



Effects of Computer-Assisted Working Memory Training Programme on Working Memory Ability and Mathematical Performance of Children at Risk of Mathematical Learning Difficulties

Kamyar Azimi¹, Manizheh Shehni Yailagh^{2*} , Alireza Hajiyakhchali³, Maneli Shehni Karamzadeh⁴:

Abstract

Working memory is an important domain-general cognitive that can impair the ability to remember and use mathematical concepts and procedures in children at risk of mathematical learning difficulties. The purpose of this study was to investigate the effect of a computer-assisted working memory training programme on the working memory ability and mathematical performance of children at risk of mathematical learning difficulties. The research method utilized in this study was a field experiment with a pre-test, post-test, and follow-up design with a control group. The participants were 30 first-grade children from 12 elementary schools in Kuhdasht City, who were randomly assigned to an experimental group ($n = 15$) and a control group ($n = 15$). Children were assessed using a variety of measures, including the Number Sense Brief Screener, Number Knowledge Test, Raven's Colored Progressive Matrices Test, Child Symptom Inventory, and Working Memory Index of the Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC-V), and Number Sets Test. The computer-assisted working memory training programme was conducted three times a week for six weeks. Results showed a significant improvement in both working memory ($p = .002$) and mathematical performance ($p = .0001$) of the control group compared to the control group in post-test and follow-up phase. Findings show that working memory training can enhance working memory in children at risk of mathematical learning difficulties (near transfer) and help optimize these children's mathematical performance potential (far transfer).

Keywords: Working memory programme, Working memory, Mathematical performance, Mathematical learning difficulties, Elementary school

Introduction

Research has demonstrated the academic benefits of working memory training in typically developing preschool and kindergarten children (Honore & Noel, 2017), those with attention and working memory deficits (Bergman-Nutley & Klingberg, 2014), and children with math dyscalculia in the later years of elementary school (Layes et al., 2018). However, the benefits of implementing

¹. Ph.D. in Educational Psychology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. Email:k-azimi@stu.scu.ac.ir

². Corresponding author: Professor in the Department of Psychology, Faculty of Education and Psychology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. Email: m.shehniyailagh@scu.ac.ir

³. Associate Professor in the Department of Psychology, Faculty of Education and Psychology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. Email: a.haji@scu.ac.ir

⁴. General Physician in Ahvaz, Iran. Email: maneli.karamzadeh@gmail.com



cognitive intervention programs, including working memory training, for first-grade children at risk of mathematical learning difficulties are still unclear. So far, only one study has investigated this issue internationally (Munez et al., 2022). Additionally, very few empirical studies include follow-up evaluations. Most importantly, it is uncertain whether the positive effects observed in laboratory settings can be replicated in real-world learning environments. Therefore, the present study aimed to determine the effects of near and far transfer of working memory training on working memory ability and mathematical performance of children at risk of mathematical learning difficulties in the first grade of elementary school in an educational setting.

Method

The current study is a field experiment utilizing a pre-test, post-test, and follow-up design with a control group. The participants were 30 first-grade children from 12 elementary schools in Kuhdasht city, who were randomly assigned to an experimental group ($n = 15$) and a control group ($n = 15$). Children were assessed using a variety of measures, including the Number Sense Brief Screener (Jordan et al., 2010), Number Knowledge Test (Griffin, 2010), Raven's Colored Progressive Matrices Test (Raven et al., 1998), Child Symptom Inventory (Gadow & Sprafkin, 1994), Working Memory Index of the Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC-V, Groth-Marnat & Wright, 2016), and Number Sets Test (Geary et al., 2009). The computer-assisted working memory training programme was conducted three times a week for six weeks. Data were analyzed using AMOS (version 24) and SPSS (version 26) programs.

Findings

The descriptive data for the control and the experimental groups is discussed. In Table 1 the descriptive data for the experimental group and the control group for all measures on the pre-, post-, and follow-up tests are presented. At the pre-test, there were significant differences on visual working memory and mathematical performance between the groups in favor of the control group.

Table 1. Means and standard deviations of the test scores on the pre-, post-, and follow-up tests for the experimental group ($n = 15$) and the control group ($n = 15$)

	Experimental group		Control group	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Pre-test				
Working memory	19.87	4.48	20.67	3.14
Mathematical performance	3.30	1.01	3.41	0.83
Post-test				
Working memory	28.09	3.50	23.52	3.15
Mathematical performance	5.04	0.85	3.63	1.21
Follow-test				
Working memory	26.19	3.90	23.05	3.47
Mathematical performance	4.87	1.04	3.48	0.94

The MANCOVA results indicated that the experimental and control groups differed significantly in at least one of the dependent variables. This conclusion is based on the findings from the Wilks' Lambda test conducted during both the post-test ($F(2,25) = 7.89, p = .002$) and follow-up ($F(2,25) = 18.62, p = .0001$) stages. To determine this difference, an ANCOVA within a MANCOVA was conducted on the post-test and follow-up scores of the dependent variables. The results showed that the F values of the ANCOVA for working memory ability and mathematical performance in both the post-test ($F(1,26) = 12.06, p = .002, F(1,26) = 7.84, p = .009$) and follow-up phases ($F(1,26) = 25.09, p = .0001, F(1,26) = 9.81, p = .004$) were statistically significant.

Discussion and Conclusion

The results indicated that after adjusting for pre-test scores, a group of children who underwent working memory training, experienced a significant increase in their working memory abilities (near transfer effects) and mathematical performance (far transfer effects) compared to the control group. This improvement was observed in both the post-test and follow-up assessments. These encouraging findings are consistent with previous research on children with typical development, low socioeconomic status, and disabilities (Honore & Noel, 2017; Munez et al., 2022). The limitations of this study include a relatively small sample size and the use of an inactive control group. Researchers should consider examining and replicating the results of this study with a larger sample size across various schools, potentially nationwide, and including an active control group. In summary, the computer-assisted working memory training programme can effectively improve the working memory abilities and mathematical performance of children at risk of mathematical learning difficulties in school and classroom settings.

مقاله پژوهشی

تأثیر انتقال نزدیک و دور برنامه رایانه‌ی آموزش و به‌سازی حافظه کاری بر توانمندی حافظه کاری و عملکرد ریاضی کودکان ایرانی در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی

کامیار عظیمی^۱، منیجه شهینی ییلاق^۲ ID*، علیرضا حاجی یخچالی^۳، مانلی شهینی کرمزاده^۴

چکیده

توانمندی حافظه کاری یک نقص شناختی حوزه - عام مهم است که می‌تواند قابلیت به خاطر سپردن و استفاده از مفاهیم و رویه‌های ریاضی کودکان در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی را مختل کند. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر برنامه رایانه‌ی آموزش و به‌سازی حافظه کاری بر توانمندی حافظه کاری و عملکرد ریاضی کودکان در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی بود. روش پژوهش آزمایشی میدانی با طرح پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری با گروه گواه بود. شرکت‌کنندگان ۳۰ کودک پایه اول از ۱۲ دبستان در شهرستان کوه‌دشت بودند که با انتساب تصادفی به دو گروه آزمایشی (۱۵ نفر) و گواه (۱۵ نفر) اختصاص داده شدند. کودکان فرم کوتاه غربالگری حس عدد، آزمون دانش عددی، آزمون ماتریس‌های پیش‌رونده ریون رنگی کودکان، سیاهه علائم مرضی کودک، شاخص حافظه کاری مقیاس هوش و کسلر کودکان ویرایش پنجم و آزمون مجموعه‌های عددی را تکمیل کردند. برنامه رایانه‌ی آموزش و به‌سازی حافظه کاری ۳ روز در هفته و به مدت ۵ هفته اجرا شد. بر اساس نمره‌های پس‌آزمون، کودکانی که در برنامه رایانه‌ی آموزش و به‌سازی حافظه کاری شرکت کردند، در مقایسه با گروه گواه، هم در توانمندی حافظه کاری ($d = 0.39$) و هم در عملکرد ریاضی ($d = 0.60$) بهبودی معنادار نشان دادند. این پیشرفت‌ها در طول دوره پیگیری حفظ شدند. شواهد تجربی این مطالعه نشان می‌دهد آموزش حافظه کاری می‌تواند توانمندی حافظه کاری را در کودکان در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی بهبود بخشد (انتقال نزدیک) و به بهینه‌سازی پتانسیل عملکرد ریاضی این کودکان کمک کند (انتقال دور).

واژه‌های کلیدی: برنامه رایانه‌ی آموزش و به‌سازی حافظه کاری، توانمندی حافظه کاری، عملکرد ریاضی، کودکان در معرض خطر مشکلات یادگیری، دبستان.

۱. دکتری روانشناسی تربیتی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

ایمیل: kamyarazemi@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول

استاد گروه روانشناسی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

ایمیل: m.shehniyailagh@scu.ac.ir

۳. دانشیار، گروه روانشناسی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

ایمیل: a.haji@scu.ac.ir

۴. پزشک عمومی، مطب خصوصی، اهواز، ایران.

ایمیل: maneli.karamzadeh@gmail.com



مقدمه

عملکرد ریاضی^۱ به توانایی فرد برای استدلال و حل مسائل ریاضی از طریق فرمول‌بندی، به‌کارگیری و تفسیر ریاضیات در زمینه‌های مختلف دنیای واقعی اشاره دارد (Wang et al., 2022). این عملکرد به عنوان بخشی از برنامه ارزیابی بین‌المللی دانش‌آموزان (پیزا)^۲ توجهی گسترده از جامعه آموزشی را به خود جلب کرده است (Gjicali & Lipnevich, 2021). در قرن بیست‌ویکم، دانش ریاضی به مثابه کلید ارتقای رشد حوزه شناختی و یک پشتیبان تحصیلی و اقتصادی برای کودکان محسوب می‌شود که پایه عملکرد ریاضی موفقیت‌آمیز و مهارت‌های شغلی آن‌ها را فراهم می‌کند (Lavidas et al., 2022). یافته‌های اخیر نشان می‌دهد در سراسر جهان تعداد کودکانی که به دانش ریاضی و عملکرد ریاضی موفقیت‌آمیز در طول تحصیلات دبستان دست نمی‌یابند، از ۱۵ درصد در آمریکای شمالی و اروپا تا حدود ۸۵ درصد در کشورهای جنوب صحرای آفریقا متغیر است (UNESCO Institute for Statistics, 2017). این ارقام به‌وضوح بیشتر از مطالعات مربوط به محاسبه پریشی رشدی^۳ با تخمین شیوع ۴ تا ۷ درصد هستند (Fengjuan & Jamaludin, 2023).

در حالی که در محاسبه پریشی رشدی، مشکلات ریاضی ناشی از عوامل عصب‌شناختی کم‌وبیش ویژه ساختار مغزی کودکان هستند (Nelson et al., 2022)، بخشی بزرگ‌تر از جمعیت کودکان در سنین مدرسه جهان را افراد در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی^۴ تشکیل می‌دهند (شیوع ۱۵ تا ۳۳ درصد). این کودکان با ویژگی عملکرد ریاضی پایین نشان می‌دهند بیشتر مشکلات یادگیری ریاضی مربوط به اثر متقابل عوامل محیطی، مانند کیفیت آموزش و فرصت برابر برای یادگیری و نه رشد اولیه نارس و یادگیری ضعیف در محیط خانه هستند (Lopez-Pedersen et al., 2023). بر اساس گزارش سنجش ملی پیشرفت تحصیلی (NAEP)^۵ در سال ۲۰۱۹، شکاف عملکرد موفقیت‌آمیز میان کودکان در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی و کودکان با رشد عادی در دهه گذشته افزایش یافته است (National Center for Education Statistics, 2019). این امر بیانگر نگرانی فزاینده درباره شیوع مشکلات یادگیری ریاضی است.

