

تأثیر آموزش تجسم محور بر عملکرد حل مسئله ریاضی دانش آموزان سال سوم راهنمایی*

دکتر ابراهیم ریحانی^۱

جواد حاجی بابایی^۲

رضا عرب زاده^۳

چکیده

پژوهش حاضر با هدف شناسایی تأثیر آموزش با محوریت تجسم، بر نگرش دانش آموزان (سال سوم راهنمایی) نسبت به ریاضیات، و نیز عملکرد حل مسئله آنها، به ویژه در حل مسئله‌های مربوط به تعمیم الگوهای شکلی در جبر» صورت گرفته است. بدین منظور در مرحله نخست، به‌عنوان یک هدف پایه، چارچوبی برای آموزش، تجسم محور و آموزش، بدون تأکید بر تجسم، بر اساس یافته‌های پژوهشی و بر پایه کار میدانی طراحی و تولید شد. برای انتخاب نمونه از روش نمونه‌گیری تصادفی استفاده شد و از این طریق یک مدرسه و دو کلاس ۳۰ نفره از آن به‌عنوان گروه آزمایش و گروه کنترل، انتخاب گردید. در این پژوهش «رویکرد آموزش با محوریت تجسم و آموزش بدون تأکید بر تجسم» به‌عنوان متغیرهای مستقل، و «عملکرد حل مسئله و نگرش دانش آموزان» به‌عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته شده‌اند. هر یک از گروه‌های آزمایش و کنترل به مدت ۱۵ هفته (هر هفته دو جلسه و هر جلسه ۹۰ دقیقه) تحت تأثیر متغیرهای مستقل قرار گرفتند.

در این پژوهش سه فرضیه مورد آزمون قرار گرفته‌اند، که شاخص عملکرد هر سه فرضیه تفاوت نمرات پیش آزمون و پس آزمون و مقایسه گروه‌های مورد مطالعه است. پس از جمع‌آوری اطلاعات جهت آزمون فرضیه‌ها از آزمون T گروه‌های مستقل استفاده شده است. برای معنادار بودن تفاوت میانگین نمرات دانش‌آموزان دو گروه و نیز برای بررسی تجانس واریانس‌ها از آزمون F (لوین) استفاده شد. یکسان بودن عملکرد حل مسئله دانش‌آموزان در پیش آزمون، با استفاده از آزمون کلموگروف اسمیرنوف نشان داده شده

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۳/۱ تاریخ شروع بررسی: ۸۹/۳/۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۵/۲۱

۱. عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، e_reyhani@yahoo.com

۲. کارشناس سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش، Jhajibabaei@yahoo.com

۳. کارشناس ارشد آموزش ریاضی و دبیر آموزش و پرورش شهرستان بروجرد، arabzadehdanesh@yahoo.com

است. تجزیه و تحلیل نتایج نشان می‌دهد که تدریس تجسم محور، در نگرش دانش‌آموزان نسبت به ریاضیات تأثیر مثبت چشمگیری خواهد گذاشت، اما تنها تکیه بر تفکر تجسمی باعث تحول در عملکرد «حل مسئله» ریاضی به ویژه در مسئله‌های غیر هندسی، مانند تعمیم الگوهای شکلی، نخواهد شد. از طرف دیگر دانش‌آموزانی که به روش تجسم محور آموزش دیده‌اند بهتر می‌توانند روابط بین اجزای موجود در جمله عمومی دنباله‌ها را درک کنند.

واژه‌های کلیدی: تجسم، حل مسئله ریاضی، تدریس تجسم محور، الگوهای شکلی، نگرش ریاضی.

مقدمه

یک هدف عمده از آموزش ریاضیات به دانش‌آموزان توسعه درک ریاضی و رشد توانایی حل مسئله آن‌ها است. بسیاری از افراد می‌دانند که بخشی از اندیشیدن به شیوه تجسمی^۴ صورت می‌گیرد. تجسم متضمن همان باز نمایی‌ها^۵ و فرایندهای ادراک است (فینک^۶ ۱۹۸۵، نقل شده از اسمیت^۷ و دیگران ۲۰۰۳). از گذشته‌های دور نقش تجسم در یاددهی و یادگیری ریاضیات به طور عام، به ویژه در حل مسئله ریاضی مطرح بوده است. اما در سالیان اخیر، این موضوع به‌طور عمیق‌تری توسط آموزشگران ریاضی مورد مطالعه قرار گرفته است. در سند «اصول و استانداردهای ریاضیات مدرسه‌ای»^۸ آمده است که تجسم نقشی مهم در حل مسئله‌های ریاضیات دارد. بنابراین «دانش‌آموزان باید برای به کارگیری انواع بازنمایی‌های تجسمی و هماهنگ ساختن آنها برای تحلیل مسائل و موضوعات ریاضی، کسب تجربه کنند» (NCTM، ۲۰۰۰، ص ۴۲). در همین راستا معلم و روش تدریس او به منزله دو عنصر اصلی در فرایند آموزش از اهمیت خاصی برخوردارند، بدین معنا که هرچند عملکرد دانش‌آموزان در حل مسئله می‌تواند تحت تأثیر عوامل متفاوتی قرار گیرد، اما روش آموزش، (معلم) در این میان نقشی اساسی بر عهده دارد.

بیان مسئله

آلبرت انیشتین^۹ (۱۹۵۴) در نامه‌ای به آدمار^{۱۰} چنین اظهار می‌دارد که بیشتر در قالب تصاویر ذهنی به موضوعات فکر می‌کند و به کارگیری لغات در اولویت‌های بعدی قرار دارند (فنما^{۱۱} ۱۹۷۹، نقل شده از ویزدو^{۱۲} ۱۹۹۲). او گفته است که به ندرت در قالب کلمات می‌اندیشد، بلکه افکارش را در اشکال و صورت‌های کم و بیش روشنی که به دلخواه قابل باز آفرینی و

ترکیب هستند شکل می‌دهد. برخی از ریاضیدانان پا را از این فراتر گذاشته و ادعا می‌کنند که انجام همه تکالیف ریاضی به تفکر فضایی^{۱۳} نیاز دارد (ولنر^{۱۴} ۲۰۰۴). تجسم و تصور در تاریخ شکل‌گیری مفاهیم ریاضی دارای اهمیتی خاص می‌باشد. به طوری که انکار اهمیت تفکر تجسمی به معنای قطع ریشه‌های تاریخی شکل‌گیری مفاهیم ریاضی است. توجه بیش از حد به تدریس کلامی موضوع^{۱۵} (توصیف زبانی درس‌ها و اطلاعات آموزشی) باعث می‌شود ریاضیات در حد کلام باقی بماند (همان منبع). متأسفانه چارچوب مدون و کاملی برای تدریس مبتنی بر تفکر تجسمی در دسترس معلمان قرار ندارد. به علاوه مشکل فقط در نحوه تدریس نیست، بلکه کتاب‌های درسی نیز آن گونه که شایسته است به این موضوع نپرداخته‌اند. پیشاب^{۱۶} (۱۹۸۳) در این باره می‌گوید: «دانش‌آموزان به پردازش‌های تجسمی علاقه دارند، در حالی که متأسفانه معلمان و متون درسی آنها را تحریک نمی‌کنند». از دیدگاه او ریاضیات مدرسه‌ای به یک مشت محاسبات تبدیل شده است به طوری که «یک دانش‌آموز می‌تواند بدون نیاز به سامان‌دهی تفکرات تجسمی خود در یادگیری ریاضیات مدرسه‌ای موفق باشد» (پرزمگ^{۱۷}، ۱۹۸۶). یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های آموزشگران ریاضی، ضعف دانش‌آموزان در استفاده از تفکر تجسمی در حل مسئله‌های ریاضی و یا در آموزش جبر، به ویژه در دوره راهنمایی تحصیلی، است (ریورا^{۱۸}، ۲۰۱۱). در کشور ما ایران نیز این نگرانی وجود دارد، زیرا ارزیابی‌های بین‌المللی مانند آزمون تیمز^{۱۹} حکایت از عملکرد ضعیف دانش‌آموزان دوره راهنمایی کشورمان در حل مسئله ریاضی دارد (کیامنش ۱۳۷۹). این تحقیق در پی آن است که ابتدا چارچوبی برای تدریس به روش تجسم محور را ارائه نماید، سپس تأثیر «آموزش با تأکید بر تجسم» و «آموزش بدون تأکید بر تجسم» را بر عملکرد حل مسئله ریاضی دانش‌آموزان مورد مقایسه و بررسی قرار دهد و نگرش دانش‌آموزان مورد پژوهش نسبت به ریاضیات را نیز با هم مقایسه نماید.

مروری بر تحقیقات انجام شده

تاکنون پژوهش‌های زیادی به منظور بررسی عوامل مؤثر بر پیشرفت عملکرد حل مسئله دانش‌آموزان صورت گرفته است. اما بنابر بررسی‌های انجام شده توسط پژوهشگران این مقاله، تاکنون در مورد «نقش تفکر تجسمی بر پیشرفت عملکرد حل مسئله دانش‌آموزان در ایران»، پژوهش قابل‌اتکایی صورت نگرفته است. شاید بتوان تحقیقات کروتسکی^{۲۰} (۱۹۷۶) را در زمره اولین تحقیقات تخصصی در این زمینه دانست که در آن پردازش اصلی ریاضی، توسط افراد به سه دسته تقسیم شده است:

الف. پردازش تحلیلی، که بیشتر بر پردازش زبانی - منطقی تأکید دارد.
 ب. پردازش هندسی، که تأکید اصلی بر پردازش تجسمی است.
 ج. پردازش هماهنگ، که به هر دو مورد الف و ب اشاره دارد (ویتلی^{۲۱} ۱۹۹۷، اسپینوال و شاو^{۲۲} ۲۰۰۲، وک بیکر^{۲۳} ۲۰۰۷).

