Advances in Cognitive Sciences
Vol 22, No. 3, Autumn 2020
Research Article
Pages 37-47

The role of explicit and implicit confidence in multi-stage decisions

Fatemeh Majdabadi[1], Reza Ebrahimpour[2*]

1. MS of Cognitive Science, Department of Cognitive Psychology, Institute for Cognitive Science Studies, Tehran, Iran
2. Professor of Artificial Intelligence, Department of Artificial Intelligence, Faculty of Computer Engineering, Shahid Rejaee Teacher Training University, Tehran, Iran

Recieved: 22 Jan. 2020
Revised: 20 Sep. 2020
Accepted: 25 Sep. 2020

Keywords
Perceptual decision-making
Multi-stage decisions
Confidence

Corresponding author
Reza Ebrahimpour, Professor of Artificial Intelligence, Department of Artificial Intelligence, Faculty of Computer Engineering, Shahid Rejaee Teacher Training University, Tehran, Iran

Email: Rebrahimpour@srttu.edu

doi.org/10.30699/icss.22.3.37

Abstract

Introduction: The present study aims to investigate the role of explicit confidence versus implicit in the context of studying how to set the strategy of multi-stage decisions. In this study, two-stage decision-making has been used as a suitable context to examine this difference. This issue is significant because the formation of confidence has been one of the most crucial questions posed. This study aims to provide a better view of confidence and its effect on the different elements of decision-making.

Methods: This research was an experimental study with a within-subject design. The experiments were done on a sample of 12 people (10 man, 22-36 years old), selected through convenience sampling. Each participant completed a total of 528 tests in four blocks of random dot motion. Participants had to make two consecutive perceptual decisions simultaneously with the answer. They announced their degree of certainty with a visual saccade. The testing and data analysis was done in MATLAB.

Results: The results of the Kruskal-Wallis test showed that reducing the motion strength in the first decision leads to increasing the response time of the second decision. Besides, a higher level of confidence in the first decision leads to an increase in the second decision's response time. The results of the Wilcoxon test indicated that the confidence of the first decision has a greater effect on the response time of the second decision in comparison to the effect of the accuracy of the first decision on the response time of the second decision.

Conclusion: When the confidence level of each decision is consciously reported, simultaneously with their responses, it has the same effect on the strategy's setting as the lack of reporting uncertainty. Accordingly, it can be concluded that in the context of multi-stage perceptual decisions, explicit and implicit confidence act similarly.

Citation: Majdabadi F, Ebrahimpour R. The role of explicit and implicit confidence in multi-stage decisions. Advances in Cognitive Sciences. 2020;22(3):37-47.

مجله تازه‌های علوم شناختی
دوره ۲۲، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹
مقاله پژوهشی
صفحات ۴۷-۳۷

نقش قطعیت آگاهانه و ضمنی در بستر تصمیم‌های چند مرحله‌ای

فاطمه مجدآبادی[۱]، رضا ابراهیم‌پور[۲*]

۱. کارشناسی ارشد علوم شناختی، گروه روان‌شناسی شناختی، موسسه آموزش عالی علوم شناختی، تهران، ایران
۲. استاد هوش مصنوعی، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۰۲
اصلاح نهایی: ۱۳۹۹/۰۶/۳۰
پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۴

واژه‌های کلیدی
تصمیم‌گیری ادراکی
تصمیم‌های چند مرحله‌ای
قطعیت

نویسنده مسئول
رضا ابراهیم‌پور، استاد هوش مصنوعی، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

ایمیل: Rebrahimpour@srttu.edu :

doi.org/10.30699/icss.22.3.37

چکیده

مقدمه: هدف این پژوهش به دنبال بررسی نقش قطعیت آگاهانه در مقابل قطعیت ضمنی در بستر مطالعه چگونگی تنظیم استراتژی تصمیم‌های چند مرحله‌ای است. در این مطالعه، از تصمیم‌گیری دو مرحله‌ای به عنوان بستری مناسب برای بررسی این تفاوت استفاده شده است. این موضوع از آنجا حائز اهمیت است که در مطالعات سال‌های اخیر در حوزه تصمیم‌گیری، مساله شکلگیری قطعیت از جمله سوالات مهم بوده است. این مطالعه می‌تواند تصویر کامل‌تری از بازنمایی قطعیت و اثر آن بر مولفه‌های تصمیم را نشان دهد.

روش کار: این پژوهش از نوع آزمایشی با طرح درون‌آزمودنی بود. در این مطالعه از داده‌های آزمایش روان_فیزیک نقاط متحرک تصادفی ۱۲ شرکت‌کننده که به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شده بودند، استفاده شد. هر شرکت‌کننده در طی ۴ بلاک مجموعا ۵۲۸ آزمایه را کامل کرد. شرکت‌کنندگان باید دو تصمیم ادراکی متوالی را اخذ و همزمان با پاسخ، میزان قطعیت خود را با ساکاد چشمی اعلام می‌کردند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد کاهش قدرت محرک در تصمیم اول به طرز معناداری منجر به افزایش زمان پاسخ تصمیم دوم می‌شود. همچنین گزارش قطعیت بالاتر در تصمیم اول به افزایش زمان پاسخ تصمیم دوم منتهی می‌شود. از طرفی نتایج نشان داد قطعیت تصمیم اول بر زمان پاسخ تصمیم دوم به طرز معناداری اثر بیشتری نسبت به تاثیر صحت تصمیم اول بر زمان پاسخ تصمیم دوم دارد.

نتیجه‌گیری: هنگامی که قطعیت در مورد هر تصمیم به صورت همزمان با پاسخ و آگاهانه گزارش می‌شود همان اثری را بر تنظیم استراتژی می‌گذارد که در عدم گزارش قطعیت دیده می‌شد. بر همین اساس می‌توان عنوان کرد که در بستر تصمیمات چند مرحله‌ای ادراکی، قطعیت آگاهانه و ضمنی مشابه با یکدیگر عمل می‌کنند.

مقدمه

تصمیم‌گیری یکی از بالاترین سطوح فعالیت‌های شناختی مغز است که به انتخاب یک گزینه از بین چند گزینه متفاوت اطلاق می‌شود. اولین نظریه‌های کلاسیک تصمیم‌گیری توسط اقتصاددان‌ها مطرح شد که در آنها با توجه به الگوهای ریاضی سعی در تبیین رفتار انسان‌ها می‌شد. در این مطالعات عملکرد انسان‌ها بهینه فرض می‌شد (۱، ۲). تحقیقات بعدی نشان داد، در برخی شرایط رفتار تصمیم‌گیرنده بهینه نیست (۳). این مسئله که رفتار تصمیم‌گیرنده در چه شرایطی بهینه و در چه شرایطی غیر بهینه است هنوز محل پژوهش است (۴). تحقیقات متعددی نشان داده که رفتار شرکت‌کننده در آزمون‌های روان_فیزیکِ حسی_حرکتی نزدیک به عملکرد بهینه است (۵). به چنین تصمیماتی

که مستقیما توسط سیستم حسی_حرکتی اتخاذ می‌شود، تصمیمات ادراکی می‌گویند. پژوهش بر روی تصمیمات ادراکی از آن جهت اهمیت دارد که می‌توان با کنترل اطلاعات ورودی در شرایط آزمایشگاهی با دقت بیشتری در مورد نحوه تاثیر اطلاعات ورودی بر شکل‌گیری تصمیم صحبت کرد (۶). در تصمیم‌گیری‌های ادراکی، شرکت‌کننده در معرض محرک‌هایی که می‌توان آنها را از طریق حواس پنج‌گانه ادراک کرد قرار می‌گیرد. در فرآیند تصمیم‌گیری نیاز به شواهدی است تا بر مبنای آن بتوان میان گزینه‌های موجود، تصمیمی اتخاذ کرد. این اطلاعات ادراک شده همان شواهدی هستند که به نفع گزینه‌ها وزن‌دهی می‌شوند. اطلاعات به صورت پیوسته در زمان، تا جایی که به نفع یکی از گزینه‌ها به حد آستانه برسد تجمیع می‌شود (۶، ۷). می‌توان عنوان کرد که در فرآیند تصمیم‌گیری ادراکی وقتی با چند گزینه مواجه هستیم نیاز به شواهدی داریم تا بتوانیم یکی از گزینه‌ها را انتخاب کنیم. این شواهد به وسیله سیستم حسی دریافت شده و توسط فعالیت گروهی از نورون‌ها در طول زمان به نفع یکی از گزینه‌ها تجمیع می‌شوند. در فرآیند تجمیع اگر اطلاعات به یک حد آستانه برسند، تصمیم اتخاذ می‌شود. اگر زمان اخذ تصمیم افزایش بیابد تجمیع اطلاعات به نفع یکی از گزینه‌ها بهتر انجام می‌شود و در این حالت امکان خطا کاهش می‌یابد. در مقابل اگر تصمیم‌گیرنده در شرایطی قرار بگیرد که زمان اخذ تصمیم محدودی در اختیار داشته باشد باید بتواند میان صحت پاسخ و زمان پاسخ تعادل برقرار کرده و به صورت بهینه عمل کند (۸-۶).

