Educational and Scholastic Studies *http://pma.cfu.ac.ir/*
Vol. 11, No. 3, Autumn 2022 *Print ISSN: 2423-494X*
pp. 7-35 *Online ISSN: 2645-8098*

Designing and Validating the Model of Visual-Spatial Competencies of Elementary School Students in Lessons Specific for Virtual Education

Mehdi Mohammadi[1*], Reza Naseri Jahromi[2], Khatereh Mohammad Jafari[3], Seyedeh Vahideh Alavi[4], Fatemeh Mirghafari[5], Rahil Naseri Jahromi[6]

1. Associate Professor, Department of Educational Administration and planning, Faculty of Education Sciences and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran
2. Ph.D. in Curriculum Development, Shiraz University, Shiraz, Iran
3. Ph.D. in Curriculum Development, Shiraz University, Shiraz, Iran
4. M.Sc. in Curriculum Development, Shiraz University, Shiraz, Iran
5. Ph.D. Sudent in Educational Administration, Shiraz University, Shiraz, Iran
6. M.Sc. in General Psychology, Firoozabad Islamic Azad University, Firoozabad, Iran

(Received: August 6, 2020; Accepted: May 29, 2021)

Abstract

The aim of the present study was to design and validate the model of visual-spatial competencies of students in mathematics lessons for virtual education. This research was one of the mixed method researches of consecutive exploratory type and classification model which was performed in two qualitative and quantitative stages. The qualitative part was transformed using the Meta Synthesis method and performed in six stages of Sandloski and Barroso (2007). The students' visual-spatial competence model in mathematics was designed in the form of two competencies related to students and teachers. Afterward the quantitative section was defined to validate the model. The quantitative part was performed using the descriptive survey method and the researcher-made scale. The statistical population of this section was primary school teachers, and the relevant tools were distributed among 65 primary school teachers in Shiraz. In order to determine the validity of the scale, the content validity method and the calculation of the content validity and content validity ratios were used. The reliability of the instrument was also calculated by the internal consistency method. Quantitative data were analyzed using the confirmatory factor analysis method. Based on findings, the visual-spatial competencies of elementary school students were classified in two main themes of "Student-related competencies" include seven sub-themes: "Cognitive skills", "Mental function", "Learning power", "Making space of mind", "Perception" "Template", "Visual memory", "Simulation" and "Teacher-related competencies" include three sub-themes: "Appropriate content", "Teaching skills" and "Educational design", which are valid.

Keywords: Elementary school, Mathematics, Student, Virtual training**,** Visual-spatial competencies.

* **Corresponding Author, Email:** mmohammadi8@shirazu.ac.ir

مطالعات آموزشی و آموزشگاهی
دورهٔ ۱۱، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۴۰۱
صفحات ۳۵ ـ ۷

http://pma.cfu.ac.ir/
شاپای چاپی: ۲۴۲۳-۴۹۴X
شاپای الکترونیکی: ۲۶۴۵-۸۰۹۸

طراحی و اعتباریابی الگوی شایستگی‌های دیداری- فضایی دانش‌آموزان دورهٔ ابتدایی در درس ریاضی ویژهٔ آموزش‌های مجازی

مهدی محمدی[۱*]، رضا ناصری جهرمی[۲]، خاطره محمدجعفری[۳]، سیده وحیده علوی[۴]، فاطمه میرغفاری[۵]، راحیل ناصری جهرمی[۶]

۱. دانشیار، گروه مدیریت و برنامه‌ریزی آموزشی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۲. دکتری برنامه‌ریزی درسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۳. دکتری برنامه‌ریزی درسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
٤. کارشناس ارشد برنامه‌ریزی درسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
٥. دانشجوی دکتری مدیریت آموزشی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
٦. کارشناس ارشد روان‌شناسی عمومی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزآباد، فیروزآباد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۰۸)

چکیده

هدف پژوهش حاضر، طراحی و اعتباریابی الگوی شایستگی‌های دیداری- فضایی دانش‌آموزان در درس ریاضی ویژهٔ آموزش‌های مجازی بود. این پژوهش جزء پژوهش‌های ترکیبی، از نوع اکتشافی متوالی و مدل طبقه‌بندی بود که در دو مرحلهٔ کیفی و کمّی اجرا شد. بخش کیفی با استفاده از روش فراترکیب تبدیلی و طی شش مرحلهٔ ساندلوسکی و باروسو (۲۰۰۷) انجام گرفت. الگوی شایستگی‌های دیداری- فضایی دانش‌آموزان در درس ریاضی در قالب دو شایستگی مربوط به دانش‌آموزان و شایستگی مربوط به معلمان طراحی شد. سپس، بخش کمّی به منظور اعتباریابی الگوی یادشده تعریف شد. بخش کمّی با استفاده از روش توصیفی پیمایشی و مقیاس محقق‌ساخته انجام گرفت. جامعهٔ آماری این بخش معلمان دورهٔ ابتدایی بود که ابزار در بین ۶۵ نفر از معلمان دورهٔ ابتدایی شیراز توزیع شد. به منظور تعیین اعتبار مقیاس، از روش اعتبار محتوا و محاسبهٔ شاخص‌های نسبت روایی محتوا و روایی محتوا استفاده شد. پایایی ابزار نیز توسط روش همسانی درونی محاسبه شد. داده‌های کمّی با استفاده از روش تحلیل عاملی تأییدی تجزیه و تحلیل شدند. بر اساس یافته‌ها، شایستگی‌های دیداری- فضایی دانش‌آموزان دورهٔ ابتدایی در دو مضمون اصلی «شایستگی‌های مرتبط با دانش‌آموزان» مشتمل بر هفت مضمون فرعی «مهارت‌های شناختی»، «عملکرد ذهنی»، «قدرت یادگیری»، «ساخت فضای ذهن»، «درک الگو»، «حافظهٔ تصویری» و «توانایی شبیه‌سازی» و «شایستگی‌های مرتبط با معلمان» مشتمل بر سه مضمون فرعی «تهیهٔ محتوای مناسب»، «مهارت‌های تدریس» و «طراحی آموزشی» طبقه‌بندی شدند که از اعتبار برخودار بود.

واژگان کلیدی: آموزش مجازی، دانش‌آموز، دورهٔ ابتدایی، ریاضی، شایستگی‌های دیداری- فضایی.

* نویسندهٔ مسئول، رایانامه: mmohammadi48@shirazu.ac.ir

مقدمه

امروزه، فن‌آوری‌های مدرن و جدید، جایگاه خود را در زندگی انسان یافته است. همهٔ فرایندها به سمت مکانیزه و هوشمندشدن حرکت می‌کنند و به‌تدریج برای هر نیاز و مشکلی، یک محصول فن‌آورانه خلق شده است. اینترنت و فضای مجازی هم در این پیشرفت روزافزون بی‌تأثیر نیستند. در چنین جهانی با تغییرات سریع دانش و فناوری، فرایند تدریس و یادگیری نیز در حال تغییر است. استفاده از فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات[1] می‌تواند به توسعهٔ کیفیت آموزش، گسترش موقعیت‌های یادگیری و قابلیت دسترسی آسان و سریع به آموزش منجر شود (نیازآذری، بهنام‌فر و اندی، ۱۳۹۱). آموزش مجازی تلاشی برای تکمیل برنامهٔ آموزشی در سیستم‌های آموزش سنتی است که در آن از امکانات بالقوه و گستردهٔ اینترنت استفاده می‌شود. از نظر سانابریا، چاوز و گومززرامونو[2] (۲۰۱۸) آموزش مجازی، به هر نوع دوره و آموزشی اطلاق می‌شود که به شکلی غیر از روش‌های سنتی چهره‌به‌چهره انجام گیرد. محتویات دروس ممکن است از طریق وب یا با استفاده از ویدئو، تصاویر فعال و متعامل دوطرفه انتقال یابند. همچنین، تلویزیون‌های کابلی یا ماهواره‌ای می‌توانند رسانهٔ انتقال‌دهندهٔ این مواد درسی باشند. در این شیوهٔ آموزش، فراگیر دروس را به صورت برخط[3] دریافت کرده و در طول سال تحصیلی، هر زمانی که بخواهد با گذر واژه‌ای که توسط سازمان به وی داده می‌شود، می‌تواند وارد کلاس شده و مطالب را دریافت کند (علیاری، برومند و عالیخانی، ۱۳۸۸). بر خلاف سایر شیوه‌های آموزش از راه دور، آموزش مجازی تجربهٔ استفادهٔ همزمان از سه شیوهٔ سنتی آموزش دیداری، شنیداری و سنتی را برای مخاطب فراهم می‌کند (شاه‌بیگی و نظری، ۱۳۹۰). هدف این نوع آموزش، فراهم‌کردن اطلاعات برابر برای تمام فراگیران، صرف نظر از موقعیت جغرافیایی، اجتماعی و اقتصادی آن‌هاست (فنگ[4] و همکاران، ۲۰۲۰).

اما، با شیوع بیماری کرونا در سراسر جهان و در راستای رعایت پروتکل‌های بهداشتی امکان استفاده از آموزش‌های حضوری فیزیکی وجود نداشت. از سوی دیگر، بر اساس نظریهٔ پیاژه، کودکان

1. Information and Communications Technology (ICT)
2. Sanabria, Chavez & Gomez Zermeno
3. Online
4. Feng

مقطع ابتدایی در مرحلهٔ عملیات عینی و محسوس قرار دارند که منظور از عملیات عینی، تفکر بر حسب اعمال و موقعیت‌های واقعی و عینی است، نه امور فرضی و پدیده‌های انتزاعی (مخبری، ۱۳۹۰). نتایج مطالعات در دوران پیش‌دبستانی، دبستان و نوجوانی نشان می‌دهد کودکان کوچک‌تر هنگام یادگیری و استفاده از مهارت‌های جدید ریاضی، بیشتر به حافظهٔ فعال دیداری- فضایی تکیه می‌کنند در حالی که کودکان بزرگتر بعد از یادگیری مهارت، بیشتر به حافظه فعال کلامی تکیه می‌کنند (ون دی وایجر برگسما[1] و همکاران، ۲۰۱۵). بسیاری از کودکان مبتلا به فلج مغزی، دارای مشکلات درک دیداری- فضایی هستند که در توانایی آن‌ها در پیشرفت مهارت‌های ریاضی تأثیرگذار است. ناتوانی در درک و شناسایی اشکال و الگوها می‌تواند بر نحوهٔ یادگیری کودکان در خواندن و نوشتن اعداد تأثیر گذارد. همچنین، از جمله پیش‌نیازهای دوران دبستان به ویژه در درس ریاضی، درک روابط فضایی است و عدم کسب مهارت‌های مربوط به درک روابط فضایی سبب ناتوانی یادگیری در دبستان می‌شود. درک روابط فضایی، سبب ساخت فضای ذهنی کودک و افزایش درک شناختی او از مطالب آموخته شده می‌شود. بنابراین، آموزش درک روابط فضایی در درمان ناتوانی یادگیری ریاضی نقش بسزایی دارد (اصلی آزاد، عابدی و یارمحمدیان، ۱۳۹۳).

