

The Effect of STEAM Education on Math Anxiety and Academic Achievement in Ninth-Grade Middle School Students

Navid Sanaei^{1*}, Hosain Lotfi²

1. Department of Mathematics Education, Farhangian University, Tehran, Iran

2. Department of Educational Sciences, Farhangian University, Tehran, Iran

ABSTRACT

Received: 11 Jun 2025

Accepted: 17 Aug 2025

Available Online: 12 Oct2025

Keywords

STEAM education, math anxiety, academic achievement.

This study aimed to investigate the effect of STEAM-based education on reducing math anxiety and enhancing academic achievement among ninth-grade middle school students. A quasi-experimental single-group pre-test-post-test design was employed. Twenty-eight ninth-grade male students in Gorgan, Iran, were selected via multi-stage cluster random sampling. Instruments included the Math Anxiety Rating Scale (MARS) and a researcher-developed mathematics achievement test, both validated for content and reliability. The STEAM intervention spanned five sessions incorporating group work, games, problem-solving, technology, and artistic components aligned with the mathematics curriculum. Statistical analysis involved paired t-tests, Wilcoxon signed-rank tests, Spearman correlation, and quantile regression. The STEAM intervention significantly reduced math anxiety in classroom settings ($p = 0.001$), homework ($p = 0.002$), and tests ($p = 0.001$), but not in general anxiety ($p = 0.301$) or anxiety in social settings ($p = 0.251$). Students with higher pre-test achievement experienced lower anxiety post-intervention. Academic achievement significantly improved following the intervention ($p = 0.000$, $Z = -3.658$). However, the negative correlation between anxiety reduction and achievement gain was not statistically significant ($p = 0.606$). STEAM-based instruction effectively reduced specific dimensions of math anxiety and significantly enhanced academic performance among ninth-grade students. While it proved beneficial in educational contexts, additional measures may be needed to address generalized and socially driven anxiety.

How to cite:

Sanaei, N., & Lotfi, H. (2025). The Effect of STEAM Education on Math Anxiety and Academic Achievement in Ninth-Grade Middle School Students. *Study and Innovation in Education and Development*, 5(3), 1-23.

* Corresponding Author:

Dr. Navid Sanaei

E-mail: n.sanaie@cfu.ac.ir



© 2025 the authors. Published by Institute for Knowledge, Development, and Research.

This is an open access article under the terms of the [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) License.

EXTENDED ABSTRACT

INTRODUCTION

In recent years, educational systems across the globe have increasingly recognized the necessity of integrating science, technology, engineering, arts, and mathematics—collectively known as STEAM—into the school curriculum as a strategy for promoting innovation, interdisciplinary learning, and academic success. STEAM education is positioned as a holistic approach that nurtures critical thinking, creativity, and applied knowledge, aiming to prepare students for the complex challenges of the 21st century (1, 2). Research suggests that STEAM-based instruction not only bridges disciplinary silos but also enhances students' engagement and performance, especially in mathematics, where conceptual abstraction often becomes a barrier to learning (4, 20).

One of the major obstacles to students' academic performance in mathematics is math anxiety, a specific form of anxiety characterized by apprehension and tension when confronted with math-related tasks. Math anxiety can emerge as early as elementary school and persist throughout secondary and even tertiary education, often resulting in avoidance behaviors, low self-efficacy, and impaired academic outcomes (5, 9). Numerous studies have established a negative correlation between math anxiety and math achievement, emphasizing that anxious students tend to perform worse in mathematical problem-solving and reasoning tasks (6, 7). Beyond cognitive interference, math anxiety also manifests physiologically and emotionally, making it a multifaceted issue that demands pedagogical innovation.

The traditional model of math instruction, often centered on rote learning and passive reception, is increasingly viewed as insufficient for addressing the cognitive and emotional needs of learners. In contrast, STEAM-based learning environments, which involve hands-on activities, collaborative projects, and real-world problem-solving, have shown promise in mitigating anxiety and improving learning outcomes (16, 23). For example, STEAM approaches that incorporate technology and art into mathematics instruction are thought to offer more inclusive, engaging, and less intimidating learning experiences (18, 19).

Several empirical investigations have highlighted the potential of STEAM education to support at-risk students and reduce academic disparities caused by anxiety or socio-economic background (14, 20). Moreover, findings from interdisciplinary education models suggest that when students engage with mathematics in an integrated context—such as through science experiments, engineering design tasks, or visual arts—they often

demonstrate higher conceptual understanding and improved motivation (3, 10). Nevertheless, despite the growing attention to STEAM frameworks, few studies have empirically tested the dual impact of STEAM on both math anxiety and academic performance simultaneously, particularly in middle school settings within non-Western contexts.

Given these gaps in the literature, the present study aims to explore the effectiveness of STEAM education on reducing math anxiety and enhancing academic achievement among ninth-grade students in Iran. Specifically, it examines which components of math anxiety are most affected by STEAM interventions and whether reductions in anxiety correspond to improvements in test performance. By adopting a single-group pre-test and post-test design, this study contributes empirical evidence to the ongoing discourse on integrating affective and cognitive goals in STEAM-based mathematics instruction.

METHODS AND MATERIALS

The study employed a quasi-experimental single-group pretest-posttest design. The statistical population comprised ninth-grade male students enrolled in a public middle school in Gorgan, Iran, during the academic year 2024–2025. Through multi-stage cluster sampling, one school and one class were randomly selected, resulting in a final sample of 28 students.

Two main instruments were used for data collection: the Mathematics Anxiety Rating Scale (MARS) and a researcher-made academic achievement test tailored to the mathematics curriculum. The MARS scale included 24 items categorized into five components: general math anxiety, classroom-related anxiety, homework-related anxiety, social anxiety (problem-solving in presence of others), and test-related anxiety. The achievement test contained 12 multiple-choice questions covering algebra, geometry, and statistics. The instruments were administered before and after the STEAM intervention.

The STEAM intervention consisted of five 1-hour workshops over five sessions, each aligned with a different STEAM domain. Activities included group-based learning, educational games, hands-on problem-solving, use of educational software like GeoGebra, and artistic integration such as creative modeling. The content was derived directly from the national ninth-grade mathematics textbook.

Data were analyzed using SPSS version 26. Descriptive statistics were used to summarize the results, while inferential statistics—including paired t-tests, Wilcoxon signed-rank tests, Spearman correlation coefficients, and quantile regression analysis—

were used to evaluate the effectiveness of the intervention on anxiety and academic outcomes.

FINDINGS

The results indicated that the STEAM intervention led to a statistically significant reduction in three specific components of math anxiety. Classroom-related anxiety showed a marked decrease ($p = 0.001$), homework-related anxiety was significantly lower ($p = 0.002$), and test-related anxiety also declined substantially ($p = 0.001$). However, the intervention had no statistically significant effect on general math anxiety ($p = 0.301$) or social anxiety related to solving problems in front of others ($p = 0.251$). Cohen's d effect sizes revealed large practical significance for the three improved components: 0.719 (classroom anxiety), 0.665 (homework), and 0.671 (test anxiety).

Regarding academic achievement, students showed significant gains in their post-test scores across all mathematics sub-domains ($Z = -3.658$, $p = 0.000$). The increase in correct responses ranged from 10% to 30% across items, with the most substantial improvements observed in algebra and statistics questions.

A weak negative correlation was found between reductions in math anxiety and increases in academic achievement ($r = -0.266$, $p = 0.606$), suggesting that while a general trend of improvement was evident, the statistical link between reduced anxiety and better scores was not robust. Further, quantile regression analysis showed that pre-intervention academic achievement was a strong predictor of post-intervention performance ($\beta = 5.33$, $p = 0.000$), whereas initial math anxiety had marginal predictive power ($\beta = 7.78$, $p = 0.066$) for post-test anxiety levels.

DISCUSSION AND CONCLUSION

The findings of this study underscore the potential of STEAM education to serve as an effective pedagogical strategy for reducing specific forms of math anxiety and improving academic performance in mathematics. The significant reductions observed in classroom, homework, and test-related anxiety suggest that when students are immersed in dynamic, collaborative, and multisensory learning environments, their psychological barriers toward math can be meaningfully alleviated. This aligns with the theory that anxiety is highly situational and can be moderated through positive, low-pressure learning experiences.

While the intervention did not significantly reduce general or social math anxiety, this may reflect the deeper, trait-like nature of these anxiety types, which are often rooted in personality or long-term experience rather than immediate instructional context. The

lack of statistical significance in the correlation between anxiety reduction and academic gain also points to the complexity of the relationship between emotional and cognitive variables in learning. It is possible that other unmeasured factors—such as intrinsic motivation, prior experiences, or socio-emotional support—may mediate this relationship.

The observed academic improvements post-intervention provide strong support for the efficacy of STEAM-based instruction. The multifaceted nature of the workshops, which integrated real-life problem-solving, visual and technological tools, and student-led activities, likely contributed to greater conceptual clarity and retention of mathematical knowledge. These outcomes reinforce the idea that STEAM can be more than a curriculum innovation—it can function as a transformative learning philosophy that enhances both academic and affective domains.

Overall, this study contributes to the growing body of literature advocating for integrative teaching models that address both the emotional and cognitive challenges in mathematics education. By highlighting the specific components of anxiety that can be influenced by pedagogical change, it also provides actionable insights for educators seeking to make mathematics more accessible and less intimidating for learners.

Future studies should consider employing larger and more diverse samples, longitudinal designs, and control groups to validate and extend these findings. Incorporating qualitative data such as student reflections and teacher feedback could also enrich our understanding of how STEAM education influences learner attitudes and behaviors over time.