تصمیم‌گیری تحت فشار زمانی میان دو گزینه، اگر اطلاعات ورودی نویزی باشد، نسبت به شرایط دنیای واقعی بسیار ساده‌سازی شده ولی دلیل پرداختن به آن از چند جنبه اهمیت دارد. اولا این نوع تصمیمات بازنمای شرایط مختلفی است که حیوانات در آن قرار می‌گیرند. مثلا در مواجهه با یک محرک جدید به سمت آن بروند یا از آن دوری کنند. دوما برقراری تعادل میان میزان دقت و زمان، سابقه تکاملی زیادی دارد و بررسی اتخاذ تصمیمات بهینه در آن می‌تواند حائز اهمیت باشد. (۹). آزمایش استفاده شده در این پژوهش از نوع آزمایش‌های روان_فیزیک است. در آزمایش‌های روان_فیزیک به این امر پرداخته می‌شود که محرک‌های حسی چطور توسط شرکت‌کننده دریافت و توصیف می‌شود (۱۰، ۱۱). آزمایش روان_فیزیک استفاده شده در این پژوهش، پارادایم نقاط متحرک تصادفی است که به اختصار آن را (Motion (RDM) Random Dots) می‌نامیم. این آزمایش برای مطالعه بر روی فرآیند تصمیم‌گیری ادراکی طراحی شده و آزمایش‌های متعددی با استفاده از این الگوواره انجام شده است (۸-۶، ۱۲، ۱۳).

پارادایم نقاط متحرک تصادفی به این صورت است که مجموعه‌ای از نقاط متحرک به شرکت‌کننده نشان داده می‌شود. این نقاط یا به طرف راست یا به طرف چپ با قدرت‌های متفاوتی حرکت می‌کنند. در حالت ۰ درصد همه نقاط به صورت تصادفی در جهت‌های متفاوت حرکت می‌کنند. در حالت ۵۰ درصد نیمی از نقاط به صورت همبسته به یک طرف حرکت می‌کنند و بقیه نقاط به صورت تصادفی در جهت‌های مختلف در حرکت هستند و در حالت ۱۰۰ درصد همه نقاط به صورت منسجم به یک طرف حرکت می‌کنند. در واقع با توجه به قدرت محرک و میزان انسجام حرکت نقاط، میزان سختی آزمایش مشخص می‌شود. در آزمایش‌هایی که از RDM استفاده می‌کنند این مجموعه نقاط به شرکت‌کننده نشان داده شده و از شرکت‌کننده خواسته می‌شود جهت حرکت نقاط را تشخیص دهد. هرچه میزان انسجام حرکت نقاط بیشتر باشد، احتمال پاسخ صحیح شرکت‌کننده بیشتر می‌شود. در RDM محرک بینایی شامل دو دسته حرکت است. دسته اول نقاط متحرکی هستند که با انسجام به یک سمت حرکت می‌کنند و در دسته دوم، نقاط به صورت تصادفی حرکت می‌کنند. در واقع شرکت‌کننده با شواهدی رو به روست که اطلاعات نویزی را هم همراه خود دارد (۷).

در زندگی روزمره رسیدن به یک هدف غالبا حاصل سلسله‌ای از تصمیم‌گیری‌های پی در پی است که بر روی یکدیگر تاثیر می‌گذارند. مطالعه بر روی تصمیم‌گیری‌های متوالی نسبت به تصمیم‌گیری‌های تک مرحله‌ای در شرایط آزمایشگاهی به دنیای واقعی نزدیک‌تر است، همین امر سبب اهمیت این نوع مطالعات می‌شود. این که کدام مولفه‌ها در میان تصمیمات متوالی منتقل می‌شوند مسئله‌ای حائز اهمیت است. سرعت پاسخ، میزان درستی تصمیم قبلی و حتی دریافت بازخورد از جمله مولفه‌های تاثیرگذار در تصمیم جاری هستند (۹). همچنین مطالعات پیشین نشان داده است که میزان قطعیت در مورد درستی پاسخ با میزان قدرت محرک در رابطه است (۱۲). از آنجایی که میزان قدرت محرک هم با احتمال درستی تصمیم تناسب دارد، انتظار می‌رود که میزان قطعیت نیز یکی از مولفه‌هایی باشد که میان تصمیمات پی در پی منتقل می‌شود (۱۳). قطعیت باوری است که در مورد افکار، دانش و کارایی خودمان داریم و بر احساس درونی‌مان متکی است (۱۴). در مطالعات قطعیت در تصمیم‌گیری‌های ادراکی، قطعیت اغلب به صورت گذشته‌نگر بررسی می‌شود. در واقع شرکت‌کنندگان باید میزان قطعیت خود را بعد از اتخاذ تصمیم اعلام کنند (۱۵، ۱۶). البته Kiani و همکاران در سال ۲۰۱۴ پژوهشی انجام دادند که در آن تاثیر میزان زمان پاسخ بر میزان قطعیت مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش قطعیت همزمان با پاسخ گزارش می‌شد (۱۷). Van den Berg و همکاران در پژوهشی عملکرد شرکت‌کنندگان در سلسله‌ای از تصمیمات که در آن صحت

همه تصمیمات منجر به دریافت پاداش می‌شد را مورد مطالعه قرار دادند. Van den Berg نشان داد که قطعیت تعادل میان دقت و سرعت پاسخ تصمیم دوم را تعیین می‌کند. آنها با تخمین قطعیت تصمیم اول، این قطعیت را به عنوان مولفه‌ای برای تعیین استراتژی معرفی کردند (۱۳). از آنجایی که در این مطالعه قطعیت تصمیمات تخمین زده می‌شد این سوال مطرح است که با گزارش قطعیت به صورت آگاهانه آیا همچنان قطعیت عامل تنظیم استراتژی است؟ این موضوع از آنجا حائز اهمیت است که اولا نشان می‌دهد که در بستر تصممیات ادراکی چند مرحله‌ای، نقش کلیدی قطعیت در انتقال اطلاعات میان دو تصمیم، در شرایط گزارش آگاهانه قطعیت با شرایط محاسبه ضمنی قطعیت یکسان است. همین یافته می‌تواند اعتبار مطالعات تصمیمات ادراکی که در آن قطعیت به صورت آگاهانه گزارش می‌شود را افزایش دهد. دوما با سنجش قطعیت به صورت آگاهانه، اثر قطعیت در انتقال اطلاعات میان دو تصمیم ادراکی با وضوح بیشتری قابل مشاهده است و می‌توان تاثیر قطعیت را بر مولفه‌های تصمیمات مشاهده و آنها را آنالیز کرد. بر این اساس هدف این پژوهش بررسی نقش تنظیم‌کنندگی استراتژی توسط قطعیت آگاهانه در بستر تصمیمات چند مرحله‌ای بود.

