

## اثربخشی یادگیری سازگار با مغز بر مؤلفه‌های برنامه‌ریزی و حل مسأله‌ی کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان دبستان

سمیه سیفی<sup>۱</sup>، صغری ابراهیمی قوام<sup>۲</sup>، حسن عشایری<sup>۳</sup>، نورعلی فرخی<sup>۴</sup>، فریبرز درتاج<sup>۵</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۱۶

تاریخ وصول: ۹۵/۵/۳۱

### چکیده

راه‌حل مشکلات تعلیم و تربیت کنونی، نیازمند رویکردی پیچیده‌تر و آگاهانه‌تر است که بخشی مهم به‌وسیله‌ی علم مغز، ذهن و تعلیم و تربیت (یادگیری سازگار با مغز) ارائه شده است. یادگیری سازگار با مغز بر چگونگی یادگیری طبیعی مغز تأکید دارد و به دنبال تغییر چارچوب، بر اساس ساختار و کارکرد واقعی مغز انسان برای ایجاد آموزش مؤثر است. هدف اصلی پژوهش حاضر، تعیین اثربخشی یادگیری سازگار با مغز بر مؤلفه‌های برنامه‌ریزی و حل مسأله کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان پایه چهارم دبستانی بود. این پژوهش با طرح گروه کنترل نابرابر، از طرح‌های نیمه‌آزمایشی انجام گرفت. جامعه آماری شامل کلیه دانش‌آموزان دبستانی پسرانه غیردولتی مدارس سلام در شهر تهران (۷ مدرسه) در سال تحصیلی ۹۵-۹۴ بود و نمونه‌ی هدفمند به تعداد ۳۸ دانش‌آموز پایه چهارم از دو مدرسه سلام منطقه ۵ تهران انتخاب شد. ۵۰ ساعت آموزش سازگار با مغز برای معلم گروه آزمایش و ۳ ماه آموزش دانش‌آموزان بر اساس طرح درس‌های سازگار با مغز برای دروس ریاضی، فارسی و علوم اجرا شد. با استفاده از ابزار آزمون برج لندن، داده‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون جمع‌آوری شد و با استفاده از آزمون‌های تحلیل کوواریانس یک‌راهه و چند راهه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که یادگیری سازگار با مغز بر افزایش مؤلفه‌های برنامه‌ریزی و حل مسأله کارکردهای اجرایی مؤثر بوده است ( $F=0/416$ ، اندازه اثر،  $P<0/01$ ،  $F=24/94$ ). این یافته‌ها، یادگیری و آموزش

۱. دانشجوی دکتری روانشناسی تربیتی دانشگاه علامه طباطبائی Saifi.somayeh2016@gmail.com

۲. دانشیار روانشناسی تربیتی دانشگاه علامه طباطبائی (نویسنده مسئول) qavam.s2015@gmail.com

۳. استاد علوم توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی ایران ashayerih.neuroscientist@yahoo.com

۴. دانشیار سنجش و اندازه‌گیری دانشگاه علامه طباطبائی farrokhinoorali@yahoo.com

۵. استاد روانشناسی تربیتی دانشگاه علامه طباطبائی F\_dortaj@yahoo.com

هوشمندانه و آگاهانه با توجه به مؤلفه‌ها و اصول یادگیری سازگار با مغز را بر توانایی برنامه‌ریزی و حل مسئله تأکید می‌کند.

واژگان کلیدی: برنامه‌ریزی، حل مسئله، کارکردهای اجرایی، یادگیری سازگار با مغز.

#### مقدمه

امروزه، موفقیت‌های زندگی به‌طور چشم‌گیری به توانایی دانش‌آموزان در برنامه‌ریزی زمان‌شان، سازمان‌دهی و اولویت‌بندی اطلاعات و حل مسئله بستگی دارد که همه‌ی آن‌ها از مؤلفه‌های کارکردهای اجرایی<sup>۱</sup> مغز است (وندر نایت و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۱۴). کارکردهای اجرایی، اصطلاحی است کلی که به‌طور تاریخی مترادف است با کارکرد لُب پیشانی<sup>۳</sup>، جایی که نقش مهمی در شکل‌گیری رشد اصولی شناخت و رشد اجتماعی دارد و از یک مجموعه توانایی‌های شناختی مانند برنامه‌ریزی که اجازه می‌دهد یک شخص، مسئله‌ای را حل کند و یا هدفی را انجام دهد، تشکیل شده است (هانسون<sup>۴</sup>، اتانس و پالوک<sup>۵</sup>، ۲۰۱۴). کارکردهای اجرایی به‌وسیله‌ی علوم شناختی شهرت یافته است و یکی از مؤلفه‌های مهم آن، برنامه‌ریزی هدفمند کارها بوده و به کارکردهایی از لُب پیشانی نسبت داده می‌شود (لاریسون<sup>۶</sup>، ۲۰۱۳). برنامه‌ریزی به‌عنوان یک مؤلفه‌ی مهم از فعالیت معطوف به هدف است که توانایی تنظیم پیشرفت کارها و شیوه‌ی سازمان‌دهی راهبردی و مؤثر را بر عهده دارد (جورجیو<sup>۷</sup>، ۲۰۱۶). ارزیابی این مؤلفه به این توانایی نیاز دارد که فرد گام‌های مختلف را پیش برده و در حین اجرا، ارزیابی برنامه را نیز داشته باشد. لازم به یادآوری است که توانایی برنامه‌ریزی کردن به‌منظور حل مسئله، برای مهارت‌های ریاضیات بسیار اساسی است (وندرنایت و همکاران، ۲۰۱۴). محققان، مدارک و شواهد محکم و گسترده‌ای را در ارتباط نقش کارکردهای اجرایی بر بهبود پیشرفت تحصیلی گزارش کرده‌اند: از جمله، پژوهش‌های بسیاری نشان داده‌اند که ظرفیت کارکردهای اجرایی در دوران اولیه کودکی، پیشرفت

1. executive functions
2. Van der Niet
3. frontal lobe
4. Hanson
5. Atance & Paluck
6. Larrison
7. Georgiou

