

آموزش استم: چارچوبی برای رویارویی با بحران رشته‌های ریاضی دانشگاهی در ایران STEM Education: A Suitable Framework for Encountering the Crisis of University Mathematics in Iran

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۸/۳۰، تاریخ ارزیابی: ۱۴۰۲/۱۱/۲۴، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۱۱/۲۹

Z, Mohtasham, Z, Gooya, S, Gholamazad.

Abstract: University mathematics in Iran is facing crisis in terms of the quality and quantity of students since 2011 and one of the main causes¹ is known as unemployment of its graduates. In the meanwhile, virtual education during the pandemic changed the expectations and the learning style of students. Digital technology and AI changed the job market as well and required a workforce equipped with new knowledge and skills. By reviewing the related literature, the integrative approach to STEM education was identified to encounter the above crisis. According to the research purpose, we first studied the evolution of these disciplines in the USA as home to STEM education. We then reviewed all accessible documents taking the research synthesis approach and used qualitative content analysis. The results showed that to prepare graduates for new job market that is highly competitive and unstable, four faculties should cooperate and collaborate to revise their programs and develop innovative and flexible curriculum with different emphasis considering the diversity of various fields. In addition, universities must give financial support to STEM departments to focus on relevant research towards developing new curriculum for the improvement of mathematics and other STEM disciplines.

Keywords: university mathematics majors, science-technology-engineering-mathematics (STEM), higher education, new job market, integrative approach to mathematics curriculum.

زهرا محتشم^۱، زهرا گويا^۲، سهيلا غلام آزاد^۳

چکیده: در ایران، رشته‌های ریاضی دانشگاهی از شروع دهه ۱۳۹۰، با افت کمی و کیفی فزاینده‌ای مواجه شده‌است و سیاست‌گذاران آموزش-عالی را با چالش مواجه کرده‌است. به‌ویژه جایگزینی آموزش حضوری با آموزش مجازی در دوران همه‌گیری و حضور بُرنگ تکنولوژی دیجیتال و هوش مصنوعی، مانند شتاب‌دهنده‌ای^۱ عمل کرد که هم سلیقه یادگیری و انتظار دانشجویان را از تحصیلات دانشگاهی تغییر داد و هم قواعد بازار کار را دگرگون نمود. برای رویارویی با این بحران، رویکرد متفاوتی به چهار حوزه «علوم-تکنولوژی-مهندسی-ریاضی» (استم) در آموزش عالی، توجه دوباره‌ای را جلب کرد. هدف از این پژوهش، بررسی استفاده از آموزش استم برای رویارویی با چالش‌های رشته‌ریاضی دانشگاهی در ایران بود. بدین منظور، ابتدا سیرتاریخی توجه به رشته‌های تشکیل‌دهنده استم در ایالات متحده که خاستگاه این آموزش بوده، مطالعه شد. سپس با مرور نظام‌وار^۲ اسناد، ابتکارهای پنج کشور که هرکدام نقش عمده‌ای در پیشبرد استم داشته‌اند، استخراج شده و چارچوبی برای مواجهه با بحران رشته‌های ریاضی دانشگاهی در ایران تدوین شد. دستاورد اصلی این مطالعه این است که آموزش استم، نیازمند مشارکت بین‌گروهی/بین‌دانشکده‌ای و مراکز پژوهشی دانشگاه‌ها با تبیین هدف مشترک، حمایت از پژوهش‌های تلفیقی توسط سیاست‌گذاران، توانمندسازی نیروی انسانی در مدرسه و دانشگاه از طریق توسعه حرفه‌ای، عبور از برنامه‌های آموزشی تجویزی و همچنین توجه به نقش کلیدی ریاضی در توسعه تکنولوژی و هوش مصنوعی و متحول شدن بازار کار است.

کلمات کلیدی: رشته‌های ریاضی دانشگاهی، علوم-تکنولوژی-مهندسی-ریاضی (استم)، آموزش عالی، بازار کار جدید، رویکرد تلفیقی به برنامه‌درسی ریاضی.

^۱ این مقاله، مستخرج از رساله نویسنده اول برای دریافت مدرک دکتری آموزش ریاضی از دانشگاه شهیدبهبشتی

است. z_mohtasham@sbu.ac.ir

^۲ استاد دانشگاه شهیدبهبشتی (نویسنده مسئول). Z-gooya@sbu.ac.ir

^۳ عضو هیأت علمی سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، پژوهشگاه مطالعات آموزش -

و پرورش: soheila_azad@yahoo.com

^۴ Accelerator

^۵ در این مقاله، علوم و علوم تجربی مترادف هم آمده‌اند.

^۶ Research Synthesis

مقدمه

طی دهه ۱۳۹۰ تا زمان حاضر (۱۴۰۲)، کاهش مستمر تعداد کسانی که در دوره دوم متوسطه در ایران، رشته ریاضی-فیزیک را انتخاب می‌کنند، توجه سیاست‌گذاران را به چاره‌اندیشی برای شناخت دلایل این بحران جلب کرده‌است. به تبع این کاهش، تعداد داوطلبانی که از گروه آموزشی-ریاضی آزمون سراسری وارد دانشگاه می‌شوند نیز، با سرعت در حال کم‌شدن است و رشته‌های-ریاضی و علوم در بعضی دانشگاه‌ها، ظرفیت اعلام شده‌شان تکمیل نمی‌شود. این در حالی است که محدود بودن تعداد متقاضیان برای تحصیل در رشته ریاضی پدیده‌ای جهانی است، ولی مسئله ایران با بسیاری از کشورها متفاوت است. زیرا در ایران، مؤسسه‌های آموزش عالی بسیاری در یک بازه زمانی کوتاه، تأسیس شدند و دوره‌های کارشناسی ریاضی دایر کردند و تعداد دانش‌آموختگان ریاضی، از متوسط جهانی، سبقت گرفت و از شروع دهه ۹۰، آفت کمی با شیبی تند، شروع شد (Zangeneh, 2015; Parvaneh & Rejali, 2018).

در صورتی که در سطح جهانی، به دلیل نقشی که ریاضی در استقلال و توسعه کشورها ایفا می‌کند، تلاش می‌شود که دانش‌آموزان، ریاضی را به عنوان رشته تحصیلی دانشگاهی انتخاب کنند (NRC, 2004). همچنین، عملکرد نامناسب دانش‌آموزان و دانشجویان ایالات متحده در آزمون-های ملی و بین‌المللی نظیر تیمز و پیزا و کمبود نیروی کار متخصص و ماهر در تکنولوژی‌های پیشرفته در دهه اخیر، سیاست‌گذاران آموزش عالی و آموزش عمومی را متوجه ضرورت انجام طرح-های پژوهشی کلان در سطوح ملی و بین‌المللی کرده‌است (Chen, 2009; Gonzalez & Kuenzi, 2012; Granovskiy, 2018). بدین سبب با حمایت‌های مالی و معنوی سازمان ملل متحد و یونسکو، پژوهش‌های متنوعی برای جبران کاستی‌های موجود در حوزه‌های ریاضی و علوم انجام شد که یکی از مهم‌ترین دستاوردهای این پژوهش‌ها، صورت‌بندی رویکرد تلفیقی به آموزش چهار حوزه «علوم-تکنولوژی-مهندسی-ریاضی» (استیم) بود. یافته‌ها نشان دادند که رویکرد استیم، به دلیل توجه به دنیای واقعی، می‌تواند فرصت‌های آموزشی متنوعی برای دختران ایجاد کند و بدین ترتیب، شکاف جنسیتی را بین ورودی‌ها به این رشته‌ها، ترمیم کند و کیفیت آموزشی را برای همه، ارتقا دهد (Moore et al, 2014; Burrows et al, 2018). در بحبوحه این بحران، از سال ۲۰۱۹ همه‌گیری کووید-۱۹، چالش بازم جدی‌تری برای این-حوزه‌ها ایجاد کرد. زیرا از سویی، آموزش علوم در مدرسه و دانشگاه، نیازمند آزمایشگاه و کارهای میدانی است که با تعطیلی مراکز آموزشی و آموزش مجازی، با محدودیت اساسی مواجه شدند. از سوی دیگر، تکنولوژی معنا و مفهوم جدیدی پیدا کرد و از حالت بستر و ابزار یادگیری فراتر رفته و خود، عاملیت^۲ یادگیری پیدا کرد. در حقیقت دانش‌آموزان کم‌انگیزه و دانشجویان بی‌علاقه،

¹ Science-Technology-Engineering-Mathematics: STEM

² Agency

تکنولوژی را مأمّن تازه‌ای برای نوآوری و خلاقیت‌های خود یافتند. در این راستا، پژوهشگران در حوزه آموزش‌های موضوعی و برنامه‌درسی، مطالعات متنوعی انجام دادند که نتایج آنها، در حال انتشار و برای تدوین رشته‌های میان‌رشته‌ای، نویدبخش است. یکی از جهت‌گیری‌های این مطالعات، عنایت به نیازهای بازارکار و تضمین آینده شغلی برای دانش‌آموختگان رشته‌های اِستِم است. هدف پژوهش حاضر، بررسی نظام‌وار اسناد و منابع موجود بین‌المللی در آموزشِ اِستِم بود تا با تحلیل آنها و لحاظ نمودن ویژگی‌های آموزش عالی در ایران، بتوان راهکارهایی برای ارتقای این رشته‌ها در ایران، ارائه داد. برای این منظور سیرتاریخی توسعه آموزش‌های علوم و مهندسی که خاستگاه آن ایالات متحده است، می‌تواند در سیاست‌گذاری برنامه‌های آموزش رشته‌های اِستِم در ایران راهگشا باشد.

پیشینه

«اِستِم» یک میان‌رشته‌گی نسبتاً جدید با سرواژه‌های «علوم-تکنولوژی-مهندسی-ریاضی» است. این رویکرد، مبتنی بر ایده آموزش تلفیقی در این چهارحوزه است که به جای آموزش مجزا و مستقل هریک، آنها را در یک الگوی آموزشی و یادگیری منسجم برای حل مشکلات زندگی واقعی، تلفیق می‌کند (Sanders, 2009; Wang et al, 2011; Wells & Ernst, 2012; Kelley & Knowles, 2016; Chandan, Magana & Vieira, 2019; Roehrig et al, 2021; Razi & Zhou, 2022). رویکرد «اِستِم» و ایجاد مهارت‌های فرایندی حل مسئله، تفکر انتقادی و استدلال تحلیلی که از ضرورت‌های زیستن در قرن ۲۱م است، می‌تواند افرادی توانمند تربیت کند که به کمک هوش مصنوعی و علم داده و انواع تکنولوژی‌های دیجیتال، قادر به فهم و درک مسائل پیچیده و غیرتعیینی جهان امروز مانند مشکلات آب‌وهوایی، گرم شدن کره زمین و بحران زیست‌محیطی، بیماری‌های همه‌گیر و بهداشت عمومی، پردازش اطلاعات در فضای مجازی و مسائل امنیتی کلان، در جوامع بومی و جهانی باشند. آموزشِ اِستِم، دانش و مهارت‌هایی فراتر از موضوع‌های مجزای درسی می‌طلبد تا امکان اشتغال دانش‌آموختگان را افزایش دهد. همچنین به منظور تبیین رویکرد آموزشی مناسب به اِستِم، برای هریک از چهارحوزه تشکیل‌دهنده آن، تعبیرهای متنوع و مشترکی ارائه شده است (Eady, 2008; Honey, Pearson & Schweingruber, 2014; Vasquez, 2015). این تعبیرها براساس یک-نیاز ریشه‌دار در ایالات متحده به توسعه علوم و ورود به عصرصنعتی بوده که در طول زمان، تحول یافته و طی حدود دوسده اتفاق‌های سیاسی و اجتماعی و اقتصادی، تغییرات چشمگیری در آن ایجاد شده است. در دودهمه اخیر نیز توجه به رویکرد اِستِم، از ایالات متحده شروع شد. به این علت در پیشینه پژوهش، بررسی تحلیلی و منظم تاریخی تأسیس گروه‌های علوم و مهندسی در آموزش-

^۱ پس از این، به جای «علوم-تکنولوژی-مهندسی-ریاضی»، از واژه «اِستِم» استفاده می‌شود.

