دو فصلنامه مطالعات برنامه درسی آموزش عالی
سال ۱۴، شماره ۲۸، پاییز و زمستان ۱۴۰۲، ۲۹۴-۲۶۷

Journal of Higher Education Curriculum Studies Vol.14, No.28,267 -294

آموزش اِستم: 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

زهرا محتشم[۱]، زهرا گویا[۲]، سهیلا غلام‌آزاد[۳]

چکیده: در ایران، رشته‌های ریاضی دانشگاهی از شروع دهه ۱۳۹۰، با افت کمّی و کیفی فزاینده‌ای مواجه شده‌است و سیاست‌گذاران آموزش-عالی را با چالش مواجه کرده‌است. به‌ویژه جایگزینی آموزش حضوری با آموزش‌مجازی در دوران همه‌گیری و حضور پُررنگ تکنولوژی دیجیتال و هوش‌مصنوعی، مانند شتاب‌دهنده‌ای[۴] عمل‌کرد که هم سلیقهٔ یادگیری و انتظار دانشجویان را از تحصیلات دانشگاهی تغییرداد و هم قواعد بازارکار را دگرگون‌نمود. برای رویارویی با این‌بحران، رویکردمتفاوتی به چهارحوزه «علوم[۵]تکنولوژی-مهندسی-ریاضی» (اِستم) در آموزش‌عالی، توجه دوباره‌ای را جلب‌کرد. هدف از این‌پژوهش، بررسی استفاده از آموزش‌اِستم برای رویارویی با چالش‌های رشته‌ریاضی دانشگاهی درایران بود. بدین‌منظور، ابتدا سیرتاریخی توجه به‌رشته‌های تشکیل‌دهنده اِستم در ایالات‌متحده که خاستگاه این آموزش‌بوده، مطالعه‌شد. سپس با مرور نظام‌وار[۶] اسناد، ابتکارهای پنج کشور که هرکدام نقش‌عمده‌ای در پیشبرد اِستم داشته‌اند، استخراج‌شده و چارچوبی برای مواجهه با بحران رشته‌های ریاضی دانشگاهی در ایران تدوین شد. دستاورد اصلی این مطالعه این‌است که آموزش‌اِستم، نیازمند مشارکت بین‌گروهی/ بین‌دانشکده‌ای و مراکز پژوهشی دانشگاه‌ها با تبیین هدف‌مشترک، حمایت از پژوهش‌های تلفیقی توسط سیاست‌گذاران، توانمندسازی نیروی‌انسانی در مدرسه و دانشگاه از طریق توسعه‌حرفه‌ای، عبور از برنامه‌های آموزشیِ تجویزی و همچنین توجه به‌نقش‌کلیدی ریاضی در توسعهٔ تکنولوژی و هوش‌مصنوعی و متحول‌شدن بازارکار است.

کلمات کلیدی: رشته‌های ریاضی دانشگاهی، علوم-تکنولوژی-مهندسی-ریاضی(اِستم)، آموزش‌عالی، بازارکارجدید، رویکرد تلفیقی به برنامه‌درسی ریاضی.

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 causes' 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.

---

[۱] این مقاله، مستخرج از رساله نویسنده اول برای دریافت مدرک دکتری آموزش ریاضی از دانشگاه شهیدبهشتی است.

z_mohtasham@sbu.ac.ir

[۲] استاد دانشگاه شهیدبهشتی (نویسنده مسئول). Z-gooya@sbu.ac.ir

[۳] عضو هیأت علمی سازمان پژوهش‌وبرنامه‌ریزی آموزشی، پژوهشگاه مطالعات آموزش-وپرورش. soheila_azad@yahoo.com

[4] Accelerator

[۵] در این مقاله، علوم و علوم‌تجربی مترادف هم آمده‌اند.

[6] Research Synthesis

مقدمه

طی دهه ۱۳۹۰ تا زمان حاضر (۱۴۰۲)، کاهش‌مستمر تعدادکسانی که در دوره‌دوم متوسطه درایران، رشته ریاضی-فیزیک را انتخاب می‌کنند، توجه سیاست‌گذاران را به چاره‌اندیشی برای شناخت دلایل این‌بحران جلب‌کرده‌است. به‌تبع این‌کاهش، تعداد داوطلبانی که از گروه آموزشیِ-ریاضی آزمون‌سراسری وارد دانشگاه می‌شوند نیز، باسرعت درحال کم‌شدن‌است و رشته‌های-ریاضی و علوم در بعضی‌دانشگاه‌ها، ظرفیت اعلام شده‌شان تکمیل‌نمی‌شود. این درحالی است‌که محدودبودن تعداد متقاضیان برای تحصیل در رشته‌ریاضی پدیده‌ای جهانی‌است، ولی مسئله ایران با بسیاری ازکشورها متفاوت‌است. زیرا درایران، مؤسسه‌های آموزش‌عالی بسیاری دریک بازۀزمانی کوتاه، تأسیس‌شدند و دوره‌های کارشناسی‌ریاضی دایرکردند و تعداد دانش‌آموختگان‌ریاضی، از متوسط جهانی، سبقت‌گرفت و از شروع دهه ۹۰، اُفت کمّی با شیبی‌تند، شروع شد (Zangeneh, 2015; Parvaneh & Rejali, 2018).

درصورتی‌که درسطح جهانی، به‌دلیل نقشی که ریاضی در استقلال و توسعه کشورها ایفامی-کند، تلاش‌می‌شود که دانش‌آموزان، ریاضی را به‌عنوان رشته‌تحصیلی دانشگاهی انتخاب کنند (NRC, 2004). همچنین، عملکرد نامناسب دانش‌آموزان و دانشجویان ایالات‌متحده در آزمون-های ملی و بین‌المللی نظیر تیمز و پیزا و کمبود نیروی‌کار متخصص و ماهر در تکنولوژی‌های پیشرفته در دهه‌اخیر، سیاست‌گذاران آموزش‌عالی و آموزش‌عمومی را متوجه ضرورت انجام طرح-های پژوهشیِ کلان در سطوح ملی و بین‌المللی کرده‌است (Chen, 2009; Gonzalez & Kuenzi, 2012; Granovskiy, 2018). بدین‌سبب با حمایت‌های مالی و معنوی سازمان‌ملل‌متحد و یونسکو، پژوهش‌های متنوعی برای جبران کاستی‌های موجود در حوزه‌های ریاضی و علوم انجام‌شد که یکی‌از مهم‌ترین دستاوردهای این پژوهش‌ها، صورت‌بندی رویکردتلفیقی به‌آموزشِ چهارحوزه «علوم-تکنولوژی-مهندسی-ریاضی» (اِستِم) بود. یافته‌ها نشان‌دادند که رویکرد اِستِم، به‌دلیل توجه به دنیای‌واقعی، می‌تواند فرصت‌های‌آموزشیِ متنوعی برای دختران ایجادکند و بدین‌ترتیب، شکاف جنسیتی را بین ورودی‌ها به این‌رشته‌ها، ترمیم‌کند و کیفیت‌آموزشی را برای‌همه، ارتقادهد (Moore et al, 2014; Burrows et al, 2018). در بحبوحۀ این‌بحران، ازسال ۲۰۱۹ همه‌گیری کووید-۱۹، چالشِ بازهم جدی‌تری برای این-حوزه‌ها ایجادکرد. زیرا ازسویی، آموزش‌علوم در مدرسه و دانشگاه، نیازمند آزمایشگاه و کارهای میدانی‌است که با تعطیلی مراکز آموزشی و آموزش مجازی، با محدودیت اساسی مواجه‌شدند. از سوی‌دیگر، تکنولوژی معنا و مفهوم جدیدی پیداکرد و ازحالت بستر و ابزار یادگیری فراتررفته و خود، عاملیتِ[2] یادگیری پیداکرد. درحقیقت دانش‌آموزانِ کم‌انگیزه و دانشجویان بی‌علاقه،

[1] Science-Technology-Engineering-Mathematics: STEM
[2] Agency

تکنولوژی را مأمن تازه‌ای برای نوآوری و خلاقیت‌های‌خود یافتند. دراین‌راستا، پژوهشگران در حوزه آموزش‌های‌موضوعی و برنامه‌درسی، مطالعات متنوعی انجام‌دادند که نتایج آنها، درحال انتشار و برای تدوین رشته‌های میان‌رشته‌ای، نویدبخش است. یکی‌از جهت‌گیری‌های این مطالعات، عنایت به‌نیازهای بازارکار و تضمین آینده شغلی برای دانش‌آموختگان رشته‌های اِستِم است. هدف پژوهش‌حاضر، بررسیِ نظام‌وار اسناد و منابع موجود بین‌المللی در آموزش‌اِستم بود تا با تحلیل آنها و لحاظ‌نمودن ویژگی‌های آموزش‌عالی درایران، بتوان راهکارهایی برای ارتقای این رشته‌ها درایران، ارائه‌داد. برای این منظور سیرتاریخیِ توسعهٔ آموزش‌های علوم و مهندسی که خاستگاه آن ایالات‌متحده است،می‌تواند در سیاست‌گذاری برنامه‌های آموزش رشته‌های استم در ایران راهگشا باشد.

