

The interactive effects of complexity and measurement repetition on relational networks: A hyper-dimensional multi level approach

Alireza Jamaloo¹ , Jafar Hasani^{2*} , Shahram Mohammadkhani²

1. PhD Student in Clinical Psychology, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Kharazmi University, Karaj, Iran

2. Professor of Clinical Psychology, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Kharazmi University, Karaj, Iran

Abstract

Received: 3 Jan. 2026

Revised: 15 Apr. 2026

Accepted: 19 Apr. 2026

Keywords


Relational frame theory
Arbitrary applicable relational responding
Hyper-dimensional multi level framework
Complexity

Corresponding author

Jafar Hasani, Professor of Clinical Psychology, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Kharazmi University, Karaj, Iran

Email: Hasanimehr57@khu.ac.ir



 doi.org/10.30514/icss.27.4.57

Introduction: Relational Frame Theory (RFT) posits Arbitrary Applicable Relational Responding (AARR) as the foundation of language and cognition. The Hyper-Dimensional Multi Level (HDML) framework operationalizes complexity as a key dimension influencing AARR. This study examined the interaction between complexity and repeated measurement on AARR performance within a dynamic paradigm.

Methods: Sixty participants were tested using Implicit Relational Assessment Procedure (IRAP), including symbolic stimuli (e.g., “)”) and “!!!”) and contextual cues (OST, UNR, ALB), in a between-subjects design. Task complexity (Low vs. High) was manipulated, and performance was assessed across two consecutive measurement points (Set1, Set2). Data from 5,077 trials were analyzed using Generalized Linear Mixed Models (GLMM) in SPSS.

Results: For Response Time (RT), a significant Measurement Point×Complexity interaction was observed ($\beta=0.260$, $P<0.001$). Simple slopes analysis revealed a crossover pattern: RT increased from Set1 to Set2 in low-complexity trials (3.89 ms to 4.28 ms) and decreased in high-complexity trials (4.12 ms to 3.49 ms). For accuracy, only the main effect of Measurement Point was significant ($\beta=-1.243$, $OR=0.288$, $P<0.001$), indicating a general decline at the second measurement. The main effect of Complexity ($P=0.837$) and the interaction ($P=0.291$) were not significant for accuracy.

Conclusion: The crossover interaction for RT indicates that task complexity moderates the effect of repeated measurement on processing efficiency. These findings suggest that complexity shapes cognitive demand and adaptive potential, and that simple versus complex relational networks engage distinct adaptive processes over time.

Citation: Jamaloo A, Hasani J, Mohammadkhani Sh. The interactive effects of complexity and measurement repetition on relational networks: A hyper-dimensional multi level approach. *Advances in Cognitive Sciences*. 2025;27(4):57-74.

Extended Abstract

Introduction

Understanding the mechanisms underlying human language and cognition has long been a central challenge in psychology. Relational Frame Theory (RFT) posits Arbitrary Applicable Relational Responding (AARR) as

the core process enabling humans to form and apply relational frames in novel contexts. The Hyper-Dimensional Multilevel (HDML) framework extends RFT by operationalizing complexity as a critical dimension influenc-

ing cognitive processing and relational learning. Complexity, in this context, quantifies the task's structural intricacy through the density, number, and interconnections of its relational components, directly correlating with augmented cognitive load and heightened working memory requirements. While previous studies have explored the role of complexity in relational learning, the dynamic interaction between complexity and repeated exposure over time remains underexplored. This study aimed to investigate how complexity moderates the effects of repeated measurement on AARR performance within a dynamic, clinically relevant paradigm.

By examining changes in RT and accuracy across two measurement points, the research sought to uncover how complexity behaves in accordance with changes in temporal variables. The findings contribute to the development of more effective interventions in clinical and educational settings by highlighting the differential impact of complexity on cognitive processes. Additionally, the study aligns with recent calls for more ecologically valid and functionally dynamic paradigms in RFT research, emphasizing the importance of contextual and temporal factors in shaping relational responding.

Methods

Sixty native Persian-speaking participants were recruited from the Karaj Campus of Kharazmi University using flyers and were randomly assigned to either a Low or High complexity condition. The study employed a between-subjects design, with each participant completing the task under only one complexity condition. Each participant received a gift card valued at 1,000,000 IRR (approximately 1.5 USD) as compensation for participation.

The experimental paradigm was based on the Implicit Relational Assessment Procedure (IRAP), using symbolic stimuli (e.g., “)”), “!!!”) and contextual cues (OST, UNR, ALB) to elicit relational responding. Complexity

was manipulated by introducing a new relational element (“+++”) and varying the relational structure (e.g., $E>A=B>C=D$ for low complexity vs. $A=B>E>C=D$ for high complexity).

Performance was assessed at two consecutive measurement points (Set1 and Set2) to examine the effects of repeated exposure. A total of 5,077 trials were collected and analyzed using Generalized Linear Mixed Models (GLMM) in SPSS. The primary measures were RT and accuracy. RT was modeled using a Gamma distribution with a log link function, while accuracy was modeled using a binomial distribution with a logit link function. Fixed effects included measurement point, complexity, and their interaction. Random intercepts were included for participant ID to account for individual variability. The study was conducted in a controlled laboratory environment using a standardized computer setup to ensure consistency in stimulus presentation and response recording.

All participants provided informed consent, and the study was approved by the Institutional Review Board (IRB) of the Kharazmi University. The experimental procedure was designed to mimic clinical simulation, allowing for the assessment of relational learning in a context that closely resembles real-world cognitive demands.

Results

Descriptive statistics were calculated for participants' performance across the four experimental conditions (Complexity×Measurement Point). Overall, accuracy was relatively high in the first measurement point, but a general decline in accuracy was observed in the second measurement. RT, on the other hand, showed a clear pattern of variation across conditions, with notable differences between low and high complexity trials.

To further examine the effects of complexity and repeated measurement on performance, GLMM were employed. The final model estimates are summarized

in Table 1. The analysis revealed a significant interaction between measurement point and complexity for RT ($\beta=0.260$, $SE=0.030$, $t=8.67$, $P<0.001$). Simple slopes analysis indicated a crossover pattern: In low-relational-complexity trials, RT increased from Set1 ($M=3.89$ ms) to Set2 ($M=4.28$ ms), while in high-relational-complexity trials, RT decreased from Set1 ($M=4.12$ ms) to Set2 ($M=3.49$ ms).

These findings suggest that repeated exposure to high-relational-complexity tasks leads to improved processing efficiency, whereas low-relational-complexity tasks may result in a decline in performance over time.

In contrast, the main effect of Measurement Point was significant for accuracy ($\beta=-1.243$, $SE=0.149$, $z=-8.34$, $P<0.001$), indicating a general decline in accuracy at the second measurement point. However, neither the main effect of Complexity ($\beta=-0.038$, $SE=0.186$, $z=-0.20$, $P=0.837$) nor the interaction between Complexity and Measurement Point ($\beta=-0.187$, $SE=0.179$, $z=-1.05$, $P=0.291$) reached statistical significance for accuracy. These results highlight the differential impact of complexity on processing speed versus accuracy, with complexity playing a more pronounced role in modulating RT than in influencing accuracy.

The observed patterns suggest that high-relational-complexity tasks may initially impose a greater cognitive load but allow for more substantial improvements in efficiency through repeated exposure. In contrast, low-relational-complexity tasks may become less engaging over time, leading to a decline in performance. These findings support the HDML framework's assertion that complexity is a dynamic and modulatory factor in relational learning.

Conclusion

The observed crossover interaction in RT provides strong evidence that Complexity moderates the effect of repeated measurement on processing efficiency. The findings

suggest that complexity is not merely a passive characteristic of the task but an active determinant of cognitive demand and adaptive potential.

The differential patterns observed in low- and high-relational-complexity conditions indicate that individuals may engage in distinct adaptive processes depending on the relational demands of the task. Specifically, repeated exposure to high-relational-complexity tasks appears to facilitate the development of more efficient processing strategies, whereas low-relational-complexity tasks may lead to a decline in performance over time.

These results have significant implications for the design of relational learning interventions, particularly in contexts where cognitive flexibility and adaptability are critical. Future research should explore the mechanisms underlying these adaptive processes and investigate how they can be optimized through targeted training and contextual manipulation to design more effective cognitive interventions. Additionally, the study highlights the importance of using ecologically valid paradigms, reflecting the dynamic and interactive nature of real-world therapeutic settings.

By incorporating repeated measurement and complexity manipulation, this research contributes to the growing body of evidence supporting the HDML framework and its potential applications in clinical and educational settings.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was conducted in accordance with the ethical standards of the Declaration of Helsinki and the National Ethical Guidelines for Biomedical Research Involving Humans. All procedures involving human participants were approved by the Institutional Review Board (IRB) of Kharazmi University (Ethics Code: IR.KHU.REC.1402.119). Participants were fully informed about the nature of the study and provided written informed

consent before participation. The study ensured confidentiality and anonymity of all participants, and no personal identifying information was collected. Furthermore, participants were assured that they could withdraw from the study at any stage without providing a reason and without facing any negative consequences.

Authors' contributions

All authors contributed to the design of the study, data collection, and analysis. The first author was primarily responsible for the literature review and drafting of the manuscript. The second author contributed to the statistical analysis and interpretation of results. The third author provided critical feedback on the manuscript and supervised the overall research process.

Funding

This research received no specific grant from any funding agency in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Acknowledgments

The authors would like to thank the participants for their time and effort in completing the study. The authors also acknowledge the support of the research team at the Department of Psychology for their assistance in data collection and technical support.

Conflict of interest

The authors declared no conflicts of interest regarding the publication of this study.