بررسی تأثیر آموزش به روش استیم بر اضطراب ریاضی و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان پایه نهم دوره اول متوسطه

نوید ثنائی^{۱*}، حسین لطفی^۲

۱. گروه آموزش ریاضی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

۲. گروه آموزش علوم تربیتی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

چکیده

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۲۶

تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۰۷/۲۰

کلیدواژه‌ها

آموزش استیم، اضطراب

ریاضی، پیشرفت تحصیلی

هدف این پژوهش بررسی تأثیر آموزش به روش استیم (STEAM) بر کاهش اضطراب ریاضی و افزایش پیشرفت تحصیلی در میان دانش‌آموزان پسر پایه نهم دوره اول متوسطه است. این پژوهش با روش نیمه‌تجربی از نوع پیش‌آزمون - پس‌آزمون تک‌گروهی انجام شد. جامعه آماری شامل دانش‌آموزان پایه نهم شهرستان گرگان بود که از بین آن‌ها ۲۸ نفر به روش نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای انتخاب شدند. ابزارهای گردآوری داده شامل پرسشنامه استاندارد اضطراب ریاضی MARS و آزمون محقق‌ساخته پیشرفت تحصیلی در ریاضی بود. مداخله شامل پنج جلسه آموزشی مبتنی بر استیم در قالب فعالیت‌های گروهی، بازی، فناوری و هنر بود. داده‌ها با استفاده از آزمون t زوجی، ویلکاکسون، ضریب همبستگی اسپیرمن و رگرسیون کوانتیل تحلیل شدند. آموزش به روش استیم به طور معناداری موجب کاهش اضطراب ریاضی در مؤلفه‌های اضطراب موقعیت‌های کلاسی ($p=0.001$)، انجام تکالیف ($p=0.002$) و امتحانات ($p=0.001$) شد، اما در مؤلفه‌های اضطراب عمومی ($p=0.301$) و اضطراب در حضور دیگران ($p=0.251$) تأثیر معناداری نداشت. همچنین پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان پس از مداخله به طور معناداری افزایش یافت ($p=0.000$, $Z=-3.658$). هرچند بین کاهش اضطراب و افزایش پیشرفت تحصیلی رابطه‌ای معنادار مشاهده نشد ($p=0.606$)، اما دانش‌آموزانی که پیش از مداخله نمرات بالاتری داشتند، پس از آن اضطراب کمتری را تجربه کردند. آموزش به روش استیم می‌تواند به کاهش اضطراب ریاضی در موقعیت‌های آموزشی و افزایش معنادار پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان کمک کند. اما برای تأثیرگذاری جامع‌تر، طراحی مداخلات غنی‌تر برای کاهش اضطراب عمومی و اجتماعی ضروری است.

شیوه ارجاع‌دهی:

ثنائی، نوید، و لطفی، حسین. (۱۴۰۴). بررسی تأثیر آموزش به روش استیم بر اضطراب ریاضی و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان پایه نهم دوره اول متوسطه. پژوهش و نوآوری در تربیت و توسعه، ۵(۳)، ۱-۲۳.

نویسنده مسئول:

دکتر نوید ثنائی

پست الکترونیکی: n.sanaie@cfu.ac.ir

© ۱۴۰۴ تمامی حقوق انتشار این مقاله متعلق به نویسنده است.



انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با گواهی CC BY-NC 4.0 صورت گرفته است.

در دهه‌های اخیر، اهمیت آموزش تلفیقی علوم، فناوری، مهندسی، هنر و ریاضیات (STEAM) به عنوان رویکردی نوین برای توسعه مهارت‌های شناختی و ارتقای توانمندی‌های تحصیلی در نظام‌های آموزشی مورد توجه قرار گرفته است. این رویکرد، با تأکید بر یادگیری میان‌رشته‌ای و حل مسئله، تلاش دارد تا یادگیری را از شکل انتزاعی و منفصل خارج کرده و در قالب تجربیات معنادار و کاربردی به دانش‌آموزان ارائه دهد (1, 2). از جمله مزایای مهم این الگو، توانمندسازی دانش‌آموزان برای تطبیق با چالش‌های عصر دانش‌بنیان و توانایی بهره‌گیری از آموخته‌های علمی در شرایط واقعی زندگی است (3, 4). در این میان، یکی از چالش‌های اساسی که مانع تحقق کامل اهداف آموزشی به‌ویژه در حوزه ریاضی می‌شود، اضطراب ریاضی است؛ پدیده‌ای که تأثیر منفی آن بر عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان در تحقیقات متعددی به اثبات رسیده است (5-7).

اضطراب ریاضی، نوعی تجربه روان‌شناختی منفی است که با احساس نگرانی، ترس و ناتوانی هنگام مواجهه با تکالیف ریاضی همراه است و می‌تواند موجب اجتناب از درگیر شدن در فعالیت‌های ریاضی، افت اعتماد به نفس و در نهایت کاهش پیشرفت تحصیلی شود (8, 9). از منظر تحولی، این اضطراب می‌تواند از دوره ابتدایی آغاز شده و در صورت عدم مداخله، تا دوران متوسطه و حتی بزرگسالی ادامه یابد (10, 11). در همین راستا، یافته‌های پژوهشی نشان داده‌اند که اضطراب ریاضی نه تنها تحت تأثیر عوامل فردی، بلکه به شدت وابسته به محیط یادگیری، تجربیات پیشین و شیوه‌های تدریس است (12, 13). برای مثال، روش‌های سنتی که بر حفظ و تکرار تأکید دارند، معمولاً سطح بالاتری از اضطراب را در دانش‌آموزان ایجاد می‌کنند، در حالی که آموزش‌های مبتنی بر تعامل و تجربه عملی، با کاهش اضطراب و افزایش انگیزه تحصیلی همراه هستند (14, 15).

در این زمینه، آموزش به شیوه STEAM می‌تواند پاسخی راهبردی به معضل اضطراب ریاضی و افت عملکرد تحصیلی باشد. رویکرد تلفیقی STEAM با تلفیق علوم و ریاضیات با فناوری، هنر، و مهندسی، فرصت‌هایی را فراهم می‌کند تا دانش‌آموزان مفاهیم انتزاعی را از طریق تجربه واقعی، کار گروهی، فناوری‌های دیجیتال و ابزارهای خلاقانه فراگیرند و با مفاهیم به شکلی معنادار و عمیق درگیر شوند (3, 16). پژوهش‌های جدید نشان داده‌اند که استفاده از این رویکرد می‌تواند موجب بهبود عملکرد دانش‌آموزان در درس ریاضی، افزایش سطح تعامل در کلاس و کاهش معنادار اضطراب آن‌ها شود (17, 18).

مطالعه (18)، به بررسی تأثیر آموزش موبایلی مبتنی بر رویکرد STEAM بر یادگیری ریاضی پرداخت و نشان داد که استفاده از فناوری تلفن همراه در بستر آموزش تلفیقی منجر به ارتقاء درک مفاهیم ریاضی و افزایش علاقه‌مندی دانش‌آموزان شد. همچنین در پژوهش (19)، مدل ایده‌آلی برای آموزش ابتدایی با استفاده از رویکرد STEAM تدوین گردید که تأکید آن بر تلفیق مؤلفه‌های پنج‌گانه استیم در طراحی فعالیت‌های یادگیری و آموزش عملی بود. این نتایج با یافته‌های (20) نیز همسوست که نشان داد آموزش

استیم می‌تواند به کاهش فاصله یادگیری میان دانش‌آموزان با زمینه‌های اجتماعی-اقتصادی مختلف کمک کند و نوعی عدالت آموزشی فراهم آورد.

در حوزه روان‌شناسی یادگیری، ارتباط دوسویه‌ای میان انگیزش تحصیلی، اضطراب ریاضی و عملکرد در درس ریاضی وجود دارد. بر اساس مدل‌های انگیزشی (3) و نتایج مطالعات (11)، تجربه موفقیت در حل مسائل ریاضی موجب تقویت ادراک کفایت تحصیلی و کاهش سطح اضطراب خواهد شد. این فرآیند در آموزش‌های تلفیقی که بر یادگیری فعال و خودتنظیم تأکید دارند، با قدرت بیشتری به وقوع می‌پیوندد. از سوی دیگر، یافته‌های پژوهش (21) بیانگر آن است که دانش اولیه در حوزه ریاضی، پیش‌بینی‌کننده‌ای مهم برای موفقیت تحصیلی آینده است و روش‌های آموزشی مؤثر باید از سال‌های ابتدایی تحصیل آغاز گردند.

مسئله قابل توجه دیگر، تأثیر تفاوت‌های فردی مانند جنسیت، سن، و ویژگی‌های شناختی بر اضطراب ریاضی است. در مطالعه (10)، تفاوت معناداری میان اضطراب ریاضی دانش‌آموزان دختر و پسر گزارش شد که در طراحی مداخلات آموزشی باید مورد توجه قرار گیرد. همچنین بررسی انجام‌شده توسط (22) نشان داد که ادراکات کلیشه‌ای نسبت به نقش‌های جنسیتی می‌تواند بر اعتماد به نفس دانش‌آموزان در کلاس‌های استیم تأثیر بگذارد و نیاز به طراحی آموزش‌هایی دارد که این ادراکات را به چالش بکشد. از سویی دیگر، رویکردهایی همچون آموزش مسئله‌محور (16) یا پروژه‌محور (23)، که جزء رویکردهای غالب در آموزش استیم محسوب می‌شوند، با فراهم آوردن فرصت‌هایی برای تجربه یادگیری معنادار و چندحسی، اضطراب دانش‌آموزان را کاهش داده و مشارکت آن‌ها را افزایش می‌دهند.

در زمینه تحلیل ارتباط میان اضطراب ریاضی و عملکرد تحصیلی، مطالعات مروری و فراتحلیلی مانند پژوهش (6) به شواهد قوی در خصوص اثر منفی اضطراب ریاضی بر یادگیری و حل مسئله اشاره کرده‌اند و عوامل شخصی، محیطی و آموزشی را در شدت این رابطه دخیل دانسته‌اند. این یافته‌ها با نتایج (7) همخوانی دارد که نشان داد اضطراب ریاضی می‌تواند از طریق مکانیسم‌های روان‌فیزیولوژیک، عملکرد شناختی را مختل سازد. بنابراین، تغییر شیوه‌های تدریس و طراحی محیط یادگیری امن و حمایتی، برای کاهش اضطراب ریاضی امری ضروری است.

در همین راستا، پژوهش (24) نیز با بررسی نگرش، اضطراب و پیشرفت دانش‌آموزان پایه هشتم نسبت به درس ریاضی نشان داد که بین اضطراب و عملکرد تحصیلی رابطه منفی و معناداری وجود دارد و نگرش مثبت نسبت به ریاضی می‌تواند نقش میانجی مؤثری در این رابطه ایفا کند. این یافته‌ها هم‌راستا با نتایج (5) هستند که بر نقش مؤلفه‌های انگیزشی در کاهش اضطراب تأکید داشتند. همچنین در تحقیقات (25) بر لزوم توجه به مشکلات یادگیری ریاضی در سطح شناختی و عصبی تأکید شده است که در طراحی آموزش‌های استیم با ابزارهای فناوری‌محور و چندرسانه‌ای می‌توان به ارتقای آن کمک کرد.

