Ministry of Education
Islamic Republic of IRAN

ISSN: 1235-1735

Journal of
Educational Innovations

Organization for Educational Research and Planning

The Effect of Mathematics Courseware Based on Brain-Compatible Learning on Working Memory and Selective Attention in Sixth-Grade Primary School Students

■ Ali Keshāvarzi, PhD student in University of Isfahan, faculty of education and psychology, Department of education.
E-mail: real.h1401@gmail.com

■ Yāsamin Ābedini (PhD), Associate Professor, University of Isfahan, faculty of education and Psychology, Department of Education, (Corresponding author).
E-mail: y.abedini@edu.ui.ac.ir

■ Mohammad Javād Liāghatdār (PhD), Professor, University of Isfahan, faculty of education and Psychology, Department of Education.
E-mail: javad@edu.ui.ac.ir

Abstract

This study aimed to investigate the effect of mathematics courseware designed based on brain based learning principles on working memory performance and selective attention of sixth grade primary school students. it was a quasi experimental study with a pretest posttest design and a control group. In this study, convenience sampling was used, and 60 sixth grade male students in Kharāme (Fārs Province) were selected to participate. Participants were randomly assigned to three groups of 20: Experiment 1, Experiment 2, and Control. In Experiment 1, a mathematics courseware designed based on brain based learning strategies was used. In Experiment 2, a non brain based courseware was used, and in the control group, training was provided only using the conventional method. Subsequently, to measure the dependent variables, the Working Memory and Stroop Test software of the Sina Institute of Behavioral and Cognitive Sciences was used. Data were analyzed using multivariate analysis of covariance on the scores of working memory and selective attention test. The results showed that the performance of students in experimental group 1 in working memory and selective attention was significantly better ($P < 0.05$) than the control group and experimental group 2; therefore, the use of courseware designed based on brain based learning principles has a significant effect on improving students' working memory and selective attention performance.

Keywords Brain-Based Learning, Courseware, Working Memory Performance, Selective Attention

Serial No.98. 25(2): Summer 2026
Journal of Educational Innovations
Published by Organization for Educational Research and Planning

Copyright © The Authors.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

۲۷- ۴۹

بررسی تأثیر درس‌افزار ریاضی طراحی‌شده بر اساس اصول یادگیری سازگار با مغز بر عملکرد حافظهٔ فعال و توجه انتخابی دانش‌آموزان پایهٔ ششم ابتدایی

علی کشاورزی* ■ یاسمین عابدینی** ■ محمدجواد لیاقتدار***

چکیده:

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر درس‌افزار ریاضی طراحی‌شده بر اساس اصول یادگیری مبتنی بر مغز در عملکرد حافظهٔ فعال و توجه انتخابی دانش‌آموزان پایهٔ ششم ابتدایی انجام شد. روش این پژوهش از نوع نیمه‌آزمایشی بوده و با طرح پیش‌آزمون ـ پس‌آزمون با گروه کنترل انجام شد. در این پژوهش، نمونه‌گیری به روش در دسترس انجام شد و به‌این‌ترتیب، ۶۰ نفر از دانش‌آموزان پسر پایهٔ ششم شهرستان خرامه برای شرکت در پژوهش انتخاب شدند. شرکت‌کنندگان به‌طور تصادفی در سه گروه بیست‌نفرهٔ آزمایش ۱، آزمایش ۲ و کنترل قرار گرفتند. در گروه آزمایش ۱، از درس‌افزار ریاضی ساخته‌شده بر اساس راهبردهای یادگیری مبتنی بر مغز استفاده شد. در گروه آزمایش ۲، یک درس‌افزار غیرمبتنی بر مغز به کار رفت و در گروه کنترل هم، آموزش فقط به روش مرسوم انجام شد. در ادامه و به‌منظور سنجش متغیرهای وابسته، از نرم‌افزار آزمون حافظهٔ کاری و استروپ مؤسسهٔ علوم رفتاری ـ شناختی سینا استفاده شد. داده‌های پژوهش با استفاده از تحلیل کوواریانس چندمتغیری بر نمرات آزمون عملکرد حافظهٔ فعال و توجه انتخابی تجزیه‌وتحلیل شد. نتایج نشان داد که عملکرد دانش‌آموزان گروه آزمایش ۱ در عملکرد حافظهٔ فعال و توجه انتخابی به‌نسبت گروه کنترل و گروه آزمایش ۲ به‌طور معناداری ($P<0/05$) بهتر بوده است؛ بنابراین استفاده از درس‌افزار طراحی‌شده بر اساس اصول یادگیری مبتنی بر مغز، تأثیر بسزایی در افزایش توانایی دانش‌آموزان در عملکرد حافظهٔ فعال و توجه انتخابی دارد.

کلیدواژه‌ها: یادگیری مبتنی بر مغز، درس‌افزار، عملکرد حافظهٔ فعال، توجه انتخابی

■ تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۷/۲۳ ■ تاریخ شروع بررسی: ۱۴۰۳/۸/۵ ■ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۱۰

* دانشـــجوی گروه علوم تربیتی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشـــگاه اصفهان. **E-mail:** real.h1401@gmail.com

** (**نویسندهٔ مسئول**) دانشیار گروه علوم تربیتی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه اصفهان. **E-mail:** y.abedini@edu.ui.ac.ir

*** استاد گروه علوم تربیتی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه اصفهان. **E-mail:** javad@edu.ui.ac.ir

مقدمه

یکـــی از بزرگ‌ترین مســـائل در تعلیم‌وتربیت، چگونگی فرایند آمـــوزش به‌منظور افزایش یادگیری دانش‌آموزان اســـت (بوللیگر و مارتیندل[1]، ۲۰۰۴؛ به نقل از واچوب[2]، ۲۰۱۲). از زمانی که جامعه تغییر یافته، نقش و هدف تعلیم‌وتربیت هم تغییر پیدا کرده اســـت. در ابتدا انتظار از تعلیم‌وتربیت آماده‌سازی دانش حقیقی بوده، امـــا درحال‌حاضر هدف از تعلیم‌وتربیت، آماده‌ســـازی دانش‌آموزان برای زندگی از طریق کاربرد دانش اســـت. به‌عبارت‌دیگر، هدف از تعلیم‌وتربیت، تبدیل شدن کودکان با آموزشی نوین به متفکرانی کارآمد است که تصمیمات علمی، هیجانی و اجتماعی هوشمندانه می‌گیرند. برای رسیدن به این هدف، دست‌اندرکاران تعلیم‌وتربیت، به‌ویژه معلمان، نیازمند آموزش‌های اساسی بر اساس مسیر طبیعی یادگیری هستند. دست‌اندرکاران کلاس‌های یادگیرنده‌محور بر این باورند که یک نوع کار معین و کلیشه‌ای برای همهٔ دانش‌آموزان مناسب نیست (بس[3]، ۲۰۱۰؛ به نقل واچوب، ۲۰۱۲).

رویکرد مناسب نیازهای منحصربه‌فرد کلاس‌های دانش‌آموز محور همانا یادگیری سازگار با مغز است (جنسن[4]، ۲۰۰۸). مدارس باید چگونگی کارکردهای مغز را درک کرده و آموزش‌ها را با توانایی بهینهٔ مغز متناسب کنند (هارت[5]، ۱۹۸۳). روش یادگیری مبتنی بر مغز، سه مؤلفهٔ اساسی را در تدریس پیشنهاد می‌کند که هریک از آن‌ها تأثیر عمیقی در اجزای دیگر دارد:

۱. **هوشیاری آرمیده**[6]: ایجاد جو عاطفی بهینه برای یادگـیری بـا به چـالش کـشیدن فراگیران در زمینه‌ای امن. معلمان باید به دانش‌آموزان کمک کنند احساس شایستگی و اطمینان کرده و مفاهیم و مقاصد را برای مدت‌زمان طولانی تجربه کنند. نکتهٔ مهم اغلب به چالش کشیدن و بسط دادن فراگیران به‌طور طبیعی است تا فرایند الگوسازی در مغز به‌صورت خودکار صورت گیرد. فراهم کردن محیطی امن و به دور از تهدید برای یادگیری بسیار مهم است. در این اصل، استفاده از مسائل ذهنی چالش‌برانگیز مرتبط با زندگی و دنیای واقعی و همچنین تنظیم روابط اجتماعی فراگیران پیشنهاد می‌شود؛

۲. **غوطه‌ورسازی هماهنگ‌شده**[7]: فراهم کردن فرصت‌های بهینه برای یادگیری فراگیران. مغز ابتدا از طریق حواس به جهان متصل می‌شود؛ بنابراین یادگیری باید حواس مختلف را درگیر سازد. مغز با برقراری ارتباط میان آنچه قبلاً تجربه کرده و تجربیات معنادار کنونی یاد می‌گیرد؛ بنابراین تدریس نیازمند الزام و دعوت فراگیران به برقراری اتصالات با اطلاعات سازمان‌دهی‌شدهٔ قبلی در مغز است. از آنجا که مغز از طریق تجربه می‌آموزد، کار معلم فراهم ساختن فرصت‌ها و تجربیات یادگیری بوده و سخنرانی فقط در صورت نیاز مناسب است؛

۳. **پردازش فعال تجربیات**[8]: خلق بهینهٔ روش‌هایی برای تقویت یادگیری. پردازش فعال عبارت است از تقویت و درونی‌سازی اطلاعات به‌دست فرد یادگیرنده به روشی که هم به‌خودی‌خود معنادار باشد و هم ازنظر مفهومی منطقی و منسجم باشد. در پردازش فعال، یادگیرنده

به هر روش ممکن از خود سؤال می‌پرسد. سؤالاتی از قبیل اینکه من چه کردم؟ چرا این کار را انجام دادم؟ و چه آموخته‌ام؟ مغز در به یاد آوردن آنچه برای فرد معنادار است بهتر عمل می‌کند. برای بهره‌گیری کامل از تجربیات، باید بازخوردهای مداوم فوری وجود داشته باشد. همچنین تأمل مداوم، دانش را یکپارچه و مستحکم کرده و آن را توسعه می‌دهد.