اثر تعاملی پیچیدگی و تکرار اندازه‌گیری بر شبکه‌های ارتباطی: مطالعه‌ای با رویکرد فرا ابعادی چند سطحی

علیرضا جمالو^۱ (ID)، جعفر حسنی^{۲*} (ID)، شهرام محمدخانی^۲

۱. دانشجوی دکتری روان‌شناسی بالینی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه خوارزمی
 ۲. استاد روان‌شناسی بالینی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه خوارزمی

چکیده

مقدمه: بر اساس چارچوب فرا ابعادی چندسطحی (HDML)، پیچیدگی یک بُعد تحلیلی کلیدی است که پایداری و پویایی پاسخ‌دهی ارتباطی قراردادی (AARR) را شکل می‌دهد. این مطالعه با هدف بررسی تعامل نظام‌مند پیچیدگی ساختاری و تکرار سنجش بر کارایی و صحت پاسخ‌دهی ارتباطی قراردادی طراحی شد.

روش کار: در یک طرح بین گروهی، ۶۰ شرکت‌کننده در دو گروه ۳۰ نفره قرار گرفتند. با کنترل تعامل محرک‌ها، یک فضای بالینی شبیه‌سازی شد. این فرایند شامل ۳۲ مرحله آموزش و آزمون با محرک‌های نمادین جدید (مانند "!!!") و نشان‌گرهای بافتاری (ALB، UNR، OST) بود. پیچیدگی (پایین، بالا) به عنوان یک عامل بین گروهی دستکاری شد و عملکرد در دو نقطه سنجش متوالی (نوبت اول و نوبت دوم) اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از مدل‌های خطی تعمیم‌یافته آمیخته (GLMM) تحلیل شدند.

یافته‌ها: برای زمان پاسخ، یک اثر تعامل معنادار بین نقطه سنجش و پیچیدگی مشاهده شد ($\beta = 0.062, P < 0.01$). تحلیل شیب‌های ساده الگوی تقاطعی را نشان داد: در شرایط پیچیدگی پایین، زمان پاسخ از نوبت اول به نوبت دوم افزایش یافت (۳/۹۸ به ۴/۲۸ میلی‌ثانیه)، در حالی که در شرایط پیچیدگی بالا، زمان پاسخ کاهش یافت (۴/۱۲ به ۳/۴۹ میلی‌ثانیه). برای دقت، تنها اثر اصلی معنادار مربوط به نقطه سنجش بود ($\beta = -0.243, OR = 0.228, P < 0.01$). اثر تعامل برای دقت معنادار نبود ($P = 0.291$).

نتیجه‌گیری: یافته‌ها نشان می‌دهند که پیچیدگی ساختاری شبکه، الگوی تغییر کارایی پردازش در طول زمان را به طور کیفی تعدیل می‌کند. این الگوی تقاطعی با مفروضات چارچوب فرا ابعادی چندسطحی درباره نقش پویا و تنظیم‌گر پیچیدگی همسو است.

دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۱۳

اصلاح نهایی: ۱۴۰۵/۰۱/۲۶

پذیرش: ۱۴۰۵/۰۱/۳۰

واژه‌های کلیدی

نظریه چارچوب ارتباطی
 پاسخ‌دهی ارتباطی قراردادی
 چارچوب فرا ابعادی چندسطحی
 پیچیدگی

نویسنده مسئول

جعفر حسنی، استاد روان‌شناسی بالینی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه خوارزمی

ایمیل: Hasanimehr57@khu.ac.ir



doi.org/10.30514/ics.27.4.57

مقدمه

تدوین یک نظریه جامع و بررسی شناخت و تفکر در روان‌شناسی یک چالش مستمر بوده است. نظریه چارچوب ارتباطی ((Relational (RFT frame theory) به عنوان یک نظریه رفتاری، زبان و شناخت انسان را بر اساس پاسخ‌دهی ارتباطی قراردادی تبیین می‌کند. این نوع پاسخ‌دهی به عنوان یک کنشگر تعمیم‌یافته در نظر گرفته می‌شود که از طریق آموزش با مثال‌های متعدد شکل می‌گیرد و تحت کنترل نشان‌گرهای

بافتاری قرار می‌گیرد، نه ویژگی‌های فیزیکی محرک‌ها (۱، ۲). پاسخ‌دهی ارتباطی قراردادی به توانایی یاد گرفته شده برای پاسخ دادن به روابط میان محرک‌ها (مانند «بزرگ‌تر از»، «همانند»، «مخالف») به شیوه‌های انعطاف‌پذیر، تعمیم‌پذیر و حساس به نشان‌گرهای بافتاری اشاره دارد، حتی زمانی که این روابط نسبت به ابعاد غیرقراردادی مانند اندازه، شکل یا مکان فضایی، کاملاً قراردادی و دلخواه باشند (۱، ۳).

زمانی یادگیری ارتباطی را آشکار نمی‌کند (۸). این پارادایم‌های ایستا برای نشان دادن پدیده‌های بنیادی نظریه چارچوب ارتباطی (تشکیل کلاس‌های هم‌ارزی، التزام متقابل و ترکیبی، دگرگونی کارکردهای محرک) ضروری و غیرقابل‌انکار بوده‌اند؛ اما اهرم تحلیلی محدودی برای درک چگونگی سازمان‌یابی مجدد شبکه‌های ارتباطی در پاسخ به تغییرات تقاضاهای بافتاری در طول زمان فراهم می‌آورند (۳، ۶). مدل‌های فرایندمحور بالینی به طور فزاینده‌ای بر ضرورت ثبت الگوهای پویای پاسخ‌دهی ارتباطی قراردادی در بستر طبیعی، در طول جلسات درمانی و تعاملات درمانی تأکید کرده‌اند (۹، ۱۰). با این حال، ابزارهای تجربی مورد استفاده برای اعتبارسنجی این مدل‌ها همچنان عمدتاً به خلاصه‌های ایستا و مقطعی وابسته باقی مانده‌اند (۴، ۷).

پژوهش‌های اخیر با استفاده از تکالیف مبتنی بر فرایند ارزیابی ارتباطی ضمنی ((Implicit Relational Assessment Procedure (IRAP))، گام‌هایی در جهت واکاوی جنبه‌های پویای عملکرد برداشته‌اند (۱۱، ۱۲). با این وجود، حتی در این تحلیل‌های دقیق‌تر، پیچیدگی معمولاً به عنوان یک ویژگی ثابت مجموعه محرک‌ها در نظر گرفته می‌شود، نه به عنوان بعدی که خود پویایی‌های زمانی پاسخ‌دهی ارتباطی قراردادی را تعدیل کند و از آن تأثیر بپذیرد (۱۲). به عبارت ساده‌تر، نقش زمان و تغییرات عملکرد در طول زمان در شکل‌دادن به پیچیدگی، همچنان به طور نظام‌مند روشن نشده است.

به موازات این تحولات، رویکردهای فرایندمحور در درمان شناختی-رفتاری خواستار تحلیل‌های ایدیوگرافیک و شبکه‌محور از فرایندهای روان‌شناختی در قالب اندازه‌گیری‌های مکرر شده‌اند؛ با این حال، مطالعات تجربی در حوزه نظریه چارچوب ارتباطی به ندرت پیچیدگی را به عنوان یک تعدیل‌گر پویا عملیاتی کرده‌اند (۷، ۱۰). Harte و Barnes-Holmes به تازگی استدلال کرده‌اند که نظریه چارچوب ارتباطی و چارچوب فرا ابعادی چندسطحی را می‌توان به صورت منسجم‌تری در چارچوب یک دیدگاه میدان‌محور بین‌رفتاری تفسیر کرد؛ دیدگاهی که در آن رویدادهای روان‌شناختی به عنوان میدان‌های زمانی گسترده‌ای از تعامل کارکردهای پویای ارگانیزم محیط تحلیل می‌شوند، نه به عنوان پاسخ‌های گسسته به محرک‌های ایستا (۷). بر اساس این دیدگاه، ابزارهایی نباید فرایند ارزیابی ارتباطی ضمنی نباید صرفاً به عنوان شاخص‌های یک‌باره سازه‌های نهفته تلقی شوند، بلکه باید به عنوان ابزارهایی برای ردیابی چگونگی تحول پاسخ‌دهی ارتباطی در طول زمان، در عرض بلوک‌ها و در مواجهه با تقاضاهای بافتاری در حال تغییر به کار گرفته شوند (۷، ۱۲).

مطالعه حاضر به طور مستقیم به این شکاف پژوهشی می‌پردازد و این

این ظرفیت، امکان روابط جدید میان محرک‌ها را بدون آموزش مستقیم فراهم می‌آورد-پدیده‌ای که در کانون رفتار نمادین، استدلال قیاسی، استعاره و رفتار قاعده‌محور قرار دارد (۱، ۴).

در نظریه چارچوب ارتباطی، پاسخ‌دهی ارتباطی قراردادی به رفتار فرد در قبال چارچوب‌های ارتباطی اشاره دارد. چارچوب‌های ارتباطی ارتباطات بین محرک‌ها را مشخص می‌کند که با سه ویژگی اصلی شناخته می‌شود: التزام متقابل، التزام ترکیبی و تغییر کارکردهای محرک (۳، ۵). شبکه‌های ارتباطی، مجموعه‌ای از چارچوب‌های ارتباطی به هم پیوسته (مانند هم‌ترازی، مقایسه، سلسله‌مراتب، زمانی، تمایز و ...) میان چندین محرک یا رویداد هستند (۱، ۳، ۶).

چارچوب فرا ابعادی چندسطحی این نظریه پایه را با مفهوم‌سازی پاسخ‌دهی ارتباطی با در نظر گرفتن ویژگی‌های پویای پاسخ‌دهی ارتباطی گسترش می‌دهد؛ ویژگی‌هایی که در پنج سطح و چهار بُعد مفهوم‌پردازی می‌شوند (۵، ۶). در چارچوب فرا ابعادی چندسطحی، پنج سطح عبارتند از: التزام متقابل، چارچوب‌دهی ارتباطی، شبکه‌سازی ارتباطی، ارتباط‌دادن روابط، و ارتباط دادن شبکه‌های ارتباطی. این سطوح در چهار بعد انسجام، پیچیدگی، استنتاج، و انعطاف‌پذیری قابل بررسی‌اند. هر پاسخ‌دهی ارتباطی قراردادی را می‌توان در یک فضای فرا ابعادی، بر اساس موقعیت آن در هر یک از این ابعاد در یک مقطع زمانی مشخص، مکان‌یابی کرد (۵، ۶). در چارچوب فرا ابعادی چندسطحی، پیچیدگی به تعداد محرک‌ها یا روابط و جزئیات در هر سطح اشاره دارد. برای مثال، یک شبکه ارتباطی شامل ۱۰ محرک، در مقایسه با شبکه‌ای شامل ۵ محرک، از پیچیدگی بیشتری برخوردار است (۵، ۶). نکته مهم آن است که چارچوب فرا ابعادی چندسطحی تصریح می‌کند پیچیدگی به صورت پویا با سایر ابعاد تعامل دارد؛ به گونه‌ای که تغییر در یک بُعد می‌تواند در طول زمان و بافت، تغییر در ابعاد دیگر را محدود یا تسهیل کند (۵، ۷).

