دانشگاه فرهنگیان *Farhangian University*
فصلنامه پویش در آموزش علوم پایه *Quarterly Journal of Education in Basic Sciences*
دوره هشتم، شماره ۲۹، زمستان ۱۴۰۱ *Volume 8, Issue 29, Winter, 2023*

منظور از آموزش STEM چیست؟ مروری بر پژوهش‌های انجام شده

ابراهیم زارعی کیاسری[۱]، بنیامین غنا[۲]

دریافت:۱۴۰۱/۹/۲۱ پذیرش:۱۴۰۱/۱۱/۱۱

چکیده

امروزه رویکرد آموزشی STEM به یک جنبش جهانی تبدیل شده‌است. زندگی در قرن حاضر به یک‌سری مهارت‌هایی نیاز دارد که از طریق STEM می‌توان به آنها دست یافت. این رویکرد آموزشی شکاف بین تئوری و عمل را از بین می‌برد و نوعی ترکیب تلفیقی از چهار رشته‌ی علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات است. در این روش معلم نقش راهنما را دارد و برخلاف روش سنتی معلم، علم را به فراگیران دیکته نمی‌کند. همچنین این روش، مشارکت فعال فراگیران را می‌طلبد. در بررسی‌های انجام شده مشخص گردیده که این رویکرد آموزشی موجب بهبود یادگیری در فراگیران می‌شود. چرا که فراگیران را برای حل مسائل در دنیای واقعی آماده می‌کند. امروزه کشورهای پیشرفته‌ی جهان در حال اجرای این رویکرد آموزشی در مراکز آموزشی خود نظیر مدارس و دانشگاه‌ها هستند و حتی مراکز اختصاصی برای اجرای این رویکرد آموزشی تأسیس کرده‌اند و هزینه‌های گزافی صرف این امر می‌کنند. باتوجه به پژوهش‌های انجام شده در این زمینه، تجهیز نظام آموزشی کشور به این رویکرد آموزشی لازم به نظر می‌رسد. امروزه آنچه در نظام‌های آموزشی مطلوب است، آموزش تلفیقی و جامع فراگیران و دانشجویان است (مطهری‌نژاد، ۲۰۱۵).

کلمات کلیدی: رویکرد آموزش STEM، تلفیق برنامه درسی، رویکردهای نوین آموزشی، مهارت‌های مورد نیاز.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[۱] . استادیار گروه علوم پایه، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران، نویسنده مسئول، ezarei۱۳@gmail.com
[۲] . دانشجوی کارشناسی آموزش علوم تجربی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

مقدمه

جنبش STEM در آغاز دهه ۱۹۹۰ میلادی شکل گرفت (واسکوئز[۱]، ۱۳۹۵). STEM برگرفته از سر نام چهار کلمه‌ی علم[۲]، فناوری[۳]، مهندسی[۴] و ریاضیات[۵] است. بنیاد ملی علوم ایالات متحده آمریکا ابتدا از مخفف SMET استفاده کرد سپس به علت سهولت در تلفظ مخفف STEM را جایگزین آن کرد (مارتین پایز و همکاران، ۲۰۱۹[۶]). STEM نوعی روش آموزش و برنامه درسی برای کودکستان تا دانشگاه است (کافیان صفری و همکاران، ۱۳۹۵) آموزش STEM یک جنبش جهانی در زمینه آموزش است که به منظور توسعه کیفیت منابع انسانی با الگوهای مختلف و مطابق با مهارت‌های قرن ۲۱ تلقی می‌شود (خسروگردی و همکاران[۷]، ۲۰۱۶). در جهان قرن ۲۱ افرادی قادر به شناسایی، درک و فهم مسائل پیچیده و نیز ارائه راه حل برای آن‌ها خواهند بود که به STEM تسلط کافی داشته باشند (منگ و همکاران[۸]،۲۰۱۳). آموزش مهارت‌هایی مثل رهبری، خلاقیت، تفکر انتقادی، حل مسئله و مشارکت با استفاده از رویکرد سنتی آموزشی امکانپذیر نیست (آک‌گوندوز و همکاران[۹]،۲۰۱۵). رویکرد STEM مبتنی بر ایده‌های دانش‌آموزان در چهار رشته‌ی خاص علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات در یک رویکرد میان‌رشته‌ای و کاربردی است. به جای این که این چهار رشته را به عنوان موضوعات جداگانه و مجزا آموزش دهیم رویکرد STEM آنها را در یک الگوی یادگیری منسجم مبتنی بر کاربردهای دنیای واقعی ادغام میکند (ذوالفقاری و همکاران، ۱۴۰۱). باتوجه به این که جنبش STEM جنبشی نسبتا تازه است تحقیقات انجام شده در این راستا به نسبت اندک است. البته شایان ذکر است که برخی پژوشگران تحقیقات خوبی در این زمینه انجام داده‌اند. برای مثال بای‌بی[۱۰] (۲۰۱۳) با مطالعه پژوهش‌های انجام شده، مجموعه‌ای از دیدگاه‌ها درمورد آموزش مبتنی بر STEM را گردآوری کرده است. آکادمی ملی علوم ایالات متحده (۲۰۱۴) با توجه به تحقیقات خود یک چارچوب مرجع برای توجیه ادغام چهار رشته در قالب STEM ارائه می دهد. سواد STEM، توسعه برنامه‌های درسی را بر اساس مهارت‌های عملی ایجاد می‌کند که هدف آن حذف شکاف بین تئوری و عمل و همچنین بهبود مهارت‌های حل مسئله است. (مارتین پایز و همکاران، ۲۰۱۹) مشارکت عملی از سوی دانش‌آموزان در ایجاد ساختارهای ذهنی آن‌ها موثر است و انگیزه آن‌ها را به یادگیری افزایش می‌دهد (ویلیامز[۱۱]، ۲۰۰۷). موافقان روش STEM معتقدند شیوه‌های آموزشی رشته محور که به موضوعات درسی همانند رشته‌های علمی محض می‌نگرد،دیگر برای تعلیم و تربیت در دنیای پر از مسئله معاصر کافی نیست (کهندل، ۱۳۹۸).

