



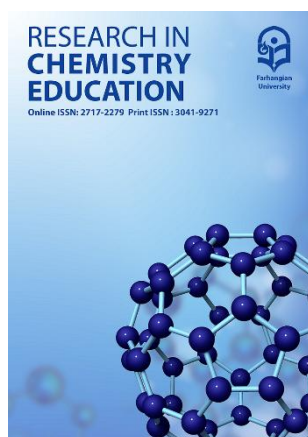


Investigating the influence of the STEM approach in elementary science textbooks

1. Fatemeh Amiri^{*} : Department of Physics Education, Farhangian University, P.O. Box 14665-889, Tehran, Iran
2. Mohammadreza Golsefatan : Master of Science in Socio-Economic Systems Engineering, Higher Institute of Management and Planning Education and Research
3. Fatemeh Mohammadpour : Department of Physics Education, Farhangian University, P.O. Box 14665-889, Tehran, Iran
4. Moslem Amiri Tayebi : Department of Educational Administration, Farhangian University, P.O. Box 14665-889, Tehran, Iran

*Corresponding Author's Email Address: z.akrami@cfu.ac.ir



Abstract:

Background and Objective: The STEM approach, as a new method, emphasizes the simultaneous teaching of science, technology, engineering, and mathematics. The most complete type of STEM, called integrated STEM, attempts to establish a framework in which students experience solving real-world problems using science, technology, engineering, and mathematics. The main manifestation of STEM in elementary school textbooks can be seen in science textbooks. Science is the only book that provides the conditions for the growth of students' scientific capabilities and can be a vehicle for implementing the STEM method.

Materials and Methods: Using the content analysis method, the present article studied all the headings of the science textbooks for the six elementary-level school grades. In this study, the extent of the influence of the STEM approach in the aforementioned books including nearly 900 course titles was examined. The extent to which science textbooks focus on the four STEM areas, as well as art and social studies, separately and as an integrated STEM is examined in this article. **Findings:** The results of this study show that although the complete and desirable form of integrated STEM has not been implemented in empirical science textbooks, the headings of empirical science textbooks do have a look at STEM fields, especially engineering. **Conclusion:** Although this look can be a bright spot at the outset, from the perspective of the integrated STEM approach, there is still a long way to go toward development and excellence.

Keywords: STEM Approach, integrated STEM curriculum, science textbook, content analysis.

How to Cite: Amiri, F., Golsefatan, M., Mohammadpour, F., & Amiri Tayebi, M. (2026). Investigating the Influence of the STEM Approach in Elementary Science Textbooks. *Research in Chemistry Education*, 8(1), 124-145.

DOI: [10.48310/chemedu.2025.17949.1294](https://doi.org/10.48310/chemedu.2025.17949.1294)



Extended Abstract

Introduction

Textbooks, as the most important educational resource in Iranian schools, particularly in the subject of Experimental Sciences, play a crucial role in achieving educational objectives. These textbooks should address all branches of experimental sciences including biology, physics, chemistry, and other related sciences in a balanced manner, aiding in the development of students' conceptual models. Experiential learning in Experimental Sciences can enhance comprehension and retention of material, making the presentation of content in these textbooks critically important. With advancements in technology, attention to the application of science has become essential, as the demand for engineers and managers with practical skills exceeds that of theoretical scientists. The STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) approach, as an innovative educational method, promotes challenging students to solve real-world problems and aids in teaching problem-solving and critical thinking skills. The history of the STEM, as an educational method, dates back to the origins of science, but it was formally introduced in 1990 by the National Science Foundation in the United States. Since then, this approach has garnered significant attention, with the number of related articles increasing more than thirtyfold from 2009 to 2022. Several researchers have examined the expansion of STEM, categorizing the challenges of teaching this approach into six areas: teacher-related issues, student-related issues, pedagogical challenges, curriculum challenges, structural challenges, and assessment issues. In recent years, considerable efforts have been made to implement STEM in school curricula. Designing curricula that align with STEM-based education has emerged as one of the main challenges addressed in the literature. Some researchers have developed tools for teachers to facilitate the implementation of STEM, and multiple activities have been designed to teach STEM concepts to students. Additionally, studies have been conducted in Iran to design educational content based on the STEM approach, emphasizing the role of teachers in the successful implementation of this method. Textbooks, especially the Experimental Science textbooks in elementary education, are vital in achieving educational goals and can significantly contribute to shaping students' thinking and conceptual models. However, many of these textbooks continue to emphasize theoretical content while neglecting practical and applied education, which can lead to a decline in learning quality. Given the technological advancements and the need for practical skills, innovative educational approaches such as STEM are essential. This research aims to examine the extent of the STEM-based approach's influence in Experimental Science textbooks and identify existing challenges and opportunities. The goal is to provide strategies for enhancing the curriculum with the STEM approach and improving the quality of education in schools. This research can support the development of educational content and enhance the teaching and learning process, serving as a foundation for increasing attention to engineering and mathematics disciplines in Iran.

The purpose of this study is to analyze the extent of integration of the STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) areas, along with integrated STEM, in the latest editions of elementary-level Experimental Science textbooks for grades one to six in Iran. This research will identify and evaluate the attention given to each of the four main components of STEM, as well as art as a fifth component (STEAM) and social sciences as a sixth component (STEMs) within the curriculum, examining the integration of these components.

Considering the importance of textbooks as the primary educational resource in schools and their key role in shaping students' thinking and conceptual models, this research seeks to provide the necessary data and analyses to enhance educational content and improve the quality of Experimental Science education in line with future educational policies. Furthermore, this

research could serve as a basis for researchers and curriculum developers to pay more attention to the STEM approach and improve the teaching and learning process in schools.

Therefore, the main question guiding this research is: Are the Experimental Science textbooks developed based on integrated STEM? To what extent is each of the various STEM fields considered in the Elementary Experimental Science textbooks?

Methodology

This research is applied in nature, aiming to develop the content of elementary-level Experimental Science textbooks to cultivate technologically adept students. The study seeks to identify and analyze the extent of the influence of the STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics, Art, and Social Sciences) approach in the educational content of Experimental Science textbooks. The statistical population of this research includes all versions of the Experimental Science textbooks for the year 1403 across all elementary-level grades (grades one to six). To gather information, a content analysis method has been employed. The units of study and analysis consist of the learning units and content present in the Experimental Science textbooks for grades one to six. In this research, the content of the elementary Experimental Science textbooks has been examined and analyzed based on the criteria of the STEM approach. The data obtained from the content analysis are presented in the form of tables and charts. This data includes the number of titles related to each of the STEM areas (Science, Technology, Engineering, Mathematics, Art, and Social Sciences) as well as an evaluation of the existence of an integrated STEM approach in the curriculum content. The results obtained from the content analysis are thoroughly examined, leading to a discussion regarding the extent of the influence of the STEM approach in the chapters of the Experimental Science textbooks and comparing it with the integrated STEM approach.

Results and Discussion

A total of 894 titles related to each of the STEM areas were listed, categorized by different subjects in the Experimental Science textbooks for grades one to six. Each of the mentioned titles encompasses one or more areas from the subjects of Science, Technology, Engineering, Mathematics, Art, and Social Sciences. Given that some topics in the textbooks simultaneously address two or more areas of Science, Technology, Engineering, Mathematics, Art, and Social Sciences, this study also extracted the number of instances that exclusively focus on one area. This approach helps us evaluate more accurately the extent to which each area is emphasized in the Experimental Science textbooks. Furthermore, the greater the number of combined instances compared to singular instances, the closer we will be to the concepts of integrated STEM. Table 1 illustrates the number of each of these areas that appear individually within a topic.

Table 1- The individual count of each area across the total of six textbooks.

Social Science	Art	Mathematics	Engineering	Technology	Science
19	4	0	42	7	547

The results indicate that the primary focus of the Experimental Science textbooks across the six grades is on the field of science. However, Engineering has not been overlooked by the textbook designers, with a significant number of course topics (42 titles) specifically targeting Engineering discussions. In contrast, Technology has received very little attention. According to the statistics presented in Table 1, Mathematics was not a focus for the curriculum developers. Additionally, the number of titles we identified as integrated STEM—representing the ultimate goal of the STEM approach—is only 11 across all six elementary science textbooks. This leads us to conclude that while Engineering enjoys a special status in the elementary-level Experimental Science textbooks, STEM as a cohesive whole has not been the objective of the designers. Notably, there were no instances of integrated STEM observed in grades three and four. Furthermore, based on this research, most Engineering topics mentioned in the Experimental Science textbooks lack substantial strength. Nonetheless, the focus on Engineering topics

in the Experimental Science textbook is commendable, as 158 titles address Engineering, with 42 titles exclusively dedicated to it. This can be considered a significant step towards the implementation of STEM in the curriculum. However, the strong emphasis of textbook designers on science indicates that STEM is not their goal, and the centrality of science remains unquestioned by them. The total number of course titles listed in the second three-year period shows a significant leap compared to the first three years. However, the ratio of each of the subjects—Science, Technology, Engineering, Mathematics, Art, Social Sciences, and integrated STEM—does not show a meaningful trend. Here, we will review the highest and lowest percentages of each of the mentioned areas: Science constitutes 63% of the titles in the first year, 61% in the second grade, 79% in the third grade, 80% in the fourth grade, 75% in the fifth grade, and 71% in the sixth grade. The lowest percentage of science was observed in the second grade, while the highest percentage was recorded for the fourth grade. Similarly, for Technology, the highest percentage was found in the first grade, while the lowest percentage belonged to the fifth grade. The differences in the discussed topics across various grades may relate to the scientific quality of the subjects. Although this point has not been examined, it seems evident to the authors of this paper. Nevertheless, a more detailed and scientific investigation could be one of the topics for future research in this area. The highest number of Engineering-related titles was observed in the second grade, while the lowest was in the fourth grade. Mathematics was not observed at all in the third and fourth grades, while it had the highest percentage in the second grade. Art had the highest percentage in the fifth grade and the lowest in the third grade. Attention to social or historical issues had the highest percentage in the first grade and the lowest (zero) in the fourth grade. Therefore, no specific trend can be observed in this regard, and it appears that the textbook developer lacked a coherent policy and planned objective in this area. Figure 1 presents a quantitative comparison of the number of each of the STEM areas listed in the titles of the science textbooks from grades one to six.

