نقش دست‌سازه‌ها در تدریس مثلثات

لیلا مرادی توپقرا
دبیر ریاضی زنجان
مرتضی بیات
دانشکده کامپیوتر - دانشگاه زنجان

چکیده

یادگیری و درک ریاضیات در هر پایه‌ای نیازمند درگیر شدن دانش‌آموزان با موضوع است و حضور فعال آنان را می‌طلبد. استفاده از دست‌سازه‌ها و اشیای فیزیکی یکی از روش‌های مؤثر در فعال نمودن دانش‌آموزان در فرایند یادگیری است که به درک روابط و مفاهیم ریاضی کمک می‌کند. انجمن ملی معلمان ریاضی (NCTM)، استفاده ازدست‌سازه‌ها را در آموزش ریاضیات در چندین دهه، مورد تشویق قرار داده است. ارزش دست‌سازه‌ها از سال ها پیش مشخص شده است. اما بعضی معلمان به استفاده از آن‌ها در تدریس بی‌میل هستند. در این مقاله، تاریخ و تکامل دست‌سازه‌ها، تعریف دست‌سازه‌ها و روش‌های صحیح به‌کارگیری آن‌ها توضیح داده شده است.هم‌چنین، به نتایج مثبت چندین مطالعه تحقیقاتی و نتایج تحقیق نویسندگان که در رابطه با نقش دست‌سازه در تدریس مثلثات بوده، اشاره شده است.

کلیدواژه‌ها: آموزش ریاضی ـ دست‌سازه ـ حل مسئله ـ درس مثلثات سال دوم دبیرستان، معلم ریاضی.

۱. مقدمه

برحسب اصول و استانداردهای ریاضیات مدرسه‌ای (۲۰۰۰، نقل شده در سی فلدت و اسیک، ۲۰۰۶)، پایهٔ پیشرفت ریاضی کودکان، در سال‌های اولیه پایه‌گذاری می‌شود. برای دانش‌آموزان حائز اهمیت است که ابزارهای متنوعی برای دست‌ورزی داشته باشند تا فرصتی برای مرتب کردن، طبقه‌بندی کردن، اندازه‌گرفتن و کشف کردن آنچه که آن‌ها با آن دانش ریاضیاتی خود را می‌سازند فراهم شود. بدین منظور، دانش‌آموزان نیازمند تجربیات دست اول در ارتباط با ریاضی، تعامل با سایر دانش‌آموزان و بزرگسالان و فرصتی برای بازتاب بر این تجربیات هستند. تحقیقات آموزشی نشان می‌دهد که ماندگارترین یادگیری زمانی رخ می‌دهد که دانش‌آموزان فعالانه فهم ریاضی خود را می‌سازند و این اغلب از طریق دست‌سازه‌ها به انجام می‌رسد.

در این مقاله، مروری اجمالی بر تاریخچه دست‌سازه، تعریف دست‌سازه، چگونگی به‌کارگیری دست‌سازه و بالاخره تحقیقات انجام گرفته در رابطه با دست‌سازه‌ها می‌شود. سپس تحقیقی که با استفاده از دست‌سازه‌ها در تدریس مثلثات انجام گرفته، توضیح داده می‌شود. مقاله با یک نتیجه‌گیری به پایان می‌رسد.

۲. تاریخچه دست‌سازه‌ها

از زمان‌های قدیم، مردم در تمدن‌های مختلف، از اشیای فیزیکی به منظور کمک به حل مسائل ریاضی روزانهٔ خود، استفاده می‌کردند.

تمدن‌های قدیمی جنوب غربی آسیا، از تخته‌های شمارش که از چوب یا سینی‌های رُسی که با لایهٔ نازکی از شن پوشانده می‌شد، استفاده می‌کردند. کاربران تخته‌های شمارش، علائمی را برای حساب‌کردن موجود یا هرچیز دیگری که نیازمند به شمارش بود، بر روی سنگ می‌کشیدند. رومیان قدیم اولین چرتکه جهان را اختراع کردند. این چرتکه از دانه‌های لوبیا یا سنگ‌هایی ساخته شده بود که در شیارهایی از سنگ یا چوب یا فلز، حرکت می‌کردند. چرتکه چینی که قرن‌ها بعد به وجود آمد، ممکن است الهام گرفته از چرتکه رومیان باشد (بوگان، هارپر و وایت‌میر، ۲۰۰۹).