عالی در ایالات متحده و در مسیر توسعه آن، توجه به رویکرد استم در قرن ۲۱م، محور قرار گرفته است.

سیر تحول کالج‌های چهارساله در آمریکا: هدف از تأسیس اولین «کالج»‌های چهارساله در آمریکا، تربیت طلبه‌ها و افراد طبقه‌های بالای جامعه بود که اولین و معروف‌ترین آنها به ترتیب هاروارد (۱۶۳۸)، ویلیام و مری^۱ (۱۶۹۳)، ییل^۲ (۱۷۰۱) و پرینستون (۱۷۴۶) بودند و برنامه درسی‌شان، هنرهای لیبرال کلاسیک^۳ بود. این برنامه شامل «علوم چهارگانه حساب، هندسه، نجوم^۴ و موسیقی^۵» یا معانی بیان^۶، «علم بلاغت/ فصاحت» و «علوم چهارگانه حساب، هندسه، نجوم^۶ و موسیقی^۷» یا «هنرهای ریاضی» بود که به دانشجویان آموزش دهد تا «با دقت بخوانند، دقیق فکر کنند، زیبا بنویسند و واضح صحبت کنند». به تدریج، تعداد این کالج‌ها که به «کالج‌های هنرهای لیبرال» معروف هستند، افزایش یافت.

با گذشت بیش از دو قرن از تأسیس کالج‌های هنرهای لیبرال، به سبب تغییر ساختارهای اقتصادی و اجتماعی، نیاز به دانش‌آموختگانی با مهارت‌های فنی/مهندسی و علوم، مشهود شد و در سال ۱۸۶۲، «قانون اعطای زمین موریل»^۸ توسط آبراهام لینکلن تصویب شد که طبق آن، به ایالت‌ها اجازه داده شد تا با استفاده از درآمد حاصل از فروش زمین‌های دولت فدرال، کالج‌هایی با تمرکز بر آموزش علوم/کشاورزی و مهندسی^۹ تأسیس کنند^{۱۰}. (Moore, Johnston & Glancy, 2020). بدین ترتیب، هر ایالت به‌زای هر یک سناتور و نماینده‌ای که درکنگره داشت، ۳۰۰۰۰ هکتار زمین دریافت نمود که ام‌آی‌تی^{۱۱} (۱۸۶۴) و برکلی (۱۸۶۸) که دو دانشگاه تراز اول دنیاهستند، بدین ترتیب، راه‌اندازی شدند (National Education Association, 2022).

¹ William and Mary College

² Yale

³ Classical Liberal Arts

⁴ Trivium

⁵ Rhetoric

^۶ در برنامه‌درسی رشته ریاضی در ایران، گاهی عنوان درس نجوم، «هیئت» بود.

⁷ Quadrivium

⁸ Morrill Land-Grant Acts

⁹ Mechanical Arts

^{۱۰} این زمین‌ها، متعلق به بومیان آمریکا بود که تحت استعمار دولت فدرال، تصرف شدند و کالج‌های دولتی در آمریکا، باغصب زمین‌های بومیان توسعه یافت.

^{۱۱} Massachusetts Institute of Technology: MIT

^{۱۲} ام‌آی‌تی در سال ۱۸۶۱ مجوز تأسیس گرفت و در سال ۱۸۶۲، با قانون اعطای زمین موریل، راه‌اندازی شد.

آموزش استم: چارچوبی برای رویارویی با...

نمونه‌دیگر، کالج کشاورزی ماساچوست بود که با این قانون، در سال ۱۸۶۳ در شهر آمهرست^۱ تأسیس شد و به تدریج، تبدیل به یکی از بزرگ‌ترین دانشگاه‌های دولتی آمریکا شد. این کالج در سال ۱۹۳۲، به «کالج ایالتی ماساچوست» تغییر نام داد و در سال ۱۹۴۷، تبدیل به دانشگاه ماساچوست^۲ شد. آنگاه در سال ۱۹۶۲، دانشکده پزشکی این دانشگاه در شهر وورستر^۳ راه افتاد و در سال ۱۹۶۴، پردیس بوستون شروع به کار کرد. در سال ۱۹۸۱، کالج ایالتی بوستون^۴ که مرکز تربیت معلم بود، با شعبه بوستون دانشگاه ماساچوست ادغام شد. در سال ۱۹۹۱، دانشگاه لول^۵ به دانشگاه ماساچوست و دانشگاه ساوت ایسترن ماساچوست^۶ تبدیل به دانشگاه ماساچوست در دارتموت^۷ شد. در نهایت، کالج اولیه ماساچوست تبدیل به دانشگاه ماساچوست با پنج پردیس^۸ شد که بایک هیئت‌امنا، اداره می‌شود؛ امروزه دانشگاه ماساچوست به سبب کیفیت بالای خدماتی که به جامعه محلی و ایالتی عرضه می‌کند و ثروتی که برای ایالت تولید می‌کند، مثال زدنی است. در ادامه تأسیس کالج‌های چهارساله و به دلیل نیاز شدید ایالات متحده به بازسازی کشاورزی و تربیت کشاورزان بامهارت، «قانون دوم مریل» در سال ۱۸۹۰ به منظور تأسیس کالج مخصوص سیاه‌پوستان، به تصویب رسید. طبق این قانون، ایالت‌ها موظف شدند که مؤسسه‌های مجزایی برای سیاه‌پوستان تأسیس کنند که به جای اهدای زمین، از دولت فدرال حمایت مالی دریافت نمایند (BlackPast, 2014). این قانون، آغازگر تأسیس «کالج‌ها و دانشگاه‌های از نظر تاریخی مخصوص سیاه‌پوستان»^۹ شد که تا قبل از «قانون حقوق مدنی»^{۱۰} سال ۱۹۶۴، به دوصورت دولتی و خصوصی، تشکیل شدند تا امکانات آموزشی برای سیاه‌پوستان ایجاد شود که در دوره برده‌داری، از آنان دریغ شده بود. زیرا قبل از قانون لغو بردگی در سال ۱۸۶۵، برده‌داران اجازه باسواد شدن را به برده‌ها نمی‌دادند و با وضع «قوانین منع سوادآموزی»^{۱۱} از سرمایه‌خود از طریق بیگاری بردگان، حفاظت می‌کردند. این درحالی بود که در ایالت‌هایی که این قوانین لغو شده بود، سیاه‌پوستان

^۱ Amherst

^۲ University of Massachusetts with five campuses including

^۳ Worcester

^۴ Boston State College

^۵ University of Lowell

^۶ Southeastern Massachusetts University

^۷ UMass Dartmouth

^۸ Amherst, Boston, Dartmouth, Lowell, Worcester

^۹ این سیر تحول، نشان‌دهنده پرهیز از شتاب‌زدگی در تغییرات ساختاری و تشکیلاتی دانشگاه است. در حال حاضر، دانشگاه ماساچوست، یکی از بزرگ‌ترین دانشگاه‌های سرآمد دولتی آمریکا در آموزش و پژوهش و درآمدزایی است.

^{۱۰} Historically Black Colleges and Universities: HBCUs

^{۱۱} Civil Rights Act

^{۱۲} Anti-literacy Laws

اجازه ورود به دانشگاه‌های سفیدپوستان را داشتند، ولی به‌طور عملی نمی‌توانستند، زیرا فاصله چشمگیری بین توانایی آنها با دانشجویان سفیدپوست وجود داشت. به‌منظور انجام اصلاحات ضروری و پُر کردن این فاصله، ریچارد هامفریس^۱ در سال ۱۸۳۷، کالجی برای جوانان سیاه‌پوست در چینی پنسیلوانیا^۲ راه‌اندازی نمود تا بردگان، «خواندن-نوشتن-ریاضی» یاد بگیرند و فرصت ورود به دنیای بعد از آزاد شدن را بیابند. این مؤسسه، بعدها تبدیل به دانشگاه چینی در پنسیلوانیا شد که اولین دانشگاه تحت‌عنوان «کالج‌ها و دانشگاه‌های از نظر تاریخی مخصوص سیاه‌پوستان» بود. در حال حاضر، ۱۹ دانشگاه از این نوع، در آمریکا فعال هستند که اغلب آنها، تمرکز خود را بر تقویت آموزش استم برای دوره‌های کارشناسی و ایجاد ظرفیت برای بازار کار جدید گذاشته‌اند.

تجربه شکل‌گیری و توسعه آموزش عالی در ایالات متحده، بیانگر این واقعیت است که نیازمندی‌های اجتماعی و اقتصادی و بازار کار طی زمان، باعث تحول در برنامه‌های دانشگاهی شد و در دودهه اخیر، به طرح آموزش استم منجر شد. آموزش عالی ایران نیز می‌تواند برای رویارویی با بحران رشته ریاضی و اشتغال دانش‌آموختگان آن در ایران، از این تجربه تاریخی بیاموزد.

سندهای مرتبط با استم در آمریکا: از نظر (National Research Council, 2011)

آموزش موفق استم از پیش‌دبستانی تا پایه ۱۲، نیازمند تدوین برنامه‌های درسی^۴ برای دانشجو-معلمان و معلمان شاغل است تا بتواند دانش موضوعی و توانایی‌های استدلالی آنان را در چهار حوزه تشکیل‌دهنده استم، ارتقا دهد. طراحی و اجرای این برنامه که جزو مسئولیت‌های آموزش عالی است، توسعه استدلال کمی و تلفیقی به‌عنوان پیونددهنده ایده‌های محوری ریاضی و سازمان‌دهی تدریس و یادگیری علوم حول «ایده‌های بزرگ» در استم است. به‌اعتقاد این شورا، ایده‌های بزرگ ابزار مهمی برای یادگیری هستند و دانش‌آموزان را قادر می‌سازند تا اطلاعات را درون یک چارچوب دانشی محکم و قابل‌اتکا، سازمان‌دهی کنند. این شورا توصیه کرده است که به‌منظور پشتیبانی از این برنامه‌ها، لازم است برای معلمان و سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان در سطوح میانی و مدرسه‌ای، کارگاه‌های ابتکاری و کاربردی اجرا شود، منابع و ابزار آموزشی در اختیار آنان قرار گیرد، مشورت‌های آموزشی مستمر به ایشان ارائه شود و از تشکیل گروه‌های حرفه‌ای، حمایت کنند و تدریس خود را ارتقا دهند.

