Changing in the Reaction Time Causes the Confidence Matching in Group Decision Making

Jamal Esmaily[1], Reza Ebrahimpour[1*], Sajjad Zabbah[2]

[1]Department of Computer Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran
[2]School of Cognitive Sciences, Institute for Research in Fundamental Sciences (IPM), Tehran, Iran

Article Info:

Received: **22 Feb 2019** ***Revised:*** **1 Jun 2019** ***Accepted*****: 22 Sep 2019**

ABSTRACT

Introduction: Others' decision could constantly affect our decisions. There are numerous studies which revealed this effect properly. The social influence could affect most of the decision parameters, especially the confidence. Recently, an interesting study showed that participants tend to match their confidence to each other while they preserve their decision accuracy in a group decision making task. Since the decision accuracy is not able to explain this effect, the main question is which decision parameter is changing in a way which could be resulted in changing in the confidence and ultimately the confidence matching. ***Materials and Methods:*** In order to answer this question, ten subjects attended into a Psycho-Physic study with two separate sessions; Isolated and Social. In both situations, the participants were required to determine the direction of the presented motion dots and report their decision and confidence simultaneously. In the social situation, subjects were paired with four computer-generated partners, which had been created based on the data from the isolated session. The joint decisions were determined by the decision of either partner which had higher confidence. In this session, confidence and decision of the partner were represented to the participant. ***Results:*** The results indicated the subjects not only try to match their confidence to their partners, but also reported higher confidence in comparison with the isolated situation. We observed although the confidence matching did not affect the decision accuracy, however, the reaction time varied significantly in both sessions. ***Conclusion:*** This study reveals the role of reaction time in changing the confidence and consequently the confidence matching. This study once again emphasis on the reverse correlation of the reaction time and confidence even in a group decision making task.

Key words:

1. Reaction Time
2. Decision Making
3. Motion

***Corresponding Author:** Reza Ebrahimpour

E-mail: *rebrahimpour@srttu.edu*

تغییر زمان تصمیم‌گیری عامل انطباق قطعیت در تصمیمات گروهی است

جمال اسماعیلی[۱]، رضا ابراهیم پور[۱*]، سجاد ذباح[۲]

[۱]دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

[۲]پژوهشکده علوم شناختی، پژوهشگاه دانش‌های بنیادی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله:

دریافت: ۳ اسفند ۱۳۹۷ **اصلاحیه:** ۱۱ خرداد ۱۳۹۸ **پذیرش:** ۷ مهر ۱۳۹۸

چـــــکیده

مقدمه: تصمیمات دیگران همواره می‌تواند در تصمیمات ما اثرگذار باشد. مطالعات زیادی وجود دارد که این اثرات را به خوبی نشان داده‌اند. اثر اجتماعی می‌تواند بیشترین تأثیر را بر متغیرهای تصمیم‌گیری ازجمله قطعیت تصمیم بگذارد. اخیراً مطالعهٔ جالبی نشان داده است که در یک تصمیم‌گیری گروهی افراد تمایل دارند قطعیت تصمیم خود را به یکدیگر نزدیک کنند در حالی که دقت تصمیمشان را حفظ کنند. از آنجایی که دقت تصمیم نمی‌تواند این تأثیر را توضیح دهد، سؤال مهم اینجاست که کدام متغیر تصمیم به‌گونه‌ای تغییر می‌کند که می‌تواند منجر به تغییر در قطعیت و در نهایت به هم نزدیک شدن قطعیت تصمیم شود. ***مواد و روش‌ها:*** به‌منظور پاسخ به این سؤال، ده شرکت‌کننده در یک آزمایش روان فیزیک در دو مرحلهٔ جداگانهٔ انفرادی و گروهی شرکت کردند. در هر دو حالت از شرکت‌کننده‌ها خواسته می‌شد تا جهت حرکت نقاط نمایش داده شده را تعیین کنند و تصمیم و قطعیت خود به صورت همزمان گزارش نمایند. در مرحلهٔ گروهی شرکت‌کننده‌ها با چهار شریک کامپیوتری که توسط داده‌های به دست آمده از مرحلهٔ انفرادی به وجود آمده بودند جفت می‌شدند. تصمیمات نهایی توسط هر شرکت‌کننده‌ای که قطعیت بالاتری داشت تعیین می‌شد. در این حالت، تصمیم و قطعیت شریک برای شرکت‌کننده به نمایش در می‌آمد. ***یافته‌ها:*** نتایج نشان داد که شرکت‌کنندگان نه تنها سعی می‌کنند قطعیت خود را به قطعیت شریکشان نزدیک کنند بلکه قطعیت بالاتری را در مقایسه با حالت انفرادی گزارش کردند. ما مشاهده کردیم اگرچه نزدیک شدن قطعیت در دقت تصمیم اثر ندارد اما زمان واکنش در هر دو حالت به طور معنی‌داری متفاوت بود. ***نتیجه‌گیری:*** این مطالعه نقش زمان واکنش در تغییر قطعیت و در نهایت انطباق قطعیت را نشان می‌دهد. این مطالعه بار دیگر بر رابطهٔ معکوس بین قطعیت و زمان واکنش حتی در یک تصمیم‌گیری گروهی تأکید دارد.

کلید واژه‌ها:

۱. زمان واکنش
۲. تصمیم‌گیری
۳. حرکت

* **نویسنده مسئول:** رضا ابراهیم پور

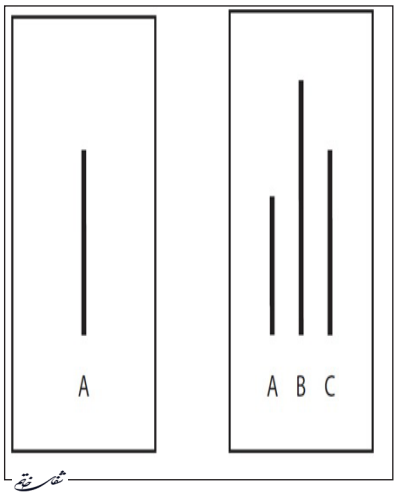
آدرس الکترونیکی: *rebrahimpour@srttu.edu*