پیشینه

«اِستِم» یک میان‌رشتگیِ نسبتاً جدید با سرواژه‌های «علوم-تکنولوژی-مهندسی-ریاضی»[1] است. این رویکرد، مبتنی بر ایده آموزش‌تلفیقی دراین چهارحوزه است که به‌جای آموزش مجزا و مستقل هریک، آنها را دریک الگوی‌آموزشی و یادگیری منسجم برای حل مشکلات زندگی‌واقعی، تلفیق‌می‌کند (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 استدلال‌تحلیلی که از ضرورت‌های زیستن در قرن۲۱ام است، می‌تواند افرادی توانمند تربیت‌کند که به‌کمک هوش‌مصنوعی و علم‌داده و انواع تکنولوژی‌های دیجیتال، قادر به فهم‌ودرک مسائل پیچیده و غیرتعینی جهان امروز مانند مشکلات آب‌وهوایی، گرم‌شدن کره‌زمین و بحران زیست‌محیطی، بیماری‌های همه‌گیر و بهداشت عمومی، پردازش اطلاعات در فضای مجازی و مسائل امنیتیِ کلان، در جوامع بومی و جهانی باشند. آموزش اِستِم، دانش و مهارت‌هایی فراتر از موضوع‌های مجزای درسی می‌طلبد تا امکان اشتغال دانش‌آموختگان را افزایش‌دهد. همچنین به‌منظور تبیین رویکرد آموزشیِ مناسب به اِستم، برای هریک از چهارحوزه تشکیل‌دهنده آن، تعبیرهای متنوع و مشترکی ارائه‌شده‌است (Eady, 2008; Honey, Pearson & Schweingruber, 2014; Vasquez, 2015). این تعبیرها براساس یک-نیاز ریشه‌دار در ایالات‌متحده به‌توسعه علوم و ورود به عصرصنعتی بوده که درطول زمان، تحول-یافته و طی حدود دوسده اتفاق‌های سیاسی و اجتماعی و اقتصادی، تغییرات چشمگیری درآن ایجادشده‌است. در دودهه اخیر نیز توجه به رویکرداِستم، از ایالات‌متحده شروع‌شد. به‌این‌علت در پیشینه‌پژوهش، بررسی تحلیلی و منظم تاریخیِ تأسیس گروه‌های علوم و مهندسی در آموزش-

[1] پس‌ازاین، به‌جای «علوم-تکنولوژی-مهندسی-ریاضی»، از واژه «اِستِم» استفاده‌می‌شود.

عالی در ایالات‌متحده و در مسیر توسعهٔ آن، توجه به رویکرد اِستم در قرن ۲۱اُم، محور قرارگرفته‌است.

سیرتحول کالج‌های چهارساله در آمریکا: هدف از تأسیس اولین «کالج»های چهارساله در آمریکا، تربیت طلبه‌ها و افراد طبقه‌های بالای جامعه‌بود که اولین و معروف‌ترین آنها به‌ترتیب هاروارد (۱۶۳۸)، ویلیام و مری[۱](۱۶۹۳)، ییل[۲](۱۷۰۱) و پرینستون (۱۷۴۶) بودند و برنامه درسی‌شان، هنرهای لیبرال کلاسیک[۳]بود. این‌برنامه شامل «علوم سه‌گانه دستورزبان، منطق و معانی‌بیان»، «علم بلاغت/فصاحت» و «علوم چهارگانه حساب، هندسه، نجوم[۶]و موسیقی»» یا «هنرهای ریاضی» بود که به‌دانشجویان آموزش دهد تا «با دقت بخوانند، دقیق فکر کنند، زیبا بنویسند و واضح صحبت کنند». به‌تدریج، تعداد این کالج‌ها که به «کالج‌های هنرهای‌لیبرال» معروف هستند، افزایش‌یافت.

با گذشت بیش از دوقرن از تأسیس کالج‌های هنرهای لیبرال، به‌سبب تغییر ساختارهای اقتصادی و اجتماعی، نیاز به دانش‌آموختگانی با مهارت‌های فنی/مهندسی و علوم، مشهودشد و در سال ۱۸۶۲، «قانون اعطای زمین موریل» توسط آبراهام لینکلن تصویب‌شد که طبق‌آن، به‌ایالت‌ها اجازه داده‌شد تا بااستفاده از درآمد حاصل از فروش زمین‌های دولت‌فدرال، کالج‌هایی با تمرکز بر آموزش علوم/کشاورزی و مهندسی[۹]تأسیس کنند[۱۰]. (Moore, Johnston & Glancy, 2020).بدین‌ترتیب، هر ایالت به‌ازای هریک سناتور و نماینده‌ای که درکنگره داشت، ۳۰۰۰۰ هکتارزمین دریافت نمود که اِم‌آی‌تی[۱۱](۱۸۶۴) و برکلی (۱۸۶۸) که دو دانشگاه تراز‌اول دنیاهستند، بدین‌ترتیب، راه‌اندازی شدند (National Education Association, 2022).

---

[1] William and Mary College
[2] Yale
[3] Classical Liberal Arts
[4] Trivium
[5] Rhetoric

[۶] در برنامه‌درسی رشته‌ریاضی 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 تحت‌استعمار دولت فدرال، تصرف‌شدند و کالج‌های‌دولتی درآمریکا، باغصب زمین‌های بومیان توسعه یافت.

[11]Massachusetts Institute of Technology: MIT

[۱۲] اِم‌آی‌تی درسال ۱۸۶۱ مجوز تأسیس‌گرفت و درسال ۱۸۶۲، باقانون اعطای‌زمین‌مِریل، راه‌اندازی‌شد.

نمونهٔدیگر، کالج کشاورزی ماساچوست بود که با این‌قانون، درسال۱۸۶۳ درشهر اَمهِرست[۱] تأسیس‌شد و به‌تدریج، تبدیل به یکی از بزرگ‌ترین دانشگاه‌های‌دولتی آمریکا شد. این‌کالج درسال۱۹۳۲، به «کالج ایالتی ماساچوست» تغییر نام‌داد و درسال ۱۹۴۷، تبدیل‌به دانشگاه ماساچوست[۲]شد. آنگاه درسال۱۹۶۲، دانشکده‌پزشکی این دانشگاه در شهر وورسِتر[۳]راه‌افتاد و درسال۱۹۶۴، پردیس‌بوستون شروع به کارکرد. درسال۱۹۸۱، کالج ایالتی‌بوستون[۴]که مرکز تربیت‌معلم بود، با شعبه‌بوستون دانشگاه ماساچوست ادغام‌شد. درسال۱۹۹۱، دانشگاه لُوِل[۵]به‌دانشگاه ماساچوست و دانشگاه ساوت‌ایسترن ماساچوست[۶] تبدیل به‌دانشگاه ماساچوست در دارتموت[۷]شد. درنهایت، کالج‌اولیه‌ماساچوست تبدیل‌به دانشگاه‌ماساچوست با پنج‌پردیس[۸]شد که بایک هیئت‌امنا، اداره‌می‌شود.[۹] امروزه دانشگاه‌ماساچوست به‌سبب کیفیت بالای خدماتی که به جامعهٔ محلی و ایالتی عرضه‌می‌کند و ثروتی که برای ایالت تولیدمی‌کند، مثال‌زدنی‌است.

درادامهٔ تأسیس کالج‌های چهارساله و به‌دلیل نیاز شدید ایالات‌متحده به‌بازسازی کشاورزی و تربیت کشاورزان بامهارت، «قانون‌دوم مِریل» درسال۱۸۹۰ به‌منظور تأسیس کالج مخصوص سیاه‌پوستان، به‌تصویب رسید. طبق این‌قانون، ایالت‌ها موظف‌شدند که مؤسسه‌های مجزایی برای سیاه‌پوستان تأسیس کنند که به‌جای اهدای‌زمین، از دولت‌فدرال حمایت‌مالی دریافت نمایند (BlackPast, 2014). این‌قانون، آغازگر تأسیس «کالج‌ها و دانشگاه‌هایِ ازنظر تاریخی مخصوص سیاه‌پوستان»[۱۰] شد که تا قبل‌از «قانون حقوق‌مدنی»[۱۱] سال۱۹۶۴، به دوصورت دولتی و خصوصی، تشکیل‌شدند تا امکانات آموزشی برای سیاه‌پوستان ایجادشود که دردورهٔ برده‌داری، از آنان دریغ شده‌بود. زیرا قبل‌از قانون لغوبردگی درسال۱۸۶۵، برده‌داران اجازه باسوادشدن را به‌برده‌ها نمی‌دادند و باوضع «قوانین منع‌سوادآموزی»[۱۲]، از سرمایه‌خود ازطریق بیگاریِ بردگان، حفاظت‌می‌کردند. این درحالی‌بود که در ایالت‌هایی که این قوانین لغو شده‌بود، 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 سیرتحول، نشان‌دهنده پرهیز از شتاب‌زدگی در تغییرات ساختاری و تشکیلاتی دانشگاه است. درحال‌حاضر، 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

اجازه‌ورود به‌دانشگاه‌های سفیدپوستان را داشتند، ولی به‌طورعملی نمی‌توانستند، زیرا فاصله چشمگیری بین توانایی آنها با دانشجویان‌سفیدپوست وجودداشت. به‌منظور انجام اصلاحات ضروری و پُرکردن این‌فاصله، ریچارد هامفریس[1]درسال۱۸۳۷، کالجی برای جوانان‌سیاه‌پوست در چینیِ پنسیلوانیا[2]راه‌اندازی‌نمود تا بردگان، «خواندن-نوشتن-ریاضی» یادبگیرند و فرصت ورود به‌دنیای بعداز آزادشدن‌را بیابند. این‌مؤسسه، بعدها تبدیل‌به دانشگاه‌چینی درپنسیلوانیا شد که اولین‌دانشگاه تحت‌عنوان «کالج‌ها و دانشگاه‌های ازنظر تاریخی مخصوص سیاه‌پوستان» بود. درحال‌حاضر، ۱۹ دانشگاه ازاین‌نوع، در آمریکا فعال‌هستند که‌اغلب‌آنها، تمرکزخود را برتقویت آموزشِ‌استم برای دوره‌های‌کارشناسی و ایجادظرفیت[3]برای بازارکار جدید گذاشته‌اند.

تجربهٔ شکل‌گیری و توسعهٔ آموزش‌عالی در ایالات‌متحده، بیانگر این واقعیت‌است‌که نیازمندی‌های اجتماعی و اقتصادی و بازارکار طی زمان، باعث تحول در برنامه‌های دانشگاهی شد و در دودههٔ اخیر، به طرح آموزشِ‌استم منجرشد. آموزش‌عالی ایران نیز می‌تواند برای رویارویی با بحران رشته‌ریاضی و اشتغال دانش‌آموختگان آن درایران، از این تجربه‌تاریخی بیاموزد.

