Advances in Cognitive Sciences
Vol 21, No. 3, Autumn 2019
Research Article
Pages 84-93
Archive of SID

Computational-mathematical modeling of decision-making using Iowa Gambling Task based on Cognitive Inputs

Azadeh Nesari[1], Hoda Mansourian[1], Alireza Moradi[2*], Babak Mohamadi[3], Mir Mohsen Pedram[4]

1. PhD Student of Cognitive Modeling, Institute for Cognitive Science Studies (ICSS), Tehran, Iran
2. Professor of Clinical Psycology, Kharazmi University & Head of Institute for Cognitive Science Studies, Tehran, Iran
3. Faculty Member of Aja University, Head of Aja University of Medical Sciences, Tehran, Iran
4. Faculty Member of Kharazmi University, Department of Cognitive Modeling of Institute for Cognitive Science Studies, Tehran, Iran

Recieved: 7 Jan. 2019
Revised: 13 Jun. 2019
Accepted: 16 Jun. 2019

Keywords
Computational modeling
Dynamic decision-making
Connectionist networks
Iowa Gambling Task

Corresponding author
Alireza Moradi, Institute for Cognitive Sciences Studies, Chamran Blvd, Pazhouheshkadeh Blvd, Safir Omid Blvd, Edalat Sq, 4th Phase, Pardis, Tehran, Iran

Email: Moradi@iricss.org

doi.org/10.30699/icss.21.3.84

Abstract

Introduction: Investigating how individuals' decision-making is influenced by other cognitive elements and using computational modeling of decision can help us to better appreciate this cognitive function, as well as better decision-making quality. Thepresent study aimed to present a new cognitive model in the field of decision-making and to examine the model's efficacy in predicting the decisions of those participating in the Iowa decision test compared to other classical decision-making models.

Methods: In this study, 56 subjects, including 20 men and 36 womenwith an average age of 43.52, were asked to participate in the Iowa gambling task. The results of the model used were then compared with the results of the three well-known decision- making models, including expected value, expected utility, and prospect model.. The flexibility of this model by calculating the impact factor of each concept for each individual, allows us to model each person's decision-making individually and identify the concepts, which are most effective in each individual's decision-making.

Results: The obtained results revealed that the expected value, expected utility, prospect, and the proposed cognitive connectionist models predicted 36.04%, 42.46%, 49.18%, and 73.02% of subjects' decisions, respectively.

Conclusion: As a result, it can be argued that the proposed cognitive connectionist model has more potential for modeling examinee's behavior in the Iowa test. It also provided a reasonable way to study the essential cognitive elements that can affect the participant's decisions.

Citation: Nesari A, Mansourian H, Moradi A, Mohamadi B, Pedram M M. Computational-mathematical modeling of decision-making using Iowa Gambling Task based on Cognitive Inputs. Advances in Cognitive Sciences. 2019;21(3):84-93.

www.SID.ir

مجله تازه‌های علوم شناختی
دوره ۲۱، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸
صفحات ۹۳-۸۴
مقاله پژوهشی
Archive of SID

مدل‌سازی ریاضیاتی_محاسباتی تصمیم‌گیری با استفاده از آزمون آیوا بر اساس ورودی‌های شناختی

آزاده نثاری[۱]، هدی منصوریان[۱]، علیرضا مرادی[۲*]، بابک محمدی[۳]، میر محسن پدرام[۴]

۱. دانشجوی دکترای مدل‌سازی شناختی، پژوهشکده علوم شناختی، تهران، ایران
۲. استاد روان‌شناسی بالینی، دانشگاه خوارزمی، ریاست پژوهشکده علوم شناختی، تهران، ایران
۳. عضو هیات علمی دانشگاه ارتش، ریاست پژوهشکده طب نظامی دانشگاه ارتش، تهران، ایران
۴. عضو هیات علمی دانشگاه خوارزمی، مدیر گروه مدل‌سازی شناختی پژوهشکده علوم شناختی، تهران، ایران

دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۷
اصلاح نهایی: ۱۳۹۸/۰۳/۲۳
پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۶

واژه‌های کلیدی
مدل‌سازی محاسباتی
تصمیم‌گیری پویا
شبکه‌های پیوندگرا
آزمون آیوا

نویسنده مسئول
علیرضا مرادی، فاز ۴ شهر پردیس، میدان عدالت، انتهای بلوار سفیر امید، بلوار علوم شناختی، بلوار شهید چمران، پژوهشکده علوم شناختی، تهران، ایران

ایمیل: Moradi@iricss.org

doi.org/10.30699/icss.21.3.84

چکیده

مقدمه: بررسی چگونگی تاثیرپذیری تصمیم‌گیری افراد از سایر کارکردهای شناختی و استفاده از مدل‌سازی ریاضی به درک بهتر این کارکرد شناختی و کیفیت بهتر تصمیم‌گیری‌ها کمک خواهد کرد. هدف این مطالعه معرفی یک مدل شناختی محاسباتی در حوزه تصمیم‌گیری و بررسی قدرت آن در پیش‌بینی تصمیمات افراد شرکت‌کننده در آزمون تصمیم‌گیری آیوا در قیاس با دیگر مدل‌های کلاسیک تصمیم‌گیری بود.

روش کار: در این مطالعه از ۵۶ نفر داوطلب با میانگین سنی ۴۳/۵۲ متشکل از ۲۰ مرد و ۳۶ زن خواسته شد تا در آزمون برد و باخت آیوا شرکت نمایند. سپس نتایج حاصل از مدل با نتایج مهمترین مدل‌های حوزه تصمیم‌گیری از جمله مطلوبیت مورد انتظار، تسهیلات مورد انتظار و مدل چشم‌انداز مقایسه شد. در معماری این مدل شبیه‌سازی ساده‌ای از مسیرهای تصمیم‌گیری در مغز صورت گرفت. معماری انعطاف‌پذیر این مدل با استفاده از محاسبه فاکتور تاثیر هر مفهوم برای هر فرد، ما را قادر ساخت تا به مدل‌سازی تصمیم‌گیری هر شخص به صورت منحصر به فرد بپردازیم و مفاهیمی را که در تصمیم‌گیری هر فرد موثرتر است شناسایی کنیم.

یافته‌ها: یافته‌های حاصل از این تحقیق نشان داد که مدل ارزش انتظاری ۳۶/۰۴ درصد، مدل تسهیلات انتظاری با ۴۲/۴۶ درصد، نظریه چشم‌انداز ۴۹/۱۸ درصد و مدل پیشنهادی پیوندگرای شناختی با ۷۳/۰۲ درصد تصمیمات آزمون‌دهندگان را پیش‌بینی کردند.

