ISE 5(1): 25-48, Spring 2026

Interdisciplinary Studies in Education
(ISE)

Homepage: https://ise.cfu.ac.ir | ISSN: 2980-9479

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Teaching-Learning Strategies in Integrated STEM Education: A Synthesis Research Study

F. Akrami*[1], P. Ahmadi[2], P. Samadi[3]

[1] PhD Student in Curriculum Planning, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
[2] Associate Professor, Department of Educational Sciences, Faculty of Education and Psychology, Alzahra University, Tehran, Iran
[3] Associate Professor, Department of Educational Sciences, Faculty of Education and Psychology, Alzahra University, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Received: 2025-02-24
Revised: 2025-11-03
Accepted: 2026-03-25
Available online: 2026-04-08

KEYWORDS:
Blended learning,
STEAM,
teacher role,
teaching-learning strategies,
21st century.

[1] Corresponding author
Fateme.akrami@modres.ac.ir
✆ (+9821) 77151882

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: In the rapidly evolving and complex world of the twenty-first century, educational systems are increasingly challenged to provide learners with the knowledge and skills necessary to address real-world problems, technological change, and global competition. Traditional subject-based teaching approaches often fail to foster interdisciplinary thinking, creativity, and problem-solving abilities that are essential for modern societies. In response to these challenges, the integrated educational approach called Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics (STEAM) has gained increasing attention worldwide. STEAM education emphasizes interdisciplinary integration, experiential learning, creativity, and the application of knowledge to authentic problems. Rather than teaching academic subjects in isolation, STEAM encourages learners to connect concepts from different domains and apply them collaboratively in real-life contexts. Many countries have incorporated STEAM education into their curricula in order to strengthen innovation capacity, technological literacy, and workforce readiness among students. Despite its growing importance, effective implementation of STEAM education largely depends on appropriate teaching–learning strategies that support active engagement, collaboration, inquiry, and technological integration. In the Iranian educational context, although national policy documents emphasize active and integrated learning approaches, classroom instruction often remains largely traditional and discipline-centered. Moreover, previous studies have mainly focused on the advantages of STEAM education or teachers' perceptions, while limited research has systematically examined the teaching–learning strategies required for implementing STEAM in elementary education. Considering the unique structure of elementary schooling—where a single teacher often teaches multiple subjects—this level offers significant potential for integrated and interdisciplinary instruction. Therefore, identifying effective pedagogical strategies is essential for enabling teachers to implement STEAM successfully. Accordingly, the present study aimed to identify and conceptualize effective teaching–learning strategies for integrated STEAM education in elementary schools and to provide a practical framework to support teachers and curriculum planners in implementing this approach.

Methods and Data: This study adopted a qualitative approach and was conducted using a conceptual research synthesis method. Research synthesis is a systematic approach designed to integrate and reinterpret findings from previous studies in order to produce new conceptual insights. Given the interdisciplinary and relatively emerging nature of STEAM education, existing research is dispersed across different academic fields and educational contexts. Therefore, research synthesis was selected as an appropriate method for analyzing, organizing, and integrating existing

knowledge on teaching–learning strategies in STEAM education. The research sample consisted of academic studies related to STEAM education, including journal articles and doctoral dissertations. International studies published between 2014 and 2024 and Iranian studies published between 1398 and 1403 (2019–2024) were considered. Relevant sources were identified through systematic searches in major academic databases, including Google Scholar, ScienceDirect, ProQuest, ERIC, IranDoc, and SID. The initial search yielded 5,215 documents. After removing duplicate records, 2,404 sources were excluded. In the next stage, the studies written in languages other than Persian or English, the studies without accessible full texts, and those unrelated to educational contexts were removed. Subsequently, the abstracts of 174 remaining studies were examined, leading to the exclusion of 82 additional sources due to lack of relevance to the research focus. The remaining studies were then evaluated using the CASP qualitative research appraisal checklist, which assesses methodological rigor, clarity of research design, data collection procedures, analytical transparency, ethical considerations, and practical relevance. Only studies that met the required quality standards were included in the final analysis. Ultimately, 30 high-quality studies (including three doctoral dissertations and twenty-seven research articles) were selected for synthesis. Data analysis was conducted using Strauss and Corbin's grounded theory coding procedure, including open coding, axial coding, and selective coding. During open coding, key concepts and instructional practices were extracted from the selected studies. In axial coding, related codes were organized into conceptual categories based on similarities and relationships. Finally, in selective coding, overarching themes representing major teaching–learning strategies in STEAM education were identified. To enhance the validity of the findings, the coding process was conducted using MAXQDA software and reviewed by academic experts and experienced elementary school teachers.

Findings: The analysis of the selected studies resulted in the identification of three main categories of teaching–learning strategies for integrated STEAM education: interactive–social strategies, scientific–instructional strategies, and technological strategies. Interactive–social strategies emphasize collaboration, communication, and collective inquiry in the learning process. These strategies include cooperative learning activities, teamwork in heterogeneous groups, shared problem-solving tasks, and inquiry-based exploration. Such approaches enable students to exchange ideas, build social understanding, and develop communication and teamwork skills while engaging in meaningful learning experiences. Scientific–instructional strategies focus on pedagogical practices that support conceptual understanding through experiential and multisensory learning. Two key subcomponents were identified in this category: role-playing and simulation activities, and multisensory experiential learning. Role-playing and simulation activities, such as educational dramatization, scenario-based learning, and interactive demonstrations, help students visualize abstract concepts and understand complex scientific phenomena. Multisensory experiential learning engages multiple sensory channels, including visual, auditory, and tactile experiences, allowing students to interact directly with materials, experiments, and real-world situations. These strategies strengthen conceptual comprehension and promote long-term knowledge retention. The third category, technological strategies, highlights the integration of digital tools and engineering practices in STEAM education. This category includes hands-on engineering and construction activities as well as game-based and gamified learning approaches. Engineering-oriented activities involve designing prototypes, constructing models, applying engineering design processes, and engaging in problem-based projects that require creativity and innovation. Game-based and gamified learning strategies use interactive games, digital platforms, coding activities, and scenario-based challenges to enhance students' motivation and engagement. Collectively, these strategies create dynamic learning environments in which students actively construct knowledge through collaboration, experimentation, and technological exploration.

Discussion and Conclusion: The findings of this study demonstrate that effective implementation of integrated STEAM education requires a combination of interactive–social, scientific–instructional, and technological teaching strategies. These strategies collectively promote active participation, creativity, critical thinking, and problem-solving skills among students—competencies that are essential for

education in the twenty-first century. In particular, the integration of collaborative learning, experiential instruction, and technology-enhanced activities can transform classroom environments into spaces that support inquiry, innovation, and interdisciplinary understanding. However, the successful adoption of these strategies largely depends on teachers' professional competencies, including their ability to design integrated learning experiences, facilitate collaborative activities, and effectively incorporate digital technologies into instruction. Therefore, teacher education programs should place greater emphasis on developing pedagogical and technological competencies related to STEAM education. In addition, professional development programs, workshops, and training courses can help practicing teachers gain the necessary knowledge and skills to implement STEAM-based teaching approaches. Educational policymakers and curriculum developers should also consider revising existing curricula to incorporate interdisciplinary learning opportunities and provide schools with adequate technological infrastructure. Overall, the conceptual framework identified in this study offers practical guidance for teachers, curriculum planners, and educational policymakers seeking to implement integrated STEAM education in elementary schools. By adopting the proposed strategies and supporting teachers through appropriate training and resources, educational systems can create more innovative and engaging learning environments that prepare students for the complex challenges of the modern world.

NUMBER OF REFERENCES	NUMBER OF FIGURES	NUMBER OF TABLES
45	2	4

Citation (APA): Akrami, F., Ahmadi, P., & Samadi, P. (2026). Teaching-learning strategies in integrated STEM education: A synthesis research study. *Interdisciplinary Studies in Education*, 5(1), 25–48. DOI:

http:// doi.org/10.48310/ise.2026.18532.1250/

COPYRIGHTS

© 2026 This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0); The Authors retain the copyright and full publishing rights. Published by Farhangian University.

(https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

مقاله پژوهشی

راهبردهای یاددهی-یادگیری در آموزش تلفیقی استیم: یک مطالعهٔ سنتزپژوهی

فاطمه اکرمی[1*]، پروین احمدی[2]، پروین صمدی[3]

[1] دانشجوی دکترای تخصصی برنامه ریزی درسی،گروه علوم تربیتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

[2] دانشیار گروه علوم تربیتی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران.

[3] دانشیار گروه علوم تربیتی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۸/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۱/۰۵
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۱/۱۹

واژگان کلیدی:
آموزش تلفیقی،
استیم،
نقش معلم،
راهبردهای یاددهی-یادگیری.

[1] نویسنده مسئول
Fateme.akrami@modres.ac.ir
۶۶۵۲۶۶۳-۰۹۱۵

چکیده

پیشینه و اهداف: رویکرد آموزش تلفیقی علوم، فناوری، مهندسی، هنر و ریاضیات (STEAM) به عنوان یکی از رویکردهای نوین آموزشی، با هدف تقویت یادگیری میان‌رشته‌ای، خلاقیت و حل مسأله در دانش‌آموزان، توسعه یافته است. اجرای موفق این رویکرد مستلزم به‌کارگیری راهبردهای مؤثر یاددهی-یادگیری است که بتوانند تعامل، کاوشگری و تجربه‌محور بودن را در فرایند آموزش تقویت کنند. با توجه به گسترش توجه به آموزش استیم در نظام‌های آموزشی، شناسایی راهبردهای کارآمد می‌تواند به طراحی بهتر برنامه‌های درسی و ارتقای کیفیت یادگیری کمک کند. هدف پژوهش حاضر، شناسایی و تبیین راهبردهای یاددهی-یادگیری در آموزش تلفیقی استیم بود.

روش‌ها: این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر رویکرد، کیفی بود و با روش سنتزپژوهی مفهومی انجام شد. جامعهٔ پژوهش شامل پژوهش‌های مرتبط با آموزش استیم در بازهٔ زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۴ برای منابع خارجی و ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۳ برای منابع داخلی بود. منابع از طریق جست‌وجوی نظام‌مند، گردآوری و پس از غربالگری چندمرحله‌ای انتخاب شد. کیفیت منابع منتخب با استفاده از چک‌لیست CASP ارزیابی شد و در نهایت ۳۵ منبع واجد شرایط وارد تحلیل گردید. سپس داده‌ها با روش کدگذاری اشتراوس و کوربین در سه مرحلهٔ باز، محوری و انتخابی تحلیل شد.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد که راهبردهای یاددهی-یادگیری استیم در سه مؤلفهٔ اصلی طبقه‌بندی می‌شوند: «راهبردهای تعاملی-اجتماعی»، «راهبردهای علمی-آموزشی» و «راهبردهای فناورانه». راهبردهای تعاملی-اجتماعی شامل «فعالیت‌های همیاری و مشارکتی» و «فعالیت‌های کاوشگری»، راهبردهای علمی-آموزشی شامل «نقش‌آفرینی و شبیه‌سازی» و «آموزش چندحسی و تجربه‌محور» و راهبردهای فناورانه نیز شامل «فعالیت‌های ساختنی و مهندسی» و «آموزش مبتنی بر بازی‌وارسازی» بودند.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد که تحقق این راهبردها وابسته به توانمندی معلمان در طراحی و اجرای فعالیت‌های مبتنی بر استیم است. چارچوب به‌دست‌آمده می‌تواند به‌ویژه در دورهٔ ابتدایی، مبنایی عملی برای معلمان و برنامه‌ریزان درسی در توسعهٔ آموزش تلفیقی استیم باشد.