سندهای مرتبط با اِستم در آمریکا: از نظر (National Research Council, 2011)، آموزش موفق اِستم از پیش‌دبستانی تا پایه۱۲، نیازمند تدوین برنامه‌های درسی[4]برای دانشجو-معلمان و معلمان شاغل‌است تا بتواند دانش‌موضوعی و توانایی‌های استدلالی آنان را در چهارحوزهٔ تشکیل‌دهنده اِستم، ارتقادهد. طراحی و اجرای این‌برنامه که جزو مسئولیت‌های آموزش‌عالی است، توسعهٔ استدلال کمّی و تلفیقی به‌عنوان پیونددهنده ایده‌های محوری ریاضی و سازمان‌دهی تدریس و یادگیری علوم حول «ایده‌های بزرگ» در اِستم است. به‌اعتقاد این شورا، ایده‌های بزرگ ابزار مهمی برای یادگیری هستند و دانش‌آموزان را قادرمی‌سازند تا اطلاعات را درون یک چارچوب‌دانشیِ محکم و قابل‌اتکا، سازمان‌دهی‌کنند. این شورا توصیه‌کرده‌است که به-منظور پشتیبانی از این‌برنامه‌ها، لازم‌است برای معلمان و سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان در سطوح میانی و مدرسه‌ای، کارگاه‌های ابتکاری و کاربردی اجراشود، منابع و ابزارآموزشی دراختیار آنان قرارگیرد، مشورت‌های آموزشیِ مستمر به ایشان ارائه‌شود و از تشکیل گروه‌های‌حرفه‌ای، حمایت‌کنند و تدریس خودرا ارتقادهند.

ازاین‌گذشته، «بنیاد ملی علوم» (NSF, May 2020) سندی باعنوان «بیانیه چشم‌انداز»، درمورد آموزشِ‌استم در آینده منتشرکرد که درآن، آمده‌است:

[1] Richard Humphreys
[2] Cheyney Pennsylvania
[3] Capacity Building
[4] The Advancing Reasoning Covariationally Curriculum: ARC

تمام شهروندان می‌توانند در شوق‌آفرینی و پیشرفت ملت، سهیم باشند. با آماده‌شدن برای شغل‌های حوزهٔ اِستِم در آینده، تمام یادگیرندگان باید فرصت برابر برای کسب دانش‌پایهٔ این حوزه را داشته‌باشند. آموزش اِستِم برای آینده، به‌ارتقای درک و فهم ما کمک‌می‌کند تا بفهمیم که مردم، چگونه با کمک تکنولوژی مدرن، یاد می‌گیرند برای خود، تجربه‌های یادگیری شخصی-شدهٔ 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 درادامه توضیح‌می‌دهد که برای تحقق این چشم‌انداز، ضروری‌است که با بیشینه‌کردن فرصت‌ها، تمام زیست‌بوم[1] نظام‌آموزشی درنظرگرفته‌شود تا همهٔ دانش‌آموزان بتوانند با هر پیشینه، نژاد، قومیت، جنسیت، مذهب و سطح‌درآمد، شگفتی‌ها و امکان‌های اِستِم را یادبگیرند و درطول زندگی، علاقه‌مندی و اشتیاق خود را نسبت به‌آن، حفظ‌کنند. تلاش برای پوشش همگانی آموزش‌عمومی، براین اساس‌است که بازارکار، به‌سرعت درحال تغییراست و هرزمان، نیازمند دانش و مهارت‌های تازه و پیچیده‌ای‌است و آموزش‌عمومی و آموزش‌عالی، مسئول پاسخگویی به-آنها هستند. ویژگیِ این بیانیه، تأکید بر پوشش همگانیِ آموزش بادرنظرگرفتن گوناگونیِ چشمگیر دانش‌آموزان‌است. درنتیجه یکی از چالش‌های مهم، بررسی مسیرهای غیرسنتی برای کسب مهارت‌ها و شایستگی‌ها در اِستِم است که برای‌آن، شناساییِ چگونگی یادگیری مفاهیم اِستِم توسط دانش‌آموزان، یک پیش‌فرض‌است (ص. ۹). اگر این‌هدف‌ها در آموزش‌عمومی تحقق یابند، متقاضیان ورود به آموزش‌عالی، خواهان ارتقای دانش و مهارت‌ها و شایستگی‌هایی خواهندبود که درمدرسه کسب‌کرده‌اند و برنامه‌های مجزا و کلاسیک آموزش‌عالی را به‌چالش خواهندکشید. برای‌نمونه، سؤالی که در این‌سند مطرح‌شده این‌است که «چگونه مسیرهای غیرسنتی، آموزش‌عالی را به‌معنایی که می‌شناسیم، به‌چالش می‌کشند» و «چگونه می‌توان از تکنولوژی، به‌عنوان ابزارِ پداگوژی و نیروی دموکراتیزه‌کردن» در دانشگاه، استفاده نمود؟ (ص. ۹). علاوه براینها، «قبل‌از تهیه چشم‌اندازی برای آموزش‌اِستِم در آینده، درک‌وفهم حال، حیاتی است» تا بدانیم که در آموزش‌عالی، «چالش‌های جاری در آموزش‌اِستِم کدامند؟ چه‌کارهایی مؤثرند و درکجا، ناتوان هستیم؟ اولویت‌های الان ما کدامند و چگونه‌می‌توانیم با شکل‌دادن آنها، آینده خودرا تقویت کنیم؟ (ص. ۱۱.)

[1] Ecosystem

تحول در دوره‌های‌کارشناسی ریاضی و علوم درآمریکا: دوره‌های‌کارشناسی ریاضی و علوم درآمریکا، دستخوش تحول هستند، زیرا شایستگی‌های موردنیاز برای شغل‌های مربوطبه - اِستِم، ساختارهای مرسوم آکادمیک را به‌چالش کشیده‌است. برای مثال، تعداد فزاینده‌ای در سن‌های بالاتر، وارد دوره‌های‌کاردانی و کارشناسی می‌شوند تا مهارت‌های‌شغلی موردنیاز خود را کسب‌کنند و برنامه‌های موضوع-محورِ موجود، این قابلیت را ندارند. در گزارشی که در ماه‌جولای ۲۰۱۲ توسط «شورای مشاوران‌رئیس‌جمهور در علوم‌وتکنولوژی»[1] منتشرگردید، نشان‌داده‌شد که تعداد فارغ التحصیلان اِستِم درآمریکا، نسبت‌به افزایش‌نیاز در بازارکار، کافی نیست (Tytler, in press). به‌گفتهٔ (Kober, 2015)، این گزارش باعث‌شد تا در آموزش‌اِستِم، به‌این اصل بنیادی توجه‌شود که «هم‌ترازیِ اثربخش دانش‌رشته‌ای با زمینه‌های بین‌رشته‌ای» مهم‌است و نیازمند توسعهٔ روش‌های‌کارآمد است. این‌درحالی‌است که (Henderson & Dancy, 2009)، یکی از بزرگ‌ترین موانع را برای بهبود آموزش‌اِستِم در دوره‌های‌کارشناسی، ناکافی‌بودن دانش‌مربوط به-چگونگیِ گسترش مؤثر استفاده‌از آموزش‌های‌موجود و راهبردها و نوآوری‌های انجام‌شده در اِستِم دانسته و توضیح‌داده‌بودند که علت پرهزینه‌بودن نهادسازی برای اِستِم در مدرسه و دانشگاه، آن-است که مؤلفه‌های به‌هم‌پیوستهٔ بسیاری به‌طور هم‌زمان، برافراد و انتخاب‌های‌تحصیلی آنها تأثیرگذارند.

نتیجهٔ پژوهش‌های مرورشده، حاکی ازاین‌است که باتوجه به تغییرات‌بنیادین در بازارکار، برای دانش‌آموختگان آموزش‌عالی، کسب مهارت‌های فرایندی شامل سازگاری و انعطاف، کار مشارکتی، یادگیری مستقل، یادگیری مستمر و درک و کاربرد مفاهیم در زمینه‌های[2]واقعی، ضروری است. به‌منظور ایجادتحول در برنامه‌های آموزشی و پاسخ‌گویی به‌نیازهای جدید، پژوهش‌های بسیاری انجام‌شده که بیانگر این هستند که استفاده از محیط‌های یادگیرنده-محور و مبتنی‌برشواهد[3] کمک‌می‌کنند تا آموزش‌اِستِم، بالقوه برای‌همه قابل‌دسترس شود و شکاف آموزشی را کمترکند[4] (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

[4] ویلیام فِری درسال ۲۰۱۸ بیان‌کرد که اکثر دانشجویان دکتریِ علوم کامپیوتر و مهندسی در ایالات‌متحده، غیرآمریکایی بوده و با ویزای دانشجویی درحال‌تحصیل درآمریکا هستند و پیش‌بینی کرده‌بود که تاسال۲۰۴۵، ایالات‌متحده تبدیل به‌کشور «اقلیت سفیدپوست» خواهدشد.

با‌جوداین، نیازمندی به‌یافتن سازوکارهایی مؤثر برای گسترش آموزش‌های اِستم، باعث شکل‌گیری گروه‌های جدیدی از ترکیب سازمان‌های علمیِ دانشگاهی در آمریکا شده‌است که درس‌های آموزنده‌ای برای توسعهٔ اِستم در جهان دارد.

در سال ۲۰۱۲، «اتحادیه دانشگاه‌های آمریکا[1]»، یک گروه تخصصی را باهدف تدوین‌چارچوبی با دومؤلفه «آموزش داربستی[2]» و «تغییرات فرهنگی[3]» برای توجه به‌آموزش و توسعه‌اِستم درمراکز آموزش‌عالی، تشکیل‌داد. پس‌ازآن، هشت مؤسسه آموزش‌عالی در ایالات‌متحده و کانادا، مطالعات امکان‌سنجی[4]را برای چگونگی‌استفاده از این‌چارچوب انجام‌دادند که نتیجهٔ آن، تشکیل کنسرسیومی به‌نام «اتحاد بِی‌وِیو[5]» (۲۰۱۵) بین‌تعدادی از دانشگاه‌های‌پژوهش‌محور در آمریکا و کانادا شد (۲۰۱۵). حاصلِ این‌همکاری، انجام پژوهش‌های‌کاربردی به‌منظور تدوین راهکارهایی برای جذب دانشجویان به اِستم دردانشگاه‌ها و بهبود روش‌های‌تدریس در چهارحوزه مرتبط با اِستم بود.

