

Perceptual decision-making in realistic situations with the integration of visual evidence and social cues: The diffusion model as an analytical tool

Hoorra Tajrishi¹ , Sajjad Zabbah², Javad Hatami^{3,4}, Reza Ebrahimpour^{5*} 

1. Cognitive Science Modeling, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

2. School of Cognitive Sciences, Institute for Research in Fundamental Sciences (IPM), Tehran, Iran

3. Psychology Department, Faculty of Psychology, University of Tehran, Tehran, Iran

4. Institute for Cognitive Science Studies, Pardis, Iran

5. Center for Cognitive Science, Institute for Convergence Science & Technology, Sharif University of Technology, Tehran, Iran

Abstract

Received: 7 Nov. 2023

Revised: 8 Apr. 2024

Accepted: 8 Apr. 2024

Keywords

Perceptual decision-making
Social influence
Diffusion model

Corresponding author

Reza Ebrahimpour, Center for Cognitive Science, Institute for Convergence Science & Technology, Sharif University of Technology, Tehran, Iran

Email: Rebrahimpour@gmail.com



doi.org/10.30514/icss.25.4.124

Introduction: Decision-making in realistic situations is typically based on a combination of information from various sources. The present study aims to explore the influences of social information on decision-making in the presence of sensory and social cues and understand the underlying mechanisms of these effects.

Methods: The current research used an experimental approach based on psychophysics methods. Additionally, the study used random dot motion for sensory evidence and graphic cues for social information, reducing normative social influences and emphasizing informational ones. The behavioral data analysis was carried out using statistical tests, and a generalized drift-diffusion model (GDDM) was used to examine the decision-making process.

Results: The results indicate that social information significantly enhances the accuracy of participants' decision-making, even when participants receive information from partners with lower accuracy. Furthermore, a robust correlation exists between partner accuracy and participant efficiency improvement. Higher partner accuracy significantly boosts participant choice accuracy, while the partner's confidence does not notably affect this enhancement. The present analysis examined diffusion model parameters: decision threshold, starting point, and drift rate. Using data from experiments with and without social information, this research found that social cues significantly impact all these decision parameters, enhancing overall accuracy. The current study further revealed that accuracy differences between high and low-accuracy partners are mainly influenced by late-stage information integration (starting point).

Conclusion: The present study's findings provide added value to decision-making-related research, human behavior, and decision-making quality improvement, aiding our better understanding of the influence of social information on individuals' decision-making processes.

Citation: Tajrishi H, Zabbah S, Hatami J, Ebrahimpour R. Perceptual decision-making in realistic situations with the integration of visual evidence and social cues: The diffusion model as an analytical tool. *Advances in Cognitive Sciences*. 2024;25(4):124-139.

Extended Abstract

Introduction

Perceptual decision-making is a pivotal aspect of our daily lives, as various decision-making processes involve accumulating evidence from sensory perception, personal preferences, social cues, and other sources. In the realm

of social psychology, the impact of social information on decision-making is a subject of interest, studied under the umbrella of social influence. Social influence involves changes in cognition, attitudes, or behavior due to ex-

ternal factors (1), and conformity refers to the frequency with which individuals mimic social cues, regardless of their accuracy. Social influence arises from two primary motivations: "Informational influence", where individuals seek group-derived information because they believe it to be more accurate, and "Normative influence", driven by the desire to align with group norms (2, 3). Well-designed experiments are essential to draw meaningful conclusions and disentangle normative and informational influences. Classic conformity studies have highlighted the challenges associated with both types of social influence. It is necessary to distinguish between them to ensure the interpretation of research findings, obstructing a comprehensive understanding of decision-making in social contexts.

This research focuses on minimizing the factors producing normative effects and investigating the impact of informational social influence on decision-making when social information is presented after distinct sensory cues. The present study aimed to understand how last-minute social information may impact the sensory gathering process and, subsequently, influence decision-making.

Methods

The experimental task in this study comprised six stages, with five involving extensive training, followed by the main task. The main experiment was divided into four sessions, each consisting of one block.

In this psychophysical task, participants were exposed to two 120-millisecond sensory stimuli originating from Random Dot Motion (RDM), featuring different degrees of evidence strength and motion direction. Afterward, a graphical cue was displayed, using shapes and colors familiar to participants from their training. Notably, this graphical cue was solely provided to indicate the other participants' responses, intentionally devoid of any information regarding the identity of the respondents, to

minimize normative influence. They were informed that these cues represented responses from other participants who had encountered the same RDMs. However, the responses were not from actual participants; instead, the researchers generated them using a signal detection model. To create the social data, the researchers relied on participant behavior in sensory trials as a foundation. They employed the model to generate responses from four participants, each with distinct performance and confidence levels. This study employed the Generalized Drift Diffusion Model (GDDM) to provide a flexible framework for decision-making research. GDDM allows for a broad range of experimental designs and empirical hypotheses, accommodating customized distributions for parameters such as starting position, decision threshold, and drift rate (4). This flexibility enhances our ability to investigate the influence of social information on decision processes. The present analysis required the development of customized parameters due to the unique experimental conditions, including the presentation of discrete evidence and the incorporation of social information. The model used in this study propose that the drift rate, reflecting the speed of information uptake, remains consistent throughout each trial, each consisting of two pulses. However, its effect varies between pulses depending on their coherence levels. Specifically, This research derive this measure of drift rate from the initial pulse of information and compute it separately for each pulse based on its coherence level. In this manner, the researchers manage the transition between discrete pulses of information. By adopting this definition of the starting point as the ratio of the preference at time 0 to the size of the decision boundary (5) and considering that the starting point shifts to favor a more frequent or highly rewarded response when trials are manipulated (6, 7), it becomes possible to apply it to social cues. This accounts for the occurrence of a bias or preference in evidence accumulation toward so-

cial cues. However, extending its timing to presenting a social cue is essential. By integrating this concept into the model, this study can effectively explain how social cues influence decision bias.

The task is run using the Psychtoolbox in MATLAB, and behavioral analysis takes place within MATLAB. Statistical tests are carried out using JASP, and the GDDM model is executed through the PyDDM, a drift-diffusion modeling framework for Python.

Results

Nine participants successfully completed all tasks. During the training phase, an average of 2100 data points were collected from each participant, and in the main test phase, 7200 trials were recorded. Additionally, 5400 trials were recorded in the isolated task. Participants notably increased their accuracy in group tasks compared to solo tasks, mainly when their partners were more precise. However, the overall mean accuracy of participants remained significantly lower than that of their partners.

The extent of adapting to social cues is another crucial factor in participant behavior. As anticipated, participants exhibited greater conformity with more accurate partners. Statistical tests revealed a significant positive correlation between the influence of social partners. It was found to be significant only when comparing high-accuracy and low-accuracy partners to validate the significance of conformity behavior and identify differences between conditions. No significant difference in conformity was observed between partners with high-and low-confidence social information.

The obtained findings, as modeled through DDM, reveal significant differences in crucial decision-making parameters between the isolated phase and the social task. Specifically, when comparing parameters such as the drift rate (the pace of evidence accumulation), the decision threshold (the determiner of decision endpoints), and the

starting point (illustrating how social information complements sensory evidence), the researchers observed an increase in the decision threshold and starting point, and a decrease in the drift rate in the social task compared to the isolated task. Further investigation into variations among partners reveals that the disparity in accuracy improvement between high and low-accuracy partners when social information is introduced at the final stage leads to an increase in the starting point.

Conclusion

This study delves into the intricate dynamics of decision-making in social contexts, specifically focusing on the impact of social information presented after distinct sensory cues. The pursuit of understanding how last-minute social information affects the sensory gathering process and, consequently, influences decision-making has unveiled valuable insights into the multifaceted world of social influence on human behavior.

The obtained results shed light on the role of social cues in enhancing decision accuracy. Participants exhibited a significant improvement in accuracy when operating in social blocks as opposed to isolated ones, primarily when their partners exhibited higher accuracy. Nevertheless, the mean accuracy of participants remained persistently lower than that of their high-accuracy partners, highlighting the unique complexities involved in integrating social information into perceptual decision-making.

Furthermore, the current study unveiled the pivotal influence of conformity on participant behavior. Conformity was more pronounced when participants interacted with partners who demonstrated higher accuracy. This not only provides evidence of the impact of informational social influence but also illustrates the nature of conformity, revealing that individuals may adapt to the cues of more accurate peers.

The present study investigates the influence of both vi-

sual and social cues on decision-making, seeking to bridge the gap between theoretical models and real-life social interactions. Understanding the interplay between perception, cognition, and social behavior during decision-making enhances our ability to model and predict decision processes in various social domains.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This research complied approved experimental protocols by the Ethics Committee of the Iran University of Medical Science (Approval ID: IE392343). All participants provided written informed consent, assuring the collected data's confidentiality and scientific purpose-bound use. Participants were given the option to withdraw from the experiment at any stage.

Authors' contributions

Hoora Tajrishi: Conceptualization, data collection, analysis, visualization, writing original draft, review, and

editing. Sajjad Zabbah: Conceptualization, supervision, writing reviews, and editing. Javad Hatami: Supervision, writing reviews, and editing. Reza Ebrahimpour: Conceptualization, supervision, writing reviews, and editing.

Funding

This study was funded by the Cognitive Sciences & Technologies Council, Iran (9970).

Acknowledgments

The authors would like to express their sincere gratitude to all the participants for their time and cooperation, without which this research would not have been achievable. The authors are also thankful to their colleagues who generously offered their assistance and valuable input, especially during the early stages of task development and debugging.

Conflict of interest

The authors declared no conflicts of interest.