با وجود این پیشرفت‌های نظری، ادبیات تجربی در حوزه نظریه چارچوب ارتباطی و چارچوب فرا ابعادی چندسطحی عمدتاً بر پارادایم‌های آزمایشی ایستا متکی بوده است؛ پارادایم‌هایی که در آنها پیچیدگی ارتباطی به عنوان یک ویژگی ثابت و از طریق ساختار تکلیف یا شاخص‌های عملکرد تجمیعی عملیاتی می‌شود، نه از طریق بررسی تحول پاسخ‌دهی در طول زمان و در مواجهه‌های مکرر. روش‌های همانندسازی با نمونه و اجراهای متداول روش ارزیابی ارتباطی ضمنی، معمولاً شرکت‌کنندگان را در معرض پیامدهای ارتباطی ثابت قرار می‌دهند و سپس زمان‌های پاسخ و دقت را در عرض بلوک‌ها یا انواع کوشش میانگین‌گیری می‌کنند. این رویه، سازگاری کوتاه‌مدت، تغییرپذیری درون‌فردی، و پویایی‌های

بر اساس این چارچوب نظری، دو فرضیه تدوین شد. فرضیه نخست به زمان پاسخ مربوط بود: پیش‌بینی شد که یک اثر تعامل تقاطعی معنادار بین پیچیدگی و نقطه سنجش مشاهده شود. به طور مشخص، انتظار می‌رفت شرکت‌کنندگان در شرایط پیچیدگی بالا در سری ۱ زمان‌های پاسخ کندتری نشان دهند که بازتاب‌دهنده بار شناختی اولیه بیشتر است. همچنین پیش‌بینی شد این زمان‌های پاسخ از سری ۱ به سری ۲ به طور معناداری کاهش یابد که نشان‌دهنده سازگاری پویا و افزایش انسجام در شبکه ارتباطی است. در مقابل، انتظار می‌رفت شرکت‌کنندگان در شرایط پیچیدگی پایین در سری ۱ زمان‌های پاسخ سریع‌تری نشان دهند که بیانگر تسلط سریع بر تکلیف است؛ اما در سری ۲ زمان‌های پاسخ آنان پایدار بماند یا افزایش یابد که می‌تواند بازتاب‌دهنده رسیدن به سقف عملکرد و در پی آن کاهش درگیری شناختی، تحریک‌پذیری پایین‌تر یا رانش توجه باشد. چنین الگوی تقاطعی نشان می‌دهد که پیچیدگی، نرخ و مسیر سازگاری پاسخ‌دهی ارتباطی قراردادی را تعدیل می‌کند، نه آن که صرفاً بار پردازشی ثابتی را تحمیل نماید (۵، ۶، ۱۲).

طبق فرضیه دوم پیش‌بینی شد یک اثر اصلی نقطه سنجش مشاهده شود، به گونه‌ای که دقت از سری ۱ به سری ۲ در هر دو پیچیدگی کاهش یابد. این کاهش به عوامل غیراختصاصی مانند خستگی یا افت انگیزش نسبت داده می‌شود. با توجه به این که در طول آزمایش، معیار یادگیری دقت پاسخ بیش از ۸۰ درصد تعیین شده بود و امکان افزایش چشمگیر دقت محدود بود، انتظار می‌رفت با طولانی‌شدن آزمایش اثر خستگی بر دقت پاسخ آشکار شود. با این حال، پیش‌بینی نشد که تعامل معناداری بین پیچیدگی و نقطه سنجش برای دقت وجود داشته باشد.

پژوهش حاضر نشان می‌دهد که چگونه پارادایم‌های تجربی مبتنی بر چارچوب فرا ابعادی چندسطحی می‌توانند شکاف میان پژوهش‌های پایه در نظریه چارچوب ارتباطی و مدل‌های فرایندمحور بالینی را کاهش دهند؛ شکافی که از طریق مفهوم‌سازی پیچیدگی به عنوان پارامتری قابل تنظیم - که مسیر سازگاری شناختی را در طول جلسات و درون جلسات شکل می‌دهد - قابل پر شدن است.

روش کار

طرح پژوهش

این مطالعه از یک طرح آزمایشی بین‌آزمودنی 2×2 استفاده کرد. متغیر مستقل بین‌گروهی، پیچیدگی ارتباطی بود که در دو سطح (پایین و بالا) دستکاری شد. متغیر مستقل درون‌گروهی، نقطه سنجش بود که

پرسش را مطرح می‌کند: پیچیدگی شبکه ارتباطی چگونه پاسخ‌دهی ارتباطی قراردادی را تحت تاثیر قرار می‌دهد؟ این پرسش از طریق بررسی تغییرات عملکرد در تکلیف فرایند ارزیابی ارتباطی ضمنی در دو نقطه سنجش متوالی، عملیاتی شده است. اهمیت نظری این پرسش در آن است که آزمون مستقیم از یکی از پیش‌بینی‌های محوری چارچوب فرا ابعادی چندسطحی فراهم می‌آورد؛ یعنی این فرض که پیچیدگی به عنوان یک تعدیل‌گر پویا در فرایند سازگاری عمل می‌کند، نه صرفاً به عنوان یک ویژگی ایستای تکلیف (۵، ۶).

اهمیت عملی این پرسش در کاربردهای آن برای طراحی مداخلات فرایندمحور در محیط‌های بالینی و آموزشی نهفته است. در این محیط‌ها، متخصصان بالینی و مربیان نه تنها باید تعیین کنند کدام شبکه‌های ارتباطی را هدف قرار دهند، بلکه لازم است تصمیم بگیرند چگونه مواجهه با مواد ارتباطی پیچیده را به گونه‌ای توالی‌بندی و تکرار کنند که سازگاری کارآمد و در عین حال انعطاف‌پذیر تسهیل شود (۱۰). اگر نشان داده شود که پیچیدگی ارتباطی به طور نظام‌مند مسیرهای سازگاری را در طول تمرین مکرر تعدیل می‌کند، آنگاه می‌توان پیچیدگی را به عنوان یک متغیر قابل تنظیم در طراحی مداخله در نظر گرفت.

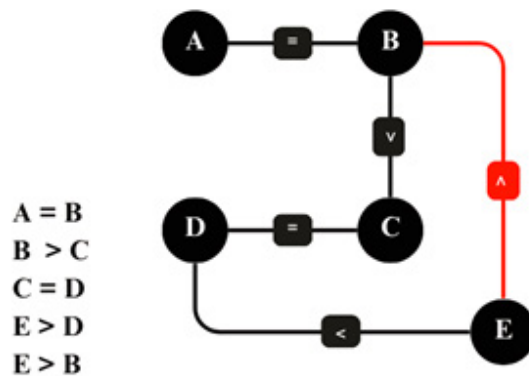
برای پاسخ به این پرسش، از یک پارادایم شبیه‌سازی بالینی پویا استفاده شد که اصول چارچوب فرا ابعادی چندسطحی را به طور مستقیم در یک طرح فرایند ارزیابی ارتباطی ضمنی بین‌آزمودنی ادغام می‌کرد. شصت شرکت‌کننده به طور تصادفی به یکی از دو پیچیدگی (هر گروه ۳۰ نفر) گمارده شدند. پیچیدگی از طریق دستکاری جایگاه محرک E در میان محرک‌های A، B، C، و D در یک شبکه ارتباطی نمادین، کنترل شد. در شرایط پیچیدگی پایین، شبکه محرک جدید E را در رأس شبکه قرار می‌داد ($D=C<B=A<E$). در شرایط پیچیدگی بالا، E در میانه دو لایه از روابط هم‌تراز قرار می‌گرفت ($D=C<E<B=A$). این ساختارها به گونه‌ای انتخاب شدند که از نظر تعداد و آرایش روابط مقایسه‌ای، شباهت کافی برای کنترل متغیرهای مزاحم را داشته باشند. بدین ترتیب، بعد پیچیدگی در فضای فرا ابعادی چندسطحی به طور نظام‌مند دستکاری شد (۵).

عملکرد شرکت‌کنندگان (زمان پاسخ و دقت) در دو نقطه سنجش متوالی و کاملاً یکسان (سری ۱ و سری ۲) اندازه‌گیری شد. هر سری شامل توالی کامل بلوک‌های آموزش و آزمون مورد نیاز برای ایجاد و ارزیابی شبکه ارتباطی کامل بود. این طرح برای نخستین بار امکان تحلیل دقیق چگونگی تحول پاسخ‌دهی اولیه به شبکه‌هایی با سطوح متفاوت پیچیدگی را در مواجهه‌های مکرر و بی‌درنگ فراهم ساخت.

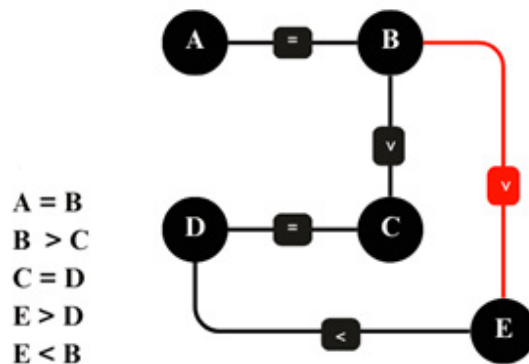
تعریف شد. در این شرایط، E در میانه سلسله‌مراتب و میان دو لایه روابط هم‌تراز قرار می‌گرفت. این جایگاه مستلزم برقراری همزمان رابطه «کوچکتر از» با A و B و رابطه «بزرگ‌تر از» با C و D بود. این ساختار به طور نظام‌مند درهم‌تنیدگی روابط را افزایش می‌داد.