مقدمه

تصمیم‌گیری بخشی جداناپذیر از زندگی انسان است. به طور کلی، با جمع‌آوری مشاهدات[1] تا رسیدن به یک حد آستانه، تصمیم گرفته می‌شود (۱، ۲). از آنجایی که عوامل متعددی می‌توانند در تصمیم‌گیری نقش ایفاء کنند، محققان از آزمایش‌های سادهٔ ادراکی[2] برای مطالعهٔ هرچه دقیق‌تر تصمیم‌گیری بهره برده‌اند (۳، ۴). یکی از آزمایش‌های بسیار پرکاربرد در مطالعات تصمیم‌گیری ادراکی آزمایش نقاط متحرک (RDM)[3] است (۵). در این آزمایش یک مجموعه از نقاط متحرک تصادفی به شرکت‌کننده نشان داده می‌شود و از وی خواسته می‌شود که جهت حرکت آن‌ها را اعلام کند. با بهره‌گیری از همین آزمایش ساده دانشمندان موفق شده‌اند که سازوکار تصمیم‌گیری در فضاهای پیچیده‌تر مثل تصمیم‌های چند مرحله‌ای[4] (۶)، تصمیم‌های چند گزینه‌ای[5] (۷) و تصمیم‌های گسسته در زمان[6] (۸، ۹) و همچنین تأثیر تصمیمات پیشین بر تصمیم جاری (۱۰، ۱۱) را به خوبی مورد مطالعه قرار دهند.

انسان یک موجود اجتماعی است و تصمیمات دیگران می‌توانند اثر قابل توجهی بر تصمیم انفرادی وی داشته باشد (۱۲، ۱۳) یکی از مطالعات اولیه و معروفی که اثر تصمیم دیگران بر تصمیم انفرادی را مورد بحث و بررسی قرار داده بود مطالعهٔ اش[7] و همکاران است (۱۴). آزمایش این مطالعه در تصویر ۱ آمده است.

در این آزمایش از فرد مورد مطالعه خواسته می‌شود که



تصویر ۱- آزمایش معروف مطالعهٔ اش و همکاران. در این آزمایش از شرکت‌کننده خواسته می‌شد که تعیین کند اندازهٔ تصویر سمت چپ برابر با کدام یک از تصاویر سمت راست است. این آزمایش در دو حالت انفرادی و گروهی برگزار می‌شد.

مشخص کند تصویر نمایش داده شده در سمت چپ با کدام یک از گزینه‌های ارائه شده در سمت راست هم اندازه است. شرکت‌کنندگان در حالت انفرادی قادر بودند در بیش از ۹۹ درصد مواقع جواب درست را اعلام کنند (۱۴). در حالت گروهی چند شرکت‌کننده- که توسط آزمایش گیرنده آموزش داده شده بودند که یک گزینه از قبل مشخص شده (اما اشتباه) را انتخاب کنند- فرد مورد مطالعه را همراهی می‌کردند. در این حالت عملکرد فرد به صورت معنی‌دار[8] تحت تأثیر نظرات دیگر افراد گروه قرار می‌گرفت که باعث می‌شد فرد در بیش از ۳۰ درصد مواقع گزینهٔ اشتباه را انتخاب کند. این مطالعه نقطه عطفی در روشن‌سازی اهمیت اثر اجتماعی در تصمیم‌گیری فردی بود. از آزمایش‌های تصمیم‌گیری ادراکی به دلیل سادگی و قابلیت کنترل بالا برای مطالعهٔ تصمیم‌گیری و اثر اجتماعی استفادهٔ زیادی شد (۱۵-۱۷). در همین حین از ابزارهای مختلفی به‌منظور پیدا کردن نواحی درگیر مغز در تصمیم‌گیری گروهی نیز بهره گرفته شد (۱۲، ۱۸). در مجموع مشخص شد که نواحی‌ای در مغز که مسئول کد کردن پاداش[9] هستند در تصمیم‌گیری گروهی نیز تأثیر بسزایی دارند (۱۲). از جمله نواحی یافت شده در این مطالعات ventral striatum, caudate nucleus, orbitofrontal cortex, insula, anterior cingulate cortex هستند.

یکی از سؤالات مورد بحث در تحقیقات اثر اجتماعی و تصمیم‌گیری گروهی بحث نحوهٔ تأثیر اثر اجتماعی بر عملکرد فرد است. برخی محققین بر این باورند که اثر اجتماعی می‌تواند باعث تأثیر در درک فرد از محرک شود (۱۸). اما مطالعاتی نیز هستند ادعا می‌کنند اثر اجتماعی در عملکرد و درک فرد شرکت‌کننده تأثیرگذار نیست و تنها باعث یک جابجایی[10] در فعالیت نورون‌های مرتبط به تصمیم‌گیری می‌شود (۱۵، ۱۶). اخیراً یک مطالعه نشان داد که اثر اجتماعی بر خلاف آنچه انتظار می‌رفت اثری در سرعت رانش جمع‌آوری اطلاعات[11] (۱۹) ندارد، بلکه این اثر در نقطهٔ شروع جمع‌آوری اطلاعات[12] اثرگذار خواهد بود (۲۰).

یکی از پارامترهای بسیار مهم در تصمیم‌گیری قطعیت تصمیم است (۲، ۲۱). کیانی در سال ۲۰۱۴ رابطهٔ قطعیت و زمان واکنش را مورد بررسی قرار داد و نشان داد رابطهٔ زمان واکنش با قطعیت می‌تواند علی باشد (۲۲). یکی از مطالعات مهم و اخیر در باب قطعیت و تصمیم‌گیری گروهی در سال ۲۰۱۷ به چاپ رسید (۱۵). این مطالعه نشان داد که چگونه قطعیت افراد می‌تواند به‌عنوان اثر اجتماعی عمل کند و بر روی قطعیت -نه دقت- طرفین

[1] Evidence accumulation
[2] Perceptual
[3] Random dot motion
[4] Multi-stage
[5] Multiple choice
[6] Discrete decision making
[7] Acsh
[8] Significant
[9] Reward coding
[10] Shift
[11] Drift rate
[12] Starting point

اثرگذار باشد. در این مطالعه نشان داده شد که افراد در تصمیم‌گیری‌های گروهی میزان قطعیت خود را به یکدیگر نزدیک می‌کنند. هر چند مطالعهٔ بهرامی و همکارانش نشان می‌دهد که قطعیت بدون تغییر دقت در این نوع تصمیم‌گیری گروهی تحت تأثیر قرار می‌گیرد لیکن با توجه به رابطهٔ قوی بین قطعیت و دقت (۲۲) سازوکار تغییر قطعیت بدون تغییر دقت مبهم است. این مطالعه به بررسی این رابطه در تصمیم‌گیری گروهی می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

روش تحقیق

به‌منظور مطالعهٔ اثر زمان تصمیم در انطباق قطعیت در تصمیم‌گیری گروهی، از آزمایش روان -فیزیک[13] استفاده شد. روان -فیزیک، رشته‌ای علمی است که در حوزهٔ روانشناسی مطرح بوده و هدف آن، مطالعهٔ کمی ظرفیت‌ها و قابلیت‌های ادراکی -شناختی مغز به وسیلهٔ اندازه‌گیری پاسخ انسان و موجودات زندهٔ قابل آزمایش است. به‌منظور بررسی و ارزیابی عملکرد شرکت‌کننده در آزمایش روان -فیزیک از معیاری به نام «تابع روانسنجی[14]» استفاده شد (۵).