آموزش STEM آیا معادل ادغام علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات است؟

رویکرد STEM از ابتدای خود بصورت مداوم در حال تحول بوده است. ابتکارات متعددی توسط محققان و سیاست‌گذاران وجود داشته است که تلاش کرده‌اند برای آموزش مبتنی بر STEM تعریفی واحد و مناسب ارائه کنند (ونگ و همکاران[۱۲]، ۲۰۱۶). تعاریف ارائه شده تقریباً به اندازه نویسندگانی است که به این موضوع پرداخته‌اند. علاوه بر این، تفاوت‌های زیادی بین آن‌ها وجود دارد، برخی از نویسندگان ادعا می‌کنند که می‌توان با رشته‌ها به صورت جداگانه برخورد کرد، در حالی که برخی دیگر آن‌ها را یک گروه یکپارچه می دانند (بای‌بی[۶]، ۲۰۱۳). برای مثال شانه‌سی[۱۳] (۲۰۱۳) آموزش STEM را به عنوان حل مسائل بر اساس مفاهیم و رویه‌های علوم و ریاضیات تعریف می‌کند که استراتژی‌های مهندسی استفاده از فناوری را در بر می‌گیرد.

---

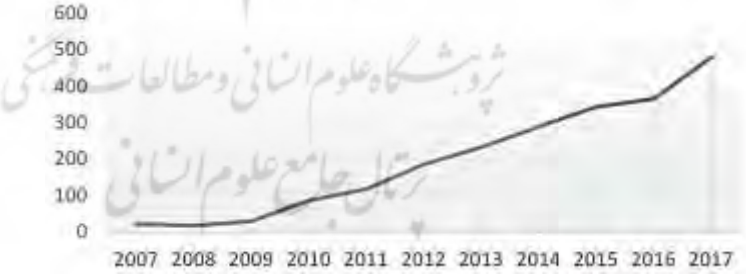
۱ Jo Anne Vasquez
۲ Science
۳ Technology
۴ Engineering
۵ Mathematics
۶ Martín-Páez et al.
۷ Khosrogerdi et al.
۸ Meng et al.
۹ Akgündüz et al.
۱۰ Bybee
۱۱ Williams
۱۲ Wong et al.
۱۳ Shaughnessy

از سوی دیگر ام سندرز[۱] (۲۰۰۹) STEM را رویکردی متفاوت تعریف می‌کند که تلاش می‌کند تمام رشته‌های STEM را به عنوان یک موجودیت منسجم درک کند. اکثریت تعاریف درمورد رویکرد STEM آن را طیفی می‌داند که در هسته خود "ماهیت بین رشته‌ای" دارد و بر حل مشکلات واقعی متمرکز است. برخی از محققان مانند (ام سندرز و والز[۲]، ۲۰۰۶) از مفهوم آموزش یکپارچه به جای آموزش ادغام شده استفاده می‌کنند.