توانایی دیداری- فضایی، توانایی دستکاری ذهنی تصاویر دوبعدی و سه‌بعدی است (وکباچر[2]، ۲۰۰۷). یادگیری دیداری- فضایی روشی است که یک فرد برای سازماندهی و برقراری ایده‌ها و مفاهیم یاد می‌گیرد (سیلورمن[3]، ۲۰۰۵). کارول[4] (۱۹۹۳) نیز توانایی مکانی- فضایی را ظرفیت درک و به یادآوردن روابط فضایی بین اشیا تعریف می‌کند. این مورد شامل بسیاری از مهارت‌های فرعی مانند دستکاری دیداری اشیا (گاردنر[5]، ۱۹۹۳؛ اولسون[6]، ۱۹۸٤)، توانایی درک روابط بین اجزا و تغییر

1. Van de Weijer-Bergsma
2. Weckbacher
3. Silverman
4.Carroll
5. Gardner
6. Olson

الگوها (دیکسون[1]، ۱۹۸۳) و توانایی دستکاری پیچیده است. به عبارتی، تصاویر دیداری به توانایی شکل‌گیری بازنمایی ذهنی از ظهور اشیا و دستکاری این بازنمایی‌ها در ذهن اشاره دارد (برت[2] و همکاران، ۲۰۱۷). اکثر محققان بر این باورند که چنین بازنمایی‌های دیداری در آموزش ریاضیات مهم است، زیرا آن‌ها در بسیاری از زمینه‌های ریاضیات یک دیدگاه دیداری و تفاهم را تقویت می‌کنند (کروتسکی[3]، ۱۹۷٦؛ اوسیسکین[4]، ۱۹۸۷).

به طور کلی، دانش‌آموزانی که دربارهٔ تصاویر فکر می‌کنند، دانش‌آموزان دیداری- مکانی هستند. آن‌ها از کل تصویر یاد می‌گیرند، نه اینکه قدم به قدم از دیدگاه‌های مختلف به تصاویر نگاه کنند (گلن[5]، ۲۰۰٤). این دانش‌آموزان می‌توانند تصاویر را از را چشم ببینند؛ تصاویر را لمس و درک کنند، تصاویر را بر اساس صدا و زبان شکل دهند و در صورت نبود هرگونه ورودی فوری تصاویر را در ذهنشان ایجاد کنند (سویر[6]، ۲۰۰٦). یادگیرندگان دیداری- مکانی چندین ویژگی مختلف را به نمایش می‌گذارند: شهود، اصالت و توانایی تولید اطلاعات از منابع مختلف (سیلورمن، ۲۰۰۳). یادگیرندگان تصویری با امتحان‌کردن بهتر یاد می‌گیرند. آن‌ها قادر به دیدن جزئیات و استفاده از نمودارها و بازنمایی‌ها برای درک و توسعهٔ درک مفاهیم و ایده‌ها هستند (گرگوری[7]، ۲۰۰۵).

درس ریاضی به عنوان مهمترین درس در یک پایهٔ تحصیلی شناخته می‌شود. معمولاً دانش‌آموزان در ایران و بیشتر کشورها، به وسیلهٔ نمرهٔ ریاضی ارزیابی می‌شوند. در حالی که شیوهٔ کنونی آموزش ریاضی در ایران، دانش‌آموزان را به حفظ مطالب درسی وادار می‌کند. این روش توانایی تفکر منطقی، خلاقیت و حل مسأله را در آنان پرورش نمی‌دهد؛ بلکه فقط دانش‌آموزان را به بازگوکردن اطلاعات ریاضی وادار می‌کند. با وجود مشخص‌شدن هدف‌های کلی آموزش ریاضی، روش‌های تدریس به‌کار گرفته شده توسط معلمان چندان موفقیتی در نیل به این اهداف ایجاد نمی‌کند. با چنین

1. Dixon
2. Burte
3. Krutetskii
4. Usiskin
5. Golon
6. Sawyer
7. Gregory

رویکردی، تدریس ریاضی به صورت برخط، میزان تأثیرگذاری بر یادگیری دانش‌آموزان را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد. اما داشتن شایستگی‌های دیداری- فضایی در دانش‌آموزان می‌تواند کمک مؤثری به یادگیری عمیق درس ریاضی و مفاهیم مرتبط با آن بنماید. از نظر برت و همکاران (۲۰۱۷)، علیرغم اینکه مهارت‌های تفکر فضایی با نتایج علمی، فن‌آوری، مهندسی و ریاضی رابطهٔ مثبت دارد، اما در اکثر مدارس ابتدایی آموزش دیداری وجود ندارد. در واقع، در مدارس ابتدایی، کودکان مهارت‌های شناختی بنیادی خود را توسعه می‌دهند و از یادگیری (علمی، فن‌آوری، مهندسی و ریاضی) در طول دورهٔ تحصیلی خود بهره‌مند می‌شوند. از این رو، تفکر فضایی باید یک مهارت شناختی اساسی باشد. مان[1] (۲۰۰۶) معتقد است دانش‌آموزانی که از نقاط قوت فضایی و مهارت‌های کلامی ضعیف برخوردارند، اغلب در کلاس‌های سنتی با مشکلاتی روبه‌رو خواهند بود. به زعم سیلورمن (۲۰۰۵) این امر به این دلیل است که سیستم آموزشی سنتی بیشتر بر استفاده از راهبردهای تدریس مبتنی بر کلامی و نوشتاری تا آموزش راهبردهایی با استفاده از تصاویر، عکس‌ها، رنگ‌ها و نقشه‌ها تمرکز دارد.

تحقق اهداف متعالی آموزش و پرورش در جهت حل مشکلات آموزش و یادگیری دانش‌آموزان در درس ریاضی همواره ذهن متخصصان را جلب کرده است، زیرا از این طریق دستیابی به اهداف نظام آموزشی آسان‌تر خواهد شد. بر این اساس، با آموزش دیداری- فضایی و از طریق روش تجسمی، می‌توان مفاهیم را راحت‌تر به دانش‌آموزان انتقال داد. از آنجا که دورهٔ ابتدایی مهم‌ترین دورهٔ رشد و تحول آدمی محسوب می‌شود، بنابارین، توجه به ویژگی‌های مختلف رشد کودکان برای معلمان و والدین بسیار اهمیت دارد. از این رو، معلمان و متخصصان باید از این مشکلات آگاه باشند، رویکردهای تدریس خود را اصلاح کنند و به وظایف و فعالیت‌هایی که می‌توانند به بهبود قابلیت‌های دیداری- فضایی کودکان کمک کنند، تغییر دهند. بنابراین، فعالیت‌هایی که این فرایندها را هدف قرار می‌دهند، می‌تواند به آموزش کودکان مبتلا به فلج مغزی کمک کنند (کرتین[2] و همکاران، ۲۰۱۸). بنابراین، اگر معلمان ابتدایی محتوای آموزشی خود را مبتنی بر ادراک دیداری- فضایی به

1. Mann
2. Critten

دانش‌آموزان آموزش بدهند می‌توانند میزان یادگیری، یادداری و علاقه به درس ریاضی را در آنان افزایش دهند (کاظمی مهرآبادی، ۱۳۹۷). بنابراین، متخصصان امر باید در جهت تدوام فرایند آموزش و یادگیری با استفاده از فضای مجازی تغییر رویه دهند. بنابراین، برای مقطع ابتدایی که آغاز دورهٔ تحصیلی دانش‌آموزان است، آموزش مجازی، می‌تواند با فراهم‌کردن موقعیت‌های شبیه‌سازی‌شده و فضایی- دیداری در جهت تسهیل ادراک یادگیری دانش‌آموزان مفید باشد. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف طراحی و اعتباریابی الگوی شایستگی‌های دیداری- فضایی دانش‌آموزان دورهٔ ابتدایی در درس ریاضی ویژهٔ آموزش‌های مجازی تعریف شده است.