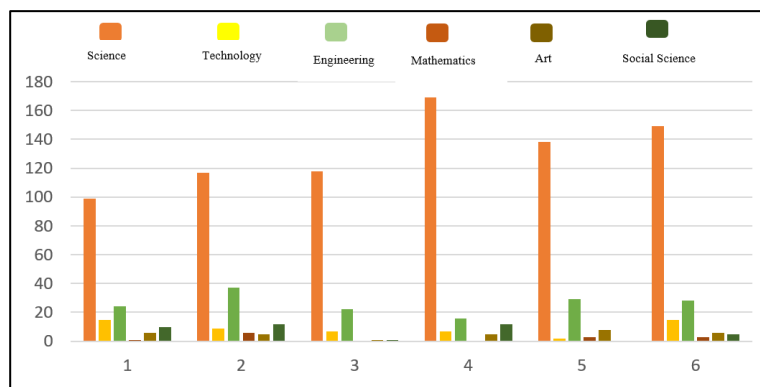


Figure 1- Quantitative Comparison of Titles in Different STEM Areas in the Experimental Science Textbooks for Grades One to Six.

Figure 1 shows that across all grades, the Experimental Science textbooks predominantly focus on the field of science, with Engineering following in importance. The presence of the Technology area in the first and sixth-grade science books is more pronounced compared to other grades. Additionally, Mathematics plays a more significant role in the second-grade science curriculum than in other grades. Although instances of integrated STEM were not found in large numbers within the science textbooks, we present here the cases where a topic or lesson title addresses three or more STEM areas (Science, Technology, Engineering, Mathematics, Art, and Social Sciences) as a manifestation (albeit sometimes faint) of integrated STEM. It is observed that a total of 27 titles simultaneously encompass at least three areas of STEM. This number, out of approximately 900 titles listed, is quite small (equivalent to 3%) and indicates that integrated teaching of STEM areas has not been considered in the Experimental Science textbooks for elementary education.

Conclusions

The study emphasizes the importance of teaching science in a way that fosters critical thinking, problem-solving, and informed decision-making skills essential for students' education and future careers. It analyzes the content of Experimental Science textbooks for grades one to six through the lens of the STEM approach. Key findings include:

- A total of 894 titles were identified in the textbooks, primarily focusing on science.
- Engineering is addressed in 42 titles, but technology is given considerably less attention, and mathematics is largely absent from the curriculum.
- Only 11 titles incorporate integrated STEM, indicating that textbook designers have not treated STEM as an interconnected framework, especially in grades three and four, where no integrated STEM titles were found.
- Despite an increase in the number of subjects over the years, the ratio of focus among topics remains static and lacks significance.
- There is a lack of coherent policy regarding social and historical content in the science textbooks.

The research advocates for better integration of STEM disciplines to enhance interdisciplinary thinking and suggests that educational planners and textbook authors should prioritize this aspect. While the current textbooks show a strong focus on science, the integration of STEM has not been a primary goal. The authors maintain a relatively optimistic view of the textbooks but conclude that they do not align with the intended framework of integrated STEM. The study serves as a foundation for future improvements in educational content and recommends further investigation into the scientific quality of topics and their impact on student learning, highlighting the need for both quantitative and qualitative analyses in future research.

بررسی میزان نفوذ رویکرد استم در کتاب‌های درسی علوم تجربی دوره ابتدایی

۱. فاطمه امیری^۱: گروه آموزش فیزیک، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵، تهران، ایران

۲. محمدرضا گل صفتان^۲: کارشناس ارشد مهندسی سیستم‌های اقتصادی-اجتماعی، موسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه ریزی

۳. فاطمه محمدپور^۳: گروه آموزش فیزیک، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵، تهران، ایران

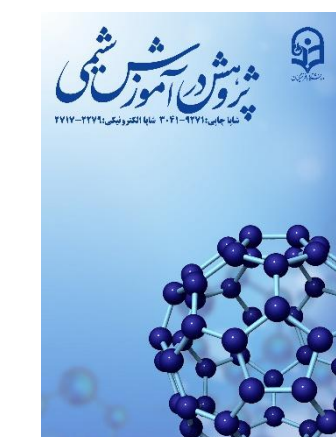
۴. مسلم امیری طیبی^۴: گروه مدیریت آموزشی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵، تهران، ایران

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: amiri@cfu.ac.ir

چکیده

پیشینه و اهداف: رویکرد استم، به عنوان یک شیوه نوین بر آموزش هم‌زمان علم، فن‌آوری، مهندسی و ریاضیات تاکید دارد. کامل‌ترین نوع استم که آن را استم یکپارچه نامیده‌اند، می‌کوشد چارچوبی برقرار کند که دانش‌آموزان حل مسائل جهان واقعی را با استفاده از علم، فناوری، مهندسی و ریاضیات تجربه کنند. اصلی‌ترین نمود استم در کتاب‌های درسی ابتدایی می‌تواند در کتاب علوم تجربی باشد. علوم تجربی تنها کتابی است که شرایط رشد توانمندی‌های علمی دانش‌آموزان را فراهم می‌کند و می‌تواند محملی برای پیاده‌سازی روش استم باشد. **روش‌ها:** مقاله حاضر با روش تحلیل محتوا، به مطالعه تمامی سرفصل‌های کتاب‌های علوم تجربی (نسخه ۱۴۰۳) شش پایه ابتدایی پرداخته است. در این پژوهش، با بر شماری نزدیک به ۹۰۰ عنوان درسی، میزان نفوذ رویکرد استم در کتاب‌های مذکور بررسی شده است. میزان توجه کتاب‌های علوم تجربی به حوزه‌های چهارگانه استم بعلاوه هنر و اجتماعی به صورت جداگانه و نیز به صورت استم یکپارچه در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است. **یافته‌ها:** نتایج این بررسی نشان می‌دهد که هرچند شکل کامل و مطلوب استم یکپارچه در کتاب‌های علوم تجربی پیاده‌سازی نشده است؛ با این وجود، سرفصل‌های کتاب‌های علوم تجربی؛ نگاهی به حوزه‌های استم، به ویژه حوزه مهندسی دارند. **نتیجه‌گیری:** این نگاه، هرچند می‌تواند نقطه روشنی برای ابتدای کار باشد، اما از نگاه رویکرد استم یکپارچه، هنوز راه زیادی برای توسعه و تعالی وجود دارد.

کلیدواژه‌گان: رویکرد استم، استم یکپارچه، استیمس، برنامه درسی، کتاب علوم-تجربی، تحلیل محتوا



نحوه استناددهی: امیری، فاطمه، گل صفتان، محمدرضا، محمدپور، فاطمه، و امیری طیبی، مسلم. (۱۴۰۵). بررسی میزان نفوذ رویکرد استم در کتاب‌های درسی علوم تجربی دوره ابتدایی. پژوهش در آموزش شیمی، ۸(۱)، ۱۴۵-۱۲۴.

DOI:

10.48310/chemedu.2025.17949.1294



مقدمه

کتاب درسی مهم‌ترین منبع آموزشی در مدارس ایران است و همواره جهت‌دهی و استقرار اهداف آموزشی در مدارس با محوریت کتاب درسی صورت گرفته است. علوم تجربی در میان کتب درسی پایه ابتدایی همواره جایگاه ویژه خود را داشته است و همان‌گونه که از نام آن پیداست، اهتمام این درس، بر آشنا کردن دانش‌آموزان با علوم تجربی است. این درس در کنار درس ریاضی، دو بال علمی کتب ابتدایی را تشکیل می‌دهند. در کنار این دو، کتاب‌های دینی و قرآن به آموزش مباحث دینی، کتاب فارسی به آموزش زبان مادری و کتاب هنر به آموزش هنر توجه دارند. کتاب علوم تجربی، باید بتواند همه شاخه‌های مربوط به علوم زیستی، فیزیک، شیمی، ستاره‌شناسی، زمین‌شناسی و دیگر علوم مرتبط را به شکل متوازی پوشش دهد. با توجه به اینکه ادراک دانش‌آموزان مقطع ابتدایی از جهان پیرامونی هنوز شکل دقیقی نیافته است، نقش کتاب علوم تجربی در ترسیم چارچوب و مدل فکری کودکان و جهت‌دهی به شیوه تفکر آن‌ها می‌تواند قابل توجه باشد. شیوه ارائه مطالب در کتاب‌های درسی به ویژه درس علوم تجربی نیز بسیار حائز اهمیت است. آموزش علوم تجربی به صورت تجربه‌محور می‌تواند علاوه بر آشنا کردن دانش‌آموز با روش‌های استنتاج علمی، در تفهیم، تثبیت و ماندگاری مطالب نیز اثر مثبت داشته باشد. از همین رو، کتاب‌های علوم تجربی در ایران و جهان، به مرور زمان دستخوش تغییرات مثبتی شده‌اند و از آموزش مستقیم به سمت آموزش تعاملی بر مبنای تفکر و تجربه، با محوریت روش علمی یا همان مهارت‌های فرآیند علمی حرکت کرده‌اند. تمرکز بر مهارت‌های فرآیند علمی به منظور آشنا کردن دانش‌آموزان با منطق درست استنتاج در علوم تجربی بسیار مفید است و می‌تواند یک اقدام ریشه‌ای با هدف پرورش افراد دانشمند و نظریه‌پرداز باشد که بذر پرورش دانشمندان علوم تجربی را در همان سال‌های ابتدایی می‌کارد. با این وجود، این شیوه تدریس، پایان راه روش‌های آموزشی برای دوره ابتدایی نبوده است. هر چند چنین رویکردی مفید، موثر و ضروری است اما قطعاً کافی نیست (امیری و گل‌صفتان، ۱۳۹۸).