ایده یکپارچه سازی برنامه درسی از این جهت مطرح است که رشته‌های مختلف علم از همدیگر مجزا نیستند. اما در واقعیت همچنان در برنامه ریزی درسی از روش سنتی استفاده می‌شود و برای رشته‌های مختلف علم مرزهای جداگانه قائل می‌شوند (جاکوبز[۳]، ۱۹۸۹). نوع یادگیری ناشی از این نگاه جداگانه به رشته‌ها، نمی‌تواند یک وحدت مجموعه‌ای را ارائه دهد و وقتی از خارج از بافت آکادمیک نگریسته می‌شود، فاقد مفهوم است. گویی از دانش‌آموزان انتظار می‌رود که وقتی با یک موقعیت مشکل ساز مواجه شدند از خود بپرسند با کمک کدام بخش از علم اعم از علوم تجربی، ریاضیات، هنر و... آن مشکل را حل کنند (بین[۴]، ۱۹۹۵). یک رویکرد یادگیری بین رشته‌ای رشته‌ها را یکپارچه می کند و محدودیت‌های آن‌ها را کم‌رنگ می‌کند. به این ترتیب، دانش‌آموزان می‌توانند ارتباطات معنی داری ایجاد کنند که به آن‌ها امکان می‌دهد دانش را پردازش کنند تا درک بین رشته‌ای ایجاد شود تا برای موقعیت‌های واقعی قابل استفاده شود (بویکس منسیلا، میلر و گاردنر[۵]،۲۰۰۰). سندرز[۹] (۲۰۰۹)، رایتز و فن[۶] (۲۰۱۵) از یک رویکرد بین رشته‌ای حمایت می‌کنند و برای حمایت از آن، استدلال می کنند که رویکردهای آموزشی STEMباید دانش‌آموزان را به استفاده از علوم، ریاضیات، فناوری، مهندسی، طراحی و انجام تحقیقات، تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌ها، و ارتباط و کار با تیم‌های چند رشته‌ای ملزم کند. رویکرد STEM به دانش‌آموزان یکی از بهترین فرصت‌ها برای تجربه یادگیری در یک موقعیت واقعی را ارائه می دهد (تسپروس،کوهلر و هالینن[۷]، ۲۰۰۹). پس STEM نوعی ترکیب تلفیقی است. باوجود این آنچه که STEM را از سایر ترکیبات متمایز می‌کند، جهت‌گیری آن برای درهم‌آمیزی هدفمند کار و آموزش است (کهندل، ۱۳۹۸). به نظر تکوچی و همکاران[۸] (۲۰۲۰) STEM چیزی فراتر از ادغام چند رشته است. بنا به نظر آن‌ها رابطه‌ی بین رشته‌ها از نوع وابستگی نیست بلکه از نوع انعکاسی و ظهوری است.

رویکرد STEM در مقالات و پژوهش‌ها

تعداد پژوهش‌های انجام شده در این راستا سال به سال درحال افزایش است. بطوریکه تعداد مقالات منتشر شده در مورد STEM در سال ۲۰۱۷ نسبت به سال ۲۰۰۷ حدود بیست برابر افزایش یافته‌است (تکوچی و همکاران[۹]، ۲۰۲۰).

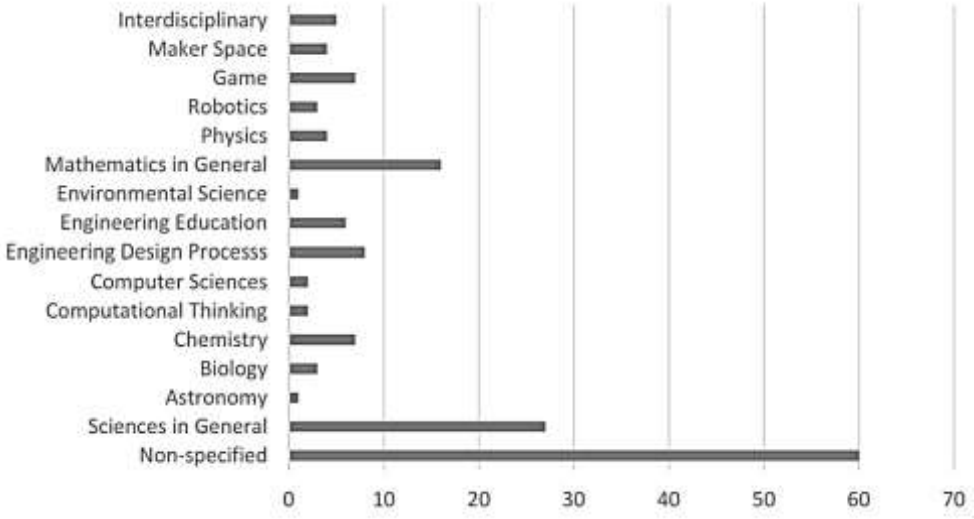


نمودار۱. تعداد مقالات منتشر شده از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷ که " آموزش STEM " جزو کلمات کلیدی آن‌ها بوده است. (تکوچی و همکاران[۱۰]، ۲۰۲۰)

---

[۱] M . Sanders
[۲] Walls
[۳] Jacobs
[۴] Beane
[۵] Boix Mansilla, Miller, and Gardner
[۶] Ritz and Fan
[۷] Tsupros, Kohler, & Hallinen
[۸] Miwa A. Takeuchi & et al.
[۹] Miwa A. Takeuchi et al.
[۱۰] Miwa A. Takeuchi et al.