روش کار

داده‌های به دست آمده در این پژوهش از ۱۲ نفر (۱۰ آقا) به روش نمونه‌گیری تصادفی در دسترس جمع‌آوری شده است. محدوده سنی شرکت‌کنندگان از ۲۲ تا ۳۶ سال بود. داوطلبان از طریق اطلاعیه در کلاس‌های هوش مصنوعی دانشگاه شهید رجایی به آزمایش راه پیدا کردند. برای بررسی ملاک‌های ورود به آزمایش ابتدا مصاحبه اولیه با داوطلبان در محل آزمایشگاه صورت گرفت. داشتن ضعف بینایی، سابقه جراحی چشم، سابقه سایکوز، سابقه ADHD و سوءمصرف مواد مخدر به عنوان ملاک‌های خروج از آزمایش تعیین شد. در این مرحله ۳ داوطلب از آزمایش حذف شدند و ۱۲ داوطلب باقی مانده همگی توانستند مرحله آموزش را پشت‌سر بگذارند و به آزمایش راه یابند. جهت رعایت ملاحظات اخلاقی از تمامی شرکت‌کنندگان رضایت‌نامه کتبی اخذ شد. این پژوهش با کد IR.IUMS.REC13981002 به تصویب کمیته اخلاقی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه علوم پزشکی ایران رسیده است.

ابزار: مکان آزمایش اتاقی نیمه‌تاریک و از جهت شدت نور کنترل شده بود. آزمایش در نرم‌افزار MATLAB و با استفاده از سایک‌تولباکس کدنویسی شد. نمایش‌گر استفاده شده CRT با قطر ۱۷ اینچ و وضوح تصویر ۱۰۲۴ در ۷۶۸ پیکسل و با فرکانس ۷۵ هرتز بود. چانه شرکت‌کنندگان روی چین‌رست و با فاصله ۵۷ سانتی‌متر از نمایش‌گر قرار می‌گرفت. از دستگاه ردیاب چشمی ثابت Eye link 1000 SR Research برای دریافت پاسخ و گزارش قطعیت استفاده شده است.

محرک بینایی: آزمایش روان_فیزیک استفاده شده در این پژوهش، آزمایش نقاط متحرک تصادفی است. آزمایش‌های متعددی با استفاده از این الگوواره برای مطالعه تصمیم‌گیری ادراکی انجام شده است (۲۵-۱۸). به منظور ثابت نگه داشتن توجه شرکت‌کنندگان، یک نقطه آبی رنگ به قطر ۰/۴۲ درجه بینایی به نمایش گذاشته می‌شد. اندازه نقاط متحرک تصادفی ۲ در ۲ پیکسل با درجه بینایی ۰/۰۸ و به رنگ سفید بود. این نقاط حول دایره آبی رنگ در شعاع ۴ درجه بینایی در پس زمینه مشکی رنگ ظاهر می‌شدند. میانگین تراکم نقاط ۱۷/۹ نقطه بر درجه بینایی بر واحد مربع در هر ثانیه و سرعت حرکت نقاط ۷/۱ درجه بینایی بر ثانیه بود. هر محرک از مجموعه‌های مستقل نقاط متحرک تشکیل شده بود که به صورت فریم‌های ویدئویی پی در پی بر روی نمایش‌گر نشان داده می‌شدند. به جهت نشان دادن حرکت منسجم به یک جهت خاص، هر مجموعه مستقل شامل ۳ فریم به طول ۴۰ میلی‌ثانیه به یک جهت خاص حرکت می‌کرد. در این آزمایش، جهت‌ها در تصمیم اول به طرف چپ و راست و در تصمیم دوم به طرف بالا و پایین بودند.

بازخورد: شرکت‌کنندگان پس از اعلام پاسخ خود، بازخوردی شنیداری با صدای بیپ دریافت می‌کردند. در صورت صحت، صدایی با فرکانس ۲۵۰ هرتز و در صورت عدم صحت صدایی با فرکانس ۱۰۰۰ هرتز و در صورت از دست دادن آزمایه، صدایی با فرکانسی ۲۰۰۰ هرتز می‌شنیدند.

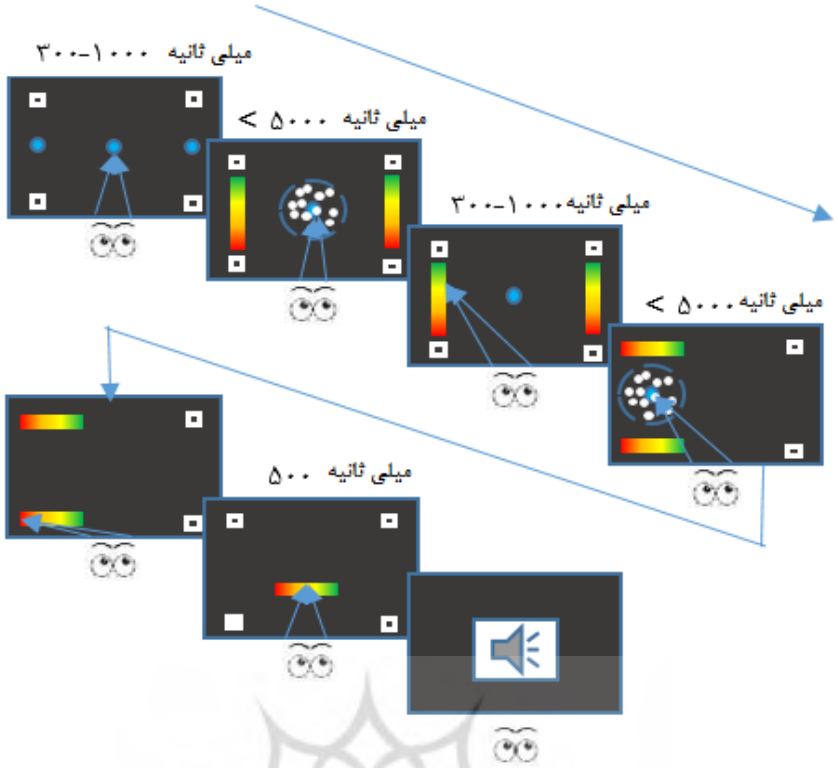
طرح آزمایش: این پژوهش از نوع مطالعات آزمایشی با طرح درون‌آزمودنی بود. هر شرکت‌کننده ۵۲۸ آزمایه را در ۴ بلاک انجام داد. میزان همسبتگی حرکت نقاط متحرک در ۶ سطح در تصمیم اول و دوم به عنوان متغیر مستقل و زمان پاسخ، صحت پاسخ و میزان قطعیت هر تصمیم به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد.

روش اجرای مرحله آموزش: بخش آموزشی از ۵ مرحله تشکیل شده بود. شرکت‌کنندگان در پایان مرحله آموزش باید می‌توانستند تعادلی میان دقت و زمان پاسخ را رعایت کنند. مرحله اول آموزش شامل ۴ بلوک و هر بلوک شامل ۲۰۰ آزمایه بود. آزمایه‌ها از نوع زمان ثابت با قدرت‌های محرک ۰، ۳/۲، ۶/۴، ۱۲/۸، ۲۵/۶ و ۵۱/۲ درصد و در زمان‌های متفاوت و به صورت تصادفی بودند. در حالت زمان ثابت ابتدا محرک بینایی با زمان مشخصی به شرکت‌کنندگان نشان داده می‌شود. پس از قطع شدن محرک، از شرکت‌کنندگان خواسته می‌شود جهت پاسخ را اعلام کنند. اگر شرکت‌کنندگان تا ۵ ثانیه پاسخ خود را

