

تأثیر شیوه‌های ارائه مسائل کلامی حسابی ساده بر کارآمدی پردازش دانش‌آموزان پایه اول ابتدایی

مهران عزیزی محمودآباد*

چکیده

پژوهش حاضر به تعیین تأثیر شیوه‌های ارائه متفاوت مسائل کلامی حسابی ساده بر کارآمدی پردازش دانش‌آموزان و مقایسه اثرات متفاوت این شیوه‌های ارائه در کارآمدی پردازش دانش‌آموزان قوی و ضعیف در ریاضی پرداخته است. این پژوهش از نوع طرح‌های آزمایشی است که طی آن تأثیر شیوه‌های ارائه مسائل حسابی ساده (تصویری، شنیداری و ترکیبی) بر روی کارآمدی پردازش دانش‌آموزان قوی و ضعیف در ریاضی بررسی شده است. جامعه آماری این پژوهش شامل همه دانش‌آموزان پایه اول ابتدایی شهر یاسوج به تعداد ۴۰۴۹ نفر در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ بود. مشارکت‌کنندگان پژوهش به تعداد ۵۸ نفر (دو گروه ۲۹ نفره) از میان دانش‌آموزان داوطلب انتخاب شدند. ابزار اندازه‌گیری از مسائل کتاب ریاضی پایه اول اقتباس گردید و به هر شرکت‌کننده ۲۴ مسئله ارائه شد. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر و تحلیل واریانس چندمتغیری (مانوا) استفاده شد. یافته‌ها نشان دادند که کارآمدی پردازش هم در دانش‌آموزان قوی و هم در دانش‌آموزان ضعیف در مسائل افزایشی در هر شیوه ارائه نسبت به مسائل کاهش‌ی بیشتر است؛ همچنین کارآمدی پردازش هم در دانش‌آموزان قوی و هم در دانش‌آموزان ضعیف در ارائه ترکیبی نسبت به ارائه تصویری و در ارائه تصویری نسبت به ارائه شنیداری بیشتر بود. دیگر نتایج پژوهش نشان داد که بین دو گروه دانش‌آموزان قوی و ضعیف از نظر مسائل شنیداری افزایشی و کاهش‌ی، مسائل تصویری افزایشی و کاهش‌ی و همچنین مسائل ترکیبی افزایشی و کاهش‌ی تفاوت معنی‌داری قابل مشاهده است. به علاوه نتایج نشان داد که دانش‌آموزان قوی، کارآمدی پردازش بیشتری نسبت به دانش‌آموزان ضعیف در مسائل مختلف با ارائه‌های متفاوت دارند. با توجه به نتایج این پژوهش معلمان و دبیران ریاضی می‌توانند در آموزش‌های خود با استفاده از روش‌های متفاوت ارائه مسائل حسابی ساده، فرایند یادگیری دانش‌آموزان را تسهیل نمایند.

واژه‌های کلیدی: ارائه ترکیبی، ارائه تصویری، ارائه شنیداری، مسائل افزایشی و کاهش‌ی، مسائل حسابی

* استادیار، گروه آموزشی علوم تربیتی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵. تهران. ایران. azizi8175@cfu.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۱/۱۵ تاریخ دریافت مقاله نهایی: ۱۴۰۳/۰۵/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۳۰

مقدمه

حافظه فعال^۱ یک سیستم شناختی پیچیده است که مسئولیت ذخیره‌سازی و پردازش اطلاعات را بر عهده دارد (Passolunghi & Costa, 2019). Baddeley (2006) بیان می‌کند که حافظه فعال پردازش و ذخیره موقت اطلاعات را بر عهده داشته و یک سیستم شناختی پیچیده برای اندوزش و پردازش هم‌زمان اطلاعات است؛ براساس مدل حافظه فعال (Baddeley et al., 2009)، این سیستم دارای عناصر متفاوتی از جمله عنصر اجرایی مرکزی، حلقه واج‌شناختی (برای ذخیره موقت اطلاعات صوتی و واجی) و صفحه ثبت اطلاعات دیداری- فضایی (ذخیره موقت اطلاعات دیداری- مکانی) است. همچنین این مدل حاوی یک سیستم نظارتی مرکزی است که اطلاعات ورودی و ذخیره‌شده را پردازش می‌کند و کارآمدی پردازش^۲ هر فرد به عملکرد این عناصر مختلف وابسته است. کارآمدی پردازش به تلاش یا منابع صرف‌شده برای انجام تکلیف گفته می‌شود و معمولاً از طریق تلاش ذهنی یا صرف زمان ارزیابی می‌شود (Moradi et al., 2008; Eysenck et al., 2005). Moradi et al. (2016) اذعان دارند که کارآمدی پردازش، زمان پاسخ‌دهی به یک تکلیف یا مسئله موجود در حافظه فعال است.

پژوهش‌های متعددی درخصوص ارتباط کارآمدی پردازش، حافظه فعال و عملکرد ریاضی در مراحل ابتدایی و مقدماتی انجام شده است (Allen et al., 2019)؛ در چند سال اخیر پژوهشگران متعددی (Allen et al., 2019; Azizi Mahmmodobad et al., 2019; Bedyńska et al., 2019; Fuchs et al., 2020; Passolunghi et al., 2019) در این زمینه به پژوهش پرداخته‌اند. شواهد پژوهش‌های متعدد حاکی از آن است که حافظه فعال نقش بسیار مهمی در یادگیری و انجام تکلیف پیچیده شناختی (Alloway & Alloway, 2010) و حل مسائل ریاضی (Fuchs et al., 2020) دارد؛ اما به‌صورت خاص عدم‌بررسی رابطه بین کارآمدی پردازش و مسائل کلامی حسابی در پژوهش‌ها و منابع موجود مشهود است.

در کتاب ریاضی پایه اول ابتدایی، در آغاز مفاهیم جمع و تفریق به کودکان آموزش داده می‌شود؛ سپس این دو عمل به تدریج در قالب جملات عددی $(a \pm b = c)$ به کودکان ارائه می‌گردد. در این زمینه بخش‌هایی از کتاب درسی به شیوه‌های متفاوتی اعم از کار با انگشتان، رسم چوب‌خط، رنگ کردن اشکال و محور اعداد در قالب تصاویر متفاوت عبارات عددی را آموزش می‌دهند.

¹. active memory

². processing efficiency

تمرین شیوه نوشتن عبارات عددی می‌تواند کارکردهای متفاوتی داشته باشد؛ در ابتدا می‌تواند مسائل ریاضی که در قالب متن کلامی یا تصویری ارائه شده است را به صورت عددی بازنمایی نماید. دوم این‌که به دانش‌آموزان کمک می‌کند که با عناصر جملات عددی و استفاده از نمادهای جمع، تفریق و مساوی آشنا شوند؛ و سوم این‌که دو مورد (جمع و تفریق) از مهم‌ترین اعمال اصلی ریاضی محسوب می‌شوند و تمرین این عبارات می‌تواند به کودکان کمک کند که مسائل کلامی حساب را ساده‌تر حل نمایند (Lathifaturrahmah et al., 2024; Stellingwerf & Van Lieshout, 1999). بنابراین جمع و تفریق اولین اعمالی هستند که در علم حساب آموزش داده می‌شوند. مسائل جمع و تفریق از لحاظ بیان به دو دسته کلی مسائل نمادی^۱ و مسائل کلامی^۲ دسته‌بندی می‌شوند. مسائل نمادی مسائلی هستند که با اعداد و نمادهای ریاضی بیان می‌شوند؛ و مسائل کلامی از عبارات کلامی (متنی) برای بیان موقعیت متناظر با عمل جمع یا تفریق استفاده می‌کنند (Izadi, 2012). در پژوهش‌های مختلف تقسیم‌بندی‌های متفاوتی از مسائل کلامی وجود دارد. در یک دسته‌بندی این مسائل به سه دسته مسائل کلامی حساب، جبر و هندسه تقسیم شده است. مسائل کلامی حساب مسائلی هستند که بر مبنای مسائل دنیای واقعی و ملموس دانش‌آموزان ارائه می‌شوند (Wong et al., 2007). از این رو، این مسائل به فهم ارتباط بین موقعیت ارائه‌شده و عمل ریاضی کمک کرده و همچنین تمرینی از کاربرد اعمال ریاضی در موقعیت‌های واقعی زندگی است (Verschaffel et al., 1994). در این پژوهش تمرکز پژوهشگر بر روی مسائل کلامی حساب است. برای حل این مسائل به یک سری مهارت‌های اضافی علاوه بر مهارت‌های ایجاد ارتباط بین موقعیت‌های واقعی زندگی نیاز است (Rasmussen & Bisanz, 2005; Syah et al., 2023). این مهارت‌ها شامل توانایی‌های شناختی، درک متن و توانایی درک جملات و عبارات است (Fuchs et al., 2015). تصور غالب این است که استفاده از تصاویر می‌تواند این مشکلات را تسهیل کند (Heejung & Hyunjoo, 2023; Purcar et al., 2024)؛ با این حال Dewolf et al. (2017) اذعان داشتند که بازنمایی‌های تصویری اثر مثبتی در عملکرد دانش‌آموزان ۹ تا ۱۲ سال نداشته است. Berends and Van Lieshout (2009) نیز نشان دادند که اضافه کردن تصویر به یک مسئله حسابی حتی می‌تواند در عملکرد دانش‌آموزان اثر منفی و مضری برجای گذارد. مسائل کلامی حساب در جمع و تفریق به سه نوع، تغییر (افزایشی^۳ و

¹. symbol problem

². word problem

³. increase

کاهش^۱)، مقایسه^۲ و ترکیب^۳ تقسیم می‌شوند (Carpenter & Moser, 1984; Van Lieshout & Xenidou-Dervou, 2018). قالب تغییر به صورت یک مجموعه شروع، یک مجموعه تغییر (به صورت افزایش و یا کاهش)، و یک مجموعه پایان است. نوع دیگر مقایسه‌ای است که یک مجموعه، شامل اجسام کمتر یا بیشتری نسبت به مجموعه دیگر است. در نوع ترکیبی، کل یا یکی از بخش‌ها مجهول است. برخی مواقع یک نوع چهارمی متمایز می‌شود (نوع برابر) که ترکیبی از مقایسه و تغییر است (Van Lieshout & Xenidou-Dervou, 2018). در پژوهش حاضر بر روی مسائل کلامی حسابی ساده تصویری از نوع تغییر (در قالب افزایش و کاهش^۴) با تغییرات پویا تمرکز شده است (شکل ۱)؛ جایی که مقدار قطعی افزایش یا کاهش مشخص شده است و مجهول در مسائل افزایشی در پایان مجموعه و در مسائل کاهشی در ابتدای مجموعه قرار دارد. این بازنمایی‌ها باید توسط طراحان برای توصیف موقعیتی که تصویر سعی در توصیف آن دارد، ترسیم شود. اگرچه موقعیت مسئله پویاست اما این تصویر روی کاغذ ایستا است؛ بنابراین تصویر نمایش‌دهنده تغییر پویا از لحاظ به تصویر کشیدن مجموعه شروع و پایان و مقدار تغییر و جهت افزایش یا کاهش مهم است (Van Lieshout & Xenidou-Dervou, 2018). شکل ۱ نمونه‌هایی از چنین مسائلی^۵ را ارائه می‌دهد که از این پس مسائل افزایشی و کاهش نامیده شده است.