یک رابطه «بزرگ‌تر از» ساده با شبکه برقرار می‌کرد. این ساختار نیازمند یک سطح استنتاج برای یکپارچه‌سازی E بود و درهم‌تنیدگی روابط نسبتاً پایینی داشت. شرایط پیچیدگی بالا: ساختار شبکه به صورت $D=C<E<B=A$

پیچیدگی پایین



پیچیدگی بالا



شکل ۱. شماتیک ساختار شبکه‌های ارتباطی در دو پیچیدگی

مرحله ۱: آشنایی با کلیدهای پاسخ: شرکت‌کنندگان با کلیدهای پاسخ (D) برای گزینه چپ و 'K' برای گزینه راست) بر روی صفحه کلید فارسی آشنا شدند و یک بلوک تمرینی ساده شامل ۱۶ کوشش را اجرا کردند.

مرحله ۲: یادگیری نشانگرهای بافتاری: معنای سه نشانگر OST (همانند)، UNR (بزرگ‌تر از)، و ALB (کوچک‌تر از) به شرکت‌کنندگان آموزش داده شد. این آموزش شامل جملات حاوی عدد و نشانگر بافتاری بود. پس از هر آموزش، یک بلوک آزمون اجرا گردید. در مرحله

شکل ۱ شماتیک ساختار شبکه‌های ارتباطی در دو پیچیدگی گره‌های A, B, C, D, E و فلش‌های جهت‌دار که روابط «بزرگ‌تر از» و «همانند» را نشان می‌دهد.

روش اجرا

پس از اخذ رضایت‌نامه آگاهانه و ارائه توضیحی مختصر درباره فرایند آزمایش، هر شرکت‌کننده به صورت انفرادی در یک اتاق آرام و کنترل‌شده (با نور و صدا ثابت) پشت رایانه قرار گرفت. کل فرآیند آزمایش ۵۵ تا ۷۰ دقیقه به طول انجامید و شامل مراحل زیر بود:

آزمون، بازخورد به صورت محرک‌های تصویری ارائه می‌شد.

مرحله ۳ و ۴: ایجاد کارکرد اولیه: به شرکت‌کنندگان آموزش داده شد که برای هر نماد «!!!» و «(())» چند بار کلید فاصله را فشار دهند تا کارکرد اولیه برای مقایسه ایجاد شود.

آموزش روابط پایه: روابط میان نمادهای A, B, C, و D با استفاده از فرایند ارزیابی ارتباطی ضمنی آموزش داده شد. به شرکت‌کنندگان نشان داده شد. در ابتدا کارکرد دو محرک ((و !!! آموزش داده و آزمون شد. سپس با استفاده از فرایند ارزیابی ارتباطی ضمنی روابط بین این دو محرک آموزش داده شد و سپس آزمون شد. بعد کارکرد محرک ((, سپس رابطه بین این محرک با !!! آموزش داده شد. برای آزمون روابط از رابطه‌های بین هر ۳ محرک آزمون انجام شد. به همین ترتیب کارکرد محرک ??? و رابطه با محرک ((آموزش داده شد و در نهایت کل شبکه پایه شامل چهار محرک آزمون شد.

مرحله ۵: معرفی محرک جدید و دستکاری پیچیدگی: نماد «+++» به عنوان عنصر E معرفی شد. سپس، بسته به گروه‌بندی تصادفی، رابطه این محرک جدید با شبکه پایه آموزش داده شد.

در ابتدا در هر دو گروه رابطه $D < E$ آموزش داده و آزمون شد.

در گروه پیچیدگی پایین: رابطه $B < E$ آموزش داده شد.

در گروه پیچیدگی بالا: رابطه $B < E$ آموزش داده شد.

پس از آموزش، شبکه کامل برای نخستین بار آزمون شد. این مرحله، سری ۱ (سنجش اول) را تشکیل داد.

مرحله ۶: استراحت کوتاه: شرکت‌کنندگان یک دقیقه استراحت کوتاه داشتند.

مرحله ۷: سنجش مکرر: کل روند آموزش و آزمون شبکه کامل (مراحل ۳، ۴ و ۵) دقیقاً تکرار شد تا سری ۲ (سنجش دوم) به دست آید.

در مجموع، از مجموع ۶۰ شرکت‌کننده، ۵۰۷۷ کوشش معتبر ثبت شد (پس از حذف داده‌های پرت و پاسخ‌های ناصحیح از تحلیل زمان پاسخ) و مورد تحلیل قرار گرفت.

متغیرهای وابسته

دو متغیر وابسته اصلی در این مطالعه عبارت بودند از:

۱) زمان پاسخ: مدت زمان (بر حسب میلی‌ثانیه) از لحظه ارائه محرک نمونه تا ثبت پاسخ توسط شرکت‌کننده.

۲) دقت پاسخ: نسبت پاسخ‌های صحیح به کل کوشش‌ها در هر بلوک آزمون. دقت به صورت یک متغیر دو جمله‌ای (صحیح=۱، ناصحیح=۰) کدگذاری شد.

تحلیل داده‌ها

با توجه به ساختار سلسله‌مراتبی داده‌ها (کوشش‌های تکراری در

داده‌های یک شرکت‌کننده) و نقض مفروضه‌های تحلیل‌های واریانس سنتی (مانند استقلال مشاهدات و نرمال بودن توزیع خطاها)، از مدل‌های خطی تعمیم‌یافته آمیخته برای تحلیل داده‌ها استفاده شد. تحلیل‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ انجام گرفت.

پیش‌پردازش داده‌ها: داده‌های زمان پاسخ از نظر مقادیر پرت بررسی شدند. کوشش‌هایی که زمان پاسخ آنها بیش از ۳ انحراف معیار از میانگین هر شرکت‌کننده فاصله داشتند، به عنوان داده پرت شناسایی و از تحلیل زمان پاسخ حذف شدند.

مدل زمان پاسخ: زمان پاسخ یک متغیر پیوسته با چولگی مثبت بود؛ بنابراین از توزیع گاما (Gamma) با تابع پیوند لگاریتمی (Log link) استفاده شد. این توزیع برای متغیرهای زمان واکنش که همواره مثبت و دارای توزیع چوله هستند، مناسب است. ساختار اثرات ثابت شامل نقطه سنجش (سری ۱ در برابر سری ۲)، پیچیدگی (پایین در برابر بالا)، و اثر تعامل دوطرفه آنها بود. یک اثر تصادفی برای عرض از مبدأ هر شرکت‌کننده به مدل اضافه شد تا تفاوت‌های فردی در سطح پایه کنترل شود.

مدل دقت پاسخ: دقت پاسخ یک متغیر دوحالتی بود؛ بنابراین از توزیع دو جمله‌ای (Binomial) با تابع پیوند لوجیت (Logit Link) استفاده شد. ساختار اثرات ثابت و تصادفی مشابه مدل زمان پاسخ بود.

برآورد پارامتر: پارامترهای هر دو مدل با استفاده از روش بیشینه‌سازی درست‌نمایی (Maximum Likelihood) برآورد شدند. سطح معناداری برای تمام آزمون‌ها ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. برای اثرات تعامل معنادار، تحلیل اثرات ساده (Simple slopes analysis) با استفاده از مقایسه میانگین‌های حاشیه‌ای برآوردی (Estimated marginal means) انجام شد.

اندازه اثر: برای مدل زمان پاسخ، ضریب بتای استاندارد نشده (β) گزارش شد. برای مدل دقت پاسخ، نسبت شانس (ratio Odds) با استفاده از تابع نمایی ضریب بتا (β^e) محاسبه و گزارش شد.

یافته‌ها

آمار توصیفی

پیش از آزمون فرضیه‌های اصلی، شاخص‌های توصیفی متغیرهای وابسته -زمان پاسخ (بر حسب میلی‌ثانیه) و دقت پاسخ (درصد صحیح)- در هر یک از چهار شرایط آزمایشی حاصل از ترکیب سطوح دو متغیر مستقل (پیچیدگی × نقطه سنجش) محاسبه شد. جدول ۲ میانگین و انحراف معیار این شاخص‌ها را به تفکیک گروه و نقطه سنجش نمایش می‌دهد. در ادامه، دو متغیر رفتاری بررسی شدند: دقت و زمان واکنش.

پیچیدگی و زمان سنجش را نمایان می‌سازد. در شرایط پیچیدگی پایین، میانگین زمان پاسخ از سری ۱ به سری ۲ افزایش یافت (از ۳۸۹۰ به ۴۲۸۱ میلی‌ثانیه)؛ در حالی که در شرایط پیچیدگی بالا، میانگین زمان پاسخ کاهش یافت (از ۴۱۲۱ به ۳۴۹۰ میلی‌ثانیه). این الگوی توصیفی اولیه با فرضیه تعامل تقاطعی همسو بود.

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، میانگین دقت در سری ۱ در هر دو پیچیدگی بالا و تقریباً یکسان بود (به ترتیب ۹۴/۳ درصد و ۹۳/۸ درصد). با این حال، در سری ۲ کاهش قابل توجهی در دقت هر دو گروه مشاهده شد (۸۷/۵ درصد و ۸۶/۱ درصد). در مقابل، الگوی زمان پاسخ تفاوت‌های چشمگیرتری را نشان می‌دهد و به وضوح اثر تعامل

جدول ۲. آمار توصیفی زمان پاسخ و دقت پاسخ در شرایط مختلف آزمایشی

شرایط آزمایشی	میانگین زمان پاسخ (انحراف معیار)	میانگین دقت پاسخ (انحراف معیار)
پیچیدگی پایین - سری ۱	۳۸۹۰/۲ (۱۲۱۵/۷)	۹۴/۳ (۱/۷)
پیچیدگی پایین - سری ۲	۴۲۸۰/۸ (۱۳۹۰/۴)	۸۷/۵ (۱۱/۸)
پیچیدگی بالا - سری ۱	۴۱۲۰/۵ (۱۴۵۰/۳)	۹۳/۸ (۸/۳)
پیچیدگی بالا - سری ۲	۳۴۹۰/۱ (۱۱۷۲/۶)	۸۶/۱ (۱۳/۲)

*اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده انحراف معیار هستند. زمان پاسخ بر حسب میلی‌ثانیه و دقت پاسخ به صورت درصد گزارش شده است.

