

## رویکرد استم و الزامات پیاده سازی آن در ایران

فاطمه امیری<sup>۱</sup>، محمدرضا کل صفتان<sup>۲</sup>

پذیرش: ۹۸/۹/۲۹

دریافت: ۹۸/۶/۱۴

### چکیده

استم (STEM<sup>۳</sup>) که مخفف علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات است، رویکردی بین‌رشته‌ای و کاربردی است که بر پایه آن، تلاش می‌شود به جای آموزش چهار رشته به عنوان موضوعات جداگانه و گسسته، رشته‌های یادشده، در راستای حل مسائل روزمره، بطوریکه پارچه به دانش آموزان و دانشجویان تدریس شود. این روش نوین تدریس از سوی کشورهای غربی و پیشرفته با استقبال روبرو شده است و گرایش به پیاده‌سازی آن روزافزون است. با این حال، رویکردها به آموزش استم (STEM) یکسان نیست و هنوز، چارچوب مشخصی برای آموزش استم (STEM) تدوین نشده است. در این مقاله ابتدا به شرح رویکرد استم (STEM) پرداخته ایم و طیف روش‌های آموزشی بر پایه استم را شرح داده ایم. سپس با توجه به شرایط کنونی آموزش و پرورش و سنجش در ایران، الزامات پیاده‌سازی رویکرد استم (STEM) در ایران بحث و بررسی شده است.

**واژه‌های کلیدی:** آموزش، رویکرد استم، الزامات، پیاده‌سازی.

۱-استادیار دانشگاه فرهنگیان، ایران، نویسنده مسئول، Fatemeh\_۶۲@yahoo.com

۲-کارشناس ارشد مهندسی سیستم‌های اقتصادی-اجتماعی، موسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه ریزی.

<sup>۳</sup> Science, Technology, Engineering & Mathematics

## ۱- مقدمه

رویکرد آموزش مهندسی و فناوری در ایران را می‌توان یک رویکردی سنتی دانست که ویژگی اساسی آن این است که پایه‌های علمی نظری مورد نیاز برای رشته‌های مهندسی از قبیل ریاضیات و فیزیک مرتبط با رشته مورد نظر و شیمی، علم مواد و ... به دانشجویان رشته‌های مهندسی تدریس می‌شود. علاوه بر آن، آموزش‌های گسسته و پراکنده ای از علوم مهندسی مرتبط با رشته، به صورت نظری به دانشجویان تدریس می‌شود. برای نمونه، در رشته‌ی مهندسی مکانیک، درس‌های اصلی به دو بخش جامدات و سیالات تقسیم می‌شوند که چندان به هم مرتبط نیستند و در واقع می‌توان آن‌ها را دو شاخه مجزای دانش دانست. دروس اصلی گرایش سیالات در سطح کارشناسی شامل ترمودینامیک، مکانیک سیالات و انتقال حرارت هستند که مباحثی نظری بوده و می‌توان گفت ارتباطی میان آن‌ها وجود ندارد. به عبارت دیگر، حتی در درون یک گرایش نیز درس‌ها ماهیت جدا از هم دارند. همین وضعیت کمابیش در دیگر رشته‌های مهندسی نیز حس می‌شود.

در آموزش‌های متداول رشته‌های مهندسی، مسائل، به صورت مدل شده و ساده سازی شده اند. هر مساله، ماموریت پاسخ دادن به یک پرسش (یا تعداد معدودی پرسش) را دارد که به طور معمول مسائل ساده شده ی جهان واقعی هستند. به عبارت دیگر، در هیچ یک از رشته‌های مهندسی و علوم در ایران، رویکرد اصلی آموزش، مواجه کردن دانشجویان با مسائل واقعی علوم نیست. هرچند ممکن است در برخی دروس، به صورت پروژه ای، گریز کوچکی به مسائل واقعی نیز زده شود.