بعد از دهه ۱۸۰۰، اختراع اولین دست‌سازهٔ واقعی دیده شد که به چندین حس متفاوت مربوط می‌شد و به‌ویژه برای تدریس مفاهیم ریاضی، طراحی شده بود. در سال ۱۸۳۷، مربی آلمانی، فردریک فروبل، اولین مهد کودک جهان را معرفی کرد. او انواعی از وسایل بازی آموزشی طراحی کرد که به‌عنوان فروبل گیفت شناخته شدند و شامل بلوک‌هایی با ساختمان هندسی برای فعالیت ریاضی بودند (فروبل، ۲۰۰۹). سپس در اوایل دهه ۱۹۰۰، مربی ایتالیایی، ماریا مونته‌سوری، این ایده را که دست‌سازه‌ها در آموزش ریاضی مهم هستند گسترش داد. او چندین وسیله برای دانش‌آموزان ابتدایی طراحی کرد که ایده‌های اساسی ریاضی را یاد بگیرند. از دههٔ ۱۹۰۰، دست‌سازه‌ها به عنوان یک ضرورت در تدریس ریاضی ابتدایی مورد توجه قرار گرفتند.

در قرن نوزدهم مربی مطرح سوئیسی جان پستالوزی (۱۸۲۷ ـ ۱۷۴۶)، استفاده از دست‌سازه‌های گوناگون را مانند بلوک‌ها، برای کمک به دانش‌آموزان در درک مفاهیم انتزاعی از قبیل درک اعداد به‌وسیله اشیای محسوس مورد حمایت قرار داد. در اوایل قرن بیستم نیز، مونته‌سوری (۱۹۵۲ ـ۱۸۷۰) مدارسی تأسیس کرد و میزبانی پیروانی را پذیرفت که بر اهمیت تجربیات یادگیری عینی و معتبر تأکید می‌کردند. او معتقد بود که دانش‌آموزان با استفاده از دست‌سازه‌های تهیه شدهٔ مناسب، میل فطری و درونی خود را با یادگیری از طریق خود جهت‌دهی اکتشافی، واقعی می‌کنند (به نقل از وارد، ۱۹۷۱). در بین سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰، پیدایش دست‌سازه‌ها در کلاس‌های ابتدایی بر اساس نظریهٔ ذلتان دیینز برای تصدیق استفاده از آن‌ها، به سرعت افزایش یافت.

یک دست‌سازهٔ خوب می‌تواند مانند پلی، فاصله بین ریاضیات رسمی و ریاضیات غیررسمی را پر کند

۳. تعریف دست‌سازه‌ها

دست‌سازه‌ها در شکل‌های متنوعی ظاهر می‌شوند و اغلب به‌صورت «اشیای فیزیکی تعریف می‌شوند که به‌عنوان ابزارهای تدریس مورد استفاده قرار می‌گیرند تا دانش‌آموزان را با یادگیری عملی ریاضی درگیر کنند. (بوگان، هارپر و وایت‌میر، ۲۰۰۹). بنابراین، دست‌سازه‌ها می‌توانند از یک فروشگاه خریداری شوند، یا از خانه آورده شوند یا اینکه توسط معلم و دانش‌آموز ساخته شوند. از نظر اسمیت (۲۰۰۹)، یک دست‌سازهٔ خوب می‌تواند مانند پلی، فاصله بین ریاضیات رسمی و ریاضیات غیررسمی را پر کند. کندی (۱۹۸۶) دست‌سازه‌ها را اشیائی معرفی می‌کند که می‌توانند چندین حس را درگیر کنند، به این معنا که این اشیا توسط دانش‌آموزان لمس می‌شوند، حرکت داده می‌شوند، مرتب می‌شوند ، دست‌ورزی‌های دیگری روی آن‌ها انجام می‌شوند. از دیدگاه موبر (۲۰۰۱)، دست‌سازه‌ها ابزارهایی هستند که ایده‌های انتزاعی ریاضیات را به‌طور صریح، روشن و محسوس نمایش می‌دهند. استین و بووالینو (۲۰۰۱) نیز دست‌سازه‌ها را به‌عنوان یکی از راه‌هایی که ریاضیات را برای دانش‌آموزان با معنا می‌کنند، معرفی کرده‌اند.

دست‌سازه‌ها به سه شکل یافت می‌شوند:

- دست‌سازه‌های ساخته نشده که با ابزارهای در دسترس، توسط معلم و دانش‌آموز ساخته می‌شوند.
- دست‌سازه‌های ساخته شده که توسط شرکت‌های صنایع آموزشی تهیه می‌شوند.
- دست‌سازه‌های مجازی که شباهت زیادی به دست‌سازه‌های فیزیکی دارند و در محیط رایانه یافت می‌شوند (مارشال و سوان، ۲۰۰۵).