اعلام نمی‌کردند آن تصمیم از دست رفته تلقی می‌شد. پس از پایان هر تصمیم، به شرکت‌کنندگان در مورد صحت تصمیم بازخورد صوتی داده می‌شد. برای محرک‌های ۰ درصد بازخورد به صورت تصادفی با احتمال رخداد برابر داده می‌شد. مرحله دوم آموزش شامل ۴ بلوک و هر بلوک شامل ۲۱۶ آزمایه بود. آزمایه‌های این مرحله به سه حالت تصادفی ارائه می‌شدند. حالت اول مشابه مرحله اول آموزش بودند، با این تفاوت که RDM به صورت زمان آزاد ارائه می‌شد. در حالت زمان آزاد محرک بینایی به شرکت‌کنندگان نشان داده می‌شود و شرکت‌کنندگان می‌توانند محرک بینایی را تا زمان لحظه اتخاذ تصمیم مشاهده کنند. حالت دوم و سوم نیز مشابه حالت اول بودند با این تفاوت که جهت حرکت RDM، بالا و پایین بود. مرحله سوم شامل ۲ بلوک می‌شد. طراحی این مرحله مانند مرحله اصلی آزمایش ولی شامل ۹۹ آزمایه دو تصمیمه بود با این تفاوت که در هیچ مرحله‌ای قطعیت گزارش نمی‌شد و بازخورد مثبت تنها در صورت درست بودن هر دو تصمیم ارائه می‌شد. مرحله چهارم شامل ۲ بلوک مشابه مرحله اصلی ولی با ۱۵۴ آزمایه دو تصمیمه بود. شرکت‌کنندگان باید در انتهای آزمایه میزان قطعیت خود در مورد درستی هر دو تصمیم را اعلام می‌کردند سپس مانند قبل بازخورد دریافت می‌کردند. مرحله پنجم آزمایش کاملا مشابه آزمایش اصلی بود با این تفاوت که شامل ۱ بلوک با ۱۲۱ آزمایه دو تصمیمه می‌شد. این مرحله برای آشنایی شرکت‌کنندگان با آزمایش اصلی طراحی شده بود.

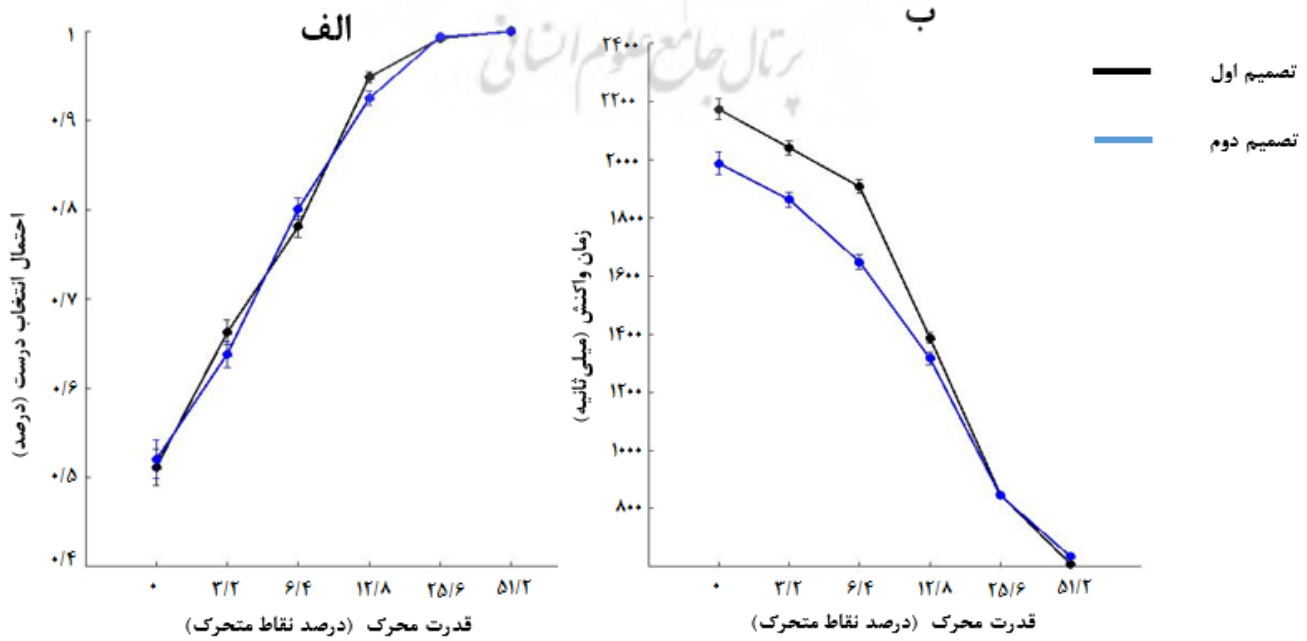
روش اجرای مرحله آزمایش: مرحله آزمایش اصلی شامل ۴ بلوک با ۱۳۲ آزمایه می‌شد. هر بلوک شامل ۱۲۱ آزمایه دو تصمیمه و ۱۱ آزمایه تک تصمیم اول بود. طراحی آزمایش در شکل ۱ به صورت شماتیک نشان داده شده است. همه آزمایه‌ها از نوع زمان آزاد بودند. در آزمایه‌های دو تصمیمه ابتدا یک دایره آبی رنگ به قطر ۰/۴۲ درجه بینایی در مرکز تصویر و دو دایره آبی رنگ دیگر با قطر ۰/۴۲ درجه بینایی هر کدام با فاصله ۶ درجه بینایی در سمت راست و چپ دایره آبی رنگ مرکزی قرار داده شده بود. چهار مربع توخالی سفید رنگ هر کدام با ابعاد ۰/۴۲ درجه بینایی در بالا و پایین دایره‌های آبی رنگی چپ و راست نمایش داده می‌شد. از شرکت‌کنندگان خواسته شده بود نگاه خود را بر روی دایره آبی رنگ مرکزی ثابت نگه دارند. دایره‌ای به شعاع ۲/۲ درجه بینایی حول دایره آبی رنگ مرکزی تعریف شده بود. ثابت نگه داشتن چشم شرکت‌کنندگان با دستگاه ردیاب چشمی کنترل می‌شد.

