Archive of SID

مدلسازی شناختی - محاسباتی تصمیم‌گیری پویا با استفاده از شبکه‌های پیوندگرا

هدی منصوریان: دانشجوی دکتری مدلسازی شناختی، پژوهشکده علوم شناختی، تهران، ایران.
آزاده نثاری: دانشجوی دکتری مدلسازی شناختی، پژوهشکده علوم شناختی، تهران، ایران.
علیرضا مرادی: (نویسنده مسئول)، استاد گروه روانشناسی بالینی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. moradi@khu.ac.ir
بابک محمدی: دانشیار پژوهشگاه علوم و فناوری طب نظامی، دانشگاه ارتش، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۴

Downloaded from jcp.khu.ac.ir at 9:40 IRDT on Monday April 29th 2019

چکیده

در این مطالعه به مدلسازی محاسباتی پیوندگرای تصمیم‌گیری پرداخته شده است. مهمترین مناطق تصمیم‌گیری در مغز عبارتند از تالاموس، کورتکس پیش پیشانی و آمیگدال. مدل محاسباتی پیوندگرا با سه بخش که نماینده این سه منطقه است بر پایه آزمون برد و باخت آیوا ساخته شد. در مطالعات بسیاری از آزمون آیوا برای بررسی تصمیم‌گیری هیجانی استفاده شده است. در تصمیم‌گیری هیجانی و مبتنی بر احساسات نقش آمیگدال بسیار اساسی است و انتظار می رود مدلی دو بخشی (نماینده تالاموس و آمیگدال) و بدون وجود پردازش های کورتکس نیز بتواند تصمیم‌گیری در این آزمون را مدل کند، هر چند که از منظر ریاضی تنها وجود همین دو بخش در مدل (مفاهیم مستخرج از آزمون و عناصر تابع ارزش) برای پیشبینی تصمیمات شرکت کنندگان کافی است. با استفاده از روش نمونه‌گیری در دسترس، از ۵۶ نفر شرکت کننده متشکل از ۲۰ مرد و ۳۶ زن با میانگین سنی ۴۳/۵۲ سال خواسته شد در آزمون تصمیم‌گیری آیوا شرکت کنند. پس از آن هر دو مدل برای این افراد اجرا شد و نتایج مقایسه شد تا مشاهده شود کدامیک تطابق بیشتری با انتخاب های آزمون دهندگان دارد. یافته های تحقیق نشان می دهند مدل دو بخشی ۶۲/۵۷ و مدل سه بخشی منجر به پیشبینی ۶۸/۴۶ درصدی انتخاب‌های آزمون دهندگان شده است که این اختلاف معنی دار بود. در نتیجه می‌توان گفت پردازش های کورتکس در این نوع تصمیم‌گیری نیز نقش بسزایی دارد.

کلید واژه‌ها: مدلسازی محاسباتی- تصمیم‌گیری پویا- شبکه‌های پیوندگرا -آزمون آیوا

Computational modeling of dynamic decision making using connectionist networks

Mansourian, M. PhD Student of cognitive science, Institute for Cognitive Science Studies, Tehran, Iran.
Nesari, A. PhD Student of cognitive science, Institute for Cognitive Science Studies, Tehran, Iran.
⁎**Moradi, A.** Professor, Kharazmi University, Tehran, Iran. moradi@khu.ac.ir
Mohamadi, B. Associate Professor, Aja University, Teharan, Iran.

Abstract

In this research connectionist modeling of decision making has been presented. Important areas for decision making in the brain are thalamus, prefrontal cortex and Amygdala. Connectionist modeling with 3 parts representative for these 3 areas is made based the result of Iowa Gambling Task. In many researches Iowa Gambling Task is used to study emotional decision making. In these kind of decision making the role of Amygdala is so important and we expect that a model with two parts (thalamus and Amygdala) can have the best result in modeling participants decisions without considering any part for cortex process. For this purpose 56 participants composed of 20 men and 36 women wanted to do Iowa Gambling Task. Results show that the networks related to two parts model predict 62.57 Percent's of participant's decisions and the 3parts model has 68.46 Percent's of that. In conclusion it can be said that three parts modeling has been more success than mathematical two parts model in predicting the performance of participants and the difference is significant. In other words cortex role in this kind of decision making is quite important.

Keywords: Computational Modeling- Dynamic Decision Making- Connectionist Networks- Iowa Gambling Task (IGT)

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jcp.khu.ac.ir at 9:40 IRDT on Monday April 29th 2019

مقدمه

تصمیم‌گیری از مهمترین کارکردهای شناختی است که مطالعات بسیار گسترده‌ای بر روی آن انجام پذیرفته است. تمام فعالیتها و اقداماتی که توسط افراد در زمینه های مختلف انجام می شود، به نوعی حاصل فرآیند تصمیم گیری است که در واقع اساس برنامه‌ریزی، اداره امور و مدیریت در جنبه های فردی واجتماعی زندگی محسوب می‌شود (برگ[1] و همکاران، ۲۰۰۰) لذا اهمیت مطالعاتی که چگونگی فرآیند تصمیم‌گیری را مورد مطالعه قرار می دهند بر کسی پوشیده نیست. هرچند در دهه‌های اخیر روانشناسی و تصمیم‌گیری از نظریه‌هایی همچون نظریه چشم انداز بهره فراوانی برده‌اند اما هنوز حوزه تصمیم گیری نیازمند توسعه نظریات کلی در این زمینه می‌باشد.