علاوه‌براین، گروهی از سازمان‌های ملی که ابتکاراتی با هدف اجرای گسترده تدریسِ مبتنی-برشواهد دارند، «ائتلاف برای اصلاح آموزش‌اِستم در دوره‌کارشناسی[6]» را ایجادکرده‌اند که اعضای آن، شامل «انجمن آمریکایی برای پیشرفت علوم[7]»، «اتحادیه دانشگاه‌های آمریکا[8]»، «اتحادیهٔ دانشگاه‌های دولتی و دانشگاه‌های مشمول اهدای‌زمین[9]»، «انجمن کالج‌ها و دانشگاه‌های-آمریکایی» و «هیئت آموزش علوم شورای‌ملی‌تحقیق[10]»است.

همچنین از سال۱۹۸۹، پروژه کالیدوسکوپ یکی از حامیان پیشتاز برای تغییر آموزش و یادگیری اِستم بوده‌است. این پروژه، مأموریت خود را توانمندسازی استادان و مسئولان اجرایی آموزش‌عالی در ایالات‌متحده تعریف کرده‌است که به فلسفهٔ‌وجودی اِستم باوردارند. بدین‌منظور این پروژه، شبکه گسترده‌ای با بیش‌از ۷۰۰۰ عضو دارد تا بتوانند آموزش تلفیقی و پیشرفته اِستم را برای تمام دانشجویان و باهدف برقراری عدالت و توجه به گوناگونی و مسئولیت اجتماعی، ارائه دهند. درنتیجه، چشم‌انداز پروژه کالیدوسکوپ این‌است 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
[10] National Research Council: Science Education Board: NRC

برنامه‌های دوره‌های مرتبط با آموزش ِاستم را جزو وظایفش بداند و دراین مسیر، یاور آموزش-عالی باشد.

درمجموع، سیرتحول تاریخی آموزش‌عالی در ایالات‌متحده نشان‌می‌دهد که عوامل اجتماعی و اقتصادی و نیازمندی‌های بازارکار، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر سیاست‌گذاری‌های دولت فدرال و نهادهای علمی و پژوهشی درارتباط با آموزش‌عالی هستند. دراین‌مسیر، توجه‌به تحولات در آموزش‌ِاستم در دودهۀ اخیر، عمیق‌تر فهمیده‌می‌شود.

روش‌شناسی پژوهش

هدف از انجام‌این‌پژوهش، تدوین چارچوبی برای رویارویی با بحران کمّی و کیفی رشته‌های ریاضی دانشگاهی در ایران، با تمرکز بر آموزش‌ِاستم بود. بدین‌منظور، از روش بررسی و مرور نظام‌وارپژوهش‌های انجام‌شده و تحلیل محتوای کیفی اسناد در آموزش‌ِاستم استفاده‌شد. برای مطالعۀ نظام‌مند، نخست دو بازۀ زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ و ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۳ که شامل دوران همه-گیری کووید-۱۹ بود انتخاب‌شدند. بررسی‌ها نشان‌داد که خاستگاه اصلی آموزش‌ِاستم به‌لحاظ تاریخی، ایالات‌متحده بوده و همچنان، در پژوهش و سیاست‌گذاری در این حوزه، با فاصله از سایر جهان جلوتراست. پس تمرکز اصلی بر این کشور گذاشته‌شد. نکتۀ مهم دیگری که به‌لحاظ روشی برآن تمرکزشد، حرکت معکوس به‌فراخنای تاریخ و یافتن نقطۀ شروعِ توجه به‌آموزش رشته‌های علوم و مهندسی در دانشگاه‌های آمریکا و سیاست‌گذاری‌های دولت‌فدرال برای متناسب‌نمودن قوانین جهت رفع نیازمندی‌های بازارکار و تربیت نیروی‌انسانی ماهر بود و بدین‌سبب، سیرتاریخی آموزش‌عالی در ایالات‌متحده دررابطه با آموزش‌ِاستم، محور بررسی اولیه واقع‌شد. سپس اسناد منتشرشده در جهان که ازطریق اینترنت قابل‌دسترسی بودند، تحلیل شدند که درنهایت، چارچوب‌های تدوین‌شده برای آموزش‌ِاستم در پنج کشور شامل اتحادیۀ اروپا، استرالیا، ایالات-متحده، سنگاپور و هند[۱] دارای جامعیت و نوآوری و ابتکار بودند که در بخش یافته‌ها، به‌تفکیک ارائه‌می‌شوند. همچنین برای تأیید و اطمینان‌پذیری از درستی منابع و یافته‌ها، از روش مثلثی-سازی استفاده‌شد و اطلاعات و محتوای ده‌ها و ده‌ها منبع باهم مقابله‌شدند تا خطاهای فردی و تاریخی به‌حداقل برسند. این پژوهش ازنظرحدودوثغور، محدود به آموزش‌ِاستم بود و تنها به‌دلایل مرتبط با این آموزش‌ها پرداخته‌شد. البته محدودیت اجرایی، دسترسی سخت و زمان‌بر به‌منابع به‌دلیل سرعت‌پایین اینترنت و فیلترینگ ازطرفی و تحریم‌ها ازطرف‌دیگر بود.

یافته‌ها

یافته‌های این‌پژوهش برپایۀ تجربه‌های جهانی دردوبخش؛ تجربه پنج کشور درارتباط با آموزش‌ِاستم و رویکردهای تدوین‌شده برای آنها، ارائه می‌شود.

---

[۱] کشورها به‌ترتیب الفبایی آمده‌اند.

بخش۱: برنامه اِستم در جهان

بسیاری از دولت‌ها، به‌منظور بهبود وضعیت آموزش‌اِستم در آموزش‌عمومی و آموزش‌عالی خود، اقدام به تبیین سیاست‌های جدید و تخصیص بودجه‌های کلان برای اجرایی‌نمودن آن سیاست‌ها کرده‌اند. (Li & Schoenfeld, 2019) با تأکید براین‌که خاستگاه آموزش‌اِستم ایالات‌متحده بوده، یادآور شده‌اند که در سطح‌جهانی نیز، علاقه فزاینده‌ای به‌طراحی و اجرای برنامه‌های بین‌رشته‌ای و تلفیقی برای آموزش‌اِستم، وجوددارد. به‌گفتهٔ آنها، در چین و ژاپن، این طرح‌ها به صورت ملی اجرا می‌شوند. برای‌مثال ازسال ۲۰۱۸، دولت چین برنامه‌ها و اقدامات منسجمی را برای‌پرورش استعدادها و تقویت رقابت‌پذیری این‌کشور در اِستم و تبدیل اقتصاد مبتنی‌برتولید به‌یک اقتصاد دانش-بنیانِ مبتنی‌برنوآوری، شروع‌کرده‌است. در ژاپن نیز برنامه‌های اِستم، بیشتر در چارچوب اردوهای تابستانی اجرا می‌شوند. در این‌بخش، پس‌از مطالعهٔ برنامه‌های آموزش‌اِستم در کشورهای مختلف جهان، چارچوب آموزش‌اِستم در پنج کشور که هرکدام دارای ویژگی‌های متمایزکننده‌ای هستند، عرضه‌می‌شود.

اِستم در اروپا: برنامه‌های اِستم در اروپا بیشتر به‌صورت پروژه‌های متمرکز طراحی‌شده‌اند که یکی از آنها، «شبکه‌مدرسه اتحاد اِستم در اروپا»[1] است و بر توسعه‌حرفه‌ای 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 متمرکزاست. برنامه دیگر، «آکادمی شبکه مدرسه در اروپا»[2] است که هدف‌آن، ترویج مشاغل و توسعه مهارت‌های اِستم در دانشجویان دوره کارشناسی است.

کمیسیون اروپا از ادغام اِستم با برنامه‌های درسی پیش‌دبستانی تا پایه ۱۲ و دانشگاه و به-طورمشخص توسط برنامه «اِراسموس»[3] حمایت‌می‌کند. این برنامه ازطرف اتحادیه اروپا و برای تبادل‌دانشجو، درسال ۱۹۸۷ ایجادشد و درمسیر توسعهٔ خود و ارتقای همکاری‌های فراملی در حوزه‌آموزش و ورزش جوانان، به «اراسموس‌پلاس» تغییرنام یافت. اتحادیه‌اروپا اعلام کرده‌است که برای رسیدن به اهداف «اروپا درسال ۲۰۳۰» و افزایش رقابت‌پذیری در بازارکار جهانی، به منابع‌انسانی ماهر درحوزه‌استم نیاز دارد. دراین راستا، همکاری کمیسیون اروپا و «ساینتیکس»[4]، مهم‌ترین ابزار برای توسعهٔ اِستم معرفی شده‌است. ساینتیکس باهدف ارتقای آموزش‌اِستم و توسعهٔ‌حرفه‌ای معلمان، حمایت از پروژه‌های‌پژوهشی، جمع‌آوری و ترویج شیوه‌های مؤثر آموزشی

[1] European Schoolnet's STEM Alliance
[2] Scientix: **European Schoolnet Academy**
[3] **E**u**R**opean Community **A**ction **S**cheme for the **M**obility of **U**niversity **S**tudents: Erasmus
[4] Scientix

و برگزاری کارگاه‌های‌آموزشی را در دستورکار خود قرارداده‌است. علاوه‌براین، ازطریق «شبکه اروپایی مدرسه» که درسال ۱۹۹۷ تأسیس‌شد، وزیران آموزش[۲]اروپا باهم مرتبط‌شده‌اند تا به‌مدرسه‌ها کمک‌کنند که از تکنولوژی، استفادهٔ اثربخشِ پداگوژیکی بکنند و هم‌زمان، معلمان و دانش‌آموزان/دانشجویان را با مهارت‌های لازم برای موفقیت در جامعهٔدیجیتالی، آماده‌نمایند و امکان همکاری گسترده را بین معلمان علوم و ریاضی، پژوهشگران، سیاست‌گذاران و سایر متخصصان در آموزشِاستم، فراهم‌کنند. مارک دوراندو[۳]مدیر اجرایی شبکهٔمدرسه در اروپا، رویکرد آموزشِاستم را چنین توضیح داده‌است که «از معلمان و مدیران مدارس در فرایندانتقال، حمایت‌کنیم. تکنولوژی به‌تنهایی نمی‌تواند تدریس را متحول‌کند. هر فرایندتحولی، باید نتیجهٔ یک‌چشم‌انداز و یک‌سازوکارباشد، درجایی که مدیران مدارس دراین فرایند، نقشی کلیدی داشته‌باشند» (Durando, 2022, Annual Report).

