

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 شده است. زندگی در قرن حاضر به یک سری 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. با توجه 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.

^۱ . استادیار گروه علوم پایه، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران، نویسنده مسئول، ezarei13@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 بر گرفته از سر نام چهار کلمه 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). STEM نوعی روش آموزش و برنامه درسی برای کودکان 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^۶، 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^۷، ۲۰۱۳). آموزش مهارت‌هایی مثل رهبری، خلاقیت، تفکر انتقادی، حل مسئله و مشارکت با استفاده از رویکرد سنتی آموزشی امکانپذیر نیست (آک گوندوز و همکاران^۸، 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). با توجه به این که جنبش STEM جنبشی نسبتاً تازه است تحقیقات انجام شده در این راستا به نسبت اندک است. البته شایان ذکر است که برخی پژوهشگران تحقیقات خوبی در این زمینه انجام داده‌اند. برای مثال بای بی^۹ (۲۰۱۳) با مطالعه پژوهش‌های انجام شده، مجموعه‌ای از دیدگاه‌ها در مورد 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 می‌دهد. 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^{۱۰}، 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^{۱۱}، 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 می‌دانند (بای بی^۹، ۲۰۱۳). برای مثال شانسی^{۱۲} (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.

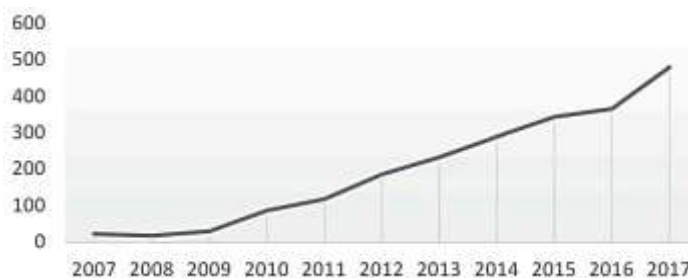
^{۱۳} Shaughnessy

از سوی دیگر ام سندرز^۱ (۲۰۰۹) STEM را رویکردی متفاوت تعریف می کند که تلاش می کند تمام رشته های STEM را به عنوان یک موجودیت منسجم درک کند. اکثریت تعاریف در مورد رویکرد STEM آن را طیفی می داند که در هسته خود "ماهیت بین رشته ای" 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 می کنند.

ایده یکپارچه سازی برنامه درسی از این جهت مطرح است که رشته های مختلف علم از همدیگر مجزا نیستند. اما در واقعیت همچنان در برنامه ریزی درسی از روش سنتی استفاده می شود و برای رشته های مختلف علم مرزهای جداگانه قائل می شوند (جاکوبز^۳، ۱۹۸۹). نوع یادگیری ناشی از این نگاه جداگانه به رشته ها، نمی تواند یک وحدت مجموعه ای را ارائه دهد و وقتی از خارج از بافت آکادمیک نگریسته می شود، فاقد مفهوم است. گویی از دانش آموزان انتظار می رود که وقتی با یک موقعیت مشکل ساز مواجه شدند از خود پرسند 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 رشته ای رشته ها را یکپارچه می کند و محدودیت های آن ها را کم رنگ می کند. به این ترتیب، دانش آموزان می توانند ارتباطات معنی داری ایجاد کنند که به آن ها امکان می دهد دانش را پردازش کنند تا درک بین رشته ای ایجاد شود تا برای موقعیت های واقعی قابل استفاده شود (بویکس منسیلا، میلر و گاردنر^۵، ۲۰۰۰). سندرز^۶ (۲۰۰۹)، رایتز و فن^۷ (۲۰۱۵) از یک رویکرد بین رشته ای حمایت می کنند و برای حمایت از آن، استدلال می کنند که رویکردهای آموزشی STEM باید دانش آموزان را به استفاده از علوم، ریاضیات، فناوری، مهندسی، طراحی و انجام تحقیقات، تجزیه و تحلیل و تفسیر داده ها، و ارتباط و کار با تیم های چند رشته ای ملزم کند. رویکرد STEM به دانش آموزان یکی از بهترین فرصت ها برای تجربه یادگیری در یک موقعیت واقعی را ارائه می دهد (تسپروس، کوهرلر و هالینن^۸، ۲۰۰۹). پس STEM نوعی ترکیب تلفیقی است. باوجود این آنچه که STEM را از سایر ترکیبات متمایز می کند، جهت گیری آن برای درهم آمیزی هدفمند کار و آموزش است (کهندل، ۱۳۹۸). به نظر تکوچی و همکاران^۹ (۲۰۲۰) STEM چیزی فراتر از ادغام چند رشته است. بنا به نظر آن ها رابطه ی بین رشته ها از نوع وابستگی نیست بلکه از نوع انعکاسی و ظهوری است.