به همان میزان که تدریس بدون دست‌سازه صورت می‌گیرد، به همان اندازه نیز روش‌های اشتباه و نادرست بسیاری در تدریس با دست‌سازه‌ها وجود دارد. دست‌سازه‌های ریاضی باید برای دانش‌آموزان مناسب باشند و به‌گونه‌ای انتخاب شوند که هدف‌های ویژه و اهداف برنامهٔ ریاضی را در نظر بگیرند

مطالعات بسیاری نشان می‌دهند که دست‌سازه‌ها، حافظه کوتاه مدت و بلند مدت داشن آموزان را در ریاضی افزایش می‌دهند

۴. چگونگی به‌کارگیری دست سازه‌ها

هدف از به‌کارگیری دست سازه‌ها در کلاس‌های ریاضی، فراهم آوردن مدل‌ها عینی از ایده‌های مجرد ریاضی است. زمانی که نمایش مستقیم یک مفهوم ریاضی با استفاده از ابزارهای دست‌ورزی شده واقعاً غیرممکن است، برای یادگیرنده این احتمال وجود دارد که بتواند از طریق کاربرد مناسب دست‌سازه در یک محیط کاری معنادار، یک مفهوم ریاضی بسازد یا یک رابطهٔ ریاضی را کشف کند. علاوه بر تدریس مفاهیم جدید، می‌توان از دست‌سازه برای شناخت درک جاری دانش‌آموزان از مفاهیم ریاضی استفاده نمود. هم چنین، دست‌سازه می‌تواند برای بهبود و پالودن تعاریف ریاضی دانش آموزان مفید واقع شود (اولکان و تولوک، ۲۰۰۴).

کلمنتس (۱۹۹۹) اشاره می‌کند که «باید در دیدگاه‌های رایج دربارهٔ استفاده از دست‌سازه‌ها تجدید نظر شود. معلمان و دانش‌آموزان نباید بدون دقت از آن استفاده کنند. ماهیت فیزیکی یک دست‌سازه، معنای ریاضی یک ایده را دربر نمی‌گیرد. دست‌سازه‌ها برای تضمین یادگیری معنادار کافی نیستند و اغلب به‌صورت ایجاد عادت‌های رفتاری از آن‌ها استفاده می‌شود. دست سازه‌ها باید در زمینه‌ای از کارهای آموزشی که فعالانه، دانش‌آموزان را با راهنمایی‌های معلم تشویق به تفکر می‌کنند، به‌کار برده شوند. دانش آموزان ممکن است در ابتدا برای ساختن معانی، نیازمند اشیای عینی و محسوس باشند، اما آن‌ها باید با بازتاب آنچه که بر روی دست‌سازه‌ها انجام می‌دهند، به درک معانی نایل شوند،... زمینه‌ای که یک دست‌سازه مورد استفاده قرار می‌گیرد، نیازمند این است که هم از نظر محتوا و هم از نظر بیان درس، مورد توجه قرار گیرد.»

اسمیت (۲۰۰۹) ادعا کرد که به همان میزان که تدریس بدون دست‌سازه صورت می‌گیرد، به همان اندازه نیز روش‌های اشتباه و نادرست بسیاری در تدریس با دست‌سازه‌ها وجود دارد. دست‌سازه‌های ریاضی باید برای دانش‌آموزان مناسب باشند و به‌گونه‌ای انتخاب شوند که هدف‌های ویژه و اهداف برنامهٔ ریاضی را در نظر بگیرند. برای معلمان این نکته مهم است که به دانش‌آموزانشان اجازه دهند تا زمانی برای بازی با دست‌سازه‌ها داشته باشند. بعد از این‌که دانش‌آموزان پی به دست‌سازه‌ها بردند، وسایل و مواد، دیگر سرگرمی نیستند و در برنامهٔ درسی، در جایگاه حقیقی‌شان به حساب می‌آیند.

استین و بوالینو (۲۰۰۱) یادآور شدند که «اگر دست‌سازه‌ها در هنگام تدریس به دقت مورد استفاده قرار نگیرند، آن‌گاه آن‌ها کوچک‌تر از اشیای پشت ویترین می‌شوند که فقط برای نگاه کردن و بازی خوب هستند، اما برای یادگیری غیرضروری می‌شوند.» استفاده از دست‌سازه‌ها در محیطی که معلم از آن‌ها به‌عنوان عاملی برای تشویق کردن تفکر دربارهٔ یک موضوع استفاده می‌کند، می‌تواند به حق و به‌جا باشد. علاوه بر این، دانش‌آموز باید دربارهٔ این تفکر صحبت کند تا معلمان به این که آیا دانش مورد نیاز ساخته شده است یا خیر، پی ببرند. مشاهدهٔ دقیق کار دانش‌آموزان با دست‌سازه‌ها یک ابزار مفید و مؤثر برای تصمیم‌گیری درباره این است که آیا یادگیری رخ داده است یا خیر.

علاوه بر این‌ها، اسکمپ (۱۹۸۶) مشاهدات دانش‌آموزان را هنگام استفاده از دست‌سازه که به عنوان بصیرت و بینش آن‌ها شرح داد. و بیان کرد که: «این موضوع مثل این است که تفکر آن‌ها خارج می‌شود و بر روی میز قرار می‌گیرد.»

