Ministry of Education
Islamic Republic of IRAN

ISSN: 1235-1735

Quarterly Journal of
Educational Innovations

Organization for Educational Research and Planning

Abstract

Identifying the elements of the STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) curriculum in the primary education of Iran: a synthesis-research approach

■ Farzāneh Askary, PhD Candidate in Curriculum Planning, University of Tehran, Tehran, Iran[1]
■ Mohammad Javādipour (PhD), University of Tehran, Tehran, Iran[2]

The aim of the current research was to identify the elements of the STEM curriculum at the primary school level. Data were collected based on a qualitative research of the synthesis type, using the seven steps of Newman and Gough (2020). The research population included all the valid scientific articles related to the topic in the period between 2001-2023, which have been registered in the specialized and scientific databases inside and outside the country. After several stages of screening and using the Critical Appraisal Skills Program (CASP) criteria, 40 sources were purposefully selected, coded and analyzed, and the elements of the STEM curriculum were analyzed based on Aker's spider web model. The results showed that the logic of the STEM approach is learner-oriented and in line with the theory of constructivism, which seeks to create a holistic view in the student in order to understand the relationship between the four fields of Science, Technology, Engineering and Mathematics. The aim of this approach is to acquire the skills of the 21st century, to train students who can overcome the real problems of the current world with thinking and problem solving skills and also to provide effective solutions. The implementation of this method requires a change in the teachers' attitudes from traditional to modern approaches and training and preparation of teachers, which makes possible the step-by-step and gradual implementation of this approach, even in the current structure. Finally, after introducing the elements of such a curriculum, suggestions were made for its implementation at the primary education level.

Keywords Curriculum Elements, STEM Approach, Primary Education, Synthesis

E-mail: 1. farzanehaskary@ut.ac.ir **2.** javadipour@ut.ac.ir **(Corresponding Author)**

Serial No.86. 22(2): Summer. 2023
Quarterly Journal of Educational Innovations
Published by Tehran University of Medical Sciences

Copyright © The Authors.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱۹۱-۲۲۰

شناسایی عناصر برنامهٔ درسی استم (علوم، فناوری، مهندسی، ریاضیات) در دورهٔ ابتدایی کشور ایران: رویکردی سنتزپژوهانه

فرزانه عسکری* ■ محمد جوادی‌پور**

چکیده:

هدف پژوهش حاضر شناسایی عناصر برنامهٔ درسی استم در دورهٔ ابتدایی است. داده‌ها براساس پژوهشی کیفی از نوع سنتزپژوهی و با استفاده از گام‌های هفت‌گانهٔ نیومن و گاف (۲۰۲۰) جمع‌آوری شده‌اند. قلمروِ پژوهش شامل همهٔ مقالات علمی معتبر مرتبط با موضوع در بازهٔ زمانی ۲۰۰۱-۲۰۲۳ است که در پایگاه‌های تخصصی و علمی داخل و خارج کشور ثبت شده‌اند و از میان آن‌ها، پس از چند مرحله غربالگری و معیار مهارت‌های ارزیابی حیاتی، ۴۰ منبع به‌صورت هدفمند انتخاب و کدگذاری و تحلیل شدند. همچنین، عناصر برنامهٔ درسی استم براساس الگوی تارعنکبوتی اکر بررسی شد. نتایج پژوهش نشان داد که منطق رویکرد استم یادگیرنده‌محور و همسو با نظریهٔ سازنده‌گرایی است که به‌دنبال ساختن دیدی کل‌نگر در دانش‌آموز به‌منظور درک و فهم ارتباط بین چهار حوزهٔ علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات است. هدف این رویکرد، کسب مهارت‌های قرن ۲۱ و پرورش دانش‌آموزانی است که با مهارت تفکر و حل مسئله بتوانند بر مسائل واقعی دنیای کنونی فائق آیند و راهکارهای مؤثر ارائه دهند. اجرای این روش، نیازمند تغییر نگرش معلمان از رویکردهای سنتی به نوین و آموزش و آماده‌سازی معلمان است. افزون‌براین، اجرای گام‌به‌گام و تدریجی این رویکرد، حتی در ساختار کنونی، امکان‌پذیر است. درنهایت، پس از معرفی عناصر برنامهٔ درسی، پیشنهادهایی برای اجرای آن در دورهٔ ابتدایی ارائه شد.

کلید واژه‌ها: رویکرد استم، سنتزپژوهی، دورهٔ ابتدایی، عناصر برنامهٔ درسی

■ تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۷/۱۵ ■ تاریخ شروع بررسی: ۱۴۰۱/۸/۱۹ ■ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۱۱/۳۰

* دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی درسی، دانشکدهٔ روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. **E-mail:** farzanehaskary@ut.ac.ir

** **(نویسندهٔ مسئول)** دانشیار گروه روش‌ها و برنامه‌های درسی، دانشکدهٔ روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. **E-mail:** javadipour@ut.ac.ir

مقدمه

به‌موازات پیشـــرفت علم و فناوری، رقابت در ســـطح جهانی نیز شـــتاب روزافزونی گرفته است که به‌موجب آن کشـــورها تغییراتی را در سیاســـت‌های آموزشـــی خود لحاظ کرده‌اند و کیفیت برنامه‌های آموزشی خود را با بازنگری و اصلاح ارتقا بخشیده‌اند. به‌همین‌منظور، حوزه‌های علوم، فناوری، ریاضیات و مهندســـی در سال‌های اخیر دستخوش تغییراتی شـــده‌اند؛ بنیاد ملی علوم[1] کشور امریکا ترکیب این حوزه‌ها را به‌صورت مهندســـی، علوم، ریاضیات، فناوری (اســـمت)[2] در اوایـــل دهۀ ۱۹۹۰ به‌کار گرفت. برای نخســـتین‌بار، در ۲۰۰۱ جودیت رامالی[3]، مدیر اسبق بخش منابع انسانی بنیاد ملی علوم[4]، اصطلاح مهندسی، علوم، فناوری، و ریاضیات (استم)[5] را مطرح کرد (۶، ۲۰۱۶، به نقل از ویز[7] و همکاران، ۲۰۱۶) و این روش آموزشـــی به‌سرعت در کشـــور امریکا و تعدادی از کشورها به‌کار گرفته شد. بنیاد ملی علوم (۲۰۰۹) دلایل عمدۀ اســـتقبال از طرح استم در کشور امریکا را ازیک‌سو، عملکرد متوسط دانش‌آموزان در دو حوزۀ ریاضی و علوم در آزمون روند بین‌المللی مطالعات ریاضیات و علوم (تیمز)[8] و ازســـوی‌دیگر، استقبال کمتر از یک‌سوم دانشجویان امریکایی از رشته‌های استم به‌نسبت کشورهایی مانند چین و ژاپن مطرح کرده است.

امروزه تعداد زیادی از صنایع، برای تولید محصولات هوشـــمند و به‌تبع آن رشـــد اقتصاد، نیازمند رشد دانش در حوزۀ استم‌اند. نیاز به نیروی کار ماهر و پیشرفت سریع فناوری‌ها دو نیروی محرک برای گســـترش استم به‌شـــمار می‌روند (واترز و ارنج[9]، ۲۰۲۲). ازاین‌رو، شورای تحقیقات مل[10] کشور امریکا در ۲۰۱۱، اســـتم را به‌مثابۀ دستاوردهای فرهنگی بشـــریت، قدرت اقتصاد و جنبه‌های اساسی زندگی شهروندان و کارگران و مصرف‌کنندگان تعریف کرد. در تعریفی دیگر، براون[11] و همکاران (۲۰۱۷) آموزش رویکرد استم را وسیله‌ای برای افزایش درک دانش‌آموزان از یک دوره، واحد یا درس با تلفیق دو یا چند حوزۀ استم و فهم ارتباط آن‌ها معرفی کرده‌اند (کوکاباس[12] و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین کلی و ناولز[13] (۲۰۱۶) تعریف جامع‌تری از اســـتم ارائه داده‌اند: «رویکردی برای آمـــوزش دو یا چند محتوا در برنامۀ درســـی که علوم، فناوری، ریاضیات و مهندسی را در زمینه‌های مرتبط با مشکلات زندگی واقعی به‌هم متصل می‌کند تا تجربیات یادگیری دانش‌آموزان را افزایش دهد».

درواقع اســـتم الگو، روش آموزشـــی یا راهبردی نیســـت؛ بلکه رویکردی است که در پی آموزش سازنده‌گرا، برای تمامی دانش‌آموزان، از پیش‌دبستان تا دانشگاه، مطرح شده است (تانک و باگسبی[14]، ۲۰۲۱). قبـــل از درک چگونگی تلفیق حوزه‌های اســـتم، باید به این نکته توجه کرد که هر رشـــته، مفروضات معرفت‌شـــناختی و ویژگـــی خاص خود را دارد. علوم به‌دنبـــال توصیف و پیش‌بینی جهان طبیعی ازطریق جمع‌آوری شـــواهد تجربی اســـت. ریاضی، علم الگوها و روابط است. فناوری ایده‌های نوین در علوم و ریاضیات را به‌منظور طراحی‌های جدید به‌کار می‌گیرد و مهندسی بر استفاده از دانش و مهـــارت ریاضیات و علوم برای ایجاد راه‌هایی با هدف اســـتفادۀ اقتصادی از مواد و نیروهای طبیعت

به نفع بشـــریت تأکید دارد. در تلفیق این چهار حوزه، علوم و ریاضیات مکانیسم‌های طبیعی جهان را کشف می‌کنند و مهندسی و فناوری از این دانش، برای تأثیرگذاری و طراحی در دنیای مدرن استفاده می‌کنند (ویز و همکاران، ۲۰۱۶).

تجربه‌هـــای یادگیری در کلاس درس، باید دانش‌آموزان را بـــرای رویارویی با چالش‌های واقعی زندگی روزمره و دنیای کار آماده کند. رویکرد اســـتم با این هدف شـــکل گرفته است که دانش‌آموزان بـــا درک ارتبـــاط چهار حوزهٔ علوم، فناوری، مهندســـی و ریاضی به‌صورت تلفیقـــی و به‌روش علمی، مهارت‌های قرن ۲۱ را کسب کنند (گالوپ[۱۵] و همکاران، ۲۰۲۱). سازمان همکاری و توسعهٔ اقتصادی[۱۶] (۲۰۱۷) مهارت‌هـــای قرن ۲۱ را تحـــت عنوان مهارت‌های نرم یا کاربردی[۱۷] معرفی کرده اســـت که عبارت‌اند از: مهارت‌های یادگیری و نوآوری (تفکر انتقادی، حل مسئله، ارتباطات و همکاری، خلاقیت و نوآوری)، مهارت‌های ســـواد دیجیتالی (سواد اطلاعاتی، ســـواد رسانه‌ای، سواد اطلاعاتی و ارتباطی) و مهارت‌های شـــغلی و زندگی (انعطاف‌پذیری و ســـازگاری، ابتکار عمل، تعامل اجتماعی و فرهنگی، بهره‌وری و پاســـخ‌گویی). این مهارت‌ها برای موفقیت دانش‌آموزان در جامعه‌ای که به‌ســـرعت درحال تغییر اســـت حیاتی است و هرچه این مهارت‌ها در سنین پایین‌تری شکل بگیرد، یادگیری عمیق‌تری را به‌دنبال خواهد داشت (لانگ[۱۸] و همکاران، ۲۰۲۲). مک‌کلور[۱۹] و همکاران (۲۰۱۷) دورهٔ ابتدایی را مهم‌ترین زمان برای شـــکل‌گیری علاقهٔ دانش‌آموزان به رویکرد استم مطرح کرده‌اند و معتقدند شروع رویکرد اســـتم در دورهٔ ابتدایی، باعث تفاوت در یادگیری کودکان و انتخاب مسیرهای شغلی آن‌ها در آینده می‌شـــود. همچنین، باعث می‌شـــود برخی دختران که علاقهٔ کمتری به ادامهٔ تحصیل و کار در رشـــته‌های استم دارند، به‌تدریج به این حوزه علاقه‌مند شوند. افزون‌براین، توانایی استدلال فضایی در دانش‌آموزان ابتدایی، مهارت ارزشمندی است که در آیندهٔ شغلی و حرفه‌ای دانش‌آموزان تأثیر بسزایی دارد. مهندس برای ساختن پل، شیمی‌دان برای دیدن ساختار سه‌بعدی مولکول، معمار برای طراحی ساختمان و پزشـــکان در جراحی لاپاراسکوپی همه به توانایی استدلال فضایی نیاز دارند. این توانایی ازطریق آموزش استم در دانش‌آموزان ابتدایی رشد و توسعه می‌یابد و آن‌ها را برای مشاغل آینده آماده می‌سازد (کینگ[۲۰]، ۲۰۱۵).

به‌کارگیری آموزش استم در دورهٔ ابتدایی از دو جنبه اهمیت و ضرورت دارد. جنبهٔ اول اینکه استم رویکردی اجتماعی است و سواد استم برای پرداختن و حل مشکلات واقعی دنیای امروز اهمیت فراوانی دارد و جنبهٔ دوم اینکه اســـتم رویکردی اقتصادی اســـت که به دانش‌آموزان این امکان را می‌دهد تا در آینده در برابر رقابت جهانی مقاومت کنند و به بهره‌وری ملی یاری رسانند (کروکو و کاباک[۲۱]، ۲۰۲۱). در امریکا درزمینهٔ آموزش استم در مدارس ابتدایی سرمایه‌گذاری بسیاری شده است؛[۲۲] زیرا شورای مشاوران کار و فناوری[۲۳] (۲۰۱۲) اعلام کرده بود نوآوری اســـتم نه‌فقط بر اقتصاد کشور، بلکه بر استاندارد زندگی شهروندان تأثیر می‌گذارد و بی‌توجهی به آن در نظام آموزشی، اقتصاد را مختل خواهد کرد و باید آموزش

استم از دورهٔ ابتدایی در دستور کار آموزشی قرار گیرد. ادارهٔ آمار کار[۲۴] امریکا (۲۰۲۰) پیش‌بینی کرده است که بین سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۶ مشاغل مربوط به استم حدود ۹۰۰هزار شغل افزایش می‌یابد و باید در حوزهٔ آموزش استم به کودکان، سرمایه‌گذاری بیشتری شود تا در آینده، جایگاه اقتصادی کشور در جهان حفظ شود (رازی و ژو[۲۵]، ۲۰۲۲).

