

اعتبار سازی ابزار با استفاده از نظریه‌های فعالیت و پرسش و پاسخ برای ارزشیابی درک دانش‌آموزان از دست‌ورزی‌های مجازی در یادگیری ریاضی

■ فرشته زینی‌وندنژاد*

چکیده:

پدیده تکنولوژی‌های جدید، دست‌ورزی‌های فیزیکی را، که مدل‌هایی ملموس برای بازنمایی مفاهیم هستند، جایگزین دست‌ورزی‌های مجازی کرده است که بسیاری از فراگیران و معلمان آن‌ها را در کلاس‌های ریاضی سودمند می‌دانند. مطالعه حاضر، انگیزه دانش‌آموزان را برای کار با دست‌ورزی‌های مجازی، به‌عنوان ابزارهایی در آموزش ریاضی، بررسی کرده است. از «نظریه فعالیت» برای تهیه ابزار چندمؤلفه‌ای، برای انجام پیمایشی در خصوص دست‌ورزی‌های مجازی در آموزش ریاضی، استفاده شد. در پیمایش ۴۴۲ نفر دانش‌آموز دبیرستانی، به‌منظور آزمون کردن درک آن‌ها از ویژگی‌های مختلف این دست‌ورزی‌ها شرکت داده شدند. با استفاده از مدل مقیاس رتبه‌بندی راش اندریچ بر اساس نظریه پرسش پاسخ، جنبه‌های روان‌سنجی ابزار از جمله قابل قبول بودن نشانگر، توانایی فراگیر، برازش و تک‌بعدی بودن بررسی شد و ابزاری روان‌ساز شده برای اندازه‌گیری انگیزه دانش‌آموزان در استفاده از دست‌ورزی‌های مجازی تهیه شد. این ابزار می‌تواند برای پیدا کردن عواملی به کار رود که درک دانش‌آموزان از دست‌ورزی‌های مجازی را در کلاس ریاضی نشان می‌دهد. همچنین با استفاده از این ابزار می‌توان روابط بین سازه‌های این پرسش‌نامه را بررسی کرد که با تولید مدل‌هایی در خصوص انگیزه دانش‌آموزان برای استفاده از دست‌ورزی‌های مجازی می‌تواند علاوه بر گسترش مرز دانش در این حوزه، کیفیت فرآیند یاددهی و یادگیری ریاضی را ارتقا دهد.

کلید واژه‌ها: نظریه فعالیت، عمل، هدف، انگیزه، مدل اندازه‌گیری راش، دست‌ورزی‌های مجازی

کلید واژه‌ها:

□ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۱۱/۲۱

□ تاریخ شروع بررسی: ۹۶/۷/۲۱

□ تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۶/۴

* دکترای آموزش ریاضی، کارشناس توسعه و کاربرد نرم‌افزارهای آموزشی، پژوهشکده برنامه‌ریزی درسی و نوآوری‌های آموزشی، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی... f_zeynivand@yahoo.com

مقدمه

برای دهه‌ها انواع دست‌ورزی‌های فیزیکی^۱ مانند مهره‌های شمارش، چرتکه، چوب‌خط و ... در تدریس ریاضی، برای کمک به دانش‌آموزان در دیداری‌سازی و دریافت مفاهیم تدریس شده، به کار رفته‌اند (یوان، لی و وانگ^۲، ۲۰۱۰). دست‌ورزی‌ها به دانش‌آموزان در ملموس ساختن مفاهیم انتزاعی، کمک به راستی‌آزمایی ایده‌ها و سودمند بودن در فرآیند حل مسئله کمک می‌کنند (برنز و هام^۳، ۲۰۱۱). پژوهش‌ها نشان داده است دانش‌آموزانی که از دست‌ورزی‌های فیزیکی در ریاضیات به طور مناسب بهره می‌گیرند عملکرد بهتری نسبت به افرادی که از ابزار استفاده نمی‌کنند دارند (اندرسون-پنس، مویر-پاکنهام، وستنکو، شاموی و جردن^۴، ۲۰۱۴).

پیشنهاد می‌شود یادگیری بر اساس تجارب شخصی و شرکت فعال فراگیر در فرآیندهای یادگیری صورت گیرد (لرمان^۵، ۲۰۰۱؛ تال^۶، ۲۰۱۳). بر این اساس، در بسیاری از کلاس‌های ریاضی، آموزشگران دست‌ورزی‌های فیزیکی را برای تشویق دانش‌آموزان، برای کار با انواع مختلف بازنمایی‌ها، به کار می‌برند و این امر یادگیری آن‌ها را تسهیل می‌کند (باکی، کوسا و گیون^۷، ۲۰۱۱؛ کارینیو، مارلی و سلیگ^۸، ۲۰۱۳). کنتاس^۹ (۲۰۱۶) تفاوت معناداری بین گروه کنترل و آزمایش برحسب نگرش به ریاضی در مطالعه‌ای با عنوان اثر دست‌ورزی‌ها روی پیشرفت تحصیلی ریاضی در میان دانش‌آموزان دبیرستانی به دست آورد. هرچند، یوان و همکاران (۲۰۱۰) با این ادعا مخالفت و اذعان کردند که تهیه دست‌ورزی‌های فیزیکی گران است و استفاده از آن‌ها نیازمند کنترل و تمیز نگه‌داشتن کلاس است.

دست‌ورزی‌ها مهارت‌های بازنمایی^{۱۰} و دیداری‌سازی^{۱۱} دانش‌آموزان را پرورش می‌دهد (کوپ^{۱۲}، ۲۰۱۵؛ ها و فنگ^{۱۳}، ۲۰۱۸). دیداری‌سازی، توانایی تفسیر و تأمل روی تصاویر، عکس‌ها و نمودارها در ذهن شخص می‌تواند با و یا بدون ابزارهای تکنولوژی انجام گیرد. دیداری‌سازی از طریق ایجاد ارتباط، توصیف اطلاعات و تفکر در خصوص توسعه مفاهیم نامعلوم اتفاق می‌افتد و در نهایت منجر به ارتقای فهم شخص می‌شود (زیمرمن و کانینگهام^{۱۴}، ۱۹۹۱). مطابق با کاپوت^{۱۵} (۱۹۹۲)، هر چه بازنمایی‌های ذهنی افراد از یک مفهوم بیشتر باشد، آن‌ها در یادگیری آن مفاهیم موفق‌تر خواهند بود. انتقال از یک بازنمایی (مثلاً، کلامی، جدولی و نمادی) به نوع دیگر از بازنمایی (برای مثال، تصویری) برای فهم عمیق مفاهیم ریاضی، امری اساسی است (تال، ۲۰۱۳). روابط ضمنی بین بازنمایی‌های مختلف مفاهیم می‌تواند به وسیله استفاده از محیط‌های یادگیری مبتنی بر تکنولوژی آشکار شود (دریفوس^{۱۶}، ۱۹۹۱). ظهور تکنولوژی‌های جدید موجب توسعه دست‌ورزی‌های مجازی^{۱۷} شده است (بوک و فلنگان^{۱۸}، ۲۰۱۰؛ مویر-پاکنهام و بولیارد^{۱۹}، ۲۰۱۶). دست‌ورزی مجازی به بازنمایی تصویری مبتنی بر تکنولوژی اطلاق می‌شود که با توجه به ویژگی‌های محیط برنامه‌نویسی رایانه‌ای درباره یک شیء ریاضی، دست‌ورزی را ممکن می‌سازد و فرصت‌هایی برای ساخت دانش ریاضی را فراهم می‌کند (مویر-پاکنهام و بولیارد، ۲۰۱۶). به‌خاطر ماهیت تعاملی که دارند، دست‌ورزی‌های

مجازی در محیط‌های مبتنی بر تکنولوژی در وسایلی مانند تبلت‌ها، رایانه‌های شخصی و تابلوهای تعاملی ارائه می‌شوند و می‌توانند به هر زبان برنامه‌نویسی ساخته شوند (مویر- پاکنهام و بولیارد، ۲۰۱۶). برخی محیط‌های طراحی بازی فعلی، حاوی دست‌ورزی‌های مجازی هستند و میزان تعامل و پویایی را ارتقا می‌دهند، و این فرایندی است که به «بازی‌سازی» یا «استفاده از عناصر طراحی بازی در بافت‌های غیر بازی» مشهور است (دیتردینگ، دیکسون، خالد و ناکی^{۲۰}، ۲۰۱۱، ص. ۱۰). دست‌ورزی‌های مجازی به‌عنوان اشیای یادگیری^{۲۱} هم در نظر گرفته می‌شوند، زیرا یادگیری را به‌وسیله یک محیط مجازی مناسب فراهم می‌کنند که دانش‌آموزان در آن درگیر می‌شوند و تفکر آنان برانگیخته می‌شود. ماهیت سرگرم‌کننده بودن دست‌ورزی‌های مجازی جنبه انگیزاننده بسیاری از آن‌هاست که در مطالعات این حوزه به آن اشاره شده است (کاراکیریک^{۲۲}، ۲۰۱۶). اگرچه، نقش انگیزه در فهم مفاهیم مختلف ریاضی هنوز نامشخص است، به نظر می‌آید استفاده از دست‌ورزی‌های مجازی برای همه گروه‌های فراگیر، فارغ از نوع انگیزه، مؤثر است. کاراکیریک (۲۰۱۶) انگیزه فراگیران در استفاده از دست‌ورزی‌های مجازی را بررسی کرده و نشان داده است که سطح درگیری و مشغول بودن در تکالیف ریاضی در «گروه آزمایش» بیشتر از «گروه کنترل» است. مفاهیم ریاضی چون انتزاعی هستند گاهی اوقات فهمیدن آن‌ها دشوار و نیازمند فعالیت‌های ملموس برای کشف توسط دانش‌آموزان است. بر این اساس، دیداری‌سازی برای تبدیل محتواهای انتزاعی به شکل ملموس و قابل مشاهده ضروری است و به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا مفاهیم ریاضی را بهتر بفهمند (لی و چن^{۲۳}، ۲۰۱۶). در مقایسه با دست‌ورزی‌های فیزیکی، دست‌ورزی‌های مجازی ویژگی‌های تعاملی پویا دارند و به‌طور گسترده می‌توانند از طریق وبسایت‌ها قابل دسترس باشند (مویر- پاکنهام و بولیارد، ۲۰۱۶).

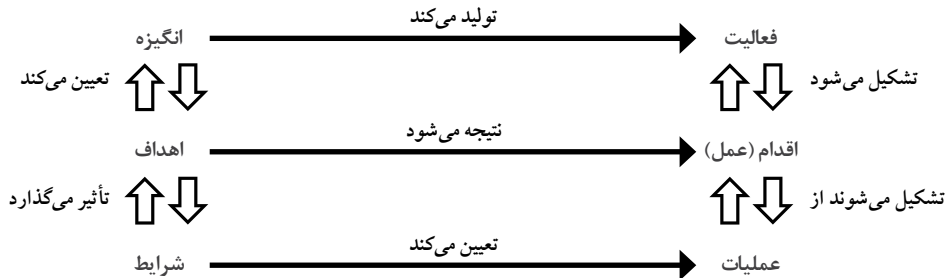
باین‌همه، استفاده از دست‌ورزی‌های مجازی هنوز در کلاس‌های ریاضی جدید است و از دید معلمان به پایه‌های ابتدایی محدود می‌شود (بوک و فلانگان، ۲۰۱۰؛ فرنر و ورل^{۲۴}، ۲۰۱۷؛ مویر- پاکنهام و بولیارد، ۲۰۱۶). در مجموع تحقیق‌های اندکی درباره انگیزه‌ها و اهداف دانش‌آموزان به‌عنوان مهم‌ترین عوامل برای استفاده از دست‌ورزی‌های مجازی در یادگیری ریاضی انجام شده است (کاپلند^{۲۵}، ۲۰۰۴؛ چائو، چن، استار و دد^{۲۶}، ۲۰۱۶). مطالعه حاضر این حوزه کمتر مطالعه شده را به‌وسیله توسعه و رواج دادن یک ابزار برای ارزشیابی درک دانش‌آموزان از دست‌ورزی‌های مجازی برای یادگیری ریاضی بررسی می‌کند. برای مفهومی‌سازی سازه روان‌شناسی موردنظر، «نظریه فعالیت» به کار رفته است که به یادگیری به‌عنوان یک فعالیت اجتماعی- فرهنگی نگاه می‌کند (کاپلند، ۲۰۰۴). در این نگاه، شکل‌گیری اهداف دانش‌آموزان در خصوص فعالیت‌های یادگیری متأثر از انگیزه‌های شخصی، انگیزه‌های اجتماعی- فرهنگی و نیز بافت‌های اجتماعی زیست محیط آنان است. «نظریه فعالیت» کمک می‌کند که طیف وسیعی از تجارب کسب‌شده توسط دانش‌آموزان در استفاده از رایانه‌ها به‌دست‌آید و روشی برای بهبود ابزارهای جدید در فرآیند یاددهی- یادگیری ریاضی پیشنهاد شود (لادل و کورتنکمپ^{۲۷}، ۲۰۱۶).

