Curriculum Research
Journal homepage: https://jcr.shirazu.ac.ir/

The Effect of Brain-Compatible Electronic Learning Environment Design Pattern on the Components of Executive Functions

Maryam Rajabiyan Dehzireh[1], Hamidreza Maghami[2*], Mahmoud Talkhabi[3], Ismail Zarei Zawarki[4], Jalil Younesy[5]

1. Ph.D. student of educational technology, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.
2. Associate Professor of Educational Technology Department, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.
3. Assistant Professor of the Department of Educational Management, Shahid Chamran Campus, Tehran, Iran.
4. Professor of Educational Technology Department, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.
5. Associate Professor of Measurement and Measurement Department, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

Received: 2023/12/18 Revised: 2024/01/21 Accepted: 2024/02/20

Keywords:
e-learning, brain-compatible learning, executive functions, students

Abstract

The aim of this study was to examine the effect of a learning environment design model for e-learning based on educational neuroscience (the science of mind, brain, and education) on the components of executive functions in students within the mathematics curriculum. The research method was quasi-experimental, using a pretest-posttest design with a control group. The statistical population consisted of all fifth-grade elementary students, from which 30 students (15 in the experimental group and 15 in the control group) were selected through cluster sampling. The experimental group received instruction over seven sessions via an interactive e-learning environment (Nearpod) using a six-component brain-compatible e-learning model (attention, connection, emotion, spaced learning, environmental factors, and social factors). Data collection was conducted using the Behavior Rating Inventory of Executive Function (BRIEF, 2000). This questionnaire assessed behavioral regulation skills (response inhibition, cognitive flexibility, emotional control) and metacognitive skills (planning, organization of materials, monitoring, working memory, initiation). Data were analyzed using covariance analysis. The findings indicated that the brain-compatible e-learning environment significantly influenced components of executive function (cognitive flexibility, response inhibition, and working memory) ($p < 0.001$). Accordingly, it can be concluded that teachers can employ brain-compatible e-learning models in the design of various academic lessons.

Citation: Rajabiyan Dehzireh, M., Maghami, H.R., Talkhabi, M., Zarei Zawarki, E., & Younesy, J. (2024). The Effect of Brain-Compatible Electronic Learning Environment Design Pattern on the Components of Executive Functions. Journal of Curriculum Research Vol.14, No.1, Ser 27. 27-50

* Corresponding Author: E-mail address: (hmaghami@gmail.com)

Extended Abstract

Introduction

In recent decades, in the field of education, various approaches related to educational processes have emerged. Brain-based learning is one of these theories that has attracted the attention of many education experts. By emphasizing the brain and how it works and linking it with learning processes, this theory has brought new topics into the educational field. Paying attention to the various dimensions of this theory and its connection with educational processes and, accordingly, progress in the field of education seems essential. The use of educational technologies cannot be effective without considering educational design patterns and educational approaches. Based on this, educational principles have always been considered in the design of the electronic learning environment. The training process should be designed and planned in such a way that it seeks to create changes in the brain and its scientific results can be observed in behavior. The purpose of this research was the effect of brain-compatible electronic learning environment design pattern on the components of executive functions (cognitive flexibility, working memory and response inhibition) of students.

Research questions

The research questions are:

Does the design pattern of electronic learning environment compatible with the brain have an effect on cognitive flexibility؟

Does the design pattern of electronic learning environment compatible with the brain have an effect on working memory?

Does the design pattern of electronic learning environment compatible with the brain have an effect on response inhibition?

Methods

The research method was a semi-experimental pre-test-post-test design with a control group. The statistical population included all 5th grade students, 30 of them (15 in the experimental group and 15 in the control group) were selected as samples by cluster sampling. The experimental group was trained using the six-component model of electronic learning adapted to the brain (attention, Genrate, emotion, spacing learning, environmental factors and social factors) during six sessions in the Nearpod electronic interactive environment. Data were analyzed by covariance method. The data collection tool included Brief Executive Functions Questionnaire (2000). The components of this questionnaire included behavior regulation skills: response inhibition, cognitive flexibility, emotion control and metacognitive skills: planning, organizing materials, monitoring, working memory, initiation.

Results

The findings of the research showed that the model of electronic learning environment compatible with the brain has an effect on the components of executive functions (cognitive flexibility, response inhibition and working memory) ($p<0.001$).

Discussion

Based on this, it can be concluded that teachers can use the model of electronic learning environment in the design of different academic courses.

Keywords: e-learning, brain-compatible learning, executive functions, students

پژوهش‌های برنامه درسی

Journal homepage: https://jcr.shirazu.ac.ir/

تاثیر الگوی طراحی محیط یادگیری الکترونیکی مبتنی بر یادگیری سازگار با مغز بر مولفه‌های کارکردهای اجرایی دانش آموزان

مریم رجبیان ده زیره[۱]، حمیدرضا مقامی[۲*]، محمود تلخابی[۳]، اسماعیل زارعی زوارکی[٤]، جلیل یونسی[٥]

۱. دانشجوی دکتری تکنولوژی آموزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

۲. دانشیار گروه تکنولوژی آموزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

۳. استادیار گروه مدیریت آموزشی، پردیس شهید چمران، تهران، ایران.

٤. استاد گروه تکنولوژی آموزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

٥. دانشیار گروه سنجش و اندازه گیری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱٤۰۲/۰۹/۲۷ تاریخ دریافت مقاله نهایی: ۱٤۰۲/۱۱/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۱۲/۰۱

واژه‌های کلیدی:

یادگیری الکترونیکی، یادگیری سازگار با مغز، کارکردهای اجرائی، دانش آموزان

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۰۹/۲۷

تاریخ بازنگری: ۱٤۰۲/۱۱/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۱۲/۰۱

چکیده

هدف از پژوهش حاضر تاثیر الگوی طراحی محیط یادگیری الکترونیکی مبتنی بر علوم اعصاب تربیتی (دانش ذهن، مغز و تربیت) بر مولفه‌های کارکردهای اجرایی دانش آموزان در برنامه درسی ریاضی بود. روش پژوهش نیمه آزمایشی از نوع طرح پیش آزمون-پس آزمون با گروه کنترل بود. جامعه آماری شامل تمامی دانش آموزان پایه پنجم ابتدایی بودند که از بین آن ها ۳۰ نفر (۱۵ نفر گروه آزمایش و ۱۵ نفر گروه کنترل) با روش تمونه‌گیری خوشه ای به عنوان نمونه انتخاب شدند. گروه آزمایش با استفاده از الگوی شش مولفه‌ای یادگیری الکترونیکی سازگار با مغز (توجه، ارتباط، هیجان، یادگیری فاصله ای، عوامل محیطی و عوامل اجتماعی) در مدت هفت جلسه در محیط تعاملی الکترونیکی Nearpodآموزش دیدند. ابزار گردآوری داده ها شامل پرسش‌نامه کارکردهای اجرایی بریف (۲۰۰۰) بود. مولفه‌های این پرسش‌نامه شامل مهارت‌های تنظیم رفتار: بازداری پاسخ، انعطاف پذیری شناختی، کنترلی هیجان و مهارت‌های فراشناخت: برنامه ریزی، سازمان دهی مواد، نظارت، حافظه کاری، آغازگری بود. داده ها با روش کوواریانس تجزیه و تحلیل شدند. یافته‌های پژوهش نشان داد الگوی محیط یادگیری الکترونیکی سازگار با مغز بر مولفه‌های کارکردهای اجرایی (انعطاف پذیری شناختی، بازداری پاسخ و حافظه کاری) تاثیر دارد .(001/ 0p<) بر این اساس، می‌توان نتیجه گرفت معلمان می‌توانند از الگوی محیط یادگیری الکترونیکی در طراحی دروس گوناگون تحصیلی استفاده کنند.

استناد: مریم رجبیان ده زیره، حمیدرضا مقامی، محمود تلخابی، اسماعیل زارعی زوارکی، جلیل یونسی (۱٤۰۳). تاثیر الگوی طراحی محیط یادگیری الکترونیکی مبتنی بر یادگیری سازگار با مغز بر مولفه‌های کارکردهای اجرایی دانش آموزان. مجله علمی پژوهشی «پژوهش‌های برنامه درسی» انجمن مطالعات برنامه درسی ایران. دوره چهاردهم، شماره اول، پیاپی ۲۷، بهار و تابستان ۱٤۰۳. ۵۰-۲۷

* نویسنده مسئول: E-mail: (hmaghami@gmail.com)

مقدمه

تأخیر و اختلالات در کارکردهای اجرایی، در بسیاری اختلالات ناشی از نقص سیستم عصبی مرکزی یا آسیب دیدگی‌هایی مانند فلج مغزی، صرع، اسپینا بفیندا[1](مهره شکاف دار، شکاف مادرزاد مهره‌ها به صورت آشکار یا پنهان، کمر باز یا بیرون زدگی نخاع)،آسیب ترماتیک مغز و سرطان نقش دارند (Krawszyk Et al, 2019; Stadskleiv, 2020). از سوی دیگر، کارکرد اجرایی ضعیف یک مسئله مهم کلینیکی و سلامتی است که بر اختلالات و آسیب های عصبی و اختلالات، حافظه، موفقیت تحصیلی (Barkley, 2012) و ناتوانی های یادگیری (Akyürek & Bumin, 2019) تاثیر دارد. کارکردهای اجرایی مجموعه‌ای از مهارت‌ها هستند که برنامه‌ریزی، سازماندهی و ساختاردهی فعالیت‌های زندگی روزمره و اهداف بلندمدت زندگی را تسهیل می‌کنند (Doebel, 2020 ; Blair, 2017). کارکرد اجرایی (EF) اغلب به عنوان "سیستم مدیریت مغز" توصیف می‌شود (Murphy, 2021). زیرا مهارت‌های موجود به ما اجازه می‌دهد تا اهداف تعیین کنیم، برنامه ریزی کنیم، سازماندهی کنیم و وظایف را نحو احسن به پایان بر سانیم. مهارت‌های کارکرد اجرایی هر روز به منظور عملکرد در جامعه و معنا بخشیدن به جهان مورد استفاده قرار می گیرد. به بیان دیگر، عملکرد اجرایی یک جزء ضروری برای یادگیری است و نقص در عملکرد اجرایی هدفمند ممکن است از موفقیت تحصیلی جلوگیری کند (Sibley Et al, 2019). عملکرد اجرایی یک سازه بسیار مهم در بهبود عملکرد تحصیلی است (Strait Et al, 2019). مولفه‌های بنیادی کارکردهای اجرایی شامل بازداری، حافظه کاری، تغییر و انعطاف پذیری شناختی هستند (Miyake Et al, 2000; Fogel Et al, 2020; Blair & Ursache, 2011; McCloskey & Perkins, 2012; Zelazo, 2020). حافظه کاری به عنوان توانایی حفظ و تغییر یا به روز رسانی اطلاعات در مدت زمان نسبتاً کوتاه تعریف شده است (Alloway Et al, 2006; Huizinga Et al, 2006). این اطلاعات به طور مستقل (یعنی بدون کمک) و «در انتظار» برای استفاده موقت (مثلاً به خاطر سپردن شماره تلفن برای برقراری تماس)، یا برای حل مشکلات یا تصمیم‌گیری استفاده می‌شوند (Christophel Et al, 2017; Cowan, 2017). کنترل بازدارنده به عنوان توانایی کنترل توجه، رفتار، افکار و احساسات فرد تعریف می‌شود (Welch, 2023) و شامل نادیده گرفتن پاسخ غالب و خودکارتر به منظور انجام کارهایی است که بهینه تر یا مناسب تر است (مانند بررسی نکردن اعلان تلفن در هنگام رانندگی، سرکوب خنده در زمانی که موقعیت مناسب نیست) می‌باشد (Blair & Ursache, 2012; Miyake & Friedman, 2012). انعطاف پذیری شناختی به عنوان توانایی جابجایی بین حالات ذهنی، مجموعه قوانین یا وظایف تعریف می شود (Miyake Et al, 2000) و شامل دور کردن توجه از اطلاعات نامربوط و انطباق تفکر و رفتار فرد در پاسخ به تغییر اهداف یا تغییرات در محیط است (Bernadro & Presbitero, 2018; Blair & Ursache, 2012; Buttelmann &Karbach, 2017).