آنچه گفته شد، وضعیت تدریس در سطح کارشناسی رشته‌های مهندسی در دانشگاه‌های ایران است. در مدارس، به ویژه دبیرستان، وضعیت از این هم بدتر است. دانش آموزان، مجموعه‌ای از دروس را فقط به صورت نظری دریافت می‌کنند اما چگونگی کاربرد آن در حل مسائل جهان واقعی هیچ‌گاه به ایشان منتقل نمی‌شود و برای دانش آموز اهمیتی ندارد. برای نمونه، در رشته ریاضی، دروس متفاوت و اغلب غیر همبسته‌ای از قبیل مباحث مختلفی در جبر، هندسه، مثلثات در زمینه ریاضی و فیزیک مکانیک، فیزیک الکتروسیسته، مغناطیس، صوت و ... در زمینه فیزیک به صورت پراکنده و جدای از هم و اغلب در قالب دروس مجزا تدریس می‌شود که در نهایت برای دانش آموز، یکپارچگی و پیوستگی ذهنی برای حل مسائل جهان واقعی با آموزش‌های دریافتی ایجاد نمی‌کند (البته لازم به ذکر است که در کتب علوم مقطع ابتدایی، تحول مثبت و قابل توجهی انجام شده و جهت گیری به سمتی است که درس علوم در قالب مسائل جهان واقعی به دانش آموزان آموخته شود).

آنچه تاکنون در مقاله حاضر شرح داده شد ما آن را، رویکرد سنتی به آموزش علوم و مهندسی نام می‌نهم. این رویکرد، نه تنها در ایران بلکه در بسیاری از کشورهای پیشرفته جهان نیز چارچوب اصلی تدریس علوم و مهندسی را در گذشته تشکیل می‌داده و حتی هنوز نیز شکل می‌دهد. در این روش، خلاقیت و توانایی کارآفرینی در زمینه تحصیلی در دانش آموزان، به میزان لازم به بلوغ نمی‌رسد [۱ و ۲].

در برابر این رویکرد، در چند دهه گذشته تلاش‌هایی برای نزدیک تر کردن سرفصل‌های نظری دروس دانش آموزان و دانشجویان به جهان واقعی به صورت پراکنده صورت پذیرفته است. افزودن آزمایشگاه‌ها، کارآموزی‌ها و دروس عملی را نیز، شاید بتوان از تلاش‌هایی برشمرد که در کنار دروس نظری، در جهت آشنا کردن دانش آموزان و به ویژه دانشجویان با برخی مباحث عملی و جهان واقعی، در ایران انجام شده است اما با این حال، چارچوب و اسلوب آموزش در ایران، آموزش مجزای دروس مختلف نظری و آنگاه، ارسال دانش آموختگان به جهان واقعی است. از همین دانش آموختگان انتظار می‌رود که بتوانند هدف اصلی آموزش را خود محقق سازند که در واقع، عبارت است از: "حل مسائل جهان واقعی با تکیه بر آموزش‌های دریافتی".

در واقع، چگونگی ایجاد ارتباط میان دروس نظری خوانده شده و مسائل جهان واقعی، دانش و تجربه‌ای بسیار بزرگ و ارزشمند است که ما کسب آن را بر دوش دانش آموخته قرار می‌دهیم. در حل مسائل جهان واقعی علاوه بر مباحث تکنیکی، لازم

است کیفیت کار، امکانات موجود در سطح کشور، امکان‌سنجی اقتصادی (بحث به صرفه بودن و منطقی بودن انجام اقدام موردنظر از لحاظ اقتصادی)، اثرات جانبی زیست‌محیطی، اجتماعی و بسیاری مسائل دیگر نیز مد نظر قرار گیرد.

گذشته از بحث فارغ‌التحصیلان دانشگاه‌ها، دانش‌آموختگان دبیرستان‌های ما نیز هر چقدر که کوشا باشند باید دقت خود را بیشتر صرف مطالعه علوم نظری کند و همین امر موجب می‌شود آن‌ها به‌طور معمول، افرادی بار بیابند که لازم است از همه طریق، از سوی خانواده‌ها پشتیبانی شوند. در چنین شرایطی تمام مسائل شخصی دانش‌آموزان توسط خانواده مدیریت می‌شود و تمرکز دانش‌آموز فقط بر خواندن و یادگیری برخی دروس نظری است. حتی در خارج از مدرسه نیز کلاسهای کمک آموزشی یادگیری دروس نظری، فرصت تجربه جهان واقعی را از دانش‌آموزان می‌گیرد. این، ترسیمی بود از وضعیت کنونی آموزش مدارس و دانشگاه‌ها در ایران و جهان در چنین شرایطی، رویکرد جدیدی با امید حل معضل دوری دانش‌آموزان علوم و مهندسی از مسائل واقعی جامعه مطرح شده است این رویکرد که در واقع، نام آن از ترکیب ۴ رشته‌ی مختلف اتخاذ شده است، استم نامیده می‌شود که مخفف علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات است [۳]. رویکرد استم در آمریکا تعریف شده است و اکنون به‌صورت جدی در آمریکا و دیگر کشورهای پیشرفته در حال پیگیری است.