همان‌طور که شکل ۱ نشان می‌دهد مثال موقعیت افزایشی شامل دو زیرمجموعه آغاز و تغییر (افزایش) را نشان می‌دهد؛ که باید برای یافتن قسمت سوم مجموعه (مجهول) عمل جمع را انجام داد (در واقع حاصل عبارت عددی $a + b = ?$ پاسخ مجموعه است). در مقابل، مسئله موقعیت کاهش^۶، یکی از زیرمجموعه‌ها را نشان می‌دهد که کاهش^۶ نامیده می‌شود و مجموعه آخر (اختلاف) که باید برای یافتن مجموعه آغاز^۷ مجهول اضافه شود. در این مورد عبارت عددی که موقعیت را توصیف می‌کند عبارت $a - b = ?$ است.

1. decrease

2. compare

3. combination



۴. در این مقاله مسائل از نوع جمع در قالب تغییر و با افزایش به اختصار مسائل افزایشی و مسائل تفریق در قالب تغییر با کاهش به اختصار مسائل

کاهش نامیده شده است. نمونه‌ای از این مسائل در شکل ۱ قابل مشاهده است

۵. صورت مسئله برگرفته از کتاب ریاضی پایه اول ابتدایی چاپ ۱۴۰۲ وزارت آموزش و پرورش ایران است.

۶. مفروق

۷. مفروق‌منه

مثالی از مسائل کاهشی	مثالی از مسائل افزایشی
	
<p>دو اردک از آب خارج شدند. چهار اردک هنوز در آب هستند. در ابتدا چند اردک در آب بود؟</p> <p><input type="radio"/> <input type="checkbox"/> - <input type="radio"/></p>	<p>چهار اردک در آب بودند. دو اردک دیگر هم در آب رفتند. چند اردک در آب است؟</p> <p><input type="radio"/> <input type="checkbox"/> + <input type="radio"/></p>

شکل ۱. نمونه مسائل افزایشی و کاهشی با اقتباس از کتاب درسی پایه اول ابتدایی

بنابراین اگرچه در موقعیت کاهشی تصویر نمایش‌دهنده کاهش است و عبارت عددی با علامت منهای است؛ اما عمل مشترک در واقع جمع محسوب می‌شود؛ نه تفریق. کودکان مسائل ارائه‌شده در قالب تفریق را با استفاده از تفریق مستقیم و مسائل تفریق ارائه‌شده در قالب جمع را با استفاده از روش تفریق توسط جمع حل می‌کنند (Peters et al., 2012). در موقعیت افزایشی شکل ۱ دو تصویر هنوز به هم پیوسته نیستند اما به نظر می‌رسد که باید به هم بپیوندند و این در راستای تکالیف دانش‌آموز است. اما برای موقعیت کاهشی در تصاویر نتیجه جداسازی انجام شده از آنها در مفروق و مقدار اختلاف به وضوح روشن است. یافتن مجهول (مفروق منه) در اینجا به این معناست که باید کودک را از گرایش‌های احتمالی برای در نظر گرفتن علامت منهای به‌عنوان یک دستورالعمل برای تفریق دو مجموعه از یکدیگر که ممکن است منجر به یک پاسخ ناصحیح شود؛ منع کرد. در عوض

کودک باید متوجه شود که مقدار اولیه باید با یک جمع بازسازی شود؛ زیرا این مجموعه مجهول بیانگر کل دو بخش است (مفروق و اختلاف). به عبارت دیگر کودک باید بفهمد که تصویر ایستا نشانگر مرحله آخر تغییر پویا از علامت منها در مفروق و نتیجه اختلاف است که در گذشته رخ داده است.

در راستای استفاده از تصاویر در مسائل کلامی حسابی، Azizi Mahmmodabad et al. (2019) در پژوهشی با عنوان اثربخشی آموزش مسائل حسابی تصویرمحور بر عملکرد حافظه فعال و کارآمدی پردازش دانش آموزان، اذعان داشتند که آموزش مسائل حسابی تصویرمحور، موجب افزایش عملکرد حافظه فعال و کارآمدی پردازش در دانش آموزان می شود. همچنین نتایج مقایسه بازنمایی - های متفاوت در عملکرد حافظه فعال و کارآمدی پردازش نشان داد که اثرات تصاویر مختلف یکی نیستند و استفاده از بازنمایی تصویری در مسائل کلامی حساب با اولویت تصاویر کمک کننده، عریان (مسائل بدون تصویر)، بی فایده (مسائلی که تصویر دارند اما تصویر کمکی به حل مسئله نمی کند) و نهایتاً بازنمایی ضروری (حل مسئله بدون تصویر غیرممکن است)، عملکرد حافظه فعال را ارتقا می بخشد.

Berends and Van Lieshou (2009) در پژوهشی با عنوان اثر بازنمایی های ریاضی بر مسائل حسابی: تاثیر افزایش بار شناختی، نشان داده اند که تصاویر متفاوت اثرات متفاوتی بر عملکرد حافظه فعال و کارآمدی پردازش دارند و حتی برخی تصاویر با تولید اطلاعات زائد و نامربوط اثرات مضری بر روی عملکرد حافظه فعال دارند. بنابراین در این نوع مسائل کلامی ریاضی دانش آموز ابتدا داده های کلامی را در حافظه فعال پردازش کرده و سپس اقدام به محاسبه می کند (Alamolhodaei, 2009). Eysenck et al. (2005) بیان می کنند زمانی کارآمدی پردازش بالا است که فراگیر بهترین عملکرد را با استفاده از منابع اندک به دست آورد.

بنابراین می توان فرض کرد که مسائل تصویری کاهشی احتمالاً سبب کاهش کارآمدی پردازش نسبت به مسائل افزایشی می شود. این امر به دلیل این واقعیت نیست که تفریق از جمع مشکل تر است (Campbell et al., 2006) زیرا در این مورد واقعاً به تفریق نیازی نیست. از دیدگاه نظریه بار شناختی Sweller (1994) مسائل کاهشی با تعامل بیشتر عناصر شناخته می شوند؛ زیرا پردازش تنها دو مجموعه به عنوان عناصر مسئله، عنصر حرکت بیرونی را در نظر نمی گیرد (مثلاً اردک یا پرنده) که نشان می دهد قبلاً موقعیت شکل متفاوت بوده است. همچنین علامت منها در مسائل کاهشی می تواند به این عضو مرتبط اضافه شود زیرا به عملکرد صحیح مورد نیاز اشاره نمی کند. مطابق نظریه بار

شناختی، تعامل عناصر بیشتر منجر به بار طبیعی بالاتر می‌شود. بر این اساس با توجه به شرایط ذکر شده احتمالاً کارآمدی پردازش پایین‌تر آید. براساس نظریه بار شناختی سئولر به‌وسیله ارائه اطلاعات در حالات مختلف (یعنی در حالت‌هایی همچون دیداری، شنیداری و ترکیبی^۱) می‌توان بار شناختی را کاهش داد (Sweller et al., 1998). بنابراین با این روش ظرفیت حافظه فعال و کارآمدی پردازش که برای انجام تکلیف استفاده می‌شود را می‌توان بالا برد. به‌علاوه به اذعان Moreno and Mayer (1999) بر اثر قیود مختلف و متفاوت در نظریه بار شناختی زمانی که از متن و تصویر با هم یا متن و شنیدار با هم استفاده شود دانش‌آموز بهتر یاد می‌گیرد.

در نتیجه بر مبنای نظریه بار شناختی زمانی که سیستم دیداری و شنیداری به‌صورت ترکیبی ارائه شود (به‌دلیل استفاده از ظرفیت حافظه کلامی و دیداری توأم با هم) بار شناختی بیشتری می‌تواند پردازش شود (بار شناختی کاهش می‌یابد). بنابراین براساس شواهد فوق انتظار می‌رود که عملکرد حل مسئله حسابی دانش‌آموزان، زمانی که از حمایت شنیداری یا تصویری یا ترکیبی از هر دو برخوردار باشند بهبود پیدا کند. مهم‌تر از همه این‌که انتظار می‌رود که این اثر در مسائل کاهشی به‌دلیل بار شناختی بیشتری که تحمیل می‌شود در مقایسه با مسائل افزایشی بیشتر باشد؛ بنابراین طرح پژوهش حاضر شامل سه شرط ارائه تصویری، شنیداری و ترکیبی بود.

