دانشگاه فرهنگیان
فصلنامه پویش در آموزش علوم پایه
دوره نهم، شماره ۳۰، خرداد ۱۴۰۲

Farhangian University
Quarterly Journal of Education in Basic Sciences
Volume ۹, Issue ۳۰, Spring, ۳۰۲۳

بررسی سیستماتیک مدل 5E در آموزش علوم تجربی: پیشنهاد یک مدل آموزشی مبتنی بر STEM

ابراهیم زارعی کیاسری[۱]، مجتبی یحیی نژاد، بنیامین غنا[۲]

دریافت:۱۴۰۲/۳/۱۳ پذیرش:۱۴۰۲/۴/۲

چکیده

اولین هدف از این بررسی سیستماتیک، توصیف چگونگی توزیع مطالعات تجربی در مورد کاربردهای مدل آموزشی 5E با توجه به متغیرهای خاص است. هدف دوم تعیین این است که چگونه مدل 5E روندی را در مطالعات تجربی در انتقال از آموزش مبتنی بر تحقیق به آموزش STEM در طول سال‌ها در محدوده نتایج یادگیری مدل 5E نشان داده است. در مجموع ۷۴ مقاله تجربی از ۲۰۱ مقاله به‌دست آمده از جستجوی اولیه با کلمه کلیدی ' مدل 5E ' در پایگاه WoS[۳] و مرکز اطلاعات منابع آموزشی ERIC[۴] مورد تجزیه و تحلیل توصیفی و محتوایی قرار گرفتند. نتیجه برجسته از ترکیب این مطالعات تجربی که در آن‌ها مدل 5E پیاده سازی شد این است که، این مدل برای مدت طولانی تاثیر گسترده‌ای داشته است. تمرکز بر تاثیرات آن بر سطوح تفکر زیر سطحی طبقه بندی بلوم (دانش، درک) و تاثیرات آن بر سطوح تفکر بالاتر که جایگاه مهمی در آموزش علوم دارند، تحت الشعاع قرار می گیرند. بر اساس این نتایج، یک "مدل آموزشی STEM مبتنی بر مهارت" با مجموعه فعالیتی که توسط مدل تهیه شده است، در این مطالعه در رابطه با مهارت‌های قرن ۲۱ بر اساس مدل 5E پیشنهاد شده است.

کلمات کلیدی : چگونگی توزیع مطالعات تجربی، مدل 5E، بررسی سیستماتیک، STEM، مهارت‌های قرن ۲۱.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[۱]. گروه آموزش شیمی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی۸۸۹-۱۴۶۶۵، نویسنده مسئول، تهران، ایران، ezarei۱۳@gmail.com
[۲]. دانشجوی کارشناسی رشته علوم تجربی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

[۳] Web of Science
[۴] Education Resources Information Center

مقدمه

قبل از آغاز قرن بیستم، آموزش علوم‌تجربی اساسا محتوایی و مبتنی بر انتقال مفاهیم و اصول مرتبط با علم از معلم به دانش‌آموز بود. موضوعات علمی که باید تدریس می‌شد به قطاری از دانش تبدیل می‌شد که به ذهن دانش‌آموزان وارد می‌شد. با این حال، رونق دانش در علوم‌تجربی منجر به یادگیری پرس و جو محور به عنوان یک رویکرد یادگیری در آموزش علوم‌تجربی شد که به جای محتوای علمی بر فرآیندهای یادگیری تمرکز دارد (بارو[۱]، ۲۰۰۶). به عبارت دیگر، از رویکردهای آموزشی که ریشه در تئوری‌های رفتاری دارد، ابتدا به رویکردها و مدل‌های آموزشی شناختی و سپس سازنده گرایانه تغییرکرد (کوپر[۲]، ۱۹۹۳). در این دوران شعار «بیایید به دانش‌آموزان فرآیند کشف دانش را به جای خود دانش بیاموزیم» مطرح گردید. مهم ترین سهم این رویکرد در آموزش علوم‌تجربی این است که نشان می‌دهد مهارت‌های تفکر علمی را می توان در سنین پایین به دانش-آموزان آموزش داد و در طول زمان آن را توسعه داد (زیمرمن[۳]، ۲۰۰۰). در آغاز دهه ۱۹۹۰ میلادی جنبش STEM شکل گرفت (واسکوئز[۴]، ۱۳۹۵). آموزش STEM به دانش‌آموزان اجازه می‌دهد تا با استفاده مؤثر از مهارت‌های تفکرمرتبه بالاتر (مهارت‌های فرآیند علمی، مهارت‌های استدلال علمی و مهارت‌های تفکر انتقادی) دانش را به محصول تبدیل کنند (اوزکل و اوزدن[۵]، ۲۰۲۰). مدل 5E بر اساس رویکرد تحقیق علم توسط مطالعه برنامه درسی علوم زیستی (BSCS) در سال ۱۹۸۷ توسعه یافت، پرکاربردترین مدل در فرایند بلند مدت (بای بی[۶]، ۱۹۹۷) هم در رویکرد تحقیق و هم در آموزش STEM است. از زمان توسعه آن، مجموعه عظیمی از مطالعات تجربی بر روی مدل 5E انجام شده است که اثرات مثبت مدل 5E را بر نتایج یادگیری از تغییر مفهومی تا سطوح تفکر بالاتر نشان می‌دهد. (آرتو و کشتو[۷]، ۲۰۱۳؛ گوگالپ و آدِم[۸]، ۲۰۲۰؛ سوویتو و همکاران[۹]، ۲۰۲۰؛ تاشلیدره[۱۰]، ۲۰۱۵). مدل 5E از پنج مرحله تشکیل شده است: درگیر شدن[۱۱]، کاوش[۱۲]، توضیح دادن[۱۳]، بسط[۱۴] و ارزیابی[۱۵]. (جدول ۱). تکمیل موثر مراحل در جدول ۱ برای درک بهتر دانش، نگرش و مهارت های علمی در یک پیشرفت عالی شناخت ، دستورالعمل منسجمی به یادگیرنه ارائه می دهد (گارسیا و همکاران[۱۶]، ۲۰۲۱). " مرحله درگیر شدن " شامل فعالیت هایی برای برانگیختن کنجکاوی در مورد موضوع جدیدی است که دانش آموزان بر اساس دانش قبلی خود خواهند آموخت. در طول فعالیت های کاوش و توضیح ، از دانش آموزان انتظار می رود که دانش را کشف کنند و این کار را با استفاده از مهارت های فرآیند علمی انجام دهند. این مراحل برای شناخت در سطوح درک، کاربرد و تحلیل طبقه بندی بلوم بسیار مهم هستند، اگرچه این موارد با مرزهای واضح از هم جدا نمی شوند. در مراحل بسط و ارزشیابی 5E، انتظار می رود دانش آموزان از مهارت های تفکر درجه بالاتری استفاده کنند (بای بی[۱۷]، ۱۹۹۷) زیرا این مراحل برای سطوح شناختی بلوم در ارزیابی و خلق بسیار ارزشمند هستند. این دو مرحله آخر مدل 5E به ویژه در بعد مهندسی آموزشی STEM اهمیت حیاتی دارند، به عبارت دیگر این موارد اهمیت خود را در تحقق شعار " دانستن کافی نیست، ما باید اعمال کنیم " خود را نشان می‌دهند. آیا تبدیل رویکرد مبتنی بر تحقیق قدیمی به آموزش STEM منجر به به روزرسانی مدل آموزشی محبوب 5E شده است؟ این سوال نیروی محرکه اصلی برای این مطالعه مروری سیستماتیک بود. بنابراین سوالات اصلی تحقیق در این مرور سیستماتیک به شرح زیر تعیین شد :