تحصیلی را در ریاضی و سواد خواندن و نوشتن پیش‌بینی می‌کند و خواندن و نوشتن به‌عنوان یکی از مهارت‌های اساسی یادگیری وابسته به رشد قشر پیش‌پیشانی مغز به‌شمار می‌رود (نیفید و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۱۳). همچنین گارسیا و همکاران<sup>۲</sup>، (۲۰۱۴) بررسی کردند که کارکردهای اجرایی با مهارت‌های درک مطلب، خواندن، زبان و ریاضیات نیز مرتبط است. روپوویک<sup>۳</sup> (۲۰۱۴) ارتباطات بین کارکردهای اجرایی و توانایی یادگیری اصول حل مسأله را بررسی نموده است. پاسخ‌های برنامه‌ریزی، فرآیندهای شناختی چندگانه مانند پاسخ‌های بازداری و حافظه کاری را درگیر می‌کند و به عناصر اساسی از کارکردهای اجرایی باز می‌گردد (بست و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۰۹). کارکرد اجرایی مهم دیگر، پاسخ به برنامه‌ریزی و حل مسأله که به پردازش‌هایی که انتخاب و پاسخ‌های مناسب را تسهیل می‌کند، ارتباط دارد (وندر نایت و همکاران، ۲۰۱۴). حل مسأله<sup>۵</sup>، یافتن راه‌حلی که با آن بتوان بر مانع غلبه کرد و به وضعیت مطلوب رسید. این مهارت به قدری اهمیت دارد که بنا به گفته‌ی کارل پوپر<sup>۶</sup> (۱۹۹۹) تمام زندگی حل مسأله است؛ بنابراین تقویت این مهارت از سنین کودکی بسیار ضرورت دارد. پژوهش‌های حل مسأله نشان داده است که مسیر سازمان‌دهی رفتار افراد برای حرکت به سوی یک هدف، در واقع یک ویژگی اساسی حل مسأله است که هدایت‌کننده بوده و ارتباطات بین کارکردهای اجرایی و توانایی یادگیری اصول حل مسأله مورد بررسی قرار می‌دهد (اندرسن، ۲۰۰۰؛ به نقل از روپوویک، ۲۰۱۴). با توجه به درک پیچیدگی‌های فرآیند آموزش و یادگیری، نیاز است در کیفیت بخشی آن همسو با پیشرفت‌های علمی نسل حاضر، گام‌های بلندی را برداشت. از طرفی ایجاد یک محیط سازمان‌یافته بر مسیری که مغز به‌طور طبیعی یاد می‌گیرد، می‌تواند ساده‌ترین و سرنوشت‌سازترین اصلاح‌تعلیم و تربیتی در هر شروعی باشد (سیفی و نصرتی، ۱۳۸۹). راه‌حل اساسی برای مشکلات تعلیم و تربیت کنونی، نیازمند رویکردی پیچیده‌تر و آگاهانه است که به وسیله‌ی علم مغز، ذهن و تعلیم و

- 
1. Nayfeld et al
  2. Garcia et al
  3. Ropovik
  4. Best et al
  5. problem solving
  6. Karl Popper

تربیت<sup>۱</sup> (یادگیری سازگار با مغز<sup>۲</sup>) ارائه شده است. یادگیری سازگار با مغز، آماده‌سازی یک رویکرد جامع و سازنده‌گرا به آموزش بر پایه‌ی پژوهش‌های اخیر در علوم اعصاب است که شرایط محیطی، هیجانی و شناختی بهینه برای یادگیری را نشان داده و ساختار، کارکرد و مراحل تحولی مغز را توضیح می‌دهد و نیز چارچوب هدایت بیولوژیکی را برای تدریس و یادگیری بر پایه‌ی این که چطور مغز به‌طور طبیعی یاد می‌گیرد، آماده می‌کند (به نقل از بلدنسپرگر<sup>۳</sup>، ۲۰۱۴). سه مولفه‌ی اساسی یادگیری سازگار با مغز، شامل آرمیدگی هوشیار، غوطه‌ورسازی در تجارب و پردازش فعال اطلاعات است (کین و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۰۹). این مولفه‌ها برای کمک به هدایت و پرورش شیوه‌های آموزش مؤثر و کمک به دانش‌آموزان طراحی شده است تا استانداردهای بالای یادگیری را کسب کرده و آن را حفظ نماید. در اواخر دهه‌ی مغز (۱۹۹۹-۱۹۹۰)، همکاری بین رشته‌ای و دوسویه بین روانشناسی تربیتی و علوم اعصاب در این حوزه افزایش یافته است و دانشگاه‌های هاروارد، جان هاپکینز، آکسفورد، کالیفرنیا، کمبریج و ... در این حوزه رشته‌ی تخصصی تأسیس نمودند و همچنان به فعالیت‌های روزافزون خود ادامه می‌دهند. تا سال ۲۰۱۰ شمار پژوهش‌هایی که به‌طور مستقیم مرتبط با علم تعلیم و تربیت سازگار با مغز بوده، رشد وسیعی در کاربرد مفاهیم در این رشته داشته است و نوآوری‌ها و پژوهش‌ها در این رشته با سرعت خیلی زیاد ادامه دارد (توکوها-اسپینوسا<sup>۵</sup>، ۲۰۱۰). کیداینگر<sup>۶</sup> (۲۰۱۱) طی پژوهشی به این نتیجه دست یافت که به کارگیری راهبردهای یادگیری سازگار با مغز در چارچوب مدارس ابتدایی در پیشرفت خواندن دانش‌آموزان به‌ویژه دانش‌آموزان ضعیف، مؤثر است. مطالعه آولولا<sup>۷</sup> (۲۰۱۱) اثر راهبردهای یادگیری مغزمحور را بر پیشرفت یادگیری ریاضیات دانش‌آموزان متوسطه نشان داد. صالح<sup>۸</sup> (۲۰۱۲) به این نتیجه رسید که دانش‌آموختگان با رویکرد تدریس سازگار با مغز، دارای فهم مفهومی بهتر بودند. آکورک و آفاکان<sup>۹</sup> (۲۰۱۳) دریافتند که استفاده از

1. Mind•Brain and Education (MBE)
2. Brain Comptable Learning
3. Baldensperger
4. Caine et al
5. Easonips - Tamhukohama
6. Kiedinger
7. Awolola
8. Saleh
9. Akyurek & Afacan