تا کنون موضوع تصمیم‌گیری از زوایای مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است. از منظر روانشناسی و علوم اعصاب به چگونگی این فرآیند در مغز و عوامل موثر و مناطق مغزی مرتبط با آن بسیار پرداخته شده و البته مجهولات بسیاری نیز هنوز در این زمینه باقی است. از منظر مدلسازی نیز پژوهش‌های متعددی در خصوص تصمیم‌گیری افراد انجام شده است. از نرم افزارهای شبیه سازی، روش‌های ریاضی، آمار و احتمالات، تطابق با توابع یادگیری تقویتی، استفاده از گراف‌ها، تحلیل بیزین، شبکه‌های عصبی و بسیاری روش‌های دیگر بهره برده شده است. از مدلسازی می‌توان به عنوان ابزاری برای درک بهتر کارکردهای شناختی انسان از منظر عصب‌شناختی و روان‌شناسی استفاده کرد. خروجی تحقیق در این زمینه و در حوزه مدلسازی شناختی کمک به توسعه سیستم‌های هوشمند در زمینه کارکرد شناختی تصمیم‌گیری انسان است. فرایند ارزیابی شناختی، با در نظرگرفتن یک آزمون و با هدف سنجش یک توانایی شناختی شروع می شود. در مرحله بعد سعی می شود از عملکرد فرد در آزمون، شاخص‌های مناسب استخراج شود، این فرایند در مورد ساز و کار شناختی مد نظر، داده ارزشمندی فراهم می کند به گونه‌ای که اساس تحلیل‌ها، استفاده از داده حاصل از این شاخص‌ها برای تعریف مرزهای مدل است. مدل محاسباتی بر این فرض استوار است که هر یک از ساز و کارهای عصبی دخیل در یک عمل شناختی، بر داده‌های ورودی و خروجی بخش‌های دیگر مغز محاسبه‌ای را پیاده‌سازی می کنند. (اوریلی[2]، ۲۰۰۶) در میان انواع مدلهای شناختی، مدل‌های مرتبط با شبکه‌های پیوندگرا بدلیل آنکه از کارکرد عصبی مغز در استفاده از شبکه‌های نرونی و تخصیص وزن ارتباطات از طریق سیناپس الهام می گیرند جایگاه ویژه‌ای را در شبیه‌سازی کارکردهای شناختی به خود اختصاص می‌دهند. همچنین بسیاری از این مدل‌های پیوندگرا قابلیت تحلیل تصمیم‌گیری پویا را دارند و در نتیجه می‌توانند فرآیند و روند تصمیم‌گیری را به خوبی مدل کنند که در مقابل مدل‌هایی که تنها قابلیت تحلیل فرضیه‌های مبتنی بر نتیجه نهایی آزمون را دارند ارجحیت خواهند داشت (فودور[3] و همکاران، ۱۹۸۸).

آزمون تصمیم‌گیری آیوا یکی از پرکاربردترین آزمون‌های تصمیم‌گیری است. مطالعات بسیاری در زمینه تصمیم‌گیری بر روی این آزمون انجام گرفته و در دسته تصمیم‌هایی بر پایه ارزش قرار می‌گیرد. این تکلیف نخستین بار در سال ۱۹۹۴ توسط بچارا و همکارانش معرفی شد (بچارا[4]، ۱۹۹۴). در این تکلیف تصمیم‌گیری مالی فرد بر اساس انتخاب‌های سودآور یا زیان‌آور او مورد بررسی قرار می‌گیرد. این آزمون از مناسب‌ترین آزمون‌ها برای بسیاری از روش‌های مدلسازی است. از مهمترین مدل‌های پیوندگرا بر پایه آزمون برد و باخت آیوا می‌توان به مدلی بر پایه شبکه عصبی با نام گیج[5] اشاره کرد که از نظر عصب‌روانشناختی واقع‌گرایانه‌تر از بسیاری از مدل‌های هم گروه خود به حساب می‌آید (واگار[6] و همکاران، ۲۰۰۴) چرا که قابلیت بیشتری برای نشان دادن رفتار نورون‌ها و اسپایک‌ها دارد. این مدل انتخاب‌ها را بیشتر به دو دسته خوب یا بد تقسیم می کند و مناطق مختلف مغز برای دریافت ورودی یا عبور اطلاعات به مناطق دیگر مغزی را باز نمایی می‌کند. مدل پیوندگرای دیگر به نام لواین[7] که توسط لواین و همکارانش در ۲۰۰۵ معرفی شد و با معادلات غیر خطی دیفرانسیلی بر پایه شمارش شناختی سود و ضرر برای هر دسته کارت تعریف می‌شود (لواین و همکاران، ۲۰۰۵). این مدل مناطق متفاوت مغزی را با دو مسیر دوپامینی مستقیم و غیر مستقیم بازنمایی می‌کند. در دسته دیگری از این مدل‌ها شبکه بر اساس دانش کلی فرد در باره محیط، تصمیمات قبلی و ارتباط بین انواع

---

1. Bargh
2. O'reilly
3. Fodor
4. Bechara
5. GAGE
6. Wagar
7. Levine

www.SID.ir

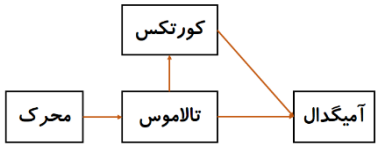
Archive of SID

Downloaded from jcp.khu.ac.ir at 9:40 IRDT on Monday April 29th 2019

مختلف دانش طراحی می شود. در واقع مفاهیمی از توضیحات شرکت‌کنندگان می توانند مبنای تشکیل شبکه قرار گیرند. در مطالعه ایگناسیو سرانو[1] و همکاران (۲۰۱۷) که بر پایه این مدل شکل گرفت علاوه بر نتایج حاصله از آزمون آیوا، از شرکت کنندگان در مورد نحوه تصمیم گیری در هر کوشش (ترایال) نیز توضیح خواسته می‌شود (سرانو و همکاران، ۲۰۱۷).

مدل مد نظر در این پژوهش مدل پیوندگرای مبتنی بر دانش محاسباتی و مفاهیم استنتاج شده از آزمون آیوا است که در قالب یک شبکه به مدلسازی رفتار مغز در هنگام تصمیم‌گیری می‌پردازد. مدل پیشنهادی، فرآیند تصمیم‌گیری را به دو مرحله تقسیم می‌کند. در مرحله اول به تخمین خروجی تصمیم بر مبنای شبکه‌ای از مفاهیم پرداخته و در مرحله دوم مدل از یک تابع ارزش برای نمره گذاری گزینه‌های ممکن استفاده می‌کند. مدل برای هر آزمون دهنده اجرا و برای به دست آوردن وزن اتصالات شبکه از الگوریتم استراتژی تحول تطابقی ماتریس کوواریانس CMA-ES[2] استفاده شد (هنسن[3]، ۲۰۰۶).