---

۱ Barrow
۲ Cooper
۳ Zimmerman
۴ Jo Anne Vasquez
۵ Özkul & Özden
۶ Bybee
۷ Artun & Coştu
۸ Gökalp & Adem
۹ Suwito et al
۱۰ Taşlıdere
۱۱ engage
۱۲ explore
۱۳ explain
۱۴ elaborate
۱۵ evaluate
۱۶ Garcia et al
۱۷ Bybee

(RQ۱) مطالعات تجربی در مورد کاربردهای مدل آموزشی 5E بر اساس سال، روش، سطح نمره شرکت کننده، حوزه موضوعی، محیط یادگیری، تأثیرات بر نتایج یادگیری و ارتباط با آموزش STEM چگونه توزیع شده است؟

(RQ۲) چگونه مدل آموزشی 5E مورد استفاده در مطالعات تجربی طی سال‌ها تغییر کرد؟ و روند برنامه‌های کاربردی مدل آموزشی 5E چیست؟

جدول ۱. مراحل مدل 5E از (Bybee و همکاران ، ۲۰۰۶) و مهارت های مرتبط

مراحل	خلاصه	مهارت های مرتبط	طبقه بندی بلوم
تعامل	این مرحله برای جلب توجه کلاس به موضوع مورد آموزش و ایجاد هیجان وانگیزش در فراگیران طراحی شده است. یک سؤال جالب، یک داستان نیمه تمام، یک عکس خوب، ارائه یک فعالیت مناسب علمی و یا ... می تواند مورد استفاده معلم قرار گیرد.	به یاد آوردن یا یادآوری	دانش
کاوش	در این مرحله معلم از گروه ها می خواهد تا به مشاهده ی واقعی و اکتشافی بپردازند. ضمن اینکه در این مرحله از وسایل ساده ای مانند ذره بین و ... نیز استفاده می کنند. **در واقع ایجاد و تقویت هماهنگی مغز و دست در حین کسب تجربه از اهداف مهم این مرحله است** .این مرحله به دانش آموزان در ایجاد یک قالب وچهارچوب فکری برای تشکیل مفاهیم جدید کمک می کند.	مهارت های فرآیند علمی (مشاهده، استنباط، اندازه گیری،ارتباط،طبقه بندی پیش بینی، کنترل متغیر تعریف عملیاتی، فرمول بندی فرضیه ها، جمع آوری داده ها، ثبت داده ها، تفسیر داده ها، آزمایش کردن و فرمول بندی مدل ها)	فهمیدن درخواست دادن تجزیه و تحلیل
توصیف و توضیح	در این مرحله معلم باید رشته ی کار را به دست دانش آموزان بدهد. دانش آموزان برای کار و فعالیت انجام شده توضیح منطقی و مستدل ارائه می دهند و به توصیف مشاهدات می پردازند. بحث بین دانش آموزان آغاز می شود .بچه ها سعی می کنند از معلم سؤال کنند. ولی معلم پاسخ نمی دهد و تلاش می کند با توصیف، دانش آموز را به جواب برساند.		
شرح و بسط	معلمان دانش آموزان را به چالش می کشند و	مهارت های تفکر درجه بالاتر (استدلال،	ارزیابی ایجاد

	درک مفهومی و مهارت ها دانش آموزان از طریق تجربیات جدید عمیق تر و گسترده تر می شود. و از دانش آموزان خواسته می شود تا از آموخته ها و یادگیری های قبلی برای گسترش و بسط و تعمیم به دیگر مفاهیم استفاده کنند	تفکر انتقادی و خلاق)	
ارزشیابی	مرحله ارزیابی تشویق می کند تا دانش آموزان درک خود را ارزیابی کنند و توانایی ها و فرصت ها یی را فراهم می کند برای ارزیابی معلمان از دانش آموز خود در مورد پیشرفت دانش آموزان در جهت دستیابی به اهداف آموزشی.		

(RQ۳) کدام مهارت از مهارت های تفکر دارای مرتبه بالاتری در مدل آموزشی 5E است؟ کدام مدل در بین دانشجویان در کاربردهای تحقیقات تجربی توسعه یافته است؟

در این بررسی سیستماتیک تحقیقات مرتبط با مطالعات تجربی با استفاده از مدل 5E، نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل محتوای ادبیات گردآوری شده به صورت عمیق تر می باشد به ویژه بر نتایج یادگیری آموزش انجام شده با مدل 5E متمرکز شده است (مهارت های تفکر/مهارت های تفکر درجه بالاتر). بنابراین، تحت عنوان بعدی، مهارت های آموزش علوم مرتبط با این نتایج یادگیری به تفصیل آمده است.

مهارت در آموزش علوم

در روش‌های آموزشی مبتنی بر راهبردهای نمایشی، آموزش مهارت ها بسیار محدود است، زیرا دروس مبتنی بر این روش‌ها به صورت قیاسی با حرکت از عمومی به خاص تدریس می‌شوند. با این حال، روش‌های آموزشی مبتنی بر استراتژی‌های آموزشی کشف و تحقیق علمی، امکان استفاده و بهبود مهارت‌ها را در کلاس‌ها فراهم می‌کنند. در راهبردهای آموزشی مبتنی بر تحقیق، دانش‌آموزان با فعالیت و کشف یاد می‌گیرند. چنین راهبردهای آموزشی علمی تنها از طریق تفکر علمی، که شامل بسیاری از مهارت‌های ذهنی از ساده تا پیچیده است، تحقق می‌یابد. از جمله مهارت‌های فرآیند علمی مشاهده، استنباط، اندازه‌گیری، برقراری ارتباط، طبقه بندی، پیش بینی، کنترل متغیرها، تعریف عملیاتی، فرمول بندی فرضیه‌ها، جمع-آوری داده‌ها، ثبت داده‌ها، تفسیر داده‌ها است.