مقدمه

در دنیای پرشتاب و پیچیدهٔ قرن بیست‌ویکم، نظام‌های آموزشی بیش از هر زمان دیگری با چالش‌هایی بنیادین مواجه‌اند. رشد فزایندهٔ فناوری، جهانی‌شدن ارتباطات، تغییرات سریع در بازار کار و نیاز به مهارت‌های چندبعدی، ضرورت بازنگری در اهداف، محتوا و روش‌های آموزشی را دوچندان کرده است. یکی از اهداف کلیدی آموزش رسمی در هر کشور، تربیت نیروی انسانی توانمند، خلاق و آینده‌نگر است که بتواند در مواجهه با مسائل واقعی زندگی و چالش‌های شغلی، عملکرد مؤثر و سازنده‌ای داشته باشد.

یکی از اهداف آموزش رسمی در هر کشور، پرورش نیروی کار توانمند متناسب با نیازهای آینده است. قرن بیست ویکم یک دورهٔ منحصربه فرد از پیشرفت‌های فناوری و جهانی‌سازی و افزایش رقابت‌های اقتصادی است. بنابراین برنامه‌ریزان آموزشی در سراسر دنیا تلاش می‌کنند تا نسل آینده را با سواد فناوری پرورش داده و آن‌ها را به موضوعاتی همچون علم، فناوری وریاضیات علاقه‌مند کنند. دست‌یابی به این مهم نیازمند تغییر در نظام آموزشی و توجه به تلفیق و همگرایی بین موضوعات درسی است (چوی[1] و همکاران، ۲۰۲۴).

در این میان، رویکرد آموزشی استیم[2] به عنوان یکی از نوآوری‌های مهم در عرصه تعلیم و تربیت، جایگاه ویژه‌ای یافته است. این رویکرد با تلفیق پنج حوزهٔ علوم، فناوری، مهندسی، هنر و ریاضیات، به دنبال ایجاد هم‌افزایی میان‌رشته‌ای و ارتقای توانمندی‌های شناختی، تحلیلی و خلاقانه یادگیرندگان است (لیائو[3]، ۲۰۱۶؛ چوی و همکاران، ۲۰۲۴). برخلاف ساختارهای سنتی رشته‌محور که آموزش را در قالب دیسیپلین‌های جداگانه ارائه می‌دهند، استیم بر یکپارچگی مفاهیم و کاربرد آن‌ها در حل مسائل واقعی تأکید دارد (لی[4] و همکاران، ۲۰۲۰). ضرورت این تحول از آنجا ناشی می‌شود که در دنیای واقعی، مسائل به‌ندرت در قالب یک رشتهٔ خاص قابل حل هستند. پراکندگی مفاهیم در برنامه‌های درسی سنتی، عدم ارتباط آن‌ها با زندگی روزمره، و ضعف در پرورش مهارت‌های تفکر انتقادی و خلاق، موجب شده است که بسیاری از نظام‌های آموزشی به سمت تلفیق میان‌رشته‌ای حرکت کنند (احمدی،۱۳۹۰ و ۱۴۰۴). آموزش استیم، با تأکید بر یادگیری فعال، پروژه‌محور و مسأله‌محور، بستری فراهم می‌آورد تا دانش‌آموزان بتوانند با ترکیب دانش و مهارت‌های مختلف، به شیوه‌ای واگرا و نوآورانه بیندیشند و عمل کنند (کانگ[5]، ۲۰۱۹). در سطح جهانی، کشورهایی مانند سنگاپور، کره جنوبی و فنلاند با سرمایه‌گذاری هدفمند در آموزش استیم، توانسته‌اند جایگاه خود را در آزمون‌های بین‌المللی و بازار کار جهانی ارتقا دهند. برای مثال، سنگاپور از سال ۲۰۱۳ با اجرای برنامه‌های تلفیقی استیم در مدارس ابتدایی، به دنبال آماده‌سازی دانش‌آموزان برای مواجهه با چالش‌های آینده بوده است (لو[6]، ۲۰۱۲؛ تان[7]، ۲۰۱۸). این کشورها با طراحی برنامه‌های درسی مبتنی بر تلفیق، توانسته‌اند علاقه‌مندی دانش‌آموزان به علوم و فناوری را افزایش داده، آن‌ها را برای مشاغل آینده آماده سازند. در ایران، با وجود تأکید اسناد بالادستی مانند سند تحول بنیادین بر روش‌های فعال، تلفیقی و خلاق (راهکارهای ۱۷-۳ و ۱۹-۲)، آموزش دروس همچنان به صورت سنتی و مجزا انجام می‌شود. هر درس در زمان مشخص خود تدریس شده و ارتباطی میان مفاهیم دروس مختلف برقرار نمی‌شود. این رویکرد نه‌تنها مانع یادگیری عمیق و کاربردی می‌شود، بلکه موجب کاهش انگیزه و علاقه‌مندی دانش‌آموزان به یادگیری نیز می‌گردد (حسینی، ۱۳۹۸).

1. Choi
2. Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics
3. Liao
4. Li
5. Kang
6. Lou
7. Tan

نتایج آزمون بین‌المللی تیمز ۲۰۲۳ نیز مؤید این ضعف ساختاری است. تنها یک درصد از دانش‌آموزان ایرانی به سطح پیشرفته دست یافته‌اند، در حالی که ۵۹ درصد در سطح پایین‌تر از متوسط قرار داشته‌اند (مرکز مطالعات تیمز، ۱۴۰۳). ضعف در حل مسائل تحلیلی و تشریحی، نشان‌دهندهٔ کمبود مهارت‌های تفکر انتقادی و تلفیق دانش در میان دانش‌آموزان است. این امر ضرورت تغییر در رویکردهای آموزشی و حرکت به سمت آموزش‌های تلفیقی را بیش از پیش آشکار می‌سازد.

از سوی دیگر، دورهٔ ابتدایی به دلیل ساختار آموزشی خاص خود، یعنی تدریس تمام دروس توسط یک معلم، ظرفیت مناسبی برای اجرای آموزش تلفیقی دارد. این ویژگی می‌تواند بستری مناسب برای پیاده‌سازی آموزش استیم فراهم آورد، به شرط آن‌که معلمان از دانش، نگرش و مهارت‌های لازم برای طراحی و اجرای این نوع آموزش برخوردار باشند (آکران و آسیراغلو[8]، ۲۰۱۸؛ ولیچگو[9] و همکاران، ۲۰۲۲).

با وجود اهمیت روزافزون آموزش استیم، مرور ادبیات پژوهشی نشان می‌دهد که در ایران، مطالعات محدودی به بررسی راهبردهای اجرایی این رویکرد در دورهٔ ابتدایی پرداخته‌اند. بیش‌تر پژوهش‌ها به معرفی کلی استیم یا بررسی تأثیر آن بر یادگیری پرداخته‌اند، اما خلأ جدی‌ای در زمینهٔ ارائهٔ چارچوبی عملیاتی از راهبردهای یاددهی-یادگیری مناسب برای معلمان دورهٔ ابتدایی وجود دارد. این خلأ، مانعی جدی در مسیر اجرای موفق آموزش استیم در مدارس ابتدایی کشور محسوب می‌شود. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف پاسخ‌گویی به این خلأ، به دنبال شناسایی و ارائه راهبردهای مؤثر یاددهی-یادگیری آموزش استیم در دورهٔ ابتدایی است. هدف نهایی آن تهیه چارچوبی از راهبردهای یاددهی-یادگیری آموزش استیم است که می تواند در دانش، نگرش و مهارت معلمان نسبت به استیم مؤثر باشد.

مبانی نظری و مرور ادبیات پژوهش

آموزش استیم به عنوان یک رویکرد تلفیقی و میان‌رشته‌ای، بر پایهٔ نظریه‌های بنیادین یادگیری و اصول برنامه‌ریزی درسی طراحی شده است. این رویکرد با هدف تلفیق علوم، فناوری، مهندسی، هنر و ریاضیات، تلاش دارد تا یادگیری را از حالت ایزوله و رشته‌محور خارج کرده و به سمت یادگیری یکپارچه، فعال و مسأله‌محور سوق دهد. در این میان، راهبردهای یاددهی-یادگیری نقشی کلیدی در تحقق اهداف آموزشی استیم ایفا می‌کنند و باید بر اساس مبانی نظری معتبر طراحی شوند.

یکی از نظریه‌های اصلی آموزش استیم، نظریهٔ سازنده‌گرایی است که بر ساختن دانش توسط خود یادگیرنده از طریق تعامل با محیط، تجربه‌های واقعی و فعالیت‌های معنادار تأکید دارد. در این دیدگاه، یادگیری زمانی مؤثر است که دانش‌آموزان درگیر فرایندهای ذهنی، عملی و اجتماعی شوند و از طریق فعالیت‌های پروژه‌محور، طراحی، ساخت و تحلیل، مفاهیم را درک کنند. نظریهٔ یادگیری تجربی نیز با تأکید بر چرخهٔ تجربه، تأمل، مفهوم‌سازی و آزمون فعال، آموزش استیم را در قالب یادگیری مبتنی بر تجربهٔ معنادار

8. Akran & Asiroglu
9. Velychko

تعریف می‌کند. همچنین نظریهٔ یادگیری اجتماعی بندورا، با تأکید بر مشاهده، تعامل و مدل‌سازی، اهمیت یادگیری گروهی و مشارکتی را در آموزش استیم برجسته می‌سازد.

از منظر برنامه‌ریزی درسی، آموزش استیم در چارچوب رویکرد میان‌رشته‌ای و فرارشته‌ای قرار می‌گیرد که به دنبال هم‌افزایی مفاهیم، مهارت‌ها و نگرش‌ها از حوزه‌های مختلف علمی است. این رویکرد با کنار گذاشتن مرزهای سنتی رشته‌ها، به دنبال ایجاد درک جامع و کاربردی از دانش است. در این راستا، یادگیری مبتنی بر پروژه به عنوان یکی از راهبردهای کلیدی، زمینه‌ساز درگیری فعال دانش‌آموزان با مسائل واقعی و توسعهٔ مهارت‌های قرن بیست‌ویکم از جمله تفکر انتقادی، خلاقیت، همکاری، سواد فناوری و حل مسأله است. بنابراین، چارچوب نظری این پژوهش بر تلفیق نظریه‌های یادگیری سازنده‌گرایی، تجربی و اجتماعی با اصول برنامه‌ریزی درسی تلفیقی و راهبردهای آموزشی فعال استوار است. این چارچوب، مبنای طراحی و تحلیل راهبردهای یاددهی-یادگیری آموزش استیم در دورهٔ ابتدایی را فراهم می‌سازد و زمینه‌ساز ارائهٔ الگویی کاربردی برای ارتقای کیفیت آموزش در این دوره خواهد بود.