نتیجه‌گیری: در نتیجه می‌توان گفت مدل پیوندگرای شناختی در مقایسه با سایر مدل‌های کلاسیک تصمیم‌گیری موفقیت بیشتری در پیش‌بینی عملکرد شرکت‌کنندگان داشته است. ضمنا با استفاده از مفهوم فاکتور تاثیر امکان تحلیل ورودی‌های موثر بر تصمیم‌گیری هر فرد در این آزمون را میسر می‌سازد.

مقدمه

تصمیم‌گیری به عنوان یکی از مهمترین کارکردهای شناختی در مطالعات بسیاری مورد توجه قرار گرفته است. یکی از مهمترین آزمون‌های مورد استفاده در زمینه تصمیم‌گیری آزمون برد و باخت آیوا است. در این مطالعه مدل پیوندگرای شناختی جدیدی را معرفی خواهیم کرد و با استفاده از آن به مدل‌سازی تصمیم‌گیری افراد در این آزمون خواهیم پرداخت و نتیجه را با مهمترین مدل‌های نظری حوزه تصمیم‌گیری مقایسه خواهیم کرد. در حقیقت تمام فعالیت‌ها و اقداماتی که توسط افراد در زمینه‌های مختلف انجام می‌شود، به نوعی حاصل فرآیند تصمیم‌گیری است (۱). در واقع تصمیم‌گیری اساس برنامه‌ریزی، اداره امور و مدیریت در جنبه‌های فردی و اجتماعی زندگی محسوب می‌شود (۲). تصمیم‌گیری فرآیندی

www.SID.ir

Archive of SID

است که با حل یک مسئله در ارتباط است و از این رو اغلب به آن، حل مسئله نیز گفته می‌شود (۱). در تعریفی کلی و روان‌شناختی، می‌توان گفت تصمیم‌گیری فرآیند حل مسئله‌ای است که با به دست آمدن یک راه حل ارضاکننده به پایان می‌رسد (۳).

مدل‌ها، زبان ریاضی برای توصیف سیستم‌ها هستند. با استفاده از مدل‌سازی شناختی به وسیله روابط ریاضی، مجموعه فرایندهای مرتبط با کارکردهای شناختی همچون تصمیم‌گیری می‌توانند در پیوند با روان‌شناسی و علوم اعصاب توصیف شوند. در اینجا از مدل‌سازی می‌توان به عنوان ابزاری برای درک بهتر کارکردهای شناختی انسان از منظر عصب‌شناختی و روان‌شناسی استفاده کرد. در خصوص ادبیات مدل‌های تصمیم‌گیری می‌توان گفت مدل‌های نظری تصمیم‌گیری در سه قالب اصلی در مقالات مختلف مورد مطالعه قرار گرفته‌اند: مدل‌های مطلوبیت انتظاری (Expected value theory)، تسهیلات انتظاری (Expected utility theory) و چشم‌انداز (Prospect theory) (۴) که در این مقاله نیز به تشریح بیشتر این مدل‌ها خواهیم پرداخت. مدل‌سازی آماری آزمون آیوا به صورت سنتی با استفاده از دسته‌بندی مراحل آزمون به صورت بلوک‌های ۲۰ یا ۲۵ تایی انجام می‌پذیرد و عملکرد شرکت‌کنندگان در هر بلوک به صورت آماری مورد بررسی قرار می‌گیرد (۵). از مدل‌های دینامیک و پیوندگرای تصمیم‌گیری بر پایه آزمون آیوا می‌توان از مدلی بر پایه شبکه عصبی با نام گیج (Gage) نام برد که از نظر عصب‌روان‌شناختی واقع گرایانه‌تر از بسیاری از مدل‌های هم گروه خود به حساب می‌آید چرا که قابلیت بیشتری برای نشان دادن رفتار نورون‌ها و اسپایک‌ها دارد (۶). البته این مدل انتخاب‌ها را بیشتر به دو دسته خوب یا بد تقسیم می‌کند و مناطق مختلف مغز برای دریافت ورودی یا عبور اطلاعات به مناطق دیگر مغزی را بازنمایی می‌کند. از طرفی مدل پیوندگرای دیگر به نام لواین (Levine) که توسط Levine در ۲۰۰۵ معرفی شد که با معادلات غیر خطی دیفرانسیلی بر پایه شمارش شناختی سود و ضرر برای هر دسته کارت تعریف می‌شود (۷). مدل‌های مختلفی برای تصمیم‌گیری وجود دارد که استفاده از آنها بستگی به ماهیت مسئله دارد. با استفاده از مدل‌های اصلی تصمیم‌گیری و مجموعه آزمون‌های آن بررسی و مدل‌سازی فرایند تصمیم‌گیری تسهیل گردیده است. همان‌طور که گفته شد مدل‌های کلاسیک تصمیم‌گیری در سه دسته کلی مطرح می شوند که به طور خلاصه تشریح می‌شوند: ۱) ارزش یا مطلوبیت انتظاری: در نظریه تصمیم‌گیری، ارزش انتظاری یک تصمیم برای یک فرد است که با جمع کردن مطلوبیت حاصل از رخ دادن هرکدام از نتایج تصمیم ضرب در احتمال رخ دادن آن تصمیم، به دست می‌آید. مفهوم مطلوبیت انتظاری برای توضیح چگونگی تصمیم‌گیری افراد هنگام مواجه با ریسک توسعه داده شده است. نظریه مطلوبیت انتظاری به ساده‌ترین بیان، ادعا می‌کند که تحت مفروضات خاصی، زمانی که یک فرد بایستی بین چند گزینه مختلف انتخاب کند، گزینه‌ای را انتخاب می‌کند که به وی بیشترین مطلوبیت انتظاری را بدهد، در واقع در صورتی که چند اصل در رابطه با ترجیحات افراد برقرار باشد، آنها دارای یک تابع مطلوبیت به شکل تابع مطلوبیت Neumann–Morgenstern بر روی مجموعه‌ای از انتخاب‌های مختلف هستند (به عبارت دیگر طوری رفتار می‌کنند که گویا دارای این تابع مطلوبیت می‌باشند) و زمانی که با انتخاب‌های ریسک‌دار مواجه می‌شوند، گزینه‌ای را انتخاب می‌کنند که بیشترین مقدار انتظاری تابع مطلوبیت آنها را نتیجه دهد (۸). در مدل ارزش انتظاری به هر گزینه موجود برای انتخاب ارزشی نسبت داده می‌شود که این ارزش مقدار انتظاری پاداشی است که با این انتخاب حاصل می‌گردد. نقض این مدل پارادوکس سن‌پترزبورگ نامیده می‌شود. بازی سن‌پترزبورگ بازی پرتاب سکه است. قانون بازی چنان است که فرد شرکت‌کننده ابتدا با پرداخت مبلغ معینی وارد بازی می‌شود. او حق دارد تا جایی که شیر می‌آید به بازی ادامه دهد و به ازای n بار شیر آمدن ۲ به نمای n دلار برنده می‌شود. مقدار انتظاری ارزش یعنی مجموع حاصلضرب احتمال هر مرتبه شیر آمدن در مقدار برد، بی‌نهایت می‌شود. این در حالی است که تجربه نشان داده افراد حاضر نیستند مبلغی بیش از حدود ۲۰ دلار برای شرکت در بازی پرداخت کنند (۹). این تصمیم‌گیری نشان‌دهنده آن است که مدل ارزش انتظاری دست کم برای پاره‌ای از تصمیمات معتبر نیست. مدل تسهیلات انتظاری نقص مدل پیشین را ندارد و در آن به هر ارزش، تسهیل نمایی نزولی نسبت داده می‌شود. این امر بیانگر کم شدن حساسیت فرد به تغییرات ارزش در مقادیر بالا است. نظریه چشم‌انداز شامل سه گزاره بزرگ است. اول اینکه درک افراد از به دست آوردن و از دست دادن متفاوت است. لذت به دست آوردن مقدار مشخصی پول، از درد از دست دادن همان میزان به مراتب کمتر است. دوم اینکه درک سود و ضرر به این موضوع بستگی دارد که چگونه نتایج بر اساس یک نقطه مرجع سنجیده شوند. نقطه مرجع ممکن است با ثروت، درآمد، تجارب گذشته یا انتظارات آینده یا مقایسه‌های اجتماعی فرد مشخص گردد. و سوم اینکه افراد معمولا در حوزه سود (به دست آوردن چیزی) از ریسک دوری می‌کنند اما در حوزه ضرر (از دست دادن چیزی) به سراغ ریسک می‌روند (۷). نظریه چشم‌انداز در زمینه‌های متفاوت تصمیم‌گیری مانند حوزه بازاریابی و مدیریت کاربرد دارد. اغلب به مجموع ارزش پاداش و ضررهای احتمالاتی چشم‌انداز گفته می‌شود (۴).