سه نگاه رویکرد متفاوت به رویکرد استم مطرح می‌باشد [۴].

یکی، رویکرد انبارش (سیلو) است که در آن، مجموعه‌ای از دانش‌های مرتبط با استم به‌صورت معلم-محور به دانش‌آموزان منتقل می‌شود.

رویکرد دوم، رویکرد جاسازی است که در آن، سعی می‌شود با آموزش فناوری محور، علم و ریاضیات در خدمت فناوری بکار گرفته شود. اما در این روش، آموخته‌ها مورد آزمون قرار نمی‌گیرند.

روش سوم، روش یکپارچه که در آن، مرز میان بخش‌های مختلف استم برداشته می‌شود و استم به‌عنوان یک واقعیت یکپارچه و واحد تدریس می‌شود. در این روش سعی می‌شود مسائل جهان واقعی با استم حل شود.

این رویکرد آخر، رویکرد غالب در موضوع استم شده است و اکنون در بسیاری متون، استم را با این تعبیر معرفی می‌کنند که مجموعه‌ای از راهبردهاست که حل مسائل جهان واقعی را به‌صورت عملیاتی با به‌کارگیری علوم، فناوری، مهندسی و ریاضی آموزش می‌دهد.

یک جا جمع کردن این چهار واژه در یک کلمه‌ی مخفف، در واقع، به نوعی بیانگر هدف این رویکرد است که عبارت است از آموزش یکپارچه این چهار دانش. در واقع، استم به دنبال راهی است تا بتواند در راستای حل مسائل جهان واقعی، همه این درس‌ها را به‌صورت یکجا به دانش‌آموز و دانشجو آموزش دهد [۵ و ۶]. در حوزه‌های علمی استم روش‌های آموزشی سنتی و رشته محور نادیده گرفته می‌شود و روند تلفیقی به خود می‌گیرد و از طریق تبادل میان رشته‌ای، متصل و یکپارچه ارتباطات معنایی میان رشته‌های گوناگون آشکار می‌شود. نگاهی که امروزه غالب است، همین نگاه بین رشته‌ای است که از استم برای حل مسائل روزمره استفاده می‌کند تا هم بتواند جذابیت رشته‌های یادشده را برای دانش‌آموزان افزایش دهد و هم از قابلیت‌های این ادغام در حل مشکلات واقعی و پروراندن افراد نخبه و نوآور بهره‌گیری کند [۷].

برای این هدف بلندپروازانه، تلاش‌های بزرگی در حال شکل‌گیری است و بسیاری مدارس در آمریکا و اروپا و استرالیا در حال حرکت به‌سوی آموزش یکپارچه این چهار رشته هستند [۸-۱۰]. هر چند چارچوبی کلی برای آموزش استم تا کنون تدوین نشده است، روش‌های آموزش آن، بیشتر، ابتکاری هستند و بسته به مدرسه یا مجتمع آموزشی، روش آموزش استم متفاوت است [۱۱]. مهم این است که نگاه مدرسه و دانشگاه متولیان آن‌ها از یک نگاه گسسته به یک نگاه پیوسته در حوزه آموزش

رشته‌های علوم و فناوری تغییر کند. اما به هر حال، استم اکنون طرف وسیعی از روش‌های آموزشی را در بر می‌گیرد و ادبیات و چارچوب مدونی برای آن شکل نگرفته است.