با توجه به درک پیچیدگی فرایند آموزش یادگیرندگان، نیاز است در کیفیت‌بخشی آن همسو با پیشرفت‌های علمی در نسل حاضر، گام‌های بلندی برداشته شود. همچنین با توجه به اهمیت بسیار زیاد یافته‌های معتبر در مورد مغز و یادگیری، در شیوه‌های تدریس و یادگیری تغییر الگوی فکری به وجود آمده است و راه‌حل برخی مشکلات در تعلیم‌وتربیت امروز، نیازمند رویکردی پیچیده‌تر و آگاهانه‌تر است. در ادامه، لازم است به اهمیت این مسئله توجه شود که پایهٔ یادگیری و اساس انعطاف‌پذیری در شرایط گوناگون محیطی عملکرد اجرایی است. این اعمال مجموعه‌ای هستند از عملکرد خودتنظیمی که هوشیارانه به افکار، اعمال و احساسات معطوف به هدف مرتبط‌اند (کارسون[9] و همکاران، ۲۰۱۳). توجه و حافظه دو ساختار اصلی هستند که روندهای معطوف به هدف را هدایت می‌کنند (ملتزر[10]، ۲۰۱۸). توجه عبارت است از مجموعه‌فرایندهای شناختی ناهمگن که به موجود زنده امکان می‌دهد در حالی که بر اهداف خود متمرکز است، به‌طور موفقیت‌آمیزی با تغییرات مداوم بیرونی و درونی محیط هماهنگ شود (دیفردیناندو[11] و همکاران، ۲۰۰۷). توجه انتخابی، که از عملکردهای اجرایی است، به توجهی اطلاق می‌شود که فرد انتخاب می‌کند منبع تمرکز خود را صرف بخشی از اطلاعات مهم کرده و اطلاعات دیگر را نادیده بگیرد. از این طریق، راه برای انجام سایر فرایندهای شناختی مانند حل مسئله باز می‌شود (استرنبرگ[12]، ۲۰۰۶). اهمیت توجه انتخابی در دنیای سریع امروزی، که منابع محدودند و جمعیت بسیار، افزایش توانایی انتخاب اطلاعات به‌دردبخور و مفید از اطلاعات بی‌فایده است که پیشرفت فرد را در میان رقبا تضمین کرده و باعث صرفه‌جویی در وقت و استفادهٔ به‌موقع از امکانات می‌شود. توجه یکی از مهم‌ترین کارکردهای شناختی و پایهٔ یادگیری است و در ارتباط تنگاتنگ با حافظهٔ کاری عمل می‌کند؛ زیرا حافظهٔ کاری نقش میز کار را برای پردازش اطلاعات ورودی از یادگیرندهٔ حسی (محیط پیرامون) و اطلاعات فعال‌شده (حافظهٔ بلندمدت) ایفا می‌کند (باقری، ۱۳۹۰).

حافظهٔ کاری، که دست‌کاری و پردازش اطلاعات برای برجسته کردن یک فکر یا ایده در مقابل انتخاب‌های دیگر است (مزولام[13]، ۲۰۰۲)، اصل و بنیاد عملکردهای اجرایی مؤثر و آمیخته با فعالیت‌های زندگی روزمره است (بدلی[14]، ۲۰۱۳). حافظهٔ کاری برای انجام عملکردهای پیچیده‌ای مانند درک، یادگیری، استدلال و حل مسئله لازم است (کورتیس[15] و همکاران، ۲۰۰۰). اختلال در حافظهٔ کاری باعث می‌شود به‌یادآوری اطلاعات چند لحظه پیش، حفظ روند و توالی اعمال در حال انجام و حفظ یکپارچگی گفتار، دچار مشکل شده و فرد را در حالتی از سردرگمی رها سازد (وکسلر[16]، ۲۰۱۱).

با توجه به اهمیت ذکرشده و با پیشرفت فناوری و استفادهٔ روزافزون دانش‌آموزان از ابزارها و

امکانات رایانه‌محور و همچنین با در نظر گرفتن تأثیرگذاری مطلوب‌تر شـــیوه‌های آموزشی که در آن‌ها دانش‌آموز قادر اســـت هم‌زمان از حواس چندگانهٔ خود استفاده کند (که این امر جزء لاینفک ضروریات آموزشـــی آینده اســـت) و در مقابل، با عنایت به شیوهٔ سنتی آموزشی فعلی ـ که در آن شیوهٔ سخنرانی به‌صورت یک‌طرفه با مشارکت محدود دانش‌آموزان، موجب درس‌گریزی و فقدان ارتباط مطلوب معلم و دانش‌آموز می‌شود ـ ساخت و تدوین پلتفرم‌های آموزشی با رویکردهای فناورانه در دنیا اهمیت بسزایی دارد؛ بنابراین همان‌طور که فناوری به تکامل خود ادامه می‌دهد، مربیان با مجموعه‌ای از ابزارها و منابع روبه‌رشدی روبه‌رو می‌شوند که پتانسیل ایجاد انقلاب در رویکردهای آموزشی سنتی را دارند. با نگاهی اجمالی به مواد آموزشی، مشاهده می‌شود که طیف متنوعی از مواد آموزشی دیجیتال، پلتفرم‌های تعاملی و محتوای آموزشی، به‌مثابهٔ بازیگران کلیدی در این تحول آموزشی ظاهر شده‌اند.

در این میان، مفهوم «درس‌افزار»[17] به‌عنوان منبع یادگیری چندوجهی آشـــکار شده است که به‌طور یکپارچه محتوای آموزنده و ســـؤالات تمرینی شکل‌دهنده را در مسیر یادگیری دانش‌آموز ترکیب کرده و مشـــارکت، سازگاری و ارزیابی مداوم را ارتقا می‌دهد (شرودر[18] و همکاران، ۲۰۱۳). این در حالی است که ســـپتیانی و هاریموکتی[19] (۲۰۲۰) و تران ـ دونگ[20] (۲۰۲۱)، ادغام درس‌افزارها با اصول یادگیری سازگار با مغز را نشـــان‌دهندهٔ روندی غالب می‌دانند که سبک‌های مختلف یادگیری را ارتقا و درک عمیق‌تری از موضوعات را تقویت می‌کند. علاوه بر این، مطالعهٔ جایاچیترا[21] (۲۰۲۰) تکامل دوره‌های آموزشی الکترونیکی را برجسته می‌کند و تبدیل آن را از فرایندی پیچیده و فشرده به تلاشی ساده‌تر و مقرون به‌صرفه‌تر به دلیل پیشرفت‌های فناوری نشـــان می‌دهد. این تغییر با در دسترس بودن نرم‌افزار و برنامه‌های کاربردی تألیف مطابقت دارد و به مربیان اجازه می‌دهد تجربیات یادگیری جذابی را ایجاد کنند. درواقع محصولات یادگیری الکترونیکی فقط در صورت پاسخ‌گویی به چهار ویژگی آموزش انفرادی، درگیری‌سازی در یادگیری، استفاده از چندرســـانه‌ای، تسریع یادگیری مهارت (با تدارک فرصت‌های درگیری در حل مسائل واقعی)، یادگیری را تقویت می‌کنند (کلارک و مایر[22]، ۱۳۹۷/۲۰۰۲)؛ البته فناوری وســـیلهٔ ارائهٔ آموزش را فراهم می‌سازد؛ ولی موفقیت آن را تضمین نمی‌کند. پژوهش‌ها نشـــان می‌دهد که آنچه موجب یادگیری بهتر می‌شـــود، راهبردهای آموزشی موجود در محتوای یادگیری است. محتوای یادگیری الکترونیکی باید مطابق با اصول یادگیری، به‌گونه‌ای طراحی شـــود که فراگیر را فعالانه درگیر سازد و یادگیری را افزایش دهد (اندرسون و الومی[23]، ۱۳۹۳/۲۰۰۴). به همین دلیل یکی از تنگناهای اصلی اســـتفاده از فرصت‌های یادگیری جدید، در دسترس نبودن درس‌افزارهای باکیفیت است (گروتزنر[24] و همکاران، ۲۰۰۲؛ و قاسمی و همکاران، ۱۳۹۷).

بر اساس نتایج پژوهش میرزابیگی و همکاران (۱۳۸۸)، دیدگاه متخصصان محتوا مبنی بر این است که بیشتر مدرســـان آموزش الکترونیک، تولید محتوا را دیجیتالی کردن کتاب درسی می‌دانند. همچنین به علت آشـــنا نبودن تولیدکنندگان محتوای الکترونیکی به ویژگی‌های یادگیری الکترونیکی و مشارکت نکردن طراحان آموزشی متخصص، تقریباً تمامی تولیدات محتوای الکترونیکی، پویانمایی‌هایی از خلاصهٔ

درس‌ها بوده و پاسخ‌گوی نیازهای شناختی فراگیران نیست. درواقع چالش اصلی در یادگیری الکترونیکی این است که درس‌ها به روشی تهیه شوند که با فرایند یادگیری مغز انسان سازگار باشند (کلارک و مایر، ۱۳۹۷/۲۰۰۲). یادگیری الکترونیکی با رویکرد فردمحور و امکان فراهم‌سازی گزینه‌های متنوع برای انتخاب، به‌خوبی با ساختار یادگیری مغز انسان سازگار می‌شود (اسپرنگر[۲۵]، ۱۳۹۳/۲۰۱۰). در طراحی آموزش مبتنی بر مغز، انواع مختلف چندرسانه‌ای برای تحریک حواس چندگانهٔ دانش‌آموزان و انگیزه‌بخشی به آن‌ها در محیطی امن همراه با چالش مطلوب به کار می‌روند (ترابی نامی و خرازی، ۱۳۹۱).

بنابر آنچه گفته شد، بهره‌گیری از ابزارها و امکانات محیط یادگیری الکترونیکی برای پیاده‌سازی اصول یادگیری مبتنی بر مغز، در قالب درس‌افزار الکترونیکی، مناسب است. پژوهشگر به‌منزلهٔ برنامه‌نویس رایانه و آموزگار تمامی پایه‌های دورهٔ ابتدایی، همواره شاهد مشکلات یادگیری دانش‌آموزان در این دوره بوده است. این مشکلات، به‌ویژه در درس ریاضی، نیازمند مهارت‌های تجزیه‌وتحلیل و حل مسئله است و در سطوح بالای شناختی طبقه‌بندی بلوم قرار می‌گیرند، بسیار بیشتر و عمیق‌تر خود را نشان می‌دهد. این دانش‌آموزان در کلاس، علاقهٔ چندانی به این درس نشان نمی‌دهند و زمانی که تکالیف عملی به آن‌ها واگذار می‌شود، منفعل‌اند، از انجام آن طفره می‌روند و در بسیاری از موارد، به کارهای دیگر مانند خوابیدن، صحبت کردن، جست‌وجو و برنامه‌های دیگر مشغول می‌شوند. علاوه بر این، بسیاری از این دانش‌آموزان رفتارهای نامناسبی از خود نشان می‌دهند و در برقراری روابط مناسب با هم‌کلاسی‌ها و معلم مشکلاتی دارند؛ به همین دلیل مدیریت چنین کلاس‌هایی بسیار دشوار است. از سوی دیگر، زمان اختصاص داده شده به این درس محدود است و به معلم اجازهٔ تکرار مداوم و کار انفرادی با تک‌تک دانش‌آموزان را نمی‌دهد.

بیشتر دانش‌آموزان از این درس واهمه دارند و مجموعهٔ این عوامل باعث از دست رفتن انگیزهٔ معلمان و دانش‌آموزان و تضعیف عملکرد آن‌ها شده است. باوجوداین، این درس یکی از دروس پایه و اصلی تمامی پایه‌های دورهٔ ابتدایی و پیش‌نیازی مهم برای ادامهٔ تحصیل در مقاطع بالاتر به شمار می‌رود؛ از همین روی اهمیت خاصی دارد.