۵. تحقیقات انجام گرفته در رابطه با دست‌سازه‌ها

استفاده از دست‌سازه‌ها توسط NCTM توصیه شده است، چرا که هم نظریهٔ یادگیری و هم تحقیقات آموزشی در کلاس درس از آن حمایت می‌کنند. «دست سازه‌ها به دانش‌آموزان کمک می‌کنند که از طریق حرکت از تجربیات حسی به استدلال‌های انتزاعی، به یادگیری بپردازند. وقتی دانش‌آموزان با اشیا دست‌ورزی می‌کنند، آن‌ها اولین گام را به سوی فهمیدن مراحل و روش‌های ریاضی برمی‌دارند. استفادهٔ مؤثر از دست‌سازه‌ها می‌تواند به داشن‌آموزان در ارتباط دادن ایده‌ها و تصحیح دانشِ مورد نظر کمک کند به طوری که آن‌ها درک

عمیقی از مفاهیم ریاضی به دست آورند.

بیش از چندین دهه گذشته، محققان کاربرد دست‌سازه‌ها را در پایه‌های مختلف و در کشورهای متفاوت مورد مطالعه قرار دادند. اکثر مطالعات دلالت بر افزایش دستاورد ریاضی مبنی بر به‌کارگیری خوب دست‌سازه‌ها دارند. هم چنین، مطالعات بسیاری نشان می‌دهند که دست‌سازه‌ها، حافظه کوتاه مدت و بلند مدت داشن آموزان را در ریاضی افزایش می‌دهند.

تحقیقات کاین ـ کاستون (۱۹۹۶) اشاره می‌کند که استفاده از دست‌سازه‌ها، به بهتر شدن محیط در کلاس‌های ریاضی کمک می‌کند. زمانی که دانش‌آموزان با دست‌سازه‌ها کار می‌کنند و سپس فرصتی برای ارائه تجربیاتشان داده می‌شود، نه تنها یادگیری ریاضی آن‌ها افزایش یافته بلکه اضطراب ریاضی آن‌ها نیز به‌طور چشم‌گیری کاهش می‌یابد.

پوچنر، تایلر، ادونل و فیک (۲۰۰۸)، موردی شامل چهار کلاس درس ابتدایی را برای مطالعه در نظر گرفتند تا تأثیر استفاده از دست‌سازه‌ها را در پیشرفت ریاضی دانش‌آموزان دورهٔ ابتدایی که مورد بررسی قرار دهند. این چهار محقق تصمیم گرفتند بیش از این‌که عملکرد ریاضی دانش‌آموزان را بررسی کنند، روش معلمان را در به‌کارگیری دست‌سازه‌ها مطالعه کنند. نتیجهٔ پژوهش نشان داد که در یک کلاس از چهار کلاس مورد مطالعه، کاربرد دست سازه، بیش از آن‌که به یادگیری دانش‌آموزان کمک کند، عامل بازدارنده بود. محققان به این جمع‌بندی رسیدند که این امر، به سبب توجه گسترده و عمیق به رویه‌ها و عملکرد دانش‌آموزان در آموزش ریاضی مدرسه‌ای در آمریکا رخ داده است. محققان هم چنین دریافتند که معلمان نیازمند حمایت هستند تا برحسب کاربرد دست‌سازه‌ها تصمیم بگیرند که چه زمان و چگونه از دست‌سازه‌ها استفاده کنند تا هم خودشان و هم دانش‌آموزانشان، دربارهٔ ایده‌های ریاضی به روشنی فکر کنند.

ورن و هایبرت (۱۹۸۸) اشاره کردند که دانش‌آموزانی که از دست‌سازه‌ها به عنوان یک عادت رفتاری بدون کمترین و یا حتی هیچ درکی از مفاهیم ریاضیاتی استفاده می‌کنند، درگیر رویه‌ها هستند. ۹ دانش‌آموز از پایه چهارم، ۱۰ دانش‌آموز از پایه پنجم و ۱۰ دانش‌آموز از پایه ششم دربارهٔ مفهوم اعشار که از اشیائی همچون ده بلوک پایه به‌عنوان منبع استفاده می‌شد، آموزش دیدند. بیشتر دانش‌آموزان بین بلوک‌ها و نمادهایی که تقریباً برای علامت‌گذاری عمومیت داشت، ارتباط برقرار کردند.

بیسیو (۱۹۷۱) تأثیر سه روش مختلف برای یاددهی جمع و تفریق کسرها را تحلیل کرد. در روش اول، معلمان و دانش‌آموزان از دست‌سازه استفاده نکردند، در روش دوم تنها معلم برای نشان دادن مفاهیم به دانش‌آموزان از دست‌سازه استفاده کرد. در روش سوم معلمان و دانش‌آموزان از دست‌سازه استفاده کردند. اگرچه بیسیو دریافت که استفادهٔ منفعل از دست‌سازه به وسیله معلم در روش دوم تأثیر یکسانی در استفادهٔ فعال به وسیلهٔ دانش‌آموز دارد، اما هر دو روش

معلمان نیازمند حمایت هستند تا برحسب کاربرد دست‌سازه‌ها تصمیم بگیرند که چه زمان و چگونه از دست‌سازه‌ها استفاده کنند تا هم خودشان و هم دانش‌آموزانشان، دربارهٔ ایده‌های ریاضی به روشنی فکر کنند

مؤثرتر از روش آموزشی بودند که از دست‌سازه استفاده نشده بود.