تصمیم‌گیری ادراکی در موقعیت‌های واقع‌گرایانه با تلفیق شواهد بصری و نشانه‌های اجتماعی: مدل رانش انتشار به عنوان ابزار تحلیلی

حورا آقامحمد حسین تجریشی^۱ (ID)، سجاد ذباح^۲، جواد حاتمی^۳، رضا ابراهیم‌پور^{۴*} (ID)

۱. علوم شناختی مدل‌سازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. پژوهشگاه دانش‌های بنیادی، پژوهشکده علوم شناختی، تهران، ایران
۳. دانشکده روان‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران
۴. مؤسسه آموزش عالی علوم شناختی، پردیس، ایران
۵. مرکز علوم شناختی، پژوهشکده علوم و فناوری‌های همگرا، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

چکیده

مقدمه: در موقعیت‌های واقع‌گرایانه، تصمیم‌گیری‌ها عمدتاً بر اساس ترکیبی از اطلاعاتی که از منابع مختلف به دست می‌آیند، صورت می‌گیرد. هدف اصلی این مطالعه، بررسی تأثیرات اطلاعات اجتماعی بر تصمیم‌گیری در حضور شواهد حسی، و مطالعه نحوه وقوع این تأثیرات بود.

روش کار: در پژوهش حاضر با استفاده از آزمون تصمیم‌گیری ادراکی، آزمایشی در مورد تصمیم‌گیری در حضور شواهد حسی و اجتماعی طراحی شد، تا با استفاده از آن، تأثیرات اجتماعی هنجاری به حداقل رسد و تنها بر تأثیرات اجتماعی اطلاعاتی تمرکز شود. معناداری تحلیل‌های رفتاری با استفاده از آزمون‌های آماری انجام شد و مدل رانش انتشار تصمیم‌یافته برای بررسی چگونگی فرایند تصمیم‌گیری استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهند که اطلاعات اجتماعی به طور قابل‌توجهی دقت تصمیم‌گیری شرکت‌کنندگان را افزایش می‌دهد، حتی زمانی که شرکت‌کنندگان اطلاعات را از شرکای با دقت پایین دریافت می‌کنند. افزایش صحت شرکت‌کننده به طرز چشمگیری با میزان درستی اطلاعات اجتماعی دریافت شده (از شریک با صحت بالاتر نسبت به شریک با صحت پایین‌تر) افزایش می‌یابد، در حالی که قطعیت شریکان تأثیر چندانی روی این بهبود نمی‌گذارد. در آنالیزهای مربوط به مدل رانش انتشار از مقایسه داده‌های مربوط به آزمایش مرجع و داده‌های همراه با اطلاعات اجتماعی، در یافتیم تمام پارامترهای تصمیم‌گیری از جمله پارامترهای آستانه تصمیم، نقطه شروع و نرخ رانش به صورت معناداری متفاوت هستند و آستانه تصمیم و نقطه شروع در آزمایشات همراه با اطلاعات اجتماعی بیشتر از حالت مرجع و نرخ رانش کمتر از حالت مرجع است، اما تفاوت‌های دقت میان مواجهه با شرکای با دقت بالا و پایین عمدتاً تحت تأثیر پارامتر نقطه شروع قرار دارند.

نتیجه‌گیری: در آخر، این مطالعه در پژوهش‌های مرتبط با تصمیم‌گیری، رفتار انسانی و بهبود کیفیت تصمیم‌گیری‌ها مفید است و به ما در درک بهتر اثر اطلاعات اجتماعی بر فرایند تصمیم‌گیری افراد کمک می‌کند.

دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۱۶

اصلاح نهایی: ۱۴۰۳/۰۱/۲۰

پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۰

واژه‌های کلیدی

تصمیم‌گیری ادراکی
تأثیر اجتماعی
مدل رانش انتشار

نویسنده مسئول

رضا ابراهیم‌پور، مرکز علوم شناختی، پژوهشکده علوم و فناوری‌های همگرا، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

ایمیل: Rebrahimpour@gmail.com



doi.org/10.30514/icss.25.4.124

مقدمه

می‌گیرد. تأثیر اجتماعی عبارت است از تغییر در شناخت، نگرش یا رفتار فرد که منشأ آن در شخص یا گروه دیگری است (۱). تطبیق به عمل تغییر رفتار فرد برای مطابقت با پاسخ‌های دیگران اطلاق می‌شود (۲) و منظور از میزان تطبیق درصد مواردی است که شرکت‌کننده، اطلاعات اجتماعی را (فارغ از درست یا غلط بودن) تقلید کرده است. تطبیق بر اساس دو انگیزه اصلی رخ می‌دهد (۳، ۴): حالتی که با عنوان "تطبیق بر

تصمیم‌گیری ادراکی نقشی اساسی در زندگی روزمره ما ایفا می‌کند. منابعی که فرد بر اساس آنها تصمیم‌گیری می‌کند اغلب تحت تأثیر عناصر متعدد و متنوعی از جمله شواهدی که حس می‌کند، اطلاعاتی که توسط محیط اجتماعی به او می‌رسد، ترجیحات و سایر عوامل شخصی و محیطی است. تأثیر اطلاعاتی که از اجتماع به فرد داده می‌شود در شاخه‌ای از روان‌شناسی با نام روان‌شناسی اجتماعی مورد مطالعه قرار

اساس اطلاعات (Informative conformity) "شناخته می‌شود، فرد به دنبال اطلاعات بیشتر در گروه است و هنگامی اتفاق می‌افتد که فرد برای به دست آوردن اطلاعات دقیق‌تر به تصمیم گروه متکی باشد، زیرا باور دارد احتمال بروز خطا در اکثریت پایین‌تر است. حالت بعدی که "تطبیق برای همسویی با هنجار (Normative conformity)" است، بر اساس تمایل فرد به پذیرش گروه منطبق است و نشان می‌دهد فرد برای رسیدن به این منظور سعی می‌کند با هنجار گروه هم راستا شود. در هر دو مورد انگیزه‌های تطبیق، فرض می‌شود که افراد شواهد را به درستی ادراک می‌کنند، ولی در مراحل تصمیم‌گیری با گروه هم راستا می‌شوند.

در مطالعات تأثیر اجتماعی لازم است شرایط آزمایش به نحوی طراحی شود که تأثیر عوامل اجتماعی به صورت جداگانه قابل ردیابی باشند، زیرا ترکیبی از تأثیر هنجاری و اطلاعاتی می‌تواند منجر به نتایج مبهم و گیج‌کننده شود. آزمایش‌های انطباق کلاسیک‌اش چالش‌هایی از تأثیرات هنجاری و اطلاعاتی را نشان داد. هنگامی که شرکت‌کنندگان با یک نظر گروهی متفق اما نادرست مواجه شدند، تأثیر فشار هنجاری برای انطباق اغلب قوی‌تر از تمایل به دقیق بودن بود (۵). در پژوهش‌های اخیر نشان داده شده که در تصمیم‌گیری‌های گروهی، حتی میانگین میزان قطعیت دو فردی که به صورت گروهی تصمیم‌گیری انجام می‌دادند، به هم نزدیک می‌شد (۶)، این نتیجه نشان می‌دهد که حتی معیاری کاملاً مستقل از اطلاعات اجتماعی (میزان قطعیت از شواهد حسی) از محیط اجتماعی تأثیر می‌پذیرد، در نتیجه عدم تمایز بین انواع تأثیرهای اجتماعی ممکن است مانع از تفسیر دقیق یافته‌های تحقیق شود. امکان تجزیه و تحلیل دقیق‌تر از چگونگی تأثیر انواع تأثیرات اجتماعی بر تصمیم‌گیری، رفتار و تعاملات اجتماعی ضروری است (۷). این پژوهش در پی به حداقل رساندن پارامترهای منجر به تأثیر هنجاری است، تا تأثیر اجتماعی اطلاعاتی را مطالعه نماید.

مدل رانش انتشار ((Drift Diffusion Model (DDM) به عنوان یک چارچوب نظری قدرتمند برای بررسی فرایندهای تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد. مدل انتشار که توسط McKoon و Ratcliff (۷) پیشنهاد شد، توصیفی ریاضی از چگونگی جمع‌آوری شواهد حسی در طول زمان برای رسیدن به آستانه تصمیم‌گیری ارائه می‌دهد. در این مدل، فرایند تصمیم‌گیری به صورت انباشت شواهد به سمت یکی از دو پاسخ ممکن است که شبیه به رقابت بین جمعیت‌های عصبی رقیب است (۸). با تجزیه و تحلیل زمان واکنش و صحت در آزمون‌های تصمیم‌گیری، پژوهشگران می‌توانند پارامترهای کلیدی DDM، مانند نرخ رانش (Drift rate)، آستانه تصمیم (Decision Boundary)، و نقطه شروع (Starting Point) را تخمین بزنند که مکانیسم‌های

اساسی تصمیم‌گیری را روشن می‌کند.

در حالی که مطالعات سنتی با استفاده از DDM عمدتاً بر تصمیم‌گیری ادراکی با محرک‌های بصری ساده متمرکز شده‌اند، سناریوهای تصمیم‌گیری در زندگی واقعی اغلب شامل پردازش اطلاعات بسیار پیچیده‌تر می‌شوند. افراد اغلب نه تنها شواهد را از ورودی‌های حسی خود، بلکه از نشانه‌های اجتماعی، مانند حالات چهره، حرکات، یا نشانه‌های کلامی، کسب می‌کنند که می‌توانند به طور قابل توجهی بر فرایند تصمیم‌گیری ما تأثیر بگذارند (۹). ادغام شواهد بصری با اطلاعات اجتماعی برای مدل‌سازی فرایندهای تصمیم‌گیری در موقعیت‌های واقع‌گرایانه حیاتی است، و به ما این امکان را می‌دهد تا درک کنیم که افراد چگونه تعاملات اجتماعی پیچیده را انجام می‌دهند.