## ۲- طیف روش‌های آموزش

از دیدگاه همگرایی در حل مسائل جهان واقعی، می‌توان برای روش‌های آموزش، یک طیف در نظر گرفت. به طور قطع، برای حل مسائل فن‌آورانه و مهندسی مربوط به جهان واقعی، داشتن دانش نظری در زمینه ریاضیات، علوم، مهندسی و فناوری از ضروریات است و بدون دانش نظری، حل مسائل پیچیده جهان واقعی غیرممکن به نظر می‌رسد. از این رو پیش از مواجهه با این مسائل، قدری آموزش‌های نظری، اجتناب‌ناپذیر است. اینکه حجم آموزش‌های نظری گذرانده شده پیش از آغاز حل مسائل جهان واقعی به چه اندازه باشد، می‌تواند طیف آموزش را تعیین کند. در یک سر این طیف، روش‌های سنتی قرار دارد که در آن‌ها، آموزش علوم به صورت نظری و جداگانه انجام می‌گیرد. در این روش‌ها، تأکید بیش از حد بر تئوری و نپرداختن به نیاز عملی جامعه موجب کاهش اثربخشی می‌گردد. در سر دیگر، مواجهه با مسائل جهان واقعی بدون داشتن دانش نظری است که امری غیرممکن به نظر می‌رسد و حاصل آن، راه‌حل‌های نادرست و غیر علمی است. در میانه این طیف، روش آموزش استم، مورد نظر مقاله حاضر قرار دارد. استم می‌تواند موجب افزایش توان نوآوری و کارآفرینی در دانش آموزان و دانشجویان گردد. به این طریق، دانش‌آموختگان می‌توانند حتی در شرایطی مشابه شرایط کنونی در ایران که بازار کار مناسب با دستمزد مطلوب برای رشته‌های یادشده وجود ندارد، خود با توجه به روح خلاقیت برگرفته از استم به کارآفرینی بپردازند و برای خود اشتغال‌زایی کنند [۱۲].

## ۳- طیف روش‌های آموزش استم

علاوه بر طیف‌بندی کل روش‌های آموزشی که استم نیز در میان آن‌ها قرار دارد، در درون مبحث استم نیز همان گونه که یادآوری شد، ادبیات یکسانی وجود ندارد و طیفی از دیدگاه‌ها در تعریف و پیاده‌سازی استم وجود دارد. در این طیف، برخی مؤسسات و مدارس مبتنی بر آموزش استم، هر چند به رویکرد یکپارچه آموزش نگاهی دارند، اما به حل مسائل جهان واقعی از طریق استم توجهی نمی‌کنند. بنابراین ممکن است یکپارچگی کامل مورد نظر استم را نداشته باشند و تنها برخی از زیرمجموعه‌های استم را در بر بگیرند (این روش حداقلی هر چند در برخی تعاریف، زیرمجموعه استم قرار نمی‌گیرد اما برخی مراکز آموزشی و حتی مراکز بزرگی چون شرکت اینتل، چنین آموزش‌هایی را با نام و عنوان آموزش استم ارائه می‌کنند). تلاش‌های پراکنده برای آموزش رایانه به دانش آموزان، آموزش‌های رباتیک، آموزش‌های فنی و آموزش‌های مانند آن‌ها در مدارس، در این چارچوب قرار می‌گیرند.

در نهایت، در سر دیگر طیف آموزش استم، کامل‌ترین روش‌های استم برای حل مساله در چارچوب پروژه‌های عملی جهان واقعی است که معمولاً مشتریان یا متقاضیانی واقعی نیز متقاضی انجام پروژه‌های یادشده هستند. اکنون این پرسش مطرح می‌شود که کدام روش آموزش استم برای ایران مناسب‌تر است؟ این روش باید از سوئی امکان‌پذیر باشد و از سوی دیگر، منافع مورد انتظار را تأمین کند. هر چه به سمت حل مسائل جهان واقعی حرکت می‌کنیم و از حالت تئوری دور می‌شویم، پیاده‌سازی آموزش دشوارتر خواهد شد، اما منافع حاصل، بیشتر و نتیجه آن بر انتظارت موجود از استم منطبق‌تر خواهد بود.

## ۴- آموزش استم در ایران

در ایران، آمارها نشان‌دهنده‌ی تغییر ناگهانی و قابل توجه رویکرد دانش آموزان در انتخاب رشته‌های تحصیلی است و با تأسف باید گفت رشته ریاضی که می‌تواند معادل رشته‌های استم فرض گردد، به‌طور پیوسته‌ای در حال از دست دادن جایگاه خود در میان دانش آموزان است. درصد شرکت‌کنندگان کنکور در رشته ریاضی در سالهای ۸۹ تا ۹۷ در جدول زیر آمده است:

جدول ۱. درصد شرکت‌کنندگان کنکور در رشته ریاضی در سالهای ۸۹ تا ۹۷

سال	۸۹	۹۰	۹۱	۹۲	۹۳	۹۴	۹۵	۹۶	۹۷
درصد داوطلبان رشته ریاضی	۲۴,۸۸	۲۴,۹۵	۲۴,۳	۲۳,۲	۲۱,۵۹	۲۰,۶۵	۱۸,۹۳	۱۵,۹۶	۱۵,۲