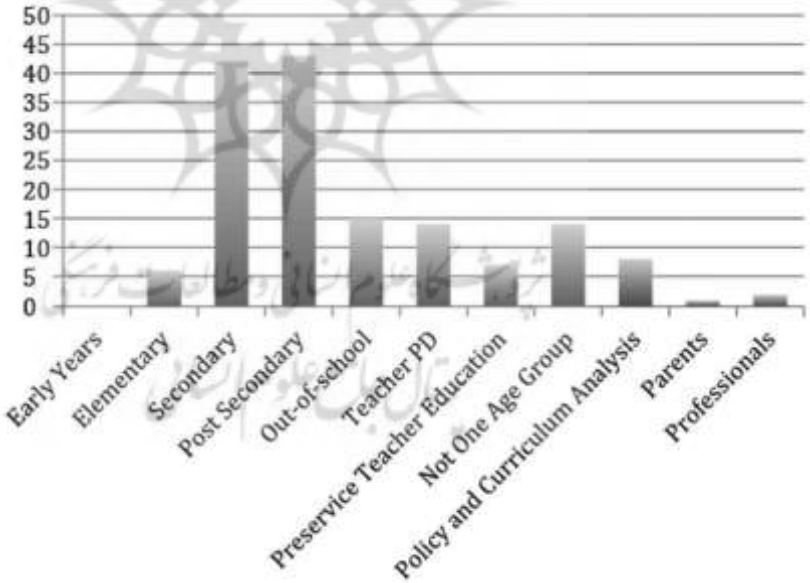
در تحلیلی که تکوچی و همکاران (۲۰۲۰) از مقالات و پژوهش‌های منتشر شده در زمینه‌ی STEM داشتند به دسته‌بندی جالبی دست یافتند.



نمودار۲. دسته‌بندی تعداد مقالات منتشر شده براساس تنوع رشته‌ها. (تکوچی و همکاران، ۲۰۲۰)

تحلیل‌هایی که تکوچی و همکاران انجام داده‌اند، نشان از توجه روزافزون بر مبحث نوپای STEM دارد. همچین این تحلیل‌ها بیانگر تنوع کاربرد STEM است. برای مثال در تحلیل فوق مشاهده می‌کنیم که حتی در مقالات مرتبط با نجوم، بازی، رباتیک و... نیز از مفهوم STEM استفاده شده‌است.

در تحلیل دیگری، تکوچی و همکاران به دسته‌بندی گروه‌های هدف مقالات و پژوهش‌های منتشر شده در زمینه‌ی STEM می‌پردازند که نتیجه‌ی آن به شرح ذیل است:



نمودار ۳. دسته‌بندی گروه‌های هدف مقالات منتشر شده براساس سن. (تکوچی و همکاران، ۲۰۲۰)

این تحلیل حاکی از توجه بیشتر پژوهشگران به گروه سنی دانش‌آموزان دبیرستانی و دانشجویان تحصیلات تکمیلی است. باتوجه به این تحلیل، نیاز به فعالیت برای دیگر گروه‌های سنی محسوس است. مخصوصا فعالیت برای گروه سنی پایین‌تر که درصورت اجرا شدن، به کارگیری STEM در دبیرستان‌ها و مقاطع بالاتر عمیق‌تر و پربازده‌تر خواهد بود.

آموزش و یادگیری STEM

تعریف یادگیری مبتنی بر STEM در ادبیات به خوبی تثبیت نشده است. هاوسل، عبدالخالق و دستفانو[۱] (۲۰۱۴) توضیح می دهند که برای انجام موفقیت آمیز یادگیری مبتنی بر STEM، باید به اندازه کافی به مفهوم‌سازی و کاربرد ایده‌ها از سوی دانش‌آموزان توجه کنیم. درک، لند و تیمینسکی[۲] (۲۰۱۴) و رام[۳] (۲۰۱۴) تأکید می کنند که هر یادگیری باید بر اساس کسب دانش و مهارت از میان تجربیات دانش‌آموزان باشد. برای دستیابی به یادگیری مبتنی بر STEM، برنامه‌های درسی باید بر اساس اصول STEM تنظیم شود و تجربیاتی را برای دانش‌آموزان ایجاد کند که به آن‌ها امکان توسعه مهارت‌های STEM را دهد. این تجربیات باید شامل مشارکت در تحقیق، استدلال منطقی و حل مسئله باشد (مارتین پایز و همکاران[۵]). چون در روش تدریس STEM معلم صرفا نقش یک راهنما را دارد و هر دانش‌آموز اجازه دارد دیدگاه و نظر خود را، فارغ از درست یا غلط بودن آن، بیان کند، باعث می شود تا یادگیری عمیق و معناداری در دانش‌آموز رخ دهد. در حالی که در آموزش به روش سنتی گاها معلم به دانش‌آموز اجازه‌ی مشارکت، اظهار نظر و حتی سوال پرسیدن در طول تدریس را نمی‌دهد (ذوالفقاری و همکاران، ۱۴۰۱). طراحان و برنامه‌ریزان STEM ادعا می‌کنند این رویکرد آموزشی با مد نظر قرار دادن ویژگی‌های دوران کودکی و نیازها و علاقه‌های کودکان تلاش می‌کند با ایجاد برنامه‌ی درسی یکپارچه، کنجکاوی و تخیل دانش‌آموزان را به منظور بهبود کیفیت زندگی در آینده هدایت کند (کهندل، ۱۳۹۸).