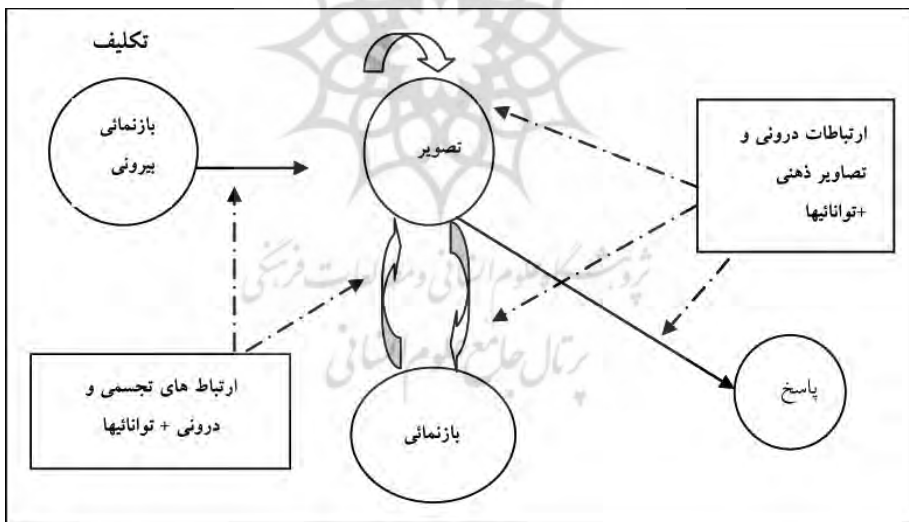
لین و کلمنتس^{۲۴} (۱۹۸۱)، نقل شده از وک بیکر (۲۰۰۷) چنین نتیجه گرفتند که، استفاده از تصور همیشه ما را به حل مسائل نخواهد رساند. چه، اغلب دانش‌آموزانی که در استفاده از ابزارهای کلامی مهارت بیشتری دارند، نسبت به دانش‌آموزانی که از ابزارهای تجسمی در حل مسائل ریاضی استفاده می‌کنند، پیشی می‌گیرند. فنما و تارتر^{۲۵} (۱۹۸۵) هم در پژوهشی نشان دادند که توانایی‌های تجسمی و کلامی، هر یک می‌تواند بسته به موقعیت تأثیر بسزایی داشته باشد.

در برخی از تحقیقات، تصاویر ذهنی و تجسم مانع حل مسئله ریاضی دانسته شده مگر این‌که نحوه تصویرسازی ذهنی صحیح به دانش‌آموزان نیز آموخته شود. به عنوان مثال پرزمگ (۱۹۸۶ و ۲۰۰۸b) متأثر از تحقیقات کروتسکی، اسپینوال و شاو (۲۰۰۲) در مطالعات موردی خود، به این نکته اشاره دارد که تصویرهای تجسمی از جمله عوامل اصلی است که دانش‌آموزان را به پاسخ غلط می‌رساند. او در این تحقیق پنج نوع مختلف از تصاویر ذهنی را برمی‌شمارد، که شامل موارد زیر است:

۱. تصویرسازی واقعی (عینی): تصاویر - در- ذهن^{۲۶}، مانند تجسم حرف انگلیسی R.
۲. تصویرسازی الگویی: رابطه محض در طرح فضایی - تصویری؛ مانند تجسم تغییر علامت نسبت‌های مثلثاتی در چهار ربع دایره مثلثاتی که در هر ربع به ترتیب از بالا به پایین، علامت‌های سینوس، کسینوس، تانژانت و کتانژانت درج شده است.
۳. تجسم حافظه‌ای فرمول‌ها: تجسم گراها فرمول‌های نوشته شده روی تخته یا دفترچه را در ذهن خود مشاهده می‌کنند. آنها مثلاً نماد رادیکال را، در فرمول فاصله بین دو نقطه در دستگاه مختصات در ذهن خود تجسم می‌کنند.
۴. تجسم جنبشی؛ که نیازمند فعالیت‌های عضلانی است. مثلاً می‌توان با انگشتان دست تجسم یک ربع دایره را نشان داد.

۵. تصویرسازی متحرک؛ که چرخش اجسام در ذهن، از نمونه‌های آن است.
 تحقیقات پرزمگ اساس بسیاری از تحقیقات، از جمله پژوهش حاضر است. لین و کلمنتس (۱۹۸۱)، پرزمگ (۱۹۸۶) و باتیستا^{۲۷} (۱۹۹۰) نقل شده از پرزمگ (b ۲۰۰۶) با استفاده از

تحقیقاتشان پیشنهاد می‌کنند که روش‌های منطقی کلامی باید به‌عنوان مکمل روش‌های تجسمی حل مسئله به کار گرفته شود. گوتیرز^{۲۸} (۱۹۹۶) به بررسی نقش تجسم و حل مسائل هندسه در فضای سه بعدی پرداخت. نتیجه این تحقیق ارائه چارچوبی برای نمایش چگونگی حل یک مسئله هندسی از طریق تجسم است (شکل ۱). در شکل ۱، تکلیف داده شده به دانش‌آموزان به عنوان یک عامل تجسمی بیرونی در نظر گرفته می‌شود. گوتیرز معتقد است که این تجسم منجر به تولید تصویر ذهنی مقدماتی از فرایند استدلال تجسمی می‌گردد. این تصویر، نخستین تصویر تشکیل یافته در ذهن دانش‌آموزان است. چگونگی تصویر ایجاد شده به نوع مسئله و توانایی دانش‌آموز بستگی دارد. همان‌طور که در شکل نشان داده شده است برای رسیدن به پاسخ، نیاز به ارتباط بین بازنمایی‌های ذهنی درونی و بیرونی تکلیف و تصاویر ذهنی مرتبط با پیش‌نیازهای مسئله داده شده می‌باشد. این تصاویر ذهنی در تعامل با یکدیگرند. لازم به ذکر است که خلق یک تصویر، فرایند پیچیده‌ای است که با آموزش و تمرین تحقق می‌یابد.



شکل ۱: فرایند حل تجسمی یک مسئله (گوتیرز ۱۹۹۶)

ویتلی و گری سون (۱۹۹۷) نشان دادند که در استدلال ریاضی رویکرد تجسمی بر رویکرد غیرتجسمی، برتری دارد. کابرال^{۲۹} (۲۰۰۴) متأثر از پژوهش‌های بیشاب (۱۹۸۳) به این نتیجه رسید که رعایت سطوح عنوان شده در مدل فن هیلی^{۳۰} و استفاده از تجسم تأثیر بسزایی در

حل مسائل دارد. مدل فن هیلی تفکر هندسی از پیش دبستانی تا دانشگاه را به پنج سطح شامل سطح دیداری^{۳۱} و تشخیص، سطح تجزیه و تحلیل^{۳۲}، سطح استنتاج غیررسمی^{۳۳} (تجربه)، سطح استنتاج رسمی^{۳۴} و سطح دقت^{۳۵} تقسیم می‌کند که در آن ورود به هر سطح نیازمند عبور از سطح قبلی است (ریحانی، ۱۳۸۰ و غلام آزاد، ۱۳۷۹). در سال‌های اخیر تحقیقات این حوزه، به صورت دقیق‌تری روی مباحث خاصی متمرکز شده است. اسپینوال و شاو (۲۰۰۲) نیز همانند پرزمنگ در مطالعات خود، به این نکته که تصویرهای تجسمی از جمله عوامل اصلی است که دانش‌آموزان را به پاسخ غلط می‌رساند، اشاره می‌کنند. دلیما و تال^{۳۶} (۲۰۰۸) پژوهشی بر روی دانشجویان در درس جبرخطی انجام دادند و چنین نتیجه گرفتند که دانشجویانی که از تجسم در حل مسائل جبرخطی استفاده کرده‌اند، موفق به حل مسائل بیشتری شده‌اند.

لاجینیان^{۳۷} (۲۰۰۸) در پژوهشی نشان داد که دانش‌آموزان با استفاده از دیدگاه تجسمی در درس حسابان بهتر به مفهوم حد دست خواهند یافت و ولتر (۲۰۰۴) از مطالعه خود چنین نتیجه گرفت که استفاده از رویکرد تجسمی همراه با اعتماد صد در صدی نسبت آن مناسب نیست. نتیجه دیگر تحقیق وی این بود که تعادل کمی بین رویکرد تجسمی و رویکرد کلامی در جامعه مورد پژوهش وجود دارد. سامسون^{۳۸} (۲۰۰۷) و ریورا (۲۰۰۷ و ۲۰۱۱) نشان دادند که تجسم می‌تواند در تعمیم جبری، به ویژه در کشف جمله n ام یک دنباله از اشیاء الگویی بسیار مؤثر باشد. به علاوه ریورا (۲۰۰۷ و ۲۰۱۱) نتیجه می‌گیرد که اگر دانش‌آموزان از دیدگاه تجسمی به الگوهای شکلی نگاه کنند، می‌توانند ارتباط بین فرمول‌های کشف شده را به درستی بیان کنند. ریورا (۲۰۱۱) با جمع‌آوری نتایج تحقیقات انجام شده، علاوه بر تأکید بر اهمیت تفکر تجسمی در آموزش ریاضی، یک برنامه درسی تجسم محور را نیز پیشنهاد می‌کند. نتایج متفاوت و گاهی ناسازگار در این حوزه، نیاز به تحقیقات بیشتر را آشکار می‌سازد. هرچند برخی از تحقیقات از تأکید بر تجسم در فرایند یاد دهی و یادگیری حمایت نمی‌کنند، اما به نظر می‌رسد، بیشتر تحقیقات انجام شده، بر آموزش مبتنی بر تجسم اصرار می‌ورزند و هیچ‌گاه به کارگیری تفکر تجسمی را نادیده نمی‌گیرند. نتایج این تحقیقات، نشان دهنده این است که با آموزش می‌توان تصاویر ذهنی فراگیران را اصلاح نمود و آنها را در جهت حل مسئله یاری نمود. بنابراین زمینه‌ای وسیع برای تحقیق، بخصوص در ایران، وجود دارد، هر چند «پژوهش در این حوزه بسیار دشوار است» (پرزمنگ ۲۰۰۶b).