از این گذشته، «بنیاد ملی علوم» (NSF, May 2020) سندی با عنوان «بیانیه چشم‌انداز»، در مورد آموزش استم در آینده منتشر کرد که در آن، آمده است:

¹ Richard Humphreys

² Cheyney Pennsylvania

³ Capacity Building

⁴ The Advancing Reasoning Covariationally Curriculum: ARC

آموزش استم: چارچوبی برای رویارویی با...

تمام شهروندان می‌توانند در شوق‌آفرینی و پیشرفت ملت، سهیم باشند. با آماده‌شدن برای شغل‌های حوزه استم در آینده، تمام یادگیرندگان باید فرصت برابر برای کسب دانش‌پایه این حوزه را داشته‌باشند. آموزش استم برای آینده، به‌ارتقای درک و فهم ما کمک می‌کند تا بفهمیم که مردم، چگونه با کمک تکنولوژی مدرن، یاد می‌گیرند برای خود، تجربه‌های یادگیری شخصی-شده بیشتری خلق کنند، یادگیری را ترغیب کنند و از ابتدای کودکی، خلاقیت را پرورش دهند. این آموزش در سراسر ایالات متحده، موانع کنجکاوی جوانان و بزرگ‌سالان را برمی‌دارد و در آنها، بذر جستجوگری می‌کارد و فرهنگ نوآوری و پرسش‌گری را رواج می‌دهد. از این طریق، ملت اطمینان می‌یابد که همچنان رهبری جهانی را در علوم، تکنولوژی، اکتشاف و رقابت‌پذیری، حفظ خواهد کرد.

سپس در ادامه توضیح می‌دهد که برای تحقق این چشم‌انداز، ضروری است که با پیشینه‌کردن فرصت‌ها، تمام زیست‌بوم^۱ نظام آموزشی در نظر گرفته‌شود تا همه دانش‌آموزان بتوانند با هر پیشینه، نژاد، قومیت، جنسیت، مذهب و سطح درآمد، شگفتی‌ها و امکان‌های استم را یاد بگیرند و در طول زندگی، علاقه‌مندی و اشتیاق خود را نسبت به آن، حفظ کنند. تلاش برای پوشش همگانی آموزش عمومی، بر این اساس است که بازار کار، به سرعت در حال تغییر است و هر زمان، نیازمند دانش و مهارت‌های تازه و پیچیده‌ای است و آموزش عمومی و آموزش عالی، مسئول پاسخگویی به-آنها هستند. ویژگی این بیانیه، تأکید بر پوشش همگانی آموزش با در نظر گرفتن گوناگونی چشمگیر دانش‌آموزان است. در نتیجه یکی از چالش‌های مهم، بررسی مسیرهای غیرسنتی برای کسب مهارت‌ها و شایستگی‌ها در استم است که برای آن، شناسایی چگونگی یادگیری مفاهیم استم توسط دانش‌آموزان، یک پیش‌فرض است (ص. ۹). اگر این هدف‌ها در آموزش عمومی تحقق یابند، متقاضیان ورود به آموزش عالی، خواهان ارتقای دانش و مهارت‌ها و شایستگی‌هایی خواهند بود که در مدرسه کسب کرده‌اند و برنامه‌های مجزا و کلاسیک آموزش عالی را به چالش خواهند کشید. برای نمونه، سؤالی که در این سند مطرح شده این است که «چگونه مسیرهای غیرسنتی، آموزش عالی را به معنایی که می‌شناسیم، به چالش می‌کشند» و «چگونه می‌توان از تکنولوژی، به‌عنوان ابزارِ پداگوژی و نیروی دموکراتیزه‌کردن» در دانشگاه، استفاده نمود؟ (ص. ۹). علاوه بر اینها، «قبل از تهیه چشم‌اندازی برای آموزش استم در آینده، درک و فهم حال، حیاتی است» تا بدانیم که در آموزش عالی، «چالش‌های جاری در آموزش استم کدامند؟ چه کارهایی مؤثرند و در کجا، ناتوان هستیم؟ اولویت‌های الان ما کدامند و چگونه می‌توانیم با شکل دادن آنها، آینده خود را تقویت کنیم؟ (ص. ۱۱).

¹ Ecosystem

تحول در دوره‌های کارشناسی ریاضی و علوم در آمریکا: دوره‌های کارشناسی ریاضی و علوم در آمریکا، دستخوش تحول هستند، زیرا شایستگی‌های موردنیاز برای شغل‌های مربوط به - استیم، ساختارهای مرسوم آکادمیک را به چالش کشیده‌است. برای مثال، تعداد فزاینده‌ای در سن‌های بالاتر، وارد دوره‌های کاردانی و کارشناسی می‌شوند تا مهارت‌های شغلی موردنیاز خود را کسب کنند و برنامه‌های موضوع-محور موجود، این قابلیت را ندارند. در گزارشی که در ماه جولای ۲۰۱۲ توسط «شورای مشاوران رئیس‌جمهور در علوم و تکنولوژی» منتشر گردید، نشان داده شد که تعداد فارغ التحصیلان استیم در آمریکا، نسبت به افزایش نیاز در بازار کار، کافی نیست (Tytler, in press). به گفته (Kober, 2015)، این گزارش باعث شد تا در آموزش استیم، به این اصل بنیادی توجه شود که «هم‌ترازی اثربخش دانش‌رشته‌ای با زمینه‌های بین‌رشته‌ای» مهم است و نیازمند توسعه روش‌های کارآمد است. این در حالی است که (Henderson & Dancy, 2009)، یکی از بزرگ‌ترین موانع را برای بهبود آموزش استیم در دوره‌های کارشناسی، ناکافی بودن دانش مربوط به- چگونگی گسترش مؤثر استفاده از آموزش‌های موجود و راهبردها و نوآوری‌های انجام شده در استیم دانسته و توضیح داده‌بودند که علت پرهزینه‌بودن نهادسازی برای استیم در مدرسه و دانشگاه، آن- است که مؤلفه‌های به‌هم‌پیوسته بسیاری به‌طور هم‌زمان، بر افراد و انتخاب‌های تحصیلی آنها تأثیرگذارند.

نتیجه پژوهش‌های مرور شده، حاکی از این است که با توجه به تغییرات بنیادین در بازار کار، برای دانش‌آموختگان آموزش عالی، کسب مهارت‌های فرایندی شامل سازگاری و انعطاف، کار مشارکتی، یادگیری مستقل، یادگیری مستمر و درک و کاربرد مفاهیم در زمینه‌های واقعی، ضروری است. به‌منظور ایجاد تحول در برنامه‌های آموزشی و پاسخ‌گویی به‌نیازهای جدید، پژوهش‌های بسیاری انجام شده که بیانگر این هستند که استفاده از محیط‌های یادگیرنده-محور و مبتنی بر شواهد^۳ کمک می‌کنند تا آموزش استیم، بالقوه برای همه قابل دسترس شود و شکاف آموزشی را کمتر کند^۴ (Borrego & Henderson, 2014; Cloutier, Dwyer & Sherrod, 2016; Çorlu & Aydin, 2016; Kaleva et al, 2019; Meaders et al, 2020 & Brand, 2020).

¹ President's Council of Advisors on Science and Technology: PCAST (www.whitehouse.gov/ostp/pcast)

² Context/ Contextualizing

³ Evidence-based

^۴ ویلیام فری^۴ در سال ۲۰۱۸ بیان کرد که اکثر دانشجویان دکتری علوم کامپیوتر و مهندسی در ایالات متحده، غیرآمریکایی بوده و با ویزای دانشجویی در حال تحصیل در آمریکا هستند و پیش‌بینی کرده بود که تا سال ۲۰۴۵، ایالات متحده تبدیل به کشور «اقلیت سفیدپوست» خواهد شد.

آموزش استم: چارچوبی برای رویارویی با...

با. جوداین، نیازمندی به یافتن سازوکارهایی مؤثر برای گسترش آموزش‌های استم، باعث شکل‌گیری گروه‌های جدیدی از ترکیب سازمان‌های علمی دانشگاهی در آمریکا شده‌است که درس‌های آموزنده‌ای برای توسعه استم در جهان دارد.

در سال ۲۰۱۲، «اتحادیه دانشگاه‌های آمریکا»، یک گروه تخصصی را باهدف تدوین چارچوبی با دوماؤلفه «آموزش دابستی» و «تغییرات فرهنگی» برای توجه به آموزش و توسعه استم در مراکز آموزش عالی، تشکیل داد. پس از آن، هشت مؤسسه آموزش عالی در ایالات متحده و کانادا، مطالعات امکان‌سنجی^۴ را برای چگونگی استفاده از این چارچوب انجام دادند که نتیجه آن، تشکیل کنسرسیومی به نام «اتحاد بی‌ویو»^۵ (۲۰۱۵) بین تعدادی از دانشگاه‌های پژوهش‌محور در آمریکا و کانادا شد (۲۰۱۵). حاصل این همکاری، انجام پژوهش‌های کاربردی به منظور تدوین راهکارهایی برای جذب دانشجویان به استم در دانشگاه‌ها و بهبود روش‌های تدریس در چهارحوزه مرتبط با استم بود.

علاوه بر این، گروهی از سازمان‌های ملی که ابتکاراتی با هدف اجرای گسترده تدریس مبتنی-برشواهد دارند، «ائتلاف برای اصلاح آموزش استم در دوره کارشناسی» را ایجاد کرده‌اند که اعضای آن، شامل «انجمن آمریکایی برای پیشرفت علوم»، «اتحادیه دانشگاه‌های آمریکا»، «اتحادیه دانشگاه‌های دولتی و دانشگاه‌های مشمول اهدای زمین»^۶، «انجمن کالج‌ها و دانشگاه‌های آمریکایی» و «هیئت آموزش علوم شورای ملی تحقیق»^۷ است.

همچنین از سال ۱۹۸۹، پروژه کالیدوسکوپ یکی از حامیان پیشتاز برای تغییر آموزش و یادگیری استم بوده‌است. این پروژه، مأموریت خود را توانمندسازی استادان و مسئولان اجرایی آموزش عالی در ایالات متحده تعریف کرده‌است که به فلسفه وجودی استم باوردارند. بدین منظور این پروژه، شبکه گسترده‌ای با بیش از ۷۰۰۰ عضو دارد تا بتوانند آموزش تلفیقی و پیشرفته استم را برای تمام دانشجویان و باهدف برقراری عدالت و توجه به گوناگونی و مسئولیت اجتماعی، ارائه دهند. در نتیجه، چشم‌انداز پروژه کالیدوسکوپ این است که فرایند انجام اصلاحات یا تغییر در

¹ American Association of Universities: AAU

² Scaffolding

³ Cultural Change

⁴ Feasibility Study

⁵ Bay View Alliance: BVA

⁶ Coalition for the Reform of Undergraduate STEM Education: CRUSE

⁷ American Association for the Advancement of Science: AAAS

⁸ Association of American Universities: AAU

⁹ Association of Public and Land-grant Universities: APLU

*National Research Council: Science Education Board: NRC

برنامه‌های دوره‌های مرتبط با آموزش استم را جزو وظایفشان بدانند و در این مسیر، یاور آموزش - عالی باشد.