دانش‌آموزان با مهارت‌های مشاهده با استفاده از حواس پنج گانه، داده‌ها را از ماده و رویدادها در فعالیت‌های علمی جمع‌آوری می‌کنند (هارلن[۱]، ۱۹۹۹؛رزابا و همکاران[۲]، ۲۰۰۳). در مرحله کشف مدل 5E مبتنی بر یادگیری مبتنی بر پرس و جو، دانش آموزان یک شی را به گونه‌ای مشاهده می‌کنند که گویی برای اولین بار در زندگی خود به آن نگاه می‌کنند، گویی در حال پیاده‌روی در طبیعت هستند و یک شی نا آشنا جالب را در بین افراد مشاهده می‌کنند. آن‌ها ابتدا جسم را با دید مشاهده می‌کنند. سپس،از نظر تئوری، زمانی که تشخیص دادند بی‌ضرر است، می‌خواهند آن را لمس کنندبعدا،

[۱] Harlen
[۲] Rezba et al

آن‌ها حواس دیگر را درگیر می‌کنند و می‌خواهند بو را تشخیص دهند، می‌خواهند آن را تکان دهند تا ببینند صدا تولید می‌کند یا خیر، و حتی ممکن است بخواهند آن را بچشند. طبقه‌بندی یک فرآیند ذهنی است که در مرحله عملیات مشخص نظریه رشد شناختی پیاژه، بین سنین ۷ تا ۱۱ سالگی شروع می‌شود (پیاژه[۱]، ۱۹۶۵). هستی بر اساس کثرت و تنوع است تا یکنواختی و یکتایی. این مفهوم مهارت طبقه‌بندی را در ذهن انسان فعال می‌کند. به عنوان مثال، اگر به یک کودک یک توپ قرمز (بی نظیر بود) بدهید، نمی‌توانید طبقه بندی را در ذهن کودک فعال کنید. به همین ترتیب، اگر شش توپ قرمز مشابه (یکنواختی) به او بدهید، دیگر نیازی به طبقه بندی نیست. با این حال، اگر چهارتوپ سبز و دو توپ قرمز مشابه به او بدهید، کودک آنها را بر اساس رنگ آن‌ها طبقه بندی و گروه بندی می‌کند. همانند پوشه های موجود در حافظه کامپیوتر، ذهن انسان نیز اشیاء و رویدادها را بر اساس ویژگی های خاصی گروه بندی کرده و در پوشه های ذهنی مختلف ذخیره می کند. توسعه زود هنگام این مهارت دانش‌آموزان را قادر می سازد تا با روش های پیچیده تر و سیستماتیک تر در سال‌های آینده طبقه بندی شوند. دانش‌آموزان می‌توانند طول یک شی هندسی را با استفاده از خط کش اندازه‌گیری کنند، و حجم یا سطح آن را محاسبه کند. با یک جسم غیرهندسی می‌توانند حجم آن را با استفاده از ظروف مدرج اندازه‌گیری کند و نتیجه را در واحدهای مناسب بیان کنند. به همین ترتیب، چنین دانش‌آموزانی می‌توانند جرم اجسام را با استفاده از ترازو، دما را با استفاده از دماسنج، زمان را با استفاده از کرنومتر یا ساعت و فاصله را با استفاده از طول سنج اندازه گیری کنند. این مهارت با تجربیاتی که در فعالیت‌های اکتشافی در کلاس‌های علوم دوران کودکی وجود داشت بدست می‌آید. فرمول بندی سوالات در مراحل خاصی از فعالیت‌های اکتشافی به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا مهارت‌های خود را توسعه دهند. و استنباط و پیش بینی بخشی از این کار است (رزبا و همکاران[۲]، ۲۰۰۳). به عنوان مثال، " اگر تخم مرغ را در یک سطل آب قرار دهید چه می‌شود؟ " شناور می شود یا غرق ؟ قبل از این که آن را امتحان کنید حدس بزنید (پیش بینی کنید). مشاهدات خود را با حدس خود مقایسه کنید. دلایل مشاهدات (استنباط) شما چه بود ؟

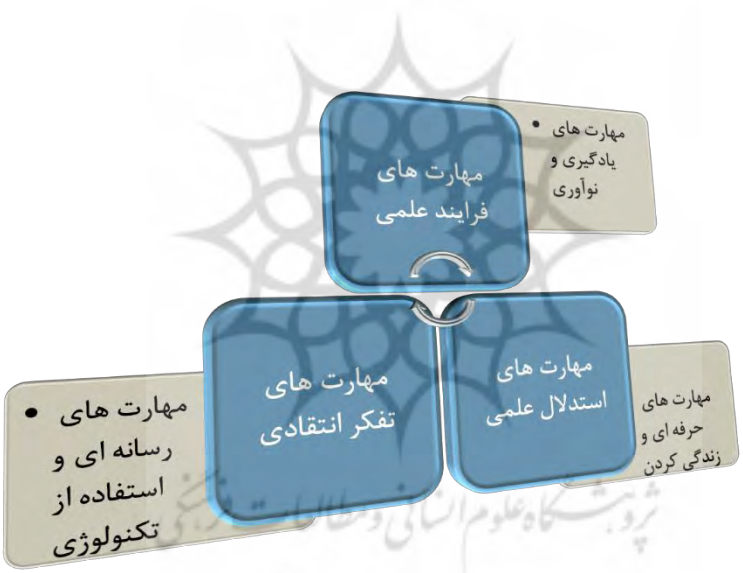
دانش‌آموزان با مهارت‌های تفسیر داده از روش‌های مختلف در فعالیت‌های علمی برای جمع‌آوری داده‌ها و ثبت آن‌ها به صورت مکتوب استفاده می‌کنند. در صورت لزوم، آن‌ها، داده‌ها را با قرار دادن در نمودارها، جداول تفسیر می‌کنند و به نتیجه می‌رسند (رزبا و همکاران[۳]، ۲۰۰۳). در سطح پایه، دانش‌آموزان می‌توانند داده‌ها را از نتایج مشاهده شده و اندازه‌گیری شده جمع‌آوری کنند. در سطوح پیشرفته تر، آن‌ها می‌توانند متغیرها را از روی فرضیه‌ای که نوشته اند شناسایی کنند، می‌توانند برخی از از این متغیرها را کنترل کنند و آزمایش‌هایی را انجام دهند. در طی آزمایشات آن‌ها داده هایی را اندازه‌گیری و مشاهداتی را به دست می‌آورند. دانش‌آموزان با مهارت‌های علمی می‌توانند تحقیقات خود را به صورت شفاهی ارائه دهند و متن‌های نوشتاری خود را با نمودارها، جداول، نمادها، معادلات ریاضی و سایر تصاویر بصری غنی کنند و از فناوری‌های رایانه‌ای برای ارائه خود استفاده کنند (رز با و همکاران[۴]، ۲۰۰۳).

طبق نظریه رشد شناختی پیاژه، کودکان پس از یازده سالگی می‌توانند از مرحله عملیاتی مشخص به مرحله عملیاتی رسمی بروند. این مرحله نشان می‌دهد که افراد به بلوغ درک مفاهیم انتزاعی و انجام فعالیت‌های ذهنی پیچیده‌تر رسیده اند. هر کودکی که رشد ذهنی طبیعی دارد پس از یازده سالگی مسیر عینی به انتزاعی را طی می کند. گویی دروازه‌ای به دنیای انتزاعی باز است و پشت این دروازه مسیری از احساسات به ادراکات و از ادراکات به مفاهیم وجود دارد. از مفاهیم تا مهارت‌های استدلالی که دانش‌آموز می‌تواند بیاموزد و بهبود ببخشد عبارتند از ((تعیین و کنترل متغیرها))، ((تفکر احتمالی))، ((تفکر ترکیبی))، ((تفکر رابطه‌ای)) و ((تفکر متناسب)) لاوسون[۵]، ۲۰۰۹). چگونه چنین تفکری در ذهن دانش‌آموزان دبیرستانی رخ می‌دهد؟ می‌توانیم با یک مثال به دنبال پاسخ این سوال بگردیم. اجازه دهید دانش‌آموزان را در تلاش برای حل مسئله "چگونه روشنایی لامپ را

