There is a Threshold for Decision's Confidence in Hierarchical Perceptual Decision-Making

Amir Mahmood Mousavi Harris[1], Jamal Esmaily[2,3], Sajjad Zabbah[4], Reza Ebrahimpour[1,4,5*]

[1]Faculty of Computer Engineering, Shahid Rajaee Tarbiat University, Tehran, Iran
[2]Department of General Psychology and Education, Ludwig Maximillian University, Munich Germany
[3]Graduate School of Systemic Neuroscience, Ludwig Maximilian University of Munich, Munich, Germany
[4]Research Institute of Cognitive Sciences, Institute of Basic Sciences (IPM), Tehran, Iran
[5]Center for Cognitive Science, Institute for Convergence Science and Technology, Sharif University of Technology, Tehran, Iran

Article Info:

Received: **6 Sep 2022** ***Revised:*** **25 Dec 2022** ***Accepted*****: 29 Dec 2022**

ABSTRACT

Introduction: Decision-making is one of the high orders of the brain's cognitive functions. Most real-world decisions must be made in the face of uncertainty, and human's process received information from the environment hierarchically. However, in the presence of hierarchy, the sources of the received negative feedback are ambiguous. Therefore, understanding how people reason with incomplete and ambiguous information is one of the main problems of cognitive psychology. People resolve this ambiguity after one or more attempts by evaluating the number of negative feedbacks, the choice confidence, and the expected accuracy of their choice. However, it is not well understood how confidence in lower-level decisions affects higher-level decisions. ***Materials and Methods:*** We tested this hypothesis with a hierarchical decision-making task in which the subjects participated in a psychophysical experiment to determine the direction of random points and report their confidence about the decision. They were also instructed to make a high-level decision called "environment". From the collected behavioral data, the effects of each factor in hierarchical decisions were statistically isolated and studied by a logistic regression model. ***Results:*** We observed that the average confidence of individuals in the face of consecutive negative feedback has an increasing trend as they approach the switch trial. In the switch trial, it reaches its highest value, which is also higher than the overall average of confidence. ***Conclusion:*** The present study indicates that decision confidence–In the consecutive errors- modulate the switch profile and encodes the probability of switches. These results highlight the critical rule of confidence in hierarchical decision-making and point out that it has a threshold for high-level decision.

Keywords:

1. Psychology
2. Environment
3. Probability

***Corresponding Author:** Reza Ebrahimpour

Email: *ebrahimpour@ipm.ir*

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.52547/shefa.11.1.25]

وجود حدآستانه برای قطعیت تصمیم در تصمیم‌گیری ادراکی سلسله‌مراتبی

امیرمحمود موسوی‌هریس[۱]، جمال اسماعیلی[۲و۳]، سجاد ذباح[۴]، رضا ابراهیم‌پور[۱و۴و۵*]

[۱]دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران
[۲]گروه روانشناسی عمومی و آموزش، دانشگاه لودویگ ماکسیمیلیان، مونیخ آلمان
[۳]دانشکده تحصیلات تکمیلی علوم اعصاب سیستمیک، دانشگاه لودویگ ماکسیمیلیان مونیخ، مونیخ، آلمان
[۴]دانشکده علوم شناختی (SCS)، پژوهشکده علوم بنیادی (IPM)، نیاوران، تهران، ایران
[۵]مرکز علوم شناختی، پژوهشکده علوم و فناوری همگرایی، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

اطلاعات مقاله:
دریافت: ۱۵ شهریور ۱۴۰۱ **اصلاحیه:** ۴ دی ۱۴۰۱ **پذیرش:** ۸ دی ۱۴۰۱

چـــــکیده

مقدمه: تصمیم‌گیری یکی از بالاترین سطوح شناختی مغز محسوب می‌شود. اکثر تصمیمات در دنیای واقعی باید در شرایط عدم قطعیت اتخاذ شوند و انسان‌ها اطلاعات دریافتی از محیط را به صورت سلسله‌مراتبی پردازش می‌کنند. اما در صورت وجود سلسله مراتب، منابع بازخورد منفی دریافت شده، مبهم است. بنابراین درک اینکه چگونه افراد با اطلاعات ناقص و مبهم استدلال می‌کنند، یکی از مشکلات اصلی روانشناسی شناختی است. انسان‌ها با ارزیابی تعداد بازخوردهای منفی و میزان قطعیت و دقت مورد انتظار یک انتخاب خود نسبت به تصمیم‌شان، پس از یک یا چند تلاش این ابهام را برطرف می‌کنند. اما اینکه قطعیت تصمیمات سطح پایین‌تر به چه‌صورتی بر تصمیمات سطح بالاتر تاثیر می‌گذارد، به‌خوبی درک نشده است. ***مواد و روش‌ها:*** به‌منظور پاسخ به این مسئله، آزمودنی‌ها در یک آزمایش روان- فیزیک تعیین جهت نقاط تصادفی که همراه با گزارش مستقیم قطعیت بود، شرکت کرده‌اند. در تصمیمات سطح بالا از یک اصطلاح به نام "محیط" استفاده شده است. با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک، پارامترهای موثر در تصمیم‌گیری سلسله مراتبی به‌طور آماری مطالعه شدند. ***یافته‌ها:*** نتایج ما نشان داد که میانگین قطعیت افراد در مواجهه با بازخوردهای منفی متوالی نیز هرچه به آزمایهٔ تعویض نزدیک می‌شوند، روندی افزایشی دارد. در آزمایه‌ای که تصمیم به تعویض می‌گیرند به بالاترین حد خود می‌رسد که این نیز میانگینش از میانگین کلی قطعیت بیشتر است. ***نتیجه‌گیری:*** در این مطالعه، ما نشان دادیم که قطعیت تصمیم (در خطاهای متوالی)، احتمال تعویض‌ها را رمزگذاری می‌کند. این نتایج، نقش حیاتی قطعیت در تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی را برجسته می‌کند و اشاره می‌کند که قطعیت برای تعیین راهبرد در تصمیم‌گیری در سطح بالا، دارای حدآستانه است.

واژه‌های کلیدی:
۱-روانشناسی
۲- محیط
۳-احتمال

***نویسنده مسئول:** رضا ابراهیم‌پور

پست الکترونیک: *ebrahimpour@ipm.ir*

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.52547/shefa.11.1.25]

مقدمه

تصمیم‌گیری یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین بخش‌های زندگی انسان است و همچنین یکی از بالاترین سطوح فعالیت‌های شناختی مغز محسوب می‌شود که مطالعهٔ فرآیند آن می‌تواند نقش مهمی در شناخت نحوهٔ عملکرد مغز انسان داشته باشد. تصمیم‌گیری فرآیند انتخاب از بین گزینه‌های دیگر است. با این تعریف، بیشتر رفتارهای انسان و حیوان ناشی از اخذ یک یا چند تصمیم است. این امر باعث می‌شود تا دانش تصمیم‌گیری برای آن دسته از زمینه‌های علمی که با انسان یا حیوانات مانند روانشناسی(۲ ،۱)، علوم اعصاب (۵-۳)، علوم پزشکی(۶)، اقتصاد (۸ ،۷)، فلسفه (۹) و غیره سر و کار دارند، بسیار مهم باشد. مطالعهٔ فرآیند و نحوهٔ شکل‌گیری آن در مغز، از دیرباز مرکز توجه محققان بسیاری بوده و می‌باشد (۱۲-۱۰). به‌طور کلی، انسان‌ها در زندگی روزمرهٔ خود، اغلب براساس اطلاعاتی که از طریق حواس خود در محیط اطرافشان دریافت می‌کنند، در مورد گزینه‌های پیش رو تصمیم‌گیری می‌کنند. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که فرآیند تصمیم‌گیری، ابتدا نیازمند به یک سری شواهد[1] اولیه است (۱۳). در هنگام تصمیم‌گیری (فارغ از مدت زمان آن)، شواهد به صورت پیوسته و متوالی تجمیع[2] می‌شوند (۱۴). حال اگر این شواهد درحال تجمیع، به یک حد مشخصی برسند، می‌توان گفت که تصمیم گرفته شده است. به این حد مشخص، حد آستانهٔ تصمیم[3] گفته می‌شود (۱۲).