در مجموع، سیر تحول تاریخی آموزش عالی در ایالات متحده نشان می‌دهد که عوامل اجتماعی و اقتصادی و نیازمندی‌های بازار کار، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر سیاست‌گذاری‌های دولت فدرال و نهادهای علمی و پژوهشی در ارتباط با آموزش عالی هستند. در این مسیر، توجه به تحولات در آموزش استم در دودهه اخیر، عمیق‌تر فهمیده می‌شود.

روش‌شناسی پژوهش

هدف از انجام این پژوهش، تدوین چارچوبی برای رویارویی با بحران کمی و کیفی رشته‌های ریاضی دانشگاهی در ایران، با تمرکز بر آموزش استم بود. بدین منظور، از روش بررسی و مرور نظام‌وار پژوهش‌های انجام‌شده و تحلیل محتوای کیفی اسناد در آموزش استم استفاده شد. برای مطالعه نظام‌مند، نخست دو بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ و ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۳ که شامل دوران همه‌گیری کووید-۱۹ بود انتخاب شدند. بررسی‌ها نشان داد که خاستگاه اصلی آموزش استم به لحاظ تاریخی، ایالات متحده بوده و همچنان، در پژوهش و سیاست‌گذاری در این حوزه، با فاصله از سایر جهان جلوتر است. پس تمرکز اصلی بر این کشور گذاشته شد. نکته مهم دیگری که به لحاظ روشی بر آن تمرکز شد، حرکت معکوس به فراخنای تاریخ و یافتن نقطه شروع توجه به آموزش رشته‌های علوم و مهندسی در دانشگاه‌های آمریکا و سیاست‌گذاری‌های دولت فدرال برای متناسب نمودن قوانین جهت رفع نیازمندی‌های بازار کار و تربیت نیروی انسانی ماهر بود و بدین سبب، سیر تاریخی آموزش عالی در ایالات متحده در رابطه با آموزش استم، محور بررسی اولیه واقع شد. سپس اسناد منتشرشده در جهان که از طریق اینترنت قابل دسترسی بودند، تحلیل شدند که در نهایت، چارچوب‌های تدوین‌شده برای آموزش استم در پنج کشور شامل اتحادیه اروپا، استرالیا، ایالات متحده، سنگاپور و هند؛ دارای جامعیت و نوآوری و ابتکار بودند که در بخش یافته‌ها، به تفکیک ارائه می‌شوند. همچنین برای تأیید و اطمینان‌پذیری از درستی منابع و یافته‌ها، از روش مثلثی - سازی استفاده شد و اطلاعات و محتوای ده‌ها و ده‌ها منبع باهم مقابله شدند تا خطاهای فردی و تاریخی به حداقل برسند. این پژوهش از نظر حدود و ثغور، محدود به آموزش استم بود و تنها به دلایل مرتبط با این آموزش‌ها پرداخته شد. البته محدودیت اجرایی، دسترسی سخت و زمان‌بر به منابع به دلیل سرعت پایین اینترنت و فیلترینگ از طرفی و تحریم‌ها از طرف دیگر بود.

یافته‌ها

یافته‌های این پژوهش بر پایه تجربه‌های جهانی در دو بخش؛ تجربه پنج کشور در ارتباط با آموزش استم و رویکردهای تدوین‌شده برای آنها، ارائه می‌شود.

^۱ کشورها به ترتیب الفبایی آمده‌اند.

بخش ۱: برنامه استم در جهان

بسیاری از دولت‌ها، به‌منظور بهبود وضعیت آموزش استم در آموزش عمومی و آموزش عالی خود، اقدام به تبیین سیاست‌های جدید و تخصیص بودجه‌های کلان برای اجرایی‌نمودن آن سیاست‌ها کرده‌اند. (Li & Schoenfeld, 2019) با تأکید بر این که خاستگاه آموزش استم ایالات متحده بوده، یادآور شده‌اند که در سطح جهانی نیز، علاقه فزاینده‌ای به طراحی و اجرای برنامه‌های بین‌رشته‌ای و تلفیقی برای آموزش استم، وجود دارد. به‌گفته‌ی آنها، در چین و ژاپن، این طرح‌ها به صورت ملی اجرا می‌شوند. برای مثال از سال ۲۰۱۸، دولت چین برنامه‌ها و اقدامات منسجمی را برای پرورش استعدادها و تقویت رقابت‌پذیری این کشور در استم و تبدیل اقتصاد مبتنی بر تولید به یک اقتصاد دانش-بنیان مبتنی بر نوآوری، شروع کرده‌است. در ژاپن نیز برنامه‌های استم، بیشتر در چارچوب اردوهای تابستانی اجرا می‌شوند. در این بخش، پس از مطالعه برنامه‌های آموزش استم در کشورهای مختلف جهان، چارچوب آموزش استم در پنج کشور که هر کدام دارای ویژگی‌های متمایزکننده‌ای هستند، عرضه می‌شود.

استم در اروپا: برنامه‌های استم در اروپا بیشتر به‌صورت پروژه‌های متمرکز طراحی شده‌اند که یکی از آنها، «شبکه مدرسه اتحاد استم در اروپا» است و بر توسعه حرفه‌ای و تبادل تجارب-مفید و برگزاری وبینارهای مختلف برای خلاقیت و ایجاد تغییرات مثبت در معلمان برای تدریس و یادگیری علوم، مهندسی، تکنولوژی و ریاضی متمرکز است. برنامه دیگر، «آکادمی شبکه مدرسه در اروپا» است که هدف آن، ترویج مشاغل و توسعه مهارت‌های استم در دانشجویان دوره کارشناسی است.

کمیسیون اروپا از ادغام استم با برنامه‌های درسی پیش‌دبستانی تا پایه ۱۲ و دانشگاه و به-طور مشخص توسط برنامه «اراسموس» حمایت می‌کند. این برنامه از طرف اتحادیه اروپا و برای تبادل دانشجو، در سال ۱۹۸۷ ایجاد شد و در مسیر توسعه خود و ارتقای همکاری‌های فراملی در حوزه آموزش و ورزش جوانان، به «اراسموس پلاس» تغییر نام یافت. اتحادیه اروپا اعلام کرده‌است که برای رسیدن به اهداف «اروپا در سال ۲۰۳۰» و افزایش رقابت‌پذیری در بازار کار جهانی، به منابع انسانی ماهر در حوزه استم نیاز دارد. در این راستا، همکاری کمیسیون اروپا و «سایننتیکس»، مهم‌ترین ابزار برای توسعه استم معرفی شده‌است. سایننتیکس باهدف ارتقای آموزش استم و توسعه حرفه‌ای معلمان، حمایت از پروژه‌های پژوهشی، جمع‌آوری و ترویج شیوه‌های مؤثر آموزشی

¹ European Schoolnet's STEM Alliance

² Scientix: **European Schoolnet Academy**

³ **EuRopean Community Action Scheme for the Mobility of University Students:** Erasmus

⁴ Scientix

و برگزاری کارگاه‌های آموزشی را در دستورکار خود قرار داده است. علاوه بر این، از طریق «شبکه اروپایی مدرسه» که در سال ۱۹۹۷ تأسیس شد، وزیران آموزش اروپا با هم مرتبط شده‌اند تا به مدرسه‌ها کمک کنند که از تکنولوژی، استفاده اثربخشِ پداگوژیکی بکنند و هم‌زمان، معلمان و دانش‌آموزان/دانشجویان را با مهارت‌های لازم برای موفقیت در جامعه دیجیتال، آماده نمایند و امکان همکاری گسترده را بین معلمان علوم و ریاضی، پژوهشگران، سیاست‌گذاران و سایر متخصصان در آموزش استم، فراهم کنند. مارک دوراندو^۲ مدیر اجرایی شبکه مدرسه در اروپا، رویکرد آموزش استم را چنین توضیح داده است که «از معلمان و مدیران مدارس در فرایند انتقال، حمایت کنیم. تکنولوژی به تنهایی نمی‌تواند تدریس را متحول کند. هر فرایند تحولی، باید نتیجه یک چشم‌انداز و یک سازوکار باشد، درجایی که مدیران مدارس در این فرایند، نقشی کلیدی داشته باشند» (Durando, 2022, Annual Report).

استم در استرالیا: در استرالیا، با فرض این که ایجاد مهارت‌های استم برای آینده کشور حیاتی است، برنامه‌های متنوعی توسط سیاست‌گذاران آموزش عالی، تدوین شده است. منطق این برنامه‌ها این است که تکنولوژی دیجیتال، بخش اصلی زندگی روزانه شده و بازارکار را تحت تأثیر قرار داده است و پیش‌بینی این است که بعضی از مشاغل کاملاً از بین می‌روند و مشاغل جدیدی به وجود می‌آیند و بازارکار مجبور است که با شتاب، خود را با تغییرات سازگار کند. نکته با اهمیت در تقویت آموزش‌های استم، آماده کردن راهبران آموزشی از طریق طراحی و اجرای برنامه‌های توسعه حرفه‌ای معلمان و سرمایه‌گذاری برای ارائه حمایت‌های منسجم، متمرکز و پایدار از مدرسان استم است. به این منظور از سال ۲۰۰۹، پروژه «پیمان‌های منابع برنامه‌درسی» راه‌اندازی شد و در آن، «اصول پداگوژیکی پیمان‌های یادگیری استم»، «یادگیری مسئله‌محور»، «توسعه مرتبه‌برتر تفکر»، «یادگیری مشارکتی» و «عمل‌بازتابی» بیان شده است. این پروژه توسط کنسرسیوم آموزش استم که از «اتحادیه محاسباتی آموزشی غرب استرالیا»، «اتحادیه ریاضی غرب استرالیا»، «اتحادیه معلمان علوم غرب استرالیا» و «سای تک» تشکیل شده است،

¹ European Schoolnet

^۲ شامل آموزش عمومی و آموزش عالی

^۳Marc Durando

^۴Curriculum Resource Module Template Year 7 to Year 10

^۵pedagogical Principles of the STEM Learning Modules

^۶Problem-based learning

^۷Developing higher order thinking

^۸Collaborative learning

^۹Reflective practice

^{۱۰}Educational Computing Association of WA

^{۱۱}the Mathematical Association of WA

آموزشِ اِستم: چارچوبی برای رویارویی با...