متغیر وابسته زمان پاسخ و دقت پاسخ به همراه خطای استاندارد، فاصله اطمینان ۹۵ درصد، آماره آزمون، و سطح معناداری ارائه می‌دهد.

برای آزمون فرضیه‌های پژوهش و کنترل همزمان تغییرپذیری فردی و ساختار سلسله‌مراتبی داده‌ها، از مدل‌های خطی تعمیم‌یافته آمیخته استفاده شد. جدول ۳ برآورد پارامترهای مدل نهایی را برای هر دو

جدول ۳. برآورد پارامترهای مدل‌های خطی تعمیم‌یافته آمیخته برای زمان پاسخ و دقت پاسخ

متغیر وابسته	β	SE	فاصله اطمینان ۹۵٪ برای β	آماره آزمون (t/z)	مقدار P	اندازه اثر
زمان پاسخ	سری ۱، پیچیدگی پایین	۰/۰۲۱	(۱/۳۹۹۰، ۱/۳۱۷)	t=۶۴/۶۷	۰/۰۰۱	-
	نقطه سنجش (سری ۲)	۰/۲۶۰	(۰/۳۰۱۰، ۰/۲۱۹)	t=۱۲/۳۸	۰/۰۰۱	۰/۲۶۰
	پیچیدگی (بالا)	۰/۱۶۶	(۰/۲۰۷۰، ۰/۱۲۵)	t=۷/۹۰	۰/۰۰۱	۰/۱۶۶
	نقطه سنجش × پیچیدگی	۰/۲۶۰	(۰/۳۱۹۰، ۰/۲۰۱)	t=۸/۶۷	۰/۰۰۱	۰/۲۶۰
دقت پاسخ	سری ۱، پیچیدگی پایین	۲/۵۶۷	(۳/۰۲۸، ۲/۱۰۶)	z=۱/۹۲	۰/۰۰۱	OR=۱۳/۰۴
	نقطه سنجش (سری ۲)	-۱/۲۴۳	(-۰/۹۵۱۰، -۱/۵۳۵)	z=-۸/۳۴	۰/۰۰۱	OR=۰/۲۸۸
	پیچیدگی (بالا)	-۰/۰۳۸	(۰/۳۲۶۰، -۰/۴۰۲)	z=-۰/۲۰	۰/۸۳۷	OR=۰/۹۶۳
	نقطه سنجش × پیچیدگی	۰/۱۸۷	(۰/۱۶۴۰، -۰/۵۳۸)	z=-۱/۰۵	۰/۲۹۱	OR=۰/۸۲۹

*SE=خطای استاندارد؛ β =ضریب بتای استاندارد نشده؛ OR=نسبت شانس (ratio Odds)؛ t=آماره آزمون t برای مدل زمان پاسخ؛ z=آماره آزمون z برای مدل دقت پاسخ. فواصل اطمینان ۹۵ درصد برای ضرایب بتا گزارش شده است.

۰/۰۰۱ < P). این یافته حاکی از آن است که به طور کلی، زمان پاسخ در سری ۲ نسبت به سری ۱ تغییر کرده است. همچنین، اثر

مدل خطی تعمیم‌یافته آمیخته برای زمان پاسخ، یک اثر اصلی معنادار برای نقطه سنجش نشان داد (t=۱۲/۳۸، β =۰/۲۶۰، SE=۰/۰۲۱)

اصلی معنادار برای پیچیدگی مشاهده شد ($\beta=0/166$, $SE=0/021$)، نشان‌دهنده تفاوت کلی در زمان پاسخ میان دو پیچیدگی.

مهم‌تر از همه، و مطابق با فرضیه اول پژوهش، اثر تعامل دوطرفه بین نقطه سنجش و پیچیدگی برای زمان پاسخ از نظر آماری معنادار بود ($P<0/001$, $t=8/67$, $\beta=0/260$, $SE=0/030$) برای تفسیر این تعامل، میانگین‌های برآوردی حاشیه‌ای از مدل استخراج و به واحد اصلی (میلی ثانیه) تبدیل شدند. شکل ۲ این الگوی تعاملی را به تصویر می‌کشد.

این یک نمودار خطی تقاطعی است که میانگین زمان پاسخ (میلی ثانیه) را در دو نقطه سنجش برای دو پیچیدگی نشان می‌دهد. خط مربوط به پیچیدگی پایین از سنجش اول به سنجش دوم افزایش می‌یابد، در حالی که خط مربوط به پیچیدگی بالا کاهش می‌یابد. نوارهای خطا

نشان‌دهنده فاصله اطمینان ۹۵ درصد هستند.

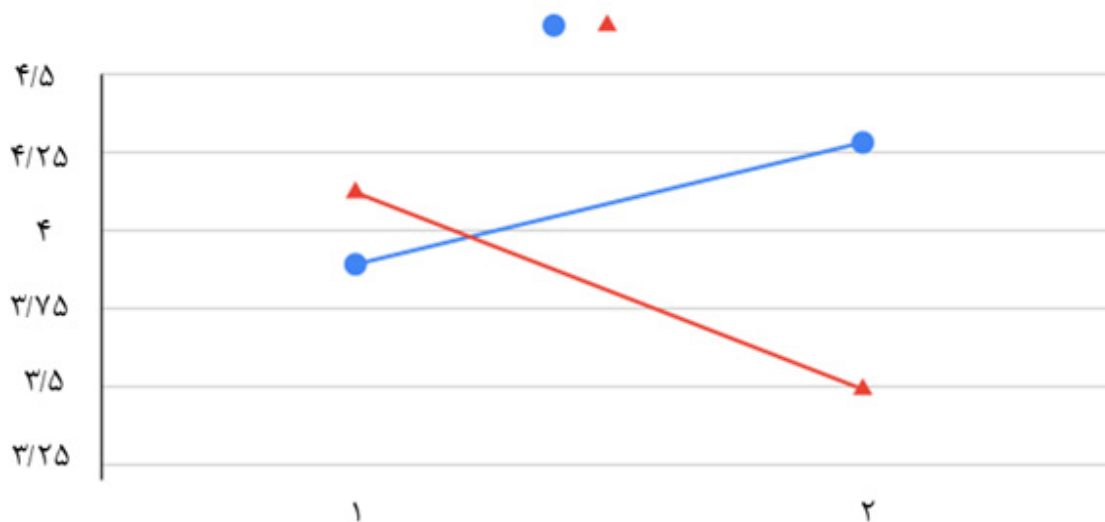
تحلیل اثرات ساده نشان داد:

در شرایط پیچیدگی پایین، میانگین زمان پاسخ از سری ۱ (۳۸۹۰ میلی ثانیه) به سری ۲ (۴۲۸۱ میلی ثانیه) به طور معناداری افزایش یافته است (تفاوت=۳۹۱ میلی ثانیه، $CI/95=[278, 504]$ ، $P<0/001$).

در شرایط پیچیدگی بالا، میانگین زمان پاسخ از سری ۱ (۴۱۲۱ میلی ثانیه) به سری ۲ (۳۴۹۰ میلی ثانیه) به طور معناداری کاهش یافته است (تفاوت=۶۳۱ میلی ثانیه، $CI/95=[-518, 744]$ ، $P<0/001$).

این الگوی تقاطعی -افزایش زمان پاسخ در شرایط پیچیدگی پایین و کاهش زمان پاسخ در شرایط پیچیدگی بالا- به طور کامل از فرضیه اول پژوهش حمایت می‌کند و نشان می‌دهد که تأثیر تکرار سنجش بر کارایی پردازش، به طور کیفی توسط پیچیدگی ساختاری شبکه ارتباطی تعدیل می‌شود.

تعامل پیچیدگی و نقطه سنجش



شکل ۲. نمودار تعامل بین نقطه سنجش (سنجش اول، سنجش دوم) و پیچیدگی (پایین، بالا) برای میانگین زمان پاسخ برآورد شده.

(توضیح: نمودار خطی با دو خط مجزا برای شرایط پیچیدگی پایین و بالا. محور افقی: نقطه سنجش (سری ۱ و سری ۲). محور عمودی: میانگین زمان پاسخ برآوردی (میلی ثانیه). خط مربوط به پیچیدگی پایین از سری ۱ به سری ۲ شیب افزایشی دارد. خط مربوط به پیچیدگی بالا از سری ۱ به سری ۲ شیب کاهشی دارد. این دو خط در میان سری ۱ و سری ۲ یکدیگر را قطع می‌کنند. نوارهای خطا نشان‌دهنده فاصله اطمینان ۹۵ درصد هستند).

یافته‌های مدل دقت پاسخ

مدل خطی تعمیم‌یافته آمیخته برای دقت پاسخ، یک اثر اصلی معنادار برای نقطه سنجش نشان داد ($z=8/34$, $\beta=1/149$, $SE=0/149$)، نسبت شانس مربوط به این اثر ۰/۲۸۸ بود ($P<0/001$, $CI/95=[0/215, 0/361]$)، که نشان می‌دهد شانس پاسخ صحیح در سری ۲، حدود ۲۸/۸ درصد شانس پاسخ صحیح در سری ۱ است. به بیان دیگر، دقت پاسخ از سری ۱ به سری ۲ به طور معناداری کاهش یافته است.