جمع‌آوری داده

از یک آزمایش روان -فیزیک مشابه آنچه در مطالعهٔ بنگ و همکاران (۱۵) شرح داده شده است استفاده شد. گفتنی است بر خلاف تحقیق یاد شده در این مطالعه از آزمایش نقاط متحرک تصادفی استفاده گردید. ۱۰ شرکت‌کننده (۴ خانم ۶ آقا) که محدودهٔ سنی آن‌ها از ۲۱ تا ۳۰ سال بوده است، در آزمایش شرکت کردند. تمامی شرکت‌کنندگان بینایی سالم داشتند و قبل از شروع آزمایش از تمامی شرکت‌کنندگان رضایت‌نامهٔ کتبی دریافت شد. قبل از انجام آزمایش اصلی، شرکت‌کنندگان یک مرحلهٔ آموزشی را پشت سر می‌گذاشتند. در این مرحله نیاز بود که آن‌ها به یک حد مشخصی از دقت و سرعت پاسخ برسند. مرحلهٔ اصلی آزمون شامل دو بخش گروهی و انفرادی بود. ابتدا شرکت‌کننده آزمایش روان -فیزیک را به صورت انفرادی در طی یک بلاک که شامل ۲۰۰ آزمایه است، انجام می‌داد. بر اساس پاسخ‌های شرکت‌کننده، چهار شریک کامپیوتری ساخته می‌شد. هر شرکت‌کننده در مرحلهٔ گروهی با یک شریک کامپیوتری جفت[15] می‌شد تا یک تصمیم‌گیری گروهی انجام دهد. لازم به ذکر است که به شرکت‌کنندگان گفته می‌شد که با یک شرکت‌کنندهٔ دیگر -نه یک شریک کامپیوتری- جفت شده‌اند. شرکت‌کننده در طی یک جلسه[16] با هر ۴ شریک کامپیوتری جفت می‌شد و ۲۰۰ آزمایه را با هر شریک پشت سر می‌گذاشت. شایان ذکر است، قبل از انجام هر گونه آزمایش دستورالعمل انجام آزمایش به صورت کامل برای شرکت‌کننده شرح داده می‌شد.

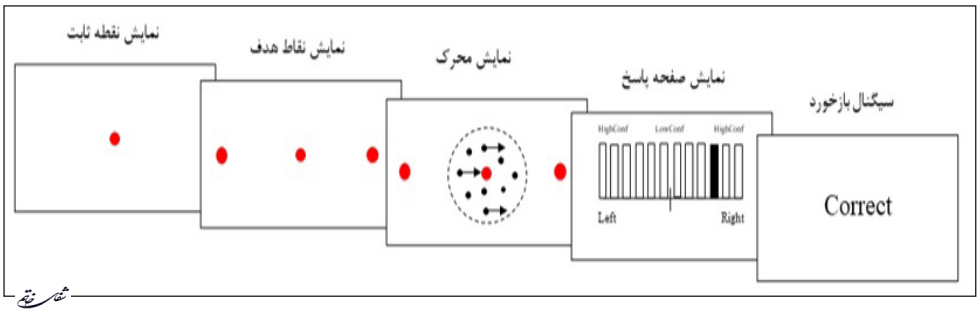
چگونگی انجام آزمایش

تمامی آزمایش‌ها در یک اتاق نیمه‌تاریک و عایق در برابر صدا و نور گرفته شد. از یک مانیتور CRT با قطر ۱۷ اینچ و وضوح تصویر ۷۶۸ در ۱۰۲۴ با فرکانس ۸۵ هرتز استفاده شد. شرکت‌کنندگان پس از به انجام رساندن مرحلهٔ آموزشی وارد فاز اصلی که شامل دو بخش انفرادی و گروهی است می‌شدند. در ادامه هر یک از مراحل به تفصیل شرح داده شده است.

مرحلهٔ انفرادی

در ابتدا یک دایرهٔ قرمز رنگ به قطر ۰/۳ درجهٔ بینایی در مرکز نمایشگر نشان داده می‌شد. از شرکت‌کننده خواسته می‌شد که به مدت ۳۰۰ میلی‌ثانیه چشم خود را روی دایرهٔ مرکزی قرمز رنگ ثابت نگه دارد. برای بالا بردن صحت این امر از دستگاه ردیاب چشمی Eye Link 1000 SR Research استفاده شد. پس از این مرحله نقاط هدف در فاصلهٔ ۱۰ درجهٔ بینایی با قطر نیم درجهٔ بینایی ظاهر می‌شدند. پس از طی یک زمان تصادفی (توزیع نمایی بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌ثانیه) محرک که شامل نقاط تصادفی متحرک دارای قدرت مشخص است، نمایش داده می‌شد. قدرت محرک از بین ۰، ۳/۲، ۶/۴، ۱۲/۸، ۲۵/۶ و ۵۱/۲ درصد تعیین می‌گردید. محرک به مدت ثابت ۵۰۰ میلی‌ثانیه نمایش داده می‌شد و بلافاصله بعد از نمایش محرک صفحهٔ دریافت پاسخ برای شرکت‌کننده ظاهر می‌گردید. شرکت‌کنندگان می‌بایست تصمیم و قطعیت خود را به صورت همزمان گزارش کنند. قطعیت می‌بایست در یکی از ۶ واحد گسستهٔ ارائه شده گزارش گردد (تصویر ۲). با انتخاب یکی از ۶ واحد قطعیت ارائه شده که به صورت مستطیل توپر برای شرکت‌کننده مشخص می‌شد، قطعیت اعلام می‌گردید. انتخاب یکی از ۶ مستطیل سمت راست نمایانگر تصمیم در جهت راست و انتخاب ۶ مستطیل سمت چپ نمایانگر تصمیم در جهت چپ است. گفتنی است انتخاب این مرحله توسط حرکت و فشار دادن کلیک چپ موس صورت می‌پذیرفت. پس از این مرحله صفحهٔ بازخورد تصمیم برای شرکت‌کننده ارائه می‌شد. در این صفحه صحت پاسخ به صورت یک متن نوشتاری در مرکز صفحه نمایش داده می‌شد. زمان واکنش هر آزمایه از زمان شروع محرک تا لحظهٔ تکان دادن موس در نظر گرفته شد.