با توجه به مجموعه شواهد پیشین، به نظر می‌رسد بهره‌گیری از آموزش به روش استیم، با ایجاد محیط‌های یادگیری خلاقانه، تلفیقی و مبتنی بر پروژه، قادر است هم‌زمان بر دو مؤلفه اضطراب و پیشرفت تحصیلی اثرگذار باشد. با این حال، هنوز مطالعات محدودی

به بررسی هم‌زمان این دو مؤلفه پرداخته‌اند. پژوهش حاضر با هدف پر کردن این خلأ، به بررسی تأثیر آموزش به روش استیم بر کاهش اضطراب ریاضی و افزایش پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان پایه نهم می‌پردازد.

روش پژوهش

در این پژوهش از طرح نیمه‌تجربی با ساختار پیش‌آزمون و پس‌آزمون تک‌گروهی استفاده شد. جامعه آماری شامل کلیه دانش‌آموزان پسر پایه نهم دوره اول متوسطه در شهرستان گرگان در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ بود. به منظور دستیابی به نمونه‌ای نماینده، از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای استفاده شد. در مرحله نخست، یک مدرسه از میان مدارس دولتی دوره اول متوسطه به صورت تصادفی انتخاب گردید (مدرسه معلم ۱). در مرحله دوم، از میان شش کلاس پایه نهم موجود در این مدرسه، تعداد ۲۸ دانش‌آموز به صورت تصادفی ساده انتخاب شدند تا به عنوان نمونه نهایی مورد مطالعه قرار گیرند. انتخاب این روش نمونه‌گیری، هم به منظور کاهش هزینه‌های اجرایی و هم برای افزایش اعتبار بیرونی پژوهش صورت گرفت.

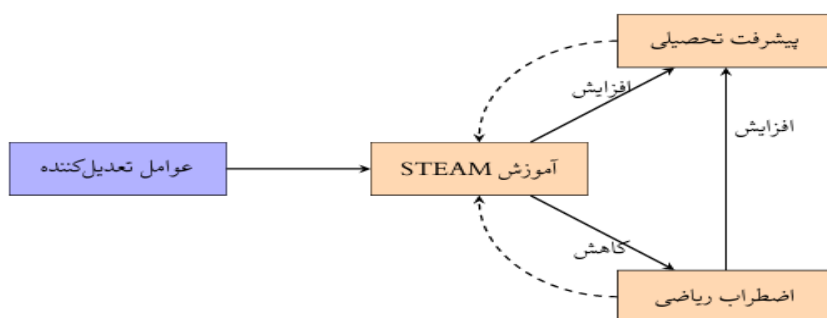
برای گردآوری داده‌ها، از دو ابزار اصلی استفاده شد. نخست، پرسشنامه استاندارد اضطراب ریاضی MARS، که روایی محتوایی آن در مطالعات قبلی تأیید شده و نسخه فارسی آن نیز توسط متخصصان روان‌سنجی و آموزش ریاضی بازبینی گردید. شاخص روایی محتوایی هر گویه بین ۰.۸۰ تا ۱ و شاخص کل پرسشنامه ۰.۸۹ برآورد شده که نشان‌دهنده اعتبار محتوایی مطلوب ابزار است. همچنین، پایایی این پرسشنامه با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ برابر با ۰.۹۳۸ گزارش شد. این پرسشنامه شامل ۲۴ گویه در پنج بُعد اصلی اضطراب عمومی، اضطراب در موقعیت‌های کلاسی، اضطراب در انجام تکالیف، اضطراب در حضور دیگران و اضطراب در امتحانات ریاضی بود. مقیاس پاسخ‌دهی بر اساس طیف لیکرت پنج‌درجه‌ای از «اصلاً موافق نیستم» تا «کاملاً موافق هستم» طراحی شده بود. ابزار دوم، آزمون محقق‌ساخته‌ای بود که به صورت تست چهارگزینه‌ای برای سنجش پیشرفت تحصیلی ریاضی طراحی شد و شامل دوازده سؤال از مباحث جبر، هندسه و آمار و احتمال بود. به هر پاسخ صحیح یک نمره و به پاسخ‌های نادرست نمره صفر اختصاص داده شد. روایی محتوایی این آزمون نیز توسط ده تن از متخصصان آموزش ریاضی تأیید شد و شاخص کل روایی آن بیش از ۰.۹۰ محاسبه گردید. همچنین پایایی آن با آلفای کرونباخ برابر با ۰.۸۸۸ محاسبه شد.

فرآیند مداخله آموزشی شامل برگزاری پنج جلسه کارگاهی یک‌ساعته برای دانش‌آموزان نمونه بود. محتوای این جلسات مبتنی بر اصول آموزش به روش استیم (STEAM) و متناسب با سرفصل‌های کتاب درسی ریاضی پایه نهم طراحی گردید. در جلسه اول، موضوعات با محوریت آموزش گروهی و تعامل میان دانش‌آموزان در قالب موضوعات آماری و احتمال ارائه شد که تلفیقی از علوم و ریاضیات (S, M) بود. در جلسه دوم، از بازی‌های آموزشی و شیوه‌های خلاقانه هنری (T, A) برای ارتقاء درک مفاهیم آماری استفاده شد. جلسه سوم بر مهارت حل مسئله با تمرکز بر مفاهیم جبری (M) اختصاص داشت. در جلسه چهارم، استفاده از فناوری و نرم‌افزارهایی نظیر GeoGebra (E) برای تدریس مباحث هندسه مورد استفاده قرار گرفت و در نهایت در جلسه پنجم، هنرهای تجسمی و کاربرد

نرم افزارهای موبایلی (A,T,S) در آموزش جبر تلفیق شدند. این جلسات با رویکرد فعال، تعاملی و مبتنی بر پروژه طراحی شدند تا مشارکت عملی دانش آموزان افزایش یابد و زمینه برای درونی سازی مفاهیم ریاضی و کاهش اضطراب فراهم شود.

برای تحلیل داده ها از نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده شد. در بخش توصیفی، شاخص های آماری مانند میانگین و انحراف معیار محاسبه شدند. در بخش استنباطی، با توجه به نوع توزیع متغیرها، از آزمون t زوجی برای مقایسه نمرات نرمال پیش و پس آزمون استفاده شد. برای داده هایی با توزیع غیرنرمال از آزمون ویلکاکسون بهره گرفته شد. همچنین به منظور بررسی ارتباط میان متغیرها از ضریب همبستگی اسپیرمن و برای تحلیل اثر متغیرهای پیش آزمون بر پس آزمون از تحلیل رگرسیون کوانتیل استفاده شد. قبل از شروع مداخله، پرسشنامه های اضطراب ریاضی و آزمون پیشرفت تحصیلی میان دانش آموزان توزیع و داده های اولیه جمع آوری شد. سپس پس از اجرای جلسات آموزش استیم، پرسشنامه ها مجدداً میان همان دانش آموزان توزیع گردید تا تغییرات ناشی از مداخله بررسی شود. تجزیه و تحلیل نتایج این داده ها، امکان بررسی اثربخشی آموزش به روش استیم در کاهش اضطراب و بهبود پیشرفت تحصیلی دانش آموزان را فراهم آورد.

مدل مفهومی پژوهش در شکل ۱ نمایش داده شده است:



شکل ۱. مدل مفهومی تأثیر آموزش STEAM بر اضطراب ریاضی و پیشرفت تحصیلی

یافته ها

پرسش ۱. آیا آموزش به روش استیم منجر به کاهش معنادار اضطراب ریاضی دانش آموزان پایه نهم

می شود

از نظر توصیفی فراوانی گویه های پرسشنامه مارس برای هر گزینه قبل و بعد از انجام آموزش به روش استیم در جدول ۱ آمده است. در ستون ششم این جدول درصد فراوانی تجمعی برای سه گزینه، اصلاً موافق نیستم (ارزش ۱)، کمی موافق هستم (ارزش ۲) و تا حدی موافق هستم (ارزش ۳) که به نوعی به پاسخ های با گرایش منفی و بی طرف در میان ۵ طیف لیکرت پرسشنامه اطلاق می شود، اضافه شده است.