رویکرد یادگیری سازگار با مغز بر سطوح انگیزش و نگرش دانش‌آموزان پایه‌ی هشتم در کلاس‌های علوم مؤثر بوده است. لگو سیفو<sup>۱</sup> (۲۰۱۲) طی پژوهشی به این نتیجه رسید که فعالیت‌های سازگار با مغز بر یادگیری زبان و نگه‌داری ذهنی آن در دانشجویان زبان انگلیسی مؤثر بوده است. رحمان و بکاری<sup>۲</sup> (۲۰۱۱) در پژوهشی با عنوان اثربخشی نظریه‌ی یادگیری سازگار با مغز بر پیشرفت تحصیلی بیان داشته‌اند که نقش مغز انسان در تفکر، حل مسأله، هیجان و حافظه، حیاتی است و نتایج این مطالعه نشان داد که دانش‌آموزان گروه آزمایش در مقایسه با گروه کنترل، عملکرد بهتری داشتند. دومان<sup>۳</sup> (۲۰۱۰) هدف از پژوهش خود را بررسی اثرات یادگیری سازگار با مغز بر پیشرفت تحصیلی دانشجویان با سبک‌های یادگیری متفاوت بیان داشت. نتایج مطالعه نشان داد که رویکرد سازگار با مغز در گروه آزمایش در افزایش پیشرفت دانش‌آموزان نسبت به گروه کنترل (رویکرد سنتی) بسیار مؤثر بوده است. در دو دهه‌ی اخیر، پژوهش‌های زیادی در ارتباط با چگونگی یادگیری مغز، عوامل و شرایط مانع یا تسهیل‌کننده یادگیری مغز، چگونگی بهره‌گیری از یافته‌های پژوهش مغز در جهت بهبود تعلیم و تربیت و تأثیر به‌کارگیری راهبردهای سازگار با مغز در بهبود یادگیری انجام شده است و شمار پژوهش‌ها در اکثر کشورها روز به روز گسترده می‌شود اما میزان پژوهش‌های حوزه‌ی یادگیری سازگار با مغز در ایران بسیار محدود بوده است. پژوهش سیفی (۱۳۸۷) در دانشگاه علامه طباطبایی در ارتباط با یادگیری مغز محور بر درک مطلب و سرعت یادگیری دانش‌آموزان دبستانی به‌صورت مداخله‌ای نشان داد که آموزش یادگیری مغز محور موجب افزایش در سرعت یادگیری و درک مطلب دانش‌آموزان می‌شود. حقیقی<sup>۴</sup> (۲۰۱۳) در دانشگاه تهران در پژوهشی مداخله‌ای نشان داد که بررسی اثرات یادگیری مغز محور بر پیشرفت یادگیری انگلیسی یادگیرندگان و یادآوری و ذخیره‌سازی آن در ذهن مؤثر است. نوری (۱۳۹۰) در دانشگاه تربیت مدرس با هدف تدوین چارچوب نظری برنامه درسی سازگار با مغز با روش پژوهشی نظریه‌ی برخاسته از داده‌ها، نظریه‌ی برنامه درسی ساخت و سازگرایی عصبی<sup>۵</sup> را تدوین نموده است. در این پژوهش‌ها، نیاز است به‌صورت

- 
1. Lego & Seepo
  2. Rehman & Bokhari
  3. Duman
  4. Haghghi
  5. neuro constructivism

مداخله‌ای، مؤلفه‌های اساسی را که در متغیرهای درک مطلب، سرعت یادگیری، پیشرفت یادگیری زبان انگلیسی و ... مؤثرند را بررسی کنند که شامل مؤلفه‌های کارکردهای اجرایی از قبیل برنامه‌ریزی، حل مسأله، توجه و ... است.

به‌طور کلی در پژوهش‌های ذکر شده، یادگیری سازگار با مغز بر پیشرفت ریاضیات، خواندن، یادگیری زبان انگلیسی و نیز میزان یادآوری، نگرش، درک مفاهیم، تفاوت سبک‌های یادگیری، سطوح انگیزش و درک معلمان از اصول یادگیری سازگار با مغز بیشتر به‌صورت زمینه‌یابی و گاهی مداخله‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است. در این پژوهش‌ها طراحی جامعی که تمامی مؤلفه‌ها را در نظر داشته باشد از قبیل محیط یادگیری، فرآیندهای آموزش معلمان و به‌کارگیری اصول یادگیری سازگار با مغز در فرآیند آموزش به‌طور منسجم مشاهده نشده است و صرفاً هر یک از پژوهش‌های ذکر شده بر تعداد محدودی از مؤلفه‌ها در یک مدت زمان نسبتاً کم، توجه کرده‌اند. این خلأ می‌تواند نیاز به تدوین برنامه‌ی آموزشی منسجم و جامع سازگار با مغز را در پایه چهارم دبستان - که اساس پایه‌های دیگر به‌ویژه در دروس ریاضی، علوم و فارسی به‌شمار می‌رود و فقر پژوهشی در این پایه وجود دارد - موجب شود که پژوهش حاضر در بخشی به آن پاسخ خواهد گفت. به دلیل نقش مهم و کلیدی کارکردهای اجرایی بر پیشرفت تحصیلی، خودتنظیمی رفتاری، یادگیری و پیشبرد رفتار اجتماعی و هیجانی برای موفقیت در زندگی دانش‌آموزان در سنین کودکی و نوجوانی، در این پژوهش دو تا از مؤلفه‌های مهم کارکردهای اجرایی (برنامه‌ریزی و حل مسأله) به‌عنوان متغیرهای وابسته انتخاب شد تا اثربخشی یادگیری سازگار با مغز بر آن‌ها مطالعه شود. هدف کلی برنامه آموزشی یادگیری سازگار با مغز، بهبود فرآیند آموزش و یادگیری است و اهداف اصلی پژوهش حاضر، اثربخشی برنامه‌ی آموزشی یادگیری سازگار با مغز بر مؤلفه‌های برنامه‌ریزی و حل مسأله کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان پایه چهارم دبستانی بود. فرضیه‌های پژوهش عبارت بودند از: برنامه‌ی آموزشی یادگیری سازگار با مغز بر مؤلفه‌های برنامه‌ریزی و حل مسأله کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان پایه چهارم دبستان مؤثر است.

