

بررسی ارتباط بین پاسخ مغز انسان به مواد محرک و

شخصیت فرد مصرف کننده

مریم کیوان آرا*
 کارشناسی ارشد، مهندسی کامپیوتر، گروه
 هوش مصنوعی دانشکده مهندسی کامپیوتر
 دانشگاه اصفهان
 سید امیرحسن منجمی
 دانشیار، مهندسی کامپیوتر، گروه هوش
 مصنوعی دانشکده مهندسی کامپیوتر
 دانشگاه اصفهان
 حمیدرضا عریضی
 دانشیار، روانشناسی صنعتی، گروه
 روانشناسی دانشکده علوم تربیتی و
 روانشناسی دانشگاه اصفهان

*نشانی تماس: دانشکده مهندسی کامپیوتر
 دانشگاه اصفهان

رایانامه: Maryam.keyvanara@gmail.com

مقدمه: یک مشکل اصلی در بررسی عوامل روانشناختی در پژوهش‌های مبتنی بر وابستگی به مواد این است که نمی‌توان به جهت علی پاسخ داد که فردی که مواد مصرف می‌کند تحت تاثیر شخصیت خود به این سمت گرایش پیدا می‌کند و یا مصرف مواد سبب تغییر شخصیت فرد در جهت خاصی می‌شود. روش: در این مقاله با استفاده از شبیه‌سازی عددی یک مدل ریاضی وجود، پاسخ مغز انسان به مصرف یک دوز ماده‌ی محرک مت‌آمفتامین بررسی شد. این شبیه‌سازی‌ها قابلیت پیش‌بینی نحوه‌ی عملکرد فرد را بر اساس نوع شخصیت او نشان می‌دهند. پارامتر برون‌گرایی شخصیت افراد برای فرد درون‌گرا عدد ۰/۵ و فرد برون‌گرا عدد ۱/۵ را در نظر می‌گیرد. در این مقاله، داده‌ها در پژوهش جداگانه‌ای از میان مراجعه‌کنندگان مرد مبتلا به سوءمصرف مت‌آمفتامین به مراکز اقامتی میان‌مدت در شهر اصفهان جمع‌آوری شده‌اند. یافته‌ها: نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهند یکی از علل گرایش مصرف‌کنندگان به این مواد به نوع شخصیت آن‌ها بازمی‌گردد. پس از مصرف یک دوز ماده‌ی محرک مت‌آمفتامین، افراد درون‌گرا با سرعت بیشتری به شخصیت پایه‌ی خود بازگشته‌اند و میزان سطح فعالیت مغز برای آنها، نسبت به افراد برون‌گرا، کمتر بوده است. نتیجه‌گیری: از طریق شبیه‌سازی عددی می‌توان برای کاهش گرایش به اعتیاد با توجه به جنبه‌ی علی آن عمل کرد. مشاهدات حاصل از شبیه‌سازی می‌تواند برای تداخل در سوءمصرف محرک‌ها و کاهش گرایش به این مواد استفاده شوند. جنبه‌های روانشناسی ارتباط متقابل برون‌گرایی شخصیت افراد و مصرف محرک‌ها مورد بحث قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: مدل ریاضی، شبیه‌سازی سیستم عصبی، برون‌گرایی، شخصیت، کاهش گرایش به اعتیاد.

Analysis of the Relevance between Human Brain Response to Stimulants and the Consumers' Personality

Introduction: One of the key challenges in the study of psychological factors in drug-based research is that the causal reason through which the person consumes drugs is unknown. Whether the person starts using drugs owing to his/her personality or if the drug consumption leads to personality changes in a particular direction needs further elucidation. **Method:** The present study used an existing mathematical model of personality to simulate human brain response to a single dose consumption of methamphetamine. Such simulations may potentially predict the consumers' behavior with regard to their personality. The extraversion parameter in the calibrated model is 0.5 for introverts and 1.5 for extroverts. The data was collected from medium-term residential centers in Isfahan city. **Results:** The results are considerable with regard to consumers' personality types. Our findings indicated that one reason based on which consumers begin using stimulants roots in their extraversion personality type. **Conclusion:** Artificial intelligence and computer simulations can be considered potential tools for the causal analysis of drug consumption. The observations can be used for interventional programs of drug misuse and reduction of individuals' tendency toward the use of stimulants.

Keywords: *Mathematical model, Neural system simulation, Personality, Reduction of tendency to addiction*

Maryam Keyvanara*
 Master of Science, Computer
 Engineering, Artificial Intelligence
 Department, Faculty of Computer
 Engineering, University of Isfahan
 Seyed Amirhassan Monadjemi
 Associate Professor, Computer
 Engineering, Artificial Intelligence
 Department, Faculty of Computer
 Engineering, University of Isfahan
 Hamidreza Oreyzi
 Industrial Psychology, Psychology
 Department, Faculty of Education
 and Psychology, University of
 Isfahan

*Corresponding Author:

Email: Maryam.keyvanara@gmail.com

مقدمه

نظریه‌ی منحصر به فرد شخصیت^۱، مولفه‌های اضطراب و تکانشگری^۲ دو قطب از یک ویژگی به نام برونگرایی هستند. ویژگی برونگرایی از قطب اضطراب که همراه با درونگرایی و روان آرام^۳ است آغاز شده و به قطب دیگر که تکانشگری، برونگرایی و روان شلوغ است ختم می‌شود (۱۰-۱۲). هر چند این نظریه در پژوهش‌های داخلی مورد استفاده بوده است اما نظریه‌ی فرایند رقیب به جز در تعداد محدودی پژوهش، کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است (۹). نظریه‌ی فرایند رقیب^۴ در سال ۱۹۷۸ توسط سولومون^۵ و کربیت^۶ ارائه شد. آن‌ها تغییرات ممکن در الگوی استاندارد را مطرح کردند و الگویی با پنج مشخصه‌ی متمایز ارائه کردند که عبارتند از:

- (۱) اوج لذت اولیه، فرایند یا حالتی که در آن محرک شروع کننده به سرعت وارد عمل می‌شود.
- (۲) دوره لذت یا انطباق عاطفی که در طی آن شدت لذت کاهش می‌یابد، حتی اگر شدت محرک همچنان حفظ شود.
- (۳) یک سطح یکنواخت از فرایند لذت که تازمانی که شدت محرک باقی است ادامه پیدا می‌کند.
- (۴) اوج عاطفی پس از واکنش، به سرعت به دنبال ختم محرک است و کیفیت لذت بخشی آن متفاوت از لذت اولیه است.
- (۵) در نهایت واپاشی حالت و متعاقباً از بین رفتن آن (۱۳).