چارچوب نظری

«نظریه فعالیت» (ویگوتسکی، ۱۹۷۸) تلاش می‌کند تغییر، یادگیری و توسعه را به‌عنوان ویژگی‌های فعلی یک سیستم فعالیت نسبت به روابط علی معلولی بین عناصر آن توضیح دهد (جورداک^{۲۸}، ۲۰۱۶). از آنجاکه تاکنون چندین نسل از نظریه فعالیت ظهور کرده است (برای مثال، کاپلند، ۲۰۰۴)، مطالعه حاضر نسلی را به کار می‌گیرد که به بررسی فعالیت یادگیری ریاضی از طریق دست‌ورزی‌های مجازی کمک می‌کند (انگسترم^{۲۹}، ۱۹۸۷). برای این منظور، در ادامه شش ویژگی اصلی از فعالیت یادگیری ریاضی به‌وسیله نرم‌افزارهای آموزشی از جمله دست‌ورزی‌های مجازی شرح داده می‌شود.

فعالیت در سطوح مختلفی تجزیه و تحلیل می‌شود: لیونف^{۳۰} (۱۹۸۱) روی نقش اهداف به‌عنوان انگیزاننده فعالیت‌های یادگیری در سه سطح فعالیت^{۳۱}، اقدام (عمل)^{۳۲} و عملیات^{۳۳} برای فعالیت‌های انسانی تأکید می‌کند. چنانچه در شکل ۱ نشان داده شده است، نقطه شروع هر فعالیتی انگیزه فردی است که به آن فعالیت مشغول است که بدون آن فعالیت آغاز نمی‌شود (انگسترم، ۱۹۸۷). مطابق با نظر لیونف، فعالیت بدون انگیزه، فعالیتی است که انگیزه آن به‌طور ذهنی و عینی مخفی شده است. انگیزه باید به‌طور قابل لمس به هدف قابل حصول ترجمه شود. خواست یا اراده برای نیل به این هدف اقدام‌هایی را تولید می‌کند که فعالیت را شکل می‌دهد. این اقدامات تصادفی نیستند بلکه تابع یک هدف آگاهانه فرد (یا افراد) مشغول به آن فعالیت هستند. همان‌طور که مفهوم فعالیت تابع مفهوم انگیزه است، مفهوم عمل نیز تابع یا زیردست مفهوم هدف است. اقدامات به‌طور عملیاتی به‌وسیله ابزارها (ابزارهای فیزیکی و نمادی) انجام می‌شوند که تحت شرایط عینی بافت فرهنگی اجتماعی خاصی که در آن فعالیت درک می‌شود قابل دسترس هستند (جورداک، ۲۰۱۶). به عبارتی، هر فعالیت شامل مجموعه‌ای از عمل‌های در حال ظهور است که از اهداف انتخاب‌شده آگاهانه یا «اهداف^{۳۴}» ذهنی نتیجه می‌شوند. «اهداف» همان مقاصد عمل^{۳۵} هستند که به‌وسیله درک ذهنی نیت‌های پشت این عمل‌ها مشخص می‌شوند. انگیزه فراگیر برای نیل به اهداف می‌تواند از طریق پرسیدن در خصوص چرایی اقدامات خاصی به دست آید که در یک مورد خاص صورت می‌گیرد. انگیزه معلمان و دانش‌آموزان برای انجام فعالیت‌های آموزشی از قالب یا ساختار فرهنگی نشئت می‌گیرد. مثلاً می‌توان به نیاز به شغل، یا رتبه تحصیلی و یا دست‌یابی به موقعیت‌های ممتاز اشخاص در یک جامعه آموزشی اشاره کرد (کاپلند، ۲۰۰۴). برای دانش‌آموزانی که رویکرد سطحی به مطالعه ریاضی؛ اهداف سطح پایین کوتاه‌مدت دارند انتظار می‌رود که مشکلات آن‌ها را در مورد ریاضیات کاهش دهد. اما دانش‌آموزان با سطح بالای تجربه و اعتمادبه‌نفس در استفاده از رایانه‌ها ممکن است تکالیف خاصی را در درس ریاضی از معلم خود درخواست کنند، خود را با برنامه‌های رایانه‌ای هماهنگ و همسو سازند، اهداف چالش‌برانگیزتری برای خود انتخاب نمایند و سطح بالاتری از تعامل با مواد آموزشی را، مبتنی بر اهداف خود، در دروس ریاضی مدنظر قرار دهند. در این مدل، انگیزه‌ها و اهداف عناصری کلیدی هستند و بدون آن‌ها فعالیت‌ها و عمل‌ها تولید نمی‌شوند.

اعتبار سازی ابزار با استفاده از نظریه‌های فعالیت و پرسش و پاسخ برای ارزشیابی درک دانش‌آموزان از دست‌ورزی‌های مجازی در یادگیری ریاضی



شکل ۱. ماهیت سلسله مراتبی «نظریه فعالیت» (برداشت از جورداک، ۲۰۱۶، ص. ۱۶۹)

اقدامات (عمل‌ها) پاسخ‌های خلاق و آگاهانه‌ای را تولید می‌کنند که روند فعالیت برای رسیدن به «هدف» را توسط فرد یا گروه شکل می‌دهند. در کلاس‌های ریاضی، «هدف» مسئله‌ای است که معلم و فراگیر روی آن کار می‌کنند (هاردمن^{۳۶}، ۲۰۰۵) و از بازده‌های قابل مشاهده متمایز است. سطح دوم فعالیت، عملیات هستند که به وسیله مردم به عنوان ابزارهایی در طول فعالیت استفاده می‌شوند و بدون توجه آشکار به فرآیندهای ذهنی برای انجام این تکالیف صورت می‌گیرند (هاردمن، ۲۰۰۵). ابزارهایی نظیر، دست‌ورزی‌های مجازی یا سیستم‌های جبر رایانه‌ای، عملکرد اصلی فعالیت را ممکن می‌سازد بدون اینکه فرد به درخواست‌های عملیاتی پیچیده در محیط‌های قلم و کاغذی توجه کند.

هدف و هدف محوری به عنوان مؤلفه‌های اساسی: این ویژگی «نظریه فعالیت» در بسیاری از مطالعات، در پارادایم غربی پردازش اطلاعات نادیده گرفته می‌شود. متغیرهای عاطفی، «انگیزه» یا «اعتماد به نفس» در بسیاری از تحقیقات مطالعه شده‌اند (دورکسن و همکاران^{۳۷}، ۲۰۱۷؛ کاپلند، ۲۰۰۴) اما هیچ جدایی بین ویژگی‌های عاطفی از ویژگی‌های شناختی یادگیری در نظریه فعالیت وجود ندارد. در مطالعه حاضر، فرض بر این است که اهداف هر شخص برای فهم عمل آن‌ها شناسایی می‌شود. تجارب و تفسیر آن‌ها نقش عمده‌ای در اطلاعات هدف بازی می‌کند. هر چه دانش‌آموزان بیشتر اهدافی را برای استفاده از برنامه‌های رایانه‌ای مانند دست‌ورزی‌های مجازی برای کمک به خود تعیین کنند، برای فکر کردن و بررسی سؤال‌های خود در ریاضیات بیشتر تحریک و مجذوب می‌شوند. بنابراین، از دانش‌آموزان در مورد اینکه معمولاً چطور ریاضی را مطالعه می‌کنند و چرا چنین روش‌هایی را به کار می‌برند پرسش به عمل می‌آید.

فعالیت‌ها به وسیله ابزارها انجام می‌شوند: همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، نمادها و زبان مؤلفه‌های اصلی «نظریه فعالیت» هستند. عمل‌ها با استفاده از ابزارها آسان‌تر انجام می‌شوند، ابزارها «هم ممکن می‌سازند و هم حتی منجر به خلق انواع فعالیت‌هایی می‌شوند که به گونه دیگر امکان ندارد» (ورتش^{۳۸}، ۱۹۷۹، ص. ۲۶؛ زینی و نندنژاد و بیتس^{۳۹}، ۲۰۱۷). کتاب‌های درسی، نوشته‌ها، یادداشت‌های تکثیرشده، ویدئو پروژکتورها، رایانه‌ها و روش‌های استفاده‌شده همراه با زبان استفاده‌شده و لغات خاص آن ابزارهایی میانجی هستند و روی تجارب یادگیری معلمان و دانش‌آموزان تأثیر می‌گذارند. بررسی تجارب دانش‌آموزان در استفاده از ابزارهای دست‌ورزی مجازی و انگیزه‌های

استفاده از این ابزارها به استخراج نظرات آن‌ها دربارهٔ این نوع از نرم‌افزارها کمک می‌کند. این ویژگی «نظریهٔ فعالیت» همراه با دو ویژگی بعدی دربارهٔ توصیفات توسعه‌ای، یک چارچوب اصلی فراهم می‌کند که مطالعه را در بافت مؤسسه‌ای و ساختار اجتماعی بافت جامعه ریاضی قرار می‌دهد. **تأکید بر توضیح تکاملی یا ژنتیکی (ورتش، ۱۹۷۹):** اینکه دانش‌آموزان هنگام استفاده از دست‌ورزی‌های مجازی چه کاری انجام می‌دهند و چگونه تجارب خود را تفسیر و نهادینه می‌کنند بخش عظیمی از این مطالعه را شکل می‌دهد که با پرسیدن سؤال‌هایی در مورد آنچه در مورد مسیر یادگیری خود در ریاضی در گذشته داشته‌اند بررسی می‌شود (کاپلند، ۲۰۰۴). پرسش‌های مربوطه، مطابق با کاپلند، عبارت‌اند از: در سایت رایانه چه کاری انجام می‌دهید؟ چگونه تجارب قبلی در مورد ریاضی و رایانه باعث گسترش یا محدودیت تعامل شما با رایانه، تکلیف و نرم‌افزار می‌شود؟ بایستی نقش تعامل در درس ریاضی با دانش‌آموزان دیگر برجسته شود، که به‌عنوان بخشی از ارتقای آگاهی فراگیران ریاضی محسوب می‌شود. یک نکتهٔ مهم این است که دست‌ورزی‌های مجازی به‌وسیلهٔ ریاضی‌دانان با دانش پیشرفته و عمیق ریاضی، هم در رایانه و هم در الگوریتم‌های قلم و کاغذی، به وجود آمده‌اند، اما ویژگی‌های روان‌شناسی در استفاده از این نرم‌افزارها برای یادگیری و تدریس، کمتر مورد بررسی قرار گرفته‌اند. برای این منظور از تجارب دانش‌آموز در خصوص کار با دست‌ورزی‌های مجازی سؤال می‌شود که: «پیشینهٔ شما در درس ریاضی چقدر شما را در کار کردن با این نرم‌افزارها محدود می‌کند؟» همچنین، نقش بحث‌کردن با دیگران دربارهٔ مفاهیم ریاضی برجسته می‌شود. این بخش، قسمتی از توسعهٔ آگاهی فرد به‌عنوان فراگیر ریاضی است. **ماهیت اجتماعی فعالیت انسانی:** اهمیت این ویژگی به‌وسیلهٔ ورتش (۱۹۷۹) برجسته می‌شود که فرآیندهای روان‌شناختی در سنت ویگوتسکی در خصوص توجه ارادی را مطرح می‌کند که ابتدا در مرحلهٔ بین‌روان‌شناختی^{۴۰} (بین فردی) و سپس در مرحلهٔ درون‌روان‌شناختی^{۴۱} (درون فردی) ایجاد می‌شوند. مرحلهٔ اول از طریق تعامل فراگیر با یک بزرگسال و مرحلهٔ دوم از طریق تعامل جامعه با سطح شخصی فرد توسعه می‌یابد. برای بیان این ویژگی‌ها، چندین سؤال شامل میزان اهمیت استفادهٔ معلمان در تدریس با استفاده از دست‌ورزی‌های مجازی پرسیده می‌شود. آیا دانش‌آموزانی که از کار کردن با دیگران لذت می‌برند تجارب متفاوتی هنگام کار گروهی با دست‌ورزی‌های مجازی به‌طور کیفی گزارش می‌کنند؟ **درونی سازی:** به ساخت صفحهٔ درونی آگاهی از طریق فعالیت‌های خارجی و اجتماعی درونی سازی اطلاق می‌شود (کاپلند، ۲۰۰۴). یکی از تفاوت‌های بین رویکردهای پیازه و ویگوتسکی به درونی سازی این است که پیازه، در کار آخر خود به‌طور عمده به این اهمیت می‌داد که چگونه فرد صورت‌های مختلف اقدام‌های خود را که در جهان واقعی انجام داده است درونی سازی می‌کند، درحالی‌که ویگوتسکی عمدتاً بر این امر تمرکز داشت که چگونه فرد صورت‌های اصلی فعالیت‌هایی را که دارای ماهیت فرهنگی و اجتماعی هستند درونی سازی می‌کند (ورتش، ۱۹۷۹). از منظر ویگوتسکی، شکل‌های

مختلف دانش به‌طور ثابت در هر فرهنگی در حال تغییر و تحول هستند. این ویژگی بحث‌هایی را در خصوص نقش ابزارهای جدید، مانند دست‌ورزی‌های مجازی یا سایر نرم‌افزارهای آموزشی، مطرح می‌کند. سیستم‌های علائم مختلف نقش عمده‌ای در فرآیند درونی‌سازی بازی می‌کنند. آیا این ابزارها مستقل از ریاضی هستند؟ زیرا می‌توان یک تدریس رضایت‌بخش را نیز بدون استفاده از این ابزارها انجام داد؛ و یا این ابزارها بخشی از یک فعالیت اجتماعی پویا محسوب می‌شوند که به‌طور ثابت در حال توسعه است و به‌طور غیرمستقیم با ابزارهای آن در ارتباط است؟ به‌طور خلاصه، تعامل بین دانش‌آموزان با مفاهیم ریاضی (اشیاء ریاضی) از طریق دست‌ورزی‌های مجازی در «نظریه فعالیت» تأکید می‌شود. «نظریه فعالیت» یادگیری و توسعه آن را به‌عنوان درونی‌سازی فعالیت‌های خارجی می‌بیند.