تعریف واژه‌ها

• **تدریس تجسم محور:** روش تدریسی است که در آن معلم ریاضیات تا جایی که می‌تواند از نمایش‌های تجسمی و تصاویر ذهنی استفاده می‌کند. روش تدریس غیر تجسمی، روشی است

که در آن معلم از شیوه‌های تجسمی و تصویری کمتر استفاده می‌کند (پرزمگ ۱۹۸۶). در این تحقیق روش را تدریسی تجسم محور گوئیم، که دارای ویژگی‌های زیر باشد:

۱. میل به انجام روش‌های گرافیکی و تجسمی در تدریس؛
۲. تکیه بر مفاهیم با استفاده از تفکر تجسمی؛
۳. دوری از تدریس به شیوه مجرد، بخصوص هنگامی که تعابیر جبری دشوار باشد. به عبارت دیگر تأکید بر روش‌های تجسمی و گرافیکی، حتی در مواقعی که راه‌های غیر تجسمی برای حل مسئله ارائه شده باشد؛

۴. فرمول‌بندی و تخمین زدن با استفاده از اطلاعات گرافیکی هنگام ارائه توضیحات درسی.

• **تدریس بدون تأکید بر تجسم (غیر تجسمی):** در اینجا منظور از تدریس بدون تأکید بر تجسم، همان تدریس به شیوه رسمی و صوری، انعطاف ناپذیر و مبتنی بر نمادهای جبری است، که در آن تأکید زیادی روی استفاده از قدرت تجسم، در فرایند تدریس نیست.

• **روش‌های تجسمی و غیر تجسمی حل مسائل ریاضی:**^{۳۹} روش حل مسئله تجسمی، شامل تصویر ذهنی همراه با نمودار یا بدون نمودار، به عنوان بخش ضروری حل مسئله است که حتی در روش‌های استدلالی و جبری نیز کاربرد دارد. در روش غیر تجسمی حل مسئله، چنین نیست. وجود یا عدم وجود تصاویر ذهنی به عنوان وجه تمایز روش تجسمی و روش غیر تجسمی حل مسائل ریاضی در نظر گرفته می‌شود (پرزمگ ۱۹۸۶).

• **نگرش ریاضی دانش‌آموزان:** حالتی روحی و روانی است که شامل احساس لذت، انگیزش، میزان اهمیت دادن و احساس ترس و نگرانی می‌باشد و هنگام رویارویی فرد با انجام تکالیف ریاضی بر او وارد می‌شود (پاشا شریفی ۱۳۷۲).

چار چوب نظری - عملی مبنای تحقیق

در این بخش تفاوت بین «آموزش تجسم محور» و «آموزش غیر تجسم محور» را مورد بررسی قرار می‌دهیم. باید توجه داشت که نمی‌توان بین دو رویکرد آموزش تجسم محور و آموزش غیر تجسم محور، مرز مشخصی را تعیین نمود. برخی از پژوهشگران (به طور مثال پرزمگ ۱۹۸۶ و b ۲۰۰۶) فضای بین این دو رویکرد را به عنوان یک رویکرد تلفیقی در نظر می‌گیرند. هر دو روش آموزش تجسم محور و آموزش غیر تجسم محور، می‌توانند معلم محور و یا دانش‌آموز محور باشند. در پژوهش حاضر با توجه به تحقیقات صورت گرفته چارچوبی برای مقایسه آموزش با محوریت تجسم و آموزش بدون تأکید بر تجسم، طراحی، تدوین و مبنا قرار داده شده است (جدول شماره ۱):

جدول ۱. چارچوبی برای آموزش به شیوه تجسم محور و آموزش غیر تجسم محور

آموزش غیر تجسم محور	آموزش تجسم محور
<p>مفهوم تجسم</p> <ul style="list-style-type: none"> • یک تصویر یا خاطره تصویری. صرفاً به کارگیری و رسم اشکال مورد نظر است. • به عنوان یک عامل فرعی در فرایند آموزش مورد توجه قرار می‌گیرد (پرزمگ ۲۰۰۸ a و b ۲۰۰۶). فقط ابزاری برای آموزش است (ریورا، ۲۰۱۱). • عاملی که جنبه بیرونی و محیطی دارد (دقت در آنچه که می‌نگری). • الگوریتمی، منطقی، زبانی و دیدن با چشم است (ریورا، ۲۰۱۱). 	<p>مفهوم تجسم</p> <ul style="list-style-type: none"> • نوعی فعالیت استدلالی و ادراکی، که فقط رسم شکل‌ها و منحنی‌ها نیست (کاسلین ۱۹۹۳، گوتیرز ۱۹۹۶، پرزمگ b ۲۰۰۶، نژاد صادقی ۱۳۷۶). • یک عنصر اصلی در فرایند آموزش است (پرزمگ ۲۰۰۶ a و b ۲۰۰۸ و ۱۹۸۶). تجسم بخشی از فعالیت ریاضی و یک روش حل مسئله است (NCTM ۲۰۰۰، پرزمگ b ۲۰۰۶). • عاملی که جنبه درونی و فرا شناختی دارد (دقت در نگاه). • تجربی، شهودی، تصویری و ذهنی است (ریورا ۲۰۱۱).
<p>هدف‌های تدریس</p> <ul style="list-style-type: none"> • اهداف در سطح ملموس و عینی (کابرال، ۲۰۰۴). • تشخیص و کدگذاری اطلاعات به صورت کلامی و به زبان رسمی. • بیان جزئیات به صورت تحلیلی و اثباتی (ریورا، ۲۰۱۱). • بر حل مسئله در موقعیت‌ها و زمینه‌های گوناگون که بیشتر مبتنی بر برهان‌های رسمی و دقیق می‌باشد، تأکید دارد. • پیروی از حل مسئله و اثبات (حل حافظه‌ای) (کابرال، ۲۰۰۴). • پاسخ به «چه چیزی» (کابرال، ۲۰۰۴). 	<p>هدف‌های تدریس</p> <ul style="list-style-type: none"> • اهداف در سطح تعمیم و فراتر از آن خواهند رفت. • کد گذاری اطلاعات به صورت تجسمی و تصویری و به صورت یک کل یک پارچه (سوبانسکی ۲۰۰۲). • بر یادگیری مفاهیم و به کارگیری آنها در حل مسئله با تکیه بر فرایند تجسم تأکید دارد (لاجینیان، ۲۰۰۸). • بیان ساختارها به صورت کلی و معین (ریورا، ۲۰۱۱). • راهنمایی تجسمی در حل مسئله و اثبات (ساختن راه‌حل) (کابرال، ۲۰۰۴). • پاسخ به «چگونگی و چرایی» (کابرال، ۲۰۰۴). • ایجاد تصاویر ذهنی مرتبط با موضوع و اصلاح تصاویر ذهنی دانش‌آموزان (پرزمگ b ۲۰۰۶) • فرایند معنا سازی که با ایجاد ارتباط بین تصاویر تجسمی، توسط یادگیرندگان انجام می‌گیرد. (لاجینیان، ۲۰۰۸).
<p>نقش معلم</p> <ul style="list-style-type: none"> • استفاده از روش‌های زبان رسمی ریاضیات به عنوان محور اصلی تدریس (پرزمگ ۲۰۰۸ b). • کنترل کننده و هدایت کننده عملکرد قابل مشاهده دانش‌آموزان. • سعی در توسعه مهارت‌های استدلالی، اثباتی و شفاهی دانش‌آموزان. • ایجاد فرصت‌هایی برای کشف تجسم غلط دانش‌آموزان و سعی در بیان آنچه که در ذهن می‌پروراند و تشخیص این‌که چه موقعی از تجسم استفاده کنند (پرزمگ، ۲۰۰۶ b). 	<p>نقش معلم</p> <ul style="list-style-type: none"> • استفاده از تصاویر ذهنی و شکل‌ها در فرایند آموزش به عنوان محور اصلی تدریس (پرزمگ ۱۹۸۶، ولتر ۲۰۰۴). • کنترل کننده و هدایت کننده تجسم دانش‌آموزان با توجه به اعمال آنها. • سعی در توسعه مهارت‌های ترسیمی، بصری و تجسمی دانش‌آموزان و به کارگیری آنها در فرایند استدلال (پرزمگ ۱۹۸۶).