در همین راستا، فینما در سال ۱۹۷۲، تحقیقاتش را بر روی استفاده از میله‌های کوئیزنر خلاصه کرد که حساب را در مقایسه با روش‌های سنتی تدریس کند. او دریافت که استفاده از دست‌سازه برای کلاس اولی‌ها مطلوب است، اما استفاده از میله‌ها برای کلاس‌های دوم و سوم نتیجه کمتری می دهد. فینما نتیجه گرفت که «نشانه‌هایی وجود دارد که هنگامی که محیط آموزشی شامل تمرینات برتری با مدل‌های مناسب با سطح شناخت دانش‌آموزان است، آن‌ها مطالب را بهتر می‌آموزند و توصیهٔ او این بود که معلمان از دست‌سازه در کلاس‌های پائین‌تر استفاده کنند و سپس به تدریج استفاده از دست سازه را کاهش دهند و به دانش‌آموز اجازه دهند مفاهیم را بیشتر به شکل نمادین درک کند.

هم‌چنین، سویدام و هیگنز (۱۹۷۷) فرا تحلیلی از ۴۰ مطالعهٔ انجام شده دربارهٔ استفاده و تأثیر دست سازه‌ها بر روی پیشرفت ریاضی دانش‌آموزان انجام دادند. ۶۰٪ از مطالعات نشان داد که استفاده از دست‌سازه تأثیر مثبتی بر روی یادگیری ریاضی دارد، ۳۰٪ تأثیری

از پیشرفت نشان نداد و ۱۰٪ روش‌های سنتی بدون دست‌سازه را مورد تأکید قرار دادند.

در یک کار مشابه، سوول (۱۹۸۹) فرا تحلیل دیگری از ۶۰ تحقیق در رابطه با تأثیر روش‌های گوناگون دست سازه‌ها بر یادگیری ریاضی دانش‌آموزان سال دوم انجام داد. در پایان این فراتحقیق، او متوجه شد که استفاده از دست سازه‌ها باعث پیشرفت در ریاضیات در یک دوره تحصیلی می‌شود. سپس او تحقیق دیگری انجام داد. مطالعه او شامل آموزش یک ساله یا طولانی‌تر با مدل‌های فیزیکی بود که یادگیری دانش آموزان را افزایش می‌داد. آزمایشات کوتاه مدت نشان داد که تفاوتی در استفاده از دست‌سازه‌ها و بدون استفاده از آن وجود ندارد. بلکه مطالعات حاکی از آن بود که یادگیری عمیق در آموزش با استفاده از دست‌سازه‌ها در تدریس توسط محققان دانشگاه یا معلمانی با آموزش‌های طولانی مدت برای چگونگی استفاده از ابزار، صورت می‌گیرد.

نشانه‌هایی وجوددارد که هنگامی که محیط آموزشی شامل تمرینات برتری با مدل‌های مناسب با سطح شناخت دانش‌آموزان است، آن‌ها مطالب را بهتر می‌آموزند

کرامر و همکاران (۲۰۰۲) هم در مطالعات جدید بر روی ۱۶۰۰ نفر از دانش‌آموزان کلاس‌های چهارم و پنجم، مقایسه‌ای بین پیشرفت دانش‌آموزانی که برنامه درسی سنتی برای آموزش کسرها داشتند نسبت به دانش‌آموزانی که برنامه درسی ویژه‌ای با تأکید بر روی استفاده از دست سازه داشتند، انجام داد. دانش‌آموزانی که در دوره آموزشی آن‌ها، تدریس با استفاده از دست‌سازه‌ها بود، از نظر آماری نمرات بالاتری در امتحانات و آموزش‌های پیشرفت تحصیلی کسب کردند.

تحقیقات انجام‌شده در رابطه با نقش دست‌سازه‌ها در یادگیری ریاضی دانش‌آموزان کم‌توان و دارای اختلال در یادگیری

مرکز ملی دستیابی برنامهٔ درسی عمومی (۲۰۰۱) در مروری از ۱۴ مطالعه، به این نتیجه رسید که استفاده از دست‌سازه‌ها در مقایسه با آموزش‌های سنتی تأثیر مثبتی بر دستاورد دانش‌آموزان داشته است. به‌ویژه برای دانش‌آموزان کم‌توان و دارای اختلال در یادگیری ریاضی و تبحر محدود در زبان انگلیسی و دانش‌آموزانی با موفقیت تحصیلی پایین، مفید واقع شده است (نقل شده در روزیک و اوکونل، ۲۰۰۱).