---

[۱] Piaget
[۲] Rezba et al
[۳] Rezba et al
[۴] Rezba et al
[۵] Lawson

افزایش دهیم "تصور کنیم. در یک مدار الکتریکی ساده متشکل از باتری، لامپ ،کلید و کابل‌های اتصال اگر دانش‌آموزان پیش‌بینی کنند که وقتی از باتری‌های بیشتر استفاده می‌شود روشنایی لامپ افزایش می‌یابد، اولین قدم را به سمت تفکر فرضی برداشته‌اند. دانش‌آموزانی که توانایی تفکر احتمالی را دارند احتمالاً هردو فرض را در نظر می‌گیرند "وقتی از باتری‌های بیشتری استفاده می‌شود ممکن است روشنایی لامپ افزایش و وقتی باتری‌های بیشتری استفاده می شود روشنایی لامپ ممکن است کاهش یابد". تفکر ترکیبی به دانش آموزان این امکان را می‌دهد که تمام اجزایی را که ممکن است به عنوان پاسخی به مسئله عمل کند به عنوان فرضیه پیش‌بینی کنند. سپس دانش‌آموزان آزمایش‌هایی را برای امتحان تمام فرضیه‌های خود طراحی می‌کنند. در این آزمایشات از مهارت‌های خاصی استفاده می‌کنند. شناسایی و کنترل متغیرها برای دیدن اثر یک متغیر مستقل بر روی متغیر وابسته صورت می‌گیرد، اما در حین انجام این کار همه متغیرهای دیگر را تحت کنترل نگه می‌دارند. از اتمام آزمایش آن نتیجه می گیرند. در این بین با استفاده از تفکر رابطه و مهارت های تفکر متناسب نتایج مانند "با افزایش تعداد باتری روشنایی لامپ افزایش تعداد باتری آن به نسبت مستقیم با روشنایی لامپ افزایش می‌یابد به دست می‌آید" مهارت‌های استدلال علمی تا حد زیادی تحت عنوان تفکر انتقادی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در کلی‌ترین معنای آن تفکر انتقادی به فردی اشاره دارد که بخشی از اطلاعات و آن طور که هست نمی‌پذیرد اما آن را از طریق فرایندهای شناختی خود فیلتر می‌کند و آن را بر اساس معیارهای خاصی ارزیابی می‌کند (بالین و همکاران[1]،۱۹۹۹). در نتیجه تحولات علمی و فناوری تفکر انتقادی به ویژگی مهمی تبدیل شده است که مردم قرن بیست و یکم باید آن را داشته باشند (شکل ۱).



شکل ۱. جایگاه مهارت‌های آموزش علم در میان مهارت‌های قرن بیست و یکم.

روش تحقیق

هدف از این مطالعه بررسی روند مطالعات تجربی است که در آن‌ها از مدل 5E استفاده شده. در مجموع ۷۴ مقاله برای این مطالعه انتخاب شد. روش مورد استفاده در این مطالعه مروری، سیستماتیک بود که شامل سه مرحله جستجو، انتخاب و بررسی است. در مرحله جستجو، مقالات مربوط به مدل5E در منابع مربوطه جستجو شد. در مرحله‌ی انتخاب، مقالات تجربی در مورد مدل 5E در تحلیل گنجانده شد. در مرحله بررسی، مقالات بر اساس معیارهای مشخص شده مورد تجزیه و تحلیل واقع شدند و یک مدل جدید (STEM-SBM) بر اساس تجزیه و تحلیل داده‌ها ایجاد شد. در ادامه مراحل تحقیق به تفصیل شرح داده شده است.

[1] Bailin et al

مرحله ۱: جستجو

دراین مطالعه مروری سیستماتیک، پایگاه‌های اطلاعاتی مختلفی مورد بررسی قرار گرفت. در جستجوی اولیه در پایگاه (WoS) از کلیدواژه «مدل 5E» استفاده شد. با اصلاح معیار «نوع سند» در قسمت جستجوی این پایگاه، ۸۰۹ مقاله یافت شد. سپس با اعمال گزینه‌ی «مطالعات آموزشی» ۸۰ مقاله باقی ماند. در پایگاه (ERIC) جستجو فقط به مقالات محدود شد و ۱۳۶ مقاله یافت شد. توزیع مقالات در هر دو پایگاه بررسی شد و مجلات مشترک در این دو مشخص شد.

مرحله ۲: گزینش

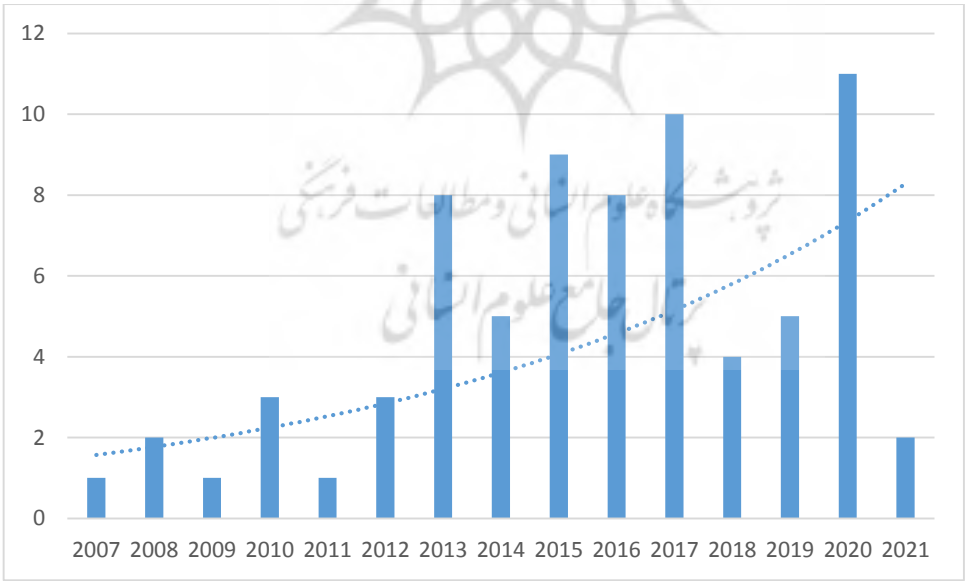
ابتدا متن کامل ۲۲ مقاله در مجلات مشترک در دو پایگاه داده در پوشه‌ای به نام "تقاطع" قرار داده شد. پایگاه داده‌ای که بیشترین مقاله را پیدا کرد، هنگام ثبت مقالات در پایگاه داده در نظر گرفته شد مجلات مشترک در (WoS) حذف گردید و ۵۹ مقاله باقی مانده در پوشه‌ای به نام غیر مشترک WoS جمع‌آوری شد. مجلات مشترک موجود در پایگاه ERIC نیز حذف شد و ۱۲۰ مقاله باقی ماند که در پوشه‌ای به‌نام غیر مشترک ERIC گردآوری شد. در مجموع ۲۰۱ مقاله در سه پوشه گردآوری شد. در پوشه مشترک ۱۴ مقاله از ۲۲ مقاله و در پوشه غیر مشترک WoS ۲۸ مقاله از ۵۹ مقاله تجربی بودند همچنین مشخص گردید که ۳۲ مقاله از ۱۲۰ مقاله‌ی موجود در پوشه غیر مشترک ERIC تجربی هستند. این پژوهش‌های تجربی با جزئیات بیشتری مورد بررسی قرار گرفتند. مقالاتی که در آن هیچ کاربردی از مدل 5E وجود نداشت برای تحلیل انتخاب نشدند.