[13] Psychophysics
[14] Psychometric function
[15] Pair
[16] Session



تصویر ۲- طراحی آزمایش در حالت انفرادی. در این آزمایش از فرد خواسته می‌شد که جهت حرکت نقاط که به اندازهٔ ۵۰۰ میلی‌ثانیه نمایش داده می‌شود را تشخیص دهد. شرکت‌کننده می‌بایست با توجه به محل قرارگیری بارها (چپ یا راست) و فاصلهٔ آن‌ها تا مرکز صفحه (۱ تا ۶) با انتخاب یکی از ۱۲ مستطیل نمایش داده شده، تصمیم و قطعیت خود را اعلام کند.

مرحلهٔ گروهی

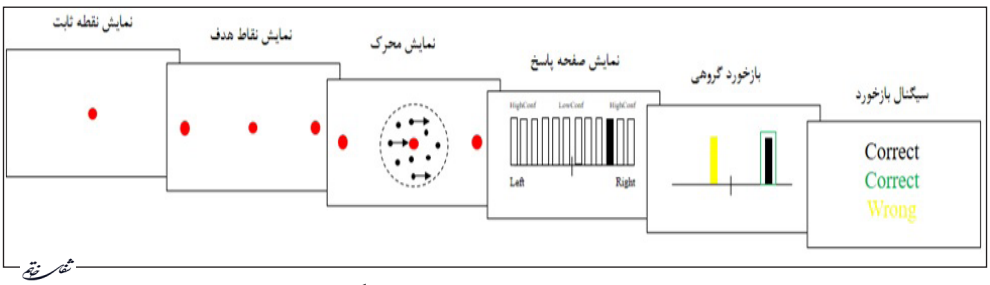
در این مرحله قبل از شروع آزمایش به شرکت‌کننده گفته می‌شد که وی با یک شرکت‌کنندهٔ دیگر جفت شده است. هدف اصلی آزمایش این بود که آن‌ها دقت کلی (حاصل از دو تصمیم دو شرکت‌کننده) را بیشینه کنند. گفتنی است تصمیم کلی متعلق به تصمیم طرفی بود که قطعیت بالاتری را گزارش کرده بود. شرکت‌کننده با هر یک از شریک‌های ایجاد شده توسط اطلاعات مرحلهٔ تصمیم‌گیری انفرادی، جفت می‌شد. در مرحلهٔ انفرادی ۴ شریک کامپیوتری ایجاد می‌گردید: شریک قطعیت بالا دقت بالا شریک قطعیت پایین دقت بالا شریک قطعیت بالا دقت پایین و شریک قطعیت پایین دقت پایین. مراحل آزمایش دقیقاً مشابه به آنچه در مرحلهٔ انفرادی شرح داده شد بود. علاوه بر صفحهٔ پاسخ در این آزمایش یک صفحهٔ دیگر نمایش داده می‌شد که در آن تصمیم شریک جفت شده و همچنین تصمیم برنده شده (تصمیم کلی) نیز نمایش داده می‌شد. این تصمیم‌ها با رنگ‌های مختلف مشخص می‌شد: رنگ سیاه رنگ شرکت‌کننده، رنگ زرد رنگ شریک و در نهایت رنگ سبز رنگ تصمیم کلی. در انتها صفحهٔ بازخورد صحت تصمیم شرکت‌کننده، شریک و تصمیم کلی را با رنگ‌های مشخص شده نمایش می‌داد. مراحل آزمایش گروهی در تصویر زیر نمایش داده شده است.

محرک بینایی

محرک بینایی استفاده شده در این آزمایش، نقاط متحرک تصادفی یا RDM بود. اندازهٔ نقاط استفاده شده در این آزمایش ۲ در ۲ پیکسل (هر ضلع به اندازهٔ ۰/۰۸۸ درجهٔ بینایی) و به رنگ سفید بود. این نقاط در یک دایره به قطرِ ۵ درجهٔ بینایی در مرکز تصویر، حول نقطهٔ ثابت ظاهر می‌شوند. پس‌زمینهٔ محرک مشکی رنگ است و میانگین تراکم[17] نقاط ظاهر شده ۱۶/۷ نقطه بر درجهٔ بینایی در واحد مربع در هر ثانیه است. هر محرک از مجموعه‌های مستقل نقاط متحرک تشکیل شده است که به صورت فریم‌های ویدیویی متوالی بر روی صفحه نمایش ظاهر می‌شدند. هر مجموعهٔ مستقل شامل سه فریم به مدت ۴۰ میلی‌ثانیه است و نقاط تعیین شده برای حرکت منسجم، با توجه به قدرت محرک، در این سه فریم به صورت پیوسته به جهت راست یا چپ، حرکت می‌کردند. بقیهٔ نقاط به صورت تصادفی حرکت می‌کردند.

شریک کامپیوتری

بر اساس داده‌های بلاک تصمیم‌گیری انفرادی، یک مجموعه از آستانه‌ها که نمایانگر حدود توزیع[18] قطعیت‌های شرکت‌کننده در هر یک از ۱۲ قطعیت موجود در آزمایش است، مشخص می‌گردید. روابط



تصویر ۳- طراحی آزمایش در مرحلهٔ تصمیم‌گیری گروهی. مراحل این آزمایش دقیقاً شبیه به آزمایش معرفی شده در تصویر ۲ است. با این تفاوت که بعد از اعلام قطعیت و تصمیم، شرکت‌کننده قطعیت و تصمیم شریک خود را نیز مشاهده می‌کند. تصمیم و قطعیت هر یک از افراد درگیر در تصمیم با رنگ‌های از قبل تعیین شده، مشخص می‌گردد (زرد: تصمیم شریک، سیاه: تصمیم شرکت‌کننده، سبز: تصمیم نهایی که تصمیمی از طرفین است که قطعیت بالاتری دارد).