www.SID.ir

Archive of SID

مدل محاسباتی مطرح در این پژوهش مدلی مبتنی بردانش محاسباتی و ارزیابی و استنتاج از تصمیم‌گیری بر اساس یک شبکه از مفاهیم شناختی در ورودی است. مدل پیشنهادی، فرآیند تصمیم‌گیری را به دو مرحله تقسیم می‌کند. مرحله اول تخمین خروجی تصمیم بر مبنای شبکه مفاهیم است و در مرحله دوم مدل از یک تابع ارزش برای نمره‌گذاری گزینه‌های ممکن استفاده می‌کند. مدل برای هر آزمون‌دهنده اجرا و برای به دست آوردن وزن اتصالات شبکه از الگوریتم تکاملی (Covariance Matrix Adaptation Evolution Strategy) استفاده شد. مدل شبکه مد نظر در راستای پیاده‌سازی فرضیه اصلی پژوهش نتایج مدل‌سازی را با مدل‌های ریاضیاتی کلاسیک تصمیم‌گیری مقایسه بود که رویکردی متفاوت است. در بخش‌های بعدی این مقاله به تشریح روش و ابزار آزمون و نیز روش مدل‌سازی پرداخته شد. پس از بیان مبانی ریاضی مدل‌های تصمیم‌گیری و معرفی مدل پیوندگرای شناختی پیشنهادی یافته‌های تحقیق تشریح و نتایج این مدل‌ها را مقایسه شد. در نهایت این نتایج تحلیل و تفسیر شدند.

روش کار

جامعه آماری این پژوهش افراد بالاتر از ۲۰ سال که در اداره استاندارد در نیمه دوم سال ۹۶ و نیمه اول سال ۹۷ مراجعه می‌کردند بودند. از بین آنها، ۵۶ نفر متشکل از ۲۰ مرد و ۳۶ زن با میانگین سنی ۱۷/۲۱±۴۳/۵۲ انتخاب شدند. نمونه‌گیری به روش در دسترس انجام شد. ملاک‌های ورود افراد به پژوهش عبارت بود از نبود اختلالات روان‌پزشکی و شناختی حاد به ویژه اختلال‌های دمانس، آلزایمر، پارکینسون و... اختلالات جسمانی حرکتی مانند ناشنوایی. همچنین زندگی در کنار خانواده، برخورداری از سواد خواندن و نوشتن و نداشتن بیماری مزمن شدید از دیگر الزامات برای شرکت در آزمون بوده‌اند.