در واقع در این الگوی استاندارد، در ابتدا و در زمان دریافت محرک هیجانی، موجود زنده از سطح حالت پایه (حالت ژنتیک) به سرعت و در مدت چند ثانیه به اوج شدت لذت دست می‌یابد (حالت A). بعد از آن از شدت اثر محرک، علی‌رغم وجود آن، کاسته می‌شود تا اینکه به یک سطح نسبتاً ایستا می‌رسد. با حذف محرک شدت کاهش اثر آن افزایش می‌یابد (حالت B) تا اینکه موجود

با وجود آنکه استاندارد طلایی، پژوهش‌های کار آزمایشی تصادفی کنترل شده^۱ هستند، با این حال در برخی از حیطه‌ها مانند اعتیاد امکان پژوهش آزمایشی به دلیل مشکلات عملی و اخلاقی وجود ندارد. مثلاً آیا می‌توان استفاده از داروهای مخدر را در دو گروه افراد با شخصیت برونگرا و درونگرا مقایسه کرد؟ هر چند به صورت ایده‌آل این امر شدنی است اما به دلیل نقض قوانین اخلاقی امکان آن وجود ندارد (۱). یک راه حل این مسئله استفاده از هوش مصنوعی و شبکه‌ی عصبی است. استفاده از هوش مصنوعی و شبکه‌ی عصبی هر چند که در پژوهش‌های روانشناسی در داخل کشور دارای سابقه است، اما در جنبه‌های تحقیقاتی روانشناسی اعتیاد کمتر بکار رفته است (۲). در پژوهش حاضر، یک مدل شخصیتی به کمک مدلسازی ریاضی با معادلات دیفرانسیل تأخیری ساخته شده است که تأثیر مصرف ماده مت‌آفتامین را بر شخصیت فرد مصرف کننده بازسازی می‌کند. مت‌آفتامین ماده‌ای صنعتی است که قیمت و کیفیت آن در ایران رو به نزول و میزان مصرف آن رو به افزایش می‌باشد (۳). پژوهش‌ها نشان داده‌اند مصرف مواد محرک با شخصیت افراد ارتباط دارند و واکنش مغز انسان به مواد تحریک‌آمیز از جنبه‌ی برونگرایی شخصیت آنها حائز اهمیت می‌باشد و تمایل افراد در سوء مصرف مواد محرک بر حسب درونگرا یا برونگرا بودن شخصیت آن‌ها متفاوت است. این میل به مصرف در برونگراها در مقایسه با افراد درونگرا بیشتر می‌باشد (۴، ۵).

برونگرایی به عنوان یکی از مهمترین ابعاد شخصیت آدمی به گونه‌های متفاوتی تعریف شده است. آیزنک^۲ آن را در سه مدل طبقه‌ای (بقراط)، ریختی (یونگ^۳) و ابعادی (آیزنک) ارائه کرده است. همچنین نظریه‌ی منحصر به فرد شخصیت، که برونگرایی در آن به عنوان پایه شخصیت مطرح شده، ریشه در نظریه حساسیت به تقویت‌گری^۴ دارد (۶-۹). اساس زیست‌شناختی این نظریه، سیستم عمومی فعالیت مغز است. بر طبق

- | | |
|---------------------------------|------------------------------|
| 1- Randomized Controlled Trials | 6- Impulsivity |
| 2- Eysenck | 7- Low-psychoticism |
| 3- Young | 8- Opponent – Process Theory |
| 4- Gray | 9- Solomon |
| 5- Unique Personality Theory | 10- Corbit |

را در نظر بگیرد می تواند پیش بینی تأثیر محرکها روی افراد با شخصیت های مختلف (از جنبه ی برونگرایی) را داشته باشد.

بسیاری از پدیده های طبیعی و زیست شناختی برای شبیه سازی به صورت دستگاه هایی از معادلات دیفرانسیل تأخیری قابل بیان و مدلسازی هستند (۱۴). پاسخ مغز انسان به محرکها را نیز می توان با استفاده از روش مدلسازی عمومی به صورت یک مدل ریاضی مبتنی بر معادلات دیفرانسیل تأخیری مطرح نمود (۱۵). این مدل ریاضی قابلیت پیش بینی نحوه ی عملکرد مغز را با توجه به نوع برونگرایی شخصیت فرد پس از مصرف داروهای محرک دارد. در این زمینه هاکن^۱ مدل ریاضی لایت هاوس^۲ را ارائه کرده که مدلی از پویایی های مغز است و توسط نورونها و ارتباطات آنها تعریف می شود. این مدل یک گروه از نورونهای هماهنگ را که برای یک منظور خاص استفاده می شوند به هم متصل می کند. او این سیستم را به صورت مجموعه ای از معادلات و توابع ریاضی بر حسب زمان بیان کرده است (۱۶). همچنین آمیگو^۳ در سال ۲۰۰۸ مدل ریاضی برای پاسخ مغز به یک دوز ماده ی محرک کوکائین هیدروکلراید ارائه نمود و کاسلز در سال ۲۰۱۰ مدل ریاضی کاملتری برای اعتیاد و مصرف مکرر مواد محرک بیان کرده است (۴، ۵). مدل هایی که برای سیستم های پویا ارائه می شوند دارای پارامترهایی هستند که باید قبل از استفاده از سیستم، مقادیر مناسب برای آنها تعیین شوند. برای استفاده از مدل ریاضی، نیاز است که پارامترهای آن مطابق با نظریه های ارائه شده در فرایند رقیب در مورد اعتیاد کالیبره شوند (۱۳). آمیگو پارامترهای مدل خود را به روش سعی و خطا پیدا کرده است (۴). همچنین الگوریتم های تکاملی روش مناسبی برای مسائل بهینه سازی هستند. کالیبراسیون میتواند به کمک الگوریتم ژنتیک که یک روش بهینه سازی تکاملی است انجام شود. شبیه سازی های انجام شده در این مقاله

زنده به سطح حالت پایه یا اولیه باز گردد. این روند دوم بر خلاف حالت A به آهستگی صورت می گیرد و به آن فرایند رقیب می گویند (۱۳). در واقع طبق نظر سولومن با تکرار مصرف دارو از قدرت تقویت مثبت (حالت A) کاسته می شود و برعکس، قدرت تقویت منفی (حالت B) افزوده می شود (۱۳، ۱۴) به عبارت دیگر فرایند رقیب سریع تر و در مدت زمان کمتری رخ می دهد. از نظر سولومن و کربیت ساده ترین مدل نظری که پدیده های انگیزشی را سازماندهی می کند سیستم فرایند رقیب است. در اثر تکرار پی در پی محرک فعال کننده، واکنش هیجانی شدت کمتری خواهد داشت در حالی که واکنش رقیب شدت بیشتری می یابد و سریعتر است و تداوم بیشتری نسبت به قبل دارد. این پویایی فرایند رقیب برای رفتار اعتیاد آور بکار گرفته می شود و یک مدل دو مرحله ای و مبتنی بر رفتار هیجانی آشکار می سازد. مرحله اول، برانگیختگی است و با عرضه محرک صورت می گیرد. مرحله دوم، بازداری است و توسط فرایند رقیب هدایت می شود (۵). اجازه دهید واکنش رقیب را با مثال دیگری از خشنودی در شغل بیان کنیم. ممکن است دریافت بیشتر سبب یک پاسخ هیجانی اولیه شود اما بعداً از اهمیت آن کاسته شود و فرایند رقیب سبب اهمیت جنبه های معنوی تر شغل می شود. در این رابطه شخصیت افراد نقش مهمی در پاسخ هیجانی اولیه، زمان به اوج رسیدن آن، و بعد شروع واکنش های رقیب دارد (۴، ۱۳).

از طرفی متغیرهای شخصیتی، به مصرف مواد محرک واکنش متفاوتی نشان می دهند. این تفاوت در واکنش، می تواند عاملی مهم بر علت سوء مصرف مواد محرک در افراد مختلف باشد (۴). قبل از اینکه فردی ماده ی محرک مصرف کند، برونگرایی او پایه ی فعالیت مغزش را نشان می دهد و هنگامی که ماده ی محرک را استفاده کرد، سطح برونگرایی او تغییر می یابد (۴، ۵، ۱۲). حال چون مواد محرک سطح فعالیت مغز را تغییر می دهند و مصرف کنندگان از نظر سطح فعالیت پایه ی خود با هم تفاوت دارند، پس یک مدل پویا که هر دوی این موارد

1- Haken
2- Lighthouse
3- Amigo

نظر گرفتن نوع شخصیت مصرف‌کننده، حالات مختلف احتمالی را بررسی نماید. در این مدل می‌توان معیارهایی مانند زمان‌های مصرف، دوز ماده‌ی مصرفی در هر بار مصرف و نوع ماده‌ی محرک را تنظیم نمود.

