

تأثیر عامل کنترل از دیدگاه شونفلد در کاهش خطاهای دانش آموزان بر اساس الگوی تحلیل خطای نیومن در مبحث نسبت‌های مثلثاتی

■ وحید عالمیان* ■ قربانعلی محسنی**

چکیده:

هدف این پژوهش بررسی تأثیر عامل کنترل، از دیدگاه شونفلد، در میزان کاهش خطای دانش آموزان سال دهم رشته تجربی در حل مسائل مربوط به مبحث نسبت‌های مثلثاتی بر اساس الگوی تحلیل خطای نیومن، در شهرستان فریدن اصفهان، است. کنترل از نظر شونفلد به معنای نحوه انتخاب و به کارگیری منابع و راهبردهای مناسبی است که به حل مسئله کمک می‌کند. الگوی تحلیل خطای نیومن شامل پنج مرحله سلسله‌مراتبی شامل خواندن، درک کردن، تبدیل، مهارت‌های پردازشی، و نوشتاری است. طبق این الگو، لازم است فرد این مراحل را در حل مسئله ریاضی طی کند و خطا در هر یک از این مراحل مانع رسیدن او به پاسخ مناسب می‌شود.

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش اجرا، شبه تجربی بود. جامعه آماری این پژوهش شامل همه دانش آموزان پسر سال دهم تجربی در شهرستان فریدن، در سال تحصیلی ۹۶-۹۷، است که تعداد آن‌ها ۶۰ نفر بود. برای تعیین نمونه، در این پژوهش، ۴۸ نفر به روش نمونه‌گیری در دسترس به عنوان نمونه انتخاب شدند. ابزار گردآوری داده‌ها اجرای دو آزمون در دو مرحله پیش آزمون و پس آزمون بود که روایی سؤال‌های آن‌ها با نظر ۱۱ نفر از دبیران با تجربه ریاضی تعیین شد. یافته‌های این پژوهش بر اساس آزمون یو مان-ویتنی تجزیه و تحلیل شد و نشان داد که تقویت مهارت کنترل از دیدگاه شونفلد در میان دانش آموزان باعث کاهش معناداری در خطای مراحل خواندن، درک کردن و تبدیل می‌شود؛ اما کاهش معناداری در خطای مراحل پردازش و نوشتاری مشاهده نشد. بیشترین تعداد خطا در پیش آزمون مربوط به مراحل درک و تبدیل، و در پس آزمون مربوط به مراحل تبدیل و پردازش بود. همچنین این پژوهش نشان داد که اکثر دانش آموزان تسلط کافی را در انجام دادن محاسبات ریاضی ندارند.

کنترل از دیدگاه شونفلد، نسبت‌های مثلثاتی، الگوی تحلیل خطای نیومن، خطا

کلید واژه‌ها:

□ تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۴/۳ □ تاریخ شروع بررسی: ۹۹/۵/۱۱ □ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۱۱/۳

* استادیار گروه آموزش ریاضی، دانشگاه فرهنگیان، استان تهران. E-mail: vahid_alamian@yahoo.com
** دبیر ریاضی آموزش و پرورش شهرستان فریدن. E-mail:

مقدمه

بحث نسبت‌های مثلثاتی از مباحث اصلی در مقطع متوسطه دوم در رشته‌های ریاضی-فیزیک، علوم تجربی، و رشته‌های فنی و حرفه‌ای است. تعداد بسیاری از دانش‌آموزان در درک و به‌کارگیری و حل مسائل مربوط به این مبحث با مشکلات بسیاری روبه‌رو هستند. با توجه به کاربرد و اهمیت این مبحث در مباحث دیگر از جمله فیزیک، الکتریسیته، رشته‌های مهندسی، هندسه و دیگر مباحث ریاضی، ضعف دانش‌آموزان در مبحث نسبت‌های مثلثاتی از علل مهم عملکرد ضعیف آنان در مطالب درسی وابسته به آن است. از طرفی، موارد فراوانی مشاهده شد که در آن دانش‌آموزان با وجود درک مطالب درسی و بلد بودن راه‌حل مسئله، در کامل کردن جواب آن با شکست مواجه شده‌اند یا به علل دیگری، چون عدم نظارت و بازنگری راه‌حل مسئله، متوجه خطاهایی نشده‌اند که باعث انحراف آن‌ها از مسیر صحیح حل مسئله شده است. اما تکرار و تمرین توصیه‌هایی چون مرور حل مسئله یا دوباره خواندن صورت سؤال یا بررسی چند راه‌حل و توصیه‌هایی از این قبیل باعث بهبود عملکرد دانش‌آموزان در فرایند حل مسائل شده است.

«همه را بلد بودم، ولی به جواب نرسیدم»، «هر کاری کردم به نتیجه‌ای که شما خواستید نرسیدم»، «حل شد، ولی برای رسیدن به جواب دو صفحه نوشتم». این‌ها جمله‌هایی است که معمولاً بعد از هر امتحان یا در موقع حل تمرین از دانش‌آموزان می‌شنویم. در بسیاری از مواقع متوجه می‌شویم دانش‌آموز همه اطلاعات لازم را برای حل مسئله داشته و همه را در برگه خود آورده است، اما روش چینش آن‌ها را نمی‌دانسته و نهایتاً به جواب نرسیده یا اینکه مسئله را از راهی بسیار طولانی که نیاز نبوده حل کرده است. براین اساس، منشأ اصلی این مشکلات نداشتن مهارتی است که شونفلد^۱ آن را «کنترل» می‌نامد (کرمان، ۱۳۹۴). «کنترل» با روشی مرتبط است که افراد از اطلاعات در دسترس خود استفاده می‌کنند، مانند اینکه برای حل یک مسئله از چه روشی استفاده کنیم، چه طرح و برنامه‌ای را دنبال کنیم، چه موقع از ادامه راه‌حل منصرف شویم و در آن زمان کدام راه‌حل را شروع کنیم. این نوع تصمیم‌گیری‌ها در حل مسئله عملی سلسله‌مراتبی و از پیش تعیین شده نیست، بلکه بیشتر تصمیم‌گیری‌ها «سر صحنه» اتفاق می‌افتد و به موقعیت پیش آمده بستگی دارد. در هنگام حل مسئله ممکن است بتوان کارهای موازی بسیاری انجام داد، اما به‌رحال باید تصمیم گرفت که بهتر است کدام کار انجام شود. مثال‌های بسیاری وجود دارند که نشان می‌دهند کنترل بد چگونه باعث شکست می‌شود و کنترل خوب چطور می‌تواند از انحراف‌های اساسی در حل مسئله جلوگیری کند یا حتی، به‌صورت عاملی مثبت، در به دست آوردن حل مسئله راه‌گشا باشد (غفاری، ۱۳۹۰).

شایان ذکر است شناسایی و کشف خطاهای دانش‌آموزان برای معلمان اهمیت فراوانی دارد، چراکه آن‌ها می‌توانند تا حدودی روش تدریس خود را بر مبنای اشتباهات دانش‌آموزان تعدیل کنند. تشخیص اشتباهات کمک خواهد کرد که بفهمیم چه روشی و کجا در یادگیری دانش‌آموزان مؤثر است

(علم‌الهدایی، ۱۳۸۸).

شناسایی خطاهای دانش‌آموزان در حل مسائل مثلثاتی و تأثیر عامل کنترل در این خطاها، معلمان را برای رفع این مشکلات و بهبود آموزش یاری میرساند. روش تحلیل خطای نیومن یکی از روش‌های کاربردی برای تحلیل خطای دانش‌آموزان در روند حل مسئله است. از این‌رو در این مقاله تأثیر مؤلفه کنترل از دیدگاه شونفلد در بهبود یادگیری دانش‌آموزان و کاهش خطاهای آن‌ها بر اساس الگوی نیومن بررسی شده است.

در این پژوهش، با تعیین میزان تأثیر عامل کنترل از دیدگاه شونفلد در شناخت خطاهای دانش‌آموزان در مراحل پنج‌گانه الگوی سلسله‌مراتبی نیومن در مبحث نسبت‌های مثلثاتی کلاس دهم تجربی، در پی آن بودیم که به معلمان در شناخت خطاها و فرایند حل آن کمک کنیم.

■ مبانی نظری

◀ مسئله و حل مسئله ریاضی

جورج پولیا^۲ در کتاب خلاقیت ریاضی (۱۳۸۸) بر آن است که مسئله عبارت است از ضرورت جستجوی آگاهانه، وسیله مناسبی برای رسیدن به هدفی روشن، ولی در بدو امر غیرقابل دسترس و حل مسئله به معنای پیدا کردن این وسیله است. از دیدگاه شورای ملی معلمان ریاضی امریکا و کانادا^۳ (۲۰۰۰) مهم‌ترین هدف آموزش ریاضی این است که تمام دانش‌آموزان یاد بگیرند برای ریاضی ارزش قائل شوند و بدانند که در جریان زندگی و در پرورش ذهن و اندیشه مؤثر است و اهمیت دارد. همچنین تمام دانش‌آموزان باید بتوانند ریاضی‌وار استدلال کنند و ارتباط برقرار کنند، آن را قدر بدانند تا به قابلیت‌ها و توانایی‌های خود در انجام دادن تکالیف ریاضی اعتماد کنند و در نهایت توانایی حل مسئله ریاضی را بهبودست آورند.

شونفلد (۱۹۸۵) مسئله را فعالیتی می‌داند که دانش‌آموز علاقه‌مند درگیر آن می‌شود و تلاش می‌کند که راه‌حلی برایش پیدا کند. او همچنین راه‌حل ریاضی در دسترس و از قبل آماده‌ای ندارد که با آن به هدف برسد. شونفلد بر این باور است که وقتی می‌خواهید کاری انجام دهید و نحوه انجام دادن آن را نمی‌دانید با یک مسئله روبه‌رو هستید. نتیجه آنکه مسئله موقعیتی جدید و ناشناخت که مسئله حل‌کن نمونه و الگویی از آن در ذهن ندارد و روش سریع ارائه راه‌حل آن را نمی‌داند.

مسئله در خلق اندیشه‌های سازنده مؤثر است زیرا حل آن مستلزم به‌کارگیری انواع توانایی‌های مسئله‌حل‌کن است (شونفلد، ۱۹۸۵). بنابراین دانش‌آموزان می‌توانند بسیاری از مفاهیم ریاضی را از طریق درگیر شدن با فرایند حل مسئله‌هایی یاد بگیرند که متعلق به دنیای واقعی آن‌هاست.

پژوهشگران برای حل مسئله چارچوب‌ها و الگوهای گوناگونی عرضه کرده‌اند. یکی از مهم‌ترین آنها الگوی حل مسئله شونفلد است.

◀ چهارچوب حل مسئله از دیدگاه شونفلد

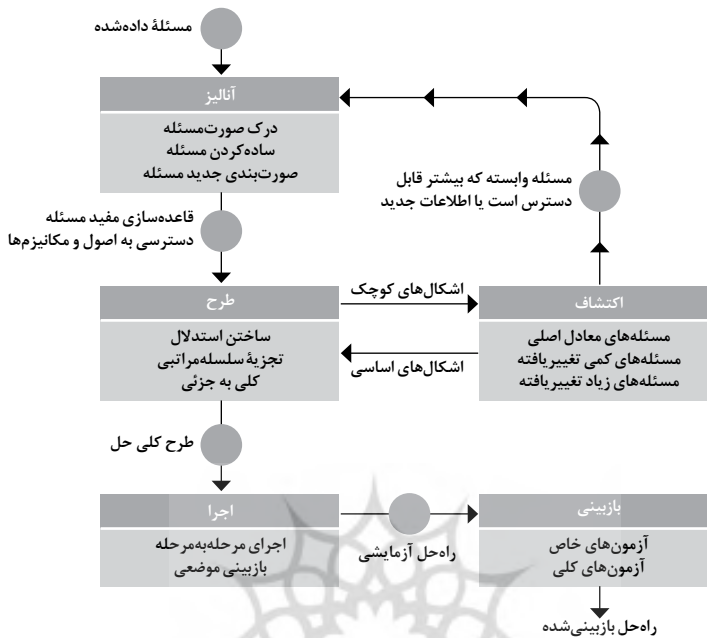
شونفلد (۱۹۸۵) معتقد بود که توصیف‌های پولیا از راهبردهای راهگشا برای ریاضیدان‌های خیره واضح است، ولی برای مسئله حل کن تازه کار بسیار مناسب نیست. به همین دلیل کتابی به نام حل مسئله ریاضی^۴ به رشته تحریر درآورد که در آن، دیدگاه و فن خودش را ارائه داد و به شرح و بسط آن پرداخت. شونفلد (۱۹۸۵) معتقد است که راهبردهای حل مسئله را می‌توان در شرایط خاصی آموزش داد. او معتقد است که حل مسئله با حفظ کردن قوانین خاص آموخته نمی‌شود، بلکه از طریق غوطه‌ور شدن شخص در فرایند حل و توانایی به‌کارگیری درست منابع دانشی حاصل می‌شود. از دیدگاه شونفلد (۱۹۸۵)، عوامل تأثیرگذار در حل مسئله ریاضی و در واقع چارچوب کلی برای تجزیه و تحلیل رفتار مسئله حل کن از چهار بخش اصلی تشکیل شده است که عبارت‌اند از منابع^۵، رهیافت‌ها^۶ (راهبردها)، کنترل^۷، و نظام باورها^۸. در این مقاله، از میان مراحل حل مسئله در الگوی شونفلد، مرحله کنترل اهمیت ویژه‌ای دارد. لذا در ادامه به بررسی دقیق‌تر این مرحله می‌پردازیم.

از دیدگاه شونفلد، کنترل تصمیم‌گیری‌های کلی در زمینه انتخاب و به‌کار بستن منابع و راهبردهاست. شونفلد با مطالعه بسط حل مسئله در دانش‌آموزان از عوامل حساس و مؤثری در مهارت آن‌ها، که آن را «راهبرد کنترل» نامیده است، آگاه شد. در تجزیه و تحلیل شونفلد، راهبردهای کنترل با تصمیمات اجرایی ارتباط دارد مانند تولید فعالیت‌های متناوب، ارزیابی راه حل، ارزیابی آنچه احتمالاً قادر به انجام آن هستید، بررسی رهیافت‌هایی که به کار می‌برید، و ارزیابی آنچه برای بسط راه حل می‌سازید (کرمان، ۱۳۹۴).

همان‌طور که شونفلد اشاره می‌کند، کنترل به معنای انتخاب و به‌کارگیری منابع و راهبردهای مناسبی است که به حل مسئله کمک می‌کند. از جمله توانایی‌های کنترلی می‌توان به ۱. طرح کلی حل مسئله، ۲. بازنگری و تصمیم‌گیری، و ۳. دانش فراشناختی هوشیارانه اشاره کرد.

تحقیقات انجام‌شده در زمینه حل مسئله ریاضی نشان می‌دهد که آگاهی فرد از دانسته‌های خود در زمینه ریاضی و نحوه استفاده از آن‌ها در موقعیت مناسب، همچنین بازبینی فرد از عملکرد خود در ضمن حل مسئله و بعد از آن (توانایی‌های فراشناختی)، در میزان موفقیت او در حل مسئله ریاضی تأثیر مستقیمی دارد (صمدی، ۱۳۷۹: ۸۰).

شونفلد (۱۹۸۵) کنترل در فرایند حل مسئله را با عبارت «تصمیمات عمومی، درباره گزینش و به‌کارگیری منابع و رهیافت‌ها» تعریف می‌کند و معتقد است کنترل شامل تحلیل، طراحی (طرح نقشه)، اجرا و بازنگری و ارزیابی راه حل است که همگی باهم در تعامل‌اند و از آن با عنوان الگوی کلی راهبرد حل مسئله نام می‌برد (نمودار ۱).



نمودار ۱. راهبرد کنترل از دیدگاه شونفلد در حل مسئله (شونفلد، ۱۹۸۵، ص. ۱۱۰)

الگوی سلسله‌مراتبی تحلیل خطای نیومن

نظریات گوناگونی در زمینه خطاهای دانش‌آموزان در حل مسئله ریاضی مطرح شده است که یکی از معروف‌ترین این موارد الگوی نیومن است. بر اساس الگوی تحلیل خطای نیومن^۹ (NEA)، فراگیرنده برای پاسخ به یک مسئله لازم است سلسله‌مراتبی را به ترتیب طی کند که شامل ۱. مرحله خواندن^{۱۰}، ۲. مرحله درک مطلب^{۱۱}، ۳. مرحله تبدیل^{۱۲} (تغییر شکل)، ۴. مرحله مهارت‌های پردازش^{۱۳}، و ۵. مرحله بازنویسی پاسخ در قالب نوشتاری (کدگذاری)^{۱۴} است. همچنین، دو عامل بی‌دقتی و انگیزه از عوامل تأثیرگذار در بروز خطا و شکست در حل مسئله‌اند که ممکن است در هر مرحله از مراحل یادشده رخ دهند (کلمنتس و الرتون، ۱۳۹۳/۱۹۹۶).

نیومن به این دلیل از واژه سلسله‌مراتب استفاده کرد که شکست، در هر سطحی از زنجیره فوق، حل‌کنندگان مسائل را از رسیدن به راه‌حل قانع‌کننده بازمی‌داشت (مگر آنکه به شکلی اتفاقی و با استدلال غلط به راه درست می‌رسیدند) (کلمنتس و الرتون، ۱۳۹۳/۱۹۹۶).

نکته قابل‌تأمل در الگوی نیومن این است که در شمارش تعداد خطای هر مرحله از مراحل سلسله‌مراتبی الگوی نیومن فقط اولین پاسخ نامناسب و تأثیرگذار در روند حل مسئله به‌منزله خطای آن مرحله ثبت می‌شود. برای مثال اگر دانش‌آموزی هم در مرحله درک مطلب و هم در مرحله تبدیل خطا

داشته باشد، در این صورت فقط خطای مرحله درک برای او ثبت می‌شود زیرا ممکن است خطای تبدیل او ریشه در خطای درک مطلب داشته باشد. بنابراین، ثبت خطای درک مطلب برای این دانش‌آموز به این معنی نخواهد بود که او در مراحل بعدی مشکلی نخواهد داشت، بلکه به این معنی است که مرحله درک اولین مرحله خطای او در روند سلسله‌مراتبی نیومن است.

پژوهشگران، در کشورهای گوناگون، پژوهش‌های فراوانی در زمینه سلسله‌مراتب خطاهای نیومن انجام دادند و هر کدام تعاریف مشابهی در مورد هر کدام از خطاهای مراحل الگوی نیومن بیان کرده‌اند. برای نمونه، رخیماه^{۱۵} و همکاران (۲۰۱۵)، به نقل از زا^{۱۶}، (۲۰۱۲)، می‌گویند:

۱. خطا در خواندن خطایی است که:

(الف) در آن دانش‌آموز فرمول‌ها و علائم ریاضی را تشخیص نمی‌دهند.

(ب) معنای نمادها را در سؤال متوجه نمی‌شوند.

(ج) درک درستی از کلمات کلیدی در سؤال ندارند.

۲. خطای درک خطایی است که دانش‌آموزان:

(الف) نمی‌توانند از مفهوم کلی سؤال درک درستی داشته باشند.

(ب) از نوشتن و توضیح آنچه سؤال از آن‌ها خواسته عاجزند.

(ج) پاسخ خود را می‌نویسند، ولی در مورد آن نمی‌توانند توضیح دهند.

۳. خطای تبدیل خطایی است که دانش‌آموزان:

(الف) نمی‌توانند فرمولی را بیابند که برای این مسئله استفاده می‌شود.

(ب) در تعیین عملیات مناسبی که برای پاسخ به این سؤال لازم است ناتوان‌اند.

(ج) در شناخت عملیات لازم ناتوان‌اند.

۴. خطای مهارت‌های پردازش خطایی است که باعث می‌شود دانش‌آموزان

(الف) نتوانند فرایند یا الگوریتم‌های مناسب را برای حل مسئله تشخیص دهند، باینکه می‌توانند فرمول مناسب را بیان کنند.

(ب) باینکه قادر به مشخص کردن عملیات ریاضی مورد استفاده‌اند، اما نمی‌توانند طریقه و روش صحیح آن را انجام دهند.

۵. خطای رمزگذاری دانش‌آموزان خطایی است که باعث می‌شود دانش‌آموزان نتوانند

(الف) پاسخ مناسبی را بنویسند که جوابشان را تفسیر کند.

(ب) در مورد راه‌حلی که نوشته‌اند توضیح دهند.

(ج) پاسخ مناسبی برای اتمام کار بنویسند.

۶. خطای بی‌دقتی خطایی است که دانش‌آموزان در مرور برگه خود می‌توانند آن را بدون راهنمایی برطرف کنند.

پیشینه تحقیق

در تحقیقات متعددی به ارتباط میان مؤلفه‌های الگوی حل مسئله شونفلد، به صورت منفرد، با توانایی حل مسئله ریاضی پرداخته شده است. بیشترین حجم تحقیق در این زمینه به ارتباط مؤلفه‌های الگوی شونفلد، از جمله آموزش رهیافت‌ها و توانایی حل مسئله ریاضی، مربوط می‌شود. همچنین در تحقیقات فراوانی به ارتباط میان اعمال فراشناختی آگاهانه (مرتبط با سازه کنترل) و توانایی حل مسئله پرداخته شده، اما تحقیقات چندانی در زمینه تأثیر مؤلفه‌های الگوی شونفلد در خطای دانش‌آموزان در مراحل الگوی نیومن انجام نشده است. در کشور ما نیز تحقیقات بسیاری درباره الگوی نیومن و متغیرهای مؤثر در یادگیری از نظر شونفلد انجام شده است. در ادامه به برخی از این تحقیقات اشاره می‌کنیم.

فرامرزی‌پور و فدایی (۱۳۹۵) مقاله‌ای برای بیان اهمیت نقش کنترل از دیدگاه شونفلد در آموزش حل مسئله، با هدف آشنایی معلمان با تأثیر مؤلفه کنترل در آموزش ریاضی، ارائه داده‌اند.

یزدانفر (۱۳۹۲) روی ۲۳۵ نفر از دانشجویان دختر در اهواز تحقیقی با عنوان «بررسی توانایی و معناداری الگوی حل مسئله شونفلد در تحلیل ناتوانایی‌های دانش‌آموزان دختر در حل مسئله ریاضی» انجام داد. نتایج پژوهش او نشان داد که رهیافت‌ها و منابع مهم‌ترین عوامل بر نمره دانشجویان است.

راستی‌زاده و بهزادی (۱۳۹۵) پژوهشی با عنوان «بررسی تأثیر آموزش حل مسائل کلامی ریاضی بر کاهش خطاهای دانش‌آموزان بر اساس الگوی نیومن» انجام دادند. هدف اصلی این تحقیق بررسی تأثیر آموزش حل مسائل کلامی ریاضی در کاهش خطاهای دانش‌آموزان پسر سال اول دبیرستان بر اساس سلسله‌مراتب پنج‌گانه پیشنهادی نیومن بود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که آموزش حل مسائل کلامی ریاضی، با رویکرد استفاده از مثال‌ها و تأکید بر روش‌ها، در کاهش خطاهای دانش‌آموزان تفاوت معناداری ایجاد کرده است. نتایج مطالعه دیسوت^{۱۷} (۲۰۰۸)، روی دانش‌آموزان کلاس‌های سوم و چهارم، نشان داد دانش‌آموزانی که در دوره آموزش فراشناختی شرکت کرده‌اند پیشرفت قابل توجهی در ارزیابی صحیح توانایی‌های حل مسئله خود و پیش‌بینی موفقیت خود کسب کرده‌اند.

اوزسوی^{۱۸} (۲۰۰۹) با بررسی تأثیر آموزش راهبرد فراشناختی در موفقیت حل مسئله، روی دانش‌آموزان کلاس پنجم، در ترکیه، نشان داد که آموزش راهبردهای فراشناختی باعث افزایش معناداری در موفقیت حل مسئله می‌شود.

در پژوهشی که روهما و ساتیارسو^{۱۹} (۲۰۱۷) روی دانش‌آموزان دبیرستانی در کشور اندونزی و بر اساس نظریه نیومن انجام دادند، ۴،۳۵ درصد کل خطاها مربوط به مرحله خواندن، ۱۷،۳۹ درصد خطاها مربوط به مرحله درک، ۳۴،۷۸ درصد مربوط به مرحله تبدیل، ۲۳،۹۱ درصد مربوط به مرحله مهارت‌های پردازش، و ۱۹،۵۷ درصد مربوط به مرحله نوشتاری (کدگذاری) است.

روش تحقیق

جامعه آماری این پژوهش شامل کلیه دانش‌آموزان پسر سال دهم رشته تجربی، در شهرستان فریدن اصفهان، در سال تحصیلی ۹۶-۹۷ بود که تعداد آن‌ها ۶۰ نفر بود. برای تعیین نمونه، در این پژوهش از روش نمونه‌گیری در دسترس استفاده شد. از سه کلاس پسرانه، که دو کلاس آن در دبیرستان دولتی جمعیت‌های ۲۶ و ۲۲ نفر داشت و یک کلاس آن در دبیرستان غیرانتفاعی جمعیت ۱۲ نفر داشت، دو کلاس بزرگ‌تر به‌عنوان نمونه در دسترس در نظر گرفته شدند. در نتیجه، حجم نمونه برابر ۴۸ نفر شد که با توجه به جدول مورگان این تعداد برای پژوهش نیمه‌تجربی مناسب است.

با توجه به اینکه در شروع سال تحصیلی دانش‌آموزان این دبیرستان تقریباً به‌صورت یکسان و از هر سه رده دانش‌آموزان خوب، متوسط و ضعیف در این دو کلاس تقسیم‌بندی شده بودند، یکی از این دو کلاس به‌منزله گروه آزمایش و دیگری گروه گواه در نظر گرفته شد، با این تغییر که برای یکسان‌شدن جمعیت دو گروه، از دانش‌آموزان کلاس ۲۶ نفری (گروه گواه) در کلاس‌های فوق‌برنامه مربوط به گروه آزمایش ۲ نفر شرکت داده شدند. این ۲ نفر با توجه به نمره‌های پایانی نوبت اول دانش‌آموزان دو کلاس به‌گونه‌ای انتخاب شدند که واریانس‌ها و میانگین آن‌ها به هم نزدیک‌تر شوند.

پس از مشخص شدن نمونه و گروه آزمایش و گروه گواه، ابتدا به‌منظور بررسی همسانی واریانس‌های دو گروه پیش‌آزمونی مشتمل بر ۶ سؤال تشریحی استاندارد شده از مبحث نسبت‌های مثلثاتی روی هر دو گروه اجرا شد. سپس با مصاحبه نیومنی از همه افراد دو گروه، خطای مراحل گوناگون الگوی نیومن شمارش شد. پس از این مرحله، برای گروه آزمایش ۸ جلسه ۴۵ دقیقه‌ای کلاس فوق‌برنامه تشکیل شد و از این طریق مهارت‌های کنترلی در این گروه تقویت شد. پس از اتمام این کلاس‌ها، پس‌آزمونی مشتمل بر ۶ سؤال از هر دو گروه گرفته شد و مجدداً خطای مراحل الگوی نیومن با روش مصاحبه تعیین شد. مقایسه و تحلیل نتایج با استفاده از آزمون یو-مان-ویتنی^۲، برای گروه‌های مستقل، انجام شد. همچنین از معلم ریاضی کلاس گروه آزمایش خواسته شد تا در حین انجام دادن تمرین‌ها، فعالیت‌های کلاسی، و آزمون‌ها بر مهارت‌های کنترلی تأکید کند. برخی از توصیه‌های کنترلی تأکید شده در فرایند حل مسئله در کلاس‌های تقویتی گروه آزمایش به قرار زیر است:

۱. تلاش برای کشف اندیشه‌های اصلی سؤال؛
۲. سعی در مشخص کردن خواسته‌های سؤال و فهمیدن منظور آن، قبل از پرداختن به پاسخ‌دهی، و در صورت لزوم دوباره خواندن صورت سؤال؛
۳. کشف ارتباط دانسته‌های سؤال با یافته‌های خود؛
۴. تفکر درباره اینکه چه کاری باید انجام دهم و چرا و چگونه؛
۵. استفاده از راهبردهای متفاوت و تشخیص زمان مناسب در استفاده از هر راهبرد؛
۶. بازبینی و تصحیح هم در جریان اجرای راه‌حل و هم در پایان کار؛
۷. پیگیری پیشرفت در حل مسئله و در صورت لزوم تغییر فنون و راهبرد.

افزایش مهارت کنترل در دانش‌آموزان فقط با ارائه توصیه‌ها و تمرینات مقطعی در حد پذیرفتنی انجام نمی‌شود، بلکه این توصیه‌ها باید همراه با تمرین و تکرار و حل مسئله‌های هدفمندی انجام شود که شامل مراحل کنترل از دیدگاه شونفلد یعنی تحلیل، طراحی، اکتشاف، اجرا، و بازبینی باشد. دانش‌آموزان باید در عمل با موقعیت‌ها روبه‌رو شوند و تصمیم‌های راهبردی اتخاذ کنند.

در کلاس‌های جبرانی سؤال‌ها به صورت فعالیت‌های گروهی بررسی و حل می‌شود، معلم نقش راهنما و هدایت‌کننده داشت و در جریان حل سؤال‌ها پیوسته بر توصیه‌های کنترلی تأکید می‌شد. همچنین برای جلوگیری از تأثیر عوامل دیگر (غیر از مهارت‌های کنترل) در افزایش توانایی‌های دانش‌آموزان گروه آزمایش، در مبحث نسبت‌های مثلثاتی، سؤال‌ها اغلب از مباحث غیرمثلثاتی و برخی از آن‌ها برای جذابیت بیشتر از سؤال‌های کنکور مرتبط با کتاب درسی ریاضی آن‌ها طراحی شده بود.

■ ابزار و روش گردآوری اطلاعات

◀ بخش کیفی

ابزار اصلی تحقیق شامل دو آزمون محقق‌ساخته در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون به همراه مصاحبه نیمه‌منظم بود. مصاحبه با همه دانش‌آموزان باعث شد که خطاهای ناشی از بی‌انگیزگی و بی‌دقتی تقریباً برابر صفر شود. در این پژوهش از روایی محتوایی و روایی صوری استفاده شده است. روایی صوری به این مسئله اشاره می‌کند که آزمون یا ابزار پژوهش تا چه حد شبیه به موضوعی است که برای اندازه‌گیری آن تهیه شده است. این روایی صرفاً به شکل، چارچوب و ویژگی‌های ظاهری آزمون مانند رعایت برخی نکات ضروری برای نوشتن، نحوه اجرای آزمون و شیوه ارزش‌گذاری نظر دارد که این امر با استفاده از نظر متخصصان انجام می‌شود (نادری و سیف‌نراقی، ۱۳۸۴).

در این پژوهش برای تعیین روایی صوری و تأیید اینکه آیا سؤال‌های طرح‌شده برای سنجیدن اهداف موردنظر مناسب‌اند یا خیر، از نظر استادان ریاضی و دبیران ریاضی با تجربه دبیرستان استفاده شد. روایی محتوایی یک آزمون را معمولاً افراد متخصص در مورد موضوع مورد مطالعه مشخص می‌کنند. از این رو، روایی محتوایی به قضاوت داوران بستگی دارد (سرمد و همکاران، ۱۳۹۰). روایی محتوایی این اطمینان را به وجود می‌آورد که مقیاس شامل یک سری موارد کافی برای استفاده از مفهوم است. هر چه موارد معرف حیطه مفهومی که اندازه‌گیری می‌شود بیشتر باشد روایی محتوایی آن بیشتر خواهد بود (خاکی، ۱۳۸۷).

برای تعیین روایی محتوایی سؤال‌های آزمون از شاخص نسبت روایی محتوایی سی‌وی‌آر^{۲۱} استفاده شد. نسبت روایی محتوایی یا سی‌وی‌آر یک روش سنجش روایی پرسشنامه است. این نسبت را لاوشه^{۲۲} طراحی کرده است. برای محاسبه این شاخص از نظرهای این کارشناسان متخصص در زمینه محتوای آزمون موردنظر استفاده می‌شود و با توضیح اهداف آزمون و ارائه تعاریف عملیاتی مربوط به محتوای سؤال‌ها از آن‌ها خواسته می‌شود تا هر یک از سؤال‌ها را بر اساس طیف سه‌بخشی لیکرت در گویه‌های

«ضروری است»، «مفید است اما ضرورتی ندارد»، و «ضروری نیست» طبقه‌بندی کنند. سپس بر اساس فرمول زیر نسبت روایی محتوایی محاسبه می‌شود:

$$CVR = \frac{K - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}}$$

N: تعداد کل متخصصان

K: تعداد متخصصانی که گزینه ضروری را انتخاب کرده‌اند

بر اساس تعداد متخصصانی که سؤال‌ها را ارزیابی کرده‌اند از حداقل مقدار سی‌وی‌آر قابل قبول استفاده می‌شود. سؤال‌هایی که مقدار سی‌وی‌آر محاسبه‌شده برای آن‌ها کمتر از میزان موردنظر با توجه به تعداد متخصصان ارزیابی‌کننده سؤال باشد بایستی از آزمون کنار گذاشته شوند، چون بر اساس شاخص روایی محتوایی، روایی محتوایی قابل‌قبولی ندارند.

همچنین برای بررسی روایی سؤال‌ها از روش شاخص روایی محتوایی سی‌وی‌آر استفاده شد و تجزیه و تحلیل داده‌های این پژوهش در دو سطح آمار توصیفی و استنباطی با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد.

در زیر نمونه‌ای از پرسشی که در اختیار دانش‌آموز قرار گرفت و پاسخ او آمده است. این تصویر بیانگر فرایند پاسخگویی به سؤال‌های مصاحبه‌گر و درنهایت نوع خطای رخ داده‌شده است.

۵	اگر قطر کوچک یک شش ضلعی منتظم برابر $2\sqrt{3}$ باشد مساحت شش ضلعی را به دست آورید.
---	---



• مصاحبه‌گر: «سؤال را برای من بخوان.»

دانش‌آموز سؤال را به‌درستی می‌خواند.

• مصاحبه‌گر: «به من بگو سؤال از شما چه می‌خواهد.»

• دانش‌آموز: «مساحت شش ضلعی منتظم که قطر کوچک آن معلوم است.» سپس شکل شش ضلعی و قطر کوچک آن را رسم می‌کند.

• مصاحبه‌گر: «برای حل این مسئله چه کاری باید انجام داد.»

• دانش‌آموز: پس از کمی فکر کردن پاسخ می‌دهد که نمی‌داند.

در این قسمت خطای تبدیل رخ داده است زیرا دانش‌آموز در تشخیص راهبرد مناسب با مشکل

روبه‌رو می‌شود.

یافته‌ها و نتایج پژوهش

۱. یافته‌ها و نتایج پژوهش بر اساس آمار توصیفی

در جدول ۱ نتیجه گرفته شده است که بیشترین درصد خطا در پیش‌آزمون و در گروه گواه به ترتیب مربوط به مراحل درک، تبدیل، و پردازش است و در گروه آزمایش به ترتیب مربوط به مراحل تبدیل، درک، و پردازش است. در مجموع، بیشترین آمار خطا در دو گروه مربوط به حالت تبدیل است. همچنین میان دو گروه اختلاف بسیار کمی در تعداد خطا در هر مرحله وجود دارد که این موضوع تأکیدی بر همسانی دو گروه دارد؛ البته همسانی واریانس‌های دو گروه در قسمت تحلیل استنباطی داده‌ها بررسی شده است.

جدول ۱. تعداد و درصد خطا در پیش‌آزمون گروه‌های آزمایش و گواه

نوع خطا	گروه گواه					گروه آزمایش				
	خواندن	درک	تبدیل	پردازش	کدگذاری	خواندن	درک	تبدیل	پردازش	کدگذاری
فراوانی	۷	۲۸	۲۷	۲۴	۵	۵	۲۶	۲۸	۲۵	۶
درصد	٪۷٫۷	٪۳۰٫۷	٪۲۹٫۶	٪۲۶٫۴	٪۵٫۵	٪۵٫۵	٪۲۸٫۹	٪۳۱٫۱	٪۲۷٫۷	٪۶۶٫۷
*	۰/۰۴۹	۰/۲۰۴	۰/۲۴۷	۰/۲۹۲	۰/۰۸۶	۰/۰۳۴	۰/۱۸۷	۰/۲۴۷	۰/۲۹۴	۰/۱

جدول ۲ نشان می‌دهد که بیشترین درصد خطا در بین مراحل الگوی نیومن در مرحله پس‌آزمون برای گروه آزمایش به ترتیب مربوط به مراحل پردازش، تبدیل، و درک است و برای گروه گواه به ترتیب مربوط به مراحل تبدیل، پردازش، و درک است.

با کمی دقت در جدول زیر متوجه می‌شویم که اعداد درصدی اختلاف تعداد خطای گروه آزمایش نسبت به گروه گواه را در پس‌آزمون نشان نمی‌دهد. در حالی که اختلافی در تعداد خطاهای مرحله پردازش دو گروه وجود ندارد، اختلاف درصد این دو مرحله بیش از ۱۰ درصد است. علت این موضوع این است که در محاسبه درصد برای هر مرحله فراوانی آن مرحله بر مجموع فراوانی خطاها در همان گروه تقسیم می‌شود و حاصل در عدد ۱۰۰ ضرب می‌شود، که در واقع نوعی فراوانی نسبی محسوب می‌شود.

جدول ۲. تعداد و درصد خطا در پس‌آزمون گروه‌های آزمایش و گواه

نوع خطا	گروه گواه					گروه آزمایش				
	خواندن	درک	تبدیل	پردازش	کدگذاری	خواندن	درک	تبدیل	پردازش	کدگذاری
فراوانی	۷	۲۷	۳۱	۲۸	۶	۲	۱۵	۲۱	۲۸	۵
درصد	٪۷	٪۲۷٫۳	٪۳۱٫۳	٪۲۸٫۳	٪۶٫۱	٪۲٫۹	٪۲۱٫۱	٪۲۶٫۶	٪۳۹٫۴	٪۷٫۱
*	۰/۰۴۹	۰/۱۹۷	۰/۲۸	۰/۳۵۴	۰/۱۱۸	۰/۰۱۳	۰/۱۰۵	۰/۱۶۵	۰/۲۶۴	۰/۰۶

(علامت * در سطر آخر جداول ۱ و ۲ نسبت تعداد خطا به تعداد کل افراد را در هر مرحله نشان می‌دهد.)

جدول‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهند که بیشترین درصد خطا در میان مراحل الگوی نیومن در مرحله پس‌آزمون برای گروه آزمایش به ترتیب مربوط به مراحل پردازش، تبدیل، و درک است و برای گروه گواه به ترتیب مربوط به مراحل تبدیل، پردازش، و درک است. همچنین مجموع خطاها در گروه گواه ۹۹ و در گروه آزمایش ۷۱ است، درحالی‌که این اعداد در پیش‌آزمون به ترتیب ۹۱ و ۹۰ بود که نشان می‌دهد مجموع خطاهای گروه آزمایش در پس‌آزمون کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است.

۲. یافته‌ها و نتایج پژوهش بر اساس آمار استنباطی

۲.۱. بررسی همسانی واریانس‌های گروه گواه و گروه آزمایش

بعد از مشخص‌شدن گروه گواه و گروه آزمایش، اولین و ضروری‌ترین کار بررسی همسانی واریانس‌های این دو گروه است. به این منظور یک پیش‌آزمون به همراه مصاحبه نیومنی روی هر دو گروه انجام شد. نتایج آن با استفاده از آزمون لوین تحلیل و بررسی شد که نتیجه آن در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳. بررسی همسانی واریانس‌های گروه گواه و گروه آزمایش بر اساس آزمون لوین

متغیرها	آماره لوین (F فیشر)	درجه آزادی اول	درجه آزادی دوم	سطح معنی‌داری
خطای خواندن	۱/۷۳۶	۱	۴۶	۰/۱۹۴
خطای درک	۰/۱	۱	۴۶	۰/۷۵۳
خطای تبدیل	۰/۶۰۸	۱	۴۶	۰/۴۳۹
خطای پردازش	۱/۱۰۹	۱	۴۶	۰/۷۴۳
خطای کدگذاری	۰/۴۵۵	۱	۴۶	۰/۵۰۳
مجموع خطاها	۰/۰۰۱	۱	۴۶	۰/۹۷۶

در آزمون لوین فرضیه H_0 برابر واریانس‌های دو گروه است و با توجه به اینکه در جدول برای تمام مراحل مقدار سطح معناداری بزرگ‌تر از ۰/۰۵ درصدند، بنابراین فرضیه صفر رد نمی‌شود و همسانی واریانس‌های دو گروه برای همه مراحل الگوی نیومن تأیید می‌شود.

۳. مقایسه و بررسی معنادار بودن اختلاف گروه آزمایش و گروه گواه

جدول ۴ نتیجه اجرای آزمون شاپیرو-ویک و همچنین کلموگروف-اسمیرنوف را برای بررسی نرمال بودن داده‌های گروه گواه در پس‌آزمون نشان می‌دهد. در این آزمون فرضیه صفر (H_0) نشان‌دهنده نرمال بودن توزیع داده‌ها و فرضیه خلاف (H_1) نشان‌دهنده نرمال نبودن توزیع داده‌هاست.

جدول ۴. بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها در پس‌آزمون گروه گواه

آزمون نرمال بودن						
کولموگروف - اسمیرنوف			شاپیرو - ویک			
سطح معناداری	درجه آزادی	آماره	سطح معناداری	درجه آزادی	آماره	
۰/۰۰	۲۴	۰/۵۲۴	۰/۰۰	۲۴	۰/۴۶۴	کدگذاری
۰/۰۰۴	۲۴	۰/۱۸۶۳	۰/۰۰۲	۲۴	۰/۲۳۲	پردازش
۰/۰۰۲	۲۴	۰/۱۸۴۸	۰/۰۰	۲۴	۰/۳۰۸	تبدیل
۰/۰۰۵	۲۴	۰/۱۸۶۹	۰/۰۰۴	۲۴	۰/۲۱۹	درک
۰/۰۰	۲۴	۰/۵۷۳	۰/۰۰	۲۴	۰/۴۴۳	خواندن

در جدول فوق سطح معنی‌داری همه مراحل الگوی نیومن در هر دو آزمون کمتر از ۰/۰۵ است، لذا فرضیه صفر رد می‌شود. در نتیجه، توزیع داده‌ها در سطح خطای ۰/۰۵ نرمال نیست. به روش مشابه جدول، بررسی نرمال بودن داده‌های گروه آزمایش به صورت جدول شماره ۵ به دست آمده است.

جدول ۵. بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها در پس‌آزمون گروه آزمایش

آزمون نرمال بودن						
کولموگروف - اسمیرنوف			شاپیرو - ویک			
سطح معناداری	درجه آزادی	آماره	سطح معناداری	درجه آزادی	آماره	
۰/۰۰	۲۴	۰/۵۴۲	۰/۰۰	۲۴	۰/۴۶۴	کدگذاری
۰/۰۰۳	۲۴	۰/۱۸۵۵	۰/۰۰۳	۲۴	۰/۲۲۶	پردازش
۰/۰۰۲	۲۴	۰/۱۸۴۴	۰/۰۰۲	۲۴	۰/۲۳۵	تبدیل
۰/۰۰۲	۲۴	۰/۱۸۴۲	۰/۰۰۱	۲۴	۰/۲۳۷	درک
۰/۰۰	۲۴	۰/۵۰۳	۰/۰۰	۲۴	۰/۴۸۴	خواندن

این جدول هم نشان می‌دهد که توزیع داده‌ها در گروه آزمایش نرمال نیست. بنابراین برای مقایسه گروه‌ها از آزمون یو مان-ویتنی، که معادل آزمون ناپارامتری آزمون t گروه‌های مستقل است، استفاده می‌کنیم. نتایج آن در جدول ۶ آمده است.

جدول ۶. بررسی معناداری اختلاف میانگین خطای مراحل الگوی نیومن در دو گروه گواه و آزمایش

نوع خطا	سطح معنی‌داری
خواندن	۰/۰۳۳
درک کردن	۰/۰۳
تبدیل (انتقال)	۰/۰۳۸
مهارت‌های پردازشی	۰/۴۹
کدگذاری (نوشتاری)	۰/۳۶۷
مجموع خطاهای هر دانش‌آموز در مراحل الگوی نیومن	۰/۰۰۳۵

بر اساس این جداول تقویت مهارت‌های کنترلی باعث کاهش معناداری در تعداد خطای مراحل خواندن، درک کردن و تبدیل شده است اما کاهش معناداری در خطای مراحل مهارت‌های پردازشی و مرحله کدگذاری وجود ندارد. علت این موضوع این است که در الگوی سلسله‌مراتبی نیومن در هر سؤال فقط اولین مورد مشاهده خطا در مراحل سلسله‌مراتبی برای هر دانش‌آموز ثبت می‌شود (در هر سؤال حداکثر یک خطا برای هر نفر). بنابراین با کاهش خطای مراحل اولیه الگوی نیومن یعنی مراحل خواندن، درک و تبدیل تعداد دانش‌آموزانی که به مرحله پردازش می‌رسند در مقایسه با گروه گواه افزایش می‌یابد و در نتیجه تعداد خطا نیز افزایش می‌یابد. برای برطرف شدن این سوءتفاهم بهتر است در هر مرحله نسبت تعداد خطا بر تعداد افرادی که به آن مرحله رسیده‌اند محاسبه شود. با محاسبه این نسبت برای مراحل پنج‌گانه الگوی نیومن، که در سطر آخر جداول ۱ و ۲ آمده است، مشاهده می‌کنیم که این نسبت برای خطای مهارت‌های پردازشی هم در پیش‌آزمون و هم در پس‌آزمون هر دو گروه بیشترین مقدار را در مقایسه با خطای سایر مراحل الگوی نیومن دارد. این موضوع نشان‌دهنده ضعف اکثر دانش‌آموزان در مرحله مهارت‌های پردازشی و محاسباتی است، که در اکثر پژوهش‌ها بر اساس الگوی نیومن مدنظر قرار نگرفته است. همچنین کاهش مجموع خطای مراحل پنج‌گانه الگوی نیومن، در سطح ۰/۰۵ معنادار است. بنابراین، در یک کلام می‌توان گفت تقویت مهارت‌های کنترلی باعث کاهش خطاهای دانش‌آموزان در الگوی نیومن می‌شود.

■ بحث و نتیجه‌گیری ■

هدف این تحقیق بررسی تأثیر تقویت مهارت‌های کنترلی از دیدگاه شونفلد در کاهش خطاهای دانش‌آموزان در حل مسائل مثلثاتی بوده است. داده‌های لازم از طریق بررسی فرضیه‌ها و سؤال‌های تحقیق از طریق برگزاری پس‌آزمون و پیش‌آزمون و

مصاحبه نیومنی و مقایسه نتایج به دست آمد. در ادامه به بررسی نتایج به دست آمده در راستای سؤال‌های تحقیق می‌پردازیم.

بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق، تقویت مهارت‌های کنترلی باعث کاهش معناداری در مجموع خطای مراحل پنج‌گانه الگوی نیومن دانش‌آموزان در سطح معناداری ۰/۰۵ شده است. بنابراین، می‌توان گفت تقویت مهارت‌های کنترلی باعث کاهش خطاهای دانش‌آموزان در الگوی نیومن می‌شود. بر این اساس، تعداد خطای خواندن در پس‌آزمون در گروه آزمایش نسبت به گروه گواه از ۷ مورد به ۲ مورد کاهش داشت که میانگین خطای هر دانش‌آموز گروه گواه در پس‌آزمون ۰/۲۹ و گروه آزمایش ۰/۰۸ بود.

تعداد خطای درک در گروه آزمایش نسبت به گروه گواه ۱۲ مورد و درصد خطا نیز از ۲۷ درصد به ۲۱ درصد کاهش پیدا کرده است. اولین مرحله از مراحل کنترل از دیدگاه شونفلد در حل مسئله تحلیل، تحلیل سؤال است که دربرگیرنده درک صورت مسئله و از جمله درک و تشخیص واژه‌های کلیدی و رمزگشایی صحیح صورت سؤال و درک روابط میان اجزاء سؤال است و این موضوع متناظر مراحل خواندن و درک در الگوی نیومن است. در واقع، وادار کردن دانش‌آموزان به تحلیل مسائل ریاضی و عادت دادن آن‌ها به این کار در کلاس‌های گروه آزمایش باعث کاهش خطای خواندن و همچنین کاهش خطای درک دانش‌آموزان گروه آزمایش شد. البته مرحله بازبینی از مراحل کنترل نیز نقش بسزایی در کاهش خطای درک و خواندن و به‌ویژه کاهش خطاهای ناشی از بی‌دقتی دارد.

بر اساس مقایسه نتایج پس‌آزمون دو گروه مشاهده شد که تعداد خطای تبدیل از ۳۱ مورد در گروه گواه به ۲۱ مورد در گروه آزمایش کاهش پیدا کرده و درصد خطا هم از حدود ۳۱ درصد به حدود ۲۶/۵ درصد کاهش یافته است. همچنین میانگین خطای تبدیل در این دو گروه به ترتیب ۱/۲۹ و ۰/۸۷ است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که در جامعه مورد مطالعه مداخله آموزشی مؤثر بوده است. در نتیجه، پاسخ سؤال تحقیق نیز مثبت است و فرضیه کاهش خطای تبدیل بر اثر تقویت مهارت‌های کنترلی از دیدگاه شونفلد درست است.

مراحل تحلیل و اکتشاف از بین مراحل کنترل بیشترین تأثیر را در کاهش خطای تبدیل دارند زیرا طراحی و اکتشاف باعث پیدا کردن راهبرد مناسب برای حل مسئله، که در واقع همان تبدیل است، می‌شود. نتیجه اینکه یکی از راه‌های کاهش خطای مرحله تبدیل، طبق الگوی نیومن، این است که دانش‌آموزان پیوسته به حل مسائلی بپردازند که نیاز به تحلیل و طراحی بیشتری نسبت به تمرین‌های عادی دارند.

برخلاف سه مرحله اول الگوی نیومن، که شاهد کاهش معناداری خطا بودیم، در مرحله مهارت‌های پردازش تعداد خطا در گروه آزمایش هیچ کاهش‌ی را در مقایسه با گروه گواه نشان نمی‌دهد؛ گرچه درصد خطا تا حدودی کاهش یافته است، مقدار این کاهش معنادار نیست. بنا بر فرضیه کاهش خطای تبدیل بر اثر تقویت مهارت‌های کنترلی در جامعه مورد مطالعه رد می‌شود و پاسخ سؤال فرعی پنجم منفی است. حتی وقتی نتایج پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه آزمایش را ملاحظه می‌کنیم می‌بینیم کاهش در خطای تبدیل، برخلاف مراحل قبلی، وجود ندارد.

پذیرش این موضوع در نگاه اول سخت است زیرا کنترل شامل مرحله اجرا به همراه بازبینی‌های جزئی است. اجرا کردن نقشه‌های طراحی شده به همراه بازبینی بایستی باعث تقویت مهارت‌های پردازشی و در نتیجه کاهش خطای پردازش در الگوی نیومن شود. اما وقتی مهارت‌های پردازشی دانش‌آموزان گروه آزمایش را چه با خطای پس‌آزمون گروه گواه و چه با نتایج پیش‌آزمون خود گروه آزمایش در پیش‌آزمون مقایسه می‌کنیم هیچ کاهش‌ی مشاهده نمی‌کنیم، در حالی که در بقیه مراحل شاهد کاهش کم‌وبیش خطاها هستیم. بررسی علت یا علت‌های این امر می‌تواند بسیار مهم و حتی نقطه عطف این تحقیق باشد. در ادامه دقیق‌تر درباره این موضوع بحث می‌کنیم.

یکی از مهم‌ترین علل این اتفاق این است که الگوی تحلیل خطای سلسله‌مراتبی نیومن، در هر سؤال برای هر دانش‌آموز، فقط یک خطا ثبت می‌شود. در واقع اولین مرحله خطای تأثیرگذار در روند حل مسئله، خطای آن مرحله در آن سؤال محسوب و ثبت می‌شود (برخلاف الگوی کیسی که یک دانش‌آموز در یک سؤال می‌تواند چند خطا داشته باشد). بنابراین، با کاهش خطا در سه مرحله اول در پس‌آزمون گروه آزمایش، و با توجه به برابری تعداد افراد دو گروه در ابتدا، تعداد افراد این گروه، با بررسی خطای پردازش، نسبت به تعداد افراد مرحله پردازش در گروه گواه بیشتر است و طبیعی است که تعداد خطا نیز به طبع آن افزایش داشته باشد. به این موضوع در اکثر تحقیقات داخلی که بر اساس الگوی سلسله‌مراتبی خطای نیومن صورت گرفته است اهمیت چندانی داده نشده است و معمولاً بر مشکل دانش‌آموزان در مراحل تبدیل و درک تأکید می‌شود. برای قضاوت دقیق‌تر در این مورد بهتر است در هر مرحله نسبت تعداد خطا بر تعداد افرادی که به آن مرحله رسیده‌اند محاسبه شود. علت مهم دیگر در فرضیه مربوط به سؤال فرعی چهارم، ضعف اساسی اکثر دانش‌آموزان ایرانی در مهارت‌های پردازشی و محاسباتی در نظام فعلی آموزشی است. ریشه این امر افزایش حجم کتب ریاضی مقاطع تحصیلی به موازات افزایش حجم سایر کتب درسی و در نتیجه غفلت از تمرین و تکرار و نقش این دو در افزایش قدرت محاسباتی و ماندگاری مفاهیم درسی است.

این مطلب نه تنها در زمینه مبحث نسبت‌های مثلثاتی، بلکه در مورد اکثر مطالب درسی ریاضی صدق می‌کند. شایان ذکر است، استفاده از روش مصاحبه برای تشخیص خطا باعث می‌شود که بتوانیم خطای ناشی از بی‌دقتی و بی‌انگیزگی را بسیار کاهش دهیم و تقریباً به صفر برسانیم.

نتایج مشخص شده از مقایسه پس‌آزمون دو گروه نشان‌دهنده کاهش اندک خطای کدگذاری (نوشتاری) است، به طوری که تعداد خطا از ۶ مورد به ۵ مورد کاهش یافت اما این کاهش بر اساس نتیجه آزمون یو (U) معنادار نیست. بنابراین فرضیه کاهش خطای مرحله کدگذاری بر اثر تقویت مهارت‌های کنترلی در جامعه مورد بررسی در سطح معناداری ۰/۰۵ پذیرفته شده نیست. مرحله اجرا به همراه مرحله بازبینی، از میان مراحل کنترل از دیدگاه شونفلد، ارتباط تنگاتنگی با مرحله کدگذاری در الگوی سلسله‌مراتبی نیومن دارد زیرا در اجرای نقشه طراحی شده در روند حل مسئله ریاضی عملاً مرحله نوشتاری (کدگذاری) اتفاق می‌افتد. بنابراین، علت این روند غیرمنطقی چیز دیگری غیر از کنترل است. همان‌طور که در پاسخ سؤال قبلی هم دقیق به آن اشاره شد، علت اصلی این امر افزایش تعداد افرادی است که با کاهش خطای مراحل اولیه وارد دو مرحله پایانی می‌شوند و برای رفع این مشکل بهتر است درصد خطا، که در واقع نوعی فراوانی نسبی است، یا نسبت خطا به تعداد افراد هر مرحله در نظر گرفته شود. البته علت دیگر، ارتباط کمتر مهارت‌های کنترلی از دیدگاه شونفلد در مرحله نوشتاری در قیاس با مراحل دیگر الگوی نیومن است.

با توجه به تحقیق انجام‌شده می‌توان نتیجه گرفت که تقویت مهارت‌های کنترلی از دیدگاه شونفلد می‌تواند تأثیر بسیار زیادی در کاهش خطاهای دانش‌آموزان در روند حل مسئله داشته باشد، مخصوصاً اگر توصیه‌ها و روش‌های تقویت این مهارت‌ها در متن کتاب‌ها، فعالیت‌ها و روش‌های تدریس معلمان ریشه داشته باشد. همچنین از نتایج تأمل‌برانگیز این تحقیق می‌توان به مشخص شدن ضعف اساسی دانش‌آموزان در مراحل درک و تبدیل و مخصوصاً در مرحله مهارت‌های پردازشی، که جزئیات آن در بحث و بررسی سؤال فرعی چهارم بیان شد، اشاره کرد. در بخش اهداف جزئی، یعنی بررسی خطا بر اساس الگوی نیومن، طبق نتایج این تحقیق حدود ۶۶ درصد خطاها در سه مرحله اول الگوی نیومن رخ داده است. این امر برای پیش‌آزمون هر دو گروه و همچنین پس‌آزمون گروه گواه صدق می‌کند. این نتایج با یافته‌های تحقیقات مجدی و همکاران (۱۳۹۵)، اسماعیلی و رفیع‌پور (۱۳۹۳)، فرامرزپور (۱۳۹۵)، کلمنتس (۱۹۸۰)، نانایاکارا (۱۹۹۳)، و زکریا (۲۰۱۰) مطابقت و همسویی دارد اما با یافته‌های روهما و ساتیارسو (۲۰۱۷) همسویی ندارد. همچنین نتایج پس‌آزمون گروه آزمایش با موارد یادشده

مطابقت ندارد. از نظر تأثیر مهارت‌های فراشناختی و کنترل در یادگیری و حل مسئله ریاضی نیز یافته‌های این تحقیق با یافته‌های تحقیقات راستی‌زاده و بهزادی (۱۳۹۵)، غفاری (۱۳۹۰)، دیسوت (۲۰۰۱)، و اوزسوی (۲۰۰۹) مطابقت و همسویی دارد. برای کاهش مشکلات بیان شده پیشنهاد می‌شود دبیران ریاضی به بحث در گروه‌های کوچک و اجرای فعالیت‌های هدفمند اهمیت بیشتری دهند.

دبیران ریاضی در هنگام اجرای فعالیت‌ها و حل مسئله‌ها توسط دانش‌آموزان با بیان سؤال‌هایی نظیر چه کاری می‌خواهید انجام دهید و چرا و چگونه، پیوسته مهارت‌های کنترلی نظیر تحلیل، طراحی، اکتشاف و بازبینی را در دانش‌آموزان تقویت کنند. برنامه ریزان محتوای کتب درسی با حذف مطالب درسی غیرضروری در شرایط سنی دانش‌آموزان و کاهش محتوای دروسی غیر از ریاضی شرایط افزایش تمرین‌ها و مسئله‌های هدفمند را، که شامل مراحل الگوی حل مسئله شونفلد باشند، فراهم کنند و در کل در تدوین دروس ریاضی این الگو مدنظر قرار گیرد.

■ محدودیت‌های تحقیق ■

۱. از مهم‌ترین محدودیت‌های این تحقیق کوچک بودن جامعه مورد مطالعه بود و بنابراین نتایج آن قدرت تعمیم کمی دارد.

۲. با توجه به اینکه در این تحقیق باید با همه اعضای جامعه نمونه مصاحبه بر اساس الگوی نیومن انجام می‌شد، مصاحبه با دانش‌آموزان مدارس دخترانه با مخالفت مدیر، دبیران و اولیای دانش‌آموزان همراه بود. لذا در انتخاب جامعه آماری فقط دانش‌آموزان پسر در نظر گرفته شدند.

۳. یکی دیگر از مهم‌ترین محدودیت‌های این تحقیق مصاحبه به صورت انفرادی و خستگی و بی‌میلی دانش‌آموزان بود که کار تفسیر و نتیجه‌گیری را با محدودیت مواجه می‌کرد.

■ پیشنهادهای تحقیق ■

۱. این تحقیق در جامعه‌ای کوچک و محدود انجام شد، پیشنهاد می‌شود تحقیق مشابه در شهرستان‌های بزرگ‌تر هم انجام شود.

۲. این تحقیق در مدارس دخترانه هم انجام شود.

۳. تحقیق مشابه در کلاس‌های مقطع متوسطه اول و مخصوصاً کلاس هفتم، روی مباحث وسیع‌تر، انجام شود.

۴. تحقیق مشابه با در نظر گرفتن مؤلفه‌های دیگر حل مسئله از نظر شونفلد، از جمله باورها و هیافت‌ها و همچنین تأثیر فراشناخت در کاهش خطای دانش‌آموزان، انجام شود.

منابع

- اسماعیلی، مریم، و رفیع پور، ابوالفضل (۱۳۹۳). تحلیل خطاهای دانش‌آموزان پایه پنجم در حل مسائل کلامی با استفاده از روش نیومن. سیزدهمین کنفرانس آموزش ریاضی ایران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی.
- پولیا، جورج. (۱۳۸۲). *خلاقیت ریاضی* (ترجمه پرویز شهریاری). انتشارات مؤسسه فرهنگی فاطمی. (اثر اصلی در سال ۱۹۶۲ منتشر شده است).
- خاکی، غلامرضا. (۱۳۸۷). روش تحقیق با رویکردی به پایان نامه نویسی. نشر بازتاب.
- راستی‌زاده، عنایت‌الله، و بهزادی، محمدحسن (۱۳۹۵). بررسی تأثیر آموزش حل مسائل کلامی ریاضی بر کاهش خطاهای دانش‌آموزان بر اساس مدل نیومن. چهاردهمین کنفرانس آموزش ریاضی ایران، شیراز.
- سرمد، زهره، بازرگان، عباس و حجازی، زهرا. (۱۳۷۹). روش‌های تحقیق در علوم رفتاری. انتشارات آگاه.
- شونفله، ای. اچ. (۱۳۷۸). فراشناخت و ریاضیات (ترجمه فرهاد کریمی). *مجله رشد آموزش ریاضی*، ۱۴ (۵۵)، ۴-۸.
- صفری، یحیی و مرزوقی، رحمت‌اله. (۱۳۹۱). بررسی مقایسه‌ای ابعاد آگاهی‌های فراشناختی دانش‌آموزان دوره راهنمایی تحصیلی. *فصلنامه نوآوری‌های آموزشی*، ۱۱ (۴۲)، ۱۱۹-۱۳۴.
- صمدی، معصومه (۱۳۷۹). نقش دانش فراشناخت در حل مسئله ریاضی دانش‌آموزان چهارم ابتدایی. *مجله رشد آموزش ریاضی*، ۱۵ (۶۱)، ۱۱-۱۷.
- علم‌الهدایی، حسن (۱۳۸۸). *اصول آموزش ریاضی*. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- غفاری، حسین. (۱۳۹۰). تقویت رفتارهای کنترلی دانش‌آموزان در ساختن اثبات‌های هندسی (پایان‌نامه کارشناسی ارشد). دانشگاه شهید بهشتی.
- فرامرزی‌پور، نوشین و فدایی، محمدرضا. (۱۳۹۵). کنترل مؤلفه‌های مؤثر در آموزش حل مسئله از دیدگاه شونفله. چهاردهمین کنفرانس آموزش ریاضی ایران، شیراز، دوره ۱- شماره ۱۰۰۲ (مقالات پوستر).
- کریمان، آذر. (۱۳۹۴). کنترل از دیدگاه شونفله. *مجله رشد آموزش ریاضی*، ۱۳ (۱۲۰)، ۴۴-۴۶.
- کلمنتس، ام. ای و الرتون، ان. اف. (۱۳۹۳). پژوهش در آموزش ریاضی: گذشته، حال و آینده (ترجمه امیرحسین آشنا). انتشارات کارآفرین. (اثر اصلی در سال ۱۹۹۶ منتشر شده است).
- مجدی، زهرا، مالمیر، سمانه و آشنا، امیرحسین. (۱۳۹۵). تحلیل خطای حل مسائل کلامی دانش‌آموزان کلاس چهارم ابتدایی. چهاردهمین کنفرانس آموزش ریاضی ایران، شیراز.
- نادری، عزت‌الله و سیف‌نراقی، مریم. (۱۳۸۴). روش‌های تحقیق و چگونگی اندازه‌گیری آن در علوم انسانی. نشر بدر.
- یزدانفر، محسن. (۱۳۹۲). بررسی توانایی و معناداری مدل حل مسئله شونفله در تحلیل ناتوانایی‌های دانشجویان دختر در حل مسئله ریاضی. اولین همایش منطقه‌ای رویکردهای ارزیابی در علوم پایه، آموزشکده فنی و حرفه‌ای سما، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز.
- Clements, M. A. (1980). Analysing children's errors on wri mathematical tasks. *Educational Studies in Mathematics*, 11(1), 1-21.
- Desoete, A. (2008). Multi-method assessment of metacognitive skills in elementary school children: How you test is what you get. *Metacognition and Learning*, DOI.10.1007/s11409-008-9026-0.
- Jha, S. K. (2012). Mathematics Performance of Primary School Students in Assam (India) An Analysis Using Newman Procedure. *International Journal of Computer Applications in Engineering Sciences*, 2(1).
- Newman, M. A., (1977). An analysis of sixth-grade pupils- errors on written mathematical tasks. *Victorian Institute for Educational Research Bulletin*, 39, 31-43.
- Ozsoy, Gokhan., & Aysegul, Ataman. (2009). The effect of metacognitive strategy training on mathematical problem solving achievement. *International Electronic Journal of Elementary Education*.

- Rohmah, Mushlihah., & Sutiarno, Sugeng. (2017). Analysis Problem Solving in Mathematical Using Theory Newman. Lampung University (Peoples' Friendship University of Lampung), Lampung, INDONESIA.
- Rokhimah. S., Suyitno, A., & Sukestiyarno, Y. L. (2015). Students Error Analysis in Solving Math Word Problems of School Arithmetic Material For Grade Based On Newman Procedure. Department of Mathematics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Semarang State University.
- Schoenfeld. A., (1985). *Mathematical Problem Solving*. Academic Press, INC
- Zakaria, E., (2010). Analysis of Students' Error in Learning of Quadratic Equations. *International Education Studies*, (3) 3.



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

رتال جامع علوم انسانی

پی‌نوشت‌ها

- | | |
|--|----------------------------------|
| 1. Schoenfeld | 12. transformation |
| 2. George Polya | 13. process skills |
| 3. National Council of Teachers of Mathematics (NCTMT) | 14. encoding |
| 4. mathematical problem solving | 15. Rokhimah |
| 5. resources | 16. Jha |
| 6. heuristics | 17. Desoete |
| 7. control | 18. Ozsoy |
| 8. belief systems | 19. Rohmah & Sutiarno |
| 9. Newman's Error Analysis | 20. U Mann-Whitney test |
| 10. reading | 21. Content Validity Ratio (CVR) |
| 11. comprehension | 22. Lawshe |