پیشینه پژوهش

پژوهش‌های گسترده‌ای در درس ریاضی انجام شده است که نشان‌دهندهٔ ارتباط بین توانایی دیداری- فضایی و عملکرد ریاضی است (از جمله باتیستا[1]، ۱۹۹۰؛ مک‌گی[2]، ۱۹۷۹؛ شرمن[3]، ۱۹۷۹؛ اسمیت[4]، ۱۹٦٤). همچنین، کرتین و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهش خود با عنوان «درک دیداری، شناخت دیداری- فضایی و ریاضیات: پیش‌بینی و وابستگی آن در کودکان مبتلا به فلج مغزی» به این نتیجه دست یافتند که کودکان مبتلا به فلج مغزی در درک دیداری، حافظهٔ دیداری کوتاه‌مدت؛ استدلال دیداری؛ و چرخش ذهنی که همه با توانایی‌های ریاضی آن‌ها همراه است، مشکلات بیشتری داشتند. این یافته‌ها برای آموزش درک دیداری و مهارت‌های حافظهٔ دیداری در کودکان خردسال مبتلا به فلج مغزی دلالت داشت. زیرا این موارد می‌توانست به پیشرفت توانایی‌های ریاضی آن‌ها کمک کند (ون دی وایجر برگسما و همکاران، ۲۰۱٦). در پژوهش دیگری با عنوان «حافظهٔ فعال کلامی و دیداری- فضایی در توانایی‌های ریاضی در حوزه‌های مختلف دبستان» به این نتایج دست یافتند که با بالارفتن سطح پایه‌ها، ارزش پیش‌بینی‌کنندهٔ حافظهٔ فعال دیداری- فضایی برای اختلافات فردی

1. Battista
2. McGee
3. Sherman
4. Smith

در سطح عملکرد ریاضی کاهش می‌یابد، در حالی که ارزش پیش‌بینی‌کنندهٔ حافظهٔ فعال کلامی افزایش می‌یابد (ون دی وایجر برگسما و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین، آیک و آندرسون[1] (۲۰۱۸) در پژوهشی با عنوان «پیشنهاد آموزش درس زیست‌شناسی در دبیرستان با استفاده از ابزارهای آموزش دیداری» به این نتیجه دست یافتند که ابزارهای آموزشی دیداری در درس زیست‌شناسی به دانش‌آموزان دبیرستانی یک روش عالی آموزشی است. مارتین- گوتیرز، کنتر و آلکاوینز[2] (۲۰۱۵) در پژوهش خود با عنوان «حقایق تکمیلی به آموزش مهارت‌های فضایی» به این نتیجه دست یافتند که آموزش یادشده در رشد توانایی‌های فضایی مؤثر بوده و سبب بهبود مهارت‌های فضایی گروه آزمایش نسبت به گروه گواه شده است. در پژوهش دیگری با عنوان «بهبود یادگیری ریاضی از طریق آموزش فضایی» برت و همکاران (۲۰۱۷) به این نتیجه دست یافتند که با استفاده از یک طبقه‌بندی و اجرای آموزش فضایی می‌توان مسائل ریاضی را در دانش‌آموزان بهبود داد و ارزیابی تفکر فضایی که بیشتر مربوط به فعالیت‌های آموزشی است نقش مؤثری در عملکرد ریاضی داشته است.

اصلی‌آزاد، عابدی و یارمحمدیان (۱۳۹۳) نیز در پژوهش خود با عنوان «اثربخشی آموزش درک روابط فضایی بر عملکرد ریاضی دانش‌آموزان پسر با ناتوانی یادگیری ریاضی» به این نتیجه دست یافتند که آموزش بر مبنای درک روابط فضایی بر بهبود عملکرد تحصیلی ریاضی دانش‌آموزان با ناتوانی یادگیری ریاضی در دبستان مؤثر است. پورمحمدرضای تجریشی، پهلوان‌نشان و گلکار (۱۳۹۸) در پژوهشی با عنوان «اثربخشی آموزش آگاهی واج‌شناختی بر حافظهٔ فعال دیداری فضایی دانش‌آموزان با اختلال بیان نوشتاری» به این نتیجه دست یافتند که آموزش آگاهی واجی سبب ارتقای حافظهٔ فعال دیداری- فضایی دانش‌آموزان با اختلال بیان نوشتاری شده است. کاظمی مهرآبادی (۱۳۹۷) در پژوهش خود با عنوان «تأثیر آموزش ادراک فضایی دیداری بر میزان علاقه به درس، یادگیری و یادداری مباحث هندسهٔ ریاضی پایهٔ چهارم ابتدایی دانش‌آموزان دختر شهر اراک» به این نتیجه دست یافت که آموزش ادراک فضایی- دیداری بر میزان علاقه به درس، یادگیری و یادداری مباحث هندسهٔ ریاضی پایهٔ چهارم ابتدایی دانش‌آموزان دختر شهر اراک تأثیر داشته است. تجسم

1. Ike & Anderson
2. Martín-Gutiérrez, Contero & Alcañiz

فضایی به طور کلی، بین انگیزه، اضطراب ریاضی و پیشرفت ریاضیات میانجی‌گری می‌کند و این امر تا حدی میان روابط بین نگرش و دستاوردهای ریاضی مؤثر است. در پژوهش دیگری اصلانی و همکاران (۱۳۹۵) با عنوان «اثربخشی روش تلفیقی آموزش شناختی-رفتاری والدمحور کوتاه‌مدت و تقویت دقت در درمان نارساخوانی و بهبود عملکرد فضایی دانش‌آموزان نارساخوان» به این نتیجه دست یافتند که این شیوه تلفیقی می‌تواند سبب بهبود نارساخوانی و عملکرد فضایی در دانش‌آموزان شود. پژوهش‌های دیگری در ارتباط با فرایندهای ذهنی مورد استفاده در حل مشکلات ریاضی، به ویژه نقش نمودارها و تصاویر دیداری- فضایی در حل مسأله ریاضی انجام شده است. در این پژوهش‌ها، دانش‌آموزان فرایندهای راه حل خود را پس از حل مشکلات یا هنگام حل مشکلات گزارش کردند.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع کاربردی و در زمرهٔ پژوهش‌های ترکیبی[1]، از نوع اکتشافی متوالی[2] و مدل طبقه‌بندی[3] بوده که در دو بخش کیفی و کمّی اجرا شده است. در این نوع پژوهش اکتشافی متوالی، ابتدا داده‌های کیفی و سپس کمّی جمع‌آوری و تحلیل می‌شوند. اولویت زمانی معمولاً با بخش کیفی است و داده‌های کمّی برای تقویت داده‌های کیفی استفاده می‌شوند. تجزیه و تحلیل داده‌ها معمولاً مرتبط بوده و ترکیب در مرحلهٔ تفسیر و بحث انجام می‌شود (کرسول و پلانوکلارک[4]، ۲۰۱۱).

در بخش کیفی، از طرح فراترکیب تبدیلی[5] و روش شش مرحله‌ای ساندلوسکی و باروسو[6] (۲۰۰۶) استفاده شد. تیم فراترکیب متشکل از سه نفر متخصص برنامه‌ریزی درسی و مسلط به روش پژوهش فراترکیب و دو نفر متخصص مدیریت آموزشی تشکیل بود. به منظور اطمینان و اعتباربخشی به جست‌وجوی جامع و نظام‌مند پیشینه مرتبط با موضوع و یافتن منابع مورد نیاز از یک نفر از

1. Mixed method
2. Sequential exploratory
3. Taxonomy development
4. Creswell & Plano Clark
5. Meta-synthesis
6. Sandelowski & Barroso

کارشناسان ارشد رشتهٔ علوم دانش‌شناسی و اطلاع‌رسانی نیز استفاده شد. گام‌های فراترکیب عبارت‌اند از:

مرحلهٔ اول) تنظیم سؤال پژوهش: سئوال اصلی پژوهش این بود که الگوی شایستگی‌های دیداری- فضایی دانش‌آموزان در درس ریاضی ویژهٔ آموزش‌های مجازی دارای چه مؤلفه‌هایی است؟

مرحلهٔ دوم) جست‌وجوی نظام‌مند ادبیات: در این پژوهش پنج پایگاه داده به زبان انگلیسی شامل «اسکوپوس[۱]»، «امرالد[۲]»، «ساینس دایرکت[۳]»، «اشپرینگر[۴]» و «پروکوئست[۵]» برای مطالعات خارجی و دو پایگاه داده به زبان فارسی شامل «پایگاه نشریات کشور[۶]» و «پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی[۷]» انتخاب شدند. پایگاه‌های داده یادشده در زمرهٔ جامع‌ترین منابع اطلاعاتی به شمارآمده که دربرگیرندهٔ مقالات، کتب، پایان‌نامه و طرح‌های پژوهشی معتبر می‌باشند. برای جست‌وجوی مقالات در این پایگاه‌ها از واژه‌های کلیدی «دیداری- فضایی[۸]»، «یادگیری دیداری- فضایی[۹]»، «آموزش دیداری- فضایی[۱۰]»، «تصاویر دیداری[۱۱]» و «توانایی دیداری- فضایی[۱۲]» استفاده و مقالات مرتبط در بازهٔ زمانی سال‌های ۱۳۹۰ (۲۰۱۱) تا ۱۳۹۹ (۲۰۲۰) جمع‌آوری شد.

مرحلهٔ سوم) ارزیابی کیفیت: پس از جست‌وجوی اولیه پایگاه داده‌های یادشده، در مجموع، تعداد ٦٨ منبع با کلیدواژه‌های اشاره‌شده به دست آمد. فرایند بازبینی شامل بررسی عنوان منابع، چکیده و محتوای آن‌ها بود و در هر مرحله متناسب با معیارهای پذیرش، شامل: زبان پژوهش‌ها فارسی و انگلیسی، زمان انجام پژوهش‌ها از سال ۱۳۹۰ (۲۰۱۱) تا تیرماه ۱۳۹۹ (ژوئن ۲۰۲۰)، پژوهش‌های ترکیبی یا کمّی به صورت مقاله منتشرشده در مجلات، بخشی از یک کتاب و پایان‌نامهٔ

1. Scopus
2. Emerald
3. Science Direct
4. Springer
5. ProQuest
6. http://www.magiran.com/
7. https://www.sid.ir/fa/journal/
8. Visual-spatial
9. Visual-spatial learning
10. Visual-spatial education
11. Visual imagery
12. Visual-spatial ability

منتشرشده، بررسی شد. به این ترتیب که در مرحلهٔ اول، عنوان منابع، چکیده و محتوای آن‌ها بررسی شد و منابعی که ارتباطی با سئوالات پژوهش نداشتند، کنار گذاشته شدند. در این مرحله ۸ منبع به دلیل عدم ارتباط با سئوالات پژوهش و ٦ مقالهٔ کنفرانسی کنار گذاشته شدند و ٥٤ منبع برای بررسی بیشتر وارد مرحله بعد شدند.