روش‌شناسی تحقیق

در این تحقیق یک پیمایش با شرکت ۴۴۲ نفر از دانش‌آموزان دبیرستانی، متوسطه اول و دوم، انجام شد که ۲۸۲ نفر آن‌ها (۶۳٪) دختران بودند. سن آن‌ها از ۱۲ تا ۱۹ سال و بیشترین سن شرکت‌کننده در این پژوهش ۱۷ سال بود. میانگین سن دانش‌آموزان ۱۶ سال با انحراف استاندارد ۱/۴۴ بود. بیش از ۵۰ درصد شرکت‌کنندگان کلاس ۱۲ بودند. جامعه آماری مطالعه، دانش‌آموزان متوسطه اول و دوم در ایران بنا بر اطلاعات سالنامه آماری در سال ۹۴-۹۵ بیش از ۵۰۰۰ نفر بودند. گای، مایلز و ایراسیان^{۳۲} (۲۰۱۱) برای جمعیت بیشتر از ۵۰۰۰ نفر یک نمونه ۴۰۰ نفری را مناسب می‌دانند. همچنین راهنمای کمری و لی^{۳۳} (۱۹۹۲) نمونه ۳۰۰ نفری را برای تحقیق‌های تحلیل عاملی اکتشافی خوب و ۵۰۰ نفری را خیلی خوب در نظر می‌گیرد. نمونه‌ها به روش طبقه‌ای^{۳۴} انتخاب شده بودند. بر این اساس، کشور از لحاظ مشابه بودن موقعیت جغرافیایی، جمعیت و نیز دست‌یابی به امکانات نرم‌افزاری به چند طبقه تقسیم شد در نهایت شهر تهران و استان‌های اصفهان، فارس، کرمانشاه و کرمان انتخاب شدند. از طریق نمایندگان سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی در استان‌های انتخابی فهرستی از مدارس به‌صورت تصادفی تهیه شد و توسط این نمایندگان پرسش‌نامه‌ها برای تکمیل به مدارس ارسال گردید (گروترو و والنائو^{۳۵}، ۲۰۰۷). در نهایت تعداد ۴۴۲ نفر پرسش‌نامه‌ها را تکمیل کردند. ابزار جمع‌آوری داده در این پژوهش دارای شش بخش از جمله ۱. اطلاعات عمومی شرکت‌کنندگان، ۲. مفهوم یادگیری ریاضی، ۳. پیشینه استفاده از رایانه، ۴. درک ریاضی، ۵. رویکرد مطالعه ریاضی و در نهایت ۶. اولین تجارب کار با دست‌ورزی‌های مجازی است. اگرچه بخش رویکرد مطالعه ریاضی (بخش ۵ پرسش‌نامه در این مقاله مطالعه ریاضی نامیده می‌شود) خود به‌تنهایی یک پیمایش برای استخراج داده‌های مرتبط با روش‌هایی است که دانش‌آموزان برای یادگیری ریاضی استفاده می‌کنند، یک عنصر اصلی در «نظریه فعالیت» است، عنصری که در پرسش‌نامه‌های قبلی به‌طور مناسب مطالعه نشده است. عمل‌ها در سمت و سوی اهداف هستند که به‌وسیله ابزارها در بافت اجتماعی و فیزیکی اتفاق می‌افتند. علاوه بر این، اهداف برمی‌انگیزانند و به حفظ و تداوم عمل‌ها کمک می‌کنند. بنابراین،

انتخاب یک مدل سیستم فعالیت برای یادگیری شامل پیدا کردن و چرایی عمل‌هایی است که دانش‌آموزان خود انجام می‌دهند. به این دلیل، پرسش‌های آنها باز درباره یادگیری ریاضی (بخش دوم پرسش‌نامه) پرسیده شد. به خاطر محدودیت جا در بیان نتایج فقط نتایج مربوط به بخش‌های (۴)، (۵) و (۶) ارائه می‌شوند که به ترتیب به نام سازه‌های درک ریاضی، مطالعه ریاضی و تجربه نام‌گذاری می‌شوند لازم به ذکر است بعد از تجزیه و تحلیل داده‌ها سازه «تجربه» دارای سه عامل به نام تجربه ۱، تجربه ۲، تجربه ۳ بود که با استفاده از تحلیل عاملی اکتشافی با روش تحلیل مؤلفه اصلی راش از روی پس‌مانده‌ها به دست آمدند. پرسش‌نامه به کاررفته در این مطالعه بر اساس مطالعه کاپلند (۲۰۰۴) بود که با ۱۴۳ نمونه از دانشجویان سال اول در درس حساب دیفرانسیل برای استفاده از متمتیکا^{۴۶} انجام شده بود که برای استفاده در این مطالعه تطبیق داده شد. مطالعه اولیه حاوی سه پرسش‌نامه با نام‌های درک ریاضی (حاوی ۲۰ سؤال که در آن ۱۹ سؤال پنج‌طبقه‌ای لیکرت و یک سؤال گسترده پاسخ بود)، مطالعه ریاضی (حاوی ۲۹ سؤال که در آن ۲۸ سؤال پنج‌طبقه‌ای لیکرت و یک سؤال گسترده پاسخ بود) و تجارب استفاده از نرم‌افزار (حاوی ۵۹ سؤال که ۵۶ مورد آن سؤال پنج‌طبقه‌ای لیکرت و سه سؤال گسترده پاسخ بود) است. پرسش‌نامه‌های تولید شده توسط کاپلند باهم ترکیب شده و سؤالات اندکی که منطبق با آموزش با تکنولوژی در دوره متوسطه نبود حذف شد (در صورت نیاز با نویسنده مکاتبه فرمایید) سپس در این بخش پرسش‌نامه تطبیق داده شده به متخصصان موضوعی (یکی از آنان جزء گروه داوری مطالعه کاپلند بود) جهت دریافت نقطه نظرات آنان ارسال شد. متخصصان به اجماع بیان کردند که این پرسش‌نامه می‌تواند برای دوره دبیرستان نیز به کار برود ولی برای تعداد معدودی از دبیران ریاضی ارسال شود و نقطه نظرات آنها نیز مورد بررسی قرار گیرد. بعد از دریافت نظرات ۶ معلم دوره متوسطه و بررسی نقطه نظرات و اعمال موارد مربوط پرسش‌نامه جهت مطالعه اصلی آماده شد. لازم به ذکر است زیاد بودن سؤالات مهم‌ترین مسئله‌ای بود که توسط معلمان مطرح شد که با توجه به هدف این مطالعه که تهیه یک ابزار معتبر بود سعی شد تا حد امکان سؤالات پرسش‌نامه اولیه حفظ شوند. پرسش‌نامه پالایش شده نهایی برای جمع‌آوری داده از یک نمونه حداقل ۴۰۰ نفری با هدف تخمین خصوصیات جامعه بزرگ‌تر (دانش‌آموزان دوره متوسطه اول و دوم) استفاده شد (کرسول^{۴۷}، ۲۰۱۳).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

بسته نرم‌افزاری WINSTEPS (لین‌ایکر^{۴۸}، ۲۰۱۵) مدل مقیاس رتبه‌بندی راش- اندریج^{۴۹} (اندریج، ۱۹۷۸) بر اساس نظریه پرسش پاسخ، برای بررسی کیفیت روان‌سنجی ابزار مورد استفاده در این پیمایش به کار گرفته شد. مدل مقیاس رتبه‌بندی راش- اندریج نوعی از مدل راش است که برای سؤالات چندگزینه‌ای (مثل پنج‌طبقه‌ای لیکرت) به کار می‌رود (باند و فاکس^{۵۰}، ۲۰۱۵). مدل راش بر اساس نظریه پرسش پاسخ یک راهکار بسیار اثربخش برای کشف ویژگی‌های روان‌سنجی اندازه‌ها است و

برای رفع جانب‌داری پاسخ‌ها به کار می‌رود (فن زیله-تامس^{۵۱}، ۲۰۱۷). به عبارت دیگر، مدل مقیاس رتبه‌بندی راش- اندریچ شاخص‌های تشخیصی خوش‌بینانه‌ای برای هر گزینه پاسخ فراهم می‌کند که دقیقاً می‌تواند سازه موردنظر را اندازه‌گیری کند. این مدل شامل سه پارامتر دشواری سؤال^{۵۲} (قابل قبول بودن)، توانایی شخص^{۵۳}، دشواری گام^{۵۴} (دشواری که به وسیله یک طبقه برای مثال، در پنج طبقه‌ای لیکرت توسط شرکت‌کننده انتخاب می‌شود) بود. این پارامترها روی یک متریک مشترک با واحدهای logit مقیاس‌گذاری می‌شوند. هر چه مقدار logit بیشتر باشد سختی سؤال، توانایی شخص، و دشواری گام بیشتر است (پلنت و تنانت^{۵۵}، ۲۰۰۷؛ اسمیت^{۵۶}، ۱۹۹۱؛ رایت و مسترز^{۵۷}، ۱۹۸۲). چندین ویژگی روان‌سنجی ابزار با استفاده از مدل مقیاس رتبه‌بندی راش- اندریچ بررسی شده بودند چنانچه در ادامه آورده شده است.

تحلیل مؤلفه‌های اصلی راش از پس مانده‌ها^{۵۸}: یکی از پیش‌نیازهای اصلی مدل اندازه‌گیری راش تک‌بعدی^{۵۹} بودن است که با استفاده از تحلیل مؤلفه اصلی راش از پس مانده‌ها آزمون می‌شود. این فرآیند بررسی می‌کند که آیا یک بعد (که بعد راش^{۶۰} نامیده می‌شود) به‌طور اثربخش واریانس مشاهده‌شده در داده‌ها را تبیین می‌نماید یا نه و آیا بعد از اینکه مدل راش استخراج شد ساختار اصلی در پس مانده‌ها وجود دارد؟ که در آن پس مانده‌ها عبارت است از اختلاف بین نمره‌های مشاهده‌شده و نمره‌های مورد انتظار (یون و همکاران^{۶۱}، ۲۰۱۴؛ باند و فاکس، ۲۰۱۵؛ لین‌ایکر، ۲۰۱۵). ابعاد دوم^{۶۲} به‌عنوان مقابله‌ها^{۶۳} اطلاق می‌شوند و می‌توانند به سازه مربوط باشند یا نباشند. برای تک‌بعدی بودن یک مقیاس با توجه به واحدهای مقادیر ویژه (تعداد نشانگرهای آزمون) ابعاد دوم بایستی کمتر از ۲ باشند و به‌طور معناداری کمتر از مقادیر ویژه تبیین شده به‌وسیله بعد راش باشند (لین‌ایکر، ۲۰۱۵).