رویکرد STEM در مقالات و پژوهش ها

تعداد پژوهش های انجام شده در این راستا سال به سال در حال افزایش است. بطوریکه تعداد مقالات منتشر شده در مورد STEM در سال ۲۰۱۷ نسبت به سال ۲۰۰۷ حدود بیست برابر افزایش یافته است (تکوچی و همکاران^۹، ۲۰۲۰).



نمودار ۱. تعداد مقالات منتشر شده از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷ که "آموزش STEM" جزو کلمات کلیدی آن ها بوده است.

(تکوچی و همکاران^۹، ۲۰۲۰)

^۱ M. Sanders

^۲ Walls

^۳ Jacobs

^۴ Beane

^۵ Boix Mansilla, Miller, and Gardner

^۶ Ritz and Fan

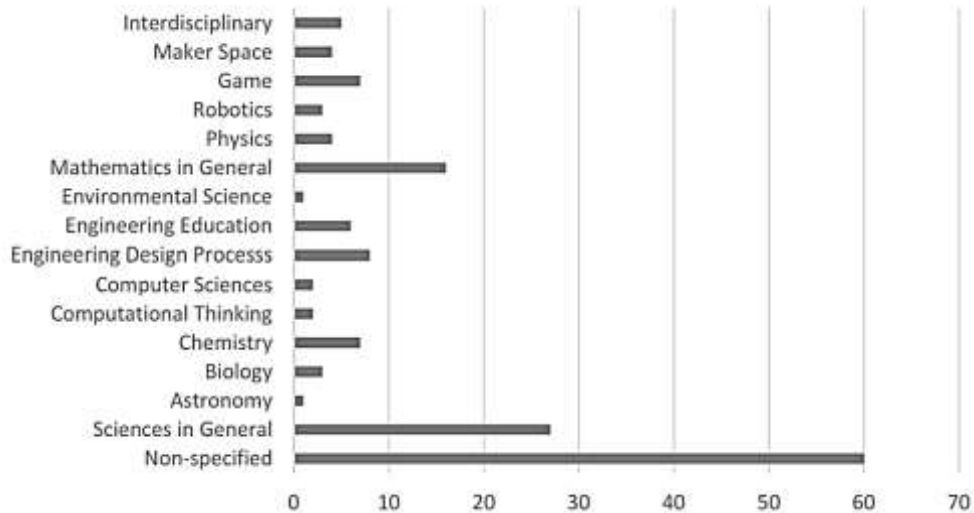
^۷ Tsupros, Kohler, & Hallinen

^۸ Miwa A. Takeuchi & et al.

^۹ Miwa A. Takeuchi et al.

^{۱۰} Miwa A. Takeuchi et al.

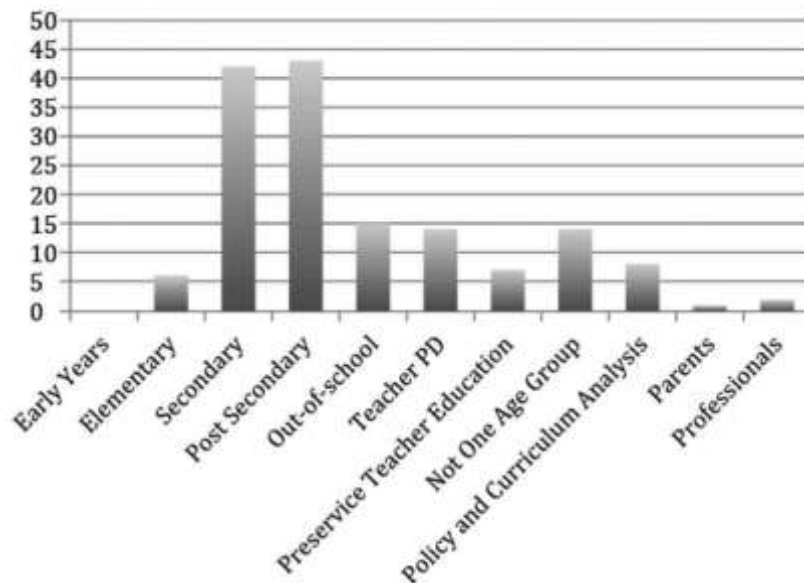
در تحلیلی که تکوچی و همکاران (۲۰۲۰) از مقالات و پژوهش‌های منتشر شده در زمینه‌ی STEM داشتند به دسته‌بندی جالبی دست یافتند.



