —هرچند نسبی— بین پردازش نحوی و توالی‌های حرکتی وجود داشته باشد.

بر پایه نظرپردازی‌هایی مبنی بر وجود تناظرهای ساختاری بین نحو زبان و توالی کنش‌ها، در پژوهش حاضر بسامد رویارویی آزمودنی‌ها را نسبت به کنش‌هایی با توالی خطی و غیرخطی از طریق آماده‌سازی ساختاری میان‌حوزه‌ای تغییر می‌دهیم تا تأثیر الگوبرداری ضمنی^۷ از قاعده‌مندی‌های^۸ موجود در ساختار انتزاعی آنها را بر پردازش نحوی جملاتی با شکل‌بندی تقریباً مشابه بررسی کنیم. بدین منظور، از یک سو توالی غیرخطی خرده‌کنش‌ها را با رابطه وابستگی غیرهم‌جوار در ساخت موصولی فاعلی درونه‌ای میانی مطابقت دادیم (شکل ۳ [نوع الف] را با سطح ۴ در شکل ۱ مقایسه کنید)؛ و از سوی دیگر، توالی خطی خرده‌کنش‌ها را با رابطه وابستگی هم‌جوار در ساخت موصولی فاعلی پس‌اندی مطابقت دادیم (شکل ۳ [نوع ب] را با سطح ۳ در شکل ۲ مقایسه کنید).

در مدل زبان کنش‌بنیان (Glenberg & Gallese, 2012) پیش‌بینی می‌شود که اقتباس یک کنترل‌گر کنش^۹ می‌تواند بر درک زبان تأثیرگذار باشد. در این صورت، اگر پردازش کنش پیش از شروع جمله یا حین ارائه آن صورت گیرد، آماده‌سازی می‌تواند به ترتیب اثر تسهیل^{۱۰} یا اثر تداخل^{۱۱} داشته باشد (García & Ibáñez, 2016). بنابراین، در این مطالعه انتظار داریم در گویه‌هایی^{۱۲} که محرک‌های آماده‌ساز و هدف^{۱۳} از لحاظ ساختار روابط وابستگی همسو^{۱۴} هستند، مدت‌زمان قضاوت دستوری جملات سریع‌تر باشد و بالعکس.

مطالعاتی نشان داده‌اند در شرایطی که آزمودنی‌ها جملاتی را تولید می‌کنند یا آنها را صرفاً می‌شنوند، شاهد میزان قابل مقایسه‌ای از اثر آماده‌سازی ساختاری هستیم (برای مثال، Huttenlocher et al., 2004). چنین نگاهی بین درک (نظام حسی) و تولید (نظام حرکتی) هم راستا با این رویکرد نظری پس از کشف نورون‌های آینه‌ای است که تعاملات و بازنمایی‌های مشترکی را بین اجرا و مشاهده کنش‌ها در نظر

¹ self-paced reading task

² linear administration

³ local

⁴ event-related potentials (ERPs)

⁵ left anterior negativity (LAN)

⁷ implicit

⁸ regularities

⁹ action controller

¹⁰ facilitation effect

¹¹ interference effect

¹² trial

¹³ prime and target stimuli

¹⁴ congruent

^۱ مؤلفه‌های LAN و P600 پردازش نحوی را به ترتیب در مراحل آغازین و پسین نشان می‌دهند.

می‌گیرد (Jacoboni et al., 2001; Rizzolatti & Arbib, 1998). افزون بر این، حتی شنیدن جملاتی که کنش‌ها را توصیف می‌کنند می‌تواند مدارهای دیداری-حرکتی^۱ مرتبط با اجرا و مشاهده کنش را فعال سازد (Tettamanti et al., 2005; Zwaan & Taylor, 2006). بنابراین، در این پژوهش هرگونه اثر آماده‌سازی احتمالی را در وجوه^۲ مختلفی که آماده‌سازها ارائه می‌شوند از جمله کلامی (خواندن جمله‌های وسیله-هدف)، حرکتی (اجرا) و حسی (مشاهده) مقایسه می‌کنیم. اگر میزان دسترسی این وجوه به بازنمایی‌های انتزاعی یکسان به حد قابل ملاحظه‌ای باشد، انتظار داریم که در هر سه شرایط آزمایشی اثر آماده‌سازی قابل مقایسه‌ای را در پردازش نحوی جملات مشاهده کنیم؛ هرچند قائل شدن به یک سیستم بازنمایی مشترک به این معنی نیست که همه سازوکارهای پردازشی در آنها کاملاً یکسان هستند.

۴. روش پژوهش

۴-۱. طرح پژوهش

آزمایش‌های پژوهش حاضر دارای طرح عاملی $3 \times 2 \times 2 \times 2$ هستند با چهار متغیر مستقل درون‌گروهی که عبارتند از نوع آماده‌ساز («توالی خطی» در مقابل «توالی غیرخطی»)، صحت جمله («درست» در مقابل «نادرست»)، همسویی گویه («همسو» در مقابل «ناهمسو») و شرایط آزمایشی («اجرا»، «مشاهده» و «خواندن جمله‌های وسیله-هدف»). متغیر وابسته مدت‌زمان پاسخ‌گویی به قضاوت دستوری جملات هدف است. در واقع، این مدت‌زمان مطابق بود با فاصله زمانی ارائه علامت سوال بلافاصله پس از خواندن آخرین کلمه جمله (فعل) تا لحظه‌ای که آزمودنی‌ها با پردازش کامل جمله صحت آن را از لحاظ واژنحوی تعیین می‌کردند.

۴-۲. آزمودنی‌ها

در آزمایش‌های این مطالعه ۳۱ آزمودنی فارسی‌زبان (۳۰ مرد، یک زن) که از دانشجویان ساکن شهرستان آران و بیدگل بودند (دامنه سنی = ۱۸-۳۲، میانگین = ۲۳.۹، انحراف معیار = ۳.۶) به‌طور داوطلبانه شرکت کردند. از میان آنها، یک آزمودنی چپ‌دست بود. آنها از سلامت جسمی و روحی برخوردار بودند. پس از اخذ کد اخلاق با شناسه IR.MODARES.REC.1400.144 از کارگروه/کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه تربیت مدرس، کلیه مراحل برای آزمودنی‌ها توضیح داده شد و فرم رضایت آگاهانه دریافت شد. آزمودنی‌ها در سه جلسه هر یک با فاصله تقریباً دو هفته به‌صورت انفرادی در آزمایش‌ها شرکت کردند. گزینش آنها به روش نمونه‌گیری در دسترس بود. از میان حجم نمونه اولیه (تعداد = ۳۶)، داده‌های مربوط به پنج نفر به دلیل عملکرد ضعیف، انصراف از ادامه آزمایش‌ها یا بروز خطای فنی حذف شدند.