به‌تازگی، چندین مطالعه و فراتحلیل پروفایل‌های نقص شناختی کودکان دارای مشکلات یادگیری ریاضی را بررسی کرده و نشان داده‌اند عملکرد ریاضی نه فقط از طریق شایستگی‌های عددی حوزه - خاص^۶ (توانایی‌های تأثیرگذار در یادگیری انواع خاصی از حوزه‌های تحصیلی)، بلکه با رشد توانمندی‌های شناختی حوزه - عام^۷ (توانایی‌های تأثیرگذار در یادگیری همه انواع حوزه‌های تحصیلی) نیز همراه است (Agostini et al., 2022; Bergman-Nutley & Soderqvist, 2017; Mononen et al., 2022). به‌طور ویژه، شواهد تجربی در علوم اعصاب شناختی و مدل‌های رشد شناختی عددی نشان داده است از میان توانمندی‌های شناختی حوزه - عام، حافظه کاری^۸ نقش کلیدی در ریاضیات، به ویژه عملکرد ریاضی کودکان در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی ایفا می‌کند (Swanson et al., 2022). حافظه کاری به فضای کاری ذهنی اشاره دارد که فرد را قادر می‌سازد تا اطلاعات را در ذهن نگهداری کند؛ در حالی که هم‌زمان تکالیف شناختی پیچیده دیگری را انجام می‌دهد (Passolunghi & Costa, 2019). از آنجا که ظرفیت حافظه کاری محدود است، از آن به عنوان «گلوگاه یادگیری در فعالیت‌های کلاسی» نیز یاد می‌شود (Winkel & Zipperle, 2023). مطابق

¹ mathematical performance

² Program for International Student Assessment (PISA)

³ developmental dyscalculia

⁴ at risk for mathematical learning difficulties

⁵ National Assessment of Educational Progress

⁶ domain-specific

⁷ domain-general

⁸ working memory

مدل چندمؤلفه‌ای حافظه کاری بدلی و هیچ، حافظه کاری متشکل از دو سیستم تابع حلقه واج‌شناختی^۱ و لوح دیداری - فضایی^۲ است که به ترتیب برای ذخیره‌سازی موقت و تکرار اطلاعات کلامی و دیداری - فضایی تخصیص یافته‌اند و نیز مشتمل بر یک سازوکار مجری مرکزی^۳ است که فعالیت‌های دو واحد تابع را هماهنگ می‌کند و طیفی وسیع از کارکردها، مانند کنترل توجه را سرپرستی می‌کند (Baddeley & Hitch, 1974). به تازگی، مؤلفه چهارمی به نام میانگیر رویدادی^۴ به حافظه کاری اضافه شده است که مسئول تلفیق و یکپارچه‌سازی اطلاعات بخش‌های مختلف حافظه کاری و حافظه بلندمدت است (Baddeley, 2000). در واقع، اعتقاد بر این است که حتی ساده‌ترین محاسبات ریاضیات و انجام تکالیف عددی مستلزم فرآیندهای حافظه کاری، از جمله ذخیره موقت اطلاعات، بازیابی فرآیندهای مربوط و عملیات پردازش برای تبدیل اطلاعات به خروجی عددی هستند (Passolunghi & Costa, 2019)؛ بنابراین، هم‌سو با چارچوب نظری رشد ریاضی و متعاقب آن، فرضیه نقص شناختی گیری و هوارد، می‌توان استدلال کرد سامانه‌های شناختی زیربنایی، از جمله حافظه کاری ضعیف می‌توانند نقص‌هایی در عملکرد ریاضی ایجاد کنند و به عنوان یک امضای شناختی اولیه بر مشکلات یادگیری ریاضی تلقی شوند (Geary & Hoard, 2005).

با توجه به نقش توانمندی حافظه کاری در پیش‌بینی عملکرد ریاضی کودکان، تعدادی از مطالعات حافظه کاری را به عنوان زمینه مداخله برای بهبود توانمندی حافظه کاری و انتقال اثرات آن به دستاوردهای مهم تحصیلی، از جمله عملکرد ریاضی، بررسی کرده‌اند (Klingberg & Sauce, 2022)؛ با این حال، در ادبیات به طور کلی درباره اثرات انتقال آموزش حافظه کاری (انتقال نزدیک^۵ و انتقال دور^۶)، یافته‌ها حاوی نتایج متناقض است. برخی از پژوهش‌های تجربی و فراتحلیل‌هایی در مقیاس بزرگ نشان می‌دهند آموزش حافظه کاری فقط می‌تواند اثرات انتقال نزدیک (بهبود توانمندی حافظه کاری) بدون تعمیم به کارکردهای دیگر داشته باشد (Sala & Gobet, 2020; Honore & Noel, 2017a, 2017b; Melby-Lervag & Hulme, 2013; Ang et al., 2015; Ramani et al., 2020). در مقابل، پژوهش‌های دیگر شواهدی برای اثرات محدود و کوتاه‌مدت انتقال آموزش حافظه کاری به سایر کارکردها، به ویژه عملکرد ریاضی (اثرات انتقال دور) ارائه می‌دهند (آقایی‌نابت و همکاران، ۱۳۹۷؛ نیکویخت و همکاران، ۱۳۹۸؛ Munez et al., 2022؛ Layes et al., 2018؛ Nelwan & Kroesbergen, 2016؛ Bergman-Nutley & Klingberg, 2014). احتمال می‌رود تأثیر آموزش حافظه کاری بر عملکرد ریاضی غیرمستقیم است و به بهبود توانمندی حافظه کاری بستگی دارد.

در رابطه با نتایج متناقض، باید پژوهش‌ها را در پرتو چند کاستی مهم روش‌شناختی مشاهده کرد. ملی-لرواگ و هولم پیشنهاد کردند برای ارزیابی اثرات آموزش حافظه کاری، تخصیص تصادفی به گروه‌ها و همچنین، فراهم کردن یک گروه گواه مناسب ضروری است (Melby-Lervag & Hulme, 2013). افزون بر این، به دلیل وقفه‌ها و فعالیت‌های فوق‌برنامه، کاربست مقدار توصیه‌شده آموزش در یک محیط تحصیلی واقعی بسیار دشوار است (Munez et al., 2022). با توجه به این واقعیت که آموزش حافظه کاری به طور کلی در مدارس اجرا می‌شود، متناسب کردن آموزش با نیازها و برنامه‌های فردی دانش‌آموزان می‌تواند عاملی مهم باشد که باید در نظر گرفته شود.

با توجه به مطالب یادشده، اگرچه تعداد مداخلات شناختی برای کودکان به طور جالب توجه افزایش داشته است، هنوز شکاف‌هایی در ادبیات وجود دارند که خواستار پژوهش‌های بیشتر هستند. به طور ویژه، اکثریت مطالعات مداخله‌ای قبلی مزایای تحصیلی آموزش حافظه کاری در کودکان پیش‌دبستانی یا مهدکودک با رشد عادی (Honore & Noel, 2017a)، کودکان دارای

¹ phonological loop

² visuo-spatial sketchpad

³ central executive

⁴ episodic buffer

⁵ near transfer

⁶ far transfer

توجه و حافظه کاری ضعیف (Bergman-Nutley & Klingberg, 2014) و کودکان مبتلا به محاسبه‌پریشی ریاضی در سال‌های آخر دبستان (Layes et al., 2018) را گزارش کرده‌اند؛ با وجود این، سودمندی اثرات انتقال برنامه‌های مداخله‌ای شناختی، از جمله آموزش حافظه کاری برای کودکان در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی پایه اول دبستان، تا حدی زیاد ناشناخته باقی مانده است. تا کنون یک مطالعه آن هم در سطح بین‌المللی این موضوع را کاوش کرده است (Munez et al., 2022). افزون بر این، پژوهش‌های تجربی بسیار معدودی تا به امروز شامل ارزیابی‌های پیگیری می‌شوند. این امر حائز اهمیت است؛ زیرا بسیاری از اثرات مداخله‌ای آموزشی موفق برای ریاضیات زمانی که مزایای بلندمدت آن‌ها بررسی می‌شوند، موقتی به نظر می‌رسند. مهم‌تر از همه، مشخص نیست که آیا اثرات مثبتی که در محیط‌های آزمایشی یا کنترل‌شده آزمایشگاهی گزارش شده‌اند، می‌توانند در زمینه‌های یادگیری واقعی تکرار شوند. انتقال اثرات برنامه‌های آموزش حافظه کاری به پشتیبانی و نظارت فردی نیاز دارد که در محیط‌های یادگیری معمول با زمان محدود برنامه درسی، گرایش‌های متفاوت معلمان و تعامل دانش‌آموزان چالش‌برانگیز است.

روی هم‌رفته، برای بررسی شکاف‌های پژوهشی یادشده، مطالعه حاضر با هدف تعیین اثرات انتقال نزدیک و دور آموزش حافظه کاری در جمعیت کودکان در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی پایه اول دبستان ایرانی انجام شد. به طور ویژه، تأثیر آموزش حافظه کاری بر توانمندی حافظه کاری و عملکرد ریاضی کودکان در معرض خطر مشکلات یادگیری پایه اول دبستان در یک محیط تحصیلی بررسی شد. سه پرسش این پژوهش را هدایت می‌کنند:

۱. آیا می‌توان توانمندی حافظه کاری کودکان در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی پایه اول دبستان را از طریق برنامه رایانه‌ی آموزش و به‌سازی حافظه کاری بهبود بخشید (انتقال نزدیک)؟
۲. آیا می‌توان عملکرد ریاضی کودکان در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی پایه اول دبستان را از طریق برنامه رایانه‌ی آموزش و به‌سازی حافظه کاری بهبود بخشید (انتقال دور)؟
۳. آیا میزان بهبود توانمندی حافظه کاری و عملکرد ریاضی کودکان در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی پایه اول دبستان در بلندمدت (۶ هفته بعد از مداخله) نیز پایدار است؟

روش پژوهش

پژوهش حاضر آزمایشی میدانی با طرح پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری^۱ با گروه گواه است. در مجموع، شرکت‌کنندگان ۳۰ نفر بودند که از مدارس ابتدایی شهرستان کوه‌دشت با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی چندمرحله‌ای انتخاب شدند؛ به این ترتیب که از بین نواحی دوگانه آموزش و پرورش شهر کوه‌دشت، دوازده دبستان (شش دبستان دخترانه و شش دبستان پسرانه) به صورت تصادفی برگزیده شدند. سپس، از بین این دبستان‌ها، دوازده کلاس پایه اول (شش کلاس دخترانه و شش کلاس پسرانه) به طور تصادفی انتخاب شدند و بعد از تهیه فهرست افراد کلاس‌های منتخب، از هر کلاس ۲۰ کودک به صورت تصادفی تعیین (روی هم‌رفته ۲۴۰ کودک) و با کسب رضایت والدین، در اواخر پاییز سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۱، به منظور واجد شرایط بودن برای ورود به ادامه مطالعه، غربالگری مقدماتی شدند. فرآیند غربالگری شامل دو ابزار استاندارد، یعنی فرم کوتاه غربالگری حس عدد^۲ (Jordan et al., 2010) و آزمون دانش عددی^۳ (Griffin, 2009) بود. نمره کل حاصل از ترکیب نمره‌های دو آزمون، معتبرترین شاخص برای استفاده در هدف‌های تشخیصی است. در نهایت، با توجه به ملاک‌های ورود (قرار گرفتن در دامنه سنی ۶ تا ۷ سال، داشتن هوش‌بهر متوسط