روش

در این بخش به کمک نظریه‌ی منحصر به فرد شخصیت مدل ریاضی شخصیت در بخش (۱) و به کمک نظریه واکنش رقیب سولومن و کریبت، مصرف یک دوز از ماده محرک مت‌آمفتامین در بخش (۲) توضیح داده شده است.

۱- مدلسازی ریاضی شخصیت و تأثیر ماده محرک بر شخصیت

هدف از انجام این پژوهش، پیش بینی پاسخ مغز افراد مصرف‌کننده پس از مصرف یک دوز از ماده‌ی محرک مت‌آمفتامین می‌باشد. این مدل ریاضی، که در سال ۲۰۰۸ توسط آمیگو و همکاران ارائه شد، بر اساس ویژگی‌های شخصیتی افراد از دیدگاه روانشناختی و نیز خصوصیات مغز عمل می‌کند و بر حسب معادلات دیفرانسیل تأخیری کار می‌کند (۴). حل این معادلات میزان سطح فعالیت مغز مصرف‌کننده یا به عبارتی برون‌گرایی او را نشان می‌دهد. با داشتن این مدل ریاضی باید برنامه‌ای کامپیوتری از روی آن ایجاد شود تا شبیه‌سازی مورد نظر به درستی صورت گیرند. همچنین مدل ارائه شده بایستی با توجه به الگوی مصرف ماده‌ی محرک در ایران کالیبره شود. این کالیبراسیون باید به گونه‌ای باشد که متغیرهای مدل دارای مقادیر مناسبی بوده و ساخت مدل و استفاده‌ی آن توسط کاربر را تحت سیطره قرار ندهند و باعث شوند سیستم رفتار مشخصی در شبیه‌سازی‌ها داشته باشد. برای استفاده از مدل ریاضی ارائه شده بایستی پارامترهای مدل با توجه به الگوی مصرف در کشور ایران تنظیم شوند. بدین منظور داده‌های مورد نیاز، در پژوهشی که حاج رسولیها در مراکز اقامتی میان مدت در شهر اصفهان انجام داد جمع‌آوری شد (۱۹). از بین

حالات مختلف مصرف این مواد را برای شخصیت‌های مختلف پیش‌بینی می‌کنند و می‌توانند در مورد پیشگیری و درمان مصرف‌کنندگان موثر باشند. الگوریتم ژنتیک می‌تواند روش مناسبی برای این کار باشد (۱۷، ۱۸).

دلایل متعددی برای احساس نیاز به وجود یک سیستم کامپیوتری پویا با قابلیت پیش‌بینی تأثیر محرک‌ها بر شخصیت در پژوهش‌های روانشناسی وجود دارند. بررسی عوامل روانشناختی در پژوهش‌های مربوط به اعتیاد با محدودیت‌های اخلاقی رو به رو هستند که این خود منجر به بروز مشکل در تحقیقات در این زمینه می‌شود. از جمله این محدودیت‌ها می‌توان به عدم امکان آزمایش روی انسان‌های سالم اشاره کرد. در عمل، نمی‌توان از انسان‌های سالم (غیرمعتاد) درخواست کرد که برای انجام این تحقیق مواد محرک مصرف نمایند زیرا سلامت این افراد به خطر می‌افتد. این کار ضمن نادرست بودن از نظر اخلاقی و تأثیرات مخرب روی افراد سالم، بسیار هزینه‌بر می‌باشد و افراد سالم حاضر به انجام چنین همکاری‌هایی نخواهند بود. به ویژه این که ماده‌ی محرک مورد بررسی در این تحقیق، ماده‌ی مت‌آمفتامین است و نسبت به مواد محرک دیگر، عوارض جانبی بسیار زیادی دارد. عدم امکان نظارت بر دیگر مصرف‌های شرکت‌کنندگان در پژوهش از دیگر مشکلات است. محققین نسبت به اینکه افراد شرکت‌کننده در پژوهش اعتیاد، قبل از شروع این تحقیق چه موادی را و چگونه مصرف کرده‌اند آگاهی و دسترسی ندارند. این امر در فرایند پژوهش تأثیرگذار بوده و نتایج را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. علاوه بر موارد ذکر شده، شبیه‌سازی می‌تواند اعتیاد را، که یک فرایند طولانی مدت و زمانبر است، در مدت زمان کوتاهی شبیه‌سازی نماید. این بدین معنی است که می‌توان برای مثال رفتار اعتیادگونه‌ی یک معتاد در یک سال را با تنظیم پارامترهای معادلات دیفرانسیل، شبیه‌سازی کرده و پاسخ را در عرض زمان کوتاهی مشاهده و بررسی نمود. سیستم هوش مصنوعی ارائه شده در این پژوهش، قابلیت پیش‌بینی حالات مختلف مصرف ماده‌ی محرک را دارد و می‌تواند با در

جاندار تأمین می‌شود. مقادیر پارامترهای α و β با بهینه شدن تابع $s(t)$ مشخص می‌شوند. این دو پارامتر باید به گونه‌ای تعیین شوند که نقطه‌ی بیشینه در این تابع در زمانی اتفاق بیفتد که تمرکز ماده به اوج خود می‌رسد. این نقطه باید ۲۰ دقیقه پس از شروع مصرف باشد. برای تعیین بهینه‌ی پارامترهای α و β از یک الگوریتم ژنتیک استفاده شده‌است. در تنظیم این الگوریتم باید با بیشینه کردن تابع $s(t)$ مقدار این متغیرها یافت شود. تابع برازندگی مطابق با رابطه‌ی (۱) تعریف می‌شود و مقدار t نهایی برابر با ۲۰ قرار می‌گیرد. ملاک دیگر در بهینه‌سازی این تابع این است که پس از گذشت ۲۴۰ دقیقه ماده در بدن جذب شده باشد. این بدین معنی است که مقدار تابع رابطه‌ی (۱) در این نقطه باید نزدیک به صفر شده باشد (۲۰). زمان شروع مصرف فرد از $t_0=5$ دقیقه می‌باشد و قبل از این زمان فرد هیچ‌گونه ماده‌ای به بدن خود وارد نکرده است. در نتیجه مقدار s_0 که سطح داروی اولیه در خون را نشان می‌دهد برابر با صفر است. در الگوریتم ژنتیک استفاده شده در این بهینه‌سازی، بازنمایی اعداد حقیقی مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین از جهش و جستجوی فضای جستجو از طریق افزودن یک مقدار بسیار کوچک از یک توزیع مشخص به هر متغیر سود برده ایم (۲۱، ۲۲). در پژوهشی در همین راستا، مقادیر پارامترهای رابطه‌ی (۱) با استفاده از الگوریتم ژنتیک مشخص شده اند (۲۰).

مقادیر به دست آمده برای این دو پارامتر و همچنین مقدار تابع در زمانهای انتهایی وجود ماده در بدن، در جدول (۱) مشخص شده‌اند.