مرحله ۳: بررسی

مقالات تجربی با معیارهایی از جمله نوع مجله، سال انتشار، تجربی یا غیر تجربی بودن مطالعه، روش مطالعه، شرکت کنندگان و حوزه موضوعی به تفصیل مورد بررسی قرار گرفتند. در این تحقیق، نحوه استفاده از مدل5E ، تأثیر آن در دانش، مهارت، احساسات و ارتباط آن با STEM مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج در بخش یافته‌های مطالعه آورده شده است.

یافته‌های مطالعه و بحث

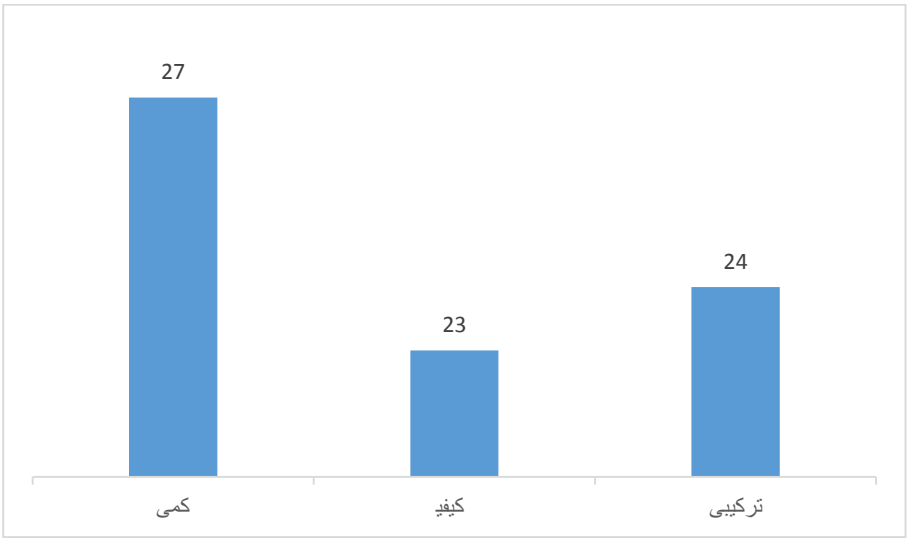
این مطالعه مروری سیستماتیک است که مقالات منتشر شده از سال ۲۰۰۷ تا ژانویه ۲۰۲۱ است. در این مقاله، مطالعات تجربی را مورد بررسی قرار دادیم که در آن مدل 5E استفاده شده است.



شکل ۲. تعداد مطالعاتی که از مدل 5E استفاده کرده‌اند از سال ۲۰۰۷ تا ژانویه ۲۰۲۱

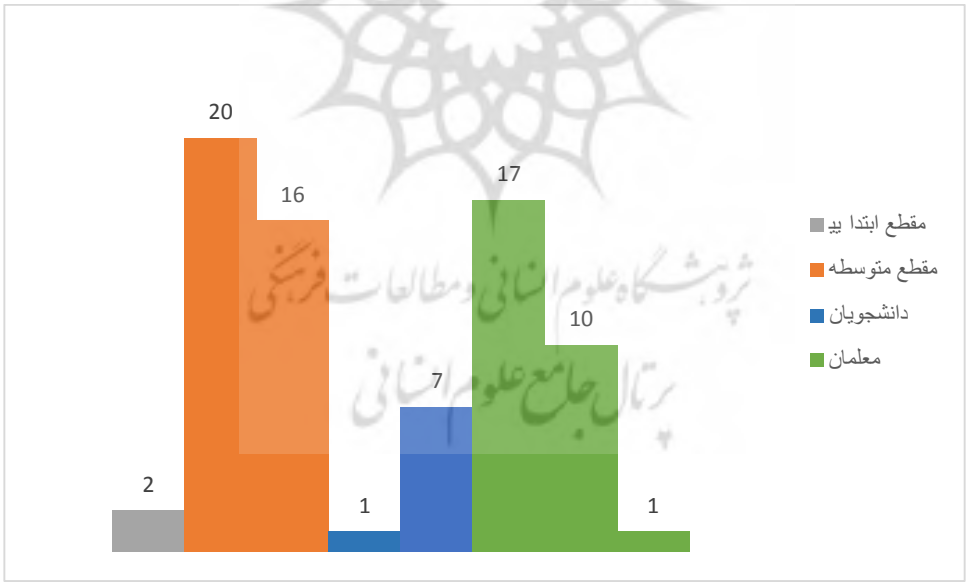
همانطور که در شکل ۲ مشخص است تحقیقات تجربی بر روی مدل 5E پس از سال ۲۰۱۳ شروع به افزایش کرده-است. اگرچه افزایش از آن زمان تاکنون ثابت نبوده اما می‌توان مشاهده کرد که مطالعات تجربی بر روی مدل5E از سال ۲۰۱۳ محبوبیت بیشتری پیدا کرده است. این یافته نشان می‌دهد که مطالعات تجربی در مورد مدل 5E همچنان در حال پیشرفت است. به عبارتی دیگر، مدل 5E که تحت آموزش مبتنی بر پرسش قرار دارد، هنوز به‌عنوان یک موضوع مهم توسط محققان در نظر

گرفته می‌شود. توزیع روش‌های ترکیبی، کیفی و کمی مورد استفاده در مقالات در شکل ۳ نشان داده شده است. پرطرفدارترین روش در مقالات، روش کمی و پس از آن به ترتیب روش ترکیبی و کیفی می‌باشد.



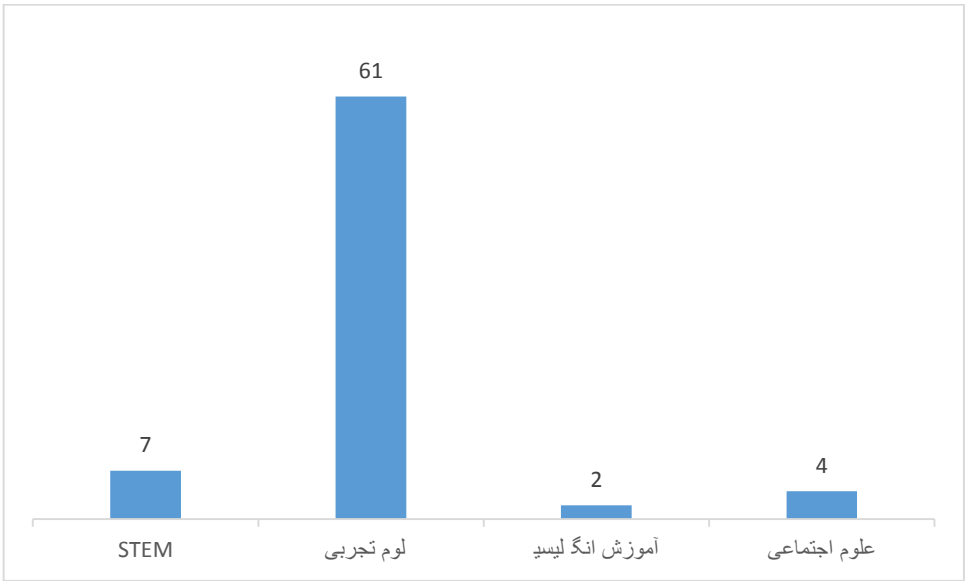
شکل ۳. توزیع روش‌های تحقیق در مطالعات تجربی بر روی مدل 5E