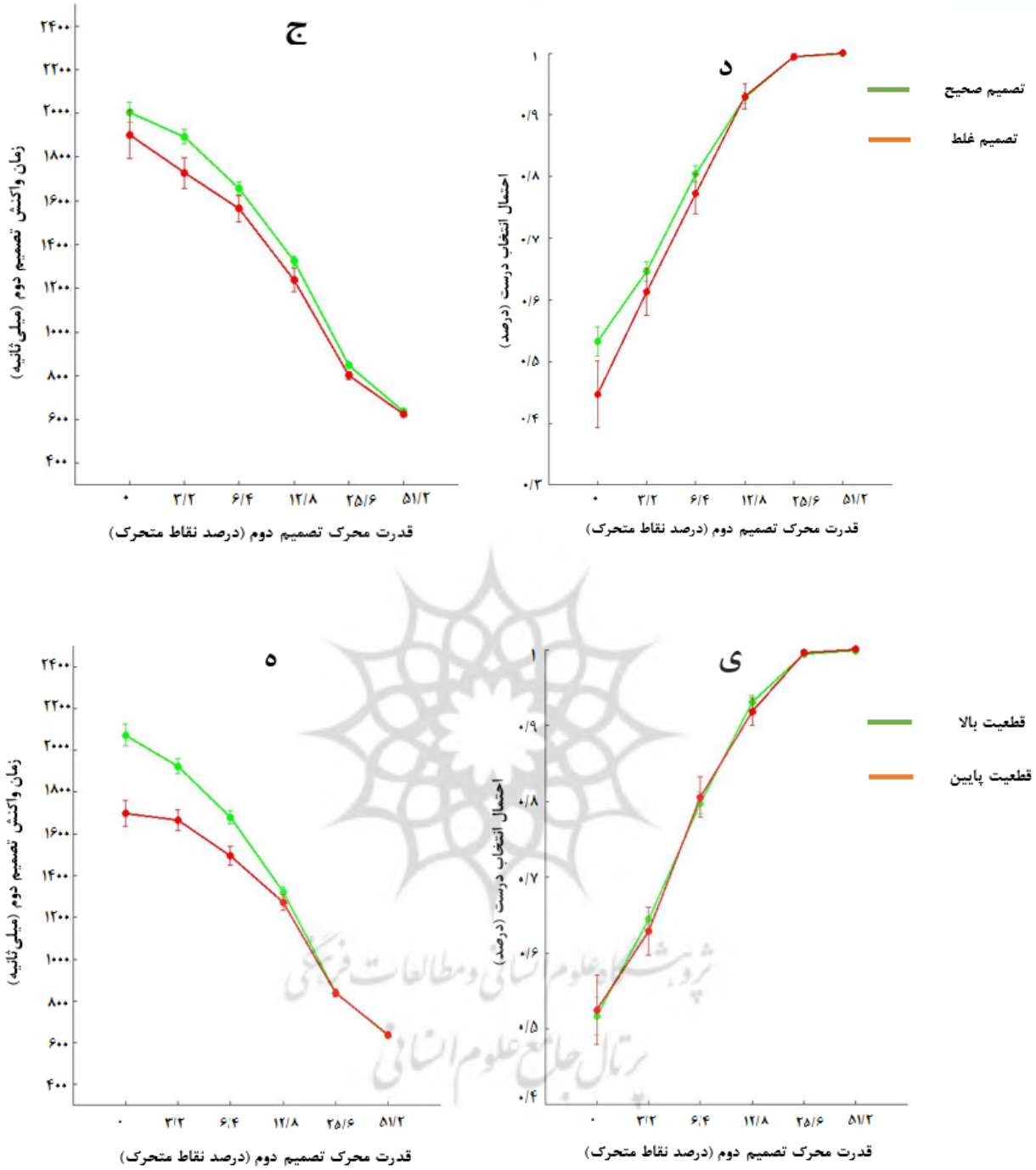
شرکت‌کنندگان ۳۰۰ میلی‌ثانیه نگاه خود را بر روی دایره مرکزی ثابت نگه می‌داشتند. پس از سپری شدن زمانی تصادفی یک RDM به صورت تصادفی با یکی از قدرت‌های ۰، ۳/۲، ۶/۴، ۱۲/۸، ۲۵/۶ و ۵۱/۲ درصد حول دایره مرکزی به نمایش در می‌آمد. جهت حرکت نقاط طرف راست یا چپ بود. همچنین با شروع RDM دایره‌های آبی دو طرف ناپدید و به جای آنها دو مستطیل رنگی عمودی با طول ۶ و عرض ۰/۵ درجه بینایی با طیف رنگی قرمز تا سبز قرار می‌گرفت. رنگ قرمز نشان‌دهنده ۰ درصد و رنگ سبز نشان‌دهنده ۱۰۰ درصد میزان قطعیت بود. از شرکت‌کنندگان خواسته شده بود هم زمان با اعلام پاسخ خود در مورد جهت حرکت RDM، میزان قطعیت خود در مورد درستی پاسخ اعلام شده را گزارش دهند. وقتی چشم ۲/۸ درجه بینایی از دایره مرکزی فاصله می‌گرفت به عنوان زمان پاسخ ثبت و بلافاصله RDM قطع می‌شد. همچنین پس از اعلام جهت پاسخ و میزان قطعیت، مستطیل‌های رنگی ناپدید می‌شدند. جهتی که شرکت‌کنندگان به عنوان پاسخ تصمیم اول اعلام کرده بودند به منزله نقطه مرکزی برای تصمیم دوم تلقی می‌شد و دایره آبی رنگ در همان جهت دوباره پدیدار می‌گردید. در تصمیم دوم نیز نگاه شرکت‌کنندگان ابتدا ۳۰۰ میلی‌ثانیه بر روی نقطه آبی رنگ مرکزی جدید ثابت و پس از طی شدن یک زمان تصادفی، RDM تصمیم دوم حول نقطه مرکزی جدید پدیدار می‌شد. همزمان با شروع RDM دو مستطیل رنگی با مشخصاتی مشابه تصمیم اول در بالا و پایین دایره آبی مرکزی جدید ظاهر می‌شد با این تفاوت که مستطیل‌ها این بار افقی بودند. RDM تصمیم دوم با قدرت‌های ۰، ۳/۲، ۶/۴، ۱۲/۸، ۲۵/۶ و ۵۱/۲ درصد ولی در جهت بالا یا پایین اجرا می‌شد. مانند قبل وقتی چشم ۲/۸ درجه بینایی از دایره مرکزی جدید فاصله می‌گرفت به عنوان زمان پاسخ ثبت و بلافاصله RDM قطع می‌شد. صفحه نمایش‌گر بعد از تصمیم دوم به حالت اولیه خود در می‌آمد و بسته به این که شرکت‌کننده در طی این دو تصمیم به کدام مربع رسیده‌اند، مربع سفید توپر می‌شد. پس از ۵۰۰ میلی‌ثانیه، بسته به این که کدام مربع انتخاب شده بود مستطیل رنگی دیگری با فاصله ۳ درجه بینایی بالاتر از هدف انتهایی در نمایش‌گر نشان داده می‌شد. در اینجا شرکت‌کنندگان باید میزان قطعیت خود در مورد درستی هر دو تصمیم را اعلام می‌کردند. پس از اعلام میزان قطعیت، بازخورد شنیداری در مورد درستی هر دو تصمیم به شرکت‌کنندگان داده می‌شد. به این صورت که اگر بازخورد مثبت دریافت می‌کردند نشان‌دهنده این بود که هر دو تصمیم را درست تشخیص داده‌اند. در آزمایه‌های تک تصمیم اول، همه چیز مانند دو تصمیمه بود با این تفاوت که بعد از اتخاذ تصمیم اول، تصمیم دومی وجود نداشت و بازخورد مربوط به درستی همان تصمیم بود.



شکل ۱. شماتیک آزمایش اصلی. شرکت‌کنندگان دو تصمیم ادراکی متوالی را اتخاذ می‌کنند. در هر تصمیم همزمان با پاسخ، میزان قطعیت خود در مورد صحت پاسخ را نیز گزارش می‌دهند. در نهایت در انتهای آزمایه میزان قطعیت خود در مورد درستی هر دو تصمیم را گزارش می‌دهند. گزارش پاسخ و قطعیت در هر مرحله با حرکات چشمی صورت می‌گیرد.

نحوه تجزیه و تحلیل داده‌ها: با توجه به این که داده‌ها در شرایط متفاوتی تحلیل شده‌اند، بسته به تعداد گروه و وابسته یا مستقل بودن متغیرها، از آزمون‌های آماری ناپارامتری ویلکاکسون (شکل۲-ب، شکل ۴-الف)، کروسکال_والیس (شکل ۳، شکل ۴-ب) و من ویتنی (شکل ۲- قسمت ج و ه) استفاده شده است. اندازه نمونه‌های هر گروه مقایسه، به اندازه تعداد آزمایه‌های آن گروه در نظر گرفته شده است. تمام تحلیل‌های آماری در نرم‌افزار MATLAB صورت گرفته است.