اجرای شد و معلمان و مدرسه‌ها، تولیدکنندگان مشترک این منابع هستند. هدف از طراحی و راه‌اندازی فعالیت‌های مربوط به اِستم طی حدود دودهه اخیر در استرالیا این است که براساس نتایج پژوهش‌های انجام‌شده، تفکرانتقادی و خلاق، حل مسئله، مهارت‌های مشارکتی و کار تیمی و سواد ریاضی و علوم و تکنولوژی، قابلیت‌های ضروری برای موفقیتِ آموزش‌های اِستم هستند. به باور آنها، اِستم کلید بازار کار نوینی است که توسط جریان جهانی شدن و تکنولوژی‌های دیجیتال ایجاد شده و جایگزین مشاغل می‌شود که براساس شرح کارهای معمولی شناختی هستند، در صورتی که در استرالیا، ۷۵٪ مشاغل برآمده از اقتصاد جدید و نیازمند قابلیت‌های بالا هستند. بدین سبب در این سند تأکید شده که «این چشم‌انداز، پاسخی نسبت به چالش‌های امروز و فردا، از مسیر آماده کردن دانش‌آموزان برای زیستن در دنیایی است که نیازمند تفکر و قابلیت‌های چنددیسپلینینی اِستم است» و تصریح شده که این قابلیت‌ها وقتی ایجاد می‌شوند که دانش‌آموزان با مسئله‌های باز-پاسخ و مربوط به دنیای واقعی، به چالش کشیده شوند و در فرایند حل آنها، درگیر استفاده از چهاررشته اِستم بشوند.

علاوه بر این برای آشنایی با برنامه‌های آموزش اِستم در کشورهای دیگر، دولت استرالیا حامی مالی پژوهشی با عنوان «پروژه مقایسه کشورها» (Marginson, Tytler, Freeman & Roberts; Freeman, Marginson & Tytler, 2014) شد که در آن، گزارش‌های طرح-های پژوهشی و سیاستی ۲۳ کشور، مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت و الگوهای استفاده شده مشترک آنها برای توسعه آموزش اِستم در آموزش عمومی و آموزش عالی و ابتکارهای انجام شده، استخراج شدند. یافته مهم این مطالعه، اجماع ۲۳ کشور مورد بررسی بر این بود که «ارتقای سواد ریاضی و علوم دانش‌آموزان، ضروری است و مهم است تا جایی که امکان دارد، آنها را به سمت یابگری اِستم و مشاغل مرتبط با آن، تشویق کنیم»

همچنین در سال ۲۰۱۵، برای توسعه اِستم در استرالیا، برنامه راهبردی «استراتژی ملی آموزش مدرسه» برای دهه 2016-2026 تدوین شد که تمرکز آن، توسعه سواد ریاضی، علوم، تکنولوژی دیجیتال و ارتقای مهارت‌های حل مسئله، تحلیل انتقادی و تفکر خلاق است. هدف این برنامه، بهبود آموزش اِستم در آموزش عمومی به گونه‌ای است که همه دانش‌آموزان، بتوانند مدرسه را با دانش پایه‌ای قوی و مهارت‌های مرتبط در چهار حوزه، به پایان برسانند. این برنامه برای پیشبرد

¹the Science Teachers Association of WA

²Scitech

سای تک یک کمپانی غیرانتفاعی در پرت غربی واقع در غرب استرالیا است که شامل یک مرکز علوم و یک موزه تعاملی و یک افلاک‌نماست.

³ Policy Reports

⁴ National STEM School Education Strategy 2016-2026

اهداف خود، «انجمن مشارکت‌کنندگان استم» را در سال ۲۰۱۷ تشکیل داد و در آن، راهبران صنعت و آموزش را گرد هم آورد تا رویکرد راهبردی تری برای مشارکت مدارس با صاحبان مشاغل و صنعت در سراسر استرالیا، اتخاذ کنند و توانمندسازی دانش‌آموزان و ارتقای دستیابی آنها را به این حوزه‌ها، هموار کنند. وزارت آموزش استرالیا به توصیه این انجمن، مجموعه «منابع آموزشی در دسترس مدرسه در سطح ملی» را راه‌اندازی کرد. هدف این مجموعه، کمک به مدارس و صنایع برای خلق ابتکارات جدید در حوزه استم، شکل‌گیری مشارکت مدرسه‌ها با صنعت و ارزیابی فعالیت‌های انجام‌شده یا طراحی‌شده موجود و آینده بود (Sheffield, Koul, Blackley, Fitriani, Rahmawati & Resek, 2018).



شکل ۳: اهداف بیان‌شده توسط نظام آموزشی استرالیا برای استراتژی استم (کولاک اوغلو، ۲۰۱۸)

¹ STEM Partnerships Forum

² National STEM School Education Resources Toolkit

آموزشِ اِستم: چارچوبی برای رویارویی با...

در این راستا، دانشگاه‌ها و صنایع برای تولید «پیمان‌های نمایشی آنلاین» جهت ارائه روش‌های تدریس مناسب با رویکرد تلفیقی به چهارحوزه اِستم و طراحی سیستم‌عامل تبادل یادگیری حرفه‌ای ویژه آن، فعالیت خود را شروع کردند 2 (Çolakoğlu,

اِستم در ایالات متحده آمریکا: یافته‌های پژوهشی در دودههٔ اخیر نشان دادند که توسعهٔ اِستم، مؤلفه مهمی در رقابت‌های اقتصادی است و همین سبب شد تا در دانشگاه‌ها، برنامه‌های آموزش اِستم در سطح کارشناسی، مورد حمایت قرار بگیرند. نتایج پژوهشی آشکار کردند که در دنیای جدید، «تولید» به ساختن اشیای فیزیکی از طریق تبدیل مواد خام یا قطعات به محصول تمام شده به کمک ابزار، نیروی کار، ماشین‌آلات و فرایندهای شیمیایی، محدود نشده و شامل تولیدات تکنولوژی هم، شده است^۳ و نیازمند کسانی است که افزون بر سواد موضوعی/تخصصی در علوم، تکنولوژی، ریاضی، مهندسی و علوم اجتماعی، از نظر یادگیری انعطاف‌پذیر باشند و مهارت الگویابی و پیداکردن ارتباطها را بین پدیده‌ها و رخدادها داشته باشند و اطلاعات را ارزیابی کنند^۴. در نتیجه، فرصتهایی که اِستم ایجاد می‌کند، جامعه را به سمت اقتصاد دانش‌بنیان^۵ و باسواد^۶ پدیدار، حرکت می‌دهد (Study in the USA). منظور از باسواد^۶ پدیدار، دانش و مهارت‌ها و ذهنیت‌هایی است که به اشخاص اجازه می‌دهد تا عمیقاً، نسبت به ساختن آینده‌ای پدیدار متعهد شوند و در تصمیم‌گیری‌های آگاهانه و اثربخش برای تحقق آن، کمک کنند^۷ (United Nation, 2018).

در راستای توسعه اِستم، در اکثر دانشگاه‌های برتر ایالات متحده آمریکا^۸، برنامه‌ها و فعالیت‌های متنوعی طراحی و اجرا می‌شود که به چهارمورد ام‌آی‌تی، دانشگاه برکلی، دانشگاه ماساچوست و دانشگاه هاروارد که هر کدام مخاطب‌های متفاوتی دارند و در نوع خود ویژه و دارای پوشش دانشجویی وسیع هستند، اشاره می‌شود.

2 Manufacturing

^۳ بخش تولید/ساخت، به صناعی گفته می‌شود که با استفاده از مواد خام، کالاهای نهایی تولید کنند.

^۴ <http://www.census.gov/content/dam/Census/library/working-papers/2019/demo/sehsd-wp2019-33.pdf>

^۵ Knowledge-based Economy

^۶ Sustainable Literacy

^۷ <https://sdgs.un.org/>

^۸ در معرفی این نوع برنامه‌ها در وبسایت دانشگاه‌های معروف، آمده است که میانه دستمزد کسانی که در مشاغل مرتبط با اِستم هستند، بیش از دوبرابر مشاغل دیگر است، زیرا نیاز بازار کار برای متخصصان در اِستم، شدت یافته است.

ام‌آی‌تی! مرکز آموزش‌استم ساختار ویژه‌ای دارد و با وجودی که بیشتر دانشجویان این-دانشگاه، در حوزه‌های تشکیل‌دهنده استم تحصیل می‌کنند، ولی در دهه‌های اخیر، دانشکده‌های قوی علوم انسانی، هنر و مطالعات اجتماعی نیز تأسیس شده‌اند تا به دانشجویان در «نوشتن و اقتصاد و موسیقی و بازیگری»، کمک کنند. برای نمونه، مؤسسه تابستانی بیور ورکز^۱ دارای یک برنامه چهار هفته‌ای دقیق و در سطح جهانی برای دانش‌آموزان تیزهوش سال آخر دبیرستان است که مهارت‌های استم را توسط درس‌های پروژه-محور و کارگاهی، آموزش می‌دهد (سایت دانشگاه ام‌آی‌تی، ۲۰۲۳).

دانشگاه برکلی: برنامه‌های^۲ برای آموزش‌استم با حمایت «بنیاد ملی علوم» طراحی کرده که یکی از هدف‌های آن، افزایش جذب دانشجویان قشرهای محروم و کم‌برخوردار به آموزش‌استم در دوره کارشناسی است و دوعضو توانمند هیئت علمی، هماهنگ‌کننده این برنامه هستند. برگزاری کارگاه‌ها، اطلاع‌رسانی در شبکه اجتماعی لینکداین^۳ مشاوره‌های شغلی و توسعه حرفه‌ای و جلب حمایت‌های مالی برای ادامه تحصیل دانشجویان مستعد در دوره دکتری، جزو خدماتی است که این برنامه، عرضه می‌کند. علاوه بر اینها، یک سمینار تخصصی سالانه با حضور بیش از ۲۵ مربی و داور شاخص در حوزه‌استم در یکی از دانشگاه‌های ایالت کالیفرنیا برگزار می‌شود که در آن، دانشجویان ایده‌های پژوهشی خود را ارائه می‌دهند و داوران، بهترین‌ها را برای ادامه تحصیل انتخاب می‌کنند. به‌طور خاص، گروه ریاضی دانشگاه برکلی، چهار برنامه برای دوره کارشناسی شامل کهد ریاضی، مهاد ریاضی، ریاضی کاربردی و دبیری ریاضی دارد.

دانشگاه ماساچوست: در جهت افزایش کیفیت خدمات ارائه‌شده به ایالت ماساچوست، «مؤسسه آموزش‌استم» در این دانشگاه، در سال ۱۹۹۶ به‌طور رسمی و با حمایت مالی دولت ایالتی و دولت فدرال، شروع به کار کرد. جامعه هدف این مؤسسه، دوره‌های پیش‌دبستانی تا پایان دوره-کارشناسی است و منابع آموزشی را رایگان و به‌صورت فایل ورد، در دسترس معلمان و مدرسان قرار می‌دهد تا آنها بتوانند با سهولت، مطالب را متناسب با نیازهایشان، جرح و تعدیل کنند. در دهه

¹ Massachusetts Institute of Technology: MIT

² MIT Beaver Works Summer Institute: BWSI

^۳ در ام‌آی‌تی، نرخ فارغ‌التحصیلی در دوره کارشناسی طی بازه چهار سال، ۸۵٪ است که ۲۵٪ از میانگین کل در ایالات متحده بالاتر است. همچنین، نسبت استاد به دانشجو یک به سه است که آن هم بسیار چشمگیر است و این دانشگاه را برای نخبگان ورود به این دانشگاه، بسیار رقابتی و جذاب کرده است.