ازطرفی حافظه فعال یکی از عواملی است که تفاوت‌های فردی را در ریاضی تفسیر می‌کند. بنابراین بین عملکرد ریاضی‌دانان قوی و ضعیف در حافظه فعال تفاوت وجود دارد و عملکرد ریاضی‌دانان ضعیف در حافظه فعال کمتر است (Passolunghi et al., 2007; Xenidou-Dervou et al., 2017)، بنابراین انتظار این است که کودکان با پیشرفت ریاضی پایین‌تر^۲ از ارائه روش ترکیبی در مقایسه با پیشرفت ریاضی کودکان قوی‌تر^۳ منفعت بیشتری ببرند و نسبت به مسائل افزایشی نمود بیشتری داشته باشند. بنابراین به‌صورت خاص یکی از پرسش‌های پژوهش این است که آیا کارآمدی پردازش می‌تواند تفاوت احتمالی بین عملکرد در مسائل کاهشی و افزایشی را توضیح دهد؟

بنابراین از یک‌سو با توجه به این‌که کارآمدی پردازش یکی از عوامل توسعه استدلال است (Demetriou et al., 2019)؛ و در تسهیل فرایند حل مسائل کلامی حسابی و حالت‌های مختلف ارائه مسئله نقش مهمی دارد؛ و ازسوی دیگر با توجه به عدم‌بررسی تأثیر شیوه‌های ارائه متفاوت مسائل ریاضی بر کارآمدی پردازش در پژوهش‌های داخلی و خارجی، هدف این پژوهش تعیین تأثیر

۱. ارائه ترکیبی به معنای ارائه تصویری و شنیداری توأم با هم است و در این مقاله منظور از ارائه ترکیبی، تلفیق تصویری و شنیداری است.

۲. در این مقاله این دانش‌آموزان به اختصار با عنوان دانش‌آموزان ضعیف نامیده شده‌اند.

۳. در این مقاله این دانش‌آموزان به اختصار با عنوان دانش‌آموزان قوی نامیده شده‌اند.

شیوه‌های ارائه متفاوت مسائل بر کارآمدی پردازش در حل مسائل کلامی حسابی ساده و همچنین مقایسه اثرات متفاوت این شیوه‌های ارائه در کارآمدی پردازش است. بر این مبنا پرسش‌های اصلی این پژوهش عبارت‌اند از:

- ۱- آیا کارآمدی پردازش ریاضی‌دانان قوی در حالات متفاوت ارائه مسائل افزایشی (تصویری، شنیداری و ترکیبی) تفاوتی دارد؟
- ۲- آیا کارآمدی پردازش ریاضی‌دانان ضعیف در حالات متفاوت ارائه مسائل افزایشی (تصویری، شنیداری و ترکیبی) تفاوتی دارد؟
- ۳- آیا کارآمدی پردازش ریاضی‌دانان قوی در حالات متفاوت ارائه مسائل کاهششی (تصویری، شنیداری و ترکیبی) تفاوتی دارد؟
- ۴- آیا کارآمدی پردازش ریاضی‌دانان ضعیف در حالات متفاوت ارائه مسائل کاهششی (تصویری، شنیداری و ترکیبی) تفاوتی دارد؟
- ۵- آیا کارآمدی پردازش ریاضی‌دانان ضعیف و قوی در مسائل افزایشی و کاهششی تفاوتی دارد؟

روش پژوهش

این پژوهش، از لحاظ ماهیت و هدف از نوع کاربردی و از لحاظ روش پژوهش از نوع طرح‌های آزمایشی است که طی آن تأثیر شیوه ارائه مسائل حسابی ساده (تصویری، شنیداری و ترکیبی) بر کارآمدی پردازش حل مسائل حسابی ساده در دانش‌آموزان پایه اول ابتدایی به تفکیک گروه (قوی و ضعیف در ریاضی) بررسی شده است. کودکان در مدت یک ماه در سه جلسه آزمون فردی شرکت کردند.

جامعه آماری این پژوهش شامل همه دانش‌آموزان پایه اول ابتدایی شهر یاسوج به تعداد ۴۰۴۹ نفر (۲۰۲۱ دختر و ۲۰۲۸ پسر) در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ بود. شرکت‌کنندگان از میان دانش‌آموزان داوطلب انتخاب شدند؛ زیرا در پژوهش‌هایی که نیاز به تلاش زیاد آزمودنی‌ها دارد، مشارکت‌کنندگان داوطلب بهترین گزینه انتخابی برای حضور در پژوهش هستند (Gall et al., 2004/1381). مشارکت‌کنندگان پژوهش ۵۸ نفر (دو گروه ۲۹ نفره) بودند. برای انتخاب مشارکت‌کنندگان، دانش‌آموزان شش تا از مدارس ابتدایی (سه تا دخترانه و سه تا پسرانه) شهر یاسوج به عنوان مشارکت‌کنندگان در دسترس انتخاب و پس از این که ۵۲۳ نفر به صورت داوطلب حاضر شدند، با آزمون پالایش دانش‌آموزان قوی و ضعیف در مسائل حسابی ساده ریاضی، ۵۸ نفر برای

شرکت در پژوهش انتخاب شدند. شایان ذکر است که دانش‌آموزانی که ۷۵ درصد یا بیش از ۷۵ درصد سؤالات آزمون سرعت حساب را پاسخ‌گو بودند؛ قوی (۲۰ دختر و ۹ پسر) و دانش‌آموزانی که ۲۵ درصد یا کمتر از ۲۵ درصد سؤالات را پاسخ‌گو بودند؛ ضعیف (۱۴ دختر و ۱۵ پسر) قلمداد شدند؛ میانگین سنی گروه دانش‌آموزان قوی ۶/۱۳ با انحراف معیار ۰/۲۲ سال و میانگین سنی دانش‌آموزان ضعیف ۶/۱۵ با انحراف معیار ۰/۲۳ سال بود. در طول فرایند مداخله، ریزشی در تعداد شرکت‌کنندگان رخ نداد و در نهایت مداخله با ۲۹ نفر در هریک از گروه‌های آزمایش به پایان رسید. ابزار اندازه‌گیری، آزمونی بود که از مسائل کتاب ریاضی پایه اول، ۱۴۰۲ (Educational Research and Planning Organization, 2023) اقتباس شده بود. در طول هر آزمون صفحه لپ‌تاپ با پاورپوینت یک بازنمایی تصویری با عبارات عددی خالی و علامت جمع یا تفریق را نشان می‌داد. در شرایط تصویری و ترکیبی (نه در شرایط شنیداری) یک تصویر افزایشی یا کاهش‌ی نمایش داده می‌شد (شکل ۱). کودکان نزدیک آزمایشگر نشسته بودند تا بهتر ببینند. کودکان باید به ترتیب به جملات و مربع‌ها اشاره می‌کردند و به آزمایشگر می‌گفتند که کدام عدد در کدام شکل قرار گیرد. در مرحله آموزش آزمایشگر مسائل تمرینی را به صورت تصویری همراه با قالب شنیداری ارائه داد. برای رد کردن این احتمال که شاید توضیحات کلامی با ارائه اطلاعات شنیداری منجر به بهبود عملکرد شود؛ از متون گفتاری برای کنترل این احتمال استفاده شد؛ در شرایط شنیداری یا ترکیبی از کودک خواسته شد که اقدامات را پس از پایان خواندن متن توسط پژوهشگر شروع کند که کودک آن را نمی‌دید. او می‌گفت که پرندگان روی درخت می‌نشینند یا اردک‌ها به آب وارد یا خارج می‌شوند. مواقعی که کودک آموزش‌ها را متوجه نمی‌شد؛ آزمایشگر به رویدادی که از نظر میزان تغییر و بخش‌های مجموعه رخ داده بود اشاره می‌کرد. در حالی که کودک مسئله را حل می‌کرد؛ آزمایشگر از یک فرم نمره‌گذاری استفاده می‌کرد که در آن نشان می‌داد آیا کودک پاسخ مجهول را به درستی بیان کرده است و آیا عبارت عددی صحیح است یا خیر.

در شرایط تصویری، اندازه‌گیری با یک کرنومتر از لحظه ارائه تصویر شروع شد. اما در شرایط شنیداری پس از توصیف توسط آزمایشگر اندازه‌گیری با کرنومتر شروع شد (حدود ۱۰ ثانیه)؛ به این دلیل که در شرایط تصویری تمام اطلاعات لازم در آنجا در خود تصویر وجود داشت اما در شرایط شنیداری ابتدا باید قبل از داشتن همه اطلاعات لازم، کودک تمام توضیحات را می‌شنید تا شروع به حل مسئله کند. شرایط ترکیبی شبیه شرایط شنیداری بود. هر دو قالب مسئله (افزایشی و کاهش‌ی) شامل کلیه شرایط روش ارائه (تصویری، شنیداری و ترکیبی) بود.

به هر شرکت‌کننده ۲۴ مسئله ارائه شد: ۸ مسئله در هر شرایط ارائه؛ نیمی کاهشی و نیمی دیگر افزایشی. نیمی از مسائل افزایشی و نیمی از مسائل کاهشی نشان‌دهنده اردک‌ها و آب و نیمی درخت و پرندگان بود؛ اما مسائل مخلوط بودند. طرح پژوهش به صورت ABBA بود. A افزایش و B کاهش. برای به حداقل رساندن این که دانش‌آموز نتواند مسئله بعدی را پیش‌بینی کند که کاهشی است یا افزایشی، در پژوهش از دو دستور ABBA و BAAB استفاده شد. ترتیب این مجموعه‌ها در طول سه جلسه به صورت چرخشی بود. این امر باعث شد جلسه اول به صورت ABBA و BAAB و ABBA، جلسه دوم به صورت BAAB و ABBA و ABBA و جلسه سوم به صورت ABBA و ABBA باشد.

برای ۴ مسئله در هر دو حالت تغییر اندازه (افزایش یا کاهش) از ۴ ترکیب عددی (۲ و ۴)، (۱ و ۷)، (۱ و ۵) و (۲ و ۶) استفاده شد. در مسائل کاهشی و افزایشی از هر جفت به تعداد مساوی استفاده شد. تنها تفاوت جهت حرکت، جمع یا تفریق بود.