در دهه‌های اخیر، پژوهش‌های گوناگونی پیرامون مغز و عملکرد آن در حین یادگیری انجام شده است و بسیاری از آن‌ها، پیشرفت تحصیلی و یادگیری بالاتر یادگیرندگان را گزارش کرده‌اند. طباطبایی و نصیری (۱۴۰۰) نشان دادند که یادگیری مبتنی بر مغز موجب افزایش انعطاف‌پذیری شناختی و درگیری تحصیلی در فراگیرندگان پسر پایهٔ دوم شد. کمالی حسین‌زاده (۱۳۹۵) گزارش داده که آموزش مبتنی بر مغز تأثیر معناداری در پیشرفت تحصیلی فراگیران در درس ریاضی دارد. شیوندی و خلیلی (۱۳۹۹) در پژوهشی بیان داشتند، استفاده از آموزش یادگیری مغزمحور در عملکرد فراحافظهٔ کودکان با اختلالات یادگیری خاص مؤثر است و همین موضوع به کاهش مشکلات یادگیری آنان منجر می‌شود. عباسی (۱۳۹۹) نیز در پژوهش مشابهی نشان داد، میزان آگاهی دانش‌آموزان از راهبردهای یادگیری مغزمحور بر کارکردهای حافظهٔ آنان تأثیر مثبتی داشته است. حبیبی و نوری (۱۳۹۸) نشان دادند که

آموزش یادگیری مغزمحور بر راهبردهای فراشناختی، تفکر واگرا و کارکردهای اجرایی تأثیر دارد و باعث افزایش راهبردهای فراشـــناختی، تفکر واگرا و کارکردهای اجرایی می‌شود. همچنین در این باره می‌توان به‌پژوهش آپادیای[۲۶] (۲۰۲۱) نیز اشاره کرد که روش‌های مرتبط با یادگیری مغزمحور را بر ایجاد آرامش، بهبود خطاهای شناختی و افزایش کارکردهای حافظه مؤثر دانسته است.

التارونه[۲۷] و همکاران (۲۰۲۱) نیز طی پژوهشـــی به این نتیجه دســـت یافتنـــد که برنامهٔ آموزش یادگیـــری مبتنی بر مغز توانایی فضایی دانش‌آموزان را بهبود بخشـــیده و به رفع مشـــکلات مرتبط با یادگیری آنان مدد می‌رساند. همچنین فاطیما[۲۸] و همکاران (۲۰۲۰) اظهار می‌دارند در مطالعه‌ای تجربی، که به‌منظور تعیین تفاوت در عملکرد ســـه نوع راهبرد آموزش مبتنی بر مغز انجام شـــد، هر سه عنصر یادگیری مبتنی بر مغز مؤثر بودند؛ زیرا گروه‌های مداخله به‌طور موازی، به‌نســـبت گروه کنترل، افزایش نمرهٔ بیشتری را نشان می‌دادند. همچنین سانی[۲۹] و همکاران در پژوهشی (۲۰۱۹) بیان می‌دارد که تسلط بر مفهوم مدار الکتریکی دانش‌آموزانی که با اســـتفاده از آموزش مبتنی بر مغز یاد گرفته بودند، بهتر از تسلط دانش‌آموزانی است که با استفاده از یادگیری مبتنی بر سخنرانی آموخته بودند.

باوجود پژوهش‌هایی که دربارهٔ یادگیری مبتنی بر مغز انجام شده است، در هیچ مطالعه‌ای در داخل و خارج از کشـــور، به‌کارگیری اصول یادگیری مبتنی بر مغز در طراحی درس‌افزارهای آموزشی مدنظر قرار نگرفته و از حیث مبانی نظری، پژوهش در این حوزه اهمیت بســـزایی دارد. از همین روی، پژوهش حاضر ازجمله پژوهش‌های بدیع در حوزهٔ آموزشـــی اســـت که با ساخت بستر آموزش ریاضی براساس رویکرد یادگیری مغزمحور و تأثیر آن در عملکرد حافظهٔ فعال و توجه انتخابی دانش‌آموزان به‌دنبال بهبود عملکرد یادگیری دانش‌آموزان خواهد بود؛ بنابراین هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر درس‌افزار آموزشی ریاضی مبتنی بر مغز در عملکرد حافظهٔ فعال و توجه انتخابی دانش‌آموزان پایهٔ ششم است.

روش پژوهش

پژوهش حاضر مطالعه‌ای شبه‌آزمایشـــی با طرح پیش‌آزمون ـ پس‌آزمون با گروه کنترل بود. جامعهٔ آماری شامل تمامی دانش‌آموزان پایهٔ ششم ابتدایی بود که در سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ در شهرستان خرامه مشـــغول به تحصیل بودند. بدین منظور، ابتدا فهرســـتی از مدارس ابتدایی شهرســـتان خرامه، که پایهٔ ششم را به‌صورت مستقل داشتند، تهیه شد. پس از تماس با این مدارس، کلاس‌هایی که آموزگار آن‌ها تمایل به همکاری داشـــتند، انتخاب شدند. به‌این‌ترتیب، ۳ کلاس و تعداد ۶۰ دانش‌آموز پسر پایهٔ ششـــم با روش نمونه‌گیری در دسترس و با توجه به معیارهای ورود (مشغول به تحصیل بودن در دورهٔ ابتدایی مدارس عادی، تمایل به شرکت در پژوهش) از مدارس ابتدایی شهرستان خرامه انتخاب و پس از همتاســـازی بر مبنای معدل سال گذشته، جنسیت و پایهٔ تحصیلی، به‌طور تصادفی در گروه آزمایش ۱ (۲۰ نفر)، آزمایش ۲ (۲۰ نفر) و گروه کنترل (۲۰ نفر) قرار گرفتند. شـــایان‌ذکر است ازآنجاکه تفکیک

دانش‌آموزان به‌منظور نمونه‌گیری و تخصیص کاملاً تصادفی در کلاس‌ها امکان‌پذیر نیست، از کلاس‌ها به‌همان شکل طبیعی استفاده شد. در طول فرایند آموزش، ریزشی در تعداد آزمودنی‌ها رخ نداد و درنهایت، فرایند آموزشی با بیست نفر در هریک از گروه‌های آزمایش ۱، آزمایش ۲ و کنترل به پایان رسید.

در این پژوهش، برای جمع‌آوری داده‌ها از آزمون حافظهٔ فعال و آزمون استروپ برای سنجش عملکرد حافظهٔ فعال و توجه انتخابی استفاده شد.

● آزمون حافظهٔ فعال عددی

در پژوهش حاضر، به‌منظور ارزیابی حافظهٔ فعال، از نرم‌افزار آزمون حافظهٔ کاری مؤسسهٔ علوم رفتاری ـ شناختی سینا استفاده شده است. این آزمون به سنجش عملکرد شناختی مرتبط با کنش‌های اجرایی می‌پردازد و روند کلی آن بر این قرار است که شرکت‌کنندگان سعی می‌کنند مجموعه‌ای از اعداد را، که به‌صورت متوالی روی صفحه‌نمایش کامپیوتر نشان داده می‌شود، به خاطر بسپارند و آن اعداد را با صفحه‌کلید ثبت کنند. سنجش فراخنای حافظهٔ ارقام یکی از خرده‌آزمون‌های آزمون هوشی وکسلر است. این خرده‌مقیاس شامل دو بخش یادآوری مستقیم و یادآوری وارونهٔ اعداد است که هر بخش هشت کوشش و هر کوشش شامل دو سری عدد است. در هر دو خرده‌مقیاس، وقتی آزمودنی در دو سری متوالی یک کوشش شکست بخورد، آزمون متوقف می‌شود. حداکثر مجموع نمره‌های دو بخش تکرار رو به جلو و معکوس، ۲۸ می‌شود. بدیهی است که برای قضاوت صحیح برای آزمودنی، مراجعه به جدول این آزمون برای سنین مختلف ضرورت دارد. پایایی این آزمون با روش بازآزمایی ۰/۸۲ گزارش شده است (عابدی و همکاران، ۱۳۹۴).

● آزمون استروپ

در پژوهش حاضر، به‌منظور ارزیابی توجه انتخابی دانش‌آموزان، از نرم‌افزار آزمون استروپ مؤسسهٔ علوم رفتاری ـ شناختی سینا استفاده شده است. این آزمون در دو مرحله اجرا می‌شود:

- **مرحلهٔ اول:** نامیدن رنگ. در این مرحله، از آزمودنی خواسته می‌شود دایره‌ای رنگی را، که به یکی از چهار رنگ قرمز، آبی، زرد و سبز به‌تناوب روی صفحه‌نمایش کامپیوتر نشان داده می‌شود، با یکی از حروفی که روی صفحه‌کلید با برچسب رنگی معرف همان رنگ مشخص شده، نشان دهد. هدف از اجرای مرحلهٔ اولْ آموزش شیوهٔ انجام تست به آزمودنی است و نتیجهٔ آن تأثیری در نتایج آزمون ندارد.
- **مرحلهٔ دوم:** اجرای اصلی آزمون استروپ. در این مرحله، ۴۸ کلمهٔ رنگی هم‌خوان و ۴۸ کلمهٔ رنگی ناهم‌خوان نمایش داده می‌شود. ۹۶ کلمهٔ رنگی هم‌خوان و ناهم‌خوان به‌صورت تصادفی و متوالی روی صفحهٔ مانیتور نمایش داده می‌شوند و آزمودنی فقط با تأکید بر رنگ (بدون در نظر گرفتن معنا)، باید رنگ مرتبط را بر اساس برچسب روی حروف صفحه‌کلید فشار دهد. زمان ارائهٔ هر محرک روی مانیتور، دو ثانیه و فاصلهٔ بین ارائهٔ دو محرک، ۸۰۰هزارم ثانیه است.

در این آزمون، زیرمقیاس‌هایی مانند زمان واکنش به محرک‌های هم‌خوان و ناهم‌خوان و زمان تداخل اندازه گرفته می‌شود (مورینگ[۳۰] و همکاران، ۲۰۰۴). زمان تداخل برابر است با زمان واکنش محرک‌های ناهم‌خوان منهای زمان واکنش محرک‌های هم‌خوان. پژوهش‌های انجام‌شده پیرامون آزمون استروپ، پایایی و روایی مناسب آن در بزرگ‌سالان و کودکان را نشان می‌دهد. دامنهٔ اعتبار این آزمون از طریق بازآزمایی ۰/۸ تا ۰/۹۱ گزارش شده است (نریمانی و همکاران، ۱۳۹۱).

روش اجرا

به‌منظور اجرای پژوهش، ابتدا برای دریافت معرفی‌نامهٔ مبنی بر انجام پژوهش به مدیریت آموزش‌وپرورش شهرستان خرامه مراجعه شد. سپس با مدیر مدرسهٔ شهید علی‌حسین رضایی هماهنگی‌های لازم انجام شد. اهمیت و ضرورت پژوهش برای مدیر مدرسه و اولیای دانش‌آموزان بیان شد. از تمامی والدین رضایت‌نامهٔ کتبی مبنی بر شرکت فرزندانشان در پژوهش اخذ شد و به آن‌ها اطمینان داده شد که اطلاعات جمع‌آوری‌شده و نام آن‌ها و فرزندانشان به‌صورت محرمانه باقی خواهد ماند. شرکت در پژوهش، نیاز به هیچ‌گونه هزینه‌ای نداشت، هیچ ضرر و زیانی شرکت‌کنندگان را تهدید نمی‌کرد و اجازهٔ ترک جلسات آموزشی و همکاری نکردن با پژوهشگر به آن‌ها داده شد.