بنابراین، هدف این مقاله بررسی تأثیر شواهد بصری و نشانه‌های اجتماعی بر تصمیم‌گیری ادراکی با استفاده از تحلیل رفتاری و مدل رانش انتشار است. با درک پویایی تصمیم‌گیری در حضور اطلاعات بصری و اجتماعی، می‌توانیم درک عمیق‌تری از رفتار انسان به دست آوریم و توانایی خود را برای مدل‌سازی و پیش‌بینی فرایندهای تصمیم‌گیری در زمینه‌های مختلف اجتماعی افزایش دهیم.

روش کار

شرکت‌کننده‌ها

۱۳ شرکت‌کننده از با استفاده از روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند. در حین طی مراحل آموزشی ۴ نفر از ادامه آزمایش بازماندند و ۹ نفر (۵ زن و ۴ مرد) با میانگین سنی ۳۱/۱۱ (انحراف معیار ۶/۹۸) در آزمون اصلی شرکت کرده و تمام مراحل آن را به پایان رساندند. شرکت‌کننده‌ها در ۶ مرحله از آزمایش حضور داشتند که ورود به هر مرحله منوط به طی مرحله قبلی و کسب درصد درستی لازم بود. در فاز آموزشی به صورت میانگین هر شرکت‌کننده، بعد از طی کردن ۲۱۰۰ آزمایش (که در بلاک‌ها و جلسات مختلف اخذ می‌شد و در بخش ۳-۴ تشریح می‌شوند) به مرحله مرجع و سپس مرحله اصلی آزمون وارد می‌شد. در مرحله مرجع، که به منظور سنجش رفتار پایه شرکت‌کننده طراحی شده بود، مجموعاً ۵۴۰۰ آزمایش داده اخذ شد. سپس در مرحله آزمایش اصلی، هر داوطلب در ۴ جلسه شامل ۱ بلوک ۲۰۰ آزمایش‌ای به انجام آزمایش می‌پرداخت و مجموع تعداد آزمایش‌های در مرحله اصلی آزمون برابر با ۷۲۰۰ آزمایش بود.

ابزار

آزمون در یک اتاق نیمه‌تاریک، روی نمایش‌گر (سامسونگ، ۲۴

سنجش مهارت شرکت‌کنندگان در تشخیص و تفکیک حرکت‌های تصادفی طراحی شده بودند و به صورتی تنظیم شده بودند که در آسان‌ترین حالت ۵۲/۱ درصد نقاط همسو و مابقی به صورت تصادفی حرکت کنند و در سخت‌ترین حالت ۰ درصد نقاط همسو بودند، به این معنی که تمام نقاط به صورت تصادفی حرکت می‌کردند و عملاً پاسخ به صورت کاملاً تصادفی تعیین می‌شد. دو سطح سختی میانی شامل ۳/۲ درصد و ۱۲/۸ درصد نیز در نظر گرفته شده بود.

در آزمایش‌های تک پالسه، شرکت‌کننده تنها ۱۲۰ میلی‌ثانیه شواهد دریافت می‌کرد ولی در آزمایش‌های دو پالسه، دو پالس شواهد حسی مشابه تک پالسه ارائه می‌شد که فاصله‌ای به صورت تصادفی با توزیع یکنواخت (بین ۷۶۰ تا ۹۴۰ میلی‌ثانیه) در میانه‌ی پالس‌ها، آنها را از یکدیگر مجزا می‌کرد. طبق مطالعات پیشین، اگر فواصل بین دو محرک‌ها دیداری متفاوت بیشتر از ۷۲۰ میلی‌ثانیه باشد، ادراک آنها انجام می‌شود و ورود آنها خللی به درک دیگری ایجاد نمی‌کند (۱۰). در این نوع آزمایش‌ها جهت حرکت نقاط در هر دو پالس یکسان بود ولی سطوح سختی دو پالس می‌توانست متفاوت باشد. اطلاعات اجتماعی به صورت نمادهای گرافیکی ارائه می‌شد که شرکت‌کننده در فاز آموزشی با آنها آشنا می‌شد (شکل ۱-ب) و اطلاعات اجتماعی ارائه شده در هر جلسه، مربوط به یکی از شریکانی بود که به صورت اختصاصی برای شرکت‌کننده ساخته شده بودند و صحت و قطعیت متفاوتی نسبت به رفتار مرجع شرکت‌کننده داشتند و به گونه‌ای بودند که رفتار دقیق‌تر یا کم‌دقت‌تر و با سطح قطعیت بالاتر یا پایین‌تر نسبت به رفتار مرجع هر شرکت‌کننده را نشان می‌دادند (شکل ۱-ج). در بخش ۳-۴-۱ الگوریتم ساخت این شرکا تشریح خواهد شد.

در انتهای هر آزمایش از شرکت‌کنندگان خواسته می‌شد که جهت حرکت نقاط (چپ یا راست) را ارزیابی کرده و انتخاب خود را و قطعیت (Confidence) در مورد آن انتخاب را با کلیک بر روی دو منحنی در سمت چپ و راست (موقعیت کلیک شده در طول منحنی، نمایان‌گر قطعیت بود) اعلام کنند (شکل ۱-الف).

پارادایم اصلی آزمایش، بر مبنای آزمایش Kiani و همکاران طراحی شده است (۱۱). منحنی‌های نمایان‌گر پاسخ و قطعیت از مطالعه Zylberberg و همکاران برداشت شده است (۱۲) و نحوه ارائه اطلاعات اجتماعی در مطالعه Rafiei و همکاران معرفی شده است (۱۰).

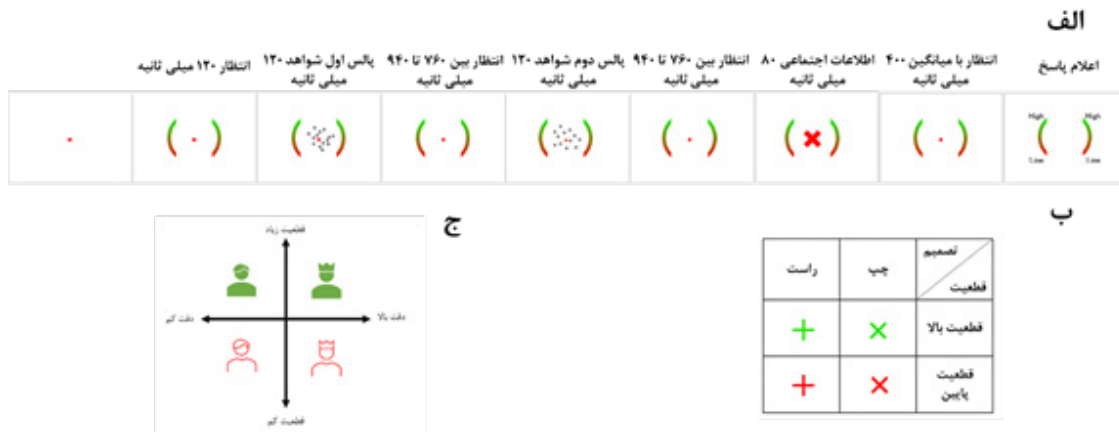
اینج، رفرش ریت ۷۵ هرتز، رزولوشن ۸۰۰×۶۰۰، فاصله چشم فرد از نمایش‌گر ۵۷ سانتی‌متر) و با استفاده از جعبه ابزار Psychtoolbox-3 در نرم‌افزار Matlab 2018b اجرا شده است. برای انجام آزمون از صندلی با ارتفاع قابل تغییر، چین‌رست برای تنظیم فاصله چشم کاربر تا صفحه نمایش‌گر، و موس جهت اعلام پاسخ شرکت‌کننده استفاده شده بود.

طراحی آزمایش رفتاری

محرک بینایی مورد استفاده در این پژوهش، محرک حرکت تصادفی نقاط ((Random Dot Motion (RDM) است. عبارت RDM از تعداد نقاط که درون یک دیافراگم دایره‌ای با قطر ۵ درجه بینایی در وسط صفحه نمایش ارائه می‌شوند. نقاط به شکل مربع‌های سفید با ابعاد ۲×۲ پیکسل (معادل ۰/۰۸۸ درجه بینایی) و با درخشندگی cd/m² ۹۶/۶ روی پس‌زمینه سیاه (درخشندگی ۰/۱ cd/m²) نمایش داده شدند. محرک حرکتی مورد استفاده در آزمایش کاملاً مشابه مطالعه مشابه است (۱۲، ۱۳). به طور خلاصه، این محرک شامل سه مجموعه مستقل و درهم‌تنیده از نقاط بود که در فریم‌های متوالی ویدیویی ارائه می‌شدند. مجموعه نقاط با فاصله سه فریم (معادل ۴۰ میلی‌ثانیه) نمایش داده می‌شدند و درصدی از نقاط در جهت هماهنگ حرکت می‌کردند، در حالی که بقیه نقاط به طور تصادفی جابه‌جا می‌شدند. درصدی از نقاط که به طور هماهنگ حرکت می‌کردند (که به آن همسویی (Coherency) یا قدرت محرک گفته می‌شود)، درجه سختی محرک را تعیین می‌کردند. جهت حرکت و سختی به طور تصادفی در هر آزمایش از طریق یک آزمایش به آزمایش دیگر تغییر می‌کرد.