اعتبار و آماره‌های جداسازی (تفکیک) برای شرکت‌کنندگان و نشانگرها: شاخص جداسازی شخص^{۶۴} به تمایز شرکت‌کنندگان به مجموعه‌های معنادار متفاوت یا سطوح توانایی مختلف به‌وسیله مقیاس مربوطه اشاره می‌کند. همچنین شاخص جداسازی نشانگر^{۶۵} به تفکیک نشانگرها به مجموعه یا سطوح دشواری به‌وسیله توانایی شرکت‌کنندگان اطلاق می‌شود. اعتبار شخص/نشانگر^{۶۶} در مدل اندازه‌گیری راش با ضرایب تفکیک قابل‌قیاس است و به گسترش یا پراکندگی دشواری نشانگر و توانایی شخص اشاره می‌کند. دامنه این ضرایب بین صفر و یک است که مقدار بیشتر به همگنی بیشتر نمونه‌ها و نشانگرها اشاره می‌کند (باند و فاکس، ۲۰۱۵)، هرچند، شاخص‌ها با مقدار کمتر ضرورتاً به این مطلب اشاره نمی‌کند که داده‌ها و ابزار مفید نیستند (لین‌ایکر، ۲۰۱۵).

آماره برازندگی^{۶۷}: سازگاری ساختار تحت مطالعه با داده‌ها به‌وسیله انتظارات مدل اندازه‌گیری راش با نیکویی برازندگی، هم برای اندازه‌های شخص و هم نشانگر برای سودمندی کلی مقیاس، آزمون می‌شود (کیمپ‌بل و باند، ۲۰۱۶)، تک‌بعدی بودن، پیش‌شرط مدل اندازه‌گیری راش در برخی از موارد تحت تأثیر قرار خواهد گرفت و اگر "misfit" زیادی در داده‌ها وجود داشته باشد شاخص جداسازی نشانگر و شخص کاهش پیدا خواهد کرد (لین‌ایکر، ۲۰۱۵). اندازه‌های برازندگی به‌وسیله آماره‌های

MNSQ) infit and outfit mean-square) بررسی می‌شوند. چندین دامن پیشنهادی یا آستانه قابل قبول برای این مقادیر وجود دارد که سخت‌گیرانه‌ترین دامنه بین $0/8$ و $1/2$ و دامنه آزادتر بین $0/5$ و $1/5$ است و دامنه بین $0/7$ و $1/3$ دامنه سودمندتری برای داده‌های چندگزینه‌ای (بیش از دو گزینه) است (باند و فاکس، ۲۰۱۵). آماره‌های MNSQ می‌توانند استاندارد باشند، مثل مقادیر ZSTD که در دامنه $-\infty$ تا $+\infty$ قرار دارند. این آماره‌ها، هرچند، تا حد زیادی به اندازه نمونه حساس هستند و برای نمونه‌های بیشتر از 250 می‌توانند خیلی افزایش یابند (باند و فاکس، ۲۰۱۵). بنابراین، در مطالعه حاضر مقادیر MNSQ به‌عنوان شاخص‌هایی برای برازندگی مدل استفاده می‌شوند.

طبقه (مدرج‌سازی مقیاس^{۶۸}): تنظیم مدرج‌سازی صفر به وسیله بررسی مدرج‌سازی مقیاس با استفاده از تجزیه و تحلیل راش محاسبه می‌شود. این کار میزان احتمالی را تعیین می‌کند که پاسخ‌دهندگان به‌طور غیریکنواخت در بین طبقه‌های مقیاس پراکنده شده‌اند (لین ایگر، ۲۰۱۵).

نتایج

تحلیل مؤلفه‌های اصلی راش از پس‌مانده‌ها

در این مطالعه پنج سازه اصلی به نام «درک ریاضی^{۶۹}»، «مطالعه ریاضی^{۷۰}»، «تجربه^{۷۱}»، «تجربه^{۷۲}» و «تجربه^{۷۳}» وجود دارد. لازم به ذکر است که سه سازه آخر از تحلیل مؤلفه اصلی سازه «تجربه» در پرسش‌نامه اولیه به دست آمده‌اند. نتایج تحلیل مؤلفه اصلی برای این پنج سازه در جدول ۱ نشان داده شده است همان‌طور که دیده می‌شود درخصوص سازه درک ریاضی، نشانگرهای مربوط در یک سازه تک‌بعدی مشاهده شده‌اند که با بیشترین پراکندگی خام تبیین شده $45/6\%$ است^{۷۲}. مقدار ویژه $1/6$ از اولین مقابله^{۷۳} تک‌بعدی بودن را نشان می‌دهد زیرا در اولین مقابله مقدار واریانس تبیین نشده کمتر از 2% است. مشابه سازه درک ریاضی، نتایج تحلیل مؤلفه اصلی برای مطالعه ریاضی مطابق با جدول ۱ با بیشترین واریانس خام^{۷۴} $(44/7\%)$ به وسیله مدل توضیح داده شده است. مقدار ویژه 2 در اولین مقابله تک‌بعدی بودن را پیشنهاد می‌کند. برای سازه سوم در پرسش‌نامه (تجربه) تحلیل مؤلفه اصلی راش برای پس‌مانده‌ها انجام شد و نشان داد که این سازه چندبعدی است چون مقدار ویژه در واریانس تبیین نشده در اولین مقابله بیشتر از 2 بود. بنابراین، نمودار اولین مقابله پس‌مانده استاندارد^{۷۵} ملاحظه شد و نشانگرهای هر دسته^{۷۶} مشخص شدند. مدل اندازه‌گیری راش برای هر دسته به نام‌های دسته ۱، دسته ۲ و دسته ۳ اجرا شد که در آن سه سازه تجربه^{۷۱}، تجربه^{۷۲} و تجربه^{۷۳} به دست آمدند، چنانچه در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج تحلیل مؤلفه اصلی برای تجربه^{۷۱} اشاره می‌کند که نشانگرها با هم یک سازه تک‌بعدی را برازش می‌کنند که $(31/8\%)$ به وسیله مدل توضیح داده شده بود. مقدار ویژه در اولین مقابله 2 بود که تک‌بعدی بودن را نشان می‌داد. به‌طور مشابه برای تجربه^{۷۲} بیشترین مقدار واریانس خام برابر $35/8\%$ که به وسیله مدل تبیین شده بود. ضمناً مقدار ویژه در واریانس تبیین نشده اولین مقابله $1/8$ بود. ضمناً، برای تجربه^{۷۳}، بیشترین مقدار واریانس داده خام تبیین شده $49/7\%$ بود که مقدار ویژه در اولین مقابله برابر $1/9$ بود.

اعتبار سازی ابزار با استفاده از نظریه‌های فعالیت و پرسش و پاسخ برای ارزشیابی درک دانش‌آموزان از دست‌ورزی‌های مجازی در یادگیری ریاضی

جدول ۱. تک‌بعدی بودن درک ریاضی، مطالعه ریاضی، تجربه ۱، تجربه ۲ و تجربه ۳

سازه‌ها	وارانس خام کل مشاهدات ^{۷۷}		وارانس شده به‌وسیله اندازه‌ها ^{۷۸}		وارانس خام تبیین شده به‌وسیله اشخاص ^{۷۹}		وارانس شده به‌وسیله نشانگرها ^{۸۰}		وارانس تبیین نشده خام (کل) ^{۸۱}		وارانس تبیین نشده در اولین مقابله ^{۸۲}	
	معدل سازی شده	تجربی	معدل سازی شده	تجربی	معدل سازی شده	تجربی	معدل سازی شده	تجربی	معدل سازی شده	تجربی	معدل سازی شده	تجربی
درک ریاضی	۱۲/۹ ٪۱۰۰	٪۱۰۰	۵/۹ ٪۴۵/۶	۴۵/۷٪	۲/۹ ٪۲۲/۵	٪۲۲/۵	۳/۰ ٪۲۳/۲	۲۳/۲٪	۷/۰ ٪۵۴/۳	٪۱۰۰	۱/۶ ٪۱۲/۱	٪۲۲/۲
مطالعه ریاضی	۳۰/۸ ٪۱۰۰	٪۱۰۰	۱۳/۸ ٪۴۴/۷	۴۴/۳٪	۵/۳ ٪۱۷/۳	٪۱۷/۱	۸/۴ ٪۲۷/۴	۳۷/۱٪	۱۷/۰ ٪۵۵/۸	٪۱۰۰	۲/۰ ٪۶/۴	٪۱۱/۵
تجربه ۱	۲۰/۵ ٪۱۰۰	٪۱۰۰	۶/۵ ٪۳۱/۸	۳۱/۹٪	۱/۶ ٪۷/۸	٪۷/۸	۴/۹ ٪۲۴/۰	۲۴/۱٪	۱۴/۰ ٪۱۰۰	٪۱۰۰	۲/۰ ٪۹/۸	٪۱۴/۴
تجربه ۲	۲۱/۸ ٪۱۰۰	٪۱۰۰	۷/۸ ٪۳۵/۸	۳۵/۵٪	۲/۴ ٪۱۱/۳	٪۱۱/۱	۵/۴ ٪۲۴/۶	۲۴/۴٪	۱۴/۰ ٪۱۰۰	٪۱۰۰	۱/۸ ٪۸/۲	٪۱۲/۷
تجربه ۳	۲۹/۸ ٪۱۰۰	٪۱۰۰	۱۴/۸ ٪۴۹/۷	۴۹/۴٪	۷/۴ ٪۲۴/۷	٪۲۴/۵	۷/۵ ٪۲۵/۰	۲۴/۹٪	۱۵/۰ ٪۱۰۰	٪۱۰۰	۱/۹ ٪۶/۵	٪۱۲/۹

علاوه بر این، نیکویی برازش تصویری^{۸۳} همبستگی بین اندازه‌های outfit استاندارد نشانگر و اندازه‌های نشانگر را نشان می‌دهد. به نشانگرها مقداری اختصاص داده می‌شود که این مقدار بایستی بین ۲- و ۲+ باشد. اندازه‌های بیشتر از این مقادیر قابلیت نشانگرهای misfit را دارند. بنابراین مهم است تذکر داده شود که همه اندازه‌های MSNQ در بازه قابل قبول برای برازش قابل استفاده از مدل قرار دارند. با استفاده از نرم‌افزار WINSTEPS، نشانگرها در بخش ۶ پرسش‌نامه به سه دسته تقسیم شدند، اندازه‌های اشخاص برای هر دسته به دست آمد و مقادیر همبستگی disattenuated بین اندازه‌های شخص و سه دسته گزارش شدند. مقادیر این همبستگی نزدیک ۱ بودند که عملاً نشانگرها یک چیز یکسان را اندازه‌گیری می‌کنند و احتمالاً تک‌بعدی بودن را نشان می‌دهند (بون و همکاران، ۲۰۱۴؛ لین‌ایکر، ۲۰۱۵).

آماره برازش شخص

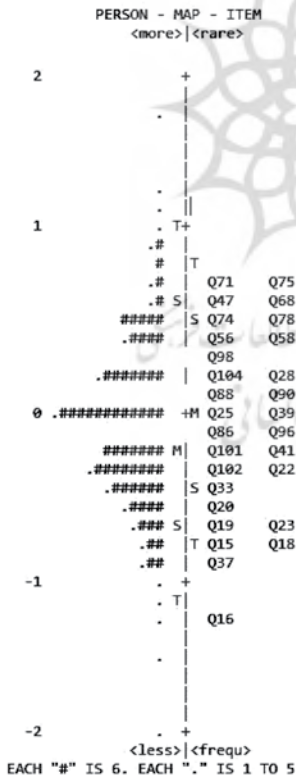
شاخص جداسازی شخص در کل پرسش‌نامه برابر ۳/۷۰ با اعتبار شخص ۹۳/۰ است که شاخص جداسازی نشانگر ۸/۴۳ با اعتبار نشانگر ۹۹/۰ است که نشان می‌دهد ابزار می‌تواند اشخاص با توانایی‌های متفاوت را از هم تمیز دهد.

جدول ۲. تفکیک شخص و نشانگر

سازه	شاخص جداسازی شخص	شاخص جداسازی نشانگر	اعتبار شخص	اعتبار نشانگر
همه پرسش‌نامه	۲/۷۰	۸/۴۳	۰/۹۳	۰/۹۹

نقشه نشانگر^{۸۴}

نقشه رایت برای همه مؤلفه‌ها در شکل ۲ نشان داده شده است. سؤال ۱۶: «ریاضی بیش از جمع و تفریق است» ساده‌ترین سؤال برای شرکت‌کنندگان این تحقیق، و سؤال ۷۱: «من اغلب دست‌ورزی‌های مجازی را برای کشف سؤال خودم درباره ریاضی استفاده می‌کنم» و سؤال ۷۵: «من کتاب‌هایی را در کتاب‌خانه درباره دست‌ورزی‌ها جست‌وجو می‌کنم» و سؤال ۸۵: «من از رایانه متنفرم، بنابراین از دست‌ورزی‌های مجازی هم متنفرم» سخت‌ترین سؤالات از نظر توافق در بین شرکت‌کنندگان بود.