^۱ Pretest, Posttest, Follow-Up Design

^۲ Number Sense Brief Screener

^۳ Number Knowledge Test

به بالا، نداشتن اختلال‌های ارتباطی، حرکتی و جسمانی شدید، مانند نقص شنوایی و بینایی بر اساس پرونده سلامت کودکان در دبستان، مبتلا نبودن به اختلال‌های همایند عصبی - تحولی، مانند اختلال کاستی توجه/بیش‌فعالی یا اختلال‌های دیگر، مانند اختلال-های اضطرابی و افسردگی و عدم دریافت هیچ برنامه آموزشی حافظه کاری مکمل) و خروج (عدم تمایل به شرکت در فرآیند تشخیص و مداخله و غیبت بیش از سه جلسه در فرآیند مداخله) به پژوهش، تعداد ۴۷ نفر از شرکت‌کنندگان، شرایط انتخاب به عنوان نمونه هدف را کسب کردند؛ با وجود این، ۱ نفر از شرکت‌کنندگان تمایل به ادامه همکاری نداشت و از فرآیند انتخاب نمونه هدف کنار گذاشته شد و مطالعه با ۴۶ نفر از کودکان دارای شرایط مداخله ادامه یافت. پس از تهیه فهرستی از ۴۶ نفر شرکت‌کننده حائز شرایط مداخله و قبل از گمارش تصادفی آن‌ها در شرایط گروه‌های آزمایشی و گواه، به صورت جداگانه نمره‌های خام فرم کوتاه غربالگری حس عدد و آزمون دانش عددی آن‌ها به نمره‌های استاندارد تبدیل و سپس، این نمره‌های استاندارد با هم ترکیب شدند تا برای هر کودک واجد شرایط یک نمره کل ایجاد شود. نمره کل کودکان به ترتیب رتبه داده شد و تعداد ۳۰ نفر از کودکانی که دارای پایین‌ترین نمره کل بودند، به شیوه تصادفی در یکی از دو شرایط گروه آزمایشی برنامه «رایانه‌یار آموزش و به‌سازی حافظه کاری» (۱۵ نفر) و گروه گواه بدون دریافت مداخله (۱۵ نفر) گمارده شدند. گفتنی است، هیچ کدام از شرکت‌کنندگان فرآیند مداخله را ترک نکردند و هر دو گروه (گروه آزمایشی و گروه گواه) فاقد ریزش نمونه تا پایان فرآیند مداخله بودند.

ابزار پژوهش

فرم کوتاه غربالگری حس عدد: فرم کوتاه غربالگری حس عدد یک ابزار مبتنی بر پژوهش و زمان‌بندی نشده برای غربالگری کودکان در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی سنین پیش‌دبستان و پایه اول دبستان است که به صورت فردی اجرا می‌شود (Jordan et al., 2010). این ابزار دارای ۳۳ ماده است که اصول و مهارت‌های شمارش، بازشناسی عدد، مقایسه عدد، محاسبه غیرکلامی، مسائل داستانی و ترکیبات عددی جمع/تفریق را ارزیابی می‌کنند. ماده‌های آزمون به صورت درست (۱) یا نادرست (۰) نمره‌گذاری می‌شوند و نمره خام کل آزمون در دامنه صفر تا ۳۳ متغیر است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند = فرم کوتاه غربالگری حس عدد از روایی، دقت تشخیصی (روایی بالینی) و پایایی (۰/۸۷) مطلوبی برخوردار است (Marcelino et al., 2017). به طور مشابه، قاسمی و همکاران (۱۳۹۶) ضریب پایایی این آزمون را با روش آلفای کرونباخ ۰/۸۸ گزارش کردند. در این مطالعه، روایی فرم کوتاه غربالگری حس عدد با استفاده از روش تحلیل عاملی تأییدی ارزیابی شد. نتایج برازش مطلوب مدل با داده‌ها را نشان داد ($\chi^2/df = 2/579$, CFI = ۰/۹۵۱, = ۰/۹۴۴, TLI = ۰/۹۶۷, GFI = ۰/۰۷۱, RMSEA = ۰/۰۷۱). افزون بر این، پایایی همسانی درونی کلی فرم کوتاه غربالگری حس عدد با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ ۰/۹۰ و برای اصول و مهارت‌های شمارش، بازشناسی عدد، مقایسه عدد، محاسبه غیرکلامی، مسائل داستانی و ترکیبات عددی جمع/تفریق به ترتیب برابر ۰/۷۹، ۰/۷۸، ۰/۸۷، ۰/۷۵، ۰/۹۰، و ۰/۷۷ به دست آمد.

آزمون دانش عددی: آزمون دانش عددی یک ابزار شفاهی ۳۶ ماده‌ای است که با هدف مستندسازی درک شهودی کودکان از اعداد، در چهار سطح پیچیدگی مفهومی (سطح ۰، ۱، ۲ و ۳) مرتبط با سن (۴، ۶، ۸ و ۱۰ سال) سامان‌دهی شده است (Griffin, 2009). این آزمون به صورت فردی اجرا می‌شود و به عنوان ابزاری برای شناسایی کودکان در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی به رسمیت شناخته شده است (Garon-Carrier et al., 2018). با توجه به نمونه مطالعه حاضر، آزمون در سطح مقدماتی اجرا شد که در آن کودک شروع به شمارش از ۱ تا ۱۰ کرد. سپس، اجرای آزمون با ماده‌های سطح (۰) و سطح (۱) ادامه می‌یابد. برای گذر از سطح (۰) به سطح (۱) دست‌کم سه پاسخ صحیح و برای گذر از سطح (۱) به سطح (۲) پنج پاسخ صحیح لازم است. در صورت عدم پاسخ‌دهی کودک به تعداد ماده‌های معین برای هر سطح، آزمون به پایان می‌رسد. هر ماده آزمون به شکل درست (۱) یا نادرست (۰) نمره‌گذاری می‌شود. گفتنی است، برخی از ماده‌ها دارای دو بخش (الف و ب) هستند که هر دوی آن‌ها باید برای گرفتن نمره ۱ به درستی پاسخ

داده شوند. اگر یک یا هر دو بخش یک ماده نادرست پاسخ داده شود، هیچ نمره‌ای به آن اختصاص داده نمی‌شود. مجموع نمره خام آزمون برای سطوح صفر و سطوح ۱ ممکن است از صفر تا ۱۴ متغیر باشد. اگر نمره کل کودک یک یا دو سطح پایین‌تر از محدوده تعیین‌شده سنی او باشد، به عنوان در معرض خطر مشکلات یادگیری تشخیص داده می‌شود. روایی آزمون دانش عددی مطلوب نشان داده شده است (Vignoles et al., 2015). از لحاظ پایایی، گارون-کریر و همکاران ضریب پایایی این ابزار را به روش آلفای کرونباخ برابر ۰/۹۲ و به شیوه بازآزمایی برابر ۰/۸۲ گزارش کردند (Garon-Carrier et al., 2018). قاسمی و همکاران (۱۳۹۶) ضریب پایایی این آزمون را به شیوه آلفای کرونباخ ۰/۹۳ به دست آوردند. در این مطالعه، نتایج نشان داد روایی سازه آزمون دانش عددی از طریق تحلیل عاملی تأییدی تأیید می‌شود ($\chi^2/df = 2/495$, $CFI = 0/947$, $TLI = 0/915$, $GFI = 0/939$, $RMSEA = 0/069$). به علاوه، ضرایب پایایی کلی آزمون دانش عددی به شیوه همسانی درونی با استفاده از روش آلفای کرونباخ ۰/۸۷ و برای ماده‌های سطح صفر و سطح ۱ به ترتیب برابر ۰/۸۵ و ۰/۷۵ احراز شدند.

آزمون ماتریس‌های پیشرونده ریون رنگی کودکان: در مطالعه حاضر، توانایی هوشی شرکت‌کنندگان با آزمون ماتریس‌های پیشرونده ریون رنگی^۱ کودکان (Raven et al., 1998) ارزیابی شد. این آزمون برای اندازه‌گیری فرایندهای شناختی (مانند ایجاد روابط ادراکی و استدلال قیاسی) مستقل از زبان و تحصیلات رسمی (تحصیلات مدرسه‌ای) کودکان ۵ تا ۱۱ سال طراحی شده است که بر اساس راهنمای ماتریس‌های پیشرونده ریون رنگی، به صورت فردی و بدون محدودیت زمانی اجرا می‌شود. ماتریس‌های پیشرونده ریون رنگی کودکان از یک آزمون ۳۶ ماده‌ای غیرکلامی تشکیل شده‌اند که به صورت سه مجموعه ۱۲ ماده‌ای (مجموعه A، مجموعه Ab و مجموعه B) ارائه می‌شوند (Bildiren, 2017). نمره‌گذاری آزمون ماتریس‌های پیشرونده ریون رنگی کودکان به صورت یک و صفر است؛ به این ترتیب که به پاسخ‌های درست (۱) و پاسخ‌های نادرست (۰) تعلق می‌گیرد. کمینه و بیشینه نمره‌ای که کودک می‌تواند در این آزمون کسب کند، از صفر تا ۳۶ متغیر است. روایی این آزمون در بیشتر مطالعات تأیید شده است (برای مثال، Bildiren, 2017؛ رجبی، ۱۳۸۷). از لحاظ پایایی، بیلدیرن نشان داد آزمون ماتریس‌های پیشرونده ریون رنگی کودکان ضریب همسانی درونی بالایی به روش آلفای کرونباخ (۰/۸۳) دارد (Bildiren, 2017). همچنین، رجبی (۱۳۸۷) ضریب پایایی این آزمون را به روش بازآزمایی ۰/۸۷ گزارش کرد. در این مطالعه، روایی سازه این آزمون به روش تحلیل عاملی تأییدی مناسب احراز شد ($\chi^2/df = 2/698$, $CFI = 0/911$, $RMSEA = 0/015$, $GFI = 0/922$, $TLI = 0/927$). به علاوه، ضرایب پایایی کلی این آزمون به شیوه همسانی درونی با استفاده از روش آلفای کرونباخ ۰/۸۴ و برای مجموعه A، مجموعه Ab و مجموعه B به ترتیب برابر ۰/۷۹، ۰/۸۲ و ۰/۷۴ به دست آمدند.