هدف این پژوهش، بررسی روند جمع‌آوری شواهد حسی و اطلاعات اجتماعی در طول زمان و به صورت درهم‌تنیده (با حالات متفاوت زمانی از لحاظ تقدم و تاخر کسب محرک‌های با انواع مختلف) بود که مدلی ساده‌سازی شده از شرایط تصمیم‌گیری در محیط طبیعی باشد. برای این منظور به صورت ساده، شرایطی فرض شد که دو پالس شواهد حسی ارائه شود و یک پالس اطلاعات اجتماعی به شرکت‌کننده برسد.

یک پالس شواهد حسی، زمان محدودی از نمایش RDM بود که هر پالس از بین ۴ سطح سختی انتخاب می‌شد و نقاط در یکی از دو جهت حرکت چپ یا راست حرکت می‌کردند. سطوح سختی مختلف به منظور



شکل ۱. پارادایم آزمایش - (الف) پارادایم کلی شرکت‌کنندگان، پس از دریافت دو پالس ۱۲۰ میلی‌ثانیه‌ای از شواهد حسی (جهت هر دو پالس یکسان بود)، یک علامت گرافیکی که داده‌های اجتماعی را نشان می‌دادند، دریافت می‌کردند و سپس با محور نقطه قرمز رنگ میانه تصویر و ظاهر شدن راهنمای نوشتاری (Low و High)، باید جهت غالب حرکت نقاط متحرک را (چپ یا راست) با کلیک بر روی منحنی‌های مربوط به اعلام پاسخ تعیین کرده و به صورت همزمان اعتماد و تصمیم خود را گزارش می‌دادند. در این نمودار منحنی‌های نشانگر پاسخ با دو طیف رنگی سبز (از مرکز به بالا) و قرمز (از مرکز به پایین) نمایش داده شده‌اند تا بتوانند معیاری از میزان قطعیت باشند. (ب) علامت گرافیکی داده‌های اجتماعی با استفاده از دو شکل و دو رنگ (که در فاز آموزشی به شرکت‌کننده آموزش داده می‌شود) پاسخ و میزان اطمینان از پاسخ شریکان تولید شده به فرد نشان داده می‌شود. علامت گرافیکی که اطلاعات اجتماعی با اطمینان بالا را نشان می‌دهند با رنگ سبز نمایان می‌شوند، در حالی که علامت نشان‌دهنده اطلاعات اجتماعی با اطمینان پایین با رنگ قرمز نمایان می‌شوند. (ج) انواع مختلف شریکان تولید شده. اطلاعات اجتماعی بر اساس رفتار شرکت‌کننده در فاز مرجع به صورت چهار شریک با دقت‌ها و توزیع میزان قطعیت مختلف تولید شدند.

شده تلقی می‌گردید. در مرحله دوم فاز آموزشی مدت زمان ارائه محرک RDM به ۱۲۰ میلی‌ثانیه کاهش می‌یافت و صحت مورد انتظار برای به پایان رساندن این مرحله آموزشی ۷۵ درصد در نظر گرفته شده بود. در این مرحله زمان پاسخ (Reaction time) شرکت‌کننده مورد بررسی قرار می‌گرفت و در صورتی که بیشتر از ۱ ثانیه بود از شرکت‌کننده خواسته می‌شد، در زمان کوتاه‌تری پاسخ دهد. برای طی شدن این فاز، شرکت‌کننده باید دقتی مساوی و یا بالاتر از ۷۵ درصد را در میانگین زمان پاسخ کمتر از یک ثانیه، کسب می‌کرد. در سومین مرحله آموزشی شرکت‌کننده با آزمایشی همانند مرحله دوم؛ ولی به صورت دو پالسه مواجه می‌شد و به او آگاهی داده شده بود که جهت حرکت هر دو پالس به یک جهت خواهد بود. صحت مورد انتظار برای طی کردن این مرحله از آموزش ۷۵ درصد تعیین شده بود. تمام فازهای یک تا سه، همراه با ارائه فیدبک و اخذ میزان قطعیت از شرکت‌کننده (بر اساس منحنی شکل ۱-الف) بود. پس از طی این مراحل، یک مرحله مانند مرحله سوم آزمایشی و بدون فیدبک انجام می‌گرفت و از تحلیل داده‌های این مرحله برای فهم رفتار تصمیم‌گیری شرکت‌کننده در حالت بدون داده‌های اجتماعی استفاده شد که در ادامه مقاله با نام داده‌های مرجع استناد می‌شوند. پس از گذراندن این مراحل آموزشی، اطمینان حاصل می‌شد که شرکت‌کننده، نحوه تصمیم‌گیری در خصوص محرک‌های گسسته و با مدت زمان ۱۲۰ میلی‌ثانیه را آموخته است؛ ولی هنوز با نحوه ارائه داده اجتماعی آشنایی نداشت. هدف فاز چهارم آموزشی، آشنایی با

در فاز اصلی آزمایش علاوه بر آزمایش‌های دو پالسه به همراه داده‌های اجتماعی، از سه نوع آزمایش کنترلی نیز استفاده شده بود که تنها برای اطمینان از توجه کافی شرکت‌کنندگان به تمامی جزئیات شواهد طراحی شده بودند. در اولین نوع این آزمایش‌های کنترلی، تنها دو پالس اطلاعات حسی ارائه می‌شد. در دومین نوع تنها یک پالس شواهد حسی ارائه می‌شد و در آخرین نوع آزمایش‌های کنترلی، هم شواهد حسی و هم اطلاعات اجتماعی ارائه می‌شد ولی در انتهای آزمایش از شرکت‌کننده خواسته می‌شد، اطلاعات اجتماعی مشاهده شده را گزارش کند و شواهد حسی را در نظر نگیرد. در مجموع ۸ درصد از کل آزمایش‌های فاز اصلی، مربوط به آزمایش‌های کنترلی بود که قبل از تحلیل داده‌ها، کنار گذاشته می‌شدند.

فاز آموزشی آزمایش رفتاری

برای اخذ داده‌های رفتاری، شرکت‌کنندگان قبل از ورود به آزمون اصلی، پنج مرحله آموزشی را می‌گذراند. در اولین فاز آموزشی، شرکت‌کننده باید می‌توانست آزمون RDM تک پالسه با زمان ثابت (Fixed duration) یک ثانیه را با صحت بالاتر از ۸۰ درصد به انجام برساند. این آزمون حداکثر در ۴ بلاک ۲۰۰ آزمایش‌ای اخذ شد و در صورتی که شرکت‌کننده نمی‌توانست در ۴ بلاک حد آستانه مورد نظر (۸۰ درصد) را کسب نماید با فرض نرمال نبودن بینایی از انجام ادامه آزمون حذف می‌شد. به محض کسب دقت مساوی و بالای ۸۰ درصد، این فاز طی

خصوص درستی پاسخ به شرکت‌کنندگان ارائه نمی‌شد.

الگوریتم ساخت شریک رایانه‌ای

برای شبیه‌سازی داده‌های اجتماعی از یک مدل تشخیص سیگنال استفاده کردیم که این الگوریتم از مطالعه Bang و همکارانش اتخاذ شده است (۱۳). در هر آزمایش، یک محرک نویزی از توزیع گاوسی $x \in N(d\theta, \sigma^2)$ نمونه‌برداری می‌شد. میانگین توزیع از ضرب جهت حرکت نقاط (راست، ۱؛ چپ، -۱) $d \in \{-1, 1\}$ و نسبتی از نقاط همگرا (۲) که نشان‌گر میزان سختی هر آزمایش است) حاصل می‌شد. انحراف معیار توزیع، Φ ، بر اساس داده‌های حالت مرجع شرکت‌کنندگان محاسبه می‌شد و این انحراف معیار توزیع، میزان نویز را مشخص می‌کرد که برای ساخت داده‌های اجتماعی که صحت متفاوتی نسبت به رفتار حالت مرجع شرکت‌کننده داشتند، به کار گرفته می‌شد.

بر اساس داده‌های حالت مرجع و معادلات (۱) و (۲) آستانه‌هایی از داده‌های دریافتی محاسبه می‌شد که میزان پاسخ و قطعیت فرد را در قبال میزان داده دریافتی تخمین می‌زند. داده‌های اجتماعی باید به گونه‌ای طراحی شوند که اختلاف صحت آنها با حالت مرجع، ۵ تا ۹ درصد باشد (۱۴).

$$\sum_{j \leq i} p_j = \frac{1}{10} \sum_{s \in S} \Phi\left(\frac{\theta_i - s}{\sigma}\right) \quad \text{معادله (۱)}$$

$$p_i \equiv P(r = i) = \begin{cases} P(z \leq \theta_{-6}) & i = -6 \\ P(\theta_{i-1} < z \leq \theta_i) & -6 < i \leq -1, \quad 2 \leq i < 6 \\ P(\theta_{-1} < z \leq \theta_1) & i = 1 \\ P(z > \theta_5) & i = 6 \end{cases} \quad \text{معادله (۲)}$$

مدل رانش انتشار

مدل رانش انتشار (۷، ۱۵) یک روش ساختارمند به منظور پژوهش در مورد تصمیم‌گیری ادراکی، برای جداسازی فرآیندها در آزمایش‌های تصمیم‌گیری اجباری بین دو گزینه (Two-alternative (2AFC)) جمع‌آوری شواهد می‌پردازد.