جدول ۱: فراوانی گویه‌ها و توصیف گزینه‌ها پرسشنامه مارس

ردیف	گویه‌ها	وضعیت	اصلا موافق نیستم	کمی موافق هستم	تا حدی موافق هستم	درصد فراوانی تجمعی	نسبتا موافق هستم	کاملا موافق هستم	داده‌های حذف شده	تعداد داده‌ها
۱	وقتی به حل مسائل ریاضی فکر می‌کنم، احساس نگرانی می‌کنم.	قبل	۱۰	۱۰	۲	۷۸/۶٪	۵	۱	۰	۲۸
		بعد	۱۰	۱۳	۵	۱۰۰٪	۰	۰	۰	۲۸
۲	وقتی در کلاس ریاضی سوالی از من پرسیده می‌شود، احساس اضطراب می‌کنم.	قبل	۵	۹	۵	۶۷/۹٪	۵	۴	۰	۲۸
		بعد	۵	۱۵	۳	۸۲/۱٪	۳	۲	۰	۲۸
۳	وقتی باید تکالیف ریاضی انجام دهم، احساس ناراحتی می‌کنم.	قبل	۱۳	۳	۴	۷۱/۴٪	۴	۴	۰	۲۸
		بعد	۱۱	۶	۵	۷۸/۶٪	۲	۴	۰	۲۸
۴	وقتی معلم ریاضی در حال توضیح یک مفهوم جدید است، احساس گیجی می‌کنم.	قبل	۵	۱۱	۵	۷۸/۶٪	۳	۳	۰	۲۸
		بعد	۹	۱۴	۲	۸۹/۳٪	۳	۰	۰	۲۸
۵	وقتی باید مسائل ریاضی را روی تخته حل کنم، احساس نگرانی می‌کنم.	قبل	۵	۶	۶	۶۳٪	۵	۵	۱	۲۸
		بعد	۱۰	۱۱	۳	۸۸/۹٪	۱	۲	۱	۲۸
۶	وقتی به کلاس ریاضی می‌روم، احساس ناراحتی می‌کنم.	قبل	۱۰	۶	۶	۸۱/۵٪	۲	۳	۱	۲۸
		بعد	۱۲	۹	۲	۸۲/۱٪	۵	۰	۰	۲۸
۷	وقتی باید مسائل ریاضی را در حضور دیگران حل کنم، احساس خجالت می‌کنم.	قبل	۱۳	۶	۵	۸۵/۷٪	۳	۱	۰	۲۸
		بعد	۱۲	۸	۵	۸۹/۳٪	۲	۱	۰	۲۸
۸	وقتی به ریاضی فکر می‌کنم، احساس ناامیدی می‌کنم.	قبل	۱۲	۹	۳	۸۸/۹٪	۵	۳	۱	۲۸
		بعد	۱۲	۱۰	۴	۹۲/۹٪	۳	۰	۰	۲۸
۹	وقتی باید مسائل ریاضی را به تنهایی حل کنم، احساس ناتوانی می‌کنم.	قبل	۴	۹	۸	۷۷/۸٪	۳	۳	۱	۲۸
		بعد	۹	۱۲	۴	۸۹/۳٪	۳	۰	۰	۲۸
۱۰	وقتی در کلاس ریاضی هستم، احساس می‌کنم که دیگران بهتر از من هستند.	قبل	۸	۸	۴	۷۱/۴٪	۴	۴	۰	۲۸
		بعد	۱۵	۶	۳	۸۸/۹٪	۲	۱	۱	۲۸
۱۱	وقتی باید مسائل ریاضی را در زمان محدود حل کنم، احساس فشار می‌کنم.	قبل	۲	۹	۹	۷۱/۴٪	۶	۲	۰	۲۸
		بعد	۱۷	۵	۵	۹۶/۴٪	۱	۰	۰	۲۸
۱۲	وقتی باید مسائل ریاضی را در حضور معلم حل کنم، احساس اضطراب می‌کنم.	قبل	۶	۹	۶	۷۵٪	۵	۴	۰	۲۸
		بعد	۱۲	۷	۵	۸۵/۷٪	۳	۱	۰	۲۸
۱۳	وقتی به ریاضی فکر می‌کنم، احساس می‌کنم که هرگز آن را یاد نخواهم گرفت.	قبل	۱۸	۴	۲	۸۵/۷٪	۴	۰	۰	۲۸
		بعد	۱۵	۶	۵	۹۲/۹٪	۲	۰	۰	۲۸
۱۴	وقتی باید مفاهیم جدید ریاضی را یاد بگیرم، احساس سردرگمی می‌کنم.	قبل	۶	۱۳	۲	۸۲/۱٪	۴	۱	۰	۲۸
		بعد	۱۳	۸	۴	۸۹/۳٪	۳	۰	۰	۲۸
۱۵	وقتی باید مسائل ریاضی را در گروه حل کنم، احساس نگرانی می‌کنم.	قبل	۱۴	۸	۳	۸۹/۳٪	۲	۱	۰	۲۸
		بعد	۱۲	۱۲	۲	۹۲/۹٪	۱	۱	۰	۲۸
۱۶		قبل	۳	۱۱	۶	۷۱/۴٪	۴	۴	۰	۲۸

۲۸	۰	۱	۳	۸۵/۷٪	۶	۹	۹	بعد	وقتی باید در امتحان ریاضی شرکت کنم، احساس ترس می‌کنم.
۲۸	۰	۲	۳	۸۲/۱٪	۷	۸	۸	قبل	۱۷ وقتی باید برای امتحان ریاضی مطالعه کنم، احساس اضطراب می‌کنم.
۲۸	۰	۱	۴	۸۲/۲٪	۱	۱۰	۱۲	بعد	۱۸ وقتی در جلسه امتحان ریاضی هستم، دست‌هایم عرق می‌کند.
۲۸	۰	۲	۳	۸۲/۱٪	۱	۴	۱۸	قبل	۱۹ وقتی در جلسه امتحان ریاضی هستم، ضربان قلبم تند می‌شود.
۲۸	۰	۱	۲	۸۹/۳٪	۳	۸	۱۴	بعد	۲۰ وقتی در جلسه امتحان ریاضی هستم، احساس می‌کنم که همه چیز را فراموش کرده‌ام.
۲۸	۰	۲	۵	۷۵٪	۳	۶	۱۲	قبل	۲۱ وقتی در جلسه امتحان ریاضی هستم، احساس می‌کنم که زمان به سرعت می‌گذرد.
۲۸	۰	۱	۱	۹۲/۹٪	۴	۹	۱۳	بعد	۲۲ وقتی در جلسه امتحان ریاضی هستم، احساس می‌کنم که نمی‌توانم تمرکز کنم.
۲۸	۰	۰	۴	۸۵/۷٪	۸	۹	۷	قبل	۲۳ وقتی در جلسه امتحان ریاضی هستم، احساس می‌کنم که همه چیز را اشتباه انجام می‌دهم.
۲۸	۰	۰	۱	۹۶/۴٪	۴	۱۲	۱۱	بعد	۲۴ وقتی در جلسه امتحان ریاضی هستم، احساس می‌کنم که نمی‌توانم به سوالات پاسخ دهم.
۲۸	۰	۳	۳	۷۸/۶٪	۳	۸	۱۱	قبل	
۲۸	۰	۰	۳	۸۹/۳٪	۲	۱۳	۱۰	بعد	
۲۸	۶	۶	۳	۶۷/۹٪	۱	۱۰	۸	قبل	
۲۸	۰	۰	۱	۹۶/۴٪	۴	۱۱	۱۲	بعد	

همانطور که از جدول ۱ دیده می‌شود بعد از مداخله آموزش، در تمام سوالات فراوانی تجمعی سه گزینه اول، افزایش و فراوانی در دو گزینه آخری (نسبتاً موافق هستم و کاملاً موافق هستم) کاهش داشته‌اند. این مطلب تاییدی توصیفی بر تاثیر مثبت آموزش استیم بر نگرش دانش‌آموزان و بهبود پذیرش و علاقه به موضوعات به این آموزش است. به عبارتی آموزش به این روش با ایجاد جذابیت، تعامل و درک عمیق‌تر مفاهیم، باعث کاهش مقاومت یا بی‌تفاوتی آنان به یادگیری ریاضی شده است. این رویکرد ممکن است با تقویت اعتماد به نفس و علاقه به یادگیری، نگرش‌های منفی یا خنثی را به نگرش‌های مثبت تبدیل کرده باشد.

حال از نظر استنباطی، برای سنجش میزان اثرگذاری آموزش به روش استیم بر اضطراب ریاضی از همبستگی پیرسون و آزمون T جفتی استفاده شد. البته برای استفاده از این آزمون‌ها، ابتدا پیش نیازهای لازم مانند: پیوسته بودن داده‌های اضطراب ریاضی، وابسته بودن داده‌ها به یک گروه، توزیع نرمال تفاوت بین جفت نمونه از داده‌ها (پیش‌آزمون-پس‌آزمون)، حجم نمونه که باید حداقل بیشتر از ۱۰ جفت باشد و عدم داده‌های پرت بررسی شد که در جداول زیر آمده است.

جدول ۲: آزمون (کولموگورف-اسمیرنوف) توزیع نرمال تفاوت بین جفت نمونه

متغیر	اماره	درجه آزادی	سطح معناداری
اضطراب قبل از مداخله آموزش استیم	۰/۱۰۶	۲۸	۰/۲۰۰
اضطراب بعد از مداخله آموزش استیم	۰/۱۵۹	۲۸	۰/۰۶۶
اختلاف اضطراب قبل و بعد از مداخله	۰/۳۶۶	۲۸	۰/۰۰۰

همانطور که از جدول ۲ دیده می‌شود آزمون سطح معناداری کولموگورف-اسمیرنوف به ترتیب قبل و بعد از مداخله آموزش $p=0/200$ و $p=0/066$ بیشتر از $0/05$ می‌باشد که نشان‌دهنده توزیع نرمال در بین جفت داده‌های نمونه اضطراب ریاضی است.

جدول ۳: آماره‌های توصیفی جفتی

متغیر	میانگین	انحراف معیار	تعداد
اضطراب قبل از مداخله آموزش استیم	۵۶/۸۹۱	۱۸/۲۳۴	۲۸
اضطراب بعد از مداخله آموزش استیم	۴۶/۳۹۲	۱۳/۶۳۴	۲۸

همانطور که از جدول ۳ دیده می‌شود، میانگین پاسخ دهندگان پس از آموزش کاهش یافته است (از ۵۶/۸۹ به ۴۶/۳۹). یعنی آموزش روی کاهش اضطراب ریاضی تاثیر داشته است. هم‌چنین انحراف استاندارد بالاتر در داده‌های قبل از آموزش پراکندگی بیشتر نمرات در این مرحله را نشان می‌دهد که دلیلی بر کاهش اضطراب پس از آموزش می‌باشد.

در جداول ۴ و ۵، بررسی رابطه میان اضطراب قبل و بعد از مداخله و میزان اثر مداخله آموزش استیم بر اضطراب ریاضی دانش‌آموزان بررسی شده است.

جدول ۴: همبستگی پیرسون بین جفت نمونه

متغیر	تعداد	ضریب همبستگی	سطح معناداری
اضطراب قبل و بعد از مداخله آموزش استیم	۵۶/۸۲۸۹۱	۰/۷۷۴	۰/۰۰۱

جدول ۴ نشان می‌دهد که همبستگی مثبت و قوی ($r=0/774$) بین نمرات اضطراب قبل و بعد از مداخله آموزش وجود دارد ($p=0/001$). این مطلب نشان می‌دهد که تغییرات اضطراب در افراد به صورت سیستماتیک بوده است.