علاوه‌براین، پیاده‌سازی رویکرد استم در مقطع ابتدایی از مقاطع دیگر کارآمدتر است؛ زیرا معمولاً یک معلم همهٔ موضوعات را تدریس می‌کند و همین امر، آماده‌سازی معلمان را دست‌یافتنی‌تر می‌کند. همچنین، در دورهٔ ابتدایی ازلحاظ ارزشیابی فشار کمتری وارد می‌شود؛ به همین دلیل، تلفیق درس‌ها برای برنامه‌ریزان و معلمان و دانش‌آموزان به امری دشوار تبدیل نخواهد شد (پارک[۲۶] و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین، تحقیقات نشان می‌دهد دانش‌آموزانی که در دورهٔ ابتدایی با رویکرد استم آموزش دیده‌اند، در دورهٔ متوسطه نمرات بالاتری در ریاضی و علوم به‌نسبت دیگران کسب کرده‌اند (لانگ و همکاران، ۲۰۲۲ و گالانتی و هالینچگ[۲۷]، ۲۰۲۲).

درحال‌حاضر، نظام‌های آموزشی کشورهایی مانند امریکا، سنگاپور، استرالیا، نیوزیلند، انگلستان و بسیاری از کشورهای پیشرو در تمامی مقاطع، به‌ویژه مقطع ابتدایی، رویکرد استم را به‌کار می‌گیرند و به‌شدت حمایت مالی می‌کنند؛ به‌طوری‌که اغلب مدارس دولتی و خصوصی این برنامه را اجرا می‌کنند؛ درحالی‌که این رویکرد کاملاً در کشور ایران مغفول مانده و در هیچ‌یک از مدارس دولتی یا غیردولتی اجرا نمی‌شود و هریک از حوزه‌های استم جداگانه و مجزا آموزش داده می‌شود. درصورتی‌که نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد آموزش علوم و ریاضی به‌روش سنتی و به‌صورت مجموعه‌ای جدا از هم، باعث می‌شود دانش‌آموزان نتوانند ارتباط بین آن‌ها و کاربردشان در زندگی واقعی را به‌خوبی درک کنند (هارلن[۲۸]، ۲۰۱۵؛ گالانتی و هالینچگ، ۲۰۲۲). این مشکل در نظام آموزشی ما کاملاً مشهود است؛ به‌طوری‌که تلفیق‌نکردن و انسجام‌بخشی در آموزش علوم و ریاضی موجب می‌شود یادگیری معنی‌دار شکل نگیرد، بلکه باعث نوعی یادگیری ساختارمند در دانش‌آموزان می‌شود. همچنین، مهارت‌های فراشناختی در دانش‌آموزان افزایش نمی‌یابد (طهماسب‌زاده و همکاران، ۱۳۹۸؛ احمدی، ۱۳۹۹). علاوه‌براین، لین[۲۹] و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند به‌منظور رغبت بیشتر دانش‌آموزان به ادامهٔ تحصیل و انتخاب شغل در رشته‌های استم، باید از دوران ابتدایی کنجکاوی و ذهنیت مثبت و علاقه‌مندی به رشته‌های استم در دانش‌آموزان به وجود آید که این امر، نیازمند تدوین و اجرای برنامهٔ درسی هدفمند و باکیفیت و دانش‌آموزمحور است.

آنچه ضرورت به‌کارگیری رویکرد استم را در نظام آموزشی ایران به‌ویژه در دورهٔ ابتدایی نشان می‌دهد، نتایج ضعیف دانش‌آموزان ایرانی در آزمون بین‌المللی تیمز (۲۰۱۹) در پایهٔ چهارم و هشتم است؛ هرچند دانش‌آموزان ایرانی در آزمون تیمز ۲۰۱۹ نسبت به آزمون سال ۲۰۱۵ (به‌جز علوم پایهٔ هشتم) پیشرفت داشته‌اند؛ اما همچنان نمرات دانش‌آموزان ایرانی به نقطهٔ معیار بین‌المللی (۴۷۵) و

نمرهٔ میانی آزمون (۵۰۰) نرسیده است. در گزارشی که پژوهشگاه مطالعات آموزش و پرورش از عملکرد دانش‌آموزان ایرانی در مطالعهٔ تیمز ۲۰۱۹ منتشر کرد، اعلام شد متوسط درصد پاسخ دانش‌آموزان ایرانی به سؤالات، از میانگین کشورهای شرکت‌کننده، ۲۰ تا ۳۰درصد پایین‌تر بوده است. درصورتی‌که، بین ۸۰ تا ۹۰درصد سؤالات از برنامهٔ درسی اجراشده در مدارس بود. این نسبت برای سایر کشورها حدود ۴۵درصد و برای کشور سنگاپور حدود ۷۵درصد بوده است. از عوامل تأثیرگذار بر این نتایج می‌توان روش‌های تدریس سنتی و ناکارآمد و عقب‌ماندن از سایر کشورهایی که روش‌های نوین و کارآمدی مانند استم را در نظام آموزشی خود به‌کار گرفته‌اند، نام برد. به‌طور مثال سنگاپور در آزمون تیمز ۲۰۱۹ رتبهٔ نخست را در بین کشورهای شرکت‌کننده کسب کرده است (مولیس[۳۰] و همکاران،۲۰۲۰). این کشور از سال ۲۰۰۵ آموزش استم را آغاز کرده و به‌سرعت در مدارس خود گسترش داده است. رویکرد استم در این کشور به‌شدت تحت حمایت مالی و نظارت و پشتیبانی دولت و بخش خصوصی قرار دارد (تئو[۳۱]، ۲۰۲۱) و این یکی از دلایلی است که موفقیت دانش‌آموزان سنگاپوری را در آزمون بین‌المللی تیمز تضمین کرده است.

اصلاح این وضعیت، ضروری و نیازمند فرایندی برنامه‌ریزی‌شده است؛ به‌طوری که در طراحی برنامهٔ درسی دورهٔ ابتدایی، کلیهٔ عناصر برنامهٔ درسی همسو با یکدیگر تعیین شوند. جامع‌ترین دسته‌بندی از عناصر برنامهٔ درسی را اکر[۳۲] (۲۰۰۳) ارائه داده است که شامل منطق، مقاصد و اهداف، محتوا، فعالیت‌های یادگیری، نقش معلم، مواد و منابع، گروه‌بندی، مکان، زمان و ارزشیابی است. اکر با مرکز قراردادن عنصر منطق، الگویی به شکل تارعنکبوت ارائه کرده است که نشان می‌دهد همهٔ عناصر باید همسو با یکدیگر حول محور منطق تعیین شوند و کیفیت هریک از عناصر در کل برنامهٔ درسی تأثیرگذار است. طراحی و اجرای رویکرد استم، مستلزم شناخت ویژگی‌های هریک از عناصر و نقش آن‌ها در برنامهٔ درسی است. بنابراین، با توجه به اینکه درحال حاضر ازیک‌سو، رویکرد نوین استم در نظام آموزشی کشور مغفول مانده است و ازسوی‌دیگر، استم این ظرفیت را دارد که با آموزش از دورهٔ ابتدایی خلاقیت و تفکر حل مسئله و تولید ایده‌های نو را در دانش‌آموزان پرورش دهد و به‌تبع آن، موجبات رونق صنعت و اقتصاد را در آینده فراهم کند، در پژوهش حاضر سعی شده است ویژگی‌های این رویکرد بررسی شود. از زمان شکل‌گیری رویکرد استم (۲۰۰۱) پژوهش‌های خارجی فراوانی در این حوزه انجام شده است. در سال‌های اخیر نیز پژوهش‌های اندکی در ایران انجام شده که سنتزپژوهیِ یافته‌های این پژوهش‌ها می‌تواند اطلاعات مفیدی را در اختیار سیاست‌گذاران آموزشی و برنامه‌ریزان درسی قرار دهد. بنابراین، با توجه به فقدان مطالعه‌ای سنتزپژوهانه در این حوزه، در پژوهش حاضر سعی شده است دستاوردهای پژوهش‌های داخلی و خارجی با هدف شناسایی عناصر برنامهٔ درسی استم در دورهٔ ابتدایی بررسی شود. مطالعهٔ حاضر به‌منظور پاسخ‌گویی به این سؤال تدوین شده است که: یافته‌های پژوهشی عناصر برنامهٔ درسی استم را در دورهٔ ابتدایی چگونه تبیین می‌کنند؟

روش پژوهش

پژوهش حاضر در زمرهٔ پژوهش‌های کیفی و مبتنی‌بر روش سنتزپژوهی است که ترکیب ویژگی‌ها و عوامل خاص ادبیات پژوهش را دربر می‌گیرد. چالمرز[۳۳] و همکاران (۲۰۰۲) معتقدند علم قابلیت تجمیع یا تراکم نظام‌مند دانش‌های تولیدشدهٔ پیشین را دارد و سنتزپژوهی یکی از روش‌هایی است که قابلیت تجمیع علم را ممکن می‌سازد. این نوع پژوهش براساس حقایق و یافته‌های جدید نیست؛ بلکه براساس بررسی، غربالگری، طبقه‌بندی و سنتز اطلاعات موجود در نشریات پیشین است (کوپر[۳۴] و همکاران، ۲۰۰۹). در پژوهش حاضر، از گام‌های هفت‌گانهٔ نیومن و گاف[۳۵] (۲۰۲۰) استفاده شده است.

- **گام اول: سؤالات و چارچوب مفهومی پژوهش:** در اولین گام، باید با توجه به هدف و سؤال پژوهش، ساختار، چارچوب و یا اصول پژوهش مشخص و دربارهٔ پاسخ به سؤالات چه و کجا و چگونه تصمیم‌گیری شود.

- **گام دوم: معیارهای انتخاب:** در این گام، مطالعاتی که با توجه به هدف و سؤالات پژوهش مناسب تشخیص داده شوند وارد فرایند انتخاب و مطالعات غیرمرتبط از فرایند خارج می‌شوند. به‌همین‌دلیل، به این گام «معیار ورود و خروج» نیز گفته می‌شود (گاف و نیومن، ۲۰۲۰). جدول ۱ معیارهای انتخاب در پژوهش حاضر را نشان می‌دهد.

جدول ۱. معیارهای انتخاب پژوهش‌ها

جغرافیای پژوهش	سراسر دنیا
زبان پژوهش	• فارسی و انگلیسی
نوع پژوهش	• مقالات مروری و پژوهشی با روش کیفی
سال انتشار	• بازهٔ زمانی بیست‌ودو سال اخیر، از آغاز به‌کارگیری استم تاکنون (۲۰۲۳-۲۰۰۱)
معیار انتخاب مقالات	• پژوهش‌های کیفی چاپ‌شده در مجلات معتبر با دسترسی باز به متن کامل، مرتبط با کلیدواژه‌ها و ویژهٔ دورهٔ ابتدایی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

- **گام سوم: تدوین راهبرد جست‌وجو:** در این گام، به جست‌وجوی نظام‌مند مقالات منتشرشده درزمینهٔ رویکرد استم در نشریه‌های معتبر پرداخته شده است. جدول ۲ فرایند جست‌وجوی مطالعات را نشان می‌دهد.

جدول ۲. فرایند جست‌وجو و انتخاب مطالعات

پایگاه‌های اطلاعاتی داخلی	پرتال جامع علوم انسانی، بانک اطلاعات نشریات ایران (مگیران)، پایگاه مجلات تخصصی نور (نورمگز)، پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی
پایگاه‌های اطلاعاتی خارجی	● اریک[۳۶]، اسکوپوس[۳۷]، ساینس دایرکت[۳۸]، اسپرینگر[۳۹]، گوگل اسکولار[۴۰]، الزویر[۴۱] و پروکوئست[۴۲]
کلیدواژه‌های جست‌وجو	● استم، رویکرد تلفیقی استم

◆ **گام چهارم: فرایند انتخاب مقالات (غربالگری)**: در این گام، پژوهشگر به مطالعهٔ مقالات یافته‌شده می‌پردازد و به‌دنبال پاسخ این سؤال است که آیا متون یافته‌شده متناسب با هدف و سؤال پژوهش است یا خیر؟ بدین‌منظور، مجموعه‌مقالات بازبینی می‌شوند و در هر مرحله، تعدادی مقاله حذف می‌شوند (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج جست‌وجو و انتخاب مقالات (غربالگری)

مرحلهٔ اول: بررسی عنوان مقالات یافت‌شده		
تعداد مقالات: ۱۱۲۰	مقالات حذف‌شده: ۸۶۰	مقالات باقی‌مانده: ۲۶۰
مرحلهٔ دوم: بررسی چکیده مقالات باقی‌مانده		
تعداد مقالات: ۲۶۰	مقالات حذف‌شده: ۱۴۸	مقالات باقی‌مانده: ۱۱۲
مرحلهٔ سوم: بررسی محتوای مقالات باقی‌مانده		
تعداد مقالات: ۱۱۲	مقالات حذف‌شده: ۵۹	مقالات باقی‌مانده: ۵۳
مرحلهٔ چهارم: ارزیابی کیفی		
تعداد مقالات: ۵۳	مقالات حذف‌شده: ۳	مقالات باقی‌مانده: ۵۰

در مرحلهٔ چهارم و آخرین مرحله، به‌منظور ارزیابی کیفی مقالات، از شاخص برنامهٔ مهارت‌های ارزیابی حیاتی (کسپ[۴۳]، ۲۰۱۸) استفاده شد. این ابزار با دَه پرسش به پژوهشگر کمک می‌کند که دقت و اعتبار و اهمیت مقاله‌ها را با پرسش‌هایی دربارهٔ مناسب‌بودن روش، واضح‌بودن اهداف، مناسب‌بودن روش تحلیل داده‌ها و ارزشمندبودن پژوهش بررسی کند. براین‌اساس، بعد از بررسی ۵۳ مقالهٔ انتخاب‌شده، سه مقاله به دلیل نداشتن حداقل معیارهای علمی حذف و ۵۰ مقاله برای بررسی و تجزیه‌وتحلیل انتخاب شدند.

- **گام پنجم: کدگذاری مطالعات:** در این گام، پژوهش‌های غربال‌شده مرتب می‌شوند تا از اطلاعات به‌دست‌آمده برای ترکیب در گام هفتم استفاده شود. بدین‌منظور، تمامی عوامل استخراج‌شده به‌منزلهٔ کد اولیه در نظر گرفته می‌شوند و سپس با درنظرگرفتن مفهوم هریک از کدها، براساس شباهت موضوعی دسته‌بندی و کدگذاری نهایی می‌شوند.