در مغز در هنگام فرایند تصمیم گیری اندرکنشی بین دو حلقه مغزی متفاوت در قسمت جلوی مغز مشاهده شده است: حلقه لیمبیک یا حلقه آمیگدال (شامل آمیگدال) و حلقه شناختی یا حلقه کورتکس (شامل کورتکس پیش پیشانی، سینگولیت کورتکس و ...) که این حلقه‌ها سطوح مختلفی از کنترل رفتار را در هنگام تصمیم گیری به عهده دارند. در تصمیم‌گیری‌هایی که زمان تصمیم‌گیری کوتاه‌تر است و بیشتر بر پایه هیجانات شکل می‌گیرد حلقه اول، و مواقعی که زمان تصمیم‌گیری طولانی‌تر است و پردازش های منطقی بیشتر انجام می‌شود نقش حلقه دوم موثرتر است (دویسر[4]، ۲۰۱۱). مدار حلقه لیمبیک کوتاهتر بوده و مستقیما تالاموس را به آمیگدال پیوند می دهد. این مدار حلقه آمیگدال قدیمی‌تر از مدار حلقه کورتکس می‌باشد که در آن بخشی از اطلاعات اولیه دریافت شده و سریع به آمیگدال می‌رسد تا پاسخ‌های سریع و فوری که اغلب ناآگاهانه هستند را ایجاد کند. اما در مدار حلقه شناختی، اطلاعات دریافت شده از محیط به تالاموس می رسند و از آنجا به کورتکس حسی اولیه دیداری یا شنیداری، سپس اطلاعات در کورتکس پیشانی پردازش می شوند و نتیجه به آمیگدال فرستاده می‌شود. با همه این اطلاعات آمیگدال قادر به ارزیابی مطلوبیت موقعیت برای تعیین بهترین تصمیم است. این پاسخ مبتنی بر یک ارزیابی آگاهانه از محرک است. شمایی از این دو مدار عصبی که به آمیگدال می رسند در شکل ۱ قابل مشاهده است. به طور مثال تحقیقات نشان داده است که افراد هنگام تصمیم‌گیری در فرآیندهای سریع همانند خلبانی یا انتخاب‌های سریع مالی، فوری، خودستهار و بدون تفکر آگاهانه عمل می‌کنند که حلقه آمیگدال در این تصمیمات بسیار حائز اهمیت است (برگ و همکاران، ۲۰۰۰). با توجه به اینکه تصمیمات فرد در آزمون آیوا کوتاه بوده و از جمله تصمیمات سریع مالی به حساب می‌آید و فرد در آزمون آیوا بر پایه هیجان تصمیم‌گیری می کند (ترنبول[5] و همکاران، ۲۰۱۴) انتظار می‌رود حلقه آمیگدال در تصمیم‌گیری موثرتر از حلقه کورتکس باشد به نحوی که شاید اهمیت وجود بخش کورتکس در مدل تغییر چندانی در نتیجه مدلسازی ایجاد نکند.



شکل۱- مسیر تصمیم‌گیری

هدف در این پژوهش مدلسازی فرآیند تصمیم‌گیری افراد در آزمون برد و باخت آیوا است به گونه ای که با مبانی عصبی و روانشناسی شناخته شده در این حوزه در هماهنگی باشد. با ساخت دو مدل پیوندگرا از مدار آمیگدال و مدار حلقه شناختی یا حلقه کورتکس به مدلسازی تصمیم‌گیری شرکت کنندگان در این آزمون می‌پردازیم. مدل اول شامل دو بخش است، یکی از این بخش‌ها نماینده تالاموس و بخش دیگر نماینده آمیگدال است. مدل دوم شامل سه بخش است، یک بخش نماینده تالاموس، یک بخش نماینده کورتکس و بخش دیگر نماینده تالاموس. از منظر ریاضی مدل شامل دو بخش به دلیل تعداد بخش‌های کمتر دارای کمبود نیست چرا که دو بخش شامل مفاهیم موثر بر

[1]. Serrano
[2]. Covariance Matrix Adaptation Evolution Strategy (CMA-ES)
[3]. Hansen
[4]. De Visser
[5]. Turnbull

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jcp.khu.ac.ir at 9:40 IRDT on Monday April 29th 2019

تصمیم‌گیری و یک بخش شامل عناصر تابع ارزش برای پیشبینی انتخاب‌های شرکت‌کنندگان در آزمون، مدلی کامل را پدید می‌آورد. اما سوال اصلی این است که با توجه به این موضوع که افراد در آزمون برد و باخت آیوا معمولا بدون تفکر آگاهانه عمل می‌کنند و تقریبا می‌توان گفت بر پایه هیجان تصمیم اتخاذ می‌کنند (ترنبول و همکاران، ۲۰۱۴) و نقش حلقه آمیگدال در این تصمیمات پررنگ است (بچارا و همکاران، ۲۰۰۳). آیا اضافه کردن بخش سومی که نقش کورتکس را در مدل ایفا کند سبب بهبود عملکرد مدل خواهد شد؟ یا بالعکس از دقت مدل تطبیق با عملکرد آزمون دهندگان خواهد کاست؟ در واقع می‌توان گفت مسئله اصلی این پژوهش مقایسه نقش دو مسیر تالاموس–آمیگدال و تالاموس–کورتکس– آمیگدال در تصمیم‌گیری در آزمون آیوا است.

وجود دو مدار عصبی مختلف رویکردهای مختلفی را در مورد تقابلات آنها برای اثر گذاشتن روی پروسه های تصمیم‌گیری ارائه می دهد (ایوانز[1]، ۲۰۰۳) که تا کنون از مدلسازی پیوندگرا جهت بررسی تعاملات این دو مدار عصبی و پاسخ به مجهولات چگونگی عملکرد این دو مدار در یک آزمون تصمیم‌گیری استفاده نشده بود. این پژوهش با استفاده از آزمون تصمیم‌گیری آیوا از منظری جدید به بررسی این موضوع پرداخته است.

روش

طرح پژوهش

طرح از نظر هدف جز پژوهشهای بنیادی و از نظر روش گردآوری داده‌ها علی مقایسه‌ای می باشد.

جامعه، نمونه و روش نمونه‌گیری

جامعه آماری این پژوهش افراد بالاتر از ۲۰ سال که در پارک ساعی، خانه سالمندان فرزانگان، اداره استاندارد و باشگاه انقلاب شهر تهران درنیمه دوم سال ۹۶ و نیمه اول سال ۹۷ مراجعه می کرده‌اند می‌باشد. نمونه‌ای به حجم۵۶ نفر متشکل از ۲۰ مرد و ۳۶ زن به دست آمد، میانگین سنی ۴۳/۵۲ سال و انحراف معیار ۱۷/۲۱ بود. نمونه گیری بر اساس نمونه گیری در دسترس انجام شد. (هماهنگی‌های لازم با مدیریت گروه‌های پژوهشی مرتبط در سازمان ملی استاندارد و باشگاه انقلاب، خانه سالمندان فرزانگان و پارک ساعی صورت گرفت.). ملاک های 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، فلو.. و زندگی در کنار خانواده، برخورداری ازسواد خواندن و نوشتن و نداشتن بیماری مزمن شدید.