نمودار ۲. دسته‌بندی تعداد مقالات منتشر شده بر اساس تنوع رشته‌ها. (تکوچی و همکاران، ۲۰۲۰)

تحلیل‌هایی که تکوچی و همکاران انجام داده‌اند، نشان از توجه روزافزون بر مبحث نوپای STEM دارد. همچنین 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 شده است.

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 بر اساس سن. (تکوچی و همکاران، ۲۰۲۰)

این تحلیل حاکی از توجه بیشتر پژوهشگران به گروه سنی دانش‌آموزان دبیرستانی و دانشجویان تحصیلات تکمیلی است. با توجه به این تحلیل، نیاز به فعالیت برای دیگر گروه‌های سنی محسوس است. مخصوصاً فعالیت برای گروه سنی پایین‌تر که در صورت 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 مفهوم سازی و کاربرد ایده ها از سوی دانش آموزان 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 دانش آموزان باشد. برای دستیابی به یادگیری مبتنی بر STEM، برنامه های درسی باید بر اساس اصول STEM تنظیم شود و تجربیاتی را برای دانش آموزان ایجاد کند که به آن ها امکان توسعه مهارت های STEM را دهد. این تجربیات باید شامل مشارکت در تحقیق، استدلال منطقی و حل مسئله باشد (مارتین پایز و همکاران^۴). چون در روش تدریس STEM معلم صرفاً نقش یک راهنما را دارد و هر دانش آموز 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 دانش آموز رخ دهد. در حالی که در آموزش به روش سنتی گاه ها معلم به دانش آموز اجازه مشارکت، اظهار نظر و حتی سوال پرسیدن در طول تدریس را نمی دهد (ذوالفقاری و همکاران، ۱۴۰۱). طراحان و برنامه ریزان STEM ادعا می کنند این رویکرد آموزشی با مد نظر قرار دادن ویژگی های دوران کودکی و نیازها و علاقه های کودکان تلاش می کند با ایجاد برنامه های درسی یکپارچه، کنجکاوی و تخیل دانش آموزان را به منظور بهبود کیفیت زندگی در آینده هدایت کند (کهندل، ۱۳۹۸).

تأثیر استفاده از روش STEM بر یادگیری دانش آموزان

برنامه ریزان معتقدند دانش آموزان با مطالعه درس های علوم و ریاضی در متن پروژه های مبتنی بر STEM آن ها را به یک سته ی یادگیری یکپارچه بر اساس نیازهای دنیای واقعی تبدیل می کنند (کهندل، ۱۳۹۸). نظر به اهمیت بالای آموزش STEM و مهارت های قرن ۲۱ در جوامع امروزی و نقش این آموزش ها در توسعه جوامع و لزوم پرداختن به این آموزش ها، پژوهش هایی در این زمینه صورت گرفته است که از جمله آن ها پژوهشی است که توسط ذوالفقاری و همکاران (۱۴۰۰) بر روی دانش آموزان پایه دهم در آموزش مباحثی از فیزیک انجام شده بود، تأثیر مثبت و برتری روش STEM نسبت به روش سنتی بطور مشخصی محسوس بود (ذوالفقاری و همکاران، ۱۴۰۱). همچنین نتایج پژوهش شهبازلو و میرزائی که در شرایط شیوع کوید ۱۹ و بر بستر پلتفرم شاد انجام شده بود نتیجه ای مشابه نتیجه ی پژوهش قبلی داشت (پژوهش در نظام های آموزشی، پاییز ۱۴۰۰). در پژوهشی دیگر که درباره ی بررسی کیفیت آموزش مبحث الکترومغناطیس با رویکرد STEM، بر روی دانش آموزان پایه یازدهم انجام شده است، محقق به این نتیجه رسیده که به کارگیری این روش نه تنها باعث پیشرفت تحصیلی دانش آموزان بلکه باعث ارتقا و بهبود سطح یادگیری آن ها نیز شده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۸). در یکی دیگر از پژوهش های انجام شده در این زمینه، دانش آموزان 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 نحوه ی پاسخ دهی و درک دانش آموزان از موضوع پرداخت و مشخص شد که اگر به دانش آموزان در حل مسئله به اندازه ی کافی آزادی عمل داده شود، میزان یادگیری آن ها بسیار بهتر چشم می آید. چنار و همکاران^۵ (۲۰۱۶) پژوهش متفاوتی در این زمینه انجام دادند، آن ها 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 دیدگاه های دانشجومعلمان رشته دبیری علوم با رشته دبیری ریاضی تفاوت معناداری یافت نشد. همچنین این دانشجویان به استفاده از چنین ابزارهایی در کلاس های 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^۱ (۲۰۱۶)