- **گام ششم: ارزیابی کیفیت:** در این گام، پژوهش‌ها براساس دو معیار کلی کیفیت و مرتبط‌بودن، واکاوی انتقادی می‌شوند. گاف[۴۴] (۲۰۲۱) ابزار ارزیابی کیفیت کسپ را به‌منزلهٔ روشی مناسب برای سنجش کیفیت در پژوهش‌های کیفی توصیه می‌کند که در گام چهارم توضیح داده شد. برای تعیین روایی پژوهش نیز از روایی محتوایی استفاده شد و روایی در دو مرحله تأیید شد: در مرحلهٔ اول، پژوهشگر از روش خودبازبینی[۴۵] استفاده کرد؛ به این روش که مجدداً کل فرایند جمع‌آوری و غربالگری و کدگذاری را بازبینی کرد و در مرحلهٔ دوم دو تن از کارشناسان حوزهٔ برنامهٔ درسی فرایند پژوهش را تأیید کردند.

- **گام هفتم: سنتز:** در این گام، یافته‌های پژوهش‌های منتخب در ترکیب با یکدیگر در هویتی جدید بازآفرینی می‌شوند. در پژوهش حاضر، از رویکرد سنتزپژوهی ترکیبی[۴۶] استفاده شده که فرایندی استقرایی است و در آن مفاهیم به‌منظور تولید سطح بیشتری از تبیین‌ها تفسیر می‌شوند.

یافته‌های پژوهش

با توجه به مراحل هفت‌گانهٔ سنتزپژوهی، در این بخش به سؤال پژوهش پرداخته می‌شود.

یافته‌های پژوهشی، عناصر برنامهٔ درسی استم در دورهٔ ابتدایی را چگونه تبیین می‌کنند؟

با توجه به تحلیل منابع منتخب و معیارهایی که در گام پنجم توضیح داده شد، کدگذاری اولیه انجام شد (جدول ۴).

جدول ۴. نتایج کدگذاری اولیه براساس منابع منتخب

ردیف	منبع	کدهای اولیه
۱	سجادی (۱۳۹۶)	• پرورش شهروند باسواد آماده برای چالش‌های قرن ۲۱، افزایش کارآمدی و اعتمادبه‌نفس، تربیت افراد متخصص و خلاق، استفاده از اوریگامی در آموزش ریاضیات
۲	رضایی و همکاران (۱۳۹۹)	• ایجاد انگیزه درزمینهٔ علاقه‌مندی به پژوهش علمی، همیاری گروهی در بستری تلفیقی، توجه به دست‌ورزی همراه ذهن‌ورزی در تهیهٔ برنامه‌ها، راهبردهای یادگیری مسئله‌محور، پژوهش‌محور، پروژه‌محور و طراحی‌محور، همسو با سازنده‌گرایی، نقش تسهیلگری معلم، محتوا و زمان انعطاف‌پذیر، فعالیت در گروه‌های کوچک

جدول ۴. (ادامه)

ردیف	منبع	کدهای اولیه
۳	**اصغری و همکاران (۱۴۰۱)**	• ارتباط‌گرایی و سازنده‌گرایی، رشد خلاقیت و مهارت‌های کارآفرینانه، یادگیری واقعی، تربیت یادگیرندهٔ دائمی، محتوا منطبق بر نیازها و علائق دانش‌آموزان، فعالیت‌محور، پرورش مهارت‌های عالی ذهنی، راهبردهای ترکیبی و خلاقانه، تأکید بر آموزش تفکر مستقل، منابع متنوع، درگیری شناختی، نیروی انسانی متخصص، فعالیت گروهی، زمان انعطاف‌پذیر، اختصاص زمان بیشتر به فعالیت‌های عملی، محیط مشارکتی و فناورانه، خلاقیت جمعی، ارزشیابی فرایندمحور و مبتنی‌بر شواهد
۴	**لوکه[۴۷] (۲۰۰۹)**	• پیاده‌سازی از ساده و پیچیده، از آسان به دشوار، از گسترده به عمیق، از عمومی به‌ویژه به‌صورت افزایشی، منطقی، نظام‌مند و منسجم، تناسب محتوا و زمان منعطف با سن و مهارت‌های پیش‌بینی‌شده برای سطوح گوناگون، ایده‌پردازی برای محصولات ساده مانند صندلی و کیف در دورهٔ ابتدایی و طراحی‌های پیچیده‌تر مانند چرخ‌دنده برای مقطع بالاتر، استفاده از کیت‌های طراحی، تمرکز فعالیت‌ها بر مسائل زندگی روزمره و حل مشکلات واقعی در زندگی، ارزشیابی از نوآوری، تعاملات کلاسی و تولیدات
۵	**سیرینترلکسی[۴۸] و همکاران (۲۰۰۹)**	• تفکر سطح بالا و به‌تبع آن مسئولیت یادگیری، استفاده از حواس چندگانه، تعامل با دیگران در پاسخ به مسئله و به‌تبع آن تقویت مهارت‌های ارتباطی و رفع استرس ناشی از شکست احتمالی، طراحی فعالیت‌های یادگیری سرگرم‌کننده و حمایتی مانند برگزاری نمایشگاه بین دو مدرسه و انتخاب مدرسهٔ منتخب، رقابت سالم بین گروه‌های کلاسی
۶	**کارپ و مالونی[۴۹] (۲۰۱۳)**	• محتوای انعطاف‌پذیر و چالش‌برانگیز، ارزشیابی فردی و گروهی، استفاده از رباتیک به دلیل هیجان‌انگیز و کاربردی‌بودن در تقویت مفاهیم علمی و بهبود مهارت‌های حل مسئله
۷	**آلبیون و اسپنس[۵۰] (۲۰۱۳)**	• به‌کارگیری پنج فعالیت درگیرشدن در مسئله، کاوش، توضیح، بسط و ارزیابی در استم، محتوایی با فعالیت‌های مرتبط با مسائل واقعی و روزمره، استفاده از معلمان باتجربه، تسلط معلم بر دانش استم و مهارت‌های فناورانه
۸	**لی و مک اینتایر[۵۱] (۲۰۱۴)**	• نقش دانشگاه‌ها در آماده‌سازی معلمان حرفه‌ای در حوزهٔ استم برای آموزش جنبه‌های نوآورانه علم
۹	**آدامز[۵۲] و همکاران (۲۰۱۴)**	• لزوم مهارت پرسشگری معلم به دلیل افزایش تفکر انتقادی و رشد فکری دانش‌آموزان، آموزش مبتنی‌بر مکان به‌ویژه مکان‌های خارج از مدرسه مانند اردوگاه‌ها، فضاهای سازنده با امکانات ویژه
۱۰	**سوکولاسکا[۵۳] و همکاران (۲۰۱۴)**	• نیاز به معلمانی با سواد فناورانه در سطح بالا به دلیل نبود نگرانی حرفه‌ای و ایجاد انگیزه در دانش‌آموزان، تعامل معلمان تازه‌کار با معلمان باتجربه
۱۱	**سهین[۵۴] و همکاران (۲۰۱۴)**	• افزایش علاقهٔ دانش‌آموزان به مشاغل حوزهٔ استم و انتخاب راحت‌تر شغل در آینده، تحقق مهارت‌های قرن ۲۱ شامل تفکر انتقادی، حل مسئله، همکاری، سازگاری، ابتکار و کارآفرینی، ارتباط مؤثر، تجزیه‌وتحلیل اطلاعات و کنجکاوی و تخیل، آشنایی دانش‌آموزان از نقاط قوت یکدیگر در کار مشارکتی با هدایت معلم (به‌طوری‌که درزمینهٔ برنامه‌نویسی و طراحی و تولید مکمل یکدیگر باشند)، فعالیت‌ها شامل رباتیک، طراحی، برنامه‌نویسی، فعالیت‌های حل مسئله ازطریق نرم‌افزارهای رایانه‌ای و شرکت در نمایشگاه‌ها و موزه‌ها و المپیادهای ریاضی و علوم، رقابت سالم در گروه‌های کوچک کلاسی، خودسنجی و هم‌سال‌سنجی
۱۲	**هادسون[۵۵] و همکاران (۲۰۱۵)**	• درنظرگرفتن تفاوت‌های فردی دانش‌آموزان، مهارت پرسشگری معلم و پرسیدن سؤالاتی مانند چرا؟ چگونه؟ چه خواهد شد؟ در آغاز و پایان و حین فعالیت به‌منظور تفکر عمیق، لزوم ارزشیابی تکوینی در حین فعالیت، تعیین زمان و آگاهی دانش‌آموزان از زمان آغاز و پایان فعالیت، مواد آموزشی شامل فیلم و پاورپوینت تا تجهیزات آزمایشگاهی، ترغیب به ایده‌پردازی و تقلیدنکردن از یکدیگر در طراحی‌ها

جدول ۴. (ادامه)

ردیف	منبع	کدهای اولیه
۱۳	**کینگ (۲۰۱۵)**	• توانایی خلق استدلال فضایی و تفکر هندسی، به‌کارگیری تلفن هوشمند و لپ‌تاپ برای کدنویسی و برنامه‌نویسی و طراحی بازی‌های گروهی سرگرم‌کننده تحت نظارت معلم
۱۴	**پانتوا[۵۶] و همکاران (۲۰۱۵)**	• درنظرگرفتن محتواهایی دربارهٔ مشاغل استم، ارتباط با وقایع زندگی روزمره، علاقه‌مندی و تأثیر در انتخاب رشته و شغل در آینده، مهارت پرسشگری معلم و طرح پرسش‌هایی در دورهٔ ابتدایی مانند آیا مهندسی را می‌شناسید؟ مهندس چه کارهایی انجام می‌دهد؟ اگر مهندس شوید چه کارهایی انجام می‌دهید؟
۱۵	**مادن[۵۷] و همکاران (۲۰۱۶)**	• علاقه‌مندی و پایه‌ای برای ادامهٔ تحصیل و شغل آینده، پرورش نگرش مثبت به مهندسی و فناوری، تعادل محتوا و سازمان‌دهی از ساده به پیچیده، تقویت تفکر سطح بالا و ماندن در رقابت جهانی فراگیرشدن فناوری
۱۶	**بلک‌لی[۵۸] و همکاران (۲۰۱۷)**	• فضای سازنده[۵۹] شامل امکانات چاپگرهای سه‌بعدی، رباتیک و برنامه‌های مدل‌سازی مبتنی‌بر وب، یادگیری مبتنی‌بر دانش‌آموزمحوری و سازندگی اجتماعی، نیاز به آموزش‌های ضمن‌خدمت تخصصی
۱۷	**گاردنر[۶۰] (۲۰۱۷)**	• تغییر نقش معلم از دانای مطلق به تسهیلگر، درنظرگرفتن مشکلات به‌منزلهٔ فرصت و تشویق دانش‌آموزان به تفکر و ارائهٔ راهکارهای خلاقانه، تدریس مشترک معلمان کم‌تجربه و باتجربه
۱۸	**روتشلید[۶۱] و همکاران (۲۰۱۸)**	• استفاده از اوریگامی برای ایجاد تفکر فضایی در ریاضی، درک معلم از سنین رشد کودک و تناسب انتظارات او متناسب با سطح کودک و محتوای متناسب، تعیین زمان متناسب با سطح و توانایی دانش‌آموزان، ارزیابی ازطریق مشاهده بدون قضاوت و بدون برچسب‌زدن به دانش‌آموز، ارزیابی هم‌سالان
۱۹	**اکران و اسیراوگلو[۶۲] (۲۰۱۸)**	• آموزش مبتنی‌بر سازنده‌گرایی، یادگیری مسئله‌محور و پروژه‌محور، کمک به حل چالش‌های قرن ۲۱، طراحی آموزشی مبتنی‌بر مسائل روزمرهٔ زندگی، افزایش روحیهٔ کارآفرینی، نقش راهنمایی و تسهیلگری معلم، تدریسی جذاب و سرگرم‌کننده با ترغیب کنجکاوی دانش‌آموزان
۲۰	**زیمر[۶۳] و همکاران (۲۰۱۸)**	• خلق مسیرهای پویا برای انتخاب شغل در آینده، آمادگی برای نوآوری و رقابت ملی و بین‌المللی، نقش نگرش مثبت معلمان در به‌کارگیری این روش، تعامل معلمان خبره و تازه‌کار، محتوایی متناسب با مسائل روزمره و واقعی، مشاهدهٔ معلم تعاملات گروهی با کمک معلم و ترغیب دانش‌آموزان به همکاری در گروه
۲۱	**آلتان[۶۴] و همکاران (۲۰۱۹)**	• توسعهٔ کار گروهی در گروه‌های کوچک، دستیابی به مهارت‌های قرن ۲۱، یادگیری مسئله‌محور، راه‌حل برای مسائل روزمره و تعمیم آموخته‌ها در زندگی واقعی، بحث و گفت‌وگو، تمرکز بر بیش از یک راه‌حل و تصمیم‌گیری دربارهٔ بهترین راه‌حل، آگاهی از مشاغل گوناگون، افزایش همکاری به دلیل کار گروهی، ارزیابی از آگاهی‌های شغلی، مکان‌های یادگیری شامل مکان‌های داخل مدرسه و خارج از مدرسه شامل موزه‌ها، طبیعت‌گردی، باغ‌های گیاه‌شناسی و اردوهایی با محتوای برنامه‌ریزی‌شده و عملی
۲۲	**گنزالز و استورتی[۶۵] (۲۰۱۹)**	• نیروی کار ماهر، نقش نگرش مثبت معلمان در به‌کارگیری این روش و ایجاد انگیزه در دانش‌آموزان، جلب حمایت مالی و معنوی والدین، برگزاری نمایشگاه‌های علم و فناوری برای ارائهٔ آثار دانش‌آموزان و ایجاد رقابت سازنده

جدول ۴. (ادامه)