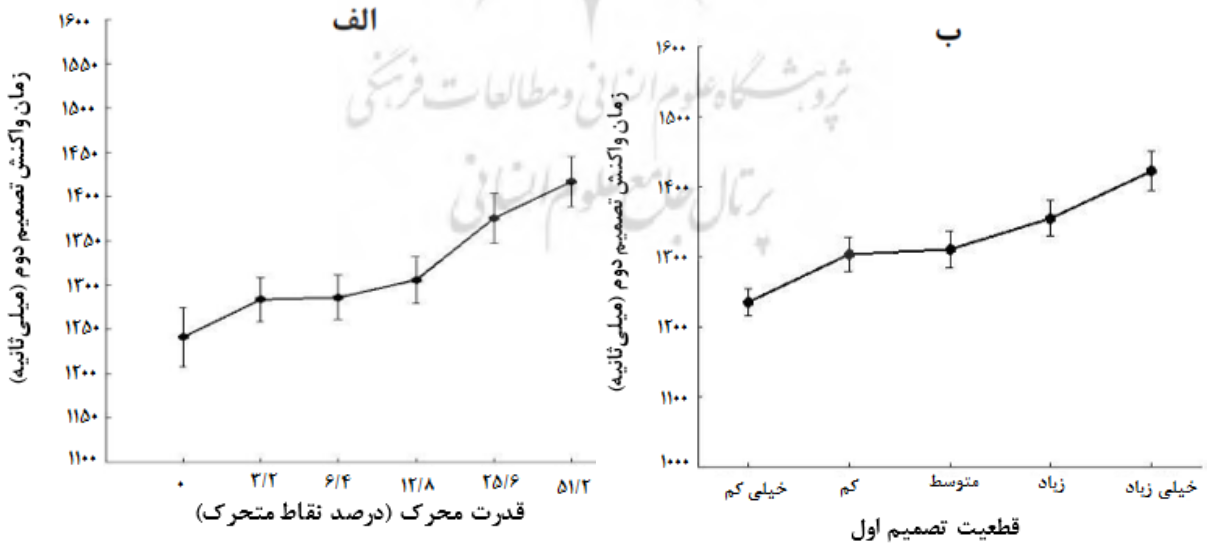
شکل ۲. الف) صحت پاسخ تصمیم اول و دوم نسبت به قدرت محرکشان. ب) زمان پاسخ تصمیم اول و دوم نسبت به قدرت محرکشان. رنگ مشکی تصمیم اول و رنگ آبی تصمیم دوم. ج) زمان پاسخ تصمیم دوم نسبت به قدرت محرک تصمیم دوم. د) دقت پاسخ تصمیم دوم نسبت به قدرت محرک همان تصمیم. در حالت ج و د رنگ سبز به معنای شرایطی است که تصمیم اول درست بوده و رنگ قرمز وقتی تصمیم اول غلط بوده است. ه) زمان پاسخ تصمیم دوم نسبت به قدرت محرک تصمیم دوم. ی) دقت پاسخ تصمیم دوم نسبت به قدرت محرک همان تصمیم. در حالت ه و ی رنگ سبز به معنای شرایطی است که تصمیم اول با قطعیت بالا بوده و رنگ قرمز قطعیت پایین بوده است.

یافته‌ها

برای مطالعه رفتار بهینه شرکت‌کنندگان در اتخاذ تصمیمات متوالی، در قدم اول به تحلیل دقت و زمان پاسخ آنها نسبت به قدرت‌های محرک متفاوت در هر دو تصمیم پرداخته شده است. نمودار شکل ۲ قسمت ب نشان می‌دهد شرکت‌کنندگان در تصمیم اول زمان بیشتری را نسبت به تصمیم دوم صرف کرده‌اند و این تفاوت با استفاده از آزمون آماری ویلکاکسون با ارزش پی $P<10^{-8}$-۱۴ نشان داده شده است. همچنین شرکت‌کنندگان تصمیم اول را با دقت بیشتری نسبت به تصمیم دوم پاسخ داده‌اند. گرچه این تفاوت معنادار نبود (شکل ۲ قسمت الف). یکی

دیگر از مولفه‌های قابل بررسی میزان تاثیرگذاری صحت تصمیم اول بر مولفه‌های زمان و دقت پاسخ تصمیم دوم است. نکته حائز اهمیت این است که در این پژوهش، شرکت‌کنندگان هیچ بازخوردی جهت صحت تصمیم اول و دوم دریافت نمی‌کردند بلکه بازخورد مثبت در شرایط صحت هر دو تصمیم در انتهای آزمایه ارائه می‌شد. رنگ سبز در شکل ۲ قسمت ج زمان پاسخ تصمیم دوم نسبت به قدرت محرک همان تصمیم در حالی که شرکت‌کننده تصمیم اول را درست اتخاذ کرده را نشان می‌دهد. رنگ قرمز در همین شکل بیان‌گر عملکرد شرکت‌کنندگان در شرایطی است که شرکت‌کننده تصمیم اول را اشتباه اتخاذ کرده است. جهت نشان دادن معناداری تفاوت میان این دو حالت از آزمون آماری من_ویتنی استفاده شده است. ارزش پی به ترتیب برای قدرت محرک ۰ درصد تا ۵۱/۲ درصد برابر است با P<۰/۰۰۲، P<۰/۰۰۳، P<۰/۰۱۹، P<۰/۲۷ و P<۰/۲۲ نتایج بیان‌گر معناداری تفاوت در قدرت‌های محرک کمتر است. در قسمت د شکل ۲ داده‌های رفتاری حاصل از دقت پاسخ تصمیم دوم نسبت به قدرت محرک همان تصمیم در حالی که تصمیم اول درست یا نادرست اتخاذ شده را نشان می‌دهد. رنگ سبز نشان‌دهنده تصمیم درست و رنگ قرمز نشان‌دهنده تصمیم غلط است. در واقع شرکت‌کنندگان زمانی که تصمیم اول را درست اتخاذ کرده بودند زمان و دقت پاسخ تصمیم دوم را نسبت به حالتی که اشتباه اتخاذ کرده بودند افزایش می‌دادند.

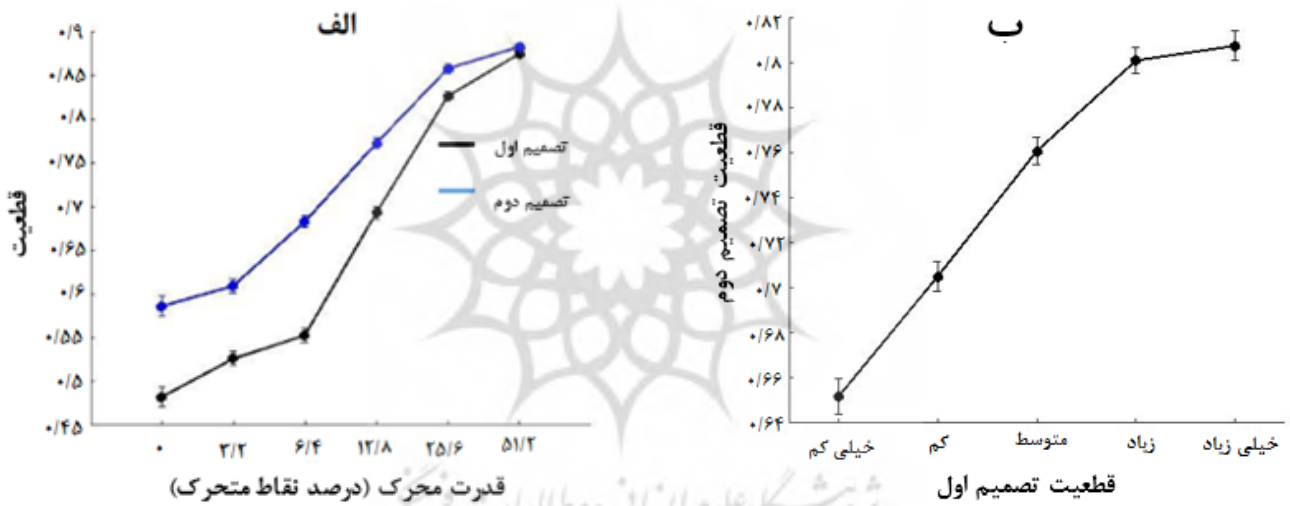
اگر میزان قطعیت پاسخ تصمیم اول را به دو گروه قطعیت بالا و قطعیت پایین تقسیم کنیم، متوجه می‌شویم عملکرد شرکت‌کنندگان در دقت و زمان پاسخ تصمیم دومشان صرف نظر از صحت یا عدم صحت تصمیم اول، متفاوت خواهد بود. این تفاوت در شکل ۲ قسمت ه نشان می‌دهد زمان پاسخ تصمیم دوم نسبت به قدرت محرک همان تصمیم در حالی که تصمیم اول با قطعیت بالا اتخاذ شده (رنگ سبز) بیشتر از حالتی است که تصمیم اول با قطعیت پایین (رنگ قرمز) انتخاب شده باشد. این تفاوت در زمان پاسخ در قدرت‌های محرک کمتر، نمود بیشتری دارد. برای بررسی معناداری از آزمون آماری من_ویتنی استفاده شد P<۰/۰۰۲، P<۰/۰۰۳، P<۰/۰۹، P<۰/۲۷ و P<۰/۲۲. در قسمت ی این شکل احتمال درستی پاسخ تصمیم دوم در شرایطی که تصمیم اول با قطعیت بالا اتخاذ شده با رنگ سبز و در شرایطی که با قطعیت پایین اتخاذ شده با رنگ قرمز نشان داده شده است. نتایج بیان‌گر این است که شرکت‌کنندگان زمانی که تصمیم اول را با قطعیت بالاتری اتخاذ می‌کردند، زمان بیشتری برای تصمیم دوم صرف می‌کردند. برای بررسی بیشتر مولفه‌های تاثیرگذار تصمیم اول بر تصمیم دوم، می‌توان به مطالعه تغییرات زمان پاسخ تصمیم دوم نسبت به قدرت محرک تصمیم اول پرداخت. شکل ۳ قسمت الف بیان‌گر این تغییرات است. نمودار بیان می‌کند با افزایش قدرت محرک تصمیم اول، زمان پاسخ تصمیم دوم نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۳. الف) زمان پاسخ تصمیم دوم نسبت به قدرت محرک تصمیم اول، ب) زمان پاسخ تصمیم دوم نسبت به میزان قطعیت تصمیم اول