## روش پژوهش

با توجه به شرایط اجرای پژوهش که نیازمند یک فرآیند طولانی و پیچیده از آموزش‌ها برای معلم و دانش‌آموزان بود، از طرح‌های نیمه‌آزمایشی<sup>۱</sup> طرح گروه کنترل نابرابر استفاده شد. جامعه آماری مورد استفاده در این پژوهش عبارت بودند از کلیه دانش‌آموزان دبستانی پسرانه غیردولتی مدارس سلام در شهر تهران (۷ مدرسه) که در سال تحصیلی ۹۵-۹۴ مشغول تحصیل بودند. با توجه به این که تحقیقات مداخله‌ای حداقل به ۱۵ نفر نیاز دارد، نمونه‌ی هدفمند از پایه چهارم دو دبستان غیردولتی از مجموعه مدارس دبستانی پسرانه سلام منطقه ۵ شهر تهران به تعداد ۴۰ نفر دانش‌آموز (هر گروه آزمایش و گواه ۲۰ نفر) انتخاب شدند که به دلیل افت یک آزمودنی از هر گروه، در نهایت به ۳۸ نفر کاهش یافت.

گروه آزمایش	$T_1$	$X$	$T_2$
گروه کنترل	$T_1$		$T_2$

نمودار ۱. طرح گروه کنترل نابرابر

پس از معرفی و تبیین طرح پژوهشی برای مدیران مدارس، سرفصل‌های آموزشی سازگار با مغز طراحی شد و فرآیند آموزش معلم با تبیین و نیازآفرینی برای معلم گروه آزمایش به مدت ۵۰ ساعت آغاز شد. همسو با فرآیند آموزش معلم، طرح‌درس‌های آرایه آموزش دروس اصلی (ریاضی، فارسی و علوم) بر اساس یادگیری سازگار با مغز برای مدت ۳ ماه تحصیلی با مشارکت فعال معلم و پژوهشگر طراحی و روایی محتوایی آن‌ها با استفاده از نظرات اساتید صاحب نظر تعیین شد. در ادامه محیط کلاسی سازگار با مغز بر اساس مؤلفه‌های نور، رنگ، اکسیژن و موسیقی آماده‌سازی شد. ضمن ارائه جلسه توجیهی برای اولیای دانش‌آموزان، پیش‌آزمون حل مسأله و برنامه‌ریزی کارکردهای اجرایی برای هر دو گروه آزمایش و گواه اجرا شد. فرآیند به‌کارگیری یادگیری سازگار با مغز در کلاس درس به مدت ۳ ماه تحصیلی برای دانش‌آموزان گروه آزمایش در دروس ریاضی، فارسی و علوم اجرا شد و دانش‌آموزان آموزش‌هایی در ارتباط با شناخت مغز و یادگیری سازگار با آن را دریافت نمودند. بعد از این مدت، پس‌آزمون برنامه‌ریزی و حل مسأله از مؤلفه‌های کارکردهای اجرایی برای هر دو گروه به صورت مجزا اجرا شد و پس از شاخص‌های آمار

توصیفی، از آزمون تحلیل کوواریانس یک راهه و چند متغیری برای تحلیل داده‌ها استفاده شد.

جدول ۱. برنامه‌ی آموزشی یادگیری سازگار با مغز برای معلم

ردیف	عنوان جلسه	سرفصل‌ها	زمان (ساعت)
۱	معرفی و تبیین یادگیری سازگار با مغز	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ معرفی اجمالی رویکردهای یادگیری</li> <li>➤ ضرورت‌های یادگیری سازگار با مغز</li> </ul>	۵
۲	ساختار و کارکرد مغز	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ساختار مغز و سیر تکاملی آن (تئوری مک لورین و ....)</li> <li>➤ کارکرد هر یک از قسمت‌های مغز در ارتباط با یادگیری</li> </ul>	۵
۳	معرفی مؤلفه‌های یادگیری سازگار با مغز	<ul style="list-style-type: none"> <li>الف) آرمیدگی هوشیار</li> <li>ب) غوطه‌ورسازی هماهنگ در تجارب پیچیده</li> <li>ج) پردازش فعال تجارب</li> </ul>	۳
۴	اصول یادگیری آرمیدگی هوشیار	<ul style="list-style-type: none"> <li>۱- نقش چالش و تهدید در یادگیری</li> <li>۲- ۲- اجتماعی بودن مغز و ذهن</li> <li>۳- ۳- معناداری یادگیری</li> <li>۴- ۴- نقش هیجان‌ات در یادگیری</li> </ul>	۲ ۲ ۲ ۲
۵	اصول غوطه‌ورسازی هماهنگ در تجارب پیچیده	<ul style="list-style-type: none"> <li>۱- پردازش‌های موازی مغز (کلی و جزئی)</li> <li>۲- ۲- یادگیری و درگیری فیزیولوژیکی</li> <li>۳- ۳- معناداری از طریق الگویابی</li> <li>۴- ۴- تحولی و رشدی بودن یادگیری</li> </ul>	۲ ۲ ۲ ۲

ردیف	عنوان جلسه	سرفصل‌ها	زمان (ساعت)
		۱- یادگیری و حافظه طبیعی	
۶	اصول پردازش فعال تجارب	۲- یادگیری مستلزم توجه درونی و ادراک بیرونی است. ۳- فرآیندهای آگاهانه و ناآگاهانه یادگیری	۲ ۲ ۲
		۴- منحصر به فرد بودن مغز هر فرد	
۷	نقش محیط غنی بر یادگیری	تأثیر عوامل محیطی مانند نور، موسیقی، تغذیه؛ آب و خواب بر مغز و یادگیری	۵
۸	سیستم تشویق سازگار با مغز	تأثیرات تشویق‌های بیرونی بر مغز راهکارهایی برای تشویق مغز	۸

**ابزار پژوهش شامل:** آزمون برج لندن<sup>۱</sup> که شامل مجموعه تکالیفی با هدف ارزیابی کارکردهای اجرایی (توانایی برنامه‌ریزی و حل مسأله) می‌باشد و از معروف‌ترین آزمون‌های برنامه‌ریزی و حل مسأله است که اولین بار توسط شالیس<sup>۲</sup> در سال ۱۹۸۲ معرفی شد. شیوه‌ی نمره‌گذاری در این آزمون بدین صورت است که بر مبنای این که فرد در چه کوششی مسأله را حل کند، نمره به او تعلق می‌گیرد. بدین ترتیب زمانی که یک مسأله در کوشش اول حل شود ۳ نمره، زمانی که در کوشش دوم حل شود ۲ نمره، زمانی که در کوشش سوم حل شود ۱ نمره و زمانی که سه کوشش به شکست منجر شود، نمره‌ی صفر به فرد داده می‌شود. حداکثر نمره در این آزمون ۳۶ است ( $۱۲ \times ۳ = ۳۶$ ). این آزمون در ایران توسط مشهدی و با همکاری مؤسسه علوم رفتاری- شناختی سینا در سال ۱۳۹۳ به صورت رایانه‌ای و به زبان فارسی در آمده است و اساتیدی محترم<sup>۳</sup> بر تهیه و رواسازی آزمون نظارت داشتند. این آزمون شامل مجموعه تکالیفی است که در هر یک از آنها آزمودنی باید سه حلقه را روی