علامت‌هایی است که داده‌های اجتماعی با آنها به شرکت‌کننده ارائه می‌شود. این علامت‌ها شامل، دو علامت با دو رنگ متفاوت (جمعاً ۴ علامت) بودند که هر کدام نشان‌گر جهت تصمیم (چپ و یا راست) و قطعیت تصمیم اجتماعی (قطعیت زیاد و قطعیت کم) ارائه شده به شرکت‌کننده، مورد استفاده قرار می‌گرفتند. از شرکت‌کننده خواسته می‌شد بعد از مواجهه با علامت انتهایی هر مرحله، تنها مفهوم علامت اجتماعی را گزارش کند. هرگاه صحت شرکت‌کننده به سطح قابل قبول می‌رسید، این فاز را پشت سر می‌گذاشت. در مرحله آخر آموزشی شرکت‌کننده، در انتهای هر مرحله با توجه به علامت انتهایی، یکی از دو جواب مربوط به شواهد دریافت شده از RDM و قطعیت خود و یا علامت مربوط به داده اجتماعی را گزارش می‌کرد. هرگاه صحت هر دوی این گزارش‌ها به سطح استاندارد می‌رسید، شرکت‌کننده مجاز بود در آزمون اصلی وارد شود.

در بلوک‌های فاز آموزشی بعد از گزارش پاسخ شرکت‌کنندگان، در پاسخ به پاسخ‌های صحیح و غلط، بازخورد شنیداری متمایزی ارائه می‌شد. در آزمایش‌هایی با شدت تمایز صفر درصد، نوع بازخورد به صورت تصادفی انتخاب می‌شد، ولی در فاز اصلی آزمایش و حالت مرجع، بازخوردی در

مدل رانش انتشار (۷، ۱۵) یک روش ساختارمند به منظور پژوهش در مورد تصمیم‌گیری ادراکی، برای جداسازی فرآیندها در آزمایش‌های تصمیم‌گیری اجباری بین دو گزینه (Two-alternative (2AFC)) جمع‌آوری شواهد می‌پردازد.

$$dx = Adt + cdW, \quad x(0) = 0 \quad \text{معادله (۳)}$$

به علاوه، نویز در فرمول که با متغیر cdW نشان داده شده است، نشان‌گر نویز سفیدی است که از توزیع گوسین با میانگین صفر و واریانس $c^2 dt$ پیروی می‌کند و بنابراین در مجموع، برابر با صفر خواهد شد (۲۰).

در زمان صفر، مقدار جمع‌کننده (x) برابر صفر است. در هر گام زمانی، مقدار شواهد، A ، به نفع یکی از دو گزینه جمع خواهد شد. A زمانی مثبت خواهد شد که پاسخ صحیح در آستانه بالایی بازنمایی شده باشد.

نرخ رانش به منظور حل کردن مساله گسستگی شواهد به وجود آمد. نرخ رانش منعکس‌کننده سرعت جذب اطلاعات است و در مدل این پژوهش فرض شده است این سرعت در طول هر آزمایش ثابت می‌ماند ولی با توجه به قدرت هر پالس می‌تواند جذب مقادیر متفاوتی از شواهد را داشته باشد به این معنا که در هر آزمایش، نرخ رانش از پالس اول شواهد حسی با توجه به قدرت محرک محاسبه شده و این نرخ برای پالس دوم نیز با توجه به قدرت محرک آن در نظر گرفته می‌شد. در جمع‌آوری شواهد از فاصله بین دو پالس صرف نظر کردیم و پالس‌ها به صورت یک پالس با مقادیر مختلف قدرت در نظر گرفته شدند.

تغییر بعدی مدل در خصوص پارامتر نقطه شروع صورت گرفت که به عنوان میزان داده دریافت شده توسط اطلاعات اجتماعی در نظر گرفته شد. به این صورت که تعریف نقطه شروع برابر است با ترجیح یا سوگیری در نقطه صفر (۵)، و در طراحی‌های مختلف آزمایش‌های گوناگون، نقطه شروع می‌تواند به نفع گزینه‌های با پاداش بالاتر یا پرتکرارتر و یا ارجح تغییر کند (۷، ۲۶)، پس در این پژوهش نشانه‌های اجتماعی را به صورت ترجیحی به نفع یکی از دو گزینه تلقی کردیم و این امکان استفاده از نقطه شروع به عنوان نشان‌گر اطلاعات اجتماعی را میسر کرد. برای این منظور ضروری بود که زمان نقطه شروع را گسترش دهیم و این میزان را در نقطه ارائه اطلاعات اجتماعی، پس از شواهد حسی، فرموله کنیم. با ادغام این مفهوم در مدل، توانستیم توضیح دهیم که چگونه نشانه‌های اجتماعی سبب سوگیری در تصمیم‌گیری می‌شوند.

برای مدل‌سازی در این پژوهش، ابتدا آزمایش‌هایی که زمان پاسخ آنها کوچکتر از ۰/۵ ثانیه و یا بزرگتر از ۳ ثانیه بودند (۳ درصد از کل آزمایش‌ها)، حذف شدند. سپس برای برآورد شاخص‌های مد نظر (آستانه تصمیم، نرخ رانش و نقطه شروع)، مدل به صورت جداگانه در ۲ حالت (آزمایش اصلی و حالت مرجع) به صورت آزاد انجام می‌شد و سایر شاخص‌ها به صورت تک حالت آزاد تنظیم می‌شدند. سپس شاخص‌ها بر آزمایش‌های مربوط داده اصلی و به ازای شریک با دقت بالاتر و شریک با دقت پایین‌تر برآورد شدند. تنظیم مدل‌ها به ازای تمام شرکت‌کنندگان ۱۰ بار تکرار شد و به این صورت از هر پارامتر برآورد شده، آرایه‌ای شامل مقادیر متفاوت آن در هر بار تنظیم، به دست آمد.

یافته‌ها

تحلیل آماری داده‌های رفتاری

بهبود در درستی تصمیم بین حالت مرجع و هنگام دریافت اطلاعات اجتماعی از شریک، که با نام "درستی نسبی" در نمودار ۱ نشان داده شده است. در هر دو حالت مختلف شریکان معنادار است. دقت

مدل رانش انتشار، هفت پارامتر آزاد دارد که اغلب پژوهشگران بر چهار پارامتر آن تمرکز دارند که به خوبی می‌توانند با پارامترهایی که توسط مطالعات متعدد، روند شناختی تصمیم‌گیری را نشان می‌دهند (۵)، تطبیق داده شوند. این پارامترها عبارتند از نرخ رانش، نقطه شروع، حد آستانه و زمان مستقل از تصمیم. نرخ رانش، هنگامی عدد بزرگتری را نشان می‌دهد که محرک آسان‌تر رمزگذاری می‌شود و به نوعی با سختی محرک وابسته است. هنگامی که حد آستانه بالاتر باشد، فرد به شواهد بیشتری برای تصمیم‌گیری نیاز دارد. نقطه شروع، نشانگر تمایل اولیه به یکی از دو گزینه تصمیم‌گیری در ابتدای آزمون است. نقطه شروع و حد آستانه، میزان کنترل فرد بر روی تصمیم‌گیری‌اش را نشان می‌دهد (۱۶). مدل رانش انتشار در سال‌های اخیر در بسیاری از مطالعات تصمیم‌گیری (۲۱-۱۷) و همچنین مطالعات تأثیر اجتماعی (۲۴-۲۲) استفاده شده است.

مدل رانش انتشار یک مدل تصمیم‌گیری مهم در علوم اعصاب است. با این حال، محدودیت‌هایی در مورد آزمایش‌های نوآورانه دارد. به عنوان مثال DDM پارامترهای ثابت و محدودی دارد و شواهد باید به صورت جریانی ثابت فرض شوند و موقعیت شروع به صورت عددی ثابت در نظر گرفته می‌شود. مدل رانش انتشار تعمیم‌یافته ((GDDM) Generalized drift-diffusion models) (۲۵) ابزاری انعطاف‌پذیر برای توسعه DDM ارائه می‌کند که می‌تواند طیف وسیعی از طرح‌ها و فرضیه‌های تجربی در مورد تصمیم‌گیری را قابل اجرا سازد. GDDM اجازه می‌دهد توزیع‌های دلخواهی برای موقعیت شروع، نرخ رانش و آستانه تصمیم‌گیری و زمان عدم تصمیم‌گیری تعریف بشود. در GDDM مدل‌ها با حل مستقیم معادله Fokker-Planck با استفاده از روش‌های عددی کارآمد به صورت عددی حل می‌شوند و سرعتی ۱۰۰ برابر یا بیشتر نسبت به روش استاندارد دارند.