اِستِم در استرالیا: در استرالیا، با فرض این‌که ایجاد مهارت‌هایِاستم برای آینده‌کشور حیاتی‌است، برنامه‌های متنوعی توسط سیاست‌گذاران آموزش‌عالی، تدوین شده‌است. منطق این برنامه‌ها این‌است که تکنولوژی دیجیتال، بخش اصلی زندگی‌روزانه شده و بازارکار را تحت‌تأثیر قرارداده‌است و پیش‌بینی این‌است که بعضی از مشاغل کاملاً از بین می‌روند و مشاغل جدیدی به‌وجود می‌آیند و بازارکار مجبوراست که با شتاب، خود را با تغییرات سازگارکند. نکته با اهمیت در تقویت آموزش‌هایِاستم، آماده‌کردن راهبران آموزشی از طریق طراحی و اجرای برنامه‌های توسعهٔحرفه‌ای معلمان و سرمایه‌گذاری برای ارائه حمایت‌های منسجم، متمرکز و پایدار از مدرسان اِستِم است. به‌این‌منظور از سال ۲۰۰۹، پروژهٔ «پیمانه‌های منابع برنامه‌درسی[۴]» راه‌اندازی‌شد و درآن، «اصول پداگوژیکیِ پیمانه‌های یادگیریِ اِستم[۵]»، «یادگیریِ مسئله-محور[۶]»، «توسعهٔ مرتبه‌برتر تفکر[۷]»، «یادگیری‌مشارکتی[۸]» و «عمل‌بازتابی[۹]» بیان شده‌است. این پروژه توسط کنسرسیوم آموزشِاستم که از «اتحادیه محاسباتیِ آموزشیِ غرب‌استرالیا[۱۰]»، «اتحادیه ریاضی غرب‌استرالیا[۱۱]»، «اتحادیه معلمان‌علوم غرب‌استرالیا» و «سایِتک[۱۲]» تشکیل شده‌است،

[1] European Schoolnet

[۲] شامل آموزش‌عمومی و آموزش‌عالی

[۳] Marc Durando

[۴] Curriculum Resource Module Template Year 7 to Year 10

[۵] pedagogical Principles of the STEM Learning Modules

[۶] Problem-based learning

[۷] Developing higher order thinking

[۸] Collaborative learning

[۹] Reflective practice

[۱۰] Educational Computing Association of WA

[۱۱] the Mathematical Association of WA

اجرایی‌شد و معلمان و مدرسه‌ها، تولیدکنندگان مشترک این منابع هستند. هدف از طراحی و راه‌اندازی فعالیت‌های مربوط به اِستم طی حدود دودهه اخیر در استرالیا این‌است که براساس نتایج پژوهش‌های انجام‌شده، تفکرانتقادی و خلاق، حل‌مسئله، مهارت‌های مشارکتی و کارتیمی و سواد ریاضی و علوم و تکنولوژی، قابلیت‌های ضروری برای موفقیتِ آموزش‌های اِستم هستند. به‌باور آنها، اِستم کلید بازارکار نوینی است که توسط جریان جهانی‌شدن و تکنولوژی‌های دیجیتال ایجادشده و جایگزین مشاغلی‌می‌شود که براساس شرح‌کارهای معمولیِ شناختی هستند، درصورتی که در استرالیا، ۷۵٪ مشاغلِ برآمده از اقتصادجدید و نیازمند قابلیت‌های بالا هستند. بدین‌سبب دراین سند تأکیدشده که «این چشم‌انداز، پاسخی نسبت‌به چالش‌های امروز و فردا، از مسیر آماده‌کردن دانش‌آموزان برای زیستن در دنیایی‌است که نیازمند تفکر و قابلیت‌های چنددیسیپلینیِ اِستم است» و تصریح‌شده که این قابلیت‌ها وقتی ایجادمی‌شوند که دانش‌آموزان با مسئله‌های باز-پاسخ و مربوط‌به دنیای‌واقعی، به‌چالش کشیده‌شوند و در فرایند حل‌آنها، درگیر استفاده از چهاررشته اِستم بشوند.

علاوه‌براین برای آشنایی با برنامه‌های آموزش اِستِم در کشورهای‌دیگر، دولت استرالیا حامی مالیِ پژوهشی با عنوان «پروژه مقایسه کشورها» (Marginson, Tytler, Freeman & Roberts; Freeman, Marginson & Tytler, 2014) شد که در آن، گزارش‌های طرح‌های پژوهشی و سیاستیِ[۳] ۲۳ کشور، مورد بررسی و مقایسه قرارگرفت و الگوهای استفاده‌شدهٔ مشترک آنها برای توسعهٔ آموزش‌اِستِم در آموزش‌عمومی و آموزش‌عالی و ابتکارهای انجام‌شده، استخراج‌شدند. یافتهٔ مهم این مطالعه، اجماع ۲۳ کشورِ مورد بررسی بر این بود که «ارتقای سواد ریاضی و علوم دانش‌آموزان، ضروری‌است و مهم‌است تا جایی که امکان‌دارد، آنها را به‌سمت یاگیریِ اِستِم و مشاغل مرتبط با آن، تشویق کنیم»

همچنین در سال ۲۰۱۵، برای توسعهٔ اِستم در استرالیا، برنامه‌راهبردی «استراتژی‌ملی آموزش‌مدرسه[۴]» برای دهه 2016-2026 تدوین‌شد که تمرکزآن، توسعه سوادریاضی، علوم، تکنولوژی‌دیجیتال و ارتقای مهارت‌های حل مسئله، تحلیل‌انتقادی و تفکرخلاق است. هدف این‌برنامه، بهبود آموزش‌اِستم در آموزش‌عمومی به‌گونه‌ای است که همه‌دانش‌آموزان، بتوانند مدرسه را با دانشِ‌پایه‌ایِ قوی و مهارت‌های مرتبط در چهارحوزه، به‌پایان برسانند. این‌برنامه برای پیشبرد

---

[۱] the Science Teachers Association of WA

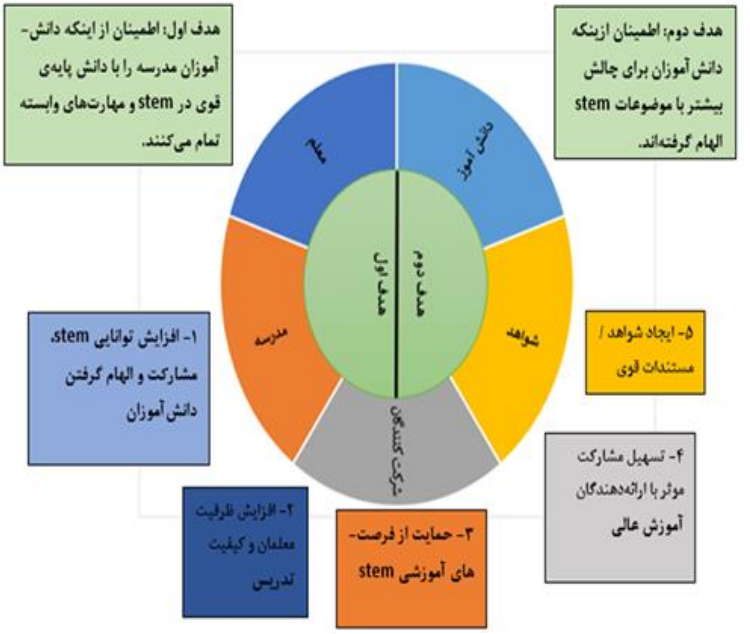
[۲] Scitech

سای‌تک یک کمپانی‌غیرانتفاعی درپرت‌غربی واقع‌در غرب استرالیاست که شامل یک مرکزعلوم و یک موزه‌تعاملی و یک افلاک‌نماست.

[3] Policy Reports

[4] National STEM School Education Strategy 2016-2026

اهداف‌خود، «انجمن مشارکت‌کنندگان اِستم[1]» را درسال ۲۰۱۷ تشکیل داد و درآن، راهبران صنعت و آموزش را گردهم آورد تا رویکرد راهبردی‌تری برای مشارکت مدارس با صاحبان مشاغل و صنعت درسراسر استرالیا، اتخاذکنند و توانمندسازی دانش‌آموزان و ارتقای دستیابی آنها را به‌این حوزه‌ها، هموار کنند. وزارت آموزش استرالیا به‌توصیه این انجمن، مجموعه «منابع آموزشیِ دردسترسِ مدرسه در سطح ملی[2]» را راه‌اندازی کرد. هدف این‌مجموعه، کمک به‌مدارس و صنایع برای خلق ابتکارات جدید در حوزه اِستم، شکل‌گیری مشارکت مدرسه‌ها با صنعت و ارزیابی فعالیت‌های انجام‌شده یا طراحی‌شدهٔ موجود و آینده بود (Sheffield, Koul, Blackley, Fitriani, Rahmawati & Resek, 2018).