شکل ۲. نقشه رایت برای همه مؤلفه‌های پرسش‌نامه دست‌ورزی‌های مجازی

آماره برازش نشانگر ۸۵

نیکویی برازندگی مرتبط با درک ریاضی در جدول ۳ آورده شده که در آن همه نشانگرها به‌جز سؤال ۱۶ در آستانه قابل قبول قرار دارند. خاص‌تر، مقادیر PT-measures برای سازه درک ریاضی مثبت بودند و CORR برای همه نشانگرها بزرگ‌تر از ۰/۲ بودند. نشانگرهای Q۱۵، Q۲۰، Q۲۱، Q۲۳ و Q۱۹ مقدار infit MNSQ بیشتر از ۰/۶ و کمتر از ۱/۴ داشتند که سازگار با مدل اندازه‌گیری راس بود. Q۱۶ مقدار infit MNSQ مقدار زیاد ۲/۱۳ را داشته که مقدار outfit نیز بالا بود (mean square ۱/۸۵). ترتیب برازش نشانگر در سازه مطالعه ریاضی نیز در جدول ۳ نشان داده شده است. نیکویی برازش همه نشانگرها در سازه مطالعه ریاضی در پرسش‌نامه قابل قبول بودند. PT-measures مثبت بودند و برای همه CORR بیشتر از ۰/۲ است. نشانگرهای Q۲۵، Q۳۷، Q۳۲، Q۳۴، Q۵۱، Q۳۵، Q۲۸، Q۵۰، Q۴۹، Q۴۳، Q۴۷، Q۳۱، Q۳۹، Q۳۳، Q۲۶، Q۴۵ و Q۴۱ مقادیر infit MNSQ بیشتر از ۰/۶ و کمتر از ۱/۴ بودند که نشان می‌دهد که با مدل اندازه‌گیری راس برازش می‌شوند، اما Q۲۵ مقدار (۱/۶۱) outfit داشت. مطابق با جدول ۳ نیکویی برازش برخی از نشانگرها قابل قبول است؛ هرچند، یک نشانگر مقدار misfit بزرگی را نشان می‌دهد. PT-measures در این سه سازه مثبت بودند و همه نشانگرها CORR بیشتر از ۰/۲ داشتند. نشانگر Q۹۶ مقدار infit MNSQ بیشتر از ۱/۴ داشتند که نشان می‌دهد این نشانگر با مدل اندازه‌گیری راس برازش نمی‌شود. علاوه بر این، سؤال Q۹۶ مقدار (۱/۷۷) outfit بزرگی داشت.

جدول ۳. مرتبه MISfit برای درک ریاضی، مطالعه ریاضی، تجربه ۱، تجربه ۲ و تجربه ۳

ITEM	EXACT MATCH		PT-MEASURE		OUTFIT		INFIT		Entry number	سازه
	%EXP	%OBS	.EXP	.CORRR	ZSTD	MNSQ	ZSTD	MNSQ		
Q۱۶	۵۳/۷	۴۵/۶	۰/۵۵	A = ۰/۴۳	۸/۲	۱/۸۵	۹/۹	۲/۱۳	۲	درک ریاضی
Q۱۵	۴۷/۰	۴۷/۹	۰/۶۲	B = ۰/۵۳	۲/۶	۱/۲۰	۱/۰	۱/۰۲	۱	
Q۲۲	۴۳/۰	۴۷/۵	۰/۶۶	C = ۰/۶۲	-۰/۱	۰/۹۹	-۰/۶	۰/۹۶	۶	
Q۲۰	۴۴/۶	۴۶/۵	۰/۶۵	D = ۰/۷۰	-۱/۰	۰/۹۳	-۰/۸	۰/۹۴	۵	
Q۱۸	۴۸/۶	۵۶/۹	۰/۶۱	C = ۰/۶۵	-۲/۷	۰/۸۱	-۲/۸	۰/۸۱	۳	
Q۲۳	۴۶/۵	۵۶/۳	۰/۶۳	B = ۰/۶۷	-۳/۶	۰/۷۶	-۴/۰	۰/۷۴	۷	
Q۱۹	۴۶/۶	۵۶/۷	۰/۶۳	A = ۰/۷۲	-۴/۸	۰/۶۹	-۴/۶	۰/۷۱	۴	
	۴۷/۲	۵۱/۱			-۰/۲	۱/۰۳	-۰/۳	۱/۰۵	MEAN	
	۳/۰	۴/۹			۴/۱	۰/۳۷	۴/۵	۰/۴۶	S.D	

اعتبار سازی ابزار با استفاده از نظریه‌های فعالیت و پرسش و پاسخ برای ارزشیابی درک دانش‌آموزان از دست‌ورزی‌های مجازی در یادگیری ریاضی

ITEM	EXACT MATCH		PT-MEASURE		OUTFIT		INFIT		Entry number	سازه
	%EXP	%OBS	.EXP	.CORRR	ZSTD	MNSQ	ZSTD	MNSQ		
Q25	36/9	36/4	0/61	A = 0/48	8/0	1/61	5/3	1/36	1	مطالعه ریاضی
Q37	42/6	41/6	0/56	B = 0/50	2/4	1/19	1/8	1/13	9	
Q32	40/4	41/9	0/57	C = 0/53	1/8	1/13	1/2	1/08	5	
Q51	36/8	40/8	0/61	D = 0/61	1/7	1/13	1/5	1/10	17	
Q34	39/6	42/1	0/58	E = 0/58	1/6	1/11	1/7	1/11	7	
Q35	41/2	42/8	0/57	F = 0/57	0/1	1/11	1/2	1/08	8	
Q28	37/1	38/7	0/61	G = 0/61	1/2	1/01	0/7	1/04	3	
Q50	37/0	40/3	0/60	H = 0/60	1/2	1/08	0/7	1/04	16	
Q49	37/2	40/7	0/60	I = 0/60	0/2	1/08	0/4	1/03	15	
Q43	37/3	43/9	0/60	h = 0/60	0/2	1/01	0/2	1/01	12	
Q47	39/0	43/7	0/61	g = 0/61	-0/4	0/97	0/0	1/00	14	
Q31	36/9	40/3	0/60	f = 0/61	-0/6	0/96	-1/1	0/93	4	
Q39	37/0	39/1	0/61	e = 0/58	-1/5	0/90	-1/0	0/94	10	
Q33	38/3	41/4	0/59	d = 0/68	-1/1	0/93	-1/5	0/91	6	
Q26	37/2	38/4	0/60	c = 0/59	-2/3	0/86	-1/9	0/88	2	
Q45	37/0	47/4	0/61	b = 0/67	-2/8	0/83	-4/0	0/77	13	
Q41	37/2	43/9	0/61	a = 0/66	-2/4	0/79	-2/7	0/79	11	
	38/1	41/4			0/4	1/03	0/1	1/03	MEAN	
	1/7	2/5			2/5	0/18	2/2	-0/18	S.D.	
Q96	34/6	32/0	0/54	A = 0/41	9/9	1/77	9/4	1/67	14	تجربه 1
Q85	33/5	36/4	0/51	B = 0/51	1/5	1/11	2/8	1/19	10	
Q70	34/3	37/1	0/54	C = 0/50	2/5	1/16	2/1	1/13	5	
Q60	35/2	45/2	0/53	D = 0/54	1/2	1/08	-1/7	0/90	2	
Q82	35/3	42/2	0/52	E = 0/51	1/1	1/08	0/4	1/02	8	
Q62	34/6	40/4	0/53	F = 0/52	1/0	1/07	0/3	1/02	3	
Q58	35/2	39/7	0/53	G = 0/52	0/9	1/06	0/5	0/97	1	
Q92	33/9	37/8	0/54	g = 0/49	0/6	1/04	0/9	1/05	12	
Q78	34/3	41/1	0/52	f = 0/54	-0/4	0/97	0/1	1/00	7	
Q77	35/5	45/9	0/53	e = 0/55	-0/5	0/97	-1/3	0/92	6	
Q83	35/1	49/0	0/53	d = 0/55	-1/5	0/90	-1/2	0/93	9	
Q68	33/7	45/7	0/52	c = 0/56	-2/6	0/82	-2/6	0/85	4	
Q93	35/3	44/1	0/53	b = 0/59	-2/0	0/82	-2/9	0/83	13	
Q91	34/5	50/6	0/53	a = 0/63	-7/0	0/60	-7/7	0/60	11	
	34/5	41/9			0/3	1/03	0/1	1/01	MEAN	
	0/6	5/0			3/6	0/25	3/6	-0/23	S.D.	

اعتبار سازی ابزار با استفاده از نظریه‌های فعالیت و پرسش و پاسخ برای ارزشیابی درک دانش‌آموزان از دست‌ورزی‌های مجازی در یادگیری ریاضی

ITEM	EXACT MATCH		PT-MEASURE		OUTFIT		INFIT		Entry number	سازه
	%EXP	%OBS	.EXP	.CORRR	ZSTD	MNSQ	ZSTD	MNSQ		
Q104	38/2	42/4	-0/58	A -0/50	5/4	1/42	2/9	1/19	14	تجربه 2
Q86	37/6	45/7	-0/58	B -0/50	5/0	1/37	3/5	1/23	10	
Q95	40/3	49/9	-0/58	C -0/56	1/5	1/10	-0/6	1/04	13	
Q64	42/5	44/8	-0/59	D -0/55	1/5	1/10	1/5	1/10	2	
Q88	42/7	51/3	-0/58	E -0/56	1/3	1/08	-0/7	1/04	11	
Q74	39/1	47/3	-0/56	F -0/55	-0/7	1/05	-0/7	1/04	7	
Q71	36/4	44/5	-0/54	G -0/56	-0/6	1/05	-0/6	0/96	5	
Q79	37/2	44/1	-0/56	g -0/56	-0/4	1/03	-0/1	0/99	9	
Q73	35/3	38/9	-0/55	f -0/55	-0/3	1/01	-0/1	0/99	6	
Q94	41/5	49/4	-0/58	e -0/59	-0/7	0/95	-0/3	0/98	12	
Q63	40/3	48/5	-0/58	d -0/60	-0/9	0/94	-0/9	0/94	1	
Q69	36/2	45/9	-0/55	c -0/60	-2/2	0/84	-2/0	0/84	4	
Q75	37/1	46/9	-0/54	b -0/60	-2/4	0/82	-2/6	0/82	8	
Q66	43/6	51/0	-0/58	a -0/66	-2/0	0/81	-2/9	0/81	3	
	39/1	46/5			0/5	1/04	-0/0	1/04	MEAN	
	2/6	3/3			2/4	0/17	1/8	0/17	S.D.	
Q54	42/9	41/2	-0/70	A -0/66	4/1	1/33	4/1	1/30	1	تجربه 3
Q97	44/1	48/7	-0/69	B -0/65	2/6	1/20	2/7	1/19	12	
Q102	44/4	46/6	-0/70	C -0/65	1/9	1/14	2/2	1/16	15	
Q87	44/2	49/6	-0/68	D -0/66	1/9	1/15	1/9	1/13	10	
Q101	44/5	47/1	-0/70	E -0/66	1/7	1/12	1/7	1/12	14	
Q80	44/1	48/9	-0/68	F -0/68	0/9	1/07	1/1	1/07	8	
Q61	43/6	52/2	-0/69	G -0/70	0/8	1/05	-0/2	0/99	4	
Q67	44/1	54/1	-0/69	H -0/68	0/5	1/03	-0/5	1/03	6	
Q90	43/7	51/1	-0/69	g -0/69	-0/3	0/98	-0/1/1	0/93	11	
Q81	44/3	51/3	-0/68	f -0/69	-0/7	0/94	-0/9	0/94	9	
Q72	43/7	52/9	-0/69	e -0/72	-1/1	0/92	-0/1/1	0/93	7	
Q56	44/2	49/9	-0/69	d -0/72	-1/5	0/89	-0/1/1	0/93	2	
Q65	43/7	51/1	-0/69	c -0/72	-2/0	0/86	-0/2/2	0/86	5	
Q57	43/7	56/7	-0/69	b -0/75	-4/1	0/72	-0/4/6	0/73	3	
Q98	43/9	53/4	-0/69	a -0/75	-4/6	0/68	-0/5/3	0/69	13	
	44/0				0	1/01	-0/1	1/00	MEAN	
	3				2/3	0/17	2/5	0/16	S.D.	