⁴ UC Berkeley's NSF Louis Stokes Alliance for Minority Participation in the Sciences (LSAMP) program is also known as NSF CAMP (California Alliance Minority Participation)

⁵ LinkedIn

⁶ Major

آموزش استم: چارچوبی برای رویارویی با...

اخیر نیز دانشگاه ماساچوست، میزبان «برنامه پل» است که برنامه‌هایی برای توسعه آموزش استم در دوره‌های تحصیلات تکمیلی، آموزش معلمان و آماده‌سازی فارغ‌التحصیلان برای بازار کار جدید، طراحی و اجرایی کند.

دانشگاه هاروارد: دوره‌هایی برای دانش‌آموختگان استم گذاشته‌است تا پس از گذراندن یک دوره تکمیلی با عنوان «آموزش عملی اختیاری» به مدت ۲۴ ماه و ۱۲ ماه مکمل آن دوره، بتوانند گواهی حرفه‌ای در آموزش استم دریافت کنند و وارد بازار کار بشوند. محتوای این دوره‌ها با هدف تربیت نیروی کار آگاه و آموزش‌دیده در سطح بالا و تمرکز بر تولید از طریق فعال‌سازی توسط تکنولوژی‌های دیجیتال و فرایندها و سیستم‌های پیشرفته و یک پارچه، طراحی شده‌اند (سایت دانشگاه هاروارد، ۲۰۲۳) تا پس از گذراندن این دوره‌ها، افراد بتوانند محصولاتی با کیفیت بالا و از نظر اقتصادی قابل رقابت، تولید کنند. این سیستم‌ها از شبکه‌های کامپیوتری و روبات‌ها تا ابزار-ماشینی و تجهیزات حمل‌ونقل مواد را در برمی‌گیرد.^۳

استم در سنگاپور: عملکرد بالای دانش‌آموزان سنگاپور در ریاضی و علوم در مطالعات بین-المللی تیمز و پیزا در دودهه اخیر، به معنای موفقیت آموزش استم در این کشور، تفسیر شده و چگونگی اجرای آموزش استم در سنگاپور، مورد توجه سیاست‌گذاران بین‌المللی و پژوهشگران این حوزه واقع شده‌است. بررسی‌ها نشان داد که وزارت آموزش سنگاپور، هم‌زمان با برنامه‌ریزی برای بهبود کیفیت آموزش ریاضی و علوم، به توسعه حرفه‌ای معلمان ریاضی و علوم و تربیت نیروی کار ماهر برای «شغل‌های مرتبط با استم» نیز می‌پردازد (وزارت آموزش، 2018a) و برای ترویج آموزش استم، از طرح‌های پژوهشی مربوط، حمایت مالی می‌کند. همچنین در «مؤسسه ملی آموزش»، مرکز استم برای «پژوهش‌های آموزشی و صنعتی چندمحوری» راه‌اندازی شده‌است. در دانشگاه صنعتی نانیانگ^۴ در سنگاپور نیز، «مؤسسه پژوهش‌های علوم و تکنولوژی برای علوم-انسانی» با همکاری جمعی پژوهشگران، دانشجویان، متخصصان صنعت، سیاست‌گذاران و افرادی از جامعه مدنی، تیم‌های پژوهشی میان‌رشته‌ای تشکیل شده که هدفشان، تلفیق تخصص‌ها و روش‌های حوزه‌های استم و غیراستم، برای طراحی جامعه آینده سنگاپور است (سایت دانشگاه-

¹ Bridge Program

² Optional Practical Training: OPT

^۳ برای جذب دانشجویان بین‌المللی، دائم تبلیغ می‌شود که درس‌های طراحی شده برای استم، فرصت‌های فراوان برای اشتغال با درآمدهای بالا ایجاد می‌کند.

⁴ National Institute of Education: NIE

⁵ Multi-centric Education Research and Industry STEM Centre at NIE, meriSTEM@NIE

⁶ Nanyang Technological University: NTU Singapore

⁷ NTU Institute for Science and Technology for Humanity: NISTH

صنعتی‌نایانگ). افزون‌براین، «شرکت سهامی استم» درسنگاپور، از برنامه‌های کاربردی استم^۲ توسط پروژه‌های غنی‌سازی پشتیبانی می‌کند. این برنامه‌ها، محتوا و روش‌های آموزشی چهارحوزه علوم-تکنولوژی-مهندسی-ریاضی را باهم تلفیق‌نموده و از آنها، الگوی یادگیری منسجمی تدوین-کرده‌است (Teo & Choy, 2021).

استم در هندوستان: هندوستان، دومین کشور پرجمعیت جهان است.^۳ در سال ۲۰۱۵، نخست‌وزیر این کشور،^۴ کارزار «هندوستان با مهارت» را با هدف آموزش و مهارت‌آموزی بیش از ۴۰۰ میلیون جوان در استم و توسعه مهارت‌های نوآوری و تولید تا سال ۲۰۲۲، راه‌اندازی کرد. برای تحقق این چشم‌انداز، «بخش علوم و فناوری هند» در درون وزارت علوم و فناوری این کشور، با همکاری سازمان غیردولتی «بنیاد استم هندوستان»، نقش‌محوری در توسعه آموزش-استم دارند و برای ترویج آن در هندوستان، کارمی‌کنند. در سایت رسمی این بنیاد آمده‌است که مأموریت این بنیاد، ارائه تازه‌ترین برنامه‌های استم، آزمایشگاه‌های عملی^۵ برای ارتقای خلاقیت و نوآوری، ایجاد زیرساخت‌ها و آموزش معلمان برای در دسترس قراردادن آموزش استم برای همه دانش‌آموزان است. این بنیاد تأکید کرده که «ما متعهد هستیم که نسل آینده نوآوران، متفکران و مسئله‌حل‌کن‌ها را پرورش دهیم».

بخش ۲: الگوهای آموزش استم در آموزش عالی

(Dugger, 2010) به تبیین چهارالگو برای تلفیق چهاررشته تشکیل‌دهنده استم روی یک-طیف پرداخت که یک سر آن، آموزش مستقل هر یک از چهارحوزه و انتهای دیگر، درهم تنیده-شدن چهارحوزه به‌گونه‌ای جدانشدنی به‌شرح زیراست:

- **مبثنی‌بررشته؛** هریک از چهاررشته علوم، تکنولوژی، مهندسی و ریاضی؛ به‌طور جداگانه و در گروه‌های آموزشی و دانشکده‌های مجزا آموزش داده‌می‌شوند و در صورت نیاز، از استادان متعلق به گروه‌های آموزشی دیگر برای ارائه آن‌درس‌ها در برنامه آموزشی تعریف‌شده در یک گروه، دعوت‌می‌شود.

¹ STEM Inc

² STEM Applied Learning Programme

^۳ در زمانی که این مقاله آماده چاپ شد، جمعیت هندوستان، از چین بیشتر شد.

⁴ Narendra Damodardas Modi

⁵ Skill India

⁶ Department of Science and Technology of India

⁷ India STEM Foundation: ISF

⁸ Tinkering Labs

⁹ S-T-E-M

آموزش استم: چارچوبی برای رویارویی با...

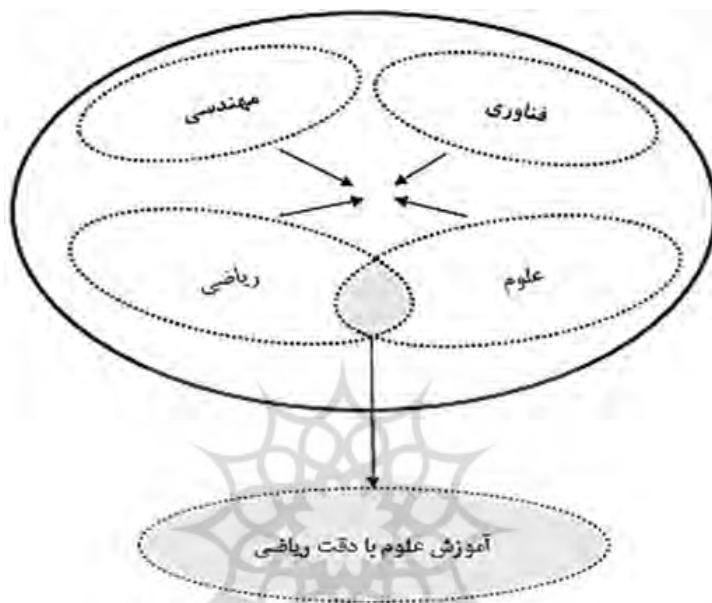
- **چندرشته‌ای؛** درس‌های چهاررشته، مستقل تدریس می‌شوند، ولی تأکید بیشتری بر یک یا دورشته می‌شود که رایج‌ترین شکل به‌کارگیری این‌الگو، تلفیق علوم و ریاضی در آموزش مدرسه‌ای است.^۱
- **بین‌رشته‌ای؛** ادغام یکی از چهاررشته در سه‌رشته دیگر مانند تلفیق درس‌های مهندسی با علوم، تکنولوژی و ریاضی یا تلفیق تکنولوژی با علوم و مهندسی و ریاضی است.^۲
- **فرارشته‌ای؛** انتهای دیگر این طیف است که در آن، چهاررشته به‌گونه‌ای مبتکرانه و با مشارکت متخصصان این رشته‌ها، باهم تلفیق می‌شوند و برنامه یکپارچه‌ای تدوین می‌گردد که مبتنی بر ویژگی‌های علوم و تکنولوژی و مهندسی و ریاضی است و به «بین-رشته‌ای» یا «میان‌رشته‌ای» شناخته می‌شوند.

(Dugger, 2010) با برشمردن نقاط قوت و محدودیت‌های سه‌الگوی اول، براین باور است که یکپارچگی ایجادشده در الگوی چهارم، توانایی‌های نظری و عملی و تکنولوژیکی بالایی در دانش‌آموختگان ایجاد نموده و آنان را قادر به حل مسائل پیچیده و پرچالش و چندبعدی پدیده‌های دنیای واقعی می‌کند. تدوین یک برنامه آموزشی با توجه به رویکرد تلفیقی استم در دانشگاه، نیاز به استفاده از دانش و شیوه‌های مختلف برای حل مشکلات پیچیده و فرارشته‌ای در صنعت و جامعه امروزی دارد (Wang et al, 2011). به توصیه (Nadelson & Seifert, 2017)، برای اثربخشی این رویکرد، لازم است که تلفیق این رشته‌ها به‌گونه‌ای انجام شود که از دانش و فرآیند ویژه هر رشته به‌طور هم‌زمان و بدون تفکیک موضوعی، استفاده شود و در چارچوب یک مسئله، پروژه یا تکلیف، محتوای تلفیقی ارائه گردد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

¹ SteM

² E→S-T-M or T→ S-E-M



شکل ۱: الگوی آموزشِ استیم با تمرکز بر علوم و ریاضی (Corlu, Capraro & Capraro, 2014)

افزون براین، (Vasquez & Sneider, 2015, cited from Vasquez & Sneider, 2013) نیز چهار سطح رشته‌ای، چندرشته‌ای، بین‌رشته‌ای و فرارشته‌ای را برای تلفیق چهار حوزه استیم معرفی کردند که در آن، به تدریج سطح تلفیق، افزایش می‌یابد (شکل ۲).