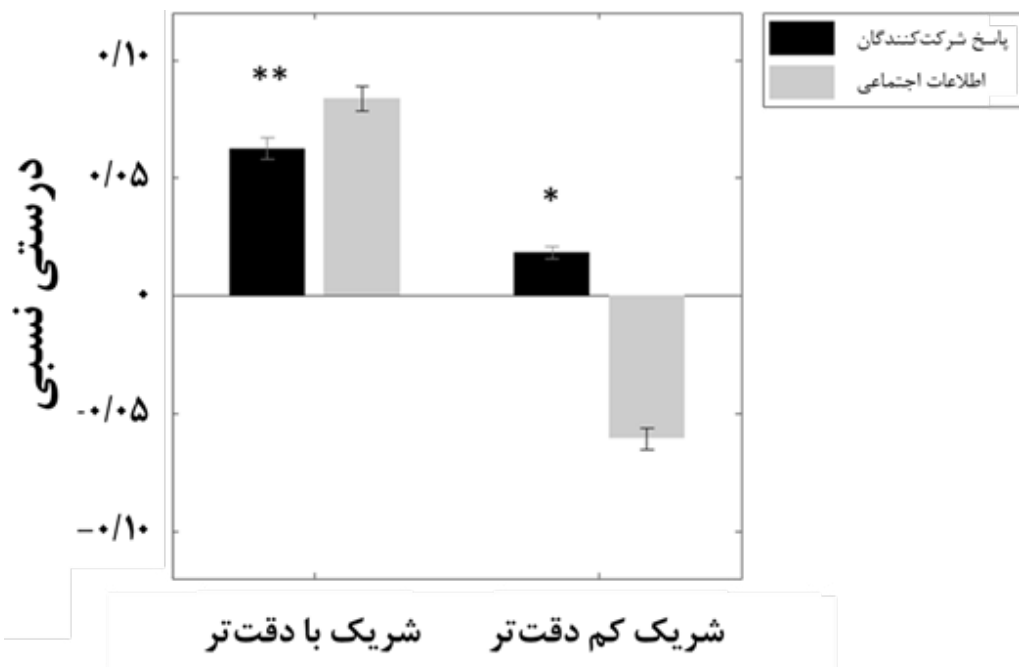
در مطالعه حاضر، به دلیل نیاز به توابع مختلف در تخمین نرخ مقادیر مدل از مدل رانش انتشار تعمیم‌یافته استفاده کردیم و پارامترهای نرخ رانش و نقطه شروع و آستانه تصمیم را تخمین زدیم تا نشان دهیم تأثیر اجتماعی ناشی از چه فرایندی است. در ادامه تغییرات انجام شده در مدل شرح داده می‌شوند.

برآورد داده‌ها با PYDDM

در این مطالعه، به دلیل وجود گسستگی در شواهد حسی و حضور اطلاعات اجتماعی، نیاز به تغییراتی در پیاده‌سازی مدل رانش انتشار وجود داشت و مدل رانش انتشار تعمیم‌یافته، انعطاف لازم برای تعریف توابع خاص برای این منظور را فراهم آورده است. اولین تغییر مدل در

شرکت‌کنندگان، از دقت شریکان به صورت معناداری پایین‌تر است (آزمون t برای شریک با دقت بالاتر: $t(16)=11/396$ ، $P<0/001$ ، آزمون t برای شریک با دقت بالاتر: $t(16)=7/433$ ، $P<0/001$ ، در مجموع افراد همیشه از اطلاعات اجتماعی موجود در جهت بهبود تصمیم خویش استفاده می‌کردند و این بهبود در مواجهه با شریک با دقت بالاتر بیشتر از شریک کم‌دقت‌تر بود (آزمون t : $t(16)=3/590$ ، $P=0/002$ ، ولی این بهره‌برداری به صورت بهینه انجام نمی‌شد.

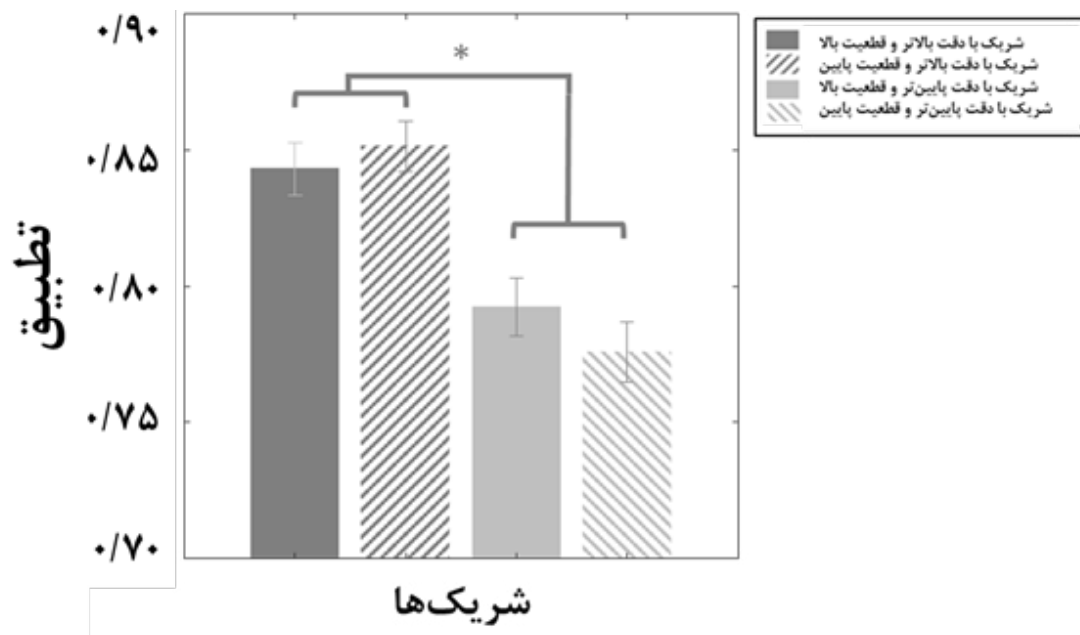
شرکت‌کنندگان در بلوک‌های اجتماعی در مواجهه با شریک با دقت پایین، به طور معناداری بالاتر از دقت آنها در بلوک‌های مرجع است. (تفاوت مقدار بارهای نشان‌گر پاسخ شرکت‌کنندگان از صفر که حالت مرجع را نشان می‌دهند) (آزمون t : $t(8)=3/122$ ، $P=0/048$ ، به همین صورت بهبود میزان درستی تصمیم بین حالت مرجع و هنگام دریافت اطلاعات اجتماعی از شریک با دقت بالاتر نیز معنادار است. (آزمون t : $t(8)=7/072$ ، $P<0/001$ ، با این حال همیشه، میانگین دقت



نمودار ۱. اثر دقت شریک بر صحت شرکت‌کنندگان بر اساس صحت در بلوک‌های مرجع. میزان صحت افراد با تجمیع داده‌ها در مواجهه با شریکان با دقت بالا/پایین محاسبه شد. ستون‌های خاکستری دقت داده‌های اجتماعی را نشان می‌دهند که به شرکت‌کنندگان در بلوک‌های اجتماعی ارائه شده است. داده‌ها به صورت میانگین گروهی $\pm$ SEM ارائه شده‌اند.

شرکت‌کننده در مواجهه با تمام شریکان اجتماعی توسط آزمون‌های تعقیبی t -test انجام شد که نشان داد، تفاوت بین حالت‌ها معنادار است، اما این معناداری فقط میان شرکای بادقت بالاتر و پایین‌تر است و در بین این شرکا، تفاوت میان تطبیق از شریک با قطعیت بالاتر و پایین‌تر معنادار نیست. $P_{(LAHC|LALC)}=0/925$ ، $P_{(HAHC|HALC)}=0/925$ ، $P_{(HAHC|LAHC)}=0/029$

تغییر میزان تطبیق با اطلاعات اجتماعی عامل دیگری است که رفتار شرکت‌کننده را توضیح می‌دهد. همان‌طور که انتظار می‌رفت، شرکت‌کنندگان بیشتر با شرکای بادقت بالا تطابق دارند (نمودار ۲). آزمون ANOVA بر میزان تطبیق‌پذیری ارتباط مثبت معناداری را در مورد اثر شریک اجتماعی نشان داد ($F(3, 24)=5/618$ ، $P=0/005$ ، برای اطمینان از معناداری رفتار تطبیق‌پذیری

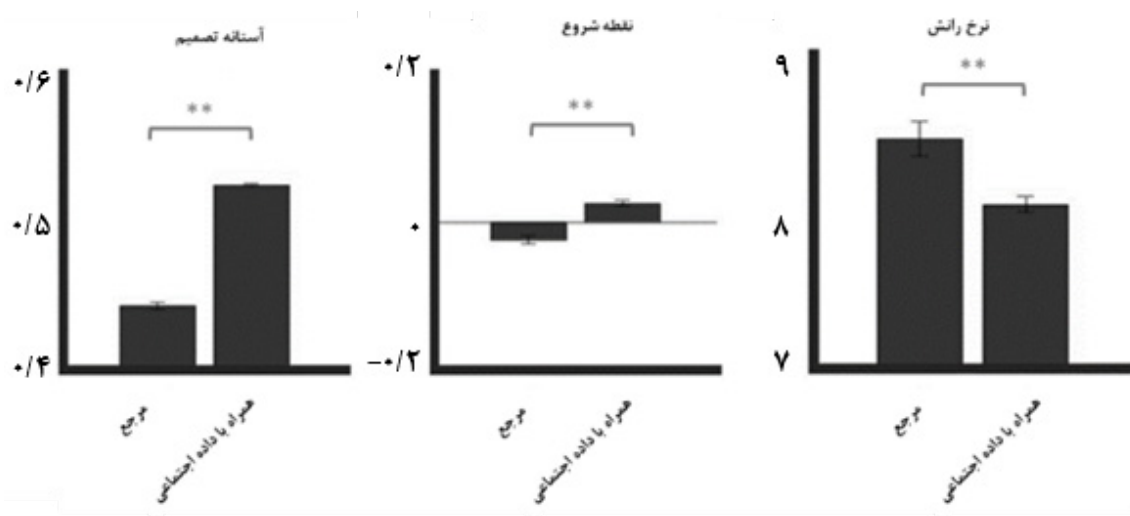


نمودار ۲. میزان تطبیق با شریکا - درجه بالاتری از تطبیق با شریکانی وجود دارد که سطح دقت بالاتری را نشان داده‌اند ولی میزان تطبیق در بین شرکای با قطعیت بالا و پایینی که هر دو درجه صحت بالاتری نسبت به شرکت‌کننده دارند، متفاوت نیست. داده‌ها به صورت میانگین گروهی $\pm$ SEM ارائه شده‌اند.