ردیف	منبع	کدهای اولیه
۲۳	**ریجل کرامب[۶۶] و همکاران (۲۰۱۹)**	• پرورش نیروی کار خلاق مجهز به دانش و مهارت‌های استم با هدف حل چالش‌های انرژی، محیط‌زیست، بهداشت و ایمنی، عقب‌نماندن از رقابت جهانی و اهداف اقتصادی و اجتماعی، تغییر از فلسفهٔ آموزش سنتی مبتنی‌بر نمرات آزمون استاندارد به تمرکز بر فرایند یادگیری (ارزشیابی فرایندمحور) و ارزیابی با مشاهدات دقیق و خودارزیابی، روش تدریس مبتنی‌بر پرسش شامل مدل‌سازی، تفکر محاسباتی و استدلال فضایی و حل مسئله
۲۴	**کاتالانو[۶۷] و همکاران (۲۰۱۹)**	• نقش باور و خودکارآمدی معلم در اختصاص زمان آموزش به استم، تسلط معلم بر فناوری‌های آموزشی، لزوم آموزش و آماده‌سازی معلمان
۲۵	**دیاز[۶۸] (۲۰۱۹)**	• شیوهٔ تدریس حل مسئله براساس واقعیت‌های عینی، نقش باورهای معلم در استقبال از تغییر، روش تدریس مبتنی‌بر پرسشگری، آگاه‌سازی و جلب حمایت والدین مخالف استم، تناسب اندازهٔ کلاس و چیدمان مناسب
۲۶	**کایسی و اورنک[۶۹] (۲۰۱۹)**	• فائق‌آمدن بر مشکلات پیچیدهٔ دنیای کنونی و تربیت نیروی ماهر و مجهز به مهارت‌های قرن ۲۱، ارزیابی شامل خلاقیت، توانایی حل مسئله و تعامل، درک ارتباط بین فعالیت انجام‌شده با واقعیات زندگی
۲۷	**لین و همکاران (۲۰۲۰)**	• کاهش بی‌علاقگی دانش‌آموزان ابتدایی به رشته‌های استم برای ادامهٔ تحصیل در این رشته‌ها و تأثیر در انتخاب شغل در آینده
۲۸	**کوکاباش و همکاران (۲۰۲۰)**	• کسب مهارت‌های متعددی مانند حل مسئله با افزایش انگیزه ازطریق یادگیری پروژه‌محور و دانش‌آموزمحور، تدارک آموزش ضمن‌خدمت ویژه برای معلمان، تأثیر مثبت در آزمون تیمز
۲۹	**آیدین[۷۰] (۲۰۲۰)**	• تقویت مهارت‌های قرن ۲۱، تربیت افرادی خلاق، محتوای تلفیقی و انعطاف‌پذیر، نیاز به تجربهٔ بیشتر معلم با طرح درسی مشخص، تدارک مواد و منابع لازم با کمک معلم
۳۰	**هونگ[۷۱] و همکاران (۲۰۲۰)**	• ارائهٔ راه‌حل برای مشکلات دنیای امروز، کاربرد برای همهٔ مقاطع، فعالیت‌ها شامل رباتیک، کدنویسی و برنامه‌نویسی، راهبرد آموزش مبتنی‌بر پرسش و تحقیق و آزمایش، روش تدریس مبتنی‌بر پرسشگری
۳۱	**ستین[۷۲] (۲۰۲۰)**	• توسعهٔ اقتصادی و افزایش رقابت‌پذیری کشورها و برآورده‌ساختن انتظارات دنیای تجارت با تربیت نیروی کار تحصیل‌کرده، لذت‌بردن از خلق طراحی‌های نوآورانه و خلاقانه و علاقه به علم‌آموزی، تقویت مهارت‌های سطح بالا، دشوار برای اغلب معلمان، لزوم تناسب مساحت کلاس با تعداد، لزوم مهارت پرسشگری، گروه‌بندی و تقسیم کار دقیق معلم
۳۲	**احمد و مویسیو[۷۳] (۲۰۲۱)**	• ترغیب کنجکاوی دانش‌آموزان به کشف فرصت‌ها و چالش‌ها و به‌تبع آن ایجاد انگیزه، تقویت مهارت دست‌ورزی دانش‌آموزان و به‌تبع آن تمرکز و دقت
۳۳	**ساریکام و ییلدریم[۷۴] (۲۰۲۱)**	• آموزش کارآفرینی، ارائهٔ مسائلی مرتبط با زندگی روزمره با طرح سؤال ازطرف معلم و حل آن به‌صورت گروهی و انتخاب بهترین راه‌حل، استفاده از بازی‌های رایانه‌ای برای ارائه راه‌حل برای مشکلات زندگی واقعی، استفاده از نقاشی با شروع از طرح‌های ساده به طرح‌های پیچیده و دقیق

جدول ۴. (ادامه)

ردیف	منبع	کدهای اولیه
۳۴	**اکولو و اوگزانور[۷۵] (۲۰۲۱)**	• استفاده از روش طراحی مهندسی، استفاده از رباتیک، محتوا شامل فیلم، جمع‌آوری اطلاعات از کتاب‌ها و منابع اینترنتی، فعالیت‌های یادگیری شامل سفر به آزمایشگاه‌های تحقیقاتی، موزه‌ها، برگزاری نمایشگاه، شبیه‌سازی مانند حرکت سیاره‌ها در منظومهٔ شمسی، چیدمان U برای تعامل بیشتر، ارزیابی شامل مشاهدهٔ روزانه و مستمر به‌همراه چک‌لیست مشاهده یا خودسنجی یا امتیازدهی به تولیدات
۳۵	**اردوگموز[۷۶] (۲۰۲۱)**	• رویکرد مبتنی‌بر دانش‌آموزمحوری، بازی‌محوری، پروژه‌محوری و مسئله‌محوری، محتوای نظری و عملی انعطاف‌پذیر از ساده به پیچیده، نیاز به معلم حرفه‌ای مانند معلم رباتیک، روش تدریس شامل بازی‌های گروهی، نمایش، کار عملی، استفاده از تصاویر، پروژه، بارش مغزی و قصه‌گویی، مکان کلاس متناسب با موضوع، درنظرگرفتن زمان بیشتری برای فعالیت‌ها و مهارت‌های عملی
۳۶	**آکری[۷۷] و همکاران (۲۰۲۱)**	• یادگیری مبتنی‌بر پروژه، فعالیت یادگیری شامل کار گروهی و بحث کلاسی، ارزیابی شامل مشاهدهٔ دانش‌آموزان حین فعالیت‌ها، تشویق معلمان ازطرف مسئولان آموزش و پرورش به‌منظور انگیزه و نوآوری
۳۷	**تانک و باگسسی (۲۰۲۱)**	• منطق استم متمرکز بر تلفیق دو یا چند رشته و دستیابی به دیدی کل‌نگر، تعیین رویکرد در طرح درس معلم مثلاً انتخاب یکی از رشته‌ها در کانون توجه در رویکرد بین‌رشته‌ای
۳۸	**گالوپ و همکاران (۲۰۲۱)**	• مهارت‌های قرن ۲۱، کار تیمی در گروه‌های کوچک، مهارت‌های دست‌ورزی، طراحی، حل مسئله، پژوهش، پرسشگری و تفکر خلاق، محتوایی انعطاف‌پذیر با پیوند بین نظریه و عمل، فعالیت‌هایی شامل بحث گروهی، مدل‌سازی، یادگیری مبتنی‌بر پروژه و تفکر محاسباتی، تناسب مکان و جمعیت کلاس
۳۹	**گارسیاکاریلو[۷۸] و همکاران (۲۰۲۱)**	• علاقه‌مندی به رشته‌های استم، فعالیت‌ها شامل آموزش مبتنی‌بر تحقیق و پروژه، طراحی مهندسی، برنامه‌نویسی و کدنویسی، رباتیک، تفکر محاسباتی و فعالیت‌های عملی شامل آزمایش و طراحی دستگاه، مشکلات دشواربودن آماده‌سازی معلمان و کمبود زمان، ایجاد انگیزه به‌واسطهٔ معلم
۴۰	**کابلو[۷۹] و همکاران (۲۰۲۱)**	• یادگیری عمیق، فعالیت‌های اکتشافی هیجان‌انگیز و طراحی مهندسی با کیت‌های مهندسی، تدارک کیت‌های طراحی ازطریق معلم، طراحی‌های ساده مانند طراحی زیپ، عینک یا قیچی در ابتدایی و پیچیده در مقطع بالاتر
۴۱	**دوگانا و کاهرامانب[۸۰] (۲۰۲۱)**	• تقویت مهارت‌هایی مانند خلاقیت، تفکر انتقادی، ارتباط، حل مسئله، همکاری، مهارت اجتماعی، خودمدیریتی و ابداع و نوآوری، تدارک نمایشگاه‌هایی از آثار دانش‌آموزان به‌منظور ارزیابی و ایجاد انگیزه
۴۲	**رازی و ژو (۲۰۲۲)**	• تربیت شهروندانی با مهارت‌های متعدد[۸۱]، ارتقای رشد شناختی، افزایش تفکر انتقادی و خلاق، پداگوژی سازنده‌گرایی، دانش‌آموزمحور، بهبود مهارت‌های زندگی و مهارت‌های قرن ۱۲، توسعهٔ شغلی و گسترش اقتصاد جهانی، افزایش پیشرفت تحصیلی، علاقه‌مندی و به‌تبع آن افزایش فارغ‌التحصیلان رشته‌های استم، یادگیرندگانی مادام‌العمر، یادگیری مبتنی‌بر مسئله و پروژه‌محور

جدول ۴. (ادامه)

ردیف	منبع	کدهای اولیه
۴۳	**واترز و ارنج (۲۰۲۲)**	• مهارت‌های قرن ۲۱ مانند تفکر انتقادی و حل مسئله، روش طراحی مهندسی، پتانسیل شکل‌دادن به آینده، نیاز به توسعهٔ حرفه‌ای معلمان، افزایش روحیهٔ کنجکاوی و تحقیق در دانش‌آموزان، درگیرشدن دانش‌آموزان در مسائل دنیای واقعی و ارائهٔ راهکار ازطریق روش حل مسئله
۴۴	**کایان[۸۲] و همکاران (۲۰۲۲)**	• توانایی حل مشکلات زندگی واقعی درزمینهٔ سلامت، انرژی و محیط‌زیست، محیطی پویا و پرجنب‌وجوش، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر برای دورهٔ ابتدایی، بهبود نتایج آزمون تیمز، تأثیر متقابل سه عامل جامعه (فرهنگ و محیط اجتماعی)، مدرسه (معلمان و آموزش به آن‌ها)، دانش‌آموز (نگرش و انگیزه و استعداد)
۴۵	**امین[۸۳] و همکاران (۲۰۲۲)**	• روش تدریس کاوشگری، اکتشافی، پرسش و پاسخ و حل مسئله، پروژه‌های گروهی، تقویت مهارت‌های قرن ۲۱ به‌ویژه تفکر انتقادی، محتوای چالشی با فعالیت‌های چندجانبه، ساختن دانش منحصر به هر فرد
۴۶	**لانگ و همکاران (۲۰۲۲)**	• سرمایه‌گذاری برای آمادگی معلمان، لزوم به‌کارگیری استم از دوران ابتدایی به‌منظور علاقه‌مندی دانش‌آموزان به‌ویژه دختران، افزایش کیفیت یادگیری ریاضی و علوم، تعامل با انجام پروژه‌های مشترک
۴۷	**پالچیک[۸۴] و همکاران (۲۰۲۲)**	• توسعهٔ شایستگی‌های مرتبط با بازار کار، روش پروژه‌محور، آموزش رباتیک، به‌چالش‌کشیدن با محتوا و تکالیف پیچیدهٔ مسئله‌محور، تقویت فعالیت شناختی، جذابیت برنامه‌نویسی برای دانش‌آموزان ابتدایی
۴۸	**گالانتی و هالینچگ (۲۰۲۲)**	• ناکافی‌بودن دانش محتوایی معلمان و نیاز به توسعهٔ حرفه‌ای، هویت حرفه‌ای معلمان، یادگیری واقعی به‌واسطهٔ فرصت درگیرشدن در مسائل دنیای واقعی در ریاضی و علوم، استفاده از راهبردهای طراحی مهندسی، منطق ریاضی، تفکر هندسی و استدلال فضایی، شکل‌گیری هویت یادگیرنده و شناخت خود و دیگران در نقش فردی علمی، اعتماد به توانایی‌های خود در انجام تکالیف، علاقه‌مندشدن به یادگیری
۴۹	**نرنبرگرهاگ[۸۵] و همکاران (۲۰۲۳)**	• درک حوزه‌های درسی استم به‌صورت یکپارچه، نقش تسهیلگری معلم، جذابیت آموزش و افزایش انگیزهٔ دانش‌آموزان، تعامل بیشتر ازطریق بازی گروهی، استفادهٔ کمتر از محتوای مکتوب و جایگزین‌کردن بازی‌های رایانه‌ای
۵۰	**تمیرتون[۸۶] و همکاران (۲۰۲۳)**	• تلفیق دانش نظری با تجربیات عملی، یادگیری پروژه‌محور، تولید ایده‌های بدیع، به‌کارگیری نرم‌افزارهای آموزشی، تفکر انتقادی و خلاق، ارزشیابی مبتنی‌بر شواهد و مشاهده، یادگیری پایدار، یادگیری لذت‌بخش

در این گام از پژوهش، به‌منظور پاسخ به سؤال پژوهش و تبیین عناصر برنامهٔ درسی استم، برمبنای مشابهت کدها، عناصر ده‌گانهٔ برنامهٔ درسی استم طبقه‌بندی شد (جدول ۵).