در این مرحله، از منابعی که مربوط به نویسندگان مشترک یا دارای یافته‌های تکراری بودند یکی از آن‌ها حذف و پژوهش کامل‌تر باقی ماند. به این ترتیب ۱۳ منبع دیگر نیز حذف و در نهایت، تعداد ٤١ منبع برای ورود به مرحله بعدی باقی ماند. در مرحلهٔ بعد به دلیل اینکه هدف پژوهش بهره‌مندی از یافته‌های کیفی بود، منابع کمّی حذف شدند. بنابراین، ۱۱ منبع دیگر حذف شد و ۳۰ منبع باقی ماندند. نتایج در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱.مقالات نهایی انتخاب‌شده برای جمع‌آوری اطلاعات

ردیف	نویسنده	عنوان پژوهش
۱	گرینبرگ[1] و همکاران (۲۰۲۰)	مهارت‌های ادغام دیداری و فضایی اولیه، پیش‌بینی موفقیت مدرسهٔ ابتدایی در بین کودکان کم‌درآمد و از نظر قومی متفاوت
۲	لیو و لیو[2] (۲۰۲۰)	دستاورد دیداری- فضایی و پیشرفت خواندن در کودکان چینی در هنگ کنگ: شواهدی از یک مطالعه طولی یک ساله
۳	آینی[3] و همکاران (۲۰۲۰)	سطح تفکر خلاق دانش‌آموزان دیداری- فضایی در مورد مشکلات هندسه
٤	سکورا[4] و اموری (۲۰۲۰)	چشم‌انداز دیداری- فضایی در زبان انگلیسی
٥	چن و یانگ[5] (۲۰۲۰)	مفهوم‌سازی توانایی‌های فضایی و ارتباط آن‌ها با یادگیری علم از منظر شناختی
٦	سیسمان[6] و همکاران (۲۰۲۰)	تأثیر آموزش رباتیک بر توانایی دیداری- فضایی و نگرش کودکان به سمت STEM

1. Greenburg
2. Liu
3. Aini
4. Secora
5. Chen &Yang
6. Sisman

ردیف	نویسنده	عنوان پژوهش
۷	گای و زنگ[1] (۲۰۲۰)	یادگیری مشترک از ویژگی‌های دیداری- فضایی برای آموزش تصویری
۸	لاری[2] و همکاران (۲۰۲۰)	جست‌وجوی مکانیسم‌های امکان انتقال از استدلال دیداری- فضایی به درک ریاضیات
۹	وانگ[3] (۲۰۲۰)	روابط میانجی‌گری بین جنسیت، توانایی دیداری- فضایی، اضطراب ریاضی و موفقیت ریاضی
۱۰	یانگ[4] و همکاران (۲۰۱۹)	مشارکت‌های طولی عملکرد اجرایی و مهارت‌های دیداری- فضایی در یادگیری ریاضیات در کودکان چینی
۱۱	ژی[5] و همکاران (۲۰۱۹)	آیا توانایی دیداری فضایی مربوط به آموزش‌های ریاضی است: فراترکیب
۱۲	لاری، لوگان و هگارتی[6] (۲۰۱۹)	تأثیر آموزش تجسم فضایی بر استدلال مکانی دانش‌آموزان و عملکرد ریاضیات
۱۳	کرتین و همکاران (۲۰۱۸)	درک دیداری، شناخت دیداری- فضایی و ریاضیات: پیش‌بینی و وابستگی آن در کودکان مبتلا به فلج مغزی
۱۴	آیک و آندرسون (۲۰۱۸)	پیشنهاد آموزش درس زیست‌شناسی در دبیرستان با استفاده از ابزارهای آموزش دیداری
۱۵	یانگ[7] و همکاران (۲۰۱۸)	ارتباط بین آموزش مبنی بر مکانی فضایی در توسعهٔ ریاضی
۱۶	برت و همکاران (۲۰۱۷)	بهبود یادگیری ریاضی از طریق آموزش فضایی مجسم
۱۷	کاربونل و ساورین[8] (۲۰۱۷)	محیط‌های یادگیری مجازی برای تقویت جهت‌گیری فضایی
۱۸	الیس[9] و همکاران (۲۰۱۵)	اکتشاف علمی طراحی یک سیستم یادگیری دیداری- فضایی با بازخورد
۱۹	ون دی وایجر برگسما و همکاران (۲۰۱۶)	حافظه فعال کلامی و دیداری- فضایی در توانایی‌های ریاضی در حوزه‌های مختلف دبستان
۲۰	مارتین- گوتیرز، کنتر و آلکاوینز (۲۰۱۵)	حقایق تکمیلی به آموزش مهارت‌های فضایی

1. Gui & Zeng
2. Lowrie
3. Wang
4. Yang
5. Xie
6. Lowrie, Logan & Hegarty
7. Young
8. Carbonell & Saorin
9. Ellis

ردیف	نویسنده	عنوان پژوهش
۲۱	دوی، ادی و ایدی[1] (۲۰۱۸)	بررسی رابطهٔ بین موفقیت در تجسم فضایی و توانایی‌های دیداری- فضایی دانش‌آموزان پایهٔ ششم
۲۲	یارمحمدیان (۲۰۱٤)	رابطهٔ آگاهی دیداری فضایی و اختلالات ریاضی در دانش‌آموزان دبستان با یادگیری اختلال ریاضی
۲۳	توستا[2] و همکاران (۲۰۱٤)	چرا توانایی‌های فضایی، عملکرد ریاضی را پیش‌بینی می‌کند؟
۲٤	هیندال[3] (۲۰۱٤)	یادگیری دیداری و فضایی: ویژگی دانش‌آموزان با استعداد
۲۵	کاژونیکا و گراسیا[4] (۲۰۱۱)	یادگیری و آموزش دیداری- فضایی در طراحی مشارکتی در محیط‌های مجازی
۲٦	پورمحمدرضای تجریشی، پهلوان نشان و گلکار (۱۳۹۸)	اثربخشی آموزش آگاهی واج‌شناختی بر حافظهٔ فعال دیداری فضایی دانش‌آموزان با اختلال بیان نوشتاری
۲۷	کاظمی مهرآبادی (۱۳۹۷)	تأثیر آموزش ادراک فضایی دیداری بر میزان علاقه به درس، یادگیری و یادداری مباحث هندسه ریاضی پایهٔ چهارم ابتدایی دانش‌آموزان دختر شهر اراک در سال ۹۷-۹٦
۲۸	شمیلی و کاتب (۱۳۹٦)	تأثیر آموزش هنر بر حافظهٔ دیداری افراد
۲۹	اصلانی و همکاران (۱۳۹۵)	اثربخشی روش تلفیقی آموزش شناختی-رفتاری والدمحور کوتاه‌مدت و تقویت دقت در درمان نارساخوانی و بهبود عملکرد فضایی دانش‌آموزان نارساخوان
۳۰	اصلی‌آزاد، عابدی و یارمحمدیان (۱۳۹۳)	اثربخشی آموزش درک روابط فضایی بر عملکرد ریاضی دانش‌آموزان پسر با ناتوانی یادگیری ریاضی

مرحلهٔ چهارم) تجزیه و تحلیل داده‌های کیفی: در این مرحله، پژوهشگران به طور پیوسته مقالات منتخب و نهایی‌شده را به منظور دستیابی به یافته‌ها درون محتوایی مجزایی که در آن‌ها مطالعات اصلی انجام شده‌اند، چندبار مرور کرده و پس از گزینش پژوهش‌های منتخب، به استخراج کدها از متون انتخابی اقدام شد. برای استخراج کدها سؤال اصلی پژوهش ملاک عمل قرار گرفت. بر این اساس، ابتدا تمام عوامل استخراج‌شده از پژوهش‌های مرتبط به عنوان کد در نظر گرفته شده و سپس، با درنظرگرفتن مفهوم هر یک از این کدها، در یک مفهوم مشابه دسته‌بندی شد و به این ترتیب مفاهیم پژوهش شکل یافت.

1. Dewi, Edi & Edy
2. Tosto
3. Hindal
4. Kozhevnikov & Garcia

مراحل پنجم و ششم) مرحلهٔ پنجم، ترکیب یافته‌های کیفی و مرحلهٔ ششم، اعتباریابی یافته‌های کیفی، در قسمت یافته‌های پژوهش ارائه شده است.

پس از طراحی الگوی شایستگی‌های دیداری- فضایی دانش‌آموزان، بخش کمّی به‌منظور اعتباریابی چارچوب یادشده تعریف شده است. در این بخش، روش پژوهش توصیفی - پیمایشی بود و از مقیاس محقق‌ساخته استفاده شد. این مقیاس شامل ده گویهٔ پنج‌گزینه‌ای از نوع لیکرت با نمره‌گذاری از یک (کاملاً مخالفم) تا پنج (کاملاً موافقم) بود که در بین ٦٥ نفر از معلمان دورهٔ ابتدایی شهر شیراز توزیع شد. به‌منظور تعیین اعتبار مقیاس، از روش اعتبار محتوا و محاسبهٔ شاخص نسبت روایی محتوا[1] و شاخص روایی محتوا[2] استفاده شد. بر این اساس، مقیاس به ۱۵ نفر از استادان رشتهٔ مطالعات برنامهٔ درسی ارسال شد و پس از دریافت نظرات آن‌ها، اصلاحات لازم انجام گرفت. مقدار CVR در بازهٔ ۰٫۷۸ تا ۰٫۹۱، و مقدار CVI در بازهٔ ۰٫۸۱ تا ۰٫۹۲ به دست آمد و اعتبار علمی مقیاس تأیید شد. پایایی ابزار بخش کمّی با توزیع مقیاس بین ۳۰ نفر از معلمان دورهٔ ابتدایی خارج از گروه اصلی پژوهش به روش همسانی درونی بررسی شد و ضریب آلفای کرونباخ برای کل مقیاس ۰٫۸٦ به دست آمد. داده‌های کمّی با استفاده از روش تحلیل عاملی تأییدی[3] تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌های پژوهش

یافته‌های پژوهش در دو بخش کمی و کیفی، در ادامه بیان می‌شود.

یافته‌های بخش کیفی

مرحلهٔ پنجم) ترکیب یافته‌های کیفی: در مرحلهٔ اول، تمام عوامل استخراج‌شده از پژوهش‌ها به عنوان کدهای اولیه در نظر گرفته شد. طبق قاعده‌های تقلیل با درنظرگرفتن مفهوم هر یک از کدها و با ادغام، حذف و خلاصه‌کردن این کدهای اولیه، ده مضمون فرعی کشف شد که در جدول ۲، مضامین فرعی و منابع مرتبط با پژوهش‌ها مشاهده می‌شود.