تصمیم‌های انسان در زندگی روزمره و دنیای واقعی می‌تواند به عوامل بسیاری وابسته باشد. عواملی مانند جنسیت، فرهنگ، مذهب، عقاید شخصی و غیره می‌توانند در یک تصمیم ساده تاثیرگذار باشند. وجود همهٔ این عوامل کار محققان را برای مطالعه فرآیند تصمیم‌گیری و شناخت مغز بسیار دشوار کرده است. یکی از راه‌حل‌هایی که می‌تواند مطالعهٔ فرآیند تصمیم‌گیری را آسان‌تر کند، استفاده از مجموعه آزمایش‌های تصمیم‌گیری بسیار ساده و ادراکی است. یکی از آزمایش‌های معروف و کاربردی برای مطالعهٔ تصمیم‌گیری، آزمایش نقاط متحرک (RDM)[4] می‌باشد. در این آزمایش، یک سری نقاط به صورت اتفاقی در صفحه به حرکت در می‌آیند، از افراد شرکت‌کننده خواسته می‌شود که جهت حرکت نقاط در صفحه را مشخص کنند. سختی آزمایش بر اساس درصدی از نقاط که به صورت هم جهت[5] حرکت می‌کنند، مشخص می‌شود. هرچه این درصد بیشتر باشد، سختی محرک کمتر است(۱۵). در این نوع تصمیم، شخص می‌تواند بدون درگیر کردن متغییرهایی مانند جنسیت، مذهب و غیره در مورد سوال پرسیده شده، تصمیم‌گیری کند. از آنجا که اینگونه آزمایش‌ها، از طریق یکی از حواس پنج‌گانه درک می‌شود و سیستم ادراکی مغز را فعال می‌کنند (۱۳)، با انجام آن‌ها می‌توان بسیاری از عوامل یادشده را از تصمیم‌گیری حذف نمود و فرآیند تصمیم‌گیری در مغز را به شکل آسان‌تر و تخصصی‌تری مطالعه کرد. با استفاده از همین آزمایش‌های ادراکی ساده می‌توان بسیاری از فضاهای تصمیم‌گیری پیچیده‌تر مانند تصمیم‌گیری در فضای گسسته (۱۶)، تصمیم‌گیری چندمرحله‌ای (۱۸ ،۱۷)، تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی (۲۰ ،۱۹)، تصمیم‌گیری در مورد چند گزینه (۲۱) و غیره را مورد مطالعه قرار داد.

تا به‌حال برخلاف مطالعات گسترده‌ای که بر روی سازوکار رفتاری و نورونی تصمیمات ادراکی انجام شده (۲۵-۲۲)، در حوزه تصمیم‌گیری‌های سطح بالا هنوز هم سوالات و ابهامات زیادی وجود دارد. یکی از انواع تصمیم‌گیری‌های سطح بالا در زندگی روزمره انسان‌ها، تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی است که فرد بصورت همزمان چند تصمیم مرتبط به‌هم در سطوح مختلف (تصمیم‌گیری با اطلاعات حسی[6] (سطح پایین) را همزمان با تصمیم‌گیری برای تعیین راهبرد (سطح بالا)) را اخذ می‌نماید. بسیاری از تصمیمات سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و غیره از این نوع هستند. ازاین‌رو، اخیراً تمرکز محققان حوزهٔ تصمیم‌گیری به مسائل دنیای واقعی و تصمیمات سطح بالا نزدیک شده است (۲۱-۱۸). از جمله مطالعاتی که سازوکار تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی را مورد بررسی قرار داده‌اند، می‌توان به مطالعه پورسل[7] (۱۹) و صراف‌یزد (۲۰) اشاره کرد. در این دو مطالعه با ارائه یک چارچوب محاسباتی، فرآیند شکل‌گیری تصمیم‌های سلسله‌مراتبی و نحوه عملکرد مغز در این نوع تصمیم‌گیری‌ها، مورد آزمایش قرارگرفته است.

همانطور که گفته شد، تصمیمات سلسله‌مراتبی به عنوان یکی از پیچیده‌ترین و واقع‌بینانه‌ترین تصمیمات نزدیک به دنیای واقعی، اخیرا مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است. در تحقیقات اخیر نشان داده شده است که در تصمیم‌گیری ادراکی با توجه به اینکه مدار تصمیم‌گیرنده در مغز، شواهد را تجمیع می‌کند تا به حدآستانه برسد ولی شواهد فقط شواهد حسی خام نیست و جزئیات بیشتری درگیر هستند که باید در مدل‌های محاسباتی در نظر گرفته شود. اگرچه، مطالعات گذشته شروع به استفاده از تکنیک‌هایی برای استنباط ویژگی‌های موجود در فرآیند تصمیم گیری کرده اند (۲۹-۲۶). ولی مطالعهٔ (۳۰) نشان می‌دهد که یک دیدگاه مجزا، رفتار را به‌طور دقیق توصیف نمی‌کند و ترکیب جزئیات و شواهد مختلف و

[1] Evidence
[2] Accumulation
[3] Decision Bound
[4] Random Dot Motion (RDM)
[5] Coherent
[6] Sensory Information
[7] Purcell

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.52547/shefa.11.1.25]

تجمیعشان تا یک حدآستانه باعث شکل‌گیری تصمیم و توجیه دقیق‌تر از رفتار است. مطالعهٔ انجام‌شده بر روی تصمیمات ادراکی دو گزینه‌ای و سطح پایین است. اما بررسی این یافته درمورد تصمیمات سطح بالاتر و تعیین راهبرد به خوبی درک نشده است. لذا این سوال دربارهٔ یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین راهبر در تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی یعنی میزان قطعیت همچنان باقی است که «آیا قطعیت نیز به عنوان شواهد برای تعیین راهبرد تصمیم سطح بالا تجمیع می‌شود؟»، «حدآستانه‌ای برای تعیین راهبر انتخابِ سطح بالا در تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی وجود دارد؟!» و "اهمیت قطعیت در کدام آزمایه‌های تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند؟". از این رو در این مقاله، برای درک بهتر تعاملات تصمیم‌های سطح پایین با تصمیم‌های سطح بالا در تصمیم‌گیری‌های سلسله مراتبی، به طراحی آزمایش تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی استفاده شده در (۱۹) به همراه گزارش میزان قطعیت تصمیم، پرداخته شده است. در ادامه برخلاف تحقیق (۱۹) با استفاده از تحلیل داده‌های رفتاری جمع‌آوری شده از میزان قطعیت افراد در هنگام تصمیم‌گیری و مدل رگرسیونی، به درک بیشتر تعاملات تصمیمات سطح پایین با تصمیم‌های سطح بالا، نقش و نحوهٔ تغییر قطعیت در سطوح مختلف تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی پرداخته خواهد شد.