[17] Density
[18] Distribution
[19] Normal cumulative distribution

مربوط به یافتن این حدود آستانه در ادامه آمده است:

$$\sum_{j\le i} pj = \frac{1}{10}\sum_{s\in S}\Phi\left(\frac{\theta i - s}{\sigma}\right)$$

$$p(r=i|s)=\begin{cases}\Phi\left(\frac{\theta_{-6}-s}{\sigma}\right) & i=-6\\ \Phi\left(\frac{\theta_{-i}-s}{\sigma}\right)-\Phi\left(\frac{\theta_{i-1}-s}{\sigma}\right) & -6<i<6\\ 1-\Phi\left(\frac{\theta_{5}-s}{\sigma}\right) & i=6\end{cases}$$

$$a_{agent}=\frac{\sum_{s\in S,s>0}\sum_{i=1}^{6}p_{i,s}+\sum_{s\in S,s<0}\sum_{i=-6}^{-1}p_{i,s}}{10}$$

که در آن ۵، ۴، ۳، ۲، ۱، ۱-، ۲-، ۳-، ۴-، ۵-، ۶- =i و مجموعهٔ S برابر (۰/۵۱۲، ۰/۲۵۶، ۰/۱۲۸، ۰/۰۶۴، ۰/۰۳۲، ۰/۰۳۲-، ۰/۰۶۴-، ۰/۱۲۸-، ۰/۲۵۶-، ۰/۵۱۲-)=S است. Pi ها نیز توزیع قطعیت‌ها در هر یک از حالت‌های i است که از داده‌های رفتاری به دست می‌آید. تابع همان تابع توزیع تجمعی نرمال[19] است و a_{agent} میانگین دقت شرکت‌کننده است. طی روابط بالا، متغیر (که همان اندازهٔ تخصص شرکت‌کننده است) و همچنین (که همان حد آستانه برای هر یک از سطوح قطعیت است) یافت می‌شد (با دستور fzero در نرم‌افزار متلب). حال می‌توان با استفاده از روابط زیر با در نظر گرفتن یک قطعیت دلخواه (C) آستانه‌های جدیدی معرفی کرد:

$$\mathrm{p_i}=\frac{e^{i\lambda}}{\sum_{j=1}^{6}e^{i\lambda}}$$

که در آن که خود تابعی از C است با استفاده از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\mathrm{c}=\frac{\sum_{j=1}^{6}je^{j\lambda}}{\sum_{j=1}^{6}e^{j\lambda}}$$

بدین ترتیب می‌توان توسط روابط زیر یک شریک قطعیت بالا و یک شریک قطعیت پایین تولید نمود. توجه داشته باشید که در این پژوهش برای هر شرکت‌کننده میانگین قطعیت دو قدرت محرک پایین و همچنین میانگین قطعیت دو قدرت محرک بالا به‌عنوان قطعیت‌های بالا و پایین شریک کامپیوتری انتخاب شده‌اند. برای حل معادلهٔ تک متغیره (۵) نیز از دستور fzero متلب استفاده شده است.

$$p_i=\begin{cases}p(z\le\theta_{-6}) & i=-6\\ p(\theta_{i-1}<z\le\theta_i) & -6<i\le-1,\ 2\le i<6\\ p(\theta_{-1}<z\le\theta_1) & i=1\\ p(z>\theta_5) & i=6\end{cases}$$

در معادلات بالا، z یک نمونهٔ تصادفی از یک توزیع نرمال با میانگین قدرت محرک و واریانس است. با تغییر می‌توان شریک با دقت بالا و پایین تولید کرد. در این کار بر خلاف مطالعهٔ بنگ و همکاران (۱۵) به دلیل اینکه فضای حالت مسئله بزرگ‌تر بوده است، با ضرب در ۱/۳ یک شریک با دقت پایین و با ضرب در ۰/۳ یک شریک دقت بالا تولید شده است.

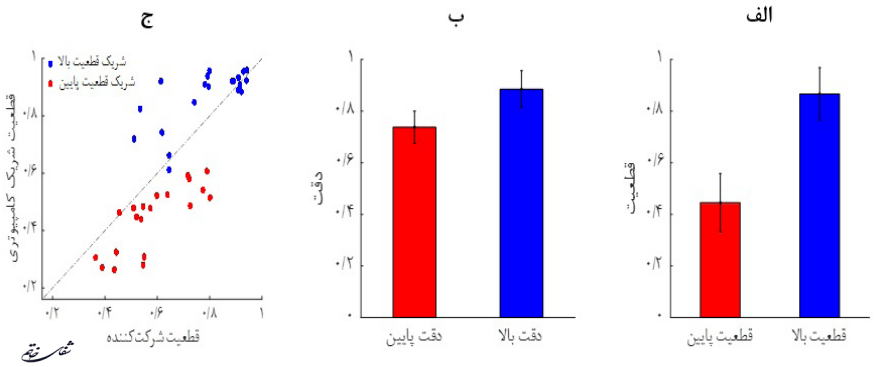
تحلیل آماری داده‌ها

به‌منظور بررسی رابطهٔ بین میانگین قطعیت‌های گزارش شده شرکت‌کنندگان و شریک در هر بلاک از تحلیل همبستگی[20] بین ۴۰ نمونه استفاده شد (نمودار ۱). برای بررسی این موضوع که آیا میانگین زمان‌های اعلام شده توسط شرکت‌کننده به ازای قدرت‌های محرک مختلف متفاوت است یا خیر از آزمون Kruskal- Wallis استفاده شده است (دستور در محیط متلب : kruskalwallis). درجهٔ آزادی در اینجا ۴ و تعداد نمونه برای حالت انفرادی برابر با ۴۰۰ و برای حالت گروهی برابر با ۲۰۰۰ در هر گروه است (نمودار ۲). در تحلیل‌های انجام شده در نمودار ۳ تعداد نمونه برای این آزمون برابر ۱۰۰۰ و درجهٔ آزادی برابر با ۴ در نظر گرفته شده است. همچنین به‌منظور بررسی آماری زمان‌های میانگین تصمیم در شرایط مختلف (مثلاً در تصمیم‌گیری گروهی و انفرادی) از آزمون Wilcoxon Rank sum استفاده شده است (دستور در محیط متلب: ranksum). به عبارت دیگر برای بررسی آماری دو زمان واکنش شرکت‌کننده‌ها در تصمیم‌گیری گروهی و انفرادی (نمودار ۲-ج) و همچنین بررسی آماری دو زمان واکنش شرکت‌کننده‌ها در هنگام مواجه با شریک‌های قطعیت بالا و پایین (نمودار ۳-ج)، از آزمون یاد شده استفاده شد. این آزمون نیز بر روی مجموعه کلیهٔ آزمایه‌ها صورت پذیرفت. به‌علاوه به‌منظور بررسی توابع روانسنجی شرکت‌کننده‌ها در موقعیت‌های مختلف از بازهٔ اطمینان که با روش bootstrap به دست آمده است استفاده شده است (دستور در محیط متلب: bootci). در تمامی این موارد، بازهٔ اطمینان ۶۸ درصد با تکرار ۱۰۰۰۰ نمونه برای متغیر α تابع روانسنجی رسم شده است (۲۳)-(تعداد نمونه‌های اولیه برابر با ۱۰). α یکی از متغیرهای تابع توزیع تجمعی Weibull (۵) است که به‌منظور انطباق بر روی داده‌ها[21] از آن استفاده شده است. گفتنی است کلیهٔ شبیه‌سازی‌ها در محیط نرم‌افزار متلب R2016a انجام پذیرفته است.