امروزه با پیشرفت فناوری و رشته‌های مهندسی، توجه به کاربرد علوم نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در عصر کنونی، نیاز کشورها به مهندسان خبره یا مدیران مهندسی توانمند بسیار بیش از نیاز آن‌ها به دانشمندان نظریه‌پرداز است که پارادایم‌های علمی را جابه‌جا می‌کنند. در واقع، توجه به کاربرد علم شاید بیش از توجه به خلق علم برای پیشرفت کشورها لازم است. توانمندی انجام نوآوری و اختراع می‌تواند بیش از توانمندی اکتشاف علمی راهگشا باشد. حتی فراتر از توانمندی اختراع و ثبت ایده برای نخستین بار، توانمندی پیاده‌سازی اختراعات و مدیریت شرکت‌های موفق در زمینه‌های علوم و مهندسی نیز می‌تواند راهگشای توسعه کشورها باشد و خود این مسیر می‌تواند الهام‌بخش اختراعات و پیامد آن، اکتشافات باشد. بر پایه این مفهوم، برخی نگاه‌ها از آموزش با محوریت مهارت‌های فرآیند علمی، به سمت آموزش با محوریت کاربرد علم گرایش پیدا کرده‌اند. روش استم^۱ یکپارچه در حال حاضر، بیانگر چنین رویکردی است. به چالش کشیدن دانش‌آموزان برای حل مسائل دنیای واقعی با استفاده از رویکردهایی مانند یادگیری مبتنی بر پروژه، مطالعات موردی، تحقیق، طراحی مهندسی، ادغام فناوری‌های دیجیتال برای گسترش یادگیری، تفکر محاسباتی، آموزش علوم و زبان و شیوه‌های آموزشی مرتبط با فرهنگ، پتانسیل بالایی برای ارتقای یادگیری و موفقیت تحصیلی تمامی دانش‌آموزان در آموزش دارد (دکویتو^۲، ۲۰۲۴). علاوه بر این، اقبال به رشته‌های مهندسی در کشورهای پیشرو در زمینه علمی، رو به کاستی داشته است و این امر، تدوین‌گران برنامه درسی در این کشورها را بر این داشته است تا روشی را جستجو کنند که بتوانند میزان جذابیت درس‌های رشته‌های

¹ STEM: Science, Technology, Engineering, Mathematics

² DeCoito

مهندسی و ریاضی را افزایش دهند و به تبع آن، میزان اقبال دانش‌آموزان به رشته‌های مهندسی را افزایش دهند. در ایران نیز، اقبال به رشته ریاضی که در واقع، همان رشته‌ی مربوط به موضوعات استم است با گذشت زمان کاهش یافته است (امیری و گل‌صفتان، ۱۳۹۸) و این امر، لزوم توجه و افزایش جذابیت رشته‌های ریاضی و مهندسی در ایران را یادآور می‌شود. توجه به رویکرد استم از همان سال‌های نخست آموزش می‌تواند موجب جلب نظر و گرایش دانش‌آموزان نخبه به سمت رشته ریاضی گردد.

منظور از "علم" در استم، ناظر بر دو وجه است: یکی مفاهیم و گزاره‌های علمی و دیگری، روش و منطق استنتاج گزاره‌های علمی که به عنوان مهارت‌های فرآیند علمی شناخته می‌شود (کلی و ناولز، ۲۰۱۶). عبارت "فناوری" در استم، توجه به این امر دارد که در مدارس باید دانش‌آموزان با فناوری‌های روز و کاربرد و استفاده آن‌ها آشنا شوند. از اهداف اصلی این روش، پرورش افرادی است که بتوانند پیشرفت‌های فناورانه را در جهان آینده رقم بزنند. به این منظور باید دانش‌آموزان بتوانند با پیشرفت‌های گسترده فناورانه در جهان امروز آشنا شوند تا در پی آن بتوانند با به کارگیری آنها، پیشرفت‌های بعدی را ایجاد کنند. استفاده درست از فناوری‌های توسعه‌یافته امروزی، زمینه‌ساز توسعه علمی و فناورانه آینده است. هرچند ممکن است، آشنایی کامل با لبه فناوری جهان در حوزه‌های مختلف برای دانش‌آموزان میسر نباشد اما تلاش در جهت به کارگیری ابزارهای فناورانه، چه ابزارهای سخت‌افزاری و چه نرم‌افزاری می‌تواند زمینه جهش فکری و علمی دانش‌آموزان را فراهم کند. واژه مهندسی در استم بیانگر کاربرد علم است. اصلی‌ترین نقطه تمایز مهندسی از علم را می‌توان تمرکز مهندسی بر کاربرد علم دانست. در حالی که منظور از علم در استم، استخراج علوم و کشف حقایق علمی است. درباره مهندسی و فناوری، البته درهم‌تنیدگی بیشتری وجود دارد و این دو مفهوم بسیار به هم مرتبط هستند. اما به عنوان وجه تمایز، مهندسی، هنری است که فناوری را به کار می‌گیرد و فناوری‌های جدید را ایجاد می‌کند. مهندسی هرگونه به کارگیری ابزار برای ایجاد محصولات جدید است، چه این ابزارها جدید و نوین باشند یا قدیمی. اما فناوری، ابزاری است که می‌تواند رسیدن به اهداف مهندسی را توسعه ببخشد. هرچند تقسیم‌بندی دو مفهوم فناوری و مهندسی در دنیای واقعی ممکن است به این شفافیت نباشد و همانگونه که گفته شد، این دو مفهوم بسیار نزدیک به هم هستند، در تعاریف استفاده شده از استم چنین تمایزی به ویژه در پژوهش حاضر لحاظ شده است. در این پژوهش، فرآیندهایی که نیاز به تفکر و برنامه‌ریزی دارند، به ویژه آزمایش‌هایی که توسط دانش‌آموزان طراحی می‌شوند، به عنوان فرآیندهای مهندسی در نظر گرفته شده‌اند.

ریاضیات نیز ناظر به علم ریاضی است که نیازی به توضیح ندارد. بطور کلی، نظر بر این است که دانش ریاضی در توسعه علوم و حل مسائل مهندسی نقش اساسی دارد و موفقیت دانشمندان علوم و مهندسان در گرو توانمندی مدل‌سازی ایده‌های خود با استفاده از ریاضیات است. بر همین اساس، استم، نقش مهم ریاضیات را پررنگ کرده است. هرچند ریاضیات به‌طور جداگانه در قالب درس ریاضی آموزش داده می‌شود، در این پژوهش به بررسی نقش آن در سرفصل‌های درسی علوم تجربی پرداخته شده است. توجه به این نکته ضروری است که مباحث ریاضی مطرح شده در کتاب علوم به تناسب پایه علمی دانش‌آموزان ارزیابی شده‌اند و ممکن است یک موضوع برای پایه اول جزء ریاضیات منظور شده باشد، اما همان موضوع یا مشابه آن در سال‌های پایانی به لحاظ محتوای ریاضی مهم نباشد و در شمارش‌ها، برشمرده نشود. در کنار نسخه اصلی استم که به علم، فناوری، مهندسی و ریاضیات اشاره دارد؛ برخی پژوهشگران نسخه‌های دیگری ارائه کرده‌اند. برای نمونه، برخی نسخه‌ها، هنر یا برخی دیگر، علوم اجتماعی را نیز در کنار چهار جزء اصلی، از اجزای ضروری این ترکیب می‌دانند که از دید نگارندگان این مقاله، توجه به علوم اجتماعی می‌تواند در این ترکیب مهم باشد. اما در واقع، یکی از اهداف اصلی از تدوین روش استم، افزایش توجه به رشته‌های علوم پایه

¹ Kelley

و مهندسی در دانش‌آموزان بوده است که البته به لحاظ ماهیت و سرفصل مباحث، همان چهار جزء اصلی، سازنده استم هستند و به مباحث مربوط به رشته ریاضی و فیزیک مرتبط هستند. در حالی که هنر و علوم اجتماعی، دو رشته مجزا از شاخه ریاضی دسته‌بندی می‌شوند (امیری و گل‌صفتان، ۱۳۹۸).

هنر: این بخش شامل هرگونه خلاقیتی است که به‌طور معمول در قالب هنر تعریف می‌شود، از جمله نقاشی، داستان‌سرایی و کاردستی.

در ادبیات نوین شکل گرفته، منظور از استم، استم یکپارچه است که به آموزش چهار شاخه اصلی استم در قالب حل مسائل روزمره می‌پردازد. در واقع مناسب‌ترین نوع استم آن است که بتواند بر مبنای حل مسئله، به دانش‌آموزان، علوم، ریاضیات، فناوری و مهندسی را بیاموزد. مسائل باید به گونه‌ای طراحی شوند که برای حل آن‌ها یا در جریان حل آن‌ها، دانش‌آموز، آموزش‌های مورد نظر در زمینه علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات را کسب کند. آموزش جداگانه هر یک از این چهار رشته هر چند پیش از این هم انجام می‌شده است، در استم نیز مورد توجه است. اما عصاره و برونداد اصلی ادبیات موضوعی استم، استم یکپارچه مسئله‌محور است، به شیوه‌ای که پیش از این شرح داده شد. این موضوع و اهمیت استم یکپارچه از سوی بسیاری پژوهش‌ها، از جمله بلانکو^۱ و همکاران (۲۰۲۴) و امیری و گل‌صفتان (۱۳۹۸) مورد توجه قرار گرفته است. تاکنون، مطالعاتی در مورد بررسی اهمیت استم در آموزش صورت گرفته است (احمدی، ۱۴۰۲؛ داودی و همکاران، ۱۴۰۲). همچنین، جایگاه رویکرد فرارشته‌ای استم در برنامه آموزشی مدارس، به صورت کلی، بررسی شده است (میررحیمی و احمدی، ۱۴۰۱).