بیش‌تر پژوهش‌هایی که تا کنون صورت گرفته بر مزایای آموزش استیم و برتری‌های این روش نسبت به تدریس سنتی تمرکز داشته‌اند و پژوهش‌های معدودی به معرفی شیوه‌های اجرا وفناوری‌های مرتبط پرداخته‌اند. یسیونکوفسکا[10](۲۰۲۰) در مقاله‌ای با عنوان «یادگیری فعال واقعیت افزوده برای آموزش استیم» به بررسی ارتباط بین روش یادگیری فعال واقعیت افزوده و آموزش استیم پرداخته است. در این پژوهش، واقعیت افزوده به عنوان یک کاتالیزور که به توسعهٔ مهارت‌های دانش‌آموزان منجر می‌گردد، معرفی شده است. یانگ کیونگ یونگ[11](۲۰۲۰) در پژوهش «نیاز نظری برای استفاده از یادگیری معکوس در آموزش استیم» به معرفی روش یادگیری معکوس به عنوان یکی از رویکردهای اجرایی استیم پرداخته است. بلباس[12](۲۰۲۱) ضمن معرفی رویکرد استیم برای تحقق اهدافی چون خلاقیت، تحقیق، گفت‌وگو، همکاری و تفکر انتقادی، تغییر برنامهٔ درسی به سمت تلفیق را راهی برای ارتقای خلاقیت، عادت به ریسک کردن، مشارکت در یادگیری مشارکتی، تجربی و پشتکار در حل مسأله در نظر گرفته است تا دانش‌آموزان امروزی را به عنوان رهبران آینده، مبتکران، دانشمندان، مهندسان، مربیان، کارآفرینان و یادگیرندگان قرن بیست‌ویکم پرورش دهد. چوی و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی با عنوان «تکامل برنامهٔ تربیت معلم استیم» به تشریح اهداف، شیوهٔ اجرا و نتایج حاصل از برگزاری دورهٔ تابستانی برای ارتقای معلمان در حوزهٔ استیم پرداخته است. این کارگاه‌ها که توسط موسسهٔ GOSTEAM طی یک دورهٔ پنج ساله در جورجینای آمریکا برگزار شده است، به دنبال افزایش توسعهٔ حرفه‌ای معلمان با مشارکت دادن آن‌ها در نیازسنجی، هدف‌گذاری و برنامه‌ریزی آموزش استیم است و در این میان به ضرورت مقابله با فرسودگی شغلی معلمان و چالش‌های سلامت روان با کمک برنامه‌های خلاق و منعطف استیم اذعان می‌کند. سیلوا[13](۲۰۲۲) در پژوهش خود با عنوان «اثرات یک برنامهٔ عملی تربیت معلم بر اجرای فعالیت‌های استیم» که در قالب یک مطالعهٔ موردی در رویکرد پژوهش ترکیبی ارائه شده است، با مشارکت دادن ۱۵ معلم

10. Jesionkowska
11. Young Kyung Jung
12. Belbas
13. Silva

برزیلی به بررسی تغییر خودکارآمدی آن‌ها در برنامه‌ریزی فعالیت‌های استیم بعد از شرکت در دوره‌های آموزشی مربوطه پرداخت. در این تحقیق داده‌ها از دو پرسشنامه، سوالات بازتاییدشدهٔ قبلی و محصولات نهایی تولید شده پس از دوره، جمع‌آوری شد. نتیجه آن‌که معلمان ضمن ابراز تمایل نسبت به پیاده‌سازی استیم، آن را چالش‌برانگیز دانسته و به ضرورت برگزاری دوره‌های آموزشی در راستای توانمندسازی بیش‌تر اذعان داشتند. پاسانی[14](۲۰۲۱) از دانشگاه مانگکورت[15]، در پژوهش خود تحت عنوان «معرفی رویکرد استیم به عنوان یک نوآوری یادگیری در بیماری همه‌گیر کووید۱۹ در کالیمانتان جنوبی[16]» به معرفی رویکرد تلفیقی استیم پرداخته است. در کل ۹۶.۴۳ ٪ از شرکت‌کنندگان معتقد بودند که اجرای استیم یکپارچه در آموزش دانش‌آموزان و تقویت مؤلفه‌هایی نظیر تفکر انتقادی، خلاقیت و نوآوری تأثیر بسزایی دارد.

در ایران نیز رضایی (۱۴۰۰) در رسالهٔ دکتری خود با عنوان «طراحی و اعتبارسنجی الگوی برنامهٔ درسی تلفیقی استم در دورهٔ ابتدایی» ابتدا ویژگی‌های برنامهٔ درسی استیم را با روش سنتزپژوهی حول منابع پژوهشی دو دههٔ اخیر استخراج کرده، سپس با تحلیل محتوای کیفی اسناد بالادستی نظام تعلیم و تربیت جمهوری اسلامی ایران، مؤلفه‌های برنامهٔ درسی تلفیقی استیم را احصا نموده است. او در گام سوم به مطالعهٔ تطبیقی بین کشورهای فنلاند، آمریکا و سنگاپور پرداخته است و در نهایت با سه‌سویه‌سازی، الگوی برنامهٔ درسی استیم را مطابق با الگوی اکر طراحی کرده است. سجادی (۱۳۹۶) در پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد خود با عنوان «مطالعهٔ چگونگی به کارگیری هنر در آموزش ریاضیات مدرسه‌ای بر اساس روش آموزش استیم» ضمن معرفی و تجزیه و تحلیل روش تلفیقی استیم، به شیوهٔ اجرا و پیاده‌سازی این روش در کلاس ریاضی و اصول اساسی برای تبیین طرح درس هندسه اوریگامی مبتنی بر این روش اشاره کرده است. در نهایت، طرح درس هندسهٔ اوریگامی مبتنی بر روش استیم طراحی شده و پشتیبانی کردن این طرح درس از سطوح رشد شناختی سولو[17] مورد تحلیل قرار گرفته است.

با وجود گسترش مطالعات در حوزهٔ آموزش استیم، مرور پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که تمرکز عمدهٔ آن‌ها بر مزایای این رویکرد، مقایسه با آموزش سنتی و معرفی فناوری‌های نوین و شیوه‌های اجرایی بوده است. پژوهش‌هایی مانند یسیونکوفسکا (۲۰۲۰) و یانگ کیونگ یونگ (۲۰۲۰) به بررسی روش‌های نوآورانه‌ای چون واقعیت افزوده و یادگیری معکوس پرداخته‌اند و مطالعاتی چون بلباس (۲۰۲۱)، چوی و همکاران (۲۰۲۴)، سیلوا (۲۰۲۲) و پاسانی (۲۰۲۱) به ابعاد تربیت معلم، توسعهٔ حرفه‌ای و نوآوری آموزشی اشاره کرده‌اند. در پژوهش‌های داخلی نیز، تلاش‌هایی برای طراحی الگوهای برنامهٔ درسی تلفیقی و کاربرد هنر در آموزش ریاضی صورت گرفته است (رضایی، ۱۴۰۰؛ سجادی، ۱۳۹۶). با این حال، یکی از عناصر کلیدی و تعیین‌کننده در موفقیت آموزش استیم، یعنی راهبردهای یاددهی-یادگیری، کم‌تر به‌صورت متمرکز و نظام‌مند مورد بررسی قرار گرفته است. بیش‌تر مطالعات به معرفی کلی استیم یا بررسی نگرش معلمان پرداخته‌اند، اما خلأ جدی‌ای در زمینهٔ شناسایی و تبیین راهبردهای آموزشی مؤثر، به‌ویژه در دورهٔ ابتدایی، وجود

14. Pasani
15. Mangkurat University
16. South Kalimantan
17. Solow

دارد. این دوره به دلیل ساختار خاص خود (تدریس همهٔ دروس توسط یک معلم) ظرفیت بالایی برای اجرای آموزش تلفیقی دارد، اما نبود راهبردهای مشخص، مانعی جدی در مسیر تحقق اهداف استیم محسوب می‌شود. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف «شناسایی و تبیین راهبردهای یاددهی-یادگیری آموزش تلفیقی استیم در دورهٔ ابتدایی» انجام شده است تا با ارائهٔ چارچوبی کاربردی، زمینه‌ساز ارتقای توانمندی‌های حرفه‌ای معلمان و بهبود کیفیت آموزش در کلاس‌های درس ابتدایی باشد.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و رویکرد آن کیفی است و از روش سنتزپژوهی از نوع سنتز مفهومی[۱۸]استفاده کرده است. این روش در پی عملیاتی کردن این قاعده است که علم قابلیت تجمیع یا تراکم نظام‌مند دانش‌های پیشین را داشته و در پی پاسخ این سؤال است که از نتایج پژوهش‌های پیشین به چه پاسخ واحدی می‌توان دست یافت (چالمز[۱۹]و همکاران، ۲۰۰۲). با توجه به ماهیت میان‌رشته‌ای و نوظهور آموزش تلفیقی استیم، مطالعات متعددی در زمینه‌های گوناگون انجام شده که هر یک از منظر خاصی به راهبردهای یاددهی-یادگیری پرداخته‌اند. این پراکندگی در منابع، نیازمند روشی جامع برای تحلیل، یکپارچه‌سازی و استخراج مؤلفه‌های کلیدی است. از این‌رو روش سنتزپژوهی به عنوان رویکردی نظام‌مند و علمی انتخاب شد تا با تلفیق یافته‌های پژوهش‌های پیشین، تصویری منسجم و معتبر از راهبردهای مؤثر در آموزش استیم ارائه گردد.

سنتزپژوهی این امکان را فراهم می‌سازد تا ضمن شناسایی الگوهای مشترک، تفاوت‌های زمینه‌ای و نوآوری‌های موجود نیز مورد تحلیل قرار گیرد. همچنین این روش به تولید دانش جدید از دل مطالعات موجود کمک می‌کند و زمینه‌ساز طراحی برنامه‌های درسی بومی و فرهنگی در حوزهٔ آموزش تلفیقی است. از منظر کاربردی، نتایج حاصل از سنتزپژوهی می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری برای اصلاح سیاست‌های تربیت معلم، توسعهٔ حرفه‌ای و ارتقای کیفیت آموزش باشد. هدف اصلی از انجام مرور سیستماتیک، وزن‌دهی متون موجود برای بهبود تصمیم‌گیری است (صفاری، ۱۳۹۲).

برای اجرای یک پژوهش به روش مرور سیستماتیک، لازم است بعد از تعیین اهداف و طراحی سؤال به غربالگری مطالعات مرتبط پرداخته، از طریق دسته‌بندی و تلفیق داده‌ها یافتهٔ جدید متناسب با عنوان پژوهش را بازآفرینی کرد. در ادامه در جدول ۱ مراحل اجرا ارائه شده است. میدان پژوهش تمام پژوهش‌هایی است که کلیدواژه‌های مدنظر را داراست و روش نمونه‌گیری، هدفمند از نوع ملاک محور است.

در مرحلهٔ نخست، جست‌وجوی نظام‌مند با استفاده از کلیدواژه‌های مرتبط با آموزش تلفیقی استیم در پایگاه‌های علمی منتخب انجام شد. در بازهٔ زمانی تعیین‌شده، تعداد ۵۲۱۵ منبع علمی بازیابی گردید. فرایند غربالگری این منابع در چند مرحله صورت گرفت: در مرحلهٔ اول، منابع تکراری، شناسایی و حذف شدند که منجر به کنارگذاری ۲۴۰۴ پژوهش گردید. در مرحلهٔ دوم، منابعی که به زبان‌هایی غیر از فارسی و انگلیسی بودند (اغلب کره‌ای)، فاقد ارتباط موضوعی با آموزش بودند، یا دسترسی به متن کامل آن‌ها امکان‌پذیر نبود، حذف

18. Conceptual Synthesis
19. Chalmers

جدول۱. مراحل سنتزپژوهی.