الف- عناصر آموزشی

۱- شخصی سازی یادگیری: این عنصر بیانگر این ایده است که یادگیری باید براساس توانایی ها و علایق منحصر به فرد هر فراگیرنده، سفارشی شود. شخصی سازی 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): این عنصر فراگیران را ملزم می کند تا یک مسئله را برای رسیدن به یک هدف یادگیری حل کنند. با این حال تعاریف مختلفی برای این عنصر ارائه شده است. برای مثال برخی می گویند ممکن است شامل یک پروژه طولانی مدت باشد که طی چند هفته انجام می شود یا ممکن است در یک دوره کلاسی انجام شود. برخی پروژه های 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 آموزش هایی اطلاق می شود که بر محتوا و فرآیندهایی تمرکز دارد که برای فراگیران چالش برانگیز است و نیاز شناختی بالایی را می طلبد. بلک برن^۲ (۲۰۰۸) یادگیری سطح بالا را اینگونه تعریف می کند: 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 مهارت های زندگی: این عنصر مستلزم آموزش و یادگیری تجربیاتی است که بر مهارت های تمرکز دارند که فراگیران در دانشگاه، شغل آینده شان و به طور کلی در زندگی از آن ها استفاده خواهند کرد. این عنصر هم راستا با هدف رویکرد STEM نیز هست.

ب- عناصر غیر آموزشی

۱- جامعه ی مدرسه و تعلق به آن: این عنصر بر جنبه های غیر آموزشی رشد فراگیران تمرکز دارد. این عنصر شامل الفای فرهنگ مدرسه ی قوی و حمایت از دانش آموزان برای ابراز نیازهای عاطفی خود و بهره گیری از آن است. بسیاری از دبیرستان های فراگیر STEM فرهنگ خود را به عنوان بخش مهمی از موفقیت دانش آموزان توصیف می کنند. البته در این میان تفاوت نظر بین دبیرستان های فراگیر STEM مطرح است به طوری که برخی از مدارس فرهنگ "خانوادگی" را در برنامه ی خود تعریف کردند، در حالی که برخی دیگر بر فرهنگ "حرفه ای در سطح مدرسه" تمرکز کرده اند.

۲- جامعه ی خارج از محیط مدرسه: این عنصر نشان دهنده 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 جامعه ی خارج از مدرسه می دانند.

ج- عناصر پشتیبانی

۱- ستاد کارکنان: این عنصر بر فعالیت های ارادی در مدارس متمرکز است و بر رفتارهای آموزشی و غیر آموزشی معلم نظارت می کند. همچنین بر فرایندهایی مانند تصمیم گیری در امور آموزشی و غیر آموزشی مدرسه متمرکز است و کمک می کند تا کادر مدارس بهترین عملکرد را ارائه دهند.

۲- عوامل ضروری: این عنصر شامل عواملی است هر مدرسه برای موفقیت خود ضروری می داند. این عوامل در مدارس مختلف ممکن است متفاوت باشد. برای مثال ممکن است مدرسه ای "مشارکت اولیاء" دانش آموزان 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 فضا های آموزشی از قبیل دبیرستان ها و دانشگاه ها به ویژه در آمریکا شروع به فعالیت کرده اند که پایه ی برنامه آموزشی آن ها STEM بوده و با رویکردهای مختلف به پرورش نسل آینده می پردازند. در دسترس بودن نیروی متخصص، امکانات تخصصی و دسترسی به منابع آکادمیک از جمله زیرساخت های لازم برای ایجاد مراکز

^۱ LaForce et al.

^۲ Problem-Based Learning

^۳ 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 قبلاً 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 ROLE پرداخته‌است.