همچنین، مطالعاتی تاثیر رویکرد استم بر مهارت حل مسئله دانش‌آموزان در آموزش علوم (کدخدا و همکاران، ۲۰۲۳) و یا اثربخشی آموزش به روش استم در تدریس برخی از مفاهیم فیزیک (ذوالفقاری و همکاران، ۱۴۰۱) را بررسی کرده‌اند. اما تاکنون میزان نفوذ رویکرد استم در کتاب‌های درسی، از جمله کتب علوم تجربی دوره ابتدایی مورد بررسی و تحلیل قرار نگرفته است. در این پژوهش، با تحلیل نتایج میزان توجه کتاب‌های علوم تجربی شش‌پایه ابتدایی به شاخه‌های مختلف استم و همچنین استم یکپارچه، مسیر برای افزایش توجه تدوین‌گران کتب درسی به رویکرد استم هموارتر شده است. پژوهش حاضر، از این جهت یک کار نوآورانه است و امیدواریم نتایج آن بتواند در رشد و توسعه نظام آموزشی کشور اثرگذار باشد.

پیشینه پژوهش

هر چند شاید نتوان تاریخچه دقیقی برای آموزش کاربرد علم تصور کرد و شاید بتوان ادعا کرد که تاریخچه روش استم، به قدمت تاریخ علم است، اما معرفی آن به عنوان یک شیوه آموزش از سال ۱۹۹۰ و با نام‌گذاری و مخفف‌سازی واژه‌های علم، فناوری، مهندسی و ریاضیات توسط بنیاد ملی علم آمریکا صورت گرفت (سندرز^۲، ۲۰۰۹). با گذشت زمان، این رویکرد، بیشتر مورد توجه قرار گرفت. به طوری که اکنون می‌توان گفت در حال تبدیل به یک رویکرد جدی در آموزش است. آن‌گونه که ون سانگ سو^۳ و چینگ یی چانگ^۴ (۲۰۲۳)، برخی سایت‌های علمی و مجلات معتبر را مورد مطالعه و بررسی قرار داده‌اند، تعداد مقالات مربوط به آموزش بر مبنای استم از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۲۲ بیش از ۳۰ برابر رشد داشته است. پینگ لی^۵ و اندرسون^۶ (۲۰۲۰) مطالعه گسترده‌تری درباره میزان گسترش استم از حیث تعداد مقالات، تنوع مجلات، گرایش کشورهای مختلف درباره استم انجام داده و نتیجه گرفته‌اند که استم در طول زمان از همه جوانب در حال گسترش

¹ Blanco

² Sanders

³ Wan Sang Su

⁴ Ching Yi Yang

⁵ Li

⁶ Anderson

است. در پی گسترش اقبال به روش آموزش استم، ادبیات موضوعی بسیار گسترده‌ای حول این موضوع شکل گرفته است که به موضوعات مرتبط با اهمیت استم، چالش‌ها، الزامات و روش‌های پیاده‌سازی آن پرداخته‌اند. سوهیرمان^۱ و پرایوگی^۲ (۲۰۲۳)، طی یک بررسی بر مبنای روش فراترکیب، ۳۵ پژوهش را مورد بررسی قرار داده و چالش‌های پیش روی آموزش با رویکرد استم را در شش دسته تقسیم‌بندی کرده‌اند، که به شرح زیر است: موضوعات مربوط به معلم، موضوعات مربوط به دانش‌آموز، چالش‌های پداگوژی، چالش‌های برنامه درسی و مطالب، چالش‌های ساختاری، موضوعات ارزیابی. مارگوت^۳ و کتلا^۴ (۲۰۱۹) با روش فراترکیب پس از بررسی مقاله‌هایی که به دیدگاه معلمان درباره استم پرداخته‌اند، ۲۵ مقاله را انتخاب کرده و چالش‌ها را از دید معلمان برشمرده‌اند و همین دسته‌بندی شش‌گانه را مطرح کرده‌اند. هرکدام از این شش حوزه، از اهمیت خاص خود برخوردار هستند. بنابراین، در این کار پژوهشی، حوزه برنامه‌درسی و کتاب یا همان سرفصل‌های درسی مورد مطالعه قرار می‌گیرند.

در سال‌های اخیر، تلاش زیادی در جهت پیاده‌سازی رویکرد استم در محتوای درسی مدارس صورت گرفته است. طراحی برنامه درسی آموزشی منطبق با آموزش استم یکپارچه از مهمترین چالش‌هایی بوده است که به آن پرداخته شده و ادبیات موضوعی گسترده‌ای حول آن شکل گرفته است. مورفی^۵ و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی و مرور این ادبیات پرداخته‌اند. برینر^۶ و همکاران (۲۰۱۲)، روهریگ^۷ و همکاران (۲۰۲۱) و پینگ لی^۸ و همکاران (۲۰۲۴) بر نقش برنامه درسی ابتدایی تأکید کرده‌اند. فوربس^۹ و همکاران (۲۰۲۱) در کتاب خود کوشیده‌اند ابزارهایی را برای معلمان برای پیاده‌سازی استم در کلاس درسی فراهم کنند. موماو^{۱۰} (۲۰۲۴) بیش از ۸۵ فعالیت را ترسیم کرده است که از طریق آن‌ها می‌توان به دانش‌آموزان استم را آموخت. هر فعالیت حداقل دو حوزه از حوزه‌های استم را شامل می‌شود. برخی پژوهش‌ها نیز بر لزوم توجه به آموزش استم به دانش‌آموزان از همان سال‌های ابتدایی تأکید کرده‌اند (کندی^{۱۱} و تونیکلیف، ۲۰۲۲). همچنین، در داخل کشور پژوهش‌هایی به منظور طراحی محتوای آموزشی با رویکرد استم صورت گرفته و محتوای آموزشی‌هایی در موضوع الکتروشمی (بهرامی‌مداح و همکاران، ۱۴۰۲)، خوردگی (قلخانی و اسماعیلی، ۱۴۰۱) و آنتروپی (امینی و همکاران، ۱۴۰۱) با در نظر گرفتن رویکرد استم انجام شده است. همچنین کریم‌زاده و همکاران (۱۴۰۱) بر نقش معلمان در پیاده‌سازی موفق استم در ایران تأکید کرده‌اند.

بیان مسئله

کتاب‌های درسی به‌عنوان مهم‌ترین منبع آموزشی در مدارس ایران، نقش کلیدی در جهت‌دهی و استقرار اهداف آموزشی ایفا می‌کنند. در این میان، کتاب علوم تجربی به‌ویژه در مقاطع ابتدایی، جایگاه ویژه‌ای دارد و هدف اصلی آن آشناکردن دانش‌آموزان با علوم مختلف است. با توجه به اینکه دانش‌آموزان در مقطع ابتدایی هنوز درک دقیقی از جهان پیرامون ندارند، کتاب علوم تجربی می‌تواند نقش مؤثری در شکل‌دهی به مدل‌های فکری و شیوه‌های تفکر آن‌ها ایفا کند. شیوه ارائه

¹ Suhirman

² Perayugi

³ Margot

⁴ Kettler

⁵ Murphy

⁶ Breiner

⁷ Roehrig

⁸ Li

⁹ Forbes

¹⁰ Mumav

¹¹ Kennedy

مطالب در کتاب‌های درسی، به‌ویژه در درس علوم تجربی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. آموزش تجربی و مبتنی بر فعالیت‌های عملی می‌تواند به درک بهتر و ماندگاری بیشتر مطالب کمک کند. با این حال، با پیشرفت فناوری و نیاز به مهارت‌های کاربردی، توجه به رویکردهای نوین آموزشی نظیر استم، ضروری به نظر می‌رسد. این رویکرد به‌دنبال آشناکردن دانش‌آموزان با کاربرد علم و فناوری در دنیای واقعی است و می‌تواند به پرورش مهارت‌های حل مسئله و تفکر انتقادی در آن‌ها کمک کند.

بسیاری از کتب درسی هنوز بر مباحث نظری تأکید دارند و از آموزش‌های عملی و کاربردی غافل مانده‌اند. این عدم توازن می‌تواند منجر به کاهش کیفیت یادگیری و عدم تحقق اهداف آموزشی یکپارچه شود. بنابراین، بررسی و تحلیل میزان نفوذ رویکرد استم در کتب درسی علوم تجربی، به‌ویژه در مقاطع ابتدایی، ضرورت دارد. این پژوهش به دنبال شناسایی چالش‌ها و فرصت‌های موجود در این زمینه است و هدف آن ارائه راهکارهایی برای بهبود برنامه درسی با رویکرد استم، به ویژه استم یک‌پارچه، و ارتقای کیفیت آموزش علوم تجربی در مدارس است. با توجه به اهمیت روزافزون مهارت‌های کاربردی و نیاز به تربیت افرادی با توانمندی‌های مهندسی و فناورانه، این تحقیق می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای توسعه محتوای آموزشی و بهبود فرآیند یاددهی و یادگیری در مدارس مورد استفاده قرار گیرد. همان‌گونه که پیش از این اشاره شد، پژوهش‌ها نشان می‌دهد اقبال به رشته ریاضی که در واقع به نوعی معادل رشته‌های استم است با گذشت زمان در ایران کم شده است و این امر، تغییر محتوای درسی به منظور جلب توجه دانش‌آموزان به استم را به عنوان یکی از راهکارهای افزایش توجه به استم ضروری می‌کند (منگ فی چنگ^۱ و همکاران، ۲۰۲۴). همچنین در پژوهش‌های گذشته، این موضوع مورد بحث قرار گرفته است که آموزش یک‌پارچه‌ی حوزه‌های استم در قالب آموزش پروژه-محور می‌تواند نقش اساسی در توانمندی مهندسان در رویارویی با مسائل جهان واقعی داشته باشد. (امیری و گل‌صفتان، ۱۳۹۸؛ استفانی^۲، ۲۰۱۰). پژوهش حاضر، با بررسی میزان نفوذ رویکرد استم در کتاب‌های درسی علوم تجربی، برخی مقدمات لازم برای تصمیم‌گیری صحیح در جهت تدوین مناسب‌تر کتاب درسی را به منظور توجه بیشتر به استم برای نهادهای مسئول تدوین کتاب‌های درسی فراهم آورده است و می‌تواند بخشی از جورچین یک راه‌حل جامع برای مشکلات آموزشی در رشته‌های مهندسی باشد.