۴-۳. مواد آزمایش‌ها

محرك‌های آماده‌ساز شامل ۳۲ جمله وسیله-هدف بودند که نیمی از آنها توالی خطی و نیمی دیگر توالی غیرخطی داشتند (شکل ۳). از این میان، ۱۱ جمله جدید ساخته شدند و بقیه جملات از مطالعه آلن و همکارانش (2010) یا مستقیماً برگرفته شدند (۱۱ مورد) یا اقتباسی از آنها بودند (۱۰ مورد). هر یک از این محرك‌ها از کنار هم قرار گرفتن سه خرده‌کنش تشکیل می‌شدند که متعلق به یک بافت موقعیتی بودند و مجموعه وسیعی از کنش‌های روزمره را دربرمی‌گرفتند. این کنش‌ها گذرا بودند زیرا با استفاده از اشیاء و به کمک دست انجام می‌شدند. جهت جلوگیری از بروز اثر جفت‌سازی^۳، سه مجموعه^۴ برای هر شرایط آزمایشی ساختیم و در آنها محرك‌های آماده‌ساز را از طریق طرح مربع لاتین^۵ برابرسازی کردیم^۶ تا ترکیب‌های مختلفی از جفت‌های آماده‌ساز در هر مجموعه به‌طور تصادفی ایجاد شود. جهت

¹ visuomotor circuits

² modalities

³ pairing effect

⁴ set

⁵ Latin-square design

⁶ counterbalance

افزایش دقت در پردازش آماده‌سازها، ۱۶ سوال حافظه پیرامون توالی خرده‌کنش‌های برخی از این محرک‌ها طراحی کردیم تا در پایان هر بخش^۱ چهار سوال در ارتباط با کنش‌های همان بخش ارائه شوند (مانند، «آیا پویا فرم را امضا کرد سپس قاب عکس را تمیز کرد؟»). در هر شرایط آزمایشی پاسخ نیمی از سوالات مثبت و پاسخ نیمی دیگر منفی بودند.

محرک‌های هدف جملات موصولی فاعلی بودند که ساختارهای درونه‌ای میانی (۸ جمله؛ شکل ۱) و پس‌بندی (۸ جمله؛ شکل ۲) داشتند. تفاوت ساختاری این جملات را می‌توان در فرایند ادغام (یعنی، محل درونه‌گیری) دانست. این محرک‌ها جملات خبری سوم شخصی بودند که موقعیت‌های ملموسی را توصیف می‌کردند. در ساخت این جملات از افعال کنشی گذرا و زمان گذشته ساده استفاده کردیم. طول صورت‌های درست این جملات ۱۴ هجا بود و صورت‌های نادرست در مواردی حداکثر یک هجا بیشتر داشتند. در صورت‌های نادرست خطای واژنحوی مطابقت فاعل و فعل (از لحاظ شخص، شمار یا هر دو) در هشتمین کلمه جمله وجود داشت. گاه ممکن بود آزمودنی‌ها از این راهبرد نادرست استفاده کنند که همیشه اولین گروه اسمی باید با آخرین کلمه جمله (گروه فعلی) مطابقت داشته باشد، پس فقط باید به این دو بخش توجه کنند و پردازش کامل جمله نیاز نیست. برای مقابله با اتخاذ چنین راهبردی، در برخی از جملات خطای واژنحوی را در مطابقت با هسته گروه اسمی بند موصولی قرار دادیم (مانند، «مرد ربات‌هایی را ساخت که خانه را جارو کرد»).

محرک‌هایی را نیز به‌عنوان جا پرکن^۲ ساختیم تا حداقل یکی از آنها را بین جفت‌های آماده‌ساز-هدف قرار دهیم. از این طریق کوشیدیم تا با ایجاد این گمان که ترتیب گویه‌ها تصادفی است، از احتمال اینکه آزمودنی‌ها متوجه رابطه بین محرک‌های آماده‌ساز و هدف شوند جلوگیری کنیم. بدین منظور، ۱۲ جمله هدف جا پرکن ساختیم که کنش‌هایی را در قالب جملات همپایه^۳ (معلوم و ناگذرا) توصیف می‌کردند (مانند، «بیماری لرزید و سرفه کرد»). نیمی از این جملات دارای خطای واژنحوی بودند. به‌علاوه، ۱۲ جمله وسیله-هدف جا پرکن ساختیم که متشکل از دو کنش غیرمرتبط با یکدیگر بودند (مانند، «پویا پازل را تکمیل کرد و کاغذ را تا کرد»).

۴-۴. ارائه محرک‌ها

ارائه شرایط آزمایشی را میان آزمودنی‌ها کاملاً برابری کردیم تا از اثر ترتیب^۴ جلوگیری کنیم. بر خلاف هر مجموعه آزمایشی، محرک‌های هدف و سوالات حافظه در هر شرایط آزمایشی کاملاً یکسان نبودند. هر مجموعه هشت مؤلفه^۵ و ۲۴ محرک جا پرکن داشت، و هر مؤلفه شامل یک جفت محرک آماده‌ساز و یک جمله هدف بود. استفاده از دو محرک آماده‌ساز در هر گویه تلاشی جهت افزایش احتمال تأثیرگذاری آنها محسوب می‌شد.

یک مجموعه به چهار بخش تقسیم شده بود که در هر یک ترکیب‌های مختلفی از محرک‌های آماده‌ساز و هدف ارائه می‌شدند تا از لحاظ ساختاری حالت‌های همسو و ناهمسو ایجاد شوند. ترکیب آماده‌سازهای خطی با جملات موصولی فاعلی پس‌بندی و آماده‌سازهای غیرخطی با جملات موصولی فاعلی درونه‌ای میانی بخش‌های همسو را تشکیل می‌دادند. در مقابل، ترکیب آماده‌سازهای خطی با جملات موصولی فاعلی درونه‌ای میانی و آماده‌سازهای غیرخطی با جملات موصولی فاعلی پس‌بندی بخش‌های ناهمسو را تشکیل می‌دادند. در هر بخش دو مؤلفه وجود داشت که به‌طور تصادفی در میان شش محرک جا پرکن ارائه می‌شدند. در این مؤلفه‌ها یکی از جملات هدف درست و دیگری نادرست بود.

برای کنترل اثر ترتیب در ارائه بخش‌ها، دو لیست برای هر مجموعه ساختیم (در کل ۱۸ لیست) و در هر کدام ترتیب‌های مختلفی از بخش‌های همسو و ناهمسو را به‌طور برابر ایجاد کردیم (همسو-ناهمسو-ناهمسو-همسو، همسو-ناهمسو-همسو-ناهمسو، ناهمسو-همسو-همسو-ناهمسو).