1. Tower of London

2. Shallice

۳. دکتر پرویز آزاد فلاح، دانشیار دانشگاه تربیت مدرس؛ دکتر سید کاظم رسول زاده طباطبایی، دانشیار دانشگاه تربیت مدرس؛ دکتر عاطفه سلطانی فر، استادیار دانشگاه علوم پزشکی مشهد؛ دکتر علی مشهدی، استادیار دانشگاه مشهد.

سه ستون مطابق الگویی که کامپیوتر ارائه می‌کند، بچینند. در هر صفحه نمایش دو چیدمان به آزمودنی نشان داده می‌شود که هر یک سه ستون عمودی با اندازه‌های مختلف دارد و حلقه‌هایی با سه رنگ مختلف روی آن‌ها قرار گرفته است. چیدمان سمت چپ به‌عنوان الگو یا هدف، به آزمودنی نشان داده می‌شود و قابل تغییر نیست. چیدمان سمت راست، شامل حلقه‌هایی است که محل قرارگیری آن‌ها می‌تواند به وسیله‌ی آزمودنی تغییر کند. این آزمون چهار مرحله دارد که هر مرحله نسبت به مرحله‌ی قبل به تدریج مشکل‌تر می‌شود. مرحله‌ی اول با دو حرکت حل می‌شود، مرحله‌ی دوم با سه حرکت، مرحله‌ی سوم با چهار حرکت و مرحله‌ی چهارم با پنج حرکت. هر یک از چهار مرحله‌ی فوق چهار بار تکرار می‌شود. به آزمودنی یادآوری می‌شود که پس از توضیح دستورالعمل، قبل از شروع هر مرحله، ابتدا به چیدمان سمت چپ نگاه کند و پس از آن، محل حلقه‌ها را در نظر بگیرد، سپس بر اساس الگوی هدف ارزیابی و برنامه‌ریزی حرکات، حلقه‌ها را در چیدمان سمت راست حرکت دهد؛ به‌طوری که با حداقل حرکت ممکن بتواند مسأله را حل کند. نتایج نهایی که در هر مرحله به‌وسیله‌ی کامپیوتر ثبت می‌شود عبارتند از، تعداد مسأله‌های حل شده، زمان تأخیر یا زمان طراحی که دربرگیرنده‌ی تعداد لحظه‌هایی است که از ارائه‌ی الگو تا آغاز اولین حرکت در یک کوشش، برای فرد محاسبه می‌شود، زمان آزمایش که کل لحظه‌ها، از آغاز اولین حرکت در یک کوشش تا کامل کردن حرکت‌ها در همان کوشش است، زمان کل آزمایش، مجموع زمان تأخیر و زمان آزمایش است و تعداد خطا و امتیاز کل به صورت دقیق به وسیله‌ی رایانه محاسبه می‌شود. این آزمون دارای روایی سازه‌ی خوب در برنامه‌ریزی و حل مسأله‌ی افراد است و پایایی این آزمون مورد قبول و ۰/۷۹ گزارش شده است (لیزاک<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۴).

### یافته‌های پژوهش

برای آزمون فرضیه‌های پژوهش، از آزمون تحلیل کوواریانس یک راهه و تحلیل کوواریانس چند متغیری استفاده شد، با توجه به این که یکی از مفروضات تحلیل

1. Lezak et al

کوواریانس، نرمال بودن داده‌هاست. در جدول ۲ نتایج بررسی پیش فرض نرمال بودن توزیع متغیرها برای پیش آزمون و پس آزمون ارائه شده است.

جدول ۲. نتایج آزمون کولموگراف اسمیرنوف (نرمال بودن داده‌ها) در پیش آزمون و پس آزمون

گروه	متغیرها	مرحله اندازه گیری	میانگین	انحراف معیار	Z	معنی داری
آزمایش	برنامه ریزی (زمان تأخیر)	پیش آزمون	۹۹/۵۷	۴۷/۲۴	۰/۸۷	$p > ۰/۰۵$
		پس آزمون	۱۷۶/۴۷	۹۵/۹۴	۰/۹۲	$p > ۰/۰۵$
	حل مسأله (امتیاز کل)	پیش آزمون	۲۴/۴۲	۴/۲۹	۰/۶۷	$p > ۰/۰۵$
		پس آزمون	۳۰/۲۶	۲/۴۴	۰/۵۶	$p > ۰/۰۵$
کنترل	برنامه ریزی (زمان تأخیر)	پیش آزمون	۱۴۱/۴۲	۵۶/۰۰۸	۱/۰۷	$p > ۰/۰۵$
		پس آزمون	۹۸/۴۲	۴۵/۵۰	۰/۹۷	$p > ۰/۰۵$
	حل مسأله (امتیاز کل)	پیش آزمون	۲۸/۴۷	۳/۹۶	۰/۸۰	$p > ۰/۰۵$
		پس آزمون	۲۶/۳۱	۴/۶۶	۰/۶۰۳	$p > ۰/۰۵$

چنانچه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود فرض نرمال بودن داده‌ها برای همه متغیرها برقرار است ( $p > ۰/۰۵$ ).