جدول ۱ - بهینه‌سازی پارامترها با استفاده از الگوریتم ژنتیک

مقدار α	مقدار β	مقدار تابع s	مقدار تابع در $t=240$
۰/۱۵۱۱	۰/۰۲۶۸	۰/۶۳۲۲	۰/۰۰۲۰

برای هر پاسخ (ژن)، بررسی می‌شود که آیا در زمان $t = 240$ ، مقدارش کوچکتر از ۰/۱ است یا خیر. در صورتی که اینگونه نباشد از ادامه‌ی تجدید نسل آن جلوگیری شده و ژن‌های دیگر که تابع برازندگی را

این مراکز به ۵ مرکز اقامتی میان مدت، بهار زندگی، شهید خوششانی، پیشگامان رهایی، جوانان و سعادت گستر اصفهان، مراجعه شد و تعداد ۱۳۰ آزمودنی به کمک شش پرسشنامه مورد آزمون قرار گرفتند (۱۹). با توجه به این داده‌ها، دوز مصرفی برای مصرف‌کنندگان برابر با یک دوز ماده‌ی محرک مت‌آمفتامین در یک بار مصرف است. با توجه به داده‌های جمع‌آوری شده، این یک دوز می‌تواند از یک تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم در یک بار مصرف باشد. با توجه به داده‌ها و نیز خواص دارویی ماده‌ی مت‌آمفتامین، تأثیر این داروی محرک در خون در عرض ۲۰ دقیقه ظاهر شده و به اوج خود می‌رسد. این دارو به مدت ۴ الی ۸ ساعت در خون می‌ماند. در نتیجه طول مدت زمان شبیه‌سازی کمی بیش از ۴ ساعت یعنی ۲۵۰ دقیقه در نظر گرفته شده‌است.

منظور از محرک، میزان دارو در سطح خون است که با زمان تغییر می‌کند. تابعی که بدین منظور استفاده می‌شود بایستی یک متغیر حالت را در نظر بگیرد. این متغیر عبارت است از میزان داروی موجود در لحظه‌ی t در بدن جاندار. این متغیر با $s(t)$ مشخص می‌شود که به عنوان پارامتر تولید کننده‌ی پاسخ حاد جاندار به دارو در نظر گرفته می‌شود. دارو با نرخ $\alpha > 0$ جذب خون می‌شود و به همین علت به α نرخ جذب ماده گفته می‌شود. نرخ جذب، میزان داروی موجود در حفره‌های بینی است که در واحد زمان وارد خون می‌شود. همچنین دارو در بدن جاندار با نرخ ثابت $\beta > 0$ در خون مصرف می‌شود. ثابت β نرخ مصرف نام داشته و میزان داروی موجود در خون که در واحد زمان از سلول عبور می‌کند را نشان می‌دهد. ماده‌ی محرک، میزان ماده‌ی موجود در خون را در مدل نشان می‌دهد و از رابطه‌ی (۱) قابل محاسبه است [۴].

$$s(t) = \frac{\alpha \cdot d(e^{-\alpha t} - e^{-\beta t})}{\beta - \alpha}, \quad \alpha \neq \beta \quad (1)$$

در شبیه‌سازی‌ها، این مقدار برابر با ۱ دوز مت‌آمفتامین در نظر گرفته شده‌است. در این تحقیق، فرض بر این است که دوز دارویی $d > 0$ در زمان اولیه‌ی $t=0$ به بدن

افراد با استفاده از معادله دیفرانسیل تأخیری رابطه‌ی (۲)، که توسط کسلز در سال ۲۰۰۸ ارائه شد، بیان می‌شود (۴). این معادله که خروجی آن میزان برونگرایی را نشان می‌دهد، با استفاده از روش‌های عددی حل معادلات قابل حل می‌باشد.

$$\frac{dy(t)}{dt} = \begin{cases} a(b-y(t)) + \frac{p}{b} s(t-t_0): t_0 \leq t \leq t_0 + \tau \\ a(b-y(t)) + \frac{p}{b} s(t-t_0) - b \cdot q \cdot s(t-\tau-t_0) \cdot y(t-\tau-t_0): t > t_0 + \tau \end{cases}$$

$y(t_0) = y_0$

معادلات دیفرانسیل در محیط نرم افزار Matlab به دست آمده‌است. برای حل معادلات دیفرانسیل تأخیری با تأخیر ثابت در Matlab از تابع `dde23` که دارای دقتی بالا در تقریب روش‌های عددی است استفاده می‌شود. خروجی حاصل از پیاده‌سازی مدل ارائه شده در رابطه (۲) با استفاده از تابع `dde23` نموداری است که متناسب با داده‌های ورودی نشان می‌دهد رفتار مغز، ۴ ساعت بعد از مصرف یک دوز ماده‌ی مت‌آفتماین به چه صورتی تغییر می‌کند. همچنین نحوه‌ی تغییرات مصرف محرک توسط فرد و تعادل بازدارندگی-هیجان خواهی پیاده‌سازی و روال تغییرات آن‌ها بررسی شده‌است.

برای شبیه‌سازی مدل (۲) در بازه‌ی زمانی $t = [0, 240]$ به صورت زیر عمل می‌شود:

```
so1 = dde23('func1', tau, y0, [t0, 240], [], t0, b, a, p, q, d, alpha, beta);
```

معادلات دیفرانسیلی که باید حل شوند به طور دقیق و مطابق با دستورالعمل تابع `dde23` در تابع `func1` فراهم شده‌اند. در استفاده از این توابع باید روی بازه‌ی شبیه‌سازی، مقادیر اولیه، پیاده‌سازی تابع حل معادلات، و گزینه‌های محلی و سراسری که تعریف می‌شوند، دقت زیادی شود. ورودی‌های تابع `func1` به صورت زیر تعریف می‌شود.

```
function v = func1(t, y, z, tau, t0, b, a, p, q, d, alpha, beta)
```

سه پارامتر ورودی اول اجباری هستند. پارامتر t بازه‌ی زمانی مورد نظر برای حل معادلات است. بردار y مقدار

بیشینه می‌کنند و در زمان ۲۴۰ مقدار کوچکی دارند به نسل‌های بعدی راه می‌یابند. برای پیشگیری از گیر افتادن الگوریتم در بهینه‌های محلی، مقادیر نرخ تقاطع و نرخ جهش به روش سعی و خطا به ترتیب برابر با ۰/۷۵ و ۰/۱۵ انتخاب شدند (۲۰، ۲۲). نوع شخصیت (۲)

رابطه‌ی (۲)، یک معادله دیفرانسیل تأخیری است که پس از کالیبره شدن مدل، الگوی زمانی پیش‌بینی شده توسط نظریه‌ی منحصر به فرد شخصیت برای تعادل هیجان-بازداندگی را ایجاد می‌کند. این الگو مشابه الگوی کسب پویایی‌های موثر که توسط سولومون و کوربیت ارائه شد نیز می‌باشد. در این مدل ریاضی، برونگرایی پایه‌ی شخصیتی هر فرد با استفاده از ثابت b ، یعنی یک عدد، بیان می‌شود. اگر فرد مصرف‌کننده دارای شخصیت پایه‌ی برونگرا باشد برای پارامتر b مقدار ۰/۵، شخصیت درونگرا مقدار ۱/۵ و شخصیت دوسوگرا مقدار ۱ در نظر گرفته می‌شود. علاوه بر این، مقدار اولیه‌ی سطح فعالیت مغز یعنی y_0 برابر با سطح فعالیت ژنتیکی فرد یعنی همان b است (۴). همچنین رابطه‌ی فوق پارامتر $q > 0$ قدرت تأثیر بازدارنده، $p > 0$ قدرت تأثیر هیجان خواهی و تأخیر $\tau > 0$ نشان دهنده‌ی زمان لازم برای اینکه ژن‌های تنظیم‌کننده تأثیرات تنظیم را ایجاد کنند، می‌باشد.