1. Content Validity Ratio (CVR)
2. Content Validity Index (CVI)
3. Confirmatory Factor Analysis

جدول ۲. مضامین فرعی شناسایی‌شده

مضمون فرعی	پژوهش‌های مرتبط
- تقویت مهارت‌های شناختی - عملکرد ذهنی مناسب - قدرت یادگیری - ساخت فضای ذهن - درک الگو - حافظهٔ تصویری - توانایی شبیه‌سازی	چن، یانگ و چن (۲۰۲۰)، لاری، لوگان و هگارتی (۲۰۱۹)، کاظمی مهرآبادی (۱۳۹۷)، شمیلی و کاتب (۱۳۹۶)، اصلی‌آزاد، عابدی و یارمحمدیان (۱۳۹۳)
- محتوای مناسب - مهارت‌های تدریس - طراحی آموزشی	سیسمان و همکاران (۲۰۲۰) الیس و همکاران (۲۰۱۶)، مارتین- گوتیرز، کنتر و آلکاوینز (۲۰۱۵)، کاژونیکا و گراسیا (۲۰۱۱)، اصلانی و همکاران (۱۳۹۵)

سپس، این مضامین فرعی بر اساس مشابهت‌ها در ۲ مضمون اصلی شایستگی‌های مرتبط با دانش‌آموزان و شایستگی‌های مرتبط با معلمان طبقه‌بندی شدند. نتایج این بخش در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳. طبقه‌بندی مضامین فرعی شناسایی‌شده در مضامین اصلی

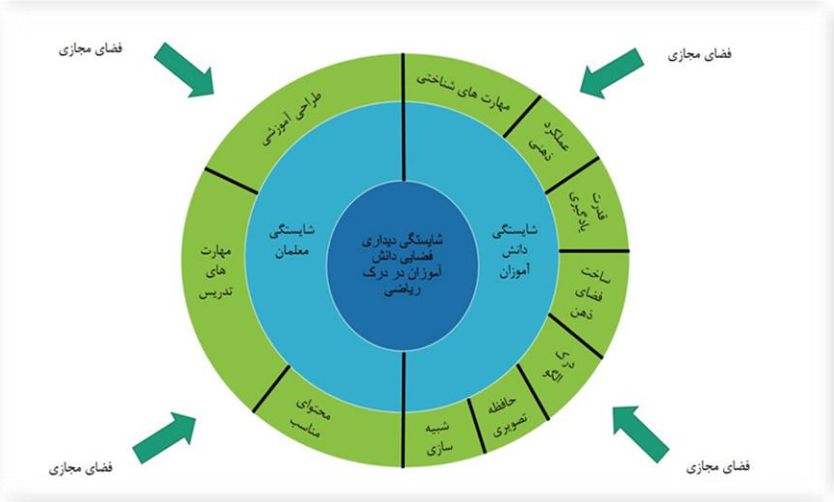
مضمون اصلی	مضمون فرعی
شایستگی‌های مرتبط با دانش‌آموزان	- تقویت مهارت‌های شناختی - عملکرد ذهنی مناسب - قدرت یادگیری - ساخت فضای ذهن - درک الگو - حافظهٔ تصویری - توانایی شبیه‌سازی
شایستگی‌های مرتبط با معلمان	- محتوای مناسب - مهارت‌های تدریس - طراحی آموزشی

مرحلهٔ ششم) اعتباریابی یافته‌های کیفی: در سراسر فرایند این پژوهش نیز تلاش شد با فراهم‌کردن توضیحات و توصیف واضح و روشن برای گزینه‌های موجود، مراحل پژوهش به دقت طی شده و در زمان لازم از ابزارهای مناسب برای ارزیابی پژوهش‌ها استفاده شود. اعتبار داده‌ها با استفاده از تکنیک‌های اعتبارپذیری[1] و انتقال‌پذیری[2] از طریق خودبازبینی پژوهشگران[3] و هم‌سوسازی داده‌ها[4] و اعتمادپذیری[5] با هدایت دقیق جریان جمع‌آوری اطلاعات و هم‌سوسازی پژوهشگران[6] (لینکلن و گوبا[7]، ۱۹۸۵) تعیین شد. همچنین، برای اطمینان بیشتر از روش توافق بین دوکدگذار[8] و ضریب کاپا استفاده شده است. بدین صورت که پژوهشگر دیگری در حوزهٔ تعلیم و تربیت بدون اطلاع از نحوهٔ ادغام کدها و مفاهیم ایجادشده توسط پژوهشگران حاضر، کدها و مفاهیم را دسته‌بندی کردند، سپس، با مفاهیم ارائه‌شده توسط پژوهشگران مقایسه شده است. در نهایت، با توجه به تعداد مفاهیم مشابه و متفاوت، ضریب کاپا برابر با ۰٫۷۶۲ محاسبه شده است، که نشان می‌دهد نتایج پژوهش، از قابلیت اطمینان زیادی برخوردارند.

از سوی دیگر، در طول فرایند پژوهش، منابع استفاده‌شده توسط دو نفر از پژوهشگران به صورت مستقل جست‌وجو و ارزیابی شد. جلسه‌های هفتگی تیم پژوهشی به منظور بحث دربارهٔ نتایج جست‌وجوها، شکل‌دهی و اصلاح راهبردهای جست‌وجوی منابع، بحث دربارهٔ نتایج ارزیابی‌ها و تصمیم‌گیری دربارهٔ راهبردهای ارزیابی مطالعات، تثبیت حوزه‌های مورد توافق و مذاکره درباره حوزه‌ها و موارد شامل اختلاف نظر تا رسیدن به اجماع برگزار شد. همچنین، مستندسازی از تمام فرایندها، رویه‌ها و تغییرات در روند کار و نتایج صورت پذیرفت. بنابراین، از اعتبار توصیفی[9]،

1. Credibility
2. Transferiability
3. Investigator self-monitoring
4. Data triangulation
5. Dependability
6. Investigator triangulation
7. Lincoln & Guba
8. Intercoder reliability (ICR)
9. Descriptive

تفسیری[1]، نظری[2] و پراگماتیک[3] (ساندلوسکی و باروسو، ۲۰۰۷) برخوردار است. شبکهٔ مضامین شایستگی‌های دیداری – فضایی در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. شبکهٔ مضامین شایستگی‌های دیداری- فضایی دانش‌آموزان دورهٔ ابتدایی در درس ریاضی ویژهٔ آموزش‌های مجازی

یافته‌های بخش کمّی

برای اعتباریابی الگوی طراحی‌شده در بخش کیفی، نتایج تحلیل عاملی نشان داد که بار عاملی مهارت‌های شناختی ۰٫۸۱، عملکرد ذهنی ۰٫٦۷، قدرت یادگیری ۰٫۷٤، محتوای مناسب ۰٫۵۹، مهارت‌های تدریس ۰٫٦٤، طراحی آموزشی ۰٫۷۱، ساخت فضای ذهن ۰٫۵۳، درک الگو ۰٫۸۱، حافظهٔ تصویری ۰٫۷٦ و شبیه‌سازی ۰٫۸۳ است و همگی در سطح ۰٫۰۰۰۱ معنادار هستند. جدول ۵، بار عاملی و خطای معیار برآوردشده هر یک از عناصر را نشان می‌دهد.

1. Interpretive
2. Theoretical
3. Pragmatic

جدول ۵. بار عاملی و خطای معیار برآورد

مضامین	بار عاملی	خطای معیار برآوردشده
مهارت‌های شناختی	۰٫۸۱	۰٫۵۵
عملکرد ذهنی	۰٫٦۷	۰٫۵۵
قدرت یادگیری	۰٫۷٤	۰٫٤۵
تهیهٔ محتوای مناسب	۰٫۵۹	۰٫٦٦
مهارت های تدریس	۰٫٦٤	۰٫۵۹
طراحی آموزشی	۰٫۷۱	۰٫۵۰
ساخت فضای ذهن	۰٫۵۳	۰٫۷۲
درک الگو	۰٫۸۱	۰٫۵۵
حافظهٔ تصویری	۰٫۷٦	۰٫٤۱
توانایی شبیه‌سازی	۰٫۸۳	۰٫۳۱

شاخص‌های ریشهٔ خطای میانگین مجذورات تقریبی (RMSEA)[1]، ریشهٔ میانگین مجذورات باقیمانده (RMR)[2]، شاخص نیکویی برازش (GFI)[3]، شاخص‌تعدیل‌شدهٔ نیکویی برازش (AGFI)[4]، شاخص نرم ده برازندگی (NFI)[5]، شاخص نرم‌نشده برازندگی (NNFI)[6]، شاخص برازندگی فزاینده (IFI)[7] و شاخص برازندگی تطبیقی (CFI)[8] به عنوان ملاک‌های انطباق برنامهٔ درسی با داده‌های مشاهده‌شده بسیار مطلوب است که نتایج آن در جدول ٦ گزارش شده است.

1. Root Mean Square Error of Approximation
2. Root Mean Square Residual
3. Goodness of Fit Index
4. Adjusted Goodness of Fit Index
5. Normed of Fit Index
6. Non Normed of Fit Index
7. Incremental of Fit Index
8. Comprative of Fit Index

جدول ۶. شاخص‌های نیکویی برازش الگوی شایستگی‌های دیداری- فضایی دانش‌آموزان

شاخص	مقدار
RMSEA	۰/۰۵۳
RMR	۰/۰٤٤
GFI	۰/۹۰
AGFI	۰/۹۰
NFI	۰/۹۳
NNFI	۰/۸۹
IFI	۰/۹۱
CFI	۰/۹۳

بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر، طراحی و اعتباریابی الگوی شایستگی‌های دیداری- فضایی دانش‌آموزان در درس ریاضی ویژهٔ آموزش‌های مجازی بود. در این راستا، تحلیل و بررسی مصاحبه‌های انجام‌شده حاکی از شناسایی دو مضمون فراگیر شایستگی‌های مرتبط با دانش‌آموزان و شایستگی‌های مرتبط با معلمان بود. شایستگی‌های مرتبط با دانش‌آموزان مشتمل بر هفت مضمون فرعی مهارت‌های شناختی، عملکرد ذهنی، قدرت یادگیری، ساخت فضای ذهن، درک الگو، حافظهٔ تصویری و شبیه‌سازی و شایستگی‌های مرتبط با معلمان مشتمل بر سه مضمون فرعی محتوای مناسب، مهارت‌های تدریس و طراحی آموزشی شناسایی شد.