تأثیر استفاده از روش STEM بر یادگیری دانش‌آموزان

برنامه‌ریزان معتقدند دانش‌آموزان با مطالعه درس‌های علوم و ریاضی در متن پروژه‌های مبتنی بر STEM آن‌ها را به یک بسته‌ی یادگیری یکپارچه بر اساس نیازهای دنیای واقعی تبدیل می‌کنند (کهندل، ۱۳۹۸). نظر به اهمیت بالای آموزش STEMو مهارت‌های قرن ۲۱ در جوامع امروزی و نقش این آموزش‌ها در توسعه جوامع و لزوم پرداختن به این آموزش‌ها، پژوهش‌هایی در این زمینه صورت گرفته است که از جمله آن‌ها پژوهشی است که توسط ذوالفقاری و همکاران (۱۴۰۰) بر روی دانش‌آموزان پایه دهم در آموزش مباحثی از فیزیک انجام شده بود، تاثیر مثبت و برتری روش STEM نسبت به روش سنتی بطور مشخصی محسوس بود (ذوالفقاری و همکاران، ۱۴۰۱). همچنین نتایج پژوهش شهبازلو ومیرزائی که در شرایط شیوع کوید ۱۹ و بر بستر پلتفرم شاد انجام شده بود نتیجه‌ای مشابه نتیجه‌ی پژوهش قبلی داشت (پژوهش در نظام‌های آموزشی، پاییز ۱۴۰۰). در پژوهشی دیگر که درباره‌ی بررسی کیفیت آموزش مبحث الکترومغناطیس با رویکرد STEM بر روی دانش‌آموزان پایه یازدهم انجام شده است، محقق به این نتیجه رسیده که به کارگیری این روش نه تنها باعث پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان بلکه باعث ارتقا و بهبود سطح یادگیری آن‌ها نیز شده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۸). در یکی دیگر از پژوهش‌های انجام شده در این زمینه، دانش‌آموزان به دو گروه تقسیم شدند و یک گروه با روش سنتی و گروه دیگر با روش STEM تحت آموزش مجازی قرار گرفتند و در نهایت مشخص شد که اختلاف بین دو گروه آزمایش و کنترل به نفع گروه آزمایش معنادار بود (شهبازلو و همکاران،۱۴۰۰). در پژوهشی که توسط آلن لونج[۴] (۲۰۱۸) با نام کاوش آموزش مبتنی بر STEM در کلاس ریاضیات مبتنی بر ابزار آزمایش و تخمین انجام شده بود وی به بررسی نحوه‌ی پاسخ دهی و درک دانش-آموزان از موضوع پرداخت و مشخص شد که اگر به دانش‌آموزان در حل مسئله به اندازه‌ی کافی آزادی عمل داده شود، میزان یادگیری آن‌ها بسیار بهتر چشم میاید. چنار و همکاران[۵] (۲۰۱۶) پژوهش متفاوتی در این زمینه انجام دادند، آن‌ها به بررسی دیدگاه دانشجومعلمان آموزش علوم و ریاضی را در مورد رویکرد آموزشی STEM پرداختند و مشخص شد دانشجومعلمان نیز نسبت به این رویکرد آموزشی نظر مثبتی دارند. درضمن، بین دیدگاه‌های دانشجومعلمان رشته دبیری علوم با رشته دبیری ریاضی تفاوت معناداری یافت نشد. همچنین این دانشجویان به استفاده از چنین ابزارهایی در کلاس‌های آتی خود مشتاق بودند.

---

[۱] Houseal, Abd-El-Khalick, and Destefano
[۲] Drake, Land, and Tyminski
[۳] Rahm
[۴] Allen Leung
[۵] Çinar et al.

هشت عنصر ضروری آموزش براساس نظر لافورس و همکاران[1] (۲۰۱۶)

الف- عناصر آموزشی

۱- شخصی‌سازی یادگیری: این عنصر بیانگر این ایده است که یادگیری باید براساس توانایی‌ها و علایق منحصر به فرد هر فراگیرنده، سفارشی شود. شخصی‌سازی یادگیری، کلاس درس را از استراتژی «یک اندازه مناسب برای همه» دور می کند تا امکان آموزش واقعاً فردی فراهم شود.

۲- یادگیری مبتنی بر حل مسئله (PBL[2]): این عنصر فراگیران را ملزم می‌کند تا یک مسئله را برای رسیدن به یک هدف یادگیری حل کنند. با این حال تعاریف مختلفی برای این عنصر ارائه شده‌است. برای مثال برخی می گویند ممکن است شامل یک پروژه طولانی مدت باشدکه طی چند هفته انجام می شود یا ممکن است در یک دوره کلاسی انجام شود. برخی پروژه‌های این عنصر بر حل مشکلات ساختگی متمرکز است و برخی دیگر بر حل مشکلات واقعی متمرکزند.

۳- یادگیری دقیق (یادگیری سطح بالا) : یادگیری دقیق به آموزش‌هایی اطلاق می شود که برمحتوا و فرآیندهایی تمرکز دارد که برای فراگیران چالش برانگیزاست و نیاز شناختی بالایی را می‌طلبد. بلک برن[3] (۲۰۰۸) یادگیری سطح بالا را اینگونه تعریف می‌کند: ایجاد محیطی که در آن انتظار می رود فراگیر در سطوح بالا یاد بگیرد و از هر فراگیری حمایت شود تا بتواند در سطوح بالا بیاموزد و سطوح بالای یادگیری را نشان دهد.