سیاهه علائم مرضی کودک، ویرایش چهارم (CSI-4): در مطالعه حاضر، از سیاهه علائم مرضی کودک^۲، ویرایش چهارم (CSI-4)، برای ارزیابی اختلال‌های کاستی توجه/بیش‌فعالی (۱۸ گویه)، اضطراب فراگیر (۹ گویه) و افسردگی اساسی (۸ گویه) استفاده شد. این سیاهه توسط گادو و اسپرافکین و بر اساس طبقه‌بندی چهارم ویراست راهنمای تشخیصی و آماری اختلالات روانی^۳ برای غربال کردن ۱۸ اختلال رفتاری و هیجانی در کودکان ۵ تا ۱۲ سال طراحی و تنظیم شده است (Gadow & Sprafkin, 1994). سیاهه علائم مرضی کودک، ویرایش چهارم (CSI-4)، مانند نسخه‌های پیشین حاوی دو فرم والد (۹۷ ماده) و معلم (۷۷ ماده) است و زمان اجرای آن حدوداً ۱۰ تا ۱۵ دقیقه طول می‌کشد. در این پژوهش، از فرم والد استفاده شد. در این مطالعه، از «نمره برش غربال‌کننده» برای نمره-گذاری استفاده شد؛ به این صورت که به گزینه‌های «هرگز» و «گاهی» نمره (۰) و به پاسخ‌های «اغلب» و «بیشتر اوقات» نمره (۱) اختصاص داده شد. سپس، نمره حاصل از هر اختلال با نمره معیار اختلال که منبع آن همان ملاک‌های راهنمای تشخیصی و آماری اختلالات روانی، ویراست چهارم است، مقایسه شد. اگر نمره حاصل جمع به دست آمده مساوی یا بیشتر از نمره معیار اختلال باشد،

¹ Raven's Colored Progressive Matrices Test

² Child Symptom Inventory

³ Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorder (DSM-IV)

نمره برش غربال‌کننده «بلی» خواهد بود که نشان‌دهنده وجود اختلال در کودک است. در صورتی که نمره کسب‌شده کمتر از نمره معیار اختلال باشد، نمره برش غربال‌کننده «خیر» خواهد بود که بیانگر فقدان اختلال در کودک است. روایی همگرا، واگرا و سودمندی بالینی سیاهه علائم مرضی کودک، ویرایش چهارم (CSI-4)، در پژوهش‌های متعدد تأیید شده‌اند (محمد اسماعیل، ۱۳۸۶). از نظر پایایی، گادو و اسپرافکین ضرایب همسانی درونی را برای اختلال‌های کاستی توجه/بیش‌فعالی ۰/۸۷ تا ۰/۹۱، اضطراب فراگیر ۰/۶۹ تا ۰/۷۵ و افسردگی اساسی ۰/۶۳ تا ۰/۶۹ گزارش کردند (Gadow & Sprafkin, 2002). محمد اسماعیل و علی‌پور (۱۳۸۱) نیز ضرایب پایایی این ابزار را به روش بازآزمایی برای اختلال‌های کاستی توجه/بیش‌فعالی، اختلال اضطراب فراگیر و اختلال افسردگی اساسی به ترتیب برابر ۰/۶۰، ۰/۶۲ و ۰/۵۶ به دست آوردند. در مطالعه حاضر، نتایج حاصل از تحلیل عاملی تأییدی حکایت از برازش مطلوب مدل با داده‌ها دارد ($\chi^2/df = 2/331$, CFI = ۰/۹۲۲, TLI = ۰/۹۴۹, GFI = ۰/۹۵۳, RMSEA = ۰/۰۵۳). علاوه بر این، پایایی کلی این ابزار با استفاده از روش آلفای کرونباخ ۰/۸۹ و برای اختلال‌های کاستی توجه/بیش‌فعالی، اختلال اضطراب فراگیر و اختلال افسردگی اساسی به ترتیب برابر ۰/۸۲، ۰/۷۲ و ۰/۸۸ به دست آمد.

شاخص حافظه کاری مقیاس هوش و کسلر کودکان، ویرایش پنجم نسخه ایرانی: توانمندی حافظه کاری با استفاده از شاخص حافظه کاری مقیاس هوش و کسلر کودکان، ویرایش پنجم^۱ نسخه ایرانی (گراث مارنات و رایت، ۱۳۹۷) که شامل دو خرده‌آزمون فراخوانی ارقام (۲۷ ماده) و فراخوانی تصویر (۲۶ ماده) است، اندازه‌گیری شد. خرده‌آزمون فراخوانی تصویر حاوی ۲۶ ماده است. خرده‌آزمون‌های فراخوانی ارقام و فراخوانی تصویر به صورت فردی اجرا می‌شوند. در خرده‌آزمون فراخوانی ارقام، کمینه و بیشینه نمره کلی از ۰ تا ۵۴ متغیر است؛ در حالی که کمینه و بیشینه مجموع نمره فراخوانی تصویر از ۰ تا ۴۹ متغیر است. در مجموع، نمره‌های خام دو خرده‌مقیاس فراخوانی ارقام و فراخوانی تصویر به نمره‌های تراز تبدیل و سپس، نمره‌های تراز شده با هم ترکیب می‌شوند تا نمره شاخص حافظه کاری به دست آید. پژوهش‌ها نشان داده‌اند مقیاس هوش و کسلر کودکان، ویرایش پنجم، دارای روایی سازه خوبی است (Niileksela & Reynolds, 2019؛ کرمی و همکاران، ۱۳۹۹). از لحاظ پایایی نیز، شواهدی از همسانی درونی قابل قبول برای خرده‌آزمون‌های فراخوانی ارقام (۰/۹۱) و فراخوانی تصویر (۰/۸۵) احراز شد (Niileksela & Reynolds, 2019). همچنین، کرمی و همکاران (۱۳۹۹) ضرایب پایایی خرده‌آزمون‌های فراخوانی ارقام و فراخوانی تصویر را به ترتیب برابر ۰/۷۵ و ۰/۸۹ گزارش کردند. در این مطالعه، نتایج به دست آمده از تحلیل عاملی تأییدی بیانگر مطلوب بودن روایی این ابزار بود ($\chi^2/df = 2/601$, CFI = ۰/۹۵۴, RMSEA = ۰/۰۵۰, GFI = ۰/۹۰۳, TLI = ۰/۸۱). علاوه بر این، ضرایب پایایی کلی این ابزار به روش همسانی درونی با استفاده از روش آلفای کرونباخ ۰/۸۱ و برای خرده‌آزمون‌های فراخوانی ارقام و فراخوانی تصویر به ترتیب برابر ۰/۷۷ و ۰/۸۴ کسب شدند.

آزمون مجموعه‌های عددی: عملکرد ریاضی با آزمون مجموعه‌های عددی^۲ (Geary et al., 2009) سنجیده شد. این آزمون یک ابزار زمان‌بندی شدهٔ مداد و کاغذی است که توانایی ارزیابی پردازش سریع و دقیق کمیت‌های به تصویر کشیده شده را با دو نوع محرک اعداد عربی^۳ و مجموعهٔ اشیاء^۴ دارد. در این ابزار، ۳۶ محرک به صورت دومینوهای دو یا سه‌مربعی به هم چسبیده از اعداد عربی، اشیاء یا ترکیبی از این دو به کودکان ارائه می‌شوند و از آن‌ها خواسته می‌شود تا بدون پرش از هر خط صفحه، از چپ به راست حرکت کنند و هرچه سریع‌تر و دقیق‌تر، دور ماده‌هایی که با یک شماره هدف (۵ یا ۹) مطابقت دارند، بدون اشتباه خط بکشند. آزمونگر با توضیح دو ماده که با شماره هدف «۴» مطابقت دارند، شروع می‌کند. سپس، از شماره هدف «۳» برای تمرین استفاده می‌کند. بعد از آن، فعالیت‌های اصلی اجرا می‌شوند. در هر صفحه، برای کامل کردن شماره‌های هدف «۵» و «۹» به کودکان، به ترتیب ۶۰ و ۹۰ ثانیه زمان داده می‌شود. این آزمون می‌تواند به صورت فردی یا گروهی انجام شود و برای تکمیل آن ۱۰ دقیقه زمان نیاز است. پاسخ‌ها به

¹ Wechsler Intelligence Scale for Children - Fifth Edition

² Number Sets Test

³ Arabic numerals

⁴ objects

صورت درست (۱) و نادرست (۰) با دامنه متغیر بین ۰ تا ۳۶ نمره‌گذاری می‌شوند. با پیروی از گیری و همکاران، نمره‌گذاری این آزمون بر اساس اندازه‌گیری حساسیت پاسخ^۱ (d-prime) است که به صورت تفاوت بین نمره‌های استاندارد Z برای پاسخ‌های درست به هدف (اصابت^۲) و نمره‌های استاندارد Z برای پاسخ‌های نادرست به هدف (هشدارهای کاذب^۳) محاسبه می‌شود. آزمون مجموعه‌های عددی روایی هم‌زمان و پیش‌بین خوبی را در مهدکودک تا پایه سوم نشان داده است (Geary et al., 2009). وی و همکاران ضریب پایایی همسانی درونی آزمون مجموعه‌های عددی را به روش آلفای کرونباخ ۰/۸۸ گزارش کردند (Wei et al., 2018). در این مطالعه، روایی سازه آزمون با استفاده از تحلیل عاملی تأییدی مناسب احراز شد ($\chi^2/df = 2/509$ ، $CFI = 0/973$ ، $TLI = 0/913$ ، $RMSEA = 0/047$ ، $GFI = 0/82$ به دست آمد).

برنامه رایانه‌ی آموزش و به‌سازی حافظه کاری

برنامه رایانه‌ی آموزش و به‌سازی حافظه کاری توسط خدادادی و همکاران (۱۳۸۸) و با همکاری مؤسسه پژوهشی علوم رفتاری - شناختی سینا، بر اساس رویکرد نظری بدلی (Baddeley, 1986) و با الگوبرداری از نسخه خارجی نرم‌افزار روبو ممو^۴ (Klingberg et al., 2005)، سازگار با فرهنگ ایرانی طراحی و روایی محتوایی آن تأیید شده است. این نرم‌افزار رایانه‌ای تمرین‌هایی متنوع را در سه بخش حافظه شنیداری، حافظه دیداری و تثبیت با استفاده از اعداد، حروف و اشکال به شکل تمرین‌های رو به جلو و معکوس ارائه می‌دهد. سطح دشواری در هر تمرین از ۱ تا ۹ طبقه‌بندی شده است. سطح دشواری تکالیف به گونه‌ای طراحی شده است که با پیشرفت مهارت کودک، تکالیف هم به طور پیشرونده دشوارتر می‌شوند. کودکان در حین آموزش، راهبردهای بهبود توانمندی حافظه را فرامی‌گیرند و با دریافت بازخورد از سوی آزمایشگر و پاداش‌های صوتی و تصویری به وسیله نرم‌افزار به ادامه تکلیف ترغیب می‌شوند. در این برنامه آموزشی، ۱۵۰ محرک ارائه شدند که ۲۰ درصد (۳۰ محرک) آن‌ها محرک هدف بودند؛ یعنی محرکی که شرکت‌کننده به آن پاسخ می‌داد. زمان ارائه هر محرک ۲۰۰ هزارم ثانیه و فاصله بین دو محرک ۱ ثانیه بود. انتخاب نوع محرک (عدد، حرف یا شکل) در صفحه مشخصات فردی و تعیین محرک هدف در صفحه نتایج انجام شد. پس از وارد کردن اطلاعات شخصی شرکت‌کننده در قسمت مشخصات فردی، آموزش اجرا می‌شد. گفتنی است، قبل از اجرای آموزش اصلی، ابتدا اجرای آزمایشی و بعد از آن، اجرای اصلی انجام شد. در شروع آغازین بخش آزمایشی و اصلی، توضیحات لازم در صفحه نمایشگر ارائه شد تا آزمایشگر آن را برای شرکت‌کننده به صورت کامل توضیح دهد، بازگو و تفهیم کند. با اعلام آمادگی شرکت‌کننده، آموزش شروع می‌شد. زمان اجرای برنامه رایانه‌ی آموزش و به‌سازی حافظه کاری (هر دو اجرای آزمایشی و اصلی) ۲۰۰ ثانیه بود. این برنامه به علت اینکه محرک‌های دیداری و شنیداری را ارائه می‌دهد، از جذابیت بسیاری برای دانش‌آموزان برخوردار است. مطالعات متعدد روایی برنامه رایانه‌ی آموزش و به‌سازی حافظه کاری را در سطح تجربی و بالینی تأیید کرده‌اند (تیکدری و همکاران، ۱۳۹۹؛ آقایی‌ثابت و همکاران، ۱۳۹۷).