ابزارهای پژوهش

آزمون برد و باخت آیوا: در این تکلیف تصمیم‌گیری مالی فرد بر اساس انتخاب‌های سودآور یا زیان‌آور مورد بررسی قرار می‌گیرد. فرآیند 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[2]یاد می‌شود مبنای دسته‌ای از آزمون‌ها از جمله تکلیف برد و باخت آیوا[3] (IGT) است (بچارا، ۱۹۹۴)

در این تکلیف چهار دسته[4]مختلف برای انتخاب به فرد آزمون‌دهنده ارائه می‌شود. به طور مرسوم دسته A شامل برد های به نسبت بزرگ (به نسبت دسته C وD) و باخت‌های کوچک است. به طوری‌که تناوب باخت‌ها به گونه‌ای است که در طولانی مدت (حدودا پس از ۱۰ انتخاب) مقدار باخت فرد به طور معناداری از برد او بیشتر است. 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[5]یاد می‌شود. در مقابل، دسته C بردهای به نسبت کوچک دارد به طوری که تناوب آنها به سود دهی 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[6]

---

1. Evans
2. Reward-based learning
3. IOWA gambling task
4. deck
5. Disadvantageous
6. Advantageous

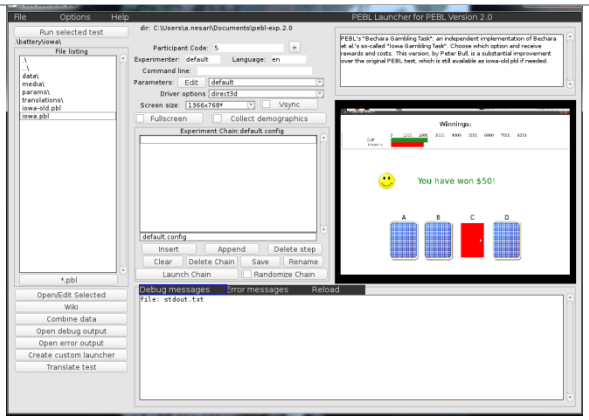
www.SID.ir

Archive of SID

یاد می‌گردد. با توجه به آنکه دودسته کارت حاوی پاداش کمتر ولی باخت کمتر و دو دسته کارت که با وجود پاداشهای بیشتر باخت بیشتری به همراه دارند به شرکت کننده ارائه میشود شخص باید به گونه ای انتخاب کندکه در نهایت برد بیشتری نصیب وی شود. اشخاص سالم در طول آزمون یاد میگیرند که از کارتهای با پاداش کمتر بیشتر انتخاب کنند که حاوی باخت یا تنبیه کمتری است. نسخه کامپیوتری آزمون برد و باخت آیوا Pebl.4.2.0 در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۲).

روش اجرای پژوهش

شرکت کنندگان با رضایت در پژوهش شرکت کردند و از آنها خواسته شد که آزمون تصمیم‌گیری آیوا را انجام دهند. به ازاء هر ساعت مبلغ ۵۰ هزار تومان به شرکت کنندگان پرداخت شد که 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 برای افراد این پژوهش حدود ۲۵ دقیقه بوده است. پیش از اجرای آزمون به آزمون دهندگان توضیحی شفاهی داده شد. به صورت خلاصه دستور العمل چگونگی آزمون برای شرکت کنندگان 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 شوند. در هنگام شروع آزمون مبلغی را به عنوان وام اولیه در اختیار شرکت کننده قرار می دهد که در طول انجام آزمون، به این مبلغ اضافه یا از آن کم می‌شود. هدف آن است که در طول آزمون هر چقدرمی‌توانند پول بیشتری جمع کنند.



شکل ۲- نسخه کامپیوتری آزمون برد و باخت آیوا Pebl 4.2.0

پس از آن با الگوریتم نوشته شده در محیط نرم افزار متلب، مفاهیم اولیه موثر بر تصمیم‌گیری با استفاده از نتیجه آزمون آیوا برای هر شرکت‌کننده استخراج شده و هر دو مدل دو بخشی و سه بخشی برای هر شرکت‌کننده در محیط متلب اجرا شد و پس از آن تابع ارزش برای انتخاب هر کارت در هر مرحله از آزمون آیوا برای هر فرد محاسبه شد تا میزان پیشبینی هر مدل برای هر شرکت‌کننده محاسبه گردد.

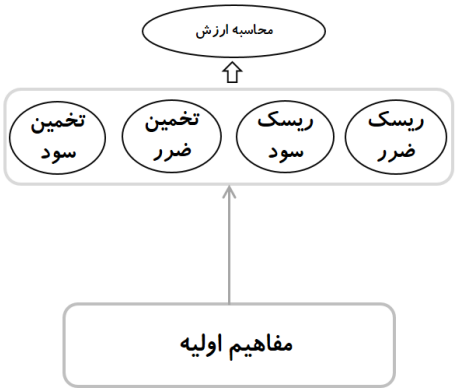
معماری مدل‌ها در شکل‌های ۳ و ۴ مشاهده می‌شوند. منظور از ورودی‌های اولیه، ورودی‌های بدون نیاز به پردازش است که فرد روی صفحه نمایش مشاهده می‌کند که در سطح ادراک و حافظه کوتاه مدت است و منظور از ورودی‌های ثانویه ورودی‌های نیازمند به پردازش است که با حافظه کاری در ارتباط است.

Downloaded from jcp.khu.ac.ir at 9:40 IRDT on Monday April 29th 2019

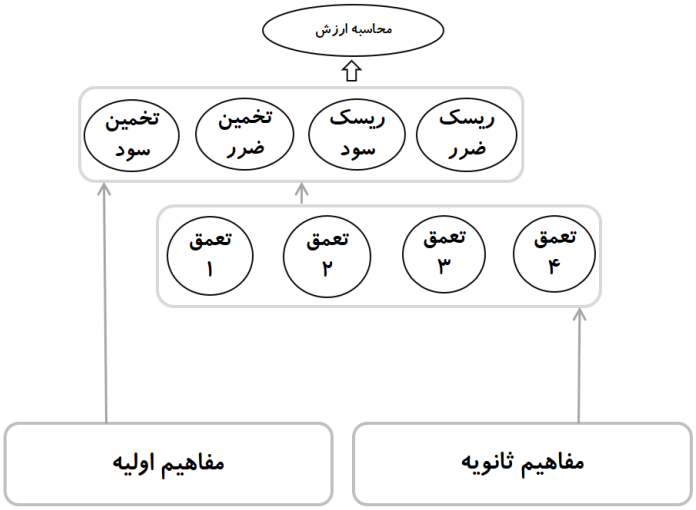
www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jcp.khu.ac.ir at 9:40 IRDT on Monday April 29th 2019



شکل ۳–مدل دو بخشی مسیر آمیگدال



شکل ۴– مدل سه بخشی مسیر کورتکس

در هر دو نوع شبکه ورودی‌ها شامل بخش‌های متشکل از مفاهیم استخراج شده از آزمون تصمیم‌گیری آیوا هستند (شکل های ۵ و ۶) که مستقیم یا از طریق بخش میانی به بخش خروجی متصل می‌گردند.