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

همکاران، ۱۳۹۵

| ارزیابی براساس مدل ROLE | معرفی | بنا | شماره |
|--|---|--|-------|
| <p>سیمای فیزیکی: ساختمان‌ها عمدتاً به گونه‌ای متناسب با تحقق شعار علم در معرض دید همگان (Science On Display) طراحی شده‌اند.</p> <p>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.</p> | <p>ساختمان جدید STEM کالج Hagerstown واقع در مریلند آمریکا، با محوریت آموزش و تحقیق در رشته‌هایی چون فناوری، انرژی‌های جایگزین، زیست فناوری، مهندسی مکانیک و ریاضیات می‌باشد که توجه بیشتری به بحث انرژی‌های جایگزین و دوست‌دار محیط‌زیست دارد.</p> | <p>Hagerstown Community College STEM Center</p>  | ۱ |
| <p>فضاهای اجتماعی:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ایجاد فضاهای عمومی باعث افزایش حساسیت اجتماعی می‌شود. - ایجاد فضاهای خلوت برای فعالیت‌های فردی متمرکز و خودمدریتی دانش‌آموزان می‌باشد. <p>دسترسی به رسانه: یکی از مقتضیات یادگیری تحقیق‌محور و پروژه‌محور، دسترسی به فناوری و رسانه برای مریان و دانش‌آموزان است که این در این مراکز به خوبی تامین شده‌است.</p> | <p>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 و کلاس‌های درس، معمول است راه‌اندازی شده‌است.</p> | <p>Saint Francis University Science Center</p>  | ۲ |
| <p>فضاهای یادگیری:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. - جو یادگیری تحقیق‌محور و پروژه‌محور با تکیه بر کارگروهی، فضای فعال و بدون تنشی را ایجاد می‌کند. - ارتباط فضاهای داخلی و بیرونی، قدرت مانور و خلاقیت را افزایش می‌دهد. | <p>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.</p> | <p>North Dakota State University STEM Lab</p>  | ۳ |
| <p>نمایش بصری:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ورودی ساختمان برای مخاطبان جذاب است. - عمدتاً 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 می‌کند. | <p>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.</p> | <p>Delaware County Community College STEM Complex</p>  | ۴ |

| | | | |
|--|---|--|----------|
| <p>میزان سلامت و ایمنی: ایجاد فضای سالم و ایمن و بدون تنش (به‌لحاظ روانی و فیزیکی) برای دانش‌آموزان و مربیان.</p> | <p>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.</p> | <p>Montgomery College STEM Center</p> | <p>۵</p> |
| <p>تأثیر 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، خودمدیریتی و پیشرفت خود که در نهایت به پیشرفت گروه و حصول نتیجه منجر می‌شود.</p> | |  | |

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 جستجوگری 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، ۲۰۱۱). برای آموزش موفق گرایش به STEM در مدارس، ابتدا باید معلمان آن را درک و دانش و مهارت‌های مربوط را کسب کنند (لیشتنبرگر و جورج جکسون، ۲۰۱۳). لذا یکی از شرایط به کارگیری این رویکرد آموزشی، توسعه 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 معلمان که دارای ویژگی‌های STEM باشند، از اولویتهای کشورهای است (کرلو، ۲۰۱۴). توجه به آموزش و تربیت دانشجومعلمانی بر مبنای گرایش به STEM کمتر از حد مطلوب است (محمودی و برادران، ۱۳۹۹). در این رویکرد آموزشی، دانش‌آموزان کاملاً از چیزی که یاد گرفته‌اند و اینکه چرا آن را یاد گرفته‌اند، 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 می‌رسد 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 مؤثر دانست (امیری و کل‌صفتان، ۱۳۹۸).

^۱ Drew

^۲ Lichtenberger & George- Jackson

^۳ Corlu

منابع

- فور و همکاران، گرن، 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 ماه ۱۳۹۴
- واسکوئز، جو، فراتر از یک سر واژه، ترجمه مریم خیریه، فصلنامه رویکرد آموزشی، شماره ۱۱، بهار ۱۳۹۵
- امیری و کل صفتان، فاطمه و محمدرضا، رویکرد استم و الزامات پیاده سازی آن در ایران، فصلنامه پویا در آموزش علوم پایه، دوره پنجم، شماره ۱۶، پاییز ۱۳۹۸
- ذوالفقاری و همکاران، پروانه، بررسی میزان اثربخشی آموزش مباحثی از فیزیک به روش STEM بر روی دانش‌آموزان پایه‌ی دهم تجربی شهرستان نیشابور، فصلنامه پویا 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. (۲۰۱۹). *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*.