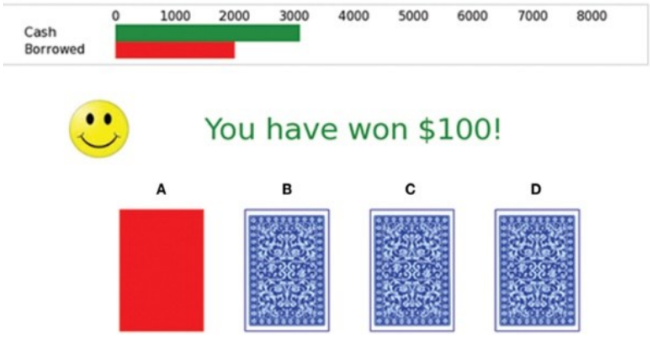
روش اجرا: ابتدا هماهنگی‌های لازم با مدیریت گروه‌های پژوهشی مرتبط در سازمان ملی استاندارد و باشگاه انقلاب، صورت گرفت. شرکت‌کنندگان با رضایت در پژوهش شرکت کردند و از آنها خواسته شد که آزمون تصمیم‌گیری آیوا را انجام دهند. برای هر ساعت مبلغ ۵۰ هزار تومان به شرکت‌کنندگان پرداخت شد، همچنین به افرادی که عملکرد بهتری در آزمون داشتند (نتیجه نهایی‌شان بیشتر از مبلغ وام اولیه که در بازی ۲۰۰۰ تعیین شده به دست آمده بود) مبلغی به عنوان پاداش اهدا شد. متوسط زمان انجام آزمون حدود ۲۵ دقیقه بود. در این مطالعه از نسخه کامپیوتری آزمون برد و باخت آیوا Pebl.2.0.4 استفاده شد (شکل ۱). پیش از اجرای آزمون به آزمون‌دهندگان توضیحی شفاهی داده شد. به صورت خلاصه دستورالعمل چگونگی آزمون برای شرکت‌کنندگان شرح داده شد که باید در هر مرحله از بین ۴ کارت ارائه شده یکی را انتخاب کنند که ممکن است منجر به برنده شدن یا از دست دادن مبلغی شود. در هنگام شروع آزمون مبلغی را به عنوان وام اولیه در اختیار شرکت کننده قرار گرفت که در طول انجام آزمون، به این مبلغ اضافه یا از آن کم می‌شد. هدف آن است که در طول آزمون هر چقدر می‌توانند پول بیشتری جمع کنند. پس از آن داده‌های به دست آمده از تکلیف برد و باخت آزمون آیوا را توسط سه نظریه شامل: نظریه ارزش مورد انتظار، نظریه مطلوبیت مورد انتظار، نظریه چشم‌انداز و مدل پیوندگرای شناختی مدل شده و سپس به تفسیر نتایج جدیدی که می‌توان از شبکه تصمیم استخراج نمود پرداخته شد.

آزمون آیوا: مجموعه تکالیف برد و باخت از بهترین تکالیف برای بررسی تصمیمگیری است. در میان این تکالیف، تکلیف برد و باخت آیوا از تکالیفی است که در بررسی تصمیم‌گیری جایگاه ویژه‌ای دارد. این تکلیف که در دسته تصمیم‌های بر پایه ارزش قرار می‌گیرد نخستین بار در سال ۱۹۹۴ توسط Bechara و همکارانش معرفی شد که در آن تصمیم‌گیری مالی فرد بر اساس انتخاب‌های سودآور یا زیان‌آور او مورد بررسی قرار می‌گیرد (۱۲). فرایند یادگیری بر اساس پاداش یا مجازاتی است که فرد در طول زمان تجربه می‌کند. این نوع یادگیری که از آن به عنوان یادگیری بر پایه پاداش یاد می‌شود مبنای دسته‌ای از آزمون‌ها از جمله تکلیف برد و باخت آیوا است. در این تکلیف چهار دسته (Deck) مختلف برای انتخاب به فرد آزمون‌دهنده ارائه می‌شود (شکل ۱)، به طور مرسوم دسته A شامل بردهای به نسبت بزرگ (به نسبت دسته C و D) و باخت‌های کوچک است. تناوب باخت‌ها به گونه‌ای است که در طولانی مدت (حدودا پس از ۱۰ انتخاب) مقدار باخت فرد به طور معناداری از برد او بیشتر خواهد بود. دسته B مشابه دسته A است با این تفاوت که تناوب باخت‌ها کمتر اما مقدار آن بیشتر است و در طولانی مدت همانند دسته A به ضرر منتهی می‌گردد. از دسته A و B به عنوان دسته‌های زیان‌آور یاد می‌شود. در مقابل، دسته C بردهای به نسبت کوچک دارد به طوری که تناوب آنها به سوددهی در طولانی مدت منجر می‌گردد. دسته D نیز همانند C در طولانی مدت سود ده است با این تفاوت که تناوب باخت‌ها در آن از دسته C کمتر و میزان باخت بیشتر است. از دسته C و D به عنوان دسته‌های سودآور یاد می‌شود. با توجه به آن که دو دسته کارت حاوی پاداش کمتر ولی باخت کمتر و دو دسته کارت که با وجود پاداش‌های بیشتر، باخت بیشتری به همراه دارند به شرکت‌کننده ارائه می‌شود شخص باید به گونه‌ای انتخاب کند که در نهایت برد بیشتری نصیب وی شود. اشخاص سالم در

www.SID.ir

Archive of SID

طول آزمون یاد می‌گیرند که از کارت‌های با پاداش کمتر بیشتر انتخاب کنند که حاوی باخت یا تنبیه کمتری است.



شکل ۱. نمایی از آزمون کامپیوتری برد و باخت آیوا

روش مدل‌سازی: در ادامه به اعمال مدل‌های تصمیم‌گیری که توضیح داده شد می‌پردازیم. در برنامه تابع ارزش هر بار بر اساس هر یک از این مدل‌ها محاسبه می‌شود و انتخاب مورد پیش‌بینی برنامه در هر تلاش کارتی است که بزرگترین تابع ارزش را به خود اختصاص می‌دهد. اگر این کارت با انتخاب شرکت‌کننده یکسان باشد یک مورد به موفقیت‌های مدل در بین ۱۰۰ تلاش مد نظر اضافه خواهد شد. بر این مبنا تابع ارزش مدل‌های مد نظر در برنامه‌های جداگانه محاسبه گردیدند. در نهایت میزان پیش‌بینی مدل‌ها با هم مقایسه شدند.

الف) مدل ارزش انتظاری: بر اساس نظریه ارزش انتظاری، ارزش کارت هر دسته در هر انتخاب از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$S(A_j) = \sum_{i=1}^{n} x_{ij}\, p_{ij} \qquad (۱)$$

که در این رابطه Aj انتخاب‌هایی است که فرد می‌تواند انجام دهد و در موضوع مورد مطالعه ما A1 تا A4 نشانگر انتخاب از دسته‌های A تا D است. x_{ij} مقدار سود یا ضرری است که در انتخاب i ام از دسته j ام حاصل شده است. P احتمال حصول هر نتیجه است. S ارزش به دست آمده از مدل برای هر یک از انتخاب‌ها است. بر اساس این نظریه در یک تصمیم‌گیری عقلانی، فرد گزینه‌ای را انتخاب می‌کند که بالاترین ارزش را داشته باشد. این مدل فاقد پارامتر است یعنی وابسته به خصوصیات فرد انتخاب‌کننده نیست بلکه برای همه افراد یک استراتژی تصمیم دارد. مقدار پیش‌بینی این مدل برای داده‌های اخذ شده ۳۶/۰۴ درصد و انحراف معیار ۱۹/۲۷ درصد است.