پیش از اجرای آزمایش، هر سه گروه در پیش‌آزمون عملکرد حافظهٔ فعال و توجه انتخابی شرکت کردند. پس از آن، آموزش در گروه‌های آزمایشی و کنترل در شش جلسهٔ ۵۰ دقیقه‌ای انجام شد. برای آموزش هر سه گروه، از کارگاه کامپیوتر مدرسه استفاده شد.

گروه کنترل آموزش به روش معمول انجام شد. معلم به روش سخنرانی درس را به دانش‌آموزان، که در گروه‌های دونفره قرار داشتند، ارائه کرد و سپس از طریق شبکهٔ کامپیوتری و با استفاده از نرم‌افزار مدیریت کلاس‌های آموزشی و محتوای کتاب به آموزش پرداخت.

گروه آزمایش ۱

آموزش معلم

پیش از اجرای پژوهش، بر اساس درس‌افزار آموزشی تهیه‌شده، دورهٔ آموزشی برای آموزگار مربوطه طی چهار جلسه برگزار شد تا آمادگی لازم را برای تدریس و اجرای این درس‌افزار کسب کند. علاوه بر این، به‌منظور رفع ابهامات احتمالی آموزگار در فرایند آموزش، کلیپ‌های آموزشی نحوهٔ استفاده از درس‌افزار مبتنی بر مغز، که از پیش آماده شده بود، در اختیارش قرار داده شد.

آموزش دانش‌آموزاندر جلسهٔ اول، نحوهٔ استفاده از درس‌افزار مبتنی بر مغز به دانش‌آموزان آموزش داده شد. پس از تدریس هر مبحث به روش متداول، درس‌افزار الکترونیکی طراحی‌شده بر اساس اصول یادگیری مبتنی بر مغز در اختیار دانش‌آموزان قرار داده شد تا در گروه‌های دونفره و با مدیریت معلم از آن استفاده کنند.

این درس‌افزار مربوط به فصل ۳ ریاضی پایهٔ ششم با موضوع اعداد اعشار بود که به دست محقق و گروه تخصصی، بر اساس روش‌های یادگیری مبتنی بر مغز طراحی و با استفاده از نرم‌افزار استوری لاین[۳۱] ساخته شد. روایی صوری و محتوایی این درس‌افزار از طریق استادان متخصص در حوزهٔ علوم تربیتی، روان‌شناسی تربیت و فناوری آموزشی دانشگاه فرهنگیان و همچنین پنج نفر از سرگروه‌های آموزشی پایهٔ ششم بررسی و تأیید شد.

● گروه آزمایش ۲

علاوه بر روش معمول، از یک درس‌افزار معمولی (رهپویان دانش) موجود در بازار استفاده شد. در جلسهٔ اول، نحوهٔ استفاده از آن به دانش‌آموزان آموزش داده شد و در ادامه، پس از تدریس هر بخش به روش معمول، دانش‌آموزان با مدیریت معلم در گروه‌های دونفره با آن کار کردند. در این دوره، مباحث یادآوری و جمع و تفریق اعداد اعشاری، ضرب اعداد اعشاری، تقسیم اعداد اعشاری بر اعداد طبیعی، درک الگوریتم تقسیم، ارائهٔ نمایش تصویری انجام فرایند تقسیم، تقسیم عدد بر اعداد اعشاری و به‌کارگیری تقسیم در حل مسائل پیرامونی و کارهای روزمره به هر سه گروه تدریس شد.

با بررسی منابع مرتبط (کین[۳۲] و همکاران، ۲۰۰۵، کین و کین، ۲۰۱۱؛ اسپرنگر، ۱۳۹۳/۲۰۱۰؛ سوزا و تاملینسون[۳۳]، ۲۰۱۱؛ بدیعی و همکاران، ۱۳۹۹؛ طلیمی و همکاران، ۱۴۰۱) در حیطهٔ ذهن، مغز و تربیت راهبردهای برآمده از اصول اساسی یادگیری مبتنی بر مغز استخراج و به‌صورت زیر (جدول ۱) در ساخت این درس‌افزار استفاده شده بود.

جدول ۱. راهبردهای برآمده از اصول اساسی یادگیری مبتنی بر مغز استفاده‌شده در درس‌افزار

اصل اساسی	راهبرد
هوشیاری آرمیده	● ایجاد زمینهٔ درگیری اشکال مختلف حواس یادگیرندگان (گوش دادن، مشاهده، گفت‌وگو با دانش‌آموزان، مطرح ساختن مسائل، تکالیف نوشتاری و شفاهی و...)، ارائهٔ داستان‌گونه، زیباسازی محیط صفحات با استفاده از عناصر زیباشناختی مانند گل و گیاه، شبیه‌سازی و نمایش حل مسئلهٔ نمونه به‌صورت مرحله‌به‌مرحله همراه با توضیحات گفتاری، تصویر، انیمیشن و متن، پخش موسیقی و صداهای آرامش‌بخش، ارائهٔ بازخورد فوری به‌صورت کوتاه مانند تشویق متنی، کلامی و ست زدن، بازی‌های آموزشی و هدفمند برای ایجاد هیجانات و جو مثبت.
غوطه‌ورسازی هم‌خوان	● ایجاد تصویر کلی از درس، پیش‌نمایش عناوین در قالب منوهای سازمان‌یافته و همچنین ارائهٔ بخش مقدمه در آغاز هر مبحث، ارائهٔ نقشه‌ای مفهومی از مطالب در رنگ‌های متنوع، در نظر گرفتن بخش‌های بازی و سرگرمی متناوب، تمرینات تنفسی، ارائهٔ گام‌به‌گام روش صحیح حل مسئله، توضیحات معلم به‌عنوان الگو در حین مسئلهٔ نمونه و بخش مرور مطالب در پایان هر مبحث.
پردازش فعال تجربیات	● در نظر گرفتن زمان تأمل و استراحت متناوب، استفاده از عناصر زیبایی‌شناختی مانند گل و موسیقی، استفادهٔ حداکثری از تصویر، انیمیشن، متن و صدا، ارائهٔ مطالب به‌صورت آهنگین و شعرگونه همراه با تصاویر متحرک برای تأکید بر نکات اصلی، ارائهٔ تمرینات متنوع پس از هر نکته به‌عنوان ارزشیابی تکوینی و در پایان هر مبحث، به‌منزلهٔ ارزشیابی پایانی و مرور مجدد درس به‌منزلهٔ بازخورد فوری و مفصل.

در پایان هر جلسهٔ آموزشی، با استفاده از درس‌افزار طراحی‌شدهٔ مبتنی بر مغز، تکالیف و تمریناتی به دانش‌آموزان ارائه می‌شـــد که عملکرد حافظهٔ فعال و توجه آن‌ها را تقویت می‌کرد. ســـطح دشـــواری تکالیف و تمرین‌ها به‌گونه‌ای بود که با پیشرفت مهارت آزمودنی‌ها، تکالیف هم به‌طور پیش‌رونده دشوارتر می‌شدند. نمونه‌ای از این تکالیف در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲. نمونه‌ای از تکالیف و تمرین‌های ارائه‌شده برای تقویت عملکرد حافظهٔ فعال و توجه انتخابی

ردیف	نام تمرین	توضیحات
۱	**گم‌شده و پیداشده**	• در این تمرین، از آزمودنی‌ها خواسته شد اعداد اعشاری را، که به‌صورت جفت روی صفحهٔ نمایشگر نشان داده می‌شود، به یاد بسپارند. پس از اتمام زمان به‌یادسپاری، از میان تمامی اعداد اعشاری که روی صفحهٔ نمایشگر در حال حرکت‌اند، علامت بزنند و این تمرین را تا هر سطحی که می‌توانند پیش ببرند.
۲	**جورچین**	• در این تمرین، از آزمودنی‌ها خواسته شد مکان اشکالی را که حاوی یک عدد اعشار است و روی صفحهٔ نمایشگر نشان داده می‌شود به خاطر بسپارند و پس از اتمام زمان به‌یادسپاری، اشکال به‌هم‌ریخته را در جای مناسب خود قرار دهند.
۳	**دوچرخهٔ من کجاست؟**	• در این تمرین، از آزمودنی‌ها خواسته شد دوچرخه‌هایی را که به رنگ‌های مختلف و حاوی اعداد اعشار هستند و روی صفحه نمایشگر نشان داده می‌شوند به خاطر بسپارند و پس از اتمام زمان به‌یادسپاری، این اشکال را صرفاً بر اساس رنگ به‌ترتیب و در جای مناسب خود قرار دهند.
۴	**جفت‌های موزیکال**	• در این تمرین، از آزمودنی‌ها خواسته شد درصورتی‌که اصوات شنیده‌شده دارای ریتم یکسان بودند، کلید سبز و در صورت متفاوت بودن، کلید قرمز را فشار دهند.
۵	**بگرد و پیدا کن**	• در این تمرین، از آزمودنی‌ها خواسته شد تمامی اعداد اعشاری را که روی صفحهٔ نمایشگر نشان داده شده است به یاد بسپارند. پس از زمان به‌یادسپاری، عدد اعشاری‌ای را که در لیست نمایش‌داده‌شده جدید بودند انتخاب کنند.
۶	**دانش‌آموز باهوش**	• در این تمرین، از آزمودنی‌ها خواسته شد با توجه به سؤال پرسیده‌شده در ابتدای هر مرحله، آن دسته از اعداد اعشاری نمایش داده‌شده را که پاسخ مناسبی برای این سؤال‌اند انتخاب کند.

در گـــروه آزمایش ۲، عـــلاوه بر روش معمول، از یک درس‌افزار معمولی موجـــود در بازار (رهپویان آنلاین) استفاده شد. این درس‌افزار را جمعی از راهبران آموزشی و سرگروه‌های پایهٔ ششم بررسی و تأیید کردند. در این درس‌افزار، به اصول یادگیری مبتنی بر مغز توجه نشده بود.

یـــک هفته پس از پایان آموزش، دوباره همان آزمون عملکرد حافظهٔ فعال و توجه انتخابی به‌منزلهٔ پس‌آزمون برای هر سه گروه استفاده شد. داده‌های به‌دست‌آمده پیش و پس از برگزاری جلسات آموزشی

برای هر سه گروه با استفاده از آزمون آماری تحلیل کوواریانس چندمتغیری تجزیه و تحلیل شد. به‌منظور تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری اس‌پی‌اس‌اس۲۲[۳۴] استفاده شد.