این تعداد به صورت مجموعه تصاویر قابل مشاهده، یا در شرایط شنیداری بیان می‌شد. برای مثال ترکیب (۲ و ۴) در موقعیت افزایش به این معنی است که کودک باید آن را به عنوان جمع $۲+۴=۶$ قلمداد کند؛ اما در یک موقعیت کاهشی به معنای $۴-۲=۲$ است. در هر دو مورد عدد ۶ (مجموع در حالت اول و مفروق منه در حالت دوم) پاسخ مورد نظر برای مجهول بود. از هر جفت عدد به تعداد مساوی در مسائل افزایشی و کاهشی استفاده شد. تنها تفاوت بین مسائل افزایشی و کاهشی با همان جفت عدد و تصویر یکسان (اردک و پرنده)، جهت حرکت مقدار اضافه شده یا جدا شده بود. جهت به تصویر کشیده شدن حرکت اردک یا پرنده در مسائل تصویری نشان می‌داد که مسئله مرتبط با افزایش یا کاهش است. در مسائل شنیداری جهت با کلمات بیان می‌شد. علامت عملیات (+ یا -) در طرح جمله عددی خالی می‌تواند به عنوان نشانه‌ای برای جهت تغییر باشد. دقیقاً از همان طرح جاخالی عدد و همان ساختار افزایشی یا کاهشی مانند مسائلی که در برنامه درسی ایران (کتاب ریاضی پایه اول، ۱۴۰۲) (Educational Research and Planning Organization, 2023) بود استفاده شد. فقط تصاویری که استفاده شده بود متفاوت بودند. مجموع ترکیب اعداد هرگز بیشتر از ۸ نبود. در مسائل کاهشی تعداد اردک‌ها یا پرندگان که باقی مانده بودند همیشه بیشتر از تعدادی بود که رفته بودند. وضعیت معکوس (مثال پرواز چهار پرنده در حالی که دو پرنده باقی می‌ماند می‌تواند به کودک این ایده را بدهد که $۴-۲$ نادرست است) وجود نداشت. در دو موقعیت تغییر ۴ ترکیب عددی به صورت تصادفی توزیع شدند. از دو آزمایش متوالی شامل ترکیبی از اعداد یکسان

جلوگیری شد. اثر احتمالی ترتیب^۱ در عامل روش با استفاده از طرح مربع لاتین متعادل شد. به این معنی که ترکیب سه شرط روشی به‌طور سیستمی با روشی خاص تغییر می‌کرد تا اثرات احتمالی ترتیب برای هر شرط یکسان بماند. در یک ترتیب جلسه اول شامل شرایط موقعیت تصویری، جلسه دوم شرایط ترکیبی و جلسه آخر شامل شرایط شنیداری بود. در شرایط دیگر ترتیب به‌صورت ترکیبی، شنیداری و تصویری، در نهایت مرتبه سوم با ترتیب شنیداری، تصویری و ترکیبی بود.

از آنجایی که کارآمدی پردازش به معنای زمان پاسخ‌دهی به یک مسئله موجود در حافظه فعال است، جهت سنجش کارآمدی پردازش، از مسائل حسابی ساده مذکور با احتساب زمان پاسخ‌گویی به هر آزمون به‌صورت مجزا استفاده شد. زمان صرف‌شده برای هر آزمون برای هر دانش‌آموز به‌صورت مجزا توسط کرنومتر ثبت می‌شد. نمره کسب‌شده توسط هر دانش‌آموز تقسیم بر زمان انجام هر آزمون به‌صورت مجزا نمره کارآمدی دانش‌آموز تلقی گردید.

از دو آزمون سرعت حساب نیز برای تمایز بین سطح دو گروه دانش‌آموزان (قوی یا ضعیف در ریاضی)، یکی برای جمع و دیگری برای تفریق استفاده شد. آزمون سرعت جمع شامل ۴ بلوک از ۶ مسئله جمع بود. اعداد موجود در مسائل براساس همان شش ترکیب اعدادی بودند که در مسائل تجربی استفاده شدند. مسائل به‌صورت تصادفی در هر بلوک مرتب شدند. با این محدودیت که جفت اعداد اول با جفت دیگری از ۵ جفت باقی‌مانده در زمانی که یکی از اعداد آن برابر با یکی از اعداد جفت بلوک قبلی بود مبادله می‌شد. آزمون سرعت تفریق نیز به همین ترتیب توسعه داده شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: به‌منظور بررسی اطلاعات توصیفی متغیرها از میانگین و انحراف معیار و برای پاسخ به پرسش‌های پژوهش از روش تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر و روش تحلیل واریانس چندمتغیری (مانوا) استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج بررسی شاخص‌های توصیفی (میانگین و انحراف معیار) نمرات کارآمدی پردازش در مسائل حسابی ساده در جدول ۱ ارائه شده است.

^۱. order effect

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار کارآمدی پردازش در مسائل حسابی ساده

وضعیت	دانش‌آموزان قوی		دانش‌آموزان ضعیف	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
ارائه شنیداری	۶/۵۲	۱/۷۵	۲/۱۹	۰/۹۷
کاهشی	۴/۴۲	۲/۵۹	۱/۰۱	۰/۳۶
ارائه تصویری	۷/۸۸	۲/۴۰	۳/۶۰	۱/۳۱
کاهشی	۵/۶۶	۲/۹۲	۱/۷۸	۰/۶۵
ارائه ترکیبی	۸/۹۷	۱/۹۱	۴/۷۵	۱/۵۱
کاهشی	۶/۷۸	۲/۸۳	۲/۱۲	۰/۶۱

اطلاعات مندرج در جدول ۱ شامل میانگین و انحراف معیار نمرات دانش‌آموزان قوی و دانش‌آموزان ضعیف در سه وضعیت (ارائه شنیداری مسائل، ارائه تصویری و ارائه ترکیبی) است. با توجه به این جدول، میانگین نمرات کارآمدی پردازش در مسائل حسابی ساده در مسائل شنیداری افزایشی، مسائل تصویری افزایشی و مسائل ترکیبی افزایشی و همچنین مسائل شنیداری کاهشی، مسائل تصویری کاهشی و مسائل ترکیبی کاهشی بین دانش‌آموزان قوی متفاوت است. همچنین در گروه دانش‌آموزان ضعیف این میانگین در مسائل شنیداری افزایشی، مسائل تصویری افزایشی و مسائل ترکیبی افزایشی و همچنین مسائل شنیداری کاهشی، مسائل تصویری کاهشی و مسائل ترکیبی کاهشی نشان‌دهنده تفاوت محسوس در نمرات وضعیت مختلف است.

برای پاسخ به پرسش‌های ۱ تا ۴ پژوهش از روش آماری تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر استفاده شد. اما پیش از آن، دو پیش‌فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس - کواریانس مورد بررسی قرار گرفت. برای نشان دادن نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلکز و برای بررسی یکنواختی واریانس - کواریانس‌ها از آزمون کرویت ماچلی استفاده شد.

نتایج آزمون شاپیرو-ویلکز برای متغیر کارآمدی مسائل تصویری افزایشی $(p=0/423)$ $0/903$ ، مسائل تصویری کاهشی $(p=0/351)$ $0/815$ ، کارآمدی مسائل شنیداری افزایشی $(p=0/624)$ $0/913$ و مسائل شنیداری کاهشی $(p=0/659)$ $0/787$ ، کارآمدی مسائل ترکیبی افزایشی $(p=0/544)$ $0/893$ و مسائل ترکیبی کاهشی $(p=0/359)$ $0/839$ ، نشان داد که مفروضه نرمال بودن توزیع نمره‌ها در تمام متغیرها برقرار است؛ یعنی توزیع نمره‌ها نرمال و همسان با جامعه است.

برای بررسی فرض یکنواختی واریانس - کواریانس‌ها از آزمون کرویت ماچلی استفاده شد که نتایج آن در جدول ۲ آمده است. نتایج آزمون ماچلی (جدول ۲) نشان داد که مقدار این آماره در هر دو گروه دانش‌آموزان قوی و ضعیف معنی‌دار نیست. با توجه به معنی‌دار نبودن آزمون ماچلی، مفروضه همگنی واریانس - کواریانس‌ها برقرار بود. بنابراین در ادامه، نتایج تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر با توجه به نتایج آزمون ماچلی مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۲. نتایج آزمون ماچلی در اندازه‌گیری‌های مکرر کارآمدی پردازش در مراحل مختلف و به تفکیک گروه دانش‌آموزان

گروه	اثرات درون آزمودنی	ضریب ماچلی	ضریب خی‌دو	درجه آزادی	سطح معنی‌داری	اپسیلون		حد پایین
						ضریب گرین‌هاوس - گیسر	ضریب هون - فیلد	
قوی	مسائل افزایشی	۰/۹۴۷	۱/۴۵	۲	۰/۴۸۲	۰/۹۵۰	۱/۰۰	۰/۵۰۰
	مسائل کاهش‌ی	۰/۹۰۸	۲/۶۰	۲	۰/۲۷۲	۰/۹۱۶	۰/۹۷۷	۰/۵۰۰
ضعیف	مسائل افزایشی	۰/۸۹۱	۳/۱۱۵	۲	۰/۲۱۱	۰/۹۰۲	۰/۹۶۰	۰/۵۰۰
	مسائل کاهش‌ی	۰/۹۹۴	۱/۵۵۸	۲	۰/۴۵۹	۰/۹۴۷	۱/۰۰۰	۰/۵۰۰

نتایج آزمون لامبدای ویلکز و مقدار مجذور اتای تفکیکی به منظور بررسی تفاوت در شیوه‌های ارائه مسائل حسابی ساده در قالب مسائل افزایشی و کاهش‌ی در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳. نتایج آزمون لامبدای ویلکز برای بررسی تفاوت در شیوه ارائه مسائل افزایشی و کاهشی به تفکیک دانش‌آموزان قوی و ضعیف

گروه	متغیر	مقدار لامبدای ویلکز	آماره F	درجه آزادی	سطح معنی‌داری	مجذور اتای تفکیکی
قوی	مسائل افزایشی	۰/۲۹۰	۳۳/۰۳۳	۲	۰/۰۰۱	۰/۷۱۰
	مسائل کاهشی	۰/۴۶۹	۱۵/۲۹۹	۲	۰/۰۰۱	۰/۵۳۱
ضعیف	مسائل افزایشی	۰/۱۳۶	۸۶/۱۱۴	۲	۰/۰۰۱	۰/۸۶۴
	مسائل کاهشی	۰/۲۰۲	۵۳/۲۷۱	۲	۰/۰۰۱	۰/۷۹۸

با توجه به جدول ۳ مقدار به دست آمده لامبدای ویلکز برای همه مسائل حسابی ساده (هم در مسائل افزایشی و هم در مسائل کاهشی) و هم در دانش‌آموزان قوی و هم در دانش‌آموزان ضعیف در سطح ۰/۰۰۱ معنی‌دار است. بدین معنا که بین شیوه‌های ارائه مسائل حسابی ساده در موقعیت‌های متفاوت (مسائل افزایشی و کاهشی) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. همچنین مجذور اتای تفکیکی برای همه مسائل حسابی ساده نشان از سهم قابل توجه این مقادیر دارد.