ب) مدل تسهیلات انتظاری: در این نظریه پارامتر a وارد می‌شود که مشخص می‌سازد برای افراد مختلف افزایش سود یا زیان با چه قدرتی بزرگ‌نمایی می‌شود. به طور مثال تفاوت میان برد ۱ و باخت ۱ با باخت ۲ و باخت ۴ به چه شکل است. (هر دو، دو واحد اختلاف دارند اما از دید افراد مختلف تفاوت ارزش آنها یکسان نیست). پارامتر a ارزش‌گذاری فردی را به نتایج نشان می‌دهد. ارزش کارت هر دسته در هر انتخاب از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$S(A_j) = \sum_{i=1}^{n} u(x_{ij})\, p_{ij} \qquad (۲)$$

$$u(x_{ij}) = \begin{cases} x^{a} & if\ x \geq 0 \\ -|x|^{a} & if\ x < 0 \end{cases} \qquad (۳)$$

که در رابطه فوق تعریف عناصر، مشابه نظریه ارزش مورد انتظار است. در این مدل تفاوت‌های فردی قابل مشاهده و مقایسه است. در این برنامه برای به دست آمدن پارامتر a برای هر فرد تابع برازندگی به صورت تفاضل درصد جواب صحیح از صد در صد است که هدف ما کمینه کردن این تابع است. به طور مثال برای پارامتری که به ازاء آن ۷۰ درصد جواب‌ها با تصمیم فرد منطبق بوده تابع برازندگی برابر با ۰/۳ است و برای هنگامی که ۷۵ درصد پیش‌بینی مدل صحیح باشد برابر با ۰/۲۵ است. یعنی با کمینه کردن تابع برازندگی به بیشینه بهینه‌سازی مدل می‌رسیم.

با استفاده از این برنامه مقدار پیش‌بینی آن برای داده‌های جدول ۱ برابر با ۴۲/۴۶ درصد و انحراف معیار ۱۹/۶۰ درصد بود.

ج) نظریه چشم‌انداز: نظریه چشم‌انداز در سال ۱۹۷۹ ارائه شده و یکی از مهمترین دلایل اهمیت این نظریه، شامل شدن اثر زیان گریزی است. اینکه بازنمایی ذهنی افراد از ضرر پر رنگ‌تر از سود است. مدل ارتقا یافته‌ای از نظریه چشم‌انداز در سال ۱۹۸۴ مطرح شده است (۱۰) که در اینجا نیز استفاده می‌شود. تفاوت این مدل با دو مدل قبلی به این صورت است: لحاظ نمودن اثر زیان گریزی با وارد کردن پارامترهای آلفا، بتا و لاندا به طوری که در آن تاثیر زیان گریزی با تفاوت در وزن‌دهی به احتمال رخ دادن سود و زیان مطالعه می‌شود. یعنی بررسی آنکه آیا فرد زیان گریز نه تنها به زیان وزن بیشتری می‌دهد بلکه احتمال رخ دادن آن را نیز در بازنمایی ذهنی خود پر رنگ‌تر می‌بیند یا خیر.

بر اساس نظریه چشم‌انداز ارزش انتخاب از هر دسته از روابط زیر حاصل می‌گردد:

$$S(A_j) = \sum_{i=1}^{n} v(x_{ij})\, \pi(p_{ij}) \qquad (۴)$$

$$v(x_{ij}) = \begin{cases} x^{\alpha} & if\ x \geq 0 \quad Gains \\ -\lambda.|x|^{\beta} & if\ x < 0 \quad Losses \end{cases} \qquad (۵)$$

$$(p_{ij}) = \begin{cases} \dfrac{p^{\delta}}{(p^{\delta}+(1-p)^{\delta})^{\frac{1}{\delta}}} & Gains \\ \dfrac{p^{\lambda}}{(p^{\lambda}+(1-p)^{\lambda})^{\frac{1}{\lambda}}} & Losses \end{cases} \qquad (۶)$$

www.SID.ir

Archive of SID

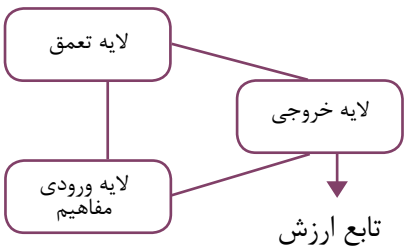
در این مدل نیز تفاوت‌های فردی قابل مشاهده و مقایسه است. مقدار پیش‌بینی برای داده‌های جدول ۱ برابر با ۴۹/۱۸ درصد و انحراف معیار ۱۷/۹۶ درصد بود. به عنوان مثال پارامترهای α، β، λ، δ و γ برای داده نمونه به ترتیب برابر با ۰/۹۷، ۱/۱۵، ۰/۹۸، ۰/۵۶ و ۰/۷۳ بود. یعنی برای مقادیر فوق ضریب λ تقریبا برابر با یک است. β بزرگتر از α است که نشان دهنده اثر زیان گریزی در فرد آزمون‌دهنده است. بزرگتر بودن ضریب γ نسبت به δ نشان می‌دهد این فرد در بازنمایی ذهنی خود به احتمال رخدادهای زیان‌ده وزن بیشتری می‌دهد.

د) مدل پیوندگرای شناختی: این مدل شامل سه لایه کلی است، لایه ورودی، لایه تعمق و لایه خروجی (شکل ۲). لایه ورودی شامل مفاهیمی است که احتمالا تصمیم‌گیری فرد از آن متاثر می‌گردد. دسته‌ای از این مفاهیم که آن را مفاهیم اولیه می‌نامند، شامل مفاهیمی است که در حین آزمون بر روی صفحه نمایش قابل مشاهده است و دسته مفاهیم ثانویه که شامل مفاهیمی است که نیاز به پردازش بیشتری دارند. گره‌های لایه تعمق در مدل اطلاعات لایه ورودی را به لایه خروجی منتقل خواهد کرد. لایه خروجی شامل مفاهیمی است که در ساخت تابع ارزش اهمیت دارند، در ساخت مدل قیودی در ارتباطات بین گره‌ها حاکم است. به طور مثال، گره‌های یک گروه با یکدیگر ارتباط ندارند. چرا که طبق شواهد عصب روان‌شناختی هر مدار عصبی اطلاعاتی را از نواحی پردازشی حسی مختلفی از تالاموس دریافت می‌کند (۱۱). دو مسیر شبکه تصمیم‌گیری به صورت دو طرفه منحصر به فردند و هر مفهوم در لایه ورودی می‌تواند به طور مستقیم با لایه خروجی در ارتباط باشد یا به واسطه لایه تعمق به لایه خروجی متصل گردد اما نمی‌تواند در آن واحد با هر دو لایه در ارتباط باشد.