تفاوت این چهار رویکرد به آموزش استم، به ظاهر اندک ولی ظریف و عمیق است. به عنوان نمونه، طراحی فعالیت‌های یادگیری مناسب، می‌تواند رویکرد چندرشته‌ای را به سمت رویکرد فرارشته‌ای هدایت کند.

بحث و نتیجه‌گیری

این مقاله، بخشی از یک پژوهش جامع در مورد استفاده از رویکرد آموزش استم در جهان برای افزایش ورودی‌ها به رشته‌های «علوم-تکنولوژی-مهندسی-ریاضی» و آماده‌نمودن آنها برای بازار کار جدید است. باتوجه به این‌که در ایران نیز آموزش عالی در دهه‌های اخیر، با بحران آفت کمی و کیفی رشته ریاضی و رشته‌هایی که از گروه آزمایشی ریاضی وارد دانشگاه می‌شوند روبرو شده، در این پژوهش، قابلیت آموزش استم برای مواجهه با این چالش، مفروض گرفته شد. سپس با بررسی و تحلیل برنامه‌هایی که مبتنی بر نتایج پژوهش‌های انجام شده و اسناد رسمی در سطح جهانی وجود داشت، پیشینه پژوهش بر سیر تاریخی آموزش استم در ایالات متحده متمرکز شد. آنگاه از مطالعه نظام‌وار پژوهش‌های مربوط به آموزش استم، چند تجربه استخراج و معرفی شدند. سپس اسناد حمایتی از طرف دولت‌های مرکزی و محلی در سایر کشورها تحلیل شدند و در مجموع، هسته اصلی برنامه‌های آموزش استم در پنج کشور یا نظام اجرایی شامل اتحادیه اروپا با ۲۳ کشور، استرالیا، ایالات متحده با کانادا، سنگاپور و هندوستان، شناسایی شدند که خلاصه مهم‌ترین دستاوردهای آنها، عبارتند از:

اروپا: ایجاد شبکه‌مدرسه اتحاد استم در اروپا، ترویج مشاغل و توسعه مهارت‌های استم در دانشجویان دوره کارشناسی، افزایش رقابت‌پذیری در بازار کار جهانی، پرورش منابع انسانی ماهر در حوزه استم و توجه به نقش کلیدی مدیران مدارس.

استرالیا: آماده‌کردن راهبران آموزشی از طریق طراحی و اجرای برنامه‌های توسعه حرفه‌ای معلمان، سرمایه‌گذاری برای ارائه حمایت‌های منسجم، متمرکز و پایدار از مدرسان استم، سازگاری با تغییرات پرشتاب بازار کار، تأکید بر استفاده از مسئله‌های باز-پاسخ و واقعیت‌مدار، زمینه‌سازی برای همکاری راهبران صنعت و آموزش.

ایالات متحده آمریکا: پیشتازی در رقابت‌های اقتصادی، توسعه اقتصاد دانش‌بنیان، تأکید بر باسوادی پایدار، افزایش جذب دانشجویان قشرهای محروم و کم‌برخوردار به آموزش استم در دوره کارشناسی، توسعه آموزش استم در دوره‌های تحصیلات تکمیلی، آموزش معلمان و آماده‌سازی فارغ‌التحصیلان برای بازار کار جدید، تربیت نیروی کار آگاه و آموزش‌دیده در سطح بالا و تمرکز بر تولید از طریق فعال‌سازی توسط تکنولوژی‌های دیجیتال و فرایندها و سیستم‌های پیشرفته.

سنگاپور: توسعه حرفه‌ای معلمان ریاضی و علوم، و تربیت نیروی کار ماهر برای شغل‌های مرتبط با استم، طراحی و اجرای پژوهش‌های آموزشی و صنعتی چندمحوری، همکاری جمعی پژوهشگران، دانشجویان، متخصصان صنعت، سیاست‌گذاران و افرادی از جامعه مدنی و تشکیل تیم‌های پژوهشی میان‌رشته‌ای با هدف تلفیق تخصص‌ها و روش‌های حوزه‌های استم و غیراستم.

هندوستان: چشم‌انداز هندوستان با مهارت، طراحی و اجرای برنامه‌هایی برای توسعه حرفه‌ای نظیر تولید مواد آموزشی و برگزاری کارگاه‌ها و فعالیت‌های نوآورانه.

در نهایت، نتیجه‌گیری این پژوهش، تدوین چارچوبی برای مواجهه با این چالش در ایران است. از کاهش نظام‌وار داده‌های این پژوهش که از منابع مختلف جمع‌آوری شدند، دسته‌های متنوعی ظاهر شدند و با ادامه روند کاستن داده‌های دسته‌ها، مقوله‌های «ارتباط دانشگاه با مدرسه»، «بازار کار»، «مرجعیت دانشگاه در حل مسائل واقعی جامعه»، «حمایت دولت‌های مرکزی و محلی از آموزش عالی»، «توسعه حرفه‌ای معلمان مدرسه و دانشگاه» و «تأثیر تحولات تکنولوژیکی بر رشته‌های حوزه استم» شکل گرفتند. این یافته‌ها، اساس تدوین چارچوبی برای مواجهه با آفت کمی و کیفی رشته ریاضی در ایران شد. افزون بر اینها این مطالعه معلوم کرد که مدل‌های پیشنهادی جهانی برای آموزش استم، متأثر از تعبیرهای گوناگونی است که برای چهاررشته تشکیل‌دهنده استم وجود دارد. در نتیجه به استناد یافته‌های این پژوهش، سنت آموزش دانشگاهی در ایران، واقعیت‌ها و حساسیت‌های سیاست‌گذاری، پژوهشگران برای چهاررشته استم صورت-بندی زیر را تبیین کردند:

آموزش استم: چارچوبی برای رویارویی با...

علوم: مبتنی بر آزمایش، مشاهده، دقت، استدلال استقرایی و مهارت‌های فرآیندی است که در تولید دانش جدید و درک عمیق‌تر دنیای اطراف و ارتقای تفکر انتقادی، نقش بی‌بدیلی بازی می‌کند.

تکنولوژی: یک‌حوزه دانشگاهی نیست و مصنوع بشر است تا نیازهایش را برآورده کند و در عین حال، راه را برای تحقق تخیلات و ترسیم افق‌های نوین، باز می‌کند، به‌ویژه خلق تکنولوژی-های دیجیتال و هوش مصنوعی، با اتکا بر دانش ریاضی و علوم و مهندسی، امکان‌پذیر است.

مهندسی: استفاده از دانش آموخته‌شده در ریاضی و علوم، برای مدل‌سازی و حل مسئله-های دنیای واقعی است.

ریاضی: زیربنای توسعه علوم به‌معنای وسیع آن دارد و شامل مطالعه الگوها، روابط بین کمیت‌ها، اعداد، فضا و تأکید بر توانایی محاسباتی و الگوریتمی است که پایه و کلید توسعه تکنولوژی دیجیتال و هوش مصنوعی و بستر استدلال استنتاجی است.

چارچوبی برای رویارویی با چالش‌آفت‌کمی و کیفی رشته ریاضی دانشگاهی در

ایران

نتایج این پژوهش، بیانگر این است که فرصت‌هایی که استم ایجاد می‌کند، در ایجاد فرصت-های شغلی برای دانش‌آموختگان رشته ریاضی و حرکت دادن جامعه به سمت اقتصاد دانش‌بنیان، مؤثر است. از طرف دیگر، توسعه پایدار جوامع، نیازمند افرادی با توانایی‌های دانشی بالا در حوزه‌های گوناگون و به‌ویژه استم است. بدین سبب تغییرات زیربنایی محتوایی و روشی در برنامه‌های درسی کارشناسی ریاضی و علوم و مهندسی، ضروری است. زیرا فرصت‌هایی که استم ایجاد می‌کند، در حرکت جامعه به سمت اقتصاد دانش‌بنیان مؤثر است. در حالی که باتوجه به میزان تمرکز برنامه‌های آموزشی و پژوهشی و اجرایی آموزش عالی در ایران، همچنین عدم ارتباط معنادار بین گروه‌های اشتراک‌ها، نیازهای بازار کار جدید، امکانات دانشکده‌ها و حمایت‌های دانشگاه‌ها، از دوره‌های غیررسمی و تشکیل اتاق‌های فکر با متخصصان چهاررشته شروع کرد. چارچوب تدوین شده، باتوجه به مقوله‌های شکل‌گرفته در این پژوهش و در سه محور اجرایی، آموزشی و پژوهشی، عرضه می-گردد.

محور اجرایی: در حال حاضر، آیین‌نامه‌هایی برای ارتباط با صنعت و شرکت‌های دانش‌بنیان، از طرف وزارت متبوع به دانشگاه‌ها ابلاغ شده است. ولی در این تلاش، دانشگاه مرجعیت واقعی ندارد. در صورتی که این پژوهش نشان داد که برنامه‌هایی در این ارتباط موفق بوده‌اند که ابتکار عمل با استادان و دانشگاه‌ها بوده است. برای مثال، دانشگاه می‌تواند به دعوت رئیس‌های دانشکده‌های

¹ Artifact

مرتبط با استم، جلسه‌های منظمی با رئیس دانشگاه، استادان ریاضی- علوم- مهندسی، صاحبان- صنایع و شرکت‌های دانش‌بنیان برگزار کند. این کار، می‌تواند در راستای برگشت مرجعیت علمی به‌دانشگاه‌ها، نقش داشته باشد.

موضوع اجرایی دیگر، اهمیت‌دادن به کارهای توسعه‌ای استادان برای رویارویی با چالش‌آفت ریاضی ازسویی و پاسخ به‌نیازمندی جامعه به‌افراد باسواد ریاضی ازسویی دیگر، برای حرکت به- سوی توسعه پایداراست. دراین‌میان، انواع آیین‌نامه‌ها و مشوق‌ها برای استخدام و تبدیل‌وضعیت و ارتقا، درجهت مخالف این مسئولیت‌خطیر عمل می‌کند. دراین بخش، دانشگاه‌ها نقشی تاریخی- دارند و لازم‌است که به‌آن، عمل کنند.

ازاین گذشته، دانشگاه و مدرسه، جزایر جدا ازهم نیستند و یافته‌ها بیانگر این هستند که تلاش برای ارتقای کیفیت آموزش‌معلمان و دانش‌آموزان؛ جزو اکثریت قاطع برنامه‌های تدوین شده برای استم و خدمات‌عمومی آموزش عالی به‌جامعه محلی است.