یادگیری سازگار با مغز بر روی کارکرد های اجرائی تاثیر دارد (Arsad&Kasefi, 2021; Yavari& Jalili Shishavan, 2020; Saifi Et al 2018). با توجه به انقلاب اطلاعاتی و توسعه فناوری، استفاده از راهبردهای آموزشی، ذهنی و شناختی و فناوری‌های مدرن در محیط‌های یادگیری الکترونیکی تطبیقی ضروری شده است. افزون بر این، نیاز به سرمایه گذاری بر روی تحقیقات در مورد چگونگی عملکرد مغز جهت معرفی استراتژی هایی برای یادگیری و آموزش وجود دارد. در این راستا، نیازها، انگیزه ها، علایق و گرایش های دانش آموزان باید مورد توجه قرار گیرد تا آنها به نحوی بهتر به نتایج یادگیری دست یابند و به موفقیت در فرآیند آموزشی برسند. نوآوری‌ها و پیشرفت در

[1]. Spina Bifida

فناوری‌های تصویربرداری عصبی، مانند تصویربرداری تشدید مغناطیسی کارکردی(fMRI) و پتانسیل‌های وابسته به رخداد(ERP)، به ما این امکان را می‌دهند که فعالیت‌های عصبی مرتبط با فرآیندهای شناختی خاص را از راه تغییرات در جریان خون مانند (fMRI) و تغییرات الکتریکی پتانسیل های وابسته به رخداد مانند (ERP) در سیستم مغزی تجسم کنیم (Brown, 2018). در ارتباط با این پیشرفت‌ها، چارچوب علوم اعصاب تربیتی پدید آمد و فرصت‌هایی را برای تحقیقات بین‌رشته‌ای مرتبط با سطوح گوناگون تحلیل از جمله ساختارهای مغز، عملکرد های شناختی، رفتار، و مداخلات آموزشی ایجاد است (Brown & Bjorklund, 1998; Brown & Chiu, 2006; Coch Et al, 2009; Goswami, 2006; Hille, 2011; Johnson Et al, 2002; MagilEvans Et al, 2002; Mareschal Et al, 2020; Varma Et al, 2008). یافته‌های حوزه علوم اعصاب ثابت کرده‌اند که وقتی افراد با یکدیگر همکاری می‌کنند، قشر میانی اوربیتوفرونتال و شبکه فرونتوپاریتال فعال می‌شوند و در نتیجه، رشد کارکردهای اجرایی ارتقا پیدا می‌کند (Lu Et al, 2019; Decety Et al, 2004). آموزش و یادگیری مبتنی بر مغز، یک رویکرد «یادگیرنده محور» است که توانایی‌های شناختی فراگیران را به کار می‌گیرد و بر یادگیری معنادار و نه صرفاً به خاطرسپاری تاکید می‌کند (Sani Et al, 2019). به طور کلی، روش یادگیری سازگار با مغز می‌تواند به معلمان در بهبود توانایی شناختی دانش آموزان کمک کند (Morgan, 2019; Yasar, 2017). پژوهشگران خاطرنشان کردند که اگر معلمان بیش‌تر در مورد مغز یادگیرندگان بدانند، بیش‌تر می‌توانند تفاوت ها را در بسیاری از روش های تدریس و یادگیری تشخیص دهند (Amiel & Tan, 2019; Doukakis & Alexopoulos, 2020). نظریه یادگیری سازگار با مغز تاکید کرده است که هر فردی در صورتی قادر به یادگیری است که محیط یادگیری فعالی داشته باشد که یادگیرندگان را تحریک کند. هر فردی با مغزی متولد می‌شود که اطلاعات و ایده ها را پردازش می‌کند، اما یادگیری سنتی اغلب با بازداری، تنبیه، نادیده گرفتن و ارعاب، توانایی مغز را کاهش می‌دهد. در یادگیری مبتنی بر مغز با تاکید بر ساختار و عملکرد مغز برای مهمترین فعالیت آن (یادگیری) مجموعه ای از اقدامات آموزشی بر اساس اصول سازگار با یادگیری مغز انجام شده است. محیط یادگیری از نظر نور، اکسیژن، آب، غذا، موسیقی، رنگ و خواب آماده شده و تأثیر این عوامل بر یادگیری دانش آموزان بررسی شده است. Hart (2002) اشاره می‌کند که یادگیری مبتنی بر مغز بر اساس ساختار و عملکرد مغز ساخته می‌شود، اما آموزش سنتی اغلب از روند طبیعی مغز جلوگیری می‌کند و از آن غفلت می‌کند. رویکرد یادگیری سازگار با مغز مبتنی بر اصول یادگیری مبتنی بر مغز است که توسط (Caine & Caine, 1991; Sousa, 1995) توسعه یافته است. معلمان باید بتوانند ماهیت فرآیندهای آموزشی را درک کنند و داده های علوم اعصاب تربیتی را در محیط‌های آموزشی به کار ببرند (Schrag, 2013) زیرا آنها مهم‌ترین عامل در انتقال داده های مربوط به مطالعات علوم اعصاب به محیط های یادگیری هستند. بنابراین، لازم است آگاهی معلمان از رویکرد علوم اعصاب تربیتی افزایش یابد. در این زمینه، برنامه‌های آموزش معلمان باید آگاهی آن ها را از علوم اعصاب افزایش دهد و معلمان باید آموزش‌هایی ببینند که بین علوم اعصاب و آموزش ارتباط برقرار کند، چه قبل و چه در طول زندگی حرفه‌ای‌شان.

به بیان دیگر، علوم اعصاب تربیتی می‌تواند به معلمان کمک کند تا درک کنند مکانیسم عملکرد مغز، معلمان را تشویق می‌کند تا استراتژی های تدریس را تغییر دهند و طراحی تدریس را برای اجرای بهتر فعالیت های آموزشی بهینه سازند (Sigman Et al, 2014). به گفته Jensen (2008)، در یادگیری سازگار با مغز، کاربرد این روش‌ها منجر به افزایش یادگیری معنادار برای دانش آموزان می شود. اساتید در آموزش‌های مجازی که از روش‌های یادگیری مبتنی بر مغز استفاده می‌کنند، این فرصت را دارند که شیوه‌های آکادمیک را در محیط یادگیری مجازی بهبود بخشند. بر اساس

نظرBraidic (2009)، اســاتید در محیط مجازی باید یک محیط یادگیری ناهمزمان امن، راحت، انعطاف‌پذیر، تعاملی و حمایتی را فراهم کنند و با این حال، یادگیری معنادار را ارتقا دهند. ابرینا تامپکینز، پیشـــنهاد کرد که طراحی دوره مجازی مبتنی بر مغز شامل «استراتژی‌های آموزشی طراحی شده برای سازگاری با تمایلات مغز برای جستجو، پردازش و سازمان‌دهی اطلاعات» است (Kelly, 2013). بر اساس گفته Caine & Geoffre (2010)، یادگیری در محیط مجازی زمانی می‌تواند به طور قابل توجهی بهبود یابد که با رو شی که افراد به طور طبیعی یاد می‌گیرند، سازگار با شد. مربیان باید کاری کنند که دانش‌آموزان از ا ضطراب رها شوند و به دانش‌آموزان کمک کنند تا ارتباط عاطفی مثبتی با یادگیری ایجاد کنند (Cercone, 2006). معلمانی که از روش‌های یادگیری مبتنی بر مغز اســتفاده می‌کنند، فرصــت‌هایی را برای تعامل از راه بررســی عملکرد، بازخورد و حمایت اصــلاحی برای کاهش اســترس و ارتقای یادگیری معنادار فراهم می‌کنند (Jensen, 2008). به بیان دیگر، هدف از روش‌های یادگیری مبتنی بر مغز، اســتفاده از شــیوه‌های آکادمیک مجازی معلمان برای کمک به کاربرد اطلاعات و بهبود یادگیری دانش آموزان اســت. اســاتید در محیط مجازی باید ضمن ایجاد محیطی یادگیرنده محور با استفاده از یادگیری مبتنی بر مغز، یادگیری مرتبط با شغل و حرفه دانش آموزان را در نظر بگیرند. عنا صر کلیدی مدل‌های آموز شی برای کلاس‌های مجازی که از روش‌های یادگیری سازگار با مغز اســتفاده می‌کنند عبارتند از حافظه/بازیابی، ســبک‌های یادگیری، افزایش توجه و نقش احســاســات در یادگیری (Clemons, 2005). ارتقای کیفیت آموزش از راه یادگیری معنادار و اســتفاده محدود از آموزش ســنتی، از جمله شــیوه هایی مانند سخنرانی ها و کاربرگ ها، امکان تحریک مغز و افزایش یادگیری دانش آموزان را فراهم می‌کند.

حافظه کاری با مشارکت مثبت کلاس درس (Fitzpatrick & Pagani, 2012)، آمادگی تحصیلی برای کودکان پیش دبســتانی (Swayze & Dexter, 2018)، مهارت‌های اولیه ریاضــی (Bull Et al, 2008; Harvey & Miller, 2016) و مهارت‌های زبان مرتبط ا ست (Roman Et al, 2014). م شخص شده ا ست که انعطاف‌پذیری شناختی با مهارت‌های گوناگون مرتبط با موفقیت مدر سه، مانند مهارت‌های ریا ضی مفهومی یا انتزاعی (Purpura Et al, 2017)، درک مطلب (Cantin Et al, 2016)، پیشرفت تحصیلی (Anthony & Ogg, 2020)، مشکلات رفتار برونی سازی (Schoemaker Et al, 2013) و رفتارهای تنظیم کننده با ر ضایت تاخیری (Jahromi & Stifter, 2008) مرتبط ا ست. مشخص شد که نقص در کنترل بازدارنده با افزایش خطر مشــکلات بیرونی مانند رفتارهای پرخاشــگرانه، مخرب و تکانشــی از همان اوایل سال های پیش دبستانی مرتبط ا ست و این رابطه تا سال های بعد مدر سه ادامه دارد (Utendale et al, 2011; Kim, 2022). هم‌چنین، مشخص شد که بازداری با سرکوب ا ستراتژی‌های کمتر پیچیده و با این حال، آ شنا و اتخاذ استراتژی‌های سازگارتر و بهبود یافته به مهارت‌های ریاضی کودکان کمک می‌کند (Ren et al, 2019).