پس قابل انکار نیست و نیازی به اثبات آماری ندارد که گرایش به رشته‌ی ریاضی یا همان رشته‌های استم کم شده است. روند کاهش علاقه‌مندی به رشته ریاضی به گونه‌ای هشداردهنده‌ی نزولی است. به نظر می‌رسد این روند به گونه‌ای است که اقدام عاجل و فوری از سوی سیاست‌گذاران و دولتمردان را می‌طلبد اما شناخت علل رویگردانی دانش آموزان از رشته ریاضی، نشان می‌دهد که بازگرداندن این منحنی نزولی به سمت صعود، نیازمند یک فرآیند هوشمندانه و زمان‌بر است.

رویکرد جدید و یکپارچه به آموزش استم هنوز در ایران در هیچ یک از مدارس دولتی یا خصوصی (غیر انتفاعی) و نیز دانشگاه‌ها پیاده سازی نشده است. در اینجا بار دیگر لازم می‌بینیم که طیف آموزش استم را یادآوری کنیم که ضعیف‌ترین آن، آموزش مجزای این دروس یعنی ریاضیات، علوم، فناوری و مهندسی است و قویترین و پیشرفته‌ترین آن، آموزش این دروس در قالب حل مساله است به گونه‌ای که به فراگیر (دانش آموز یا دانشجو) مسائل جهان واقعی عرضه می‌شود و او با نظارت یک معلم خیره در استم و با تکیه بر دانش اولیه‌ی که از ریاضیات و علوم دارد؛ وارد فضای حل مساله می‌شود و با احساس نیاز به یادگیری بیشتر استم، مسائل نظری را در کنار حل مساله می‌آموزد. رویکرد ابتدایی طیف که آن را سنتی نام نهادیم، از دیرباز و از ابتدای آموزش این علوم در حال اجرا است. تا مدتها، شیوه آموزشی جهان و ایران بر این مبنا بوده است که این دروس را بصورت مجزا به فراگیران آموزش می‌داده‌اند. گفته می‌شود برای نخستین بار، "بنیاد ملی علم" در آمریکا، موضوع آموزش یکپارچه استم و توجه به یادگیری را در قالب طرحی با عنوان "آموزش فناورانه پیشرفته" مطرح کرد. این طرح، شامل هماهنگی موسسات آموزشی با صنعت با هدف آموزش دانش آموزان کلاسهای هفتم تا دوازدهم و تربیت افراد کاردان در زمینه ریاضی و علوم مطرح شد. پس از آن، گرایش به توسعه این روش آموزش در میان مراکز آموزشی آمریکا و سپس، دیگر کشورها افزایش یافت و اکنون، روش استم بعنوان روشی نو برای آموزش در مدارس و دانشگاه‌های جهان مطرح است. در حال حاضر، تلاشها برای شکل دادن و اسلوب بخشی به روش استم در جریان است و هنوز روش یکسان و استاندارد برای آموزش استم معرفی نشده است. با این وجود، مراکز آموزشی مختلف، در حال شکل دهی روشهای آموزشی استم-محور مختص به خود به صورت ابتکاری و خلاقانه هستند.

در ایران نیز، رویکرد به آموزش دروس ریاضی، علوم و مهندسی (استم)، رویکرد آموزش مجزای این دروس بوده است رویکرد یکپارچه مد نظر مقاله حاضر که رویکرد پروژه محور است، هنوز تا آنجا که اطلاع در دست است در هیچ مرکز آموزشی در ایران پیاده سازی نشده است. اخیراً تغییرات مناسبی در کتب درسی علوم ابتدایی در ایران در جهت خلاقانه تر شدن آموزش و حرکت از سوی آموزش نظری محض به سوی آموزش عملی ایجاد شده است در کتابهای ویرایش قدیمی درس علوم، بیشتر، بر حفظ مطالب از سوی دانش آموزان تاکید می‌شد. تعداد آزمایشها در مقایسه با کتابهای کنونی کمتر بود، بعلاوه، در آزمایشها و فعالیتها، تمام مراحل و نتایج به دانش آموز گفته می‌شد و دانش آموز، فعالیت مهمی را در عمل انجام نمی‌داد. آزمایشها بیشتر