جدول ۵: آزمون T جفتی

متغیر	اختلاف میانگین	اختلاف انحراف معیار	اماره t	فاصله اطمینان ۹۵٪	درجه آزادی	سطح معناداری
				کران پایین	کران بالا	
اضطراب قبل و بعد از مداخله آموزش استیم	-۱۰/۵۰	۱۱/۵۴۹	-۴/۸۱۱	-۱۴/۹۷۸	-۶/۰۲۲	۲۷

با توجه به جدول ۵، کاهش میانگین اضطراب (۱۰/۵۰ واحد) از نظر آماری معنادار است ($p < ۰/۰۵$). آماره t از صفر فاصله دارد و فاصله اطمینان ۹۵٪ نشان می‌دهد که کاهش اضطراب ریاضی در جامعه آماری از نظر قدرمطلق بین ۶/۰۲ و ۱۴/۹۸ واحد بوده است. همچنین بررسی اندازه اثر کوهن نشان می‌دهد که مداخله انجام شده تاثیر بزرگی بر کاهش اضطراب داشته است ($d = ۰/۹۱$).

$$d = \frac{\text{اختلاف میانگین}}{\text{اختلاف انحراف معیار}} = \frac{10.5}{11.54} = 0.91$$

این مقدار حاکی از آن است که تفاوت ایجاد شده بین نمرات پیش آزمون و پس آزمون نه تنها از نظر آماری معنادار است بلکه از نظر بالینی حائز اهمیت می‌باشد. به عبارت دیگر مداخله آموزشی تاثیر مثبت و معناداری بر اضطراب ریاضی دانش‌آموزان داشته است و فرضیه اول اثبات می‌گردد. اما با توجه به این که پرسشنامه مارس دارای ۵ شاخص اصلی می‌باشد در جدول ۷ به بررسی تغییرات میانگین این شاخص‌ها از نظر توصیفی و در جداول زیر از نظر استنباطی پرداخته شده است تا تاثیر مداخله آموزش بر هریک از این شاخص‌ها قبل و بعد از آموزش استیم، بررسی گردد تا بتوانیم الگویی برای این شاخص‌ها طراحی کنیم.

جدول ۶: آماره‌های توصیفی جفت شاخص‌های اصلی قبل و بعد از مداخله آموزش استیم

متغیر	وضعیت	میانگین	انحراف معیار	تعداد
اضطراب در موقعیت کلاس	قبل	۱۱/۰۸	۴/۳۰۰	۲۵
	بعد	۸/۱۶	۳/۳۲۵	۲۵
اضطراب در انجام تکالیف	قبل	۱۰/۳۰	۳/۳۲۶	۲۷
	بعد	۷/۹۳	۲/۳۵۲	۲۷
اضطراب در حضور دیگران	قبل	۶/۵۰	۲/۵۱۷	۲۸
	بعد	۵/۹۳	۲/۱۹۳	۲۸
اضطراب در امتحان ریاضی	قبل	۲۱/۴۶	۷/۷۴۸	۲۸
	بعد	۱۷/۵۷	۵/۲۷۰	۲۸
اضطراب عمومی	قبل	۶/۰۴	۲/۵۰۶	۲۶
	بعد	۵/۵۴	۲/۴۸۶	۲۶

با توجه به جدول ۶، میانگین نمرات اضطراب در موقعیت کلاس قبل از مداخله (۳۰/۴±۰۸/۱۱) نسبت به بعد از مداخله به میزان (۳۲۵/۳±۱۶/۸) کاهش داشته است. همچنین میانگین نمرات اضطراب در انجام تکالیف از (۳۲۶/۳±۳۰/۱۰) به (۳۵۲/۲±۹۳/۷)، اضطراب در حضور دیگران (اضطراب اجتماعی) از (۵۱۷/۲±۵۰/۶) به (۱۹۳/۲±۹۳/۵)، اضطراب در امتحان ریاضی از (۷۴۸/۷±۴۶/۲۱) به (۲۷/۵±۰۷/۱۷) و اضطراب عمومی از (۵۰۶/۲±۰۴/۶) به (۴۸۶/۲±۵۴/۵)، کاهش یافته است. لذا از نظر توصیفی، مطابق با یافته جدول ۱ که کاهش اضطراب ریاضی پس از آموزش نیجه شده بود می‌توان گفت: این کاهش بر تمام شاخص‌های اصلی پرسشنامه مارس پس از مداخله آموزش به روش استیم بوده است. البته، بیشترین کاهش مربوط به اضطراب در امتحان ریاضی و کمترین کاهش مربوط به اضطراب عمومی می‌باشد.

حال برای بررسی ثبات پاسخ‌دهندگان به شاخص‌های اصلی پرسشنامه مارس در طول زمان از همبستگی پیرسون بین این شاخص‌ها استفاده شد (جدول ۷).

جدول ۷: همبستگی پیرسون بین شاخص‌های اصلی پرسشنامه مارس

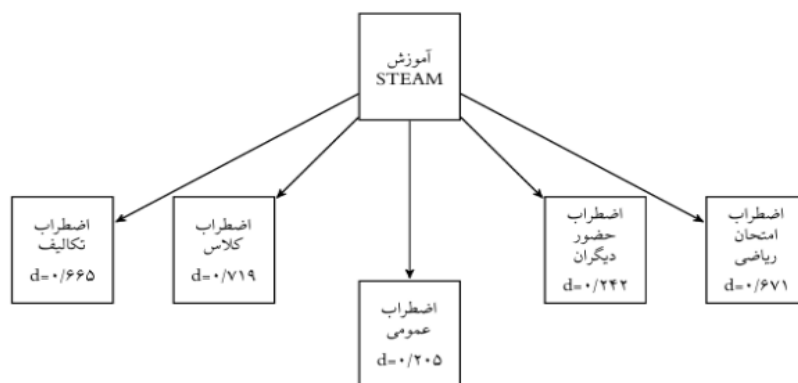
متغیر	تعداد	ضریب همبستگی	سطح معناداری
اضطراب در موقعیت کلاس	۲۵	۰/۴۵۷	۰/۰۲۲
اضطراب در انجام تکالیف	۲۷	۰/۲۴۹	۰/۲۱۱
اضطراب در حضور دیگران	۲۸	۰/۵۰۳	۰/۰۰۶
اضطراب در امتحان ریاضی	۲۸	۰/۵۵۱	۰/۰۰۲
اضطراب عمومی	۲۶	۰/۵۲۳	۰/۰۰۶

با توجه به جدول ۷، همبستگی مثبت و متوسط و معنادار بین "اضطراب ریاضی در موقعیت" کلاس قبل و بعد از مداخله آموزش ($P=0.022, r=0.457$)، "اضطراب ریاضی در حضور دیگران" ($P=0.006, r=0.503$)، "اضطراب در امتحان ریاضی" ($P=0.002, r=0.551$) و "اضطراب عمومی" ($P=0.006, r=0.523$) وجود دارد اما، همبستگی ضعیف بین "اضطراب در انجام تکالیف" قبل و بعد از مداخله وجود دارد ولی معنادار نمی‌باشد ($P=0.211$). لذا وجود همبستگی در اکثر شاخص‌های اصلی پرسشنامه مارس نشان‌دهنده ثبات نسبی پاسخ‌دهندگان در طول زمان نیز می‌باشد.

جدول ۸: آزمون T زوجی برای شاخص‌های اصلی پرسشنامه مارس

متغیر	اختلاف میانگین	اختلاف انحراف معیار	آماره T	درجه آزادی	سطح معناداری
اضطراب در موقعیت کلاس	۲/۹۲۰	۴/۰۶۱	۳/۵۹۵	۲۴	۰/۰۰۱
اضطراب در انجام تکالیف	۲/۳۷۰	۳/۵۶۴	۳/۴۵۶	۲۶	۰/۰۰۲
اضطراب در حضور دیگران	۰/۵۷۱	۲/۳۶۴	۱/۲۷۹	۲۷	۰/۲۱۲
اضطراب در امتحان ریاضی	۴/۳۹۳	۶/۵۴۵	۳/۵۵۱	۲۷	۰/۰۰۱
اضطراب عمومی	۰/۵۰۰	۲/۴۳۷	۱/۰۴۶	۲۵	۰/۳۰۶

با توجه به جدول ۸، کاهش نمرات اضطراب در موقعیت کلاس ($P=0.001, t=3.595$)، اضطراب در انجام تکالیف ($P=0.002, t=3.456$) و اضطراب در امتحان ریاضی ($P=0.001, t=3.551$) از نظر آماری معنادار بود. با این-حال، کاهش نمرات اضطراب در حضور دیگران ($P=0.212$) و اضطراب عمومی ($P=0.306$) از نظر آماری معنادار نمی‌باشد. لذا مداخله انجام شده تأثیر معناداری بر کاهش اضطراب در موقعیت کلاس، انجام تکالیف و امتحان ریاضی داشته است اما این مداخله بر کاهش اضطراب در حضور دیگران و اضطراب عمومی تأثیر معناداری پس از مداخله آموزش نداشته است. لذا با توجه به جدول ۹، می‌توان مدل اثرات (کوهن) آموزش استیم بر کاهش اضطراب ریاضی دانش‌آموزان را نشان داد (شکل ۲).



شکل ۲. مدل اثرات آموزش STEAM بر کاهش اضطراب

همانطور که دیده می‌شود آموزش استیم از نظر بالینی به ترتیب، بیشتر بر کاهش اضطراب در موقعیت کلاس ($d=0.719$)، اضطراب در امتحان ریاضی ($d=0.671$) و اضطراب در انجام تکالیف ($d=0.665$) بوده است اما، بر کاهش اضطراب در حضور دیگران ($d=0.242$) و اضطراب عمومی ($d=0.205$) دانش‌آموزان اثر کوچکی داشته است.

پرسش ۲. آیا آموزش به روش استیم منجر به افزایش معنادار پیشرفت تحصیلی ریاضی دانش‌آموزان پایه نهم می‌شود؟

از نظر توصیفی فراوانی گویه‌های آزمون محقق ساخته برای هر گزینه قبل و بعد از انجام آموزش به روش استیم در جدول ۹ آمده است.