نقش دانش آموز	نقش دانش آموز
<ul style="list-style-type: none"> • سعی می‌کند مسائل را به زبان رسمی ریاضیات و با توجه به نمادهای جبری بیان نماید. • مسئله‌ها و اثبات‌ها را به زبان رسمی ریاضی (پرزمگ، ۱۹۸۶) بیان کند. دانش آموز، اثبات کننده است (ریورا، ۲۰۱۱) • در جهت رفع نقایص احتمالی راه‌حل، «گفتمان مبتنی بر علائم جبری» انجام می‌دهد. 	<ul style="list-style-type: none"> • مسئله‌ها را به تصاویر تجسمی متحرک و یا ایستا تبدیل نماید. تأکیدی بر استفاده از نمادهای جبری نیست (پرزمگ، ۲۰۰۶b). • بین تصاویر تجسمی مختلف، و در جهت ثبت و تلفیق ایده‌های ریاضی، ارتباط ایجاد کند و آن ایده‌ها را به کارگیرد (کابرال، ۲۰۰۴). دانش آموز، تولید کننده مفاهیم ریاضی است (ریورا، ۲۰۱۱) • تصاویر ذهنی و گفتمان در جهت رفع نقایص آن‌ها را در میان بگذارد.
<p style="text-align: center;">معایب</p> <ul style="list-style-type: none"> • حل حافظه‌ای، به عبارتی تکرار و پیروی از حل مسئله و اثبات‌های انجام شده در کلاس. • باز آفرینی مطالب هنگام آزمون مشکل تر است • میزان دانش پیش نیاز و مبتنی بر علائم جبری زیاد است. • لذت کشف دوباره از بین می‌رود. • تصاویر تجسمی بیشتر ایستا هستند (کابرال، ۲۰۰۴). • مدل سازی و تغییر ایده‌های ریاضی به سختی صورت می‌گیرد. • ماندن در سطح دامنه قابلیت رشد ZPD (کابرال، ۲۰۰۴). • قطع ریشه‌های تاریخی کشف مفاهیم (نژاد صادقی ۱۳۷۴، پرزمگ ۲۰۰۶b) • استفاده کمتر از نیمه راست مغز که جنبه کل نگر دارد (هیت و همکاران، ۲۰۰۵). 	<p style="text-align: center;">معایب</p> <ul style="list-style-type: none"> • خطاپذیری بیشتر است. • مشاهده و تجسم مشکل تر است (نژادصادقی ۱۳۷۶، بوربا و ویلاریل ۲۰۰۵). • تجسم غلط مانع تفکر ثمر بخش است (اسپینوال و شوا ۲۰۰۲، پرزمگ ۲۰۰۶b). • تدریس و یادگیری به روش تجسمی دشوارتر است و به توانایی‌های بیشتری نیازمند است (نژادصادقی ۱۳۷۶، بوربا و ویلاریل، ۲۰۰۵، ریورا، ۲۰۱۱). • عدم تشخیص فرق بین اثبات و دلایل توجیه کننده (جیاکوینتو، ۲۰۰۵). • کنترل زمان و ارزشیابی مشکل است. • برخی از افراد این روش را غیر ریاضی می‌دانند (جیاکوینتو، ۲۰۰۵ و بیشاب ۱۹۸۳). • استفاده کمتر از نیمه چپ مغز که جنبه جزء نگر دارد (هیت و همکاران، ۲۰۰۵).
<p style="text-align: center;">مزایا</p> <ul style="list-style-type: none"> • انتقال سریع و راحت محتوای برنامه درسی • تلاش معلم کمتر است • خطا کمتر است و تدریس قابل پیش‌بینی است. • تصاویر ذهنی بیشتر جنبه ثابت و ایستا دارد (کابرال ۲۰۰۴). • تمرکز روی جزئیات است (کابرال ۲۰۰۴). • غالباً ماندن در سطح یادگیری رویه‌ای. 	<p style="text-align: center;">مزایا</p> <ul style="list-style-type: none"> • انتقال سریع مفهوم، احترام به تفکر طبیعی و استقلال فکری دانش آموزان (بوربا و ویلاریل ۲۰۰۵، نژادصادقی ۱۳۷۶). • تهیه یک تصویر کلی از مسئله یا تکلیف (سوبالسکی ۲۰۰۲، کابرال ۲۰۰۴) • رفتن به ماورای ZPD و ساده شدن مسئله ریاضی (کابرال، ۲۰۰۴). • توجه به جنبه‌های دینامیکی تصاویر ذهنی و ارتباط بین آنها (کابرال ۲۰۰۴، ویتلی ۱۹۹۷). • تهیه راهبردهایی آسان برای کدگذاری اطلاعات (کابرال، ۲۰۰۴). • کمک به کشف دوباره و راه حل‌های قانع کننده در غیاب اثبات (جیاکوینتو، ۲۰۰۵). • در نظر گرفتن یک موضوع واحد، از چند دیدگاه مختلف (ریورا ۲۰۰۷، سامسون ۲۰۰۷). • رفتن به لایه‌های عمیق یادگیری مفهومی

روش و طرح تحقیق

هدف این پژوهش عبارت است از: بررسی تأثیر متغیر مستقل «تدریس تجسم محور و تدریس غیر تجسم محور» بر دانش‌آموزان، در ارتباط با متغیرهای وابسته «میزان پیشرفت عملکرد حل مسئله، تعمیم الگوهای شکلی، توانایی فضایی و نگرش آنها» از آنجا که در هر تحقیق، انتخاب روش تحقیق، به ماهیت موضوع، اهداف تحقیق، فرضیه‌های طرح شده و وسعت امکانات اجرایی بستگی دارد، روش مناسب انجام این تحقیق را روش نیمه آزمایشی با گروه کنترل و پیش‌آزمون- پس‌آزمون انتخاب کردیم. دلیل این انتخاب را می‌توان در عواملی مانند نحوه انتخاب تصادفی گروه‌های کنترل و آزمایش، روش کنترل و دست‌کاری متغیرها، روش کنترل متغیرهای فرعی، پرسش‌های تحقیق و عدم دخالت محققان در انتخاب دانش‌آموزان جست‌وجو نمود.

جامعه آماری، نمونه، روش نمونه‌گیری و حجم نمونه

جامعه آماری این تحقیق، کلیه دانش‌آموزان پسر سال سوم راهنمایی مدارس راهنمایی دولتی شهرستان بروجرد بودند که از روش نمونه‌گیری تصادفی برای انتخاب نمونه آماری استفاده شد. حجم نمونه ۶۰ نفر بود که از این تعداد ۳۰ نفر به‌عنوان گروه آزمایش و همین تعداد به‌عنوان گروه کنترل انتخاب شدند. سه نفر از گروه آزمایش و سه نفر از گروه کنترل به دلیل عدم حضورشان در فرایند تحقیق، کنار گذاشته شدند.

روش تهیه آزمون

سؤالات پیش‌آزمون و پس‌آزمون، با در نظر گرفتن سؤالات مندرج در تحقیقات مرتبط و آزمون‌های معتبر همچون آزمون تیمز (TIMSS، ۲۰۰۳)، تکس (TAKS) و مقالاتی که در ارتباط با موضوعات مورد تحقیق است جمع‌آوری شد. تست نگرش سنج که چهار ویژگی لذت بردن، انگیزش اهمیت دادن، ترس و نگرانی را ارزیابی می‌کند (پاشا شریفی، ۱۳۷۲)، در جهت آزمون فرضیه سوم به کار گرفته شد. برای پایایی پیش‌آزمون و پس‌آزمون از آزمون آلفای کرونباخ^۱ استفاده شد.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

جدول شماره ۲ روش‌های تجزیه تحلیل داده‌ها را بیان می‌کند.

جدول ۲. روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها را بیان می‌کند

روش تجزیه و تحلیل	ابزار اندازه گیری	عملکردی مورد اندازه گیری
آزمون کلموگروف اسمیرنوف	آزمونی شامل ۱۰ سؤال	پیش دانسته های دانش آموزان
t مستقل	تمام سؤالات پس آزمون	عملکرد حل مسئله
t مستقل	سؤالات شماره : ۱، ۲، ۳، ۵، ۶، ۱۰	قدرت تعمیم الگوهای شکلی
همبستگی اسپیرمن	آزمون نگرش ریاضی ویژه دانش آموزان	نگرش ریاضی

یافته‌های پژوهش

۱-۱- آزمون لوین: در بررسی تجانس واریانس‌ها (که یکی از پیش شرط‌های استفاده از آزمون t برای بررسی تفاوت میانگین‌ها می‌باشد) با استفاده از آزمون لوین نتایج زیر حاصل شد:

جدول ۳. نتایج بررسی همگنی واریانس‌ها

متغیر	گروه	میانگین و انحراف استاندارد	F (لوین)	سطح معنی داری
متوسط عملکرد حل مسئله	تجسم محور	$10/17 \pm 3/22$	0/58	0/45
	غیر تجسم محور	$8/93 \pm 2/79$		
نگرش	تجسم محور	$83/52 \pm 16/42$	0/75	0/11
	غیر تجسم محور	$81/26 \pm 13/32$		
افزایش قدرت تعمیم و حل مسائل جبری	تجسم محور	$5/56 \pm 2/34$	1/05	0/32
	غیر تجسم محور	$4/96 \pm 1/68$		

همان گونه که ملاحظه می‌شود، در مورد متغیرهای موجود در این تحقیق، در بیشتر موارد همگنی واریانس وجود دارد، لذا برای بررسی تفاوت بین میانگین‌های آنها، از فرمول t در دو گروه متجانس استفاده شد.

۲-۱- آزمون کلموگروف اسمیرنوف

آزمون نرمال بودن یک توزیع، یکی از متداول ترین موارد کاربرد آزمون تطابق توزیع است. آزمون کلموگروف اسمیرنوف^{۴۲} برای این هدف مناسب است. نتایج این آزمون در جدول ۳ ارائه شده است. به دنبال تحلیل متغیرهای تحقیق با آزمون کلموگروف اسمیرنوف، درمورد کلیه سؤالات تحقیق، می‌توان چنین نتیجه گرفت که نمونه مورد نظر ما، از جنبه میزان دانش و آگاهی درسی تقریباً در یک سطح قرار دارند.