¹ block

² filler

³ conjoined

⁴ order effect

⁵ item

همسو-ناهمسو، ناهمسو-همسو-ناهمسو-همسو). بنابراین، در ارائه یک مجموعه نیمی از آزمودنی‌ها لیست‌هایی را دریافت کردند که با یکی از حالت‌های همسو آغاز می‌شدند، و نیمی دیگر لیست‌هایی را دریافت کردند که با یکی از حالت‌های ناهمسو آغاز می‌شدند.

۴-۵. اجرای آزمایش‌ها

مجموعه آزمایش‌های این مطالعه از پارادایم اثر سازگاری کنش-جمله^۱ الهام گرفته است (Glenberg & Kaschak, 2002). آزمودنی‌ها در فاصله ۵۰ سانتی‌متری از یک لپ‌تاپ ۱۰ اینچی در اتاقی نیمه‌روشن و ساکت می‌نشستند و محرک‌ها در یک سطر وسط نمایشگر، که پس‌زمینه خاکستری داشت، با رنگ مشکی و فونت B Nazanin در اندازه ۱۴ ارائه می‌شدند. به آزمودنی‌ها گفته شده بود که قصد داریم سرعت عمل آنها را در خواندن جملات و نیز حافظه آنها را در به خاطر سپردن توالی کنش‌ها مورد ارزیابی قرار دهیم. آزمونگر دستورالعمل‌های تکالیف را به‌طور شفاهی در آغاز هر جلسه ارائه می‌کرد. سپس، چهار گویه جداگانه برای تمرین و آشنایی با روال آزمایش ارائه می‌شدند. ارائه محرک‌ها و ثبت داده‌ها از طریق نرم‌افزار DMDX (ورژن ۱.۰.۰.۶) صورت گرفت.

ارائه محرک‌ها از طریق پارادایم پنجره-متحرک خودگام^۲ امکان خوانش جملات را به‌صورت بند به بند^۳ (محرک‌های آماده‌ساز) یا کلمه به کلمه^۴ (محرک‌های هدف) فراهم می‌کرد. در آزمایش ۱، عبارت «خواندن (دقت)» پیش از ارائه گویه‌های آماده‌ساز نمایش داده می‌شد. سپس، با فشردن کلید Space یک جمله وسیله-هدف ارائه می‌شد که از طریق ویرگول به دو بند (آماده‌سازهای جا پرکن) و یا سه بند (آماده‌سازهای اصلی) تقسیم شده بود. در این مرحله به‌جای صورت نوشتاری این بندها که هر یک نمایانگر خرده کنش مجزایی بودند از خط‌چین استفاده شده بود. آزمودنی‌ها باید برای نمایش هر بند کلید Space را فشار می‌دادند تا آنها را با سرعت عادی بخوانند و توالی خرده کنش‌ها را به حافظه بسپارند. پس از نمایش یک بند، نمایش بند(های) بعدی منجر می‌شد بند(های) قبلی به حالت خط‌چین بازگردد (نمایش غیرانباشته^۵).

در گویه‌های هدف، ابتدا عبارت «خواندن (سرعت + دقت)» نمایش داده می‌شد. سپس، با فشردن کلید Space مجموعه‌ای از خط‌چین روی نمایشگر در یک سطر ظاهر می‌شد که هر مجموعه نمایانگر یک کلمه بود. آزمودنی‌ها باید برای نمایش هر کلمه کلید Space را فشار می‌دادند تا آنها را با حداکثر سرعت اما با دقت بخوانند. این کلمات نیز به‌صورت غیرانباشته نمایش داده می‌شدند. آخرین کلمه همراه با نقطه پایان جمله ارائه می‌شد؛ از آزمودنی‌ها درخواست کردیم که از هرگونه مکث غیرضروری در این لحظه خودداری کنند و فوراً کلید Space را فشار دهند تا بلافاصله به مرحله بعد هدایت شوند. سپس، یک علامت سوال برای حداکثر ۲۵۰۰ هزارم ثانیه ارائه می‌شد و آنها باید با فشار دادن کلیدهای «بله» یا «خیر» (که به ترتیب مطابق با کلیدهای Shift راست و چپ بودند) کلیت جمله را تا حد امکان سریع اما به‌درستی قضاوت می‌کردند. همچنین، از آزمودنی‌ها درخواست شده بود که دست‌ان خود را به‌صورت آماده‌باش روی یا حداقل در نزدیکی کلیدهای پاسخ نگه دارند تا کمترین زمانی را برای پاسخ‌گویی از دست ندهند. بلافاصله پس از پاسخ‌گویی یا در صورت عدم پاسخ‌گویی در بازه زمانی تعیین شده، برنامه به‌طور خودکار به گویه بعدی هدایت می‌شد. در طول آزمایش، هیچ بازخوردی پیرامون عملکرد آزمودنی‌ها ارائه نمی‌شد.

برای پاسخ دادن به سؤالات حافظه محدودیت زمانی وجود نداشت و آزمودنی‌ها از طریق کلیدهای «بله» یا «خیر» پاسخ‌شان را ثبت می‌کردند. در میانه آزمایش پس از پایان بخش دوم، حدود ۲ دقیقه برای استراحت در نظر گرفته شده بود. هر جلسه بین ۴۰-۳۵ دقیقه به طول انجامید. نمایی از گویه‌ها که در شرایط آزمایشی مختلف توالی یکسانی را داشتند در شکل ۴ ارائه شده است.