هدف پژوهش

هدف این پژوهش، بررسی و تحلیل میزان نفوذ حوزه‌های استم (علم، فناوری، مهندسی و ریاضیات) و استم یک‌پارچه در آخرین نسخه‌های کتاب‌های علوم تجربی پایه‌های اول تا ششم ابتدایی در ایران است. این تحقیق به شناسایی و ارزیابی توجه به هر یک از چهار جزء اصلی استم و همچنین هنر به‌عنوان جزء پنجم (استیم) و علوم اجتماعی به عنوان جزء ششم (استیمس) در محتوای درسی پرداخته و ترکیب این اجزا را مورد بررسی قرار می‌دهد. با توجه به اهمیت کتاب درسی به‌عنوان منبع اصلی آموزشی در مدارس و نقش کلیدی آن در شکل‌دهی تفکر و مدل‌های ذهنی دانش‌آموزان، این پژوهش به دنبال ارائه داده‌ها و تحلیل‌های لازم برای بهبود محتوای آموزشی و ارتقای کیفیت آموزش علوم تجربی در راستای سیاست‌های آموزشی آینده است. همچنین، این پژوهش می‌تواند به عنوان مبنایی برای محققان و مسئولان تدوین کتب درسی در جهت توجه بیشتر به رویکرد استم و بهبود فرآیند یاددهی و یادگیری در مدارس مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین پرسش اصلی پیش روی این پژوهش، این است که:

¹ Meng-Fei Cheng

² Stephanie

آیا کتاب‌های درسی علوم تجربی بر مبنای استم یک‌پارچه تألیف شده‌اند؟

توجه به هر یک از حوزه‌های مختلف استم در کتاب درسی علوم تجربی ابتدایی به چه میزان است؟

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع کاربردی است و هدف آن توسعه محتوای کتب علوم تجربی دوره ابتدایی به منظور پرورش دانش‌آموزانی فناور است. این پژوهش به دنبال شناسایی و تحلیل میزان نفوذ رویکرد استم (علم، فناوری، مهندسی، ریاضیات، هنر و اجتماعی) در محتوای آموزشی کتاب‌های علوم تجربی می‌باشد. جامعه آماری این تحقیق شامل تمامی کتب علوم تجربی نسخه ۱۴۰۳ در تمامی مقاطع دوره ابتدایی (پایه‌های اول تا ششم) است. برای گردآوری اطلاعات، از روش تحلیل محتوا استفاده شده است. واحد مطالعه و تجزیه و تحلیل، واحدهای یادگیری و محتوای موجود در کتاب‌های علوم تجربی پایه‌های اول تا ششم هستند. در این پژوهش، محتوای کتب علوم تجربی دوره ابتدایی بر اساس معیارهای رویکرد استم مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. داده‌های به‌دست‌آمده از تحلیل محتوا به‌صورت جداول و نمودارها ارائه شده‌است. این داده‌ها شامل تعداد عناوین مربوط به هر یک از حوزه‌های استم (علم، فناوری، مهندسی، ریاضیات، هنر و اجتماعی) و همچنین بررسی وجود رویکرد استم یک‌پارچه در محتوای درسی می‌باشد. نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل محتوا به‌طور دقیق بررسی شده و به بحث در مورد میزان نفوذ رویکرد استم در سرفصل‌های کتاب‌های علوم تجربی و مقایسه آن با رویکرد استم یک‌پارچه پرداخته شده‌است.

یافته‌ها

تعداد عناوین مربوط به هر یک از حوزه‌های استم به تفکیک درس‌های مختلف علوم در شش پایه با جزئیات در جدول ۱ تا ۶ آمده است. در مجموع تعداد ۸۹۴ عنوان در کتاب‌های علوم پایه‌های اول تا ششم برشمرده شد. هر عنوان از عناوین مذکور واجد یک تا چند حوزه از موضوعات علم، فناوری، مهندسی، ریاضیات، هنر و اجتماعی است. نتایج به تفکیک هر پایه تحصیلی در جداول ۱ تا ۶ گردآوری شده است:

جدول ۱- تعداد عناوین در هر یک از حوزه‌های استم به تفکیک درس‌های مختلف با جزئیات در کتاب علوم تجربی پایه اول ابتدایی

پایه	درس	عنوان درس	تعداد کل	علم	فناوری	مهندسی	ریاضیات	هنر	اجتماعی	استم یک‌پارچه	موارد دیگر (مهارت)
۱	۱	زنگ علوم	۳	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱	۲	سلام، به من نگاه کن	۵	۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱	۳	سالم باش، شاداب باش	۹	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶
۱	۴	دنیای جانوران	۹	۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱	۵	دنیای گیاهان	۱۶	۱۱	۰	۳	۰	۱	۱	۰	۰
۱	۶	زمین خانه‌ی پرآب ما	۱۸	۱۰	۰	۳	۰	۵	۰	۰	۰
۱	۷	زمین خانه سنگی ما	۱۱	۶	۰	۴	۰	۱	۰	۰	۰
۱	۸	چه می‌خواهم بسازم	۴	۱	۰	۳	۰	۰	۰	۰	۰
۱	۹	زمین خانه‌ی خاکی ما	۹	۴	۱	۲	۰	۱	۱	۰	۰
۱	۱۰	در اطراف ما هوا وجود دارد	۱۰	۵	۱	۱	۱	۲	۰	۰	۰
۱	۱۱	دنیای سرد و گرم	۱۹	۱۵	۲	۰	۰	۰	۱	۰	۱
۱	۱۲	از خانه تا مدرسه	۲۶	۱۴	۶	۴	۰	۱	۱	۰	۰
۱	۱۳	آهن ربای من	۱۲	۹	۱	۲	۰	۰	۰	۰	۰
۱	۱۴	از گذشته تا آینده	۱۲	۴	۴	۲	۰	۰	۱	۱	۰

جدول ۲- تعداد عناوین در هر یک از حوزه‌های استم به تفکیک درس‌های مختلف با جزئیات در کتاب علوم تجربی پایه دوم ابتدایی

پایه	درس	عنوان درس	تعداد کل	علم	فناوری	مهندسی	ریاضیات	هنر	اجتماعی	استم یکپارچه	موارد دیگر (مهارت)
۲	۱	زنگ علوم	۳	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲	۲	هوای سالم، آب سالم	۱۹	۱۱	۱	۴	۰	۰	۳	۰	۰
۲	۳	زندگی ما و گردش زمین-۱	۱۴	۱۳	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰
۲	۴	زندگی ما و گردش زمین-۲	۱۳	۹	۰	۳	۱	۰	۰	۰	۰
۲	۵	پیام رمز را پیدا کن	۱۲	۹	۰	۲	۰	۱	۰	۰	۰
۲	۶	پیام رمز را پیدا کن-۲	۲۸	۱۴	۳	۵	۲	۱	۱	۲	۰
۲	۷	اگر تمام شود	۲۵	۸	۴	۵	۰	۲	۵	۱	۰
۲	۸	بسازیم و لذت ببریم	۲	۰	۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰
۲	۹	سرگذشت دانه	۱۳	۱۲	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰
۲	۱۰	درون آشیانه‌ها	۶	۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲	۱۱	من رشد می‌کنم	۱۳	۱۰	۰	۰	۲	۰	۱	۰	۰
۲	۱۲	برای جشن آماده شویم	۱۳	۱۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰
۲	۱۳	بعد از جشن	۱۶	۱۰	۰	۴	۰	۱	۰	۰	۱
۲	۱۴	از گذشته تا آینده (نان)	۱۴	۱	۱	۱۰	۰	۰	۱	۱	۰

جدول ۳- تعداد عناوین در هر یک از حوزه‌های استم به تفکیک درس‌های مختلف با جزئیات در کتاب علوم تجربی پایه سوم ابتدایی

پایه	درس	عنوان درس	تعداد کل	علم	فناوری	مهندسی	ریاضیات	هنر	اجتماعی	استم یکپارچه	موارد دیگر (مهارت)
۳	۱	زنگ علوم	۲	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۲	خوراکی‌ها	۱۰	۷	۰	۳	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۳	اندازه‌گیری مواد	۱۲	۷	۱	۴	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۴	مواد اطراف ما	۱۱	۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۵	آب، ماده‌ی با ارزش	۱۴	۱۰	۰	۳	۰	۱	۰	۰	۰
۳	۶	زندگی ما و آب	۱۴	۹	۱	۴	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۷	نور و مشاهده اجسام	۱۴	۱۲	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۸	جستجو کنیم و بسازیم	۲	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰
۳	۹	نیرو همه جا	۶	۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۱۰	نیرو همه جا (۲)	۱۱	۱۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۱۱	بکارید و ببینید	۱۲	۱۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۱۲	هر کدام جای خود	۴۱	۳۳	۲	۶	۰	۰	۰	۰	۰

جدول ۴- تعداد عناوین در هر یک از حوزه‌های استم به تفکیک درس‌های مختلف با جزئیات در کتاب علوم تجربی پایه چهارم ابتدایی

پایه	درس	عنوان درس	تعداد کل	علم	فناوری	مهندسی	ریاضیات	هنر	اجتماعی	استم یکپارچه	موارد دیگر (مهارت)
۴	۱	زنگ علوم	۳	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴	۲	مخلوط‌ها در زندگی	۱۷	۱۴	۰	۲	۰	۰	۱	۰	۰
۴	۳	انرژی نیاز هر روز ما	۲۷	۱۶	۳	۴	۰	۳	۱	۰	۰
۴	۴	انرژی الکتریکی	۲۳	۱۴	۱	۶	۰	۰	۲	۰	۰
۴	۵	گرما و ماده	۲۰	۱۵	۳	۱	۰	۰	۱	۰	۰
۴	۶	سنگ‌ها	۱۶	۱۲	۰	۲	۰	۱	۱	۰	۰
۴	۷	آهن ربا در زندگی	۱۱	۹	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰
۴	۸	آسمان در شب	۱۷	۱۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴	۹	بدن ما (۱)	۱۲	۱۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰
۴	۱۰	بدن ما (۲)	۱۸	۱۶	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱
۴	۱۱	بی‌مهره‌ها	۱۹	۱۸	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰
۴	۱۲	گوناگونی گیاهان	۱۳	۱۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴	۱۳	زیستگاه	۱۴	۱۲	۰	۰	۰	۰	۲	۰	۰