در واقع هرچه تصمیم اول ساده‌تر باشد، شرکت‌کنندگان زمان بیشتری را برای تصمیم دوم صرف کرده‌اند. نتایج آزمون آماری کروسکال_والیس نشان‌دهنده معناداری این تغییرات است (P<۰/۰۰۹). قسمت ب شکل ۳ نشان می‌دهد اگر زمان پاسخ تصمیم دوم را نسبت به میزان قطعیت

تصمیم اول بررسی کنیم، همین روند صعودی مشاهده می‌شود. برای بررسی معناداری این تغییرات، از آزمون معناداری کروسکال_والیس با ارزش P<۰/۰۰۲ استفاده شده است. در این آزمایش شرکت‌کنندگان میزان قطعیت خود را بر روی یک میله رنگی صورت پیوسته گزارش می‌کردند. برای بررسی تاثیر سایر مولفه‌ها بر میزان قطعیت می‌توان قطعیت را به داده‌های گسسته تبدیل کرد. در تحلیل‌های این پژوهش داده‌های پیوسته در اثر تبدیل متغیر قطعیت به ۵ گروه گسسته «خیلی کم»، «کم»، «میانه»، «زیاد» و «خیلی زیاد» تبدیل شده‌اند. در شکل ۴ قسمت الف میزان تغییرات قطعیت تصمیم اول و دوم نسبت به قدرت محرک هر تصمیم نشان داده شده است. در این شکل رنگ مشکی نشان‌دهنده میزان قطعیت تصمیم اول و رنگ آبی نشان‌دهنده میزان قطعیت تصمیم دوم است. نمودار بازگو می‌کند که با افزایش میزان قدرت محرک در هر دو تصمیم، میزان قطعیت در مورد صحت تصمیم افزایش می‌یابد. به عبارتی دیگر هرچه تصمیم اتخاذ شده ساده‌تر باشد، میزان قطعیت شرکت‌کنندگان در مورد اتخاذ آن تصمیم بیشتر است. نکته قابل توجه در این شکل تفاوت قطعیت شرکت‌کنندگان در مورد تصمیم اول و دوم است. برای بررسی تفاوت معناداری میزان قطعیت تصمیم اول نسبت قدرت محرک تصمیم اول با میزان قطعیت تصمیم دوم نسبت به قدرت محرک تصمیم دوم از آزمون ویلکاکسون با ارزش پی P<۱۰^-۷۸ استفاده شده است. نمودار ب شکل ۴ داده‌های رفتاری حاصل از گزارش قطعیت تصمیم دوم نسبت به قطعیت تصمیم اول را نشان می‌دهد. این ارتباط صعودی بوده و هر چه قطعیت تصمیم اول بیشتر باشد، قطعیت تصمیم دوم نیز بیشتر خواهد بود. ارزش پی حاصل از آزمون کروسکال_والیس برابر با P<۱۰^-۶۰ است.



شکل ۴. الف) رابطه میزان قطعیت با قدرت محرک. رنگ مشکی برای تصمیم اول و رنگ آبی برای تصمیم دوم. ب) رابطه قطعیت تصمیم دوم نسبت به قطعیت تصمیم اول

بحث

در فرضیه پژوهش مطرح شد که قطعیت آگاهانه به عنوان تعیین‌کننده استراتژی در تصمیم‌های دو مرحله‌ای ادراکی نقش ایفا می‌کند. در پژوهش Van den Berg و همکاران، قطعیت در هر مرحله توسط شرکت‌کنندگان گزارش نمی‌شد بلکه قطعیت از طریق مولفه‌های دیگر تصمیم، تخمین زده می‌شد (۱۳). بستر تصمیمات چند مرحله‌ای ادراکی برای این پژوهش از آن جهت انتخاب شد که اگر نتایج حاصل در این پژوهش بتواند همان اثر قطعیت در مطالعه Van den Berg را نشان دهد، اثباتی برای نقش یکسان قطعیت آگاهانه و قطعیت ضمنی است. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که قطعیت حتی در حالتی که شرکت‌کنندگان به صورت آگاهانه قطعیت خود را گزارش می‌دهند نیز همان نقش قطعیت ضمنی را ایفا می‌کند. شرکت‌کنندگان برای دریافت پاداش در هر آزمایه استراتژی بهینه‌ای را اتخاذ می‌کنند. شرکت‌کنندگان برای تصمیم اول زمان بیشتری صرف می‌کنند زیرا تنها در صورت پاسخ صحیح به تصمیم اول، پاسخ تصمیم دوم اهمیت پیدا می‌کند. این تفاوت زمانی، در قدرت‌های محرک کمتر، بیشتر است زیرا این تصمیمات سخت‌تر به حساب می‌آیند. بنابراین شرکت‌کنندگان تلاش می‌کنند تا با صرف زمان بیشتری در تصمیم اول دقت خود و در واقع احتمال دریافت پاداش را افزایش دهند (شکل ۲). از طرفی شرکت‌کنندگان در هر تصمیم به صورت مجزا بازخورد دریافت نمی‌کردند بلکه بازخورد مثبت تنها در صورت درستی هر دو تصمیم داده می‌شد. شرکت‌کنندگان هنگامی که تصمیم اول را به درستی پاسخ

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

می‌دادند نسبت به حالتی که تصمیم اول را اشتباه اتخاذ کرده بودند زمان بیشتری برای تصمیم دوم صرف می‌کردند (شکل ۲ قسمت ج و د). همچنین حساسیت شرکت‌کنندگان نسبت به قطعیت تصمیم اول بیشتر بوده زیرا هنگامی که تصمیم اول را با قطعیت بالاتری اتخاذ می‌کردند نسبت به شرایطی که تصمیم اول را با قطعیت پایین اتخاذ کرده بودند زمان بیشتری برای تصمیم دوم صرف می‌کردند (شکل ۲ قسمت ه و ی). همین امر به تنهایی نشان می‌دهد قطعیت تصمیم اول به عنوان عامل تنظیم‌کننده زمان تصمیم دوم نقش ایفا می‌کند. شکل ۳ قسمت الف رابطه زمان پاسخ تصمیم دوم با قدرت محرک تصمیم اول را نشان می‌دهد و این نتایج کاملا نتایج قبلی را تکرار می‌کنند. در واقع هرچه تصمیم اول آسان‌تر باشد زمان بیشتری برای تصمیم دوم اختصاص داده می‌شود، زیرا احتمال دریافت پاداش افزایش می‌یابد. قدرت محرک با میزان قطعیت همبستگی دارد (۱۲، ۱۷، ۲۶)، حال اگر زمان واکنش تصمیم دوم به میزان قطعیت تصمیم اول وابسته باشد، توقع می‌رود هرچه میزان قطعیت در تصمیم اول افزایش پیدا کند، زمان پاسخ تصمیم دوم نیز افزایش بیابد (شکل ۳ قسمت ب). از طرفی افزایش قطعیت در تصمیم اول منجر به افزایش قطعیت در تصمیم دوم می‌شود و این افزایش صرف نظر از میزان قدرت محرک تصمیم دوم است که نشان می‌دهد اطلاعاتی از جنس قطعیت، دو تصمیم را به هم متصل می‌کند (شکل ۴، قسمت ب). تمام این نتایج در کنار یکدیگر بیان می‌کند قطعیت، در زمانی که در هر مرحله به صورت آگاهانه گزارش می‌شود، به عنوان عامل تعیین‌کننده برای میزان صحت و زمان پاسخ تصمیم دوم، از تصمیم اول منتقل می‌شود و بر مولفه‌های تصمیم دوم مانند زمان پاسخ، احتمال درستی و قطعیت اثر می‌گذارد. نتایج این پژوهش فرضیه پژوهش را تایید و همچنین یافته‌های به دست آمده در پژوهش Van den Berg را تکرار می‌کند و نشان می‌دهد در مطالعات ادراکی می‌توان قطعیت گزارش شده را به عنوان قطعیت ضمنی شرکت‌کنندگان در نظر گرفت.