۲- شبیه‌سازی پاسخ مغز به مت‌آفتماین

دستگاه معادلات دیفرانسیل ارائه شده در رابطه‌ی (۲) قابلیت پیش‌بینی نحوه‌ی عملکرد مغز انسان را پس از مصرف یک دوز ماده‌ی محرک نشان می‌دهد. این سیستم که به صورت معادلات دیفرانسیل دارای تأخیر ارائه شده‌است با استفاده از توابع `dde23` موجود در نرم‌افزار Matlab 23 پیاده‌سازی شده‌است. حل این معادله دیفرانسیل به روش تحلیلی پیچیده بوده و به همین دلیل پاسخ این معادلات با استفاده از روش‌های عددی حل

شده در بیاید. عامل p قدرت تأثیر هیجان خواهی و عامل q قدرت تأثیر بازدارنده است. این مقادیر باید مثبت باشند و مقدار آنها به هر فرد بستگی دارد (۲۳، ۱۴). بازه‌ی زمانی برای شبیه‌سازی برابر با طول مدتی است که فرد شروع به مصرف ماده محرک می‌کند تا هنگامی که اثر این ماده در بدن او کاملاً جذب شود. اعتبار مدل از جنبه‌ی الگوی زمانی که در شبیه‌سازی‌ها تولید می‌کند قابل بررسی است. این الگوی زمانی باید مطابق با رفتار پیش‌بینی شده توسط نظریه‌پردازان روانشناسی هماهنگ باشد. در واقع باید بتواند آنچه نظریه‌ی ویژگی شخصیتی یکتا برای تعادل تحریک-بازداری پیش‌بینی می‌کرد را نشان دهد. این تقریباً مشابه با الگوی کسب مؤثر است که توسط سولومون و کوریت و گروسبرگ ارائه شد (۲۳، ۵).

مقادیر پارامترهای مدل (۲) پس از کالیبره کردن آن، به صورت نمایش داده شده در جدول (۲) می‌باشند.

$y(t)$ را تقریب می‌زند که همان معادله‌ای است که می‌خواهیم حل کنیم. ورودی سوم تابع یعنی Z مقادیر $y(t)$ هایی که تأخیر دارند را وارد می‌کند. ستون Z بردار Z مقدار $y(t-\tau_j)$ را برای $j=1,2,\dots,k$ تقریب می‌زند. تأخیرها می‌توانند به هر ترتیبی وارد شوند و در اینجا فقط یک معادله دیفرانسیل تأخیری داریم که تأخیر مربوط به همان معادله است. در صورتی که تأخیرها بیشتر باشند τ_j برابر با $\text{lags}(j)$ می‌باشد. ورودی‌های چهارم به بعد پارامترهای مدل هستند که دارای مقدار ثابت بوده و برای حل معادله به آن‌ها نیاز است. می‌توانستیم به جای ارسال این پارامترها به عنوان ورودی func1 آن‌ها را به صورت global نیز در برنامه‌ی اصلی تعریف کنیم. فرد با مقدار برونگرایی y_0 که برابر با میزان برونگرایی ژنتیکی فرد یعنی b است، مصرف را شروع می‌کند. با مصرف یک دوز شیشه، پارامتر برونگرایی که با γ تعیین می‌شود شروع به تغییر می‌کند. عامل a نرخ کنترل تعادل است و عاملی است که باعث می‌شود مدل به فرم پیش‌بینی

جدول (۲) - پارامترها و مقادیر مدل کالیبره شده برای مصرف یک دوز مت‌آمفتامین

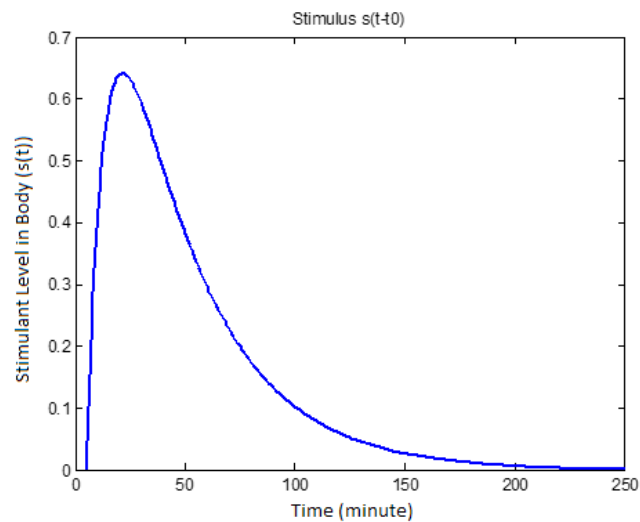
نماد پارامتر	نام پارامتر ورودی	مقدار
d	دوز داروی اولیه در بینی	۱
α	نرخ جذب	۰/۱۱۵۱
β	نرخ مصرف	۰/۰۲۶۸
a	نرخ کنترل حالت تعادل	۰/۰۵
b	سطح فعالیت پایه	۱/۵, ۱, ۰/۵
p	قدرت تأثیر هیجان خواهی	۰/۸
q	قدرت تأثیر بازدارنده	۰/۱
s_0	داروی اولیه در بدن	۰
y_0	سطح فعالیت اولیه	مانند b
τ	تأخیر تأثیر بازدارنده	۶۰

نرم افزار Matlab یافت شد. نمودار شکل (۱) سطح میزان ماده‌ی محرک مت‌آمفتامین را در مدت زمان ۲۵۰ دقیقه در بدن نشان می‌دهد.

یافته‌ها

از آنجا که مدل ارائه شده به صورت یک دستگاه معادله دیفرانسیل با تأخیر زمانی می‌باشد، پاسخ آن برای بازه‌ی زمانی مورد نظر به کمک روش‌های عددی و استفاده از

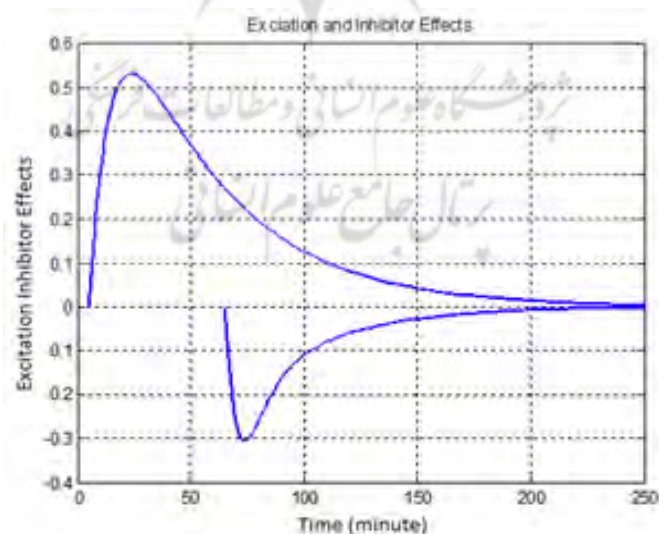
شکل (۱) سطح محرک در بدن پس از مصرف یک دوز مت‌آمفتامین



است. همانطور که ذکر شد، مدت زمان جذب ماده‌ی مت‌آمفتامین در بدن برابر با ۴ ساعت می‌باشد. نمودار شکل (۲)، تأثیرات هیجان‌خواهی-بازدارندگی را نشان می‌دهد که قسمت مثبت نمودار عامل تحریک‌کننده و قسمت منفی مربوط به عامل بازدارنده می‌شود. این نمودار با نظریه تعادل تحریک-بازدارندگی مطابقت دارد.