طبقه‌ها (مدرج‌سازی مقیاس-درک ریاضی و مطالعه ریاضی)

جدول ۴ شامل نتایج تحلیل مدرج‌سازی مقیاس برای پرسش‌نامه در سازه درک ریاضی است که اندازه‌های ساختار برای مدرج‌سازی مقیاس و اشتراک اندازه‌های ساختار را نشان می‌دهد. جدول ۴ نشان می‌دهد که طبقه ۴ بیشترین پاسخ انتخاب شده توسط شرکت‌کنندگان بود. بعد از آن به ترتیب طبقه ۵، طبقه ۳، طبقه ۲ و طبقه ۱ بودند که مقادیر f^2 به ترتیب عبارت از (۰/۳۶) (۱۰۸۱)، (۰/۲۶) (۷۹۴)، (۰/۲۵) (۷۵۳)، (۰/۸) (۲۳۸)، (۰/۸) (۲۳۸)، (۰/۵) (۱۵۸) هستند. الگوی پاسخ‌ها از logit برابر ۰/۷۲ - شروع شده بود و تا ۱/۰۹ افزایش یافته بود. اختلاف بین طبقه ۱ و طبقه ۲ در این مطالعه برابر ۰/۵۹ بود هرچند اختلاف بین طبقه ۲ و طبقه ۳ برابر ۰/۹۵ و اختلاف بین طبقه ۳ و طبقه ۴ برابر ۱/۱۰ بود و در نهایت اختلاف بین طبقه ۴ و ۵ برابر ۱/۰۹ بود. مقدار DISCR برای نگاه‌داری یک طبقه هنگامی است که این مقدار بین ۱/۴ و ۵ باشد (بانو و فاکس، ۲۰۱۵). طبقه (مدرج کردن مقیاس) بیشترین سؤال پاسخ داده شده به وسیله پاسخ‌دهندگان (جدول ۴) برای مطالعه ریاضی طبقه ۳ بود، که بعد از آن طبقه ۴، طبقه ۵، طبقه ۲ و طبقه ۱ با مقادیر f^2 به ترتیب (۰/۲۷) (۱۹۹۰)، (۰/۲۵) (۱۸۳۸)، (۰/۲۰) (۱۴۶۱)، (۰/۱۵) (۱۱۱۹) و (۰/۱۴) (۱۰۲۰) بودند. کمترین طبقه که به وسیله پاسخ‌دهندگان انتخاب شده بود طبقه ۱ ($f^2 = ۰/۱۴$) بود. مقدار logit از ۰/۸۶ - شروع شده بود و تا ۱/۱۰ ادامه داشت. تفاوت بین طبقه ۱ و طبقه ۲ برابر ۰/۹۲، اما تفاوت بین طبقه ۲ و طبقه ۳ برابر ۱ و اختلاف بین طبقه ۳ و طبقه ۴ برابر ۰/۹۹ است و در نهایت بین طبقه ۴ و طبقه ۵ برابر ۱/۰۲ است.

جدول ۴. ساختار طبقه درک ریاضی و مطالعه ریاضی

CATEGORY		OBSERVED		OBSVD	SAMPLE	INFIT	OUTFIT	DISCR	سازه
LABEL	SCORE	COUNT	%	AVRGE	EXPECT	MNSQ	MNSQ		
۱	۱	۱۵۸	۵	-۰/۷۲	-۰/۹۲	۱/۳۲	۱/۵۹	۱	درک ریاضی
۲	۲	۲۳۸	۸	-۰/۲۵	-۰/۲۰	۰/۹۵	۱/۰۵	۲	
۳	۳	۷۵۳	۲۵	۰/۳۰	۰/۳۶	۰/۸۶	۰/۸۵	۳	
۴	۴	۱۰۸۱	۳۶	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۸۴	۰/۸۸	۴	
۵	۵	۷۹۴	۲۶	۱/۹۰	۱/۸۷	۱/۰۱	۰/۹۹	۵	
۱	۱	۱۰۲۰	۱۴	-۰/۸۶	-۰/۸۸	۱/۰۹	۱/۱۸	۱	مطالعه ریاضی
۲	۲	۱۱۱۹	۱۵	-۰/۳۹	-۰/۳۷	۰/۹۶	۰/۹۹	۲	
۳	۳	۱۹۹۰	۲۷	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۸۶	۰/۸۶	۳	
۴	۴	۱۸۳۸	۲۵	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۹۶	۰/۹۵	۴	
۵	۵	۱۴۶۱	۲۰	۱/۱۰	۱/۰۹	۱/۰۵	۱/۰۹	۵	

طبقه (مدّرج سازی مقیاس - تجربه ۱، تجربه ۲ و تجربه ۳)

در سازه تجربه ۱، مطابق با جدول ۵ بیشترین طبقه انتخاب شده توسط پاسخ‌دهندگان طبقه ۳ بود که بعد از آن به ترتیب طبقه ۱، طبقه ۲، طبقه ۴ و طبقه ۵ بود که مقادیر f به ترتیب عبارت از (۳۱٪) ۱۸۸۲، (۲۶٪) ۱۵۴۲، (۱۹٪) ۱۱۵۲، (۱۳٪) ۷۹۰ و (۱۱٪) ۶۶۸ بودند. کمترین طبقه انتخاب شده به وسیله پاسخ‌دهندگان طبقه ۵ ($f=668$ ، ۱۱٪) بود. الگوی پاسخ‌ها از logit برابر ۰/۸۶- شروع شده و تا ۰/۲۳ افزایش یافته بود. اختلاف بین طبقه ۱ و طبقه ۲ برابر ۱/۰۶ است، هرچند، اختلاف بین طبقه ۲ و طبقه ۳ برابر ۱/۱۳ و اختلاف بین طبقه ۳ و طبقه ۴ برابر ۰/۹۸ و در نهایت اختلاف بین طبقه ۴ و طبقه ۵ برابر ۰/۳۶ است.

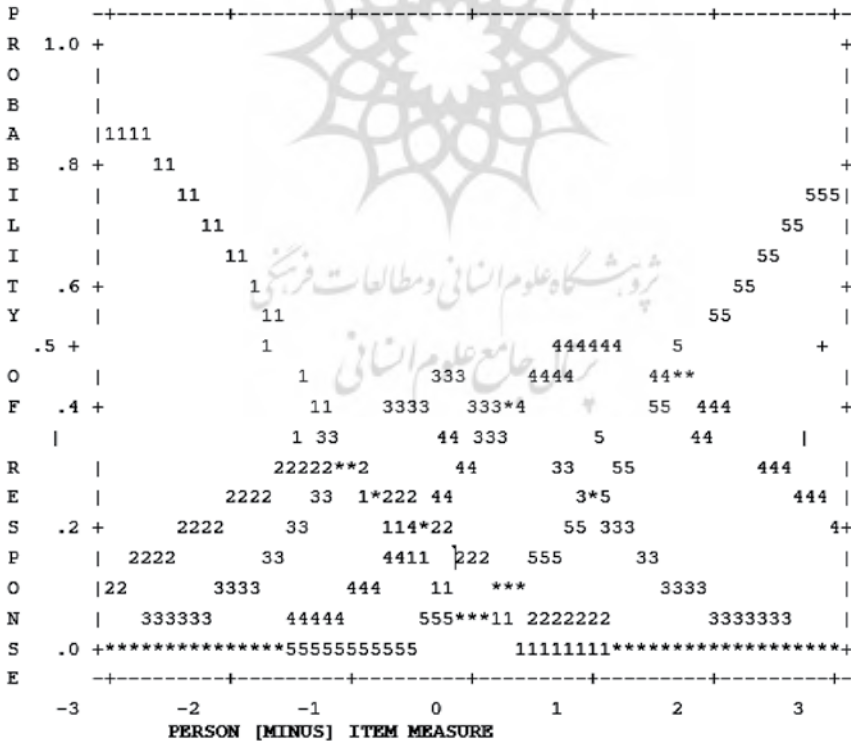
در سازه تجربه ۲، جدول ۵ نشان می‌دهد که بیشترین طبقه پاسخ داده شده به وسیله شرکت‌کنندگان در این پژوهش طبقه ۳ است. علاوه بر این، طبقه ۴، طبقه ۱، طبقه ۲ و طبقه ۵ با مقادیر f به ترتیب (۳۸٪) ۱۶۲، (۲۰٪) ۸۴، (۱۸٪) ۷۹، (۱۶٪) ۶۸ و (۸٪) ۳۶ توسط شرکت‌کنندگان انتخاب شده بودند. طبقه ۵ ($f=36$ ، ۸٪) کمترین طبقه انتخاب شده توسط شرکت‌کنندگان بود. مقدار logit از ۱/۱۸- تا ۰/۲۸ بود. تفاوت بین طبقه ۱ و طبقه ۲ برابر ۱/۱۵ بود، اما اختلاف طبقه ۲ و طبقه ۳ برابر ۱/۰۹ بود و اختلاف بین طبقه ۳ و طبقه ۴ برابر ۱/۱۴ و در نهایت ۰/۸۶ میزان اختلاف بین طبقه ۴ و طبقه ۵ بود. بیشترین طبقه پاسخ داده شده توسط شرکت‌کنندگان در سازه تجربه ۳ مطابق با جدول ۵ طبقه ۳ (۲۷۶) است که بعد از آن به ترتیب طبقه ۱، طبقه ۴، طبقه ۲ و طبقه ۵ با مقادیر f برابر (۲۰٪) ۱۲۸۴، (۱۹٪) ۱۱۸۲، (۱۶٪) ۹۹۶ و (۱۰٪) ۶۳۷ است. علاوه بر این، کمترین طبقه انتخاب شده توسط پاسخ‌دهندگان طبقه ۵ بود. الگوی پاسخ‌ها از logit از ۱/۵۹- شروع شده و تا ۱/۱۸ افزایش یافته بود. تفاوت طبقه ۱ و طبقه ۲ برابر ۱/۰۷ بود هرچند، تفاوت بین طبقه ۲ و طبقه ۳ برابر ۱/۰۶ و همچنین اختلاف طبقه ۳ و طبقه ۴ برابر ۱ و در نهایت اختلاف طبقه ۴ و طبقه ۵ برابر ۰/۸۱ بود.

جدول ۵. ساختار طبقه (تجربه ۱، تجربه ۲ و تجربه ۳)

CATEGORY		OBSERVED		OBSVD	SAMPLE	INFTT	OUTFIT	DISCR	سازه
LABEL	SCORE	COUNT	%	AVRGE	EXPECT	MNSQ	MNSQ		
۱	۱	۱۵۴۲	۲۶	-۰/۸۶	-۰/۸۵	۱/۰۴	۱/۰۵	۱	تجربه ۱
۲	۲	۱۱۵۲	۱۹	-۰/۵۲	-۰/۴۷	۰/۷۴	۰/۷۴	۲	
۳	۳	۱۸۸۲	۳۱	-۰/۱۵	-۰/۱۹	۰/۷۴	۰/۷۲	۳	
۴	۴	۷۹۰	۱۳	-۰/۱۵	۰/۰۶	۰/۸۸	۰/۹۳	۴	
۵	۵	۶۶۸	۱۱	-۰/۲۳	۰/۳۶	۱/۲۲	۱/۳۴	۵	

اعتبار سازی ابزار با استفاده از نظریه‌های فعالیت و پرسش و پاسخ برای ارزشیابی درک دانش‌آموزان از دست‌ورزی‌های مجازی در یادگیری ریاضی

CATEGORY		OBSERVED		OBSVD	SAMPLE	INFIT	OUTFIT		DISCR	سازه
LABEL	SCORE	COUNT	%	AVRGE	EXPECT	MNSQ	MNSQ			
۱	۱	۷۹	۱۸	-۱/۱۸	-۱/۱۵	۰/۹۸	۰/۹۸	۱		تجربه ۲
۲	۲	۶۸	۱۶	-۰/۶۶	-۰/۶۲	۰/۹۲	۰/۹۴	۲	۱/۱۵	
۳	۳	۱۶۲	۳۸	-۰/۳۰	-۰/۳۰	۰/۷۴	۰/۶۷	۳	۱/۰۹	
۴	۴	۸۴	۲۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۷۹	۰/۸۶	۴	۱/۱۴	
۵	۵	۳۶	۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۱/۱۳	۱/۱۱	۵	۰/۸۹	
۱	۱	۱۲۸۴	۲۰	-۱/۵۹	-۱/۵۷	۱/۰۲	۱/۰۶	۱		تجربه ۳
۲	۲	۹۹۶	۱۶	-۰/۷۸	-۰/۷۴	۰/۸۷	۰/۸۵	۲	۱/۰۷	
۳	۳	۲۲۷۶	۳۶	-۰/۱۴	-۰/۱۷	۰/۷۸	۰/۸۰	۳	۱/۰۶	
۴	۴	۱۱۸۲	۱۹	۰/۴۷	۰/۴۰	۰/۹۴	۱/۰۰	۴	۱/۰۰	
۵	۵	۶۳۷	۱۰	۱/۰۶	۱/۱۸	۱/۳۸	۱/۳۵	۵	۰/۸۱	



شکل ۳. احتمال طبقه‌ها

تمایز بین مقادیر طبقه‌ها نشان می‌دهد که انتخاب طبقات ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ در آستانه قابل قبول مطابق با باند و فاکس (۲۰۱۵) برای این معیار خاص صدق نمی‌کنند ولی طبقه‌ها به اندازه کافی با احتیاط هستند و خیلی نزدیک یکدیگر نیستند. همچنین، تمایز بین طبقه‌ها با استفاده از نمودار احتمال نیز بررسی شده بود، که «احتمال پذیرش یک طبقه از مقیاس را برای تخمین اختلاف توانایی پذیرش - توانایی توافق» را نشان می‌دهد (باند و فاکس، ۲۰۱۵، ص. ۱۶۳). بر این اساس، وجود یک قله متمایز در نمودار احتمال طبقه‌ها^۶ برای هر طبقه نشان می‌دهد که آن طبقه محتمل‌ترین طبقه پاسخ برای اندازه‌گیری بخش‌هایی از متغیر مورد اندازه‌گیری است. طبقه‌هایی که در شکل تخت هستند محتمل نیستند (دارای بیشترین احتمال). لازم به ذکر است که در نمودار شکل ۳ همه طبقه‌ها برای همه متغیرها دارای قله متمایز بودند.