از شایستگی‌های دانش‌آموزان در بعد دیداری- فضایی درس ریاضی، مهارت‌های شناختی و فراشناختی آنان است. در نظریه‌های جدید روان‌شناسی هوش، باور اکثریت بر این است که بخش مهمی از رفتار هوشمندانه را کارکردهای شناختی تشکیل می‌دهند. اهمیت رویکردهای جدید، آن است که بر این باور، پای می‌فشارند که برخلاف توانایی‌های ذاتی فرد که ارثی و غیر قابل تغییرند، کارکردهای شناختی، اکتسابی و تغییرپذیرند، بنابراین، اعمال هوشمندانه قابل آموزش و یادگیری هستند (سیف، ۱۳۹۳). توسعهٔ مهارت‌های شناختی شامل انواع ساختارها و رویکردها مانند هوش،

حل مسأله علمی، فراشناخت، انگیزهٔ یادگیری و سبک‌های یادگیری است (سکورا و اموری، ۲۰۲۰). فراشناخت نیز فرایندی است که طی آن فراگیران از چگونگی یادگیری خود، چگونگی استفاده از اطلاعات برای تحقق اهداف مورد نظر، ارادهٔ قضاوت دربارهٔ فرایندهای شناختی دربارهٔ تکلیفی خاص و چگونگی استفاده از راهبردها برای رسیدن به اهداف یادگیری، کاملاً آگاهی دارند و هنگام و بعد از عملکرد، سطح موفقیت و پیشرفت خود را ارزشیابی می‌کنند (برگی، دیکن و باریلا[1]، ۲۰۱۷). فراشناخت به مثابهٔ ابزاری برای دستکاری و نظم‌دهی به فرایندهای شناختی (استدلال‌کردن، حل مسأله و یادگیری) تلقی می‌کنند و آن را ناظر بر فرایندهای کنترل اجرایی و نظم‌دهی شناختی تعریف می‌شود (میلر و دینس[2]، ۲۰۱۳). پیشرفت مهارت‌های شناختی و فراشناختی به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا طیف گسترده‌ای از زمینه‌های مختلف محتوای را به مرحلهٔ کاربرد و عملی‌سازی درآورند (پارسلا و ترنزینی[3]، ۲۰۰۵). پژوهشگران حوزهٔ شناخت و فراشناخت شامل اسمیت و همکاران (۲۰۰۶) نشان داده‌اند به‌کارگیری راهبردهای فراشناختی میزان یادگیری در راستای برآورد تأثیر آگاهی فراشناختی فراگیران را افزایش می‌دهد.

یکی دیگر از شایستگی‌های دانش‌آموزان در بعد دیداری- فضایی درس ریاضی، قابلیت و مهارت‌های ذهنی آنان است. در این زمینه، پژوهش‌های زیادی دربارهٔ اثر آموزش مهارت‌های ذهنی بر توانایی فضایی و اجزای آن صورت گرفته است (باتیسا، وتلی و تالسما[4]، ۱۹۸۲). دانش‌آموزانی که توانایی ذهنی بالایی دارند، قابلیت تعمیم و تحلیل مواد؛ انعطاف‌پذیری تفکر؛ انفعال تفکر و قابلیت تعویض؛ مؤلفه‌های احساسی تفکر؛ سرعت و دقت ادراک؛ استفاده از زبان و سواد؛ انتخاب راهبرد بهینه و جهت‌گیری و تصور مکانی بالایی را نشان می‌دهند (فنگ و همکاران، ۲۰۲۰). دانش‌آموزان با داشتن این مهارت‌ها در فهم مسائل دیداری – فضایی ریاضی با استفاده از ساختار هوش: ظرفیت فکری (شناخت، حافظه، تفکر، ارزیابی و ...). فهم عناصر، طبقه، روابط، سیستم اشکال و تصاویر، یادگیری عمیق‌تری خواهند داشت.

1. Bergey, Deacon & Parrila
2. Mealor & Dienes
3. Pascarella & Terenzini
4. Battista, Wheatley & Talsma

شبیه‌سازی نیز از دیگر شایستگی‌های دانش‌آموزان برای درک بهتر، مفاهیم دیداری – فضایی است. شبیه‌سازی‌های آموزشی تقلیدی از واقعیت هستند، آن‌ها می‌توانند آنچه را که برای یادگیرنده انتزاعی و ذهنی است، به صورت عینی درآورده و به یادگیرنده کمک کنند تا از پدیده یا مفهوم درک بهتری داشته باشند، همچنین، به یادگیرندگان این امکان را می‌دهند تا بر اساس سرعت شناختی خود به یادگیری بپردازند و دانسته‌های قبلی خود را در رابطهٔ موضوع فعال کرده و دانش و طرح واره‌های ذهنی خود را مجدداً سازمان‌دهی کنند. آموزشی با توجه به اینکه ماهیتی تعاملی دارند، بار شناختی درونی و بیرونی را تا حد زیادی کنترل می‌کنند و به فراگیر این امکان را می‌دهند تا بر اساس روش، سبک یادگیری، و زمان لازم برای یادگیری پیش روند. شبیه‌سازی‌ها همچنین از آنجا که در دستیابی به اهداف یادگیری به یادگیرنده اطمینان می‌دهند، بنابراین، شبیه‌سازی‌ها می‌توانند برانگیزش یادگیرندگان نیز تأثیر بگذارند. شبیه‌سازی‌های آموزشی می‌توانند به صورت‌های دوبعدی و سه‌بعدی نیز ارائه شوند (کوپاران و یلماز[1]، ۲۰۱۵؛ گرگوری، ۲۰۰۵). فعال‌بودن یادگیرندگان و ساخت دانش توسط خود آنان، تعاملی و مشارکتی‌بودن یادگیری از مزیت‌های شبیه‌سازی سه‌بعدی است. در این راستا، به کمک فناوری اطلاعات و ارتباطات، نرم‌افزارهایی شبیه‌سازی شده برای آموزش به خصوص دروس ریاضی و هندسه، با هدف مفهوم‌سازی توسط خود دانش‌آموزان طراحی شده‌اند که با کمک این نرم‌افزارها دانش‌آموزان می‌توانند انواع فعالیت‌ها مانند محاسبه، طراحی، کندوکاو، خلق و اکتشاف را انجام دهند (وانگ، ۲۰۲۰).

از دیگر شایستگی‌های دانش‌آموزان برای درک بهتر، مفاهیم دیداری – فضایی، ساخت فضای ذهن است. فرد به وسیلهٔ تجسم درک فضایی می‌تواند اشکال را در ذهن حرکت دهد یا بچرخاند، همچنین، می‌تواند به سادگی فرم‌ها را تولید و کنترل کند، نمونه‌های مشابه از یک بخش را تشخیص دهد، یک تصویر ذهنی را مجسم کند و آن را تغییر دهد و یک شباهت گرافیکی از اطلاعات فضایی ایجاد کند. این توانایی برای سازگاری در مکان‌های مختلف مهم و ضروری است (اصلی آزاد، عابدی و یارمحمدیان، ۱۳۹۳). درک فضایی در اثر مشاهدهٔ مستقیم جهان تصویری، رشد می‌کند، اما به طور

1. Koparan & Yılmaz

کامل به کانال‌های دیداری وابسته نیست (حاجی حسین‌نژاد، ۱۳۸۱). پژوهش‌های لاری و همکاران (۲۰۱۹) به نقش بازنمایی دیداری دانش‌آموزان در ریاضیات پرداخته‌اند که نشان داده‌اند که تجربیات دیداری دانش‌آموزان، در مدت زمان بیشتری در حافظهٔ آنان باقی می‌ماند و در نتیجه، راحت‌تر بازیابی می‌شود. پارسلا و ترنزینی (۲۰۰۵) نیز اعتقاد دارند که داشتن قدرت بالای تجسمی در دانش‌آموزان با مشاهدهٔ طبیعت و تجسم اشیاء هندسی و فضایی تقویت می‌شود. مانکسو (۲۰۰۵) نیز پیشنهاد می‌کند برای پرورش تفکر دیداری – تجسمی ابتدا باید دانش‌آموزان را دربارهٔ درک نمودارها مطلع ساخت تا بتوانند به‌راحتی مسائل دیداری – فضایی را تفسیر و تحلیل کرد.