فرضیه اول: برنامه‌ی آموزشی یادگیری سازگار با مغز بر مولفه‌ی برنامه‌ریزی کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان پایه چهارم دبستان مؤثر است. به منظور مقایسه نمرات برنامه‌ریزی در دو گروه آزمایش و کنترل از آزمون تحلیل کوواریانس چند متغیره (MANCOVA) استفاده و نمرات پیش‌آزمون کنترل شد. همچنین بررسی مفروضه‌ی همگنی شیب رگرسیون نشان داد که بین گروه‌ها و نمره‌ی پیش‌آزمون، زمان تأخیر تعامل معناداری وجود ندارد ( $F=۱/۶۱$ ،  $p > ۰/۰۵$ )؛ بنابراین مفروضه‌ی همگنی شیب رگرسیون رعایت شده است. بعد از بررسی مفروضه‌های تحلیل کوواریانس نتایج مربوط به آزمون‌های چند متغیره در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳. نتایج مربوط به آزمون چند متغیره

اثر	مقدار	F	درجه آزادی فرضیه	درجه آزادی خطا	سطح معنی داری	اندازه اثر
اثر پیلایی	۰/۵۸	۱۴/۳۴	۳	۳۱	۰/۰۰۰۱	۰/۵۸۱
لامبدای ویلکز	۰/۴۱	۱۴/۳۴	۳	۳۱	۰/۰۰۰۱	۰/۵۸۱
اثر هوتلینگ	۱/۳۸	۱۴/۳۴	۳	۳۱	۰/۰۰۰۱	۰/۵۸۱
بزرگ‌ترین ریشه روی	۱/۳۸	۱۴/۳۴	۳	۳۱	۰/۰۰۰۱	۰/۵۸۱

نتایج مربوط به آزمون تحلیل کوواریانس چند متغیره (MANCOVA) در جدول (۴) آمده است.

جدول ۴. نتایج تحلیل کوواریانس چند متغیره مقایسه میانگین برنامه ریزی در گروه آزمایش و کنترل

متغیر	منبع تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معنی داری	اندازه اثر	توان آماری
زمان تأخیر	گروه	۸۹۱۲۲/۳۰	۱	۸۹۱۲۲/۳۰	۲۴/۸۶	***۰/۰۰۰۱	۰/۴۳۰	۰/۹۹۸
	خطا	۱۱۸۲۸/۷۳	۳۳	۳۵۸۴/۲۹				
	کل	۹۷۸۷۵۳	۳۸					
تعداد خطا	گروه	۱۳۷۶/۷۷	۱	۱۳۷۶/۷۷	۲۱/۸۷	***۰/۰۰۰۱	۰/۳۹۹	۰/۹۹۵
	خطا	۲۰۷۶/۵۸	۳۳	۶۲/۹۲				
	کل	۱۶۰۵۴	۳۸					
امتیاز کل	گروه	۲۰۶/۴۵	۱	۲۰۶/۴۵	۱۹/۰۵	***۰/۰۰۰۱	۰/۳۶۶	۰/۹۸۹
	خطا	۳۵۷/۴۶	۳۳	۱۰/۸۳				
	کل	۳۱۰۵۹	۳۸					

\*\*\*  $P < ۰/۰۰۰۱$

همان‌طور که جدول (۴) نشان می‌دهد با کنترل نمره‌ی پیش‌آزمون، بین سه نمره‌ی زمان تأخیر ( $F=24/86, P<0/01, F=430$ ، اندازه اثر)، تعداد خطا ( $F=21/87, P<0/01, F=0/399$ ، اندازه اثر) و امتیاز کل ( $F=19/05, P<0/01, F=0/366$ ، اندازه اثر) بین دو گروه آزمایش و کنترل، تفاوت معناداری مشاهده شد. یعنی برنامه‌ی آموزشی یادگیری سازگار با مغز، باعث افزایش زمان تأخیر در پس‌آزمون، کاهش تعداد خطا در پس‌آزمون و افزایش امتیاز کل در پس‌آزمون شده و می‌توان گفت برنامه‌ی آموزشی یادگیری سازگار با مغز بر افزایش قدرت برنامه‌ریزی دانش‌آموزان پایه چهارم دبستان مؤثر است؛ بنابراین، فرضیه پژوهش تأیید می‌شود.

فرضیه دوم: یادگیری سازگار با مغز، بر مؤلفه حل مسأله کارکردهای اجرایی دانش‌آموزان پایه چهارم دبستان مؤثر است.

به‌منظور مقایسه‌ی نمرات کلی حل مسأله (امتیاز کل در آزمون برج لندن) در دو گروه آزمایش و کنترل، از آزمون تحلیل کوواریانس یک راهه‌ی متغیره (ANCOVA) استفاده شد. بررسی مفروضه‌ی همگنی واریانس‌ها از طریق آزمون لون، نشان داد که این مفروضه رعایت نشده است ( $F(36,1)=9/45, p<0/01$ ). بررسی مفروضه‌ی همگنی شیب رگرسیون، نشان داد که بین گروه‌ها و نمره پیش‌آزمون، تعامل معناداری وجود ندارد ( $p>0/05$ ،  $F=2/92$ )؛ بنابراین، مفروضه‌ی همگنی شیب رگرسیون، رعایت شده است. نتایج مربوط به آزمون تحلیل کوواریانس یک راهه در جدول (۵) آمده است.

جدول ۵. نتایج تحلیل کوواریانس یک راهه مقایسه میانگین حل مسأله در گروه آزمایش و کنترل

نمره پیش‌آزمون (امتیاز کل)	نمره پیش‌آزمون	نمره آزادی	مربع بین‌گروهی	F	داری معنی	اندازه اثر	زمان اجرای
۱۳۵/۷۷	۱	۱۳۵/۷۷	۱۳۵/۷۷	۱۳/۰۵	۰/۰۰۱	۰/۲۷۲	۰/۹۴۰
۲۵۹/۴۴	۱	۲۵۹/۴۴	۲۵۹/۴۴	۲۴/۹۴	***۰/۰۰۰۱	۰/۴۱۶	۰/۹۹۸
۳۶۴/۰۱	۳۵	۱۰/۴۰					
۳۱۰/۵۹	۳۸						

\*\*\* $P<0/0001$

نتایج مربوط به آزمون تحلیل کوواریانس یک‌راهه نشان می‌دهد با کنترل نمره پیش‌آزمون، بین نمرات حل مسأله (امتیاز کل) دو گروه آزمایش و کنترل، تفاوت معناداری وجود دارد ( $F=0/416$ ، اندازه اثر،  $P<0/0001$ ،  $F=24/94$ )؛ بنابراین، برنامه آموزشی یادگیری سازگار با مغز بر حل مسأله دانش‌آموزان پایه چهارم دبستان مؤثر است. چرا که نمره‌ی امتیاز کل دانش‌آموزان در آزمون برج لندن با توجه به جدول (۲)، در مرحله‌ی پس‌آزمون گروه آزمایش افزایش یافته است، پس نتیجه می‌گیریم که آموزش یادگیری سازگار با مغز، باعث افزایش قدرت حل مسأله دانش‌آموزان پایه چهارم دبستان شده است، همچنین اندازه اثر برابر با  $0/416$  است، یعنی  $0/41$  از تغییرات نمرات پس‌آزمون دانش‌آموزان، ناشی از شرکت در برنامه‌ی آموزشی یادگیری سازگار با مغز بوده است.

### بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش حاکی از این بود که برنامه‌ی آموزشی یادگیری سازگار با مغز بر افزایش برنامه‌ریزی دانش‌آموزان مؤثر است؛ بنابراین فرضیه پژوهشی تأیید شد. اگرچه پژوهشی مبنی بر تأثیر یادگیری سازگار با مغز بر مؤلفه برنامه‌ریزی کارکردهای اجرایی یافت نشد ولی توجه به پژوهش جورجیو (۲۰۱۶) که مهارت برنامه‌ریزی در پیشرفت عملکرد را بررسی کرده است و نیز پژوهش بست، مایلر، و جونیز (۲۰۰۹) که توانایی برنامه‌ریزی را به‌عنوان اوج کارکرد اجرایی برشمرده، نقش آن را در پیشرفت تحصیلی بسیار مهم قلمداد کرده است؛ بنابراین با پژوهش‌هایی که تأثیر یادگیری سازگار با مغز، بر پیشرفت تحصیلی را بررسی نموده‌اند همخوانی داشته و به‌طور غیرمستقیم با یافته‌های دومان (۲۰۱۰) همخوانی دارد. یادگیری سازگار با مغز، یادگیری هوشمندانه و آگاهانه با توجه به مؤلفه‌ها و اصول، تأثیرگذار است و با ارائه آموزش‌ها برای معلم در ارتباط با ساختار مغز، مؤلفه‌ها و اصول یادگیری سازگار با مغز، اهمیت نظم در ساختار مغز و یادگیری، روشن‌تر شده و برای استفاده‌ی بهینه از زمان آموزش، طراحی طرح درس‌های پویا توسط معلم نیازمند است و استفاده از طرح درس در فرآیند آموزش، توانایی برنامه‌ریزی معلم و آرامش توأم با هوشیاری را که از مؤلفه‌های یادگیری سازگار با مغز است را افزایش می‌دهد و دانش‌آموزان با مشاهده و الگوگیری از معلم، نظم و برنامه‌ریزی را در فرآیند یادگیری خود به کار می‌گیرند. از طرفی با ارائه آموزش‌ها به دانش‌آموزان در ارتباط با مغز و یادگیری آن و آشنایی با کارکرد و نظم

سیستم مغز و قرار گرفتن در یک محیط غنی که فعالیت‌ها و یادگیری‌های سازگار با مغز در آن انجام می‌پذیرد، توانایی برنامه‌ریزی دانش‌آموزان افزایش یافته است. دیگر نتایج این پژوهش نشان داد که برنامه‌ی آموزشی یادگیری سازگار با مغز بر افزایش قدرت حل مسأله دانش‌آموزان پایه چهارم دبستان مؤثر است. اگرچه پژوهشی مبنی بر تأثیر یادگیری سازگار با مغز بر مولفه‌ی حل مسأله کارکردهای اجرایی یافت نشد ولی با توجه به این که با پیشرفت تحصیلی به ویژه در یادگیری ریاضیات، مهارت حل مسأله نیز افزایش می‌یابد، با پژوهش‌هایی که تأثیر یادگیری سازگار با مغز بر پیشرفت تحصیلی ریاضیات را بررسی نموده‌اند، همخوانی داشته و به‌طور غیرمستقیم با یافته‌های اولولا (۲۰۱۱) و رحمان و بکاری (۲۰۱۱) همخوانی دارد. با ارایه آموزش‌های لازم بر اساس اصول یادگیری سازگار با مغز برای معلم در جهت آموزش آگاهانه و هوشمندانه<sup>۱</sup> و با عملیاتی نمودن این آموزش‌ها در فرآیند یادگیری دانش‌آموزان و نیز به‌کارگیری روش‌های متنوع تدریس در جهت فراهم‌سازی تجارب غنی برای دانش‌آموزان از قبیل، به‌کارگیری حواس مختلف در فرآیند یادگیری، یادگیری مشارکتی و نقش فعال یادگیرندگان در فرآیند یادگیری بر اساس مؤلفه دوم یادگیری سازگار با مغز (غوطه‌ورسازی فعال در تجارب بهینه) مهارت حل مسأله‌ی دانش‌آموزان افزایش یافته است. فراهم‌سازی تجارب غنی و چالش برانگیز در محیطی که جو هیجانی مثبتی دارد، کنجکاوی و شوق یادگیری را به همراه دارد و این شوق یادگیری بر اساس سیستم تشویق درونی، بهترین محرک برای فرآیند حل مسأله است و محیط یادگیری که بر اساس سیستم تشویق درونی باشد، با توجه به تفاوت‌های فردی و ارایه‌ی بازخوردهای متنوع و متناسب، علاوه بر حفظ بهداشت روان دانش‌آموزان و ایجاد محیط آرامش‌بخش برای یادگیری و پرورش زمینه‌های خلاقیت، فرآیند حل مسأله توسط دانش‌آموزان، لذت طبیعی را برای آنان به همراه داشته و اثرات بسیاری در کیفیت بخشی یادگیری دارد. از طرفی فرآیند غنی‌سازی ارتباطات سلولی مغز و نیز توانایی انعطاف‌پذیری آن در فرآیند حل مسأله از طریق مشاهده‌ی فیلم و تصاویر مرتبط برای دانش‌آموزان، انگیزه‌ی لازم برای مهارت حل مسأله را به‌وجود آورده است و علاوه بر کسب لذت و تلاش‌های خودجوش آنان، برای

عمیق‌تر شدن یادگیری و نیز با ایجاد فرصت‌های چالش برانگیز در موقعیت‌های یادگیری بر اساس آرامش توأم با هوشیاری، مهارت حل مسأله افزایش یافته است.