جدول ۴. آزمون اثرات درون آزمودنی‌ها بر کارآمدی پردازش

گروه	منبع تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معنی‌داری
قوی	مسائل افزایشی	۸۷/۴۲	۲	۴۳/۷۱	۲۶/۴۳	۰/۰۰۱
	مسائل کاهشی	۸۰/۸۶	۲	۴۰/۴۳	۱۵/۲۸	۰/۰۰۱
ضعیف	مسائل افزایشی	۹۵/۴۳	۲	۴۷/۷۱	۱۱۸/۷۵	۰/۰۰۱
	مسائل کاهشی	۱۸/۷۰	۲	۹/۳۵	۵۹/۲۲	۰/۰۰۱

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که در کارآمدی پردازش دانش‌آموزان قوی، اثر مسائل افزایشی ($F = ۲۶/۴۳, p < ۰/۰۰۱$)، مسائل کاهشی ($F = ۱۵/۲۸, p < ۰/۰۰۱$) و در کارآمدی پردازش دانش‌آموزان ضعیف، اثر مسائل افزایشی ($F = ۱۱۸/۷۵, p < ۰/۰۰۱$) و مسائل کاهشی ($p < ۰/۰۰۱$)، معنی‌دار است. بنابراین تأثیرگذاری آموزش همه مسائل حسابی ساده پذیرفته می‌شود. به این معنا که بین حالت‌های متفاوت ارائه مسائل (شنیداری، تصویری، ترکیبی) در هر کدام از انواع

مسائل (افزایشی و کاهش‌ی) هم در دانش‌آموزان ضعیف و هم در دانش‌آموزان قوی تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

جدول ۵. تغییرات کارآمدی پردازش در آزمون مسائل حسابی ساده در حالت‌های متفاوت ارائه مسائل به تفکیک نوع مسائل در دانش‌آموزان قوی و ضعیف

آزمون‌ها	مرحله ۱	مرحله ۲	تفاوت دو مرحله	خطای استاندارد	سطح معنی‌داری	فاصله اطمینان	
						حد بالا	حد پایین
مسائل افزایشی در دانش‌آموزان قوی	شنیداری	تصویری	-۱/۳۵	۰/۳۵۶	۰/۰۰۲	-۲/۲۶	-۰/۴۴۷
	شنیداری	ترکیبی	-۲/۴۵	۰/۲۹۶	۰/۰۰۱	-۳/۲۰	-۱/۶۹
مسائل افزایشی در دانش‌آموزان ضعیف	تصویری	ترکیبی	-۲/۴۵	۰/۲۹۶	۰/۰۰۱	-۳/۲۰۶	-۱/۶۹۶
	شنیداری	تصویری	-۱/۴۱	۰/۱۵۶	۰/۰۰۱	-۱/۸۱	-۱/۰۱
مسائل کاهش‌ی در دانش‌آموزان قوی	شنیداری	ترکیبی	-۲/۵۶	۰/۱۹۲	۰/۰۰۱	-۳/۰۴	-۲/۰۷
	تصویری	ترکیبی	-۱/۱۴	۰/۱۴۸	۰/۰۰۱	-۱/۵۲۷	-۰/۷۷
مسائل کاهش‌ی در دانش‌آموزان ضعیف	شنیداری	تصویری	-۱/۲۴	۰/۴۷۶	۰/۰۴۲	-۲/۴۵	-۰/۰۳
	شنیداری	ترکیبی	-۲/۶۰	۰/۴۳۵	۰/۰۰۱	-۳/۴۶	-۱/۲۵
مسائل کاهش‌ی در دانش‌آموزان قوی	تصویری	ترکیبی	-۱/۱۱	۰/۳۶۲	۰/۰۱۴	-۲/۰۳۹	-۰/۱۹۳
	شنیداری	تصویری	-۰/۷۶	۰/۱۱۴	۰/۰۰۱	-۱/۶۰	-۰/۴۷۹
مسائل کاهش‌ی در دانش‌آموزان ضعیف	شنیداری	ترکیبی	-۱/۱۰	۰/۱۰۵	۰/۰۰۱	-۱/۳۷	-۰/۸۴۰
	تصویری	ترکیبی	-۰/۳۳	۰/۰۹۲	۰/۰۰۳	-۰/۵۷۴	-۰/۱۰۳

نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که بین همه حالات ارائه‌های متفاوت (شنیداری، تصویری و ترکیبی) مسائل (افزایشی و کاهش‌ی) هم در دانش‌آموزان قوی و هم در دانش‌آموزان ضعیف تفاوت معنی‌دار وجود دارد؛ به‌صورت روشن‌تر به این معنا که کارآمدی پردازش در مسائل افزایشی هم در دانش‌آموزان قوی و هم در دانش‌آموزان ضعیف، در شرایط تصویری بهتر از شرایط شنیداری و در شرایط ترکیبی بهتر از دو شرایط دیگر بوده است؛ همچنین کارآمدی پردازش در مسائل کاهش‌ی هم در دانش‌آموزان قوی و هم در دانش‌آموزان ضعیف، در شرایط تصویری بهتر از شرایط شنیداری و در شرایط ترکیبی بهتر از دو شرایط دیگر بوده است.

در ادامه برای پاسخ به پرسش ۵ پژوهش از تحلیل واریانس چندمتغیری استفاده شد که نتایج آن در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۶. نتایج تحلیل واریانس چندمتغیری برای بررسی اثر گروه بر ترکیب متغیرهای وابسته

اثر	آزمون	ارزش	نسبت F	درجه آزادی	درجه آزادی	سطح معنی داری
گروه	اثر پیلایی	۰/۷۲۱	۲۱/۹۱۷	۶	۵۱	۰/۰۰۱
	لامبدای ویلکز	۰/۲۷۹	۲۱/۹۱۷	۶	۵۱	۰/۰۰۱
	اثر هتلینگ	۲/۵۷۹	۲۱/۹۱۷	۶	۵۱	۰/۰۰۱
	بزرگترین ریشه روی	۲/۵۷۹	۲۱/۹۱۷	۶	۵۱	۰/۰۰۱

همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود؛ اثر گروه بر ترکیب متغیرهای وابسته معنی‌دار است. بدین صورت که بین دو گروه دانش‌آموزان قوی و ضعیف در ریاضی حداقل در یکی از متغیرهای وابسته تفاوت معنی‌دار وجود دارد. بنابراین در ادامه و برای پی بردن به اثر متغیر مستقل به تفکیک متغیرهای وابسته، از آزمون تحلیل واریانس تک‌متغیری در متن مانوا استفاده شد که نتایج آن برای ارائه‌های مختلف (شنیداری، تصویری و ترکیبی) در مسائل افزایشی و کاهششی در جدول ۷ آورده شده است.

جدول ۷. نتایج تحلیل واریانس تک‌متغیری برای بررسی اثر گروه بر کارآمدی پردازش در مسائل حسابی ساده به تفکیک روش‌های ارائه مسائل

منبع تغییرات	متغیر وابسته	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	نسبت F	سطح معنی داری
گروه	مسائل شنیداری افزایشی	۲۷۲/۴۲۲	۱	۲۷۲/۴۲۲	۱۳۴/۸۸	۰/۰۰۱
	مسائل شنیداری کاهششی	۱۶۷/۹۹۴	۱	۱۶۷/۹۹۴	۴۸/۸۶	۰/۰۰۱
	مسائل تصویری افزایشی	۲۶۵/۱۴۶	۱	۲۶۵/۱۴۶	۷۰/۵۵	۰/۰۰۱
	مسائل تصویری کاهششی	۲۱۸/۲۱۱	۱	۲۱۸/۲۱۱	۴۸/۶۹	۰/۰۰۱
	مسائل ترکیبی افزایشی	۲۵۸/۷۷۱	۱	۲۵۸/۷۷۱	۸۶/۹۹	۰/۰۰۱
	مسائل ترکیبی کاهششی	۳۱۴/۳۱۷	۱	۳۱۴/۳۱۷	۷۴/۹۱	۰/۰۰۱

همان‌گونه که در جدول ۷ مشاهده می‌شود مقادیر F تحلیل واریانس تک‌متغیری برای متغیرهای مسائل شنیداری افزایشی ($F = ۱۳۴/۸۸, p < ۰/۰۰۱$)، مسائل شنیداری کاهششی ($F = ۴۸/۸۶, p < ۰/۰۰۱$)، مسائل تصویری افزایشی ($F = ۷۰/۵۵, p < ۰/۰۰۱$)، مسائل تصویری کاهششی ($F = ۴۸/۶۹, p < ۰/۰۰۱$)، مسائل ترکیبی افزایشی ($F = ۲۵۸/۷۷۱, p < ۰/۰۰۱$)، مسائل ترکیبی کاهششی ($F = ۳۱۴/۳۱۷, p < ۰/۰۰۱$)،

مسائل ترکیبی افزایشی ($F = ۸۶/۹۹, p < ۰/۰۰۱$) و مسائل ترکیبی کاهششی ($F = ۷۴/۹۱, p < ۰/۰۰۱$) معنی‌دار به دست آمدند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که بین دو گروه دانش‌آموزان قوی و ضعیف از نظر مسائل شنیداری افزایشی و کاهششی، مسائل تصویری افزایشی و کاهششی و همچنین مسائل ترکیبی افزایشی و کاهششی تفاوت معنی‌داری قابل مشاهده است. این یافته‌ها با توجه به اطلاعات توصیفی متغیرها، به این معنا است که در همه موارد، کارآمدی پردازش دانش‌آموزان قوی به‌نحو معنی‌داری بیشتر از کارآمدی پردازش دانش‌آموزان ضعیف بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری

در آغاز دوره ابتدایی کودکان با مغزی انباشته از تجارب و الگوهای پیچیده و گوناگون رفتاری قدم به دبستان می‌گذارند و همه آنچه به‌صورت غیررسمی و پراکنده برایشان معنا یافته برای اولین بار در خواندن، نوشتن و حساب کردن تجربه می‌کنند. از آنجاکه ویژگی متمایز انسان، قدرت تفکر و ایجاد تغییرات سریع در آگاهی است و بهترین کاری که مغز انجام می‌دهد یادگیری است و از طرفی سن کم مخاطبان و عدم شکل‌گیری کامل ساختار شناختی و آگاهی محدود آن‌ها نسبت به توانایی‌ها، علایق و استعدادهایشان، ما را با طیف وسیعی از تفاوت‌های فردی روبرو می‌سازد، قسمت عمده روش‌های آموزشی در دوره ابتدایی، سعی در توصیف ریاضی‌گونه ملموسات و نیز سعی در تفسیر مفاهیم ریاضی از طریق ملموسات دارد (Davoudi et al., 2011). در این پژوهش بررسی کارآمدی پردازش دانش‌آموزان پایه اول ابتدایی در مسائل حسابی ساده کاهششی و افزایششی با شیوه‌های متفاوت در ارائه مسائل مذکور بررسی شد. با توجه به یافته‌ها، پُر واضح است که میانگین نمرات دانش‌آموزان قوی در ارائه‌های متفاوت اعم از شنیداری، تصویری و ترکیبی هم در مسائل افزایششی و هم در مسائل کاهششی از دانش‌آموزان ضعیف بیشتر است. البته این نکته قابل تأمل است که کارآمدی پردازش هم در دانش‌آموزان قوی و هم در دانش‌آموزان ضعیف در مسائل افزایششی در هر شیوه ارائه (شنیداری، تصویری و ترکیبی) نسبت به مسائل کاهششی بیشتر است، به این معنا که کارآمدی پردازش همه دانش‌آموزان در مسائل افزایششی نسبت به مسائل کاهششی بیشتر است؛ اما نکته قابل تأمل‌تر این است که این تفاوت را نمی‌توان به این واقعیت نسبت داد که تفریق دشوارتر است و نسب به جمع نیاز به زمان بیشتری دارد (Campbell & Xue, 2001; Kamii et al., 2001) زیرا هر دو نوع مسئله‌ای که طرح شده بود، نیاز به یک عمل جمع داشتند تا به‌درستی حل شوند؛ همچنین کارآمدی پردازش همه دانش‌آموزان در ارائه ترکیبی نسبت به ارائه تصویری و در ارائه تصویری نسبت به ارائه شنیداری

بیشتر بود؛ به این معنا که کارآمدی پردازش شیوه ترکیبی بیشتر از تصویری و تصویری بیشتر از شنیداری است و این وضعیت هم برای دانش‌آموزان قوی و هم برای دانش‌آموزان ضعیف صدق می‌کند.

بنابراین ارائه تصویری و ترکیبی هم در مسائل افزایشی و هم در مسائل کاهششی سبب ارتقای کارآمدی پردازش دانش‌آموزان در حل مسائل کلامی حسابی ساده می‌شود. این یافته‌ها با یافته‌های Van Lieshout and Xenidou-Dervou (2018) و Berends and Van Lieshout (2009) مبنی بر افزایش عملکرد حافظه فعال در ارتقای توانایی دانش‌آموزان در حل مسئله بر مبنای ارائه‌های متفاوت هم‌سو است. در همین راستا Passolunghi and Costa (2019) و Azizi Mahmmodabad et al. (2019) اذعان دارند برنامه‌هایی که در راستای آموزش حافظه فعال طراحی و اجرا شده‌اند، نشان می‌دهند که مداخلات مناسب، عملکرد حافظه فعال را افزایش داده و سبب بهبود عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان می‌شوند. همچنین Panaoura (2007) در پژوهشی با عنوان تأثیر متقابل کارآمدی پردازش و حافظه فعال با توسعه عملکرد فراشناختی در ریاضیات اظهار داشت که کارآمدی پردازش نقش هماهنگ‌کننده‌ای در رشد عملکرد ریاضی دارد.

یافته بعدی پژوهش نشان داد که بین کارآمدی پردازش در حالت‌های متفاوت ارائه مسائل (شنیداری، تصویری و ترکیبی) در هرکدام از انواع مسائل (افزایشی و کاهششی) در دانش‌آموزان قوی و نیز در دانش‌آموزان ضعیف تفاوت معنی‌داری وجود دارد. بنابراین شیوه‌های متفاوت ارائه مسائل اعم از شنیداری، تصویری و ترکیبی کارآمدی پردازش را هم در مسائل افزایشی و هم در مسائل کاهششی، هم در دانش‌آموزان ضعیف و هم در دانش‌آموزان قوی بالا می‌برد؛ ولی شدت و ضعف آن متفاوت است. این یافته‌ها با یافته‌های Santosa and Khotimah (2023) مبنی بر این که سبک‌های ارائه دیداری و شنیداری سبب رشد یادگیری دانش‌آموزان و پاسخ‌گویی آن‌ها به سؤالات خواسته‌شده و توسعه آن در قالب مدل‌های ریاضی برای پاسخ‌گویی به دیگر مسائل ریاضی می‌شود؛ هم‌سو است. همچنین این یافته‌ها با یافته‌های Heejung and Hyunjoo (2023) مبنی بر پیشرفت دانش‌آموزان متوسط و عادی در تحصیل با استفاده از بازنمایی تصویری و کلامی و شنیداری در حل مسئله در یک راستا است. در همین زمینه Purcar et al. (2024) در پژوهشی با عنوان اثر استدلال تصویری بر مسائل کلامی حسابی اذعان دارند که دانش‌آموزان کلاس اول به دلیل توانایی محدود درک مطلب اغلب در درک و حل مسائل کلامی حسابی با چالش مواجه هستند. زمینه دارای تصویر در مسائل

منجر به افزایش تعداد پاسخ‌های صحیح در مقایسه با زمینه عادی می‌شود؛ که نشان از مزیت بازنمایی‌های تصویری در افزایش مهارت‌های درک کردن و حل مسئله است.

به‌علاوه Azizi Mahmmodabad et al. (2019) در پژوهش خود نشان دادند که تفاوت معنی‌داری در میانگین عملکرد حافظه فعال و کارآمدی پردازش بین گروه کنترل و آزمایش وجود داشت؛ یعنی آموزش مسائل حسابی تصویرمحور، موجب افزایش عملکرد حافظه فعال و کارآمدی پردازش در دانش‌آموزان می‌شود.

از دیگر یافته‌های پژوهش می‌توان به این مورد اشاره کرد که هم در مسائل افزایشی و هم در مسائل کاهششی، همه دانش‌آموزان عملکرد بهتری در کارآمدی پردازش در مسائل تصویری و ترکیبی نسبت به مسائل شنیداری داشتند، به‌علاوه در مسائل ترکیبی هم عملکرد بهتری نسبت به مسائل تصویری داشتند. پرواضح است که عملکرد دانش‌آموزان در ارائه ترکیبی (ارائه تصویر با افزودن پشتیبانی شنیداری) را نمی‌توان صرفاً به اطلاعات شنیداری نسبت داد؛ چرا که دانش‌آموزان در ارائه شنیداری بدترین عملکرد را داشتند و این نتیجه مبین این موضوع است که تلفیق و ترکیب اطلاعات دیداری و شنیداری به‌صورت قابل توجهی دقت کودکان را در عملکردشان افزایش می‌دهد. Upu et al. (2024) در همین راستا اذعان دارند دانش‌آموز با توانایی دیداری بالا عناصر شناخته و ناشناخته را تشخیص داده و درک مفهومی قوی از خود نشان می‌دهد و بنابراین معلمان باید آگاهی شناختی و فراشناختی و مهارت‌های تمرینی دانش‌آموزان را برای توسعه توانایی حل مسئله ریاضی تقویت نمایند.

از یافته‌های دیگر پژوهش این است که در مسائل کاهششی هم دانش‌آموزان قوی و هم دانش‌آموزان ضعیف کارآمدی پردازش پایین‌تری نسبت به مسائل افزایشی داشتند و این یافته این فرضیه را تقویت می‌کند که احتمالاً مسائل کاهششی بار شناختی بیشتری در مقایسه با مسائل افزایشی به دانش‌آموز تحمیل می‌کند. البته در عین حال کارآمدی پردازش در حالت ترکیبی ارائه مسائل بیشتر بود. بنابراین دشواری مسائل کاهششی شنیداری با اضافه شدن منبع دیداری کاهش می‌یابد. البته می‌توان به نکته دیگری هم اشاره کرد که در مسائل افزایشی معنای علامت به‌اضافه با جمع مورد نیاز دو مجموعه به‌صورت هم‌زمان قابل مشاهده و دریافت است اما در مورد علامت تفریق به این صورت نیست؛ چرا که دانش‌آموز باید ضمن نادیده گرفتن علامت منها عناصر لازم را شناسایی کند. از جهتی دیگر، در شرایط ترکیبی، اطلاعات شنیداری ممکن است کمک کند تا تمرکز دانش‌آموز به جزئیات تصویر هدایت شود (مثلاً شنای اردک در آب). مثلاً اگر آزمایشگر در حین ارائه مسئله تصویری بیان

کند که دو اردک با شنا در حال دور شدن هستند، احتمالاً جهت حرکت برای دانش‌آموز مشخص می‌شود؛ اما این اطلاعات و علامت منها باعث کاهش کارآمدی پردازش می‌شود. با همه این توصیفات دقیقاً نمی‌دانیم که دانش‌آموزان از چه راهبردی برای حل مسائل کاهشی استفاده کردند؛ یک احتمال این است که سعی کردند مستقیماً جواب تفریق را قبل یا بعد از پُر کردن اعداد شناخته‌شده در طرح عبارت عددی پیدا کنند (یعنی پاسخ علامت سؤال را در عبارت $a - b = ?$). آن‌ها می‌توانند این کار را با شروع به شمارش اردک‌ها در دو قسمت انجام دهند. احتمال دیگر این است که آن‌ها از راهبرد آزمون و خطای هوشمند استفاده کرده باشند (De Corte & Verschaffel, 1981). به این معنا که کودکان ابتدا سعی می‌کنند عددی که باید در جای خالی قرار بگیرد را حدس بزنند؛ که البته این تلاش منجر به صرف وقت بیشتر و در نتیجه کارآمدی پایین‌تر در مسائل می‌شود.

دیگر یافته‌های پژوهش نشان داد که بین دو گروه دانش‌آموزان قوی و ضعیف از نظر عامل‌های مسائل شنیداری افزایشی و کاهشی، مسائل تصویری افزایشی و کاهشی و همچنین مسائل ترکیبی افزایشی و کاهشی تفاوت معنی‌داری قابل مشاهده است. با وجود این که یافته‌های قبل نشان داد که مسائل متفاوت با ارائه‌های متفاوت کارآمدی پردازش دانش‌آموزان ضعیف را تقویت می‌کند؛ اما این یافته نشان داد که دانش‌آموزان قوی، کارآمدی پردازش بیشتری نسبت به دانش‌آموزان ضعیف در مسائل مختلف با ارائه‌های متفاوت دارند و این عملکرد در دانش‌آموزان قوی قابل توجه است. در همین راستا فراتحلیلی از رابطه بین حافظه فعال و ریاضی در کودکان دبستانی (Friso-Van den Bos et al., 2013) نشان از آن دارد که حافظه فعال نقش مهمی در رشد مهارت‌های ریاضی دارد. همچنین Rosyada and Wibowo (2023) در پژوهشی با عنوان تحلیل توانایی حل مسئله دانش‌آموزان با توجه به سبک‌های یادگیری براساس مراحل حل مسئله به این نتیجه دست یافتند که دانش‌آموزان با سبک‌های یادگیری دیداری و تصویری توانایی خوبی در حل مسائل ریاضی دارند.

همچنین Hossaini Khah et al. (2019) در پژوهشی با عنوان تأثیر آموزش راهبردهای خودگردانی بر کارآمدی پردازش و عملکرد حافظه فعال در دانش‌آموزان دختر دوره متوسطه اذعان داشتند که نقش بسیار مهم حافظه فعال در فعالیت‌های روزمره زندگی و تحصیلی انسان‌ها، پژوهشگران را بر آن داشته تا روش‌هایی را برای بهبود عملکرد آن طراحی کنند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد میانگین نمرات پس‌آزمون کارآمدی پردازش و حافظه فعال دو گروه آزمایش و کنترل تفاوت معنی‌دار دارد؛ بدین معنا که کارآمدی پردازش و عملکرد حافظه فعال گروه آزمایش بعد از آموزش راهبردهای خودگردانی افزایش یافته است. بنابر نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه مذکور، می‌توان

نتیجه گرفت آموزش راهبردهای خودگردانی می‌تواند باعث افزایش کارآمدی پردازش و عملکرد حافظه فعال دانش‌آموزان شود.

در مجموع با توجه به یافته‌های به دست آمده از پژوهش حاضر می‌توان بیان کرد که بررسی عملکرد دانش‌آموزان در این گونه مسائل به دلایلی از جمله دلایل زیر بسیار مهم است و نقش ویژه‌ای در عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان دارد.

۱- با توجه به این که یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که شیوه‌های متفاوت ارائه مسائل حسابی ساده از جمله تصویری و ترکیبی یک روش مؤثر برای کمک به دانش‌آموزان در کارآمدی پردازش در حل مسائل حسابی است، معلمان و دبیران ریاضی در آموزش‌های خود، از این روش‌ها استفاده کنند و تمرینات بیشتری برای یادگیری دانش‌آموزان بر این مبنا انجام دهند؛ چرا که با به کار بستن شیوه‌های متنوع ارائه از جمله ارائه تصویری و ترکیبی سبب تسهیل فرایند یادگیری و کاهش بار شناختی در کودکان می‌شوند.

۲- این بررسی‌ها می‌تواند پیامدهای مهمی برای رشد ریاضی کودکان (به ویژه برای کودکانی که ریاضی ضعیف‌تری دارند) در آینده داشته باشد؛ همچنین رفع مشکلات مقدماتی در مسائل کاهش می‌تواند مانع توسعه بیشتر این مشکلات و تبدیل آن به مشکلات پیچیده‌تر باشد.

۳- معلمان باید از مشکلاتی که هنگام استفاده از این مسائل بر دانش‌آموزان تحمیل می‌شود؛ آگاه باشند تا بتوانند سبب تسهیل این موضوعات در کلاس درس باشند.

۴- برخی از مسائل کتاب درسی حوزه ریاضی دارای موقعیت پویا هستند ولی تصویر استفاده شده در زمینه، تناسبی با موقعیت مسئله ندارد، بنابراین اگر چه تصاویر روی کاغذ ایستا است؛ اما با نمایش تصویر تغییر پویا از نظر به تصویر کشیدن مجموعه شروع و پایان و مقدار تغییر و جهت افزایش یا کاهش می‌توان تا حدودی بار شناختی تحمیل شده بر کودکان را کاهش داد.

در پایان، در پژوهش حاضر تغییرات مسائل به صورت تصاویر پویا بررسی شد، پژوهش‌های آتی می‌توانند بررسی کنند که آیا زمانی که از انیمیشن‌های رایانه‌ای برای ارائه تصاویر پویا به جای تصاویر ایستا استفاده می‌شود این وضعیت برای عملکرد دانش‌آموزان مفیدتر است یا خیر؟

در پژوهش‌های آتی می‌توان بررسی کرد که آیا تاخیر و خطاهای عملکرد در مسائل ساده مورد استفاده در مطالعه حاضر، عواقبی برای یادگیری مسائل پیچیده‌تر در آینده دارد یا خیر؟ همچنین در این پژوهش مسائل کلامی حسابی (افزایشی و کاهشی) در نوع تغییر بررسی شد؛ بنابراین مطالعات آتی می‌توانند روی مسائل کلامی حساب از نوع مقایسه و ترکیب متمرکز شوند. در نهایت عدم بررسی

کارآمدی پردازش دانش‌آموزان به تفکیک جنسیت و همچنین استفاده از آزمودنی‌های داوطلب از محدودیت‌های پژوهش محسوب می‌شود.

منابع

- Alamolhodaei, H. (2009). A working memory model applied to mathematical word problem solving. *Asia Pacific Education Review*, 10(2), 183-192. DOI: 10.1007/s12564-009-9023-2.
- Allen, K., Higgins, S., & Adams, J. (2019). The relationship between visuospatial working memory and mathematical performance in school-aged children: A systematic review. *Educational Psychology Review*, 1-23. DOI: 10.1007/s10648-019-09470-8.
- Alloway, T. P., & Alloway, R. G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology*, 106(1), 20-29. DOI: 10.1016/j.jecp.2009.11.003
- Azizi Mahmmodabad, M., Liaghatdar, M. J., & Oreyzi, H. (2019). The effectiveness of teaching image-based arithmetic problems on students' active memory performance and their processing efficiency. *Journal of Educational Psychology Studies*, 16(35), 165-190. Doi: 10.22111/jeps.2019.5056 [In Persian]
- Baddeley, A. D. (2006). Working memory: An overview. *Working Memory and Education*, 1-31. <https://doi.org/10.1016/B978-012554465-8/50003-X>
- Baddeley, A. D., Hitch, G. J., & Allen, R. J. (2009). Working memory and binding in sentence recall. *Journal of Memory and Language*, 61(3), 438-456. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2009.05.004>
- Bedyńska, S., Krejtz, I., & Sedek, G. (2019). Chronic stereotype threat and mathematical achievement in age cohorts of secondary school girls: Mediation role of working memory, and intellectual helplessness. *Social Psychology of Education*, 22(2), 321-335. DOI: 10.1007/s11218-019-09478-6
- Berends, I. E., & Van Lieshout, E. C. (2009). The effect of illustrations in arithmetic problem-solving: Effects of increased cognitive load. *Learning and Instruction*, 19(4), 345-353. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.06.012>
- Campbell, J. I., Fuchs-Lacelle, S., & Phenix, T. L. (2006). Identical elements model of arithmetic memory: Extension to addition and subtraction. *Memory & Cognition*, 34(3), 633-647. DOI: 10.3758/BF03193585
- Campbell, J. I. D., & Xue, Q. (2001). Cognitive arithmetic across cultures. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 299-315. DOI: 10.1037/0096-3445.130.2.299
- Carpenter, T. P., & Moser, J. M. (1984). The acquisition of addition and subtraction concepts in grades one through three. *Journal for Research in Mathematics Education*, 15(3), 179-202. <https://doi.org/10.2307/748348>
- Davoudi, K., Rostgar, A., & Alamian, V. (2011). *First-grade math teacher's book. General Department of Textbook Printing and Distribution*. [In Persian]
- De Corte, E., & Verschaffel, L. (1981). Children's solution processes in elementary arithmetic problems: Analysis and improvement. *Journal of Educational Psychology*, 73, 765-779. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.73.6.765>