در معماری دوم اتصال میان بخش میانی (کورتکس) و بخش خروجی (آمیگدال)، نمایشگر اثر تقویتی یا تضعیفی تصمیم از بخش کورتکس به بخش آمیگدال است.

تعریف بخش‌های مدل‌ها

مفاهیمی که به عنوان گره‌های ورودی شبکه ایفای نقش می‌کنند بر اساس مصاحبه با افرادی که پیش از این در آزمون آیوا شرکت کرده‌اند (نه شرکت‌کنندگان حاضر)، به دست آمده است.

پس از آن در هر دو مدل، استفاده ازمولفه‌های بخش خروجی به محاسبه تابع ارزش می انجامد تا با استفاده از شبکه بتوان گزینه های انتخابی توسط آزمون دهندگان را تولید کرد. ارتباط میان این مفاهیم بر اساس وزنی است که میزان اثرگذاری یک مفهوم را بر دیگری مشخص می‌کند. وزن‌ها در کلی‌ترین حالت از فردی به فرد دیگر تغییر می‌کند. برای به دست آوردن وزن‌ها در مدل از روش ریاضی استراتژی تحول تطابق ماتریس کوواریانس استفاده شده است به گونه ای که پس از مقدار گرفتن ورودی ها در هر مرحله ارزش کارت انتخابی توسط شرکت کننده بالاتر از ارزش کارت های انتخاب نشده در آن مرحله باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jcp.khu.ac.ir at 9:40 IRDT on Monday April 29th 2019

مفاهیم ورودی شبکه را می‌توان در دو دسته کلی اولیه و ثانویه در نظر گرفت که مفاهیم ثانویه شامل مفاهیم نیازمند به پردازش و مفاهیم اولیه شامل مفاهیمی است که نیازمند پردازش نمی‌باشند. گروه مفاهیم اولیه شامل مفاهیمی در سطح ادراک است که به طور مستقیم از آنچه در آزمون آیوا روی صفحه، نمایش داده می‌شود توسط کاربر دریافت می‌شود. شامل اطلاعاتی که فرد در لحظه آن را دریافت کرده و نیازمند انجام محاسبات روی آن نمی‌باشد. مانند مقدار پولی که تا این لحظه به دست آمده، اینکه آیا مقدار پول به دست آمده تا این لحظه از پول اولیه ودیعه داده شده به فرد شرکت‌کننده بیشتر بوده، مقدار پول به دست آمده تا این لحظه از پول اولیه ودیعه داده شده به فرد شرکت‌کننده کمتر بوده است. همچنین گروه مفاهیم اولیه که نیازمند حافظه کوتاه مدت است که شامل تجربیات اخیر می‌شوند مانند این مفهوم که نتیجه انتخاب قبلی مثبت بوده یا نتیجه انتخاب قبلی منفی بوده است.

اما مجموعه مفاهیمی که بر اساس استنتاج فرد از نتایج قبلی به دست آمده اند در گروه مفاهیم ثانویه که نیاز به پردازش در حافظه حافظه کاری دارند، جای می‌گیرند از قبیل مفاهیمی مانند فرکانس خروجی‌های منفی حاصل از انتخاب این دسته ، فرکانس خروجی‌های مثبت حاصل از انتخاب این دسته، تعداد خروجی‌های منفی حاصل از انتخاب این دسته، تعداد خروجی‌های مثبت حاصل از انتخاب این دسته، بیشترین سود حاصل از انتخاب کارت از این دسته، بیشترین ضرر حاصل از انتخاب کارت از این دسته، مجموع سود حاصل از انتخاب کارت از این دسته، مجموع ضرر حاصل از انتخاب کارت از این دسته، تعداد مراحلی که کارت از این دسته انتخاب نشده است.

بخش میانی یا گروه تعمق در مدل سه بخشی (مسیر کورتکس) شامل چهار گره است که به این ترتیب تعداد این مناطق برابر با تعداد مفاهیم (گره‌های) گروه خروجی است این گره‌ها مفاهیم را از دو گروه بخش اول (مفاهیم اولیه و ثانویه) جمع‌آوری کرده و سپس اثر آن را بر مفهوم متناظر گروه خروجی تقویت می‌سازند.

در آخر گروه خروجی در هر دو نوع معماری شامل مفاهیمی است که تخمین نهایی را بازنمایی می‌سازند. در گروه خروجی آخرین نتایج به دست آمده بر اساس دو متغیر مقدار پاداش و مقدار ریسک تعریف می‌شود. مقدار ریسک مشخص می‌سازد که پاداش تخمین زده چقدر از پاداش واقعی فاصله دارد. و از آنجا که مدل میان سود و زیان تفاوت قائل می‌شود پاداش و ریسک برای هر کدام به عنوان مفهومی جدا در نظر گرفته می‌شود، از این منظر مدل مفهوم بیزاری از ضرر[1] را نیز تایید می‌کند.

تابع ارزش وزنهای شبکه و الگوریتم استراتژی تحول تطابقی ماتریس کواریانس

هر نود از شبکه تصمیم که مقدار می‌گیرد، فعال خوانده می‌شود و شبکه فعالیت را با اعمال مجموع وزن مفاهیم فعال مرتبط با یک مفهوم، انتشار می‌دهد. مفاهیمی که گره‌های بخش اول را تشکیل می‌دهند برای هر شرکت کننده در هر مرحله آزمون ساخته می شوند و با استفاده از الگوریتم استراتژی تحول تطابقی ماتریس کواریانس، وزنها در هر مرحله به گونه ای محاسبه می شوند که کارت انتخاب شده توسط شرکت کننده در آن مرحله خاص بالاترین تابع ارزش را داشته باشد. تابع ارزش در آزمون آیوا از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$S(Deck_j) = \frac{estimatedG_j}{1 + riskG_j} - \frac{estimatedL_j}{1 + riskL_j}$$

که در آن $estimatedG_j$ تخمین از سود و $estimatedL_j$ تخمین از ضرر، $riskG_j$ ریسک سود و $riskL_j$ ریسک ضرر برای شرکت کننده هستند.