مواد و روش‌ها

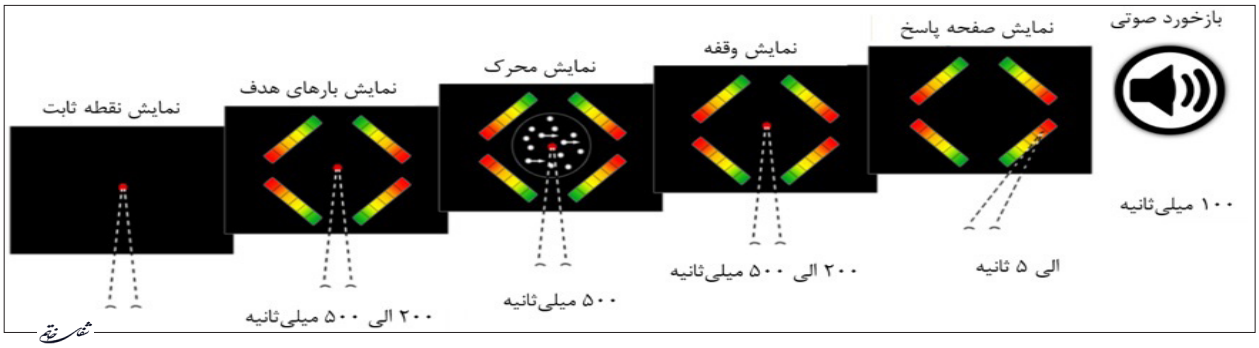
به‌منظور بررسی و ارزیابی عملکرد شرکت‌کننده در آزمایش روان-فیزیک، از معیاری به نام "تابع روان‌سنجی[8]" استفاده شد (۳۱). در این پژوهش، از یک آزمایش روان-فیزیک مشابه آنچه در (۱۹) انجام شده، استفاده‌شده است. دادهٔ جمع‌آوری شده به اندازهٔ ۱۰۵۰۰ داده و از ۹ شرکت‌کننده (۵ خانم ۴ آقا) که محدودهٔ سنی آن‌ها از ۲۱ تا ۳۲ سال بوده است، اخذ شده است. تمامی شرکت‌کنندگان بینایی سالم داشتند و قبل از شروع آزمایش از تمامی شرکت‌کنندگان رضایت‌نامهٔ کتبی دریافت شده است. این مطالعه با شناسه اخلاق IR.IUMS.REC.۱۴۰۰,۱۲۳۰ در کمیتهٔ اخلاق دانشگاه علوم پزشکی ایران مصوب گردیده. قبل از انجام آزمایش اصلی، شرکت‌کنندگان یک مرحله آموزشی گسترده[9] را پشت‌سر می‌گذارند. در این مرحله نیاز بود که آن‌ها به یک حد مشخصی از دقت و سرعت پاسخ در RDM برسند. پس‌ازاین مرحله، شرکت‌کنندگان آماده انجام مرحله اصلی آزمون می‌باشند. شایان‌ذکر است، قبل از انجام هرگونه آزمایش دستورالعمل[10] انجام آزمایش به‌صورت کامل برای شرکت‌کننده شرح داده می‌شد.

آزمایش تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی طراحی‌شده (۱۹)، بدین‌صورت است که از آزمودنی خواسته می‌شود که علاوه بر تشخیص جهت حرکت نقاط (چپ یا راست)، محیط آن‌را نیز مشخص کند. محیط بدین صورت است که آزمودنی، ابتدا به صورت پیش‌فرض در یک محیط قرار دارد و باید تشخیص دهد که در کدام محیط می‌باشد، که خود محیط به دو دسته «محیط بالا» و «محیط پایین» تقسیم می‌شوند. سپس محیط برای چندین آزمایه با توجه به توزیع هندسی کوتاه[11] (با دامنه ۲ تا ۱۵ آزمایه، میانگین ۶) ثابت می‌ماند و سپس تغییر می‌کرد (به طور مثال از «محیط بالا» به «محیط پایین» تغییر داده می‌شود). آزمودنی باید تشخیص دهد که آیا محیط تغییر کرده یا خیر. اگر به این اطمینان رسید که در محیط اشتباهی است و محیطش تغییر کرده، او هم باید محیطش را تغییر دهد و در محیط درست قرار گیرد (یعنی قبلاً در «محیط بالا» بوده و حال باید به «محیط پایین» تعویض[12] کند). آزمودنی برای فهم اینکه چه زمانی در محیط درستی است، باید توجه کند که تنها زمانی بازخورد مثبت دریافت خواهد کرد، که هم تشخیص جهت حرکت نقاط (تصمیم اول) درست باشد و هم اینکه در محیط درست باشد (تصمیم دوم). ولی اگر یکی از این‌ها را غلط پاسخ دهد (یعنی یا تشخیص اشتباه جهت حرکت نقاط و یا قرار داشتن در محیط غلط) به او بازخورد منفی داده می‌شد. در تصویر ۱ شماتیک کلی آزمایش، نمایش داده شده است.

در این آزمایش، قدرت محرک نقاط از بین ۰، ۳/۲، ۶/۴، ۱۲/۸، ۲۵/۶ و ۵۱/۲ درصد تعیین می‌گردید. محرک به‌مدت ۵۰۰ میلی‌ثانیه نمایش داده می‌شد و پس‌از نمایش محرک، صفحهٔ دریافت پاسخ برای آزمودنی ظاهر می‌گردید. شرکت‌کنندگان می‌بایست تصمیم نهایی و قطعیت خود را به‌صورت هم‌زمان گزارش می‌کردند. قطعیت، در واحد پیوسته (بین صفر الی یک) در قالب یک نوار رنگی ارائه شده، گزارش می‌گردید (از سبز به قرمز، سبز بیشترین میزان قطعیت و قرمز کمترین میزان است) (تصویر ۱). گفتنی است انتخاب این مرحله توسط حرکت و فشار دادن کلیک چپ موس[13] صورت می‌پذیرفت. پس از انتخاب، بازخورد صوتی تصمیم، برای شرکت‌کننده ارائه می‌شد. لازم به ذکر است که به آزمودنی تاکید می‌شد که فقط قطعیت تصمیم سطح پایین را اعلام کنند نه تصمیم کلی را.

[8] Psychometric function
[9] Extensive Training
[10] Instruction
[11] Truncated Geometric Distribution
[12] Switch
[13] Mouse

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.52547/shefa.11.1.25]

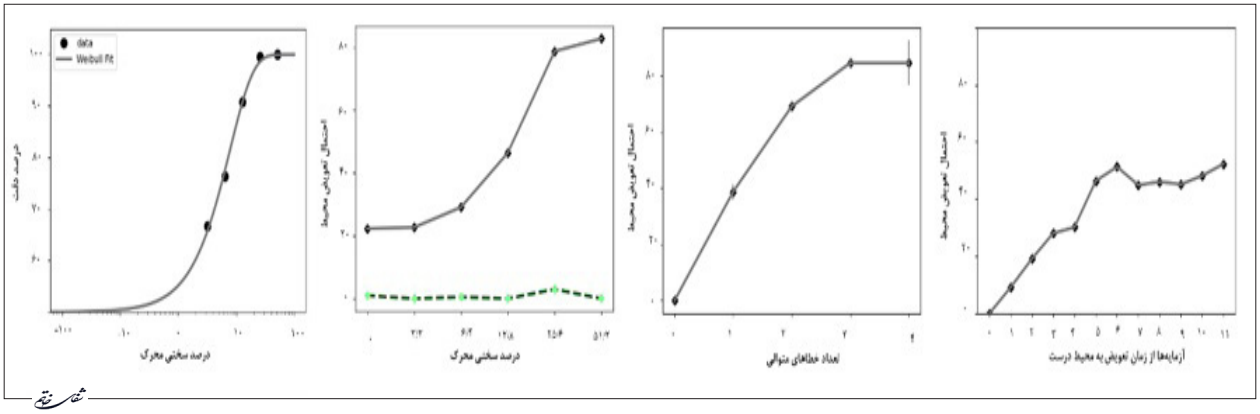


تصویر ۱- طراحی آزمایش اصلی در حالت انفرادی. (الف) پارادیم آزمایش. نوارهای رنگی بالا و پایین نقطهٔ ثابت مرکز دو محیط را نشان می‌دهند. نوارهای رنگی راست و چپ در هر محیط نشان دهندهٔ دو جهت ممکن حرکت است. افراد برای انتخاب هدفی که با محیط صحیح و جهت حرکت صحیح مطابقت داشت، بازخورد مثبتی دریافت می‌کردند.