جدول ۵- تعداد عناوین در هر یک از حوزه‌های استم به تفکیک درس‌های مختلف با جزئیات در کتاب علوم تجربی پایه پنجم ابتدایی

پایه	درس	عنوان درس	تعداد کل	علم	فناوری	مهندسی	ریاضیات	هنر	اجتماعی	استم یکپارچه	موارد دیگر (مهارت)
۵	۱	زنگ علوم	۹	۳	۰	۲	۰	۲	۰	۲	۰
۵	۲	ماده تغییر می‌کند	۱۸	۱۶	۰	۰	۰	۲	۰	۰	۰
۵	۳	رنگین کمان	۱۲	۸	۰	۲	۱	۱	۰	۰	۰
۵	۴	برگی از تاریخ زمین	۱۳	۱۲	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۵	۵	حرکت بدن	۲۴	۱۹	۰	۴	۰	۱	۰	۰	۰
۵	۶	چه خبر؟ (۱)	۱۹	۱۶	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۲
۵	۷	چه خبر؟ (۲)	۱۲	۱۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰
۵	۸	کارها آسان می‌شود (۱)	۱۱	۶	۰	۴	۱	۰	۰	۰	۰
۵	۹	کارها آسان می‌شود (۲)	۱۹	۱۴	۰	۵	۰	۰	۰	۰	۰
۵	۱۰	خاک با ارزش	۱۷	۱۴	۰	۳	۰	۰	۰	۰	۰
۵	۱۱	بکارید و بخورید	۱۹	۱۰	۱	۳	۱	۰	۰	۱	۳
۵	۱۲	از ریشه تا برگ	۱۵	۹	۰	۵	۰	۱	۰	۰	۰

جدول ۶- تعداد عناوین در هر یک از حوزه‌های استم به تفکیک درس‌های مختلف با جزئیات در کتاب علوم تجربی پایه ششم ابتدایی

پایه	درس	عنوان درس	تعداد کل	علم	فناوری	مهندسی	ریاضیات	هنر	اجتماعی	استم یکپارچه	موارد دیگر (مهارت)
۶	۱	زنگ علوم	۴	۳	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰
۶	۲	سرگذشت دفتر من	۲۵	۱۲	۱	۱۰	۱	۰	۱	۰	۰
۶	۳	کارخانه کاغذسازی	۱۹	۶	۲	۸	۰	۲	۰	۱	۰
۶	۴	سفر به اعماق زمین	۱۰	۹	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰
۶	۵	زمین پویا	۱۸	۱۳	۰	۲	۰	۰	۳	۰	۰
۶	۶	نیرو و ورزش (۱)	۱۲	۱۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰
۶	۷	نیرو و ورزش (۲)	۲۶	۲۳	۰	۳	۰	۰	۰	۰	۰
۶	۸	طراحی کنیم و بسازیم	۱۰	۳	۱	۲	۰	۲	۱	۱	۰
۶	۹	سفر انرژی	۱۹	۱۸	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰
۶	۱۰	خیلی کوچک، خیلی بزرگ	۱۷	۱۲	۴	۰	۰	۱	۰	۰	۰
۶	۱۱	شگفتی‌های برگ	۶	۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۶	۱۲	جنگل برای کیست؟	۱۵	۱۴	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۶	۱۳	سالم بمانید	۱۵	۱۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۶	۱۴	از گذشته تا کنون	۱۶	۴	۶	۲	۲	۰	۰	۱	۱

نتایج فوق به تفکیک هر حوزه، بصورت کلی در هر کدام از پایه‌های اول تا ششم، در جدول ۷ گردآوری شده است:

جدول ۷- خلاصه‌ای از تعداد عناوین در حوزه‌های مختلف استم در کتب علوم تجربی پایه‌های اول تا ششم ابتدایی

جمع هر حوزه	پایه ۱	پایه ۲	پایه ۳	پایه ۴	پایه ۵	پایه ۶
حوزه علم	۹۹	۱۱۷	۱۱۸	۱۶۹	۱۳۸	۱۴۹
حوزه فناوری	۱۵	۹	۷	۷	۲	۱۵
حوزه مهندسی	۲۴	۳۷	۲۲	۱۶	۲۹	۲۸
حوزه ریاضیات	۱	۶	۰	۰	۳	۳
حوزه هنر	۶	۵	۱	۵	۸	۶
حوزه اجتماعی / تاریخی	۱۰	۱۲	۱	۱۲	۰	۵
استم یکپارچه	۱	۴	۰	۰	۳	۳
جمع در هر پایه	۱۵۶	۱۹۰	۱۴۹	۲۰۹	۱۸۳	۲۰۹

با توجه به اینکه برخی مباحث کتاب به‌طور همزمان به دو یا چند حوزه از حوزه‌های علم، فناوری، مهندسی، ریاضیات، هنر و اجتماعی پرداخته‌اند، در این پژوهش، تعداد مواردی که در آن، منحصر به یک حوزه پرداخته شده نیز استخراج شد. این امر به ما کمک می‌کند تا دقیق‌تر بتوانیم ارزیابی کنیم که هر یک از حوزه‌ها به چه میزان در کتاب‌های علوم تجربی مورد اهمیت واقع شده‌اند. بعلاوه، هر چه حالت ترکیبی نسبت به حالت منفرد بیشتر باشد ما به مفاهیم استم یکپارچه نزدیک‌تر خواهیم بود. جدول ۸ تعداد هر یک از این حوزه‌ها را که به‌تنهایی در یک مبحث آمده‌اند، نشان می‌دهد.

جدول ۸- تعداد منفرد هر یک از حوزه‌ها در مجموع شش کتاب

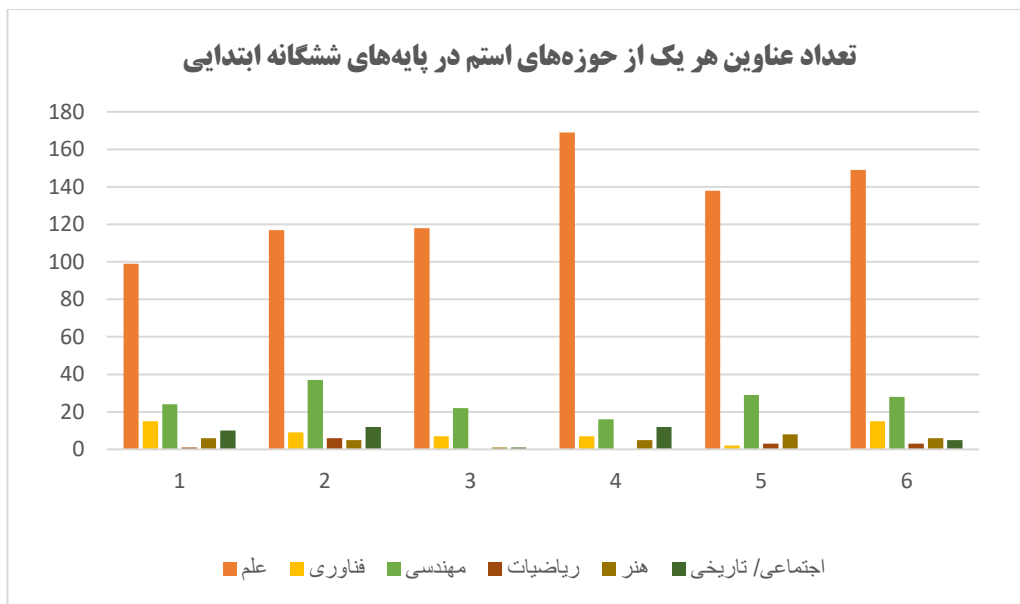
علم	فناوری	مهندسی	ریاضیات	هنر	اجتماعی
۵۴۷	۷	۴۲	۰	۴	۱۹

با توجه به نتایج به دست آمده در جداول ۱ تا ۸ ملاحظه می‌شود که تمرکز اصلی کتب علوم تجربی در شش پایه، بر حوزه علم است. با این وجود، مهندسی نیز از سوی طراحان کتاب مغفول نبوده و حتی تعداد قابل توجهی از مباحث درسی (۴۲ عنوان)، تنها، مباحث مهندسی را هدف قرار داده‌اند. اما فناوری، بسیار کم مورد توجه بوده است. بر اساس آمار ارائه شده در جدول ۸، ریاضیات، هدف تدوین‌کنندگان درس علوم نبوده است. همچنین تعداد عناوینی که ما به عنوان استم یک‌پارچه که هدف غایی روش استم است، برشمردیم، در کل کتاب‌های شش‌گانه علوم ابتدایی، تنها ۱۱ عنوان است. از این موضوع نتیجه می‌گیریم که هرچند توجه به مهندسی از جایگاه ویژه‌ای در کتاب‌های علوم تجربی برخوردار است؛ استم به عنوان یک کلیت یک‌پارچه، هدف طراحان نبوده است. به ویژه آنکه موضوع استم یک‌پارچه در دو پایه سوم و چهارم، حتی یک مورد نیز مشاهده نشده است. بعلاوه، بر مبنای این پژوهش، اکثر مباحث مهندسی مذکور در کتاب علوم تجربی، قوت چندانی ندارد. با این وجود، نگاه کتاب علوم تجربی به مباحث مهندسی قابل تحسین است، به گونه‌ای که تعداد ۱۵۸ عنوان از مباحث به حوزه مهندسی پرداخته‌اند و ۴۲ عنوان منحصر به مهندسی پرداخته‌اند. این موضوع را می‌توان گام مهمی در زمینه پیاده‌سازی استم در کتاب‌های درسی دانست. هرچند تاکید شدید طراحان کتاب درسی بر علم، نشان می‌دهد موضوع استم برای آن‌ها هدف نیست و محوریت علم برای طراحان قابل خدشه نیست. تعداد کل عناوین درسی برشمرده شده در سه ساله دوم جهش قابل توجهی نسبت به سه ساله اول دارد. با این وجود، نسبت هر یک از موضوعات علم، فناوری، مهندسی، ریاضیات، هنر، اجتماعی و استم یک‌پارچه روند معناداری را طی نمی‌کند. در اینجا بیشترین و کمترین درصد هر یک از حوزه‌های مذکور را مرور می‌کنیم: علم، در سال اول در ۶۳٪ از عناوین برشمرده شده است. در پایه دوم در ۶۱٪، در پایه سوم در ۷۹٪، در پایه چهارم، در ۸۰٪، در پایه پنجم در ۷۵٪ و در پایه ششم در ۷۱٪ از عناوین مدنظر قرار گرفته است. کمترین درصد علم در پایه دوم و بیشترین درصد علم در پایه چهارم مشاهده شده است. به همین صورت، در زمینه فناوری، بیشترین درصد در پایه اول و کمترین درصد در پایه پنجم مشاهده شده است. جدول ۹ درصد هر یک از حوزه‌های استم را در کتاب‌های شش‌گانه علوم تجربی نشان می‌دهد.