شرکت‌کنندگان در ۷۴ مطالعه شامل دانش‌آموزان در مقاطع تحصیلی مختلف، دانشجویان و معلمان بودند (شکل ۴). پراکندگی شرکت‌کنندگان تقریبا تمام مقاطع تحصیلی را در برمی‌گیرد. کمترین تعداد از کل مقاطع تحصیلی در مقطع ابتدایی و بیشترین تعداد در مقطع متوسطه است. هیچ مطالعه تجربی بر روی مدل 5E در سطح پیش دبستانی یافت نشد. این یافته نشان می‌دهدکه مدل 5E برای شرکت‌کنندگان پیش دبستانی مناسب نیست.



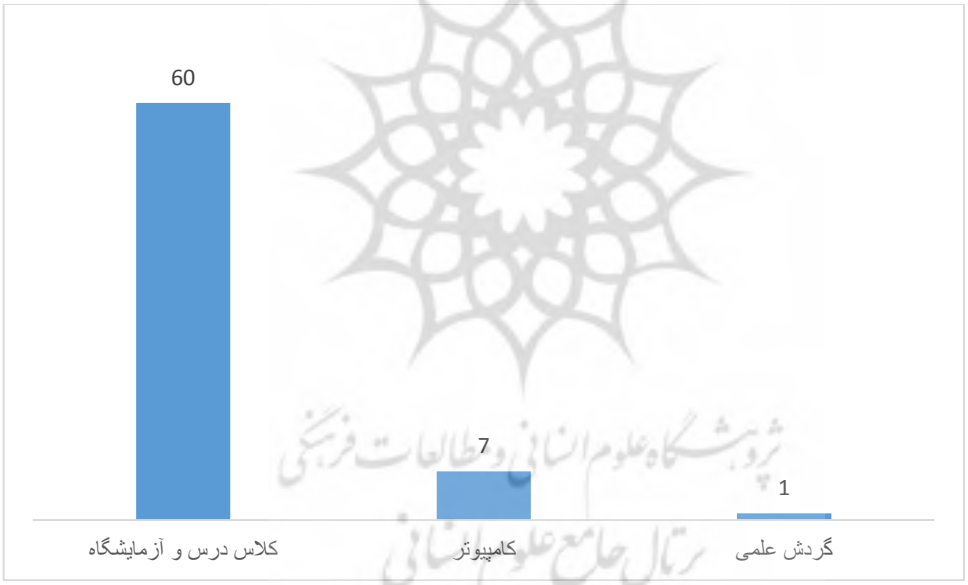
شکل ۴. توزیع پراکندگی شرکت‌کنندگان در مطالعات تجربی مدل 5E

اکثر مطالعات انجام شده در زمینه علم بوده است. علاوه بر این، مطالعات تجربی وجود داشت که در آن مدل 5E در زمینه‌هایی مانند آموزش انگلیسی، STEM و آموزش معلمان به کار گرفته شده بود (شکل ۵). دلیل اینکه بیشتر مطالعات در زمینه علم انجام شده است، مناسب بودن مدل 5E برای موضوعات علمی است. علاوه بر این، از آنجایی که موضوعات علمی مربوط به زندگی روزمره است، می‌توان از آن‌ها در مرحله ورودی 5E برای ایجاد ارتباط با زندگی دانش‌آموزان برای بالا بردن انگیزه آن‌ها استفاده کرد. ادغام موضوعات علمی با تمرین، آزمایش و فعالیت، مرحله اکتشاف مدل را تشکیل می‌دهد.



شکل ۵. توزیع مطالعات تجربی بر روی مدل 5E بر اساس حوزه موضوعی

مطالعات تجربی انجام شده بر روی مدل 5E نشان می‌دهد که می‌توان آن را در محیط‌های مختلفی غیر از کلاس درس هم انجام داد (شکل ۶).



شکل ۶. محیط‌هایی که در آن مطالعات تجربی بر روی مدل 5E اجرا شده است.

اثرات مدل آموزشی 5E

درمطالعات تجربی بررسی شده، مدل 5E به عنوان یک ابزار آموزشی، متغیر مستقل است. متغیرهای وابسته در پنج دسته که تحت تأثیر مدل 5E قرار می گیرند آورده شده اند (جدول ۲). نظریه های رشد شناختی (پیاژه و اینهلدر[۱]،۱۹۶۹؛ سینوت[۲]، ۱۹۹۸) بر اهمیت متغیرهای زمینه ای در تغییر توسعه تأکید می کند . مطالعات تجربی که از مدل 5E به عنوان یک متغیر مستقل استفاده می کنند، قرار است مهارت های جدیدی را به حالت های تفکر موجود دانش آموزان اضافه کنند و آنها را از نظر شناختی ارتقا دهند. اثرات شناختی مدل 5E در مقالات بررسی شده در دو گروه بر اساس طبقه بندی بلوم در نظر گرفته شد. مطالعاتی که تأثیرات مدل را فقط در سطوح دانش و درک بررسی می کنند، در ((اثر پیش شناختی)) گنجانده‌شده اند،

[۱] Piaget & Inhelder
[۲] Sinnott

مطالعاتی که به مهارت های فکری خاصی فراتر از دانش و درک نیاز دارند، در ((اثر شناخت)) گنجانده شدند. تعداد قابل توجهی از مقالات که اثرات مدل ۵E را بر نگرش بررسی می کردند، تحت ((اثر عاطفی)) طبقه بندی شدند. کنجکاوی و اثرات انگیزشی که جهت رفتار را با سازماندهی متغیر های شناختی، عاطفی و رفتاری تعیین می کنند در گروهی جداگانه قرار گرفتند. همکاری ارتباطات و اثرات در دسته بندی به نام (others) قرار می گیرند. بارزترین ویژگی در جدول ۲ این است که مدل ۵E فرکانس کاری بالایی بر روی اثرات پیش شناختی داشت.