در این نمودار، محور افقی زمان بر حسب دقیقه و محور عمودی سطح میزان ماده‌ی محرک در خون فرد مصرف‌کننده است. پارامترها در این شبیه‌سازی به گونه‌ای تنظیم شده‌اند که نقطه‌ی بیشینه نمودار مربوط به زمانی است که محرک به میزان اوج خود در بدن می‌رسد یعنی ۲۰ دقیقه پس از شروع مصرف در زمان $t_0 + 20 = 25$. همچنین با نزدیک شدن به دقایق پایانی دوره‌ی شبیه‌سازی، سطح ماده در بدن کمتر شده و به صفر نزدیک شده

شکل (۲) تأثیرات هیجان‌خواهی-بازدارندگی پس از مصرف یک دوز مت‌آمفتامین

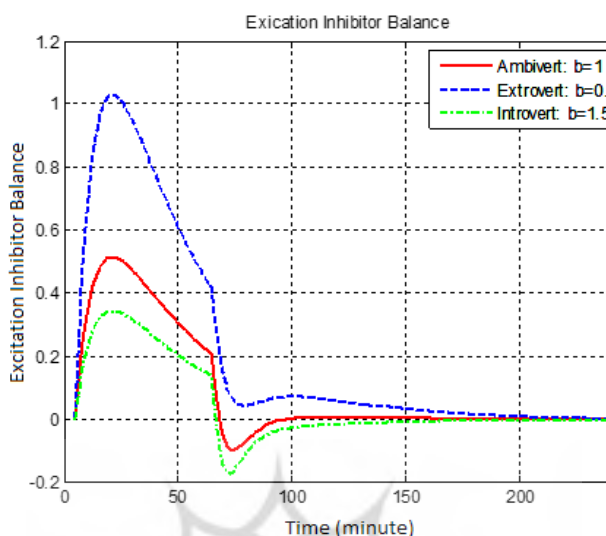


بازدارندگی در قسمت منفی و قدرت هیجان‌خواهی در قسمت مثبت نمودار دیده می‌شود. با تفاضل این دو مقدار از یکدیگر می‌توان به تعادل بازدارندگی-هیجان

در شکل (۲) مشاهده می‌شود که قدرت افزایش میزان هیجان‌خواهی برای ماده‌ی مت‌آمفتامین در مقایسه با قدرت بازدارندگی آن به چه صورت است. قدرت

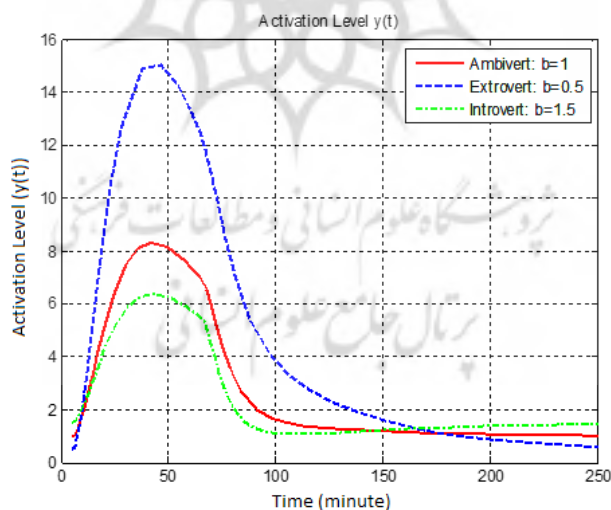
خواهیم رسید که در شکل (۳) داده شده است. نشان می‌دهد. دیده می‌شود که شخص برونگرا به میزان بیشتری تحریک می‌شود و فرد درونگرا در فاصله زمانی کمتری به حالت عادی باز می‌گردد.

شکل (۳) میزان تعادل تحریک-بازداری برای سه نوع شخصیت درونگرا، دوسوگرا و برونگرا پس از مصرف یک دوز محرک



شکل (۴) سطح برونگرایی سه نوع مصرف کننده مت‌آمفتامین را نشان می‌دهد. بر حسب نوع شخصیت آنها پس از مصرف ماده‌ی

شکل (۴) میزان برونگرایی مصرف کنندگان درونگرا، دوسوگرا و برونگرا پس از مصرف یک دوز مت‌آمفتامین



جهت تحلیل دقیقتر و نظری نتایج، ضریب همبستگی R پیرسون برای آزمایش‌های تعادل تحریک و میزان برونگرایی محاسبه گردید. این محاسبه بر مبنای رابطه (۳) انجام شد.

$$R = \frac{\sum_i x_i y_i}{\sqrt{\sum_i x_i^2 \sum_i y_i^2}} \quad (3)$$

در شکل (۴) مشاهده می‌شود که میزان برونگرایی فرد تا هنگام رسیدن تمرکز محرک در خون به اوج خود به شدت افزایش می‌یابد و پس از آن رو به نزول می‌رود. در انتها سطح برونگرایی فرد به حالت پایه‌ی آن باز می‌گردد. مقدار سطح فعالیت اولیه (قبل از شروع مصرف) برای فرد درونگرا ۱/۵ فرد دوسوگرا ۱ و برونگرا ۰/۵ است.

در این رابطه، همبستگی مابین نتایج شبیه‌سازی کامپیوتری و نتایج حاصل از تحقیق نظرسنجی میدانی [۹ و ۱۹] را مشخص شود که نتایج آن در جدول (۳) مشخص شده است.

جدول (۳) - همبستگی مابین نتایج شبیه‌سازی کامپیوتری و نتایج حاصل از تحقیق نظرسنجی میدانی

آزمون	تعادل تحریک بدون بهینه‌سازی	تعادل تحریک با بهینه‌سازی	میزان برونگرایی بدون بهینه‌سازی	میزان برونگرایی با بهینه‌سازی
ضریب R	۰/۷۷	۰/۸۹	۰/۷۹	۰/۹۲

مقدار ضریب R نشانگر اولاً تطبیق بالا و همبستگی مناسب بین نتایج شبیه‌سازی و نتایج تحقیق میدانی قبلی است [۹ و ۱۹] و در ثانی نقش بهینه‌سازی پارامترهای سیستم شبیه‌سازی به کمک الگوریتم هوشمند ژنتیکی را نشان می‌دهد که باعث بهبود کیفیت شبیه‌سازی تا افزایش تقریباً ۱۰٪ ضریب همبستگی R گردیده است.

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش انجام شده، نظریه مشهورگری را با شبیه‌سازی و با ملاک‌هایی نزدیک به کارآزمایی تصادفی کنترل شده مورد تایید قرار داد. سیستم فعال‌ساز رفتاری که توسط محرک‌های خوشایند مرتبط با پاداش (در اینجا مصرف دارو) فعال می‌شود زود انگیزته شده و افت (نزول) آن دیر هنگام‌تر است. در عین حال می‌توان از روش‌های ارائه شده در این مقاله و بخصوص مدل‌سازی شخصیت برونگرا برای پژوهش‌هایی از قبیل تأثیر صدا بر افراد برونگرا و درونگرا که قبلاً به صورت تجربی انجام شده‌اند نیز استفاده کرد (۲۴). از طرفی، برتری این پژوهش نسبت به پژوهش‌های قبلی این است که نشان می‌دهد سوء مصرف مواد در گروه‌های شخصیتی متفاوت و وابسته به تفاوت‌های فردی افراد است. یا احياناً به متغیرهایی که با شخصیت آنها تعامل دارد مربوط می‌شود. در این پژوهش، تنها متغیرهای شخصیت و اعتیاد مورد بررسی قرار می‌گیرند و متغیرهای دیگری که ممکن است با شخصیت تغییر کنند، مانند انگیزش، نگرش، و غیره در این پژوهش کنترل شده‌اند.