Table 1. Stages of Research Synthesis.

مرحله	ضرورت	نحوۀ اجرا در پژوهش حاضر
مرحلۀ اول: تعیین سؤالات و اهداف	برای داشتن مرور سیستماتیک هدفمند و کاربردی مشخص کردن چارچوب با طراحی درست اهداف و سوالات بسیار مهم است. یک سؤال خوب می‌تواند مانند راهنما مسیر سنتز را به خوبی روشن کند.	لزوم پرداختن به راهبردهای یاددهی-یادگیری استیم به عنوان یکی از اصول برنامۀ درسی آموزش تلفیقی استیم اثبات شده است. این در حالی است که در پژوهش‌های اندک صورت گرفته، خلا نظری پیرامون این موضوع وجود دارد.
مرحلۀ دوم: تعیین محدودۀ پژوهش: مشخصات پژوهش‌هایی که قرار است از یافته‌های آن‌ها استفاده کرد.	الف) تعیین پارامترهای جست‌وجو که شامل محدودۀ زمانی، تاریخ انتشار و نوع پژوهش است. هدف از این مرحله، تعیین معیارهایی است که مقرر است طبق آن‌ها جست‌وجو صورت گیرد و یافته‌های آن‌ها مورد استفاده واقع شود.	بازۀ زمانی انتخاب شده در مقالات خارجی یک بازۀ ده ساله از سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۴ و برای مقالات داخلی نیز یک بازۀ پنج ساله شامل سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۳ است. گسترۀ جغرافیایی محدودیت نداشته و شامل مقالات مرتبط انگلیسی و فارسی است.
	ب)تعیین معیارهای گزینش اسناد	معیارهای مورد نظر شامل مرتبط بودن موضوع، کیفیت
	ج)تعیین پایگاه‌ها و مسیر جست‌وجوی منابع	پایگاه‌های مورد استناد شامل گوگل اسکالر[20] و ساینس دایرکت[21] و پروکوئیست[22] و اریک[23] است. از میان پایگاه‌های فارسی هم، ایرانداک و سید[24] مورد استفاده قرار گرفته است.
مرحلۀ سوم: نقد نظام‌مند یافته‌های منتخب	الف)غربالگری اولیه	برای این مرحله دو معیار اصلی کیفیت و مرتبط بودن منابع در نظر گرفته شده است.
	ب)غربالگری کلی	در این مرحله متن هر سند به کل روزنامه‌وار مورد مطالعه قرار گرفته است.
	ج)جست‌وجوی عمیق	در این مرحله با ترجمه و مطالعۀ دقیق و تحلیل و بررسی اسناد منتخب،کدگذاری صورت گرفته، سنتز و ساخت جدیدی شکل می‌گیرد.

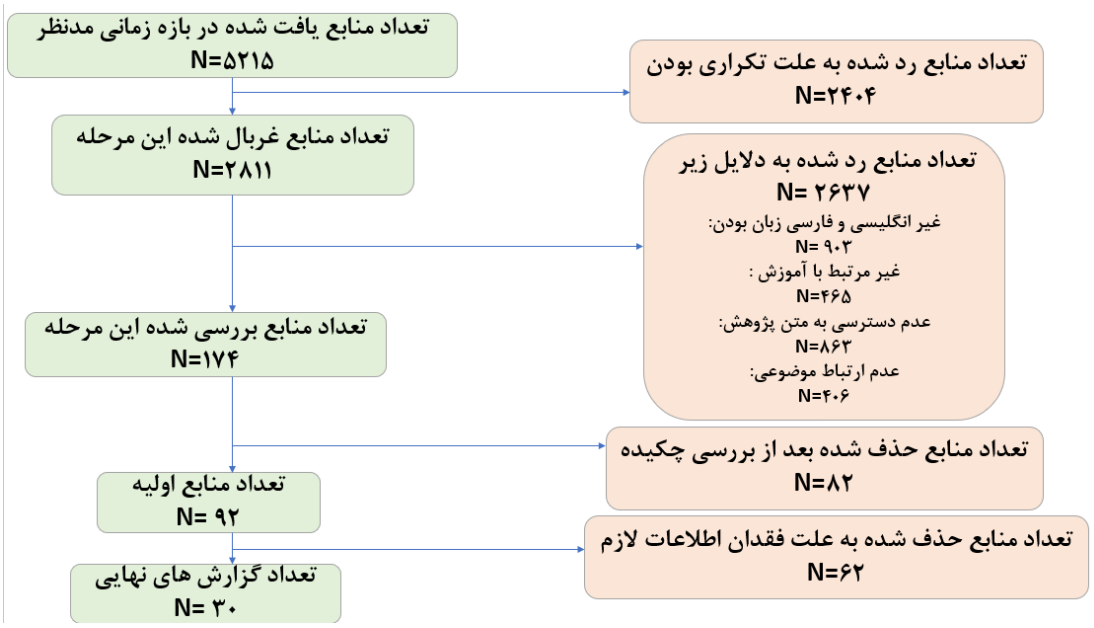
20. Google scholar
21. Science Direct
22. ProQuest
23. Eric
24. SID

شدند. همچنین با توجه به این‌که واژهٔ "STEAM" در برخی موارد به‌عنوان «بخار» ترجمه شده بود، تعداد قابل توجهی از مقالات به دلیل عدم ارتباط مفهومی کنار گذاشته شدند. در ادامه، چکیده ۱۷۴ منبع باقی‌مانده مورد بررسی دقیق قرار گرفت و ۸۲ منبع به دلیل عدم انطباق با موضوع پژوهش حذف شدند. در مرحلهٔ نهایی، ۹۲ منبع منتخب با استفاده از چک‌لیست ارزیابی کیفی CASP[25] نسخهٔ مطالعات کیفی، از نظر اعتبار، انسجام روش‌شناسی، و ارزش کاربردی مورد ارزیابی قرار گرفتند. تنها منابعی که معیارهای کیفی لازم را کسب کردند، وارد مرحلهٔ تحلیل شدند. این ابزار شامل یک چک‌لیست استاندارد ده‌سؤالی است که به‌منظور ارزیابی نظام‌مند کیفیت مطالعات کیفی طراحی شده است. در این مرحله، هر منبع بر اساس معیارهایی همچون وضوح هدف پژوهش و تناسب آن با موضوع، انتخاب مناسب روش کیفی، طراحی پژوهش منطبق با سؤال تحقیق، شیوهٔ نمونه‌گیری و نحوهٔ انتخاب مشارکت‌کنندگان، روش گردآوری داده‌ها و دقت در اجرا، تحلیل داده‌ها با رویکردی منسجم و قابل پیگیری، بررسی رابطهٔ پژوهشگر با مشارکت‌کنندگان و کنترل سوگیری، رعایت ملاحظات اخلاقی در فرایند پژوهش، شفافیت در ارائهٔ یافته‌ها و پشتیبانی آن‌ها با داده‌ها، و میزان کاربردپذیری و انتقال‌پذیری نتایج در زمینهٔ آموزش و یادگیری مورد ارزیابی قرار گرفت. پاسخ‌ها به صورت «بله»، «خیر» یا «نامشخص» ثبت شد و تنها منابعی که در بیش از نیمی از این معیارها امتیاز مثبت کسب کردند، به‌عنوان منابع با کیفیت قابل قبول، وارد مرحلهٔ تحلیل شدند. این فرایند به پژوهشگر کمک کرد تا از ورود منابع ضعیف، نامرتبط یا فاقد انسجام علمی جلوگیری شود و اعتبار سنتزپژوهی حفظ گردد. در نهایت، ۳۰ منبع علمی به‌عنوان منابع نهایی در سنتزپژوهی انتخاب و مورد استفاده قرار گرفتند. شرح مراحل غربالگری در شکل۱ موجود است.

جدول۲. واژگان مورد بررسی.
Table 2. Terms Examined.

واژگان کلیدی جست و جوشده	معادل فارسی
The role of teacher	نقش معلم
Integrated training	آموزش تلفیقی
STEAM curriculum	آموزش استیم
Teacher learning strategies	راهبردهای یاددهی-یادگیری
STEAM activities	فعالیت های استیم

25. CASP (Critical Appraisal Skills Programme)



شکل۱. شرح مراحل غربالگری.

Figure 1. Stages of the Screening Process.

با مطالعهٔ منابع منتخب، داده‌های کیفی منطبق با روش کدگذاری نظام‌مند نظریهٔ داده اشتراوس و کوربین[۲۶] (۱۳۹۰) بررسی می‌شوند. بررسی و مفهوم‌سازی جدید طی فرایند کدگذاری سه مرحله‌ای صورت می‌گیرد. داده‌ها پس از گردآوری خرد شده و پس از مفهوم‌سازی با روشی جدید بازتعریف می‌شوند. این مراحل با کدگذاری باز[۲۷]، کدگذاری محوری[۲۸] و در نهایت کدگذاری انتخابی[۲۹] ادامه می‌یابد. در مرحلهٔ کدگذاری باز، داده‌های حاصل از پژوهش‌های منتخب، در ارتباط با سؤال‌های پژوهش جمع‌آوری شده و مورد ارزیابی و مقایسه قرار می‌گیرد تا مفاهیم مورد نظر، ویژگی و ابعاد آن‌ها از درون فاکتورهای خرد شده استخراج شود. سپس کدهای باز نسبت به شباهت‌ها و تفاوت‌هایشان مورد ارزیابی قرار گرفته، به زیرمؤلفه‌های دیگر دسته‌بندی شدند. هدف از کدگذاری محوری یافتن نقطهٔ مشترک بین داده‌های خرد شده در راستای ایجاد یک پیوند جدید بین آن‌هاست. در این مرحله پژوهشگر یک مقوله از کدگذاری باز را محور قرار داده و سپس سایر مقوله‌های مرتبط را با آن پیوند داده است. بخش اصلی سنتز مربوط به مرحلهٔ کدگذاری انتخابی است که طی آن پالایش مؤلفه‌های مرحلهٔ قبل صورت گرفته است. یکپارچه‌سازی با در نظر گرفتن یک مقولهٔ مرکزی و تبیین سایر عناصر حول آن صورت گرفته است. کدگذاری انتخابی طی چند مرحله صورت می‌پذیرد و تا انتهای کار پژوهشی بهبود خواهد یافت. خروجی این فرایند در کنار شفاف شدن مراحل غربالگری و تدقیق منابع مورد استفاده، احصای کدهای گزینشی مرتبط با شایستگی‌های مورد نیاز معلمان در حوزهٔ استیم خواهد بود. با مطالعهٔ منابع منتخب، داده‌های کیفی به دست آمده از طریق فرایند کدگذاری اشتراوس و کوربین (۱۳۹۰) بررسی شد. این مراحل با کدگذاری باز، کدگذاری محوری و در نهایت، کدگذاری انتخابی تکمیل شد. تمام مراحل توسط پژوهشگر زیر نظر اساتید

26. Strauss & Corbin
27. Open coding
28. Axial coding
29. Selective coding

راهنما و مشاور و با ابزار چک‌لیست و در نرم‌افزار مکس کیودا صورت گرفته است و به منظور روایی بیرونی از نظرات دو خبرهٔ دانشگاهی و دو معلم باتجربه بهره برده شد و مواردی جزئی طبق نظرات ایشان اصلاح گردید.