جدول ۵. طبقه‌بندی عناصر برنامهٔ درسی استم با توجه به کدگذاری نهایی

عناصر	کدهای نهایی	کدهای منابع
منطق	• یادگیری مسئله‌محور، پروژه‌محور، بازی‌محور و پژوهش‌محور	۲-۵-۱۱-۱۸-۲۱-۲۸-۳۵-۳۶-۳۸-۳۹-۴۲-۴۷
	• رویکردی یادگیرنده‌محور و همسو با نظریهٔ سازنده‌گرایی	۲-۳-۱۶-۱۸-۲۸-۳۵-۴۲-۴۵
	• قابلیت تعمیم آموخته‌ها به زندگی واقعی	۳-۴-۲۱-۲۶
	• درک و فهم ارتباط بین چهار حوزهٔ استم و دستیابی به دیدی کل‌نگر	۳۷-۴۹
	• یادگیری هدفمند، فعال، عمیق، معنادار و مادام‌العمر	۳-۴۰-۴۲
	• نوبدبخش کارآفرینی در آینده	۳-۱۱-۱۸-۳۳
	• تربیت نسلی خلاق و مبتکر و متفکر	۱-۳۱-۴۳
	• محرک نوآوری درزمینهٔ توسعهٔ اقتصادی	۱۴-۱۵-۲۲-۳۱-۴۲-۴۷
	• راهکاری برای چالش‌های پیچیدهٔ دنیای کنونی	۱-۲۲-۳۰-۴۴
مقاصد و اهداف	• کسب مهارت‌های قرن ۲۱ مانند تفکر خلاق و انتقادی و ...	۱-۳-۱۱-۱۳-۱۵-۱۷-۱۸-۲۱-۲۶-۲۹-۳۸-۴۲-۴۳-۴۵
	• تقویت روحیهٔ کنجکاوی و پژوهش و کار گروهی	۱۱-۳۲-۴۳
	• آگاهی و علاقه‌مندی دانش‌آموزان به مشاغل حوزهٔ استم	۲-۱۱-۱۴-۱۵-۲۱-۲۷-۳۱-۳۹-۴۲-۴۶-۴۸
	• پرورش مهارت‌های شناختی، استدلال فضایی و تفکر هندسی	۳-۵-۱۳-۳۲-۴۲-۴۷-۴۸
	• افزایش مهارت‌های دست‌ورزی، دقت، تمرکز و توجه	۲-۳۲-۳۸
	• فائق‌آمدن بر مسائل و مشکلات واقعی در زندگی روزمره	۴-۱۵-۲۱-۳۳-۴۳-۴۸
محتوا	• محتوای تلفیقی با درنظرگرفتن فعالیت‌های یادگیری چندجانبه	۱۵-۲۹-۴۵
	• محتوای چالش‌برانگیز و محرک کنجکاوی دانش‌آموزان	۶-۱۱-۴۵-۴۷
	• محتوای انعطاف‌پذیر	۲-۶-۲۹-۳۸
	• سازمان‌دهی محتوا از ساده به پیچیده و از آسان به دشوار	۴-۱۵-۳۵
	• گنجاندن مسائل روز و واقعی دنیای کنونی در محتوا	۷-۲۰
	• مطابق با مراحل رشد و سطح توانایی، علائق و نیازهای دانش‌آموزان	۳-۴-۱۸
	• درنظرگرفتن محتواهایی با موضوع آشنایی با مشاغل استم	۱۴-۲۱

جدول ۵. (ادامه)

عناصر	کدهای نهایی	کدهای منابع
فعالیت‌های یادگیری	• راهبردهای یاددهی- یادگیری کاوشگری، اکتشافی، حل مسئله، بحث گروهی، گردش علمی، بارش مغزی، بازی، قصه‌گویی و نمایش	۵-۶-۷-۱۱-۲۱-۲۳-۲۵-۲۸-۳۰-۳۵-۳۸-۴۰-۴۱-۴۳-۴۵
	طراحی مهندسی از ساده به پیچیده متناسب با سطح توانایی‌ها	۴-۳۴-۳۹-۴۰-۴۳-۴۸
	• نقاشی، رباتیک، اوریگامی، کدنویسی و برنامه‌نویسی، بازی‌های رایانه‌ای، آزمایش	۱-۵-۱۱-۱۳-۱۸-۳۰-۳۳-۳۴-۳۹-۴۷
نقش معلم	• نقش تسهیلگری معلم و فراهم‌آوردن تجارب یادگیری اثربخش و امکان‌پذیر	۲-۱۷-۱۸-۴۹
	• تأثیر باور و نگرش مثبت معلم به رویکرد استم	۲۰-۲۲-۲۴-۲۵
	• مهارت پرسشگری به‌منظور تحریک کنجکاوی دانش‌آموزان به ایده‌پردازی	۹-۱۲-۱۴-۲۵--۳۱-۳۳-۳۸
	• توانایی تشویق و ترغیب و ایجاد انگیزه در دانش‌آموزان	۱۰-۲۲-۳۲-۳۹
	• مسلط‌بودن به روش طراحی مهندسی و داشتن مهارت‌های فناورانه	۶-۱۰-۷-۲۴
	• تدارک مواد و منابع لازم مانند نرم‌افزارهای آموزشی، کیت‌های آموزشی و ...	۲۹-۴۰
	• مدیریت بهینهٔ زمان به‌دست معلم	۱۲-۳۹
	• تسلط معلم بر دانش حوزه‌های استم و داشتن طرح درس منظم	۷-۲۹-۳۷-۴۸
	• آموزش‌های حرفه‌ای قبل و ضمن خدمت معلم	۷-۸-۲۴-۲۸-۳۹-۴۶
	• جلب حمایت مادی و معنوی والدین	۲۲-۲۵
	• تعامل معلمان تازه‌کار با معلمان مجرب و باسابقه	۱۰-۱۷-۲۰
مواد و منابع	• کیت‌های طراحی مهندسی و وسایل آزمایشگاهی	۴-۴۰
	• فیلم، کلیپ، پاورپوینت	۳-۱۲-۳۴
	• منابع اینترنتی، رایانه و برخی نرم‌افزارها و بازی‌های رایانه‌ای	۳-۳۳-۵۰

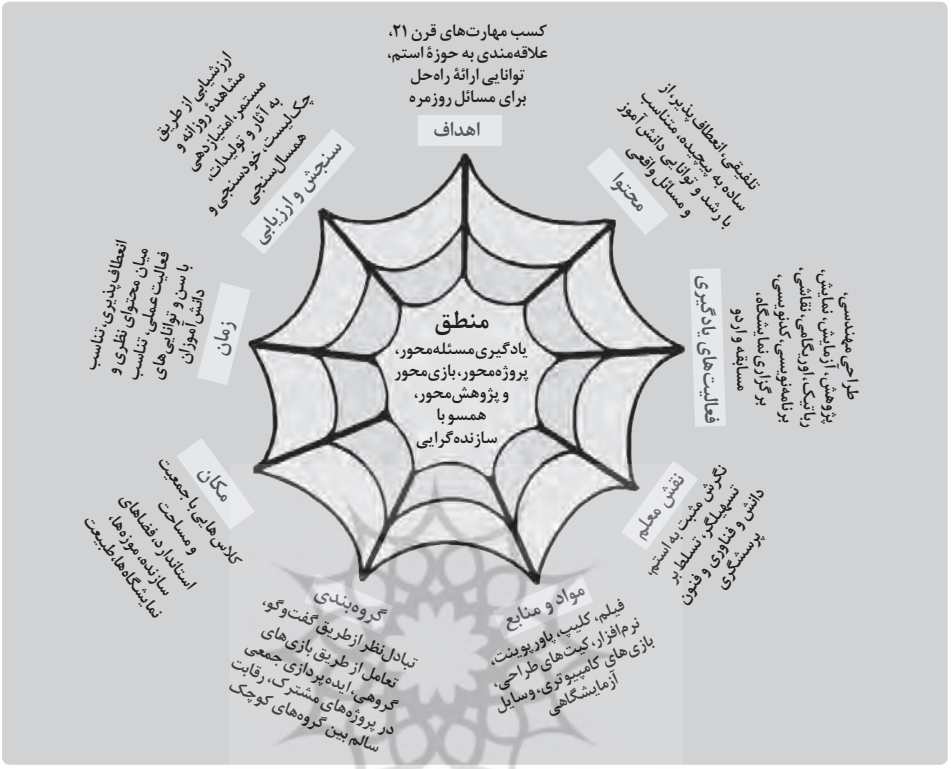
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۵. (ادامه)

عناصر	کدهای نهایی	کدهای منابع
گروه‌بندی	• تشکیل گروه‌های کوچک و تقسیم وظایف	۳۸-۳۶-۳۱-۲۱-۳-۲
	• تبادل‌نظر ازطریق بحث و گفت‌وگو	۳۶-۲۱-۵
	• تعامل ازطریق بازی‌های گروهی	۴۹-۳۵-۱۳
	• خلاقیت گروهی ازطریق ایده‌پردازی جمعی در پروژه‌های مشترک	۴۶-۱۲-۳
	• رقابت سالم بین گروه‌ها برای ایجاد انگیزهٔ بیشتر	۲۲-۱۱-۵
مکان	• چیدمان فضای کلاس متناسب با کار عملی به‌صورت گروهی	۳۴-۲۵
	• فضای خارج از کلاس مانند طبیعت، موزه‌ها، نمایشگاه‌ها، اردوگاه‌ها	۳۴-۲۲-۱۱-۹-۵
	• فضای سازنده[۸۷] با امکانات ویژه مانند چاپگرهای سه‌بعدی	۱۶-۹
	• تناسب مساحت کلاس با تعداد دانش‌آموزان	۳۱-۲۵
زمان	• انتخاب مکان متناسب با موضوع تدریس	۳۸-۳۵
	• اختصاص زمان متناسب به محتوای نظری و فعالیت‌های عملی	۳۵-۳
	• اختصاص زمان متناسب با سن، سطح و توانایی‌های دانش‌آموزان	۱۸-۴
	• انعطاف‌پذیربودن زمان با توجه به موضوع	۱۲-۴-۳-۲
سنجش و ارزشیابی	• ارزشیابی فرایندمحور به‌صورت فردی و گروهی	۶-۳
	• ارزیابی اندازهٔ تعامل دانش‌آموز در فعالیت‌های گروهی	۲۰-۴
	• امتیازدهی به آثار و تولیدات دانش‌آموزان در نمایشگاه‌ها	۴۱-۳۴-۲۲-۱۱-۵
	• ارزیابی میزان خلاقیت و نوآوری و توانایی حل مسئله	۲۶-۴
	• ارزشیابی ازطریق چک‌لیست مشاهدهٔ روزانه و مستمر معلم	۳۶-۳۴-۲۳-۱۲-۳
	• ارزشیابی ازطریق چک‌لیست خودسنجی و هم‌سال‌سنجی	۳۴-۱۸-۱۱

اکر در الگوی خود ارتباطات بین عناصر متفاوت برنامهٔ درسی را حول محور منطق به شکل تارعنکبوت به تصویر می‌کشد. آنچه در الگوی تارعنکبوتی اکر اهمیت دارد تأثیر نامطلوب کیفیت پایین هر عنصر در کل و موجودیت برنامهٔ درسی است و همهٔ این عناصر در ارتباط با هم کیفیت برنامهٔ درسی را تضمین می‌کنند (اکر، ۲۰۰۳). مطابق با این الگو، عناصر برنامهٔ درسی استم و ویژگی‌های هر عنصر با محوریت منطق در شکل ۱ نشان داده می‌شود.

■فرزانه عسگری ■محمد جوادی‌پور



شکل ۱. عناصر برنامهٔ درسی استم براساس الگوی تارعنکبوتی اکر (۲۰۰۳)

■ بحث و نتیجه‌گیری ■

پژوهش حاضر، با هدف شناسایی عناصر برنامهٔ درسی استم در دورهٔ ابتدایی انجام شده است. براساس یافته‌های پژوهش، منطق برنامهٔ درسی استم در دورهٔ ابتدایی، مبتنی‌بر نظریهٔ سازنده‌گرایی است و دانش‌آموز محور همهٔ فعالیت‌های آموزشی است. این رویکرد باعث درک و فهم عمیق‌تر دانش‌آموزان از حوزه‌های درسیِ استم و ارتباط آن‌ها با زندگی روزمره می‌شود؛ به‌نحوی که دانش‌آموزان با پروژه‌هایی درزمینهٔ مسائل چالش‌برانگیز واقعی مواجه می‌شوند و ازطریق فعالیت‌های گروهی تحت هدایت معلم، راه‌حل‌های احتمالی را آزمایش و بهترین راه‌حل را انتخاب می‌کنند. این سبک از یادگیری، آن‌ها را به یادگیرندگانی دائمی تبدیل می‌کند که قادر خواهند بود آموخته‌های مدرسه‌ای خود را به دنیای واقعی تعمیم دهند. نتایج پژوهش اصغری و همکاران (۱۴۰۱)؛ زیمر و همکاران (۲۰۱۸)، کایسی و اورنک (۲۰۱۹)، هونگ و همکاران (۲۰۲۰)، تانک و

باگسسی (۲۰۲۱) و واترز و ارنج (۲۰۲۲) نیز مؤید این یافته‌ها هستند. در پژوهش‌های گوناگون، اهداف متنوعی برای رویکرد اســـتم مطرح شـــده است. برخی مانند گنزالز و اســـتورتی (۲۰۱۹)، ستین (۲۰۲۰)، رازی و ژو (۲۰۲۲) و پالچیک و همکاران (۲۰۲۲) اهداف سیاسی و اقتصادی را مدنظر قرار داده‌اند و هدف رویکرد استم را توسعهٔ اقتصادی و تأمین نیروی انســـانی برای بازار کار آینده و تربیت نسلی کارآفرین و شهروندی مؤثر معرفـــی کرده‌اند. برخی دیگـــر مانند رضایی و همـــکاران (۱۳۹۹)، اصغری و همکاران (۱۴۰۱)، آدامز و همکاران (۲۰۱۴)، ســـهین و همـــکاران (۲۰۱۴)، بلک‌لی و همکاران (۲۰۱۷)، آلتـــان و همکاران (۲۰۱۹)، کوکابـــاس و همکاران (۲۰۲۰)، لانگ و همکاران (۲۰۲۲) و تمیرتون و همکاران (۲۰۲۳) هدف رویکرد اســـتم را کسب مهارت به‌منظور زندگی بهتر و افزایش مهارت‌های شناختی دانش‌آموز معرفی کرده‌اند و هدف را بیشتر معطوف به یادگیرنده دانسته‌اند. مایکل اپل[۸۸] نظریه‌پرداز انتقادی مشهور در مقالهٔ اخیر خود در ۲۰۲۲ بر این نکته تأکید می‌کند که آموزش استم نباید مبتنی‌بر اهداف سیاسی و اقتصادی باشد، بلکه باید موجب ارتقای مهارت‌ها در دانش‌آموزان شود؛ چه آن‌ها این مسیر را در آینده انتخاب کنند و چه مسیر دیگری را برگزینند. یافته‌های پژوهش حاضر نیز نشـــان می‌دهد در بیشتر پژوهش‌ها هدف از استم در درجهٔ نخست خود یادگیرنده و سپس اهداف اجتماعی و سیاسی و اقتصادی بوده است و مهم‌ترین هدف مجهزشدن دانش‌آموزان به مهارت‌های قرن ۲۱ است. دراین‌باره، آلتان و همکاران (۲۰۱۹) و آیدین (۲۰۲۱) معتقدند رویکرد اســـتم اگر به‌درستی به‌کار گرفته شود، مهارت‌های کاربردی قرن ۲۱ را تقویت خواهد شـــد. کسب این مهارت‌ها، یکی از مهم‌ترین اهدافی است که باعث شکل‌گیری استم و گسترش سریع آن در دو دههٔ اخیر در مدارس شده است.

محتوا عنصری اســـت که با توجه به هدف تعیین می‌شود. بنابراین، محتوای استم تلفیقی از محتوای چهار حوزهٔ اســـتم اســـت که به‌صورت یکپارچه ارائه شده است و در آن تکالیفی چندبعدی و چالش‌برانگیز و مرتبط با مسائل دنیای واقعی، مطابق با سطح رشـــد و نیازها و علائق دانش‌آموزان گنجانده شده است. این محتوا انعطاف‌پذیر است و ســـازمان‌دهی آن از ساده به پیچیده و از آسان به دشوار انجام می‌شود. پژوهش مادن و همـــکاران (۲۰۱۶)، گالوپ و همکاران (۲۰۲۱)، امین و همکاران (۲۰۲۲) نیز مؤید این یافته‌هاست.