یافته‌ها

با انجام آزمایش، داده‌های رفتاری آزمودنی‌ها ثبت می‌گردید. دقت، قطعیت و تعویض محیط از جمله داده‌های رفتاری جمع‌آوری‌شده در این آزمایش‌ها بودند. تابع روان‌سنج استفاده شده در این پژوهش، تابع توزیع تجمعی ویبول[14] است (۳۲). تعویض و انتخاب محیط، با تجمیع بازخوردها و قطعیت در مورد جهت حرکت در طی آزمایه‌ها شکل می‌گیرد. نتایج ما نشان داد که افراد به ندرت پس از بازخورد مثبت محیط را تغییر می دهند (احتمال تعویض: ۰۰۵/ ؛ تصویر ۲ (ب))، نشان می‌دهد که آن‌ها ثبات نسبی محیط‌ها را درک کرده‌اند. درمقابل، افراد اغلب پس از بازخورد منفی (احتمال تعویض: ۰/۴۶) محیط را تغییر می‌دهند. این موضوع زمانی که بازخورد منفی در آزمایه‌هایی با قدرت محرک بالاتر داده می‌شود، بیشتر به چشم می‌خورد (تصویر ۲ (ب)). یعنی آزمایه‌هایی که در آن‌ها احتمال پاسخ‌گویی درست جهت، بالاتر بود (تصویر ۲ (الف)). درواقع، بازخورد و دقت انتخاب جهت مورد انتظار، عوامل مهمی در تعیین اینکه آزمودنی محیط را تعویض می‌کند یا خیر، بودند. احتمال تغییر محیط پس‌از بازخورد منفی با دقت افراد به صورت یکنواخت افزایش می‌یابد. تأثیر بازخورد و قدرت محرک بر روی تعویض و انتخاب محیط‌های آینده، برای چندین آزمایه توسعه داده شد. به دلیل عدم‌اطمینان آزمودنی‌ها در مورد جهت حرکت صحیح، آن‌ها همیشه پس از یک بازخورد منفی، بلافاصله محیط را تغییر نمی‌دهند. هنگامی که محیط توسط آزمون‌گر تغییر می‌کرد، افراد غالباً به انتخاب محیط قبلی (نادرست) برای دو تا چهار آزمایش ادامه می‌دادند. بااین‌حال، افراد با افزایش تعداد بازخوردهای منفی متوالی (تصویر ۲ (ج)) بیشتر احتمال دارد محیط را تعویض کنند.این امر نشان می دهد، تأثیر بازخورد منفی برای چندین آزمایهٔ متوالی ادامه دارد (۳۴، ۳۳).

الگوهای انتخاب محیط توسط افراد، ویژگی‌های کلیدی تجمیع شواهد تعویض محیط را در آزمایشات نشان می‌دهد (۱۹). تحلیل‌های بیشتر نشان داد که افراد پس از بازخورد منفی، هنگامی‌که در محیطی به مدت طولانی برای آزمایه‌های متوالی می‌ماندند، با احتمال بالاتری، محیط را تغییر می‌دادند (تصویر ۲ (د)). این افزایش نرخ تعویض محیط، احتمال فوریت فزاینده‌ای[15] را برای تغییر محیط نشان می‌دهد. این فوریت فزاینده برای تغییر محیطی، مشابه فوریت[16] پاسخگویی است که در آزمایشات تصمیم‌گیری ادراکی مشاهده می‌شود (۳۷، ۲۱)، با این تفاوت که در بازه‌های زمانی بسیار طولانی‌تر



تصویر ۲- نتایج داده‌های رفتاری در تصمیم سطح بالا. (الف) دقت انتخاب. نقاط موجود، داده‌های انتخاب صحیح جهت (سطح پایین) را بدون توجه به انتخاب محیط نشان می‌دهد. خط رسم‌شده نیز تابع توزیع تجمعی ویبول است که پارمتر α برابر ۸/۲۵۱ است و β برابر ۰/۸۷۲ است. (ب) احتمال تعویض‌های محیطی پس از دریافت یک بازخورد منفی. تعداد تعویض‌های محیطی در آزمایه‌های با محرک قوی‌تر (نقاط رنگی) افزایش یافته و به دنبال بازخورد مثبت (نقاط سبز) به طور مداوم پایین بوده. (ج) بازخوردهای منفی متوالی. (د) میزان مخاطره .

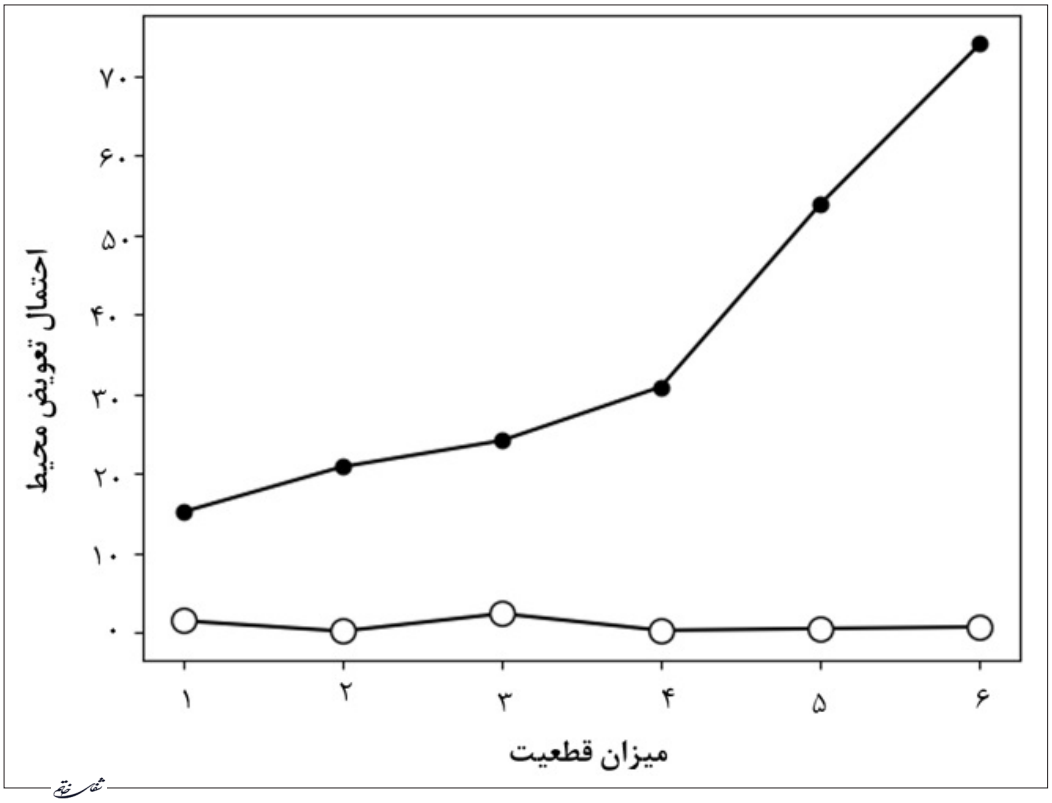
[14] Weibull
[15] Growing Urgency
[16] Urgency

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.52547/shefa.11.1.25]

اتفاق می‌افتد (در طی آزمایه‌ها ، نه در یک آزمایه).

پس‌از بررسی نتایج سطح بالا و پایین تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی، به بررسی بیشتر نقش قطعیت در تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی پرداخته شد. همانطور که پورسل (۱۹) هم در پژوهش گفته بود، "قطعیت پلی است بین تصمیمات سطح پایین و تصمیمات سطح بالا". آزمودنی در هنگام دریافت بازخورد منفی، با استفاده از میزان قطعیت خود از تصمیم سطح پایین، تصمیم به تعویض محیط در سطح بالا می‌گیرد. یا به‌عبارتی دیگر شرکت‌کنندگان به‌دنبال بازخورد منفی در آزمایه‌هایی که در آن‌ها قطعیت و اطمینان بالاتری را گزارش کردند، احتمال بیشتری داشت که انتخاب‌های تعویض محیط را تغییر دهند (تصویر ۳).

همانطور که از داده‌های رفتاری مشاهده شد، میزان قطعیت رابطهٔ مستقیمی با احتمال تعویض محیط دارد که مدل رگسیونی هم همین موضوع را به‌طور معنی‌داری تایید می‌کند (معادله‌ی (۱)، P_1 =۰/۰۰۰، β_1=۲/۴۵۸). سپس به بررسی میزان قطعیت آزمایه‌هایی که با دریافت یک بازخورد منفی، تعویض محیط در آن‌ها رخ داده و رخ نداده پرداخته شد. همانطور که مورد انتظار بود، قطعیت افراد بر حسب افزایش میزان شواهد دریافتی (کوهرنسی)، یک روند افزایشی داشت ولی نتایج جالبی که بدست آمد، حاکی از این بود که قطعیت افراد زمانی‌که تصمیم به تعویض محیط داشتند، بیشتر از میزان قطعیت کلی افراد بود (مقادیر تست آماری رنک-سام برای کوهرنسی‌های ۰، ۳/۲، ۶/۴، ۱۲/۸، ۲۵/۶، ۵۱/۲ به ترتیب برابر است با P=۰/۰۰۸، P=۰/۰۰۰، P=۰/۰۰۱، P=۰/۰۶۳، P=۰/۰۰۶ و P=۰/۴۷۸). از طرفی دیگر، زمانی‌که یک بازخورد منفی دریافت می‌کردند و محیط را تعویض نمی‌کردند، میزان قطعیتشان کمتر از میزان قطعیت کلی بود(شکل۴) (مقادیر تست آماری رنک-سام برای کوهرنسی‌های ۰، ۳/۲، ۶/۴، ۱۲/۸، ۲۵/۶، ۵۱/۲ ۵۱ به ترتیب برابر است با P=۰/۰۵۸، P=۰/۰۰۰، P=۰/۰۰۰، P=۰/۰۰۰، P=۰/۰۰۶ و P=۰/۰۱۵).



تصویر ۳- تاثیر قطعیت در تصمیم سطح بالا. محور افقی، قطعیت گزارش شدهٔ افراد را نشان می‌دهد که به شش کمیت تقسیم شدند. محور عمودی، احتمال تعویض محیط را بعد از دریافت یک بازخورد منفی نشان می‌دهد. نقاط توخالی احتمال تعویض در هنگام دریافت بازخورد مثبت است و نقاط توپر، احتمال تعویض بعد از دریافت یک بازخورد منفی است.

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.52547/shefa.11.1.25]

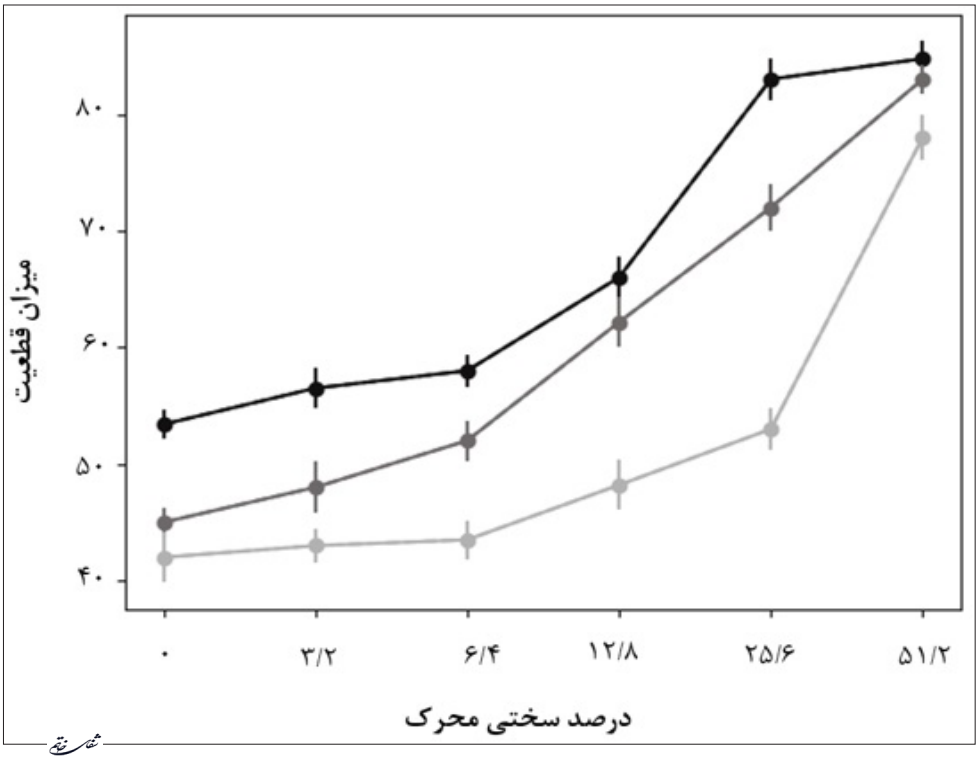
تاثیر مشاهده‌شده در تصویر ۴ را در میزان قطعیت زمانی‌که آزمودنی، خطاهای متوالی دریافت می‌کرده نیز مشاهده شد. نتایج نشان دادند که میانگین قطعیت افراد در خطاهای متوالی در آزمایه‌ای که منجربه تعویض محیط شده بیشتر از میانگین قطعیت آزمایه‌های تعویض نشده و بیشتر از میانگین قطعیت کلی افراد است. مشاهدهٔ این اثر در بازخوردهای منفی متوالی، باعث برانگیخته شدن این سوال شد که "در آزمایه‌های منجربه تعویض، میزان قطعیت در آزمایه‌های قبل از آن که بازخورد منفی دریافت می‌شده به چه‌صورت است؟". لذا براین اساس، به بررسی و مقایسهٔ میزان قطعیت در تمام آزمایه‌های خطاهای متوالی (از دو خطا الی چهار خطا) پرداخته شد. اثر قابل‌توجهی مشاهده شد این بود که آزمودنی در طول خطاهای متوالی، هرچه به آزمایه‌ی منجربه تعویض نزدیک‌تر می‌شده، میزان قطعیت بالاتری را گزارش می‌کرده (تصویر ۶). علاوه‌بر داده‌های رفتاری، مدل محاسباتی نیز همین اثر را تایید می‌کند و در بازخوردهای متوالی، قطعیت آزمایهٔ منجربه تعویض نیز به‌طور معنی‌داری بر روی احتمال تعویض محیط تاثیر دارد (معادلهٔ (۲)، P_1 =۰/۰۰۰، β_1=۲/۴۵۸، P_2 =۰/۹۲۸، β_2=۰/۰۲۹ و معادلهٔ (۳)، P_1 =۰/۰۰۵، β_1=۱/۵۷۶، P_2 =۰/۸۲۶، β_2=-۰/۱۶۰، P_3 =۰/۷۲۲).

P_3، ۰/۲۴۱- =β_3 و معادلهٔ (۴)، P_1 =۰/۰۳۷، β_1=۳/۴۱۵، P_2 =۰/۴۳۴، β_2=-۰/۰۵۱، P_2 =۰/۷۳۲، β_2=-۰/۴۶۷، P_2 =۰/۲۰۵، β_2 =۲/۶۴۶-).

همین‌طور از معادلهٔ (۵) نیز برای دو خطای متوالی استفاده شد تا بررسی شود که تاثیر کدام آزمایه (آزمایه منجربه تعویض یا آزمایه پیش‌از آن) تاثیر بیشتر بر احتمال تعویض دارد. که در تایید نتایج بدست‌آمده، مشخص شد که آزمایهٔ منجربه تعویض تاثیر بیشتری دارد. بدین صورت که اگر شود، تاثیر آزمایه‌ی منجربه تعویض بیشتر است و اگر برعکس شود، آزمایه قبل از آن تاثیر بیشتری دارد (برای سه و چهار خطای متوالی نیز بررسی شد و همین نتایج مشاهده شد). معادلات استفاده شده در این پژوهش در جدول ۱ و نتایج و پارامترهای مدل رگرسیون لجستیک استفاده شده در جدول ۲ آمده است. که Conf (T ۱) – نشان‌دهنده قطعیت آزمایه‌ی قبل‌از تعویض محیط است) Conf (T ۲–، Conf (T ۳– و Conf (T ۴– به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ قطعیت دو، سه و چهار آزمایهٔ قبل‌از تعویض محیط است و معادلات (۲)، (۳) و (۴) به‌ترتیب برای دو، سه و چهار خطای متوالی می‌باشند.

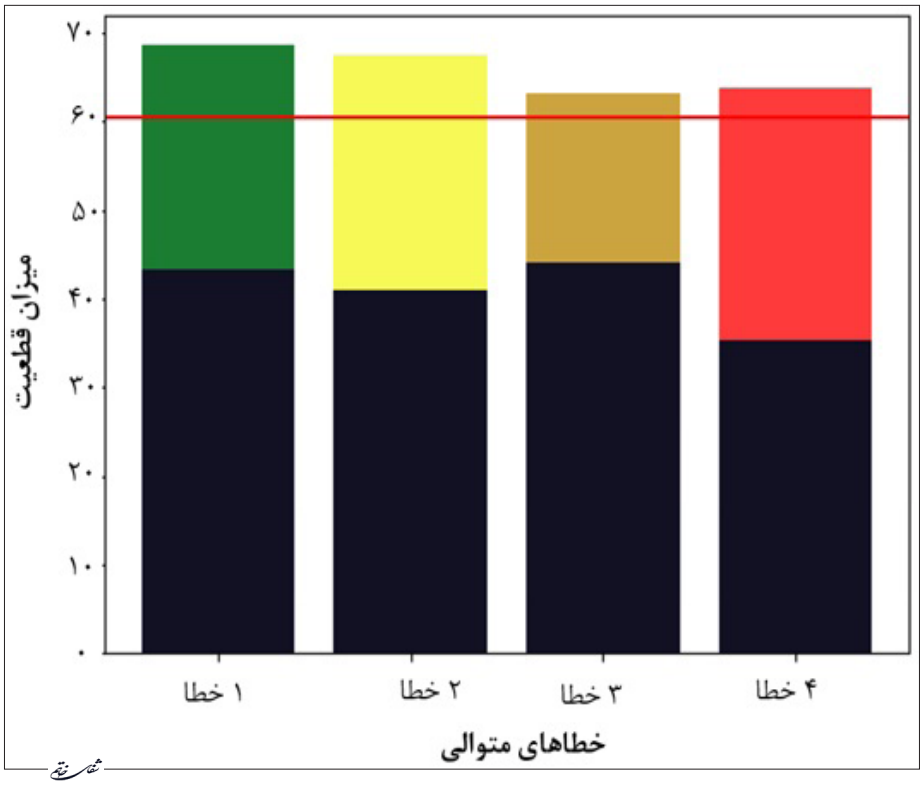
بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش به مطالعه و بررسی اثر اطلاعات

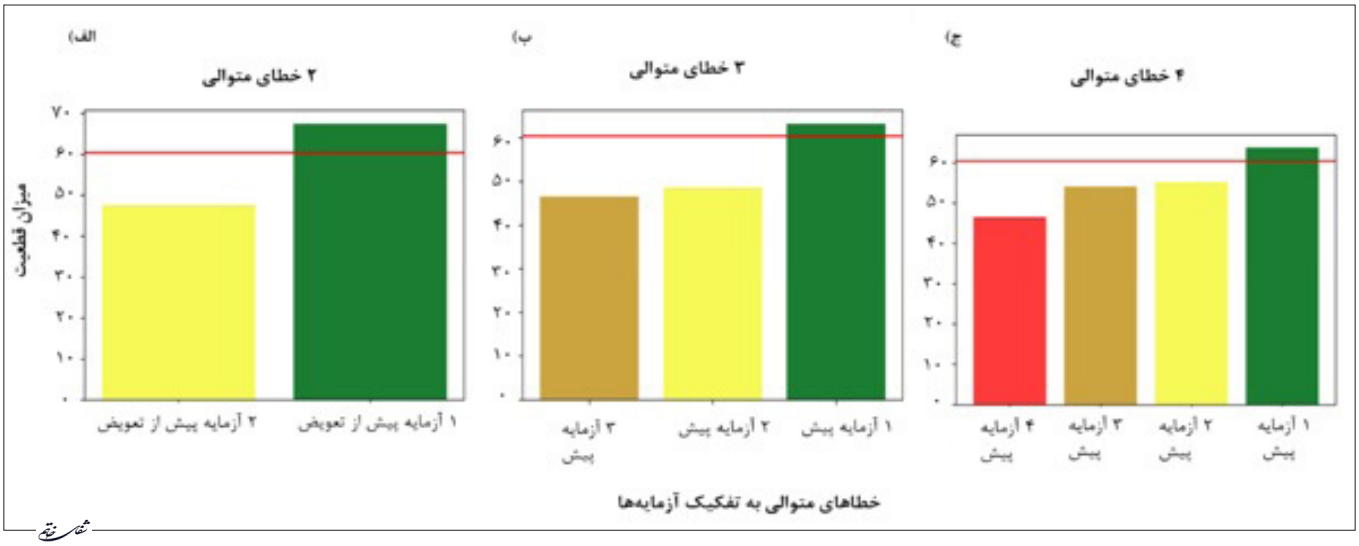


تصویر ۴- میزان قطعیت در هنگام دریافت یک بازخورد منفی. محور افقی، نشانگر میزان کوهرنسی است و محور عمودی میزان قطعیت را نمایش می‌دهد. نقاط مشکی رنگ نشان‌دهنده‌ی قطعیتِ زمانی است که با یک بازخورد منفی تعویض مخیط انجام شده، نقاط خاکستری کم‌رنگ نشان‌دهنده‌ی قطعیتِ زمانی است که با یک بازخورد منفی تعویض محیط انجام نشده و نقاط خاکستری پُررنگ نشان‌دهنده‌ی قطعیتِ کلی آزمودنی در تمامی آزمایه است. در تمام حالات خطای رسم‌شده SEM می‌باشد.

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.52547/shefa.11.1.25]



تصویر ۵- میزان قطعیت در هنگام دریافت بازخوردهای منفی متوالی. میزان قطعیت، تا چهار بازخورد منفی متوالی نمایش داده شده. بارهای رنگی (سبز: یک خطا، زرد: دو خطای متوالی، نارنجی: سه خطای متوالی، قرمز: چهار خطای متوالی) میانگین قطعیت آزمایهٔ آخر منجربه تعویض را نمایش می‌دهد. بار مشکی رنگ میانگین قطعیت آزمایهٔ آخر منجربه تعویض نشدن را نمایش می‌دهد. خط قرمز میانگین کلی آزمودنی در تمامی آزمایه‌ها می‌باشد.



تصویر ۶- میانگین قطعیت در آزمایه‌های بازخوردهای منفی متوالی. (الف) میانگین قطعیت در دو خطای متوالی. میانگین قطعیت در آزمایهٔ منجربه تعویض بیشتر از میانگین قطعیت دو آزمایه پیش از تعویض است. (ب) میانگین قطعیت در سه خطای متوالی. میانگین قطعیت در آزمایهٔ منجربه تعویض بیشتر از میانگین قطعیت دو آزمایه پیش از تعویض است و میانگین قطعیت در دو آزمایهٔ پیش‌از تعویض بیشتر از میانگین قطعیت سه آزمایه پیش از تعویض است. (ج) میانگین قطعیت در چهار خطای متوالی. میانگین قطعیت در آزمایهٔ منجربه تعویض بیشتر از میانگین قطعیت دو آزمایه پیش از تعویض است و میانگین قطعیت در دو آزمایهٔ پیش‌از تعویض بیشتر از میانگین قطعیت سه آزمایه پیش از تعویض است و همچنین میانگین قطعیت در سه آزمایهٔ پیش از تعویض بیشتر از میانگین قطعیت چهار آزمایه پیش از تعویض است. بار آبی پررنگ، میانگین آزمایهٔ منجربه تعویض است. بار آبی کم‌رنگ، آزمایه‌های قبل‌از آزمایهٔ منجربه تعویض است. خط قرمز رنگ، میانگین کلی آزمودنی در همهٔ آزمایه‌ها است.

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.52547/shefa.11.1.25]

جدول ۱- معادلات رگرسیون لجستیک

#	معادلات
۱	$\text{Logit}\,(PT_{F_}(\text{Switch}) = \beta 0 + \beta 1.\,\text{Conf}$
۲	$\text{Logit}\,(PT_{F_}(\text{Switch}) = \beta 0 + \beta 1.\,\text{Conf}(T-1) + \beta 2.\,\text{Conf}\,(T-2)$
۳	$\text{Logit}\,(PT_{F_}(\text{Switch}) = \beta 0 + \beta 1.\,\text{Conf}\,(T-1) + \beta 2.\,\text{Conf}\,(T-2) + \beta 3.\,\text{Conf}\,(T-3)$
۴	$\text{Logit}\,(PT_{F_}(\text{Switch}) = \beta 0 + \beta 1.\,\text{Conf}\,(T-1) + \beta 2.\,\text{Conf}\,(T-2) + \beta 3.\,\text{Conf}\,(T-3) + \beta 4.\,\text{Conf}\,(T-4)$
۵	$\text{Logit}\,(PT_{F_}(\text{Switch}) = \beta 0 + \beta 1.\,(\text{Conf}\,(T-1) + \text{Conf}\,(T-2)) + \beta 2.\,(\text{Conf}\,(T-2) - \text{Conf}\,(T-1))$

جدول ۲- پارامترهای معادله‌های رگرسیون لجستیک

#	β0	β1	β2	β3	β4
۱	-۱/۱۸۵ (P=۰/۰۰۰)	۲/۴۵۸ (P=۰/۰۰۰)	------	------	------
۲	- ۰/۱۶۶ (P=۰/۴۴۰)	۲/۲۷۱ (P=۰/۰۰۰)	۰/۰۲۷ (P=۰/۹۲۸)	------	------
۳	۱/۲۲۲ (P=۰/۰۱۹)	۱/۵۷۶ (P=۰/۰۰۵)	-۰/۱۶۰ (P=۰/۸۲۶)	-۰/۲۴۱ (P=۰/۷۲۲)	------
۴	۲/۲۹۱ (P=۰/۰۳۷)	۳/۴۱۵ (P=۰/۰۳۱)	-۱/۰۵۱ (P= ۰/۴۳۴)	-۰/۴۵۷ (P=۰/۷۳۲)	-۲/۶۴۶ (P= ۰/۲۰۵)
۵	-۰/۱۶۶ (P=۰/۴۴۰)	۱/۱۴۹ (P=۰/۰۰۰)	-۱/۱۲۲ (P=۰/۰۰۰)	------	------

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.52547/shefa.11.1.25]

اجتماعی بر روی تصمیم‌گیری اجتماعی پرداخته شد. ابتدا بر مطالعه و تصدیق پژوهش‌های انجام شده در (۲۰ ،۱۹) تمرکز شد که مشاهده شد، فرآیند تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی، یک سلسله از مراحلی را ایجاد می‌کند که در آن نتایج حاصل از انتخاب سطح پایین، تجدید نظر در مورد استراتژی تصمیم‌گیری در سطوح بالاتر را مطلع می‌کند. شناسایی خطاها و بازخوردهای منفی حاصل از تصمیم، غالباً بی‌اهمیت نیست، زیرا تغییرات در انتخاب محیط، به‌ندرت حس می‌شود. در عوض، تصمیم‌گیرندگان باید تغییرات را اغلب از طریق بازخورد انتخاب‌های گذشته‌ی خود استنباط کنند. استنتاج تغییرات محیط، یک تصمیم‌گیری با سلسله‌مراتب متعدد در مقیاس‌های مختلف ایجاد می‌کند که در آن نتایج انتخاب‌های سطح پایین، تجدیدنظر در راهبرد تصمیم‌گیری در سطوح بالاتر را نشان می‌دهد. در این بین مشاهده شد که قطعیت انتخاب افراد نقش مهمی را ایفا می‌کند و مانند پلی بین سطوح تصمیم‌گیری است. نتایج داده‌ها نشان داد که هر چه میزان قطعیت افراد نسبت به تصمیم‌شان بیشتر باشد، احتمال تعویض نیز افزایش می‌یابد و مدل محاسباتی یک رابطهٔ مستقیم و معنی‌داری را نشان می‌دهد (معادلهٔ (۱)، β_1=۲/۴۵۸ ,Pl=۰/۰۰۰). مشاهدهٔ این اثر سوالاتی مانند «آیا قطعیت نیز به عنوان شواهد برای تعیین راهبرد تصمیم سطح بالا تجمیع می‌شود؟»، «حدآستانه‌ای برای تعیین راهبر انتخابِ سطح بالا در تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی وجود دارد؟!» و "اهمیت قطعیت در کدام آزمایه‌های تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند؟". تحقیق (۱۹) پاسخ این سوالات را تا حدی در مدل محاسباتی‌شان بررسی کردند ولی همچنان این ابهامات (به‌خصوص در رابطه با قطعیت) به‌طور کامل رفع نشده. لذا در این مطالعه، برای پاسخ به این سوالات ابتدا به بررسی داده‌های رفتاری جمع‌آوری‌شده از میزان قطعیت افراد در هنگام تصمیم‌گیری و نحوهٔ تغییر قطعیت آزمودنی‌ها در هنگام دریافت یک بازخورد منفی پرداخته شد. نتایج بدست‌آمده نشان داد که که افراد زمانی‌که تصمیم به تعویض محیط داشتند، قطعیت بیشتری نسبت به میزان قطعیت کلی‌شان در تمام آزمایه‌ها گزارش کرده‌اند. تست آماری نشان داد که این تفاوت به جز کوهرنسی ۱۲/۸ و ۵۱/۲ معنی‌دار بود (مقادیر تست آماری برای کوهرنسی‌های ۰، ۳/۲، ۶/۴، ۱۲/۸، ۲۵/۶، ۵۱/۲ به ترتیب برابر است با P=۰/۰۰۸، P=۰/۰۰۰، P=۰/۰۰۱، P=۰/۰۶۳، P=۰/۰۰۶ و P=۰/۴۷۸). از طرفی دیگر، زمانی که یک بازخورد منفی دریافت می‌کردند و تصمیم به عدم تعویض محیط می‌گرفتند، میزان قطعیتشان کمتر از میزان قطعیت کلی بود (تصویر ۳). که تست آماری نشان داد این تفاوت نیز به جز در کوهرنسی صفر، در تمامی کوهرنسی‌ها معنی‌دار بوده. (مقادیر تست آماری برای کوهرنسی‌های ۰، ۳/۲، ۶/۴، ۱۲/۸، ۲۵/۶، ۵۱/۲ به ترتیب برابر است با P=۰/۰۵۸، P=۰/۰۰۰، P=۰/۰۰۰، P=۰/۰۰۰، P=۰/۰۰۰۶ و P=۰/۰۳۵). نتایج این بررسی نشان داد که افراد حتی زمانی‌که بازخورد منفی دریافت می‌کردند، بسته به میزان قطعیت‌شان، تصمیم می‌گرفتند که محیطشان را تعویض کنند یا خیر. که این مشاهدهٔ نتیجه، ما را به این فرضیه وا داشت که به‌احتمال بالا، میزان قطعیت باید به یک حدآستانه‌ای برسد تا تعویض انجام شود.