Saadatmand & Afsharinejad (2022) پژوهشی با عنوان مدل معادلات ساختاری کارکرد اجرایی مغز و یادگیری الکترونیکی دانشــجومعلمان دانشــگاه فرهنگیان انجام دادند. خودســازماندهی، خودانگیزشــی، خودتنظیمی هیجانی بر یادگیری الکترونیکی رابطه معنادار نشان داد. Sharbar (2022) پژوهشی با عنوان مطالعه اثر یادگیری سازگار با مغز در آموزش رایانه‌ای، بر کنترل بازداری و حافظه کاری دانش‌آموزان با ســطوح اســترس بالا انجام دادند. یافته‌های پژوهش نشــان داد که رویکرد یادگیری ســازگار با مغز به روش رایانه‌ای منجر به تفاوت معنی‌دار بین گروهها از نظر کنترل بازداری و حافظه کاری شــد. Arsad & Kasefi (2021) پژوهشــی با عنوان اثربخشــی توانمندســازی مغزمحور بر کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان مبتلا به ناتوانی یادگیری ریاضــی انجام دادند. بین میانگین نمره های پیش-آزمون و پس-آزمون گروه آزمایش و کنترل تفاوت معنی داری وجود داشــت. توانمندســازی مغزمحور باعث بهبود توجه و حل

مسئله در افراد مبتلا به ناتوانی یادگیری ریاضی شد. با توجه به تأثیرات مثبت این روش بر توجه و حل مسئله افراد مبتلا به ناتوانی یادگیری ریاضی، این مطالعه نشان داد که توانمندسازی مغزمحور می‌تواند به عنوان یک روش مؤثر برای دستیابی به عملکرد بهینه کارکردهای اجرایی در افرادی که اختلال یادگیری ریاضی دارند، استفاده شود. Nasiri (2021) پژوهشی با عنوان اثر بخشی به کارگیری راهبردهای یادگیری سازگار با مغز بر انعطاف پذیری شناختی، درگیری تحصیلی‌وتفکر محاسباتی‌دردانش‌آموزان پایه‌دوم ابتدایی در درس‌ریاضی انجام داد. تحلیل داده ها نشان داد که یادگیری سازگار با مغز باعث افزایش انعطاف پذیری شناختی و درگیری تحصیلی در دانش آموزان پسر پایه دوم شد اما نتوانست در نمره تفکر محاسباتی ، تفاوت معناداری در دو گروه آزمایش و کنترل ایجاد کند. Bagheri & Latifi (2021) پژوهشی با عنوان اثربخشی مداخله بستهٔ مغز برتر بر تمرکز، حافظه و خلاقیت دانش-آموزان مقطع دبستان شهر اصفهان انجام دادند. این پژوهش نشان داد که آموزش بستهٔ مغز برتر با استفاده از تکنیک‌های محاسبات سریع ریاضی و تصویر ذهنی به روش‌های جذاب و خاص با استفاده از طنز و داستان سازی، موجب استفاده همزمان دانش‌آموزان از دو نیمکره مغز شده و قدرت تمرکز و خلاقیت آنان را افزایش داده‌است. بنابراین می‌توان به منظهور تسهیل یادگیری و ایجاد اشتیاق تحصیلی، از این روش بعنوان یک روش جدید با اثرات نسبتا پایدار برای افزایش تمرکز و خلاقیت دانش آموزان دبستانی استفاده کرد. Mashhadizadeh Et al (2021) پژوهشی با عنوان اثربخشی یادگیری مبتنی بر آموزش مغز بر مهارت حل مسئله و حافظه فعال دیداری _ فضایی پسران پیش‌دبستانی با نارسایی ویژه در یادگیری انجام دادند. نتایج نشان داد که یادگیری مبتنی بر آموزش مغز بر مهارت حل مسئله و حافظه فعال دیداری – فضایی به‌ترتیب ۲۷ درصد و ۳۱ درصد واریانس تغییرات را تبیین می‌کند. یادگیری براساس فعالیت مغز به دلیل تأکید بر فعالیت مشترک نیمکره‌های مغزی، رویکردی مثبت و مؤثر در بهبود عملکرد نوآموزان مبتلابه نارسایی ویژه در یادگیری بوده است. بنابراین می‌تواند به‌عنوان روشی غالب در آموزش پیش‌دبستانی استفاده شود. Sridamn & Sangkharam (2023) پژوهشی با عنوان برنامه آموزش الکترونیکی برای توسعه عملکردهای اجرایی کودکان برای ۵-۷ سال انجام دادند. نتایج نشان داد که برنامه آموزش الکترونیکی برای رشد کارکردهای اجرایی کودکان ۵ تا ۷ ساله مؤثر بوده است. Cherrier Et al (2023) پژوهشی با عنوان NeuroStratE: یک مداخله علوم اعصاب آموزشی برای کاهش رفتار اهمال کاری و بهبود عملکرد برنامه ریزی اجرایی در دانش آموزان انجام دادند. کاهش رفتار اهمال‌کاری و توانایی برنامه‌ریزی در دانش‌آموزانی که مداخله را دنبال کردند نسبت به گروه کنترل بهبود یافت. Al-Murshidi Et al (2021) پژوهشی با عنوان اثربخشی طراحی درس الکترونیکی درس فیزیک عمومی‌بر اساس نظریه یادگیری مبتنی بر مغز بر پیشرفت دانش‌آموزان دانشکده‌های آموزش پایه انجام دادند. نتایج نشان داد که دانش آموزان گروه آزمایش در آزمون دانش فیزیکی از دانش آموزان گروه کنترل بهتر عمل کردند. Damayanti Et al (2018) پژوهشی با عنوان بهبود کارکرد اجرایی دانش آموزان از راه یادگیری تربیت بدنی مبتنی بر مغز انجام دادند. نتایج نشان داد یادگیری تربیت بدنی مبتنی بر مغز بر کارکرد اجرایی دانش آموزان تاثیر دارد. Jena Et al (2018) پژوهشی با عنوان عملکرد یادگیری الکترونیکی همزمان در ارتباط با مهارت‌های تفکر، کارکردهای اجرایی و مزایای توجه دانش آموزان انجام دادند. یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که مهارت تفکر سلسله مراتبی بوده و به طور معناداری با عملکرد یادگیری الکترونیکی همزمان دانشجویان مرتبط است. کارکردهای اجرایی و توجه نیز با عملکرد یادگیری الکترونیکی همزمان ارتباط دارد.

مطالعات علوم اعصاب با توجه به توسعه فناوری‌های آموزشی به علوم تربیتی کمک می‌کند و مناسب‌ترین زمینه برای همکاری بین رشته‌ای بین علوم اعصاب و آموزش، توسعه فناوری‌های آموزشی است. تمام محرک های محیطی که در سیستم حسی درک و پردازش می شوند باعث فعالیت های الکترو شیمیایی و تغییرات عصبی فیزیولوژیکی در مغز می شوند. بنابراین، طراحی محیط های آموزشی عاملی است که بر تجربیات و نتایج یادگیری تأثیر می‌گذارد. لذا، افراد باید محیط های آموزشی را با در نظر گرفتن اصول عملکرد مغز طراحی کنند تا به مزایای بهینه دست یابند (Vaninsky, 2017). بررسی سه کارکرد اجرایی در دانش آموزان به علل گوناگونی برمی‌گردد. یکی از علت‌ها می‌تواند شناخت و ارزیابی نقاط قوت و ضعف دانش‌آموزان باشد. با بررسی کارکردهای اجرایی، می‌توانیم ببینیم که دانش آموزان در بخش‌های گوناگونی از هوش و توانایی کارکردهای اجرایی چقدر قدرتمنداند و کدام بخش‌ها نیاز به تقویت دارند. علت دیگر می‌تواند مشخص کردن استراتژی‌ها و راهبردهای بهینه برای یادگیری باشد. با بررسی کارکردهای اجرایی، می‌توانیم بررسی کنیم که کدام کارکرد اجرایی در فرایند یادگیری تاثیرگذارتر است و با توجه به این اطلاعات، استراتژی‌های بهینه‌تری برای یادگیری تعیین کنیم. هم‌چنین، بررسی کارکردهای اجرایی می‌تواند ما را در تشخیص مشکلات یادگیری کمک کند. اگر دانش آموزی در رشد کارکردهای اجرایی عقب بماند، ممکن است با مشکلاتی همچون نقص توجه، نقص کنترل حرکتی و مشکلات حافظه مواجه شود. با شناخت این مشکلات، می‌توان راهکارهای مناسب برای کمک به دانش آموزان با این مشکلات پیدا کرد. از طرفی، بررسی کارکردهای اجرایی اطلاعاتی نیز درباره عملکرد تحصیلی فرد می‌دهد. با شناخت میزان توانایی اجرایی دانش آموز، می‌توان استراتژی‌ها و روش‌های مناسبی برای بهبود عملکرد تحصیلی او پیشنهاد داد. از آنجایی که فرآیند یادگیری یک فرآیند پیچیده و گسترده است که تحت تأثیر محیط و شرایط خاص گوناگون قرار می‌گیرد، طراحی الگوی محیط یادگیری الکترونیکی مبتنی بر اصول علوم اعصاب تربیتی به فراهم آوردن عملکردهای اجرایی مؤثر برای دانش‌آموزان کمک می‌کند. آشنایی مدرس و یادگیرنده از عملکرد مغز در فرآیند یادگیری و شناخت مولفه‌های سازگار با مغز، زمینه را برای ایجاد نگرش یادگیرنده بودن مدرس و فراگیر فراهم می سازد. این نگرش، فرد را از حالت تک بعدی به حالت چند بعدی ارتقا داده و در فرآیند آموزش و یادگیری، به استفاده از روش های متنوع سوق می‌دهد و در هنگام برخورد با موانع، توانایی بازنگری برنامه ها را با حفظ توجه به هرکدام دارا بوده که همان انعطاف پذیری شناختی است. دستاوردهای پژوهش حاضر عبارت است از: کاربردی کردن یادگیری سازگار با مغز در فرآیند آموزش دانش آموزان، افزایش فعالیت های آگاهانه ی معلمان و دانش آموزان، کمک به پیشرفت تحصیلی و افزایش انگیزه ی دانش آموزان، ایجاد چالش در محیط یادگیری، توانمندسازی دانش آموزان در حذف تهدیدها و مدیریت آن ها. طراحی محیط های یادگیری الکترونیکی مبتنی بر اصول یادگیری سازگار با مغز به طراحان، برنامه ریزان درسی و معلمان کمک می‌کند تا بتوانند در فرایند یادگیری به یکپارچگی عملکرد مغز توجه داشته باشند و از منابع و ابزار یادگیری استفاده کنند که بین سه شبکه اساسی مغز یعنی شناختی، استراتژیک و عاطفی ارتباط برقرار شود. بر این اساس، سوال پژوهش این است که آیا الگوی محیط یادگیری الکترونیکی سازگار با مغز بر مولفه‌های کارکردهای اجرایی تاثیر دارد؟

روش پژوهش

روش پژوهش نیمه آزمایشی از نوع طرح پیش آزمون-پس آزمون با گروه کنترل بود. جامعه آماری تمامی دانش آموزان دختر پایه پنجم ابتدایی شهر تهران که ۳۰ نفر (۱۵ نفر گروه ازمایش و ۱۵ نفر گروه کنترل) به عنوان نمونه یا روش

نمونه گیری خوشه ای انتخاب شدند. گروه آزمایش با استفاده از الگوی شش مولفه ای یادگیری الکترونیکی سازگار با مغز (توجه، ارتباط، هیجان، یادگیری فاصـــله ای، عوامل محیطی و عوامل اجتماعی) در مدت هفت جلســـه مباحث ریا ضی پایه پنجم را در محیط تعاملی الکترونیکی نیرپاد[1] آموزش دیدند. در این محیط، از اپلیکیشن های دیگری نظیر فت[2] طراحی سوالات و آزمون سازی، بازی های آموزشی و ... استفاده شد.

نیرپاد را می‌توان به عنوان یک برنامه تعامل توضـــیح داد که معلمان و دانش آموزان را در یک پلتفرم گرد هم می آورد. این یک برنامه متمرکز بر آموزش ا ست. در نیرپاد معلم می‌تواند بازی آموز شی بسازد، از شبیه سازی های فت اسـتفاده کند. امکان سـاخت آزمون و بازخورد دادن به فراگیران در این محیط وجود دارد. فراگیران میتوانند از عملکرد خود آگاه شـوند و حتی در محیط آموزش ببینند و نظرات‌شـان را مطرح کنند. شـبیه سـازی فت در محیط نیرپاد تعبیه شده است. شبیه سازی فت شبیه سازی هایی سرگرم‌کننده، تعاملی و مبتنی بر آموزش و پژوهش در دروس گوناگون تحصیلی (فیزیک، زیست‌شناسی، علوم، شیمی، علوم زمین، ریاضیات) را ارائه می‌کند. این شبیه‌سازی توسط دانشگاه کلرادو ایالات‌متحده آمریکا ابداع شده است. آن‌ها در جاوا و فلش طراحی شده و با مرورگری که فلش و جاوا روی آن نصب‌شده قابل‌اجرا هستند شبیه‌سازی‌های فت ویژگی‌های منحصربه‌فردی دارند که در بیش‌تر ابزارهای کمک‌آموزشی وجود ندارند (تعامل، انیمیشن، بازخورد دینامیکی، کشف مفاهیم). این پلتفرم به معلمان اجازه می‌دهد تا درس‌هایی را از ابتدا ایجاد کنند و هم‌چنین، درس‌های ایجاد شـــده خود را آپلود کنند. افزون بر این، معلمان می‌توانند از کتابخانه گسترده دوره های از پیش بسته بندی شده به صورت رایگان استفاده کنند. نیرپاد به مربیان کمک می‌کند تا با استفاده از مفاهیمی مانند نظرسنجی، آزمون‌ها، تصاویر سه‌بعدی و موارد دیگر، یادگیری بهتری داشته باشند.