¹ action-sentence compatibility effect

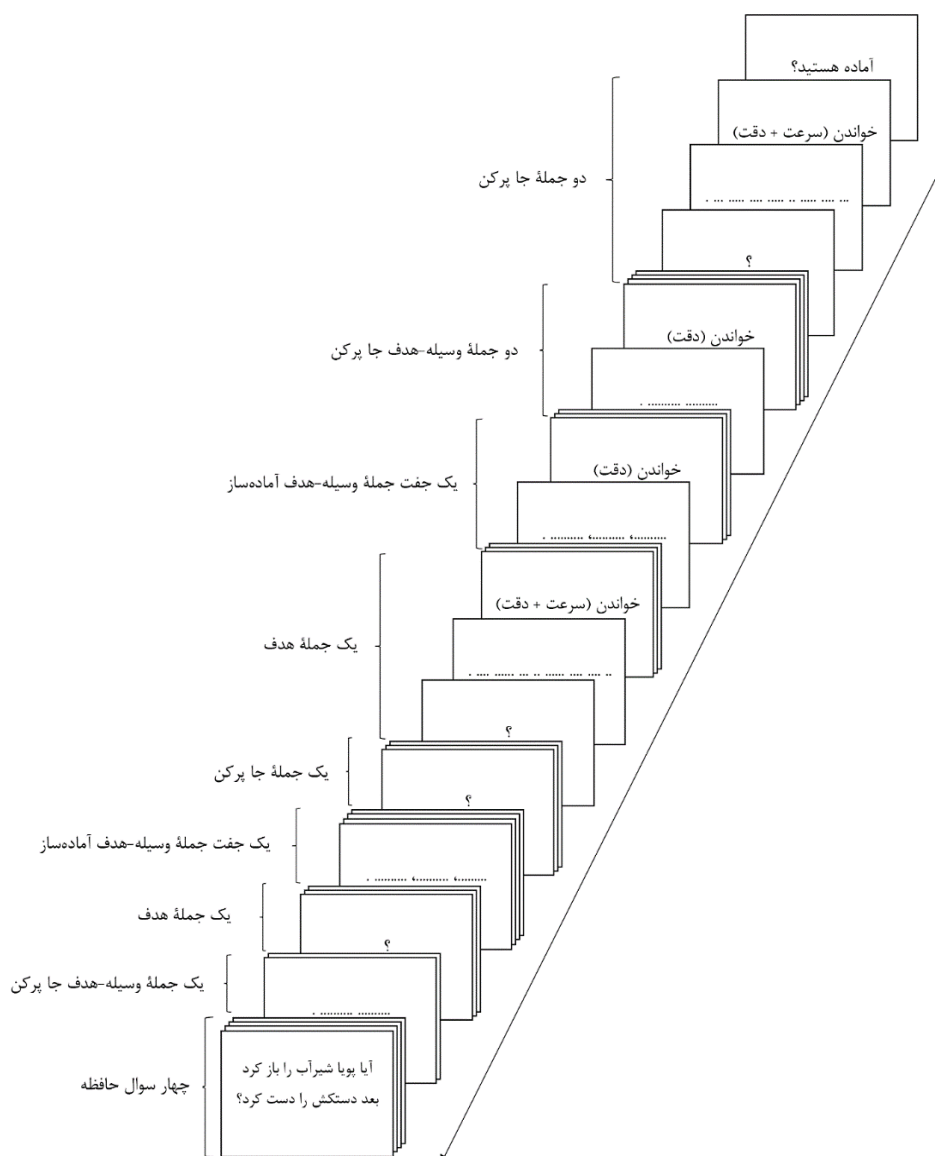
² self-paced moving-window paradigm

³ clause-by-clause

⁴ word-by-word

⁵ noncumulative presentation





شکل ۴- نمایشی از ترتیب ارائه گویه‌ها در یک بخش آزمایشی

Fig 4- Schematic representation of the sequence of trials in one experimental block

طرح و روش کلی در آزمایش ۲ همانند آزمایش ۱ بود، با این تفاوت که خواندن جمله‌های وسیله-هدف با مشاهده کنش‌های آنها جایگزین شد. در گویه‌های آماده‌ساز ابتدا کلمه «مشاهده» نمایش داده می‌شد. سپس، آزمودنی‌ها رو به سوی آزمونگر می‌کردند که قصد داشت کنش‌هایی را در سکوت انجام دهد. از آزمودنی‌ها خواسته بودیم هنگامی که آزمونگر انگشت اشاره خود را به نشانه شروع بالا می‌برد باید به توالی خرده کنش‌ها دقت کنند، و هنگامی که او دستانش را به حالت ضربدر بالا می‌برد مشاهده کنش‌ها در آن گویه به پایان می‌رسد. شایان ذکر است که مدت‌زمان و نحوه اجرای کنش‌ها برای تمام آزمودنی‌ها یکسان بود. همچنین، جریان پیوسته خرده کنش‌های هر توالی را از طریق مکث‌هایی به مدت دو ثانیه مرزبندی کردیم. در پایان هر بخش، سوالاتی پیرامون توالی برخی از خرده کنش‌های مشاهده‌شده ارائه می‌شدند. هر جلسه حدود ۴۵-۴۰ دقیقه به طول انجامید.

طرح و روش کلی در آزمایش ۳ همانند آزمایش ۲ بود، با این تفاوت که مشاهده کنش‌ها با اجرای آنها جایگزین شد. در گویه‌های آماده‌ساز ابتدا کلمه «اجرا» نمایش داده می‌شد. سپس، جمله‌های وسیله-هدف در قالب جملات امری ارائه می‌شدند (مانند، «جامدادی را باز

کنید، مداد بنفش را بردارید، و گلی را در دفتر رنگ کنید». آزمودنی‌ها باید برای نمایش هر بند کلید Space را فشار می‌دادند تا خرده‌کنش‌های درخواستی را یکی پس از دیگری با وسایل در اختیارشان انجام دهند و توالی آنها را به حافظه بسپارند. در پایان هر بخش، سوالاتی پیرامون توالی برخی از خرده‌کنش‌های انجام‌شده ارائه می‌شدند. هر جلسه حدود ۵۰-۴۵ دقیقه به طول انجامید.

۵. نتایج

۵-۱. داده‌های دورافتاده

به پیروی از **رتکلیف**^۱ (1993)، زمان‌های پاسخی را حذف کردیم که ۲.۵ انحراف معیار بیشتر یا کمتر از میانگین مدت‌زمان پاسخ هر فرد در هر شرایط آزمایشی بودند (۸ گویه). همچنین، زمان‌های پاسخ به جملاتی را که به اشتباه قضاوت شده بودند در نظر نگرفتیم (۹ گویه). سپس، داده‌های ۳۶ گویه را حذف کردیم که آزمودنی‌ها تجربه‌هایی از خطای آزمایشی را در آنها داشتند مانند حواس‌پرتی، تعلق‌های ناخواسته و عدم پاسخ‌گویی. در نهایت، زمان‌های پاسخ به جملات ۶۹۱ گویه (۹۲.۸٪) را تحلیل کردیم.

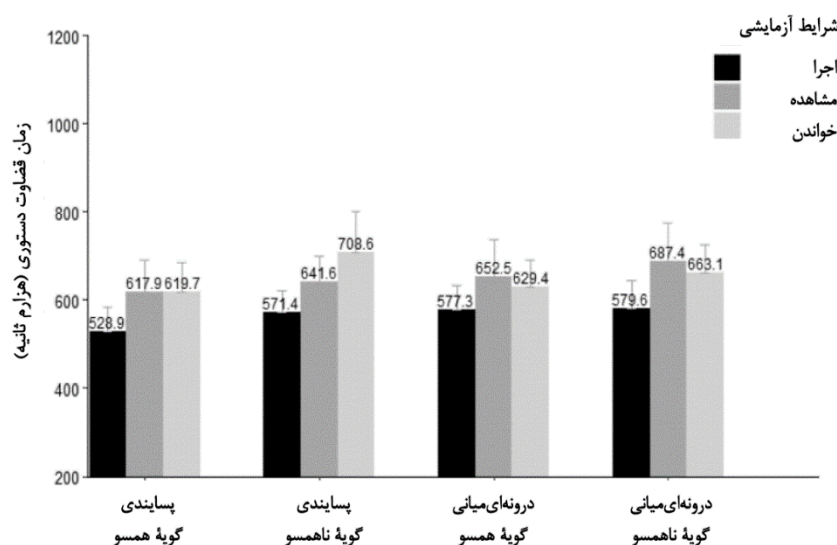
۵-۲. تحلیل توصیفی داده‌ها

۵-۲-۱. الگوی صحت پاسخ‌گویی

به‌طور کلی، داده‌های دو آزمودنی را حذف کردیم که میزان صحت پاسخ‌شان به سؤالات حافظه کمتر از ۷۵٪ بود. از طرف دیگر، آزمودنی‌ها در قضاوت دستوری جملات هدف در بیشتر موارد دقت بالایی را داشتند، به‌طوری‌که فقط نُه خطا در طول جلسات مشاهده شد. این داده‌ها نشان می‌دهند که آزمودنی‌ها در پردازش محرک‌های آماده‌ساز و هدف دقت کافی داشتند. برای بررسی اثر آماده‌سازی به زمان‌های پاسخ در گویه‌هایی تمرکز کردیم که آزمودنی‌ها جملات هدف را در آنها به‌درستی قضاوت کرده بودند.