به گونه ای بود که انجام آنها نیازمند ابزار و وسایل خاصی بود و معمولاً آزمایش در آزمایشگاه ها یا کلاس توسط معلم انجام می شد و دانش آموزان، تنها، نظاره گر آزمایش بودند. در کتابهای جدید، آزمایشها بجای نیاز به وسایل خاص، با طراحی های هوشمندانه تر، در راستای زندگی روزمره انجام می شوند و بیشتر، توسط خود دانش آموزان انجام می گیرند؛ در این آزمایشها، دانش آموز، محور انجام آزمایش است و معلم در کنار دانش آموز، نقش مشاور داشته، بر انجام آزمایش نظارت و وی را راهنمایی می کند. در واقع، آموزش در کتابهای علوم ویرایش جدید، عملگرا است و دانش آموز، بسیاری از آموزشهای مورد نظر کتاب را در حین آزمایش یاد می گیرد. در آزمایشهای جدید، دانش آموز می آموزد که خود، مشاهده کرده، نتایج مشاهدات خود را ثبت کند. البته لازم به ذکر است که آموزش معلمان و همفکر کردن آنان با روح حاکم بر کتابهای درسی علوم، ضرورتی است که بنظر می رسد ضعف در آن باعث شده برخی معلمان هنوز شیوه تدریس جدید را بطور کامل و شایسته پیاده نکنند. در کتابهای علوم ابتدایی بویژه در پایه چهارم و پنجم و ششم، به طور معمول درسها با یک طرح مساله آغاز می شود که هر کدام از این مسائل، بخشی از زندگی واقعی دانش آموز هستند. دانش آموزان مفهومی که مد نظر کتاب است را خودشان کشف کرده، نتایج آزمایشها را با کمک معلم بسط می دهند. برای مثال می توان، به مبحث آموزش نیرو و حرکت در کتابهای علوم پایه پنجم و ششم اشاره کرد. به عنوان مثال، در پایه پنجم، دانش آموزان پس از تقسیم شدن در قالب گروه های مختلف، ضمن یادگیری فرهنگ کارگروهی، با استفاده از سطح شیبدار و ابزارهای اندازه گیری، به مباحث مربوط به نیروی لازم برای حرکت دادن اجسام پی می برند و سپس، هر یک از گروه ها، خروجی آزمایش را در جدولی ثبت و با راهنمایی معلم تحلیل می کنند. هر چند این شیوه آموزش، همه جنبه های "آموزش یکپارچه استم" که مد نظر ماست را پوشش نمی دهد اما حرکتی روشن و امیدبخش به سوی عملگرایی و آموزش غیر نظری مباحث علوم و فناوری به دانش آموزان است اما همچنان، آموزش ریاضی در این چارچوب مغفول است و تنها در روشهای کنونی، در بعضی درسها و مباحث، به کارگیری ریاضیات در آموزش علوم دیده می شود.

با توجه به شرایط موجود در ایران و میزان توجهی که به آموزش نظری معطوف است و جایگاه کنکور در شکل دهی شیوه های آموزشی پیش از آن، پیاده سازی استم در ایران نیازمند تأمین الزاماتی است که به آن به صورت فهرست وار می پردازیم:

### ۵- الزامات پیاده سازی استم در ایران

- همان گونه که ذکر شد کامل ترین روش آموزش استم، آموزش علوم، مهندسی و ریاضیات از طریق حل مسائل جهان واقعی است. این رویکرد تنها زمانی قابل تحقق است که چنین مسائلی به طور واقعی برای مطرح شدن، در دسترس وجود داشته باشد و به مدارس و دانشگاهها ارجاع داده شود یا اینکه مسئولین مراکز آموزشی بتوانند با مراجعه به کارخانه ها، شرکتها و سازمانها، قراردادهایی در این زمینه منعقد کرده، پروژه هایی انجام دهند. لازمه این امر، تعدد مراکز صنعتی و نیز وجود توان اقتصادی مناسب در کشور است تا بتواند پاسخگوی تأمین نیاز پروژه های مراکز آموزشی استم باشد. بنابراین، صنعتی شدن کشور، از الزامات پیاده سازی استم است. هر چند، هوشمندی مسئولین مراکز آموزشی می تواند یاری کند که در کشورهای غیر صنعتی نیز بتوان شرایط مشابه جهان واقعی را برای حل مساله توسط دانش آموزان و دانشجویان فراهم آورد. به هر حال، در این زمینه پیشنهاد می گردد آموزش و پرورش قراردادهایی با وزارتخانه های مختلف و صاحبان صنایع مهم منعقد سازد و آموزش عملی استم به دانش آموزان را از این طریق تسهیل کند.