سورنتون و ویلموت (۱۹۸۶) نیز قبلاً نشان داده بودند که دست‌سازه‌ها، ابزارهای مؤثری در ارتقای درک ریاضیاتی دانش‌آموزان کم‌توان هستند.

قبلاً هم مارتینز (۱۹۸۷) ادعا کرده بود که دست‌سازه‌ها برای دانش‌آموزانی که دارای اضطراب ریاضی هستند، به‌عنوان یک راه چاره است. دست‌سازه‌ها به‌عنوان یکی از منابع بهبود یاددهی ریاضی برای تمامی سطوح دانش‌آموزان، از گسترهٔ دانش‌آموزان کندذهن تا باهوش پیشنهاد شده است (پیترسن، مرکر و اشا، ۱۹۸۸).

بالاخره، میلر و مرکر در سال ۱۹۹۳، تأثیر سه مرحلهٔ مختلف آموزش محسوس، نیمه‌محسوس، انتزاعی را بر روی مهارت محاسباتی دانش‌آموزان دارای اختلال یادگیری انجام دادند. در مرحلهٔ محسوس، مفاهیم را با استفاده از دست‌سازه‌های محسوس معرفی کردند. مرحلهٔ نیمه‌محسوس شامل تمرین یا بازنمایی‌های تصویری از اشیا بود. مرحلهٔ انتزاعی تنها کار با نمادهای انتزاعی را به دانش‌آموزان پیشنهاد می‌کرد. دانش‌آموزان در دو مرحلهٔ اول پیشرفت بیشتری در درک مفاهیم نشان دادند.

۶. نقش دست‌سازهٔ ریاضی در تدریس مثلثات

برای اهمیت درس مثلثات، تنها به گفتهٔ شهریاری (۱۳۷۹) بسنده می‌کنیم که «اگر بگوییم که مثلثات در تمام زمینه‌های دانش بشری (از علوم نظری گرفته تا صنایع و فنون) ریشه دوانیده و بدون استفاده از آن، همهٔ رشته‌های علمی دچار نوعی توقف می‌شوند، سخنی به اغراق نگفته‌ایم». هم‌چنین، با توجه به بیان ضرورت وجود مثلثات در برنامهٔ درسی ریاضی توسط شورای ملی معلمان ریاضی (NCTM، ۲۰۰۰)، چنین استنباط می‌شود که لازم است به این موضوع توجه ویژه‌ای شود. تحقیقات انجام‌شده نشان می‌دهند که فعالیت‌های تدریسی در کلاس‌های ریاضی نتوانسته‌اند فهم درستی از توابع مثلثاتی را ایجاد کنند (ربانی‌فرد و گویا، ۱۳۸۸). درنتیجه، با توجه به غلبهٔ تدریس سنتی مثلثات بر بسیاری از کلاس‌های درس ریاضی،

در این تحقیق، به بررسی نقش دست‌سازه‌ها در یادگیری مثلثات پرداخته شد تا شاید راهی در جهت بهبود درک مفاهیم مثلثات در دانش‌آموزان پیدا شود.

اهداف این تحقیق شامل بررسی نقش دست‌سازه‌ها بر عملکرد ریاضی دانش‌آموزان و بررسی تقویت مهارت حل مسئلهٔ آنان در درس مثلثات، تشویق دانش‌آموزان به ساخت دست‌سازه برای برخی مفاهیم ریاضی، هدایت توجه و تمرکز دانش‌آموزان به مطالب و مفاهیم درسی، هدایت دانش‌آموزان به یادگیری مفهومی و بالاخره، جلب‌نظر معلمانی بود که به تأثیر این وسایل در آموزش اعتقاد چندانی نداشتند.

این پژوهش دارای دو فرضیهٔ اصلی و شش فرضیهٔ فرعی بود. متغیر مستقل در این تحقیق دست‌سازهٔ دایره مثلثاتی بود (نحوهٔ تهیه و ساخت آن در شمارهٔ ۱۰۲ مجله آمده است)، عملکرد ریاضی دانش‌آموزان و تقویت مهارت حل مسئله به‌عنوان متغیر وابسته بود.

جامعهٔ آماری مورد مطالعه در پژوهش حاضر را کلیهٔ دانش‌آموزان دختر در پایهٔ دوم دبیرستان یکی از شهرهای ایران که در سال تحصیلی ۸۹–۸۸ مشغول به تحصیل بودند تشکیل داد. نمونهٔ تحقیق شامل دو کلاس ۳۰ نفری از دانش‌آموزان دختر سال دوم دبیرستان در رشتهٔ ریاضی بود. نمونه‌گیری با روش چندمرحله‌ای انجام شد. (در این روش، افراد جامعه با توجه به سلسله‌مراتبی از واحدهای بزرگ به واحدهای کوچک تقسیم می‌شوند و نمونه‌گیری در هر مرحله از واحد مورد نظر انجام می‌گیرد.)