جدول ۹: توصیف فراوانی پاسخ‌های درست و نادرست به آزمون ریاضی قبل و بعد از مداخله آموزش

ردیف	گویه‌ها	وضعیت	نادرست	درصد	درست	درصد	تعداد داده‌ها
۱	حاصل عبارت $3X + 5 = 20$ چیست؟	قبل	۸	۲۸/۶	۲۰	۷۱/۴	۵
	حاصل عبارت $\frac{2X+5}{3} = 7$ چیست؟	بعد	۲	۷/۱	۲۶	۹۲/۹	۲۸
۲	حاصل عبارت $\frac{1}{4} + \frac{2}{3}$ کدام است؟	قبل	۹	۳۲/۱	۱۹	۶۷/۹	۲۸
	حاصل عبارت $\frac{2}{4} + \frac{3}{4} \times \frac{5}{6}$ کدام است؟	بعد	۱	۳/۶	۲۷	۹۶/۴	۲۸
۳	محیط یک مربع با ضلع ۷ سانتی‌متر چقدر است؟	قبل	۹	۳۲/۱	۱۹	۶۷/۹	۲۸
	محیط یک مثلث متساوی‌الاضلاع با ضلع ۹ سانتی‌متر چقدر است؟	بعد	۴	۱۴/۳	۲۴	۸۵/۷	۲۸
۴	کدام عدد گویا است؟	قبل	۱۲	۴۲/۹	۱۶	۵۷/۱	۲۸
	کدام یک از اعداد زیر گویا نیست؟	بعد	۳	۱۰/۷	۲۵	۸۹/۳	۲۸
۵	حجم یک مکعب با ضلع ۴ سانتی‌متر چقدر است؟	قبل	۱۷	۶۰/۷	۱۱	۳۹/۳	۲۸
	حجم یک استوانه با شعاع قاعده ۴ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر چقدر است؟ (عدد π را $\frac{3}{14}$ در نظر بگیرید).	بعد	۱۰	۳۵/۷	۱۸	۶۴/۳	۲۸
۶	اگر مجموعه‌ای از اعداد ۵، ۷، ۹، ۱۱ و ۱۳ داشته باشیم، میانگین این اعداد چقدر است؟	قبل	۱۰	۳۵/۷	۱۸	۶۴/۳	۲۸
	اگر مجموعه‌ای از اعداد ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ داشته باشیم، میانگین این اعداد چقدر است؟	بعد	۵	۱۷/۹	۲۳	۸۲/۱	۲۸

۷	کدام یک از اعداد زیر اول است؟	قبل	۸	۲۸/۶	۲۰	۷۱/۴	۲۸
	کدام یک از اعداد زیر اول است؟	بعد	۴	۱۴/۳	۲۴	۸۵/۷	۲۸
۸	اگر زاویه‌های یک مثلث ۵۰ و ۶۰ باشند، زاویه سوم چقدر است؟	قبل	۴	۱۴/۳	۲۴	۸۵/۷	۲۸
	اگر زاویه‌های یک چهار ضلعی ۸۰ و ۱۰۰ و ۱۲۰ باشند، زاویه چهارم چقدر است؟	بعد	۱	۳/۶	۲۷	۹۶/۴	۲۸
۹	معادله $2X - 5 = 11$ را حل کنید و مقدار X را بیابید.	قبل	۱۰	۳۵/۷	۱۸	۶۴/۳	۲۸
	معادله $\frac{3X-4}{2} = 5$ را حل کنید و مقدار X را بیابید.	بعد	۴	۱۴/۳	۲۴	۸۵/۷	۲۸
۱۰	مساحت یک دایره با محیط $\frac{31}{4}$ سانتی‌متر را محاسبه کنید. (عدد π را $\frac{3}{14}$ در نظر بگیرید).	قبل	۱۴	۵۰	۱۴	۵۰	۲۸
	مساحت یک دایره با شعاع ۱۰ سانتی‌متر را محاسبه کنید. (عدد π را $\frac{3}{14}$ در نظر بگیرید).	بعد	۹	۳۲/۱	۱۹	۶۷/۹	۲۸
۱۱	اگر یک تاس را یک بار پرتاب کنیم، احتمال آمدن عدد زوج چقدر است؟	قبل	۱۱	۳۹/۳	۱۷	۶۰/۵	۲۸
	اگر یک تاس را ۲ بار پرتاب کنیم، احتمال آمدن حداقل دو عدد زوج چقدر است؟	بعد	۳	۱۰/۷	۲۵	۸۹/۳	۲۸
۱۲	محیط یک مستطیل با طول ۱۲ سانتی‌متر و عرض ۸ سانتی‌متر را محاسبه کنید.	قبل	۱۰	۳۵/۷	۱۸	۶۴/۳	۲۸
	محیط یک پنج‌ضلعی منتظم با ضلع ۶ سانتی‌متر را محاسبه کنید.	بعد	۶	۲۱/۴	۲۲	۷۸/۵	۲۸

با توجه به جدول ۹، در اکثر موارد پاسخ‌های درست پس از مداخله آموزش افزایش یافته است. که حاکی از تاثیر مثبت این روش بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان از نظر توصیفی دارد. در سوالات اول (از ۷۱/۴ به ۹۲/۹)، دوم (از ۶۷/۹ به ۹۶/۴) و هشتم (از ۸۵/۷ به ۹۶/۴) درصد پیشرفت تحصیلی چشمگیر بوده است و در سوالات چهارم (از ۵۷/۱ به ۸۹/۳) و پنجم (از ۳۹/۳ به ۶۴/۳)، درصد پاسخ‌های درست افزایش نشان می‌دهد اما، هم‌چنان از میانگین سایر سوالات پایین‌تر است. به طور کلی مداخله آموزشی تاثیر مثبتی بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان داشته است. این موضوع از طریق کاهش درصد پاسخ‌های نادرست و افزایش درصد پاسخ‌های درست در تمامی سوالات پس از مداخله دیده می‌شود. با این حال برخی سوالات مانند سوالات ۵، ۶، ۱۰، ۱۲ حتی پس از مداخله آموزشی نیز درصد بالایی از پاسخ‌های نادرست را نشان می‌دهند که ممکن است نشان‌دهنده دشواری سوالات به صورت ذاتی یا نیاز به بازبینی در روش تدریس این مفاهیم خاص داشته باشد.

حال از نظر استنباطی برای بررسی معناداری آماری تغییرات در نمرات پیشرفت تحصیلی بعد از مداخله آموزش استیم و تعمیم نتایج به جامعه بزرگتر و بررسی اثر واقعی مداخله این آموزش از شرایط تصادفی، با توجه به جدول ۱۰ که داده‌های نمرات آزمون پیشرفت تحصیلی قبل و بعد از مداخله دارای توزیع نرمال نمی‌باشند، از آزمون ویلکاکسون استفاده می‌کنیم.

جدول ۱۰: آزمون (کولموگورف-اسمیرنوف) توزیع نرمال تفاوت بین جفت نمونه نمرات پیشرفت تحصیلی

متغیر	اماره	درجه آزادی	سطح معناداری
نمره پیشرفت تحصیلی قبل از مداخله آموزش استیم	۰/۲۵۴	۲۸	۰/۰۰۰
نمره پیشرفت تحصیلی بعد از مداخله آموزش استیم	۰/۳۲۲	۲۸	۰/۰۰۰
اختلاف نمره پیشرفت تحصیلی قبل و بعد از مداخله	۰/۲۴۶	۲۸	۰/۰۰۰

همانطور که از جدول ۱۰ دیده می‌شود سطح معناداری آزمون کولموگورف-اسمیرنوف کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد که نشان می‌دهد توزیع داده‌های بین جفت نمونه‌ی پیشرفت تحصیلی، دارای توزیع نرمال نیستند.

جدول ۱۱: رتبه‌بندی جفت نمونه داده‌های پیشرفت تحصیلی

متغیر	رتبه	تعداد	میانگین رتبه	مجموع رتبه‌ها
نمره پیشرفت تحصیلی بعد-نمره	منفی(نمره آزمون قبل، بیشتر از نمره آزمون بعد از مداخله)	۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰
پیشرفت تحصیلی قبل	مثبت(نمره آزمون قبل، کمتر از نمره آزمون بعد از مداخله)	۱۹	۱۰/۰۰	۱۹۰/۰۰
	خنثی(نمره آزمون قبل، برابر نمره آزمون بعد از مداخله)	۹		
	جمع	۲۸		

بنا بر جدول ۱۱، ۱۹ مورد (۶۷.۹٪) از دانش‌آموزان در نمرات (رتبه‌های مثبت) پیشرفت داشتند و ۹ نفر از آنان (۳۲.۱٪) بدون تغییر باقی مانده‌اند و البته هیچ موردی از کاهش نمرات (رتبه‌های منفی) مشاهده نشد. همچنین میانگین رتبه‌های مثبت ۱۰ با مجموع رتبه‌های ۱۹۰ می‌باشد. لذا مداخله آموزش از نظر رتبه‌ای باعث افزایش پیشرفت تحصیلی پس از آموزش استیم شده است.

جدول ۱۲: آزمون ویلکاکسون

نمره پیشرفت تحصیلی بعد-نمره پیشرفت تحصیلی قبل	
Z	-۳/۸۵۲
سطح معناداری (۲-جفتی)	۰/۰۰۱

بنا بر جدول ۱۲، با توجه به سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت مشاهده شده در نمرات پیشرفت تحصیلی قبل و بعد از مداخله آموزشی به روش استیم از نظر آماری معنادار است. به عبارت دیگر مداخله آموزشی تاثیر مثبت و معناداری بر بهبود نمرات دانش‌آموزان داشته است و فرضیه دوم هم اثبات می‌گردد.

پرسش ۳. آیا بین کاهش اضطراب ریاضی و افزایش پیشرفت تحصیلی پس از آموزش به روش استیم

رابطه معناداری وجود دارد؟

با توجه به نتایج، متغیرهای اختلاف نمره اضطراب ریاضی و اختلاف نمره پیشرفت تحصیلی قبل و بعد از مداخله آموزش غیرنرمال در گروه نمونه بودند ($P < ۰.۰۵$)، از آزمون اسپیرمن برای بررسی ارتباط بین این دو متغیر استفاده شد.