جدول ۴. آزمون نرمال بودن توزیع نمونه (آزمون کلموگروف اسمیرنوف)

سطح معناداری	Z	
۰/۰۰۰۱	۳/۹۸	سؤال ۱
۰/۰۰۰۱	۲/۷۶	سؤال ۲
۰/۰۰۰۱	۲/۴۲	سؤال ۳
۰/۰۰۰۱	۲/۷۳	سؤال ۴
۰/۰۰۰۱	۳/۱۸	سؤال ۵
۰/۰۰۰۱	۲/۲۱	سؤال ۶
۰/۰۰۰۱	۲/۵۷	سؤال ۷
۰/۰۰۰۱	۳/۳۴	سؤال ۸
۰/۰۰۰۱	۳/۴۹	سؤال ۹
۰/۰۰۰۱	۳/۲۹	سؤال ۱۰

۳-۱- پاسخ به پرسش‌های پژوهشی

• سؤال اول. آیا عملکرد حل مسئله دانش‌آموزان سال سوم راهنمایی که با روش تجسم محور آموزش دیده‌اند، نسبت به دانش‌آموزانی که بدون تأکید بر تجسم آموزش دیده‌اند، بهتر است؟

برای پاسخ به این سؤال، از آزمون t استیودنت مستقل استفاده شده است که نتایج آن در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵. نتایج بررسی متوسط عملکرد حل مسئله دانش آموزان سال سوم راهنمایی

سطح معناداری	t مشاهده شده	اختلاف میانگین	میانگین و انحراف استاندارد	روش آزمون
۰/۱۳	۱/۵۴	۱/۲۴	$۱۰/۱۷ \pm ۳/۲۲$	تجسم محور
			$۸/۹۳ \pm ۲/۷۹$	غیر تجسم محور

همان طور که در جدول ۵ مشاهده می شود، میانگین عملکرد حل مسئله دانش آموزان سال سوم راهنمایی در آموزش به روش تجسم محور (۱۰/۱۷) بیشتر از آموزش بدون تأکید بر تجسم (۸/۹۳) می باشد، ولی با توجه به مقدار t به دست آمده (۱/۵۴) که در سطح معناداری ۰/۱۳ معنادار است و نیز با توجه به درجه اطمینان ۹۵ درصد مورد نظر ما در این تحقیق (۰/۰۵ =)، می توان چنین نتیجه گرفت که متوسط عملکرد حل مسئله دانش آموزان سال سوم راهنمایی که با روش تجسم محور آموزش دیده اند؛ نسبت به دانش آموزانی که بدون تأکید بر تجسم آموزش می بینند، بهتر نیست. این نتیجه با نتایج تحقیقاتی مانند لین و کلمنتس (۱۹۸۱)، پرزماگ (۱۹۸۶) و (۲۰۰۸)، اسپینوال و شاو (۲۰۰۲) و ولز (۲۰۰۴) و وک بیکر (۲۰۰۷) مطابقت دارد ولی با نتایج تحقیقاتی مانند ماسز (۱۹۹۷) نقل شده از وک بیکر (۲۰۰۷)، اسمیت (۱۹۶۴)، کروئتسکی (۱۹۷۶)، آرنیم (۱۹۹۲) نقل شده از کابرال (۲۰۰۴) و گری سون و ویتلی (۱۹۹۷) که مدافع نقش صد در صدی تجسم هستند، سازگار نیست.

• سؤال دوم. آیا دانش آموزانی که به روش تجسم محور آموزش دیده اند نسبت به دانش آموزانی که بدون تأکید بر تجسم آموزش می بینند، دارای نگرش بهتری نسبت به ریاضیات هستند؟

برای پاسخ به این پرسش، از آزمون همبستگی اسپیرمن استفاده شد.

جدول ۶. آ: نتایج بررسی نگرش به ریاضیات در دانش آموزان سال سوم راهنمایی

سطح معناداری	t مشاهده شده	اختلاف میانگین	میانگین و انحراف استاندارد	روش آزمون
۰/۸۹	-۰/۲۹	۲/۲۶	$۸۳/۵۲ \pm ۱۶/۴۲$	تجسم محور
			$۸۱/۲۶ \pm ۱۳/۳۲$	غیر تجسم محور

جدول ۶. ب: مقایسه نگرش به ریاضیات در پیش آزمون و پس آزمون

انحراف معیار	واریانس	میانگین	تعداد	روش آموزش	
۸/۰۲	۶۴/۴۱	۸۷/۲۲	۲۷	پیش تست نگرش	تجسم محور
۱۶/۴۲	۲۶۹/۴۹	۸۳/۵۲	۲۷	پس تست نگرش	
۵/۴۵	۲۹/۷۵	۸۵/۷۰	۲۷	پیش تست نگرش	غیر تجسم محور
۱۳/۳۲	۱۷۷/۵۰	۸۱/۲۶	۲۷	پس تست نگرش	

همان طور که در جداول (۶-آ) و (۶-ب) مشاهده می‌شود، میانگین نگرش دانش‌آموزان سال سوم راهنمایی در آموزش به روش تجسم محور (۸۳/۵۲) بیشتر از آموزش بدون تأکید بر تجسم (۸۱/۲۶) می‌باشد، ولی با توجه به این که هر دو گروه در پیش آزمون نگرش تقریباً دارای میانگین برابر هستند (جدول ۶-ب)، همچنین با توجه به مقدار همبستگی به دست آمده ۰/۲۹- که در سطح معنا داری ۰/۸۹ معنا دار است و نیز با توجه به درجه اطمینان ۹۵ درصد مورد نظر ما در این تحقیق (۰/۰۵ =)، می‌توان چنین نتیجه گرفت که دانش‌آموزانی که با روش تجسم محور آموزش دیده‌اند نسبت به دانش‌آموزانی که بدون تأکید بر تجسم آموزش می‌بینند، دارای نگرش بهتری نسبت به ریاضیات هستند.

• سؤال سوم. آیا دانش آموز که به روش تجسم محور آموزش می‌بینند، نسبت به دانش‌آموزانی که بدون تأکید بر تجسم آموزش دیده‌اند، دارای قدرت بیشتری در تعمیم و حل مسئله‌های مربوط به الگوهای شکلی در جبر می‌باشند؟
برای آزمون این فرضیه، از آزمون t استیودنت مستقل استفاده شد. نتایج تحلیل این آزمون در جدول زیر آورده شده است.

جدول ۷. نتایج بررسی استفاده از تجسم در دانش‌آموزان سال سوم راهنمایی

فرآوانی افرادی که جمله nم را یافتند	سطح معنا داری	مقدار t	اختلاف میانگین	میانگین و انحراف استاندارد	روش آموزش
۸	۰/۲۷	۱/۱۲	۰/۶۱	\pm ۵/۵۶ ۲/۳۴	تجسم محور
۵				\pm ۴/۹۶ ۱/۶۸	غیر تجسم محور

همان طور که در جدول فوق مشاهده می شود، متوسط (میانگین) عملکرد حل مسئله جبری الگوهای شکلی دانش آموزان سال سوم راهنمایی، در آموزش به روش تجسم محور (۵/۵۶) بیشتر از آموزش بدون تأکید بر تجسم (۴/۹۶) می باشد. نکته قابل تأمل این است که در گروه کنترل، فراوانی دانش آموزانی که فرمول جمله n ام را به دست آوردند، نسبت به گروه کنترل بیشتر است. با این وجود با توجه به مقدار t به دست آمده (۱/۱۲) که در سطح معنا داری ۰/۲۷ معنا دار است و نیز با توجه به درجه اطمینان ۹۵ درصد مورد نظر ما در این تحقیق (۰/۰۵ =)، فرضیه صفر ما تأیید شده و می توان چنین نتیجه گرفت که قدرت تعمیم و حل مسائل جبری دانش آموزانی که به روش تجسمی آموزش می بینند، نسبت به دانش آموزانی که بدون تأکید بر تجسم آموزش دیده اند، بیشتر نیست. از طرفی جدول ۷ نشان می دهد دانش آموزانی که به روش تجسم محور آموزش دیده اند، بهتر می توانند فرمول جمله n ام الگوهای شکلی را تشخیص دهند. نکته مهم این که این دانش آموزان، نسبت به دانش آموزانی که بدون تأکید بر تجسم آموزش دیده بودند، بهتر می توانستند اجزای فرمول به دست آمده را توجیه کنند. پژوهش های ریورا (۲۰۰۷ و ۲۰۱۱)، دونکان و سامسون (۲۰۰۷)، تأیید کننده این نتیجه است.

بحث و بررسی

باتوجه به تفسیرهایی که از نتایج به دست آمده صورت گرفت، مشاهده می گردد که در پیش آزمون تفاوت چندانی بین عملکرد حل مسئله ریاضی دانش آموزان و نگرش آنها نسبت به ریاضیات، در دو گروه آزمایش و کنترل، وجود ندارد و عملکرد دو گروه در پیش آزمون های متغیرهای وابسته یکسان و مشابه است. در پس آزمون نیز در فرضیه اول و سوم تفاوت زیادی بین دو گروه وجود ندارد. گرچه در هر دو فرضیه آموزش با محوریت تجسم نسبت به آموزش بدون تأکید بر تجسم، برتری دارد، ولی از لحاظ آماری، این تفاوت محسوس نیست. با این وجود آموزش تجسم محور باعث تغییر در نگرش دانش آموزان نسبت به ریاضیات می گردد. در ادامه برخی از محدودیت ها و عوامل دخیل در رد بعضی از فرضیه های تحقیق بیان می شود:

- به کارگیری روش های تجسم محور در حل مسئله، دشوار تر از روش های غیر تجسمی است (نژاد صادقی ۱۳۷۶، بوربا ۲۰۰۵). بنابراین دانش آموزان هنگام حل مسئله رغبت کمتری برای استفاده از روش های تجسم محور، از خود نشان می دهند. دلیل این وضعیت به ماهیت روش های تجسم محور باز نمی گردد بلکه به عادت های فکری دانش آموزان که غالباً با روش های رفتارگرایانه غیر تجسمی شکل گرفته است باز می گردد.