این مدل‌سازی، پی بردن به این نکته بود که ورود اطلاعات اجتماعی، کدام پارامترها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. نتایج آزمون‌های آماری نشان می‌دهند، تفاوت معناداری بین هر سه پارامتر آستانه تصمیم، نقطه شروع و نرخ رانش در رفتار افراد در هنگام انجام آزمایش مرجع و آزمایش با داده‌های اجتماعی وجود دارد آستانه تصمیم: $P < 0.001$, $F = 53.577$ ، نقطه شروع: $P < 0.001$, $F = 5.618$ ، نرخ رانش: $P < 0.001$, $F = 34.324$.

تحلیل پارامترهای مدل رانش انتشار

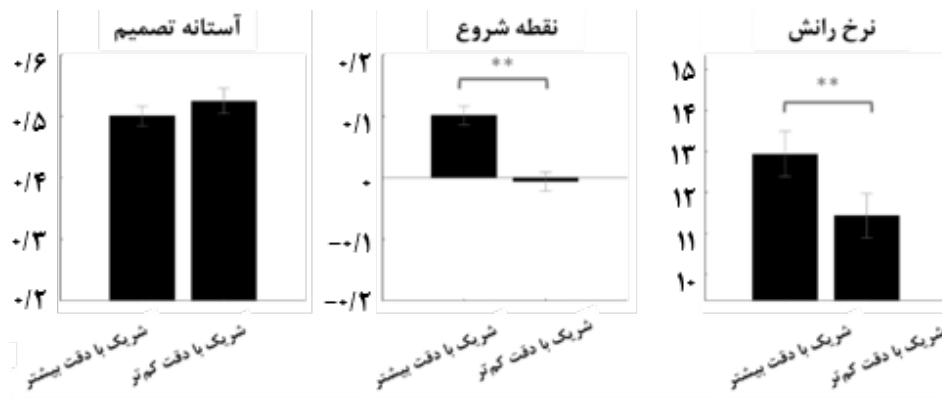
نتایج حاصل از برآورد پارامترهای مدل رانش انتشار، در سه حالت متفاوت برای پارامترهای آستانه تصمیم، نقطه شروع و نرخ رانش مورد بررسی و تحلیل قرار گرفتند. در مرحله اول در دو مرحله مجزا، مدل رانش انتشار با سه پارامتر قابل تغییر مورد نظر بر روی داده‌های مربوط به آزمایش اصلی (دو پالس همراه با داده اجتماعی) و داده‌های مرجع (تنها دو پالس شواهد حسی) انجام گرفت. هدف از



نمودار ۳. پارامترهای برآورد شده آستانه تصمیم، نقطه شروع و نرخ رانش در حالات مختلف همراه با داده اجتماعی و در حالت مرجع

معناداری بین هر دو پارامتر نقطه شروع و نرخ رانش در رفتار افراد در هنگام انجام آزمایش مرجع و آزمایش با داده‌های اجتماعی وجود دارد (نقطه شروع: $t=6/317$ ، $P<0/001$ ، نرخ رانش: $t=7/535$ ، $P<0/001$ ، ولی میزان آستانه تصمیم در این دو وضعیت تفاوت معناداری با یکدیگر ندارد ($t=1/643$ ، $P=0/139$). به عبارت دیگر آستانه تصمیم افراد در مواجهه با شرکای مختلف ثابت می‌ماند؛ ولی تغییرات نرخ رانش و نقطه شروع معنادار و قابل بررسی است. از این رو، در مرحله بعد مدل رانش انتشار، دوباره انجام گرفت ولی با این تفاوت که پارامتر آستانه تصمیم بین دو حالت ثابت در نظر گرفته شد و دو پارامتر نرخ رانش و نقطه شروع به صورت همزمان برآورد شدند.

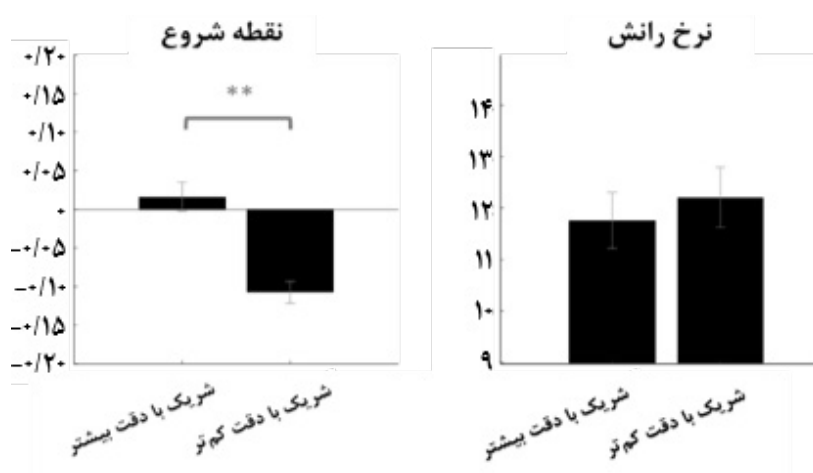
نرخ رانش در حالت مرجع از حالت اجتماعی بیشتر است به عبارت دیگر افراد در حالت مرجع اطلاعات بیشتری از شواهد حسی موجود دریافت می‌کنند ولی در حالت اجتماعی آستانه تصمیم بالاتر است و با کسب شواهد بیشتری به تصمیم می‌رسند. همچنین نقطه شروع در حالت همراه با اطلاعات اجتماعی از حالت مرجع بیشتر است. در مرحله بعدی مدل رانش انتشار بر روی آزمایش‌های با داده‌های شرکای با دقت بالاتر و شرکای کم‌دقت‌تر بررسی شدند. نتایج آنالیز بر روی مقادیر برآورده شده در مورد داده‌های مربوط به شرکای با دقت متفاوت، برای سه پارامتر آستانه تصمیم، نقطه شروع و نرخ رانش در **نمودار ۴** نشان داده شده است. نتایج آزمون‌های آماری نشان می‌دهند، تفاوت



نمودار ۴. پارامترهای برآورد شده آستانه تصمیم، نقطه شروع و نرخ رانش در حالات مختلف مواجهه با شرکای اجتماعی بادقت‌تر و کم‌دقت‌تر

تنها نقطه شروع بین شرکا تفاوت معناداری دارد ($t=6/281$ ، $P<0/001$) و این تفاوت در مورد نرخ رانش معنادار نیست ($t=1/440$ ، $P=0/167$).

پس از تنظیم مجدد مدل، پارامترهای نرخ رانش و نقطه شروع با توجه به نوع شریک نمودار شده‌اند (**نمودار ۵**). با توجه به تست‌های آماری انجام شده،



نمودار ۵. پارامترهای برآورد شده نقطه شروع و نرخ رانش به صورت همزمان در حالات مختلف مواجهه با شرکای اجتماعی بادقت‌تر و کم‌دقت‌تر

بحث

در این مطالعه، چگونگی تأثیر اطلاعات اجتماعی بر تصمیم‌گیری ادراکی را بررسی کردیم و در تحلیل رفتاری نشان دادیم، افراد از اطلاعات اجتماعی برای بهبود دقت تصمیم بهره می‌برند. در مدل‌سازی نشان دادیم تفاوت میان دو افزایش دقت در مواجهه با دو شریک با دقت بالاتر و پایین‌تر مربوط به پارامتر نقطه شروع است. برخلاف نتایج ما، Germar و همکارانش در پژوهش خود ادعا کردند که وجود اطلاعات اجتماعی سبب افزایش نرخ رانش می‌شود و نه نقطه شروع (۲۲). Toelch و همکارانش در مطالعه خود، همسو با یافته‌های این پژوهش، نشان دادند پارامتر نقطه شروع، سبب افزایش دقت می‌شود (۲۷). در هر دو آزمایش تفاوت‌هایی اساسی نسبت به پژوهش حاضر موجود است، در دو مطالعات اثر هنجاری اجتماعی وجود دارد، در حالیکه در مطالعه حاضر سعی بر حذف اثر هنجاری اجتماعی و تنها تمرکز بر اثر اطلاعاتی اجتماعی بوده است، و تفاوت دوم در زمان ارائه اطلاعات اجتماعی نسبت به شواهد حسی است، در مطالعه Germar و همکارانش، اطلاعات اجتماعی قبل از شواهد حسی، در مطالعه Toelch اطلاعات اجتماعی همزمان با شواهد حسی و در مطالعه حاضر اطلاعات اجتماعی بعد از شواهد حسی ارائه می‌شدند، که این اختلافات می‌توانند سبب بروز تفاوت در نتایج شوند. علاوه بر مطالعات ذکر شده در حوزه تأثیر اجتماعی، پژوهش‌های دیگری که در آنها اطلاعات افزوده‌ای علاوه بر شواهد موجود ارائه می‌شدند، نتایجی هم‌راستا با این پژوهش و پژوهش Toelch و همکارانش داشتند (۲۸، ۲۹).

نتیجه‌گیری

این مطالعه به تجزیه و تحلیل پیچیدگی‌های تصمیم‌گیری در محیط‌های اجتماعی می‌پردازد و به طور خاص بر تأثیر اطلاعات اجتماعی که پس از علائم حسی مختلف ارائه می‌شوند، تمرکز دارد. نتایج ما نشان دادند که اطلاعات اجتماعی همواره موجب بهبود دقت تصمیم‌گیری می‌شوند، حتی اگر این اطلاعات اجتماعی از فردی باشد که دقت پایین‌تری نسبت به آنها دارد. با این حال، میانگین دقت شرکت‌کنندگان در حالتی که با شریکانی که دقت بالاتری نسبت به آنان داشتند، بهینه نبود. علاوه بر این، نشان دادیم، انطباق، زمانی که شرکت‌کنندگان اطلاعات اجتماعی را از شریکان با دقت بالاتر کسب کنند، آشکارتر است.