جدول ۱۳: همبستگی بین متغیرهای اختلاف نمره اضطراب ریاضی و اختلاف نمره پیشرفت تحصیلی قبل و بعد از

مداخله آموزش

اختلاف نمره اضطراب ریاضی قبل و بعد از مداخله		
اختلاف نمره پیشرفت تحصیلی قبل و بعد از مداخله	ضریب همبستگی	-۰/۲۶۶
	سطح معناداری	۰/۱۷۲
	تعداد	۲۸

همانطور که از جدول ۱۳ دیده می‌شود بین دو متغیر اختلاف نمره اضطراب ریاضی و اختلاف نمره پیشرفت تحصیلی قبل و بعد از مداخله آموزش استیم یک همبستگی منفی و ضعیف وجود دارد ($r = -0.266$) که این رابطه از نظر آماری معنادار نیست ($p = 0.772$). البته علامت منفی نشان‌دهنده این است که با کاهش اضطراب ریاضی تمایل به افزایش پیشرفت تحصیلی وجود دارد و بالعکس، اما شدت این رابطه ضعیف است. لذا شواهد کافی برای تایید رابطه بین کاهش اضطراب و افزایش پیشرفت تحصیلی ریاضی در این مطالعه رخ نداده است و فرضیه سوم رد می‌شود. اما به ترتیب برای بررسی تاثیر میزان پیش‌بینی کنندگی متغیرهای مستقل اضطراب ریاضی و پیشرفت تحصیلی اولیه بر متغیرهای وابسته پیشرفت تحصیلی و اضطراب ریاضی پس از مداخله آموزش استیم از آزمون تحلیل رگرسیون کوانتیل، به این دلیل که داده‌ها غیرنرمال هستند و این آزمون به داده‌های پرت هم حساس نمی‌باشد و از رگرسیون خطی هم قطعی‌تر است، استفاده شد.

جدول ۱۴: آزمون کوانتیل (تاثیر متغیرهای مستقل بر پیشرفت تحصیلی بعد از مداخله)

متغیر مستقل	ضریب	خطای استاندارد	آماره t	درجه آزادی	سطح معناداری	فاصله اطمینان ۹۵٪
						کران پایین کران بالا
اضطراب قبل از مداخله	۹/۳۶۰	۰/۶۰۵	۱۵/۴۵۵	۲۶	۰/۰۰۰	۸/۱۱۵ ۱۰/۶۰۵
پیشرفت تحصیلی قبل از مداخله	۵/۳۳۳	۰/۵۳۱	۱۰/۰۲۸	۲۶	۰/۰۰۰	۴/۲۴۰ ۶/۴۲۷

همانطور که از جدول ۱۴ دیده می‌شود، ضریب ۹/۳۶۰ با خطای استاندارد ۰/۶۰۵ و سطح معناداری ۰/۰۰۰ نشان‌دهنده تأثیر مثبت و بسیار معنادار متغیر اضطراب قبل از مداخله بر پیشرفت تحصیلی پس از مداخله دارد. هم‌چنین فاصله اطمینان ۹۵٪ (۸/۱۱۵ تا ۱۰/۶۰۵) عدم وجود صفر در این بازه، قدرت این رابطه را تأیید می‌کند. هم‌چنین ضریب ۵/۳۳۳ با خطای استاندارد ۰/۵۳۱ و سطح معناداری ۰/۰۰۰ نشان‌دهنده تأثیر مثبت و بسیار معنادار متغیر پیشرفت تحصیلی قبل از مداخله بر پیشرفت تحصیلی پس از مداخله دارد. هم‌چنین فاصله اطمینان ۹۵٪ (۴/۲۴۰ تا ۶/۴۲۷) عدم وجود صفر در این بازه، قدرت این رابطه را تأیید می‌کند. لذا هر دو متغیر مستقل به طور معناداری پیش‌بینی کننده‌های مثبت بر پیشرفت تحصیلی پس از مداخله هستند. این یافته‌ها با انتظارات نظری همسوست و نشان می‌دهد مداخله آموزشی ممکن است برای دانش‌آموزان با سطوح مختلف اضطراب و پیشینه تحصیلی مؤثر باشد.

جدول ۱۵: آزمون کوانتیل (تاثیر متغیرهای مستقل بر اضطراب ریاضی بعد از مداخله)

متغیر مستقل	ضریب	خطای استاندارد	آماره t	درجه آزادی	سطح معناداری	فاصله اطمینان ۹۵٪
						کران پایین کران بالا
اضطراب قبل از مداخله	۷/۷۸۴	۴/۰۵۳	۱/۹۲۰	۲۶	۰/۰۶۶	-۰/۵۴۹ ۱۶/۱۱۷
پیشرفت تحصیلی قبل از مداخله	۵/۴۰۰	۹/۳۳۴	۶/۰۴۲	۲۶	۰/۰۰۰	۴/۲۵۸ ۶/۳۲۵

همانطور که از جدول ۱۵ دیده می‌شود، ضریب ۷/۷۸۴ با سطح معناداری ۰/۰۶۶ (نزدیک به آستانه معناداری) نشان‌دهنده تأثیر مثبت اما ضعیف‌تر اضطراب قبل از مداخله بر اضطراب پس از مداخله است. فاصله اطمینان (-۰/۵۴۹ تا ۱۶/۱۱۷) شامل صفر است که

نشان‌دهنده عدم قطعیت در معناداری آماری است. لذا ممکن است رابطه خطی واضحی بین اضطراب قبل و بعد از مداخله وجود نداشته باشد. اما ضریب $0.40/5$ با خطای استاندارد $9/334$ و سطح معناداری $0/000$ تأثیر بسیار قوی و مثبت متغیر پیشرفت تحصیلی اولیه بر کاهش اضطراب پس از مداخله دارد. همچنین فاصله اطمینان ($4/258$ تا $6/325$) عدم وجود صفر را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده قدرت این رابطه می‌باشد. لذا دانش‌آموزان با پیشرفت تحصیلی بالاتر قبل از مداخله، اضطراب ریاضی کمتری پس از آن تجربه کرده‌اند. در کل پیشرفت تحصیلی اولیه پیش‌بینی کننده قوی کاهش اضطراب پس از مداخله بوده است، اما نقش اضطراب اولیه نیاز به بررسی بیشتر دارد (مثلاً با نمونه بزرگتر یا مدل‌های غیرخطی).

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که آموزش به روش استیم (STEAM) به طور معناداری منجر به کاهش اضطراب ریاضی در برخی از ابعاد آن از جمله اضطراب در موقعیت کلاس، اضطراب در انجام تکالیف و اضطراب در امتحانات شد. در مقابل، این شیوه آموزشی تأثیر معناداری بر کاهش اضطراب عمومی و اضطراب در حضور دیگران نداشت. این نتایج حاکی از آن است که آموزش استیم توانسته است در موقعیت‌های آموزشی مستقیم و مرتبط با محتوای درس ریاضی، از طریق ایجاد انگیزش، تعامل فعال و تجربه واقعی، در کاهش احساس اضطراب دانش‌آموزان مؤثر باشد. مشابه این یافته‌ها، پژوهش (3) نیز به رابطه متقابل میان چارچوب‌های انگیزشی و اضطراب ریاضی اشاره کرده و تأکید می‌کند که مداخلات آموزشی در صورت ارائه در بسترهای حمایتی و انگیزشی می‌توانند سطح اضطراب را کاهش دهند. همچنین در مطالعه (18)، استفاده از یادگیری تلفن همراه محور مبتنی بر رویکرد استیم در ریاضی، منجر به ارتقاء یادگیری مفاهیم و کاهش تنش‌های مرتبط با حل مسئله شده بود که این یافته نیز با نتایج پژوهش حاضر همسو است.

در تحلیل دقیق‌تر، مشاهده شد که شاخص‌های اضطراب ریاضی که مستقیماً به موقعیت‌های درون کلاسی و سنجش عملکرد (مانند امتحان و انجام تکلیف) مرتبط بودند، بیشترین کاهش را بعد از مداخله تجربه کرده‌اند. این امر با نظر (6) همخوانی دارد که نشان داد اضطراب ریاضی در موقعیت‌های عملکردی (performance-based) قوی‌ترین تأثیر منفی را بر پیشرفت تحصیلی دارد و حساس‌ترین شاخص برای مداخلات آموزشی محسوب می‌شود. از طرف دیگر، عدم کاهش معنادار در اضطراب عمومی و اضطراب در حضور دیگران می‌تواند ناشی از ماهیت پیچیده‌تر این مؤلفه‌ها باشد که بیشتر با ویژگی‌های شخصیتی و تجربیات گذشته مرتبط است تا با محتوای آموزشی جاری. یافته‌های (9) نیز بر این امر تأکید دارد که اضطراب عمومی معمولاً ریشه در ویژگی‌های فردی، اضطراب اجتماعی و تجربیات منفی قبلی دارد و نیازمند مداخلاتی فراتر از تغییر در شیوه آموزش است.

در خصوص پیشرفت تحصیلی، یافته‌ها نشان داد که آموزش به روش استیم به طور معناداری موجب افزایش نمرات ریاضی دانش‌آموزان شد. به ویژه در مباحثی چون جبر، هندسه و آمار، دانش‌آموزان عملکرد بهتری پس از مداخله از خود نشان دادند. این نتایج همراستا با مطالعه (17) است که نشان داد آموزش استیم موجب بهبود معنادار در نمرات علوم و ریاضی دانش‌آموزان در واحد «ماده و

گرما» گردید. همچنین پژوهش (19) که با هدف طراحی الگوی آموزش استیم در مقطع ابتدایی انجام شده بود، تأکید داشت که آموزش تلفیقی می‌تواند موجب تحریک تفکر انتقادی، درک مفهومی عمیق و ارتقاء عملکرد تحصیلی گردد. علاوه بر این، پژوهش (23) نشان داد که مدارس متوسطه با برنامه آموزشی متمرکز بر استیم، به طور معناداری نمرات ریاضی و علوم دانش‌آموزان را بهبود بخشیده‌اند که این امر بر اعتبار یافته‌های پژوهش حاضر می‌افزاید.