۵-۲-۲. الگوی زمان پاسخ‌گویی

همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌کنید، جملات موصولی فاعلی پس‌بندی و درونه‌ای میانی در گویه‌های همسو با سرعت بیشتری قضاوت شدند. همچنین به‌طور قابل توجهی، زمان‌های قضاوت دستوری در حالت اجرا در مقایسه با دیگر شرایط کوتاه‌تر بودند.



شکل ۵- میانگین مدت‌زمان قضاوت دستوری صورت‌های درست و نادرست جملات در گویه‌های همسو و ناهم‌سوی شرایط آزمایشی.

میله‌های خطا فاصله اطمینان ۹۵٪ حول میانگین را نشان می‌دهند.

Fig 5- Mean response times for correct and incorrect sentences (in ms) in the congruent and incongruent trials of the experimental conditions. Error bars indicate 95% confidence intervals around the mean.

¹ R. Ratcliff

۳-۵. تحلیل استنباطی داده‌ها

نتایج حاصل از آزمون‌های شاپیرو-ویلک^۱ نشان داد که فرض صفر مبتنی بر توزیع نرمال داده‌ها در شرایط آزمایشی مختلف برای اکثر مجموعه داده‌ها^۲ در سطح معنی‌داری ۰۰۵ رد می‌شود. بنابراین، با توجه به ماهیت توزیع آزاد^۳ آزمون‌های ناپارامتری، برای انجام مقایسه‌های زوجی و چندگانه به ترتیب از آزمون‌های ویلکاکسون رتبه علامت‌دار^۴ و فریدمن^۵ در نرم‌افزار R استفاده کردیم.

۳-۵-۱. تأثیر همسویی گویه‌ها

برای بررسی تأثیر آماده‌سازها، میانگین زمان قضاوت صورت‌های درست و نادرست جملات را بین گویه‌های همسو و ناهمسو از طریق آزمون‌های ویلکاکسون مقایسه کردیم (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسه‌های زوجی بین گویه‌های همسو و ناهمسوی شرایط آزمایشی

Table 1- Pairwise comparisons between congruent and incongruent trials of the experimental conditions

کل	خواندن	مشاهده	اجرا	محرك هدف
.۰۲	.۱۱	.۰۶	.۶۱	جملات موصولی درونه‌ای میانی و پسایندی (درست و نادرست)
.۰۹	.۳۳	.۱۷	.۸۰	جمله موصولی درونه‌ای میانی (درست و نادرست)
.۰۴	.۴۹	.۲۹	.۰۶	جمله موصولی پسایندی (درست و نادرست)
.۲۳	.۵۲	.۳۰	.۹۳	جمله موصولی درونه‌ای میانی (درست)
.۲۵	.۶۵	.۳۶	.۶۷	جمله موصولی درونه‌ای میانی (نادرست)
<.۰۰۱	<.۰۰۱	.۳۸	.۰۵	جمله موصولی پسایندی (درست)
.۲۴	<.۰۰۱	.۳۹	.۴۷	جمله موصولی پسایندی (نادرست)

با تجمیع داده‌های شرایط آزمایشی مختلف دریافتیم که زمان‌های پاسخ در گویه‌های همسو به‌طور معنی‌داری از زمان‌های پاسخ در گویه‌های ناهمسو متفاوت هستند (آماره = ۲۲۱۲۸، $p = .۰۲$). درحالی‌که برای ساخت موصولی درونه‌ای میانی تفاوت معنی‌داری از لحاظ همسویی گویه‌ها در شرایط آزمایشی مختلف وجود نداشت، وقتی زمان‌های پاسخ را در تمام شرایط آزمایشی تجمیع کردیم تفاوت بین گویه‌ها معنی‌داری مرزی^۶ نشان داد (آماره = ۵۸۲۱، $p = .۰۹$). در ارتباط با ساخت موصولی پسایندی، در حالت اجرا تفاوت بین گویه‌ها معنی‌داری مرزی نشان داد (آماره = ۵۵۳، $p = .۰۶$). تجمیع زمان‌های پاسخ نیز در شرایط آزمایشی تفاوت معنی‌داری را برای این جملات نشان داد (آماره = ۵۱۰۰، $p = .۰۴$). در بررسی میانگین زمان‌های پاسخ به صورت‌های درست و نادرست جملات به‌طور جداگانه، تفاوت‌های معنی‌داری فقط برای صورت‌های درست جملات موصولی پسایندی در حالت اجرا (آماره = ۹۲، $p = .۰۵$) و صورت‌های درست و نادرست آنها در حالت خواندن یافت شدند (به ترتیب، آماره = ۷، $p < .۰۰۱$ ؛ آماره = ۳۹۴، $p < .۰۰۱$).

۳-۵-۲. تأثیر صحت جملات

به‌طور کلی، صورت‌های نادرست جملات سریع‌تر از صورت‌های درست قضاوت شدند، اما تفاوت آنها به سطح معنی‌داری نرسید (آماره = ۲۷۶۵۷، $p = .۲۳$). آزمودنی‌ها به‌طور میانگین ۸۲ هزارم ثانیه بیشتر نیاز داشتند تا ساخت‌های موصولی درونه‌ای میانی را به‌عنوان جملات درست قضاوت کنند (میانگین = ۶۷۴.۳ هزارم ثانیه؛ آماره = ۸۸۵۵، $p < .۰۰۱$). با این حال، در قضاوت جملات موصولی پسایندی شاهد الگوی متفاوتی بودیم (جملات درست: میانگین = ۶۰۶ هزارم ثانیه، جملات نادرست: میانگین = ۶۲۰.۴ هزارم ثانیه؛ آماره = ۵۱۹۸، $p = .۱۰$).