مدل خطی تعمیم‌یافته آمیخته برای دقت پاسخ، یک اثر اصلی معنادار برای نقطه سنجش نشان داد ($z=8/34$, $\beta=1/149$, $SE=0/149$)، نسبت شانس مربوط به این اثر ۰/۲۸۸ بود ($P<0/001$, $CI/95=[0/215, 0/361]$)، که نشان می‌دهد شانس پاسخ صحیح در سری ۲، حدود ۲۸/۸ درصد شانس پاسخ صحیح در سری ۱ است. به بیان دیگر، دقت پاسخ از سری ۱ به سری ۲ به طور معناداری کاهش یافته است.

در مقابله با پیچیدگی شبکه ارتباطی تعدیل می‌شود. در مقابل، کاهش عمومی دقت در سری ۲ که مستقل از پیچیدگی بود، از تفکیک کارکردی میان متغیرهای مربوط به تکلیف و متغیرهای مربوط به خستگی حکایت دارد. در ادامه، این یافته‌ها در چارچوب نظریه چارچوب ارتباطی، مدل فرا ابعادی چندسطحی، و ادبیات پژوهشی تفسیر شده، محدودیت‌های پژوهش بررسی و پیامدهای نظری و کاربردی آن برای پژوهش‌های آینده و طراحی مداخلات بالینی و آموزشی بحث می‌شوند.

پیچیدگی به عنوان تعدیل‌گر پویا

الگوی تقاطعی زمان پاسخ، شواهد تجربی ارائه می‌کند که پیچیدگی شبکه، بعدی پویا و تعدیل‌گر است، نه ویژگی ایستا (۵، ۶). در شرایط پیچیدگی بالا، زمان پاسخ اولیه طولانی‌تر بود، بازتاب‌دهنده بار شناختی اولیه بیشتر برای پاسخ‌دهی است. با این حال، مواجهه مجدد با همین شبکه در سری ۲، به کاهش معنادار زمان پاسخ منجر شد. این بهبود کارایی مشابه مفهوم فشردگی شناختی یا تشکیل طرح‌واره است (۱۵، ۱۶). بر اساس این دیدگاه، مواجهه مکرر با یک ساختار شناختی پیچیده اما پایدار، به فراگیران امکان می‌دهد تا عناصر اطلاعاتی متعدد و به‌هم‌پیوسته را در یک طرح‌واره واحد یکپارچه سازند و بدین ترتیب، بار شناختی درونی را کاهش داده و پردازش را خودکارتر و سریع‌تر انجام دهند (۱۷، ۱۸).

در مقابل، در شرایط پیچیدگی پایین، شرکت‌کنندگان به سرعت به سقف عملکرد دست یافتند و افزایش زمان پاسخ در مواجهه دوم را نشان دادند. این الگو را نمی‌توان با مدل‌های سنتی یادگیری که بهبود خطی عملکرد را با تمرین پیش‌بینی می‌کنند، تبیین کرد. بلکه این یافته با ادبیات کاهش هوشیاری و خستگی ذهنی همسو است (۱۹، ۲۰). تکلیف ساده که چالش شناختی کافی ایجاد نمی‌کنند، با گذشت زمان منجر به کاهش درگیری توجهی، رانش ذهنی، و افت انگیزش می‌شوند که خود را در افزایش زمان پاسخ و کاهش دقت نشان می‌دهد (۲۱، ۲۲). بنابراین، پیچیدگی پایین نه تنها بستری برای سازگاری شناختی فراهم نمی‌آورد، بلکه ممکن است به طور فعالانه‌ای زمینه‌ساز افول عملکرد در مواجهه مکرر شود.

این الگوی دوگانه (بهبود در شرایط پیچیده و افول در شرایط ساده) نشان می‌دهد که رابطه بین پیچیدگی و پاسخ‌دهی خطی نیست، بلکه به صورت غیر خطی قابل مفهوم‌سازی است (۲۳، ۲۴). سطح بهینه‌ای از پیچیدگی وجود دارد که در آن زمان که تکلیف به اندازه کافی چالش‌برانگیز است، اما نه آنقدر پیچیده است که از ظرفیت پردازش فراتر رود. یافته‌های ما نشان می‌دهد که این سطح بهینه در چارچوب فرا ابعادی چندسطحی، نه یک مقدار ثابت، بلکه تابعی از تعامل میان

در مقابل، اثر اصلی پیچیدگی بر دقت پاسخ معنادار نبود ($SE=0/186$)، نسبت شانس $P=0/837$ ، $Z=-0/20$ ، $\beta=-0/38$ ، $[CI/95=[0/668, 1/386]]$ ، نشان می‌دهد که پیچیدگی به خودی خود تأثیر معناداری بر دقت پاسخ نداشته است.

مهم‌تر این که، مطابق با فرضیه دوم پژوهش، اثر تعامل بین نقطه سنجش و پیچیدگی برای دقت پاسخ معنادار نبود ($SE=1/179$)، نسبت شانس $P=0/291$ ، $Z=-1/05$ ، $\beta=-0/187$ ، $[CI/95=[0/583, 1/179]]$ ، حاکی از آن است که الگوی کاهش دقت از سری ۱ به سری ۲ در دو پیچیدگی تفاوت معناداری نداشته است.

این یافته‌ها از فرضیه دوم پژوهش حمایت می‌کنند: دقت پاسخ تحت تأثیر یک عامل عمومی و غیراختصاصی (مانند خستگی یا کاهش توجه) در مواجهه دوم کاهش می‌یابد، اما این کاهش توسط پیچیدگی شبکه ارتباطی تعدیل نمی‌شود.

خلاصه یافته‌ها

به طور خلاصه، یافته‌های این مطالعه نشان دادند:

(۱) برای زمان پاسخ: یک اثر تعامل تقاطعی معنادار بین پیچیدگی و نقطه سنجش وجود دارد. زمان پاسخ در شرایط پیچیدگی بالا با تکرار کاهش می‌یابد (بهبود کارایی)، اما در شرایط پیچیدگی پایین با تکرار افزایش می‌یابد (کاهش کارایی).

(۲) برای دقت پاسخ: یک اثر اصلی معنادار برای نقطه سنجش وجود دارد (کاهش عمومی دقت در سری ۲)، اما اثر اصلی پیچیدگی و اثر تعامل آن با نقطه سنجش معنادار نیست.

این الگوی یافته‌ها، تفکیک کارکردی میان کارایی پردازش (زمان پاسخ) و دقت عملکرد (دقت پاسخ) را نشان می‌دهد. پیچیدگی ارتباطی به عنوان یک تعدیل‌گر پویا، مسیر سازگاری شناختی اختصاصی تکلیف را در زمان پاسخ شکل می‌دهد، در حالی که دقت پاسخ تحت تأثیر عوامل غیراختصاصی و عمومی‌تر قرار دارد.

بحث

هدف اصلی این پژوهش، بررسی این پرسش بود که پیچیدگی شبکه‌های ارتباطی چگونه بر پاسخ‌دهی ارتباطی قرار دادی اثر می‌گذارد. یافته‌های مطالعه حاضر، مطابق با فرضیه‌ها از این دیدگاه حمایت قوی به عمل آوردند که پیچیدگی یک تعدیل‌گر پویا است، نه صرفاً یک ویژگی ایستای مربوط به تکلیف یا شرکت‌کننده. اثر تعامل تقاطعی معنادار برای زمان پاسخ (کاهش زمان پاسخ در شرایط پیچیدگی بالا و افزایش آن در شرایط پیچیدگی پایین از سری ۱ به سری ۲) به طور تجربی نشان داد که تأثیر تکرار و تمرین بر پاسخ‌دهی، به طور کیفی توسط

پیچیدگی، تکرار، و انسجام است (۵، ۷).

تفکیک کارکردی زمان پاسخ و دقت: مفاهیم روش‌شناختی و نظری

یکی از یافته‌های برجسته این مطالعه، تفکیک کارکردی میان الگوهای حاکم بر زمان پاسخ و دقت پاسخ بود. در حالی که زمان پاسخ یک الگوی تعاملی پیچیده و وابسته به پیچیدگی نشان داد، دقت پاسخ صرفاً یک کاهش عمومی و مستقل از پیچیدگی را در سری ۲ ثبت کرد. این الگو را نمی‌توان با مدل کلاسیک مبادله سرعت-دقت تبیین کرد (۲۵، ۲۶). اگر چنین مبادله‌ای وجود داشت، می‌بایست شاهد افزایش دقت در شرایطی می‌بودیم که زمان پاسخ افزایش یافته است (پیچیدگی پایین، سری ۲) و کاهش دقت در شرایطی که زمان پاسخ کاهش یافته است (پیچیدگی بالا، سری ۲). اما آنچه مشاهده شد، کاهش همزمان دقت در هر دو شرایط بود، فارغ از افزایش یا کاهش زمان پاسخ.

این تفکیک کارکردی، پیامدهای مهمی برای سنجش و تفسیر عملکرد در پژوهش‌های مبتنی بر نظریه چارچوب ارتباطی و چارچوب فرا ابعادی چندسطحی دارد:

اول، شاخص‌های متفاوت عملکرد، فرایندهای روان‌شناختی متفاوتی را منعکس می‌کنند. زمان پاسخ، به ویژه در تکالیفی که دقت آنها به سطح مطلوبی رسیده است، به عنوان یک شاخص پردازش کارآمد عمل می‌کند که به تغییرات پاسخ‌دهی ارتباطی قراردادی حساس است (۵، ۱۲). در مقابل، دقت پاسخ بیشتر به عوامل غیراختصاصی و فرایندی مانند خستگی، انگیزش، و توجه پایدار وابسته است (۱۹، ۲۷). بنابراین، تکیه صرف بر دقت پاسخ به عنوان تنها شاخص عملکرد، ممکن است پویایی‌های مهم سازگاری شناختی را نادیده بگیرد.

دوم، کاهش عمومی دقت در سری ۲، صرف‌نظر از پیچیدگی، اهمیت کنترل یا اندازه‌گیری مستقیم متغیرهای مزاحم را در طرح‌های آزمایشی طولانی برجسته می‌سازد. اگرچه کاهش دقت در مواجهه دوم قابل انتظار بود و در فرضیه دوم نیز پیش‌بینی شد، این یافته نشان می‌دهد که مدل‌های آماری در پژوهش‌های آینده باید به طور صریح اثرات خستگی، تمرین، و ترتیب ارائه را به عنوان متغیرهای هم‌پراش یا اثرات تصادفی در نظر بگیرند.