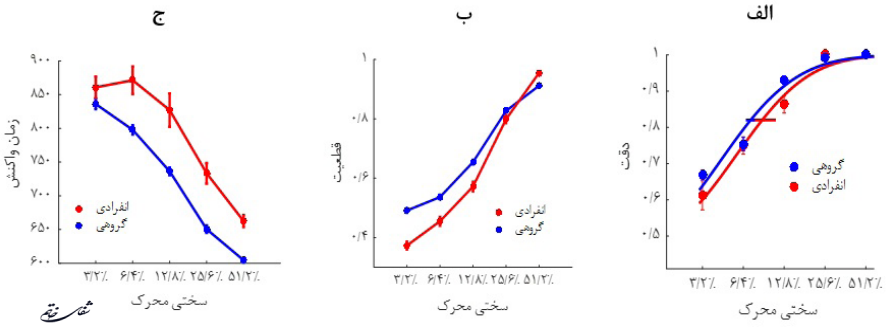
یافته‌ها

قبل از هر چیز نیاز است که وجود انطباق قطعیت در داده‌های شرکت‌کنندگان مورد بررسی قرار گیرد. تصویر ۱ نشان‌دهندهٔ وجود انطباق قطعیت در داده‌ها است.

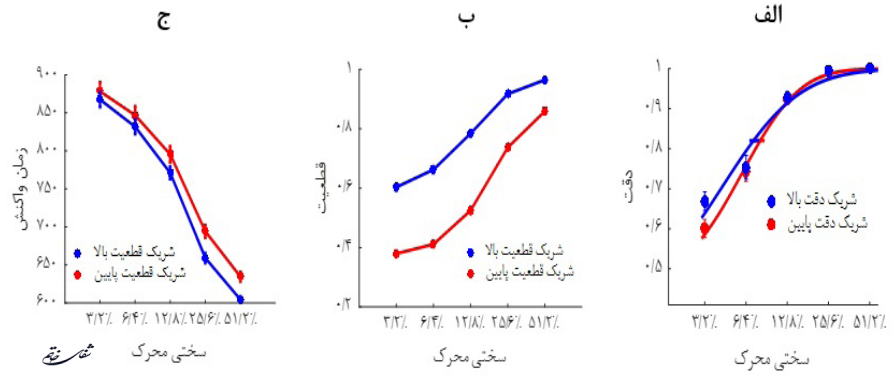
[20] Correlation
[21] Data fitting



نمودار ۱- انطباق قطعیت در شرکت‌کننده‌های آزمایش. الف) میانگین قطعیت‌های شریک‌های کامپیوتری ایجاد شده. ب) میانگین دقت شریک‌های کامپیوتری ایجاد شده. ج) مقایسهٔ قطعیت‌های گزارش شده توسط شرکت‌کنندگان و قطعیت‌های شریک کامپیوتری. در قسمت‌های الف و ب خطوط خطا انحراف معیار هستند.



نمودار ۲- مقایسهٔ داده‌های رفتاری شرکت‌کنندگان در حالت تصمیم‌گیری گروهی و تصمیم‌گیری انفرادی. الف) دقت. ب) قطعیت. ج) زمان واکنش شرکت‌کنندگان. در همهٔ حالات خطوط رسم شده برای خطا SEM هستند.



نمودار ۳- رفتار شرکت‌کنندگان در هنگام مواجهه با شریک‌های مختلف. الف) دقت شرکت‌کنندگان در هنگام مواجه با شریک‌های قطعیت پایین و بالا. ب) قطعیت شرکت‌کنندگان در هنگام مواجه با یک شریک قطعیت پایین و بالا. ج) زمان واکنش شرکت‌کنندگان در هنگام مواجهه با یک شریک قطعیت پایین و بالا. در همهٔ حالات خطوط رسم شده برای خطا SEM هستند.

همان‌گونه که در نمودار ۱-ج مشاهده می‌شود، میانگین قطعیت شرکت‌کنندگان به صورت معنی‌دار با میانگین قطعیت شریک‌های کامپیوتری رابطه دارد ($P<10^{-10}$، $R^2=0/65$). بدین ترتیب می‌توان ادعا کرد شرکت‌کنندگان در مجموع تلاش داشته‌اند تا قطعیت خود را با قطعیت شریک‌های کامپیوتری تطبیق دهند. قسمت الف و ب نمودار ۱ به بررسی قطعیت و دقت شریک‌های کامپیوتری ایجاد شده می‌پردازد. با توجه به اختلاف قابل توجه بین قطعیت‌های تولید شده توسط این شریک‌ها می‌توان ادعا کرد که شریک‌های جفت شده در بازه‌های متفاوتی قطعیت خود را گزارش می‌دادند.

در ادامه به بررسی داده‌های رفتاری شرکت‌کنندگان در دو موقعیت تصمیم‌گیری انفرادی و فردی می‌پردازیم. نکتهٔ حائز اهمیت این است که تطبیق یاد شده فقط در قطعیت مشاهده می‌شود؛ در اصل در دقت شرکت‌کنندگان هیچ انطباقی دیده نمی‌شود. حال با مشاهدهٔ اثر انطباق قطعیت می‌توانیم به این نتیجه برسیم که در مجموع اثر اجتماعی به صورت معنی‌دار در مجموعهٔ شرکت‌کنندگان دیده می‌شود. بدین ترتیب، به بررسی داده‌های رفتاری شرکت‌کنندگان در حالت گروهی و انفرادی می‌پردازیم.