چهار ملاکی که وارد[۳۰] (۱۹۸۳) برای معتبر بودن دانش حاصل از مرور سیستماتیک مطرح می‌کند بدین شرح است:

- توجه به متغیرها و تعامل آن‌ها (شمول[۳۱])
- بهره‌گیری از اصطلاحات روشن و صریح (شفافیت[۳۲])
- راهنمای عمل (ضمانت اجرایی[۳۳])
- قابل قبول بودن برای پژوهشگران (اجماع[۳۴]) (وارد، ۱۹۸۳ به نقل از وارش[۳۵]، ۱۳۸۷)

در پژوهش حاضر برای رعایت اصل شمول، اسناد متعدد برگرفته از منابع معتبر الکترونیکی با موضوع برنامهٔ درسی استیم مورد مطالعه قرار گرفت و بر اساس معیارهای مشخص، غربالگری صورت پذیرفته است. برای رعایت شفافیت وپرهیز از دوپهلو بودن کلمات، از کتاب‌ها ومنابع معتبر برنامهٔ درسی در کنار مشورت با متخصصین حوزهٔ برنامهٔ درسی استفاده شده است. از بعد راهنمای عمل و کاربردی بودن نتایج می‌توان به این موضوع اشاره کرد که سنتز به دست آمده با موضوع اهداف و نقش معلمان و راهبردهای یاددهی-یادگیری در استیم برای معلمان علاقه‌مند به تلفیق، قابل استفاده و عملی است. برای رسیدن به اجماع پژوهشگران نیز از نظرات دو متخصص حوزهٔ برنامهٔ درسی و دو معلم بهره برده شد.

برای روایی پژوهش حاصل از روش سنتز پژوهشگر در مرحلهٔ انتخاب اسناد و غربالگری‌های پس از آن، ملاک‌های مرتبط بودن و باکیفیت بودن در نظر گرفته شد تا مطالب قابل استناد باشد.

گزارش یافته‌ها

در این بخش برای دستیابی به یافته‌های پژوهش، در سه مرحله کدگذاری انجام شده است. در پژوهش حاضر ۳۰ سند علمی مورد بررسی قرار گرفته است که ۳ سند، رسالهٔ دکترا و ۲۷ سند، مقاله است. در جدول ۲ مشخصات اسناد علمی آورده شده است.

سؤال پژوهش: فرایند یاددهی-یادگیری در برنامهٔ درسی استیم چگونه است؟

در جدول ۳ مشخصات اسناد مورد بررسی در کنار مضامین استخراج شده از فرایند کدگذاری باز آورده شده است.

جدول ۳. اسناد و کدگذاری باز.

Table 3. Documents and Open Coding.

عنوان	نوع سند	مضامین

30. Ward
31. Inclusiveness
32. Unequivocalness
33. Practicality
34. Consensus
35. warsh

تکامل یک برنامهٔ آموزش معلمان استیم، چوی و همکاران، ۲۰۲۴	مقاله	فعالیت‌های بین رشته‌ای، ارتباط با طبیعت، فعالیت‌های مشارکتی، فعالیت‌های عملی و حسی و فعالیت‌های اکتشافی، میان‌رشته‌ای و بازی، ادغام حوزه‌های موضوعی
چارچوب ارزیابی برای فرایندهای استیم، آشر[۳۶] و همکاران، ۲۰۲۳	رساله دانشگاه بیرمنگام	استفاده از چاپگرهای سه بعدی، طراحی ساختارهای اوریگامی
ساخت و اجرای سیستم آموزشی استم برای مدارس ابتدایی و متوسطه، هو و گوئو[۳۷]، ۲۰۲۴	مقاله	واقعیت افزوده، ادغام فن‌آوری‌های همه‌جانبه در آموزش
استم در مقابل آموزش استیم و خلاقیت دانش‌آموز، آگیلرا[۳۸]،۲۰۲۱	مقاله	آموزش انتقادی مبتنی بر گفت‌وگو و همکاری
توسعهٔ خلاقیت از طریق آموزش استیم، سراج الدین و سوراتنو[۳۹]، ۲۰۲۱	مقاله	واقعیت مجازی، ایجاد فضای مشارکتی، تلفیق علوم با مسائل روزمره، تدریس ریاضی به کمک هنر و هندسه
بررسی تأثیر آموزش استیم برای دوره‌های توسعهٔ پایدار و تأثیر آن بر انگیزه و یادگیری دانش‌آموزان، هسیائو و سو[۴۰]، ۲۰۲۱	مقاله	یادگیری اکتشافی، واقعیت مجازی، طراحی یک بازی نقش‌آفرینی، بازی تعاملی
در طلوع آموزش علوم، فناوری، مهندسی، هنر و ریاضیات: چشم‌انداز، اولویت‌ها، فرایندها و مشکلات، بلباس[۴۱] و همکاران ، ۲۰۲۱	مقاله	استفاده از چاپگرهای سه بعدی، انجام آزمایش‌ها در آزمایشگاه‌های طبیعت، کدنویسی، لگوسازی، یادگیری مبتنی بر پروژه، یادگیری مبتنی بر اشیا از مسائل دنیای واقعی، ایجاد سناریوهای حل مسأله
یادگیری فعال واقعیت افزوده برای آموزش استیم، جسیونکووسکا[۴۲] و همکاران، ۲۰۲۰	مقاله	داستان‌نویسی، طراحی بازی، یادگیری نحوهٔ مدیریت تیم و تعامل با سایر دانش‌آموزان، کار با موتور شبیه‌سازی فیزیک، توسعهٔ بازی‌ها با استفاده از کدنویسی، توسعهٔ بازی-های مهارتی، ساخت یک برنامهٔ واقعیت افزوده، یاد گرفتن از طریق انجام دادن
آموزش استیم به عنوان معیاری برای آموزش نوآورانه معلمان آیندهٔ آموزش کار و فناوری، هلوخانیوک[۴۳]و همکاران،۲۰۲۰	مقاله	آزمایشگاه‌های رباتیک، کدنویسی، داستان‌سرایی، طراحی وخلق اشیا، ایجاد یک شیء دیجیتال، طراحی اثر هنری چندرسانه‌ای
بررسی باورهای معلمان ابتدایی، دانش‌آموزان و آمادگی برای آموزش استیم، کارتینی ویدودو[۴۴]، ۲۰۲۰	مقاله	استفاده از روش‌های تعاملی بین دانش‌آموزان و معلم

36. Ussher
37. Hu & Guo
38. Aguilera
39. Sirajudin & Suratno
40. Hsiao & Su
41. Belbase
42. Jesionkowska
43. Hlukhaniuk
44. Kartini & Vidodo

درگیر کردن دانش‌آموزان ابتدایی در آموزش استیم: تئاتر کودک-ربات، بارنس[۴۵]وهمکاران، ۲۰۲۰	مقاله	کدنویسی، تئاتر کودک-ربات، بارش فکری، فناوری بینایی کامپیوتر[۴۶]
تأثیر شیوه‌های نوآورانهٔ آموزش استیم بر رشد حرفه‌ای معلمان و رشد شایستگی کودکان ۳-۶ ساله، مونکویسینه[۴۷]و همکاران، ۲۰۲۰	مقاله	تقویت پیوند بین دانش‌آموز و دنیای طبیعی، آموزش انتقادی مبتنی بر گفت‌وگو و همکاری، استفاده از چاپگرهای سه‌بعدی، طراحی مدل‌های مکانیکی، آزمایشگاه‌های رباتیک، ارتقای بازخورد، گفت‌وگوهای اکتشافی، تحریک یادگیری مبتنی بر پژوهش، تقویت تفکر محاسباتی با اسباب‌بازی‌های کدنویسی، کاوش در ساختار و عملکرد ابزارها
طراحی و اجرای استیم، کوییگلی[۴۸] و همکاران، ۲۰۲۰	مقاله	یاد گرفتن از طریق انجام دادن، تدریس با کمک هنرهای تجسمی، طراحی دیجیتالی، ارائهٔ تکلیف در قالب یک رویداد واقعی، استفاده از ادوبی اسپارک[۴۹]، طراحی یک مسأله در دوره‌های ترمی (فصلی)، بارش فکری با ابزار گوگل داکس[۵۰]، حل مشکل از طریق پرس‌وجو یا استفاده از چندین رشته، تحریک یادگیری مبتنی بر پژوهش، ایجاد سناریوهای حل مسأله، پژوهش علمی، داستان‌نویسی
نیاز نظری برای استفاده از یادگیری معکوس در آموزش استیم، جانگ و هونگ[۵۱]، ۲۰۲۰	مقاله	ایجاد سناریوهای حل مسأله، ایجاد گروه‌های مشارکتی، یادگیری در سه سطح فردی، تیمی محدود وگروهی، استفادهٔ فعال از رسانه‌های مختلف برای ایجاد دانش همگرا، روش یادگیری معکوس
استیم به عنوان نقطه عطفی برای آموزش‌های نوآورانهٔ معلمان آینده، سولوی[۵۲]و همکاران، ۲۰۲۰	مقاله	ساخت نمونهٔ اولیهٔ اشیای واقعی، روش یادگیری معکوس، تلفیق دروس به شکل دوتایی و مشترک
مروری بر تأثیر آموزش تلفیقی استیم در کره جنوبی، کانگ[۵۳]، ۲۰۱۹	مقاله	استفاده از برنامه‌های کاربردی تلفن هوشمند، افزودن محتوای تکمیلی محتوای علمی برای تلفیق کردن، ایجاد گروه‌های مشارکتی، آزمایشگاه‌های رباتیک، ایجاد سناریوهای حل مسأله
ساخت مدل برنامهٔ درسی استیم و طراحی موردی در مهدکودک، منگ منگ[۵۴]و همکاران، ۲۰۱۹	مقاله	اشتراک‌گذاری تعاملی، استفاده از وسایل دیداری، اکتشاف عملی، هوش مصنوعی، طراحی گروهی و تفکر جمعی، بارش فکری، یادگیری مبتنی بر مسأله و پروژه

45. Barnes
46. Computer Vision
47. MonkevicieneO
48. Quigley
49. Adobe Spark
50. Google Docs
51. Jung & Hong
52. Solovei
53. Kang
54. Mengmeng