روش استراتژی تحول تطابقی ماتریس کواریانس، یک کلاس خاص از الگوریتم‌های تکاملی هستند که نمونه‌های جدید خود را از یک توزیع احتمال نرمال انتخاب می‌کند. یک مفهوم کلیدی برای این الگوریتم شامل آموزش همبستگی بین پارامترها و استفاده از این همبستگی برای تسریع در سرعت همگرایی الگوریتم میباشد . این روش مانند سایر الگوریتم های تکاملی جمعیتی عمل کرده و جستجو توسط یک جمعیت در هر نسل ادامه پیدا می کند. الگوریتم جستجو به این صورت است که در هر نسل مرکز وزن‌دار نقاط محاسبه می‌شود و سپس نقاط جدید نسل در کنار این مرکز به فاصله‌ای که ماتریس کواریانس تعیین می‌کند، تولید می‌شوند . ماتریس کواریانس و مرکز وزن دار نقاط پیوسته در هر نسل به روز می‌شوند. با توجه به اطلاعات هر نسل، نسل بعدی تولید می‌شود. هر نسل دارای دو اطلاعات مهم هزینه و

[1]. Loss aversion

www.SID.ir

Archive of SID

مکان است. هزینه هر یک از اعضاء مشخص می‌کند که آیا مکان فعلی عضو برای تولید عضوی دیگر مناسب است یا نه و الگوریتم سعی می‌کند که اعضای جدید نسل را در نزدیکی اعضای قبلی که هزینه مناسب داشتند تولید کند و این اطلاعات کمک می‌کند که الگوریتم بسیار سریعتر از الگوریتم‌های دیگر به جواب برسد. مکانیسم تطبیق برای استراتژی تحول تطابقی ماتریس کواریانس، شامل تطبیق ماتریس کواریانس و تطبیق اندازه گام می‌باشد. ماتریس کواریانس بر اساس مسیر تکامل و تفاوت بین بهترین نمونه جاری با قبلی تطبیق می‌یابد.

با معلوم بودن رفتار شرکت کنندگان، الگوریتم به هر پاسخ که در واقع ترکیبی از پارامترهاست یک مقدار برازش که نسبت پیشبینی‌های صحیح مدل را ارائه می‌دهد، اختصاص می‌دهد. الگوریتم به صورت جداگانه در مدل‌های مختلف برای هر فرد اعمال می‌شود. در مدل بهترین ضرایب و روابط برای ساختار و خروجی‌های شبکه برای گروه‌ها معرفی می شوند و کارایی مدل برای هر گروه تشریح و بر اساس خروجی‌ها نتایج تفسیر می‌گردند.

روش تحلیل داده‌ها

برنامه نویسی برای مدلسازی در محیط متلب (نسخه ۲۰۱۵) انجام پذیرفت و از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ جهت مقایسه نتایج دو مدل استفاده گردید. میانگین موفقیت در پیشبینی انتخاب‌های شرکت‌کنندگان توسط دو مدل مرتبط با مسیر آمیگدال و مدل سه بخشی مسیر کورتکس با استفاده از آزمون تی توسط نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ مقایسه گردید.

یافته‌ها

در بررسی مفروضه نرمال بودن توزیع داده‌ها، از آزمون کولموگروف–اسمیرنوف استفاده شد. هر دو مدل دو بخشی که بیانگر مسیر آمیگدال، و مدل سه بخشی که بیانگر مسیر کورتکس است برای تمامی شرکت‌کنندگان اجرا شده و سپس وزن‌های شبکه ها محاسبه گردیده و با محاسبه تابع ارزش برای هر کارت در هر مرحله از آزمون برای هر فرد به پیشبینی انتخاب‌های فرد پرداخته شده که درصد پیشبینی‌های درست هر مدل در جدول ۱ قابل مشاهده است.

جدول۱– درصد پیشبینی عملکرد شرکت کنندگان در دو مدل نماینده مسیر آمیگدال و مسیر کورتکس

ردیف	جنسیت	سن	مدل دو بخش	مدل سه بخش	ردیف	جنس	سن	مدل دو بخش	مدل سه بخش
۱	زن	۸۵	۷۵	۷۳	۲۹	مرد	۳۵	۶۰	۶۹
۲	مرد	۵۵	۶۳	۷۲	۳۰	زن	۵۶	۷۱	۷۴
۳	زن	۳۰	۷۳	۶۸	۳۱	مرد	۳۴	۶۱	۶۶
۴	زن	۵۶	۵۶	۷۲	۳۲	مرد	۳۵	۶۰	۶۷
۵	زن	۵۴	۶۷	۶۹	۳۳	زن	۳۳	۵۲	۶۶
۶	زن	۲۲	۵۸	۷۹	۳۴	مرد	۲۶	۵۴	۶۷
۷	مرد	۳۶	۷۰	۶۹	۳۵	مرد	۲۷	۲۹	۲۸
۸	زن	۵۵	۷۲	۷۸	۳۶	مرد	۲۸	۷۹	۷۲
۹	زن	۳۷	۷۰	۶۸	۳۷	مرد	۳۴	۷۲	۷۲
۱۰	زن	۵۴	۷۴	۷۲	۳۸	مرد	۳۵	۶۳	۷۱
۱۱	مرد	۲۷	۶۹	۷۴	۳۹	مرد	۴۱	۷۵	۷۱
۱۲	مرد	۲۴	۶۶	۷۱	۴۰	مرد	۶۵	۴۸	۶۹
۱۳	مرد	۶۹	۷۴	۷۲	۴۱	زن	۳۳	۳۷	۶۰
۱۴	زن	۳۹	۴۷	۵۵	۴۲	مرد	۳۰	۶۲	۶۹
۱۵	مرد	۵۳	۷۴	۷۴	۴۳	مرد	۲۷	۴۸	۶۰
۱۶	زن	۴۵	۷۱	۷۴	۴۴	زن	۲۲	۶۹	۷۳
۱۷	زن	۳۵	۶۳	۶۹	۴۵	زن	۲۲	۷۶	۷۳
۱۸	مرد	۵۲	۷۴	۷۳	۴۶	زن	۳۱	۴۲	۶۶
۱۹	زن	۲۱	۶۰	۷۰	۴۷	زن	۲۲	۷۳	۷۲
۲۰	زن	۵۳	۴۵	۶۲	۴۸	زن	۷۴	۷۴	۷۳

Downloaded from jcp.khu.ac.ir at 9:40 IRDT on Monday April 29th 2019

www.SID.ir

Archive of SID

۲۱	زن	۴۵	۶۵	۷۰	۴۹	زن	۲۹	۶۵	۷۲
۲۲	زن	۲۷	۴۷	۵۷	۵۰	زن	۳۸	۷۱	۷۰
۲۳	مرد	۶۹	۷۱	۷۱	۵۱	زن	۴۷	۷۱	۷۲
۲۴	زن	۳۲	۵۷	۶۹	۵۲	زن	۴۷	۷۳	۷۲
۲۵	زن	۳۴	۴۲	۶۷	۵۳	زن	۵۰	۷۲	۷۳
۲۶	زن	۳۶	۵۵	۷۰	۵۴	زن	۵۷	۳۸	۵۲
۲۷	زن	۴۱	۴۰	۵۵	۵۵	زن	۶۶	۷۶	۷۲
۲۸	زن	۷۰	۶۰	۷۰	۵۶	زن	۷۲	۷۵	۷۰
					میانگین		۴۳/۵۲	۶۲/۵۷	۶۸/۴۶
					انحراف معیار		۱۷/۲۱	۱۲/۱۴	۷/۶۱