جدول ۲. اثرات مدل ۵E بر نتایج یادگیری

مراحل	نتایج یادگیری	منبع
اثر پیش شناخت	دستاورد در (دانش، درک مفهومی و تغییر مفهومی)	Akbulut et al., ۲۰۱۲; Akerson et al., ۲۰۰۹; Aydın Ceran & Ateş, ۲۰۱۹; Arslan et al., ۲۰۱۵; Artun &.Coştu, ۲۰۱۳; Ayvacı &Yıldız, ۲۰۱۵ ; Bezen & Bayrak, ۲۰۲۰; Bilgin et al., ۲۰۱۳; Büyükdede & Tanel, ۲۰۱۹; Ceylan & Geban, ۲۰۰۹; Chaudhuri et al., ۲۰۱۹; Chen et al., ۲۰۱۴; Chen et al., ۲۰۱۸; Çardak et al., ۲۰۰۸; Çepni et al., ۲۰۱۰; Çetin-Dindar & Geban, ۲۰۱۷; Çiğdemoğlu & Geban, ۲۰۱۵; Conradty et al., ۲۰۲۰; Devecioglu-Kaymakcı, ۲۰۱۶;3Daşdemir, ۲۰۱۶; Er Nas et al., ۲۰۱۲; Gillies & ۲۰۱۶; Daşdemir, ۲۰۱۶; Er Nas et al., ۲۰۱۲; Gillies & Güzel, ۲۰۱۷; Hırça, ۲۰۱۳; Jensen et al., ۲۰۱۵; Kalantarnia et al., ۲۰۲۰; Kim, ۲۰۱۶; Koyunlu Ünlü & Dökme, ۲۰۲۰; Lara-Alecio et al., ۲۰۱۸; Manzo et al., ۲۰۱۶; Mustafa, ۲۰۱۶; Namdar & Küçük, ۲۰۱۸; Namgyel & Bauraphan, ۲۰۱۷; Parveen, ۲۰۱۷; Parsons et al., ۲۰۱۹; Song & Schwenz, ۲۰۱۳; Supasorn, ۲۰۱۵; Scott et al., ۲۰۱۴; Suwito et al., ۲۰۲۰; Şahin et al., ۲۰۱۷; Şenel Çoruhlu, ۲۰۱۷; Şengül, ۲۰۲۰; Taylor et al., ۲۰۰۷; Töman et al., ۲۰۱۳; Walker, et al., ۲۰۰۸; Taşlıdere, ۲۰۱۵; Turan & Matteson, ۲۰۲۱; Tural et al., ۲۰۱۰; Tezer & Cumhur, ۲۰۱۷; Tortop & Özek, ۲۰۱۳; Withers, ۲۰۱۶; Wilson et al., ۲۰۱۰; Zhao, et al., ۲۰۱۲; Zuiker & Whitaker, ۲۰۱۴

Cheng et al., ۲۰۱۶; Devecioglu-Kaymakcı, ۲۰۱۶; Hırça, ۲۰۱۵; Koyunlu Ünlü & Dökme, ۲۰۲۰; Song& Schwenz, ۲۰۱۳	مهارت های تحقیق علمی، مهارت های فرایند علم	اثر شناختی
Kalantarnia et al., ۲۰۲۰; Tezer & Cumhur, ۲۰۱۷; Svendsen, ۲۰۱۵	مهارت های حل مسئله	
Aydın & Yılmaz, ۲۰۱۰; Çetin-Dindar & Geban, ۲۰۱۷; Ramlee et al., ۲۰۱۹	تفکر / مهارت های شناختی درجه بالاتر	
Bilgin et al., ۲۰۱۳	توانایی ذهنی	
Conradty et al., ۲۰۲۰; Güven et al., ۲۰۲۰; Kalantarnia et al., ۲۰۲۰	خلاقیت	
	تفکر انتقادی	
Chen, ۲۰۲۱	مدل ذهنی	
Supasorn, ۲۰۱۵		
Aydın & Yılmaz, ۲۰۱۰; Ayvacı et al., ۲۰۱۵; Bezen & Bayrak, ۲۰۲۰b; Daşdemir, ۲۰۱۶; Güven et al., ۲۰۲۰; Güzel, ۲۰۱۶; Güzel, ۲۰۱۷; Jensen et al., ۲۰۱۵; Kim, ۲۰۱۶; Lin et al., ۲۰۱۴; Namgyel & Bauraphan, ۲۰۱۷; Özcan & Kırbaşoğlu Kılıç, ۲۰۱۷; Tortop & Özek, ۲۰۱۳; Uzunöz, ۲۰۱۱; Walker et al., ۲۰۰۸	نگرش	اثر عاطفی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

کنجکاوی و انگیزه	انگیزه کنجکاوی	Chen et al., ۲۰۱۴; Cheng et al., ۲۰۱۶; Çetin-Dindar & Geban, ۲۰۱۷; Parsons et al., ۲۰۱۹ Gillies & Rafter, ۲۰۲۰
دیگر	کارایی ریاضی دیدگاه های مربوط به ماهیت علم نظرات در مورد کلاس همکاری ارتباط مهارت های فنی فرآیند طراحی آموزشی مهارت های آموزشی فرصت های پژوهشی قابلیت استفاده از محیط آموزشی توسعه یافته	Althauser, ۲۰۱۸ Akerson et al., ۲۰۰۹; Bang, ۲۰۱۳; Song & Schwenz, ۲۰۱۳; Zuiker & Whitaker, ۲۰۱۴ Bezen & Bayrak, ۲۰۲۰; Özcan & Kırbaşoğlu Kılıç, ۲۰۱۷ Chen, ۲۰۲۱ Hırça, ۲۰۱۳ Hu et al., ۲۰۱۷ Chen, ۲۰۲۱ Şengül & Schwartz, ۲۰۲۰ Sickel et al., ۲۰۱۳ Torun & Tekdere, ۲۰۱۵

در ۵۶ مقاله بررسی شده، اندازه گیری ها در مورد یادگیری مشاهدات در مورد یادگیری و مثال زدن مفاهیم علمی انجام شد و اثرات مثبت مدل 5E بر شناخت آشکار شد. اگرچه کاربرد های آموزشی 5E می تواند دانش آموزان را به استفاده از بسیاری از مهارت های شناختی از جمله مراحل ((کاربرد ،تجزیه و تحلیل، ترکیب ،ارزیابی)) در طبقه بندی بلوم ترغیب کند، تاثیرات بر این مهارت های شناختی تنها در حدود ۲۳ درصد از مقالات تجربی مورد مطالعه قرار گرفت. اگرچه این نرخ پایین ممکن است تعجب آور باشد، ۱۷ مقاله با جزئیات بیشتری مورد بررسی قرار گرفتند تا دلایل نرخ پایین تعیین شده مشخص شود در ۱۲ مورد از این مقاله مدل 5E بدون غنی‌سازی پیاده سازی شد. در ۵ مقاله باقیمانده، مدل 5E تنها با افزودن فرایندهای اضافی به مراحل خاص یعنی غنی شد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که نیازی به غنی‌سازی اضافه مدل 5E برای یادگیری شناختی فراتر از دانش درک نیست. غنی‌سازی 5E در این مطالعات عموماً شامل ادغام برنامه های کاربردی فناوری رایانه و اینترنت در مراحل مدل می شود. برای مثال،چنگ و همکاران (۲۰۱۶) از جستجوی اینترنتی به جای فعالیت های عملی در مرحله اکتشاف در یادگیری مباحث فناوری نانو با مدل فایو استفاده کردند. در مقالاتی که به بررسی تاثیر شناختی مدل 5E فراتر از دانش و درک می‌پردازند، هیچ تغییر ساختاری در اسکلت مدل 5E فعلی ایجاد نشد. نرخ پایین در این یافته را می توان به ابزار اندازه گیری