یافته‌های ما در نتیجه مدل‌سازی نشان داد، هر سه پارامتر کلیدی تصمیم‌گیری بین "حالت مرجع" و "حالت همراه با اطلاعات اجتماعی" متفاوت هستند و بررسی بیشتر در خصوص رفتار شرکت‌کنندگان در مواجهه با شریکان متفاوت نشان می‌دهد، اختلاف در بهبود دقت در اثر

دریافت اطلاعات اجتماعی از شریکان با دقت بالا و پایین، در مختصات تصمیم‌گیری این پژوهش، در اثر تفاوت در پارامتر نقطه شروع است. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی سناریوهایی مورد مطالعه قرار گیرند که تأثیرات اجتماعی مختلف را جداگانه مورد بررسی قرار دهند. همین‌طور سناریوهای ادغام شواهد حسی و اطلاعات اجتماعی می‌توانند گسترده‌تر شوند، به عنوان مثال، می‌توان پژوهش‌هایی با تنوع بیشتر در ترتیب ارائه داده‌ها انجام داد تا تأثیر ورود اطلاعات اجتماعی در ابتدا یا فواصل بین پالس‌ها و یا با ارائه اطلاعات اجتماعی متعدد بررسی شوند. همچنین، در این پژوهش یک سناریوی محتمل برای ادغام این شواهد مورد بررسی قرار گرفت، طبعاً سناریوهای دیگری می‌تواند مفروض و آزموده شود. نتایج این پژوهش و پژوهش‌های مشابه می‌توانند به طراحان سیستم‌ها و تصمیم‌گیران کمک کنند تا در مواجهه با محدودیت‌های مشابه در زمان، تصمیم‌گیری‌های بهتری انجام دهند و تأثیرات بیشتری در تصمیم‌گیری‌های گروهی داشته باشند.

این پژوهش، اهمیت اطلاعات اجتماعی در فرایندهای تصمیم‌گیری گروهی و فردی را تأیید می‌کند و این یافته‌ها می‌توانند در زمینه‌های مختلف مورد استفاده قرار بگیرند. اطلاعات اجتماعی می‌توانند در مدیریت تصمیم‌گیری‌ها، تبلیغات، روان‌شناسی اجتماعی، علوم اقتصاد و زمینه‌های مشابه سبب افزایش بهره‌وری شوند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق در پژوهش

به منظور ثابت بودن شرایط آزمایش، دستورالعملی از چگونگی انجام آزمایش در اختیار شرکت‌کنندگان قرار گرفت. کد اخلاق مربوط به این پژوهش با شماره IR.IUMS.REC.1398.1201 به تصویب کمیته اخلاقی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه علوم پزشکی ایران رسیده است. حفظ حریم شخصی شرکت‌کنندگان به دقت رعایت شد و تمام اطلاعات به صورت محرمانه مورد استفاده قرار گرفت.

مشارکت نویسندگان

حورا تجربی: طراحی و پیاده‌سازی مطالعه، گردآوری داده‌ها، تحلیل و تفسیر داده‌ها، تهیه پیش‌نویس مقاله و اصلاح مقاله؛ سجاد ذباح: طراحی مطالعه، نظارت و اصلاح مقاله؛ جواد حاتمی: نظارت و اصلاح مقاله؛ رضا ابراهیم‌پور: طراحی مطالعه، نظارت و اصلاح مقاله.

منابع مالی

این پژوهش تحت پایان‌نامه با عنوان "بررسی ساز و کار تصمیم‌گیری

ادراکی در فضای گسسته با حضور محرک‌های اجتماعی مورد حمایت ستاد علوم شناختی با شماره ۹۹۷۰ انجام شده است.

مقاله کمک کردند و تشکر ویژه از تمامی شرکت‌کنندگان در پژوهش، که وقت خود را به ما اختصاص دادند.

تشکر و قدردانی

سپاس از تمام افرادی که به هر شکلی در انجام این پژوهش و نگارش

تعارض منافع

این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافی نداشته است.

References

1. Raven BH. Social influence and power. California, US-A:University of California;1964.
2. Cialdini RB, Goldstein NJ. Social influence: Compliance and conformity. *Annual Review of Psychology*. 2004;55:591-621.
3. Levine JM. Solomon Asch's legacy for group research. *Personality and Social Psychology Review*. 1999;3(4):358-364.
4. Deutsch M, Gerard HB. A study of normative and informational social influences upon individual judgment. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*. 1955;51(3):629-635.
5. Voss A, Rothermund K, Voss J. Interpreting the parameters of the diffusion model: An empirical validation. *Memory & Cognition*. 2004;32(7):1206-1220.
6. Esmaily J, Zabbah S, Ebrahimpour R, Bahrami B. Interpersonal alignment of neural evidence accumulation to social exchange of confidence. *Elife*. 2023;12:e83722.
7. Ratcliff R, McKoon G. The diffusion decision model: Theory and data for two-choice decision tasks. *Neural Computation*. 2008;20(4):873-922.
8. Kiani R, Shadlen MN. Representation of confidence associated with a decision by neurons in the parietal cortex. *Science*. 2009;324(5928):759-764.
9. Bahrami B, Olsen K, Latham PE, Roepstorff A, Rees G, Frith CD. Optimally interacting minds. *Science*. 2010;329(5995):1081-1085.
10. Rafiei M, Jahani Tabesh A, Ebrahimpour R. Optimal temporal gap between two different visual stimuli for optimal perception in perceptual decision-making. *Shefaye Khatam*. 2021;9(4):41-50.
11. Kiani R, Churchland AK, Shadlen MN. Integration of direction cues is invariant to the temporal gap between them. *Journal of Neuroscience*. 2013;33(42):16483-16489.
12. Zylberberg A, Fetsch CR, Shadlen MN. The influence of evidence volatility on choice, reaction time and confidence in a perceptual decision. *Elife*. 2016;5:e17688.
13. Bang D, Aitchison L, Moran R, Castanon SH, Rafiei B, Mahmoodi A, et al. Confidence matching in group decision-making. *Nature Human Behaviour*. 2017;1(6):0117.
14. Olsen K, Roepstorff A, Bang D. Knowing whom to learn from: individual differences in metacognition and weighting of social information. Psyarxiv. PrePrint.
15. Ratcliff R. A theory of memory retrieval. *Psychological Review*. 1978;85(2):59-108.
16. Wagenmakers E-J. Methodological and empirical developments for the Ratcliff diffusion model of response times and accuracy. *European Journal of Cognitive Psychology*. 2009;21(5):641-671.
17. Nunez MD, Vandekerckhove J, Srinivasan R. How attention influences perceptual decision making: Single-trial EEG correlates of drift-diffusion model parameters. *Journal of Mathematical Psychology*. 2017;76:117-130.
18. Philiastides MG, Aukstulewicz R, Heekeren HR, Blankenburg F. Causal role of dorsolateral prefrontal cortex in human perceptual decision making. *Current Biology*. 2011;21(11):980-983.
19. Masís J, Chapman T, Rhee JY, Cox DD, Saxe AM. Strate-

gically managing learning during perceptual decision making. *Elife*. 2023;12:e64978.

20. Ozturk S, Zhang X, Glasgow S, Karnani RR, Imbriano G, Luhmann C, et al. Knowledge of threat biases perceptual decision making in anxiety: Evidence from signal detection theory and drift diffusion modeling. *Biological Psychiatry Global Open Science*. 2024;4(1):145-154.

21. Pitliya RJ, Nelson BD, Hajcak G, Jin J. Drift-diffusion model reveals impaired reward-based perceptual decision-making processes associated with depression in late childhood and early adolescent girls. *Research on Child and Adolescent Psychopathology*. 2022;50(11):1515-1528.

22. Germar M, Schlemmer A, Krug K, Voss A, Mojzisch A. Social influence and perceptual decision making: A diffusion model analysis. *Personality and Social Psychology Bulletin*. 2014;40(2):217-231.

23. Philastides MG, Ratcliff R. Influence of branding on preference-based decision making. *Psychological Science*. 2013;24(7):1208-1215.

24. Maka S, Chrustowicz M, Okruszek L. Can we dissociate hypervigilance to social threats from altered perceptual deci-

sion-making processes in lonely individuals? An exploration with drift diffusion modeling and event-related potentials. *Psychophysiology*. 2023;60(12):e14406.

25. Shinn M, Lam NH, Murray JD. A flexible framework for simulating and fitting generalized drift-diffusion models. *Elife*. 2020;9:e56938.

26. Arnold NR, Broder A, Bayen UJ. Empirical validation of the diffusion model for recognition memory and a comparison of parameter-estimation methods. *Psychological Research*. 2015;79:882-898.

27. Toelch U, Panizza F, Heekeren HR. Norm compliance affects perceptual decisions through modulation of a starting point bias. *Royal Society Open Science*. 2018;5(3):171268.

28. Mulder MJ, Wagenmakers E-J, Ratcliff R, Boekel W, Forstmann BU. Bias in the brain: A diffusion model analysis of prior probability and potential payoff. *Journal of Neuroscience*. 2012;32(7):2335-2343.

29. Forstmann BU, Brown S, Dutilh G, Neumann J, Wagenmakers E-J. The neural substrate of prior information in perceptual decision making: a model-based analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2010;4:1277.