۴- حرفه، فناوری و مهارت‌های زندگی: این عنصر مستلزم آموزش و یادگیری تجربیاتی است که بر مهارت‌هایی تمرکز دارند که فراگیران در دانشگاه، شغل آینده‌شان و به طور کلی در زندگی از آن‌ها استفاده خواهند کرد. این عنصر هم‌راستا با هدف رویکرد STEM نیز هست.

ب- عناصر غیرآموزشی

۱- جامعه‌ی مدرسه و تعلق به آن: این عنصر بر جنبه‌های غیر آموزشی رشد فراگیران تمرکز دارد. این عنصر شامل القای فرهنگ مدرسه‌ی قوی و حمایت از دانش‌آموزان برای ابراز نیازهای عاطفی خود و بهره‌گیری از آن است. بسیاری از دبیرستان‌های فراگیر STEM فرهنگ خود را به‌عنوان بخش مهمی از موفقیت دانش‌آموزان توصیف می‌کنند. البته در این میان تفاوت نظر بین دبیرستان‌های فراگیر STEM مطرح است به طوری که برخی از مدارس فرهنگ "خانوادگی" را در برنامه‌ی خود تعریف کردند، در حالی که برخی دیگر بر فرهنگ "حرفه‌ای در سطح مدرسه" تمرکز کرده‌اند.

۲- جامعه‌ی خارج از محیط مدرسه: این عنصر نشان‌دهنده تلاش و تعهد مدارس برای ایجاد و حفظ روابط با اعضا و موسسات جامعه است. برخی از مدارس فراگیر STEM موفقیت خود را در گرو ارتباط با جامعه‌ی خارج از مدرسه می‌دانند.

ج- عناصر پشتیبانی

۱- ستاد کارکنان: این عنصر بر فعالیت‌های ارادی در مدارس متمرکز است و بر رفتارهای آموزشی و غیرآموزشی معلم نظارت می‌کند. همچنین بر فرایندهایی مانند تصمیم‌گیری در امور آموزشی و غیرآموزشی مدرسه متمرکز است و کمک می‌کند تا کادر مدارس بهترین عملکرد را ارائه دهند.

۲- عوامل ضروری: این عنصر شامل عواملی است هر مدرسه برای موفقیت خود ضروری می‌داند. این عوامل در مدارس مختلف ممکن است متفاوت باشد. برای مثال ممکن است مدرسه‌ای "مشارکت اولیاء" دانش‌آموزان را برای موفقیت در عملکرد آموزشی و پرورشی خود ضروری بداند در حالی که مدرسه دیگری چنین نظری نداشته باشد.

STEM در کشورهای دیگر

اخیراً مراکزی با عنوان STEM Center در فضاهای آموزشی از قبیل دبیرستان‌ها و دانشگاه‌ها به ویژه در آمریکا شروع به فعالیت کرده‌اند که پایه‌ی برنامه آموزشی آن‌ها STEM بوده و با رویکردهای مختلف به پرورش نسل آینده می‌پردازند. در دسترس بودن نیروی متخصص، امکانات تخصصی و دسترسی به منابع آکادمیک از جمله زیرساخت‌های لازم برای ایجاد مراکز

---

[1] LaForce et al.
[2] Problem-Based Learning
[3] Blackburn

STEM است. آموزش مبتنی بر STEM در سطح دبیرستان، دارای رویکرد پرورش میکرو-رفتار است. به این معنی که، این برنامه در این سطح، بیشتر بر موفقیت‌های فردی از طریق آماده‌سازی افراد برای تخصص در نظم STEM متمرکز است. هر فرد با توانایی و امکان رشد در تخصص‌های مرتبط با STEM، بیشتر می‌تواند در برنامه‌های ماکرو-رفتار همین سیستم در مراکز STEM دانشگاه‌ها شرکت کند چرا که قبلا در سطح دبیرستان برای این منظور آمادگی کسب کرده‌است (اوستلر، ۲۰۱۲).

جدول زیر به معرفی چند نمونه از مراکز STEM دانشگاهی و ارزیابی اشتراکات طراحی فضا در آنها بر اساس آزمون ROLEپرداخته‌است.

جدول شماره ۱. معرفی چند نمونه مرکز STEM دانشگاهی و ارزیابی اشتراکات طراحی فضا در آن‌ها. منبع: کافیان‌صفری و همکاران، ۱۳۹۵