یافته‌ها

در این بخش از پژوهش، نخست یافته‌های توصیفی متغیرها در دو مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون بررسی شد. در بخش آمار استنباطی، از آزمون‌های کولموگروف ـ اسمیرنوف[۳۵] به‌منظور بررسی نرمال بودن متغیرها و آزمون تحلیل کوواریانس[۳۶] برای بررسی فرضیه‌های پژوهش استفاده شده است. درجدول ۳، میانگین و انحراف معیار نمره‌های عملکرد حافظهٔ فعال و توجه انتخابی در گروه‌ها در مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون ارائه شده است.

جدول ۳. شاخص‌های توصیفی نمره‌های حافظهٔ فعال، گفتاری و تصویری و توجه انتخابی در دو مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون

		گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون		پیش‌آزمون پس‌آزمون	
			میانگین ± انحراف معیار	میانگین ± انحراف معیار		میانگین ± انحراف معیار	میانگین ± انحراف معیار
گفتاری	حافظهٔ فعال	روش درس‌افزار مبتنی بر مغز	۸/۳۹ ± ۰/۸۷	۱۱/۳۷ ± ۰/۷۱	تصویری	۷/۹۲ ± ۲/۲۴	۱۲/۶۲ ± ۴/۰۴
		روش درس‌افزار معمولی	۸/۷۵ ± ۱/۳۹	۱۰/۳۹ ± ۱/۳۰		۸/۱۶ ± ۱/۰۸	۹/۲۵ ± ۱/۲۷
		روش متداول	۸/۹۰ ± ۰/۸۳	۹/۸۲ ± ۱/۱۷		۹/۷۱ ± ۳/۴۸	۱۰/۳۹ ± ۲/۱۶
	نمرهٔ روبه‌جلو	روش درس‌افزار مبتنی بر مغز	۴/۸۴ ± ۱/۰۷	۶/۶۸ ± ۰/۴۹		۳/۴۸ ± ۱/۹۱	۶/۳۹ ± ۲/۷۸
		روش درس‌افزار معمولی	۴/۲۵ ± ۱/۳۷	۵/۱۶ ± ۰/۷۹		۴/۰۲ ± ۱/۱۸	۴/۹۸ ± ۱/۱۳
		روش متداول	۴/۲۳ ± ۰/۸۱	۵/۱۹ ± ۱/۷۷		۴/۲۵ ± ۱/۸۲	۵/۴۹ ± ۱/۱۸
	نمرهٔ وارونه	روش درس‌افزار مبتنی بر مغز	۴/۰۰ ± ۰/۷۵	۵/۰۰ ± ۰/۵۶		۴/۱۱ ± ۱/۲۹	۵/۹۵ ± ۲/۱۹
		روش درس‌افزار معمولی	۳/۸۰ ± ۰/۶۹	۴/۹۲ ± ۰/۷۹		۴/۳۲ ± ۱/۲۷	۴/۷۴ ± ۱/۳۲
		روش متداول	۴/۱۳ ± ۱/۱۲	۴/۶۲ ± ۰/۸۲		۴/۳۰ ± ۱/۳۱	۴/۴۵ ± ۰/۸۷

جدول ۳. (ادامه)

			پیش‌آزمون		پس‌آزمون
توجه انتخابی	نمرهٔ آزمون	روش درس‌افزار مبتنی بر مغز	۱/۱۵ ± ۰/۷۴	تصویری	۲/۴۰ ± ۲/۰۶
		روش درس‌افزار معمولی	۰/۶۰ ± ۰/۵۰		۱/۸۰ ± ۰/۶۱
		روش متداول	۱/۴۰ ± ۱/۲۷		۱/۳۰ ± ۱/۴۲
	زمان آزمون	روش درس‌افزار مبتنی بر مغز	۲۸/۹۵ ± ۳۹/۱۷		۲۸/۳۵ ± ۹۰/۹۰
		روش درس‌افزار معمولی	۱۰/۵۰ ± ۱۵۸/۵۵		۶۹/۱۵ ± ۶۴/۱۵
		روش متداول	۳۴/۳۵ ± ۴۵/۶۶		۱۷/۳۵ ± ۳۳/۴۲

همان‌طور که نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد، پس از آموزش به روش درس‌افزار مبتنی بر مغز، متوسط نمرهٔ حافظهٔ فعال و خرده‌مقیاس‌های آن در گروه آزمایش، به‌نسبت پیش از آموزش، افزایش محسوسی در مقایسه با گروه‌های دیگر داشته است. همچنین در متغیر توجه انتخابی پس از آموزش به روش درس‌افزار مبتنی بر مغز، متوسط نمرهٔ آزمون توجه انتخابی در گروه آزمایش به‌نسبت پیش از آموزش، افزایش محسوسی در مقایسه با گروه‌های دیگر داشته و زمان آزمون نیز کاهش داشته است.

جدول ۴. نتایج آزمون کولموگروف اسمیرنوف

	مرحله	گروه کنترل		گروه آزمایش اول		گروه آزمایش دوم	
		آمارهٔ آزمون	سطح معناداری	آمارهٔ آزمون	سطح معناداری	آمارهٔ آزمون	سطح معناداری
حافظهٔ فعال	پیش‌آزمون	۰/۷۸۷	۰/۵۹۷	۰/۹۷۸	۰/۳۲۹	۰/۸۸۶	۰/۷۶۸
	پس‌آزمون	۰/۷	۰/۵	۰/۷	۰/۶	۰/۸	۰/۷
توجه انتخابی	پیش‌آزمون	۰/۶۸	۰/۷۳	۱/۲	۰/۱۱	۰/۶۹	۰/۱۴
	پس‌آزمون	۰/۶۶	۰/۷۸	۰/۷۳	۰/۶۸۶	۰/۸۷	۰/۸۷۵

بر اساس اطلاعات جدول ۴ و مقادیر به‌دست‌آمده ۰/۰۵ < سطح معناداری، می‌توان با ۹۵ درصد اطمینان ادعا کرد که تمام متغیرهای پژوهش از توزیعی نرمال پیروی می‌کنند؛ بنابراین برای

تجزیه و تحلیل فرضیه‌های پژوهش از آزمون‌های پارامتری[۳۷] اســـتفاده می‌شـــود. با انجام آزمون لون[۳۸]، همگنی متغیرها برای دو گروه آزمایش و کنترل حاصل شد؛ بنابراین داده‌های این پژوهش قابلیت ورود به تحلیل کوواریانس را دارد و می‌توان تفاوت‌های دو گروه را در متغیرهای وابسته بررسی کرد. در ادامه، به آزمودن فرضیه‌های تحقیق می‌پردازیم.

■ آزمودن فرضیه‌ها

◆ فرضیهٔ اول: میزان اثربـــخشی آموزش مـــفهوم دما و گرما با رویکرد ماهـــیت علم در پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان تأثیر مثبت دارد.

تحلیل کوواریانس در مورد تأثیر سه روش آموزشی درس‌افزار مبتنی بر مغز، روش درس‌افزار معمولی و روش متـــداول در میزان عملکرد حافظهٔ فعال دانش‌آموزان پایهٔ ششـــم در درس ریاضی در جدول ۵ نشان داده شده است. بر اســـاس نتایج جدول ۵، سطح معناداری عامل گروه (گروه‌های آموزشی) برای هر دو آزمون گفتاری و تصویری از سطح معناداری ۰/۰۵ کمتر شده است. می‌توان گفت آموزش‌ها به‌طور معناداری هردو مؤلفهٔ حافظهٔ فعال دانش‌آموزان را تغییر می‌دهد.

جدول ۵. نتایج تحلیل کوواریانس بین‌گروهی نمرات پس‌آزمون مؤلفه‌های حافظهٔ فعال

	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معناداری	اندازهٔ تأثیر
گفتاری	مدل اصلاح‌شده	۱۷/۲۱	۳	۵/۷۳۶	۳/۷۶۲	۰/۰۱۶	۰/۱۶۸
	پیش‌آزمون	۰/۰۰۸	۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۵	۰/۰۴۴	۰/۰۰۰
	عامل گروه	۱۷/۰۳	۲	۸/۵۱۷	۵/۵۸۵	۰/۰۰۶	۰/۱۶۶
	خطا	۸۵/۳۹	۵۶	۱/۵۲۵			
	کل	۶۴۶۸/۰۰	۶۰				
تصویری	مدل اصلاح‌شده	۹۸/۲۶۸	۳	۳۲/۷۵۶	۴/۱۴۳	۰/۰۱۰	۰/۱۸۲
	پیش‌آزمون	۵/۵۶۸	۱	۵/۵۶۸	۰/۷۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۱۲
	عامل گروه	۸۸/۲۶۱	۲	۴۴/۱۳۱	۵/۵۸۲	۰/۰۰۶	۰/۱۶۶
	خطا	۴۴۲/۷۳۲	۵۶	۷/۹۰۶			
	کل	۷۱۵۶/۰۰۰	۶۰				

● نتایج تحلیل کوواریانس چندمتغیره

برای بررسی تأثیر آموزش روش درس‌افزار مبتنی بر مغز، روش درس‌افزار معمولی و روش متداول بر مؤلفه‌های حافظهٔ فعال به‌طور هم‌زمان از تحلیل کوواریانس چندمتغیره استفاده شده است. اثر هم‌زمان (چندمتغیری) روش درس‌افزار مبتنی بر مغز، روش درس‌افزار معمولی و روش متداول بر مؤلفه‌های حافظهٔ فعال معنادار است (p =۰/۰۰۰<۰/۰۵). در جدول ۶، اثر آموزش بر تک‌تک مؤلفه‌ها (مطالعهٔ بین موردی) بررسی شده است.

جدول ۶. نتایج تحلیل کوواریانس بین‌گروهی نمرات پس‌آزمون مؤلفه‌های حافظهٔ فعال

		منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معناداری	اندازهٔ تأثیر
گفتاری	روبه‌جلو	پیش‌آزمون	۰/۵۱۵	۱	۰/۵۱۵	۰/۷۰۰	۰/۰۰۴	۰/۰۱۳
		گروه	۸/۴۸	۲	۴/۲۳۹	۵/۷۵۷	۰/۰۳۷	۰/۱۷۳
	برعکس	پیش‌آزمون	۰/۲۴۶	۱	۰/۲۴۶	۰/۴۰۷	۰/۰۴۲	۰/۰۰۷
		گروه	۱/۸۵۵	۲	۰/۹۲۷	۱/۵۳۷	۰/۰۱۳	۰/۰۵۳
تصویری	روبه‌جلو	پیش‌آزمون	۱/۷۲۲	۱	۱/۷۲۲	۰/۵۱۷	۰/۰۲۸	۰/۰۰۹
		گروه	۱۵/۷۸۱	۲	۷/۸۹۰	۲/۳۶۷	۰/۰۳۹	۰/۰۷۹
	برعکس	پیش‌آزمون	۰/۳۵۴	۱	۰/۳۵۴	۰/۱۴۶	۰/۰۳۷	۰/۰۰۳
		گروه	۲۸/۱۴۰	۲	۱۴/۰۷۰	۵/۸۰۹	۰/۰۰۵	۰/۱۷۴

مطابق نتایج جدول ۶، تحلیل بین‌موردی برای مؤلفه‌های حافظهٔ فعال، ملاحظه می‌شود که میان آموزش روش درس‌افزار مبتنی بر مغز، روش درس‌افزار معمولی و روش متداول، اختلاف معناداری وجود دارد و در بخش گفتاری، آزمون روبه‌جلو و در بخش تصویری، آزمون برعکس در روش درس‌افزار مبتنی بر مغز، افزایش چشمگیری داشته است.