تأثیر فعالیت‌های استم بر هویت مهندسی دانش‌آموزان پایهٔ سوم تا پنجم، اشمیت و روژوسکی[55]، ۲۰۱۸	مقاله	یادگیری مبتنی بر پروژه
تأثیر فعالیت‌های استیم بر نگرش‌ها، خلاقیت علمی و باورهای انگیزشی دانش‌آموزان و دیدگاه‌های آن‌ها در مورد آموزش استیم، اوگراس[56]، ۲۰۱۸	مقاله	ساخت مصنوعات و استفاده از پدیده‌های فیزیک، توجه به ارتباطات در حوزه‌های مختلف، حفظ تمرکز بر یادگیری دانش‌آموز محور، تحریک کنجکاوی دانش‌آموزان در مورد پدیده‌های طبیعی، کار گروهی، گنجاندن رشته‌های هنر و علوم انسانی در یک فعالیت، گردآوری مفاهیم نامرتبط برای ایجاد یک ایده/راه حل، ایجاد ارتباط بین مشکل پیشنهادی و وضعیت مرتبط، رویکرد به مسأله از دیدگاه‌های مختلف برای یافتن راه حل، درخواست کمک از افراد دیگر (همکلاسی‌ها یا معلمان) برای کمک به حل یک مسأله و تلاش برای فکر کردن/تصور چندین راه حل برای حل یک مسأله
تفکر طراحی در یادگیری تلفیقی استیم، کوک و بوش[57]، ۲۰۱۸	مقاله	استفاده از چاپگرهای سه بعدی، یادگیری مبتنی بر پروژه، تفکر طراحی، طراحی گروهی وتفکر جمعی، طراحی مهندسی (ایده‌پردازی، طراحی اولیه، تست)، طراحی مسائلی که یک راه حل واحد ندارند
تجزیه و تحلیل ادراک معلمان مدارس ابتدایی از آموزش استیم متمرکز بر ریاضیات در کره، کیونگ[58] و همکاران، ۲۰۱۸	مقاله	یادگیری تلفیقی از طریق فرایندهای شناختی فعال، هوش مصنوعی، یادگیری ریاضیات مبتنی بر سازنده‌گرایی، تعامل در گروه‌های ناهمگن، استفاده از ابزارها به صورت تعاملی، یادگیری تلفیقی از طریق فرایندهای شناختی فعال
خلاقیت دبیرستان، تمرین معلم و آموزش استیم: یک مطالعهٔ بین المللی، هریس و لئون[59]، ۲۰۱۷	مقاله	ایجاد سناریوهای حل مسأله، آموزش ساختارهای علمی از طریق هنر و موسیقی، تدریس بداهه و در لحظه، عمل‌گرایی در کتاب علوم ابتدایی
درک و عملکرد معلمان از آموزش استیم در کره جنوبی، پارک[60] و همکاران، ۲۰۱۶	مقاله	ایجاد ارتباط محتوا با تجارب یادگیری افراد، آموزش انتقادی مبتنی بر گفت‌وگو و همکاری، طراحی خلاقانه، ارتباط عاطفی
تجزیه و تحلیل ویژگی‌های مدارس استم، التز[61]، ۲۰۱۶	رساله دانشگاه ایندیانا	یادگیری مبتنی بر پروژه، ایجاد ارتباط بین محتوای برنامهٔ درسی و کاربرد عملی
تجزیه و تحلیل آموزش معلم استیم در کره، جو[62] و همکاران، ۲۰۱۶	مقاله	ایجاد همدلی بین دانش‌آموزان، ایجاد رابطهٔ معنی‌دار بین مفاهیم درسی و زندگی روزمره

55. Schmitt & Rojewski
56. Ugras
57. Cook & Bush
58. Kyeong
59. Leon & Harris
60. Park
61. Eltz
62. Jho

توسعه، پیاده‌سازی و بهینه‌سازی برنامهٔ درسی استیم، هی کیم و کیم[۶۳]، ۲۰۱۶	مقاله	ایجاد فضای یادگیری خودگردان، اجرای تکلیف از طریق همکاری بین فراگیران، ارائهٔ بازخورد منظم، ایجاد همدلی بین دانش‌آموزان، حل مشکل از طریق پرس‌وجو یا استفاده از چندین رشته، اهمیت دادن به فعالیت‌های تجربی، القای یادگیری داوطلبانه با طرح سؤال، ایجاد فضای آموزشی باز، طراحی خلاقانه
روش استیم با تلفیق هنر و استم از طریق اوریگامی، کندی[۶۴]، ۲۰۱۶	مقاله	استفاده از چاپگرهای سه بعدی، مهندسی معکوس، طراحی ساختارهای اوریگامی، ایجاد فرصت برای ایده‌پردازی، ترغیب دانش‌آموزان به پرسشگری، استفاده از نقاط قوت دانش‌آموزان در جریان فعالیت‌ها، هدایت دانش‌آموزان به راه حل‌های متفاوت برای هر مسأله، سازماندهی دانش‌آموزان در گروه‌های مختلف
آموزش استیم چیست و چرا مهم است؟ وایت[۶۵]، ۲۰۱۴	مقاله	استفاده از فناوری‌های آموزشی، به‌کارگیری دانش و فرایندهای فناورانه در تجربیات دنیای واقعی
طراحی و اعتبارسنجی الگوی برنامهٔ درسی تلفیقی استم در دورهٔ ابتدایی، مریم رضایی، ۱۴۰۰	رساله دانشگاه شهید رجایی	روش پژوهش علمی، طراحی مهندسی، دست‌ورزی، کار گروهی، تعامل با فناوری، پداگوژی‌های تم‌محور، مسأله‌محور، پرژوهش‌محور و طراحی‌محور، ارتباط با دنیای واقعی
رویکردهای آموزش استیم: مرور نظام‌مند، پورشافعی و رستمی‌نژاد، ۱۴۰۰	مقاله	استفاده از رسانه‌های دیجیتال، آزمایشگاه‌های رباتیک، طراحی مهندسی (ایده‌پردازی، طراحی اولیه، تست)، پژوهش علمی، رویکرد مبتنی بر توالی، رویکرد مبتنی بر سازنده-گرایی، رویکرد عملی وساخت‌محور

در این بخش با بررسی ۹۷ کد باز به دست آمده و با طبقه‌بندی موضوعی آن‌ها کدهای محوری حاصل شدند. پژوهشگر با بررسی کدهای باز و شباهت و تفاوت‌های آن به ۵ دسته کد محوری دست یافت. در کدگذاری محوری دسته‌بندی با انتخاب مضامین انجام شده است و در هر بخش مقابل مضمون منتخب، کدهای باز مرتبط قرار گرفته است. راهبردهای یاددهی-یادگیری در ۵ محور راهبردهای علمی، راهبردهای آموزشی، وابسته به فناوری، شرایط محیط و مرتبط با مهندسی جای گرفت. در جدول ۴، مضامین به همراه تعدادی از کدهای باز مرتبط آورده شدند.

جدول۴. کدگذاری محوری و انتخابی.

Table 4. Axial and Selective Coding.

مضامین کدگذاری انتخابی	زیرمؤلفهٔ کدگذاری محوری	نمونهٔ زیرکدهای باز
راهبردهای تعاملی-اجتماعی	۱- فعالیت‌های همیاری و مشارکتی	کار گروهی
		تعامل در گروه‌های ناهمگن

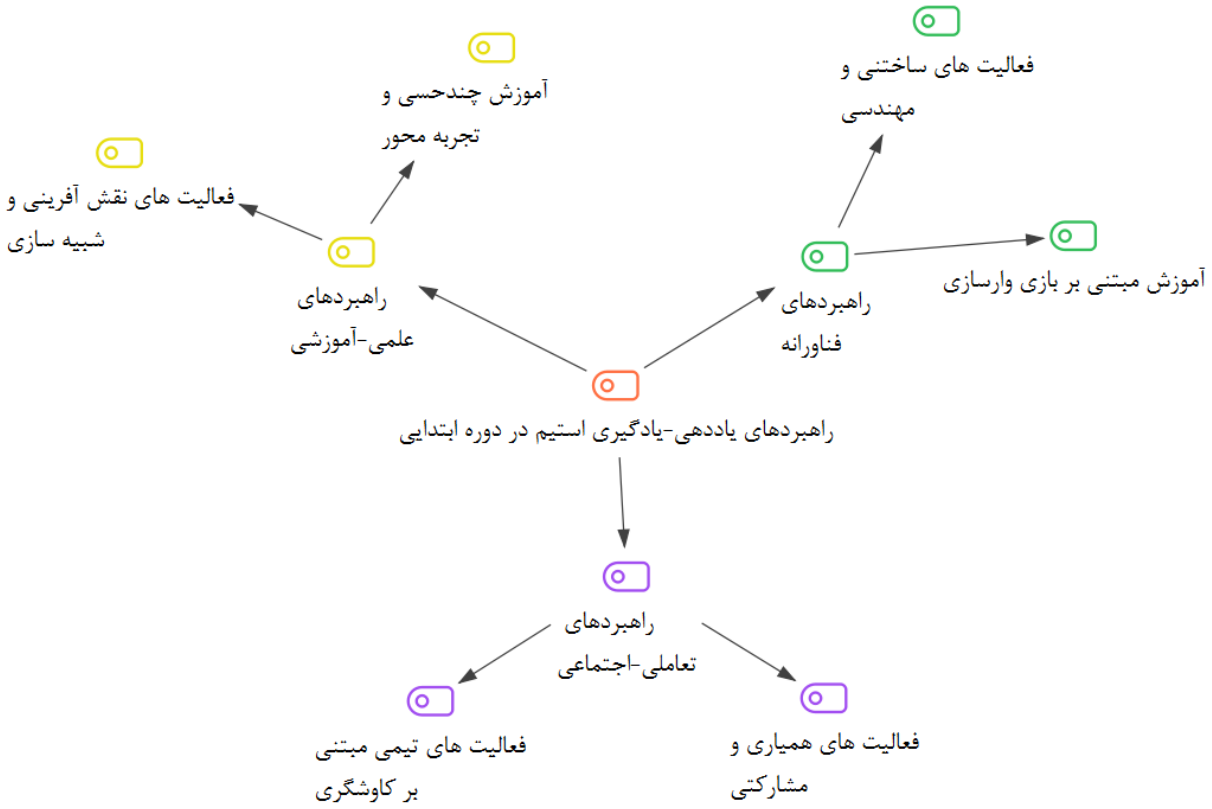
63. Hee Kim & Kim
64. Kennedy
65. White

			ایجاد همدلی بین دانش‌آموزان
			ذهن‌انگیزی
		۲-فعالیت‌های تیمی مبتنی بر کاوشگری	انجام آزمایش
			یادگیری اکتشافی
راهبردهای علمی-آموزشی		۱-فعالیت‌های نقش‌آفرینی و شبیه‌سازی	ارائه و نمایش
			تئاتر کودک-ربات
		۲-آموزش چندحسی و تجربه‌محور	طراحی سناریوهای حل مسأله
			تدریس با کمک هنرهای تجسمی
			مفهوم‌سازی انتزاعی
راهبردهای فناورانه		۱-فعالیت‌های ساختنی و مهندسی	طراحی مهندسی (ایده‌پردازی، طراحی اولیه، تست محصول)
			مهندسی معکوس
			طراحی اثر هنری چندرسانه‌ای
		۲-آموزش مبتنی بر بازی وارسازی	یادگیری سناریویی
			کدنویسی

پس از بررسی یک به یک مضامین استخراج شده در مرحلهٔ کدگذاری محوری و در نظر گرفتن شاخص‌هایی که دارای هم‌پوشانی بودند، ۳ مؤلفهٔ اصلی برای کدگذاری انتخابی به دست آمد. مؤلفهٔ راهبردهای تعاملی-اجتماعی که دو زیرمؤلفهٔ «فعالیت‌های همیاری و مشارکتی» و «فعالیت‌های کاوشگری» را شامل می‌شود، مؤلفهٔ راهبردهای علمی-آموزشی که دو زیرمؤلفهٔ «فعالیت‌های نقش‌آفرینی و شبیه‌سازی» و «آموزش چندحسی[66] و تجربه‌محور» را در بر دارد. آموزش چندحسی به فرایند یادگیری‌ای اشاره دارد که در آن از همزمانی چند حس (مانند بینایی، شنوایی، لامسه و بویایی) برای بهبود درک و یادگیری استفاده می‌شود. این روش به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا اطلاعات را بهتر درک کرده و به خاطر بسپارند. مؤلفهٔ سوم، راهبردهای فناورانه است که از دو زیرمؤلفهٔ «فعالیت‌های ساختنی و مهندسی» و «آموزش مبتنی بر بازی‌وارسازی» تشکیل شده است. برای هر زیرمؤلفه با تحلیل و بررسی مضامین مرحلهٔ قبل، زیرکدها انتخاب شده است. در مؤلفهٔ راهبردهای تعاملی-اجتماعی، زیرمؤلفهٔ «فعالیت‌های همیاری و مشارکتی» دارای ۴ زیرکد و زیرمؤلفهٔ «فعالیت‌های کاوشگری» دارای ۲ زیرکد است. در مؤلفهٔ راهبردهای علمی-آموزشی زیرمؤلفهٔ «فعالیت‌های نقش آفرینی وشبیه سازی» ۲ زیرکد و «آموزش چندحسی و تجربه‌محور» شامل ۳ زیرکد می‌شود. در راهبردهای فناورانه زیرمؤلفهٔ «فعالیت‌های ساختنی و

66. Multisensory Learning

مهندسی» شامل ۳ زیرکد است و برای «آموزش مبتنی بر بازی‌وارسازی» ۲ زیرکد شناسایی شده است. در شکل ۲، نمایهٔ خروجی مکس‌کیودا از راهبردهای یاددهی-یادگیری استیم آورده شده است.