مهم‌ترین فعالیت یادگیری در رویکرد استم «طراحی مهندسی» است. مراحل فرایند طراحی مهندسی شامل بررسی، تصور، برنامه‌ریزی، ابداع، آزمایش، بهبود و گزارش است. معلـــم از دانش‌آموزان می‌خواهد در گروه ایده‌های خود را مطرح کنند و دربارهٔ انتخاب

بهترین ایده‌ها و راه‌حل‌ها با یکدیگر به بحث و گفت‌وگو بپردازند (لی و مک‌اینتایر، ۲۰۱۴؛ کانینگهام و هیگنز[۸۹]، ۲۰۱۵). به‌عبارت‌دیگر، در طراحی مهندسی، دانش‌آموز باید ابتدا مسئله را درک کند و سپس به راه‌حل‌های آن بیندیشد و این مسئله باید با زندگی واقعی مرتبط باشد (کابلو و همکاران، ۲۰۲۱). مثلاً معلم این مسئله را مطرح می‌کند: «جریان شدید آب در منطقهٔ دریای سیاه باعث جاری‌شدن سیل می‌شود». سپس از دانش‌آموزان می‌خواهد که پلی مقاوم در برابر این بلای طبیعی طراحی کنند. انتظار می‌رود که آن‌ها درخصوص مواد استفاده‌شده برای انجام‌دادن کار، طراحی، محاسبهٔ میزان مواد، گرانش و تخمین هزینه تصمیم‌گیری کنند و گزارشی ارائه دهند (ستین، ۲۰۲۰). همچنین راهبردهای یاددهی یادگیری در رویکرد استم شامل کاوشگری، اکتشافی، حل مسئله، بحث گروهی و گردش علمی است. نتایج پژوهش کینگ (۲۰۱۵)، آیدین (۲۰۲۰)، گارسیاکاریلو و همکاران (۲۰۲۱)، ستین (۲۰۲۰)، اردوگموز (۲۰۲۱) و نرنبرگرهاگ و همکاران (۲۰۲۳) مؤید این یافته است که ارائهٔ فعالیت‌ها در قالب بازی، نمایش و قصه‌گویی و تنوع تکالیفی مانند طراحی، نقاشی، رباتیک، اوریگامی، کدنویسی و برنامه‌نویسی، استم را به رویکردی جذاب برای دانش‌آموزان و رویکردی دشوار برای معلمان بدل کرده است. بنابراین، یکی از مهم‌ترین عناصر در تحقق اهداف این رویکرد معلم است. یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد اگرچه تمامی عناصر برنامهٔ درسی استم در کیفیت آن اهمیت دارند، معلم در نقش آغازکنندهٔ این رویکرد در مدارس در درجهٔ نخست اهمیت قرار دارد. همچنین ویژگی‌های شخصیتی معلم در به‌کارگیری این رویکرد تأثیر بسزایی دارد. معلمانی که خودکارآمدی و اعتمادبه‌نفس خوبی دارند آسان‌تر با تغییر رویکرد از سنتی به استم سازگار می‌شوند. در این مورد، زی و کومن[۹۰] (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای سنتزپژوهی به این نتیجه رسیدند که خودکارآمدی معلمان با پذیرش تغییر و سازگاری با رویکردهای جدید و پیشرفت تحصیلی و کیفیت آموزش رابطهٔ مثبت دارد. همچنین معلمانی که باور و نگرش مثبتی به نتایج استم و تأثیر آن در تجارب یادگیری دانش‌آموزان دارند، در به‌کارگیری این رویکرد بیشتر تلاش می‌کنند. این یافته با پژوهش زیمر و همکاران (۲۰۱۸) همخوانی دارد. همسو با این نتایج، دیاز (۲۰۱۹) در پژوهش خود به این نتیجه رسید که معلمان محافظه‌کار معمولاً از رویکرد استم استقبال نمی‌کنند. معلمانی که این رویکرد را در کلاس خود به‌کار می‌گیرند، باید در این زمینه آمادگی لازم داشته باشند. معلم در این رویکرد، نه‌فقط باید بر دانش حوزه‌های درسیِ استم تسلط موضوعی داشته باشد، بلکه باید از مهارت فناورانه، مهارت طراحی مهندسی، کدنویسی و برنامه‌نویسی نیز برخوردار باشد. معلم باید در نقش یک

تســـهیلگر، کنجکاوی دانش‌آموزان را ترغیب و آنان را به‌سمت ایده‌پردازی هدایت کند. پژوهش احمد و موســـیو (۲۰۲۱) نشـــان می‌دهد کنجکاوی دانش‌آموزان را به کشف فرصت‌ها و چالش‌ها ترغیب می‌کند و باعث می‌شود به یادگیری استم علاقه‌مند و به حل مسئله ترغیب شوند. بنابراین، مهارت پرسشگری یکی از مهم‌ترین مهارت‌هایی است که معلمان در این رویکرد باید به آن تســـلط داشته باشند. نتایج پژوهش آدامز و همکاران (۲۰۱۴)، هادسون و همکاران (۲۰۱۵)، پانتوا و همکاران (۲۰۱۵)، دیاز (۲۰۱۹)، گالوپ و همـــکاران (۲۰۲۱) و رازی و ژو (۲۰۲۲) نیـــز تأییدی بر این یافته اســـت. بنابراین، آماده‌سازی معلمان یکی از موارد مسئله‌ساز حوزهٔ آموزش استم است.

عنصر مهم دیگر در برنامهٔ درســـی استم، مواد و منابع است. در رویکرد استم، اغلب از کیت‌های طراحی مهندســـی و برخی نرم‌افزارها و بازی‌های رایانه‌ای استفاده می‌شود. برای مثال دانش‌آموزان به‌وســـیلهٔ بازی رایانه‌ای ماینکرافت[۹۱] برای مشـــکلات زندگی واقعی (مانند طراحی ســـدی برای مشکل آب شهری) طراحی انجام می‌دهند (ساریکام و ییلدریم، ۲۰۲۱). اما آنچه باعث شده برخی برنامه‌ریزان درسی، رویکرد استم در دورهٔ ابتدایی را «رویکردی برای همه» معرفی کنند (کانینگهام و هیگنز، ۲۰۱۵)، این اســـت که طراحی‌هایی که در دورهٔ ابتدایی انجام می‌شوند، پیچیدگی کمتری به‌نسبت مقاطع بالاتر دارند و می‌توان از مواد ســـاده و ارزان و در دسترس برای طراحی‌ها استفاده کرد. چنان‌که نتایج پژوهش اکولو و اوگزانور (۲۰۲۱) نشان می‌دهد، استفاده از ابزار آموزشی گران‌قیمت مانند رباتیک و ابزار آموزشـــی ارزان‌قیمت در نتایج ارزیابی میزان یادگیری دانش‌آموزان تفاوت چندانی ندارد.

ماهیت ســـازنده‌گرای رویکرد اســـتم ایجاب می‌کند فعالیت‌های یادگیری به شکل گروهی و در تعامل دانش‌آموزان با یکدیگر انجام شود. اغلب پژوهشگران، بحث گروهی را بـــرای تحریک خلاقیت جمعی قبل از طراحی و ســـپس فعالیت به‌صورت پروژه‌های مشـــترک را در گروه‌های کوچک مؤثر دانســـته‌اند. همچنین، رقابت سالم بین گروه‌ها به‌منظـــور ترغیب تولید ایده‌های نو را انگیزه‌بخش معرفـــی کرده‌اند. این یافته با نتایج پژوهـــش رضایی و همـــکاران (۱۳۹۹)، آلتان و همـــکاران (۲۰۱۹)، آکری و همکاران (۲۰۲۱) و لانگ و همکاران (۲۰۲۲) همسوست.

مکان و زمان نیز از عناصر مهم در برنامهٔ درسی استم است. استم به‌معنای واقعی در مکان‌هایی به نام فضاهای ســـازنده با امکانات چاپگرهای سه‌بعدی، رایانه، ابزار رباتیک و امکانات دیگر انجام می‌شود. در این زمینه استرالیا هزینهٔ زیادی کرده است و در نزدیکی برخی مدارس، کارگاه‌های فضای سازنده قرار داده است که در آنجا هر دانش‌آموز به یک

رایانه دسترسی دارد (برنامهٔ درسی استرالیا، ۲۰۲۱). اما همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، معلم حرفه‌ای با امکانات محدود و ارزان‌قیمت نیز می‌تواند این رویکرد را در کلاس خود اجرا کند و کمبود امکانات نباید موجب به‌کارنگرفتن این رویکرد شـــود؛ البته مساحت کلاس و تعداد دانش‌آموزان و زمان، ســـه مســـئلهٔ اصلی برای معلم اســـت. باوجوداین، به‌کارگیری رویکرد اســـتم در دورهٔ ابتدایی به دلیل روحیهٔ فعال و کنجکاو دانش‌آموزان دشوار نیست؛ اما کار معلم در مدیریت کلاس‌هایی با جمعیت زیاد و مساحت کم و زمان محدود امری دشوار است که فشار کاری مضاعفی را به معلمان تحمیل می‌کند. رضایی و همکاران (۱۳۹۹) و گالوپ و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که رویکرد اســـتم در بالاترین سطح خود یعنی اســـتم تلفیقی، فقط در کلاس‌هایی با جمعیت اســـتاندارد امکان‌پذیر است. گنزالز و استورتی (۲۰۱۹) راهکاری در این زمینه ارائه داده‌اند. آنان در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که اگر معلم حمایت والدین را جلب کند، می‌تواند در کلاس‌های پرجمعیت نیز رویکرد استم را به‌کار گیرد؛ بدین‌ترتیب که برخی فعالیت‌ها در کلاس آغاز شود و در خانه با حمایت و نظارت والدین ادامه یابد. در برنامهٔ درسی استرالیا نیز این نکته تأیید شد که معلمان در آموزش استم می‌توانند از هم‌فکری و حمایت والدین بهره گیرند و آموزش‌ها در خانه ادامه و بسط پیدا کند (برنامهٔ درسی استرالیا[۹۲]، ۲۰۲۱)

ارزشیابی عنصر مهم دیگر در رویکرد استم است. در این رویکرد، معلم باید همواره ناظر بر فعالیت‌های دانش‌آموزان باشـــد و ارزیابی معلم باید با مشاهدهٔ روزانه و مستمر انجام شود؛ به‌طوری که بدون دخالت مستقیم، دانش‌آموزان را به‌سمت خلق ایده‌های نو هدایت کند. روتشلید و همکاران (۲۰۱۸) معتقدند معلم در مشاهده و ارزیابی فعالیت‌های استم باید به‌دنبال پاسخ این ســـؤالات باشد: ۱. آیا دانش‌آموز روی فعالیت خود تمرکز دارد؟ ۲. آیا دانش‌آموز در پردازش اطلاعات و تفکر فضایی موفق است؟ ۳. آیا به‌راحتی اطلاعات را بازیابی می‌کند؟ ۴. آیا قادر است تمامی محدودیت‌های کاری پیچیده را در حین کار بیان کند؟ ۵. آیا مفهوم مســـئله را به‌خوبی درک کرده اســـت؟ ۶. آیا فعالیت حرکتی را به‌درســـتی انجام می‌دهد؟ ۷. آیا به‌درستی با هم‌ســـالان خود ارتباط برقرار می‌کند؟ ۷. آیا درگیر تفکر پیچیده و سطح بالا شده است؟ به‌طورکلی ارزشیابی در این رویکرد باید برای ایجاد انگیزهٔ بیشتر در دانش‌آموزان باشد. برگزاری مسابقات بین‌گروهی و بین‌کلاســـی و بین‌مدرسه‌ای می‌تواند انگیزهٔ دانش‌آموزان را برای طراحی‌های نوآورانه و خلاقانه افزایش دهد. در این مورد، نتایج پژوهش گنزالز و اســـتورتی (۲۰۱۹) نشـــان می‌دهد برگزاری مسابقه و نمایشگاه از آثار دانش‌آموزان با ایجاد رقابت سالم و دوستانه

راهی برای افزایش علاقه و انگیزهٔ دانش‌آموزان به طراحی مهندسی است. به‌طورکلی مشاهده، چک‌لیست، امتیازدهی به تولیدات، خودسنجی و هم‌سال‌سنجی مهم‌ترین ابزارهای ارزشیابی در رویکرد استم است که نتایج پژوهش سیرینترلکسی و همکاران (۲۰۰۹)، سهین و همکاران (۲۰۱۴)، گنزالز و استورتی (۲۰۱۹) و اکولو و اوگزانور (۲۰۲۱) این یافته را تأیید می‌کنند.

داگر[۹۳] (۲۰۱۰) معتقد است روش استم به چهار شیوه در مدارس انجام می‌شود. اولین شیوه، استم سنتی است که در آن هر رشته جداگانه در مدرسه آموزش داده می‌شود. در شیوهٔ دوم، بر یک یا دو رشته تأکید بیشتری می‌شود. شیوهٔ سوم، شامل ادغام یک رشته در سه رشتهٔ دیگر است که معمولاً در قالب ادغام مهندسی در حوزه‌های علوم، فناوری و ریاضیات است. بالاترین سطح استم در چهارمین شیوه است که در آن استم به‌صورت تلفیقی با پیوند هر چهار رشته و رویکرد بین‌رشته‌ای و فرارشته‌ای انجام می‌شود. مدارس استم در ایالات‌متحده، نمونه‌ای از شیوهٔ چهارم است که رویکردی مسئله‌محور و پروژه‌محور دارد. در مدارس ایران که درس‌ها مجزا ارائه می‌شوند، نمونه‌ای از شیوهٔ اول است. برنامهٔ درسی کشورهای مختلف نشان می‌دهد برنامه‌های استم در کشورهای گوناگون، متفاوت توسعه یافته است و اجرا می‌شود و ازآنجاکه هیچ توافقی در به‌کارگیری رویکرد استم حاصل نشده، در عمل به تنوع منجر شده است (ستین، ۲۰۲۰). حتی در اغلب کشورهایی که رویکرد استم را به‌کار می‌گیرند، چارچوب مشخص و مدونی در نظر گرفته نشده است؛ در کشورهایی مانند استرالیا، سنگاپور و امریکا، چارچوب‌های مدونی تهیه شده است، اما معلمان در طراحی و به‌کارگیری آن اختیار عمل دارند. صرف‌نظر از اینکه مدارس چه سطحی از استم را می‌توانند به‌کار گیرند، بهره‌گیری از آن هرچند اندک مفید است. وجه مشترک همهٔ آموزش‌های استم، کاربردی‌بودن آن است. بنابراین، نیازی نیست همهٔ آموزش‌های استم در بالاترین سطح باشد؛ بلکه همین‌که برای دانش‌آموزان فرصتی فراهم شود تا مهارت و دانشی را که فراگرفته‌اند یا درحال یادگیری‌اند، در عمل به‌کار ببرند و درنتیجه بتوانند پیوند میان این چهار رشته را درک کنند کافی است. همچنین، رویکرد استم به معنای اضافه‌بار بر محتوای درسی نیست؛ بلکه از آن در نقش جایگزینی برای آموزش‌های قبلی استفاده می‌شود.