■ بحث و نتیجه‌گیری ■

این مطالعه به منظور تطبیق و پالایش ابزاری انجام شده بود که بررسی دست‌ورزی‌های مجازی را در تدریس ریاضیات ممکن می‌سازد. با توجه به ادبیات تحقیق، «نظریه فعالیت» چارچوب نظری این تحقیق بود که در پژوهش‌های شامل تکنولوژی‌های دیجیتال در بافت‌های آموزشی به کار رفته بود. این پروژه ابزار ساخته‌شده توسط کاپلند (۲۰۰۴) را برای استفاده در دوره دبیرستان سازگار کرده است. از مدل مقیاس رتبه‌بندی راش - اندریچ برای آزمون روایی ابزار و بررسی ترتیب نشانگرها استفاده شده بود (لین ایگر، ۲۰۱۵). سؤال‌های misfit و در حالت خاص دشوارترین و ساده‌ترین سؤالات برای سازه‌های مورد نظر شناسایی شدند. سؤالات سخت یعنی سؤالاتی که در آن‌ها میانگین دشواری سؤال از میانگین توانایی فرد بالاتر بود (مانند Q۷، Q۷۵، Q۸۵). با این وجود، شاخص جداسازی نشانگر نشان داد که نشانگرها می‌توانند دشواری را در سطح قابل قبولی برای پاسخ‌دهندگان نشان دهند (۳/۷۰ در جدول ۲ را ببینید). مطابق با نتایج مدرج سازی ابزار، مقیاس مدرج سازی پنج طبقه‌ای نیازمند تغییر برای مطالعه بعدی است. در سازه درک ریاضی، ترتیب طبقه‌های پاسخ داده‌شده توسط شرکت‌کنندگان عبارت از طبقه ۴، طبقه ۵، طبقه ۳، طبقه ۲ و طبقه ۱ بود، در صورتی که ترتیب پاسخ‌ها در مطالعه ریاضی طبقه ۳، طبقه ۴، طبقه ۵ و طبقه ۱ بود. علاوه بر این بیشترین تا کمترین طبقه انتخاب‌شده در سازه تجربه ۱ عبارت از طبقه ۳، طبقه ۱، طبقه ۲، طبقه ۴ و طبقه ۵ بود. به طور مشابه، برای پاسخ به سازه تجربه ۲، طبقه ۳، طبقه ۴، طبقه

۱، طبقه ۲ و طبقه ۵ به ترتیب انتخاب شده بودند. علاوه بر این، طبقه ۳، طبقه ۱، طبقه ۴، طبقه ۲ و طبقه ۵ به ترتیب پاسخ‌های شرکت‌کنندگان به نشانگرهای تحت سازه تجربه ۳ بودند. بنابراین، «نه موافقم و نه مخالفم» به تعداد خیلی زیادی در این مطالعه توسط شرکت‌کنندگان انتخاب شده بود. لذا، حذف طبقه ۳ در مطالعات بعدی پیشنهاد می‌شود. هر چند، بازننگری سؤالات نیز توصیه می‌شود، ممکن است که شرکت‌کنندگان در درک معنی سؤالات مشکل داشته باشند.

ارزشیابی آماره برازندگی نشانگر نشان می‌دهد که دو سؤال (سؤال ۱۶: «ریاضیات بیش از جمع و تفریق است» و سؤال ۹۶: «در مدرسه ما به سختی می‌توان رایانه‌ای را پیدا کرد که از نرم‌افزارهای آموزشی استفاده کنم») دارای مقادیر بیشتر از آستانه قابل قبول بودند ($1/40 < \text{infitMnsq}$). در نسخه جدید پرسش‌نامه، پیشنهاد می‌شود به لحاظ تأثیر منفی این سؤالات روی برازندگی نشانگر حذف شوند. به وسیله تحلیل مؤلفه اصلی راش از پس‌مانده‌ها، نشانگرهای تحت سازه‌های درک ریاضی، مطالعه ریاضی و تجربه ۱، تجربه ۲، تجربه ۳ سازه‌های تک‌بعدی بودند (باند و فاکس، ۲۰۱۵؛ لین ایگر، ۲۰۱۵). مدل اندازه‌گیری راش یک مزیت قابل توجه دارد که توان آن برای مرتب کردن نشانگرها از ساده‌ترین تا سخت‌ترین است. نشانگرهای $Q15$ ، $Q18$ ، $Q19$ ، $Q23$ ، $Q25$ و $Q22$ به ترتیب از ساده‌ترین تا سخت‌ترین روی سازه درک ریاضی بارگیری شدند. تولید دانش جدید، زبان منطقی، کمک به مدل‌سازی زندگی واقعی و توجه به جنبه‌های زندگی واقعی ایده‌های کلیدی دانش‌آموزان با توجه درک آنان از ریاضی بود که با پژوهش‌های قبلی سازگار است (گینزبرگ^۷، ۲۰۰۸).

سازه دوم یعنی مطالعه ریاضی در این تحقیق، مطابق با نظریه فعالیت در آموزش ریاضی به ترتیب از طریق نشانگرهای $Q37$ ، $Q35$ ، $Q32$ ، $Q34$ ، $Q33$ ، $Q26$ ، $Q49$ ، $Q31$ ، $Q43$ ، $Q50$ ، $Q41$ ، $Q25$ ، $Q39$ ، $Q45$ ، $Q28$ ، $Q51$ نشان داده شد. این نشانگرها مربوط به مواردی از جمله: موقعیت شغلی بعد از فارغ‌التحصیلی، لذت و رضایت، سودمندی در مسائل زندگی واقعی شامل ریاضی، انجام ریاضی به‌عنوان بهترین روش مطالعه ریاضی، تأکید بر معلم و سؤال کردن از موارد بیان‌شده توسط معلم بودند. نگرانی از سنجش ریاضی و تمرکز روی مثال‌ها نشانگرهای اصلی برای مطالعه ریاضی در افراد با توانایی پایین و سپس درگیری با مسائل و در نهایت رضایت به‌وسیله کار سخت روی مسائل ریاضی برای افراد با توانایی بالا بود (شکل ۲ را ببینید). هر چند، لذت و رضایت نقش عمده‌ای برای دانش‌آموزان

دبیرستانی بازی می‌کند (وان و لی^{۸۸}، ۲۰۱۷). این یافته مطالعه‌های پیشین را نیز تصدیق می‌کند که درک ریاضی می‌تواند رویکرد یادگیری را نیز تعیین کند (بیگز، کمبر و لئونگ^{۸۹}، ۲۰۰۱). در این پژوهش، سؤال ۳۷: روش استفاده برای مطالعه ریاضی مبتنی بر انجام و کار کافی روی ریاضی تا زمانی که فرد مواد آموزشی را بفهمد، روش غالب بود. درگیری با مسائل ریاضی (Q۳۵) دومین نشانگر انتخاب شده به وسیله شرکت‌کنندگان درباره مطالعه ریاضی بود. اثر یادگیری ریاضی روی شغل آینده (Q۵۰) نشانگر دیگری بود که به وسیله پاسخ‌دهندگان انتخاب شده بود. مثال‌های انجام شده و ارائه مثال جدید (یعنی تکرار، تمرکز روی فعالیت توسعه داده شده به عمل با توجه به نظریه فعالیت) برای یادگیری ریاضی استفاده شده‌اند (ایلون، واتسون و لرمان^{۹۰}، ۲۰۱۷)، نشانگر متناظر این امر (سؤال ۳۶: در مطالعه ریاضی من بیشتر روی مثال‌ها نسبت به مواد نظری تمرکز می‌کنم) روی این سازه بارگیری نشده بود. عموماً روش مطالعه بایستی دارای سلسله‌مراتب شروع از درگیری کم با مسئله از طریق تعامل با دیگران تا داشتن علاقه قوی در یادگیری توسط خود شخص باشد. مطابق با نظریه فعالیت به این معنی است که نگاه به یادگیری و توسعه آن به عنوان درونی شدن فعالیت اجتماعی بیرونی است. لذا انتظار می‌رود که دانش‌آموزانی که برای فهم خود در جست‌وجوی یک یادگیری شخصی هستند دارای رویکرد عمیق به مطالعه ریاضی باشند. در مقابل، دانش‌آموزانی که بر تمرین‌های تکراری، ارجاع به مثال‌ها برای بازتولید آن‌ها و درخواست کمک از معلمان به خاطر نمره ارزشیابی تکیه می‌کنند ممکن است رویکرد سطحی به یادگیری ریاضی داشته باشند.

تجربه ۱ به ترتیب از طریق نشانگرهای Q۷۰، Q۹۲، Q۷۷، Q۹۳، Q۵۸، Q۶۰، Q۸۳، Q۶۲، Q۷۸، Q۸۲، Q۹۱، Q۶۸ و Q۸۵ نشان داده شده بود که به تجاری نظیر مفید نبودن، دشوار، مشکلات سخت‌افزاری، بار اضافی، تنفر از کار با رایانه اشاره می‌کردند. اجبار در استفاده از دست‌ورزی‌های مجازی به عنوان محتمل‌ترین نشانگر و تنفر از کار با رایانه به عنوان نشانگری بود که انتخاب آن توسط دانش‌آموزان در این مطالعه دشوار بود. از منظر «نظریه فعالیت»، رشد شخصی کاربر جدید یک ابزار، گاهی اوقات دارای هزینه و دردآور است (مثلاً نوشتن دستور برنامه‌نویسی^{۹۱} در محیط یک نرم‌افزار برای انجام یک تکلیف خاص ریاضی). سازه تجربه ۲ به ترتیب به وسیله نشانگرهای Q۶۴، Q۸۶، Q۹۵، Q۱۰۴، Q۶۳، Q۶۶، Q۸۸، Q۹۴، Q۷۴، Q۶۹، Q۷۱، Q۷۳، Q۷۹ و Q۷۵ نشان داده شده بود که به مواردی همچون

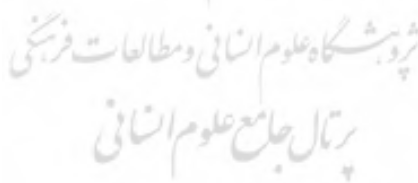
جذاب بودن، کاربردی، آسان برای استفاده، لذت‌بخش، دیداری‌سازی، کشف، کنترل محاسبات، خطا و آزمایش، توضیح و خودآموز بودن اشاره می‌کند که مطابق با سازه «آسان و سرگرم‌کننده» در مطالعه کاپلند (۲۰۰۴) است. این تجارب از پیدا کردن دلیل درباره خطاهای دریافتی از دست‌ورزی‌های مجازی تا تجارب لذت‌بخش و نیز درنهایت پیدا کردن اطلاعات در خصوص دست‌ورزی‌های مجازی اشاره می‌کند. چائو و همکاران (۲۰۱۶) فهمیدند که دانش‌آموزان به سازه‌های انگیزشی در منابع دیجیتال توجه می‌کنند. مثلاً، تأیید محاسبات انجام‌شده در محیط قلم و کاغذ، توسط تکنولوژی‌های دیجیتال هدف برخی از دانش‌آموزان است (کاراداغ و مک دوگال^{۹۲}، ۲۰۱۱). سازه تجربه^۳ به ترتیب به وسیله نشانه‌گرهای Q102، Q101، Q54، Q61، Q65، Q67، Q97، Q90، Q56، Q57، Q72، Q98، Q80، Q87 و Q81 مشخص شده بود که به سودمند بودن، دید وسیع پیدا کردن، جالب بودن، چالش‌برانگیز برای فکر کردن، روش خوب برای یادگیری نرم‌افزار، کمک، بحث با دیگران، نیاز به انجام ارزشیابی، تجزیه و تحلیل مسائل زندگی واقعی، کار با دیگران، تجربه مثبت و خلاقیت اشاره می‌کند. هرچند، مکالمات جالب با دیگران درباره ریاضی در محیط دست‌ورزی‌های مجازی در این مطالعه از سؤالات خیلی دشوار برای شرکت‌کنندگان بود. مطابق با نظریه فعالیت، اهداف انگیزشی چندگانه برای استفاده از دست‌ورزی‌های مجازی اهمیت دارند، اما پیدا کردن معنای مفاهیم برای استفاده از تکنولوژی‌های دیجیتال در میان اهداف دانش‌آموزان نقش عمده‌ای دارد. این امر با پیشینه پژوهشی سازگار است که فعالیت به وسیله سطوح مختلف تجزیه و تحلیل می‌شود (کاپلند، ۲۰۰۴). یادگیری به‌طور اساسی اجتماعی است، یادگیری با دیگران یک پل مفید به سمت فراگیر تأملی است که روی به دست آوردن معنا توسط خود فرد تأکید می‌کند که با پیش‌بینی توسعه‌ای (تکاملی) در نظریه فعالیت سازگار است. به وسیله ابزار ارزشیابی شده می‌توان روابط بین عامل‌های به‌دست‌آمده را در مطالعات بعدی بررسی نمود.