¹ Shapiro-Wilk test

² datasets

³ distribution-free

⁴ Wilcoxon signed-rank test

⁵ Friedman test

⁶ marginal significance

۳-۳-۵. تأثیر شرایط آزمایشی

در ادامه، از طریق آزمون‌های فریدمن عملکرد آزمودنی‌ها را میان شرایط آزمایشی در گویه‌های همسو و ناهمسو مقایسه کردیم (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه‌های چندگانه میان شرایط آزمایشی بر حسب همسویی گویه‌ها

Table 2- Multiple comparisons across the experimental conditions as a function of the congruency of trials

گویه	محرك هدف	
ناهمسو	همسو	
۰.۵	۰.۲	جملات موصولی درونه‌ای میانی و پسایندی (درست و نادرست)
۰.۲۷	۰.۲۳	جمله موصولی درونه‌ای میانی (درست و نادرست)
۰.۲۱	۰.۰۷	جمله موصولی پسایندی (درست و نادرست)
۰.۰۸	۰.۴۸	جمله موصولی درونه‌ای میانی (درست)
۰.۴۳	۰.۲۴	جمله موصولی درونه‌ای میانی (نادرست)
۰.۰۱	۰.۰۴	جمله موصولی پسایندی (درست)
۰.۳۶	۰.۰۱	جمله موصولی پسایندی (نادرست)

مقایسه زمان‌های پاسخ به صورت‌های درست و نادرست دو ساخت موصولی مورد نظر میان شرایط آزمایشی تفاوت‌های معنی‌داری را برای گویه‌های همسو (آماره = ۷.۲۶۷۳، درجه آزادی = ۲، $p = ۰.۰۲$) و گویه‌های ناهمسو (آماره = ۵.۶۲۸۹، درجه آزادی = ۲، $p = ۰.۰۵$) نشان داد. در مقایسه‌های زوجی مشخص شد که حالت اجرا بیشترین اثربخشی را در مقایسه‌های میان آزمایشی داشته است. به‌طور خاص، گویه‌های همسو تفاوت‌های معنی‌داری را بین شرایط مشاهده و اجرا ($p = ۰.۰۱$) و بین شرایط اجرا و خواندن ($p < ۰.۰۱$) نشان دادند، اما تفاوت معنی‌داری بین شرایط مشاهده و خواندن یافت نشد ($p = ۸۷$). در گویه‌های ناهمسو نیز تفاوت‌های معنی‌داری بین شرایط مشاهده و اجرا ($p = ۰.۰۱$) و بین شرایط اجرا و خواندن ($p < ۰.۰۰۱$) وجود داشتند، اما تفاوت معنی‌داری بین شرایط مشاهده و خواندن یافت نشد ($p = ۰.۱۶$). در حالی که تفاوت چشمگیری برای صورت‌های درست و نادرست جملات موصولی درونه‌ای میانی میان شرایط آزمایشی یافت نشد، در مقایسه زمان‌های پاسخ به صورت‌های درست جملات موصولی پسایندی تفاوت‌های معنی‌داری در گویه‌های همسو (آماره = ۶، درجه آزادی = ۲، $p = ۰.۰۴$) و گویه‌های ناهمسو مشاهده شدند (آماره = ۸، درجه آزادی = ۲، $p = ۰.۰۱$).

۵-۴. مدل‌بندی داده‌ها

داده‌های به‌دست‌آمده را از طریق مدل‌های اثرات آمیخته خطی^۱ با استفاده از بسته lme4 (Bates et al., 2015) در نرم‌افزار R تحلیل کردیم. بدین منظور، زمان‌های قضاوت صورت‌های درست و نادرست جملات را همراه با عامل‌های^۲ شرایط آزمایشی، همسویی گویه، نوع آماده‌ساز، صحت جمله و تعامل میان آنها وارد مدل کردیم. این مدل علاوه بر عرض از مبدأ تصادفی^۳ برای آزمودنی‌ها، شیب تصادفی بر حسب آزمودنی‌ها^۴ داشت که برابر با هر یک از اثرات ثابت^۵ بود. برای دستیابی به مدل بهینه‌تر از آن یافته، با حذف تعاملات پیش از اثرات عمده^۶ به ترتیب کمترین واریانس که تبیین می‌شد به ساده‌سازی شیب‌های تصادفی پرداختیم تا به همگرایی مدل رسیدیم (Barr et al., 2013).

نتایج مدل نهایی در جدول ۳ ارائه شده است. اثر عمده همسویی گویه نشان داد که اختلاف معنی‌داری در مدت‌زمان قضاوت دستوری جملات بین گویه‌های همسو و ناهمسو وجود دارد. اثر معنی‌دار متغیر صحت جمله گویای این بود که صورت‌های درست جملات به‌طور میانگین حدود ۳۵ هزارم ثانیه بیشتر از صورت‌های نادرست زمان برای قضاوت دستوری نیاز داشتند (میانگین = ۶۴۰.۶ هزارم ثانیه در مقابل

¹ linear mixed-effects models

² factors

³ random intercept

⁴ by-participant random slope

⁵ fixed effects

⁶ main effects



میانگین = ۶۰۶.۱ هزارم ثانیه). اثر عمده شرایط آزمایشی نیز نشان داد که مدت‌زمان قضاوت دستوری جملات به‌طور معنی‌داری وابسته به شرایطی است که در آن محرک‌های آماده‌ساز ارائه می‌شوند. به‌طور خاص، مدت‌زمان قضاوت جملات در حالت اجرا (میانگین کل = ۵۶۴.۵ هزارم ثانیه؛ گویه‌های همسو = ۵۵۳.۵ هزارم ثانیه در مقابل گویه‌های ناهمسو = ۵۷۵.۴ هزارم ثانیه) تفاوت معنی‌داری با مدت‌زمان قضاوت آنها در شرایط مشاهده (میانگین کل = ۶۵۰.۵ هزارم ثانیه؛ گویه‌های همسو = ۶۳۶.۳ هزارم ثانیه در مقابل گویه‌های ناهمسو = ۶۶۴.۷ هزارم ثانیه) و خواندن داشت (میانگین کل = ۶۵۴.۱ هزارم ثانیه؛ گویه‌های همسو = ۶۲۴.۶ هزارم ثانیه در مقابل گویه‌های ناهمسو = ۶۸۵.۳ هزارم ثانیه).

جدول ۳- نتایج مدل بهینه‌سازی یافته

Table 3- Summary of the best-fitted model

p	مقدار t	خطای معیار	ضریب	پیشگو
<.۰۰۱	۱۶.۹۹	۳۱.۴۹	۵۳۵.۰۲	عرض از مبدأ
<.۰۱	۳.۵۷	۲۶.۳۱	۹۳.۹۵	شرایط آزمایشی (خواندن)
.۰۱	۲.۴۸	۳۴.۹۸	۸۶.۷۵	شرایط آزمایشی (مشاهده)
.۰۱	۲.۳۵	۱۶.۳۲	۳۸.۵۰	همسویی گویه (ناهمسو)
.۳۱	-۱.۰۰	۱۶.۳۱	-۱۶.۴۳	نوع آماده‌ساز (خطی)
.۰۳	۲.۱۵	۱۶.۳۴	۳۵.۱۷	صحت جمله (درست)

توجه. ساختار اثرات تصادفی شامل عرض از مبدأ تصادفی برای آزمودنی‌ها همراه با شیب تصادفی اضافه برحسب آزمودنی‌ها برای اثر عمده شرایط آزمایشی بود.