در این مدل تابع ارزش به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$S(A_j) = \sum_{j=1}^{n} wG_j - (w-1)L_j \qquad (۷)$$

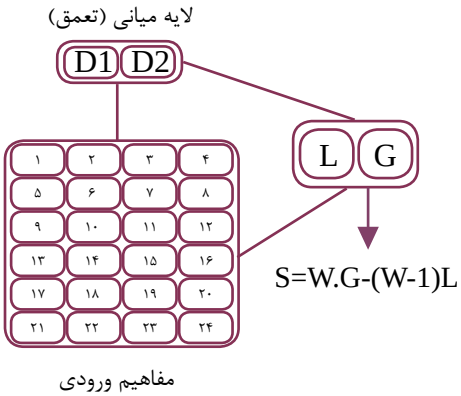
مقادیر پارامترهای این مدل همان وزن اتصالات مابین گره‌ها می‌باشند که برای هر شبکه محاسبه می‌شوند.



شکل۲. شکل کلی مدل پیوندگرای شبکه تصمیم

۲۴ مفهوم به عنوان ورودی مدل از آزمون آیوا استخراج شد و لایه ورودی را شکل داده است و با مقدارگیری در هر کوشش تابع ارزش را می‌سازند. تعدادی از این ورودی های اولیه به شرح زیرند (شکل ۳):

امتیاز کل
نتیجه مرحله قبلی مثبت
نتیجه مرحله قبلی منفی
بهترین خروجی این دسته
بدترین خروجی این دسته
تعداد کارت انتخابی از این دسته
فرکانس نتایج منفی
فرکانس نتایج مثبت
مجموع سود این دسته
مجموع ضرر از این دسته
مرحله فعلی
تعداد مراحل باقیمانده
میانگین سود این دسته
میانگین ضرر این دسته



شکل ۳. مدل پیوندگرای شناختی

وزن‌ها به گونه‌ای به دست می‌آیند که مدل بتواند بیشترین همخوانی را برای پیش‌بینی کارت انتخابی فرد آزمون دهنده را به واسطه اختصاص بیشترین تابع ارزش به کارت انتخابی به دست بیاورد.

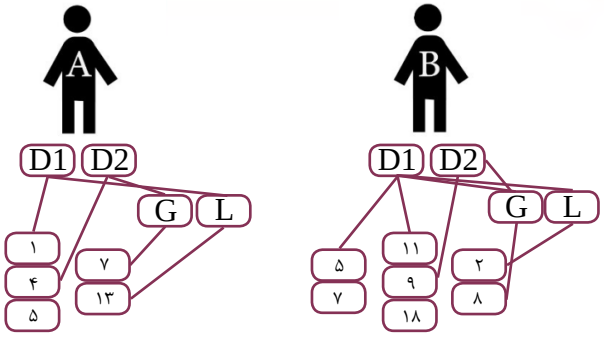
بررسی عوامل موثر برای هر فرد با تحلیل نتایج مدل: معماری این مدل با توجه به فاکتور تاثیر هر ورودی به گونه‌ای انعطاف‌پذیر خود را با خصوصیات تصمیم‌گیری هر فرد تطبیق می‌دهد. فاکتور تاثیر برای مفهوم j ام عبارت است از نسبت تابع ارزش در زمانی که به غیر از مفهوم j ام، مقادیر سایر مفاهیم صفر قرار داده شده باشد به

www.SID.ir

Archive of SID

تابع ارزش کل. پس از به دست آوردن فاکتور تاثیر برای تمام مفاهیم برای هر فرد، مدل به صورت خودکار اقدام به حذف مفاهیمی می‌کند که با توجه به مقدار بسیار کوچک فاکتور تاثیر سهم بسزایی در محاسبه تابع ارزش ندارند. به این ترتیب به طور مثال لایه اول مدل فرد A با مدل فرد B کاملا متفاوت است. همچنین به جهت معماری اتصالات، مدل بهینه‌ترین حالت را برای هر فرد انتخاب می‌کند به گونه‌ای که مدل به بیشترین میزان پیش‌بینی انتخاب های فرد در آزمون دست یابد. این امر یکی از مزایای این مدل می‌باشد چرا که پر واضح است که افراد برای تصمیم‌گیری‌های خود در یک موضوع مشابه، به عوامل متفاوتی اهمیت می‌دهند (شکل ۴).

به طور مثال در آزمون برد و باخت استفاده شده در این تحقیق، ممکن است فردی به فرکانس باخت حساس بوده و این عامل بر تصمیم‌گیری وی تاثیر بسیاری داشته باشد و این در حالی است که عامل فرکانس باخت، در تصمیم‌گیری فرد دیگر، عامل چندان تاثیر گذاری به حساب نمی‌آید.



شکل ۴. شخصی سازی مدل برای هر فرد

یافته‌ها

پس از اجرای مدل‌های کلاسیک تصمیم‌گیری و مدل پیوندگرای مورد مطالعه، نتایج این مدل‌ها به شرح زیر در جدول ۱ قابل مشاهده است. مدل پیوندگرای شناختی تصمیم‌گیری به صورت معناداری در پیش‌بینی انتخاب شرکت‌کنندگان در آزمون برد و باخت آیوا عملکرد موفق‌تری از مدل‌های کلاسیک شناخته شده تصمیم‌گیری داشت.

جدول ۱. نتایج اعمال مدل‌ها برای ۵۶ شرکت‌کننده

آزمودنی	سن	جنس	ارزش انتظاری (درصد)	مطلوبیت انتظاری (درصد)	چشم انداز (درصد)	پیوندگرای شناختی (درصد)
۱	۵۵	مرد	۵۰	۳۱	۴۲	۷۲
۲	۸۵	زن	۲۰	۷۶	۷۶	۷۳
۳	۳۰	زن	۲۴	۲۵	۳۴	۶۸
۴	۷۴	زن	۲۰	۷۸	۷۵	۷۳
۵	۵۶	زن	۵۹	۳۱	۶۳	۷۲
۶	۵۴	زن	۳۱	۳۶	۴۱	۸۹
۷	۱۵	زن	۸	۳۷	۳۰	۸۲
۸	۳۶	مرد	۳۱	۳۵	۳۴	۷۹
۹	۵۵	زن	۳۴	۳۴	۴۴	۷۸
۱۰	۳۷	زن	۳۳	۳۱	۳۴	۸۰
۱۱	۵۴	زن	۳۴	۳۲	۳۴	۷۲
۱۲	۲۷	مرد	۲۹	۲۲	۳۴	۷۴
۱۳	۲۴	مرد	۲۰	۳۱	۳۹	۷۱
۱۴	۶۹	مرد	۱۲	۲۸	۳۲	۷۲
۱۵	۳۹	زن	۵۶	۱۷	۶۰	۹۱
۱۶	۵۳	مرد	۱۵	۳۰	۲۸	۷۴
۱۷	۴۵	زن	۱۱	۲۹	۳۴	۷۴