محور آموزشی: دوباره‌نگری در محتوای درس‌ها، تأمین نیازمندی‌های بازارکار، توسعه‌حرفه- ای استادان، تحول در روش‌های تدریس و ارزشیابی، ارتقای سوادریاضی- علوم- مهندسی دانشجویان و ایجاد مهارت‌های ضروری برای اشتغال اکثریت و شناسایی استعدادهای ریاضی تعدادمحدودی نخبه و پرورش آنها، همگی در این‌محور قراردارند. در طراحی برنامه‌ریاضی متناسب با آموزش استم، ایجاد سوادریاضی قابل‌اتکا با توجه به‌الگویابی و پیداکردن ارتباط بین پدیده‌ها و رخدادها، مدل‌سازی و حل مسئله، توسعه استدلال کمی و تلفیقی به‌عنوان پیونددهنده ایده‌های محوری ریاضی، سازمان‌دهی محتوا حول «ایده‌های بزرگ»، فراهم آوردن فرصت سازمان- دهی اطلاعات درون چارچوب‌های دانشی محکم و قابل‌اتکا، استفاده از حوزه‌های محتوایی به- عنوان «زمینه» و تأکیدبر یادگیری یک یا چندحوزه محتوایی و به‌کارگیری بستر تحولی تکنولوژی دیجیتال و هوش مصنوعی درانتخاب و چینش محتوا، می‌تواند راهنمای عمل واقع شود. علاوه بر محتوا، ضروری است که روش‌های تدریس متحول شوند و روش‌های «یادگیرنده- محور» و «شواهد-محور»، به‌تدریج جایگزین روش‌های یک‌طرفه و غیرتعاملی شوند. ازطرفی بازارکار به‌سرعت درحال تغییر رقابتی و ناپایدار جدید، نیازمند دانش و مهارت‌های تازه و پیچیده‌ای در دانش‌آموختگان است و دوره کارشناسی ریاضی، مسئولیت جدی نسبت به‌ایجاد آنها در فارغ‌التحصیلان دارد و ایجاد مهارت‌های تفکرانتقادی، طرح مسئله‌های میان‌رشته‌ای، یادگیری مشارکتی و یادگیری درطول عمر، ضروری است.

^۱ این اتفاق، به مدت پنج‌سال- از ۱۳۷۵ تا ۱۳۷۹- در دانشکده علوم ریاضی دانشگاه شهیدبهشتی با عنوان «گردهمایی شکوفه‌های ریاضی» رخ داد و به‌استناد آمارموجود، باعث جذب دانش‌آموزان توانا و علاقه‌مند تهران به رشته ریاضی در این دانشگاه شد.

آموزش استم: چارچوبی برای رویارویی با...

محور پژوهشی: بازنگری در برنامه‌ها، روش‌ها و انجام هر نوع ابتکار و نوآوری، اگر مبتنی بر یافته‌های پژوهشی نباشد، اثربخشی خود را از دست می‌دهد. مثلاً برای دانستن این که چه-
محتوایی و باچه روشی، به دانشجویان کمک می‌کند تا مفاهیم ریاضی را در زمینه‌های واقعی درک-
کنند و به‌کاربندند، پژوهش لازم است. بدین سبب در این چارچوب، به‌جای مقررات‌صوری و کم-
اثری مانند تحمیل نوشتن مقاله فارسی به ریاضی‌دانی که بازبان بین‌المللی و نمادین ریاضی می-
نویسد، با حمایت‌های واقعی و آموزش‌های ضروری، می‌توان هسته‌های پژوهشی برای توسعه
برنامه‌ها و روش‌ها و تقویت آموزش استم تشکیل داد.



- BlackPast, B. (2014, February 18). (1890) Second Morrill Act. BlackPast.org. <https://blackpast.org/african-history/second-morrill-act-1890/>
- Borrego, M., & Henderson, C.R. (2014). Increasing the Use of Evidence Based Teaching in STEM Higher Education: A Comparison of Eight Change Strategies. *Journal of Engineering Education*, Vol. 103 (2), [Special Issue: The Complexities of Transforming Engineering Higher Education](#). April 2014, Pages 220-252. Wiley Online Library.
- Brand, B.R. (2020). Integrating science and engineering practices: Outcomes from collaborative professional development. *International Journal of STEM Education*, 7, 1-13. USA Science & Engineering Festival.
- Burrows, A.; Lockwood, M.; Borowczak, M.; Janak, E. & Barber, B. (2018). Integrated STEM: Focus on informal education and community collaboration through engineering. *Education Sciences*. 8(1), 1-15. MDPI
- Capraro, R.M. & Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: Implications for educating our teachers for the age of innovation. *ALLEN Institute*. Open Science Tools.
- Chandan, D.; Magana, A. J. & Vieira, C. (2019). Investigating the affordances of a CAD enabled learning environment for promoting integrated STEM learning. *Computers & Education*. 129, 122–142. ScienceDirect.
- Chen, X. (2009). Students Who Study Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) in Postsecondary Education. *Stats in Brief*. NCES 2009-161. *National Center for Education Statistics*.
- Çolakoğlu, M. H. (2018). Integration of Transdisciplinary STEM Approach to Single Discipline-Based National Education Systems. *International Society for Research in Education and Science (ISRES)*. (PP 94-112). Education Research Highlights in Mathematics, Science and Technology.
- Corlu, M. S.; Capraro, R. M. & Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: Implications for educating our teachers in the age of innovation. *Education and Science*, 39(171), 74-85.
- Çorlu, M. A. & Aydin, E. (2016). Evaluation of Learning Gains Through Integrated STEM Projects. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*. Special Issue on STEM Education). Vol.4, No.1, 20-29. Ismail Sahin. Turkey. ISSN: 2147-611X (Online).
- Cloutier, A.; Dwyer, J. & Sherrod, S.E. (2016). Exploration of Hands-On/Minds-On Learning in an Active STEM Outreach Program. Conference: American Society of Engineering Education 123rd Annual Conference & Exposition. New Orleans.
- Durando, M. (2022). School innovation Forum 2022: A Day to Rethink the Schools of Tomorrow.
- Dugger, W. (2010). Evolution of STEM in the United States. In Technology Education Research Conference. Queensland.

Eady, S. (2008). What is the Purpose of Learning Science? An Analysis of Policy and Practice in the Primary School. *British Journal of Educational Studies*, 56, 19 - 4. Taylor & Fancis Online.

Freeman, B., Marginson, S. & Tytler, R. (2014). Widening and deepening the STEM effect. In *The age of STEM* (pp. 1-21). Routledge.

Gonzalez, H.B. & Kuenzi, J. J. (2012). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer [August 1, 2012].

Granovskiy, B. (2018). Mathematics (STEM) Education: An Overview. Congressional Research Service. 33 pages.

Henderson, C., & Dancy, M. H. (2009). Impact of physics education research on the teaching of introductory quantitative physics in the United States. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*. 5(2), 020107. American Physical Society.

Honey, M.; Pearson, G. & Schweingruber, A. (2014). STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research. Washington, DC: National Academies Press.

Kaleva, S.; Pursiainen, J.; Hakola, M.; Rusanen, J. & Muukkonen, H. (2019). Students' reasons for STEM choices and the relationship of mathematics choice to university admission. *International Journal of STEM Education*, 6, 1-12.

Kelley, T.R. & Knowles, J.G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*. 3, 1. Springer Open.

Kober, N. (2015). *Reaching students: What research says about effective instruction in undergraduate science and engineering*. National Academies Press.

Li, Y. and Schoenfeld, A. H. (2019). Problematizing teaching and learning mathematics as "given" in STEM education. *Int. J. STEM Educ.* 6:44. doi: 10.1186/s40594-019-0197-9

Marginson, S.; Tytler, R.; Freeman, B. & Roberts, K. (2013). STEM: country comparisons: international comparisons of science, technology, engineering and mathematics (STEM) education. Final report.

Meaders, C.L.; Lane, A.K.; Morozov, A.; Shuman, J.K.; Toth, E.; Stains, M.; Stetzer, M.R.; Vinson, E.L.; Couch, B.A. & Smith, M.K. (2020). Undergraduate Student Concerns in Introductory STEM Courses: What They Are, How They Change, and What Influences Them. *Journal for STEM Education Research*, 1-22.

Moore, T.J.; Stohlmann, M.S.; Wang, H.; Tank, K.M.; Glancy, A.W. & Roehrig, G.H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education.

Moore, T. J.; Johnston, A. C. & Glancy, A. W. (2020). A Synthesis of Conceptual Frameworks and Definitions. In C. Johnson, M. Mohr-Schroeder,

T. Moore, & L. English (Eds.), *Handbook of Research on STEM Education* (pp. 3-16). New York, NY: Routledge

Nadelson, L. S. & Seifert, A. L. (2017). Integrated STEM defined: Contexts, challenges, and the future. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 221-223.

National Education Association: NEA. (2022). RESEARCH LAND GRANT UNIVERSITY BRIEF No.1

National Research Council. (2004). *The Mathematical Sciences' Role in Homeland Security: Proceedings of a Workshop*. Washington, DC: The National Academies Press.

National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Committee on Highly Successful Science Programs for K-12 Science Education, Board on Science Education and Board on Testing and Assessment, Division of Behavioral and Social Sciences Education. Washington, DC: The National Academies Press.

NSF: STEM Education for the Future: A Visioning Report. May 2020.

Parvaneh, S. A. & Rejali, A. (2019). Warning to the mathematical community and those interested in the sustainable development of the country. *Mathematical Culture and Thought*. Term 38, No. 2. 13-35. Iranian Mathematical Society. (In Persian.)

Razi, A. & Zhou, G. (2022). STEM, iSTEM, and STEAM: What is next? *International Journal of Technology in Education (IJTE)*, 5(1), 1-29.

Roehrig, G.H.; Dare, E.A.; Ring Whalen, E.A. & Wieselmann, J.R. (2021). Understanding coherence and integration in integrated STEM curriculum. *International Journal of STEM Education*, 8, 1-21.

Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.

Sanders, M. (2012). Integrative STEM education as “best practice”. Paper presented at the Seventh Biennial International Technology Education Research Conference, Queensland, Australia.

Sheffield, R., Koul, R.B., Blackley, S., Fitriani, E., Rahmawati, Y., & Resek, D. (2018). Transnational Examination of STEM Education. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 26.

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: Springer

Tytler, R. (in press). STEM Education for the 21st Century. In J. Anderson & Y. Li (Eds.). *Integrated Approaches to STEM Education: An International Perspective*. Springer Nature.

Vasquez, J. & Sneider, C. (2015). STEM--Beyond the Acronym. *Educational Leadership*. 72(4), 10-15. ASCD.

آموزشِ استم: چارچوبی برای رویارویی با...

Wang, H. H.; Moore, T.J.; Roehrig, G.H. & Park, M.S. (2011). STEM Integration: Teacher Perceptions and Practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(2)

Wells, J. G. & Ernst, J. V. (2012). Integrative STEM education. Virginia Tech School of Education.

Zangeneh, B. Z. (2015). The Historical Development of Bachelor of Science in Mathematics in Iran: Focusing on Sharif University of Technology. *Journal of Higher Higher Education Curriculum Studies*. Vol. 6, No. 12, 99-134. Iranian Curriculum Studies Association: ICSA. (In Persian.)