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

شماره	بنا	معرفی	ارزیابی براساس مدل ROLE
۱	Hagerstown Community College STEM Center 	ساختمان جدید STEM کالج Hagerstown واقع در مریلند آمریکا، با محوریت آموزش و تحقیق در رشته‌هایی چون فناوری، انرژی های جایگزین، زیست فناوری، مهندسی مکانیک و ریاضیات می‌باشد که توجه بیشتری به بحث انرژی های جایگزین و دوست‌دار محیط‌زیست دارد.	**سیمای فیزیکی:** ساختمان‌ها عمدتا به‌گونه‌ای متناسب با تحقق شعار علم در معرض دید همگان (Science On Display) طراحی شده‌اند. **فضای بیرونی:** فضاهای بیرونی، به‌عنوان مکمل فضاهای داخلی برای ترغیب تعاملات فردی و اجتماعی فضاهای سبز در مجاور ساختمان و در ایده طراحی ساختمان به‌منظور ایجاد ارتباط مستقیم بیرون و درون و همچنین به‌عنوان فضایی برای یادگیری موضوعات و فناوری‌های زیست‌محیطی متناسب با نیازهای روز،طراحی شده‌است.
۲	Saint Francis University Science Center 	این مرکز واقع در ایالت پنسیلوانیا آمریکا، با محوریت امکان ایجاد فرصت تحقیق و تجربه در زمینه‌های شیمی، علوم زیستی، علوم پزشکی و مهندسی محیط‌زیست، برای دانش‌آموزان به شیوه‌ای فراتر از آنچه در مدارس وکلاس‌های درس، معمول است راه‌اندازی شده‌است.	**فضاهای اجتماعی:** - ایجاد فضاهای عمومی باعث افزایش حساسیت اجتماعی می‌شود. - ایجاد فضاهای خلوت برای فعالیت‌های فردی متمرکز و خودمدیریتی دانش‌آموزان می‌باشد. **دسترسی به رسانه:** یکی از مقتضیات یادگیری تحقیق‌محور و پروژه‌محور، دسترسی به فناوری و رسانه برای مربیان و دانش‌آموزان است که این در این مراکز به خوبی تامین شده‌است.
۳	North Dakota State University STEM Lab 	ساختمان جدید STEM دانشگاه ایالتی داکوتای شمالی واقع در ایالتی به همین نام در آمریکا، با محوریت تحقیقات میکروبیولوژیک و در اختیار قرار دادن فضاهای آزمایشگاهی و کارگاهی استاندارد برای دانش‌آموزان و دانشجویان، طراحی شده‌است.	**فضاهای یادگیری:** - انعطاف در طراحی فضاهای یادگیری با هدف امکان صورت پذیرفتن یادگیری فردی و گروهی در قالب مشارکت در فعالیت‌های فردی و گروهی، مدنظر قرار گرفته‌است. - جوّ یادگیری تحقیق‌محور و پروژه‌محور با تکیه بر کارگروهی، فضای فعال و بدون تنشی را ایجاد می کند. - ارتباط فضاهای داخلی و بیرونی، قدرت مانور و خلاقیت را افزایش می‌دهد.
۴	Delaware County Community College STEM Complex 	این مرکز واقع در ایالت پنسیلوانیا آمریکا، با هدف حمایت از روش‌های آموزش نوین مانند کار در گروه‌های کوچک، یادگیری فعال دانش‌آموزان، استفاده از ابزارهای مولتی‌مدیا، کلاس‌های کوچک‌تر و رویکردهای چندرشته‌ای و همچنین برخورداری از انعطاف فضایی برای نوآوری‌های آموزشی آینده، طراحی شده‌است. این مجموعه شامل دو ساختمان است که یکی به علوم، مهندسی و ریاضیات اختصاص یافته و دیگری مختص فعالیت دانش‌آموزان در زمینه‌ی فناوری می‌باشد.	**نمایش بصری:** - ورودی ساختمان برای مخاطبان جذاب است. - عمدتا ساختمان این مراکز در همخوانی نسبی با سایر ساختمان‌های داخل پردیس دانشگاه می‌باشد. - فرم ساختمان نشاندهنده یک محیط تحقیقاتی و آموزشی می‌باشد. - ساختمان به گونه‌ای طراحی شده‌است که نظر مخاطب را به فعالیت‌های در حال انجام در داخل مرکز، جلب می کند.

۵	Montgomery College STEM Center 	این مرکز واقع در ایالت مریلند آمریکا و با محوریت تحقیقات درباب علوم فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی می‌باشد. در این مرکز سعی شده از انرژی‌های تجدیدپذیر استفاده شود و توجه به محیط-زیست از اهداف طراحی آن می‌باشد.	**میزان سلامت و ایمنی**: ایجاد فضای سالم و ایمن و بدون تنش (به‌لحاظ روانی و فیزیکی) برای دانش‌آموزان و مربیان. **تاثیر کلی:** - محیط یادگیری دوستانه، با تأکید بر اجتماع-پذیری دانش‌آموزان با هم‌سالان و دانشجویان و اساتید، امکان برنامه‌ریزی شخصی و گروهی به منظور حل مسائل جدید و در نتیجه، خود مدیریتی و پیشرفت خود که در نهایت به پیشرفت گروه و حصول نتیجه منجر می‌شود.