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۱. نتایج اعمال مدل‌ها برای ۵۶ شرکت‌کننده

آزمودنی	سن	جنس	ارزش انتظاری (درصد)	مطلوبیت انتظاری (درصد)	چشم انداز (درصد)	پیوندگرای شناختی (درصد)
۱۸	۳۵	زن	۶	۴۷	۳۰	۶۹
۱۹	۵۳	مرد	۱۴	۳۳	۳۲	۷۳
۲۰	۲۱	زن	۴۵	۲۰	۳۷	۷۰
۲۱	۵۳	زن	۶۹	۳۰	۶۲	۸۷
۲۲	۴۵	زن	۴۴	۲۳	۳۸	۷۰
۲۳	۲۷	زن	۶۹	۲۰	۷۳	۷۴
۲۴	۶۹	مرد	۲۰	۳۶	۳۷	۷۱
۲۵	۳۲	زن	۴۷	۳۵	۳۳	۶۹
۲۶	۳۴	زن	۶۲	۳۵	۶۶	۶۷
۲۷	۳۶	زن	۵۳	۲۸	۳۳	۷۰
۲۸	۴۱	زن	۷۰	۶۵	۷۱	۷۱
۲۹	۷۰	زن	۴۰	۳۲	۳۷	۷۰
۳۰	۳۵	مرد	۴۸	۳۳	۳۷	۷۳
۳۱	۵۶	زن	۲۴	۳۲	۳۳	۷۴
۳۲	۳۴	مرد	۵۳	۳۰	۵۶	۷۶
۳۳	۳۵	مرد	۲۴	۳۲	۴۱	۶۷
۳۴	۳۳	زن	۴۸	۴۰	۴۴	۷۸
۳۵	۲۶	مرد	۵۲	۱۴	۳۴	۷۵
۳۶	۲۷	مرد	۷۶	۷۵	۸۱	۶۷
۳۷	۲۸	مرد	۱۳	۳۰	۳۰	۷۲
۳۸	۳۴	مرد	۱۶	۲۸	۲۹	۷۲
۳۹	۳۵	مرد	۳۹	۳۶	۳۹	۷۱
۴۰	۴۱	مرد	۲۳	۱۷	۳۵	۷۱
۴۱	۶۵	مرد	۵۷	۳۶	۳۷	۶۹
۴۲	۳۳	زن	۶۶	۲۳	۵۹	۷۰
۴۳	۳۰	مرد	۶۳	۵۷	۵۲	۶۹
۴۴	۲۷	مرد	۵۹	۴۵	۴۹	۶۹
۴۵	۱۹	زن	۲۰	۶۸	۷۷	۷۳
۴۶	۲۲	زن	۲۲	۷۲	۷۰	۷۳
۴۷	۳۱	زن	۴۲	۶۳	۶۳	۶۶
۴۸	۱۹	زن	۱۷	۷۱	۷۲	۷۲
۴۹	۲۹	زن	۲۳	۵۹	۶۸	۷۲

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۱. نتایج اعمال مدل‌ها برای ۵۶ شرکت‌کننده

آزمودنی	سن	جنس	ارزش انتظاری (درصد)	مطلوبیت انتظاری (درصد)	چشم انداز (درصد)	پیوندگرای شناختی (درصد)
۵۰	۳۸	زن	۲۲	۶۸	۷۷	۷۰
۵۱	۴۷	زن	۲۳	۶۹	۷۱	۷۲
۵۲	۴۷	زن	۱۷	۷۳	۷۴	۷۲
۵۳	۵۰	زن	۲۳	۷۹	۷۲	۷۳
۵۴	۵۷	زن	۷۳	۶۴	۱۷	۷۰
۵۵	۶۶	زن	۲۲	۷۸	۷۸	۷۸
۵۶	۷۲	زن	۲۷	۷۹	۷۶	۷۹
میانگین	۴۲/۱۴		۳۶/۰۴	۴۲/۴۶	۴۹/۱۸	۷۳/۰۲
انحراف معیار	۱۷/۲۱		۱۹/۲۷	۱۹/۶۰	۱۷/۹۶	۵/۰۰