- Demetriou, A., Makris, N., Tachmatzidis, D., Kazi, S., & Spanoudis, G. (2019). Decomposing the influence of mental processes on academic performance. *Intelligence*, 77, 101404. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2019.101404>
- Dewolf, T., Van Dooren, W., & Verschaffel, L. (2017). Can visual aids in representational illustrations help pupils to solve mathematical word problems more realistically? *European Journal of Psychology of Education*, 32, 335-351. DOI: 10.1007/s10212-016-0308-7
- Educational Research and Planning Organization. (2023). *First-grade math*. Offset Company. [Persian]
- Eysenck, M., Payne, S., & Derakshan, N. (2005). Trait anxiety, visuospatial processing, and working memory. *Cognition & Emotion*, 19(8), 1214-1228. <https://doi.org/10.1080/02699930500260245> DOI: 10.1007/s11858-019-01070-8
- Friso-Van den Bos, I., Van der Ven, S. H., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. (2013). Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 10, 29-44. DOI: 10.1016/j.edurev.2013.05.003
- Fuchs, L. S., Fuchs, D., Compton, D. L., Hamlett, C. L., & Wang, A. Y. (2015). Is word-problem solving a form of text comprehension? *Scientific Studies of Reading*, 19(3), 204-223. DOI: 10.1080/10888438.2015.1005745
- Fuchs, L., Fuchs, D., Seethaler, P. M., & Barnes, M. A. (2020). Addressing the role of working memory in mathematical word-problem solving when designing intervention for struggling learners. *ZDM Mathematics Education*, 52, 87-96. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01070-8>
- Gall, M., Borg, W., & Gal, J. (2004/1381). *Qualitative and quantitative research methods in educational sciences and psychology*. Translated by Ahmad Reza Nasr et al. Tehran: Samt Publications. [Persian]
- Heejung, L., & Hyunjoo, Y. (2023). *A study on the representation utilization ability of academic achievement levels in mathematics problem solving: Focusing on the 4th and 6th grades of elementary school*.
- Hossaini Khah, K., Nikdel, F., & Noushadi, N. (2019). The effectiveness of training self-regulation strategies on processing efficiency and working memory function of high school girl students. *Research in Cognitive and Behavioral Sciences*, 8(15), 33-48. Doi: 10.22108/cbs.2020.111297.1206 [In Persian]
- Izadi, M. (2012). A comparative content analysis of the first-grade math curriculum goals and content of the math textbook in Iran, Japan and America (State of California). Unpublished Master's Thesis). *Islamic Azad University Fars Science and Research Branch, Shiraz, Iran*. [Persian]
- Kamii, C., Lewis, B. A., & Kirkland, L. D. (2001). Fluency in subtraction compared with addition. *The Journal of Mathematical Behavior*, 20, 33-42. DOI: 10.1016/S0732-3123(01)00060-8
- Lathifaturrahmah, L., Nusantara, T., Subanji, S., & Muksar, M. (2024, February). Analysis of mathematics students' problem-solving skills in making prediction mathematical representations. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3049, No. 1). AIP Publishing.
- Moradi, A., Afsardeir, B., Parhoon, H., & Sanaei, H. (2016). Cognitive performance of patients with Multiple Sclerosis (MS) in autobiographical, working and prospective memory in comparison with normal people. *International Journal of Behavioral Sciences*, 10(1), 49-54.

- Moradi, A., Cheraghi, F., & Farahani, M. (2008). The effect of anxiety and tasks presentation manner on processing efficiency and performance of components of working memory. *Journal of Modern Psychological Researches*, 3(11), 77-98. [In Persian]
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology*, 91(2), 358. DOI: 10.1037/0022-0663.91.2.358
- Panaoura, A. (2007). The interplay of processing efficiency and working memory with the development of metacognitive performance in mathematics. *The Mathematics Enthusiast*, 4(1), 31-52. DOI: 10.54870/1551-3440.1057
- Passolunghi, M. C., & Costa, H. M. (2019). Working memory and mathematical learning. In A. Fritz, V. G. Haase, & P. R. Räsänen, P. (Eds.), *International Handbook of Mathematical Learning Difficulties* (pp. 407-421). Springer, Cham. https://doi:10.1007/978-3-319-97148-3_25
- Passolunghi, M. C., Vercelloni, B., & Schadee, H. (2007). The precursors of mathematics learning: Working memory, phonological ability and numerical competence. *Cognitive Development*, 22, 165-184. DOI: 10.1016/j.cogdev.2006.09.001
- Peters, G., De Smedt, B., Torbeyns, J., Ghesquière, P., & Verschaffel, L. (2012). Children's use of subtraction by addition on large single-digit subtractions. *Educational Studies in Mathematics*, 79, 335-349. DOI: 10.1007/s10649-011-9308-3
- Purcar, A. M., Bocoş, M., Pop, A. L., Roman, A., Rad, D., Mara, D., ... & Triff, D. G. (2024). The effect of visual reasoning on arithmetic word problem solving. *Education Sciences*, 14(3), 278. DOI: 10.3390/educsci14030278
- Rasmussen, C., & Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology*, 91(2), 137-157. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2005.01.004>
- Rosyada, M. I., & Wibowo, S. E. (2023). Analysis of mathematics problem-solving ability based on ideal problem-solving steps given student learning styles. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 12(1), 1332-1343. DOI: 10.2991/assehr.k.211122.014
- Santosa, A. D., & Khotimah, R. P. (2023, June). Mathematical problem solving ability from student's learning style in material Barisan class XI science 2 senior high school 1 CEPER. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2727, No. 1). AIP Publishing. DOI: 10.1063/5.0141447
- Stellingwerf, B. P., & Van Lieshout, E. C. (1999). Manipulatives and number sentences in computer aided arithmetic word problem solving. *Instructional Science*, 27, 459-476.
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4(4), 295-312. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5)
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. G., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychological Review*, 10, 251-296. DOI: 10.1023/a: 1022193728205
- Syah, A., Harizahayu, H., Al Haddar, G., Annisah, A., & Pratiwi, E. Y. R. (2023). Improving students' mathematical problem-solving ability through the use of external representations. *Journal on Education*, 5(2), 5313-5323. DOI: 10.31004/joe.v5i2.1274

- Upu, H., Ihsan, H., & Armayanti, A. K. (2024). Solving mathematics problems based on visual information processing. *Asian Journal of Education and Social Studies*, 50(3), 219-225.
- Van Lieshout, E. C., & Xenidou-Dervou, I. (2018). Pictorial representations of simple arithmetic problems are not always helpful: a cognitive load perspective. *Educational Studies in Mathematics*, 98(1), 39-55. DOI: 10.1007/s10649-017-9802-3
- Verschaffel, L., De Corte, E., & Lasure, S. (1994). Realistic considerations in mathematical modeling of school arithmetic word problems. *Learning and Instruction*, 4(4), 273-294. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90002-7](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90002-7)
- Wong, W. K., Wu, S. W., Lee, C. W., & Hsu, W. H. (2007). LIMG: Learning-initiating instruction model based on cognitive knowledge for geometry word problem comprehension. *Computers & Education*, 48, 582-601. DOI: 10.1016/j.compedu.2005.03.009
- Xenidou-Dervou, I., Molenaar, D., Ansari, D., van der Schoot, M., & van Lieshout, E. C. D. M. (2017). Nonsymbolic and symbolic magnitude comparison skills as longitudinal predictors of mathematical achievement. *Learning and Instruction*, 50, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.11.001>

Extended Abstract

The Effect of Different Presentation Methods of Simple Arithmetic Word Problems on First Grade Elementary School Students' Processing Efficiency

Mehran Azizi Mahmoodabad*

Introduction: Working memory is responsible for processing and temporarily storing information, functioning as a complex cognitive system for storing and processing information simultaneously. This system consists of various components including the central executive component, the phonological loop, and the visuospatial sketchpad. An individual's processing efficiency within this system depends on the functioning of these different components. Processing efficiency is defined by the effort made or the resources used to complete a task, and is typically measured based on the mental effort exerted or the time spent. In arithmetic, addition and subtraction are the first operations taught. Addition and subtraction problems are typically divided into two main types based on how they are expressed: symbolic problems and word problems. Word problems use word statements (text-based) to represent situations involving addition or subtraction operation. This study focuses on simple pictorial arithmetic word problems of the change type (involving increase and decrease) with dynamic variations. According to Sweller's cognitive load theory, presenting information in different modalities (such as visual, auditory, or combination) can help reduce cognitive load. As a result, according to Cognitive Load Theory, by presenting visual and auditory systems together (due to the simultaneous use of word and visual memory capacities) greater cognitive load can be processed (leading to a reduction in cognitive load).

Method: The current study has sought to investigate the effect of different presentation methods of simple arithmetic word problems on students' processing efficiency and to compare varied effects of these methods on processing efficiency of academically weak and strong students. The research is applied in terms of purpose, and experimental (factorial design with 1 group factor and 1 presentation method) in terms of design, in which the effect of group factor (academically weak and strong students) and presentation methods of simple arithmetic word problems (pictorial, auditory and combination) on the dependent variable (processing efficiency of the studied students) is examined. The

* Department of Educational Sciences, Farhangian University, P.O. Box 14665-889, Tehran, Iran. azizi8175@cfu.ac.ir

statistical population of the study comprises all the first-grade elementary school students of Yasouj in 1402-1403 (4049 students). Through volunteer sampling, 58 students were selected as the participants of the research (29 students in each group). To select participants, students of six elementary schools (3 girls' schools and 3 boys' schools) in Yasouj were chosen as available participants. 523 students volunteered to participate in the study, out of which 58 students were selected after a screening test for identifying strong and weak students in simple arithmetic problems. Notably, students who answered 75% or more of the questions of arithmetic speed test were considered strong (20 girls and 9 boys), while those who answered 25% or fewer questions were classified as weak (14 girls and 15 boys) and participated in the study. The instrument used in the study was adapted from math problems of the first-grade math book. 24 problems were given to each participant: 8 problems in each presentation method (visual, auditory and combination) with half focusing on subtraction and the other half on addition. In order to assess processing efficiency which is defined as the time spent on answering a problem in working memory, simple arithmetic problems were used considering the time spent on answering each test individually. The time each student spent on each test was measured separately using a stopwatch. The score obtained by each student divided by the time spent on each test individually represents the student's efficiency score.

Repeated Measures Analysis of Variance as well as Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) were utilized to analyze the data.

Results: The results revealed that the processing efficiency of both weak and strong students in increasing problems is higher than in decreasing problems in every presentation method. In addition, the processing efficiency of both weak and strong students in combination presentation is higher than in pictorial presentation, and in pictorial presentation is higher than in auditory presentation. It is interesting to note that the same is true for the weak students. The results also indicated that there is a significant difference between the weak and strong students in terms of increasing and decreasing auditory problems, increasing and decreasing pictorial problems, and increasing and decreasing combination problems. Furthermore, the strong students showed higher processing efficiency compared to the weaker students in various problems with different presentations, and this progress is more noticeable in the strong students.

Discussion and Conclusion: According to the results of this study, mathematics teachers and instructors can facilitate students' learning process by using different methods of presenting simple arithmetic problems in their teaching. Moreover, these evaluations could have significant implications for the mathematical development of children (especially for those who struggle with math) in the future. Additionally, addressing foundational issues in subtraction problems can prevent the escalation of these difficulties and evolving into more complex challenges.

Keywords: arithmetic problems, auditory presentation, combination presentation, increasing and decreasing problems, pictorial presentation