شکل ۲. نمایهٔ راهبردهای یاددهی-یادگیری استیم در دورهٔ ابتدایی در مکس‌کیودا.

Figure 2. The Framework of STEAM Teaching–Learning Strategies in Primary Education in MaxQDA.

در این مطالعه، سه راهبرد اصلی در فرایند یاددهی-یادگیری در آموزش استیم با کلیات یافته‌ها مشخص شد که هر کدام از این راهبردها نقش مهمی در فرایند آموزش ایفا می‌کنند و دارای زیرمؤلفه‌های مشخص و کاربردی هستند. نخست، راهبردهای تعاملی-اجتماعی که شامل دو زیرمؤلفهٔ مهم است: «فعالیت‌های همیاری و مشارکتی» که بر همکاری، تبادل نظر و کار گروهی تأکید دارند و به تعمیق مهارت‌های اجتماعی و تیم‌سازی کمک می‌کنند و «فعالیت‌های کاوشگری» که بر تمرین و تجربهٔ عملی، پرسشگری، کنجکاوی و کشف مستقل و گروهی تمرکز دارند و باعث تقویت مهارت‌های حل مسأله و تفکر انتقادی می‌شوند. دوم، راهبردهای علمی-آموزشی قرار که شامل دو زیرمؤلفهٔ مهم است: «فعالیت‌های نقش‌آفرینی و شبیه‌سازی» که با بازی‌های فرضی و واقعی، مفاهیم علمی را ملموس و عملی می‌سازند و درک دانش‌آموزان را عمیق‌تر می‌کنند و «آموزش چندحسی و تجربه‌محور» که با درگیر کردن حواس مختلف دانش‌آموزان، یادگیری را غنی‌تر و ملندگارتر کرده، فهم مفاهیم علمی و فنی را تسهیل می‌نمایند. سوم، راهبردهای فناورانه که بر بهره‌گیری از فناوری‌های نوین تأکید دارد و شامل «فعالیت‌های ساختنی و مهندسی» است؛ جایی که دانش‌آموزان با طراحی و ساخت پروژه‌های فنی و مهندسی مهارت‌های عملی و فناوری محور را تقویت می‌کنند و «آموزش مبتنی بر بازی و وارسازی» که بهره‌گیری از

بازی‌های تعاملی و ساخت بازی‌های دیجیتال را برای افزایش انگیزه، جذابیت و هدف‌مندی فرایند یادگیری ترویج می‌کند. این سه راهبرد با همکاری و هماهنگی، محیطی غنی و متنوع را برای توسعهٔ مهارت‌ها و توانمندی‌های دانش‌آموزان در حوزهٔ استیم فراهم می‌آورند و نقش مؤثری در بهبود روش‌های آموزشی و ارتقای کیفیت یادگیری ایفا می‌کنند.

بحث و نتیجه‌گیری

آموزش استیم به عنوان یک رویکرد تلفیقی و میان‌رشته‌ای، در پاسخ به نیازهای آموزشی قرن بیست‌ویکم طراحی شده است؛ قرنی که با پیچیدگی‌های فزاینده، رشد فناوری، جهانی‌شدن و تغییرات بنیادین در بازار کار شناخته می‌شود. در چنین بستری، نظام‌های آموزشی ناگزیرند از الگوهای سنتی فاصله گرفته و به سمت آموزش‌هایی حرکت کنند که هم‌زمان مهارت‌های علمی، اجتماعی، فناورانه و خلاقانه را در دانش‌آموزان پرورش دهند (کانگ، ۲۰۱۹). یافته‌های این پژوهش نشان داد که راهبردهای یاددهی–یادگیری در آموزش تلفیقی استیم را می‌توان در سه مؤلفهٔ اصلی دسته‌بندی کرد: تعاملی–اجتماعی، علمی–آموزشی و فناورانه. این سه مؤلفه نه تنها بیانگر تنوع ابعاد یادگیری در استیم هستند، بلکه نشان‌دهندهٔ ضرورت طراحی محیط‌های یادگیری چندوجهی و پویا برای تحقق اهداف این رویکردند.

راهبردهای تعاملی-اجتماعی، با تأکید بر فعالیت‌های گروهی، همیاری، تعامل در گروه‌های ناهمگن و ذهن‌انگیزی، نقش مهمی در توسعهٔ مهارت‌های ارتباطی، عاطفی و اجتماعی دانش‌آموزان ایفا می‌کنند. این راهبردها از سطح انتقال دانش فراتر رفته و به یادگیری مبتنی بر تجربه، مشارکت و همدلی منجر می‌شوند. پژوهش پارک و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که آموزش استیم زمانی مؤثرتر است که دانش‌آموزان در فعالیت‌های گروهی مشارکت فعال داشته باشند و از طریق تعامل با همسالان، به درک عمیق‌تری از مفاهیم علمی دست یابند. همچنین، کیم و همکاران (۲۰۱۹) تأکید می‌کنند که گروه‌های ناهمگن، با فراهم‌سازی فرصت‌های یادگیری متنوع، زمینه‌ساز رشد خلاقیت و حل مسأله در دانش‌آموزان هستند. این یافته‌ها با نظریهٔ یادگیری اجتماعی بندورا نیز هم‌راستا هستند که بر نقش تعامل و مدل‌سازی در فرایند یادگیری تأکید دارد.

راهبردهای علمی–آموزشی، بیشتر به نقش معلم و شیوه‌های اجرای برنامه درسی مربوط می‌شوند. فعالیت‌هایی مانند نقش‌آفرینی، شبیه‌سازی، تئاتر کودک–ربات و آموزش چندحسی، نشان‌دهندهٔ ضرورت عبور از روش‌های سنتی و حرکت به سوی تجربه‌محوری و درگیری حسی–ذهنی یادگیرندگان هستند. بارنس و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهش خود نشان دادند که استفاده از قالب‌های نمایشی در آموزش استیم، موجب درک بهتر مفاهیم فناوری، مهندسی و هنر می‌شود و دانش‌آموزان را درگیر فرایند یادگیری می‌سازد. این نوع آموزش با نظریهٔ یادگیری تجربی کلب[۶۷] نیز هم‌خوانی دارد که یادگیری را حاصل چرخهٔ تجربه، تأمل، مفهوم‌سازی و آزمون فعال

67. Kolb

می‌دلند. همچنین آموزش چندحسی با تحریک حواس مختلف، موجب تثبیت بهتر مفاهیم و افزایش ماندگاری یادگیری می‌شود (آگیرلا، ۲۰۲۱).

راهبردهای فناورانه، به عنوان نقطه عطف آموزش استیم، شامل فعالیت‌های ساختنی و مهندسی، بازی‌وارسازی، کدنویسی، چاپ سه‌بعدی، واقعیت مجازی و فناوری بینایی کامپیوتر هستند. این راهبردها نه‌تنها انگیزه و مشارکت دانش‌آموزان را افزایش می‌دهند، بلکه آن‌ها را از مصرف‌کننده به تولیدکنندهٔ فناوری تبدیل می‌کنند. جسیونووسکا و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که استفاده از بازی‌های دیجیتال و سناریوهای تعاملی، موجب افزایش انگیزه یادگیری در زمینه‌هایی چون کدنویسی، طراحی بازی و داستان‌نویسی می‌شود. مونکویسینه و همکاران (۲۰۲۰) نیز استفاده از اسباب‌بازی‌های برنامه‌نویسی را در توسعهٔ تفکر محاسباتی مؤثر دانسته‌اند. این یافته‌ها با نظریهٔ سازنده‌گرایی نیز هم‌راستا هستند که بر ساخت دانش از طریق تجربه‌های واقعی و فعالیت‌های عملی تأکید دارد.

تحلیل مضامین نشان می‌دهد که تحقق آموزش تلفیقی استیم در دورهٔ ابتدایی، نیازمند معلمانی است که بتوانند این راهبردها را به‌صورت تلفیقی، هدفمند و خلاقانه در کلاس درس اجرا کنند. تربیت معلم در این حوزه باید فراتر از انتقال دانش نظری باشد و بر توسعهٔ مهارت‌های طراحی آموزشی، استفاده از فناوری، و مدیریت یادگیری مشارکتی تأکید کند. چوی و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهش خود بر اهمیت دوره‌های تابستانی توسعهٔ حرفه‌ای برای معلمان تأکید کرده‌اند که با مشارکت دادن آن‌ها در نیازسنجی، هدف‌گذاری و برنامه‌ریزی، موجب ارتقای توانمندی‌های آنان در آموزش استیم می‌شود. همچنین سیلوا (۲۰۲۲) نشان داد که شرکت در دوره‌های عملی آموزش استیم، موجب افزایش خودکارآمدی معلمان در طراحی فعالیت‌های آموزشی می‌شود.

در نهایت، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهند که آموزش استیم، با بهره‌گیری از راهبردهای تعاملی، علمی و فناورانه، می‌تواند بستری مناسب برای توسعهٔ مهارت‌های چندبعدی، خلاقیت، تفکر انتقادی و حل مسأله در دانش‌آموزان فراهم آورد؛ اما تحقق این اهداف، منوط به بازنگری در ساختار تربیت معلم، به‌روزرسانی زیرساخت‌های فناورانهٔ مدارس، و طراحی برنامه‌های درسی مبتنی بر تلفیق و تجربه‌محوری است.

با توجه به تحلیل سه‌گانهٔ راهبردهای یاددهی-یادگیری آموزش تلفیقی استیم، پیشنهادهای زیر برای ارتقای کیفیت آموزش در دورهٔ ابتدایی ارائه می‌شود. این پیشنهادها نه تنها بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، بلکه با استناد به مطالعات معتبر بین‌المللی و داخلی تنظیم شده‌اند تا زمینه‌ساز تحول در برنامه‌ریزی درسی، تربیت معلم و زیرساخت‌های آموزشی باشند.