جدول ۹- درصد حوزه‌های مختلف استم در کتاب‌های شش‌گانه علوم تجربی

علم	پایه ۱	پایه ۲	پایه ۳	پایه ۴	پایه ۵	پایه ۶
علم	۶۳.۴۶	۶۱.۵۸	۷۹.۱۹	۸۰.۸۶	۷۵.۴۱	۷۱.۲۹
فناوری	۹.۶۲	۴.۷۴	۴.۷۰	۳.۳۵	۱.۰۹	۷.۱۸
مهندسی	۱۵.۳۸	۱۹.۴۷	۱۴.۷۷	۷.۶۶	۱۵.۸۵	۱۳.۴۰
ریاضیات	۰.۶۴	۳.۱۶	۰.۰۰	۰.۰۰	۱.۶۴	۱.۴۴
هنر	۳.۸۵	۲.۶۳	۰.۶۷	۲.۳۹	۴.۳۷	۲.۸۷
اجتماعی / تاریخی	۶.۴۱	۶.۳۲	۰.۶۷	۵.۷۴	۰.۰۰	۲.۳۹
استم یک‌پارچه	۰.۶۴	۲.۱۱	۰.۰۰	۰.۰۰	۱.۶۴	۱.۴۴
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

البته تفاوت مباحث یاد شده در پایه‌های مختلف می‌تواند در کیفیت علمی مباحث باشد. هرچند این نکته مورد بررسی قرار نگرفته است، اما از نظر نگارندگان مقاله حاضر، موضوعی بدیهی به نظر می‌رسد. با این وجود، بررسی دقیق‌تر و علمی آن می‌تواند یکی از موضوعات پژوهش‌های آینده در این حوزه باشد. بیشترین عنوان مرتبط با مهندسی در پایه دوم و در پایه چهارم کمترین عنوان مرتبط با مهندسی مشاهده شده است. ریاضیات در پایه‌های سوم و چهارم اصلاً مشاهده نشده و در پایه دوم بیشترین درصد را داشته است. هنر، بیشترین درصد را در پایه پنجم و کمترین را در پایه سوم داشته است. توجه به مسائل اجتماعی یا تاریخی در پایه اول بیشترین درصد و در پایه چهارم کمترین درصد معادل صفر را داشته است. بنابراین روند خاصی در این زمینه قابل مشاهده نیست و به نظر می‌رسد تدوینگر کتاب، در این زمینه سیاست منسجم و هدف برنامه‌ریزی شده‌ای نداشته است. نمودار ۱، مقایسه‌ای کمی میان تعداد برشماری شده هر یک از حوزه‌های استم در عناوین کتب درسی علوم در پایه‌های اول تا ششم را نشان می‌دهد:



نمودار ۱- مقایسه کمی عناوین در حوزه‌های مختلف استم در کتب علوم تجربی پایه‌های اول تا ششم ابتدایی

نمودار ۱ نشان می‌دهد که در تمام پایه‌ها، کتب علوم تجربی عمدتاً بر حوزه علم تمرکز کرده‌اند و حوزه مهندسی از نظر اهمیت، در جایگاه بعدی قرار دارد. حضور حوزه فناوری در کتب علوم پایه اول و ششم، نسبت به سایر دوره‌ها محسوس‌تر است. همچنین، حوزه ریاضیات در علوم پایه دوم نسبت به سایر پایه‌ها نقش پررنگ‌تری دارد.

نگاه دقیق‌تر به استم یک‌پارچه:

هر چند موارد مربوط به استم یک‌پارچه در کتاب‌های علوم به تعداد زیاد یافت نشد، در اینجا مواردی را که یک مبحث یا عنوان درسی به سه یا بیش از سه حوزه از حوزه‌های استیمس (علم، فناوری، مهندسی، ریاضی، هنر و علوم اجتماعی) پرداخته است، به عنوان نمودی (هر چند گاهی کمرنگ) از استم یک‌پارچه آورده ایم:

جدول ۱۰- عناوینی از شش کتاب علوم تجربی دوره ابتدایی با پوشش همزمان حداقل سه حوزه از موارد استم

ردیف	پایه	شماره درس	عنوان درس	صفحه	عنوان سرفصل (برای موارد متن درس)	علم	فناوری	مهندسی	ریاضیات	هنر اجتماعی/ تاریخی	استم یکپارچه
۱	۱	۱۰	در اطراف ما هوا وجود دارد	۶۷	متن درس (بادبزن ساختن)	۱		۱	۱		
۲	۱	۱۲	از خانه تا مدرسه	۸۶	متن درس چرخ حرکت را آسان می‌کند	۱	۱				
۳	۱	۱۲	از خانه تا مدرسه	۸۹	گفت و گو کنید	۱	۱	۱			
۴	۱	۱۴	از گذشته تا آینده	۱۰۳	ایستگاه فکر	۱	۱	۱		۱	
۵	۲	۶	پیام رمز را پیدا کن-۲	۵۱	متن درس ساعت آفتابی بسازید	۱		۱	۱		
۶	۲	۶	پیام رمز را پیدا کن-۲	۵۳	کار در کلاس	۱	۱	۱			۱
۷	۲	۶	پیام رمز را پیدا کن-۲	۵۳	فعالیت	۱		۱	۱		۱
۸	۲	۷	اگر تمام شود	۵۷	گفت و گو کنید	۱	۱			۱	
۹	۲	۷	اگر تمام شود	۵۸	متن درس سوخت برای همه			۱		۱	۱
۱۰	۲	۷	اگر تمام شود	۶۰	متن درس ماشین بادکنکی بسازید	۱		۱		۱	۱
۱۱	۲	۱۳	بعد از جشن	۹۶	متن درس دوباره استفاده کنید	۱		۱		۱	
۱۲	۲	۱۴	از گذشته تا آینده (نان)	۱۰۳	علم و زندگی	۱		۱			۱
۱۳	۳	۱۲	از گذشته تا آینده (نگهداری)	۱۲۶	گفت و گو	۱	۱	۱			

مواد غذایی								
۱	۱	۱	فعالیت	۱۹	انرژی نیاز	۳	۴	۱۴
					هر روز ما			
		۱	علم و	۲۰	انرژی نیاز	۳	۴	۱۵
		۱	زندگی		هر روز ما			
		۱	جمع	۴۶	گرما و ماده	۵	۴	۱۶
			آوری					
			اطلاعات					
۱	۱	۱	متن درس	۲	زنگ علوم	۱	۵	۱۷
۱	۱	۱	کاووشگری	۵	زنگ علوم	۱	۵	۱۸
۱	۱	۱	کاووشگری	۳۷	حرکت	۵	۵	۱۹
					بدن			
		۱	فعالیت	۶۷	کارها آسان	۸	۵	۲۰
					می شود (۱)			
۱	۱	۱	کاووشگری	۹۴	بکارید و	۱۱	۵	۲۱
					بخورید			
	۱		جمع	۲۲	کارخانه	۳	۶	۲۲
		۱	آوری		کاغذسازی			
			اطلاعات					
		۱	فکر کنید	۲۲	کارخانه	۳	۶	۲۳
					کاغذسازی			
۱	۱	۱	کاووشگری	۶۱	طراحی	۸	۶	۲۴
					کنیم و			
					بسازیم			
		۱	متن درس	۷۴	خیلی	۱۰	۶	۲۵
					کوچک			
					خیلی			
					بزرگ			
	۱		آزمایش	۷۵	خیلی	۱۰	۶	۲۶
		۱	کنید		کوچک			
					خیلی			
					بزرگ			
۱	۱	۱	کاووشگری	۱۰۲	از گذشته تا	۱۴	۶	۲۷
					کنون			

ملاحظه می شود که در مجموع، ۲۷ عنوان به طور همزمان واجد حداقل سه عنوان از حوزه های استم بوده است. این میزان از میان حدود ۹۰۰ عنوان برشمرده شده، تعداد ناچیزی (معادل ۳ درصد) است و نشان می دهد آموزش یک پارچه حوزه های استم در کتاب های علوم تجربی دوره ابتدایی مدنظر قرار نگرفته است.

علاوه بر ۱۰ مورد استم یک‌پارچه که در جدول بالا آمده است، عنوان "جمع آوری اطلاعات" در صفحه ۱۹ پایه ششم نیز واجد شرایط استم یک‌پارچه شمرده شد.

از آنجا که مهندسی در سطح مطلوب خود، فرآیندی همراه با تفکر و طراحی است؛ در انتخاب موارد استم یک‌پارچه به این موضوع توجه شده است که طراحی یا ساخت با استفاده از فکر دانش‌آموزان صورت‌پذیرد و مواردی که روند کار عملی کاملاً توسط کتاب ترسیم شده است؛ استم یک‌پارچه برشمرده نشد. مهندسی را می‌توان مهمترین حوزه استم دانست. برای نمونه کایننگهام^۱ (۲۰۱۸) بر نقش مهندسی در استم تأکید می‌کند.