جدول ۱. جلسات آموزشی و شرح آن

جلسات	عنوان	هدف	محتوا
جلسه اول	آشنایی و معارفه و گرفتن پیش ازمون	معرفی اعضاء، آشنایی با فرایند جلسات، معرفی پلتفرم نیرپاد.	پلتفرم نیرپاد
جلسه دوم	آموزش کسر بزرگتر از واحد	آشنایی دانش آموزان با کسر بزرگتر از واحد، حاصل ضرب کسرها، حاصل تقسیم کسرها، تبدیل کسرها، مقایسه کسرها	افزایش توجه، تولید، هیجان، یادگیری فاصله ای، عوامل محیطی و عوامل اجتماعی با در نظر گرفتن راهبردهای آموزشی شرح مفاهیم کسر بزرگ‌تر از واحد: در محیط نیرپاد با استفاده از داستان‌ها یا مثال‌های واقعی و قابل ارتباط با زندگی روزمره. ایجاد ویدئوهای آموزشی با ارائه مفاهیم کلیدی به شیوه جذاب و تعاملی. استفاده از تکنیک‌های ویرایش و انیمیشن برای جلب توجه و توضیح بهتر مفاهیم. ارائه چالش‌ها و مسائل عملی که به دانش‌آموزان امکان

[1]. Nearpod
[2]. Phet

			حل مسائل با مفاهیم کسر بزرگتر از واحد را بدهد. ایجاد بازی‌ها و مسابقات ریاضی با جوایز جذاب.تشویق به رقابت و ارتقاء درجه‌ها و امتیازات. تشویق به استفاده از مفاهیم یادگرفته شده در حل مسائل عملی، ارائه سوالاتی که نیازمند استنتاج و تحلیل اطلاعات باشند، ایجاد تابلوی گروهی، استفاده از فونت و رنگ مناسب در هنگام آموزش مفاهیم.
جلسه سوم	آموزش نسبت و تناسب	آشنایی دانش آموزان با نسبت بین دو مقدار با توجه به کسر، آموزش نسبت های مساوی آشنایی دانش آموزان با تناسب بین دو مقدار با توجه به کسر	افزایش توجه، تولید، هیجان، یادگیری فاصله ای، عوامل محیطی و عوامل اجتماعی با در نظر گرفتن راهبردهای آموزشی شرح مفاهیم نسبت و تناسب: در محیط نیرپاد با استفاده از داستان‌ها یا مثال‌های واقعی و قابل ارتباط با زندگی روزمره. ایجاد ویدئوهای آموزشی با ارائه مفاهیم کلیدی به شیوه جذاب و تعاملی. استفاده از تکنیک‌های ویرایش و انیمیشن برای جلب توجه و توضیح بهتر مفاهیم. ارائه چالش‌ها و مسائل عملی که به دانش‌آموزان امکان حل مسائل با مفاهیم کسر بزرگتر از واحد را بدهد. ایجاد بازی‌ها و مسابقات ریاضی با جوایز جذاب.تشویق به رقابت و ارتقاء درجه‌ها و امتیازات. تشویق به استفاده از مفاهیم یادگرفته شده در حل مسائل عملی، ارائه سوالاتی که نیازمند استنتاج و تحلیل اطلاعات باشند، ایجاد تابلوی گروهی، استفاده از فونت و رنگ مناسب در هنگام آموزش مفاهیم.
جلسه چهارم	آموزش درصد	آشنایی دانش آموزان با مفهوم درصد آشنایی دانش آموزان با ارتباط مفهوم درصد با مفاهیم مرتبط نسبت و ...	افزایش توجه، تولید، هیجان، یادگیری فاصله ای، عوامل محیطی و عوامل اجتماعی با در نظر گرفتن راهبردهای آموزشی شرح مفاهیم درصد: در محیط نیرپاد با استفاده از داستان‌ها یا مثال‌های واقعی و قابل ارتباط با زندگی روزمره. ایجاد ویدئوهای آموزشی با ارائه مفاهیم کلیدی به شیوه جذاب و تعاملی .استفاده از تکنیک‌های ویرایش و انیمیشن برای جلب توجه و توضیح بهتر مفاهیم. ارائه چالش‌ها و مسائل عملی که به دانش‌آموزان امکان

			حل مسائل با مفاهیم کسر بزرگتر از واحد را بدهد. ایجاد بازی‌ها و مسابقات ریاضی با جوایز جذاب.تشویق به رقابت و ارتقاء درجه‌ها و امتیازات. تشویق به استفاده از مفاهیم یادگرفته شده در حل مسائل عملی، ارائه سوالاتی که نیازمند استنتاج و تحلیل اطلاعات باشند، ایجاد تابلوی گروهی، استفاده از فونت و رنگ مناسب در هنگام آموزش مفاهیم.
جلسه پنجم	آموزش تقارن	آشنایی دانش آموزان با مفهوم تقارن محوری	افزایش توجه، تولید، هیجان، یادگیری فاصله ای، عوامل محیطی و عوامل اجتماعی با در نظر گرفتن راهبردهای آموزشی شرح مفاهیم تقارن محوری: در محیط نیرپاد با استفاده از داستان‌ها یا مثال‌های واقعی و قابل ارتباط با زندگی روزمره. ایجاد ویدئوهای آموزشی با ارائه مفاهیم کلیدی به شیوه جذاب و تعاملی .استفاده از تکنیک‌های ویرایش و انیمیشن برای جلب توجه و توضیح بهتر مفاهیم. ارائه چالش‌ها و مسائل عملی که به دانش‌آموزان امکان حل مسائل با مفاهیم کسر بزرگتر از واحد را بدهد. ایجاد بازی‌ها و مسابقات ریاضی با جوایز جذاب.تشویق به رقابت و ارتقاء درجه‌ها و امتیازات. تشویق به استفاده از مفاهیم یادگرفته شده در حل مسائل عملی، ارائه سوالاتی که نیازمند استنتاج و تحلیل اطلاعات باشند، ایجاد تابلوی گروهی، استفاده از فونت و رنگ مناسب در هنگام آموزش مفاهیم.
جلسه ششم	آموزش چندضلعی	آشنایی دانش آموزان با شکل های متقارن و غیر متقارن، رسم محور تقارن شکل های هندسی، به دست آوردن قرینه هر شکل نسبت به محور تقارن داده شده	افزایش توجه، تولید، هیجان، یادگیری فاصله ای، عوامل محیطی و عوامل اجتماعی با در نظر گرفتن راهبردهای آموزشی شرح مفاهیم چندضلعی: در محیط نیرپاد با استفاده از داستان‌ها یا مثال‌های واقعی و قابل ارتباط با زندگی روزمره. ایجاد ویدئوهای آموزشی با ارائه مفاهیم کلیدی به شیوه جذاب و تعاملی. استفاده از تکنیک‌های ویرایش و انیمیشن برای جلب توجه و توضیح بهتر مفاهیم. ارائه چالش‌ها و مسائل عملی که به دانش‌آموزان امکان

			حل مسائل با مفاهیم کسر بزرگتر از واحد را بدهد. ایجاد بازی‌ها و مسابقات ریاضی با جوایز جذاب.تشویق به رقابت و ارتقاء درجه‌ها و امتیازات. تشویق به استفاده از مفاهیم یادگرفته شده در حل مسائل عملی، ارائه سوالاتی که نیازمند استنتاج و تحلیل اطلاعات باشند، ایجاد تابلوی گروهی، استفاده از فونت و رنگ مناسب در هنگام آموزش مفاهیم.
جلسه هفتم	گرفتن پس آزمون	انجام تکالیف به صورت گروهی و گرفتن پس آزمون	اجرای پس آزمون و پایان دوره با استفاده از پرسش‌نامه، تشکر و قدردانی از همکاری اعضا

ابزارگرداوری داده ها شامل پرسش‌نامه کارکردهای اجرایی بریف (۲۰۰۰) می‌باشد.

پرسش‌نامه کارکردهای اجرایی: پرسش‌نامه کارکردهای اجرایی توسط Brief (2000) ساخته شد. این ارزیابی دارای دو فرم والدین و معلمان و دارای ۸٦ سوال می‌باشد که با توجه به شرایط حادث شدن وضعیت برای کودک به عنوان هیچ وقت و گاهی اوقات و همیشه به ترتیب از ۱ تا ۳ توسط والدین نمره گذاری می‌شود و رفتارهای کودک را در مدرسه و یا منزل مورد بررسی قرار می‌دهد و به منظور تفسیر رفتاری عملکرد اجرایی ۵ تا ۱۸ ساله طراحی شده است (Guy Et al, 2000). زمان تکمیلی این فرم بین ۱۰ تا ۱۵ دقیقه است. این پرسش‌نامه با مقیاس لیکرت نمره‌گذاری می‌شود. هرکدام از سوالات مربوط به یکی از زیر مجموعه های پرسش‌نامه می‌باشد و این زیر مجموعه ها به دو قسمت اصلی مهارت‌های تنظیم رفتار و مهارت‌های فراشناخت تقسیم می‌شود: الف) مهارت‌های تنظیم رفتار: بازداری، انتقالی، کنترلی هیجان، ب)مهارت‌های فراشناخت: برنامه ریزی، سازماندهی مواد، نظارت، حافظه کاری، آغازگری. ضریب اعتبار این پر سش‌نامه برای نمونه های بالینی در فرم والدین آن ۰/۹۸-۰/۸۲ می‌با شد و زمانی که برای ارزیابی جامعه هنجار از آن استفاده شود، این میزان به ۰/۹۷ -۰/۸۰ می‌رسد، روایی و پایایی نسخه فارسی پرسش‌نامه درجه‌بندی رفتاری کارکردهای اجرایی (فرم والدین) توسط میرزاخانی (۱۳۹٤) در جامعه درخودمانده انجام شده است (Mirzakhani Et al, 2015). نسخه اصلی آزمون از ویژگی های روانسنجی خوب، روش اجرای ساده و روشن برخوردار است و ابزاری قابل اعتماد و کاربردی برای درمانگران معرفی شده است. در پژوهش شهابی (۱۳۹۰) روایی و اعتبارپرسش‌نامه سنجیده شد که ضریب پایایی آزمون-بازآزمون خرده مقیاس های آزمون رتبه بندی رفتاری کارکردهای اجرایی در کارکرد بازداری ۰/۹۰، جهت دهی ۰/۸۱، کنترل هیجانی ۰/۹۱، آغاز به کار ۰/۸۰، حافظه فعال ۰/۷۱، برنامه ریزی ۰/۸۱، سازماندهی اجزا ۰/۷۹، نظارت ۰/۷۸، شاخص تنظیم رفتار ۰/۹۰، شاخص فراشناخت ۰/۸۷ و نمره کلی کارکردهای اجرایی ۰/۸۹ به دست آمد. ضریب همسانی درونی برای این پرسش‌نامه از ۰/۸۷ تا ۰/۹٤ می‌با شد که نشان دهنده بالابودن همسانی درونی تمامی خرده مقیاس های پر سش‌نامه ا ست (Nodehii Et al, 2016). در این پژوهش، پایایی با ضریب آلفای کرونباخ ۰/۹٤ به دست آمد که نشان از پایایی مطلوب می‌باشد.