در برخی کشورها مانند ایران، در بعضی از مدارس ابتدایی، آموزش‌های استم مانند رباتیک و اوریگامی و برنامه‌نویسی در ساعت‌های فوق‌برنامه انجام می‌شود. این روش در نظام آموزشی ایران از دو جنبه بررسی می‌شود: اول آنکه چنین امکانی فقط در برخی مدارس غیردولتی فراهم است. دانش‌آموزان مدارس دولتی به دلیل

نبـــود امکانات، محدودیت زمان (به دلیل دونوبته‌بـــودن برخی مدارس)، کمبود معلم و کلاس‌های پرجمعیت از این امکان بی‌بهره‌اند. دوم اینکه این آموزش‌های فوق‌برنامه در گروه درس‌های اصلی نیستند و معمولاً معلم اصلی آن‌ها را تدریس نمی‌کند و ارزشیابی نمی‌شـــوند؛ بنابراین معلمان و والدین و دانش‌آموزان به آن‌ها بی‌توجه‌اند. درنتیجه، در این نـــوع از آموزش، به‌رغم اینکه دانش‌آموزان مهارت‌هایی را کســـب می‌کنند، اهداف اســـتم محقق نمی‌شود. بنابراین، اجرای اســـتم در مدارس باید در ساعت‌های رسمی و در تلفیق درس‌های اصلی انجام شـــود. برای پیاده‌سازی رویکرد استم در نظام آموزشی کشور، به‌ویژه در دورهٔ ابتدایی، باید چارچوبی بر پایهٔ استانداردهای عناصر برنامهٔ درسی تدوین شود؛ اما به دلیل نبود زیرساخت‌های لازم در نظام آموزشی ایران، امری زمان‌بر و نیازمند اصلاح و تغییر ساختارهای آموزشی است؛ اما تجربهٔ کشوری مانند ترکیه نشان می‌دهد می‌توان تغییر را به‌تدریج از سطح مدارس آغاز کرد (ستین، ۲۰۲۰)؛ هرچند این نوع آموزش، استم به‌معنای واقعی نیست، اما حرکتی نویدبخش به‌سمت تحقق رویکرد تلفیقی و یکپارچهٔ استم است. در این زمینه، نقش معلم و اعتمادبه‌نفس او در به‌کارگیری این رویکرد حائز اهمیت است (دیاز، ۲۰۱۹). موزهٔ علوم در بوستون امریکا[۹۴] شش اصل را تحت عنوان «مهندســـی ابتدایی» مطرح کرده که در هر مدرسه‌ای اجراشدنی است؛ معلمان ابتدایی با درنظرگرفتن این اصول، به‌تدریج شـــیوهٔ آموزشی خود را از سنتی به استم تغییر می‌دهند (کانینگهام و هیگنز، ۲۰۱۵):

۱. انجام فعالیت‌های مهندســـی در شـــرایط دنیای واقعی: راه شناساندن مسائل دنیای واقعی به دانش‌آموزان مطرح‌کردن مسئله در قالب داستانی ساختگی یا خبری جدید اســـت تا دانش‌آموزان را با مسائل مشابه درگیر کند. سپس معلم ازطریق فرایند طراحی مهندسی از دانش‌آموزان بخواهد ایده‌های خود را در گروه مطرح کنند و دربارهٔ انتخاب بهترین نظریه‌ها و راه‌حل‌ها با یکدیگر بحث و گفت‌وگو کنند؛

۲. تأکید بر ارزش مهندســـی در کمک به دیگـــران: معلم باید برای علاقه‌مندی دانش‌آموزان بر جنبه‌های بشردوستانه مهندسی تأکید کند؛ مانند مهندسان محیط‌زیست؛

۳. طراحی فعالیت‌هایی با راه‌حل‌های متنوع: معلم امکان فعالیت‌هایی با پاسخ باز را به‌گونـــه‌ای فراهم کند که دانش‌آموزان امکان بهبود و اصلاح طرح خود را داشته باشند؛ بدین‌ترتیب ترس از شکست در دانش‌آموز کاهش می‌یابد و با ابراز نظریه‌های متنوع، خلاقیت دانش‌آموزان تقویت می‌شود؛

۴. ارزش‌دهی به شکست: دانش‌آموزان باید بدانند شکست ویژگی ضروری مهندسی است. به دلیل آنکه مهندسی فرایندی تکرارشونده است و طراحی‌ها را همیشه می‌توان بهبود بخشید. سؤالاتی مانند چرا جواب نداد؟ چرا کار نکرد؟ طراحی‌های بعدی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند و به تکمیل و بهبود طرح منجر می‌شوند؛

۵. تقویت کار گروهی: کار گروهی باید به دانش‌آموزان آموزش داده شود. آن‌ها باید به این درک برسند که کار گروهی باعث یافتن راه‌حل‌های مؤثرتر و کارآمدتر در طراحی می‌شود؛

۶. استفاده از مواد دردسترس و ارزان: معلم بهتر است دانش‌آموزان را به استفاده از مواد ارزان و دردسترس و ساده راهنمایی کند تا امکان طراحی برای همهٔ دانش‌آموزان فراهم شود و بتوانند طراحی‌های خود را در خانه ادامه و بسط دهند.

با رعایت این شش اصل، همهٔ معلمان ابتدایی در تمامی مدارس و با هر سطحی از امکانات قادرند رویکرد استم را به‌کار گیرند. به‌طورکلی ویژگی مهم استم این است که می‌تواند با هر نوع برنامهٔ درسیِ معلم سازگار شود و برای انجام آن معلمان فقط باید معتقد باشند بچه‌ها نیاز ندارند حقایق تصادفی را به‌خاطر بسپارند؛ بلکه حقایق بسیاری در سر انگشتان آن‌ها وجود دارد. با چنین تفکری، استم به محلی برای بروز خلاقیت‌های معلم و دانش‌آموز تبدیل می‌شود تا در کنار یکدیگر، مرزهای برنامهٔ درسی را گسترش دهند (کهندل، ۱۳۹۸).

آنچه مسلم است، تغییر در ساختارهای برنامهٔ درسی دورهٔ ابتدایی کشور و تلفیق درس‌هایی که هم‌اکنون مجزا آموزش داده می‌شوند، نیاز به بازنگری و اصلاح دارد که این کار زمان‌بر است. اگر معلمان به‌کارگیری این رویکرد را در انتظار تغییر ساختار به تعویق بیندازند، فرصت‌های مناسب یادگیری را از دانش‌آموزان خود سلب کرده‌اند، فرصت‌هایی که می‌تواند دانش‌آموزان را به کارآفرینانی مبتکر و خلاق و متفکر تبدیل کند که در جهت توسعهٔ صنعت و اقتصاد کشور گام بردارند. بنابراین، پیشنهاد می‌شود معلمان با اجرای تدریجی و گام‌به‌گام این رویکرد، این فرصت را در اختیار دانش‌آموزان خود قرار دهند. مدیران مدارس نیز معلمان را به استفاده از این رویکرد تشویق کنند؛ آموزش و پرورش هم برای معلمان علاقه‌مند به‌کارگیری این رویکرد کلاس‌های ضمن‌خدمت تدارک ببیند و در کلاس‌های آماده‌سازی معلمان، از تجارب و اطلاعات به‌روز دانشگاه‌ها و بخش صنعت استفاده کنند. دانشگاه فرهنگیان نیز در نقش متولی امر تربیت معلمان،

آموزش‌های مرتبط با اســـتم را برای دانشجومعلمان در نظر بگیرد. همچنین، پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران آموزشی و برنامه‌ریزان درسی در نظام آموزشی، به‌منظور تلفیق حوزه‌های برنامهٔ درسی و فاصله‌گرفتن از روش‌های سنتی به‌تدریج و گام‌به‌گام قدم‌هایی را بردارند. به پژوهشـــگران نیز پیشنهاد می‌شـــود با توجه به اینکه پژوهش‌های داخلی بسیار اندکی در این زمینه انجام شده است، با انجام پژوهش‌هایی درزمینهٔ کاربست استم در مقاطع دیگر تحصیلی، سیاست‌گذاران آموزشی و معلمان و دبیران را در به‌کارگیری این رویکرد یاری کنند. همچنین، در فرایند جمع‌آوری اطلاعات، پژوهش‌های خارجی بسیاری مشاهده شده که به روش تجربی، یکی از عناصر برنامهٔ درسی استم را در کلاس بررســـی کرده‌اند که جای این نوع پژوهش‌ها در مقالات داخلی خالی به نظر می‌رسد و می‌توان از این طریق، دانش لازم برای کاربست مؤثر این رویکرد در کلاس‌های درس را در اختیار معلمان قرار داد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع
REFERENCES

- احمدی، افسانه. (۱۳۹۹). بررسی برنامهٔ تلفیقی بر خلاقیت دانش‌آموزان ابتدایی. *پژوهش‌های معاصر در علوم و تحقیقات*، ۲(۱۷)، ۱-۹.
- اصغری اصل سردرود، مریم.، ملکی آوارسین، صادق.، بقایی، حسین و یاری حاج‌عطالو، جهانگیر. (۱۴۰۱). مطالعهٔ ویژگی‌های عناصر برنامهٔ درسی آموزش علوم مبتنی‌بر روش استیم. *نوآوری‌های آموزشی*، ۲۱(۸۴)، ۱۰۵-۱۳۲.
- رضایی، مریم.، امام‌جمعه، محمدرضا.، احمدی، غلامعلی.، عصاره، علیرضا و نیکنام، زهرا. (۱۳۹۹). طراحی الگوی مفهومی برنامهٔ درسی تلفیقی استم در دورهٔ ابتدایی کشور ایران. *مطالعات برنامهٔ درسی ایران*، ۱۵(۵۹)، ۶۳-۹۲.
- سجادی، ناعمه. (۱۳۹۶). *مطالعهٔ چگونگی به‌کارگیری هنر در آموزش ریاضیات مدرسه‌ای براساس روش آموزش استیم* [پایان‌نامه کارشناسی ارشد]. دانشگاه فردوسی.
- طهماسب زاده، داوود.، فتحی‌آذر، اسکندر و صنیعی، مریم. (۱۳۹۸). مطالعهٔ پدیدارشناختی تجارب و ادراک معلمان دورهٔ ابتدایی از برنامهٔ درسی علوم تلفیقی. *پژوهش‌های برنامهٔ درسی*، ۹(۱۷)، ۱۱۳-۱۳۹.
- کهندل، مرضیه (۱۳۹۸). استم چیست. *رشد آموزش ابتدایی*، ۲۳(۱)، ۳۲-۳۳.

- Adams, A.E., Miller, B., Saul, M., & Pegg, J. (2014). Supporting Elementary Pre-Service Teachers to Teach STEM Through Place-Based Teaching and Learning Experiences. *Electronic Journal of Science Education, 18*(5). https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1188278.pdf
- Ahmed, J., & Moi Siew, N. (2021). Curiosity toward STEM education: A questionnaire for primary school student. *Baltic Science Education, 20*(2). https://doi.org/10.33225/jbse/21.20.289.
- Akker, J. (2003). Curriculum perspectives: An introduction. In Van den Akker, J., Kuiper, W., & Hameyer, U. (Eds.), *Curriculum Landscapes and Trends* (pp. 1-14). Kluwer Academic Publishers.
- Akiri, E., Matathia, H., & Judy Dory, Y. (2021). Teaching and assessment methods: STEM teachers' perceptions and implementation. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 17*(6), 2-22. https://doi.org/10.29333/ejmste/10882
- Akran, S.K., & Asiroglu, S. (2018). Perceptions of teachers towards the STEM education and the constructivist education approach: Is the constructivist education approach preparatory to the STEM education. *Universal Journal of Educational Research, 6*(10), 2175-2186.
- Albion, P. R., & Spence, K. G. (2013). " Primary Connections" in a Provincial Queensland School System: Relationships to Science Teaching Self-Efficacy and Practices. *International Journal of Environmental and Science Education, 8*(3), 501-520.
- Altan, E.B., Ucuncuoglu, I., & Ozturk, N. (2019). Preparation of Out-of-School Learning Environment based on Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education and Investigating its Effects. *Science Education International, 30*(2), 138-148.
- Amin, M., Rahmawati, Y., Sudrajat, A., & Mardiah, A. (2022, November). Enhancing Primary School Students' Critical Thinking Skills through the Integration of Inquiry-Based STEM Approach on Teaching Electricity in Science Learning. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2377, No. 1, p. 012090). IOP Publishing. doi:10.1088/1742-6596/2377/1/012090.
- Apple, M. W. (2022). STEM, educational transformation, and the politics of race. *Educational Policy, 36*(3). https://doi.org/10.1177/0895904820981937.
- Australian Curriculum. (2021). *STEM in Australian Curriculum.* https://www.australiancurriculum.edu.au/resources/stem
- Aydin, G. (2020). Prerequisites for elementary school teachers before practicing STEM education with students: A case study. *Eurasian Journal of Educational Research, 20*(88), 1-40.