بررسی بیشتر قطعیت در بازخوردهای منفی متوالی نتایج جالب‌توجهی را در پی داشت، مشاهده شد که میانگین قطعیت افراد در خطاهای متوالی، در آزمایه‌ای که منجربه تعویض محیط شده نیز بیشتر از میانگین قطعیت آزمایه‌های تعویض نشده و بیشتر از میانگین قطعیت کلی افراد است. زمانی‌که میانگین قطعیتِ بازخوردهای منفی متوالی را برای دو خطا، سه خطا و چهار خطا تفکیک شد، مشاهده شد که در تمام شرایط، آزمودنی هرچه به آزمایه‌ی منجربه تعویض نزدیک‌تر می‌شده، میزان قطعیت بالاتری را گزارش می‌کرده (تصویر ۶). که این روند افزایشی اثر قابل‌توجهی بود که فرضیهٔ مطرح‌شده را مبنی بر تجمیع میزان قطعیت به‌عنوان شواهد مورد نیاز برای تعویض محیط، تایید کند. نکتهٔ دیگری که مشاهده شد این بود که میانگین قطعیت تمامی آزمایه‌های پیش از آزمایه‌ی منجر به تعویض، کمتر از میانگین کلی افراد بود و فقط آزمایهٔ منجربه تعویض بیشتر از میانگین کلی بود. برای اطمینان از صحت حدسی که مطرح شد، علاوه‌بر داده‌های رفتاری، از مدل محاسباتی رگرسیون لجستیک استفاده شد و مدل نیز همین اثر را تایید می‌کند و در بازخوردهای متوالی، مقدار همبستگی رگرسور آزمایه‌ها، یک روند افزایشی دارد و جالب‌تر اینکه قطعیت آزمایهٔ منجربه تعویض نیز به‌طور معنی‌داری بر احتمال تعویض محیط تاثیر دارد (معادلهٔ (۲)، P_1=۰/۰۰۰، β_1=۲/۴۵۸، P_2=۰/۹۲۸، β_2=۰/۰۲۹ و معادلهٔ (۳)، P_1=۰/۰۰۵، β_1=۱/۵۷۶، P_2=۰/۸۲۶، β_2=-۰/۱۶۰، P_3=۰/۷۲۲ و معادلهٔ (۴)، P_1=۰/۰۳۷، β_1=۳/۴۱۵، P_2=۰/۷۳۲، β_2=-۰/۴۶۷، P_3=۰/۲۴۱، β_3=-۰/۴۳۴، P_2=۰/۲۰۵، β_2=-۰/۰۵۱، β_2=-۲/۶۴۶).

به‌طور کلی در این پژوهش مشاهده شد که میزان قطعیت افراد در هنگامی‌که بازخورد منفی دریافت کرده‌اند، بیشتر از میانگین قطعیت در کلیهٔ آزمایه‌ها بود. از طرفی مشاهده شد که در تمامی خطاهای متوالی، میانگین قطعیت یک روند افزایشی دارد

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.52547/shefa.11.1.25]

که مشاهده این اثرها را می‌توان با یافتهٔ پژوهش (۳۰) بدین‌ترتیب توجیه کرد که پس حتماً قطعیت احتمال تعویض را رمزگذاری می‌کند و همینطور نیز به‌عنوان یکی از شواهد موردنیاز برای تعویض محیط تجمیع می‌شود تا به یک حدآستانه برسد.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از پایان‌نامه و با حمایت مالی ستاد علوم شناختی با کد طرح ۱۱۶۷۱ است. این پژوهش با حمایت دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی انجام شده است.

منابع

1. Newell BR, Lagnado DA, Shanks DR. Straight choices: The psychology of decision making: Psychology Press. 2015.

2. Olsen K, Roepstorff A, Bang D. Knowing whom to learn from: individual differences in metacognition and weighting of social information. 2019.

3. Carandini M, Churchland AK. Probing perceptual decisions in rodents. Nature neuroscience. 2013; 16(7): 824-31.

4. Drugowitsch J, Moreno-Bote R, Churchland AK, Shadlen MN, Pouget A. The cost of accumulating evidence .in perceptual decision making. Journal of Neuroscience. 2012; 32(11): 3612-28

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

6. Koukouli F, Rooy M, Tziotis D, Sailor KA, O›Neill HC, Levenga J, et al. Nicotine reverses hypofrontality in .animal models of addiction and schizophrenia. Nature Medicine. 2017; 23(3): 347-54

7. CamererC, LoewensteinG, PrelecD. Neuroeconomics: How neuroscience can inform economics. Journal of .economic Literature. 2005; 43(1): 9-64

8. Glimcher PW, Fehr E. Neuroeconomics: Decision making and the brain: Academic Press; 2013.

9. Braddon-Mitchell D, Jackson F. Philosophy Of Mind And Cognition: an introduction. (ed.) Malden. Mass Blackwell. 2007:49.

10. Britten KH, Newsome WT, Shadlen MN, Celebrini S, Movshon JA. A relationship between behavioral choice .and the visual responses of neurons in macaque MT. Visual neuroscience. 1996; 13(1): 87-100

11. Esch T, Mesce KA, Kristan WB. Evidence for sequential decision making in the medicinal leech. Journal of .Neuroscience. 2002; 22(24): 11045-54

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

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

14. 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): 1916-36

15. 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): 4745-65

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

17. Vafaei S, Ebrahimpour R, Zabbah S. The Relationship Between Pupil Diameter Data and Confidence in Multi-.Stage Decisions. The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam. 2020: 70-9.

18. 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): 3157-68

19. Purcell BA, Kiani R. Hierarchical decision processes that operate over distinct timescales underlie choice and changes in strategy. Proceedings of the national academy of sciences. 2016;113(31):E4531-E40

20. Sarafyazd M, Jazayeri M. Hierarchical reasoning by neural circuits in the frontal cortex. Science. 2019 , (6441) 364.

21. Churchland AK, Kiani R, Shadlen MN. Decision-making with multiple alternatives. Nature neuroscience. 2008, (6) 11: 693-702.

22. 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

23. Shadlen MN, Kiani R. Decision making as a window on cognition. Neuron. 2013; 80(3): 791-806.

24. Tohidi-Moghaddam M, Zabbah S, Ebrahimpour R. The role of the primary information on importance of the last information in decision making. Neurosci J Shefaye Khatam. 2016; 4: 26-34

25.Van Den Berg R, Anandalingam K, Zylberberg

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.52547/shefa.11.1.25]

A, Kiani R, Shadlen MN, Wolpert DM. A common mechanism .underlies changes of mind about decisions and confidence. Elife. 2016;5: e12192

26. Kiani R, Hanks TD, Shadlen MN. Bounded integration in parietal cortex underlies decisions even when viewing duration is dictated by the environment. Journal of Neuroscience. 2008;28(12): 3017-29..

27. Piet A, Hady AE, Brody CD. Rats optimally accumulate and discount evidence in a dynamic environment. arXiv preprint arXiv: 2017, 171005945.

28. Wimmer K, Compte A, Roxin A, Peixoto D, Renart A, De La Rocha J. Sensory integration dynamics in a hierarchical network explains choice probabilities in corticalareaMT.Naturecommunications.2015;6(1):1-13

29. Zhan J, Ince RA, Van Rijsbergen N, Schyns PG. Dynamic construction of reduced representations in the brain .for perceptual decision behavior. Current Biology. 2019; 29(2): 319-26

30. Okazawa G, Sha L, Purcell BA, Kiani R. Psychophysical reverse correlation reflects both sensory and decision-making processes. Nature communications. 2018;9(1): 1-16.

31. 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): 9475-89.

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

33. Hayden BY, Pearson JM, Platt ML. Neuronal basis of sequential foraging decisions in a patchy environment .Nature neuroscience. 2011;14(7):933-9

34. Seo H, Cai X, Donahue CH, Lee D. Neural correlates of strategic reasoning during competitive games. Science 2014; 346(6207): 340-3.

35. Ossmy O, Moran R, Pfeffer T, Tsetsos K, Usher M, Donner TH. The timescale of perceptual evidence .integration can be adapted to the environment. Current Biology. 2013; 23(11): 981-6

36. Purcell BA, Heitz RP, Cohen JY, Schall JD, Logan GD, Palmeri TJ. Neurally constrained modeling of .perceptual decision making. Psychological review. 2010; 117(4): 1113

37. Ditterich J. Evidence for time-variant decision making. EuropeanJournalofNeuroscience2006;224(12):3628-41.

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.52547/shefa.11.1.25]