این پژوهش از نوع طرح‌های نیمه‌آزمایشی بود که در آن‌ها، امکان کنترل یا دست‌کاری کامل متغیر یا متغیرها وجود ندارد. با توجه به همسانی میانگین نمرات نیمسال اول دو کلاس در درس ریاضی، کلاس الف به‌عنوان گروه آزمایش و کلاس ب به‌عنوان گروه کنترل انتخاب شد. برای گروه آزمایش یک جلسه برای آشنایی با دست‌سازه و آموزش نحوهٔ ساخت و حرکت اجزا و جلسهٔ دوم برای رفع اشکالات و سؤالات دست‌سازه‌های ساخته‌شده توسط دانش‌آموزان اختصاص یافت. زمان تدریس، انجام فعالیت‌های کلاسی و برگزاری آزمون در هر دو گروه، یکسان بود.

ابزار مورد استفاده در این پژوهش سه‌سری سؤالات پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود که مربوط به سه مبحث رسم زوایا در موقعیت استاندارد، کاهش یا افزایش مقادیر سینوس و کسینوس در چهار ناحیه، تعیین مقادیر سینوس و کسینوس برای تمامی زوایای درس مثلثات بود. نتایج این پژوهش در دو بخش آمار توصیفی و استنباطی تحلیل گردید.

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که در قسمت مربوط به عملکرد ریاضی در مبحث رسم زوایا در موقعیت استاندارد، تفاوت میانگین نمرات گروه آزمایش و کنترل ۲۲/۹ درصد، مبحث افزایش یا کاهش مقادیر سینوس و کسینوس در چهار ناحیه ۱۳/۲ درصد، و مبحث تعیین مقادیر سینوس و کسینوس برای تمامی زوایا ۲۹/۸ درصد است. هم‌چنین در قسمت مربوط به مهارت حل مسئله، اختلاف میانگین نمرات گروه آزمایش و کنترل در مبحث رسم زوایا ۱۶/۵ درصد، مبحث افزایش یا کاهش مقادیر سینوس و کسینوس در چهار ناحیه ۱۳/۴ درصد، مبحث تعیین مقادیر سینوس و کسینوس برای تمامی زوایا، ۳۱ درصد به‌دست آمد. به‌طور کلی، با استفاده از نتایج آماری بیان‌شده و مشاهدات محققان، می‌توان نتیجه گرفت که بین نمرات پس‌آزمون گروه کنترل و آزمایش تفاوت معناداری وجود دارد و استفاده از دست‌سازهٔ دایرهٔ مثلثاتی متحرک بر عملکرد ریاضی و مهارت حل مسئله در دانش‌آموزان تأثیر مثبتی داشته است.

دانش‌آموزان با استفاده از دست‌سازه به‌راحتی ریاضی یاد نمی‌گیرند، بلکه معلم باید به‌طور آشکاری نحوهٔ استفاده از آن را به دانش‌آموزان نشان دهد و به آن‌ها در کشف و تمرکز بر روی مفاهیم ریاضی کمک کند. از این گذشته، معلم باید در ذهن خود هدف مشخصی را برای فعالیت‌ها داشته باشد و با طراحی سؤالات مناسب، به دانش‌آموزان اجازه دهد که آن‌ها دانش مورد نیاز خودشان را بسازند

۷. نتیجه‌گیری

بنا به نظر مرکز (۱۹۹۲)، معلمان باید مفاهیم ریاضی و مراحل تدریس منطقی آن‌ها را بدانند و درک کنند. انتظار اولیه از دست‌سازه‌ها این است که می‌توانند مفاهیم ریاضی را با اشیا و فرایندهای آشنا برای دانش‌آموزان، پیوند دهند و آن‌ها می‌توانند به ساخت ریاضیاتی

کمک کنند که برای دانش‌آموزان قابل دسترسی باشد. درنتیجه، انتظار می‌رود که این‌چنین ریاضی را برای دانش‌آموزان جذاب‌تر کند و آن‌ها را قادر سازد که بین نمادهای ریاضی و مفاهیم مشاهده شده، ارتباط معناداری برقرار کنند.

سخن پایانی این که توجه داشته باشیم دانش‌آموزان با استفاده از دست‌سازه به‌راحتی ریاضی یاد نمی‌گیرند، بلکه معلم باید به‌طور آشکاری نحوهٔ استفاده از آن را به دانش‌آموزان نشان دهد و به آن‌ها در کشف و تمرکز بر روی مفاهیم ریاضی کمک کند. از این گذشته، معلم باید در ذهن خود هدف مشخصی را برای فعالیت‌ها داشته باشد و با طراحی سؤالات مناسب، به دانش‌آموزان اجازه دهد که آن‌ها دانش مورد نیاز خودشان را بسازند.