یافته‌های پژوهش

از آمار توصیفی(میانگین، انحراف معیار) و آمار استنباطی (تحلیل کوواریانس) استفاده شد.

شرکت کنندگان این پژوهش ۳۰ نفر بودند که در دو گروه ۱۵ نفره آزمایش و کنترل جایدهی شدند. میانگین و انحراف معیار سنی شرکت کنندگان گروه آزمایش به ترتیب برابر با ۱۰/۳۳ و ۱/۵۲ و میانگین و انحراف معیار سنی شرکت کنندگان گروه کنترل به ترتیب برابر با ۱۰/۰۱ و ۱/۳۸ بود. در جدول ۲، شاخص‌های توصیفی نمرات شرکت کنندگان پژوهش در مولفه‌های کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان در مراحل گوناگون ارزیابی و به تفکیک گروههای پژوهش ارائه شده است.

جدول ۲. شاخص‌های توصیفی نمرات شرکت کنندگان در متغیرهای پژوهش

متغیر	مرحله	گروه آزمایش میانگین	انحراف معیار	کنترل میانگین	انحراف معیار
انعطاف پذیری شناختی	پیش آزمون	۱۸/٦٦	۲/٤۹	۱۸/٤٦	۲/۹٤
	پس آزمون	۲۱/۸۰	۲/۱٤	۱۸/۸٤	۲/٦۰
بازداری پاسخ	پیش آزمون	۱۸/۹۳	۲/۱۲	۱۸/۳۳	۲/۸۹
	پس آزمون	۲۲/۸۰	۲/۳۳	۱۸/۵۳	۲/۹٤
حافظه کاری	پیش آزمون	۱٦/۹۳	۲/۷۳	۱٦/۲۰	۲/۹۵
	پس آزمون	۲۰/۱۳	۲/٦٤	۱۵/۵۳	۲/٤۷

در جدول ۲، میانگین و انحراف معیار نمرات شـــرکت کنندگان در متغیرهای پژوهش براســـاس مراحل ارزیابی و عضویت گروهی ارائه شده است؛ همانگونه که از نتایج جدول مشخص است در مرحله پس آزمون شرکت‌کنندگان افزایش نمره‌ای را در هر سه متغیر تجربه کرده‌اند؛ با این حال، برای بررسی تفاوت‌های میانگین‌های گروه های پژوهش از تحلیل کوواریانس چند متغیری (مانکووا) اســتفاده شــد، اما پیش از تحلیل، مفروضــه‌های تحلیل کوواریانس تحت بررســی قرار گرفت. نتایج اجرای آزمون شـاپیرو- ویلک دال بر نرمال بودن داده‌ها بود (p>۰/۰۵). نتایج اجرای آزمون ام باکس حاکی از همگنی کوواریانس های متغیرهای وابســـته (همگنی ماتریس های واریانس/کوواریانس) بود (p>۰/۰۵). نتایج اجرای آزمون لوین نشان دهنده برابری واریانس بین متغیرهای وابسته پژوهش در گروههای آزمایش و کنترل (همگنی واریانس‌های بین‌گروهی) بود (p >۰/۰۵). نتایج آزمون اثرهای بین آزمودنی (متقابل و بین آزمودنی) بیانگر رعایت همگنی شـــیب‌های رگرســـیونی در دو گروه آزمایش و کنترل بود (p>۰/۰۵) و نتایج آزمون لامبدای ویلکس نشـــان دهنده تفاوت معنادار در حداقل یکی از متغیرهای وابســـته بین گروههای آزمایش و کنترل بود (۰/۳۷=لامبدای ویکلز، ۰/۰۰۱ >p ,۱٤/٤۰ =$F_{(۲۳,۳)}$). در جدول ۲ نتایج مربوط به اثرات بین آزمودنی تحلیل کوواریانس چندمتغیری (مانکوا) ارائه شده است.

جدول ۳. نتایج آزمون اثرات بین گروهی برای دو گروه آزمایش و کنترل در کارکردهای اجرایی

شاخص آماری متغیر	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	معنی‌داری	مجذور اتا
انعطاف پذیری شناختی	۱۳۹/٦۰	۱	۱۳۹/٦۰	۱۷/۹۷	۰/۰۰۱	۰/٤۲
بازداری پاسخ	۱۵۸/٤۲	۱	۱۵۸/٤۲	۳٤/۰۵	۰/۰۰۱	۰/۵۸

حافظه کاری	۹۸/۴۳	۱	۹۸/۴۳	۲۷/۳۰	۰/۰۰۱	۰/۵۲

جدول ۳ نتایج آزمون اثرات بین گروهی برای دو گروه آزمایش و کنترل را در متغیرهای پژوهش نشـــان می‌دهد. چنانچه در جدول ۳ مشاهده می‌گردد، بین دو گروه آزمایش و کنترل در هر سه مولفه انعطاف پذیری شناختی، بازداری پاســخ و حافظه کاری در مرحله پس آزمون تفاوت معنی‌داری از نظر آماری وجود دارد (p<۰ /۰۰۱). با توجه به نتایج مندرج در جدول ۲ که نشـان دهنده میانگین‌های بیش‌تر گروه آزمایش در مرحله پس آزمون در مقایسـه با گروه کنترل در متغیرهای بالاست، می‌توان نتیجه گرفت تفاوت معنادار در مولفه‌های بالا در بین گروه آزمایش و کنترل به نفع گروه آزمایش ا ست و افرادی که در گروه آزمایش قرار دا شتند و الگوی محیط یادگیری الکترونیکی سازگار با مغز دریافت کرده بودند در مقایســـه با گروه کنترل که این مداخله را دریافت نکرده بودند از کارکردهای اجرایی بهتری برخوردار شدند. بر این ا ساس فر ضیه پژوهش تائید می شود و الگوی محیط یادگیری الکترونیکی سازگار با مغز بر مولفه‌های کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان اثرگذار است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج فرضیه اول پژوهش نشان داد محیط یادگیری الکترونیکی سازگار با مغز بر انعطاف پذیری شناختی دانش آموزان تاثیر دارد. نتایج این فرضیه با پژوهش Saadatmand & Afsharinejad (2022)، Sharbar (2022)، Arsad & Kasefi (2021)، Nasiri (2021)، Bagheri & Latifi (2021)، Mashhadizadeh Et al (2021)، Sridamn & Sangkharam (2023)، Cherrier Et al (2023)، Al-Murshidi Et al (2021)، Damayanti Et al (2018)، Jena Et al (2018) همسو می‌با شد. در تبیین این فر ضیه می‌توان گفت برای ر سیدن به اهداف آموز شی گوناگون لازم ا ست ابزار و منابع آنلاین متعددی به کلاس معرفی شود. هر چند تعدد این موارد ممکن است یادگیرنده‌ها را سر درگم کند، اما تنوع این ابزارها با صرف زمان مناسب برای تسلط بر هر کدام از آن ها می‌تواند فرصتی برای تقویت انعطاف پذیری شناختی خلق کند. برای استفاده مناسب از این فرصت با دانش آموزان دربارهی این مهارت شناختی گفتگو کنید به آنها یادآوری کنید که تسلط بر ابزارهای آموزشی بخش ارزشمندی از فرایند یادگیری است و مهارت‌های شناختی هنگام این کار توسعه می یابد. مطالعات بســیاری نشــان داده اند که آگاهی از مهارت‌های شــناختی، افراد را در اســتفاده ی موثر از آنها توانمند می‌کند. بنابراین با آشــنا کردن یادگیرنده ها با مهارت انعطاف پذیری شــناختی و ارزیابی این مهارت در طول زمان می توان امکانی برای بهبود آن فراهم کرد. مطالعات قبلی ارتباط قوی بین انعطاف پذیری در یادگیری الکترونیکی و نتایج یادگیری را نشــان داده اند (Soffer Et al, 2019; McGarry Et al, 2015; Austerschmidt & Bebermeier, 2019). مشــابه این نتیجه، مطالعه مرور ســیســتماتیک جامع آنها به این نتیجه رســید که نتایج یادگیری را می‌توان از راه طراحی یادگیری انعطاف پذیر افزایش داد (McGarry Et al, 2015). Soffer Et al (2019) نیز گزارش دادند که بین عملکرد تحصــیلی دانش‌آموزان و الگوهای انعطاف‌پذیری بر اســاس رفتارهای یادگیری آنلاین آنها رابطه معناداری وجود دارد. انعطاف پذیری در آموزش الکترونیکی برای دانش آموزان آنلاین حیاتی است تا فرآیند یادگیری خود را بهبود بخشند. عناصـــر و مکانیســـم‌های گوناگونی در مغز وجود دارد که بر انعطاف‌پذیری تفکر، یادگیری و پردازش اطلاعات تأثیر می‌گذارد. توسعه انعطاف‌پذیری ذهنی با بهینه‌سازی انعطاف‌پذیری طراحی عصبی افراد شروع می‌شود . عناصر مغز-ذهن که بر نحوه یادگیری، تفکر و پردازش اطلاعات افراد تأثیر می‌گذارد. انعطاف پذیری عصبی به این معنی است که

یک فرد دارای یکپارچگی نیمکره جانبی برای تحلیل و خلاق بودن، رمزگذاری و رمزگشـــایی اطلاعات به گونه هم‌زمان، داشتن رویکردی به همان اندازه کلامی و غیرکلامی در طول ارتباط است. انعطاف پذیری هم‌چنین، مستلزم تعادل بین نواحی بیانگر مغز در لوب های فرونتال و نواحی پذیرنده مغز در قشر حسی است و افراد را قادر می سازد تا افکار، کلمات و احســـاســـات خود را بیان کنند. متعاقباً، تعادل در تمام لوب ها و نیمکره های نئوکورتکس، انعطاف‌پذیری را برای افراد فراهم می‌کند. Karami (2023) پژوهشی با عنوان ارائه چارچوبی برای طراحی محیط های یادگیری الکترونیکی و مجازی براساس اصول و معیارهای انعطاف پذیری شناختی انجام دادند. با توجه به معیارهای مطرح شده در بعد شکل‌های گوناگون یادگیری، می توان گفت برای افزایش انعطاف‌پذیری شناختی یادگیرندگان در محیط های یادگیری الکترونیکی، تنوع محتوا، تنوع روش ها و فعالیت ها، تنوع تعاملات و تنوع ابزارهای ارزیابی، اهمیتی خاص دارند. هم‌چنین، با توجه به معیارهای مطرح شـــده در بعد دیدگاههای گوناگون یادگیری نیز می‌توان نتیجه گرفت برای افزایش انعطاف‌پذیری شـــناختی یادگیرندگان در محیط های یادگیری الکترونیکی، تنوع نمونه‌ها، تمرین‌ها و مثال‌ها، تنوع در روابط متقابل بین مفاهیم، تنوع در نقطه نظرات افراد، بررسـی، تحلیل و ترکیب نقطه‌نظرات متنوع، تنوع بخشیدن به نظرات گوناگون در مورد موضوع بحث شده و تنوع روش‌ها و راه حل‌ها در فرایند حل مسأله، بســیار اهمیت دارند. این محیط‌ها، باید به گونه‌ای تدارک دیده شـــوند که زمینه درگیری و فعالیت یادگیرنده را فراهم نمایند تا یادگیرنده بتواند درگیری فعالانه‌ای در جریان یادگیری داشته باشد و به ساخت دانشی بپردازد که پاسخگوی نیازهای موقعیتی گوناگون و قابل کاربرد در حل مسائل واقعی است.

نتایج فرضیه دوم پژوهش نشان داد محیط یادگیری الکترونیکی سازگار با مغز بر حافظه کاری دانش آموزان تاثیر دارد. نتایج این فرضـــیه با پژوهش Saadatmand & Afsharinejad (2022)، Sharbar (2022)، Arsad & Kasefi (2021)، Nasiri (2021)، Bagheri & Latifi (2021)، Mashhadizadeh Et al (2021)، Sridamn & Sangkharam (2023)، Cherrier Et al (2023)، Al-Murshidi Et al (2021)، Damayanti Et al (2018)، Jena Et al (2018) همسو می‌باشد. در تبیین این فرضیه می‌توان گفت حافظه نقش اساسی در فعالیت های پیچیده شناختی نظیر یادگیری، برنامه ریزی، استدلال، حل مسئله و ... در مغز انسان دارد (Samiei, 2021). حافظه یک فرآیند شناختی چندوجهی است که شامل مراحل گوناگونی است: رمزگذاری، تثبیت، بازیابی و تثبیت مجدد. رمزگذاری شامل کسب و پردازش اطلاعاتی است که به یک نمایش عصبی مناسب برای ذخیره سازی تبدیل می شود (Liu et al, 2021; Panzeri Et al, 2023). اطلاعات را می‌توان از راه کانال های گوناگونی مانند ورودی های دیداری، شنیداری، بویایی یا لمسی به دست آورد. محرک های حسی اکتسابی به قالبی تبدیل می‌شوند که مغز می‌تواند آن را پردازش و حفظ کند. عوامل گوناگونی مانند توجه، اهمیت عاطفی و تکرار می‌توانند بر فرآیند رمزگذاری تأثیر بگذارند و قدرت و دوام حافظه را تعیین کنند (Squire et al, 2004; Lee Et al, 2016; Serences, 2016). نظریه علوم اعصاب مدرن در مورد حافظه شامل سه حوزه عمده مغز است: تالاموس، پیش پیشانی و کورتکس و هیپوکامپ. تالاموس را می‌توان به عنوان یک مسیریاب تصور کرد که اطلاعات حواسی (بینایی، لامسه، صحبت کردن) را پردازش کرده و این اطلاعات را جهت ارزیابی به لوب‌های حواسی مغز ارسال می‌کند. اطلاعات ارزیابی شده در نهایت به قشر پیش پیشانی می‌رسند. در آنجا اطلاعات به شکل حافظه‌های کوتاه‌مدت وارد هوشیاری ما می‌شوند. این اطلاعات به هیپوکامپ نیز ارسال می‌شوند. در آنجا اطلاعات به بخش‌های گوناگون تقسیم می‌شوند تا در کورتکس‌های گوناگون به صورت حافظه‌های بلندمدت ذخیره شوند. یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های علوم اعصـــاب امروزه آن اســـت که درک کنند چگونه بخش‌های پراکنده حافظه می‌توانند به

صورت یک تجربه منسجم از حافظه گرد هم آیند. این مسئله در علوم اعصاب به نام «مسئله اتصال» نامیده می شوند. نظریه حافظه در علوم اعصاب پایه‌ای برای درک اجزای اصلی یک معماری حافظه هوشمند را به ما ارائه می‌کند. با این حال، حافظه انسان تنها یک محصول فرعی از اجزای مغز نیست؛ بلکه به طور عمیقی تحت تأثیر شرایط زمینه‌ای نیز قرار دارد. حافظه فعال یک سیستم فعال ذخیره سازی اطلاعات و پردازش اطلاعات است و برای عملکرد صحیح سایر عملکردهای پیچیده شناختی ضروری است (Sanchez Et al, 2015). فرآیند کدگذاری دوگانه در ذهن دانش‌آموزان از راه کانال‌های پردازش بصری و کلامی را می‌توان با استفاده از تصاویر، گرافیک ها، نقشه‌های مفهومی و نمودارها فعال کرد (Paivio, 1988). شکستن محتوا به قطعات کوچکتر و قابل هضم (تکه کردن) راهی برای افزایش ظرفیت حافظه کاری دانش آموزان جهت تسهیل یادآوری طولامدت دانش است (Norris Et al, 2020). رویه‌های عاطفی بر فرآیندهای شناختی یادگیری تأثیر می‌گذارند زیرا احساسات تجربیات را در حافظه بلندمدت انسان ثبت می‌کنند (Jimenez Et al, 2021). تجزیه و تحلیل کمی یافته های مطالعه Mohammed & Daif-Allah (2023) تأثیر متقابل بین متغیرهای استراتژی‌های یادگیری مبتنی بر مغز (تکرار فاصله‌ای و تمرین توزیع شده – مدل‌های ذهنی) و الگوهای اینفوگرافیک (ایستا/متحرک) در محیط‌های یادگیری الکترونیکی را در نمرات آزمون نشان می‌دهد. یافته‌ها هم‌چنین، نشان داد که تکرار اطلاعات در فواصل زمانی فزاینده با استفاده از اینفوگرافیک برای یادگیری مفاهیم به صورت سازمان یافته و بهبود حافظه کوتاه موثر است. افزون بر این، استراتژی مدل ذهنی نیز به حفظ اطلاعات کمک کرد.

راهبردهای آموزشی مبتنی بر یادگیری مبتنی بر مغز، استراتژی‌های جدیدی هستند که توسط معلمان و مربیان برای تقویت و بهبود یادگیری و حافظه در کلاس درس و در محیط‌های آموزش الکترونیکی برای کیفیت یادگیری و بهبود حافظه استفاده می شوند (Lubis, 2017; Yustitia Et al, 2019). یادگیری مبتنی بر مغز به یک ضرورت برای آموزش یادگیرنده تبدیل شده است، زیرا الگوها و اشکال متعددی از تفکر را ارائه می‌دهد و امکان وجود بسیاری از استراتژی ها و کاربردهای آموزشی متنوع، حمایتی و موثر در زمینه تفکر و روش های بهبود حافظه را فراهم می‌کند. نظریه یادگیری مبتنی بر مغز، نظریه ای است که علوم مغز، علوم اعصاب، علوم رفتاری و علوم شناختی را به هم مرتبط می‌کند. راهبردهای یادگیری مبتنی بر مغز با تمرکز بر توجه، حافظه، انگیزه، نحوه ارائه اطلاعات و راه های کسب دانش مفهومی‌به غنی سازی فرآیندهای تدریس و یادگیری کمک می‌کند و یک محیط یادگیری سازگار را فراهم می‌کند. محیط‌های آموزشی و استراتژی‌های مبتنی بر یادگیری مبتنی بر مغز نیز با تنوع منابع یادگیری دیجیتال، اشتراک‌گذاری اطلاعات، کسب بازخورد فوری مورد نیاز فراگیران و هم‌چنین، توسعه مهارت‌های تفکر و خلاقیت مشخص می شوند (Sesmiarni, 2015). Amit-Danhi (2020) کشف کرد که دانش‌آموزان بیش‌تر از آنچه می‌خواندند زمانی که با تصاویر یا نمودارها همراه بود، به یاد می‌آورند. بنابراین، اینفوگرافیک حفظ دانش را افزایش می‌دهد و به بهبود نتایج یادگیری کمک می‌کند. مطالعات تحقیقاتی که با یادگیری مبتنی بر مغز سروکار دارند، اثربخشی یادگیری مبتنی بر مغز را بر توسعه محیط‌های یادگیری الکترونیکی و بهبود یادآوری حافظه و حفظ حقایق و جزئیات ثابت کرده اند . (Jensen & Mcconchie, 2020). افزون بر این، ادغام استراتژی‌های یادگیری مبتنی بر مغز و روش‌های ارائه محتوا با استفاده از نمودارها و مدل‌ها برای بهبود عملکرد سیستم آموزش الکترونیکی مبتنی بر محیط‌های یادگیری قابل توجه است (Erol& Karaduman, 2018). ElAdl & Saad (2018) پژوهشی با عنوان تأثیر یک برنامه یادگیری مبتنی بر مغز بر حافظه کاری و انگیزه تحصیلی دانش‌آموزان عمانی پایه دهم انجام دادند. مطالعه نشان می‌دهد که دانش‌آموزان گروه آزمایش، در مقایسه با گروه کنترل، به دلیل آموزش یادگیری مبتنی بر مغز، حافظه کاری قوی و انگیزه تحصیلی دارند.

نتایج فرضیه سوم پژوهش نشان داد محیط یادگیری الکترونیکی سازگار با مغز بر بازداری پاسخ دانش آموزان تاثیر دارد. نتایج این فرضـــیه با پژوهش Saadatmand & Afsharinejad (2022)، Sharbar (2022)، Arsad & Kasefi (2021)، Nasiri (2021)، Bagheri & Latifi (2021)، Mashhadizadeh Et al (2021)، Sridamn & Sangkharam (2023)، Cherrier Et al (2023)، Al-Murshidi Et al (2021)، Damayanti Et al (2018)، Jena Et al (2018) همسو می‌باشـد. در تبیین این فرضـیه می‌توان گفت در علوم اعصـاب شـناختی، بازداری و یا کنترل بازداری به توقف روند روانی با و یا بدون عمد گفته می شود. کنترل بازداری، نقش ا سا سی را در طول پردازش مراحل عملیات روانی شامل ادراک، توجه، هیجان، حافظه، یادگیری، عمل، تفکر و زبان بازی می‌کند (Moghadam, 2021). Sharifi Et al (2022) پژوهشی با عنوان اثربخشی تمرین رایانه‌ای شناختی بر عملکرد بازداری پاسخ و توجه پایدار دانش‌آموزان با مشکلات ریاضـــی انجام دادند. نتایج آزمون اســتروپ نشـــان می‌دهد تفاوت معناداری در نمرات پس‌آزمون دانش‌آموزان گروه آزمایش و گواه در زیر مؤلفهٔ خطای ارتکاب وجود داشــت. هم‌چنین، در آزمون عملکرد پیوســته، تفاوت گروه گواه و آزمایش پس از حذف اثر پیش‌آزمون در مرحله پس‌آزمون، در زیرمؤلفهٔ خطای ارتکاب و خطای حذف معنادار بود. برنامه تمرین رایانه‌ای شناختی می‌تواند سبب بهبود عملکرد بازداری پاسخ و توجه پایدار در دانش‌آموزان با مشکلات ریا ضی شود. بر ا ساس مطالعات گوناگون، بهبود کنترل بازدارندگی نیز به و سیله برنامه آموز شی با رایانه امکان‌پذیر اســت. Lee Et al (2021) دریافتند آموزش رایانه‌ای ردیابی چشــم بر بهبود کنترل بازدارندگی کودکان مبتلا به اختلال بیش فعالی و نقش توجه موثر است. Liu Et al (2015) نشان دادند که آموزش بازداری به وسیله بازی کودکان با تبلت، توانایی ا ستدلال در آنان را بهبود می‌بخ شد. Maraver Et al (2016) نیز با ا ستفاده از برنامه های کامپیوتری توان ستند شرکت کنندگان مورد آموزش را به سمت یک حالت کنترل شناختی فعال تر سوق می‌دهد. Abdolrahimi (2015) در پژوهشی با عنوان تاثیر آماده سازی زیر آستانه ای به روش علامت توقف، برو/نرو و تحریک الکتریکی مغز بر بازداری پاســخ و امواج مغزی(EEG) به این نتیجه رســیدند در بررســی اول و دوم نتایج پژوهش برای تحریک الکتریکی در پارامترهای تکلیف علامت-توقف در موقعیت های قشــر بینایی و شــکنج تحتانی راســت معنی دار بود. اما در تکلیف برو/نرو تفاوت معناداری بین پارامترهای تکلیف بر اثر تحریک الکتریکی م شاهده ن شد. در رابطه با مطالعه سوم برای ثبت امواج مغزی حین تکلیف، تفاوت فعال سازی این امواج درد و تکلیف معنی دار بود. بر اساس این پژوهش، دانش آموزان در کلاس درس در هنگام آموزش، ســوالات را بدون مکث و بی درنگ پاســخ می دادند و برخز از جواب ها درست بود و برخی از جواب ها نادرست.

نتایج نشان داد محیط یادگیری الکترونیکی سازگار با مغز بر مولفه‌های کارکردهای اجرایی (بازداری پاسخ، انعطاف پذیری شــناختی و حافظه کاری تاثیر دارد. بر اســاس نتیجه می‌توان گفت محیط یادگیری الکترونیکی ســازگار با مغز باعث بهبود قدرت تمرکز و توجه، تقویت حافظه کوتاه مدت، افزایش توانایی پردازش اطلاعات و بهبود مهارت‌های تنظیم اجرایی می‌شــود. این نوع محیط‌های یادگیری با اســتفاده از تکنیک‌های متنوعی از جمله بازی‌های آموزشــی، ویدیوها و تمرینات تعاملی، به طور ســیســتماتیک بر توانایی‌های اجرایی مغز تأثیر می‌گذارند و به مرور زمان باعث بهبود کارکردهای اجرایی می‌شــوند. حوزه علوم اعصــاب تربیتی، رویکردها و ابزارهای مفیدی را برای آموزش آنلاین فراهم می‌کند. یکی از عناصر کلیدی در تسهیل یادگیری، انعطاف پذیری مغز و توانایی آن برای رشد از راه سیناپس ها و مدارهای عصــبی اســت. در این زمینه، مشــارکت فراگیران در فرآیند یادگیری نقش تعیین کننده ای دارد. به منظور افزایش مشــارکت، معلم می‌تواند از چت متنی خصــوصــی، چت گروهی، تخته دیجیتال خصــوصــی برای حمایت از

یادگیری ا ستفاده کند تا فراگیران فعالانه شرکت کنند و فر صت‌های متعددی برای م شارکت در فرآیند یادگیری دا شته با شند. برای د ستیابی به تثبیت، ذخیره و یادآوری دانش جدید، فراگیران می‌توانند از ارز شیابی ت شخیصی، تکوینی و تراکمی‌که به صورت دیجیتالی ارائه می‌شود بهره مند شوند. از راه این نوع ارزشیابی، معلم این فرصت را دارد که یادگیری را ارزیابی کند. استفاده از نظرسنجی با سوالات از نوع درست یا غلط، ایجاد سوالات چند گزینه ای یا جملات کو تاه هم در طول درس و هم به عنوان تکلیف خانگی (زمینه ناهمز مان)، فرصت هایی را در اختیار یادگیرندگان قرار می‌دهد تا حافظه خود را تقویت کنند، در مورد آنچه می دانند و آنچه را که فهمیده اند فکر کنند و هم‌چنین، نیازهای شخصی آنها را شناسایی می‌کند.

با توجه به نتیجه پژوهش می‌توان از فناوری های شناختی هوش مصنوعی، واقعیت افزوده، ربات ها، پردازش زبان طبیعی خودکار و ... در محیط یادگیری الکترونیکی برای افزایش کارکارد های اجرایی دانش آموزان استفاده کرد. پیشنهاد می‌شود برای افزایش کارکردهای اجرایی دانش آموزان از الگوی طراحی محیط یادگیری الکترونیکی سازگار با مغز این پژوهش استفاده گردد. مشارکت و تعامل فراگیران، مدرسان و دیگر عناصر محیط آموزشی در یادگیری الکترونیکی سازگار با مغز بسیار اهمیت دارد. در این راستا پیشنهاد می شود دوره آموزشی به گونه ای طراحی شود تا تعاملات بین یادگیرندگان را افزایش دهد. پیشنهاد می شود که مدارس، دانشگاهها و طراحان نرم‌افزارهای آموزشی در نظر داشته باشند که در طراحی محتوا و ابزارهای یادگیری الکترونیکی، عوامل مؤثر بر کارکردهای اجرایی را در نظر بگیرند. از جمله محدودیت های پژوهش عدم تعمیم نتایج بر روی دانش آموزان مقاطع گوناگون تحصیلی و مدارس ا ستان ها و شهر ستان های دیگر، کمبود پژوهش در زمینه محیط یادگیری الکترونیکی مبتنی بر علوم اع صاب تربیتی؛ علوم اعصاب آموزشی و دانش ذهن، مغز و تربیت بود. در پژوهش‌های بعدی بهتر ا ست بر روی تاثیر محیط یادگیری الکترونیکی سازگار با مغز در دانش آموزان با نیازهای ویژه کار شود. در پژوهش‌های بعدی می‌توان از محیط های یادگیری الکترونیکی دیگر مثل مودل، موک و ... استفاده کرد. در پژوهش‌های بعدی این الگو بر روی دانش آموزان مقاطع گوناگون تحصیلی و دروس متفاوت با نمونه بیش‌تر اجرا شود.

References

Akyurek, G., & Bumin, G. (2019). An investigation of executive function in children with dyslexia. *Psychiatry and Behavioral Sciences*, *9*(1-2), 10-17.

Alloway, T. P., Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2006). Verbal and visuospatial short-term and working memory in children: Are they separable?. *Child development*, *77*(6), 1698-1716.

Almarashdeh, I. A., Sahari, N., Zin, N. A. M., & Alsmadi, M. (2011). Acceptance of learning management system: A comparison between distance learners and instructors. *Advances in Information Sciences and Service Sciences*, *3*(5).

Amiel, J. J., & Tan, Y. S. M. (2019). Using collaborative action research to resolve practical and philosophical challenges in educational neuroscience. *Trends in neuroscience and education*, *16*, 100116.

Amit-Danhi, E. (2020). TMI: Information Rhetoric Types in Digital Political Infographics. *AoIR Selected Papers of Internet Research*.

Anthony, C. J., & Ogg, J. (2020). Executive function, learning-related behaviors, and science growth from kindergarten to fourth grade. *Journal of Educational Psychology*, 112(8), 1563

Arsad, M., & Kasefi, S. (2021). The Effect of Brain-Centered Empowerment on the Executive Functions of Students with Mathematical Learning Disabilities. Community Health Journal, 15(2), 12-20. [Persian].

Austerschmidt, K. L., & Bebermeier, S. (2019). Flexible unterstützungsangebote in statistik: Implementation und effekte auf studienerfolg. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, *14*(3), 137-155.

Bagheri, N., & Latifi, Z. (2021). The Effectiveness of Maghz e bartar Package Intervention on Concentration, Memory and Creativity in Primary School Students in Isfahan city. Journal of Innovation and Creativity in Human Science, 10(4), 63-86 . [Persian].

Barkley, R. A. (2012). *Executive functions: What they are, how they work, and why they evolved*. New York: The Guilford Press.

Bernardo, A. B., & Presbitero, A. (2018). Cognitive flexibility and cultural intelligence: Exploring the cognitive aspects of effective functioning in culturally diverse contexts. *International Journal of Intercultural Relations*, *66*, 12-21.

Blair, C. (2017). Educating executive function. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, *8*(1-2), e1403.

Blair, C., & Ursache, A. (2011). A bidirectional model of executive functions and self-regulation. *Handbook of self-regulation: Research, theory, and applications*, *2*, 300-320.

Braidic, S. (2009). Fostering successful learning communities to meet the diverse needs of university students by creating brain-based online learning environments. *International Journal of Information and Communication Technology Education*, *5*(4). 18-25.

Brown, R. D., & Bjorklund, D. F. (1998). The biologizing of cognition, development, and education: Approach with cautious enthusiasm. *Educational Psychology Review*, 10(3), 355–373

Brown, R. D., & Brown, R. D. (2018). Brain development and cognitive neuroscience research methods. *Neuroscience of mathematical cognitive development: From infancy through emerging adulthood*, 21-42.

Brown, R. D., & Chiu, C. P. (2006). Neural correlates of memory development and learning: Combining neuroimaging and behavioral measures to understand cognitive and developmental processes. *Developmental Neuropsychology*, 29(2), 279–291

Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, 33, 205–228.

Buttelmann, F., & Karbach, J. (2017). Development and plasticity of cognitive flexibility in early and middle childhood. *Frontiers in Psychology*, 8, 1040

Caine, G. (2018). Making connections between e-learning and natural learning. In *Handbook of research on student-centered strategies in online adult learning environments* (pp. 1-15). IGI Global.

Caine, R. N. & Caine, G. (1995). Reinventing schools through brain-based learning. *Educational Leadership*, 52(7), 43-47.

Caine, R. N., & Caine, G. (1991). Making connections: Teaching and the human brain

Cantin, R. H., Gnaedinger, E. K., Gallaway, K. C., Hesson-McInnis, M. S., & Hund, A. M. (2016). Executive functioning predicts reading, mathematics, and theory of mind during the elementary years. *Journal of experimental child psychology*, *146*, 66-78.

Cercone, K. (2006). Brain-based learning. In *Enhancing learning through technology* (pp. 292-322). IGI Global.

Cherrier, S., Wattelez, G., Ferrière, S., & Borst, G. (2023, April). NeuroStratE: An educational neuroscience intervention to reduce procrastination behavior and improve executive planning function in higher students. In *Frontiers in Education* (Vol. 8, p. 1149817). Frontiers.

Cherrier, S., Wattelez, G., Ferrière, S., & Borst, G. (2023, April). NeuroStratE: An educational neuroscience intervention to reduce procrastination behavior and improve executive planning function in higher students. In *Frontiers in Education* (Vol. 8, p. 1149817). Frontiers.

Clemons, S. A. (2005). Brain-based learning: Possible implications for online instruction. *International Journal of Instructional Technology and distance learning*, 2(9), 25-34.

Coch, D., Michlovitz, S. A., Ansari, D., & Baird, A. (2009). Building mind, brain, and education connections: The view from the upper valley. *Mind, Brain, and Education*, 3(1), 27–33.

Cowan, N. (2017). The many faces of working memory and short-term storage. *Psychonomic Bulletin & Review*, 24(4), 1158-1170

Crow JT. (2011). Learning to write for readers using brain-based strategies. National Council of Teachers of English.

Damayanti, I., Suherman, A., Nurikhsan, J., & Anam, A. (2018). Improving Students Executive Function through Brain-Based Physical Education Learning. *In Proceedings of the 2nd International Conference on Sports Science, Health and Physical Education* (ICSSHPE 2017) - Volume 2, 489-495.

Decety, J., Jackson, P. L., Sommerville, J. A., Chaminade, T., & Meltzoff, A. N. (2004). The neural bases of cooperation and competition: an fMRI investigation. *Neuroimage*, *23*(2), 744-751.

Doebel, S. (2020). Rethinking Executive Function and Its Development. *Perspectives on Psychological Science*, 15(4), 942-956.

Doukakis, S., and Alexopoulos, E. C. (2020). Knowledge transformation and distance learning for secondary education students. The role of educational neuroscience, in *Proceedings of the 2020 5th South-East Europe Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Social Media Conference (SEEDA-CECNSM)*, Corfu, 1–5.

ElAdl, A. M., & Saad, M. A. E. (2019). Effect of a Brain-Based Learning Program on Working Memory and Academic Motivation among Tenth Grade Omanis Students. *Online Submission*, 8(1), 42-50.

Erol, M., & Karaduman, G. B. (2018). The effect of activities congruent with brain based learning model on students' mathematical achievement. *NeuroQuantology*, 16(5).

Fitzpatrick, C., & Pagani, L. S. (2012). Toddler working memory skills predict kindergarten school readiness. *Intelligence*, 40(2), 205-212.

Fogel, Y., Rosenblum, S., Hirsh, R., Chevignard, M., & Josman, N. (2020). Daily Performance of Adolescents with Executive Function Deficits: An Empirical Study Using a Complex-Cooking Task. *Occupational Therapy International*. 2020(3*)*, 1–11.

Goswami, U. (2006). Neuroscience and education: From research to practice? *Nature Reviews Neuroscience*, *7*(5), 2–7

Hart, L. (2002). *Human brain, human learning. OR: Books forEducators*, p. 24-25.

Harvey, H. A., & Miller, G. E. (2016). Executive function skills, early mathematics, and vocabulary in head start preschool children. *Early Education and Development*, 27, 1–18

Hille, K. (2011). Bringing research into educational practice: Lessons learned. *Mind, Brain, and Education*, 5(2), 63–70.

Huizinga, M., Dolan, C. V., & Van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44(11), 2017-2036.

Jahromi, L. B., & Stifter, C. A. (2008). Individual differences in preschoolers' self-regulation and theory of mind. *Merrill-Palmer Quarterly (*1982-*)*, 125-150.

Jena, A. K., Barman, M., & Scholar, M. P. (2018). Synchronous e-learning performance in relations to thinking skills, executive functions and attention benefits of students. *The Online Journal of Distance Education and e-Learning*, 6(3), 52-76.

Jensen E, Mcconchie L: Brain-based learning: the new paradigm of teaching. Corwin Press; 2020.

Jensen, E. (2008). *Brain-based learning: The new paradigm of teaching* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Corwin Press

Jensen, E.P.; McConchie, L. (2020). *Brain-Based Learning* (p. 1). SAGE Publications. Kindle Edition.

Jiménez, Y., Vivanco, O., Castillo, D., Torres, P., & Jiménez, M. (2020, June). Artificial intelligence in neuroeducation: the influence of emotions in the learning science. In *International Conference on Innovation and Research* (pp. 67-77). Cham: Springer International Publishing.

Johnson, M. H., Halit, H., Grice, S. J., & Karmiloff-Smith, A. (2002). Neuroimaging of typical and atypical development: A perspective from multiple levels of analysis. *Development and Psychopathology*, 14(3), 521–536.

Karami, Z. (2023). Providing a framework for designing electronic and virtual learning environments based on the principles and criteria of cognitive flexibility. *Technology of Education Journal (TEJ)*, *17*(4), 783-796 [Persian]

Kelly, R. (2013). Brain-based online learning design. *Faculty Focus*.

Kim, S. A. (2022). *Executive Functioning for School-Aged Children with Autism: Longitudinal Trajectories and Predictors for Growth*. University of California, Los Angeles.

Krawczyk, D. C., Han, K., Martinez, D., Rakic, J., Kmiecik, M. J., Chang, Z., ... & Didehbani, N. (2019). Executive function training in chronic traumatic brain injury patients: study protocol. *Trials*, 20(1), 435-446.

Lect, A., & Al-Murshidi, I. H. U. (2021). Effectiveness of Designing an Electronic Course for the Subject of General Physics According to the Brain-based Learning Theory on the Achievement of Basic Education Colleges Students. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, *12*(13), 3589-3596.

Lee, H., Chun, M. M., & Kuhl, B. A. (2017). Lower parietal encoding activation is associated with sharper information and better memory. *Cerebral cortex*, *27*(4), 2486-2499.

Lee, T. L., Yeung, M. K., Sze, S. L., & Chan, A. S. (2021). Eye-tracking training improves inhibitory control in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Brain Sciences*, 11(3), 314.

Liu, J., Zhang, H., Yu, T., Ren, L., Ni, D., Yang, Q., ... & Xue, G. (2021). Transformative neural representations support long-term episodic memory. *Science advances*, *7*(41), eabg9715.

Lubis, R. H. (2017). The effect of cooperative learning model group investigation against student learning outcomes physics viewed from the adversity quotient. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 6(1), 44-49.

Magill-Evans, J., Hodge, M., & Darrah, J. (2002). Establishing a transdisciplinary research team in academia. *Journal of allied health*, *31*(4), 222-226.

Maraver, M. J., Bajo, M. T., & Gomez-Ariza, C. J. (2016). Training on working memory and inhibitory control in young adults. *Frontiers in human neuroscience*, 10, 588.

Marshall, H. W. & Kostka, I. (2020). Fostering teaching presence through the synchronous online flipped learning approach. *The Electronic Journal for English as a Second Language*, 24(2), 1-15

Mashhadizadeh, S., Hashemi, B & Mohammadi, L. (2021). Effectiveness of Brain-Based Learning on Problem-Solving Skills and Visual-Spatial Active Memory of Preschool Boys with Specific Learning Disabilities. JOEC, 21 (3), 2. [Persian].

McCloskey, G., & Perkins, L. A. (2012). *Essentials of executive functions assessment* (Vol. 68). John Wiley & Sons.

McGarry, B. J., Theobald, K., Lewis, P. A., & Coyer, F. (2015). Flexible learning design in curriculum delivery promotes student engagement and develops metacognitive learners: An integrated review. *Nurse education today*, 35(9), 966-973.

Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions: Four general conclusions. *Current directions in psychological science*, *21*(1), 8-14.

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49-100.

Moghadam, H. (2020). Examining the relationship between the level of obsessive-compulsive symptoms and response inhibition with the characteristics of brain waves, Master's thesis. Faculty of Educational Sciences and Psychology, Ferdowsi University of Mashhad. [Persian].

Mohammed, Y. S. A., & Daif-Allah, A. S. (2023). The interaction between brain-based learning strategies and patterns of infographics and its influence on the development of information concepts among Saudi undergraduate cybersecurity students. *F1000Research*, 12, 441.

Morgan, W. W. (2019). *Elementary Teachers' Experiences Using Brain-Based Learning Strategies to Teach Reading to Minority Students* (Doctoral dissertation, Northcentral University).

Murphy, R. (2021). *Understanding Executive Functions: Professional Development to Support Students with Developing Executive Functions Skills in the Inclusive K-6 Environment* (Doctoral dissertation, California State University, Sacramento).

Nasiri, F. (2021). *The effectiveness of using brain-compatible learning strategies on cognitive flexibility, academic engagement and computational thinking in second grade elementary students in mathematics*, Master's thesis. Payam Noor University of Isfahan Province. [Persian].

Norris, D., Kalm, K., & Hall, J. (2020). Chunking and redintegration in verbal short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *46*(5), 872.

Paivio, A., Clark, J. M., & Lambert, W. E. (1988). Bilingual dual-coding theory and semantic repetition effects on recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14(1), 163.

Panzeri, S., Janotte, E., Pequeño-Zurro, A., Bonato, J., & Bartolozzi, C. (2023). Constraints on the design of neuromorphic circuits set by the properties of neural population codes. *Neuromorphic Computing and Engineering*.. 3:012001.

Purpura, D. J., Schmitt, S. A., & Ganley, C. M. (2017). Foundations of mathematics and literacy: The role of executive functioning components. *Journal of Experimental Child Psychology*, 153, 15-34.

Ren, K., Lin, Y., & Gunderson, E. A. (2019). The role of inhibitory control in strategy change: The case of linear measurement. *Developmental Psychology*, 55(7), 1389-1399.

Roman, A. S., Pisoni, D. B., & Kronenberger, W. G. (2014). Assessment of working memory capacity in preschool children using the Missing Scan Task: The Missing Scan Task with Preschool Children. *Infant and Child Development*, 23(6), 575-587.

Saadatmand, N & Afsharinejad, M. (2022). Structural equation model of brain executive function and electronic learning of student teachers of Farhangian University. the second international conference on research findings in psychology, counseling and educational sciences. [Persian].

Samiei, S. (2021). *Evaluating the effect of increased working memory load on brain cortical connections using EEG-fNIRS data.* Master's thesis, electrical engineering, Faculty of Electrical Engineering, Khwaja Nasiruddin Tusi University of Technology. [Persian].

Sani, A., Rochintaniawati, D., & Winarno, N. (2019, February). Enhancing students' motivation through brain-based learning. In Journal of physics: conference series (Vol. 1157, No. 2, p. 022059). IOP Publishing.

Schoemaker, K., Mulder, H., Deković, M., & Matthys, W. (2013). Executive functions in preschool children with externalizing behavior problems: A meta-analysis. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 41(3), 457-471.

Schrag, F. (2013). Can This Marriage be Saved? The Future of 'Neuro-Education'. *Journal of Philosophy of Education*, 47(1), 20-30

Serences, J. T. (2016). Neural mechanisms of information storage in visual short-term memory. *Vision research*, 128, 53-67.

Sesmiarni, Z. (2015). Brain based teaching model as transformation of learning paradigm in higher education. *Al-Ta lim Journal*, 22(3), 266-275.

Sharbar, H. (2022). *Studying the effect of brain-adaptive learning in computer education on inhibitory control and working memory of students with high stress levels*. Master's thesis, Payam Noor University of Kermanshah Province. [Persian].

Sharifi, A., kamari, S., Sheikhmohammadi, A., & Khayati, G. (2022). The Effectiveness of Computerized Cognitive Training on the Performance of Response Inhibition and Sustain Attention of Students with Mathematical Problems. Journal of Applied Psychological Research, 13(2), 33-54. [Persian].

Sibley, M. H., Graziano, P. A., Ortiz, M., Rodriguez, L., & Coxe, S. (2019). Academic impairment among high school students with ADHD: The role of motivation and goal-directed executive functions. *Journal of school psychology*, 77, 67-76.

Simons, D. J., Boot, W. R., Charness, N., Gathercole, S. E., Chabris, C. F., Hambrick, D. Z., & Stine-Morrow, E. A. (2016). Do "brain-training" programs work?. *Psychological science in the public interest*, *17*(3), 103-186.

Soffer, T., Kahan, T., & Nachmias, R. (2019). Patterns of students' utilization of flexibility in online academic courses and their relation to course achievement. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, *20*(3).

Sousa, D. A. (1995). How the brain learns: A classroom teacher's guide. In *National Association of Secondary School Principals.*

Squire, L. R., Genzel, L., Wixted, J. T., & Morris, R. G. (2015). Memory consolidation. *Cold Spring Harbor perspectives in biology*, *7*(8), a021766.

Sridam, I., & Sangkharam, P. (2023). Elearning program for childrens executive functions development for 5-7 years old, *Journal of Industrial Education*, 22(1), 37-48.

Stadskleiv, K. (2020). Cognitive functioning in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 62(3), 283–289.

Stein, M., Auerswald, M., & Ebersbach, M. (2017). Relationships between motor and executive functions and the effect of an acute coordinative intervention on executive functions in kindergartners. *Frontiers in psychology*, 30(8), 859-866.

Strait, J. E., Dawson, P., Walther, C. A., Strait, G. G., Barton, A. K., & Brunson McClain, M. (2020). Refinement and psychometric evaluation of the executive skills questionnaire-revised. *Contemporary School Psychology*, *24*, 378-388.

Swayze, M., & Dexter, C. (2018). Working memory and school readiness in preschoolers. *Contemporary School Psychology*, 22(3), 313-323.

Utendale, W. T., Hubert, M., Saint-Pierre, A. B., & Hastings, P. D. (2011). Neurocognitive development and externalizing problems: The role of inhibitory control deficits from 4 to 6 years. *Aggressive Behavior*, 37(5), 476-488.

Vaninsky, A. (2017). Educational Neuroscience, Educational Psychology, and Classroom Pedagogy as a System. *American Journal of Educational Research*, 5(4), 384-391.

Varma, S., McCandliss, B. D., & Schwartz, D. L. (2008). Scientific and pragmatic challenges for bridging education and neuroscience. *Educational Researcher*, 37(3), 140–152

Welch, L. M. (2023). *The Association Between Adverse Childhood Experiences and Executive Functioning: An Adaptation-Based Perspective* (Doctoral dissertation, State University of New York at Albany).

Yasar, M. D. (2017). Brain-based learning in science education in Turkey: Descriptive content and meta-analysis of dissertations. *Journal of Education and Practice*, 8(9), 161–168.

Yavari, H., & Jalili Shishavan, A. (2020). The effectiveness of a brain based learning on everyday memory functioning and academic help seeking of students with learning disability. Journal of Research in Educational Systems, 14(51), 175-190. [Persian].

Yustitia, V., Wardani, I. S., & Juniarso, T. (2019). The effect of brain based learning model on student's high order thinking skills. *EduHumaniora| Jurnal Pendidikan Dasar Kampus Cibiru*, *11*(1), 71.

Zelazo, P. D. (2020). Executive function and psychopathology: A neurodevelopmental perspective. *Annual review of clinical psychology*, *16*, 431-454.