سوم، تفکیک کارکردی زمان پاسخ و دقت، بر لزوم رویکردهای اندازه‌گیری چندبُعدی در پژوهش‌های علوم شناختی و بالینی تأکید می‌کند. یک شاخص واحد -خواه زمان پاسخ، خواه دقت به تنهایی قادر به ثبت کامل غنای فرایندهای شناختی در حال تحول نیست (۱۱، ۱۲). پژوهشگران بهتر است به جای جستجوی «بهترین» شاخص، به دنبال ترکیبی از شاخص‌ها باشند که ابعاد مختلف عملکرد را پوشش دهند.

همسویی با رویکردهای پویا و میدان‌محور در نظریه چارچوب ارتباطی

پارادایم شبیه‌سازی بالینی پویا که در این مطالعه به کار گرفته شد، پاسخی مستقیم به دعوت‌های اخیر برای توسعه روش‌های میدان‌محور، بوم‌گرا، و زمانی-گسترده در پژوهش‌های نظریه چارچوب ارتباطی است (۴، ۷). Harte و Barnes-Holmes استدلال کرده‌اند که پیشرفت‌های اخیر در نظریه چارچوب ارتباطی و چارچوب فرا ابعادی چندسطحی -از جمله مدل افتراقی پاسخ‌دهی ارتباطی قراردادی (DAARRE) و تأکید بر تحلیل میدان بین‌رفتاری- بهترین نحو در چارچوبی تفسیر می‌شوند که رویدادهای روان‌شناختی را به عنوان میدان‌های زمانی گسترده از تعامل کارکردهای ارگانیک-محیط تحلیل می‌کند، نه به عنوان پاسخ‌های گسسته به محرک‌های ایستا (۷).

مطالعه حاضر با دستکاری نظام‌مند پیچیدگی و سنجش مکرر عملکرد در یک بازه زمانی کوتاه، نشان داد که پاسخ‌دهی ارتباطی قراردادی یک ویژگی پایدار و شبیه صفت نیست، بلکه فرایندی سیال، پویا، و به طور بافتاری تعدیل شده است. کاهش زمان پاسخ در شرایط پیچیدگی بالا از سری ۱ به سری ۲ را می‌توان به عنوان حرکت در فضای فرا ابعادی چندسطحی -در امتداد ابعاد انسجام و استنتاج- تفسیر کرد (۵). شرکت‌کنندگان نه صرفاً پاسخ‌های سریع‌تری یاد گرفتند، بلکه شبکه ارتباطی را به گونه‌ای بازسازمان‌دهی کردند که با تقاضاهای بافتاری تکلیف هم‌سوتر شد. این تفسیر با مفهوم انسجام به عنوان یک فرایند پویا هم‌خوانی دارد که در آن هم‌ترازی میان تاریخچه یادگیری، نشانگرهای بافتاری جاری، و پیامدهای رفتاری در طول زمان تقویت می‌شود (۵، ۶).

علاوه بر این، الگوی تعاملی مشاهده شده نشان می‌دهد که تأثیر تکرار بر انسجام و کارایی، به پیچیدگی اولیه شبکه وابسته است. این یافته، پیش‌بینی صریح چارچوب فرا ابعادی چندسطحی را تأیید می‌کند که ابعاد تحلیلی -پیچیدگی، انسجام، استنتاج، انعطاف‌پذیری- به طور مستقل عمل نمی‌کنند، بلکه در یک میدان تعاملی یکدیگر را شکل می‌دهند و محدود می‌سازند (۵، ۷). به بیان دیگر، تغییر در یک بعد (استنتاج) پیامدهای متفاوتی برای بعد دیگر (انسجام) دارد، بسته به موقعیت شبکه در بعد سوم (پیچیدگی). این همان معنای دقیق تعدیل‌گری پویا است.

پیامدهای کاربردی: پیچیدگی به عنوان پارامتر قابل تنظیم در مداخلات

یافته‌های این مطالعه، فراتر از اهمیت نظری، پیامدهای کاربردی مستقیمی برای طراحی مداخلات فرایندمحور در محیط‌های بالینی

محرك‌های بی‌معنا (مانند «!!!»، «!!!»، «!!!») و نشان‌گرهای بافتاری ساختگی (ALB, UNR, OST) یک انتخاب روش‌شناختی آگاهانه برای حداکثرسازی کنترل تجربی و حذف تأثیر تاریخچه‌های یادگیری پیشین بود. این رویکرد، اعتبار درونی مطالعه را به حداکثر رساند. با این حال، این پرسش را بی‌پاسخ می‌گذارد که آیا الگوی تعاملی مشاهده شده به شبکه‌های ارتباطی مبتنی بر محرك‌های معنادار و مرتبط با محتوای بالینی تعمیم می‌یابد یا خیر. پژوهش‌های آینده باید این یافته‌ها را با استفاده از محرك‌های دارای بار عاطفی و شخصی‌شده بازتولید کنند (۳۱، ۳۲). سوم، عدم اندازه‌گیری مستقیم متغیرهای فرایندی. اگرچه کاهش عمومی دقت در سری ۲ به عوامل غیراختصاصی مانند خستگی و کاهش توجه نسبت داده شد، اما این مطالعه اندازه‌گیری مستقلاً از خستگی ذهنی، انگیزش، یا رانش توجه ارائه نداد. بنابراین، این تبیین اگرچه نظریاً موجه و همسو با ادبیات موجود است، اما مستقیماً آزمون نشده است. پژوهش‌های آینده می‌توانند با ادغام سنجش‌های خودگزارشی (مقیاس‌های خستگی ذهنی پیش و پس از آزمایش)، سنجش‌های فیزیولوژیک (گشادی مردمک، تغییرات ضربان قلب)، یا تحلیل رفتارهای هم‌زمان به آزمون مستقیم‌تر این مکانیسم‌های تبیینی بپردازند (۳۳). چهارم، محدودیت در تنوع نمونه. شرکت‌کنندگان این مطالعه دانشجویان دانشگاه بودند. اگرچه تخصیص تصادفی، همگنی گروه‌ها را تضمین کرد، اما تعمیم‌پذیری یافته‌ها به جمعیت‌های بالینی نیازمند بررسی مستقیم است. نظریه چارچوب ارتباطی پیش‌بینی می‌کند که افراد با برخی آسیب‌شناسی‌های روانی ممکن است در تنظیم منابع شناختی یا انعطاف‌پذیری راهبردی در مواجهه با شبکه‌های پیچیده با چالش‌هایی مواجه باشند (۱۷، ۳۳). آزمون این پیش‌بینی‌ها با استفاده از پارادایم پویای معرفی شده در این مطالعه، می‌تواند افق‌های جدیدی را بگشاید.

نتیجه‌گیری

این مطالعه با بهره‌گیری از یک پارادایم شبیه‌سازی بالینی پویا و مبتنی بر چارچوب فرا ابعادی چندسطحی، نشان داد که پیچیدگی شبکه‌های ارتباطی مسیر سازگاری شناختی را در مواجهه مکرر تعدیل می‌کند. الگوی تعامل تقاطعی برای زمان پاسخ، بهبود کارایی در شبکه‌های پیچیده و افول در شبکه‌های ساده را نشان می‌دهد. تفکیک زمان پاسخ و دقت، ضرورت اندازه‌گیری چندبُعدی و توجه به فرآیندهای اختصاصی و غیراختصاصی را تأکید می‌کند. یافته‌ها، همسو با رویکردهای پویا و میدان‌محور در چارچوب فرا ابعادی چندسطحی، امکان طراحی مداخلات فرایندمحور با تنظیم پویا و پیچیدگی شبکه‌ها را فراهم می‌آورد.

و آموزشی دارد. رویکردهای مبتنی بر نظریه چارچوب ارتباطی و درمان مبتنی بر پذیرش و تعهد به طور فزاینده‌ای بر انعطاف‌پذیری روان‌شناختی به عنوان هدف محوری مداخله تأکید می‌کنند (۱۰، ۲۸). انعطاف‌پذیری روان‌شناختی توانایی تماس کامل با لحظه حال و تغییر یا پافشاری بر رفتار در راستای اهداف ارزش‌محور است و این توانایی اساساً در شبکه‌های ارتباطی پیچیده- که شامل روابط سلسله‌مراتبی، زمانی، و مقایسه‌های میان خود، دیگری، و ارزش‌ها هستند- تحقق می‌یابد (۹، ۲۹).

نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که پیچیدگی را می‌توان به عنوان یک پارامتر قابل تنظیم برای داربست‌سازی تغییر در طول زمان در نظر گرفت. در مراحل اولیه مداخله، زمانی که هدف ایجاد انسجام اولیه و درک ارتباطات پایه است، شبکه‌های با پیچیدگی پایین‌تر ممکن است مناسب‌تر باشند. با این حال، برای تقویت انعطاف‌پذیری و توانایی تعمیم‌دهی، درمانگر باید به تدریج پیچیدگی شبکه‌های ارتباطی هدف را افزایش دهد. برای مثال، معرفی شبکه‌های ارتباطی جدید مرتبط با ارزش‌ها، ایجاد روابط سلسله‌مراتبی میان ارزش‌ها و رفتارهای عینی، یا مواجهه تدریجی مراجع با موقعیت‌هایی که مستلزم یکپارچه‌سازی شبکه‌های ارتباطی رقیب هستند (۹، ۱۰).

الگوی تقاطعی مشاهده شده در این مطالعه، هشدار مهمی نیز در بر دارد: تکرار صرف، بدون توجه به پیچیدگی، نه تنها مؤثر نیست، بلکه ممکن است به طور فعالانه‌ای به کاهش کارایی و افت عملکرد منجر شود. مداخلاتی که مبتنی بر تمرین مکرر تکالیف ساده و کم‌چالش هستند، ممکن است با کاهش درگیری توجهی و انگیزش مراجع، پیامدهای درمانی معکوسی به بار آورند. بنابراین، ارزیابی مداوم سطح بهینه پیچیدگی برای هر مراجع و تنظیم پویای آن در طول فرایند درمان، یک مهارت بالینی کلیدی محسوب می‌شود (۱۰).