Note. The model converged with random intercept for participants, with additional by-participant random slope for the main effect of the experimental condition.

۶. بحث و نتیجه

علاوه بر این که در زبان به توانایی درک روابط میان بندها نیاز داریم، ذهن ما همواره بازنمایی‌های ساختارمندی را از رویدادها می‌سازد تا روابط مکانی، زمانی و علی را دریابد (Bunger et al., 2013). شواهد به‌دست آمده در پژوهش حاضر ممکن است تا حدودی به تأیید این موضوع کمک کند. این در حالی است که نتایج قابل توجهی برای اثر آماده‌سازی در هر یک از شرایط آزمایشی به‌طور جداگانه یافت نشد. حجم نمونه نسبتاً کوچک در هر آزمایش و حذف تعدادی از گویه‌ها به‌عنوان داده پرت از جمله عواملی هستند که می‌توانند چنین یافته‌ای را توضیح دهند. به‌علاوه، یکی از عواملی که از کم‌پسترا (مکاتبه شخصی، ۱۸ و ۲۱ فوریه، ۲۰۲۲) استنباط می‌شود مرتبط با طراحی محرک‌های آماده‌ساز است که در آنها کنش‌ها در سطح عام زبان^۱ بیان شدند و به جزئیات آنها در سطح حرکتی^۲ دقت نشده است. او معتقد است که زبان معمولاً کنش‌ها را از نگاه اهداف کلی آنها بیان می‌کند و اشاره مستقیمی به خرده کنش‌های درگیر نمی‌کند.

به‌طور کلی، مدت‌زمان قضاوت دستوری جملات موصولی با ساختار درونه‌ای میانی طولانی‌تر از مدت‌زمان قضاوت جملات موصولی پسایندی بود، هرچند این تفاوت به سطح معنی‌داری نرسید. همچنین، در مواردی شاهد تفاوت‌های معنی‌داری در مدت‌زمان قضاوت دستوری بین گویه‌های همسو و ناهمسو جملات موصولی پسایندی بودیم. عدم مشاهده چنین نتایجی در مؤلفه‌هایی که آماده‌سازهای غیرخطی و جملات موصولی درونه‌ای میانی داشتند شاید بیانگر آن باشد که تفاوت ساختاری جفت‌های آماده‌ساز-هدف در فراخوانی اثر آماده‌سازی نقش دارد. در واقع، درونه‌گیری یک بند در میانه بند اصلی می‌تواند سبب نوعی اختلال در پردازش کامل بند اصلی شود (Comrie, 1981/1989). به همین شکل، وقفه‌ای که در توالی غیرخطی کنش‌ها وجود دارد به‌نوعی انتظارات بافت‌وابسته^۳ ما را براساس دانش بدن‌مندان نقض می‌کند، زیرا نظام حرکتی ما پیوسته در حال پیش‌بینی کنش‌های دیگران است (Iacoboni et al., 2005) تا مقاصد آنها را

^۱ generic language level

^۲ movement/motion level

^۳ context-dependent predictions

قبل از وقوع رفتارشان ارزیابی کند (Sammler et al., 2013). در چنین حالتی، شاید سازوکارهای مشترک میان حوزه‌ها متحمل منابع پردازشی بیشتری شوند.

مدل‌سازی‌های آماری مؤید اثر عمده شرایط آزمایشی بودند. به‌طور کلی، مدت‌زمان قضاوت دستوری در حالتی که محرک‌های آماده‌ساز اجرا شدند با مدت‌زمان قضاوت دستوری در شرایط مشاهده و خواندن تفاوت داشت. حال آنکه در صورت دسترسی این وجوه به بازنمایی‌های انتزاعی یکسان می‌بایست شاهد مدت‌زمان قابل مقایسه‌ای در شرایط مختلف می‌بودیم. به‌نظر می‌رسد که دستیابی به چنین الگویی از نتایج به دلایل مختلفی دور از انتظار بوده است. برای مثال، نات (2012) توضیح می‌دهد که اجرای کنش‌ها مستلزم فرایند استنتاج قیاسی^۱ می‌باشد (استدلال از علل به معلول‌ها)، اما مشاهده آنها مستلزم فرایند استنتاج فرضی^۲ است (استدلال از معلول‌ها به علل احتمالی). او همچنین اشاره می‌کند که بر خلاف اجرای کنش‌ها، ادراک یک کنش سبب فعالیت زیرآستانه‌ای^۳ نظام حرکتی می‌شود. علاوه بر این، فیشر^۴ و سووان^۵ (2008) ادعا می‌کنند که رزونانس حرکتی^۶ ایجادشده از طریق درک توصیف زبانی کنش‌ها به مراتب مبهم‌تر از رزونانس ایجادشده از طریق مشاهده آنهاست. از این رو، قائل شدن به بازنمایی‌های مشترک میان وجوه نمی‌تواند به این معنی باشد که آنها از لحاظ زمان، شیوه و میزان انتقال اطلاعات کاملاً یکسان هستند.

نتایج کلی این پژوهش شواهدی را از تعامل ساختاری بین حوزه‌های زبانی و غیرزبانی نشان داد. آشکار است که چنین یافته‌هایی را نمی‌توان شواهدی قطعی برای تأیید نظریات بدن‌مندی نحو در نظر گرفت. اما این نتایج هرچند اولیه و یافته‌های بیشتر می‌توانند گمانه‌زنی‌هایی را تقویت کنند مبنی بر اینکه سازوکارهای نحوی از دیگر حوزه‌های شناختی استقلال کامل ندارند. در واقع، این امکان وجود دارد که حداقل برخی از جنبه‌های ساختاری در میان حوزه‌ها همچون پردازش روابط وابستگی به منابع پردازشی مشترک دسترسی داشته باشند. این حوزه مطالعاتی می‌تواند بستری را برای بکارگیری روش‌های نوین آموزش زبان و توانبخشی آسیب‌های زبانی فراهم کند.