منابع

- Anderson-Pence, K. L., Moyer-Packenham, P. S., Westenskow, A., Shumway, J., & Jordan, K. (2014). Relationships between visual static models and students' written solutions to fraction tasks. *International Journal for Mathematics Teaching and Learning*, 15, 1-18. <http://www.cimt.plymouth.ac.uk/journal/default.htm>
- Andrich, D. (1978). A rating formulation for ordered response categories. *Psychometrika*, 43(4), 561-573. doi: 10.1007/bf02293814
- Ayalon, M., Watson, A., & Lerman, S. (2017). Students' conceptualisations of function revealed through definitions and examples. *Research in Mathematics Education*, 19(1), 1-19. doi: 10.1080/14794802.2016.1249397
- Baki, A., Kosa, T., & Guven, B. (2011). A comparative study of the effects of using dynamic geometry software and physical manipulatives on the spatial visualization skills of pre-service mathematics teachers. *British Journal of Educational Technology*, 42(2), 291-310.
- Biggs, J., Kember, D., & Leung, D. Y. (2001). The revised two-factor study process questionnaire: R-SPQ-2F. *British journal of educational psychology*, 71(1), 133-149.
- Bond, T., & Fox, C. M. (2015). *Applying the Rasch model: Fundamental measurement in the human sciences*. London: Routledge.
- Boone, William J., Staver, John R., & Yale, Melissa S. (2014). *Person Reliability, Item Reliability, and More Rasch Analysis in the Human Sciences* (pp. 217-234). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Bouck, E. C., & Flanagan, S. M. (2010). Virtual Manipulatives: What They Are and How Teachers Can Use Them. *Intervention in School and Clinic*, 45(3), 186-191.
- Burns, B. A., & Hamm, E. M. (2011). A comparison of concrete and virtual manipulative use in third-and fourth-grade mathematics. *School Science and Mathematics*, 111(6), 256-261.
- Carbonneau, K. J., Marley, S. C., & Selig, J. P. (2013). A meta-analysis of the efficacy of teaching mathematics with concrete manipulatives. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 380-400.
- Chao, T., Chen, J., Star, J. R., & Dede, C. (2016). Using Digital Resources for Motivation and Engagement in Learning Mathematics: Reflections from Teachers and Students. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 2(3), 253-277.
- Cope, L. (2015). Math manipulatives: Making the abstract tangible. *Delta Journal of Education*, 5(1), 10-19.
- Coupland, M. (2004). *Learning with new tools* (Unpublished PhD thesis). Department of Information Systems, University of Wollongong. Retrieved from <http://adt.caul.edu.au/>.
- Creswell, J. W. (2013). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Thousand Oaks, CA: Sage publications.
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining "Gamification". *Proceedings from MindTrek '11*. Tampere, Finland: ACM.
- Dreyfus, T. (1991). Advanced mathematical thinking processes. In Tall D. (ed) *Advanced mathematical thinking* (pp. 25-41). Springer Netherlands.
- Durksen, T. L., Way, J., Bobis, J., Anderson, J., Skilling, K., & Martin, A. J. (2017). Motivation and engagement in mathematics: a qualitative framework for teacher-student interactions. *Mathematics Education Research Journal*, 29(2), 163-181.
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki: Orienta-Konsultit.

- Furner, J. M., & Worrell, N. L. (2017). The Importance of Using Manipulatives in Teaching Math Today. *Transformations*, 3(1), 1-25.
- Gainsburg, J. (2008). Real-world connections in secondary mathematics teaching. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 11(3), 199-219.
- Gay, L. R., Mills, G. E., & Airasian, P. W. (2011). *Educational research: Competencies for analysis and application* (10th ed). Boston: Pearson.
- Gravetter, F. J., and Wallnau, L. B. (2007). *Statistics for the behavioral sciences*. Belmont, CA: Thompson Learning.
- Ha, O., & Fang, N. (2018). Interactive Virtual and Physical Manipulatives for Improving Students' Spatial Skills. *Journal of Educational Computing Research*, 55(8), 1088-1110.
- Hardman, J. (2005). An exploratory case study of computer use in a primary school mathematics classroom: new technology, new pedagogy? Research: information and communication technologies. *Perspectives in Education*, 23(1), 99-111.
- Jurdak, M. (2016). *Learning and teaching real world problem solving in school mathematics: A multiple-perspective framework for crossing the boundary*. New York: Springer
- Kaput, J. J. (1992). Technology and mathematics education. In D. Grouws (Ed.) *Handbook on research in mathematics teaching and learning. NCTM Yearbook on Mathematics Education* (pp. 515-556). New York: Macmillan.
- Karadag, Z., & McDougall, D. (2011). GeoGebra as a cognitive tool. In L. Bu & R. Schoen (Eds.), *Model-Centered Learning* (pp. 169-181). SensePublishers.
- Karakırık, E. (2016). Developing Virtual Mathematics Manipulatives: The SAMAP Project. In Moyer-Packenham P. (ed), *International Perspectives on Teaching and Learning Mathematics with Virtual Manipulatives* (Vol 17, pp. 147-170). Springer International Publishing.
- Kontas, H. (2016). The Effect of Manipulatives on Mathematics Achievement and Attitudes of Secondary School Students. *Journal of Education and Learning*, 5(3), 10-20.
- Ladel, Silke, & Kortenkamp, Ulrich. (2016). Artifact-Centric Activity Theory—A Framework for the Analysis of the Design and Use of Virtual Manipulatives. In P. S. Moyer-Packenham (Ed.), *International Perspectives on Teaching and Learning Mathematics with Virtual Manipulatives* (pp. 25-40). Cham: Springer International Publishing.
- Lee, Chun-Yi, & Chen, Ming-Jang. (2016). Influence of Prior Knowledge and Teaching Approaches Integrating Non-routine Worked Examples and Virtual Manipulatives on the Performance and Attitude of Fifth-Graders in Learning Equivalent Fractions. In P. S. Moyer-Packenham (Ed.), *International Perspectives on Teaching and Learning Mathematics with Virtual Manipulatives* (pp. 189-212). Cham: Springer International Publishing.
- Leont'ev, A. N. (1981). The problem of activity in psychology. In J. V. Wertsch (Ed.), *The concept of activity in Soviet psychology* (pp. 37-71). Armonk, NY: ME Sharpe.
- Lerman, S. (2001). A Review of Research Perspectives on Mathematics Teacher Education. In F.-L. Lin & T. J. Cooney (Eds.), *Making Sense of Mathematics Teacher Education* (pp. 33-52). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Linacre, J.M. (2015). *A user's guide to WINSTEPS*. Chicago, IL: Winsteps.com.
- Moyer-Packenham, Patricia S., & Bolyard, Johnna J. (2016). Revisiting the Definition of a Virtual Manipulative. In P. S. Moyer-Packenham (Ed.), *International Perspectives on Teaching and Learning Mathematics with Virtual Manipulatives* (pp. 3-23). Cham: Springer International Publishing.

- Pallant, J. F., & Tennant, A. (2007). An introduction to the Rasch measurement model: an example using the Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS). *British Journal of Clinical Psychology*, 46(1), 1-18.
- Tall, D., (2013). *How humans learn to think mathematically: exploring the three worlds of mathematics*. New York: Cambridge University Press.
- Van Zile-Tamsen, C. (2017). Using Rasch Analysis to Inform Rating Scale Development. *Research in Higher Education*, 58(8), 922-933.
- Wan, Z. H., & Lee, J. C. K. (2017). Hong Kong secondary school students' attitudes towards science: a study of structural models and gender differences. *International Journal of Science Education*, 39(5), 507-527.
- Wertsch, J. V. (1979). The concept of activity in soviet psychology: An introduction. In J. V. Wertsch (ED), *The concept of activity in soviet psychology* (pp.03-36). New York: M.E. Sharpe.
- Wright, B. D., and Masters, G. N. (1982). *Rating Scale Analysis: Rasch Measurement*. Chicago: MESA Press.
- Yuan, Y., Lee, C. Y., & Wang, C. H. (2010). A comparison study of polyominoes explorations in a physical and virtual manipulative environment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 26(4), 307-316.
- Zeynivandnezhad, F., & Bates, R. (2017). Explicating mathematical thinking in differential equations using a computer algebra system. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 1-25. DOI: 10.1080/0020739X.2017.1409368
- Zimmermann, W. & Cunningham, S. (1991). Editor's introduction: What is mathematical visualization? In W. Zimmermann and S. Cunningham (eds.), *Visualization in Teaching and Learning Mathematics*, (pp. 1-8). Washington, DC: Mathematical Association of America.



پی‌نوشت‌ها

1. Physical manipulatives
2. Yuan, Lee & Wang
3. Burns & Hamm
4. Anderson-Pence, K. L., Moyer-Packenham, P. S., Westenskow, A., Shumway, J., & Jordan, K.
5. Lerman
6. Tall
7. Baki, Kosa & Guven
8. Carbonneau, Marley & Selig
9. Konaş
10. representation
11. visualization
12. Cope
13. Ha and Fang
14. Zimmermann & Cunningham
15. Kapat
16. Dreyfus
17. Virtual manipulatives
18. Bouck & Flanagan
19. Moyer-Packenham & Bolyard
20. Deterding, Dixon, Khaled, & Nacke
21. Learning objects
22. Karakırk
23. Lee & Chen
24. Fumer, & Worrell
25. Coupland, M.
26. Chao, Chen, Star, & Dede.
27. Ladell & Kortenkamp
28. Jurdak, M.
29. Engeström
30. Leont'ev
31. activity
32. action
33. operations
34. objects
35. goals of action
36. Hardman, J.
37. Durksen et al.
38. Wertsch, J. V.
39. Bates, R.
40. interpsychological
41. intrapsychological
42. Gay, Mills & Airasian
43. Comery and Lee
44. Stratification
45. Gravetter and Wallnau
46. Mathematica
47. Creswell
48. Linacre
49. the Rasch-Andrich rating scale model (RSM)
50. Bond, T., & Fox, C. M.
51. Van Zile-Tamsen
52. item difficulty
53. person ability
54. step difficulty
55. Pallant & Tennant
56. Smith
57. Wright & Masters
58. Rasch principal components analysis (Rasch-PCA) of residuals
59. unidimensionality
60. Rasch dimension
61. Boone et al.
62. Secondary dimensions
63. Contrasts
64. Person separation index
65. Item separation index
66. Item/person reliability
67. Fit statistics
68. Scale calibration
69. Math Perception
70. Math Study
71. Experience
72. the raw variance explained
73. the first contrast
74. the raw variance
75. the standardized residual contrast 1 plot
76. Cluster
77. Total raw variance in observation
78. Raw variance explained by measures
79. Raw variance explained by persons
80. Raw Variance explained by items
81. Raw unexplained variance (total)
82. Unexplained variance in 1st contrast
83. outfit plot
84. Item map (Wright map)
85. Item Fit Order
86. the category probabilities
87. Gainsburg
88. Wan & Lee
89. Biggs, Kember, & Leung
90. Ayalon, Watson & Lerman
91. Syntax
92. Karadag & McDougall