- آموزش معلمان بر مبنای استم. در این زمینه تلاش های بسیاری در کشورهای پیشرفته در حال انجام است. پژوهش های گسترده ای در زمینه آموزش معلمان و اثرات آن بر آموزش مؤثر استم انجام شده است. برای نمونه، لمبرت و دیگران [۱۳] به سنجش اثربخشی یک دوره آموزشی دو ساله برای ۴۰ معلم استم پرداخته و آن را دوره ای

به طور کامل اثربخش در ارتقای شیوه تدریس معلمان دانسته‌اند و نتایج مشاهده شده در رشد تحصیلی دانش آموزان معلمان یادشده را آشکار عنوان کرده‌اند. کورلو و دیگران [۱۴] نیز بر نقش و اهمیت آموزش معلمان در پیشبرد اهداف آموزش موفق استم تأکید کرده‌اند. راهایو و دیگران [۱۵]، بر ارتقای کیفیت معلم تأکید کرده‌اند و بهبود سرفصل آموزشی و افزایش انگیزه‌ی معلمان را موجب افزایش کیفیت استم توسط معلمان دانسته‌اند. با توجه به پیچیدگی‌های آموزش استم، آموزش معلمان نیز پیچیدگی‌های قابل توجهی خواهد داشت برای آموزش در ایران پیشنهاد میگردد از طریق دانشگاه فرهنگیان اقدام شود. همچنین می توان برای کلیه معلمان جامعه هدف، آموزش‌های حین خدمت در زمینه استم در نظر گرفت. موضوع آموزش معلمان استم خود نیازمند مباحث گسترده و مقالات مفصل جداگانه‌ای است.

• اصلاح ساختار آموزشی و تغییر در کتب درسی دانش آموزان به‌ویژه کتب دوره دبیرستان بر پایه‌ی استم. توجه شود که تغییر ساختار درسی امری است که نیازمند دقت و دانش بسیار و ریزبینی فراوان است. در حال حاضر، تغییرات مثبت قابل توجهی در کتاب علوم دوره ابتدایی انجام شده است اما بنظر می رسد دوره متوسطه مغفول مانده است. شاید در نخستین گام، افزودن درسی با عنوان "آموزش یکپارچه علوم" یا "یادگیری عملی علوم" یا عناوین مشابه به دروس دوره دبیرستان مناسب باشد به گونه ای که در آن مفاهیم کار پروژه ای، کار گروهی، درگیر شدن با مسائل واقعی جامعه و امثال آن آموزش داده شود.

• اصلاح ساختار سنجش دانش آموزان و دانشجویان به‌ویژه فرآیند کنکور به گونه‌ای که توانایی‌های عملی آن‌ها در حل مسائل جهان واقعی در پذیرش آن‌ها در رشته مربوط در دانشگاه مؤثر باشد. در این زمینه می توان علاوه بر معدل دروس نظری، نتایج پروژه های عملی بر مبنای استم که در ساختار جدید تدوین شده اند را نیز در ارزیابی دانش آموزان موثر دانست. یا اینکه می توان پذیرش در دانشگاه های مطرح را منوط به داشتن رزومه قوی در عملکرد پروژه محور بر مبنای استم دانست و حتی می توان ارزیابی این بخش را از طریق مصاحبه به خود دانشگاه ها سپرد. هر چند در گذشته، مداخله دادن مصاحبه در پذیرش دانشجویان موجب سوگیری های غیرعلمی در ارزیابی و پذیرش نیز شده بود.

• افزایش توجه به معلمان، خدمات رفاهی و حقوق و دستمزد معلمی به گونه‌ای که معلمی از مشاغل سطح بالای جامعه محسوب گردد و افراد با توانمندی‌های بالاتر جذب رشته معلمی گردند. لازم به ذکر است که آموزش استم نیازمند مهارت بالا در چند رشته و توانایی برقراری ارتباط بین رشته ای است که این توانمندیها در کمتر کسی جمع می شود و برای داشتن معلمانی با این مهارتها و علاوه بر آنها توانایی های لازم برای آموزش و انتقال مطالب، نیاز است که دانش آموزان نخبه جذب رشته معلمی گردند که این امر نیز، مستلزم ایجاد جذابیت مادی و معنوی برای رشته معلمی است. هر چند آموزش و رشته معلمی، جذابیت‌های معنوی خاص خود را دارد؛ اما شرایط مادی نیز برای معلمان بویژه معلمان استم باید با مشاغل متوسط و بالاتر از متوسط جامعه قیاس پذیر باشد تا بتوان نسبت به جذب دانش آموزان نخبه اقدام کرد و همچنین بتوان رغبت به یادگیری بهتر در آموزش‌های حین خدمت را در معلمان ایجاد کرد. همچنین می توان بازخورد عملکرد معلمان را در فرآیند ارتقای آنها دخیل کرد تا بازدهی عملکرد آنها افزایش یابد.