نتایج حاصل از آزمون تی، حاکی از این است که میانگین پیشبینی مدل دو بخشی (میانگین=۶۲/۵۷ درصد و انحراف استاندارد =۱۲/۱۴ درصد) که بیانگر مسیر آمیگدال است از میانگین پیشبینی مدل سه بخشی (میانگین= ۶۸/۴۶ درصد و انحراف استاندارد= ۷/۶۱درصد) از لحاظ آماری به طور معنی داری کمتر بوده است ($t(۵۵)=۲/۴۶$ ،$p=۰/۰۱$). بنا بر این می‌توان گفت مدلسازی سه بخشی مسیر کورتکس در پیشبینی انتخاب‌های آزمون دهندگان در آزمون آیوا از مدلسازی دو بخشی مسیر آمیگدال موفق‌تر بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده از مدلسازی شناختی مدلی ارائه شده است که امکان مطالعه فرآیند تصمیم‌گیری افراد مختلف در آزمون آیوا را فراهم می سازد. این 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 نمره گذاری گزینه‌های ممکن استفاده می‌کند. با استفاده از این مدل ، دو نوع معماری بر مبانی نظریات عصب–روانشناختی ایجاد شد: یک معماری دو بخشی (تالاموس–آمیگدال) و یک معماری سه بخشی (تالاموس– کورتکس– آمیگدال) که نتایج پیشبینی این دو مدل در جدول ۱ آمده است.

اطلاعات موجود در محیط آزمون و تجربیات ممکن برای افراد که می‌توانند مبنای تصمیم‌گیری فرد باشند در لایه اول هر دو مدل در قالب ورودی های شناختی وارد شد. این ورودی‌ها به دو دسته ورودی های اولیه و ثانویه وارد شبکه می شوند. در مدل دو بخشی طبیعتا تمام ورودی‌های لایه اول به تمام گره‌های لایه خروجی متصل می‌گردند اما اتصالات مدل سه بخشی متفاوت است و با توجه به این که پاسخ‌های سریع و ناآگاهانه در مسیر تالاموس–آمیگدال و آگاهانه در مسیر تالاموس–کورتکس–آمیگدال ساخته شد، ورودی‌های اولیه فقط به لایه سوم متصل گشته ولی ورودی‌های ثانویه که نیازمند پردازش بوده‌اند تنها از لایه دوم عبور می‌کنند.

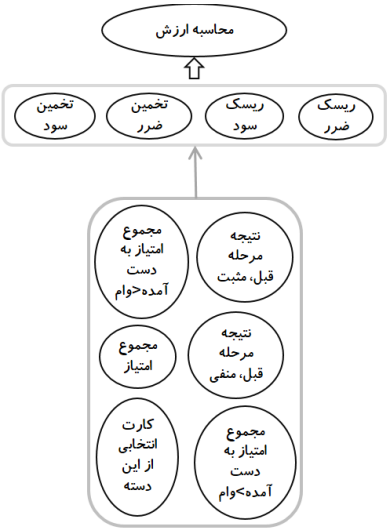
یافته های تحقیق نشان می دهند شبکه مرتبط با مسیر تالاموس–آمیگدال ۶۲/۵۷ درصد قابلیت پیشبینی انتخاب‌های آزمون دهندگان را داشته و شبکه های مرتبط با مسیر نوع دوم منجر به نتیجه ۶۸/۴۶ درصدی پیشبینی انتخاب‌های آزمون دهندگان شده است. انحراف معیاراستاندارد در نتایج حاصل از مسیر نوع اول ۱۲/۱۴ و در نوع دوم ۸/۳۱ به دست آمد. آزمون تی در سطح اطمینان ۹۹٪ اختلاف معنی دار میانگین پیشبینی این دو نوع معماری مدل را تایید می کند. لذا می‌توان مدل دوم را مدل بهتری برای شبیه سازی عملکرد تصمیم‌گیری در مغز به حساب آورد. در واقع می‌توان گفت معماری شبکه با بخش جداگانه‌ای برای کورتکس تطابق بیشتری با تصمیم‌گیری واقعی افراد در آزمون آیوا داشته است. هر چند در ابتدا به نظر می‌رسید که وجود کورتکس در مدل تاثیر چندانی در مدلسازی تصمیم‌گیری در آزمون آیوا نداشته باشد از این جهت که تصمیم‌گیری در این آزمون می‌تواند در دسته تصمیم‌گیری‌های سریع مالی و بر پایه هیجان به حساب آید و آنچه در این نوع تصمیم‌گیری حائز اهمیت است نقش بسزای سیستم لیمبیک و مدار تالاموس–آمیگدال در تصمیم‌گیری است.

Downloaded from jcp.khu.ac.ir at 9:40 IRDT on Monday April 29th 2019

www.SID.ir

Archive of SID

معماری نوع دوم بر پایه شواهد عصب-روانشناختی تصمیم‌گیری با لحاظ سه بخش پردازشی تالاموس، کورتکس و آمیگدال با مطالعه گری[1] و همکاران در سال ۲۰۰۲ (گری و همکاران، ۲۰۰۲) و مطالعه داماسیو[2] در سال ۱۹۹۴ (داماسیو، ۱۹۹۴) و نیز مطالعه اسلومن[3] درسال ۱۹۹۶ (اسلومن، ۱۹۹۶) قابل توصیف است لازم به ذکر است که در مطالعات مذکور دو نظریه متفاوت تصمیم‌گیری استفاده شده است. برخی از این مطالعات معتقد به وجود دو مسیر مستقل و جداگانه در زمینه تصمیم‌گیری هستند درصورتیکه برخی دیگر معتقدند این دو مدار در یک پروسه تصمیم‌گیری شناختی هیجانی در یک واحد مجتمع می شوند. مدل دو لایه تالاموس-آمیگدال مطرح شده نظریه دو مسیر مستقل تصمیم‌گیری هماهنگی دارد چرا که اگر دو مسیر مستقل وجود داشته باشد احتمالا در تصمیماتی مانند آنچه در آزمون آیوا اتخاذ می‌شود انتظار می‌رود که مسیر تالاموس-آمیگدال در تصمیم‌گیری دخالت کند. در صورتی که مدل سه بخشی شامل تالاموس-کورتکس-آمیگدال با توجه به نوع اتصالات مدل و ارتباط مفاهیم ورودی اولیه به لایه خروجی و مفاهیم ورودی ثانویه با لایه میانی مانند درگیری هم زمان هر دو مسیر تالاموس-آمیگدال و تالاموس-کورتکس-آمیگدال به صورت توامان است که با نظریه وجود یک واحد مجتمع تصمیم‌گیری سازگار است. به نظر می‌رسد نقش پردازش‌های کورتکس در مدلسازی تصمیمات بر پایه هیجان و تصمیمات سریع مالی قابل چشم پوشی نیست.