شکل ۳: اهداف بیان‌شده توسط نظام‌آموزشی استرالیا برای استراتژی اِستم (کولاک اوغلو، ۲۰۱۸)

[1] STEM Partnerships Forum
[2] National STEM School Education Resources Toolkit

در این راستا، دانشگاه‌ها و صنایع برای تولید «پیمانه‌های نمایشی آنلاین» جهت ارائه روش-های تدریسِ مناسب با رویکرد تلفیقی به‌چهارحوزه اِستم و طراحی سیستم‌عاملِ تبادل یادگیری حرفه‌ایِ ویژۀ آن، فعالیت خود را شروع کردند (Çolakoğlu, 2

اِستم در ایالات‌متحده‌آمریکا: یافته‌های پژوهشی در دودهۀ اخیر نشان‌دادند که توسعۀ اِستم، مؤلفه مهمی در رقابت‌های اقتصادی‌است و همین سبب‌شد تا در دانشگاه‌ها، برنامه‌های آموزشِ‌استم در سطح کارشناسی، مورد حمایت قراربگیرند. نتایج پژوهشی آشکارکردند که در دنیای‌جدید، «تولید[۲]» به‌ساختن اشیای فیزیکی ازطریق تبدیل موادخام یا قطعات به‌محصولِ تمام‌شده به‌کمک ابزار، نیروی کار، ماشین‌آلات و فرایندشیمیایی، محدودنشده و شامل تولیدات تکنولوژی هم، شده‌است[۳]و نیازمند کسانی است که افزون بر سوادموضوعی/تخصصی در علوم، تکنولوژی، ریاضی، مهندسی و علوم اجتماعی، ازنظر یادگیری انعطاف‌پذیر باشند و مهارت الگویابی و پیداکردن ارتباط‌ها را بین پدیده‌ها و رخدادها داشته‌باشند و اطلاعات را ارزیابی کنند.[۴] درنتیجه، فرصت‌هایی که اِستم ایجادمی‌کند، جامعه را به سمت اقتصاد دانش‌بنیان[۵]و باسوادیِ-پایدار[۶] حرکت‌می‌دهد (Study in the USA). منظور از باسوادیِ‌پایدار، دانش و مهارت‌ها و ذهنیت‌هایی است که به‌اشخاص اجازه می‌دهد تا عمیقاً، نسبت به‌ساختن آینده‌ای پایدار متعهدشوند و در تصمیم‌گیری‌های آگاهانه و اثربخش برای تحقق‌آن، کمک کنند[۷] (United Nation, 2018).

در راستای توسعه اِستم، دراکثر دانشگاه‌های برتر ایالات‌متحده‌آمریکا،[۸]برنامه‌ها و فعالیت‌های متنوعی طراحی و اجرا می‌شود که به چهارمورد اِم‌آی‌تی، دانشگاه برکلی، دانشگاه ماساچوست و دانشگاه هاروارد که هرکدام مخاطب‌های متفاوتی‌دارند و درنوع خود ویژه و دارای پوشش دانشجویی وسیع هستند، اشاره‌می‌شود.

۱

[2] Manufacturing

[۳] بخش تولید/ساخت، به صنایعی گفته‌می‌شود که با استفاده از موادخام، کالاهای نهایی تولیدکنند.

[4] http://www.census.gov/content/dam/Census/library/working-papers/2019/demo/sehsd-wp2019-33.pdf

[5] Knowledge-based Economy

[6] Sustainable Literacy

[7] https://sdgs.un.org/

[۸] در معرفی این نوع برنامه‌ها در وب‌سایت دانشگاه‌های معروف، آمده‌است که میانه دستمزد کسانی که در مشاغل مرتبط با اِستم هستند، بیش از دوبرابر مشاغل دیگر است، زیرا نیاز بازارکار برای متخصصان در اِستم، شدت یافته-است.

اِم‌آی‌تی[1]: مرکز آموزشِ‌استم ساختار ویژه‌ای دارد و باوجودی‌که بیشتر دانشجویان این-دانشگاه، درحوزه‌های تشکیل‌دهنده اِستم تحصیل می‌کنند، ولی در دهه‌های اخیر، دانشکده‌های قویِ علوم‌انسانی، هنر و مطالعات اجتماعی نیز تأسیس شده‌اند تا به‌دانشجویان در «نوشتن و اقتصاد و موسیقی و بازیگری»، کمک کنند. برای نمونه، مؤسسه تابستانی بیوِر ورکز[2] دارای یک برنامه چهارهفته‌ایِ دقیق و درسطح جهانی برای دانش‌آموزان تیزهوش سال آخر دبیرستان است که مهارت‌های اِستم را توسط درس‌های پروژه-محور و کارگاهی، آموزش می‌دهد (سایت دانشگاه اِم‌آی‌تی[3]، ۲۰۲۳.)

دانشگاه برکلی: برنامه‌ای[4] برای آموزشِ‌استم با حمایت «بنیاد ملی علوم» طراحی‌کرده که یکی از هدف‌های آن، افزایش جذب دانشجویان قشرهای محروم و کم‌برخوردار به آموزشِ‌استم در دوره‌کارشناسی است و دوعضو توانمند هیئت علمی، هماهنگ‌کننده این‌برنامه هستند. برگزاری کارگاه‌ها، اطلاع‌رسانی در شبکه‌اجتماعی لینکداین[5] مشاوره‌های شغلی و توسعهٔ‌حرفه‌ای و جلب حمایت‌های مالی برای ادامه‌تحصیل دانشجویان مستعد در دوره‌دکتری، جزو خدماتی‌است که این برنامه، عرضه می‌کند. علاوه براینها، یک سمینارتخصصی سالانه با حضور بیش‌از ۲۵ مربی و داورِ شاخص در حوزهِ‌استم در یکی از دانشگاه‌های ایالت کالیفرنیا برگزارمی‌شود که درآن، دانشجویان ایده‌های پژوهشیِ خود را ارائه‌می‌دهند و داوران، بهترین‌ها را برای ادامه‌تحصیل انتخاب‌می‌کنند. به‌طورخاص، گروه ریاضی دانشگاه برکلی، چهاربرنامه برای دوره‌کارشناسی شامل کهاد ریاضی، مِهادرِیاضی، ریاضی‌کاربردی و دبیری‌ریاضی دارد.

دانشگاه ماساچوست: درجهت افزایش کیفیت خدمات ارائه‌شده به ایالت ماساچوست، «مؤسسه آموزشِ‌استم» در این‌دانشگاه، درسال ۱۹۹۶به‌طور رسمی و با حمایت‌مالی دولت‌ایالتی و دولت‌فدرال، شروع به‌کارکرد. جامعهٔ هدف این‌مؤسسه، دوره‌های پیش‌دبستانی تا پایان دوره-کارشناسی است و منابع‌آموزشی را رایگان و به‌صورت فایل ورد، در دسترس معلمان و مدرسان قرارمی‌دهد تا آنها بتوانند با سهولت، مطالب را متناسب با نیازهایشان، جرح‌وتعدیل کنند. دردههٔ

---

[1] Massachusetts Institute of Technology: MIT

[2] MIT Beaver Works Summer Institute: BWSI

[3] در اِم‌آی‌تی، نرخ فارغ‌التحصیلی در دوره کارشناسی طی بازه چهارسال، ۸۵٪ است که ۲۵٪ از میانگین کل در ایالات‌متحده 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 کرده‌است.

[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

اخیر نیز دانشگاه ماساچوست، میزبان «برنامه پل»[1] است که برنامه‌هایی برای توسعهٔ آموزشِ‌استم در دوره‌های تحصیلات‌تکمیلی، آموزش‌معلمان و آماده‌سازی فارغ‌التحصیلان برای بازارکار جدید، طراحی و اجرامی‌کند.

دانشگاه هاروارد: دوره‌هایی برای دانش‌آموختگان اِستم گذاشته‌است تا پس‌از گذراندن یک دوره تکمیلی با عنوان «آموزش عملی اختیاری»[2] به‌مدت ۲۴ ماه و ۱۲ماه مکمل آن‌دوره، بتوانند گواهی‌حرفه‌ای در آموزشِ‌استم دریافت‌کنند و وارد بازارکار بشوند. محتوای این‌دوره‌ها با هدف تربیت نیروی‌کارِ آگاه و آموزش‌دیده در سطح‌بالا و تمرکز بر تولید ازطریق فعال‌سازی توسط تکنولوژی‌های دیجیتال و فرایندها و سیستم‌های پیشرفته و یک‌پارچه، طراحی شده‌اند (سایت دانشگاه هاروارد، ۲۰۲۳) تا پس از گذراندن این دوره‌ها، افراد بتوانند محصولاتی با کیفیت‌بالا و ازنظر اقتصادی قابل‌رقابت، تولیدکنند. این سیستم‌ها از شبکه‌های کامپیوتری و روبات‌ها تا ابزار-ماشینی و تجهیزات حمل‌ونقلِ مواد را دربرمی‌گیرد.[3]

اِستم در سنگاپور: عملکرد بالای دانش‌آموزان سنگاپور در ریاضی و علوم در مطالعات بین-المللی تیمز و پیزا در دودههٔ اخیر، به‌معنای موفقیت آموزشِ‌استم در این‌کشور، تفسیر شده و چگونگیِ اجرای آموزشِ‌استم در سنگاپور، موردتوجه سیاست‌گذاران بین‌المللی و پژوهشگران این‌حوزه واقع‌شده‌است. بررسی‌ها نشان‌داد که وزارت آموزشِ سنگاپور، هم‌زمان با برنامه‌ریزی برای بهبود کیفیت آموزش‌ریاضی و علوم، به توسعهٔ‌حرفه‌ای معلمان ریاضی و علوم و تربیت نیروی‌کارماهر برای «شغل‌های مرتبط با اِستم» نیز می‌پردازد (وزارت‌آموزش، 2018a) و برای ترویج آموزشِ‌استم، از طرح‌های‌پژوهشی مربوط، حمایت‌مالی می‌کند. همچنین در «مؤسسهٔ ملی آموزش»[4]، مرکز اِستم برای «پژوهش‌های آموزشی و صنعتیِ چندمحوری»[5] راه‌اندازی شده‌است. در دانشگاه‌صنعتی‌نانیانگ[6] در سنگاپور نیز، «مؤسسهٔ پژوهش‌های علوم و تکنولوژی برای علوم-انسانی»[7] با همکاریِ جمعیِ پژوهشگران، دانشجویان، متخصصانِ صنعت، سیاست‌گذاران و افرادی از جامعهٔ مدنی، تیم‌های پژوهشیِ میان‌رشته‌ای تشکیل‌شده که هدفشان، تلفیق تخصص‌ها و روش‌های حوزه‌های اِستم و غیراِستم، برای طراحی جامعهٔ‌آینده سنگاپور است (سایت دانشگاه-

---

[1] Bridge Program

[2] Optional Practical Training: OPT

[3] برای جذب دانشجویان بین‌المللی، دائم تبلیغ می‌شود که درس‌های طراحی‌شده برای اِستم، فرصت‌های فراوان برای اشتغال با درآمدهای بالا ایجادمی‌کند.