- تعدادی از دانش آموزان بطور منظم و کامل، در کلاس حضور نیافتند.
 - تحقیق فقط روی جمعیتی خاص انجام شده است. ممکن است با اجرای دوباره پژوهش روی جامعه ای بزرگ‌تر، نتایج متفاوتی به دست آید.

- انجام تحقیقات کیفی و مطالعات موردی در این حوزه (مانند پژوهش‌های پرزمگ، ۲۰۰۸، ۲۰۰۶، ۱۹۸۶)، با توجه به ماهیت فرا شناختی تفکر تجسمی، می‌تواند ابعاد وسیع‌تری را روشن سازد.

با وجود عدم تأیید فرضیه اول و سوم تحقیق، بررسی پاسخ دانش آموزان محققان را به نتایج جالبی رهنمون ساخت که توجه به آن‌ها می‌تواند تبیین دیگری از تدریس تجسم محور را ارائه نماید:

• یک رابطه قوی بین تصاویر ذهنی که معلمان در کلاس از آن استفاده می‌کنند و تصاویر ذهنی که دانش آموزان به کار می‌گیرند وجود دارد. بسیاری از دانش آموزان سعی کرده‌اند راه معلم را برای حل مسائل به کار گیرند. این موضوع خود از آموزش پذیري تفکر تجسمی حمایت می‌کند. به عنوان نمونه شکل (۲-ب) پاسخ یکی از دانش آموزان را به سؤال اول (شکل ۲-آ) پس آزمون، نشان می‌دهد که قبلاً توسط معلم او به کار گرفته شده است.

۸ کارگر کاری را ۲۴ روزه تمام می‌کنند. اگر پس از انجام نصف کار دو نفر آنها غایب شوند، کار با چند روز تأخیر انجام می‌شود؟
 الف) ۶ (ثروب) ۴ (گاه علوم انسانی و مطالعات اجتماعی) ۱۶ (ثروب) ۲۸ (د)

(شکل ۲-آ): سؤال ۱ پس آزمون

نوشتن حل:

الف) ۶ (ب) ۴ (ب) ۱۶ (د) ۲۸ (د)

$8 \text{ کارگر} \times 24 \text{ روز} = 192 \text{ کارگر-روز}$
 $192 \div 2 = 96 \text{ کارگر-روز (برای نصف کار)}$
 $96 \div 4 = 24 \text{ روز}$
 $24 + 24 = 48 \text{ روز}$
 $48 - 4 = 44 \text{ روز}$

(شکل ۲-ب): پاسخ به یک سؤال ۱ پس آزمون با تأکید بر تجسم

• باید تعادلی مناسب، بین شیوه تدریس تجسمی و غیر تجسمی بر قرار گردد، زیرا توجه بیش از حد به هر کدام از روش های تدریس ارائه شده، موجب بد فهمی دانش آموزان می گردد. از این رو پرزماگ (۱۹۸۶ و ۲۰۰۶b) روش تلفیقی را، یعنی آموزشی که در آن هم از تفکر تجسمی استفاده می شود و هم زبان جبری ریاضیات در نظر گرفته می شود، پیشنهاد می نماید. در شکل (۳-ب) به دلیل عدم توجه دانش آموز به راه حل های تجسمی مسئله، و با تکیه بر راه حل عددی از حل مسئله دوم پس آزمون (شکل ۳-آ) باز مانده است. البته عکس این موضوع نیز مشاهده شده است، یعنی این که دانش آموز به خاطر تکیه بیش از حد بر راه حل تجسمی خود نتوانسته است مسئله اول پس آزمون را حل نماید.

۲- کدام گزینه تعداد چوب کبریت های شکل دهم، را نشان می دهد؟

شکل ۱ شکل ۲ شکل ۳

۹۶ (د) ۷۸ (ج) ۷۵ (ب) ۶۹ (الف)

(شکل ۳-آ): سؤال ۲ پس آزمون

شکل ۱ شکل ۲ شکل ۳

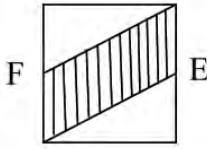
۹۶ (ج) ۷۸ (ج) ۷۵ (ب) ۶۹ (الف)

(شکل ۳-ب): عدم توجه دانش آموز به راه حل های تجسمی مسئله، موجب شکست در حل مسئله می شود.

• تدریس به شیوه تجسمی باعث درک شهودی و شناخت کل نگر از مفهوم می‌گردد. به علاوه آنها زمان کمتری را برای حل مسئله صرف می‌کنند. پاسخ یکی از دانش آموزان (شکل ۴-ب) به مسئله ۳ پس آزمون (شکل ۴-آ) این ادعا را نشان می‌دهد.

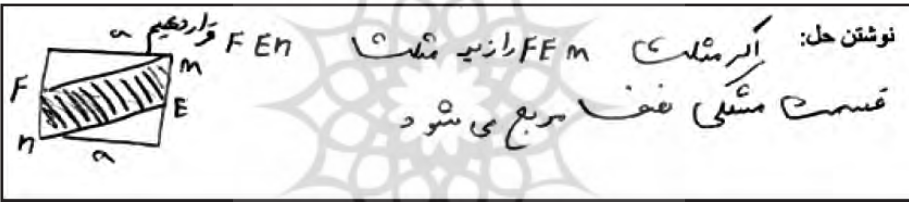
۳- شکل مقابل مربعی به ضلع a را نشان می‌دهد. نقاط F و E وسط اضلاع قرار دارند. مساحت قسمت هاشور خورده چقدر است؟

(الف) $\frac{a}{2}$ (ب) $\frac{a^2}{4}$ (ج) $\frac{a}{4}$ (د) $\frac{a^2}{2}$



(شکل ۴-آ): سؤال ۳ پس آزمون

نوشتن حل: FEM از مسئله FEM رازیه منگ قسمت مشکی نصف مربع می‌شود



(شکل ۴-ب): استفاده از راه حل های تجسم محور زمان لازم برای حل مسئله را کاهش می‌دهد.

• گاهی تصویرهای ذهنی غلط، خود را بر حل کننده مسئله تحمیل می‌کنند. این موضوع موجب می‌گردد تا آنها نتوانند، روی حل مسئله خود بازیابی متناوب داشته باشند و در نتیجه در حل مسئله با شکست مواجه می‌شوند. در شکل (۵-ب) دانش آموز در ابتدا سعی نموده است که از راه حل های تجسمی، مسئله ششم پس آزمون (شکل ۵-آ) را حل کند، اما به دلیل عدم بازیابی متناوب، مجبور به رها کردن راه حل تجسمی خود و روی آوردن به راه حل جبری شده است.

۶- کدام یک از گزینه های زیر تعداد گلوله های شکل صدم را بدست می دهد؟

شکل ۱

۴۰۰ (د)

شکل ۲

۴۰۱ (ج)

شکل ۳

۳۰۱ (ب)

شکل ۳

۲۰۱ (الف)

(شکل ۵ - آ): سؤال ۶ پس آزمون

۶- کدام یک از گزینه های زیر تعداد گلوله های شکل صدم را بدست می دهد؟

شکل ۱
 شکل ۲
 شکل ۳

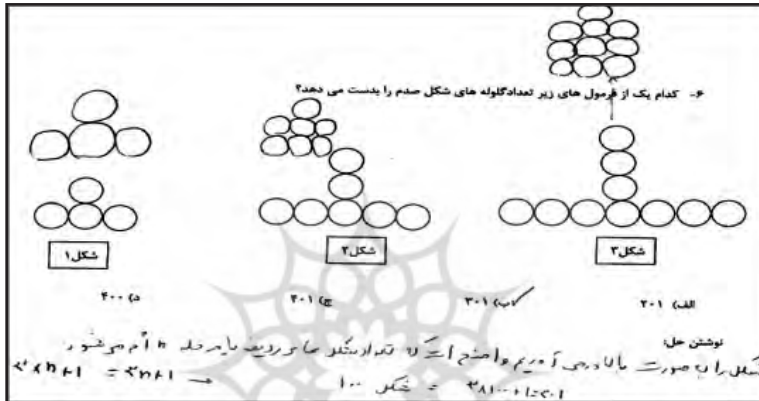
۴۰۰ (د) ۴۰۱ (ج) ۳۰۱ (ب) ۲۰۱ (الف)

نوشتن حل: (سعی کنید فرمول شکل nام را نیز بدست آورید)
 از این سه شکل ۳ تا ۳ تا با بالا رفته من آنجا هم ۳ تا ۳ تا بالا و بالا بروم تا ۲۶
 شکل ۱
 شکل ۲
 شکل ۳

(شکل ۵ - ب): دانش آموز به علت عدم بازیابی، مجبور به رها ساختن راه حل تجسم محور خود شده است.