روش اجرا

قبل از شروع فرآیند غربالگری، مداخله و گردآوری داده‌ها، تأیید اخلاقی و مجوز اجرای پژوهش از طریق کمیته اخلاق پژوهش‌های دانشگاه شهید چمران اهواز به شماره EE/1400.2.24.37358/Scu.ac.ir و معاونت آموزش ابتدایی اداره آموزش پرورش شهرستان کوهدشت به شماره ۶۸۶۲/۹۰ کسب شد. سپس، پژوهشگر هدف از مطالعه را برای مدیران و معلمان مدارس انتخاب‌شده به‌منظور آشنایی و برقراری ارتباط با آن‌ها و نیز به والدین یا سرپرست شرکت‌کنندگان به منظور به دست آوردن رضایت آگاهانه

¹ response sensitivity

² hits

³ false alarms

⁴ RoboMemo

توضیح داد؛ به این ترتیب، والدین یا سرپرست هر کودک شرکت‌کننده پیش از وارد شدن به این مطالعه، به طور آگاهانه رضایت خود را اعلام کرد. در آذرماه سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۱، کودکانی که رضایت والدین آن‌ها برای شرکت در مداخله کسب شده بود با استفاده از فرم کوتاه غربالگری حس عدد (Jordan et al., 2010) و آزمون دانش عددی (Griffin, 2009) برای انتخاب نمونه‌ای معرف در طی ۲ جلسه ارزیابی شدند. بعد از شناسایی و انتخاب شرکت‌کنندگان و گماردن آن‌ها به صورت تصادفی به گروه آزمایشی برنامه رایانه‌ی آموزش و به‌سازی حافظه کاری و گروه گواه، در هفته اول دی‌ماه سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۱، کودکان در طول ۲ جلسه تحت ارزیابی‌های پیش‌آزمون در متغیرهای وابسته توانمندی حافظه کاری و عملکرد ریاضی قرار گرفتند. مداخله در بهمن‌ماه سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۱، با گروه آزمایشی، طی ۱۵ جلسه ۳۰ تا ۴۵ دقیقه‌ای، هفته‌ای ۳ جلسه و به مدت ۵ هفته، اجرا شد. این مداخله در حالی انجام شد که کودکان گروه گواه، طبق معمول، آموزش‌های رایج ریاضی خود در کلاس را دریافت کردند. بعد از آخرین جلسه مداخله، کودکان تحت سنجش‌های پس‌آزمون در طی ۲ جلسه قرار گرفتند. ۶ هفته بعد، کودکان دوباره با همان ابزارها و در ۲ جلسه به منظور پیگیری ارزیابی شدند. هم در مرحله پیش‌آزمون و هم در مراحل پس‌آزمون و پیگیری، کودکان به طور جداگانه ارزیابی شدند. هر جلسه ارزیابی در یک اتاق آرام داخل مدارس برگزار شد. خلاصه جلسات آموزشی در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱: خلاصه برنامه رایانه‌ی آموزش و به‌سازی حافظه کاری به تفکیک جلسات

Table 1: Summary of the computer-assisted working memory training program separated by sessions

جلسه	محتوای جلسات
اول	معارفه و برقراری ارتباط دوستانه با کودکان و آشنا کردن آن‌ها با رایانه و ارائه توضیح درباره بخش‌های مختلف نرم‌افزار
دوم	تقویت حافظه دیداری اعداد - رو به جلو (نشان دادن اعداد به کودک و درخواست از او برای بازشناسی آن‌ها)
سوم	تقویت حافظه دیداری حروف - رو به جلو (نشان دادن حروف به کودک و درخواست از او برای بازشناسی آن‌ها)
چهارم	تقویت حافظه دیداری اشکال - رو به جلو (نشان دادن اشکال به کودک و درخواست از او برای بازشناسی آن‌ها)
پنجم	تقویت حافظه دیداری اعداد - معکوس (نشان دادن اعداد به کودک و درخواست از او برای بازشناسی آن‌ها به صورت معکوس)
ششم	تقویت حافظه دیداری حروف - معکوس (نشان دادن حروف به کودک و درخواست از او برای بازشناسی آن‌ها به صورت معکوس)
هفتم	تقویت حافظه دیداری اشکال - معکوس (نشان دادن اشکال به کودک و درخواست از او برای بازشناسی آن‌ها به صورت معکوس)
هشتم	تقویت حافظه شنیداری اعداد - رو به جلو (خواندن اعداد برای کودک و درخواست از او برای یادآوری آن‌ها)
نهم	تقویت حافظه شنیداری حروف - رو به جلو (خواندن حروف برای کودک و درخواست از او برای یادآوری آن‌ها)
دهم	تقویت حافظه شنیداری اشکال - رو به جلو (خواندن اشکال برای کودک و درخواست از او برای یادآوری آن‌ها)
یازدهم	تقویت حافظه شنیداری اعداد - معکوس (خواندن اعداد برای کودک و درخواست از او برای یادآوری آن‌ها به صورت معکوس)
دوازدهم	تقویت حافظه شنیداری حروف - معکوس (خواندن حروف برای کودک و درخواست از او برای یادآوری آن‌ها به صورت معکوس)
سیزدهم	تقویت حافظه شنیداری اشکال - معکوس (خواندن اشکال برای کودک و درخواست از او برای یادآوری آن‌ها به صورت معکوس)
چهاردهم	تثبیت حافظه دیداری اعداد، حروف و اشکال - روبه جلو و معکوس
پانزدهم	تثبیت حافظه شنیداری اعداد، حروف و اشکال - روبه جلو و معکوس

روش‌های تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از برنامه آموس^۱ (نسخه ۲۴) و اسپ‌اس‌اس^۲ (نسخه ۲۶) انجام شد. در مرحله اول، تحلیل عاملی تأییدی بر اساس روش برآورد درست‌نمایی بیشینه^۳، برای تعیین روایی سازه ابزارها به کار برده شد (Kline, 2023). در مرحله بعدی،

¹ Analysis of Moment Structures (AMOS)

² Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)

³ maximum likelihood estimation

آماره‌های توصیفی (میانگین، انحراف استاندارد و پیش‌فرض‌های تحلیل کوواریانس چندمتغیری (مانکووا)^۱ و استنباطی (پایایی، تحلیل کوواریانس چندمتغیری) محاسبه شدند و نتایج حاصل از روش‌های آماری استفاده‌شده در سطح ۹۵ درصد اطمینان گزارش شد.

یافته‌ها

شاخص‌های آمار توصیفی مربوط به متغیرهای پژوهش به تفکیک شرایط مختلف گروه آزمایشی (برنامه رایانه‌یار آموزش و به‌سازی حافظه کاری) و گروه گواه در مراحل پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پیگیری در جدول (۲) ارائه شده‌اند. پیش از تجزیه و تحلیل استنباطی داده‌ها، مفروضه‌های آماری تحلیل کوواریانس چندمتغیری برای اطمینان از صحت نتایج کاوش شدند (Tabachnick & Fidell, 2019). مطابق جدول (۲)، آزمون شاپیرو - ویلک^۲ نشان می‌دهد نمره‌ها به صورت نرمال توزیع شده‌اند ($p > 0/05$). همچنین، ضریب همبستگی بین متغیرهای هم‌پراش (توانمندی حافظه کاری - پیش‌آزمون و عملکرد ریاضی - پیش‌آزمون) بیانگر آن بود که مفروضه مربوط به هم‌خطی چندگانه و تکین بودن^۳ برآورده شده است ($r = 90 <$). برای بررسی همگنی ماتریس‌های واریانس - کوواریانس^۴ از آزمون ام‌باکس^۵ استفاده شد که به صورت آماری معنادار نبود ($F(10, 3748207) = 0/989, p = 0/45$). همچنین، $\text{Box's M} =$ و بیانگر عدم نقض مفروضه همگنی ماتریس‌های واریانس - کوواریانس بود. افزون بر این، نتایج حاکی از آن بود که از مفروضه همگنی شیب‌های رگرسیون^۶ تخلفی نشده است؛ زیرا تعامل آماری معناداری بین متغیرهای هم‌پراش و متغیرهای مستقل (گروه‌ها) برای هر یک از متغیرهای وابسته وجود نداشت ($p < 0/05$). تحلیل ویژگی داده‌ها نشان داد مفروضه‌های اصلی آماری برقرار هستند؛ بنابراین، می‌توان تحلیل کوواریانس چندمتغیری را انجام داد.

جدول ۲: میانگین، انحراف استاندارد و نرمال بودن متغیرها به تفکیک گروه‌ها

Table 2: Mean, standard deviation, and normality of variables separated by groups

متغیر	مرحله	گروه	میانگین	انحراف استاندارد	آماره شاپیرو - ویلک	سطح معناداری
پیش‌آزمون	آزمایشی	۱۹/۸۷	۴/۴۸	۰/۹۸	۰/۹۴	
	گواه	۲۰/۶۷	۳/۱۴	۰/۹۶	۰/۶۷	
توانمندی حافظه کاری	پس‌آزمون	آزمایشی	۲۸/۰۹	۳/۵۰	۰/۹۶	۰/۶۳
	گواه	۲۳/۵۲	۳/۱۵	۰/۹۴	۰/۴۳	
پیگیری	آزمایشی	۲۶/۱۹	۳/۹۰	۰/۹۵	۰/۴۹	
	گواه	۲۳/۰۵	۳/۴۷	۰/۹۲	۰/۲۰	
پیش‌آزمون	آزمایشی	۳/۳۰	۱/۰۱	۰/۸۸	۰/۰۴	
	گواه	۳/۴۱	۰/۸۳	۰/۹۷	۰/۷۹	
عملکرد ریاضی	پس‌آزمون	آزمایشی	۵/۰۴	۰/۸۵	۰/۹۶	۰/۶۵
	گواه	۳/۶۲	۱/۲۱	۰/۹۴	۰/۳۸	
پیگیری	آزمایشی	۴/۸۷	۱/۰۴	۰/۹۷	۰/۸۲	
	گواه	۳/۴۸	۰/۹۴	۰/۹۵	۰/۵۰	

به منظور مقایسه گروه آزمایشی و گروه گواه و مطالعه تأثیر برنامه رایانه‌یار آموزش و به‌سازی حافظه کاری بر توانمندی حافظه کاری و عملکرد ریاضی، بر مبنای نمره‌های پس‌آزمون، پس از کنترل اثر پیش‌آزمون‌ها، در ابتدا یک تحلیل کوواریانس چندمتغیری روی داده‌ها انجام شد. نتایج حاصل از مانکووا در جدول (۳) ارائه شده است.

¹ multivariate analysis of covariance (MANCOVA)

² Shapiro-Wilk

³ absence of multicollinearity and singularity

⁴ homogeneity of variance-covariance matrices

⁵ Box's M test

⁶ homogeneity of regression

جدول ۳: نتایج تحلیل کوواریانس چندمتغیری (مانکوا) روی نمره‌های پس‌آزمون و پیگیری توانمندی حافظه کاری و عملکرد ریاضی در گروه‌های آزمایشی و گواه

Table 2: The results of multivariate covariance analysis (MANCOVA) on post-test and follow-up scores of working memory ability and mathematical performance in experimental and control groups

اندازه اثر	p	خطا df	df فرضیه	نسبت F	مقدار لامبدای ویلکز	آزمون - گروه‌ها
۰/۳۸۷	۰/۰۰۲	۲۵	۲	۷/۸۹۳	۰/۶۱۳	پس‌آزمون
۰/۵۹۸	۰/۰۰۰۱	۲۵	۲	۱۸/۶۲۴	۰/۴۰۲	پیگیری

از آزمون لامبدای ویلکز^۱ برای تفسیر نتایج برآمده از تحلیل کوواریانس چندمتغیری (مانکوا) استفاده شد. همان‌طور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود، نتایج حاصل از تحلیل کوواریانس چندمتغیری (مانکوا) در بین گروه‌های آزمایشی (برنامه رایانه‌یار آموزش و به‌سازی حافظه کاری) و گواه نشان می‌دهد این گروه‌ها با توجه به نتیجه آزمون لامبدای ویلکز در مرحله پس‌آزمون $\eta^2 = ۰/۳۸۷$ ، $F(۲,۲۵) = ۷/۸۹۳$ ، $\Lambda = ۰/۶۱۳$ ، $p = ۰/۰۰۲$ و مرحله پیگیری $\eta^2 = ۰/۵۹۸$ ، $F(۲,۲۵) = ۱۸/۶۲۴$ ، $\Lambda = ۰/۴۰۲$ ، $p = ۰/۰۰۰۱$ ، دست‌کم در یکی از متغیرهای وابسته (توانمندی حافظه کاری و عملکرد ریاضی) با یکدیگر تفاوتی معنادار دارند. همچنین، یافته‌ها بیانگر آن است که ۳۸/۷ و ۵۹/۸ درصد از کل واریانس ترکیب متغیرهای وابسته توسط برنامه مداخله‌ای تبیین می‌شوند. برای مشخص کردن این تفاوت، یک تحلیل کوواریانس تک‌متغیری (آنکووا^۲) در متن تحلیل کوواریانس چندمتغیری (مانکوا) روی نمره‌های پس‌آزمون و پیگیری متغیرهای وابسته انجام شد که نتایج به‌دست‌آمده در جدول (۴) ارائه شده است.

جدول ۴: نتایج تحلیل کوواریانس تک‌متغیری (آنکووا) در متن مانکوا روی نمره‌های پس‌آزمون و پیگیری توانمندی حافظه کاری و عملکرد ریاضی

Table 4: The results of univariate covariance analysis (ANCOVA) in the Mancova text on the post-test and follow-up scores of working memory ability and mathematical performance

اندازه اثر	p	نسبت F	میانگین مجزورات	df	مجموع مجزورات	منبع	متغیر	مرحله
۰/۳۱۷	۰/۰۰۲	۱۲/۰۶۱	۱۶۸/۶۹۷	۱	۱۶۸/۶۹۷	گروه	توانمندی حافظه کاری	پس‌آزمون
۰/۲۳۲	۰/۰۰۹	۷/۸۴۵	۷/۲۱۸	۱	۷/۲۱۸	گروه	عملکرد ریاضی	
۰/۴۹۱	۰/۰۰۰۱	۲۵/۰۸۷	۳۱۵/۲۷۸	۱	۳۱۵/۲۷۸	گروه	توانمندی حافظه کاری	پیگیری
۰/۲۷۴	۰/۰۰۴	۹/۸۱۳	۸/۲۷۰	۱	۸/۲۷۰	گروه	عملکرد ریاضی	

جدول (۴) نشان می‌دهد مقدار Fهای تحلیل کوواریانس تک‌متغیری (آنکووا) مرحله پس‌آزمون در توانمندی حافظه کاری $F(۱,۲۶) = ۱۲/۰۶۱$ ، $p = ۰/۰۰۲$ و عملکرد ریاضی $F(۱,۲۶) = ۷/۸۴۵$ ، $p = ۰/۰۰۹$ از نظر آماری معنادار هستند. افزون بر این، در جدول (۴) ملاحظه می‌شود اندازه Fهای تحلیل کوواریانس تک‌متغیری (آنکووا) مرحله پیگیری در توانمندی حافظه کاری $F(۱,۲۶) = ۲۵/۰۸۷$ ، $p = ۰/۰۰۰۱$ و عملکرد ریاضی $F(۱,۲۶) = ۹/۸۱۳$ ، $p = ۰/۰۰۴$ از نظر آماری معنادار هستند. این نتایج حکایت از آن دارد که در نمره متغیرهای وابسته (توانمندی حافظه کاری و عملکرد ریاضی) بین گروه آزمایشی (برنامه رایانه‌یار آموزش و به‌سازی حافظه کاری) و گروه گواه، تفاوتی معنادار مشاهده می‌شود.

¹ Wilks' Lambda

² Analysis of covariance (ANCOVA)

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر برنامه رایانه‌ی آموزش و به‌سازی حافظه کاری بر توانمندی حافظه کاری و عملکرد ریاضی کودکان ایرانی پایه اول دبستان در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی پایه انجام شد. نتایج نشان داد پس از تعدیل نمره‌های پیش‌آزمون، گروهی از کودکان که آموزش حافظه کاری را دریافت کردند، افزایشی معنادار از توانمندی حافظه کاری در مقایسه با گروه گواه، در مراحل پس‌آزمون و پیگیری (۶ هفته پس از گذشت آموزش) را نشان دادند (اثرات انتقال نزدیک). این یافته‌های امیدوارکننده با پژوهش‌های قبلی در رابطه با کودکان با رشد عادی، وضعیت اقتصادی پایین و دارای اختلال هم‌خوانی دارد (تیکدری و همکاران، ۱۳۹۹؛ نیکویخت و همکاران، ۱۳۹۸؛ Ramani et al., 2020; Honore & Noel, 2017a, 2017b; Sala & Gobet, 2020) و از طرفی دیگر، ناهم‌خوان با نتایج مانز و همکاران است (Munez et al., 2022).

یک توضیح بالقوه برای این یافته می‌تواند مفهوم انعطاف‌پذیری عصبی^۱ بنیادین ناشی از آموزش در توانمندی حافظه کاری باشد؛ به این معنا که توانمندی حافظه کاری تا حدودی منعطف و تغییرپذیر است و برنامه‌های آموزش حافظه کاری می‌توانند اثراتی مفید بر توانمندی حافظه کاری (انتقال نزدیک) کودکان در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی داشته باشند (Klingberg & Sauce, 2022)؛ از این رو، مطابق مدل بدلی از حافظه کاری، می‌توان استدلال کرد برنامه رایانه‌ی آموزش و به‌سازی حافظه کاری عناصر لازم برای آموزش کارآمد و مؤثر توانمندی حافظه کاری را در اختیار کودک در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی قرار می‌دهد؛ به این ترتیب که تکالیف حافظه کاری شنیداری و دیداری - فضایی به صورت گام به گام و انطباقی ارائه می‌شوند؛ به شیوه‌ای که در هر کوشش، روند و دشواری تکالیف و تمرین‌ها با ظرفیت و توانایی هر فراگیر به طور مجزا تطبیق می‌یابد. با توجه به این موضوع، توانایی برنامه رایانه‌ی آموزش و به‌سازی حافظه کاری در انطباق مؤثر با سطح کودکان در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی می‌تواند تفسیری برای نتایج به‌دست‌آمده در این مطالعه باشد. افزون بر این، برگمن-ناتالی و کلینگبرگ اظهار داشتند در کودکانی که توانمندی حافظه کاری ضعیفی دارند، ناتوانی در به خاطر سپردن دستورالعمل‌ها در زندگی روزمره یکی از برجسته‌ترین ویژگی‌ها است (Bergman-Nutley & Klingberg, 2014). توانایی بهبودیافته برای نگهداری و دست‌کاری اطلاعات و نیز اجرای یک دستورالعمل، از نظر بوم‌شناختی ارزیابی معتبری محسوب می‌شود که نشان می‌دهد توانمندی حافظه کاری بهبودیافته به‌خودی‌خود، مستقل از سایر انتقال‌ها، ارزشمند است؛ بنابراین، طبق دانش موجود، پژوهش حاضر اولین مطالعه‌ای است که امکان پشتیبانی از توانمندی حافظه کاری را به طور ویژه برای کودکان در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی نشان می‌دهد.

از سوی دیگر، نتایج نشان می‌دهد پس از تعدیل نمره‌های پیش‌آزمون، در طول دوره آموزشی ۶ هفته‌ای، عملکرد ریاضی در گروه آزمایشی در مقایسه با گروه گواه، به طرز معناداری در پس‌آزمون و پیگیری بهبود یافت که حکایت از آن دارد که این نتیجه به‌جای رشد فردی (خودسازی)، حاصل آموزش بوده است. این موضوع نقش حافظه کاری و اثر انتقالی (انتقال دور) آن را به عنوان یک منبع شناختی حوزه - عام مهم برای دانش ریاضی، به ویژه عملکرد ریاضی، برجسته می‌کند. این یافته با مطالعات قبلی در رابطه با اثربخشی آموزش حافظه کاری بر عملکرد ریاضی با کودکان پیش‌دبستانی و دبستانی دارای مشکلات ریاضی (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۶؛ Nelwan & Kroesbergen, 2016)، اختلال یادگیری ریاضی (آقایی‌ثابت و همکاران، ۱۳۹۷؛ Layes et al., 2018) و نیز کودکان دارای حافظه کاری ضعیف (Bergman-Nutley & Klingberg, 2014) سازگار است.

این یافته را می‌توان با توجه به توانمندی حافظه کاری به عنوان یک کارکرد شناختی حوزه - عام بنیادین در رشد توانایی‌های ریاضی، به ویژه عملکرد ریاضی، تبیین کرد (Agostini et al., 2022). به سخن دیگر، عملکرد ریاضی به توانمندی حافظه کاری به

¹ neural plasticity

مثابه‌ی یک محرک/پیشران بنیادین بستگی دارد. به طور ویژه، چارچوب نظری رشد ریاضی و متعاقب آن، فرضیه‌ی نقص شناختی‌گیری و هوارد بیانگر آن است که سامانه‌های شناختی زیربنایی (مانند توانمندی حافظه‌ی کاری) به شکل مستقیم از فعالیت‌های ریاضی ساده و پیچیده حمایت می‌کنند و نقص آن‌ها سبب ایجاد اختلال در عملکرد ریاضی می‌شود (Geary & Hoard, 2005)؛ به این سان، اگر توانمندی حافظه‌ی کاری به عنوان یک کارکرد شناختی حوزه - عام پیش‌نیاز لازم برای توانایی‌های ریاضی باشد، بهبود توانمندی حافظه‌ی کاری به عملکرد ریاضی بهتر کودکان در معرض خطر منجر می‌شود؛ زیرا به عنوان جزئی از پردازش اطلاعات و رشد حافظه‌ی بلندمدت عمل می‌کند (Munez et al., 2022). با توجه به دلایل احتمالی یادشده و مطابق سازوکار مسیر عملکرد برگمن-ناتلی و سودرکوویست مبنی بر تأثیرگذاری توانمندی حافظه‌ی کاری بر عملکرد ریاضی از طریق مشارکت مستقیم حافظه‌ی کاری در تکالیف ریاضی، می‌توان گفت این اندیشه که آموزش حافظه‌ی کاری می‌تواند به طور مؤثر توانمندی حافظه‌ی کاری کودکان در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی را بهبود بخشد (اثر انتقال نزدیک) و به صورت غیرمستقیم به عملکرد ریاضی آن‌ها کمک کند (اثر انتقال دور)، جذاب است (Bergman-Nutley & Soderqvist, 2017).

با وجود نتایج امیدوارکننده‌ی یادشده، این مطالعه دارای محدودیت‌های بالقوه متعددی در رابطه با مسائل روش‌شناختی و عملی است که هنگام تفسیر یافته‌ها و جهت‌گیری‌های ممکن برای پژوهش‌های آینده، توجه به آن‌ها مهم است. اول، منابع محدود موجود و حجم نسبتاً کوچک نمونه، مانند آنچه در این مطالعه وجود داشت، ممکن است باعث از دست رفتن توان آماری شود و تعمیم‌پذیری نتایج را با دشواری مواجه کند. اگرچه مطالعات تجربی در مقیاس بزرگ بر انواع پژوهش‌های شبه‌آزمایشی ترجیح داده می‌شوند (Slavin, 2008)، هدف قرار دادن کودکان، به ویژه یک جمعیت خاص (مانند، کودکان در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی) و انتساب تصادفی آن‌ها به گروه‌هایی که مداخله دریافت می‌کنند یا نه، ممکن است چالش‌برانگیز و بسیار دشوار باشد. یک پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی این است که پژوهشگران نتایج این مطالعه را با حجم نمونه بزرگ‌تری در مدارس مختلف، حتی در سطح کشور، بررسی و تکرار کنند (پژوهشی در مقیاس بزرگ). دوم، با توجه به انتخاب شرکت‌کنندگان محیط‌های تحصیلی یک شهر کوچک (کوه‌دشت)، نتایج لزوماً به جمعیت کودکان در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی با پیشینه‌های نژادی/قومی مختلف یا آن‌هایی که در مناطق حومه شهری یا روستایی زندگی می‌کنند، قابل تعمیم نیست؛ از این رو، پژوهشگران در پژوهش‌های آینده می‌توانند با در نظر گرفتن ویژگی‌های جمعیت‌شناختی مختلف، نتایجی قابل اطمینان‌تر به دست آورند. سوم، در مطالعه حاضر، از یک گروه کنترل غیرفعال^۱ (گروه کنترل درمان‌نشده) استفاده شد. به جای آن، کودکان گروه کنترل درس‌های معمول کلاسی خود را در مدرسه دریافت کردند؛ از این رو، نمی‌توان از دست دادن انگیزه یا سایر عواملی که به طور بالقوه اثرات درمان را مخدوش می‌کنند، قاطعانه رد کرد. مطالعات آینده باید یک گروه کنترل فعال را در طرح‌های تجربی بگنجانند؛ به طوری که اثرات انتقال مثبت آموزش زمانی متقاعدکننده‌تر است که در برابر یک گروه کنترل فعال با یک مداخله جایگزین چالش‌برانگیز و جذاب شناختی به دست آید.

این مطالعه دارای اشارات آموزشی مهمی است که توجه به آن‌ها ارزشمند است. اول، به طور واضح، به نظر می‌رسد اندازه‌گیری توانمندی حافظه‌ی کاری می‌تواند برای شناسایی به‌هنگام کودکان در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی مفید باشد. دوم، تشخیص توانمندی حافظه‌ی کاری ضعیف در غربالگری‌های اولیه ممکن است فرصتی را برای انطباق بیشتر مداخله یا آموزش با نیازهای کودکان در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی فراهم کند. این موضوع هم برای فرد و هم برای جامعه از این نظر مهم است که با بهبود شایستگی‌های تحصیلی، خطر ترک تحصیل از سیستم آموزشی را کاهش می‌دهد و استفاده از برنامه‌های مداخله‌ای مبتنی بر پژوهش، مانند برنامه رایانه‌ی آموزش و به‌سازی حافظه‌ی کاری را در مرحله کودکی اول تشویق می‌کند. سوم، امروزه افزایش استفاده از رایانه،

لپ‌تاپ، تبلت، تابلو و تلفن‌های هوشمند در مراکز آموزشی و کلاس‌های درس مدارس ایران و نیز در خانه‌ها، ممکن است امکان کاربست برنامه‌های مداخله‌ای مبتنی بر رایانه، مانند برنامه رایانه‌یاری آموزش و به‌سازی حافظه کاری را برای ارائه پشتیبانی هدفمند در دانش ریاضیات کودکان در معرض خطر مشکلات یادگیری ریاضی از طریق بهبود توانمندی حافظه کاری فراهم کند که این امر باعث افزایش راحتی و کاهش هزینه‌های مربوط به منابع انسانی و مادی می‌شود.

منابع

- آقایی‌ثابت، یدیه سار، بنی‌جمال، شکوه، و دهشیری، غلامرضا (۱۳۹۷). اثربخشی دو روش توان‌بخشی شناختی حافظه کاری کلامی و دیداری فضایی بر بهبود عملکرد ریاضی دانش‌آموزان مبتلا به اختلال یادگیری ریاضی. *فصلنامه کودکان استثنایی*، ۱۸(۲)، ۲۲-۵۰. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.16826612.1397.18.2.9.8>
- تیکدری، آفریده، سلطانی، امان‌الله، رضوی، ویدا، و منظری، حمدالله (۱۳۹۹). بررسی اثربخشی تقویت حافظه کاری بر بهبود عملکرد ریاضی و ارتقای ظرفیت حافظه کاری دانش‌آموزان دارای مشکلات یادگیری خاص از نوع ریاضی. *مجله مطالعات ناتوانی*، ۱۰، ۲۳۹-۲۲۹. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23222840.1399.10.0.64.3>
- خدادادی، مجتبی، مشهدی، علی، و امانی، حسین (۱۳۸۸). *نرم‌افزار آموزش حافظه کاری*. تهران: مؤسسه تحقیقاتی علوم رفتاری سینا. <https://www.sinapsycho.com/Shop/Product/1333>
- رجبی، غلامرضا (۱۳۸۷). هنجاریابی آزمون ماتریس‌های پیش‌رونده ریون رنگی کودکان در دانش‌آموزان شهر اهواز. *روانشناسی معاصر*، ۳(۱)، ۱۰-۱. <https://bjcp.ir/article-1-344-fa.html&sw>
- قاسمی، مسعود، درتاج، فریبرز، سعدی‌پور، اسماعیل، دلاور، علی، و سرابی، صدیقه (۱۳۹۶). اثربخشی آموزش حس عدد بر بهبود مهارت‌های عددی کودکان پیش از دبستان در معرض خطر مشکلات یادگیری. *فصلنامه روان‌شناسی افراد استثنایی*، ۷(۲۷)، ۲۹-۱. <https://doi.org/10.22054/jpe.2018.24136.1609>
- کریمی، ابوالفضل، کریمی، رعنا، و علیپور، علی (۱۳۹۹). بررسی ویژگی‌های روان‌سنجی مقیاس هوشی وکسلر کودکان ویرایش پنجم. *فصلنامه اندازه‌گیری تربیتی*، ۱۱(۴۱)، ۱۲۵-۹۷. <https://doi.org/10.22054/jem.2021.51727.2036.97-125>
- گراث مارنات، گری، و رایت، جردن (۱۳۹۷). *راهنمای کاربردی و تفسیر بالینی مقیاس‌های هوشی وکسلر (ابوالفضل، کریمی و رعنا، کریمی، مترجم)*. انتشارات روانسنجی (نشر اثر اصلی، ۲۰۱۶).
- محمد اسماعیل، الهه (۱۳۸۶). انطباق و هنجاریابی سیاهه نشانه‌های مرضی کودک ویرایش چهارم (CSI-4). *پژوهش در حیطه کودکان استثنایی*، ۷(۱)، ۹۶-۷۹. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.16826612.1386.7.1.4.4>
- محمد اسماعیل، الهه، و علی‌پور، احمد (۱۳۸۱). بررسی مقدماتی اعتبار و روایی و تعیین نقاط برش، اختلال‌های پرسشنامه علائم مرضی کودکان (CSI-4). *پژوهش در حیطه کودکان استثنایی*، ۲(۳)، ۲۵۴-۲۳۹. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.16826612.1381.2.3.2.1>
- نیکویخت، آنوشا، شهنی بیلاق، منیجه، و کیامنش، علیرضا (۱۳۹۸). مقایسه اثربخشی آموزش مبتنی بر رایانه و آموزش سنتی بر حافظه عددی در دانش‌آموزان دارای اختلال ریاضی. *مجله علوم روان‌شناختی*، ۱۸(۷۳)، ۶۵-۵۵. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.17357462.1398.18.73.6.1>

References

- Aghaei Sabet, S. S., Banijamali, S. A., & Dehshiri, G. (2018). Effectiveness of cognitive rehabilitation of verbal and visuospatial working memory in improving the mathematical performance of students with dyscalculia. *Journal of Exceptional Children*, 18(2), 5-22. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.16826612.1397.18.2.9.8> [In Persian]

- Agostini, F., Zoccolotti, P., & Casagrande, M. (2022). Domain-general cognitive skills in children with mathematical difficulties and dyscalculia: A systematic review of the literature. *Brain Sciences*, *12*(2), 239-273. <https://doi.org/10.3390/brainsci12020239>
- Ang, S. Y., Lee, K., Cheam, F., Poon, R., & Koh, J. (2015). Updating and working memory training: Immediate improvement, long-term maintenance, and generalizability to non-trained tasks. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, *4*(2), 121-128. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jarmac.2015.03.001>
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. New York: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, *4*(11), 417-423. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01538-2)
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. *Psychology and Learning and Motivation*, *8*, 47-89. [http://dx.doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Bergman-Nutley, S., & Klingberg, T. (2014). Effect of working memory training on working memory, arithmetic and following instructions. *Psychological Research*, *78*(6), 869-877. <https://doi.org/10.1007/s00426-014-0614-0>
- Bergman-Nutley, S., & Soderqvist, S. (2017). How is working memory training likely to influence academic performance? Current evidence and methodological considerations. *Frontiers in Psychology*, *8*, 69-81. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00069>
- Bildiren, A. (2017). Reliability and validity study for the coloured progressive matrices test between the ages of 3-9 for determining gifted children in the pre-school period. *Journal of Education and Training Studies*, *5*(11), 13-20. <http://dx.doi.org/10.11114/jets.v5i11.2599>
- Fengjuan, W., & Jamaludin, A. (2023). Investigating the neural heterogeneity of developmental dyscalculia. *BioRxiv*, 1-28. <http://dx.doi.org/10.1101/2023.09.12.557321>
- Gadow, K. D., & Sprafkin, J. (1994). *Child symptom inventories manual*. Stony Brook, NY: Checkmate Plus.
- Gadow, K., D., & Sprafkin, J. (2002). *Child symptom inventory-4 screening and norms manual*. Stony Brook, NY: Checkmate Plus.
- Garon-Carrier, G., Boivin, M., Lemelin, J. P., Kovas, Y., Parent, S., Seguin, J., & Dionne, G. (2018). Early developmental trajectories of number knowledge and math achievement from 4 to 10 years: Low-persistent profile and early-life predictors. *Journal of School Psychology*, *68*(1), 84-98. <https://doi.org/10.1016/j.jsp.2018.02.004>
- Geary, D. C., & Hoard, M. K. (2005). Learning disabilities in arithmetic and mathematics: Theoretical and empirical perspectives. In J. I. D. Campbell (Ed.), *Handbook of mathematical cognition* (pp. 253-267). New York: Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9780203998045-24>
- Geary, D. C., Bailey, D. H., Littlefield, A., Wood, P., Hoard, M. K., & Nugent, L. (2009). First-grade predictors of mathematical learning disability: A latent class trajectory analysis. *Cognitive Development*, *24*(4), 411-429. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2009.10.001>
- Ghassemi, M., Dortaj, F., Saadipoor, E., Delavar, A., & Sarabi, S. (2018). Effectiveness of number sense instruction on improvement of preschoolers at risk of math difficulties. *Psychology of Exceptional Individuals*, *7*(27), 1-29. <https://doi.org/10.22054/jpe.2018.24136.1609> [In Persian]
- Gjicali, K., & Lipnevich, A. A. (2021). Got math attitude? (In) direct effects of student mathematics attitudes on intentions, behavioral engagement, and mathematics performance in the US PISA. *Contemporary Educational Psychology*, *67*, 1-14. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1016/j.cedpsych.2021.102019>
- Griffin, S. (2009). Learning sequences in the acquisition of mathematical knowledge: Using cognitive developmental theory to inform curriculum design for pre-k-6 mathematics education. *Mind, Brain, and Education*, *3*(2), 96-107. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1111/mbe.2009.3.issue-210.1111/j.1751-228X.2009.01060.x>
- Groth-Marnat, G., & Wright, A. J. (2016). *Handbook of psychological assessment*. (6th ed.) Wiley Publishers. <https://www.ravansanji.com/> [In Persian]
- Honore, N., & Noel, M. P. (2017a). Can working memory training improve preschoolers' numerical abilities? *Journal of Numerical Cognition*, *3*, 516-539. <https://doi.org/10.5964/jnc.v3i2.54>

- Honore, N., & Noel, M. P. (2017b). Impact of working memory training targeting the central executive on kindergarteners' numerical skills. *Journal of Education and Training Studies*, 5(5), 131-144. <https://doi.org/10.11114/jets.v5i5.2131>
- Jordan, N. C., Glutting, J., Ramineni, C., & Watkins, M. W. (2010). Validating a number sense screening tool for use in kindergarten and first grade: Prediction of mathematics proficiency in third grade. *School Psychology Review*, 39(2), 181-195. <https://doi.org/10.1080/02796015.2010.12087772>
- Karami, A., Karami, R., & Alipour, A. (2020). The investigation of psychometric properties of fifth version of Wechsler Children's Intelligence in Iran. *Quarterly Journal of Educational Measurement*, 11(41), 97-125. <https://doi.org/10.22054/jem.2021.51727.2036> [In Persian]
- Khodadadi, M., Mashhadi, A., & Amani, H. (2009). *Working memory training software*. Tehran: Sina Research Institute of Behavioral Sciences. <https://www.sinapsycho.com/Shop/Product/1333> [In Persian]
- Kline, R. B. (2023). *Principles and practice of structural equation modeling* (5th Ed). New York: The Guilford Press.
- Klingberg, T., & Sauce, B. (2022). Working memory training: From the laboratory to schools. In O. Houde & G. Borst (Eds.), *The Cambridge handbook of cognitive development* (pp. 606-622). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108399838.034>
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P. J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlström, K., ..., & Westerberg, H. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD - A randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 44(2), 177-186. <https://doi.org/10.1097/00004583-200502000-00010>
- Lavidas, K., Apostolou, Z., & Papadakis, S. (2022). Challenges and opportunities of mathematics in digital times: Preschool teachers' views. *Education Sciences*, 12(7), 459-471. <http://dx.doi.org/10.3390/educsci12070459>
- Layes, S., Lalonde, R., Bouakkaz, Y., & Rebai, M. (2018). Effectiveness of working memory training among children with dyscalculia: Evidence for transfer effects on mathematical achievement - A pilot study. *Cognitive Processing*, 19(3), 375-385. <https://doi.org/10.1007/s10339-017-0853-2>
- Lopez-Pedersen, A., Mononen, R., Aunio, P., Scherer, R., & Melby-Lervag, M. (2023). Improving numeracy skills in first graders with low performance in early numeracy: A randomized controlled trial. *Remedial and Special Education*, 44(2), 126-136. <https://doi.org/10.1177/07419325221102537>
- Marcelino, L., de Sousa, O., & Lopes, A. (2017). Predictive relation between early numerical competencies and mathematics achievement in first grade Portuguese children. *Frontiers in Psychology*, 8, 1-9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01103>
- Melby-Lervag, M., & Hulme, C. (2013). Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Developmental Psychology*, 49(2), 270-291. <https://doi.org/10.1037/a0028228>
- Mohamad Esmail, E. (2007). Adaptation and standardization of Child Symptom Inventory-4 (CSI-4). *Journal of Exceptional Children*, 7(1), 79-96. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.16826612.1386.7.1.4.4> [In Persian]
- Mohamad Esmail, E., & Alipour, A. (2002). A preliminary study on the reliability, validity and cut of points of the disorders of Children Symptom Inventory-4 (CSI-4). *Journal of Exceptional Children*, 2(3), 239-254. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.16826612.1381.2.3.2.1> [In Persian]
- Mononen, R., Niemivirta, M., & Korhonen, J. (2022). Predicting mathematical learning difficulties status: The role of domain-specific and domain-general skills. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 14(3), 335-352. <http://dx.doi.org/10.26822/iejee.2022.248>
- Munez, D., Lee, K., Bull, R., Khng, K. H., Cheam, F., & Rahim, R. A. (2022). Working memory and numeracy training for children with math learning difficulties: Evidence from a large-scale implementation in the classroom. *Journal of Educational Psychology*, 114(8), 1866-1880. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/edu0000732>
- National Center on Intensive Intervention at American Institutes for Research. (2019). *Principles for designing intervention in mathematics*. U.S. Department of Education. Washington DC.
- Nelson, G., Hunt, J. H., Martin, K., Patterson, B., & Khounmeuang, A. (2022). Current knowledge and future directions: Proportional reasoning interventions for students with learning disabilities and

- mathematics difficulties. *Learning Disability Quarterly*, 45(3), 159-171. <http://dx.doi.org/10.1177/0731948720932850>
- Nelwan, M., & Kroesbergen, E. H. (2016). Limited near and far transfer effects of jungle memory working memory training on learning mathematics in children with attentional and mathematical difficulties. *Frontiers in Psychology*, 7, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01384>
- Niileksela, C. R., & Reynolds, M. R. (2019). Enduring the tests of age and time: Wechsler constructs across versions and revisions. *Intelligence*, 77, 1-14. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1016/j.intell.2019.101403>
- Nikoubakht, A., Shehniy Yeilagh, M., & Kiamanesh, A. (2019). The comparison of the effectiveness of computer-based education and traditional education on the numerical memory in students with mathematics disorder. *Journal of Psychological Science*, 18(73), 55-65. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.17357462.1398.18.73.6.1> [In Persian]
- Passolunghi, M. C., & Costa, H. M. (2019). Working memory and mathematical learning. In A. Fritz, V. G. Haase & P. Rasanen (Eds.), *International handbook of mathematical learning difficulties* (pp. 407-421). Cham: Springer. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-97148-3_25
- Rajabi, Gh. (2008). Normalizing The Raven Coloure Progressive Matrices Test on students of city Ahvaz. *Contemporary Psychology*, 3(1), 23-32. <https://bjcp.ir/article-1-344-fa.html&sw> [In Persian]
- Ramani, G. B., Daubert, E. N., Lin, G. C., Kamarsu, S., Wodzinski, A., & Jaeggi, S. M. (2020). Racing dragons and remembering aliens: Benefits of playing number and working memory games on kindergartners' numerical knowledge. *Developmental Science*, 23(4), 1-23. <https://doi.org/10.1111/desc.12908>
- Raven, J., Raven, J. C., & Court, H. (1998). *Coloured progressive matrices*. 1998 Edition. USA: Harcourt Assessment.
- Sala, G., & Gobet, F. (2020). Working memory training in typically developing children: A multilevel meta-analysis. *Psychonomic bulletin & review*, 27(3), 423-434. <https://doi.org/10.3758/s13423-019-01681-y>
- Slavin, R. E. (2008). Response to comments: Evidence-based reform in education: Which evidence counts? *Educational Researcher*, 37(1), 47-50. <http://dx.doi.org/10.3102/0013189X08315082>
- Swanson, H. L., Kong, J. E., & Petcu, S. D. (2022). Cognitive and academic growth among emergent bilingual children at risk and not at risk for math difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 219(2), 12-25. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2022.105389>
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2019). *Using multivariate statistics* (7th Ed). Boston, MA: Pearson.
- Tikdari, A., Soltani, A., Razavi, V. S., & Manzari Tavakoli, H. (2020). The effects of working memory training on mathematics performance and working memory capacity in students with dyscalculia. *Middle Eastern Journal of Disability Studies*, 10, 229-239. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23222840.1399.10.0.64.3> [In Persian]
- UNESCO Institute for Statistics. (2017). *More than one-half of children and adolescents are not learning worldwide*. Fact Sheet No. 46, September 2017. UNESCO Institute for Statistics. <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/fs46-more-than-half-children-not-learning-en-2017.pdf>
- Vignoles, A., Jerrim, J., & Cowan, R. (2015). *Mathematics Mastery: Primary evaluation report*. Education Endowment Foundation. <https://dera.ioe.ac.uk/id/eprint/29369>
- Wang, L., Peng, F., & Song, N. (2022). The impact of students' mathematical attitudes on intentions, behavioral engagement, and mathematical performance in the China's context. *Frontiers in Psychology*, 13, 1-11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1037853>
- Wei, W., Guo, L., Georgiou, G. K., Tavouktsoglou, A., & Deng, C. (2018). Different subcomponents of executive functioning predict different growth parameters in mathematics: Evidence from a 4-year longitudinal study with Chinese children. *Frontiers in Psychology*, 9, 1-10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01037>
- Winkel, K., & Zipperle, I. (2023). Children with mathematical learning difficulties - How do their working memory skills differ from typically developing first graders? *Journal fur Mathematik-Didaktik*, 44, 417-440. <http://dx.doi.org/10.1007/s13138-023-00222-4>