نتیجه دیگر پژوهش حاضر که اهمیت خاصی دارد، وجود رابطه معکوس اما غیرمعنادار بین کاهش اضطراب ریاضی و افزایش پیشرفت تحصیلی است. به این معنا که هرچند به طور توصیفی مشاهده شد که دانش‌آموزان با اضطراب کمتر، عملکرد تحصیلی بهتری دارند، اما این همبستگی از لحاظ آماری معنادار نبود. این یافته به‌طور نسبی با مطالعات (11) و (24) متفاوت است که در آن‌ها بین اضطراب ریاضی و پیشرفت تحصیلی رابطه منفی معناداری گزارش شده بود. یک احتمال برای این تفاوت، مربوط به حجم نمونه محدود در پژوهش حاضر یا حساسیت کم ابزارهای سنجش اضطراب عمومی و شناختی است. همچنین ممکن است سایر متغیرهای مداخله‌گر مانند حمایت والدین، ادراک خودکارآمدی، یا تفاوت‌های فردی بر رابطه میان این دو متغیر تأثیر گذاشته باشند؛ به‌ویژه آن‌که مطالعات (13) و (21) نیز نقش واسطه‌ای مؤلفه‌های بیرونی مانند مشارکت والدین یا آمادگی تحصیلی اولیه را در عملکرد ریاضی تأیید کرده‌اند. در بخش تحلیل رگرسیون کوانتیل نیز مشخص شد که پیشرفت تحصیلی اولیه دانش‌آموزان پیش‌بینی‌کننده قوی‌تری برای نتایج پس از آموزش بود تا اضطراب اولیه. این یافته نشان می‌دهد که دانش‌آموزانی که پیش از مداخله نمرات بالاتری داشتند، پس از آن نیز عملکرد بهتری نشان دادند و هم‌زمان اضطراب کمتری تجربه کردند. مطالعه (3) نیز به این نکته اشاره دارد که چارچوب‌های انگیزشی و تجربه موفقیت در گذشته، می‌توانند اضطراب ریاضی را در آینده کاهش دهند. همچنین، تأکید بر تجربه موفقیت و حل خلاقانه مسئله در آموزش‌های مبتنی بر پروژه (PBL) در پژوهش (16) به‌خوبی نشان داده که این روش‌ها می‌توانند بر نتایج تحصیلی دانش‌آموزان با سطوح‌های مختلف عملکرد تأثیرگذار باشند.

از منظر تبیین نظری، نتایج این پژوهش را می‌توان با اصول یادگیری سازنده‌گرا، که بر مشارکت فعال یادگیرنده در ساخت دانش تأکید دارد، همسو دانست. آموزش استیم با ارائه چالش‌های واقعی و فراهم‌سازی زمینه برای ساخت مفاهیم از طریق تعامل و تجربه، با محورهای اصلی این نظریه منطبق است. در عین حال، چارچوب نظری اجتماعی-فرهنگی نیز که بر نقش تعاملات اجتماعی و یادگیری گروهی تأکید دارد، می‌تواند الگوی مناسبی برای تحلیل اثربخشی این نوع آموزش باشد (14, 20). در نهایت، پژوهش حاضر تأییدی بر این نکته است که ادغام مؤلفه‌های استیم، نه فقط بر ابعاد شناختی، بلکه بر ابعاد عاطفی و روان‌شناختی فرایند یادگیری نیز مؤثر است.

علیرغم نتایج قابل توجه، پژوهش حاضر با چند محدودیت روبه‌رو بود. نخست آن‌که حجم نمونه اندک و محدود به یک مدرسه دولتی پسرانه در شهرستان گرگان، تعمیم‌پذیری نتایج را کاهش می‌دهد. دوم، تمرکز صرف بر تک‌گروه و نبود گروه کنترل باعث می‌شود که نتوان با قطعیت تأثیر آموزش استیم را از سایر عوامل محیطی یا فردی مجزا کرد. همچنین، ابزارهای سنجش اضطراب و

پیشرفت تحصیلی هرچند دارای روایی و پایایی مناسبی بودند، اما همچنان ممکن است از لحاظ حساسیت و دقت محدودیت‌هایی داشته باشند. در نهایت، مدت‌زمان کوتاه مداخله (پنج جلسه) ممکن است برای تأثیرگذاری عمیق بر مؤلفه‌های پایدار روان‌شناختی نظیر اضطراب عمومی کافی نبوده باشد.

پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، نمونه‌گیری در مقیاس بزرگ‌تر و در مناطق مختلف جغرافیایی و با در نظر گرفتن تنوع جنسیتی انجام گیرد تا تعمیم‌پذیری یافته‌ها افزایش یابد. همچنین، استفاده از طرح‌های آزمایشی با گروه کنترل می‌تواند دقت تبیین تأثیر آموزش استیم را افزایش دهد. بهتر است آموزش استیم در بازه‌های زمانی طولانی‌تر و با پیگیری‌های پس‌آزمونی بلندمدت اجرا گردد تا پایداری اثرات آن بررسی شود. مطالعه رابطه میان متغیرهایی مانند خودکارآمدی، نگرش نسبت به ریاضی، حمایت والدین و سبک‌های شناختی نیز می‌تواند به درک عمیق‌تری از اثرات آموزش استیم کمک کند.

در راستای یافته‌های این پژوهش، توصیه می‌شود که طراحان برنامه‌درسی و مدیران آموزشی از مدل‌های تلفیقی مانند استیم در آموزش ریاضی به‌ویژه در دوره متوسطه اول استفاده کنند. اجرای کارگاه‌های آموزشی برای معلمان جهت آشنایی با اصول و ابزارهای استیم می‌تواند کیفیت تدریس را ارتقاء دهد. همچنین پیشنهاد می‌شود معلمان از فعالیت‌های پروژه‌محور، بازی‌های آموزشی و فناوری‌های دیجیتال برای کاهش اضطراب و افزایش درک مفهومی دانش‌آموزان بهره‌گیرند. ادغام هنر و فناوری در آموزش ریاضی نیز می‌تواند به جذب دانش‌آموزان با سبک‌های یادگیری مختلف کمک کرده و نگرش آن‌ها نسبت به این درس را بهبود بخشد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

موازین اخلاق

در انجام این پژوهش تمامی موازین و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

حامی مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

1. Carter VR. Defining characteristics of an integrated stem curriculum in k-12 education 2013.
2. Gardner M. Beyond the Acronym: Preparing Preservice Teachers for Integrated STEM Education. *Ailacte journal*. 2017;14(1):37-53.
3. Gunderson EA, Park D, Maloney EA, Beilock SL, Levine SC. Reciprocal relations among motivational frameworks, math anxiety, and math achievement in early elementary school. *Journal of Cognition and Development*. 2018;19(1):21-46. doi: 10.1080/15248372.2017.1421538.
4. Li Y, Schoenfeld AH. Problematising teaching and learning mathematics as "given" in STEM education. *International journal of STEM education*. 2019;6(1):1-3. doi: 10.1186/s40594-019-0197-9.
5. Dowker A, Sarkar A, Looi CY. Mathematics Anxiety: What Have We Learned in 60 Years? *Front Psychol*. 2016;7:508. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00508.
6. Namkung JM, Peng P, Lin X. The relation between mathematics anxiety and mathematics performance among school-aged students: A meta-analysis. *Review of educational research*. 2019;89(3):459-96. doi: 10.3102/0034654319843494.
7. Chang H, Beilock SL. The math anxiety-math performance link and its relation to individual and environmental factors: A review of current behavioral and psychophysiological research. *Current Opinion in Behavioral Sciences*. 2016;10:33-8. doi: 10.1016/j.cobeha.2016.04.011.
8. Yamani M, Almala A, Elbedour S, Woodson K, Reed G. Math anxiety: Trends, issues and challenges. *Journal of Psychology and Clinical Psychiatry*. 2018;9(1):00503.
9. Lutzenberger S, Wimmer S, Paechter M. Spotlight on math anxiety. *Psychology research and behavior management*. 2018;311-22. doi: 10.2147/PRBM.S141421.
10. Hill F, Mammarella IC, Devine A, Caviola S, Passolunghi MC, Szűcs D. Maths anxiety in primary and secondary school students: Gender differences, developmental changes and anxiety specificity. *Learning and individual differences*. 2016;48:45-53. doi: 10.1016/j.lindif.2016.02.006.
11. Jansen BR, Louwerse J, Straatemeier M, Van der Ven SH, Klinkenberg S, Van der Maas HL. The influence of experiencing success in math on math anxiety, perceived math competence, and math performance. *Learning and individual differences*. 2013;24:190-7. doi: 10.1016/j.lindif.2012.12.014.
12. Hettinger JK. Finding success in elementary science across socioeconomic boundaries 2014.
13. Vukovic RK, Roberts SO, Green Wright L. From parental involvement to children's mathematical performance: The role of mathematics anxiety. *Early Education & Development*. 2013;24(4SP - 446):467. doi: 10.1080/10409289.2012.693430.
14. Fufa FS, Tulu AH, Ensene KA. Examining the challenges of using student-centred teaching strategies in secondary schools: A qualitative approach. *Journal of Pedagogical Sociology and Psychology*. 2023;5(3):61-72. doi: 10.33902/jpsp.202323181.
15. Aboutalebi H. The effect of academic motivation and academic seriousness on the academic achievement of female primary school students in District 7 of Karaj. *Management and Educational Perspective*. 2021;2(4):119-34.
16. Han S, Capraro R, Capraro MM. How science, technology, engineering, and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently: The impact of student factors on achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 2015;13(5):1089-113. doi: 10.1007/s10763-014-9526-0.
17. Nağaç M, Kalaycı S. The effect of STEM activities on students' academic achievement and problem solving skills: Matter and heat unit. *e-Kafkas Journal of Educational Research*. 2021;8(3):480-98. doi: 10.30900/kafkasegt.964063.
18. Mosallami SA, Vahedi M, Nili Ahmadabadi M. Designing a STEAM based mobile learning and its effect on mathematics learning of sixth grade elementary students. *Educational Psychology*. 2025;21(75):39-65. doi: 10.22054/jep.2024.75593.3907.
19. Eskandari M, Hoseinikhah A, Zarghami S. Developing the Ideal Model of Instruction in Primary School based on the STEAM Integrated Approach. *Qualitative Research in Curriculum*. 2024;5(16):- . doi: 10.22054/qric.2025.82029.390.
20. Crabtree LM, Richardson SC, Lewis CW. The gifted gap, STEM education, and economic immobility. *Journal of Advanced Academics*. 2019;30(2):203-31. doi: 10.1177/1932202X19829749.
21. Claessens A, Engel M. How important is where you start? Early mathematics knowledge and later school success. *Teachers College Record*. 2013;115(6):1-29. doi: 10.1177/016146811311500603.
22. Patton J. Effects of social role perceptions of gender on STEM classes in middle school 2013.
23. Gnagey J, Lavertu S. The impact of inclusive STEM high schools on student achievement. *AERA Open*. 2016;2(2):2332858416650870. doi: 10.1177/2332858416650870.
24. Yaratani H, Kasapoğlu L. Eighth grade students' attitude, anxiety, and achievement pertaining to mathematics lessons. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2012;46:162-71. doi: 10.1016/j.sbspro.2012.05.087.
25. Fritz A, Haase VG, Räsänen. *International handbook of mathematical-learning difficulties: From the laboratory to the classroom* 2019.