لازم به ذکر است روند تغییر از روش سنتی به استم باید تدریجی و با در نظر گرفتن ملاحظات مختلف طی شود. می توان ابتدا به صورت آزمایشی در برخی پایه‌های محدود آموزش استم را اجرا کرد و در صورت موفقیت آمیز بودن طرح، آن را توسعه داد.

## منابع

- [۱] مهموئی مومنی، به سازی محسن، ( پاییز ۱۳۸۸)، برنامه های درسی آموزش عالی؛ گامی در جهت پرورش دانش آموختگان خلاق، نشریه علمی-پژوهشی راهبردهای آموزش در علوم پزشکی، دوره ۲ شماره ۳
- [۲] محمدعلی مجلل چوبقلو، رحیم عبدالله فام، ( پاییز ۱۳۹۰)، تمجید تاش الهام آسیب شناسی فرایند کارآفرینی در برنامه درسی رشته های تحصیلی دانشگاهی (مطالعه موردی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد بناب)، فراسوی مدیریت، سال پنجم-شماره ۱۸-صص ۱۶۷-۱۸۷
- [۳] Siekmann, G. and Korbel, P. (۲۰۱۶), *Defining 'STEM' skills: review and synthesis of the literature*, support document ۲, NCVER, Adelaide. ©Commonwealth of Australia.
- [۴] Roberts A, Cantu D. (۲۰۱۲), *Applying STEM Instructional Strategies to Design and Technology Curriculum*. ;۱۱۱-۸.
- [۵] J. Williams. (۲۰۱۱), "STEM education: Proceed with caution," *Design and Technology Education*, vol. ۱۶, no. ۱, pp. ۲۶-۳۵
- [۶] F. Banks. August (۲۰۰۹), "Technological literacy in a developing world context: The case of Bangladesh," in Proc. PATT-۲۲: 'Pupils Attitude Towards Technology' Conference, Delft, The Netherlands, pp. ۲۴-۳۸.
- [۷] k. Becker , k. Park .( ۲۰۱۱), Effects of integrative approaches among science , technology , engineering , and mathematics ( STEM ) subjects on students ' learning: A preliminary, *meta-analysis*. ;۱۲(۵):۲۳-۳۷.
- [۸] Science and Engineering Education Advisory Group (SEEAG), (۲۰۱۲). *Supporting Scotland's STEM education and culture*.
- [۹] National Governors Association (NGA). ( ۲۰۰۷), *Building a science, technology, engineering and math agenda*.
- [۱۰] J. Pitt. (۲۰۰۹), Blurring the boundaries -STEM education and education for sustainable development. *Design and Technology Education: An International Journal*. ;۱۴(۱):۳۷-۴۸.
- [۱۱] Williams PJ. ( ۲۰۱۱) STEM education: Proceed with caution. *Design and Technology Education*; ۱۶(۱):۲۶-۳۵
- [۱۲] امیری فاطمه و دیگران، (۱۳۹۸)، رویکرد استم راهکاری برای احیای اقبال رشته ریاضی در ایران، چهارمین همایش ملی پژوهش در آموزش علوم پایه، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
- [۱۳] J. Lambert, et al. (۲۰۱۸), Making Connections: Evaluation of a Professional Development Program for Teachers Focused on STEM, *Integration Journal of STEM Teacher Education*. Vol. ۵۳, No. ۱, ۳-۲۵
- [۱۴] M. S. Corlu, et al. (۲۰۱۴), Introducing STEM Education: Implications for Educating Our Teachers For the Age of Innovation , *Education and science*, Vol. ۳۹, No ۱۷۱
- [۱۵] T. Rahayu, et al. (۲۰۱۹), Mini Review Improving Teachers Quality in STEM based Teaching Learning in Secondary School, *The ۴th International Conference on Islam and Higher Education*.