- Blackley, S., Sheffield, R., Maynard, N., Koul, R., & Walker, R. (2017). Makerspace and Reflective Practice: Advancing Pre-service Teachers in STEM Education. *Australian Journal of Teacher Education, 42*(3). http://dx.doi.org/10.14221/ajte.2017v42n3.2.
- Brown, R., Ernst, J., Clark, A., DeLuca, B. & Kelly, D. (2017). STEM curricula. *Technology and Engineering Teacher, 77*(2), 26-29.
- Cunningham, C. M., & Higgins, M. (2015). Engineering for Everyone. *Educational Leadership, 72*(4), 42-47. https://eric.ed.gov/?id=EJ1047517.
- Catalano, A., Asselta, L., & durkin, A. (2019). Exploring the relationship between science content knowledge and science teaching self-efficacy among elementary teachers. *Journal of Education (IAFOR), 7*(1), 57-70.
- Cayci, B., & Ornek, T. (2019). Effect of Stem-based activities conducted in science classes on various variables. *Asian Journal of Education and Training, 5*(1), 260-268
- Cetin, A. (2020). Examining project-based STEM training in a primary school. *International Online Journal of Education and Teaching (IOJET), 7*(3), 811- 825. https://iojet.org/index.php/IOJET/article/view/761.
- Cooper, H., & Hedges, L.V. (2009). Research synthesis as a scientific process. In H. Cooper, L. V. Hedges, and J. C. Valentine (Eds), *The handbook of research synthesis and meta-analysis, second edition* (pp. 3-16). Russell Sage Foundation.
- Chalmers, I., Hedges, L.V., Cooper, H. (2002). A brief history of research synthesis. *Evaluation & the Health Professions, 25*(1), 12-37.
- CASP Qualitative Checklist. (2018). *Critical Appraisal Skills Programme (CASP).* Oxford. https://casp-uk.net/wp-content/uploads/2018/01/CASP-Qualitative-Checklist-2018.pdf.
- Cabello, V. M., Martínez, M. L., Armijo, S., & Maldonado, L. (2021). Promoting STEAM learning in the early years: "Pequeños Científicos" Program. LUMAT: International Journal on Math. *Science and Technology Education, 9*(2), 33-62. https://doi.org/10.31129/LUMAT.9.2.1401.
- Diaz, M. E. (2019). Exploring Latino preservice teachers" attitudes and beliefs about learning and teaching science: What are the critical factors? *International Journal of Research in Education and Science (IJRES), 5*(2), 574-586.
- Dogana, A., & Kahramanb, E. (2021). The effect of STEM activities on the scientific creativity of middle school students. *International Journal of Curriculum and Instruction, 13*(2), 1241- 1266. http://creativecommons.org/ licenses/by-nc-nd/4.0/.
- Dugger, E. W. (2010). Evolution of STEM in the United States. In *The 6th Biennial International Conference on Technology Education Research* (pp. 7-14). DATTArc.
- Erdogmus, F. (2021). How do elementary childhood education teachers perceive robotic education in kindergarten? A qualitative study. *Participatory Educational Research (PER), 8*(2), 421-434. http://dx.doi.org/ 10.17275/per.21.47.8.2.
- García-Carrillo, C., Greca, I. M., & Fernández-Hawrylak, M. (2021). Teacher perspectives on teaching the stem approach to educational coding and robotics in primary education. *Education Sciences, 11*(2), 64. https://doi.org/10.3390/educsci11020064.
- Gardner, M. (2017). Beyond the Acronym: Preparing Preservice Teachers for Integrated STEM Education. *Ailacte journal, 14*(1), 37-53.
- Galanti, T. M., & Holincheck, N. (2022). Beyond content and curriculum in elementary classrooms: conceptualizing the cultivation of integrated STEM teacher identity. *International Journal of STEM Education, 9*(43). http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/.
- Gallup, J., Coffland, D., & Schultz, K. (2021). Engaging students in STEM careers through the Mars rover challenge: bridging barriers through multimodal informal learning. *Educational Research: Theory and Practice, 32*(1), 54-61.
- Gonzales, M., & Storti, R. (2019). Fostering a culture of innovation: A case study of elementary school principals in Costa Rica. *International Journal of Education Policy & Leadership, 15*(6). http://journals.sfu.ca/ ijepl/index. Php/ ijepl/article/view/821.

- Gough, D. (2021). Appraising evidence claims. *Review of Research in Education, 45*(1), 1-26. https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.3102/0091732X20985072
- Harlen, W., Bell, D., Devés, R., Dyasi, H., Garza, GF de la., Léna Pie., Millar, R., Reiss, M., Rowell, P., & Yu, W (Eds.). (2015). *Working with big ideas of science education. Science Education Programme (SEP) of IAP*. https://www.ase.org.uk/download/file/fid/6740.
- Hong, J.Ch., Ye, J.H., Ho, Y., & Ho, H. (2020). Developing an inquiry and hand- teaching model to guide STEAM lesson planning for kindergarten children. *Journal of Baltic Science Education,19*(6), 908-922. https://doi.org/10.33225/jbse/20.19.908.
- Hudson, P., English, L., Dawes, L., King, D., & Baker, S. (2015). Exploring Links between Pedagogical Knowledge Practices and Student Outcomes in STEM Education for Primary Schools. *Australian Journal of Teacher Education, 40*(6). http://ro.ecu.edu.au/ajte/vol40/iss6/8.
- Karp, T., & Maloney, P. (2013). Exciting young students in grades K-8 about STEM through an afterschool robotics challenge. *American journal of engineering education, 4*(1). https://my.usfirst.org/scholarships/index.lasso.
- Kayan-Fadlelmula, F., Sellami, A., Abdelkader, N., & Umer, S. (2022). A systematic review of STEM education research in the GCC countries: Trends, gaps and barriers. *International Journal of STEM Education, 9*(1). https://doi.org/10.1186/s40594-021-00319-7
- King, A. (2015). Reflecting on classroom practice: Spatial reasoning and simple coding. *Australian Mathematics Teacher, The, 71*(4), 21-27.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. International. *Journal of STEM Education, 3*(1). https://doi.org/10.1186/s40594-016- 0046-z.
- Korucu, A. T., & Kabak, K. (2021). The Effects of STEM and Other Innovative Interdisciplinary Practices on Academic Success, Attitude, Career Awareness: A Meta-Synthesis Study. *Learning and Teaching, 6*(1), 27-39.
- Kocabas, S., Ozfidan, B., & Burlbaw, L. (2020). American STEM Education in Its Global, National, and Linguistic Contexts. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 16*(1). https://www.ejmste.com/download/american-stem-education-in-its-global-national-and-linguistic-contexts-7773.pdf.
- Laine, E., Veermansa, M., Gegenfurtnerb, A., & Veermans, K., (2020). Individual interest and learning in secondary school STEM education. *Frontline Learning Research, 8*(2), 90-108.
- Lange, A., Robertson, L., Qiuju, T., Nivens, R., & Jamie, P. (2022). The effects of an early childhood-elementary teacher preparation program in STEM on pre-service teachers. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 18*(12). https://doi.org/10.29333/ejmste/12698.
- Lee, D. C., & McIntyre, E. (2014). Where Is the "E" in STEM for Young Children? Engineering Design Education in an Elementary Teacher Preparation Program. *Issues in teacher education, 23*(1), 49-64.
- Locke, E. (2009). Proposed model for a streamlined, cohesive, and optimized K-12 STEM curriculum with a focus on engineering. Journal of Technology Studies, 35(2), 23-35.
- McClure, E. R., Guernsey, L. Clements, D. H., Bales, S. N., Nichols, J., Kendall-Taylor, N., & Levine, M. H. (2017). *STEM starts early: Grounding science, technology, engineering, and math education in early childhood. The Joan Ganz Cooney Center at Sesame Workshop*. https://joanganzcooneycenter.org/wp-content/uploads/2017/01/jgcc_stemstarts-early_final.pdf.
- Madden, L., Beyers, J., & O'Brien, S. (2016). The Importance of STEM Education in the Elementary Grades: Learning from Pre-service and Novice Teachers' Perspectives. *Electronic Journal of Science Education, 20*(5), 2-18.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., Kelly, D. L., & Fishbein, B. (2020). *TIMSS 2019 International Results in Mathematics and Science*. https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/international-results/
- National Governors Association. (2007). *Innovation America: Building a science, technology, engineering and math agenda*. https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED496324.pdf.

- Newman, M., & Gough, D. (2020). Systematic Reviews in Educational Research: Methodology, Perspectives and Application. In O. Zawacki-Richter, M. Kerres, S. Bedenlier, M. Bond, & K. Buntins (Eds.), *Systematic Reviews in Educational Research: Methodology, Perspectives and Application* (pp. 3–22). Summerer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-27602-7_1
- Nurnberger-Haag, J., Wernet, J.L., & Benjamin, J.I. (2023). Gameplay in perspective: Applications of a conceptual framework to analyze features of mathematics classroom games in consideration of students' experiences. *IJEMST, 11*(1), 267-303. https://doi.org/10.46328/ijemst.2328.
- National Science Foundation. (2009). *NSF Scholarships in Science, Technology, Engineering and Mathematics (S-STEM)*. https://www.nsf.gov/pubs/2009/nsf09567/nsf09567.pdf.
- National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. National Academies Press.
- Okulu, H. Z., & Oguz-Unver, A. (2021). The Development and Evaluation of a Tool to Determine the Characteristics of STEM Activities. *European Journal of STEM Education, 6*(1), 06. https://doi.org/10.20897/ejsteme/10894.
- Organization for Economic Cooperation and Development. (2017). *OECD Skills Outlook 2017-Skills and Global Value Chains*. http://www.oecd.org/education/skills-beyond-school/oecd-skillsoutlook-2017-9789264273351-en.htm.
- Palchyk, A. O., Lutsyk, I. B., & Burega, N. V. (2022). Project-oriented approach to the study of robotics according to the concept of STEM education. In *Journal of Physics: Conference Series* (pp. 1-8). IOP Publishing.
- Pantova, M.L., Aguirre-Munoz, Z., & Hunt, E.M. (2015). Developing an engineering identity in early childhood. *American journal of engineering Education, 6*(2), 61-68.
- Park, H., Byun, S., 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). https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1531a.
- Razi, A., & Zhou, G. (2022). STEM, iSTEM, and STEAM: What is next? *International Journal of Technology in Education (IJTE), 5*(1), 1-29. https://doi.org/10.46328/ijte.119.
- Riegle-Crumb, C., Morton, K., Nguyen, U., & Dasgupta, N. (2019). Inquiry-based instruction in science and mathematics in middle school classrooms: Examining its association with students' attitudes by gender and race/ethnicity. *AERA Open, 5*(3). https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2332858419867653.
- Rothschild, K., Cohen, Marvin, Moeller, B., Dubitsky, B., Marshall, N., & McLeod, M. (2018). Learning to Look, Looking to Learn. *K-12 STEM Education, 4*(4), 421-428.
- Sahin, A., Ayar, M.C., & Adiguzel, T. (2014). STEM Related After-School Program Activities and Associated Outcomes on Student Learning. *Educational sciences: Theory & practice, 14*(1), 329-321.
- Saricam, U., & Yildirim, M. (2021). The effects of digital game-based STEM activities on students 'interests in STEM fields and scientific creativity: Minecraft case. *International Journal of Technology in Education and Science (IJTES), 5*(2), 166-192. https://doi.org/10.46328/ijtes.136.
- Sirinterlikci, A., Zane, L., & Sirinterlikci, A. L. (2009). Active learning through toy design and development. *Journal of Technology Studies, 35*(2), 14-22.
- Sokolowska, D., De Meyere, J., Folmer, E., Rovsek, B., & Peeters, W. (2014). Balancing the Needs between Training for Future Scientists and Broader Societal Needs--SECURE Project Research on Mathematics, Science and Technology Curricula and Their Implementation. *Science Education International, 25*(1), 40-51.
- Temirton, G., Kharipova, R.E., & Kistaubayeva, A.K. (2023). The effect of STEM application on learning history and culture based on photo-documents in museums. *IJEMST, 11*(1), 17-36. https://doi.org/10.46328/ijemst.2824.
- Teo, T. W., & Choy, B. H. (2021). STEM Education in Singapore. In O. S. Tan, E. L.Low, E. G. Tay, & Y. K. Yan (Eds.), *Singapore Math and Science Education Innovation: Beyond PISA* (PP. 43-59). Singapore: Summerer. https://www.researchgate.net/publication/353717524_STEM Education in Singapore.

■ Tunc, C., & Bagceci, B. (2021). Teachers' Views of the implementation of STEM approach in secondary schools and the effects on students. *Pedagogical Research, 6*(1) em0085. https://doi.org/10.29333/pr/9295.

■ Waters, C., & Orange, A. (2022). STEM-driven school culture: Pillars of a ransformative STEM approach. *Journal of Pedagogical Research, 6*(2), 72-90. https://dx.doi.org/10.33902/JPR.202213550

■ Wyse, D., Hayward, L., & Pandya, J. (Eds). (2016). *The SAGE handbook of curriculum, Pedagogy and assessment*. sage.

■ Zee, M., & Koomen, H. M. (2016). Teacher self-efficacy and its effects on classroom processes, student academic adjustment, and teacher well-being: A synthesis of 40 years of research. *Review of Educational research, 86*(4), 981–1015.

■ Zimmer, K. E., McHatton, P.A., Driver, M. K., Datubo-Brown, C. A., & Steffen, Ch. (2018). Innovative Communities: Embedding Special Education Faculty in Science Methods Courses. *Teacher education quarterly, 45*(4), 73-92.

پی‌نوشت‌ها

1. National Science Foundation (NSF)
2. Science, Mathematics, Engineering, Technology (SMET)
3. Judith A. Ramaley
4. National Science Foundation (NSF)
5. Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM)
6. Gomez
7. Wyse
8. Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS)
9. Waters & Orange
10. National Research Council (NRC)
11. Brown
12. Kocabas
13. Kelley & Knowles
14. Tunc & Bagceci
15. Gallup
16. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)
17. Soft Skills
18. Lange
19. McClure
20. king
21. Korucu & Kabak

۲۲. فقط در سال ۲۰۱۳ دولت آمریکا ۳/۷میلیارد دلار به گسترش طرح استم در مدارس اختصاص داده است.

23. President's Council of Advisors on Science and Technology (PCAST)
24. Bureau of Labor Statistics (BLS)
25. Razi & Zhou
26. Park
27. Galanti & Holincheck
28. Harlen
29. Laine
30. Mullis
31. Teo
32. Akker
33. Chalmers
34. Cooper
35. Newman & Gough
36. Eric
37. Scopus
38. Science Direct
39. Summerer
40. Google scholar
41. Elsevier
42. ProQuest
43. Critical Appraisal Skills Program (CASP)
44. Gough
45. Self- monitoring
46. Configurative synthesis
47. Locke
48. Sirinterlikci
49. Karp & Maloney
50. Albion & Spence
51. Lee & McIntyre
52. Adams
53. Sokolowska
54. Sahin
55. Hudson
56. Pantova
57. Madden
58. Blackley
59. Makerspace
60. Gardner
61. Rothschild
62. Akran & Asiroglu
63. Zimmer
64. Altan
65. Gonzales & Storti
66. Riegle-Crumb
67. Catalano
68. Diaz
69. Cayci & Ornek
70. Aydin
71. Hong
72. Cetin
73. Ahmed & Moi Siew
74. Saricam & Yildirim
75. Okulu & Oguz-Unver
76. Erdogmus
77. Akiri
78. García-Carrillo
79. Cabello
80. Dogana & Kahramanb
81. well-rounded
82. Kayan
83. Amin
84. Palchyk
85. Nurnberger-Haag
86. Temirton
87. Maker Space
88. Michael Apple
89. Cunningham & Higgins
90. Zee & Koomen
91. Minecraft
92. Australian Curriculum
93. Dugger
94. Museum of Science, Boston