منابع

۱. بیات، مرتضی؛ خاتمی، زهرا؛ اصانلو، هوشنگ. (زمستان ۱۳۸۹). وسیله‌ای ساده برای تدریس مثلثات. مجلهٔ آموزش رشد ریاضی. شمارهٔ ۱۰۲. صص ۳۹ تا ۴۲.

۲. ربانی‌فرد، علی‌اکبر؛ گویا، زهرا. (۱۳۸۸). بررسی بدفهمی‌ها به‌عنوان یکی از موانع اصلی ایجاد درک مثلثاتی در دانش‌آموزان. **مجلهٔ رشد آموزش ریاضی**، دفتر انتشارات کمک‌آموزشی، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی، وزارت آموزش و پرورش، شمارهٔ ۹۶. صفحه ۴-۱۱.

۳. شهریاری، پرویز. (۱۳۷۹). **سرگذشت ریاضیات**. انتشارات مهاجر. چاپ اول. تهران.

۴. نصیری، قربانعلی. (۱۳۸۸). نیاز به توجه بیشتر به آموزش مثلثات. **مجلهٔ رشد آموزش ریاضی**. دفتر انتشارات کمک‌آموزشی، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی، وزارت آموزش و پرورش. شمارهٔ ۹۶. صفحه ۱۲-۱۴.

5. Bisio. R. M, (1971). The Effect of Manipulative Materials on Understanding Operation with Fraction in Grade, **Dissertation Abstracts International**. 32, 833A.

6. Boggan, M. & Harper, S. & Whitmire, A. (2009). Using Manipulatives to Teach Elementary Mathematics. Mississipi State University. **Journal of Instructional Pedagogies**.

7. Clements, D. H. (1999). Concrete Manipulatives, Concrete Ideas. **Contemporary Issues in Early Childhood**. (1), 45-60.

8. Cramer. K. Post. T, DelMas. R. (2002). Initial Fraction Learning by Forth-and Fifth-Crade Student: A Comparsion of the Effect of Using Commercial Curricula with the Effect of Using the Rational Number Project Curriculum, **journal for Research in Mathematics Education**, 33, 144-201.

9. Fennema. E. (1972). Models and Mathematics, **Arithmetic Teacher**, 19: 635-640.

Kennedy, L. M. (1986). A Rationale. **Arithmetic Teacher**. 33 (6), 6-7.

10. Marsh, L., & Cooke, N. (1996). "The Effects of Using Manipulatives in Teaching Math Problem Solving to Student with Learning Disabilities". **Learning Disabilities Research and Practice**, 11: 58-65.

11. Miller. S. P, Mercer. C. D. (1993). Using Data to Learn About Concrete-Semiconcrete-Abstract Instruction for Students with Math Disabilities. **Learning Disabilities Research and Practice**, 8: 89-96.

12. Olkun, S. & Toluk, Z. (2004). Teacher Questioning with an Appropriate Manipulative May Make a Big Difference. **IUMPST: The Journal**. Vol 2 (Pedagogy).

13. Puchner, L & Taylor, A. & O`Donnell, B. & Fick, K. (2008). Teacher Learning and Mathematics Manipulatives: Acollective Case Study About Teacher Use of Manipulatives HN Elementry and Middle School Mathematics Lesson. **School Science and Mathematics**. Retrieved December 10, 2009.

14. Ruzic, R. & O'Connell, K. (2001). **Manipulative**. National Center on Accessing the General Curriculum.

15. Seefeldt, C., & Wasik, B. A. (2006). **Early Education: Three-, Four-, and Five- Year-Olds Go To School (2nd ed.). Upper Saddle River: Pearson Education**

16. Smith, S. S. (2009). **Early Childhood Mathematics** (4th. ed). Boston: Pearson Education Using Manipulatives.

17. Sowell, E. (1989). Effect of Manipulative Mathematics in Mathematics Instruction, **Journal for Research in Mathematics Education**, 20: 498-505.

18. Stein, M. K. & Bovalino, J. W. (2001). Manipulatives: **One Piece of The Puzzle. Mathematics Teaching in the Middle School**, 6, 356-359.

19. Suydam, M., & Higgins, J. (1997). Activity-Based Learning in Elementary School Mathematics: Recommendation from Research. **ERIC EC144840**.

20. Uttal, D. H & Scudder, K. V & Deloache, J. S. (1997). Manipulatives as Symbols: A New Perspective on the Use of Concrete Objects to Teach Mathematics. **Journal of Applied Developmental Psychology**.

21. Ward, F. E. (1971). **Montessori Method and American School. Manchester**. NH: Ayer Company Publishers.

22. Wearne, D. & Hebert, J. (1988). A Cognitive Approach to Meaningful Mathematics Instruction: Testing a Local Theory Using Decimal Numbers. **Journal for Research in Mathematics Education**. 19, 371-384.