یکی از کاربردهای عملی که می‌توان برای این پژوهش مد نظر قرار داد نحوه چینش سوالات معلمان در امتحانات و نحوه ارائه محتوای درسی به دانش‌آموزان است. برای مثال اگر سوالات به ترتیب آسان به سخت چیده شوند، احتمال پاسخ درست در سوالات ابتدایی بالاتر می‌رود و همین امر منجر به افزایش میزان قطعیت دانش‌آموزان نسبت به درستی پاسخ می‌شود و در ادامه افزایش قطعیت در مسئله‌های آغازین منجر می‌شود تا دانش‌آموزان با تلاش و انگیزه بیشتر، احتمال پاسخ صحیح به سوالات بعدی را افزایش دهند. به نظر می‌رسد که ممکن است این شیوه در کنار افزایش کارایی دانش‌آموزان منجر به بهبود سطح اعتماد به نفس آنها شود. در مطالعات آتی می‌توان با انجام ثبت الکتروانسفالوگرافی و تحلیل داده‌های چشمی به صورت همزمان با داده‌های رفتاری به درک بهتر ساز و کار شکل‌گیری قطعیت بر اساس داده‌های چشمی و مغزی دست پیدا کرد.

نتیجه‌گیری

بررسی اثر قطعیت در تصمیم‌های دو مرحله‌ای ادراکی، هنگامی که قطعیت همراه با پاسخ به صورت آگاهانه گزارش می‌شود، نشان داد قطعیت گزارش شده، همان نقش قطعیت ضمنی در بستر تصمیم‌های دو مرحله‌ای را ایفا می‌کند. از آنجایی که در این مطالعه قطعیت در هر تصمیم گزارش می‌شود، تاثیر قطعیت تصمیم اول بر قطعیت تصمیم دوم با وضوح بیشتری نشان داده شد. این نتایج و با این دقت جز با گزارش صریح قطعیت توسط شرکت‌کنندگان قابل مشاهده نبود. یافته‌های این پژوهش علاوه بر تکرار نتایج مطالعات پیشین، می‌تواند در مطالعات آتی تصمیم‌گیری‌های ادراکی راهگشا باشد زیرا نشان می‌دهد که قطعیت گزارش شده همان نقش قطعیت ضمنی را دارد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش از پایان‌نامه مورد حمایت ستاد علوم شناختی با شماره ۸۰۸۷ استخراج شده است. همچنین این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی برای طرح پژوهشی با عنوان «ارائه یک مدل محاسباتی_شناختی بینایی مبتنی بر یافته‌های زیستی» انجام گرفته است.

References

1. Sternberg RJ, Sternberg K. Cognitive psychology. 6th ed. Belmont:Wadsworth, Cengage Learning;2016.

2. Rezaian S, Kharrazi SK, Jamali E, Naderi A. A conceptual model of cognitive decision making. *Advances in Cognitive Sciences*. 2019;21(1):1-20. (Persian)

3. Tversky A, Kahneman D. Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *Science*. 1974;185(4157):1124-1131.

4. Castanon SH, Moran R, Ding J, Egner T, Bang D, Sum-

merfield C. Human noise blindness drives suboptimal cognitive inference. *Nature Communications*. 2019;10(1):1719.

5. Kording KP, Wolpert DM. Bayesian decision theory in sensorimotor control. *Trends in Cognitive Sciences*. 2006;10(7):319-326.

6. Gold JI, Shadlen MN. The neural basis of decision making. *Annual Review of Neuroscience*. 2007;30:535-574.

7. Shadlen MN, Newsome WT. Neural basis of a perceptual decision in the parietal cortex (area LIP) of the rhesus monkey. *Journal of Neurophysiology*. 2001;86(4):1916-1936.

8. Hanks TD, Summerfield C. Perceptual decision making in rodents, monkeys, and humans. *Neuron*. 2017;93(1):15-31.

9. Bogacz R, Brown E, Moehlis J, Holmes P, Cohen JD. The physics of optimal decision making: a formal analysis of models of performance in two-alternative forced-choice tasks. *Psychological Review*. 2006;113(4):700-765.

10. Fechner GT, Howes DH, Boring EG. Elements of psychophysics. New York:Holt, Rinehart and Winston;1966.

11. Hirsh IJ, Watson CS. Auditory psychophysics and perception. *Annual Review of Psychology*. 1996;47(1):461-484.

12. Kiani R, Shadlen MN. Representation of confidence associated with a decision by neurons in the parietal cortex. *Science*. 2009;324(5928):759-764.

13. Van den Berg R, Zylberberg A, Kiani R, Shadlen MN, Wolpert DM. Confidence is the bridge between multi-stage decisions. *Current Biology*. 2016;26(23):3157-3168.

14. Luttrell A, Brinol P, Petty RE, Cunningham W, Díaz D. Metacognitive confidence: A neuroscience approach. *Revista de Psicología Social*. 2013;28(3):317-332.

15. Cheesman J, Merikle PM. Distinguishing conscious from unconscious perceptual processes. *Canadian Journal of Psychology/Revue Canadienne De Psychologie*. 1986;40(4):343-367.

16. Mosavi Mezerji H, Sadeghi Marascht A, Sadeghi Abdollahi B, Khorrami Banaraki A. Study of difference of confidence in decision making in men and women. *Advances in Cognitive Sciences*. 2012;14(3):15-24. (Persian)

17. Kiani R, Corthell L, Shadlen MN. Choice certainty is informed by both evidence and decision time. *Neuron*. 2014;84(6):1329-1342.

18. Newsome WT, Britten KH, Movshon JA. Neuronal correlates of a perceptual decision. *Nature*. 1989;341(6237):52-54.

19. Britten KH, Shadlen MN, Newsome WT, Movshon JA. The analysis of visual motion: A comparison of neuronal and psychophysical performance. *Journal of Neuroscience*. 1992;12(12):4745-4765.

20. Shooshtari SV, Sadrabadi JE, Azizi Z, Ebrahimpour R. Confidence representation of perceptual decision by eeg and eye data in a random dot motion task. *Neuroscience*. 2019;406:510-527.

21. Olianezhad F, Zabbah S, Ebrahimpour R. The influence of past decision information on decision making in the present. *Shefaye Khatam*. 2016;4(3):1-8. (Persian)

22. Heekeren HR, Marrett S, Bandettini PA, Ungerleider LG. A general mechanism for perceptual decision-making in the human brain. *Nature*. 2004;431(7010):859-862.

23. Hanks T, Kiani R, Shadlen MN. A neural mechanism of speed-accuracy tradeoff in macaque area LIP. *Elife*. 2014;3:e02260.

24. Roitman JD, Shadlen MN. Response of neurons in the lateral intraparietal area during a combined visual discrimination reaction time task. *Journal of Neuroscience*. 2002;22(21):9475-9489.

25. Palmer J, Huk AC, Shadlen MN. The effect of stimulus strength on the speed and accuracy of a perceptual decision. *Journal of Vision*. 2005;5(5):376-404.

26. Boldt A, Schiffer A-M, Waszak F, Yeung N. Confidence predictions affect performance confidence and neural preparation in perceptual decision making. *Scientific Reports*. 2019;9(1):4031.