[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

صنعتی‌نانیانگ). افزون‌براین، «شرکت سهامی استم»[1] درسنگاپور، از برنامه‌های کاربردی اِستم[2] توسط پروژه‌های غنی‌سازی پشتیبانی می‌کند. این‌برنامه‌ها، محتوا و روش‌های آموزشیِ چهارحوزه علوم-تکنولوژی-مهندسی-ریاضی را باهم تلفیق‌نموده و ازآنها، الگوی یادگیریِ منسجمی تدوین-کرده‌است (Teo & Choy, 2021).

اِستم در هندوستان: هندوستان، دومین کشور پرجمعیت جهان است.[3] در سال ۲۰۱۵، نخست‌وزیر این کشور،[4] کارزار «هندوستانِ با مهارت»[5] را با هدف آموزش و مهارت‌آموزیِ بیش از ۴۰۰ میلیون جوان در اِستم و توسعه مهارت‌های نوآوری و تولید تا سال ۲۰۲۲، راه‌اندازی کرد. برای تحقق این چشم‌انداز، «بخش علوم و فناوری هند»[6] در درون وزارت علوم و فناوری این کشور، با همکاری سازمان غیردولتیِ «بنیاد اِستم هندوستان»[7]، نقش‌محوری در توسعه آموزش-اِستم دارند و برای ترویج آن در هندوستان، کارمی‌کنند. در سایت رسمی این بنیاد آمده‌است که مأموریت این بنیاد، ارائه تازه‌ترین برنامه‌های اِستم، آزمایشگاه‌های عملی[8]برای ارتقای خلاقیت و نوآوری، ایجاد زیرساخت‌ها و آموزش معلمان برای دردسترس قراردادن آموزش‌اِستم برای همه دانش‌آموزان است. این بنیاد تأکیدکرده که «ما متعهد هستیم که نسل آینده نوآوران، متفکران و مسئله‌حل‌کن‌ها را پرورش دهیم».

بخش۲: الگوهای آموزش‌اِستم در آموزش‌عالی

(Dugger, 2010) به‌تبیین چهارالگو برای تلفیق چهاررشتهٔ تشکیل‌دهندهٔ اِستم روی یک-طیف پرداخت که یک سرِ آن، آموزش مستقل هر یک از چهارحوزه و انتهای دیگر، درهم تنیده-شدن چهارحوزه به‌گونه‌ای جدانشدنی به‌شرح زیراست:

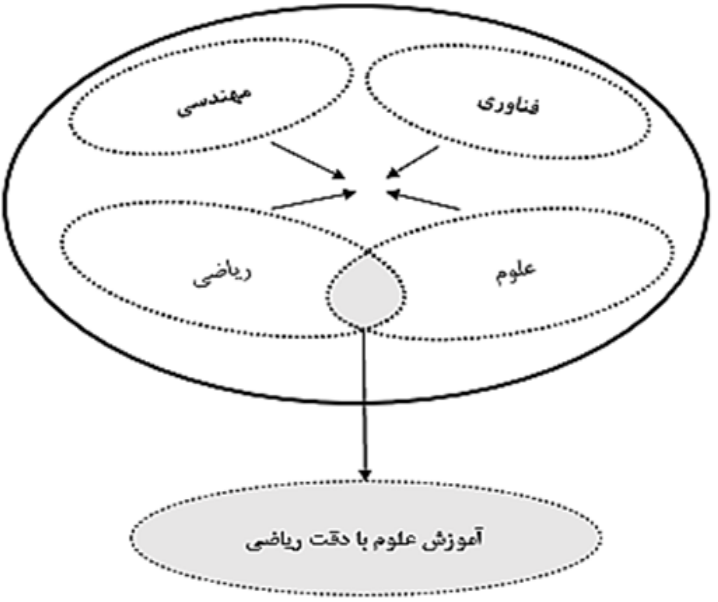
- **مبتنی‌بررشته؛** هریک از چهاررشته علوم، تکنولوژی، مهندسی و ریاضی،[9] به‌طور جداگانه و در گروه‌های آموزشی و دانشکده‌های مجزا آموزش داده‌می‌شوند و درصورت نیاز، از استادان متعلق به‌گروه‌های آموزشیِ دیگر برای ارائه آن‌درس‌ها در برنامه آموزشیِ تعریف‌شده دریک‌گروه، دعوت‌می‌شود.

[1] STEM Inc
[2] STEM Applied Learning Programme
[3] 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

- **چندرشته‌ای؛** درس‌های چهاررشته، مستقل تدریس‌می‌شوند، ولی تأکید بیشتری بریک یا دورشته می‌شود که رایج‌ترین شکلِ به‌کارگیری این‌الگو، تلفیق علوم و ریاضی در آموزش مدرسه‌ای‌است.[1]
- **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.[2]
- **فرارشته‌ای؛** انتهای دیگر این طیف‌است که درآن، چهاررشته به‌گونه‌ای مبتکرانه و با مشارکت متخصصانِ این رشته‌ها، باهم تلفیق‌می‌شوند و برنامه یکپارچه‌ای تدوین‌می‌گردد که مبتنی بر ویژگی‌های علوم و تکنولوژی و مهندسی و ریاضی است و به «بین‌رشته‌ای» یا «میان‌رشته‌ای» شناخته‌می‌شوند.

(Dugger, 2010)با برشمردن نقاط‌قوت و محدودیت‌های سه‌الگوی اول، براین باوراست که یکپارچگیِ ایجادشده در الگوی‌چهارم، توانایی‌های نظری و عملی و تکنولوژیکی بالایی در دانش‌آموختگان ایجادنموده و آنان را قادر به‌حل مسائل‌پیچیده و پرچالش و چندبُعدیِ پدیده‌های دنیای‌واقعی می‌کند. تدوین یک برنامه‌آموزشی با توجه به‌رویکرد تلفیقی اِستم دردانشگاه، نیاز به‌استفاده از دانش و شیوه‌های مختلف برای حل مشکلات پیچیده و فرارشته‌ای درصنعت و جامعه امروزی دارد (Wang et al, 2011). به توصیه (Nadelson & Seifert, 2017)، برای اثربخشی این رویکرد، لازم‌است که تلفیق این‌رشته‌ها به‌گونه‌ای انجام شود که از دانش و فرآیند ویژهٔ هررشته به‌طور هم‌زمان و بدون تفکیکِ موضوعی، استفاده‌شود و در چارچوب یک‌مسئله، پروژه یا تکلیف، محتوای تلفیقی ارائه‌گردد.

[1] SteM
[2] E→S-T-M or T→ S-E-M



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

افزون براین، (Vasquez & Sneider, 2015, cited from Vasquez & Sneider, 2013) نیز چهارسطح رشته‌ای، چندرشته‌ای، بین‌رشته‌ای و فرارشته‌ای را برای تلفیق چهارحوزۀ اِستِم معرفی‌کردند که درآن، به‌تدریج سطح تلفیق، افزایش‌می‌یابد (شکل۲.)

شکل ۲. پیوستار رویکردهای اِستم به برنامه درسی تلفیقی (وسکز، ۲۰۱۵)

تفاوت این چهارررویکرد به آموزشِ‌استِم، به‌ظاهر اندک ولی ظریف و عمیق‌است. به‌عنوان نمونه، طراحی فعالیت‌های یادگیری مناسب، می‌تواند رویکرد چندرشته‌ای را به‌سمت رویکرد فرارشته‌ای هدایت‌کند.

بحث و نتیجه‌گیری

این مقاله، بخشی از یک پژوهش جامع درمورد استفاده از رویکرد آموشِ‌استم درجهان برای افزایش ورودی‌ها به رشته‌های «علوم-تکنولوژی-مهندسی-ریاضی» و آماده‌نمودن آنها برای بازارکار جدید است. باتوجه به این‌که در ایران نیز آموزش‌عالی در دهۀاخیر، با بحران اُفت کمّی و کیفی رشتۀ ریاضی و رشته‌هایی که از گروه‌آزمایشی ریاضی وارد دانشگاه می‌شوند روبروشده، دراین پژوهش، قابلیت آموزشِ‌استم برای مواجهه با این‌چالش، مفروض‌گرفته‌شد. سپس با بررسی و تحلیل برنامه‌هایی که مبتنی بر نتایج پژوهش‌های انجام‌شده و اسنادرسمی در سطح جهانی وجودداشت، پیشینه پژوهش بر سیرتاریخی آموزشِ‌استم در ایالات‌متحده متمرکزشد. آنگاه از مطالعۀ نظام‌وار پژوهش‌های مربوط به آموزشِ‌استم، چند تجربه استخراج و معرفی‌شدند. سپس اسناد حمایتی ازطرف دولت‌های مرکزی و محلی در سایر کشورها تحلیل‌شدند و درمجموع، هستۀ اصلیِ برنامه‌های آموزشِ‌استم در پنج‌کشور یا نظام‌اجرایی شامل اتحادیه‌اروپا با ۲۳کشور، استرالیا، ایالات‌متحده با کانادا، سنگاپور و هندوستان، شناسایی شدند که خلاصۀ مهم‌ترین دستاوردهای آنها، عبارتنداز:

اروپا: ایجاد شبکه‌مدرسه اتحاد اِستم در اروپا، ترویج مشاغل و توسعه مهارت‌های اِستم در دانشجویان دوره کارشناسی، افزایش رقابت‌پذیری در بازارکار جهانی، پرورش منابع‌انسانی ماهر درحوزه‌استم و توجه به‌نقش‌کلیدی مدیران مدارس.

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

ایالات‌متحده‌آمریکا: پیشتازی در رقابت‌های اقتصادی، توسعۀ اقتصاد دانش‌بنیان، تأکید بر باسوادی‌پایدار، افزایش جذب دانشجویان قشرهای محروم و کم‌برخوردار به آموزش‌اِستم در دوره-کارشناسی، توسعۀ آموزش‌اِستم در دوره‌های تحصیلات‌تکمیلی، آموزش‌معلمان و آماده‌سازی فارغ‌التحصیلان برای بازارکار جدید، تربیت نیروی‌کارِ آگاه و آموزش‌دیده در سطح‌بالا و تمرکز بر تولید ازطریق فعال‌سازی توسط تکنولوژی‌های دیجیتال و فرایندها و سیستم‌های پیشرفته.