همان‌گونه که در نمودار ۲-ب نشان داده شده است، شرکت‌کنندگان در تصمیم‌گیری انفرادی و گروهی به صورت متفاوتی قطعیت خود را گزارش نموده‌اند ($P<10^{-9}$ آزمون Wilcoxon Rank sum). در عین حال این تفاوت در قطعیت، قابل توصیف با تفاوت در دقت تصمیم نخواهد بود. دقت تصمیم در دو حالت تصمیم‌گیری گروهی و انفرادی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر از خود نشان نمی‌دهند. خط کشیده شده بر روی داده‌ها تابع توزیع تجمعی Weibull است (۵). همان‌گونه که در نمودار ۲-الف مشخص شده است، بازهٔ اطمینان ۶۸ درصد در دقت ۸۲ درصد در دو حالت تصمیم‌گیری انفرادی و گروهی یکدیگر را قطع می‌کنند. در عین حال، آنچه همانند قطعیت در این دو موقعیت متفاوت است، زمان واکنش شرکت‌کننده است ($P<10^{-11}$ آزمون Wilcoxon Rank sum نمودار ۲-ج، آزمون به‌منظور بررسی تفاوت زمان واکنش در دو موقعیت یاد شده و بر روی کلیهٔ آزمایه صورت پذیرفته است). بدین ترتیب می‌توان اینچنین برداشت کرد که آنچه باعث تغییر در قطعیت شرکت‌کننده‌ها در این دو موقعیت شده است، زمان واکنش است نه دقت تصمیم. در ادامه به بررسی رفتار شرکت‌کننده در هنگام مواجهه با یک شریک قطعیت بالا و یا قطعیت پایین می‌پردازیم.

شرکت‌کننده در مواجهه با یک شریک قطعیت بالا قطعیت بالاتری را نسبت به زمانی که با یک شریک قطعیت پایین جفت شده است از خود نشان می‌دهد ($P<10^{-15}$ آزمون Wilcoxon Rank sum). این موضوع نشان‌دهندهٔ این است که شرکت‌کنندگان کاملاً تحت تأثیر قطعیت شریک خود قرار گرفته‌اند. در عین حال قابل مشاهده است که حتی هنگامی که شرکت‌کنندگان در مقابل یک شریک با دقت بالا قرار می‌گیرند دقت متفاوتی را نسبت به زمانی که با یک شریک دقت پایین جفت می‌شوند از خود نشان نمی‌دهند. این موضوع بار دیگر نشان می‌دهد که تفاوت در گزارش قطعیت شرکت‌کنندگان که در نهایت منجر به انطباق قطعیت شده است قابل توضیح با دقت نیست. در عین حال همانند نمودار ۲ می‌توان مشاهده کرد که زمان واکنش به صورت معنی‌دار تفاوت داشته است ($P<0/01$ آزمون Wilcoxon Rank sum).

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج رفتاری این مطالعه نشان داد که شرکت‌کنندگان در تصمیم‌گیری گروهی قطعیت بالاتری را گزارش کرده‌اند. یکی از دلایل متفاوت بودن قطعیت در دو حالت یاد شده این است که تصمیم نهایی بر اساس تصمیم شریکی گرفته می‌شود که قطعیت بالاتری داشته باشد. این موضوع می‌تواند باعث شود که شرکت‌کنندگان به صورت معنی‌دار قطعیت بالاتری را از خود نشان دهند تا در تصمیم نهایی سهم داشته باشند. یکی دیگر از دلایلی که می‌تواند باعث بالا رفتن قطعیت در حالت تصمیم‌گیری گروهی شود این است که شرکت‌کنندگان به طور کلی با شریک‌های قطعیت‌های بالا انطباق بهتری از خود نشان می‌دادند (نمودار ۱). نتایج همچنین نشان داد که شرکت‌کننده‌ها در هنگام مواجهه با یک شریک قطعیت بالا قطعیت بالاتری از خود نشان می‌دادند در حالی که در هنگام مواجهه با یک شریک قطعیت پایین، قطعیت گزارش شده توسط آن‌ها به صورت معنی‌دار کمتر بود (نمودار ۳). به عبارتی دیگر شرکت‌کنندگان تمایل داشتند تا قطعیت خود را با قطعیت شریک کامپیوتری انطباق دهند (نمودار ۱). این پژوهش به دنبال نقش دیگر پارامترهای تصمیم در این انطباق بوده است. همان‌گونه که در نمودار ۲ و ۳ نشان داده شد، تفاوت در گزارش قطعیت با تفاوت در دقت ارتباطی ندارد. این نتیجه در مطالعهٔ بنگ و همکاران (۱۵) نیز مورد تأکید قرارگرفته است. در عین حال، زمان واکنش شرکت‌کنندگان همانند قطعیت گزارش شدهٔ فرد مورد تغییر قرار می‌گرفت. در نتیجه این اثر اجتماعی با تأثیر در زمان واکنش فرد توانسته است قطعیت فرد را مورد تغییر قرار دهد. نکتهٔ حائز اهمیت در تحلیل یاد شده این است که زمان واکنش هنگامی می‌تواند دارای اطلاعات مربوط به تصمیم باشد که در قدرت‌های محرک مختلف مقادیر مختلفی از خود نشان دهد. برای اثبات این موضوع در نمودارهای ۲ و ۳ از آزمون آماری Kruskal Wallis استفاده شده است. این آزمون می‌تواند تفاوت در مقادیر گروهای مختلف که در اینجا ۵ گروه به اندازهٔ ۵ قدرت محرک- است را مشخص می‌کند. برای هر دو نمودار یاد شده آزمون آماری یاد شده $P<0/001$ را مشخص می‌کند. این موضوع نشان‌دهندهٔ این است که زمان‌های واکنش در قدرت‌های محرک مختلف به صورت معنی‌دار با هم تفاوت دارند از این رو حاوی اطلاعات مربوط به تصمیم‌گیری هستند.

از رویکرد مدلسازی (۲۴) اثر اجتماعی را می‌توان به‌عنوان یک جریان ورودی[22] که به کلیهٔ نورون‌های منتخب به جهت راست و یا چپ هستند در نظر گرفت (۲۶، ۲۵، ۱۶). این جریان ورودی می‌تواند یک جابجایی در فعالیت نورون‌هایی که مسئول جمع‌آوری اطلاعات تا رسیدن به باند هستند، ایجاد کند (۲۷، ۲۰). این اثر، به سادگی باعث رسیدن زودتر فعالیت‌های نورونی برنده به باند تصمیم می‌شود. در این صورت انتظار این است که در صورت وجود جریان معادل اثر اجتماعی (مستقل از مقدار جریان) زمان واکنش سریع‌تر باشد؛ نتایج مطالعهٔ ما چنین اثری را نشان می‌دهد (نمودار ۲). مشخصاً جریان ورودی قوی‌تر باعث می‌شود اثر یاد شده تشدید شود و در نتیجه زمان واکنش تسریع شود. این اثر نیز در نتایج ما مشخص است (نمودار ۳).