بحث

همان‌طور که گفته شد تصمیم‌گیری یکی از مهمترین کارکردهای شناختی انسان به شمار می‌رود. در حوزه مدل‌سازی در زمینه تصمیم‌گیری مطالعات بسیاری انجام پذیرفته است و مدل‌های زیادی معرفی شده‌اند (۱). از مهمترین و معتبرترین مدل‌های کلاسیک این حوزه می‌توان مدل‌های ارزش انتظاری، تسهیلات انتظاری و نظریه چشم انداز را نام (۴). در این پژوهش با استفاده از روش‌های ریاضی مدلی شناختی از دسته مدل‌های پیوندگرا ارائه شد که امکان مطالعه فرایند تصمیم‌گیری افراد مختلف را به صورت منحصر به فرد فراهم می‌سازد. مدل قابلیت تفسیر چگونگی تاثیرپذیری تصمیم‌گیری هر فرد از سایر فرآیندهای شناختی مانند: حافظه، ادراک و ... را با توجه به میزان تاثیر ورودی‌های اولیه یا ثانویه برای ما ممکن می‌سازد. به این منظور اطلاعات موجود در محیط آزمون و تجربیات ممکن برای افراد که می‌توانند مبنای تصمیم‌گیری باشند به شکل ورودی‌های شناختی در دو دسته ورودی‌های اولیه و ثانویه وارد شبکه می‌شوند. ورودی‌های اولیه ورودی‌هایی هستند که نیاز به تفسیر در سطح حافظه کاری ندارند و از ادراک حاصل از محیط نمایش آزمون و یا حافظه کوتاه مدت فرد حاصل شده‌اند. در مقابل ورودی‌های ثانویه در دسته حافظه کاری قرار می‌گیرند و نیازمند پردازش هستند. این دو دسته ورودی مفاهیم شناختی وارد لایه‌ای میانی در مدل شده و پس از آن به لایه خروجی متصل می‌گردد. مدل پیشنهادی، فرآیند تصمیم‌گیری را به دو مرحله تقسیم می‌کند. مرحله اول تخمین خروجی تصمیم بر مبنای شبکه مفاهیم است و در مرحله دوم مدل از یک تابع ارزش برای نمره‌گذاری گزینه‌های ممکن استفاده می‌کند و سپس وزن‌ها محاسبه می‌شوند. پس از آن به منظور مقایسه نتایج مدل‌ها و یافتن مدل‌هایی که بیشترین قابلیت پیش‌بینی عملکرد آزمون‌دهندگان در آزمون آیوا را دارند از شرکت‌کنندگان سال خواسته شد در آزمون تصمیم‌گیری آیوا شرکت کنند. مدل پیوندگرای شبکه تصمیم با ۷۳/۰۲ درصد پیش‌بینی با انحراف معیار ۵ مطابق آنچه در جدول ۱ مشاهده می‌شود در مقایسه با سایر مدل‌ها، قدرت بیشتری در پیش‌بینی عملکرد شرکت‌کنندگان در آزمون آیوا را دارا بود. پس از آن مدل چشم انداز با ۴۹/۱۸ درصد پیش‌بینی و انحراف معیار ۹۷/۹۶ و مدل تسهیلات انتظاری با ۴۲/۴۲ درصد پیش‌بینی و انحراف معیار ۱۹/۶۰ در مراتب بعدی قرار می‌گیرند. مشخصا مدل ارزش انتظاری با میانگین ۳۶/۰۴ درصد و انحراف معیار ۱۹/۲۷ درصد ضعیف‌ترین مدل در زمینه پیش‌بینی انتخاب‌های شرکت‌کنندگان در آزمون برد و باخت آیوا بود. آزمون میانگین اختلاف معنادار میانگین پیش‌بینی مدل پیوندگرای شناختی با هر یک از مدل‌های دیگر را تایید می‌کند. با توجه به مقادیر فوق می‌توان گفت دو مدل مطلوبیت مورد انتظار و تسهیلات مورد انتظار کمترین موفقیت را در پیش‌بینی تصمیم‌گیری شرکت‌کنندگان در آزمون داشتند که البته این موضوع نتیجه مطالعات پیشین را تایید می‌کند (۴).

نتیجه‌گیری

می‌توان گفت مدل‌های کلاسیک تصمیم‌گیری، روابطی ریاضی هستند که به خوبی از عهده مدل کردن عملکرد تصمیم‌گیری انسان بر

www.SID.ir

Archive of SID

می‌آیند. اما مدل پیوندگرای شناختی معرفی شده در این پژوهش علاوه بر اینکه مدلی محاسباتی است که توصیف‌گر فرآیند تصمیم‌گیری است از مزیت‌های مهم دیگری نیز برخوردار است، اول آنکه شواهد عصب‌شناسی در آن لحاظ گردیده است و معماری آن بر اساس مسیرهای تصمیم‌گیری در مغز ساخته شده است و بنابراین می‌توان گفت که با عملکرد مغز سازگار است و بعد اینکه معماری مدل قابلیت انعطاف‌پذیری و تغییر برای تطبیق بهتر با تصمیم‌گیری هر فرد داشته و از فردی به فرد دیگر متفاوت است و به ما این فرصت را می‌دهد که عوامل موثر بر تصمیم‌گیری هر فرد را شناسایی کنیم و همچنین تفاوت تصمیم‌گیری افراد مختلف را بهتر درک کنیم. این شیوه مدل‌سازی قابل اجرا بر روی آزمون‌های مختلف تصمیم‌گیری است و همچنین توسط این مدل می‌توان تصمیم‌گیری فرد در شرایط مختلف را مدل کرد. در مطالعات بعدی می‌توان از این مدل جهت مطالعه مفاهیم موثر بر تصمیم‌گیری افراد با اختلالات مختلف و بررسی چگونگی تصمیم‌گیری این افراد استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از زحمات کلیه شرکت‌کنندگان و همکاران که ما را در انجام این مطالعه یاری رساندند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

References

1 .Boyle GJ, Matthews G, Saklofske DH, editors. Handbook of personality theory and assessment: Personality measurement and assessment (Vol 2). 1st ed. California:SAGE Publications;2008.

2. Bargh JA, Ferguson MJ. Beyond behaviorism: On the automaticity of higher mental processes. *Psychological Bulletin.* 2000;126(6):925-945.

3. Shahsavarani AM, Azad Marz Abadi E. The bases, principles, and methods of decision-Making: *A review of literature. International Journal of Medical Reviews.* 2015;2(1):214-225.

4. Tversky A, Kahneman D. Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty.* 1992;5(4):297-323.

5. Beitz KM, Salthouse TA, Davis HP. Performance on the Iowa Gambling Task: From 5 to 89 years of age. *Journal of Experimental Psychology: General.* 2014;143(4):1677-1689.

6. Wagar BM, Thagard P. Spiking Phineas Gage: A neurocomputational theory of cognitive-affective integration in decision making. *Psychological Review.* 2004;111(1):67-79.

7. Levine DS, Mills B, Estrada S. Modeling emotional influences on human decision making under risk. In Proceedings. 2005 IEEE International Joint Conference on Neural Networks, 2005. 2005 Jul 31 (Vol. 3, pp. 1657-1662). IEEE.

8. Schoemaker PJ. The expected utility model: Its variants, purposes, evidence and limitations. *Journal of Economic Literature*. 1982;20(2):529-563.

9. Allais M. Allais paradox. In: Durlauf SN, Blume LE, editors. The new Palgrave dictionary of economics: Volume 1–8 [Internet]. London:Palgrave Macmillan UK;2008 [cited 2018 Dec 26]. pp. 119–22.

10. Kahneman D, Tversky A. The Simulation Heuristic. In Kahneman D, Slovic P, Tversky A, editors. Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. Cambridge:Cambridge University Press;1982. pp. 201–208.

11. Romanski LM, LeDoux JE. Equipotentiality of thalamo-amygdala and thalamo-cortico-amygdala circuits in auditory fear conditioning. *Journal of Neuroscience.* 1992;12(11):4501-4509.

12. Bechara A, Damasio AR, Damasio H, Anderson SW. Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition.* 1994;50(1):7–15.

www.SID.ir