در این پژوهش ارتباط متقابل بین شخصیت و اعتیاد بررسی شد و رویکردی ارائه گردید که با قابلیت

پیش‌بینی خود می‌تواند تغییرات مغز انسان را پس از مصرف محرک بررسی کرده و تغییرات شخصیت مصرف‌کننده از جنبه‌ی برون‌گرایی را نشان دهد. این شبیه‌سازی برای الگوی مصرف مواد محرک در ایران انجام شده‌است و قابلیت پیش‌بینی نحوه‌ی عملکرد افراد را بر حسب نوع شخصیت آنها دارد (سه نوع شخصیت درون‌گرا، دوسوگرا و برون‌گرا). با استفاده از این مدل می‌توان شبیه‌سازی‌هایی را برای حالات مختلف مصرف و با داده‌های متفاوت انجام داد. همچنین، میزان ماده در خون فرد مصرف‌کننده با زمان تغییر میکند. در نمودار شکل (۱) مشاهده می‌شود که با افزایش دوز مصرفی، میزان تمرکز محرک در خون نیز افزایش یافته است. میزان سطح محرک در خون به شخصیت افراد بستگی نداشته و وابسته به میزان دوز مصرفی است. مصرف‌کننده پس از مصرف داروی محرک مت‌آفتمین به سرعت به یک اوج لذت می‌رسد و به دنبال آن به یک دوره‌ی ثابت از خوشی دست پیدا می‌کند. با پایان تدریجی این دوره، سطح فعالیت باعث ایجاد حس ناآرامی در فرد می‌شود که قسمت منفی شکل (۲) آن را نشان می‌دهد. برون‌گرایی مصرف‌کننده، در انتها به حالت اولیه‌ی فعالیت بازمی‌گردد. همچنین، با توجه به شکل (۴) مشاهده می‌شود که در مدت زمان مشابه و با دوز مصرفی مشابه، فرد برونگرا سطح فعالیت مغزی بسیار بالایی دارد. پس از آن به ترتیب شخصیت‌های دوسوگرا و درونگرا قرار می‌گیرند. فرد درونگرا با سرعت بیشتری به حالت اولیه‌ی ژنتیکی خود بازمی‌گردد. در حالی که زمان بازگشت برای برونگرا بیشتر است.

از جنبه کاربردی، نتایج این پژوهش می‌تواند در

آیزنک بر مبنای همین مسئله در آثار خود همیشه توصیه می کرد که داروهای محرک (حتی قهوه) ممکن است در شخصیت افراد تأثیر بگذارند. مدل سولومن و کربیت در شکل (۳) بازتاب یافته است که پس دوره تحریک نوبت واکنش رقیب- که لذت زدایی می کند- می رسد و در آن زمان هر دو دوره تحریک و بازداری را برای هر سه نوع شخصیت یعنی برونگرا، درونگرا و دوسوگرا تصویر می کند. این پژوهش، زمینه ایی برای درهم تنیدگی یک الگوی عمومی سولومن و کربیت و تفاوت های فردی فراهم می سازد که درک بهتری از شروع واکنش های رقیب در افراد با شخصیت های گوناگون ایجاد می کند. از آنجا که منحنی توزیع افراد در جامعه از نظر برونگرایی یک منحنی نرمال است (بیش از ۶۸ درصد افراد جامعه دو سوگرا هستند و در نظام شخصیتی آیزنک فقط روان پریشی چولگی دارد (۲۸))، بنابراین، آن بخش از یافته ها که به افراد دوسوگرا مربوط می شود نیازمند دقت بیشتر به دلیل گستره وسیعتر جمعیتی است.

از طرف دیگر این نظریه بنیادی توسط پژوهشگران، مدلسازی ریاضی شده و زمینه ای فعالیت را برای جنبه های بین رشته ایی (هوش مصنوعی و روانشناسی) هموار می سازد. تکمیل این تحقیق می تواند دیدگاه جدید و زمینه ای فعالیت را برای علاقمندان به فعالیت در زمینه های بین رشته ایی به خصوص علوم شناختی و ارتباط هوش مصنوعی با این حوزه ها ایجاد نماید. برای مثال، نتایج این مقاله می تواند برای افرادی که برنامه ای راهنمای کاربردی درمان سوء مصرف مواد را تنظیم می کنند اهمیت زیادی داشته باشد. این پژوهش با به کارگیری علوم کامپیوتر و روش های عددی برای حل معادلات دیفرانسیل تأخیری در ریاضیات یک مساله ای روانشناسی را حل کند و از جنبه ای بین رشته ای بودن یک تحقیق کاربردی نوین به شمار می رود و راه برای پژوهش های آتی در زمینه ای علوم شناختی، به ویژه در ایران، هموار می سازد.

طراحی شیوه ی بهینه ی درمان معتادان با توجه به الگوهای شخصیتی آن ها گام موثری بردارد. با ادامه و گسترش تحقیقات در این زمینه می توان در موارد اجرایی پیشگیری و درمان اعتیاد از آن کمک گرفت. مثلاً با در نظر گرفتن حالات مختلف مصرف، دوز مصرف متفاوت و مواد محرکی به غیر از متامفتامین در زمینه ی پیشگیری و درمان اعتیاد کمک نمود. با توجه به دانستن اینکه افرادی که شیشه مصرف می کنند داری چه شخصیتی هستند و بر اساس این شخصیت، مغز آنها چگونه پاسخی را به مصرف محرک می دهد، امکان مداخله و بهبود روند ابتلا به اعتیاد و درمان آنها بهتر میسر می گردد. این مداخله با توجه به نتایج این پژوهش که بر همه ی محدودیت های تحقیقات معمول علی پس از وقوع^۱ بر روی افراد واقعی را داراست- و با اطمینان از علیت (و نه رابطه) انجام میشود و فرض می گردد که و متغیر سومی به صورت تصنعی^۲ این رابطه را ایجاد نکرده است. این پژوهش می تواند زمینه ساز مداخلات موثر برای تأثیرگذاری و کاهش اعتیاد باشد. در این پژوهش تأثیر مواد محرک بر شخصیت مورد بررسی قرار گرفت. می توان با روش استفاده شده در این پژوهش، تأثیر مواد مخدر بر شخصیت را بررسی کرد/ پیشنهاد می شود مسیر این پژوهش بر روی مواد مخدر تداوم یابد. تحقیقات بین رشته ای (هوش مصنوعی و روان شناسی) می تواند افق های جدیدی را بر روی تحلیل شخصیت و کاربردهای آن بگشاید. برای مثال، اینکه معادله واکنش موثر حال برای افراد برونگرا سریعتر صفر می شود را میتوان بر روی الگوی ریاضی شخصیت برونگرا پیاده سازی کرد. به نظر نویسندگان این مقاله، شکل (۴) در بخش یافته ها از مسئله ای پرده برمی دارد که قبلاً به صورت حدسی مطرح شده بود: "اینکه با مصرف مواد محرک شخصیت فرد به افراد برونگرا نزدیک می شود، با افزایش ماده محرک برونگرایی در حالت اوج ظاهر می شود، و بنابراین جهت از سمت اضطراب به تکانشگری می رود که با رفتارهای تکانشی از قبیل پرخاشگری ممکن است تظاهر کند" (۲۵-۲۷).