◆ فرضیهٔ دوم: میزان اثربخشی سه روش آموزشی بر میزان توجه انتخابی دانش‌آموزان پایهٔ ششم تأثیر مثبت معنادار دارد.

بر اساس نتایج جدول ۷، ازآنجاکه سطح معناداری عامل گروه (گروه‌های آزمایش و کنترل) از سطح معناداری ۰/۰۵ کمتر شده است، می‌توان گفت، آموزش‌های روش درس‌افزار مبتنی بر مغز، روش درس‌افزار معمولی و روش متداول به‌طور معناداری نمرهٔ آزمون و زمان آزمون دانش‌آموزان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد.

جدول ۷. نتایج بررسی تحلیل کوواریانس نمرات پس‌آزمون توجه انتخابی

	گروه	پیش‌آزمون: میانگین ± انحراف معیار	پس‌آزمون: میانگین ± انحراف معیار
نمرهٔ آزمون	روش درس‌افزار مبتنی بر مغز	۱/۱۵ ± ۰/۷۴	۲/۴۰ ± ۲/۰۶
	روش درس‌افزار معمولی	۰/۶۰ ± ۰/۵۰	۱/۸۰ ± ۰/۶۱
	روش متداول	۱/۴۰ ± ۱/۲۷	۱/۳۰ ± ۱/۴۲
زمان آزمون	روش درس‌افزار مبتنی بر مغز	۲۸/۹۵ ± ۳۹/۱۷	۲۸/۳۵ ± ۹۰/۹۰
	روش درس‌افزار معمولی	۱۰/۵۰ ± ۱۵۸/۵۵	۶۹/۱۵ ±۶۴/۱۵
	روش متداول	۳۴/۳۵ ± ۴۵/۶۶	۱۷/۳۵ ±۳۳/۴۲

همان‌طور که نتایج جدول ۷ نشان می‌دهد، پس از آموزش به روش درس‌افزار مبتنی بر مغز، متوسط نمرهٔ آزمون توجه انتخابی در گروه آزمایش به‌نسبت قبل از آموزش، افزایش محسوسی در مقایسه با گروه‌های دیگر داشته و زمان آزمون نیز کاهش داشته است.

● نتایج حاصل از تحلیل کوواریانس تأثیر سه روش آموزشی بر میزان توجه انتخابی دانش آموزان پایهٔ ششم

بر اساس نتایج جدول ۸، ازآنجاکه سطح معناداری عامل گروه (گروه‌های آزمایش و کنترل) از سطح معناداری ۰/۰۵ کمتر شده است، آموزش‌های روش درس‌افزار مبتنی بر مغز، روش درس‌افزار معمولی و روش متداول به‌طور معناداری نمرهٔ آزمون و زمان آزمون دانش‌آموزان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد.

جدول ۸. نتایج تحلیل کوواریانس بین‌گروهی نمرات پس‌آزمون توجه انتخابی

	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معناداری	اندازهٔ تأثیر
نمرهٔ آزمون	مدل اصلاح‌شده	۲۳/۳۹۷	۳	۷/۷۹۹	۳/۸۰۰	۰/۰۱۵	۰/۱۶۹
	پیش‌آزمون	۱۱/۲۶۴	۱	۱۱/۲۶۴	۵/۴۸۸	۰/۰۲۳	۰/۰۸۹
	عامل گروه	۱۵/۴۴۶	۲	۷/۷۲۳	۳/۷۶۳	۰/۰۲۹	۰/۱۱۸
	خطا	۱۱۱/۹۳۶	۵۶	۲/۰۵۲			
	کل	۳۴۰/۰۰۰	۶۰				

جدول ۸. (ادامه)

	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معناداری	اندازهٔ تأثیر
زمان آزمون	مدل اصلاح‌شده	۳۵۲۶۶/۷۵	۳	۱۱۷۵۵/۵۸	۲/۶۲۳	۰/۰۵۹	۰/۱۲۳
	پیش‌آزمون	۵۴۷۴/۲۲	۱	۵۴۷۴/۲۱۶	۱/۲۲۲	۰/۰۴۴	۰/۰۲۱
	عامل گروه	۳۲۲۱۸/۰۲	۲	۱۶۱۰۹/۰۱	۳/۵۹۵	۰/۰۳۴	۰/۱۱۴
	خطا	۲۵۰۹۵۵/۴۳	۵۶	۴۴۸۱/۳۵			
	کل	۳۷۴۱۵۹/۰	۶۰				

نتایج تحلیل کوواریانس چندمتغیره

در ادامه برای بررسی تأثیر آموزش روش درس‌افزار مبتنی بر مغز، روش درس‌افزار معمولی و روش متداول در مؤلفه‌های توجه انتخابی، از تحلیل کوواریانس چندمتغیره استفاده شده است. اثر هم‌زمان (چندمتغیری) آموزش‌های روش درس‌افزار مبتنی بر مغز، روش درس‌افزار معمولی و روش متداول بر مؤلفه‌های توجه انتخابی معنادار است. در جدول ۹، اثر آموزش بر تک‌تک مؤلفه‌ها (مطالعهٔ بین‌موردی) بررسی شده است.

جدول ۹. نتایج تحلیل کوواریانس بین گروهی نمرات پس‌آزمون توجه انتخابی

	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معناداری	اندازهٔ تأثیر
نمرهٔ آزمون	پیش‌آزمون	۱۱/۰۷۰	۱	۱۱/۰۷۰	۵/۲۹۹	۰/۰۲۵	۰/۰۸۸
	گروه	۱۵/۴۷۶	۲	۷/۷۳۸	۳/۷۰۴	۰/۰۳۱	۰/۱۱۹
زمان آزمون	پیش‌آزمون	۵۱۱۹/۸۷	۱	۵۱۱۹/۸۷	۱/۱۲۵	۰/۰۱۳	۰/۰۲۰
	گروه	۳۱۳۸۸/۷۶	۲	۱۵۶۹۴/۳۸	۳/۴۴۸	۰/۰۳۹	۰/۱۱۱

بر اساس نتایج تحلیل بین‌موردی برای مؤلفه‌های توجه انتخابی، ملاحظه می‌شود که آموزش‌های روش درس‌افزار مبتنی بر مغز، روش درس‌افزار معمولی و روش متداول به‌طور معناداری نمرهٔ آزمون و زمان آزمون را تغییر داده است.

■ بحث و نتیجه‌گیری■

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر درس‌افزار ریاضی مبتنی بر مغز در عملکرد حافظهٔ فعال و توجه انتخابی دانش‌آموزان پایهٔ ششم انجام شد. نتایج تحلیل واریانس چندمتغیری نشان داد که آموزش با استفاده از درس‌افزار مبتنی بر مغز بر عملکرد حافظهٔ فعال و توجه انتخابی دانش‌آموزان در درس ریاضی، تأثیر معناداری داشته است. درواقع گروهی که با استفاده از درس‌افزار مبتنی بر مغز آموزش دیده‌اند به‌نسبت گروه کنترل و آزمایش ۲، نتایج بهتری در عملکرد حافظهٔ فعال و توجه انتخابی کسب کردند. دربارهٔ به‌کارگیری اصول یادگیری مبتنی بر مغز در درس‌افزارهای آموزشی، مطالعه‌هایی انجام نشده است؛ بااین‌حال نتایج این پژوهش با نتایج مطالعاتی که اصول یادگیری مبتنی بر مغز را بررسی کرده‌اند ازجمله طباطبایی و نصیری (۱۴۰۰)، کمالی حسین‌زاده (۱۳۹۵)، شیوندی و خلیلی (۱۳۹۹)، عباسی (۱۳۹۹)، حبیبی و نوری (۱۳۹۸)، آپادیای (۲۰۲۱)، التارونه و همکاران (۲۰۲۱)، فاطیما و همکاران (۲۰۲۰)، سانی و همکاران (۲۰۱۹) همسو بود. این امر را می‌توان با توجه به اینکه در یادگیری مبتنی بر مغز، توجه هم‌زمان به سیستم‌های مختلف حافظه، جلب‌توجه و غنی‌سازی محیط و زمینهٔ یادگیری مدنظر است و اصولاً یادگیری از مسیرهای متعدد، با در نظر گرفتن ویژگی‌ها، احساسات و عواطف فرد، تأکید شده (جنسن، ۲۰۰۸)، توجیه کرد. در اینجا نیز چنین برمی‌آید که استفاده از راهبردهای برآمده از اصول اساسی یادگیری مبتنی بر مغز، در ساخت درس‌افزار (جدول ۱)، ازجمله روش‌های حافظه، که در اصل پردازش فعال تجربیات بر آن تأکید شده، سبب تقویت حافظهٔ فعال و توجه انتخابی دانش‌آموزان شده است. درواقع ابزارهای منعطف و کارآمد یادگیری الکترونیکی پیاده‌سازی هم‌زمان همهٔ این راهبردها را در این درس‌افزار تسهیل کرده است.

آموزش الکترونیکی و آموزش مبتنی بر چندرسانه‌ای‌های آموزشی در قالب نرم‌افزار و درس‌افزار، عمر کوتاهی دارد؛ اما به‌خوبی در تمام جوانب دستگاه آموزشی وارد و همه‌گیر شده است و به خاطر ویژگی‌های خاص خود، به‌خوبی جایگاهشان را در میان متخصصان آموزشی پیدا کرده و موردتوجه نظام‌های آموزشی بی‌شماری واقع شده است. ویژگی عمده و خوب این چندرسانه‌ای‌ها در قیاس با آموزش‌های سنتی، بهره‌گیری از رسانه‌های چندحسی و ممکن کردن آنچه امکانش در دنیای واقعی یا نیست یا بسیار هزینه‌بر است؛ اما واقعیت این است که رسانه‌ها به صرف رسانه بودنشان نمی‌توانند سبب یادگیری شوند؛ بلکه شیوهٔ طراحی و ایجاد این رسانه‌ها

باید منطبق بر اصـــول علمی و متناســـب با ویژگی‌های دانش‌آموزان جامعهٔ هدف باشد و به‌منظور کاربرد آن‌ها نیز بایـــد شـرایط محیطـی مناسـبی از تمام جوانب مهیا شـــود. یادگیری مبتنی بر مغز، به‌منزلهٔ یکی از شیوه‌های یادگیری، از موقعیتی برخوردار است که به‌راحتی می‌توان آن را در ساخت چندرسانه‌ای‌ها استفاده کرد.

درواقع یادگیری در محیطی که سرشار از حضور مؤلفه‌های مغزمحور (هوشیاری آرمیده، غوطه‌وری هماهنگ در تجارب پیچیده و پردازش فعال) باشد، روند صعودی داشته و در پیشـــرفت تحصیلی، عملکرد حافظهٔ فعال و توجه انتخابی دانش‌آموزان تأثیرات مثبتی خواهد داشـــت. افزون بر اینکه انعطاف‌پذیـــری بالای فناوری الف) موقعیت مناسبی را برای رسیدن به اهداف آموزشی فراهم می‌کند؛ ب) دانش‌آموزان را قادر می‌ســـازد در محیطی غیر از محیط کلاس به یادگیری بپردازند؛ ج) با ایجاد آموزش از طریق عناصر متعددی نظیر متن، صوت، تصاویر گرافیکی، پویانمایی و ... امکان درگیـــری حواس دانش‌آموزان در جریان یادگیری را فراهم می‌کند. از طرفی اگر آموزش با بیان صریح هدف‌های درسی و تبیین خصوصیات فردی دانش‌آموزان و در ارتباط با دانش قبلی و به شکلی نظام‌مند و در قالب طرحی مشخص (یادگیری مبتنی بر مغز) انجام شود، باعث تثبیت آموخته‌ها و پایداری آن‌ها می‌شود.

در تبییـــن تأثیر یادگیـــری مغزمحور در حافظـــهٔ کاری دانش‌آموزان در درس ریاضـــی، می‌توان این‌گونه بیان کرد که روش مغزمحور ضمن ارتقای توانمندی‌های افراد در پردازش و ذخیره‌ســـازی اطلاعات حافظهٔ اخباری، کلامی و بینایی، موجب افزایش فعالیت‌های کرتکس پیش‌پیشـــانی می‌شود. این مســـئله به بهبود حافظهٔ کاری دانش‌آموزان کمک می‌کند (شـــیوندی و خلیلی، ۱۳۹۹). یادگیری مغزمحور، به‌منزلهٔ روشـــی ترمیمی، ضمن تأکید بر تمرین‌های شناختی و تکرار این تمرین‌ها از طریق فرایندهای شکل‌پذیری وابسته به تجربه، موجب تغییرات ساختاری و کنشی در نورون‌های مســـئول کنش‌هایی می‌شـــود که پایدار و بادوام‌اند (ارشد و کاشفی ممقانی، ۱۴۰۰). هدف پژوهشگر در اســـتفاده از روش آموزش یادگیری مغزمحور، افزایـــش تمرکز و ارتقای توانمندی‌هـــای فکری دانش‌آموزان اســـت که با تکیه بر روش‌هایی همچون افزایش هوشیاری توأمان با آرامش، فراهم کردن محیط هیجانی خوشایند، غوطه‌ورســـازی هماهنگی تجارب پیچیده و پردازش فعال انجام می‌شود. بر همین اســـاس، با تأکید بر کاهش عوامل فشارزای روانی بر مغز و یادگیری و نیز حذف محیط فشـــارزای رقابتی، زمینهٔ پرورش دقت و تمرکز فردی بر مسائل درسی

را فراهم می‌سازد و بدین طریق، به بهبود کارکردهای حافظهٔ کاری کمک می‌کند (آپادیای، ۲۰۲۱).

یادگیری مغزمحور با تأکید بر شیوه‌های مختلف آموزشی همچون مشاهدهٔ فیلم و تصاویر مرتبط، به غنی‌سازی ارتباطات سلولی مغز کمک می‌کند و توانایی انعطاف‌پذیری مغز را در حل مسائل افزایش می‌دهد و دانش‌آموزان را قادر می‌سازد با انگیزهٔ بیشتر، به حل مسائل بپردازند و تلاش‌های خودجوشی را در راستای عمیق‌تر شدن یادگیری به کار برند. این مسئله در افزایش فعالیت‌های حافظهٔ کاری تأثیر مثبتی خواهد داشت؛ زیرا حافظهٔ کاری به دنبال روش‌های مناسبِ به حافظه سپردن و بازیابی اطلاعات ارتقا می‌یابد (التارونه و همکاران، ۲۰۲۱). درمجموع می‌توان این‌گونه بیان کرد که در روش مغزمحور، ضمن استفاده از روش غوطه‌ورسازی، محیط یادگیری توسط معلم به‌گونه‌ای پایه‌ریزی می‌شود تا دانش‌آموزان در تجارب آموزش تدارک‌دیده‌شده غوطه‌ور شده و در حل تکالیف، مشارکتی خودجوش داشته باشند. این امر از طریق بهبودهای هدایت‌شده، موجبات افزایش عملکرد حافظهٔ کاری را فراهم می‌آورد. همچنین استفاده از روش آرمیدگی هوشیار، دانش‌آموز را قادر می‌سازد استرس‌های یادگیری را بهتر مدیریت کند، امکان آرامش ذهنی را فراهم می‌آورد و این مسئله به افزایش کارکرد حافظهٔ کاری منجر می‌شود. همچنین ازآنجاکه روش پردازش فعال نیز موجب می‌شود ذخیره‌سازی اطلاعات دریافتی ضمن پردازش صحیح و رمزگردانی مناسب بهتر به حافظه سپرده می‌شود، موجبات ارتقای فعالیت‌های حافظهٔ کاری فراهم می‌شود. درواقع درس‌افزار طراحی‌شده به‌واسطهٔ استفادهٔ مؤثر و هم‌زمان از چند حس، در انتقال داده‌ها به ذهن کمک شایانی می‌کند، فرایند نگهداری ذهنی را افزایش می‌دهد و به افزایش آگاهی، توجه، به‌یادسپاری و بازیابی منجر می‌شود. همچنین فرایند حل مسئله را نیز تسهیل می‌کند. این موضوع باعث می‌شود دانش‌آموزان در درس ریاضی از قدرت تشخیص و تجزیه‌وتحلیل بهتری بهره‌مند شوند و کارکردهای حافظهٔ کاری در آنان بیشتر رشد کند؛ زیرا قادر می‌شوند از تمامی حس‌های ظریف خود در راستای شناخت بهتر استفاده کنند.

همچنین در تبیین یافته‌های پژوهش حاضر در حوزهٔ توجه انتخابی، می‌توان گفت میزان توجه یادگیرندگان به موضوع درس، از عوامل اصلی در آموزش و یادگیری است؛ به‌طوری‌که بندورا تأکید می‌کند مرحلهٔ ابتدایی یادگیری با توجه آغاز می‌شود و اگر توجه کافی نباشد، یادگیری فرد خدشه‌دار می‌شود (هارتمن

و هانفالوی[۳۹]، ۲۰۰۲ به نقـــل از نریمانی و همکاران، ۱۳۹۴). در میان محرک‌هایی که از طریق گیرنده‌های حســـی از محیط دریافت می‌شـــود، آن‌هایی کاملاً پردازش می‌شـــوند که به‌صورت انتخابی به آن‌ها توجه شـــود. توجه انتخابی مستلزم تمرکز بـــر برخی فعالیت‌های ذهنی و نادیده گرفتن برخی دیگر اســـت. در جریان آموزش از طریق درس‌افزار طراحی‌شـــدۀ مبتنی بر مغـــز، دانش‌آموزان به تکرار تمرین‌هایی را انجـــام می‌دادند که نیازمند این بود که از میان محرک‌ها، توجه خود را به محرک خاصـــی معطوف کنند و این کار را چندین مرتبه تکرار کنند. برای مثال طبقه‌بندی تصاویر بر اساس مقدار و حجم، باعث می‌شود که آزمودنی در هر وهله از بازی، توجه خود را به موضوعی خاص متمرکز و از پرداختن به ســـایر قسمت‌ها خودداری کند. تکرار و تمرین این کار باعث بهبود در توجه انتخابی می‌شود.

این نتایج رهنمودهایی برای برنامه‌ریزان، آموزشـــگران و دست‌اندرکاران تولید محتوا در آموزش‌وپرورش رسمی و غیررسمی فراهم می‌سازد. همچنین در مواردی که آموزش به‌صورت الکترونیکی ارائه می‌شود، استفاده از درس‌افزارهایی که با اصول یادگیری مبتنی بر مغز ســـازگارند به‌جای درس‌افزارهای معمولی به‌شـــدت توصیه می‌شـــود. در ادامه، می‌توان به گنجاندن آموزش‌های ســـازگار بـــا مغز در دوره‌های تربیت‌معلم برای ارتقای سطح علمی معلمان اشاره کرد. همچنین پیشنهاد می‌شود که تأثیر یادگیری ســـازگار با مغز در مؤلفه‌های دیگـــر کارکردهای اجرایی از قبیل بازداری، سازمان‌دهی، آغازگری و... بررسی شود و نیز پژوهش‌هایی دربارۀ این موضوع در پایه‌ها و دوره‌های تحصیلی مختلف، هم برای دختران و هم پســـران، انجام شود. همچنین نیاز است فرصت‌هایی در مدارس دولتی فراهم شود تا این پژوهش با جامعه و نمونۀ بزرگ‌تر به‌صورت آزمایشی اجرا و تعمیم‌پذیری آن نیز بررسی شود.

منابع
REFERENCES

ارشد، محمد، و کاشفی، شهرام. (۱۴۰۰). اثربخشی توانمندسازی مغزمحور بر کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان مبتلا به ناتوانی یادگیری ریاضی. *سلامت جامعه*، ۱۵ (۲)، ۱۲-۲۰.

https://doi.org/10.22123/CHJ.2021.228201.1489

اسپرنگر، ماریلی. (۱۳۹۳). *آموزش مبتنی بر مغز در عصر دیجیتال* (ترجمهٔ سالار فرامرزی). دانشگاه اصفهان. (تاریخ انتشار به زبان اصلی، ۲۰۱۰).

اندرسون، تری، و الومی، فتی. (۱۳۹۳). *یادگیری الکترونیکی از تئوری تا عمل* (ترجمهٔ عشرت زمانی و امین عظیمی). مهر البرز. (تاریخ انتشار به زبان اصلی، ۲۰۰۴).

باقری، فریبرز. (۱۳۹۰). *آزمون توجه انتخابی، تمرکز و تلاشمندی*. انتشارات ارجمند.

بدیعی، الهه، نیلی، محمدرضا، عابدینی، یاسمین، و زمانی، بی‌بی عشرت. (۱۳۹۹). تأثیر درس‌افزار الکترونیکی مبتنی بر مغز برعملکرد حل مسئله و انگیزش دانش‌آموزان در درس برنامه‌نویسی کامپیوتر. *فناوری آموزش*، ۱۴ (۴)، ۸۷۷-۸۹۰.

https://doi.org/10.22061/jte.2019.4661.2106

حبیبی کلیبر، رامین و نوری، سعید. (۱۳۹۸، بهمن ۲۹). *اثربخشی آموزش یادگیری مغزمحور بر راهبردهای فراشناختی، تفکر واگرا و کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان* [مقالات ارائه شده]. چهارمین همایش ملی روان‌شناسی تربیتی شناختی، دانشگاه الزهرا تهران

https://civilica.com/doc/1040492/

شیوندی، کامران، و خلیلی، فروغ. (۱۳۹۹). مقایسهٔ اثربخشی آموزش یادگیری مغزمحور و آموزش کارکردهای اجرایی برعملکرد فراحافظهٔ کودکان مبتلا اختلالات یادگیری خاص. *فصل‌نامهٔ روان‌شناسی تربیتی*، ۱۶ (۵۶)، ۲۵۷-۲۸۰.

https://doi.org/10.22054/jep.2020.48057.2810

طباطبایی، خدیجه سادات، و نصیری، فریده. (۱۴۰۰). تأثیر روش‌های فعال تدریس، بازی، استفاده از ابزار کمک‌آموزشی و تکالیف مهارت‌محور بر یادگیری محاسبات ریاضی در دورهٔ اول ابتدایی. *پژوهش در آموزش ریاضی*، ۲ (۳)، ۴۳-۵۰.

https://rme.cfu.ac.ir/article_2214.html

طلیمی، رضا، باقری، محسن، و یاسبلاغی شراهی، بهمن. (۱۴۰۱). تأثیر اپلیکیشن آموزشی مبتنی بر مغز بر یادگیری و یادداری درس علوم تجربی دانش‌آموزان پایهٔ دوم ابتدایی. *فصل‌نامهٔ علمی پژوهش در یادگیری آموزشگاهی و مجازی*، ۱۰ (۱)، ۲۱-۳۴.

https://doi.org/10.30473/etl.2022.58669.3491

عابدی، محمدرضا ، صادقی، احمد، و ربیعی، مجمد (۱۳۹۴). هنجاریابی آزمون هوشی وکسلر کودکان چهار در استان چهارمحال و بختیاری. *دستاوردهای روان‌شناختی*، ۲۲ (۲)، ۹۹-۱۱۶.

https://doi.org/10.22055/psy.2016.12310

عباسی، زهرا. (۱۳۹۹، مهر ۱۲-۱۳). *رابطهٔ میزان آگاهی دانش‌آموزان از راهبردهای یادگیری مغزمحور با حافظهٔ فعال و خلاقیت* [مقالات ارائه شده]. ششمین همایش بین‌المللی روان‌شناسی مدرسه، دانشگاه الزهرا (س) تهران.

https://civilica.com/doc/1203332/

قاسمی مریم، فردانش هاشم، حاتمی جواد، و احمدی سلیمان. (۱۳۹۷). ارزیابی سیستم یادگیری الکترونیکی آموزش پزشکی (مطالعهٔ موردی دانشکدهٔ آموزش پزشکی شهیدبهشتی). *دوماهنامهٔ علمی-پژوهشی راهبردهای آموزش در علوم پزشکی*. ۱۱ (۴)، ۳۹-۵۲.

http://edcbmj.ir/article-1-1618-fa.html.

کلارک، روت سی، و مایر، ریچارد ای. (۱۳۹۷). *یادگیری الکترونیکی و علم آموزش، راهنمای عملی کاربران و طراحان یادگیری چندرسانه‌ای* (ترجمهٔ جواد حاتمی و کیومرث تقی‌پور). آوای نور. (تاریخ انتشار به زبان اصلی، ۲۰۰۲).

کمالی حسین‌زاده، فاطمه. (۱۳۹۵). *اثربخشی یادگیری مغزمحور بر پیشرفت تحصیلی و انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان مقطع ابتدایی*[پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد]. دانشکدهٔ علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد.

محمد ترابی نامی، سیدکمال خرازی (۱۳۹۱). علوم اعصاب، مطالعات شناختی و شیوه‌های نوین آموزش پزشکی، *مجلهٔ بین رشته‌ای یادگیری مجازی در علوم پزشکی*، ۳ (۲)، ۲۴-۳۴.

https://ijvlms.sums.ac.ir/article_46043.html

میرزابیگی، محمدعلی، خرازی، سـیدکمال، و موسـوی، امین. (۱۳۸۸). طراحی الگوی تدوین محتوای الکترونیکی بر اساس رویکرد شناختی برای دروس نظری، با تأکید بر حوزهٔ علوم انسانی، در آموزش عالی. *مطالعات برنامهٔ درسی*، ۳(۱۲)، ۷۱-۹۹.
http://noo.rs/G9QYw

نریمانی، محمد، پوراسـمعلی، اصغر، عندلیب کورایم، مرتضی، و آقاجانی، سـیف‌اله. (۱۳۹۱). مقایسـهٔ عملکرد استروپ در دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری با دانش‌آموزان عادی. *ناتوانی‌های یادگیری*، ۲(۱)، ۱۳۸-۱۵۸.
https://journal.uma.ac.ir/article_116.html

نریمانی، محمد، سلیمانی، اسماعیل، و تبریزچی، نرگس. (۱۳۹۴). بررسی تأثیر توان‌بخشی شناختی بر بهبود نگهداری توجه و پیشرفت تحصیلی ریاضی دانش‌آموزان دارای اختلال ADHD. *روان‌شناسی مدرسه و آموزشگاه*، ۴(۲)، ۱۱۸-۱۳۴.
https://jsp.uma.ac.ir/article_329.html

Al-Tarawneh, A., Altarawneh, A. F., & Al-Aziz Karaki, W. K. (2021). Effect of brain-based learning in developing spatial ability of ninth grade students with low achievement in mathematics. *Journal of Educational and Social Research, 11*(5), 141-150.
https://doi.org/10.36941/jesr-2021-0112

Baddeley, A. (2013). Working memory and emotion: Ruminations on a theory of depression. *Review of General Psychology, 17*(1), 20–27.
https://doi.org/10.1037/a0030029

Caine, R. N., Caine, G., McClintic, C., & Klimek, K. (2005). *12 brain/mind learning principles in action: The fieldbook for making connections, teaching, and the human brain*. Corwin Press.

Caine, R. N., & Caine, G. (2011). *Natural learning for a connected world: Education, technology, and the human brain.* Teachers College Press.

Carlson, S. M., Zelazo, P. D., & Faja, S. (2013). *The Oxford handbook of developmental psychology: Vol. 1. Body and mind*. Oxford University Press.
https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199958450.001.0001

Curtis, C. E., Zald, D. H., & Pardo, J. V. (2000). Organization of working memory within the human prefrontal cortex: A PET study of self-ordered object working memory. *Neuropsychologia, 38*(11), 1503–1510.
https://doi.org/10.1016/S0028-3932(00)00062-2

Di Ferdinando, A., Parisi, D., & Bartolomeo, P. (2007). Modeling orienting behavior and its disorders with "ecological" neural networks. *Journal of Cognitive Neuroscience, 19*(6), 1033–1049.
https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.6.1033

Fatima, H. G., Quraishi, U., & Khanam, A. (2020). *Applying brain-based learning modules for learning acceleration of 6th grade science students*.
https://doi.org/10.36902/sjesr-vol3-iss1-2020(27-34)

Hart, L. A. (1983). *Human brain and human learning*. Longman.

Grutzner, I., Pfahl, D., & Ruhe, G. (2002, May 1-4). *Systematic courseware development using an integrated engineering style method* [Conference presentation]. Networked Learning in a Global Environment, Challenges and Solutions for Virtual Education, Technical University of Berlin, Germany.

Jayachithra, J. (2020). Information and communication technology in teaching and learning: Perspective on e-learning at higher education level. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), 8*(5), 4084-4086.
https://doi.org/10.35940/ijrte.E6697.018520

Jensen, E. (2008). *Brain-based learning: The new paradigm of teaching* (2nd ed.). SAGE Publications.

Meltzer, L. (Ed.). (2018). *Executive function in education: From theory to practice* (2nd ed.). The Guilford Press.

Mesulam, M.-M. (2002). The human frontal lobes: Transcending the default mode through contingent encoding. In D. T. Stuss & R. T. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function* (pp. 8–30). Oxford University Press.
https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195134971.003.0002

Moering, R. G., Schinka, J. A., Mortimer, J. A., & Graves, A. B. (2004). Normative data for elderly African Americans for the Stroop Color and Word Test. *Archives of Clinical Neuropsychology: The Official Journal of the National Academy of Neuropsychologists, 19*(1), 61-71. https://doi.org/10.1093/arclin/19.1.61

Sternberg, R. J. (2006). The Nature of Creativity. *Creativity Research Journal, 18*, 87-98. https://doi.org/10.1207/s15326934crj1801_10

Sani, A., Rochintaniawati, D., & Winarno, N. (2019). Using brain-based learning to promote students' concept mastery in learning electric circuit. *Journal of Science Learning, 2*(2), 42-49. https://doi.org/10.17509/jsl.v2i2.13262

Schroeder, N. L., Adesope, O. O., & Gilbert, R. B. (2013). How effective are pedagogical agents for learning? A meta-analytic review. *Journal of Educational Computing Research, 49*(1), 1–39. https://doi.org/10.2190/EC.49.1.a

Septiani, I., Lesmono, A., & Harimukti, A. (2020). Analysis of students' learning interest using problem-based learning model with STEM approach on vector material in class X MIPA 3 SMAN 2 Jember. *Jurnal Pembelajaran Fisika, 9*(2), 64-70. https://doi.org/10.19184/jpf.v9i1.17969

Sousa, D. A., & Tomlinson, C. A. (2011). *Differentiation and the brain: How neuroscience supports the learner-friendly classroom*. Solution Tree Press.

Tran-Duong, Q. H. (2021). Designing e-courseware to support Vietnamese students in self-study fractions (4th grade mathematics) by programmed instruction method. *International Journal of Instruction, 14*(4), 259–280. https://doi.org/10.29333/iji.2021.14416a

Upadhyay, S. (2021). Brain-based learning techniques for managing cognitive overload and improving working memory among undergraduates. *Journal of Cognitive Enhancement, 5*(3), 386-395. https://shodhgangotri.inflibnet.ac.in/handle/20.500.14146/9245

Wachob, D. A. (2012). *Public school teachers' knowledge, perception, and implementation of brain-based learning practices* [Doctoral dissertation, University of Pennsylvania]. https://www.proquest.com/dissertations-theses/public-school-teachers-knowledge-perception/docview/1240671335/se-2

Wechsler, D. (2011). *Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence-Second Edition (WASI-II)* [Database record]. APA PsycTests.

پی‌نوشت‌ها

1. Bolliger & Martindale
2. Wachob
3. Bas Bas
4. Jensen
5. Hart
6. Relaxed alertness
7. Orchestrated immersion
8. Active processing
9. Carlson
10. Meltzer
11. Di Ferdinando
12. Strenberg
13. Mesulam
14. Baddeley
15. Curtis
16. Wechsler
17. Courseware
18. Schroeder
19. Septiani, Harimukti
20. Tran-Duong
21. Jayachithra
22. Clark & Mayer
23. Anderson & Elloumi
24. Grutzner
25. Sprenger
26. Upadhyay
27. Al-Tarawneh
28. Fatima
29. Sani
30. Moering
31. Storyline
32. Caine
33. Sousa & Tomlinson
34. SPSS-22
35. Kolmogorov & Smirnov
36. Covariance
37. Parametric tests
38. Levene's test
39. Hartmann and Hanfalloy