بازنگری در تربیت معلم: تلفیق مفاهیم استیم در برنامهٔ درسی دانشگاه فرهنگیان و تقویت مهارت‌های طراحی آموزشی، فناوری‌محور و تعاملی برای معلمان آینده ضروری است .

برگزاری دوره‌های ضمن خدمت فناورانه: دوره‌های کوتاه‌مدت برای آموزش ابزارهای نوین مانند کدنویسی، بازی‌وارسازی و واقعیت مجازی موجب ارتقای توانمندی تدریس فناورانه معلمان می‌شود.

تلفیق راهبردهای تعاملی در برنامهٔ درسی: گنجاندن فعالیت‌های گروهی، همیاری و یادگیری مشارکتی در ساختار رسمی برنامه‌های درسی، مهارت‌های اجتماعی و تفکر انتقادی دانش‌آموزان را تقویت می‌کند.

توجه‌به بعد مهارتی معلمان: در کنار دانش نظری، مهارت‌های عملی و خلاقانه معلمان برای اجرای مؤثر آموزش استیم باید در فرایند تربیت و ارزیابی مورد توجه قرار گیرد.

به‌روزرسانی زیرساخت‌های فناورانهٔ مدارس: تجهیز مدارس ابتدایی به ابزارهای نوین مانند چاپگر سه‌بعدی و نرم‌افزارهای آموزشی، بستر اجرای آموزش تلفیقی استیم را فراهم می‌سازد.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول مسئول ایده‌پردازی اولیه پژوهش، جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل و تفسیر نتایج و نگارش نسخه اولیه مقاله بوده است. نویسنده دوم (استاد راهنما) در هدایت علمی پژوهش، طراحی چارچوب تحقیق، نظارت بر روند انجام مطالعه و بازبینی و اصلاح محتوای علمی مقاله مشارکت داشته است. نویسنده سوم (استاد مشاور) در ارائه مشاوره‌های علمی، بهبود روش‌شناسی پژوهش و بازبینی و اصلاح مقاله نقش داشته است. تمامی نویسندگان نسخه نهایی مقاله را مطالعه و تأیید کرده‌اند.

تشکر و قدردانی (اختیاری)

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از تمامی افرادی که در انجام این پژوهش یاری‌رسان بوده‌اند صمیمانه قدردانی نمایند. بدین وسیله از استادان ارجمند و راهنمایان گرامی که با راهنمایی‌های ارزشمند، نقدهای سازنده و حمایت‌های علمی خود مسیر انجام این پژوهش را هموار ساختند، تشکر و سپاسگزاری می‌شود.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

منابع

احمدی، پروین. (۱۴۰۴). *برنامهٔ درسی تلفیقی، نظریه و عمل*. تهران: دانشگاه الزهرا.

احمدی، پروین. (۱۳۹۰). *طراحی و سازماندهی محتوای برنامه درسی، رویکرد بین رشته ای در برنامه درسی تلفیقی*. تهران: آییژ.

اشتراوس، انسلم و کوربین، جولیت. (۱۳۹۰). *اصول روش تحقیق کیفی نظریه مبنایی: رویه ها و شیوه ها*، ترجمهٔ بیوک محمدی، تهران: پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی.

پورشافعی، هادی و رستمی‌نژاد، محمدعلی. (۱۴۰۰). رویکردهای آموزش استیم: مرور نظام مند. *آموزش پژوهی*، ۷(۲۶) ، ۱۵-۱.

رضایی، مریم. (۱۴۰۰). *طراحی و اعتبارسنجی الگوی برنامه درسی تلفیقی استم در دوره ابتدایی*. [پایان‌نامهٔ دکترای منتشر نشده]. دانشگاه شهیدرجایی.

Aguilera, D., & Ortiz-Revilla, J. (2021). STEM vs. STEAM education and student creativity*:* A systematic literature review. *Education Scienc*es, *11*(7), 331.

Akran, S. K., & Asiroglu, S. (2018). Perceptions of teachers towards STEM education and the constructivist education approach: Is the constructivist education approach preparatory to STEM education? *Universal Journal of Educational Research*, *6*(10), 2175–2186.

Barnes, J., FakhrHosseini, S. M., Vasey, E., Park, C. H., & Jeon, M. (2020). Child-robot theater: Engaging elementary students in informal STEAM education using robots. *IEEE Pervasive Computing*, *19*(1), 22-31.

Belbase, S., Mainali, B. R., Kasemsukpipat, W., Tairab, H., Gochoo, M., & Jarrah, A. (2021). At the dawn of science, technology, engineering, arts, and mathematics (STEAM) education: Prospects, priorities, processes, and problems. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 1-37.

Chalmers, I., Hedges, L. V., & Cooper, H. (2002). A brief history of research synthesis. Evaluation & the Health Professions, 25(1), 12–37.

Choi, J., Grossman, S., King, K. B., Jackson, J. R., Kessler, T. C., Alemdar, M., & Usselman, M. (2024). Evolution of a STEAM teacher training program. *Journal of STEM Outreach*, *7*(1), 1-15.

Cook, K. L., & Bush, S. B. (2018). Design thinking in integrated STEAM learning: Surveying the landscape and exploring exemplars in elementary grades. *School Science and Mathematics, 118*(3-4), 93-103.

Eltz, J. (2016). *Analyzing the attributes of Indiana's STEM schools* [Doctoral dissertation], Indiana State University.

Farwati, R., Metafisika, K., Sari, I., Sitinjak, D. S., Solikha, D. F., & Solfarina, S. (2021). STEM education implementation in Indonesia: a scoping review. *International Journal of STEM Education for Sustainability, 1*(1), 11-32 .

Fathoni, A., Muslim, S., Ismayati, E., Rijanto, T., & Nurlaela, L. (2020). STEM: Innovation in vocational learning. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, *17*(1), 33–42.

Gül, K. S., & Taşar, M. F. (2020). A review of researches on STEM in preservice teacher education. *Ilkogretim Online, 19*(2), 515-539 .

Harris, A., & De Bruin, L. R. (2018). Secondary school creativity, teacher practice and STEAM education: An international study. *Journal of Educational Change, 19*(2), 153-179.

hee Kim, B., & Kim, J. (2016). Development and validation of evaluation indicators for teaching competency in STEAM education in Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(7), 1909-1924.

Hlukhaniuk, V., Solovei, V., Tsvilyk, S., & Shymkova, I. (2020, May). STEAM education as a benchmark for innovative training of future teachers of labour training and technology. In Society, Integration. Education. *Proceedings of the International Scientific Conference*, *1*, 211-221.

Hsiao, P. W., & Su, C. H. (2021). A study on the impact of STEAM education for sustainable development courses and its effects on student motivation and learning. *Sustainability*, 13(7), 3772.

Hu, W., & Guo, X. (2024). Construction and practice of STEM education system for primary and secondary schools. In I. U, Wardani & Hastowohadi, *Disciplinary and interdisciplinary education in STEM* (pp. 81–101). Springer.

Huang, B., Jong, M. S.-Y., Tu, Y.-F., Hwang, G.-J., Chai, C. S., & Jiang, M. Y. C. (2022). Trends and exemplary practices of STEM teacher professional development programs in K–12 contexts: A systematic review of empirical studies. *Computers & Education*, *189*, 104577.

Jesionkowska, J., Wild, F., & Deval, Y. (2020). Active learning augmented reality for STEAM education—A case study. *Education Sciences*, 10(8), 198.

Jho, H., Hong, O., & Song, J. (2016). An analysis of STEM/STEAM teacher education in Korea with a case study of two schools from a community of practice perspective. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education,* 12(7), 1843-1862.

Jung, Y. K., & Hong, H. (2020). A theoretical need for applying flipped learning to STEAM education. *Journal of Problem-Based Learning*, *7*(1), 42–49.

Kang, N. H. (2019). A review of the effect of integrated STEM or STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) education in South Korea. *Asia-Pacific Science Education*, 5(1), 1-22.

Kartini, D., & Widodo, A. (2020). Exploring elementary teachers' and students' beliefs and readiness toward STEAM education. *Mimbar Sekolah Dasar*, *7*(1), 58–69.

Kennedy, J., Lee, E., & Fontecchio, A. (2016, October). STEAM approach by integrating the arts and STEM through origami in K-12. *In 2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-5). IEEE.

Khine, M., & Areepattamannil, S. (2019*). STEAM education.* Springer.

Kim, B. H., & Kim, J. (2016). Development and validation of evaluation indicators for teaching competency in STEAM education in Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 12*(7), 1909–1924.

Li, Q., Guan, X., Wu, P., Wang, X., Zhou, L., Tong, Y., ... & Feng, Z. (2020). Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus–infected pneumonia. *New England Journal of Medicine*, *382*(13), 1199-1207.

Liao, C., Motter, J. L., & Patton, R. M. (2016). Tech-savvy girls: Learning 21st-century skills through STEAM digital artmaking. *Art Education, 69*(4), 29-35.

Mengmeng, Z., Xiantong, Y., & Xinghua, W. (2019). Construction of STEAM curriculum model and Case Design in kindergarten. *American Journal of Educational Research*, 7(7), 485-490.

Monkeviciene, O., Autukeviciene, B., Kaminskiene, L., & Monkevicius, J. (2020). Impact of innovative STEAM education practices on teacher professional development and 3-6 year old children's competence development. *Journal of Social Studies Education Research*, 11(4), 1-27

Park, H., Byun, S. Y., Sim, J., Han, H. S., & Baek, Y. S. (2016). Teachers' perceptions and practices of STEAM education in South Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *12*(7), 1739-1753.

Quigley, C. F., Herro, D., King, E., & Plank, H. (2020). STEAM designed and enacted: Understanding the process of design and implementation of STEAM curriculum in an elementary school. *Journal of Science Education and Technology*, *29*(4), 499-518.

Schmitt, T. M., & Rojewski, J. W. (2016). *Influence of stem enrichment activities on 3rd-5th grade students' engineering identity* [Doctoral dissertation], University of Georgia.

Silva, M. J., Rodrigues, M., & Tempera, T. (2024). Framework for a research-based and interdisciplinary use of sensors in elementary teacher education. *Sensors*, *24*(17), 5482.

Sirajudin, N., & Suratno, J. (2021, March). Developing creativity through STEM education. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806(1), 012211).

Tekin, Ö. G., & Şan, İ. (2023). Teachers' basic knowledge level of STEM education. *African Educational Research Journal, 11*(4), 580-587.

Ugras, M. (2018). The effects of STEM activities on STEM attitudes, scientific creativity, and motivation beliefs of the students, and their views on STEM education. *International Online Journal of Educational Sciences, 10(5),* 165-182.

Ussher, S., Burns, K., Carter, C., Stint, C., & Veart, L. (2023). *An evaluation framework for STEAM processes: A methodology to assess the effect and effectiveness of STEAM activities developed by the STEAM INC project.* Birmingham City University.

Velychko, V. E., Kaydan, N. V., Fedorenko, O. G., & Kaydan, V. P. (2022, June). Training of practicing teachers for the application of STEM education. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2288, No. 1, p. 012033). IOP Publishing.

Yakman, G. (2008). STEAM education: an overview of creating a model of integrative education, in *Pupils' Attitudes Towards Technology (PATT-19) Conference: Research on Technology, Innovation, Design and Engineering Teaching* (Salt Lake City, UT).