1- Ex post Factor
2- Artifact

این کار از فرم‌های نظرسنجی استفاده می‌شود. در تحقیق حاضر مشاهده شد که می‌توان از روی خصوصیات فیزیولوژی افراد، به نوع احساس و شخصیت آن‌ها پی برد، و دیگر محدود به فرم‌های نظرسنجی نخواهیم بود. با دانستن احساسات، که به ویژگی‌های خلقی افراد مربوط می‌شوند، دیگر نیاز قطعی به سوال پرسیدن از خود فرد نیست و می‌توان از روی علایم فیزیولوژی او، شخصیت و احساساتش را تشخیص داد. این پژوهش، از جنبه‌ی شبیه‌سازی دو سویه‌ی احساس و مغز، در زمینه‌ی هوش مصنوعی تحقیقی پرکاربرد به شمار می‌آید. در پژوهش‌های آینده می‌توان، روی دیگر ویژگی‌های احساسی و شخصیتی افراد تمرکز کرد و به کمک مدل‌های ریاضی و شبیه‌سازی عددی، سیستم‌هایی را طراحی کرد که ویژگی‌های اخلاقی افراد را از روی رفتار و بروندهای ایشان پیش‌بینی کنند.

دریافت مقاله: ۹۳/۱۱/۱۰ ; پذیرش مقاله: ۹۴/۱/۱۲

برای مقایسه با تحقیقات قبلی، شبیه‌سازی کامپیوتری به عنوان ابزاری برای تحلیل نتایج یا پیش‌بینی پارامترها در تحقیقات روانشناسی و علوم انسانی در دنیا سابقه‌ای طولانی دارد و از دهه ۱۹۶۰ آغاز شده است. لیکن در ایران، سابقه اینگونه تحقیقات بسیار کمتر و محدودتر بوده است. لذا امکان مقایسه نتایج با تحقیقات داخلی وجود ندارد. در یک مقایسه ضمنی با نتایج شبیه‌سازی کسلز (۴) که در محیط اروپا انجام شده است، بهبود پارامترهای مدل به کمک الگوریتم هوشمند ژنتیکی همانگونه که در جدول (۲) دیده می‌شود باعث بیش از ۱۰٪ بهبود در ضریب همبستگی R گردیده است که می‌تواند به بهبود ۱۰٪ در دقت شبیه‌سازی تعبیر گردد. علاوه بر موارد مذکور، در بسیاری از پژوهش‌ها، خصائص روانی کاربران یک سیستم برآورد می‌شود تا با توجه به آن‌ها، پیشنهادات دیگری نیز به آن‌ها توصیه شود. برای مثال در یک محیط مجازی که مربوط به خرید است، با برآورد کردن ویژگی‌های روانی مشتریان، می‌توان برای خرید به آن‌ها پیشنهادهایی را ارائه کرد که معمولاً برای

منابع

- Oreizy H.R, Farahani H.A. *Applied Research Methods in Counselling and Clinical Psychology*. Tehran. Danzheh Press; 2008. [Persian].
- Oreizy H.R. The use of two Paradigms of Neural Networks to Investigate the Tendency of Employee Turnover. *Proceedings of 2nd International Congress of Cognitive Science*; Tehran, Iran; 2003. [Persian].
- Ekhtiari H. Future Directions of Research in the Biological Treatment of Methamphetamine Dependence in Iran. *Addiction Journal* 2009;9:49.[Persian]
- Amigo S, Joan A.C, Mico C. A Dynamic Extraversion Model. The Brain's Response to a Single Dose of a Stimulant Drug, *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology* 2008;211-231.
- Caselles A, Amigo S. "Cocaine Addiction and Personality: A Mathematical Model," *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology* 2010;449-480.
- Moazen S, Azadfallah P, Safi M. Comparison of Brain/Behavioral Systems Activities and Dimensions of Perfectionism in Patients With Coronary Heart Disease and Healthy, *Journal of Behavioral Sciences* 2009;3:113-119.[Persian].
- Azadfallah P. Behavioral Brain Systems, Personality Bio-Structures. *Modares Journal* 2000;4(1):63-81.[Persian].
- Atrifard M. The relationship between the activity of brain / behavioral systems and prone to feelings of shame and guilt [Master's Thesis], Tarbiat Modares University; 2004.[Persian]
- Hajrasouliha M, Oreizi H.R. The General Factor of Personality, Sensitivity to Reward and Punishment and Drug Addiction, *Reef Resources Assessment and Management Technical Paper RRAMT* 2014;40.
- Gray J.A. *The psychophysiological nature of introversion-extroversion: A modification of Eysenck's theory, Biological basis on individual behavior*. New York: Academic Press;1972.

11. Gray J.A. *A critique of Eysenck's theory of personality*. In *a model of personality*, New York: Springer, 1981;246-276.
12. Amigo S. The unique-trait personality theory. Towards a unified theory of brain and conduct. Valencia: *Editorial de la Universidad Politecnica de Valencia* 2005;108-120.
13. Solomon RL, Corbit J.D. An opponent-process theory of motivation. *Psychological Review* 1974; 81:119-145.
14. Gieschke R, Serafin D. *Development of Innovative Drugs via Modeling with MATLAB, A Practical Guide*, Springer; 2014.
15. Caselles A. Improvements in the Systems-Based Models Generator SIGEM. *Cybernetics and Systems: An International Journal* 1994;81-103.
16. Haken H. Brain dynamics. *Synchronization and activity patterns in pulse-coupled neural nets with delays and noise*. New York: Springer; 2002.
17. Wu ZY, Walski T, Mankowski R, Herrin G, Gurrieri R, Tryby M. Calibrating water distribution model via genetic algorithms. Proc. AWWA IMTech, Kansas City, Mo; 2002.
18. Wu ZY, Sage P. Water loss detection via genetic algorithm optimization-based model calibration. ASCE 8th Annual International; 2006.
19. Hajrasouliha M. Comparison of the General Factor of Personality, Sensation Seeking, Reward Sensitivity and Sensitivity to Punishment and Antisocial Personality Disorder Among Men Dependent to Narcotics and Stimulants in Isfahan City Residential Centers and Suggestion of a Mathematical Model [Master Thesis], Isfahan Science and Research Azad Univ; 2013. [Persian]
20. Keyvanara M, Monadjemi SA. Simulating Brain Reaction to Methamphetamine Regarding Consumer Personality. *International Journal of Artificial Intelligence and Applications (IJAIA)* 2015;6(4):63-72.
21. Ashlock D. *Evolutionary Computation for Modeling and Optimization* 2006;66-74.
22. Yoon Y, Kim Y. The Roles of Crossover and Mutation in Real-Coded Genetic Algorithms. *Bio Inspired Computational Algorithms and their Applications* 2012;65-82.
23. Shampine LF, Thompson S. Solving DDEs in MATLAB. *Applied Numerical Mathematics* 2001;37: 441-458.
24. Sepehrian A, Ketabi A. Effect of music, loudness and silence and introverts and extroverts students' functionality. *Contemporary Psychology* 2013;8(2):69-80. [Persian]
25. Rafiee H. *Brain, Behavior and Biological Treatments*. Ava Publications; Tehran; 1995. [Persian].
26. Eysenck H.J. *Uses and Abuses of Psychology*. Oxford, England: Penguin Books; 1953.
27. Restak R.M. *The brain: The Last Frontier*. Vol.8. New York: Doubleday; 1979.
28. Shackleton V.J, Fletcher C. *Individual differences, theories and applications*. London: Methuen; 1984.