سنگاپور: توسعۀحرفه‌ای معلمان ریاضی و علوم، و تربیت نیروی‌کارماهر برای شغل‌های مرتبط با اِستم، طراحی و اجرای پژوهش‌های آموزشی و صنعتیِ چندمحوری، همکاریِ جمعیِ پژوهشگران، دانشجویان، متخصصانِ صنعت، سیاست‌گذاران و افرادی از جامعۀ مدنی و تشکیل تیم‌های پژوهشیِ میان‌رشته‌ای با هدف تلفیق تخصص‌ها و روش‌های حوزه‌های اِستم و غیراِستم.

هندوستان: چشم‌انداز هندوستانِ با مهارت، طراحی و اجرای برنامه‌هایی برای توسعه‌حرفه-ای نظیر تولید موادآموزشی و برگزاری کارگاه‌ها و فعالیت‌های نوآورانه.

درنهایت، نتیجه‌گیری این پژوهش، تدوین چارچوبی برای مواجهه با این‌چالش در ایران است. از کاهش نظام‌وار داده‌های این پژوهش که از منابع مختلف جمع‌آوری‌شدند، دسته‌های متنوعی ظاهرشدند و با ادامۀ روند کاستن داده‌های دسته‌ها، مقوله‌های «ارتباط دانشگاه با مدرسه»، «بازارکار»، «مرجعیت دانشگاه درحل مسائل‌واقعی جامعه»، «حمایت دولت‌های مرکزی و محلی از آموزش‌عالی»، «توسعۀ حرفه‌ای معلمان مدرسه و دانشگاه» و «تأثیر تحولات تکنولوژیکی بر رشته‌های حوزه‌اِستم» شکل‌گرفتند. این یافته‌ها، اساس تدوین چارچوبی برای مواجهه با اُفت کمّی و کیفی رشتۀریاضی در ایران شد. افزون براینها این‌مطالعه معلوم‌کرد که مدل‌های پیشنهادیِ جهانی برای آموزش‌اِستم، متأثر از تعبیرهای گوناگونی‌است که برای چهاررشتۀ تشکیل‌دهندۀ اِستم وجوددارد. درنتیجه به استناد یافته‌های این پژوهش، سنت آموزش‌دانشگاهی در ایران، واقعیت‌ها و حساسیت‌های سیاست‌گذاری، پژوهشگران برای چهاررشتۀ اِستم صورت-بندی زیر را تبیین‌کردند:

علوم: مبتنی بر آزمایش، مشاهده، دقت، استدلال‌استقرایی و مهارت‌های فرآیندی‌است که درتولید دانش جدید و درک عمیق‌تر دنیای اطراف و ارتقای تفکر انتقادی، نقش بی‌بدیلی بازی می‌کند.

تکنولوژی: یک‌حوزه دانشگاهی نیست و مصنوع[1]بشر است تا نیازهایش را برآورده‌کند و در عین‌حال، راه را برای تحقق تخیلات و ترسیم افق‌های نوین، باز می‌کند، به‌ویژه خلق تکنولوژی-های دیجیتال و هوش‌مصنوعی، با اتکا بر دانش ریاضی و علوم و مهندسی، امکان‌پذیر است.

مهندسی: استفاده از دانشِ آموخته‌شده در ریاضی و علوم، برای مدل‌سازی و حل‌مسئله-های دنیای‌واقعی است.

ریاضی: زیربنای توسعهٔ 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 هوش‌مصنوعی و بستر استدلال‌استنتاجی است.

چارچوبی برای رویارویی با چالش اُفت کمّی و کیفی رشته‌ریاضی دانشگاهی در ایران

نتایج این پژوهش، بیانگر این‌است که فرصت‌هایی که اِستم ایجادمی‌کند، در ایجاد فرصت-های شغلی برای دانش‌آموختگان رشته‌ریاضی و حرکت‌دادن جامعه به سمت اقتصاد دانش‌بنیان، مؤثراست. ازطرف‌دیگر، توسعهٔ‌پایدار جوامع، نیازمند افرادی با توانایی‌های دانشی بالا در حوزه‌های گوناگون و به‌ویژه اِستم است. بدین‌سبب تغییرات زیربنایی محتوایی و روشی در برنامه‌های‌درسی کارشناسی‌ریاضی و علوم و مهندسی، ضروری‌است. زیرا فرصت‌هایی که اِستم ایجادمی‌کند، در حرکت‌جامعه به‌سمت اقتصاد دانش‌بنیان مؤثراست. درحالی‌که باتوجه به‌میزان‌تمرکز برنامه‌های آموزشی و پژوهشی و اجراییِ آموزش‌عالی درایران، همچنین عدم‌ارتباط معنادار بین گروه‌های-آموزشی، تدوین برنامه‌های مشترک، پیچیده و پرخطر اما امکان‌پذیراست و می‌توان باشناسایی اشتراک‌ها، نیازهای بازارکار جدید، امکانات دانشکده‌ها و حمایت‌های دانشگاه‌ها، از دوره‌های غیررسمی و تشکیل اتاق‌های‌فکر با متخصصان چهاررشته شروع‌کرد. چارچوب تدوین‌شده، باتوجه به‌مقوله‌های شکل‌گرفته دراین پژوهش و در سه‌محور اجرایی، آموزشی و پژوهشی، عرضه‌می-گردد.

محور اجرایی: درحال‌حاضر، آیین‌نامه‌هایی برای ارتباط با صنعت و شرکت‌های دانش‌بنیان، از طرف وزارت متبوع به دانشگاه‌ها ابلاغ شده‌است. ولی دراین تلاش، دانشگاه مرجعیت واقعی ندارد. درصورتی که این‌پژوهش نشان‌داد که برنامه‌هایی دراین ارتباط موفق‌بوده‌اند که ابتکارعمل با استادان و دانشگاه‌ها بوده‌است. برای‌مثال، دانشگاه می‌تواند به‌دعوت رئیس‌های دانشکده‌های

[1] Artifact

مرتبط با اِستم، جلسه‌های منظمی با رئیس دانشگاه، استادان ریاضی- علوم- مهندسی، صاحبان-صنایع و شرکت‌های دانش‌بنیان برگزارکند. این‌کار، می‌تواند در راستای برگشت مرجعیت علمی به‌دانشگاه‌ها، نقش داشته باشد.

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

ازاین‌گذشته، دانشگاه و مدرسه، جزایر جدا ازهم نیستند و یافته‌ها بیانگر این‌هستند که تلاش برای ارتقای کیفیت آموزش‌معلمان و دانش‌آموزان[1] جزو اکثریت قاطع برنامه‌های تدوین‌شده برای اِستم و خدمات‌عمومی آموزش‌عالی به‌جامعهٔ محلی‌است.

محور آموزشی: دوباره‌نگری در محتوای درس‌ها، تأمین نیازمندی‌های بازارکار، توسعهٔ‌حرفه-ای استادان، تحول در روش‌های‌تدریس 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 آموزش‌اِستم، ایجاد سوادریاضی قابل‌اتکا با توجه به‌الگویابی و پیداکردن ارتباط بین پدیده‌ها و رخدادها، مدل‌سازی و حل‌مسئله، توسعهٔ استدلال کمّی و تلفیقی به‌عنوان پیونددهنده ایده‌های محوری‌ریاضی، سازمان‌دهی محتوا حول «ایده‌های بزرگ»، فراهم‌آوردن فرصت سازمان-دهی اطلاعات درون چارچوب‌های دانشیِ محکم و قابل‌اتکا، استفاده از حوزه‌های محتوایی به-عنوان «زمینه» و تأکیدبر یادگیری یک یا چندحوزه محتوایی و به‌کارگیریِ بستر تحولی تکنولوژی دیجیتال و هوش‌مصنوعی درانتخاب و چینش‌محتوا، می‌تواند راهنمای‌عمل واقع‌شود.

علاوه بر محتوا، ضروری‌است که روش‌های‌تدریس متحول‌شوند و روش‌های «یادگیرنده-محور» و «شواهد-محور»، به‌تدریج جایگزین روش‌های یک‌طرفه و غیرتعاملی شوند. ازطرفی بازارکار به‌سرعت درحال تغییرِ رقابتی و ناپایدار جدید، نیازمند دانش و مهارت‌های تازه و پیچیده‌ای در دانش‌آموختگان است و دورهٔ کارشناسی‌ریاضی، مسئولیت جدی نسبت به‌ایجاد آنها در فارغ‌التحصیلان دارد و ایجاد مهارت‌های تفکرانتقادی، طرح مسئله‌های میان‌رشته‌ای، یادگیری‌مشارکتی و یادگیری درطول‌عمر، ضروری‌است.

---

[1] این اتفاق، به مدت پنج‌سال-از۱۳۷۵ تا ۱۳۷۹- دردانشکده علوم‌ریاضی دانشگاه شهیدبهشتی باعنوان «گردهمایی شکوفه‌های ریاضی» رخ‌داد و به‌استناد آمارموجود، باعث جذب دانش‌آموزان توانا و علاقه‌مند تهران به رشته‌ریاضی در این‌دانشگاه شد.

محور پژوهشی: بازنگری دربرنامه‌ها، روش‌ها و انجام هرنوع ابتکار و نوآوری، اگر مبتنی بریافته‌های پژوهشی نباشد، اثربخشی خود را از دست‌می‌دهد. مثلاً برای دانستن این‌که چه-محتوایی و باچه روشی، به‌دانشجویان کمک می‌کند تا مفاهیم‌ریاضی را در زمینه‌های‌واقعی درک-کنند و به‌کاربندند، پژوهش لازم‌است. بدین‌سبب دراین 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 توسعهٔ برنامه‌ها و روش‌ها و تقویت آموزش‌استم تشکیل‌داد.

منابع

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.

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.)