References

- Allen, K., Ibara, S., Seymour, A., Cordova, N., & Botvinick, M. (2010). Abstract structural representations of goal-directed behavior. *Psychological Science* 21(10), 1518–1524. <https://doi.org/10.1177/0956797610383434>
- Barr, D. J., Levy, R., Scheepers, C., & Tily, H. J. (2013). Random effects structure for confirmatory hypothesis testing: Keep it maximal. *Journal of Memory and Language* 68(3), 255–278. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2012.11.001>
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B. M., & Walker, S. C. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software* 67(1), 1–48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Boeckx, C. A., & Fujita, K. (2014). Syntax, action, comparative cognitive science, and Darwinian thinking. *Frontiers in Psychology* 5, Article 627. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00627>
- Bunger, A., Papafragou, A., & Trueswell, J. C. (2013). Event structure influences language production: evidence from structural priming in motion event description. *Journal of Memory and Language* 69(3), 299–323. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2013.04.002>
- Casado, P., Martín-Loeches, M., León, I., Hernández-Gutiérrez, D., Espuny, J., Muñoz, F., Jiménez-Ortega, L., Fondevila, S., & de Vega, M. (2018). When syntax meets action: Brain potential evidence of overlapping between language and motor sequencing. *Cortex* 100, 40–51. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.11.002>
- Chomsky, N. (1995). *The minimalist program*. MIT Press.
- Comrie, B. (1989). *Language universals and linguistic typology: Syntax and morphology* (2nd ed.). The University of Chicago Press; Basil Blackwell. (Original work published 1981)
- di Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (1992). Understanding motor events: a neurophysiological study. *Experimental Brain Research* 91(1), 176–180. <https://doi.org/10.1007/BF00230027>
- Fischer, M. H., & Zwaan, R. A. (2008). Embodied language: A review of the role of the motor system in language comprehension. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 61(6), 825–850. <https://doi.org/10.1080/17470210701623605>
- Fodor, J. A. (1983). *The modularity of mind*. MIT Press/Bradford.

¹ deductive inference

² abductive inference

³ subthreshold activation

⁴ M. H. Fischer

⁵ R. A. Zwaan

⁶ motor resonance



- García, A. M., & Ibáñez, A. (2016). A touch with words: Dynamic synergies between manual actions and language. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 68, 59–95. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.04.022>
- Glenberg, A. M., & Gallese, V. (2012). Action-based language: A theory of language acquisition, comprehension, and production. *Cortex* 48(7), 905–922. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2011.04.010>
- Glenberg, A. M., & Kaschak, M. P. (2002). Grounding language in action. *Psychonomic Bulletin & Review* 9(3), 558–565. <https://doi.org/10.3758/bf03196313>
- Grodzinsky, Y. (2013). The mirror theory of language: A neurolinguist's perspective. In M. Sanz, I. Laka & M. Tanenhaus (Eds.), *Language down the garden path: The cognitive and biological basis for linguistic structure* (pp. 333–347). Oxford University Press.
- Huttenlocher, J., Vasilyeva, M., & Shimpi, P. (2004). Syntactic priming in young children. *Journal of Memory and Language* 50(2), 182–195. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2003.09.003>
- Iacoboni, M., Koski, L. M., Brass, M., Bekkering, H., Woods, R. P., Dubeau, M. C., Mazziotta, J. C., & Rizzolatti, G. (2001). Reafferent copies of imitated actions in the right superior temporal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98(24), 13995–13999. <https://doi.org/10.1073/pnas.241474598>
- Iacoboni, M., Molnar-Szakacs, I., Gallese, V., Buccino, G., Mazziotta, J. C., & Rizzolatti, G. (2005). Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system. *PLoS Biology* 3(3), Article e79. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0030079>
- Kljajevic, V. (2010). Is syntactic working memory language specific? *Psihologija* 43(1), 85–101. <https://dx.doi.org/10.2298/PSI1001085K>
- Knott, A. (2012). *Sensorimotor cognition and natural language syntax*. MIT Press.
- Koelsch, S., Rohrmeier, M., Torrecuso, R., & Jentschke, S. (2013). Processing of hierarchical syntactic structure in music. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110(38), 15443–15448. <https://doi.org/10.1073/pnas.1300272110>
- Langacker, R. W. (2008). *Cognitive grammar: A basic introduction*. Oxford University Press.
- Lashley, K. S. (1951). The problem of serial order in behavior. In L. A. Jeffress (Ed.), *Cerebral mechanisms in behavior. The Hixon symposium* (pp. 112–146). John Wiley & Sons.
- Moro, A. (2014). Response to Pulvermüller: the syntax of actions and other metaphors. *Trends in Cognitive Sciences* 18(5), 221. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2014.01.012>
- Pastr, K., & Aloimonos, Y. (2012). The minimalist grammar of action. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 367(1585), 103–117. <https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0123>
- Pulvermüller, F., & Fadiga, L. (2010). Active perception: Sensorimotor circuits as a cortical basis for language. *Nature Reviews Neuroscience* 11(5), 351–360. <https://doi.org/10.1038/nrn2811>
- Ratcliff, R. (1993). Methods for dealing with reaction time outliers. *Psychological Bulletin* 114(3), 510–532. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.114.3.510>
- Rizzolatti, G., & Arbib, M. A. (1998). Language within our grasp. *Trends in Neurosciences* 21(5), 188–194. [https://doi.org/10.1016/s0166-2236\(98\)01260-0](https://doi.org/10.1016/s0166-2236(98)01260-0)
- Roy, A. C., Curie, A., Nazir, T., Paulignan, Y., des Portes, V., Fournier, P., & Deprez, V. (2013). Syntax at hand: common syntactic structures for actions and language. *PloS One* 8(8), Article e72677. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072677>
- Sammler, D., Novembre, G., Koelsch, S., & Keller, P. E. (2013). Syntax in a pianist's hand: ERP signatures of “embodied” syntax processing in music. *Cortex* 49(5), 1325–1339. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.06.007>
- Tettamanti, M., Buccino, G., Saccuman, M. C., Gallese, V., Danna, M., Scifo, P., Fazio, F., Rizzolatti, G., Cappa, S. F., & Perani, D. (2005). Listening to action-related sentences activates fronto-parietal motor circuits. *Journal of Cognitive Neuroscience* 17(2), 273–281. <https://doi.org/10.1162/0898929053124965>
- Tettamanti, M., & Moro, A. (2012). Can syntax appear in a mirror (system)? *Cortex* 48(7), 923–935. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2011.05.020>
- Van de Cavey, J., & Hartsuiker, R. J. (2016). Is there a domain-general cognitive structuring system? Evidence from structural priming across music, math, action descriptions, and language. *Cognition* 146, 172–184. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2015.09.013>
- Wilson, B., Spierings, M., Ravnani, A., Mueller, J. L., Mintz, T. H., Wijnen, F., van der Kant, A., Smith, K., & Rey, A. (2020). Non-adjacent Dependency learning in humans and other animals. *Topics in Cognitive Science* 12(3), 843–858. <https://doi.org/10.1111/tops.12381>
- Zwaan, R. A., & Taylor, L. J. (2006). Seeing, acting, understanding: Motor resonance in language comprehension. *Journal of Experimental Psychology: General* 135(1), 1–11. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.135.1.1>