بحث و نتیجه‌گیری

آموزش علوم به دانش‌آموزان باید شامل آموزش نحوه تفکر، یادگیری، حل مسائل و اتخاذ تصمیمات آگاهانه باشد. این مهارت‌ها برای هر جنبه‌ای از تحصیل و زندگی دانش‌آموز، از مدرسه تا آینده شغلی، ضروری هستند (اصغری اصل سردرود و همکاران، ۱۴۰۱). لذا، به‌روزرسانی رویکردهای آموزش علوم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین، پژوهش حاضر به تحلیل محتوای کتب علوم تجربی پایه‌های اول تا ششم ابتدایی از منظر رویکرد استم (علم، فناوری، مهندسی و ریاضیات) پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که در مجموع ۸۹۴ عنوان شناسایی شده در این کتب عمدتاً بر حوزه علم تمرکز دارند. اگرچه مهندسی نیز در این کتب مورد توجه قرار گرفته و ۴۲ عنوان به‌طور خاص به مباحث مهندسی اختصاص یافته است. اما حوزه فناوری به‌طور معناداری کمتر مورد توجه قرار گرفته است. همچنین، ریاضیات به‌عنوان یک حوزه جدی در تدوین محتوای درسی علوم، در این کتب به‌طور چشمگیری غایب است.

بر اساس یافته‌ها، تنها ۱۱ عنوان به‌طور یک‌پارچه به استم پرداخته‌اند، که نشان‌دهنده این است که طراحان کتاب‌ها به‌طور کلی هدف اصلی خود را بر محور علم قرار داده‌اند و استم به‌عنوان یک کلیت یک‌پارچه در نظر گرفته نشده است. این امر به‌ویژه در پایه‌های سوم و چهارم که هیچ‌کدام عنوانی از استم یک‌پارچه وجود ندارد، مشهود است. با این حال، توجه به مباحث مهندسی و تعداد قابل‌توجهی از عناوین مرتبط با آن، می‌تواند نشانه‌ای از پیشرفت در زمینه پیاده‌سازی استم در کتب درسی باشد.

علاوه بر این، روند تغییرات عناوین درسی در سال‌های مختلف نشان‌دهنده افزایش تعداد عناوین درسی است، اما نسبت هر یک از موضوعات همچنان ثابت و معنادار نیست. حتی در تدوین محتوای اجتماعی و تاریخی در کتب علوم نیز، سیاست منسجمی مشاهده نشده است.

تحلیل محتوای این کتب با استفاده از رویکرد استم، نشان‌دهنده اهمیت ادغام علوم مختلف و تشویق تفکر بین‌رشته‌ای در فرآیند یاددهی و یادگیری است. این پژوهش می‌تواند مبنایی برای بهبود محتوای آموزشی و طراحی کتب درسی آینده باشد و پیشنهاد می‌شود که برنامه‌ریزان آموزشی و مؤلفان کتب درسی به این نکته توجه ویژه‌ای داشته باشند. نتایج و بررسی‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که مؤلفان کتاب‌های کنونی علوم تجربی دوره ابتدایی نگاه ویژه‌ای به علم در کتاب درسی داشته‌اند و استم یک‌پارچه هدف غایی آن‌ها نبوده است. با توجه به مزایای روش استم در صورتی که تدوینگر کتاب درسی به منظور بهبود متون درسی کتاب‌ها در برابر این پرسش قرار گرفته باشد که سطح نفوذ استم در کتاب‌های درسی به چه میزان است، پاسخ پژوهش حاضر این خواهد بود که تأکید بر عملگرایی در برابر تأکید بر علم در کتاب‌های کنونی ضعیف است و استم یک‌پارچه کمتر مورد توجه قرار گرفته است. با این وجود، نمی‌توان نگاه نسبتاً مناسب

¹ Cunningham

کتاب‌های کنونی را به طور کلی تخطئه کرد و این پژوهش به برخی نقاط روشن و امیدبخش نیز در کتاب‌های کنونی دست یافته است. از زاویه‌ای دیگر، در چارچوب یک نظام مبتنی بر علم می‌توان نگاه مؤلفان را بسیار روشن‌بینانه دانست. اما نتیجه اصلی پژوهش حاضر، این است که کتاب‌های درسی در خارج از نظام مورد نظر استم یک‌پارچه تألیف شده‌اند.

در نهایت، این پژوهش می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای بهبود محتوای آموزشی و طراحی کتب درسی آینده مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، پیشنهاد می‌شود که تحقیقات آینده به بررسی کیفیت علمی مباحث و تأثیر آن‌ها بر یادگیری دانش‌آموزان بپردازند تا بتوانند به ارتقای فرآیند یاددهی و یادگیری در حوزه علوم تجربی کمک کنند. چرا که پژوهش حاضر، به بررسی کمی پرداخته است، اما سطح علمی و کیفی مباحث نیز می‌تواند موضوعی جداگانه و مهم برای بررسی‌ها و پژوهش‌های بعدی باشد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

موازین اخلاقی

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

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان به صورت برابر در نگارش این مقاله مشارکت داشته‌اند.

تشکر و قدردانی

از دانشگاه فرهنگیان که ما را در انجام این پژوهش یاری کرد، سپاسگزاریم.

References

- Ahmadi, E. (2023). Investigating the importance of the STEM approach in education. In Proceedings of the 16th National Conference on Management Research and Humanities in Iran, Tehran, Iran.
- Amini, K., Ghanbari, M., & Beheshtian, J. (2021). Designing educational content on entropy with the STEM approach and concept map. *Research in Chemistry Education*, 3(4), 1–27.
- Amiri, F., & Golseftan, M. R. (2019). STEM approach and its implementation requirements in Iran. *Journal of Education in Basic Sciences*, 5(16), 48–50.
- Asghari Asl Sardrood, M., Maleki Avarsin, S., Baghayi, H., & Yari Haj Atalou, J. (2022). Characteristics of the elements of the science education curriculum based on the STEAM method. *Journal of Educational Innovations*, 21(4), 105–132.
- Bahrami Maddah, A. M., Fathinia, M., Haghigat, H., & Serkan, Z. (2023). Designing educational content for the subject of electrochemistry by combining STEM and TPACK approaches. *Research in Chemistry Education*, 4(3), 1–28.
- Bell, S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The Clearing House*, 83(2), 39–43.
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3–11.
- Cheng, M. F., Lo, Y. H., & Cheng, C. H. (2024). The impact of STEM curriculum on students' engineering design abilities and attitudes toward STEM. *International Journal of Technology and Design Education*, 34, 1–29.
- Dalvi, T. S. (2018). *Engineering in elementary STEM education: Curriculum design, instruction, learning, and assessment* (Book review of Christine M. Cunningham). Teachers College Press.

- Davoudi, S. T., Davoudi, T., Davoudi, R., & Davoudi, S. M. (2023). STEM strategy: A novel approach to effective education. In Proceedings of the 14th National Conference on Management and Humanities Science Research in Iran, Tehran, Iran.
- DeCoito, I. (2024). STEM education: Curriculum and pedagogy. In *Global perspectives on STEM education: Theory and practice* (pp. 51–72). Springer.
- Forbes, A., Chandra, V., Pfeiffer, L., & Sheffield, R. (2021). *STEM education in the primary school: A teacher's toolkit*. Cambridge University Press.
- Ghalkhani, M., & Esmaceli, K. (2021). Designing educational content for corrosion based on the STEM approach for undergraduate chemistry students. *Research in Chemistry Education*, 3(4), 45–70.
- Kadkhoda, A. M., Ahmadi, F., Hamidi, F., & Nowroozi Larki, F. (2023). Effects of the STEM approach on students' problem-solving skill in science education. *Quarterly of Iranian Distance Education Journal*, 5(1), 144–154.
- Karimzadeh, E., Ayati, M., & Pourshafei, H. (2022). Implementation problems of integrated STEM education: A systematic review. *Interdisciplinary Studies in Education*, 1(1), 85–102.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3, 1–11.
- Kennedy, T. J., & Tunnicliffe, S. D. (2022). Introduction: The role of play and STEM in the early years. In *Play and STEM education in the early years: International policies and practices* (pp. 3–37). Springer.
- Li, Y., & Anderson, J. (2020). STEM integration: Diverse approaches to meet diverse needs. In *Integrated approaches to STEM education: An international perspective* (pp. 15–20).
- Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 1–16.
- Mirrahimi, M. S., & Ahmadi, P. (2022). Investigation and analysis of the status of the transdisciplinary STEM approach in the school curriculum. *Journal of Educational Research*, 10(44), 47–55.
- Moomaw, S. (2024). *Teaching STEM in the early years: Activities for integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Redleaf Press.
- Murphy, C., Venkat, H., Leahy, M., Broderick, N., Kelly, O., Butler, D., Harbison, L., Lawlor, C., & Naughton, Y. (2023). *STEM education: Curriculum and literature overview & primary science education: Systematic literature review*. National Council for Curriculum and Assessment.
- Portillo-Blanco, A., Deprez, H., De Cock, M., Guisasola, J., & Zuza, K. (2024). A systematic literature review of integrated STEM education: Uncovering consensus and diversity in principles and characteristics. *Education Sciences*, 14(9), 1028.
- Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ring-Whalen, E., & Wieselmann, J. R. (2021). Understanding coherence and integration in integrated STEM curriculum. *International Journal of STEM Education*, 8, 1–21.
- Sanders, M. E. (2008). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20–26.
- Suhirman, S., & Prayogi, S. (2023). Overcoming challenges in STEM education: A literature review that leads to effective pedagogy in STEM learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(8), 432–443.
- Zolfaghari, P., Ebrahimi Dabbagh, M., & Aryanfar, M. (2022). Evaluation of the effectiveness of teaching physics topics using the STEM method on tenth-grade experimental science students in Neishabour City. *Journal of Education in Basic Sciences*, 8(27), 18–27.