از مهم‌ترین محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به شرایط خاصی که برای استفاده بهتر از ابزار پژوهشی باید مورد توجه قرار می‌گرفت و در مواردی، رعایت آن خارج از دسترس پژوهشگر بود مانند محیط مساعد به لحاظ سرو صدا را اشاره کرد. از دیگر محدودیت‌ها، تعطیلی چند روزه بابت آلودگی هوا و محدود شدن جلسات اولیای دانش‌آموزان صرفاً به یک جلسه آموزشی در ابتدای سال می‌توان اشاره کرد.

از پیشنهادهای مهم، می‌توان به ایجاد مراکز پژوهشی "مغز و تعلیم و تربیت" و تربیت پژوهشگران در این حوزه اقدام نموده و نیز به گنجاندن آموزش‌های سازگار با مغز در دوره‌های تربیت معلم برای ارتقای سطح علمی معلمان اشاره کرد و علاوه نیاز است تا تأثیر یادگیری سازگار با مغز بر مولفه‌های دیگر کارکرد‌های اجرایی از قبیل بازداری، سازمان‌دهی، آغازگری و ... بررسی شود و نیز پژوهش‌هایی در ارتباط با این موضوع در پایه‌ها و دوره‌های تحصیلی مختلف، هم برای دختران و هم پسران انجام پذیرد. همچنین تأثیر یادگیری سازگار با مغز، بر یادگیری خود تنظیم، رشد تربیت معنوی دانش‌آموزان و انگیزش آنان مورد بررسی قرار گرفته، پژوهش‌هایی در ارتباط با تأثیر یادگیری سازگار با مغز بر نگرش معلمان و مدیران و کیفیت بخشی آموزش آنان انجام شود. همچنین نیاز است فرصت‌هایی در مدارس دولتی ایجاد شده تا این پژوهش با جامعه و نمونه بزرگ‌تر به صورت آزمایشی اجرا و تعمیم پذیری آن نیز بررسی شود و نیز آموزش سازگار با مغز در دروس دیگر، برنامه‌های فوق برنامه و آموزش مربیان انجام شود.

## منابع

- جنسن، اریک. (۲۰۰۸). یادگیری مغز محور، پارادایم جدید آموزش، ترجمه سمیه سیفی و نرجس نصرتی (۱۳۸۹). تهران: رشد فرهنگ.
- خدادادی، مجتبی؛ مشهدی، علی و امانی، حسین. (۱۳۹۳). نرم‌افزار برج لندن. تهران: موسسه تحقیقات علوم رفتاری - شناختی سینا.

سیفی، سمیه. (۱۳۸۷). بررسی تأثیر آموزش یادگیری مغزمحور بر درک مطلب و سرعت یادگیری دانش‌آموزان پایه سوم ابتدایی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علامه طباطبائی. دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی. گروه روانشناسی تربیتی

نوری، علی. (۱۳۹۰). تدوین چارچوب مفهومی برنامه درسی سازگار با مغز. رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس. دانشکده علوم انسانی. گروه برنامه‌ریزی درسی.

- Akyurek, E., & Afacan, O. (2013). Effects of Brain-Based Learning Approach on Students' Motivation and Attitudes Levels in Science Class. *Online Submission*, 3(1), 104-119.
- Awolola, S. A. (2011). Cypriot Journal of Educational Sciences. *Sciences*, 2, 91-106.
- Baldensperger, D. P. (2014). *An investigation of the impact of brain/mind learning on creativity* (Doctoral dissertation, Walden University).
- Best, J. R., Miller, P. H., & Jones, L. L. (2009). Executive functions after age 5: Changes and correlates. *Developmental review*, 29(3), 180-200.
- Bokhari, M. A. (2011). EFFECTIVENESS OF BRAIN-BASED LEARNING THEORY AT SECONDARY LEVEL. *International Journal of Academic Research*, 3(4).
- Caine, R. N. (2009). *12 Brain/mind learning principles in action: Developing executive functions of the human brain*. Corwin Press.
- Duman, B. (2010). The Effects of Brain-Based Learning on the Academic Achievement of Students with Different Learning Styles. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 10(4), 2077-2103.
- García-Madruga, J. A., Vila, J. O., Gómez-Veiga, I., Duque, G., & Elosúa, M. R. (2014). Executive processes, reading comprehension and academic achievement in 3th grade primary students. *Learning and individual differences*, 35, 41-48.
- Georgiou, G. K., & Das, J. P. (2016). What component of executive functions contributes to normal and impaired reading comprehension in young adults?. *Research in developmental disabilities*, 49, 118-128.
- Haghighi, M. (2013). The Effect of Brain-Based Learning on Iranian EFL Learners' Achievement and Retention. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 70, 508-516.
- Hanson, L. K., Atance, C. M., & Paluck, S. W. (2014). Is thinking about the future related to theory of mind and executive function? Not in preschoolers. *Journal of experimental child psychology*, 128, 120-137.
- Kiedinger, R. S. (2011). *Brain-based Learning and its Effects on Student Outcome In Elementary Aged Students Graduate Degree/Major: MS Education Research Adviser: Karen Zimmerman, Ph. D* (Doctoral dissertation, University of Wisconsin-Stout).
- Lago, L., & Seepho, S. (2012). Brain-compatible activities for ESL vocabulary learning and retention. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2(1), 1-6.

- Larrison, A. L. (2013). Mind, brain and education as a framework for curricular reform.
- Nayfeld, I., Fuccillo, J., & Greenfield, D. B. (2013). Executive functions in early learning: Extending the relationship between executive functions and school readiness to science. *Learning and Individual Differences*, 26, 81-88.
- Ropovik, I. (2014). Do executive functions predict the ability to learn problem-solving principles?. *Intelligence*, 44, 64-74.
- Saleh, S. (2012). Dealing with the Problem of the Differences in Students' Learning Styles in Physics Education via the Brain Based Teaching Approach. *International Review of Contemporary Learning Research*, 1(1), 47-56.
- Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 298(1089), 199-209.
- Tokuhama-Espinosa, T. (2015). *The new science of teaching and learning: Using the best of mind, brain, and education science in the classroom*. Teachers College Press.
- Van der Niet, A. G., Hartman, E., Smith, J., & Visscher, C. (2014). Modeling relationships between physical fitness, executive functioning, and academic achievement in primary school children. *Psychology of sport and exercise*, 15(4), 319-325.