اما برخی شایستگی‌هایی دیداری – فضایی دانش‌آموزان در درس ریاضی به معلم مرتبط هستند. معلمان برای دستیابی به فهم دانش‌آموزان دیداری- مکانی از روش‌های مختلفی استفاده می‌کنند. مانند اعطای فرصت نقاشی به دانش‌آموزان، به آن‌ها امکان می‌دهد تا از اطلاعات مکانی خود استفاده کنند (آرمسترانگ[1]، ۲۰۰۰). هنگامی که نیمکرهٔ سمت راست از طریق رنگ، شوخ‌طبعی، تصویرسازی و تجسم و فعالیت‌های دست در دست فعال شود، فراگیران دیداری- فضایی شکوفا می‌شوند (گلن، ۲۰۰٤). آموزش کلامی با کمک‌های دیداری، مانند تصاویر، مدل‌ها، نقشه‌ها و اشیا تقویت می‌شود (جارت و استپانک[2]، ۱۹۹۷). راهکارهای خاصی در تدریس معلمان وجود دارد که برای آموزش شایستگی‌های دیداری- مکانی دانش‌آموزان در مدرسه بسیار مؤثر است؛ دادن وقت برای ایجاد تصویری دیداری از مطالب یادگیری؛ گرفتن عکس که باعث می‌شود همهٔ تفاوت‌ها درک شوند؛ استفاده از رنگ‌ها برای ایجاد دسته‌ها و تمایز اطلاعات از هم متمایز؛ یافتن راه‌های سازماندهی دیداری؛ استفاده از موسیقی یا هنرهای زیبا برای کمک به یادگیری و بالاخره استفاده از فعالیت‌های فیزیکی برای یادگیری. همچنین، معلمان می‌توانند از راهبردهای مختلف برای تقویت شایستگی‌های دیداری- فضایی دانش‌آموزان خود استفاده کنند. استفاده از تصاویر دیداری در سخنرانی، استفاده از مواد دستکاری‌شده برای دستیابی به تجربه؛ استفاده از روش دید در خواندن به‌جای گفتاری؛ تشویق دانش‌آموزان به استفاده از روش‌های خاص خود را برای حل مسأله؛ اجتناب از حفظ حافظه و

1. Armstrong
2. Jarrett & Stepanek

به‌کارگیری روش‌های مفهومی یا استقرا؛ اطمینان از تسلط دانش‌آموزان به مطالب قبلی؛ انتقال دانش‌آموزان با سرعت بیشتر به یادگیری مواد پیشرفته، انتزاعی و پیچیده؛ کسب مجوز به دانش‌آموزان برای سرعت‌بخشیدن به یادگیری در محیط مدرسه؛ تأکید بر تسلط دانش‌آموزان بر مفاهیم سطح بالاتر به‌جای کامل‌کردن مفاهیم ساده؛ تشکیل گروه‌های یادگیرنده دیداری–فضایی با استعداد برای آموزش به صورت گروهی؛ تأکید بر خلاقیت، تخیل، رویکردهای جدید به‌جای دستیابی به دانش و تأکید بر خلاقیت در همهٔ زمینه‌های موضوعی. در تمام مراحل تدریس معلمان باید بدانند که که اگر دانش‌آموزان اهداف آموزش را بدانند، آن‌ها را بیشتر مورد توجه قرار می‌دهند.

یکی دیگر از ویژگی‌های مرتبط با شایستگی‌هایی دانش‌آموزان در بعد دیداری- فضایی، انتخاب محتوای مناسب برای تدریس است. متخصصان رشته‌های علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات، غالباً از طراحی برای ایجاد ارتباط به شیوهٔ محتوای دیداری و مکانی استفاده می‌کنند. طراحی به این گروه از متخصصان کمک می‌کند تا محتوای پیچیده و انتزاعی را بیرونی و قابل فهم کرده و استنتاج‌های جدیدی را بر اساس نقشه‌های خود انجام دهند و نقشه‌های خود را برای بررسی ایده‌های جدید اصلاح کنند (آرساوی[1]، ۲۰۰۳). دانش‌آموزان هم، ممکن است از نقاشی به عنوان یک راهبرد یادگیری استفاده کنند. برای بهبود درک آن‌ها از محتوای دیداری و مکانی به‌تازگی، محققان دربارهٔ گنجاندن بیشتر فعالیت‌های طراحی در کنار فعالیت‌هایی که بر خواندن، نوشتن، و صحبت‌کردن در محتوای تدریس معلمان تأکید کرده‌اند (آنیورت[2] و همکاران، ۲۰۱۱).

آخرین ویژگی مرتبط با شایستگی دانش‌آموزان در بعد دیداری – فضایی، طراحی آموزشی است. استفاده از مدل‌های طراحی آموزشی مناسب و مبتنی بر فناوری می‌تواند به تدریس مؤثر و رشد و توسعهٔ شایستگی‌هایی دیداری – فضایی دانش‌آموزان منجر شود. استفاده از فن‌آوری به عنوان ابزاری از طریق طراحی آموزشی فرصت‌های بی‌شماری را برای دانش‌آموزان درگیر شدن در فعالیت‌های

1. Arcavi
2. Ainsworth

ساخت درس مبتنی بر رویکردهای دیداری – فضایی ایجاد می‌کند. همان‌طور که قبلاً ذکر شد از رسانه‌هایی مانند انیمیشن‌های رایانه‌ای و شبیه‌سازی تأثیر مثبتی در پیشرفت دانش‌آموزان و انگیزهٔ یادگیری آنان دارد (راسمونو و گودین[1]، ۲۰۰۷). تصور می‌شود استفاده از انیمیشن با روش‌های آموزش چندگانهٔ یکپارچه به دانش‌آموزان کمک می‌کند موضوع را با موفقیت بیشتر از سایر روش‌ها بیاموزند. همچنین، پیش از این سانگر و گرینبو[2] (۲۰۰۰) و آرساوی (۲۰۰۳) که از انیمیشن‌های رایانه‌ای و تجسم استفاده کرده‌اند، نشان دادند که این روش چالش‌های یادگیری دانش‌آموزان را کمتر می‌کند.

به طور کلی، اگرچه اتخاذ یادگیری از راه دور برای اطمینان از تداوم آموزش به دنبال تعطیلی بدنی مدارس مهم است، اما دانش‌آموزان، به طور متوسط، احتمالاً در حین خاموش‌کردن، یادگیری خود را از دست می‌دهند. استدلال‌های مختلفی برای توضیح این موضوع ارائه می‌شود. اول، شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد دانش‌آموزان قرنطینه تمایل دارند زمان کمتری را برای یادگیری در مقایسه با زمان بازبودن مدارس بگذرانند. دوم، بسیاری از دانش‌آموزان که به دلیل کووید ۱۹ در خانه محدود می‌شوند، ممکن است احساس استرس و اضطراب کنند و این ممکن است بر توانایی آن‌ها در تمرکز در کارهای مدرسه تأثیر منفی بگذارد. سوم، بسته‌شدن مدرسه فیزیکی و نبود ارتباط حضوری ممکن است دانش‌آموزان را از انگیزهٔ خارجی کمتری برای انجام‌دادن فعالیت‌های یادگیری درآورد. در نهایت، با توجه به نتایج پژوهش، پیشنهادهای زیر مطرح می‌شود:

- استفاده از مدل‌های طراحی آموزشی مناسب حین تدریس توسط معلمان
- ارائهٔ تمرینات مبتنی بر طراحی توسط معلمان به دانش‌آموزان
- مشاهدهٔ طبیعت و تجسم اشیاء هندسی و فضایی توسط دانش‌آموزان
- اعطای فرصت نقاشی به دانش‌آموزان
- تقویت شایستگی دیداری– فضایی دانش‌آموزان با ارائهٔ بازی جورچین

1. Russomanno & Goodwin
2. Sanger & Greenbowe

منابع

اصلانی، طاهر، آقاجانی، سیف‌الله، رضایی شریف، علی، و پرزور، پرویز (۱۳۹۵). اثربخشی روش تلفیقی آموزش شناختی-رفتاری والدمحور کوتاه‌مدت و تقویت دقت در درمان نارساخوانی و بهبود عملکرد فضایی دانش‌آموزان نارساخوان. *ناتوانی‌های یادگیری*، ٦(۱)، ٥٩-٤٠.

اصلی‌آزاد، مسلم، عابدی، احمد، و یارمحمدیان، احمد (۱۳۹۳). اثربخشی آموزش درک روابط فضایی بر عملکرد ریاضی دانش‌آموزان پسر با ناتوانی یادگیری ریاضی. *افراد استثنایی*، ۵(۱۷)، ۱۲۹-۱۱۲.

پورمحمدرضای تجریشی، معصومه، پهلوان‌نشان، سحر، و گلکار، فائزه (۱۳۹۸). اثربخشی آموزش آگاهی واج‌شناختی بر حافظهٔ فعال دیداری فضایی دانش‌آموزان با اختلال بیان نوشتاری. *روان‌شناسی تحولی*، ۱۵(٦۰)، ٣٦٦-٣٥٥.

حاجی حسین‌نژاد، غلامرضا (۱۳۸۱). *نظریهٔ هوش‌های چندگانهٔ گاردنر و کاربرد آن در آموزش*. تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تربیت معلم تهران.

سیف، علی‌اکبر (۱۳۹۳). *روان‌شناسی پرورشی نوین: روان‌شناسی یادگیری و آموزش*. ویرایش هفتم، چاپ ۵۵، تهران: انتشارات دوران.

شاه‌بیگی، فرزانه، و نظری، سمانه (۱۳۹۰). آموزش مجازی: مزایا و محدودیت‌ها. فصل‌نامهٔ *مرکز مطالعات و توسعهٔ آموزش علوم پزشکی دانشگاه شهید صدوقی یزد*، ٦(۱)، ٥٤-٤٧.

شمیلی، فرنوش، و کاتب، فاطمه (۱۳۹٦). تأثیر آموزش هنر بر حافظهٔ دیداری افراد. *پژوهش در نظام های آموزشی*، ٣٦، ٥٩-٤٢.

علیاری، شهلا، برومند، سهیلا، و عالیخانی، شیرین (۱۳۸۸). راهنمای عملی طراحی برنامهٔ آموزشی مبتنی بر وب. *مجلهٔ دانشکدهٔ پرستاری ارتش جمهوری اسلامی ایران*، ۹(۱)، ۳۷-۳۰.

کاظمی مهرآبادی، الهام (۱۳۹۷). *تأثیر آموزش ادراک فضایی دیداری بر میزان علاقه به درس، یادگیری و یادداری مباحث هندسهٔ ریاضی پایهٔ چهارم ابتدایی دانش‌آموزان دختر شهر اراک در سال ٩٦-٩٧*. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه اراک، دانشکدهٔ علوم انسانی گروه علوم تربیتی گرایش تکنولوژی آموزشی.

مخبری، عادل (۱۳۹۰). *روان‌شناسی تربیتی*. تهران: انتشارات پوران پژوهش.

نیازآذری، کیومرث، بهنام‌فر، رضا، و اندی، صدیقه (۱۳۹۱). تأثیر به‌کارگیری فن آوری اطلاعات و ارتباطات در یادگیری دانش‌آموزان دورهٔ ابتدایی. *فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در علوم تربیتی*، ۳، ۴۳-۳۱.