شکل ۵- شبکه دو بخشی

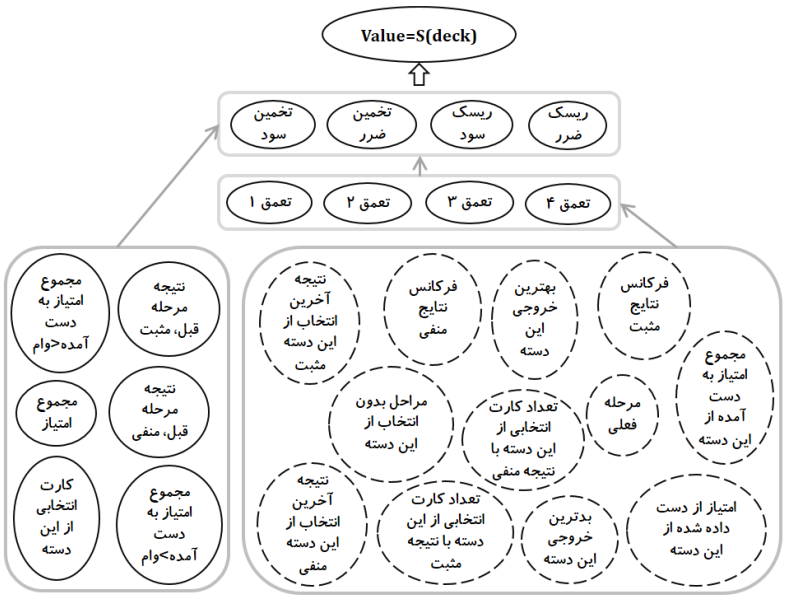
[1] Gray
[2] Damasio
[3] Sloman

Downloaded from jcp.khu.ac.ir at 9:40 IRDT on Monday April 29th 2019

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jcp.khu.ac.ir at 9:40 IRDT on Monday April 29th 2019



شکل ۶- شبکه سه بخشی

در مطالعات آتی با توجه به این امر که این مدل قابلیت تفسیر چگونگی تاثیرپذیری تصمیم‌گیری فرد از سایر فرآیندهای شناختی مانند حافظه، ادراک و ... را فراهم می سازد و همچنین امکان بررسی اهمیت هر یک از مفاهیم مختلف شناختی را در روند یادگیری و تصمیم‌گیری پویا دارا می‌باشد می‌تواند برای مطالعه رفتار فردی و مقایسه دو جمعیت با خصوصیات شخصیتی یا اختلالات روانی متفاوت نظیر آنچه یچیام[1] در سال ۲۰۰۵ (یچیام و همکاران، ۲۰۰۵) انجام داد، استفاده شود. به عنوان مثال، وزن اتصالات شبکه می‌تواند نشان دهد چه مفاهیمی بر تصمیم‌گیری یک شرکت کننده خاص تاثیر بیشتری می‌گذارد. در نهایت به وسیله این مدل می‌توان وزن اتصالات شبکه را برای افراد یا دسته‌های مختلف محاسبه و تحلیل نمود که این امر می‌تواند منجر به درک بهتری از فرآیند تصمیم‌گیری شود.

[1] Yechiam

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jcp.khu.ac.ir at 9:40 IRDT on Monday April 29th 2019

References

Bargh, J. A., & Ferguson, M. J. (2000). Beyond behaviorism: on the automaticity of higher mental processes. *Psychological bulletin, 126*(6), 925 .

Bechara, A., Damasio, A. R., Damasio, H., & Anderson, S. W. (1994). Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition, 50*(1-3), 7-15 .

Bechara, A., Damasio, H., & Damasio, A. R. (2003). Role of the amygdala in decision-making. *Annals of the New York Academy of Sciences, 985*(1), 356-369 .

Damasio, A. R. (1994). Descartes 'error: Emotion, rationality and the human brain .

de Visser, L., Homberg, J., Mitsogiannis, M., Zeeb, F., Rivalan, M., Fitoussi, A., . . . Dellu-Hagedorn, F. (2011). Rodent versions of the iowa gambling task: opportunities and challenges for the understanding of decision-making. *Frontiers in neuroscience, 5*, 109 .

Evans, J. S. B. (2003). In two minds: dual-process accounts of reasoning. *Trends in cognitive sciences, 7*(10), 454-459 .

Fodor, J. A., & Pylyshyn, Z. W. (1988). Connectionism and cognitive architecture: A critical analysis. *Cognition, 28*(1-2), 3-71 .

Gray, J. R., Braver, T. S., & Raichle, M. E. (2002). Integration of emotion and cognition in the lateral prefrontal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 99*(6), 4115-4120 .

Hansen, N. (2006). The CMA evolution strategy: a comparing review *Towards a new evolutionary computation* (pp. 75-102): Springer.

Levine, D. S., Mills, B., & Estrada, S. (2005). *Modeling emotional influences on human decision making under risk.* Paper presented at the Neural Networks, 2005. IJCNN'05. Proceedings. 2005 IEEE International Joint Conference on.

O'reilly, R. C. (2006). Biologically based computational models of high-level cognition. *Science, 314*(5796), 91-94 .

Serrano, J. I., Iglesias, Á., & del Castillo, M. D. (2017). Plausibility validation of a decision making model using subjects' explanations of decisions. *Biologically inspired cognitive architectures, 20*, 1-9 .

Sloman, S. A. (1996). The empirical case for two systems of reasoning. *Psychological bulletin, 119*(1), 3 .

Turnbull, O. H., Bowman, C., Shanker, S., & Davies, J. (2014). Emotion-based learning: insights from the Iowa Gambling Task. *Frontiers in psychology, 5*, 162 .

Wagar, B. M., & Thagard, P. (2004). Spiking Phineas Gage: a neurocomputational theory of cognitive-affective integration in decision making. *Psychological review, 111*(1), 67 .

Yechiam, E., Busemeyer, J. R., Stout, J. C., & Bechara, A. (2005). Using cognitive models to map relations between neuropsychological disorders and human decision-making deficits. *Psychological Science, 16*(12), 973-978 .

www.SID.ir