[22] Constant input current

این مطالعه بیش از پیش تأثیر و ارتباط قطعیت و زمان واکنش بر یکدیگر را نشان می‌دهد. شرکت‌کنندگان حتی در هنگام دریافت اطلاعات اجتماعی، رابطهٔ زمان واکنش و قطعیت را به خوبی حفظ کرده‌اند. می‌توان حتی اینچنین فرض کرد که شرکت‌کنندگان برای انطباق قطعیت مجبور به تغییر زمان واکنش نیز بوده‌اند. نکتهٔ حائز اهمیت این است که زمان‌های واکنش شریک کامپیوتری به صورت کاملاً تصادفی انتخاب شده است. به عبارتی دیگر زمان واکنش شریک کامپیوتری مطلقاً اثری بر روی قطعیت گزارش شدهٔ فرد نداشته است. در اصل قطعیت شریک کامپیوتری توانسته است نه تنها روی قطعیت بلکه روی زمان واکنش فرد نیز تأثیر بگذارد. نتایج این مقاله بار دیگر رابطهٔ جدایی‌ناپذیر زمان واکنش و قطعیت تصمیم‌گیری را نشان داد. از این رو می‌توان مطالعات تصمیم‌گیری اجتماعی را با رویکردی بر مبنای زمان واکنش شرکت‌کننده -نه فقط قطعیت- مورد بررسی قرار داد. بدین ترتیب زمان واکنش می‌تواند به‌عنوان یک معیار پر اهمیت در مطالعات تصمیم‌گیری اجتماعی مورد مطالعه قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی به شماره قرارداد ۲۸۳۰۶ انجام گردیده است.

منابع

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

2. Gold JI, Shadlen MN. The neural basis of decision making. Annu Rev Neurosci. 2007; 30(1): 535-74.

3. Britten KH, Shadlen MN, Newsome WT, Movshon JA. The analysis of visual motion: a comparison of neuronal and psychophysical performance. J Neurosci. 1992; 12(12): 4745-65.

4. Shadlen MN, Newsome WT. Neural basis of a perceptual decision in the parietal cortex (area lip) of the rhesus monkey. J Neurophysiol. 2001; 86(4): 1916-36.

5. Roitman JD, Shadlen MN. Response of neurons in the lateral intraparietal area during a combined visual discrimination reaction time task. J Neurosci. 2002; 22(21): 9475-89.

6. van den Berg R, Zylberberg A, Kiani R, Shadlen MN, Wolpert DM. Confidence is the bridge between multi-stage decisions. Curr Biol. 2016; 26(23): 3157-68.

7. Churchland AK, Kiani R, Shadlen MN. Decision-making with multiple alternatives. Nat Neurosci. 2008; 11(6): 693-702.

8. Kiani R, Churchland AK, Shadlen MN. Integration of direction cues is invariant to the temporal gap between them. The Journal of Neuroscience. 2013; 33(42): 16483-9.

9. Zabbah S. The role of the primary information on importance of the last information in decision making. Shefaye Khatam. 2016; 4(4): 26-34.

10. Olianezhad F. The influence of past decision information on decision making in the present. Shefaye Khatam. 2016; 4(3): 1-8.

11. Purcell BA, Kiani R. Neural mechanisms of post-error adjustments of decision policy in parietal cortex. Neuron. 2016; 89(3): 658-71.

12. Mojzisch A, Krug K. Cells, circuits, and choices: social influences on perceptual decision making. C Cogn Affect Behav Neurosci. 2008; 8(4): 498-508.

13. Ruff CC, Fehr E. The neurobiology of rewards and values in social decision making. Nat Rev Neurosci. 2014; 15(8): 549-62.

14. Asch SE. Studies of independence and conformity: I. A minority of one against a unanimous majority. Psychological Monographs. 1956; 70(9): 1-70.

15. Bang D, Aitchison L, Moran R, Herce Castanon S, Rafiee B, Mahmoodi A, et al. Confidence matching in group decision-making. Nature Human Behaviour. 2017; 1(6): 1-17.

16. Germar M, Schlemmer A, Krug K, Voss A, Mojzisch A. Social influence and perceptual decision making. Pers Soc Psychol Bull. 2014; 40(2): 217-31.

17. Kelvin P, Deschamps J-C. Social influence and social change. Serge Moscovici, Academic Press, (European Monographs in Social Psychology), London, 1976. European Journal of Social Psychology. 1979; 9(4): 441-6.

18. Berns GS, Chappelow J, Zink CF, Pagnoni G, Martin-Skurski ME, Richards J. Neurobiological Correlates of Social Conformity and Independence During Mental Rotation. Biol Psychiatry. 2005; 58(3): 245-53.

19. Ratcliff R, McKoon G. The diffusion decision model: theory and data for two-choice decision tasks. Neural Comput. 2008; 20(4): 873-922.

20. Chen F, Krajbich I. Biased sequential sampling underlies the effects of time pressure and delay in social decision making. Nature Communications. 2018; 9(1): 35-7.

21. Kiani R, Shadlen MN. Representation of confidence associated with a decision by neurons in the parietal cortex. Science. 2009; 324(5928): 759-64.

22. Kiani R, Corthell L, Shadlen MN. Choice certainty is informed by both evidence and decision time. Neuron. 2014; 84(6): 1329-42.

23. Joo SJ, Katz LN, Huk AC. Decision-related perturbations of decision-irrelevant eye movements. Proc Natl Acad Sci U S A. 2016; 113(7): 1925-30.

24. O'Connell RG, Shadlen MN, Wong-Lin K, Kelly SP. Bridging neural and computational viewpoints on perceptual decision-making. Trends Neurosci. 2018; 41(11): 838-52.

25. Wang X-J. Probabilistic decision making by slow reverberation in cortical circuits. Neuron. 2002; 36(5): 955-68.

26. Wong KF. A recurrent network mechanism of time integration in perceptual decisions. Journal of Neuroscience. 2006; 26(4): 1314-28.

27. Voss A, Rothermund K, Brandtsta J. Interpreting ambiguous stimuli: Separating perceptual and judgmental biases. Journal of Experimental Social Psychology. 2008; 44(4): 1048-56.