Aini, A. N., Mukhlis, M., Annizar, A. M., Jakaria, M. H. D., & Septiadi, D. D. (2020). Creative thinking level of visual-spatial students on geometry HOTS problems. *The International Conference on Physics and Mathematics for Biological Science 2019*, 31 August – 1 September 2019, Jember, Indonesia.

Ainsworth, S. E., Stieff, M., Desutter, D., Tytler, R., Prain, V., Panagiotopoulos, D., … Puntambekar, S. (2016). Exploring the value of drawing in learning and assessment. *Proceedings of international conference of the learning sciences, ICLS*, 2, 1082–1089.

Arcavi, A. (2003). The role of visual representations in the learning of mathematics. *Educational studies in mathematics*, 52(3), 215-241.

Armstrong, T. (1999). *7 kinds of smart: Identifying and developing your multiple intelligences*. Plume Books.

Battista, M. T. (1990). Spatial visualization and gender differences in high school geometry. *Research in Mathematics Education*, 47-60.

Battista, M. T., Wheatley, G. H., & Talsma, G. (1982). The importance of spatial visualization and cognitive development for geometry learning in preservice elementary teachers. *Research in Mathematics Education*, 332-340.

Bergey, B. W., Deacon, S. H., & Parrila, R. K. (2017). Metacognitive reading and study strategies and academic achievement of university students with and without a history of reading difficulties. *Learning Disabilities*, 50(1), 81-94.

Burte, H., Gardony, A. L., Hutton, A., & Taylor, H. A. (2017). Think 3d: Improving mathematics learning through embodied spatial training. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 2(1), 13-20.

Carbonell-Carrera, C., & Saorin, J. L. (2017). Virtual learning environments to enhance spatial orientation. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(3), 709-719.

Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*. New York, NY: Cambridge University Press.

Chen, Y. C., Yang, F. Y., & Chang, C. C. (2020). Conceptualizing spatial abilities and their relation to science learning from a cognitive perspective. *Journal of Baltic Science Education*, 19(1), 50-63.

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2011). *Designing and conducting mixed methods research* (Second Ed.). London: SAGE Publications, Inc.

Critten, V., Campbell, E., Farran, E., & Messer, D. (2018). Visual perception, visual-spatial cognition and mathematics: Associations and predictions in children with cerebral palsy. *Research in Developmental Disabilities*, 80, 180-191.

Dewi P. S., Edi S., & Edy, S. (2018). An analysis of spatial ability and self-efficacy of

students in cooperative learning by using jigsaw at smas muhammadiyah 8 kisaran. *American Journal of Educational Research*. 6(8),1238-1244.

Dixon, J. P. (1983). The spatial child. Springfield, IL: C. C. Thomas.

Ellis, K., Fisher, J., Willoughby, L., & Barca, J. C. (2015). A design science exploration of a visual-spatial learning system with feedback. *Australasian Conference on Information Systems*, 2015, Adelaide.

Feng, Y., Cheng, Y., Wang, G., Xu, X., Han, H., & Wu, R. (2020). Radar Emitter Identification under Transfer Learning and Online Learning. *Information*, 11(1), 15-20.

Gardner, H. (1993). *Multiple intelligences: The theory in practice*. New York, NY: Basic Books.

Geary, D. C. (2011). Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: A 5-year longitudinal study. *Developmental psychology*, 47(6), 15-39.

Golon, A. S. (2004). *Raising topsy-turvy kids: Successfully parenting your visual-spatial child*. DeLeon Pub.

Greenburg, J. E., Carlson, A. G., Kim, H., Curby, T. W., & Winsler, A. (2020). Early visual-spatial integration skills predict elementary school achievement among low-income, ethnically diverse children. *Early Education and Development*, 31(2), 234-252.

Gregory, G. H. (Ed.). (2005). *Differentiating instruction with style: Aligning teacher and learner intelligences for maximum achievement*. Corwin Press.

Gui, Y., & Zeng, G. (2020). Joint learning of visual and spatial features for edit propagation from a single image. *The Visual Computer*, 36(3), 469-482.

Hindal, H. S. (2014). Visual-spatial learning: A characteristic of gifted students. *European Scientific Journal*, 10(13), 331- 345.

Ike, C. G., & Anderson, N. (2018). A proposal for teaching bioethics in high schools using appropriate visual education tools. *Philosophy, Ethics, and Humanities in Medicine*, 13(1), 11-14.

Jarrett, D., & Stepanek, J. (1997). Science and mathematics for all students. It's Just Good Teaching. *Northwest Regional Educational Laboratory*.

Koparan, T., & Yılmaz, G. K. (2015). Using dynamic geometry software for the intersection surfaces. *Education and Training Studies*, 3(5), 23 -38

Kozhevnikov, M., & Garcia, A. (2011). Visual-spatial learning and training in collaborative design in virtual environments. In *Collaborative design in virtual environments* (pp. 17-26). Springer, Dordrecht.

Krutetskii, V. A. (1976). *The psychology of mathematical abilities in schoolchildren*. Chicago: University of Chicago Press.

Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Beverly Hills, CA: Sage.

Liu, S., & Liu, D. (2020). Visual-spatial Attention and Reading Achievement in Hong Kong Chinese Children: Evidence from a One-year Longitudinal Study. *Scientific Studies of Reading*, 24(3), 214-228.

Lowrie, T., Logan, T., & Hegarty, M. (2019). The influence of spatial visualization training on students' Spatial Reasoning and Mathematics Performance. *Journal of Cognition and Development*, 20(5), 729-751.

Lowrie, T., Resnick, I., Harris, D., & Logan, T. (2020). In search of the mechanisms that

enable transfer from spatial reasoning to mathematics understanding. *Mathematics Education Research Journal*, 1-14.

Mann, R. L. (2006). Effective teaching strategies for gifted/learning-disabled students with spatial strengths. *Secondary Gifted Education*, 17(2), 112-121.

Martín-Gutiérrez, J., Contero, M., & Alcañiz, M. (2015). Augmented reality to training spatial skills. *Procedia Computer Science*, 77, 33-39.

McGee, M. G. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 86, 889-918.

Mealor, A. D., & Dienes, Z. (2013). The speed of metacognition: Taking time to get to know one's structural knowledge. *Consciousness and Cognition*, 22(1), 123-136.

Olson, M. B. (1984). What do you mean by spatial? *Roeper Review*, 6(4), 240-244.

Pascarella, E. T., & Terenzini, P. T. (2005). *How college affects students: A third decade of research.* Vol.2, Jossey-Bass, An Imprint of Wiley. 10475 Crosspoint Blvd, Indianapolis, IN 46256.

Russomanno, D., & Goodwin, J. (2007). Animation and visualization tools: From undergraduate projects to pedagogical aids. *STEM Education*, 8(1), 88- 92.

Sanabria, O. B., Chavez, M. P., & Gómez Zermeño, M. (2018). Virtual educational model for remote communities in Chocó, Colombia. *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology*, 12(2), 195-205.

Sandelowski, M., & Barroso, J. (2006). *Handbook for synthesizing qualitative research*. Springer Publishing Company.

Sanger, M. J., & Greenbowe, T. J. (2000). Addressing student misconceptions concerning electron flow in aqueous solutions with instruction including computer animations and conceptual change strategies. *International Journal of Science Education*, 22(5), 521-537.

Sawyer, R. K. (2006). *The Cambridge handbook of the learning sciences*. ed. RK Sawyer.

Secora, K., & Emmorey, K. (2020). Visual-Spatial Perspective-Taking in Spatial Scenes and in American Sign Language. *Deaf Studies and Deaf Education*, 12(3), 155-157.

Sherman, J. A. (1979). Predicting mathematical performance in high school girls and boys. *Educational Psychology*, 71, 242-249.

Silverman, L. K. (2003). The power of images: Visual-spatial learners. *Gifted Education Communicator*, *34*(1), 14-17.

Silverman, L. K. (2005). Upside-down brilliance: The visual-spatial learner. Paper presented at the Queensland Association for Gifted and Talented Children Annual Conference. Brisbane, Qld.

Sisman, B., Kucuk, S., & Yaman, Y. (2020). The Effects of Robotics Training on Children's Spatial Ability and Attitude Toward STEM. *International Journal of Social Robotics*, 1-11.

Smith, M. (1964). Spatial ability: Its educational and social significance. London: University of London Press.

Tosto, M. G., Hanscombe, K. B., Haworth, C. M., Davis, O. S., Petrill, S. A., Dale, P. S.,

... & Kovas, Y. (2014). Why do spatial abilities predict mathematical performance? *Developmental science*, 17(3), 462-470.

Usiskin, Z. (1987). Resolving the continuing dilemmas in school geometry. In M. M. Lindquist & A. P. Shulte (Eds.), Learning and teaching geometry K-12 (pp. 17-31). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

Van de Weijer-Bergsma, E., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. (2015). Verbal and visual-spatial working memory and mathematical ability in different domains throughout primary school. *Memory & cognition*, 43(3), 367-378.

Van de Weijer-Bergsma, E., Kroesbergen, E. H., Jolani, S., & Van Luit, J. E. (2016). The Monkey game: A computerized verbal working memory task for self-reliant administration in primary school children. *Behavior research methods*, 48(2), 756-771.

Wang, L. (2020). Mediation relationships among gender, spatial ability, math anxiety, and math achievement. *Educational Psychology Review*, 32(1), 1-15.

Weckbacher, L. M. (2007). *The role of visualization in geometric problem solving*. University of California, Santa

Xie, F., Zhang, L., Chen, X., & Xin, Z. (2019). Is spatial ability related to mathematical ability: A meta-analysis.

Yang, X., Chung, K. K. H., & McBride, C. (2019). Longitudinal contributions of executive functioning and visual-spatial skills to mathematics learning in young Chinese children. *Educational Psychology*, 39(5), 678-704.

Yarmohammadian, A. (2014). The relationship between spatial awareness and mathematic disorders in elementary school students with learning mathematic disorder.

Young, C. J., Levine, S. C., & Mix, K. S. (2018). The connection between spatial and mathematical ability across development. *Frontiers in Psychology*, 9(755), 1-7.