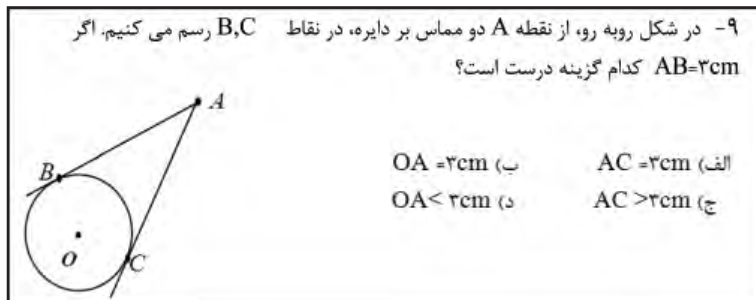
• نوشتن جمله عمومی یک دنباله شکلی، برای دانش آموزان پایه سوم راهنمایی کار ساده‌ای نیست. متأسفانه در کتاب درسی آن‌ها، به یک مثال از دنباله‌های شکلی بسنده شده است. در این پژوهش دانش آموزان گروه کنترل و آزمایش آموزش‌های لازم را برای تشخیص جمله عمومی یک دنباله شکلی دیده‌اند و به کتاب درسی آن‌ها اکتفا نشده است. می‌توان گفت، دانش آموزانی که به روش تجسم محور آموزش می‌بینند، می‌توانند یک مسئله را از دیدگاه‌های متفاوت مورد بررسی قرار دهند و این موضوع ایجاد راه‌حل‌های متفاوت را در پی خواهد داشت. به علاوه آنها بسیار

ساده تر می‌توانند روابط بین اجزای تشکیل دهنده فرمول‌ها را تشخیص دهند. دانش‌آموزانی که به این روش آموزش دیدند بهتر توانستند، جمله عمومی دنباله‌های شکلی را تشخیص دهند. در شکل ۶ برای حل سؤال ششم پس از آزمون (شکل ۵-آ) راه حلی متفاوت ارائه شده است، که در این پاسخ، تجسم دانش‌آموز او را به جمله عمومی درست راهنمایی می‌کند.

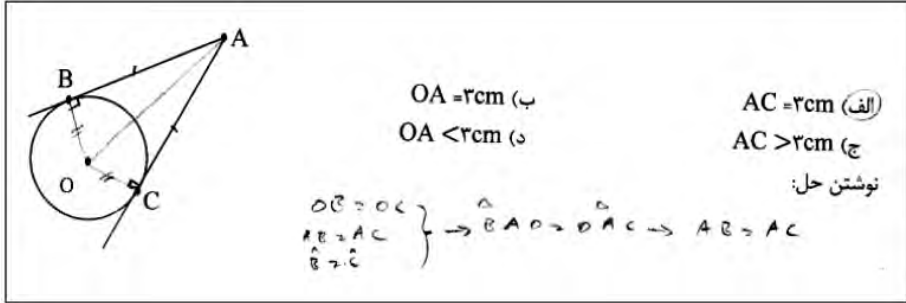


شکل ۶: حل تجسمی مسئله‌ها، باعث دیدن یک مسئله از منظرهای متفاوت می‌شود.

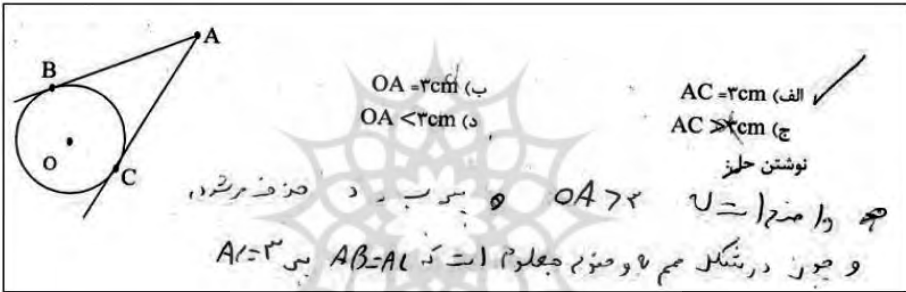
• دانش‌آموزانی که به روش تجسم محور آموزش می‌بینند، در استفاده از زبان رسمی ریاضیات با مشکلاتی روبه رو هستند. پاسخ دو نفر از دانش‌آموزان به سؤال ۹ پس از آزمون (شکل ۷-آ) در شکل (۷-ب) و شکل (۷-ج) آمده است. در شکل (۷-ب) دانش‌آموز با اثبات دقیق به حل مسئله دست یافته است در حالی که دانش‌آموز دیگر (شکل ۷-ج) نتوانسته راه حل مبتنی بر تجسم خود را به زبان نمادهای ریاضی بیان کند.



(شکل ۷-آ): سؤال ۹ پس از آزمون



(شکل ۷-ب): تسلط بیشتر دانش آموزان بر استفاده از زبان رسمی ریاضیات در تدریس بدون تأکید بر تجسم



(شکل ۷-ج): تدریس تجسم محور دانش آموزان در استفاده ی از نماد های جبری تضعیف می کند.

پیشنهادهای کاربردی

تجزیه و تحلیل داده‌های آماری و پاسخ دانش آموزان به سؤالات، ایجاب می‌کند که در روش آموزش، به‌منظور پرورش دانش‌آموزانی مسئله حل کن تغییراتی به‌وجود آید. آنچه در ادامه می‌آید پیشنهادهایی کاربردی در این زمینه است:

- **تغییر در روش تدریس معلمان:** حرکت اصلاحی ۱۹۹۰ بر حل مسئله و حواس تأکید دارد و حل یک مسئله نیازمند تشکیل و ارتباط تصاویر آن مسئله در ذهن است (ویتلی و گری سون ۱۹۹۷). از آنجا که بسیاری از دانش‌آموزان چرایی بسیاری از عملکردهای معلمان را درک نمی‌کنند و خود را با حفظ مطالب قانع می‌سازند، باید گفت که توجه مناسب بر رویکرد تجسمی می‌تواند این مشکل را مرتفع سازد. البته نمی‌توان گفت که رویکرد مبتنی بر تجسم می‌تواند از تدریس غیرتجسمی پیشی بگیرد، بلکه می‌توان نتیجه گرفت که روش تدریس باید به‌گونه‌ای باشد که هم شامل رویکردهای تجسمی و هم شامل رویکردهای غیرتجسمی باشد. افراط و یا تفریط از هر طرف، موجبات نقص در درک دانش‌آموزان را فراهم خواهد نمود. همچنین باید

توجه داشت که دانش آموزانی که با رویکرد تجسمی آموزش می بینند دارای نگرش بهتری نسبت به ریاضیات هستند.

• **توجه بیشتر معلمان و برنامه ریزان آموزشی به بحث تعمیم در الگوهای شکلی:** مسائل مربوط به الگوهای شکلی باعث ایجاد تصویرهای ذهنی متفاوت در فهم ارتباط بین متغیرهای جمله عمومی شکل n ام می‌گردد که نتیجه آن افزایش توانایی تجسم و درک بیشتر متغیرهای جبری است. معلمان با تدوین مباحثی مانند الگویابی روابط جبری در اشکال می‌توانند از تجرد موضوعات جبری بکاهند و مسائل آن را قابل فهم‌تر نمایند.

• **استفاده از توانایی فضایی دانش آموزان:** همه دانش آموزان از این قدرت تاحدی برخوردارند (بیشاب، ۱۹۸۳). اما با توجه به این‌که در مدارس ما نسبت به این توانایی، اهمیت کمی داده می‌شود موجبات تضعیف آن فراهم شده است. استفاده از مسائلی که کاملاً شهودی و هندسی است ولی برای حل آنها نیازی به استفاده از زبان رسمی ریاضی نیست، می‌تواند ما را در رسیدن به این مهم یاری رساند. البته مسائل مرتبط در قسمت بازی و ریاضی کتاب ریاضیات سوم راهنمایی آمده است که بیشتر معلمان با عبور از آنها، باعث تضعیف اهمیت آن می‌شوند.

• **پرورش مهارت‌های نمودارخوانی، ترسیم و تجزیه و تحلیل شکل‌ها:** عدم توانایی دانش‌آموزان در ترسیم، مهارت‌های جدول خوانی و تفسیر نمودارها باعث شده که در بسیاری از مواقع از دست یابی به جواب‌های صحیح بازمانند. بنابراین توجه بیشتر معلمان به این موضوع می‌تواند باعث پیشرفت عملکرد حل مسئله در دانش‌آموزان گردد.

• **استفاده از روش‌های تجسمی و غیرتجسمی برای حل مسائل:** توجه بیش از حد به رویکرد غیرتجسمی در حل مسائل باعث تضعیف انعطاف پذیری ریاضیات می‌شود و توجه بیش از حد به رویکرد تجسمی باعث قطع ارتباط با زبان رسمی ریاضیات می‌گردد. بنابراین معلمان باید سعی کنند هر دو روش را برای حل مسائل مورد توجه قرار دهند. آنها باید سؤالاتی را تدوین نمایند که بتوان به هر دو صورت در مورد آنها فکر نمود. تعمیم به صورت تجسمی باعث ایجاد فرمول‌های مختلف می‌شود که خود باعث بسط معانی فرمول‌ها و عبارت‌های معادل می‌گردد (ریورا، ۲۰۱۱ و ۲۰۰۷).

• **مطلق نکردن تجسم محوری:** معلمان باید به دانش‌آموزان، در جهت کنترل تجسم خود، یاری رسانند و به آنها گوشزد کنند که تجسم بی‌مورد می‌تواند مانع تفکر ثمربخش گردد (اسپینوال و شاو ۲۰۰۲). به عبارت دیگر «رویکرد تدریس مبتنی بر تجسم نوشداروی جهانی نیست» (پرزنگ ۱۹۸۶). پژوهش‌ها (شونفیلد ۱۹۸۷، گارفالو و لستر ۱۹۸۵، نقل شده از NCTM، ۲۰۰۰)

مشخص می‌کنند که شکست‌ها یا عدم موفقیت‌های حل مسئله دانش آموزان مربوط به فقدان دانش ریاضی آنها نیست بلکه به استفاده نامؤثر از آنچه که به کار می‌گیرند بستگی دارد.