اجرای رویکرد آموزشی STEM در ایران

امروزه آنچه در نظام‌های آموزشی مطلوب است آموزش تلفیقی و جامع فراگیران و دانشجویان است (مطهری‌نژاد، ۲۰۱۵). با پیشرفت علم و فناوری، جامعه امروز به نیروی کار با مهارت‌هایی متفاوت از گذشته نیاز دارد، به طوری که آن‌ها علاوه بر داشتن مهارت‌های پایه از قبیل ادبیات و ریاضیات، باید شایستگی‌ها و مهارت‌هایی از قبیل حل مسئله، تفکر انتقادی، خلاقیت، همکاری و جستوجوگری را نیز داشته باشند که این مهارت‌ها به عنوان مهارت‌های لازم در قرن ۲۱ شناخته می‌شوند. به منظور آموزش مهارت‌های قرن ۲۱ به فراگیران، بسیاری از نظام‌های آموزشی جهان اصلاحاتی را انجام داده‌اند لذا به کارگیری رویکرد آموزشی STEM در مدارس کشور، ضروری به نظر می‌رسد (درو[۱]، ۲۰۱۱). برای آموزش موفق گرایش به STEM در مدارس، ابتدا باید معلمان معنای آن را درک و دانش و مهارت‌های مربوط را کسب کسب کنند (لیشتنبرگر و جورج جکسون[۲]، ۲۰۱۳). لذا یکی از شرایط به کارگیری این رویکرد آموزشی، توسعه‌ی حرفه‌ای معلمان است. به همین علت است که ایالات متحده در سال ۲۰۱۱ جهت توسعه حرفه‌ای معلمان STEM بیش از ۳۰ میلیون دلار هزینه کرد (کمیته آموزش STEM، ۲۰۱۳). امروزه تربیت معلمانی که دارای ویژگی‌های STEM باشند، از اولویتهای کشورهاست (کرلو[۳]،۲۰۱۴). توجه به آموزش و تربیت دانشجومعلمان برمبنای گرایش به STEM کمتر از حد مطلوب است (محمودی و برادران، ۱۳۹۹). در این رویکرد آموزشی، دانش‌آموزان کاملا از چیزی که یادگرفته‌اند و اینکه چرا آن را یادگرفته-اند، آگاهند. یکی دیگر از شرایط اجرای STEM در ایران اصلاح ساختار آموزشی و تغییر کتب درسی به ویژه کتب دوره دبیرستان بر پایه‌ی STEM است. در حال حاضر، تغییرات مثبت قابل توجهی در کتب علوم دوره ابتدایی انجام شده است اما بنظر می رسد دوره متوسطه مغفول مانده است. از دیگر الزامات اجرای کاربردی STEM در ایران، اصلاح ساختار سنجش دانش‌آموزان و دانشجویان به ویژه فرآیند کنکور به گونه‌ای که توانایی‌های عملی آن‌ها در حل مسائل جهان واقعی در پذیرش آن‌ها در دانشگاه مؤثر باشد. در این زمینه می‌توان علاوه بر معدل دروس نظری، نتایج پروژه‌های عملی بر مبنای STEM که در ساختار جدید تدوین شده‌اند را نیز در ارزیابی دانش‌آموزان موثر دانست (امیری و کل‌صفتان، ۱۳۹۸).

---

[۱] Drew
[۲] Lichtenberger & George- Jackson
[۳] Corlu

منابع

فور و همکاران، گرنت، یادگیری در سطح نانو: مثالی از پیچیدگی‌های توسعه حرفه‌ای معلمان در مقطع راهنمایی، ترجمه عباسیان و اصغری، *ماهنامه فناوری نانو*، سال چهاردهم، شماره ۱۱، بهمن ماه۱۳۹۴

واسکوئز، جو، فراتر از یک سر واژه، ترجمه مریم خیریه، *فصلنامه رویکرد آموزشی*، شماره۱۱، بهار ۱۳۹۵

امیری و کل صفتان، فاطمه و محمدرضا، رویکرد استم و الزامات پیاده سازی آن در ایران، *فصلنامه پویش در آموزش علوم پایه*، دوره پنجم،شماره ۱۶، پاییز ۱۳۹۸

ذوالفقاری و همکاران، پروانه، بررسی میزان اثربخشی آموزش مباحثی از فیزیک به روش STEM برروی دانش‌آموزان پایه‌ی دهم تجربی شهرستان نیشابور، *فصلنامه پویش در آموزش علوم پایه*، دوره هشتم، شماره ۲۷، تابستان ۱۴۰۱

محمودی و برادران عبداللهی، فیروز و سحر، بررسی رابطه و مقایسه ابعاد میزان گرایش به علوم،فناوری، مهندسی و ریاضی با میزان مهارت‌های لازم برای قرن ۲۱، *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، سال بیست و دوم، شماره ۸۶ تابستان ۱۳۹۹

کافیان صفری و همکاران، محدثه، *الگوهای نوین محیط یادگیری دانشگاهی براساس برنامه STEM*، ۱۳۹۵

کهندل، مرضیه، تلفیق، ماهنامه رشد آموزش ابتدایی، دوره بیست و سوم، شماره ۱، مهرماه ۱۳۹۸

Miwa A. Takeuchi et al. (۲۰۲۰). *Transdisciplinarity in STEM education: a critical review.*

Leung,Allen (۲۰۱۸). *Exploring STEM Pedagogy in the Mathematics Classroom: a Tool Based Experiment Lesson on Estimation.*

Martín-Páez,Tobías,et al. (۲۹۱۹). *What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature.*

LaForce, Melanie et al. (۲۰۱۶). *The eight essential elements of inclusive STEM high schools.*

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی