Archive of SID.ir

Tech. Edu. J. 17(2): 249-264, Spring 2023

Technology of Education Journal
(TEJ)
Homepage: jte.sru.ac.ir

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Investigation of Decision-Making Computational cortex-like mechanism models in Neuroeducation

A.M. Mousavi Harris[1], R. Ebrahimpour[*,2]

[1] Department of Artificial Intelligence, Faculty of Computer Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran
[2] Institute for Convergent Science and Technology, Sharif University of Technology, Tehran, Iran

Received: 04 September 2022
Reviewed: 30 November 2022
Revised: 21 January 2023
Accepted: 25 January 2023

KEYWORDS:
Neuroeducation
Pedagogy
M education
Decision-Making
Neural-Computational Model

* Corresponding author
rebrahimpour@sru.ac.ir
(+9821) 22970117

ABSTRACT

Background and Objectives: Methods of pedagogy, for a long time, have been a social practice based on direct experiences from the past, and many of teaching methods have been traditionally formed. These methods were not supported by a scientific theory-based system and failed to keep up with the rapidly changing social needs. Neuroeducation is an experimental science and an interdisciplinary field that applies the latest theoretical advances in the human brain and psychology to education. By studying the theories in neuroeducation, it enables us to improve optimal presentation of contents for a course, teaching strategy and teaching methods of new subjects, and simultaneously improve students' computational thinking ability. One way that these theories can be tested is to study how decision-making is formed in the human brain. Goal-based decisions and behaviors depend on both sensory evidence mechanisms that collect perceptual information from the outside and mechanisms that select appropriate behaviors based on that sensory information which is decision-making mechanisms. Behaviorism is one of the basic foundations of theories of learning and behavior. One way to study behavior in detail is to use computational models based on brain biology that have been developed by neuroscientists in recent years. In this paper we try to explore the relationship between neuroeducation and pedagogy by studying theoretical achievements in computational neuroscience, cognitive neuroscience and psychology.

Methods: To investigate this issue, a neural-computational model of brain-based for decision making was used. This model consists of two recurrent dynamic neurons that can explore how perceptual decisions are formed in complex behavioral spaces and show the key parameters of decision-making process. In this study, we designed three different experiments in the model that included the accuracy-speed trade-off when responding, the effect of attention on decision making, and the impact of the confidence of decision, and then analyzed how the parameters and model's behavior change then we map the parameters to the classroom and changes in student's brain. Finally, we used linear regression model to study the relationships and correlations between the parameters of the model's behavior.

Findings: The results showed that using this decision-making computational model opened a way to study the speed-accuracy trade-off of students while answering exam questions and then, by using the model, an optimal trade-off could be found to answer the questions. Also, the analysis of model parameters showed that the level of students' attention in the classroom could be measured by the model and it had an important effect on decision making and answering the questions. Finally, the model could show the effect of students' confidence on their performance and based on the fitted data of the model to students' behavioral data, we could make optimal suggestions from the perspective of educational psychology.

Conclusion: In this study, we show that by using decision-making neural-computational models, students' behavior in the classroom can be modeled. Educational science experts and psychologists in the field of pedagogy can use the findings to provide the best and most optimal teaching methods for teaching easily and the flourishing of students' creativity.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

NUMBER OF REFERENCES
88

NUMBER OF FIGURES
6

NUMBER OF TABLES
2

مقاله پژوهشی

بررسی مدل‌های محاسباتی تصمیم‌گیری مبتنی بر سازوکار عصبی مغز انسان در حوزه آموزش عصبی

امیرمحمود موسوی‌هریس[۱]، رضا ابراهیم‌پور*[۲]

[۱] گروه هوش مصنوعی، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، تهران، ایران
[۲] پژوهشکده جامع علوم و فناوری‌های همگرا، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

چکیده

پیشینه و اهداف: از دیرباز، فن آموزش و پروش، یک عمل اجتماعی مبتنی‌بر تجربیات مستقیم از گذشته بوده است و بسیاری از روش‌های تدریس، به‌طور سنتی شکل گرفته‌است. این روش‌ها توسط یک سیستم مبتنی بر نظریه‌های علمی، پشتیبانی نمی‌شد و نمی‌توانست نیازهای اجتماعی را که به سرعت در حال تغییر است برآورده کند. آموزش عصبی، یک علم تجربی و یک موضوع بین رشته‌ای است که آخرین پیشرفت‌های نظری در مغز انسان و روانشناسی را در آموزش به‌کار می‌برد. با مطالعه دقیق نظریه‌های موجود در آموزش عصبی، می‌توان نحوه ارائه محتوای بهینه برای یک دوره آموزشی، راهبرد تدریس و روش‌های آموزش مطالب جدید و در عین حال بهبود توانایی تفکر محاسباتی دانش‌آموزان را بهبود بخشید. یکی از راه‌هایی که می‌توان این نظریه‌ها را امتحان کرد، مطالعه نحوه شکل‌گیری تصمیم در مغز انسان است. تصمیم و رفتارهای مبتنی‌بر هدف، هم به سازوکارهای شواهدِ حسی که اطلاعاتِ ادراکی را از دنیای بیرون جمع‌آوری می‌کند و هم به سازوکارهای تصمیم‌گیری که رفتار مناسب را بر اساس آن اطلاعات حسی انتخاب می‌کنند، بستگی دارد. رفتارگرایی، یکی از پایه‌های اساسیِ نظریه‌های یادگیری و رفتار است. یکی از راه‌های مطالعه دقیق رفتار، استفاده از مدل‌های محاسباتی مبتنی‌بر بیولوژی مغز است که متخصصان حوزه علوم اعصاب طی سالیان اخیر ارائه کرده‌اند. این مقاله سعی بر بررسی ارتباط بین آموزش عصبی و نحوه تدریس از طریق مطالعهٔ دستاوردهای نظری تصمیم‌گیری در علوم اعصاب محاسباتی، عصب شناسی شناختی و روانشناسی، دارد.

روش‌ها: به‌منظور بررسی این مسأله، از یک مدل نورونی-محاسباتیِ تصمیم‌گیری مبتنی‌بر مغز استفاده شده است. این مدل، متشکل از دو نورون پویای بازگشتی است که می‌تواند نحوه شکل‌گیریِ تصمیم‌های ادارکی را در فضاهای پیچیده رفتاری بررسی کند و پارامترهای کلیدی که باعث به‌وجود آمدن تصمیم می‌شوند را نمایش دهد. در این پژوهش، سه آزمایش مختلف که شامل موازنه دقت-سرعت در هنگام پاسخ دادن، اثر توجه در تصمیم‌گیری و اثر قطعیت تصمیم بود، در مدل طراحی شده و سپس به تحلیل نحوه تغییر پارامترها و رفتار مدل و نگاشت آن‌ها به کلاس درس و تغییرات تفکر دانش‌آموز پرداخته شده. است در نهایت با استفاده از مدل رگرسیون خطی، روابط و همبستگی بین پارامترهای رفتاری مدل مطالعه شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که با استفاده از این مدل تصمیم‌گیری محاسباتی، می‌توان موازنه سرعت و دقت دانش‌آموزان در هنگام پاسخ به سؤالات امتحان را به‌خوبی مطالعه کرد و با استفاده از مدل، به یک حد موازنه بهینه برای پاسخ به سؤالات رسید. همین‌طور تحلیل پارامترهای مدل نشان داد که میزان توجه دانش‌آموزان در کلاس درس توسط مدل قابل اندازه‌گیری است و تأثیر مهمی در تصمیم‌گیری و پاسخ به سؤالات دارد. در نهایت، مدل می‌تواند تأثیر میزان اعتماد به‌نفس دانش‌آموزان بر روی عملکردشان را به‌خوبی نمایش دهد و براساس داده‌های برازش‌شده مدل به داده‌های رفتاری دانش‌آموزان، پیشنهادهای بهینه‌ای را از منظر روانشناسی تربیتی ارائه کرد.

نتیجه‌گیری: در این مطالعه، نشان داده شد که با استفاده از مدل‌های نورونی-محاسباتی تصمیم‌گیری، می‌توان رفتار دانش‌آموزان در کلاس درس و هنگام یادگیری را مدل کرد. کارشناسان علوم تربیتی و روانشناسان حوزه آموزش می‌توانند از یافته‌های مدل استفاده کنند تا طبق آن بهترین و بهینه‌ترین روش‌های آموزش را در جهت آموزش آسان و شکوفایی خلاقیت دانش‌آموزان ارائه کنند.

تاریخ دریافت: ۱۳ شهریور ۱۴۰۱
تاریخ داوری: ۹ آذر ۱۴۰۱
تاریخ اصلاح: ۱ بهمن ۱۴۰۱
تاریخ پذیرش: ۵ بهمن ۱۴۰۱

واژگان کلیدی:
تصمیم‌گیری
آموزش عصبی
مدل نورنی- محاسباتی
تعلیم و تربیت
آموزش نوین

* نویسنده مسئول
rebrahimpour@sru.ac.ir
۰۲۱-۲۲۹۷۰۱۱۷

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مقدّمه

امروزه علوم اعصاب یا نوروساینس پیشرفت چشمگیری داشته است و سعی بر مطالعهٔ علمی سیستم عصبی است. علوم اعصاب یک علم بین رشته‌ای محسوب می‌شود که شامل علوم مختلفی مانند فیزیولوژی، سلول‌شناسی، مدل‌سازی محاسباتی، پردازش سیگنال‌های زیستی، روانشناسی و غیره است. همه این علوم دست به دست هم می‌دهند تا عملکرد نورون‌های عصبی و ویژگی‌های بارز مدارهای عصبی در موجودات هوشمند را بررسی کنند. یافته‌های علوم اعصاب در رشته‌های زیادی از جمله مانند روانشناسی[۱, ۲]، علوم پزشکی[۳]، اقتصاد [۴, ۵]، فلسفه[۶] و آموزش[۷-۱۲] مهم است و کاربردهای باارزشی را درجهت پیشرفت و حل مشکلات و چالش‌های موجود در رشته‌های دیگر داشته است.

تعریف یادگیری در علوم اعصاب این است که یادگیری یک تغییر دائمی در مغز است[۱۳]. از نظر عصب‌بیولوژیکی، یادگیری را به‌عنوان ورودی حسی پردازش شده توسط ذهن (مغز) و سازمان‌دهی در اِدراکات یا مدارهای عصبی تفسیر می‌کنند[۱۴]. در اوایل قرن بیست و یکم، یک علم جدید بین‌رشته‌ای به نام آموزش عصبی پدیدار شد. این رشته، نظریه‌های علوم اعصاب، روانشناسی و آموزش را برای تحقق نوآوریِ ساختاری و عملکردی روش‌های تدریس جهت بهبود کیفیت تدریس و شکوفایی استعداد دانش‌آموزان ادغام می‌کند[۱۵]. شکل‌گیری آموزش عصبی، نشان دهندهٔ مرحلهٔ جدیدی در توسعه آموزش و پرورش است. از نظر مبانی فلسفی، ماهیت و روش‌های توسعه این موضوع، تفاوت اساسی و بارزی با آموزش سنتی دارد. باترو معتقد است که قوانین رشد و سازوکارهایِ شناختیِ آشکارشده توسط آموزش عصبی، مبنای علمی معلمان است تا دانش را به‌خوبی بپزند و یک غذای معنوی ایجاد کنند که دانش‌آموزان آن را دوست دارند و هضم می‌کنند[۱۶]. بلیر معتقد بود که وظیفه اصلی معلم این است که دانش‌آموزان را به دنیای گسترده‌تر راهنمایی کند تا علایق خود را پیدا کنند و به زمینه‌هایی سوق دهند که در آن‌ها می‌توانند با استفاده از تجربیات غنیِ آموخته‌شده و درک بالا از مسأله‌های موجود، به بهترین و بهینه‌ترین نتیجه برسند تا اینکه فقط دانشِ خالی را انتقال دهند و دانش‌آموزان آن‌ها را حفظ کنند[۱۷]. ظهور آموزش عصبی، مفروضات اساسی آموزش سنتی را به چالش می کشد و ما را ملزم به بازشناسی ساختار سازمانی مدارس و کلاس‌های درس و پیامدهای آزمون‌ها و ارزیابی‌ها می‌کند[۱۸]. بنابراین نحوه به کارگیری نتایج تحقیقات علوم اعصاب و روانشناسی در آموزش و تدریس و حل مشکلات در عمل آموزشی بسیار حائز اهمیت است. آموزش عصبی، به‌طور کلی‌تر دارای نظریه‌های مرتبط زیر است:

- یادگیری و شناخت، سازوکارهای طبیعیِ رشد مغز هستند. وظایف عملکردی مغز انسان شامل تفکر، احساسات، تخیل و سایر فرآیندهای پیچیدهٔ روانی است. یادگیری، سازوکار اساسی رشد مغز است؛ به همان اندازه که تغذیه و تنفس در رشد انسان مهم است. انسان‌ها به‌طور غریزی، میلِ شناخت و آگاهی از جهان اطرافش را دارند. فن آموزش و پروش به‌عنوان یک علم باید شرایطی را برای رفع این میل و نیازهای انسان ایجاد کند.

- مغز انسان با برقراری نظم به دنبال معنا است و برای کشف معنا به تجربه موجود تکیه می‌کند، که همان میزان کیفیتِ مستعد بودنِ مغز (استعداد) است. مغز همیشه نقش مهمی در ایجاد ارتباط بین تجربیات موجود و موقعیت‌های جدید دارد. روش آموزشیِ مبتنی‌بر حفظ کردن می‌تواند مانع رشد مغز و شکوفایی استعداد شود.

- احساسات یک عامل ضروری برای فعالیت مؤثر مغز است. ایجاد و حفظ یک زمینه عاطفی خوب و به دور از اضطراب و استرس، نه‌تنها به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا بر دانش تسلط پیدا کنند؛ بلکه ذهن خلاق و پتانسیل آن‌ها را تحریک می‌کند. اشمیتز، با توجه به روشی که یادگیری بر رشد عواطف انسانی تأثیر می‌گذارد، خاطرنشان کرد که وضعیت هیجانی مثبت و خوش‌بینانه می‌تواند تأخیر بصریِ «پتانسیل مرتبط با رویداد» افراد را کاهش و تحریک‌پذیری را افزایش دهد. برعکس، یک حالت احساسی کسل‌کننده و منفی، پتانسیل تحریکی را سرکوب کرده، دریافت فراوانی اطلاعات را کاهش می‌دهد، و سیگنال‌های دریافتی از ورودی حسی را در مغز انسان به تأخیر می‌اندازد[۱۹].

- رشد مغز، در محیط آزاد و خلاق تحریک و در موقعیت‌های وجود اجبار یا تهدید سرکوب می‌شود. در سرعت پردازش و فرآیند تفکر هنگام پردازش اطلاعات، مغز انسان ویژگی‌های شخصی منحصربه‌فرد خود را دارد. بنابراین، هرکسی روش یادگیری، درک دنیای اطراف و مدل تفکر منحصربه‌فرد خود را دارد.

- یادگیری، یک فرآیند نوسانی است. دانش‌آموزان شروع به درکِ سطح پایینی از وظایف یا رفتارها می‌کنند. با پیشرفت یادگیری، آن‌ها به‌تدریج شروع به کسب مهارت‌هایی در آن زمینه، از بازنمایی تا انتزاع می‌کنند؛ اما به‌دلیل تغییر شرایط یا دلایل دیگر، سطح درک پایین می‌آید و پس از آن دانش‌آموزان ذهن خود را اصلاح کرده و برای مدتی همان حالت را نگه می‌دارند و سپس ممکن است، افت دیگری را در درک از وظایف تجربه کنند. وقتی دانش‌آموزان مهارت‌های جدیدی را یاد می‌گیرند یا به درک جدیدی دست می‌یابند، خود این فرآیند بارها تکرار می‌شود و به اصطلاح الگوی موجی را در یادگیری تولید می‌کند[۱۶].

علی‌رغم منتقدان قوی به حوزه آموزش عصبی [۲۰-۲۲] و بحث‌های مداوم در مورد مزایای استفاده از دانش به‌دست آمده از تحقیقات علوم اعصاب در مورد مشکلات آموزشی [۲۳, ۲۴]، ارتباطات بالقوه بین علوم اعصاب و آموزش به‌طور فعال در سراسر جهان در حال بررسی است. از برچسب‌های مختلفی برای توصیف چنین تلاش‌هایی استفاده شده است؛ مانند آموزش عصبی، علوم اعصاب آموزشی و ذهن، مغز و آموزش. با این وجود، تبدیل تحقیقات علوم اعصاب به آموزش مسأله دشواری است. پیشرفت‌های علوم اعصاب و استفاده از ابزارهای متعدد باعث شده تا دانشمندان از مغز انسان و نحوه یادگیری در طول یک دوره تدریس، اطلاعات خوبی کسب کنند. بیشتر این روش‌ها (مانند تصویربرداری عصبی کارکردی و الکتروانسفالوگرافی) که در حوزه آموزش عصبی از

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

آن‌ها استفاده می‌شود، هزینه‌بر هستند؛ ولی مدل‌های محاسباتی ارائه‌شده از نواحی مختلف مغزی که کاملاً مبتنی بر بیولوژی هستند به‌طرز شگفت‌انگیزی کار را برای مطالعه رفتار و آزمایش نظریه‌های جدید برای دانشمندان راحت‌تر کرده و حاوی اطلاعات بسیار مفیدی از نحوه عملکرد مغز و رفتار افراد در شرایط مختلف، با هزینه بسیار کمتر است. علی‌رغم سودمند بودن این‌گونه مدل‌ها، مطالعات زیادی به آن‌ها نپرداخته‌اند و جای خالی‌شان به شدت احساس می‌شود. لذا در این پژوهش تلاش شده تا با معرفی یکی از مدل‌های نورونی-محاسباتی که قشر آهیانه‌ای مغز را مدل‌سازی کرده است و انجام آزمایشات متعدد، کاربرد این‌گونه مدل‌ها در حوزه آموزش عصبی بررسی و نشان داده شود.

پیشینه تحقیق

رفتارگرایی، یکی از پایه‌های اساسیِ نظریه‌های یادگیری و رفتار است. رفتارهای مبتنی‌بر هدف، هم به سازوکارهای شواهدِ حسی که اطلاعاتِ ادراکی را از دنیای بیرون جمع‌آوری می‌کند و هم به سازوکارهای تصمیم‌گیری که رفتار مناسب را براساس آن اطلاعات حسی انتخاب می‌کنند، بستگی دارد[۲۵]. یکی از اصول یادگیری از منظر روانشناسی شناختی این است که ادراک، فرآیند یا نتیجهٔ سازماندهی ورودی‌هایِ حسی بر پایهٔ روابطِ معنادارِ ایده‌ها و تفکرات است[۲۶-۲۸]. یکی از راه‌های مهم و اساسی جهت توصیف دقیق رفتار، شناخت سازوکار محاسباتی تصمیم‌گیری است. تصمیم‌گیری یکی از بالاترین سطوح فعالیت‌های شناختی مغز محسوب می‌شود و همچنین یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین بخش‌های زندگی انسان است، که مطالعهٔ فرآیند آن می‌تواند نقش مهمی در شناخت نحوهٔ عملکرد مغز انسان داشته‌باشد.

تصمیم‌گیری فرآیند انتخاب از بین گزینه‌های دیگر است. با این تعریف بیشتر رفتارهای انسان و حیوان ناشی از تصمیم‌گیری یک یا چند تصمیم است. این امر باعث می شود دانش تصمیم‌گیری برای آن دسته از زمینه‌های علمی که با انسان یا حیوانات مانند علوم شناختی، علوم اعصاب، علوم پزشکی، اقتصاد، فلسفه و غیره سروکار دارند، بسیار مهم باشد. مطالعه فرآیند و نحوهٔ شکل‌گیری آن در مغز، از دیرباز مرکز توجه محققان بسیاری بوده و هست[۲۹-۳۳]. به‌طور کلی، انسان‌ها در زندگی روزمره خود، اغلب براساس اطلاعاتی که از طریق حواس خود در محیط اطرافشان دریافت می‌کنند، در مورد گزینه‌های پیشِ رو تصمیم‌گیری می‌کنند. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که فرآیند تصمیم‌گیری، ابتدا نیازمند به یک سری شواهد اولیه است [۳۴]. در هنگام تصمیم‌گیری (فارغ از مدت زمان آن)، شواهد به صورت پیوسته و متوالی تجمیع می‌شوند[۳۵]. حال اگر این شواهد درحال تجمیع، به یک حد مشخصی برسند؛ می‌توان گفت که تصمیم گرفته‌شده‌است. به این حد مشخص، حد آستانه تصمیم گفته می‌شود [۳۱]. محققان حوزه علوم اعصاب نشان داده‌اند که یادگیری زمانی مغز را تغییر می‌دهد که ورودی از نظر معنایی، مرتبط و معنادار باشد[۱۳, ۳۶]. ساختار مغز، با تغییر عملکرد مغز تغییر می‌کند. به‌طور خاص، افزایش معنا و کاربرد می‌تواند نحوه تحریک و مهار ورودی حسی مغز را تغییر دهد[۳۷] وقتی ورودی حسی معنی‌دار نباشد؛ توسط نورون پردازش نمی‌شود. به این معنی که مناطقی از مغز به دلیل کمبود ورودی معنادار فعال نمی‌شوند. محققان علوم اعصاب، مشاهده کردند که دانش‌آموزانی که مبتلا به ناتوانی‌های یادگیری و ناتوانی‌های مرتبط با رفتار نامناسب هستند، ریسک‌پذیریشان افزایش و قدرت تصمیم‌گیریشان کاهش یافته که در تحقیقات معلوم شد این افراد در ناحیهٔ پیش‌پیشانی، ورودی را تنظیم و مهار می‌کنند[۳۸,۳۹]. از این‌رو مطالعه تصمیم‌گیری به شناخت فرآیند یادگیری نیز بسیار کمک می‌کند. تصمیم‌های انسان در زندگی روزمره و دنیای واقعی می‌تواند به عوامل بسیاری وابسته باشد. عواملی مانند جنسیت، فرهنگ، مذهب، عقاید شخصی و غیره می‌توانند در یک تصمیم ساده تأثیرگذار باشند. وجود همه این عوامل کار محققان را برای مطالعه فرآیند تصمیم‌گیری و شناخت مغز بسیار دشوار کرده است. یکی از راه‌حل‌هایی که می‌تواند مطالعه فرآیند تصمیم‌گیری را آسان‌تر کند، استفاده از مجموعه آزمایش‌های تصمیم‌گیری بسیار ساده و ادراکی است. یکی از آزمایش‌های معروف و کاربردی برای مطالعه تصمیم‌گیری، آزمایش نقاط متحرک (RDM) است. در این آزمایش، یک سری نقاط به‌صورت اتفاقی در صفحه به حرکت در می‌آیند. از افراد شرکت‌کننده خواسته می‌شود که جهت حرکت نقاط در صفحه را مشخص کنند. سختی آزمایش براساس درصدی از نقاط که به‌صورت هم‌جهت حرکت می‌کنند، مشخص می‌شود. هرچه این درصد بیشتر باشد، سختی محرک کمتر است[۴۰]. در این نوع تصمیم، شخص می‌تواند بدون درگیرکردن متغیرهایی مانند جنسیت، مذهب و غیره در مورد سؤال پرسیده‌شده، تصمیم‌گیری کند. از آن‌جاکه این‌گونه آزمایش‌ها، از طریق یکی از حواس پنج‌گانه درک می‌شود و سیستم ادراکی مغز را فعال می‌کنند [۳۴]، با انجام آن‌ها می‌توان بسیاری از عوامل یادشده را از تصمیم‌گیری حذف نمود و فرآیند تصمیم‌گیری در مغز را به شکل آسان‌تر و تخصصی‌تری مطالعه کرد. با استفاده از همین آزمایش‌های ادراکی ساده می‌توان بسیاری از فضاهای تصمیم‌گیری پیچیده‌تر مانند تصمیم‌گیری در فضای گسسته [۴۱]، تصمیم‌گیری چندمرحله‌ای[۴۲, ۴۳]، تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی [۴۴, ۴۵]، تصمیم‌گیری در مورد چند گزینه [۴۶] و غیره را مورد مطالعه قرار داد.

محققان با استفاده از روش‌های مختلف و ابزارهای تهاجمی و غیرتهاجمی سعی در اخذ داده درباره فرآیند تصمیم‌گیری داشته‌اند که ساده‌ترین و قابل‌اعتمادترین نوع این روش‌ها، داده‌های رفتاری است. در این نوع داده، مواردی مانند زمان واکنش، میزان دقت و قطعیت (میزان اطمینان فرد نسبت به پاسخش) مورد بررسی قرار می‌گیرد. این نوع داده‌ها بسیار قابل اعتماد هستند و اطلاعات مفیدی از نحوه عملکرد و رفتار آزمودنی به ما می‌دهند. علاوه بر داده‌های رفتاری، محققان داده‌های دیگری هم جمع‌آوری کرده‌اند؛ مانند داده‌های چشمی نظیر حرکات ثابت چشمی، ساکاد و یا حرکات غیرارادی چشمی مانند میکرو ساکاد و قطر مردمک که می‌توانند اطلاعات مفیدی از آنچه که در مغز اتفاق می‌افتد را در

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

اختیار محققان قرار دهند. اما از دیگر داده‌های مهم موجود، داده‌های نوار مغزی (EEG)، FMRI و به‌خصوص داده‌های الکتروفیزیولوژی هستند که از سلول مغز حیواناتی مانند موش و میمون گرفته می‌شود. دسته دیگر داده‌ها نیز داده‌های مدل‌های محاسباتی-توصیفی هستند که در مدل‌سازی محاسباتی دانشمندان سعی بر فهم پیچیدگی عملکرد در مغز از طریق روش‌های محاسباتی را دارند. آن‌ها از کامپیوترها برای شبیه‌سازی و مدل‌سازی عملکردهای مغز استفاده می‌کنند و با اعمال تکنیک‌های ریاضیات، فیزیک و دیگر رشته‌های محاسباتی به مطالعه عملکرد مغز می‌پردازند. یافته‌های روانشناسی شناختی در حوزه یادگیری و آموزش، تحقیقات را در مسیر مدل‌های یادگیری ورودی-خروجی قرار می‌دهد[۴۷]. مدل‌های یادگیری ورودی-خروجی، به ورودی حسی (مطالب آموزشی) اشاره دارد که ورودی دانش‌آموز است و خروجی، تفکر یا رفتاری است که به عنوان مطالب آموخته شده توسط دانش آموز نشان داده یا انجام می شود[۴۸].

پس از بررسی موضوع تصمیم‌گیری در مغز، اکنون به مروری بر برخی از پیشرفت‌های کلیدی در زمینه آموزش عصبی می‌پردازیم. هدف از این کار، مرور مختصری بر مطالعات کلیدی در زمینه‌های مختلف تحقیقاتی انجام‌شده در آموزش عصبی است. این بررسی اجمالی به معنای جامع بودن آن نیست؛ بلکه صرفاً برای ارائه یک چشمه از طیف وسیعی از حوزه‌های تحقیقاتی مرتبط با آموزش است که در آن علوم اعصاب، و به ویژه علوم اعصاب شناختی، بینش‌های جدیدی ارائه کرده است که درک ما از یادگیری را بهبود بخشیده است. ذکر این نکته حائز اهمیت است که این بینش‌ها عمدتاً از مطالعاتی نشأت گرفته‌اند که با هدف درک منشأ اختلالات خاص یادگیری، خواندن و محاسبه مانند نارساخوانی (خوانش‌پریشی) انجام شده است و سپس سعی شده مداخلات و راه‌حل‌های آموزشی مناسب برای این افراد طراحی شود. با توجه به اینکه شکست تحصیلی بار جدی بر موفقیت زندگی فرد در جوامع مدرن امروزی وارد می‌کند، چنین مداخلات و راه‌حل‌هایی بسیار تأثیرگذار هستند. به‌طور گسترده‌تر، تحقیقات کنونی همچنین در تلاش است تا توسعه مهارت‌های آکادمیک سنتی را بهبود بخشد و ما برخی از پتانسیل‌های این تحقیقات را برای تأثیرگذاری بر تدریس و آموزش را مورد مرور قرار خواهیم داد. یکی از این پتانسیل‌ها به وسیله تکمیل کردن و گسترش دانش ما در مورد رشد مهارت‌های تحصیلی (به‌عنوان مثال از طریق مثلث‌سازی روش‌های شناختی) است که تنها براساس داده‌های رفتاری به‌دست آمده است. از سوی دیگر، علوم اعصاب نیز می‌تواند توجه ما را به اهمیت بازنماییِ زیربنایِ سازوکارِ مغزی در هنگام یادگیری جلب کند که این موضوع نیز می‌تواند تأثیرات غیرمستقیم بر آموزش داشته باشد و از این طریق، زمینه را برای تحقیقاتِ بیشتر فراهم سازد. در مجموع، این دانش ممکن است در درازمدت به معلمان کمک کند تا محیط‌های یادگیری مناسب را برای دانش‌آموزان طراحی کنند و باعث بهبود کیفیت آموزش و پرورش شوند[۸].

یک سوال واضح که در پیشینه تحقیقات عصب‌شناسی که تغییرات را در مغز به وسیله یادگیری آشکار می‌کند، وجود دارد این است که «آیا پرورش عملکردهای شناختی خاص، می‌تواند منجر به بهبود عملکرد کلی مغز شود یا خیر؟». یکی از عملکردهای عصبی-شناختی که در این زمینه بسیار مورد توجه قرار گرفته، حافظه کاری است. حافظه‌ی کاری به سازوکارِ ظرفیتِ محدودی اشاره دارد که به ما این امکان را می‌دهد که اطلاعات را در حین انجام کار مداوم، به‌طور محدودی نگهداری و دست‌کاری کنیم. این ظرفیت محدود، برای عملکرد موفقیت‌آمیز در تعداد زیادی از حوزه‌های مرتبط با آموزش مانند یادگیری حساب، خواندن و فراگیری زبان [۴۹] حیاتی است، و بنابراین، ادعا شده است که پرورشِ حافظه کاری ممکن است عملکرد را در این حوزه‌های دانشگاهی افزایش دهد. در واقع، نشان داده شده است که پرورشِ حافظه کاری منجر به افزایش فعالیت مغز در نواحی پیشانی-آهیانه‌ای [۵۰] و تغییرات در عملکرد، نه‌تنها در مورد آزمایشاتی که شرکت‌کنندگان برای انجام آن‌ها آموزش دیده بودند، بلکه در آزمایشاتی که حافظه کاری برای آن آموزش ندیده نیز می‌شود[۵۱].

مطالعه خواندن (Reading) در علوم اعصاب شاید زمینه‌ای است که در آن، درک همبستگی‌های نورونی مهارت‌های کسب‌شده در هنگام یک دوره آموزشی، بیشترین پیشرفت را داشته است. مهم‌تر از همه، تحقیقات علوم اعصاب‌شناختی بینش‌هایی را به‌دست آورده است که در آن‌ها، مدارهای مغزی در افراد مبتلا به نارساخوانی (خوانش‌پریشی) مختل می‌شود [۵۲]. مجموعه‌ای از نواحی مغزی شناسایی شده‌اند که الگوهای فعالیت آن‌ها در حین خواندن، مانند قافیه‌خوانی یا خواندن تک‌کلمات، در افراد مبتلا به نارساخوانی (خوانش‌پریشی) متفاوت پاسخ می‌دهند [۵۳-۵۵]. شاید بیشتر در حوزه‌های مربوط به آموزش، مطالعاتی باشد که اثرات برنامه‌های ساختاریافته اصلاحیِ خواندن را بر عملکرد مغز دانش‌آموزان مبتلا به نارساخوانی (خوانش‌پریشی) بررسی کرده است. تعداد بسیار زیادی از مطالعات تصویربرداری عصبی کارکردی وجود دارد که فعالیت مغزی دانش‌آموزان را قبل و بعد از انجام مداخلات رفتاری با هدف اصلاح عملکرد ضعیف خواندن در نارساخوانی (خوانش‌پریشی) مقایسه کرده است[۵۶-۵۸]. به‌طور کلی، این مطالعات نشان می‌دهد که چنین برنامه‌های اصلاحی، منجر به تغییر در الگوهای فعالیت عملکردی مغز که مرتبط با خواندن است، می‌شود. به‌طور خاص، مقایسه الگوهای فعالیت مغز قبل و بعد از مداخله، مناطق عادی مغزی را نشان داد که در افراد مبتلا به نارساخوانی نسبت به خوانندگان معمولی، کمتر فعال می‌شوند و همچنین فعالیت اضافی در مناطقی از مغز که معمولاً با خواندن مرتبط نیستند[۵۹]. به‌طور خاص، این یافته‌ها نشان می‌دهند که آموزش و مداخلات خاص، منجر به ایجاد راهبردهای جدید خواندن در افراد مبتلا به نارساخوانی می‌شود و بنابراین این یافته‌ها، باعث انگیزه بسیار قوی جهت انجام تحقیقات بیشتری در مورد روش‌های دقیق جبران مشکلات این افراد و ارائه راه‌حل مناسب برای آن‌ها، هستند. چنین تحقیقاتی ممکن است در نهایت منجر به قوانین آموزشی شود که استفاده از راهبردهای جبرانی را در صورتی که برای پیشرفت یادگیری مفید باشند، تسهیل می‌کنند. شاید حتی بارزترین پتانسیل علوم اعصاب شناختی در ممکن کردن شناسایی زودهنگام کودکان دارای مشکلات

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

خواندن نهفته است [۵۲]. داده‌های طولی توسط مولفیس [۶۰] نشان داده است که پتانسیل‌های مرتبط با رویداد (ERP)، جمع‌آوری شده در نوزادان و کودکان خردسال (یعنی در غیاب علائم نارساخوانی)، رشد زبان و خواندن در آینده را پیش‌بینی می‌کند. همه این مطالعات نشان می‌دهد که اقدامات تصویربرداری عصبی ممکن است ارزش مهمی در تشخیص اختلال داشته باشد. گرچه روش‌های تصویربرداری عصبی به‌طور گسترده در دسترس هستند؛ اما هزینه‌بر و زمان‌بر است.

سطوح شناختی و رفتاری در هم تنیده هستند و بنابراین با هم در نظر گرفته می‌شوند. در سطح رفتاری، فرآیند یادگیری براساس شاخص‌های رفتاری قابل مشاهده (به‌عنوان مثال، زمان واکنش، دقت و قطعیت) مطالعه می‌شود. سطح شناختی شامل مطالعه فرآیندهای ذهنی (مانند حافظه، توجه، ادراک) و توسعه مدل‌های ریاضی و محاسباتی یادگیری و شناخت است. براساس یک رویکرد پردازش اطلاعات [۶۱]، شناخت به‌عنوان ورودی‌های پردازش (ادراک) برای تولید خروجی‌ها (عمل) مشخص می‌شود. تحقیقات سنتی در علوم شناختی با همبستگی‌های بیولوژیکیِ شناخت کاری نداشتند. با ظهور علوم اعصاب شناختی، مدل‌های موجود در علوم شناختی برای مطالعه در مورد همبستگی‌های عصبی شناخت، مورد استفاده قرار گرفت و نیاز بود تا مدل‌ها مبتنی بر مغز شوند. این مشکلی برای تحقیقات سنتی تلقی می‌شود و تلاش‌هایی برای توسعه مدل‌های شناختی جدید وجود دارد که از نظر بیولوژیکی مبتنی بر مغز هستند[۶۲-۶۴]. مدل‌های شناختی اغلب براساس توانایی آن‌ها در پیش‌بینی و مدل‌سازی عملکرد رفتاری انسان ارزیابی می‌شوند و بسیار کم هزینه‌تر و سریع‌تر از روش‌های دیگر هستند. هان و همکارانش[۶۵] چارچوبی چند سطحی برای علوم اعصاب آموزشی ارائه کردند که سطوح مختلف تحلیل (برخی از علوم مغز و شناختی، برخی دیگر در آموزش) را به‌عنوان نقشه راهی برای آینده علوم اعصاب آموزشی، با مثال‌های عینی در یادگیری ریاضی و تربیت اخلاقی در حوزه آموزش، ادغام می‌کند. با تمام این تلاش‌ها باز هم به طراحی و استفاده از مدل‌های بیولوژیکی در حوزه آموزش زیاد پرداخته نشده اما مدل‌های متعددی برای مدل‌سازی حافظه کاری [۶۶-۶۹] و قشر آهیانه‌ای [۲۵, ۷۰-۷۵] مغز در علوم اعصاب ارائه شده که کاملاً مبتنی‌بر بیولوژی مغز هستند که می‌توان از آن‌ها در حوزه آموزش کمک گرفت. در ادامه به بررسی یک مدل تصمیم‌گیری مبتنی بر مغز و مطالعه رابطه بین پارامترهای موجود در مدل و یادگیری و آموزش به دانش‌آموزان پرداخته خواهدشد.

روش پژوهش

مدل موردبحث در این پژوهش، یک شبکهٔ عصبی بازگشتی ضربه‌ای مبتنی‌بر مغز است. این مدل نورونی توسط ونگ [۷۱] مطرح شده‌است. در ادامه به جزئیات و پارامترهای مدل‌های استفاده‌شده، پرداخته می‌شود. همان‌طورکه گفته‌شد، هدف اصلی این پژوهش مطابقت پارامترهایِ این مدل نورونیِ تصمیم‌گیری با مغز دانش‌آموزان و نحوه تغییر آن‌ها هنگام تدریس است. بدین منظور ابتدا باید مدل محاسباتیِ تصمیم‌گیریِ ونگ را مطالعه نمود.

مدل‌های توصیفی بسیاری به‌منظور شرح و توصیف سازوکار نورونی مغز مورداستفاده قرارگرفته است که معروف‌ترین آن‌ها مدل رانشی- انتشاری است[۷۶]. درعین‌حال هدف اصلی یافتن سازوکار دقیق نورونی با توجه با ساختار نورون و استفاده از مدل‌های منطبق بر مغز بود. بدین منظور در این پژوهش از مدل‌های محاسباتی بر پایه مدل نورونی استفاده شد[۷۰, ۷۷]. این مدل یک مدل ساده‌شده از مدل هاچکین-هاکسلی است[۷۸] که تک متغیره است. یکی از مدل‌های معروف تصمیم‌گیری بر پایه ضربه‌ایِ یکپارچه نشتی (LIF) در سال ۲۰۰۲ توسط ونگ و همکاران ارائه شد[۷۰]. این مدل ضربه‌ای با در نظر گرفتن جمعیت‌های نورونی مختلف، تلاش می‌کرد تا سازوکار فعالیت‌های نورونی در ناحیه قشر آهیانه‌ای (LIP) را شبیه‌سازی کند. شکل ۱ مدل یادشده را معرفی می‌کند.

همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، مدل ۲۰۰۲ ونگ دارای چهار مجموعه نورونی است که توسط اتصالات نشان داده‌شده، به هم متصل شده‌اند. اتصالات که با پیکان به یک جمعیت نورونی می‌رسند اتصال تحریک‌کننده و اتصالاتی که با دایره متصل شده‌اند اتصالات مهاری هستند. باوجود کارایی مدل، متغیرهای مدل ارائه‌شده بسیار زیاد است – حدود ۷۲۰۰ معادله دیفرانسیلی. بر این اساس ونگ و همکارانش در سال ۲۰۰۶ مدل ساده‌شده‌ای از مدل شکل بالا ارائه دادند. این مدل براساس نظریه میانگین میدان ساده‌سازی شده بود[۷۹,۸۰]. این نظریه به‌جای در نظر گرفتن یک مجموعه نورونی و محاسبه نرخ آتش‌های هر نورون، یک فعالیت میانگین به ازای هر مجموعه نورونی در نظر می‌گرفت[۷۹]. مدل ساده‌سازی شده از قدرت محاسباتی مدل اصلی نمی‌کاست. درعین‌حال تعداد متغیرها و معادله‌های موردنیاز به‌منظور منطبق‌سازی مدل به داده‌های نورونی و رفتاری بسیار کمتر از مدل‌های پیشین بود. مدل معرفی‌شده ونگ در شکل ۲ آمده است.

ازآنجاکه تحت نظریه میدان میانگین (Mean-Field) فعالیت نورون‌های غیرانتخابی (NS) و همچنین نورون‌های بینابینی (I) تأثیر مهمی در فعالیت‌های نورون‌های انتخابی نداشتند، این نورون‌ها از مدل نهایی حذف شدند. بدین ترتیب مدل ساده‌شده قادر بود بدون از دست دادن اطلاعات، سازوکار تصمیم‌گیری را مدل کند.

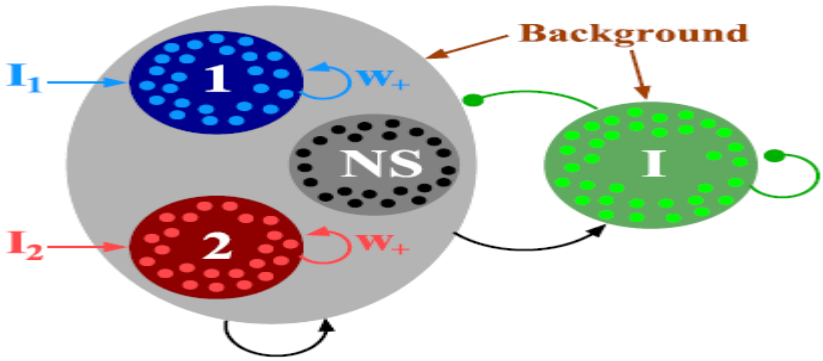
مدل ونگ ۲۰۰۶ دارای دو ورودی x_1 و x_2 است که براساس معادلات زیر تعریف می‌شوند:

$$x_1 = J_{N11}S_1 - J_{N12}S_2 + I_0 + I_1 + I_{noise1} \quad (1)$$

$$x_2 = J_{N22}S_2 - J_{N21}S_1 + I_0 + I_2 + I_{noise2} \quad (2)$$

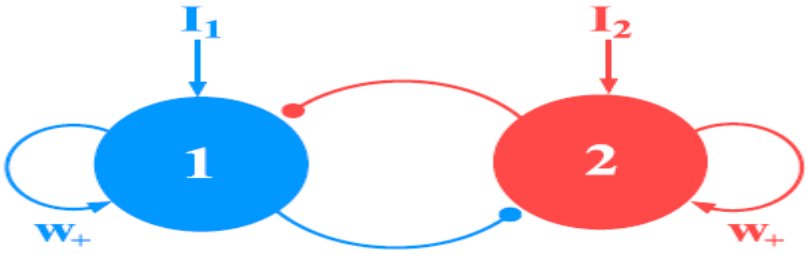
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۱: مدل نورونی ۲۰۰۲ ونگ. مدل ۲۰۰۲ ونگ دارای چهار مجموعه نورونی است که توسط اتصالات نشان داده‌شده به هم متصل شده‌اند. اتصالات که با پیکان به یک جمعیت نورونی می‌رسند اتصال تحریک‌کننده و اتصالاتی که با دایره متصل شده‌اند اتصالات مهاری هستند. جمعیت شماره یک و دو، نورون‌های مسئول ثبت کردن تصمیم چپ و راست را شامل می‌شوند. در این مدل حدود ۲۰۰۰ نورون ضربه‌ای استفاده شده که ۱۶۰۰ عددآن غیرانتخابی و ۴۰۰ تای آن حساس به ورودی هستند که شامل جمعیت یک و دو می‌شوند. [۷۰]

Fig. 1: Neural Model Wong 2002. Wong's 2002 model has four sets of neurons connected by junctions shown. connections that reach a population of neurons with an arrow are excitatory connections and circular connections are inhibitory connections. Populations number one and two include the neurons responsible for recording left and right decisions. This model uses about 2,000 spiking neurons, of which 1,600 are non-selective and 400 are input- selective, including populations one and two. [45]



شکل ۲: مدل ساده‌شده ونگ و همکاران. در این مدل، ابتدا، رویکرد میدان میانگین ۲۰۰۰ نورون را به چهار واحد عصبی (با مجموع ۱۱ متغیر پویا) کاهش می دهد. سپس، رابطه خطی ورودی – خروجی سلول‌ها را ساده می‌شود. در نهایت، به‌طور کلی مدل شامل این فرض است که همه متغیرهای مدل زودتر از حالت NMDAR به حالت پایدار می رسند. مدل نهایی به یک مدل دو متغیره کاهش یافته که شامل دو واحد عصبی است که دارای خود تحریک و مهار متقابل است. [۷۱]

Fig. 2: Simplified model of Wong et al. In this model, first, the mean-field approach reduces the average of 2,000 neurons to four neural units (with a total of 11 dynamic variables). Then, the linear input-output relationship of the cells is simplified. Finally, the model is assumed that all model variables reach a steady state sooner than the NMDAR state. The final model is reduced to a bivariate model that includes two neural units that have self-stimulation and mutual inhibition. [42]

که در آن J_{N11} و J_{N22} اتصالات تحریکی و J_{N12} و J_{N21} اتصالات مهاری هستند. همان‌گونه که مشخص است، اطلاعات مهاری با علامت منفی در معادله احتساب شده‌اند. این جریان‌های ورودی توسط یک تابع نمایی به نرخ آتش تبدیل می‌شوند.

$$H_1(x_1.x_2) = \frac{ax_1 - b}{1 - e^{-d(ax_1 - b)}} \quad (3)$$

$$H_2(x_1.x_2) = \frac{ax_2 - b}{1 - e^{-d(ax_2 - b)}} \quad (4)$$

که در آن a,b,d ثابت‌های معادله هستند که برابر با ۲۷۰ و ۱۰۸ و ۰.۱۵ در نظر گرفته‌شده‌اند. به‌طورکلی دینامیک مدل ونگ توسط فرمول زیر محاسبه می‌شود. گفتنی است S نشان دهنده شواهد جمع شده در زمان است.

$$\frac{dS_1}{dt} = G_1(S_1.S_2) = -\frac{S_1}{\tau_s} + (1 - S_1)\gamma H_1(x_1.x_2) \quad (5)$$

$$\frac{dS_2}{dt} = G_2(S_2.S_1) = -\frac{S_2}{\tau_s} + (1 - S_2)\gamma H_2(x_2.x_1) \quad (6)$$

که متغیرهای آن براساس جدول ۱ قرار داده‌شده است.

جدول ۱: پارامترهای استفاده‌شده در مدل‌سازی
Table 1: Parameters used in modeling

متغیر	مقدار	متغیر	مقدار
JN11	*0.2995*	*A*	*270*
JN12	*0.0571*	*B*	*108*
JN21	*0.0571*	*C*	*0.15*
JN22	*0.2995*	μ_0	*30*
I_0	*0.3255*	σ_{noise}	*0.02*
T	*100 ms*	τ_{noise}	*2 ms*
Γ	*0.641*	*JA_ext*	*0*

پس از اینکه مدل موردنظر پیاده‌سازی و آماده برازش به داده‌های رفتاری افراد شد، با استفاده از آزمایش روان-فیزیکِ انتخابِ جهت نقاط تصادفی محرک (RDM) که مدت زمان نمایش محرک ۵۰۰ میلی‌ثانیه

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

بود، از ۱۰ آزمودنی (۵ خانم ۵ آقا) ، حدود ۱۰۵۰۰ داده رفتاری در آزمایشگاه علوم شناختی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی جمع‌آوری شد. محدوده سنی آزمودنی‌ها از ۱۸ تا ۳۱ سال بوده است و تمامی شرکت‌کنندگان بینایی سالم داشتند و قبل از شروع آزمایش از تمامی شرکت‌کنندگان رضایت‌نامه کتبی دریافت شده است. قبل از انجام آزمایش اصلی، شرکت‌کنندگان یک مرحله آموزشی گسترده را پشت‌سر می‌گذارند. در این مرحله نیاز بود که آن‌ها به یک حد مشخصی از دقت و سرعت پاسخ در RDM برسند. پس‌ازاین مرحله، شرکت‌کنندگان آماده انجام مرحله اصلی آزمون شدند. هر آزمودنی در هر جلسه آزمایشی، چهار بلوک که هر بلوک شامل ۱۵۰ آزمایه بود را انجام می‌داد. در ابتدای هر آزمایه یک نقطه قرمز در وسط صفحه نمایش داده می‌شد و سپس به مدت ۲۰۰ الی ۵۰۰ میلی‌ثانیه دو عدد نوار رنگیِ هدف ظاهر می‌شد. سپس محرک به مدت ثابت ۵۰۰ میلی‌ثانیه نمایش داده می‌شد که قدرت محرک از بین، ۰، ۳.۲، ۶.۴، ۱۲.۸، ۲۵.۶ و ۵۱.۲ درصد تعیین می‌گردید. پس‌از نمایشِ محرک، صفحهٔ دریافتِ پاسخ برای آزمودنی ظاهر می‌شد. شرکت‌کنندگان می‌بایست تصمیم و قطعیت خود را به‌صورت هم‌زمان گزارش کنند. قطعیت، در واحد پیوسته(بین صفر الی یک) در قالب یک نوار رنگی ارائه‌شده، گزارش می‌شد (از سبز به قرمز، سبز بیشترین میزان قطعیت و قرمز کمترین میزان است). گفتنی است انتخاب این مرحله توسط حرکت و فشار دادن کلیک چپ موس صورت می‌پذیرفت. پس‌از انتخاب، بازخورد صوتیِ تصمیم، برای شرکت‌کننده ارائه می‌شد.

سپس با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی، پارامترهای مدل به داده‌ها برازش شد که تابع هدف، پارامترهای تابع ویبول برازش شده به داده رفتاری بود و پارامترهای آزاد آن شامل قدرت اولیه سیگنال و حدآستانه تصمیم بود. سپس در این پژوهش، سه آزمایش مختلف در مدل طراحی شد که تغییرات پارامتر مدل در رفتار را مورد هدف قرار می‌دهد. این سه آزمایش شامل موازنه دقت-سرعت در هنگام پاسخ دادن، اثر توجه در تصمیم‌گیری و اثر قطعیت تصمیم است و سپس به تحلیل نحوه تغییر پارامترها و رفتار مدل و نگاشت آن‌ها به کلاس درس و تغییرات تفکر دانش‌آموز پرداخته شد. در نهایت با استفاده از مدل رگرسیون خطی، روابط و همبستگی بین پارامترهای رفتاری مدل مطالعه شد.

نتایج

در این بخش به سراغ آزمایش‌ها و نتایج خواهیم رفت. آزمایش‌ها شامل سه آزمایش مختلف است که هر یک از آن‌ها دربردارنده نکات و محتویات مهمی در رابطه با تصمیم‌گیری بهینه و صحیح دانش‌آموزان در کلاس درس، امتحان، یادگیری و غیره است.

همان‌طورکه گفته شد؛ یکی از اساسی‌ترین و اصلی‌ترین سؤال‌های مطرح در حوزه تصمیم‌گیری این است که چه نواحی از مغز درگیر فرآیند تصمیم‌گیری هستند و جمع‌آوری اطلاعات به چه صورت و تا چه زمانی به طول می‌انجامد تا اینکه تصمیم نهایی اخذ شود؟ بدون در نظر گرفتن میزان زمان لازم برای گیرنده‌هایِ حسی و عمل‌کننده‌هایِ موتوری، مغز باید تعیین کند که فرآیندهای فکری چه زمانی آغاز و پایان یابد. اطلاعات حسی در طی زمان جمع‌آوری می‌شوند؛ گزینه‌های مختلف بررسی شده و در نهایت مغز تصمیم می‌گیرد. سازوکار تصمیم‌گیری همواره درگیر برقراری تعادل بین سرعت و دقت تصمیم‌گیری است؛ یعنی اگر مغز بخواهد به جواب بسیار دقیقی برسد، زمان پاسخ را افزایش می‌دهد و اگر بخواهد سریع پاسخ دهد؛ دقت جواب کاهش می‌یابد. حدآستانه تصمیم‌گیری، همان فرضیه‌ای است که بین سرعت و دقت تعادل برقرار می‌کند. به عبارت دیگر حدآستانه بالا به این معنی است که برای اخذِ تصمیم به جمع‌آوری اطلاعات بیشتری نیاز است و از این‌رو زمان پاسخ و دقت افزایش می‌یابد و از طرف دیگر اگر حدآستانه پایین باشد؛ اطلاعات کمتری مورد نیاز است و در نتیجه احتمال خطا و یا همان دقت، و زمان پاسخ نیز کاهش پیدا می‌کند. با استفاده از این چارچوب می‌توان چگونگیِ برقراریِ کنترل بین سرعت و دقت را توضیح داد. در سال ۲۰۰۶ میلادی لو و ونگ[۷۷] با استفاده از آزمایش RDM و گرفتن ثبت نورنی از مغز میمون به این نتیجه رسیدند که تنظیم حدآستانه تصمیم، شامل ارتباطات بین نواحی LIP ، بیزال گنگلیا (Basal ganglia) و کولیکولوس فوقانی (Superior colliculus) که بیزال گَنگلیا با مهار کردن کولیکولوس فوقانی می‌تواند حدآستانه تصمیم در LIP را تنظیم کند. در قدم اول لازم بود بررسی شود آیا می‌توان با تنظیم پارامترهای مدل ونگ، داده‌های رفتاری جمع‌آوری شده از آزمایش RDM را مدل کرد یا خیر. در جهت تصدیق کارهای گذشته، پارامترهای برازش‌شده به مدل (جدول ۲) نشان داد که مدل به خوبی می‌تواند داده‌ها رفتاری را شبیه‌سازی کند. برای به‌دست آوردن نتایج رفتاری، فقط لازم بود که دو پارامتر که شامل حد آستانه و قدرت سیگنال اولیه بودند، تغییر داده شود و باقی پارامترها، همان پارامترهای اولیهٔ ارائه‌شده توسط ونگ است. همان‌طورکه در بخش قبلی گفته شد، مدت زمان نمایش محرک (مدت زمان شواهد ارائه‌شده به آزمودنی) ۵۰۰ میلی‌ثانیه بود.

جدول ۲: پارامترهای برازش‌شده در مدل ونگ
Table 2: Fitted parameters in the low-level model

قدرت سیگنال اولیه	حدآستانه
۶۲	۰.۴

پس از برازش مدل ونگ به داده‌های رفتاری افراد، تابع ویبول به آن برازش شد و شکل ۳، مقایسهٔ بین داده‌های مدل و داده‌های رفتاری را نمایش می‌دهد که بسیار به‌هم نزدیک هستند.

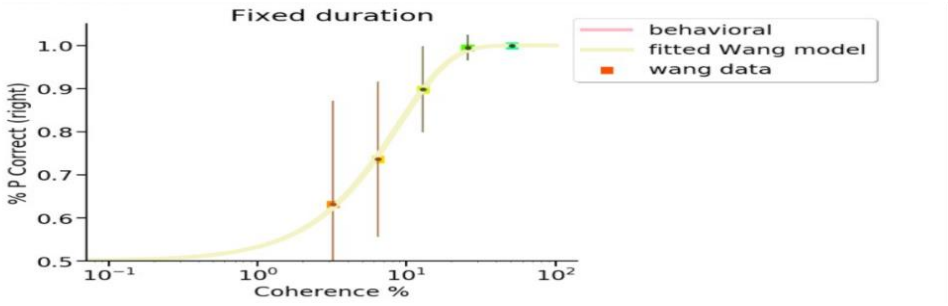
پس از تصدیق مطالعات انجام شده، حال می‌توان اثر موازنه سرعت-دقت در تصمیم‌گیری را با تغییر حدآستانه مدل محاسباتی نورونی ونگ مشاهده کرد (شکل ۴):

همان‌طورکه از شکل(۴) می‌توان دریافت، در حدآستانه بالا، برای اخذِ تصمیم به جمع‌آوری اطلاعات بیشتری نیاز است و از این‌رو زمان پاسخ و دقت افزایش می‌یابد و در حدآستانه پایین عکس این موضوع صادق

Archive of SID.ir

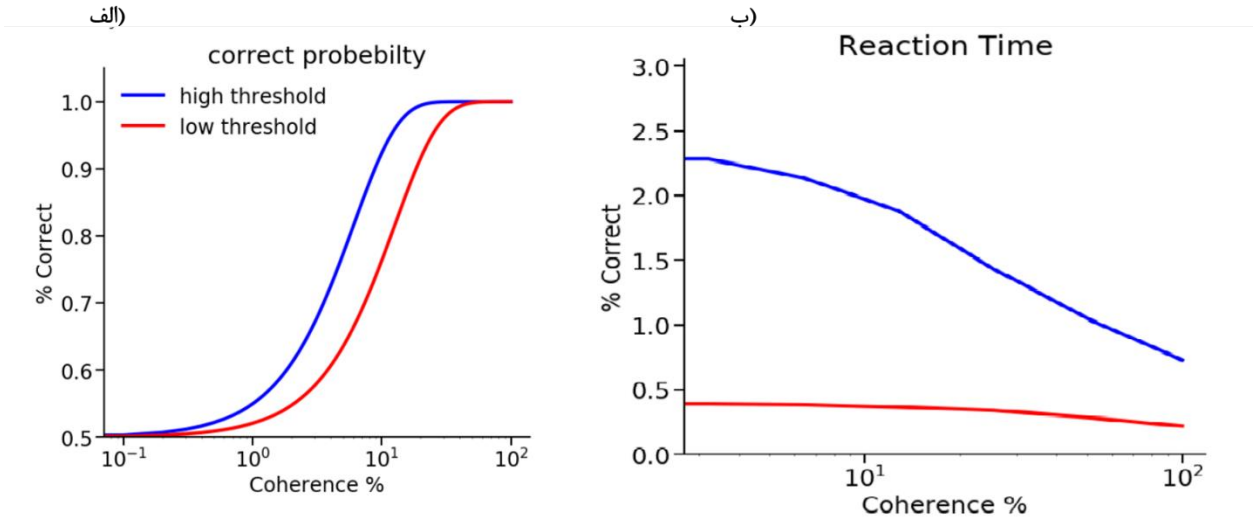
Archive of SID.ir

است. لذا از این مسأله می‌توان برای درک بهترِ نحوه تصمیم‌گیری دانش‌آموزان در انتخاب راهبرد برای حل مسائل درسی‌شان، کمک گرفت. به‌طور مثال اگر دانش‌آموزان با یک مسأله چهار گزینه‌ای در درس ریاضی روبرو باشند؛ اگر تصمیم بگیرند که مسأله را به‌صورت تشریحی و کامل حل کنند و بنویسند؛ یعنی برای تصمیم‌گیری راجع‌به جواب نهایی، حدآستانه خود را بالا برده‌اند و اقدام به جمع‌آوری اطلاعات بیشتری (از طریق نوشتن راه حل تشریحی) کرده‌اند و قاعدتاً از شانس بیشتری برای رسیدن به جواب درست برخوردار خواهند بود، ولی زمان بیشتری را از دست خواهند داد. از طرف دیگر اگر بخواهند به منظور صرفه‌جویی در زمان پاسخ، از نوشتن راه‌حل کامل و تشریحی صرف‌نظر کنند و مسأله را به‌طور ذهنی و سریع حل کنند؛ یعنی احتمال از دست دادن برخی از شواهد و انجام اشتباه را زیاد کرده‌اند و این بدان معناست که حدآستانه تصمیم‌گیری را پایین آورده‌اند و احتمال این‌که گزینه درست را انتخاب کنند را پایین می‌آورند. لذا همان‌طورکه گفته شد مدل‌های محاسباتی-نورونی می‌توانند به درک بهتر نحوه تصمیم‌گیری دانش‌آموزان کمک شایانی کند و به ما در فهم و درک چگونگی تصمیم‌گیری دانش‌آموزان در مواجهه با مسائل درسی‌شان، یاری نماید تا بتوانیم با توجه به شخصیت و نحوه تفکر آن‌ها، برنامه و راهبرد مناسب و بهینه برای آموزش آن‌ها تدارک ببینیم. با استفاده از همین مدل محاسباتی نسبتا ساده، می‌توانیم موازنه بهینه بین سرعت و دقت پاسخ را در دانش‌آموزان پیدا کنیم؛ به‌عبارتی با توجه به شواهدی که به دانش‌آموز از یک مسأله ارائه می‌شود، می‌توان موازنه بهینه بین سرعت و دقت پاسخ مربوط به سؤال مطرح‌شده، پیدا کرد که دانش‌آموزان بتوانند به بهترین نحو ممکن، پاسخ سؤالات را بدهند.



شکل ۳: دقت مدل ونگ برای تصمیمات دو گزینه‌ای

Fig. 3: Wong model's accuracy for two-choice decisions



شکل ۴: اثر موازنه سرعت-دقت در تصمیم‌گیری. الف) میزان دقت نسبت به سختی محرک را نشان می‌دهد. ب) زمان پاسخ ر نسبت‌به سختی محرک نشان می‌دهد. رنگ آبی برای حدآستانه‌ی بالا و رنگ قرمز نشان‌دهنده حدآستانه پایین است. حدآستانه بالا (۰.۶) و پایین(۰.۱) و ۷۵۰۰ آزمایه (۱۵۰۰ عدد برای هر کوهرنسی). قدرت سیگنال اولیه برای هر دو یکسان بوده است.

Fig. 4: Effect of speed-accuracy trade-off on decision-making. A) Indicates the accuracy to the motion strength. B) Indicates the response time relative to the motion strength. Blue indicates a high threshold and red indicates a low threshold. High (0.6) and low (0.1) thresholds and 7500 trials (1500 for each coherence). The primary signal strength was the same for both.

Archive of SID.ir

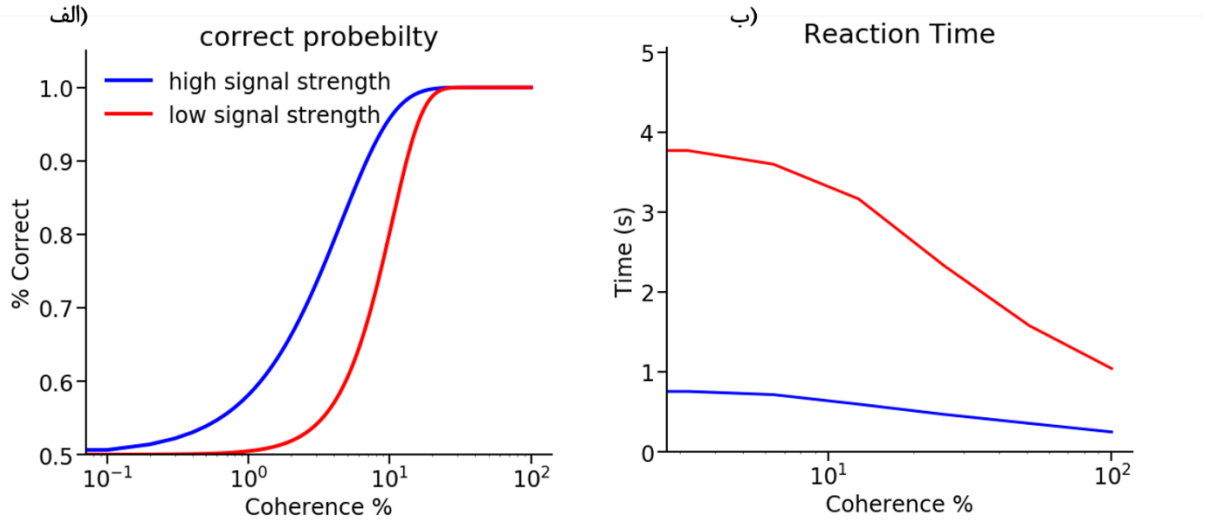
Archive of SID.ir

در آزمایش دوم به مطالعه بررسی اثر توجه و همبستگی آن با دقت در تصمیم‌گیری خواهیم پرداخت و سپس بر روی بررسی و تحلیل نتایج به‌دست‌آمده از مدل و ارتباط آن با آموزش تمرکز خواهیم کرد. همان‌طورکه در بخش‌های قبلی گفته شد قدرت سیگنال اولیه یکی از پارامترهای اساسی و مهم در مدل تصمیم‌گیری نورونی ونگ است. این پارامتر مهم در دنیای واقعی برابر با میزان توجه و تمرکز آزمودنی در جمع‌آوری شواهد قابل‌اتکا و معتبر است که با تغییر و تنظیم آن می‌توان فهمید که آزمودنی در حین انجام آزمایش و تصمیم‌گیری تا چه اندازه تمرکز و توجه داشته است.

از این رو پارامترهای مدل را متناسب با داده‌های رفتاری به‌دست آمده از دو آزمودنی مختلف در آزمایشگاه، تنظیم کردیم. مشاهده شد که هر دو در یک آزمایش مشابه و شواهد یکسان، یکی در تابع روان‌سجی شیب بیشتری نسبت به دیگری دارد و این بدین معنی است که آزمودنی اول نسبت یه آزمودنی دوم، دارای دقت بالاتری است که پس از برازش مدل،مشخص شد که میزان قدرت سیگنال اولیه‌ی آزمودنی اول بیشتر از آزمودنی دوم می‌باشد.

با توجه به شکل(۵) مشاهده می‌شود که در یک آزمایش مشابه و میزان شواهد یکسان، دقت یکی از مدل‌ها (مدل آبی رنگ در شکل(۵) بیشتر از مدل دیگر (مدل قرمز رنگ در شکل(۵)) می‌باشد و این بدان معنی است که شیب تابع مدل اول بیشتر است که نشان‌دهنده نرخ رانش بالا مدل در جمع‌آوری شواهد است که در علوم‌اعصاب محاسباتی، نرخ رانش برابر با میزان توجه و تمرکز آزمودنی هنگام انجام آزمایش و جمع‌آوری شواهد، در نظر گرفته می‌شود. لذا از این‌رو مدل نیز به ما نشان می‌دهد که هرچه توجه و تمرکز دانش‌آموزان هنگام تدریس، بیشتر باشد، نرخ یادگیری آن‌ها بالا می‌رود و درس را با دقت بیشتری یاد می‌گیرند. از طرفی مشاهده می‌شود که حتی در زمان واکنش مدل هم تفاوت ایجاد می‌کند. که می‌توان از این موضوع نیز این نتیجه را گرفت که اگر دانش‌آموزان در کلاس از توجه کافی برخوردار باشند، سوالات مربوط‌به مطالب آموخته‌شده توسط معلم را در زمان کمتری می‌توانند پاسخ بدهند نسبت‌به زمانی‌که توجه‌شان کم است. با توجه به این موضوع، می‌توان پیشنهاد به تقویت توجه و تمرکز دانش آموزان با استفاده از روش های روانشناسی موجود به‌خصوص در مقطع ابتدایی را عنوان کرد و همچنین از مدل محاسباتی، جهت ارزیابی روش پیشنهادی توسط روانشناسان، استفاده کرد و بررسی کرد که روش پیشنهادی به چه اندازه نسبت‌به قبل تمرکز و توجه دانش‌آموزان را هنگام دریافت اطلاعات افزایش داده‌است.

همان‌طورکه پیش‌تر گفته شده، قطعیت یکی از اساسی‌ترین اطلاعات داده‌های رفتاری در تصمیم‌گیری رفتاری است. مطالعات زیادی راجع‌به نقش قطعیت در تصمیم‌گیری ادراکی انجام شده است [۴۲-۴۵, ۸۱-۸۴]. از طرفی دانش‌آموزان در دنیایی که عدم‌اطمینان زیادی در شواهد اطرافشان وجود دارد، زندگی می‌کنند که مطالعات نشان داده‌اند، برای رفع ابهامات و تصمیم‌گیری در شرایط مبهم، از قطعیت خود بهره زیادی می‌برند[۴۴, ۴۵]. لذا در این بخش، آزمایشی طراحی شد که در آن رابطه میزان قطعیت و همبستگی آن با دقت در تصمیم‌گیری دانش‌آموزان مطالعه و بررسی شود. سپس روی بررسی و تحلیل نتایج به‌دست آمده از مدل تمرکز خواهد شد.



شکل ۵: اثر افزایش قدرت اولیه سیگنال بر دقت و زمان واکنش. الف) دقت دانش‌آموزان در هنگامی که قدرت اولیه سیگنال ورودی بالاتر است، بیشتر است. ب) زمان واکنش دانش‌آموزان در هنگامی که قدرت اولیه سیگنال ورودی بالاتر است، کمتر است. خط آبی رنگ نشان‌گر قدرت سیگنال بالا (۷۰ هرتزه) و خط قرمز نشان‌گر قدرت سیگنال پایین (۱۸ هرتزه) است.

Fig.5: The effect of increasing the primary signal strength on the accuracy and reaction time. A) Students' accuracy is greater when the primary strength of the input signal is higher. B) Students' reaction time is shorter when the primary strength of the input signal is higher. The blue line indicates high signal strength (70 Hz) and the red line indicates low signal strength (18 Hz).

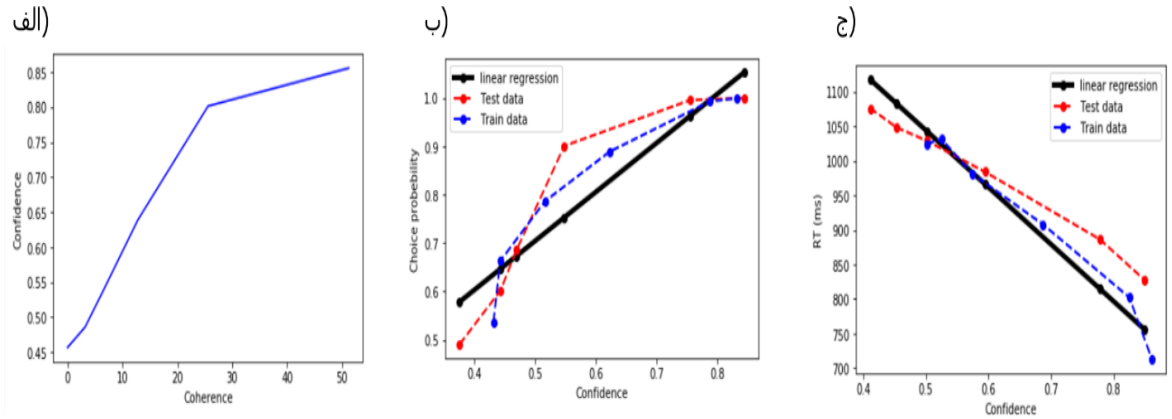
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مدل نورونی ونگ به طور مستقیم، میزان قطعیت موجود در تصمیم را به‌عنوان خروجی نمی‌دهد. لذا ما باید از روش‌های موجود برای تخمین میزان قطعیت تصمیم، با استفاده میزان نرخ آتش تولید شده توسط مدل ونگ برای هر تصمیم، قطعیت را تخمین بزنیم. یکی از روش تخمین میزان قطعیت بدین‌صورت است که آخرین مقدار از نرخ آتش هر تصمیم را از یکدیگر تفریق کرده، سپس آن‌ها را نرمالیزه می‌کنیم و به داده‌های رفتاری نگاشت می‌کنیم.

همان‌طورکه در شکل ۶ (الف) مشاهده می‌شود؛ میزان قطعیت (میزان اطمینانی که آزمودنی به تصمیمش دارد) با قدرت محرک یک رابطه مستقیم دارد، هرچه قدرت محرک (میزان شواهد نمایش داده‌شده) بیشتر باشد، قطعیت افراد هم بیشتر می‌شود. این موضوع به‌خوبی روشن می‌کند که هرچه میزان شواهد با قدرت بیشتری را به افراد بدهیم، میزان اعتماد به‌نفس آن‌ها هنگام تصمیم‌گیری راجع‌به تصمیمشان، بیشتر است. به‌عبارتی دیگر اگر مطالب آموزش داده‌شده به دانش‌آموزان حاوی اطلاعات بیشتر و مطالب پرمحتوی‌تری باشد؛ باعث افزایش میزان قطعیت و اعتماد به‌نفس دانش‌آموزان در آن موضوع می‌شود که به‌طبع آن در هنگام امتحان دانش‌آموزان با اطمینان بیشتری به سؤالات پاسخ می‌دهند. ازآنجاکه افزایش قطعیت با میزان دقت افراد یک رابطه مستقیم (رگرسیون خطی intercept: 0.4553589744467423 ,coefficients: 0.50088352) دارد (شکل ۶ (ب))؛ لذا افزایش قطعیت دانش‌آموزان باعث افزیش دقت آن‌ها هنگام امتحان نیز می‌شود. از طرفی دیگر، استرس و اضطراب باعث تخریب و سرکوبیِ قطعیت و اعتماد به‌نفس می‌شود[۸۵]. با توجه به داده‌های مدل، در نتیجه این تخریب باعث افت دقت دانش‌آموزان می‌شود(شکل ۶ (ب)). علاوه‌بر دقت، زمان پاسخ نیز دیگر پارامتری است که با قطعیت رابطه دارد و رگرسیون خطی نشان دهنده یک رابطه معکوس(intercept: 1207.0194389169685 , coefficients: -448.14029147) بین آن‌ها است(شکل ۶ (ج)) و افزایش میزان قطعیت باعث افزایش سرعت افراد نیز می‌شود. به‌طورکلی در بسیاری از مقالات تصمیم‌گیری و روانشناسی تربیتی، نقش قطعیت بسیار مهم و کلیدی [۴۲-۴۴, ۸۴, ۸۶-۸۸] قلمداد شده است. از این‌رو توجه به این پارامتر در فن آموزش و پرورش، در حفظ آرامش دانش‌آموزان و همین‌طور دقت و سرعت عملشان بسیار پراهمیت است و کارشناسان و روانشناسان علوم تربیتی می‌توانند با برنامه‌ریزی درست و ایجاد فضایی آزاد برای اظهارنظر و محیطی آرام برای یادگیری، بستری را ایجاد کنند تا خلاقیت و تفکرات دانش‌آموزان شکوفا شود.

شواهد و نتایج تحلیل‌ها حاکی از این است که مدل‌های محاسباتی می‌توانند کمک شایانی به پیشرفت حوزه آموزش عصبی کنند. حتی می‌تواند بسیار مقرون به صرفه‌تر از روش‌های دیگر مانند جمع‌آوری داده‌های چشمی، نوار مغزی، الکتروفیزیولوژی و ... باشد. با مدل محاسباتی می‌توان به‌راحتی آزمایش‌های موردنظر را با تغییر پارامترهای مدل انجام داد و نتایج مدل را به رفتار دنیای واقعی نگاشت کرد که این عمل بسیار در وقت و هزینه پژوهش نسبت به آزمایش‌های انسانی و حیوانی آزمایشگاهی، صرفه‌جویی می‌کند. به‌طور مثال در پژوهش [۸۵]، جهت ارزیابی بار شناختی مغز در هنگام نمایش یک چند رسانه‌ای، از داده‌های چشمی استفاده شده که مستلزم جمع‌آوری داده آزمایشگاهی است. در این پژوهش می‌توان با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده یک مدل محاسباتی-نورونی ارائه کرد که رفتارش همانند انسان است و برای آزمایش‌های بیشتر، به‌جای جمع‌آوری داده آزمایشگاهی، از داده‌های مدل و تغییر پارامترهای آن استفاده کرد. همین‌طور به‌جای انجام آزمایش‌های الکتروفیزیولوژی، از مدل می‌توان رفتار و پویایی نورون‌های مغز را دریافت کرد. از طرفی می‌توان شواهد و چندرسانه‌ای ارائه‌شده به آزمودنی را با استفاده از معادلات ریاضی و دیفرانسیلی به ورودی‌های مدل نگاشت کرد و تاثیر اطلاعات ورودی بر میزان بار شناختی را از طریق مدل مطالعه و بررسی کرد. در نتیجه استفاده از مدل‌های محاسباتی-نورونی مزیت قابل‌توجهی را در وقت و هزینه، نسبت به انواع داده‌های دیگر دارد.



شکل ۶: همبستگی میزان قطعیت با دقت در تصمیم. الف) میزان قطعیت بر اساس سختی محرک. سختی محرک در ۶ سطح مختلف که از میزان صفر درصد الی ۵۱.۲ درصد از نقاط محرک است. ب) رگرسیون خطی میزان قطعیت با دقت در تصمیم (intercept: 0.4553589744467423 ,coefficients: 0.50088352) ج) رگرسیون خطی میزان قطعیت با زمان واکنش در تصمیم(intercept: 1207.0194389169685 , coefficients: -448.14029147)

Fig.6: Correlation of confidence with accuracy in decision. A) The amount of confidence based on the motion strength. motion strength is at 6 different levels ranging from 0% to 51.2% . B) Linear regression of the confidence with accuracy in the decision (intercept: 0.4553589744467423, coefficients: 0.50088352) c) Linear regression of the confidence with the reaction time in the decision (intercept: 1207.0194389169685, coefficients: -448.14029147)

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

بحث و نتیجه‌گیری

پیشرفت‌های بسیار زیادی در حوزه‌ی علوم اعصاب حاصل شده است. در دسترس بودن ابزارهای متعدد غیر تهاجمی برای کسب اطلاعات از مغز انسان به محققان این امکان را داده است تا بررسی کنند که چگونه مغز در طول یک دوره‌ی آموزشی، رشد و در هنگام یادگیری، تغییر می‌کند و مدارهای مغزی درگیر در مهارت‌های کلیدی دانشگاهی مانند خواندن، حساب کردن و همچنین موارد دیگر را بررسی کنند، مهارت‌های شناختی عمومی مانند حافظه کاری. این سطح بالای پیشرفتِ تحقیقات، تلاش‌هایی را برای ایجاد پیوند بیشتر بین دانشمندان علوم اعصاب و معلمان در راستای تلاش برای بهبود یادگیری، تحریک کرده است. همان‌طورکه بررسی پیشینه حوزه‌های آموزش عصبی نشان می‌دهد، دلایل زیادی برای اشتیاق به مطالعه بینش‌های جدیدی که از علوم اعصاب به‌دست آمده‌اند، وجود دارد. به‌طور خاص، مطالعات علوم اعصاب شناختی، گام‌های بزرگی در جهت افزایش درک ما از چگونگی تغییر مغز و شناخت، به‌عنوان تابعی از یادگیری برداشته‌اند. با وجود این، بسیاری از سؤالات و چالش‌های حل‌نشده، وجود دارد که حوزه نو ظهور آموزش عصبی با آن مواجه است. ارائه پاسخ به این موارد برای توسعه کامل این حوزه جذاب بسیار مهم است. یکی از سازوکارهای حیاتی برای رسیدگی به این چالش‌ها، توسعه برنامه‌های آموزشیِ میان رشته‌ای خواهد بود که در آن، از یک سو، عصب‌شناسان در زمینه تحقیقات آموزشی و تربیتی آگاه می‌شوند و از سوی دیگر، مربیان و پژوهش‌های آموزشی در معرض آخرین یافته‌ها، نظریه‌ها و روش‌های علوم اعصاب، از جمله محدودیت‌های آن‌ها قرار می‌گیرند. باید تعاملات دوسویه و متقابلی بین هر دو رشته علوم اعصاب و تعلیم و تربیت وجود داشته باشد. هدف باید دست‌یابی به یک زبان مشترک برای ایجاد سؤالات تحقیقاتی آینده و تبدیل تحقیقات به برنامه‌های آموزشی مشخص باشد. این هدف، به ارتباط بیشتر بین دانشمندان علوم اعصاب، معلمان و محققان آموزشی می‌افزاید. برای بقا و تکامل آموزش عصبی، صبر زیادی لازم است. تبدیل تحقیق به عمل، ساده نخواهد بود و نیازمند گام‌های مداخله‌گر و متخصصانی است که قادر به تسهیل آن باشند. علیرغم این محدودیت‌ها، ما احساس می‌کنیم که در حال حاضر تعداد زیادی از محققان از سراسر جهان وجود دارند که برای پیشبرد این زمینه تلاش می‌کنند. اساس کار به‌طور قطع فراهم شده است. اکنون زمان تلاش برای یافتن راه‌های جدید، خلاقانه و علمی برای بهبود آموزش فرا رسیده است.

در دو دهه اخیر، مدل‌های محاسباتی متعددی توسط محققان حوزه علوم اعصاب و هوش‌مصنوعی ارائه شده که مبتنی‌بر بیولوژی مغز هستند و تا حد خیلی زیادی رفتارهای انسان را شبیه‌سازی می‌کنند و کار را برای مطالعه رفتار افراد و اتفاقاتی که در مغز می‌افتد، بسیار آسان‌تر کرده و هزینه‌ها را نسبت‌به آزمایشات انسانی و الکتروفیزیولوژی کاهش داده است. در حال حاضر، این مقاله در راستای بهبود آموزش و یادگیری و درک بهتر ارتباط بین علوم اعصاب و علوم تربیتی، به بررسی نظریهٔ آموزش عصبی در حوزه مدل‌های محاسباتی تصمیم‌گیری می‌پردازد و این کار را با بررسی پارامترهای یک مدل نورونی-محاسباتی برای بهبود اثر تدریس پیوند می‌دهد.

گرچه مدل معرفی‌شده مربوط به سال ۲۰۰۶ است؛ ولی کاملاً از نظر رفتاری و نورونی پابه‌پای مدل‌های جدیدی [۲۵, ۶۶-۶۹, ۷۲-۷۵] که در سال‌های اخیر ارائه شده‌اند رفتار انسان را مدل‌سازی می‌کند. در این تحقیق، جهت معرفی کاربرد مدل در حوزه‌ی آموزش عصبی و بهبود شرایط آموزشی سه آزمایش مختلف موردبحث قرار گرفت که در آزمایش اول به بررسی موازنه سرعت و دقت در مدل پرداخته شد. ایجاد یک موازنه بین سرعت و دقت در هنگام پاسخ به سؤالات امتحان و یا زمان اختصاص داده‌شده برای مطالعه یک درس، یکی از چالش‌های موجود برای دانش‌آموزان در هنگام تحصیل است و پیدا کردن آن نقطه، بسیار می‌تواند در بهبود شرایط یادگیری و آموزش مفید باشد. نگاشت پارامترهای مدل به دنیای واقعی و فضای آموزشی نشان داد که می‌توانیم موازنه بهینه بین سرعت و دقت پاسخ را در دانش‌آموزان پیدا کنیم. به‌عبارتی با توجه به شواهدی که به دانش‌آموز از یک مسأله ارائه می‌شود، می‌توان موازنه بهینه بین سرعت و دقت پاسخ مربوطبه سؤال مطرح‌شده، پیدا کرد که دانش‌آموزان بتوانند به بهترین نحو ممکن، پاسخ سؤالات را بدهند. در آزمایش دوم به بررسی اثر توجه پرداخته شد؛ زیرا که توجه یکی از کلیدی‌ترین و اساسی‌ترین پارامترهای یادگیری است و کنترل و مطالعه آن بسیار می‌تواند به بهبود کیفیت تعلیم و تربیت ذهن دانش‌آموزان کمک کند. با بررسی رفتار مدل مشاهده شد که مدل می‌تواند اثر توجه در رفتار دانش‌آموزان را نمایش دهد و با توجه به این موضوع، می‌توان از مدل محاسباتی، جهت ارزیابی روش پیشنهادی توسط روانشناسان، استفاده کرد و بررسی کرد که روش پیشنهادی به چه اندازه نسبت‌به قبل تمرکز و توجه دانش‌آموزان را هنگام دریافت اطلاعات افزایش داده‌است و همین‌طور پیشنهاد به تقویت توجه دانش‌آموزان هنگام تدریس با استفاده از روش‌های آموزش نوین، کرد. در آزمایش سوم بر روی پارامتر مهمی به نام قطعیت یا میزان اعتماد به‌نفس افراد تمرکز شد. قطعیت افراد به‌شدت روی روان دانش‌آموزان تاثیرگذار است و با مطالعه و شناخت نکات کلیدی آن، می‌توان پیشنهادات بسیار ارزنده‌ای در راستای بهبود روحیه دانش‌آموزان و به‌دنبال آن افزایش کیفیت یادگیری ارائه کرد. نتایج مدل به‌خوبی اثر قطعیت را در رفتار افراد نشان داد و ازآنجاکه افراد در محیط آرام و فضایی باز و آزاد و به‌دور از استرس و اضطراب، اعتماد به‌نفس افراد بالاتر می‌رود، بررسی‌های مدل نشان داد که با ایجاد این شرایط، دقت و زمان پاسخ نیز تقویت می‌شود؛ لذا کارشناسان و روانشناسان علوم تربیتی

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

می‌توانند با برنامه‌ریزی درست و ایجاد فضایی آزاد برای اظهارنظر و محیطی آرام برای یادگیری، بستری را ایجاد کنند تا خلاقیت و تفکرات دانش‌آموزان شکوفا شود.

به‌طور کلی، بررسی پارامترهای مدل مورد بحث و مدل‌ها محاسباتی دیگر، در مقایسه با اصلاحات آموزشی مبتنی‌بر تجربه‌های قبلی، پایه‌های نظری را از جنبه‌های فیزیولوژی، عصب‌شناسی شناختی و روانشناسی شناختی تقویت می‌کند. در نظریهٔ آموزش عصبی، بر فیزیولوژی شناختی و روانشناسی شناختی دانش‌آموزان تأکید می‌شود و طرح اصلاح برنامه‌ریزی درسی و ایجاد محیط بهینه، آرام و به‌دور از استرس برای دانش‌آموزان پیشنهاد می‌شود. حتی با استفاده از این نوع مدل‌ها و مطالعه رفتار آن‌ها اختلالاتی مانند نارساخوانی (خوانش‌پریشی) را تشخیص داد و به این افراد کمک کرد. مطالب ارائه‌شده در این مقاله می‌تواند کمک‌های ارزشمندی در راستای تقویت اعتماد به نفس و دقت و زمان پاسخ دانش‌آموزان با استفاده از روش های روانشناسی موجود داشته باشد و به‌طور مؤثر، اثر تدریس را بهبود بخشد و پرورش تفکر محاسباتی دانش‌آموزان را تقویت کند.

مشارکت نویسندگان

در این مقاله نویسندگان به نسبت سهم برابر مشارکت داشته‌اند.

تشکر و قدردانی

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

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

منابع و مآخذ

[1] Newell B R, D A Lagnado, D R Shanks, Straight choices: The psychology of decision making. 2015: Psychology Press.

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

[3] Koukouli F et al. Nicotine reverses hypofrontality in animal models of addiction and schizophrenia. *Nature Medicine.* 2017; 23(3): 347-354.

[4] Camerer C, G Loewenstein, D Prelec. Neuroeconomics: How neuroscience can inform economics. *Journal of economic Literature.* 2005; 43(1): 9-64.

[5] Glimcher P W, E Fehr. Neuroeconomics: Decision making and the brain. Academic Press. 2013.

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

[7] Anderson S J et al. A reinforcement-based learning paradigm increases anatomical learning and retention—A neuroeducation study. *Frontiers in human neuroscience.* 2018; 12: 38.

[8] Ansari D, B De Smedt, R H Grabner. Neuroeducation–a critical overview of an emerging field. *Neuroethics.* 2012; 5(2): 105-117.

[9] Hardiman M et al. Neuroethics, neuroeducation, and classroom teaching: Where the brain sciences meet pedagogy. *Neuroethics.* 2012; 5(2): 135-143.

[10] Latifzadeh K et al. Evaluating cognitive load of multimedia learning by eye-tracking data analysis. *Technology of Education Journal (TEJ).* 2020; 15(1): 33-50.

[11] Blake K. A Neuroeducation Model for an Inclusive School-wide Intervention System. 2021.

[12] Zhang J. Teaching Strategy of Programming Course Guided by Neuroeducation. 14th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE): 2019. IEEE.

[13] Pulvermüller F. The case of CAUSE: neurobiological mechanisms for grounding an abstract concept. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences.* 2018; 373(1752): 20170129.

[14] Ghazanfar A A, C E Schroeder. Is neocortex essentially multisensory?. *Trends in cognitive sciences.* 2006; 10(6): 278-285.

[15] Mehta A. 'Neuroeducation' Emerges as Insights into Brain Development, Learning Abilities Grow. *The DANA foundation.* 2009.

[16] Battro AM, Fischer KW, Léna PJ. The educated brain: Essays in neuroeducation. InMind, Brain, and Education, Nov, 2003, Rome, Italy; This volume has been edited from the papers presented at the aforementioned conference. 2008. Cambridge University Press.

[17] Blair C. School readiness: Integrating cognition and emotion in a neurobiological conceptualization of children's functioning at school entry. *American psychologist.* 2002; 57(2): 111.

[18] Caine R N, G Caine. Understanding a brain-based approach to learning and teaching. *Educational leadership.* 1990; 48(2): 66-70.

[19] Schmitz T W, E De Rosa, A K Anderson. Opposing influences of affective state valence on visual cortical encoding. *Journal of Neuroscience.* 2009; 29(22): 7199-7207.

[20] Bishop DV. What is educational neuroscience. Consultado en http://deevybee. blogspot. co. uk/2014/01/what-is-educational-neuroscience. html. 2014.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

European archives of psychiatry and clinical neuroscience. 2018; 268(4): 349-357.

[39] Lamblin M et al. Social connectedness, mental health and the adolescent brain. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews.* 2017; 80: 57-68.

[40] Britten K H et al. The analysis of visual motion: a comparison of neuronal and psychophysical performance. *Journal of Neuroscience.* 1992; 12(12): 4745-4765.

[41] Kiani R, A K Churchland, M N Shadlen. Integration of direction cues is invariant to the temporal gap between them. *Journal of Neuroscience.* 2013; 33(42): 16483-16489.

[42] Vafaei S, R Ebrahimpour, S Zabbah. The Relationship Between Pupil Diameter Data and Confidence in Multi-Stage Decisions. *The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam.* 2020; 70-79.

[43] Van den Berg R et al. Confidence is the bridge between multi-stage decisions. *Current Biology*. 2016; 26(23): 3157-3168.

[44] Purcell B A, R Kiani. Hierarchical decision processes that operate over distinct timescales underlie choice and changes in strategy. *Proceedings of the national academy of sciences.* 2016; 113(31): E4531-E4540.

[45] Sarafyazd M, M Jazayeri. Hierarchical reasoning by neural circuits in the frontal cortex. *Science.* 2019; 364(6441).

[46] Churchland A K, R Kiani, M N Shadlen. Decision-making with multiple alternatives. *Nature* neuroscience. 2008; 11(6): 693-702.

[47] Gallistel C R, L D Matzel. The neuroscience of learning: beyond the Hebbian synapse. *Annual review of psychology*. 2013; 64: 169-200.

[48] Jaskowiak E. "Is it his Language?" A Neuroeducation Approach to Exploring the Connection Between Levels of Language Function and Prosocial Concepts for Elementary Students Identified with Emotional and Behavioral Disorders. 2018.

[49] Klingberg T. Training and plasticity of working memory. *Trends in cognitive sciences*. 2010; 14(7): 317-324.

[50] Olesen P J, H Westerberg, T Klingberg. Increased prefrontal and parietal activity after training of working memory. *Nature neuroscience.* 2004; 7(1): 75-79.

[51] Holmes J, S E Gathercole, D L Dunning. Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children. *Developmental science*. 2009; 12(4): F9-F15.

[52] Gabrieli J D. Dyslexia: a new synergy between education and cognitive neuroscience. *Science.* 2009; 325(5938): 280-283.

[53] Hoeft F et al. Neural basis of dyslexia: a comparison between dyslexic and nondyslexic children equated for reading ability. *Journal of Neuroscience.* 2006; 26(42): 10700-10708.

[21] Bowers J S. The practical and principled problems with educational neuroscience. *Psychological Review.* 2016; 123(5): 600.

[22] Bruer J T. Education and the brain: A bridge too far. *Educational researcher*. 1997; 26(8): 4-16.

[23] Gabrieli J D. The promise of educational neuroscience: Comment on Bowers (2016). 2016.

[24] Howard-Jones P A et al. The principles and practices of educational neuroscience: Comment on Bowers (2016). 2016.

[25] Okazawa G et al. Psychophysical reverse correlation reflects both sensory and decision-making processes. *Nature communications*. 2018; 9(1): 1-16.

[26] Anderson J R. Arguments concerning representations for mental imagery. *Psychological review.* 1978; 85(4): 249.

[27] Anderson J R. Cognitive skills and their acquisition. 2013: Psychology Press.

[28] Binder J R. In defense of abstract conceptual representations. *Psychonomic bulletin & review.* 2016; 23(4): 1096-1108.

[29] Britten K H et al. A relationship between behavioral choice and the visual responses of neurons in macaque MT. *Visual neuroscience*. 1996; 13(1): 87-100.

[30] Esch T, K A Mesce, W B Kristan. Evidence for sequential decision making in the medicinal leech. *Journal of Neuroscience.* 2002; 22(24): 11045-11054.

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

[32] Farzmahdi A et al. A specialized face-processing model inspired by the organization of monkey face patches explains several face-specific phenomena observed in humans. *Scientific reports*. 2016; 6(1): 1-17.

[33] Mirzaei A et al. Predicting the human reaction time based on natural image statistics in a rapid categorization task. *Vision research*. 2013; 81: 36-44.

[34] Gold J I, M N Shadlen. The neural basis of decision making. Annu. Rev. *Neurosci.* 2007; 30: 535-574.

[35] Shadlen M N, W T Newsome. Neural basis of a perceptual decision in the parietal cortex (area LIP) of the rhesus monkey. *Journal of neurophysiology*. 2001; 86(4): 1916-1936.

[36] Getha-Eby T J et al. Meaningful learning: Theoretical support for concept-based teaching. *Journal of Nursing Education*. 2014; 53(9): 494-500.

[37] Pulvermüller F. Meaning and the brain: The neurosemantics of referential, interactive, and combinatorial knowledge. *Journal of Neurolinguistics*. 2012; 25(5): 423-459.

[38] Menghini D et al. The influence of generalized anxiety disorder on executive functions in children with ADHD.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

[70] Wang X J. Probabilistic decision making by slow reverberation in cortical circuits. *Neuron*. 2002; 36(5): 955-968.

[71] Wong K F, X J Wang. A recurrent network mechanism of time integration in perceptual decisions. *Journal of Neuroscience.* 2006; 26(4):1314-1328.

[72] Okazawa G et al. Representational geometry of perceptual decisions in the monkey parietal cortex. *Cell.* 2021; 184(14): 3748-3761.

[73] Bredenberg C, C Savin, R Kiani. Recurrent neural circuits overcome partial inactivation by compensation and re-learning. bioRxiv, 2021.

[74] Shinn M, N H Lam, J D Murray. A flexible framework for simulating and fitting generalized drift-diffusion models. *ELife*. 2020; 9: e56938.

[75] Stine G M et al. Differentiating between integration and non-integration strategies in perceptual decision making. *Elife*. 2020; 9: e55365.

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

[77] Lo C C, X J Wang. Cortico–basal ganglia circuit mechanism for a decision threshold in reaction time tasks. *Nature neuroscience.* 2006; 9(7): 956-963.

[78] McCormick D A, Y Shu, Y Yu. Hodgkin and Huxley model—still standing?. *Nature.* 2007; 445(7123): E1-E2.

[79] Amit D J, N Brunel. Dynamics of a recurrent network of spiking neurons before and following learning. *Network: Computation in Neural Systems.* 1997; 8(4): 373-404.

[80] Renart A, N Brunel, X J Wang. Mean-field theory of recurrent cortical networks: working memory circuits with irregularly spiking neurons. *Computational neuroscience: A comprehensive approach.* 2003; 432-490.

[81] Esmaily J, R Ebrahimpour, S Zabbah. Changing in the Reaction Time Causes the Confidence Matching in Group Decision Making. *The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam.* 2019; 7(4): 61-70.

[82] Bang D et al. Confidence matching in group decision-making. *Nature Human Behaviour*. 2017; 1(6): 1-7.

[83] Khalvati K, R Kiani, R P Rao. Bayesian inference with incomplete knowledge explains perceptual confidence and its deviations from accuracy. *Nature communications*. 2021; 12(1): 1-16.

[84] Kiani R, M N Shadlen. Representation of confidence associated with a decision by neurons in the parietal cortex. *science.* 2009; 324(5928): 759-764.

[85] Goette L et al. Stress pulls us apart: Anxiety leads to differences in competitive confidence under stress. *Psychoneuroendocrinology*. 2015; 54: 115-123.

[54] Hoeft F et al. Functional and morphometric brain dissociation between dyslexia and reading ability. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 2007; 104(10): 4234-4239.

[55] Shaywitz B A et al. Disruption of posterior brain systems for reading in children with developmental dyslexia. *Biological psychiatry.* 2002; 52(2): 101-110.

[56] Eden G F et al. Neural changes following remediation in adult developmental dyslexia. *Neuron*. 2004; 44(3): 411-422.

[57] Shaywitz B A et al. Development of left occipitotemporal systems for skilled reading in children after a phonologically-based intervention. *Biological psychiatry.* 2004; 55(9): 926-933.

[58] Temple E et al. Neural deficits in children with dyslexia ameliorated by behavioral remediation: evidence from functional MRI. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 2003; 100(5): 2860-2865.

[59] De Smedt B, L Verschaffel. Traveling down the road: from cognitive neuroscience to mathematics education… and back. *ZDM.* 2010; 42(6): 649-654.

[60] Molfese D L. Predicting dyslexia at 8 years of age using neonatal brain responses. *Brain and language.* 2000; 72(3): 238-245.

[61] Shiffrin R M, W Schneider. Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychological review.* 1977; 84(2): 127.

[62] Anderson M L. After phrenology: Neural reuse and the interactive brain. 2021: MIT Press.

[63] Poldrack R A. Mapping mental function to brain structure: how can cognitive neuroimaging succeed?. *Perspectives on psychological science.* 2010; 5(6): 753-761.

[64] Price C J, K J Friston. Functional ontologies for cognition: The systematic definition of structure and function. *Cognitive Neuropsychology.* 2005; 22(3-4): 262-275.

[65] Han H, F Soylu, D M Anchan. Connecting levels of analysis in educational neuroscience: A review of multi-level structure of educational neuroscience with concrete examples. *Trends in Neuroscience and Education*. 2019; 17: 100113.

[66] Murray J D, J Jaramillo, X J Wang. Working memory and decision-making in a frontoparietal circuit model. *Journal of Neuroscience.* 2017; 37(50): 12167-12186.

[67] Taghia J et al. Uncovering hidden brain state dynamics that regulate performance and decision-making during cognition. *Nature communications.* 2018; 9(1): 1-19.

[68] Collins A G, M J Frank. Within-and across-trial dynamics of human EEG reveal cooperative interplay between reinforcement learning and working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 2018; 115(10): 2502-2507.

[69] Brinkman B A et al. Metastable dynamics of neural circuits and networks. Applied Physics Reviews. 2022; 9(1): 011313.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Amir.harris@sru.ac.ir

رضا ابراهیم‌پور استاد دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی می‌باشند. ایشان مدرک کارشناسی مهندسی برق- الکترونیک را در سال ۱۳۸۷ از دانشگاه مازنداران و مدرک کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی- بیوالکترونیک را در سال ۱۳۸۰ از دانشگاه تربیت مدرس دریافت نمودند. در فروردین ۱۳۸۱ به عنوان دانشجوی اولین دوره دکتری علوم اعصاب‌شناختی در پژوهشکده علوم‌شناختی، پژوهشگاه دانش‌های بنیادی (IPM) شروع به تحصیل نمودند و در سال ۱۳۸۶ موفق به اخذ مدرک دکتری تخصصی گردیدند. ایشان به‌عنوان پژوهشگر ارشد با پژوهشگاه دانش‌های بنیادی همکاری پژوهشی دارند. همچنین بیش از ۱۰۰ مقاله علمی در مجلات و کنفرانس‌های علمی ارائه نموده‌اند و در کمیته علمی و داوری متجاوز از بیست مجله و کنفرانس علمی فعالیت داشته‌اند. ایشان سرگروه داوری گروه مکاترونیک جشنواره جوان خوارزمی و از منتخبین سرآمدان علمی کشور در سال ۱۳۹۴ می‌باشند. زمینه‌های تخصصی ایشان عبارتند از: علوم اعصاب‌شناختی، مدل‌سازی شناختی، بینایی انسان و ماشین.

Ebrahimpour, R. Professor, Cognitive Neuroscience, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

rebrahimpour@sru.ac.ir

[86] Postareff L, S Lindblom-Ylänne. Emotions and confidence within teaching in higher education. *Studies in Higher education.* 2011; 36(7): 799-813.

[87] Sadler I. The role of self-confidence in learning to teach in higher education. *Innovations in Education and Teaching International*. 2013; 50(2): 157-166.

[88] Cecchini J et al. The influence of the physical education teacher on intrinsic motivation, self-confidence, anxiety, and pre-and post-competition mood states. *European Journal of Sport Science*. 2001; 1(4): 1-11.

معرفی نویسندگان

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

امیرمحمود موسوی‌هریس در۱۳۹۶درجه کارشناسی خود را در رشته مهندسی کامپیوتر و در گرایش نرم‌افزاراز دانشگاه صنعتی قم اخذ کرده و در سال ۱۴۰۰ نیز مدرک کارشناسی ارشد خود را از رشته مهندسی کامپیوتر، گرایش هوش مصنوعی و رباتیکز را در دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی دریافت نموده است. حوزه تحقیقاتی ایشان در دوره کارشناسی ارشد، مدل‌سازی نورونی- محاسباتی تصمیم‌گیری بوده و در زمینه‌های علوم اعصاب شناختی، تصمیم‌گیری گروهی، شبکه عصبی عمیق، پردازش تصویر و سیگنال نیز فعالیت داشته‌اند.

Mousavi Harris. A.M, MA at faculty of Computer Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

Citation (Vancoure): Mousavi Harris A.M, Ebrahimpour R. [Investigation of Decision-Making Computational cortex-like mechanism models in Neuroeducation]. *Tech. Edu. J. 2023; 17(2): 249-264*

https://doi.org/10.22061/tej.2023.8786.2728

COPYRIGHTS

©2023 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

Archive of SID.ir