با وجود استحکام یافته‌ها و همسویی آنها با چارچوب نظری، این مطالعه دارای محدودیت‌هایی است که باید در تفسیر نتایج مد نظر قرار گیرند و مسیرهایی را برای پژوهش‌های آینده ترسیم می‌کنند. نخست، استفاده از تنها دو نقطه سنجش. اگرچه طرح با دو نقطه سنجش (سری ۱ و سری ۲) برای آزمون فرضیه تعامل متقاطع کافی بود و اثر مورد انتظار را آشکار ساخت، اما این طرح امکان ترسیم منحنی کامل یادگیری یا شناسایی نقاط عطف تغییر الگو را فراهم نمی‌آورد. پژوهش‌های آینده با به کارگیری نقاط سنجش متعدد یا طرح‌های طولی با اندازه‌گیری‌های مکرر در زمان‌های متفاوت می‌توانند سیر زمانی دقیق‌تری از سازگاری شناختی را ترسیم کرده و مدل‌های غیرخطی پیچیده‌تری را آزمون کنند (۳۰). دوم، استفاده از محرك‌های نمادین و انتزاعی. انتخاب

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق در پژوهش

کلیه مراحل این پژوهش با رعایت اصول اخلاقی مندرج در «بیانیه هلسینکی» و «راهنمای ملی اخلاق در پژوهش‌های زیست‌پزشکی با شرکت انسان» انجام شده است. پروپوزال این مطالعه پیش از اجرا، توسط کمیته اخلاق دانشگاه خوارزمی مورد بررسی و با کد اخلاق (شماره کد: IR.KHU.REC.1402.119) تأیید شد. تمامی شرکت‌کنندگان پیش از آغاز آزمایش، از ماهیت کلی پژوهش آگاه شدند و رضایت‌نامه کتبی آگاهانه را امضا کردند. به شرکت‌کنندگان اطمینان داده شد که داده‌های آنها به صورت محرمانه و ناشناس نگهداری خواهد شد و می‌توانند در هر مرحله بدون ذکر دلیل و بدون هیچ‌گونه عواقب منفی، از ادامه پژوهش انصراف دهند.

مشارکت نویسندگان

بر اساس معیارهای چهارگانه مجمع جهانی سردبیران مجلات پزشکی (ICMJE)، مشارکت نویسندگان به شرح زیر است: همه نویسندگان در طراحی مطالعه، گردآوری داده‌ها و تحلیل آنها مشارکت داشتند. نویسنده اول عمدتاً مسئولیت مرور پیشینه پژوهش و نگارش پیش‌نویس

مقاله را بر عهده داشت. نویسنده دوم در تحلیل آماری و تفسیر نتایج مشارکت داشت. نویسنده سوم بازخوردهای انتقادی در مورد مقاله ارائه داد و بر روند کلی پژوهش نظارت داشت.

منابع مالی

این پژوهش هیچ‌گونه کمک مالی خاصی از سازمان‌های تأمین مالی در بخش‌های دولتی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مایلند از شرکت‌کنندگان بابت صرف وقت و تلاششان برای تکمیل این مطالعه تشکر کنند. همچنین از حمایت تیم پژوهشی گروه روان‌شناسی برای کمک در گردآوری داده‌ها و پشتیبانی فنی قدردانی می‌کنیم.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافع مرتبط با این پژوهش را اعلام نمی‌کنند.

References

- Hayes SC, Barnes-Holmes D, Roche B, editors. Relational frame theory: A post-Skinnerian account of human language and cognition. New York:Kluwer Academic/Plenum Publishers;2001.
- Hughes S, Barnes-Holmes D. Relational frame theory. In: Zettle RD, Hayes SC, Barnes-Holmes D, Biglan A, editors. The Wiley handbook of contextual behavioral science. Chichester, UK:Wiley/Blackwell;2015.
- Harte C, Barnes-Holmes D, Barnes-Holmes Y, McEntegart C. The impact of high versus low levels of derivation for mutually and combinatorially entailed relations on persistent rule-following. *Behavioural Processes*. 2018;157:36-46.
- Barnes-Holmes D, Harte C. Relational frame theory 20 years on: The Odysseus voyage and beyond. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 2022;117(2):240-266.
- Barnes-Holmes D, Finn M, McEntegart C, Barnes-Holmes Y. Derived stimulus relations and their role in a behavior-analytic account of human language and cognition. *Perspectives on Behavior Science*. 2018;41(1):155-173.
- Barnes-Holmes D, Barnes-Holmes Y, McEntegart C. Updating RFT (more field than frame) and its implications for process-based therapy. *The Psychological Record*. 2020;70(4):605-624.
- Harte C, Barnes-Holmes D. Recent developments in RFT encourage interbehavioral field-based views of human language and cognition: A preliminary analysis. *Perspectives on Behavior Science*. 2024;47(3):675-690.

8. Power P, Barnes-Holmes D, Barnes-Holmes Y, Stewart I. The Implicit Relational Assessment Procedure (IRAP) as a measure of implicit relative preferences: A first study. *The Psychological Record*. 2009;59(4):621-640.
9. Villatte M, Villatte JL, Hayes SC. Mastering the clinical conversation: Language as intervention. New York: The Guilford Press; 2016.
10. Hayes SC, Hofmann SG, Ciarrochi J. A process-based approach to psychological diagnosis and treatment: The conceptual and treatment utility of an extended evolutionary meta model. *Clinical Psychology Review*. 2020;82:101908.
11. Finn M, Barnes-Holmes D, McEnteggart C. Exploring the single-trial-type-dominance-effect in the IRAP: Developing a differential arbitrarily applicable relational responding effects (DAARRE) model. *The Psychological Record*. 2018;68:11-25.
12. de Almeida RV, Barnes-Holmes D, Leslie JC. Differential trial-type effects in an implicit relational assessment procedure: Extending the DAARRE model. *The Psychological Record*. 2024;74:251-270.
13. Barnes-Holmes D, Barnes-Holmes Y, Power P, Hayden E, Milne R, Stewart I. Do you really know what you believe? developing the implicit relational assessment procedure (IRAP) as a direct measure of implicit beliefs. *The Irish Psychologist*. 2006;32(7):169-177.
14. Peirce J, Gray JR, Simpson S, MacAskill M, Höchenberger R, Sogo H, et al. PsychoPy2: Experiments in behavior made easy. *Behavior Research Methods*. 2019;51(1):195-203.
15. Sweller J. Cognitive load theory. In: Mestre JP, Ross BH, editors. The psychology of learning and motivation: Cognition in education. Vol 55. New York: Elsevier Academic Press; 2011. pp. 37-76.
16. Paas F, Sweller J. Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In: Mayer RE, editor. The Cambridge handbook of multimedia learning. 2nd ed. Cambridge, New York: Cambridge University Press; 2014. pp. 27-42.
17. Chen O, Castro-Alonso JC, Paas F, Sweller J. Extending cognitive load theory to incorporate working memory resource depletion: Evidence from the spacing effect. *Educational Psychology Review*. 2018;30(2):483-501.
18. Kalyuga S. Cognitive load theory: How many types of load does it really need?. *Educational Psychology Review*. 2011;23:1-19.
19. Kahneman D. Attention and effort. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall; 1973.
20. Thomson DR, Besner D, Smilek D. A resource-control account of sustained attention: Evidence from mind-wandering and vigilance paradigms. *Perspectives on Psychological Science*. 2015;10(1):82-96.
21. Langner R, Eickhoff SB. Sustaining attention to simple tasks: A meta-analytic review of the neural mechanisms of vigilant attention. *Psychological Bulletin*. 2013;139(4):870-900.
22. Esterman M, Rosenberg MD, Noonan SK. Intrinsic fluctuations in sustained attention and distractor processing. *The Journal of Neuroscience*. 2014;34(5):1724-1730.
23. Yerkes RM, Dodson JD. The relation of strength of stimulus to rapidity of habit formation. *Journal of Comparative Neurology & Psychology*. 1908;18:459-482.
24. Hancock PA, Warm JS. A dynamic model of stress and sustained attention. *Human Factors*. 1989;31(5):519-537.
25. Wickelgren WA. Speed-accuracy tradeoff and information processing dynamics. *Acta Psychologica*. 1977;41(1):67-85.
26. Heitz RP. The speed-accuracy tradeoff: History, physiology, methodology, and behavior. *Frontiers in Neuroscience*. 2014;8:150.
27. Boksem MA, Meijman TF, Lorist MM. Effects of mental fatigue on attention: An ERP study. *Brain Research. Cognitive Brain Research*. 2005;25(1):107-116.
28. Hayes SC, Luoma JB, Bond FW, Masuda A, Lillis J. Acceptance and commitment therapy: Model, processes and outcomes. *Behaviour Research and Therapy*. 2006;44(1):1-25.
29. Levin ME, Krafft J, Twohig MP. Examining processes of change in an online acceptance and commitment therapy dismantling trial for social anxiety. *Journal of Contextual Behavioral Science*. 2020;17:10-16.

30. Kavanagh D, Hussey I, McEnteggart C, Barnes-Holmes Y, Barnes-Holmes D. Using the IRAP to explore natural language statements. *Journal of Contextual Behavioral Science*. 2016;5(4):247-251.
31. Barnes-Holmes D, Harte C. The IRAP as a measure of implicit cognition: A case of Frankenstein's monster. *Perspectives on Behavior Science*. 2022;45(3):559-578.
32. Hopstaken JF, van der Linden D, Bakker AB, Kompier MA. A multifaceted investigation of the link between mental fatigue and task disengagement. *Psychophysiology*. 2015;52(3):305-315.
33. Lage C, Smith ES, Lawson RP. A meta-analysis of cognitive flexibility in autism spectrum disorder. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2024;157:105511.