• **عینی کردن ریاضیات:** ریاضیاتی که بدون پیوند با زندگی واقعی و بدون استفاده از زمینه‌های مناسب تدریس می‌شود، فرصت انتقال تصویرهای ذهنی واقعی را از یادگیرنده سلب می‌کند، در نتیجه باور دانش آموزان را نسبت به خود، متزلزل می‌گرداند و آن را دست نیافتنی، غیرواقعی و نامفهوم نشان می‌دهد. توجه به جنبه‌های تجسمی موضوعات ریاضی، می‌تواند پیوندی طبیعی بین ریاضیات و تفکر معمولی هر فرد ایجاد نمود.

سرانجام این‌که، برای ادامه پژوهش در این حوزه و به منظور رفتن به لایه‌های ظریف تر و دقیق تر نقش تجسم در یادگیری ریاضی لازم است (و این پیشنهاد می‌شود که) پژوهش‌های آینده بر محور پژوهش‌های کیفی، از جمله تحقیق در عمل^{۴۳} صورت پذیرد.

منابع

- ادوارد ا. اسمیت. (۲۰۰۳). *زمینه روانشناسی هیلگارد و اتکینسون*. (محمود بهزاد و محمود ساعتچی، مترجمان ۱۳۸۶). تهران: انتشارات گپ.
- ریحانی، ابراهیم. (۱۳۸۴). معرفی نظریه پیازه و نظریه فن هیلی - فن هیلی در مورد یادگیری هندسه. *رشد آموزش ریاضی*، ۲۲(۸۰)، ۱۲-۲۲.
- شریفی، حسن پاشا. (۱۳۷۲). *اصول روان‌سنجی و روان‌آزمایی*. انتشارات رشد. تهران.
- غلام آزاد، سهیلا. (۱۳۷۹). رویکردهای نوین در آموزش هندسه. *رشد آموزش ریاضی*، (۶۰ و ۵۹)، ۱۸-۲۵.
- کیامنش، علیرضا. (۱۳۷۹). *سنجش و اندازه‌گیری در ریاضی، همراه با سؤالات ریاضی TIMSS*. تهران: انتشارات پژوهشکده تعلیم و تربیت وزارت آموزش و پرورش.
- نژادصادقی، نورالله. (۱۳۷۶). مشاهده، تجسم و نقش آن در آموزش و یادگیری ریاضیات. *رشد آموزش ریاضی*، (۴۹) ۲۰-۲۴.

Aspinwall, L., & Shaw Kenneth, L. (2002). *When Visualization is a Barrier to Mathematical Understanding. The Mathematics Teacher. Reston, 95(9), 714.*

Bishop, A. J. (1983). *Spatial Abilities and Mathematical thinking*. In Zweng, M. et al. (eds.) *Proceedings at the IV I.C.M.E.* (PP 176-178). Boston, USA: Birhauser.

Borba, M. C. & Villarreal, M. E. (2005). *Humans-with-media and the reorganization of mathematical thinking: information and communication technologies, modeling, visualization,*

and experimentation. New York: Springer Science.

Cabral, B. (2004). *The Van hiele's model and cognitive visualization in learning geometry at secondary school*. (Thesis for the degree of Master of Arts in teaching, The University of Texas).

Eraso, M. (2007). *Connecting visual and analytic reasoning to improve Students' spatial visualization abilities: A constructivist approach*. (A dissertation submitted in partial fulfillment of requirements for the degree of Doctor of Philosophy in curriculum and instruction, Miami, Florida).

Giaquinto, M. (2005). *Visual thinking in mathematics*. Oxford: University Press.

Gutierrez, A. (1996). Visualization in 3-dimensional geometry: In search of a framework, *Proceedings of the 20th PME Conference 1*, 3-19.

Gilbert, J., Reiner, M., & Nakhleh, M (2007). *Visualization: Theory and practices in science education*. New York, NY: Springer.

Hitt F., Gonzalez A. & Morasse C (2008). *Visualization and students' functional representations in the construction of mathematical concepts. An example: The concept of co-variation as a prelude to the concept of function*. In 11 th International Congress on Mathematics Education (ICME-11), Topic Study Group 20 (TSG 20), Visualization in the Teaching and Learning of Mathematics, July 6-13, 2008, Monterrey, N. L., Mexico.

Hvzido, M. (1992). *A study of the effect of spatial ability on geometry grades*. (Thesis for the degree of master of sciences, Southern Connecticut State University).

Lajinian, A. (2008). *The effect of visually enhanced instructional units on high school calculus student visualization ability and their understanding of The Limit concept*. (A dissertation of the requirements for the degree of Ed.D. In mathematics pedagogy. Montclair state University).

Lean, G., & Clements, M. A. (1981). Spatial ability, visual imagery, and mathematical performance. *Educational Studies in Mathematics*, 12(3), 267-299.

Les, Z., & Les, M. (2008). *Shape understanding system*. The First Steps toward the Visual Thinking Machines. New York, NY: Springer.

Lima, R. N. de. & Tall, D. O. (2008). Procedural embodiment and magic in linear equations. *Educational Studies in Mathematics*, 67(1), 3-18.

Mancosu, P.; Jørgensen, Klaus Frovin; Pedersen, S.A. (Eds.) (2005). *Visualization, Explanation and Reasoning styles in mathematics*. New York, NY: Springer.

Presmeg, N. C. (1986). Visualization in high school mathematics. *For the Learning of*

Mathematics, 6(3), 42-46.

Presmeg, N. C. (2006a). A semiotic view of the role of imagery and inscriptions in mathematics teaching and learning. Plenary Paper. In J. Navotna, H. Moraova, M. Kratna, & N. Stehlikova (Eds.), *Proceedings of the 30th Annual Meeting of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Vol. 1, (pp. 19-34).

Presmeg, N. C. (2006b). Research on visualization in learning and teaching mathematics: Emergence from psychology. In A. Gutiérrez and P. Boero (Eds.), *Handbook of research on the psychology of mathematics education* (pp.205-235). Dordrecht:Sense Publishers.

Presmeg, N. C. (2008a). *Spatial abilities research as a foundation for visualization in teaching and learning mathematics*. In N. C. Presmeg & P. C. Clarkson (Eds.), *Critical issues in mathematics education: Major contributions of Alan Bishop* (pp. 83-95). New York, NY: Springer.

Presmeg, N.C (2008b). *An overarching theory for research in visualization in mathematics education*. In 11 th International Congress on Mathematics Education (ICME-11), Topic Study Group 20 (TSG 20), Visualization in the Teaching and Learning of Mathematics, July 6-13, 2008, Monterrey, N. L., Mexico.

Principles and Standards for School Mathematics (2000). National Council of Teachers of Mathematics.

Rivera, F. D. (2007). Visualizing as a mathematical way of knowing: Understanding figural generalization. *Mathematics Teacher*, 101(1), 69-75.

Rivera, F. D. (2011). *Toward a visually-oriented school mathematics curriculum. Research, Theory, Practice, and Issues*. (Mathematics Education Library Volume 49). Dordrecht, Netherlands: Springer.

Sobanski, J. (2002). *Visual math: See how math makes sense* (2nd ed.).New York. NY: Learning Express.

Straber, R., & Kadunz, G. (2004). Image- metaphor- diagram: Visualization in learning\ mathematics. *Proceeding of the 28 th conference of the international group for the psychology of mathematics education (PME)*(Vol, 4)(pp, 241-248).

Samson, D. (2007). Patterns of visualisation. *Learning and Teaching Mathematics*, 5, 4-9.

Texas Assessment of Knowledge and Skills (TAKS) Grade8. (2006) Texas Education Agency. Student assessment division.

Texas Assessment of Knowledge and Skills (TAKS) Grade^۹. (2006) Texas Education Agency. Student assessment division.

TIMSS. (2003). *Released set eighth grade. International association for the evaluation of educational achievement (IEA)*.

Weckbacher, L. M (2007). *The role of visualization in geometric problem solving*. (A dissertation of the requirements for the doctor of philosophy in education. University of California).

Wheatley, G. H. (1997). Reasoning with images in mathematical activity. in L. D. English (ed.), *Mathematical Reasoning: analogies, metaphors, and images* (pp. 281-97), Mahwah NJ: Erlbaum.

Woolner, P. (2004). A comparison of visual-spatial approach and a verbal approach to teaching mathematics. *Proceeding of the 28th PME*. (Vole, 4) (pp, 449-456)

زیر نویس

- | | |
|---|--|
| 1. Visual | 21. Lean and Clements |
| 2. Representation | 22. Fennema and tartre |
| 3. Fink | 23. pictures – in - mind |
| 4. Smith | 24. Battista |
| 5. Principles and standards for school mathematics | 25. Gutierrez |
| 6. Albert Einstein | 26. Cabral |
| 7. Hadmar | 27. Pierre Marie van hiele |
| 8. Fenema | 28. Visual level |
| 9. Hvizdo | 29. Descriptive/Analytic |
| 10. Spatial thinking | 30. Abstraction/ Relation |
| 11. Woolner | 31. Formal Deduction Level |
| 12. Verbal teaching | 32. Rigor |
| 13. Bishop | 33. De Lima and Tall |
| 14. Presmeg | 34. Lajinian |
| 15. Ferdinand Rivera | 35. Samson |
| 16. Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) | 36. Visual and non visual methods of solution of mathematical problems |
| 17. Krutetskii | 37. Texas Assessment of knowledge and skill |
| 18. Wheatley | 38. Coefficient alpha (Cronbach) |
| 19. Aspinwall and Shaw | 39. Kolmogrov-Smirnov |
| 20. Weckbacher | 40. Action Research |