نسبت داد، زیرا ایجاد آزمون های چند گزینه ای که توسعه را در سطح دانش و درک اندازه گیری می کنند بسیار آسان‌تر از توسعه آزمون هایی است که مهارت های تفکر را در سطوح بالاتر بلوم اندازه گیری می کنند. طبقه بندی علاوه بر این مهارت های اساسی ، فرآیند های علمی مانند ((مشاهده، طبقه بندی، اندازه گیری، پیش بینی و استنتاج)) مورد استفاده در مرحله اکتشاف مدل 5E، شناخت را با استفاده هماهنگ از مهارتهای تفکر بهبود می بخشد. آزمون های چند گزینه ای که برای اندازه گیری این مهارت ها استفاده می شود باید توسط ابزارهای ارزیابی عملکرد پشتیبانی شوند. برای نشان دادن چهار مقاله از پنج مقاله ای که اثرات مدل 5E را بر کاوش علمی و مهارت های فرآیند علمی بررسی کردند (دوویچی اوغلو کایماکچی[1]، ۲۰۱۶؛ هیرکا[2]، ۲۰۱۵؛ کویونلو آنلو و دکِم[3]، ۲۰۲۰؛ سانگ و شونز[4]، ۲۰۱۳) تاثیر را با ابزارهای اندازه گیری کیفی بررسی کردند در حالی که تنها یکی (چنگ و همکاران[5]،۲۰۱۶) از ابزارهای اندازه گیری کمی استفاده کرد. مطالعاتی که اثرات مدل 5E را بر مهارت‌های حل مسئله فراتر از دانش و درک از طریق ابزارهای اندازه گیری کمی ارزیابی می کنند، عموما از حوزه ریاضیات می آیند. (تزر و کمهور[6]، ۲۰۱۷؛ کالانتارنیا و همکاران [7]، ۲۰۲۰) در دو مورد از سه مطالعه مورد بررسی اثرات مدل 5E بر مهارت های خلاقانه (کنرادی و همکاران[8]،۲۰۲۰؛ گوون و همکاران[9]، ۲۰۲۰) مدل با فرآیندهای اضافی غنی شد، درحالیکه مدل بدون غنی‌سازی در سومین مورد استفاده قرار گرفت (کلانترنیا و همکاران ، ۲۰۲۰). گوون و همکاران (۲۰۱۶) این مدل را با گنجاندن فرایند طراحی مهندسی در آموزش STEM در مرحله توسعه مدل 5E غنی کرد. در بعد مهندسی آموزش STEM برآیند طراحی محصول نیازمند مهارت های شناختی برتر از جمله ترکیب همه چیز های آموخته شده و همچنین خلاقیت است. در دو مقاله مهارت های خلاق با استفاده از ابزارهایی که داده های کمی ارائه می کنند، اندازه گیری و ارزیابی شدند و در یک مقاله باقیمانده (گوون و همکاران، ۲۰۲۰) توسط ابزاری که داده های کیفی خام را ارائه می‌دهند اندازه گیری صورت گرفت. از آنجایی که یک تغییر ساختاری در اسکلت مدل مورد نیاز است، هیچ مقاله تجربی که اثرات مدل5E را بر مهارت‌های استدلالی علمی درجه بالاتر بررسی کند، یافت نشد. آموزش مهارت های استدلال علمی در محدوده تفکر انتقادی (دیویی[10]، ۱۹۹۳) معمولاً هنگام مواجه با مشکل اتفاق می افتد. فرضیه هایی برای مسئله ایجاد می‌شود و آزمایش های طراحی می شوند که در آن متغیرهای وابسته، مستقل و کنترل شده برای آزمون فرضیه ها تعریف می شوند. چگونگی تاثیر متغیر مستقل بر متغیر وابسته با تفسیر داده های بدست آمده با تفکر تناسبی، احتمالی یا همبستگی به شیوه ای بی طرفانه و قطعی پیدا می شود (لاوسون[11] ، ۲۰۰۹). در پایان فرآیند تفسیر، با قضاوت به یک نتیجه معقول می رسد. این در واقع فرایند تولید دانش است. به این ترتیب دانش آموزان دانش موجود را طوری تولید می‌کند که گویی برای اولین بار آن را کشف می‌کند. یعنی با کاوش یاد می گیرند. بر اساس تجزیه و تحلیل ما به نظر نمی‌رسد که یادگیری مهارتهای استدلال علمی با مدل 5E افزایش نیافته باشد با این حال، تغییرات ساختاری در اسکلت مدل ممکن است این امر را تسهیل کند. در پرتو این بحث‌ها دو شرط برای مدل 5E پدیدار می شود که بتواند یک اثر شناختی قابل توجهی ایجاد کند که مهارت های تفکر مرتبه بالاتر را در دانش‌آموزان پوشش دهد. ابتدا، ساختار اسکلتی مدل 5E باید توسعه یابد تا مهارت های تفکر مرتبه بالاتر را در بر گیرد.این تنها با تغییر جدی مدل 5E می‌تواند اتفاق بیفتد، که سال‌ها به عنوان یک رویکرد آموزشی طراحی شده برای پاسخگویی به نیازهای قرن بیست و یکم، تاثیر گسترده‌ای داشته است.شرط دوم، غنی سازی ابزارهای سنجش عملکرد است که با افزودن معیارهای جدید، تاثیرات مدل را بر مهارت‌های تفکر استدلالی می‌سنجد.

---

[1] Devecioglu Kaymakcı
[2] Hırça
[3] Koyunlu Ünlü & Dökme
[4] Song & Schwenz
[5] Cheng et al
[6] Tezer & Cumhur
[7] Kalantarnia et al
[8] Conradty et al
[9] Güven et al
[10] Dewey
[11] Lawson

منابع

Althauser, K. L. (۲۰۱۸). The emphasis of inquiry instructional strategies: Impact on preservice teachers' mathematics efficacy. *Journal of Education and Learning*, ۷(۱), ۵۳–۷۰. https://doi.org/۱۰. ۵۵۳۹/jel.v۷n۱p۵۳

American Association for the Advancement of Science (AAAS). (۱۹۹۳). Project ۲۰۶۱: Benchmarks for science literacy. Oxford University Press. Anderson, R. D. (۲۰۰۲). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, ۱۳(۱), ۱–۱۲. https://doi.org/۱۰,۱۰۲۳/A:۱۰۱۵۱۷۱۱۲۴۹۸۲

Artun, H., & Coştu, B. (۲۰۱۳). Effect of the ۵E model on prospective teachers' conceptual understanding of diffusion and osmosis: A mixed method approach. *Journal of Science Education and Technology*, ۲۲(۱), ۱–۱۰. https://doi.org/۱۰,۱۰۰۷/s۱۰۹۵۶-۰۱۲-۹۳۷۱-۲

Atkin, J. M., & Karplus, R. (۱۹۶۲). Discovery or invention? The Science Teacher, ۲۹(۵), ۴۵–۵۱. Bailin, S., Case, R., Coombs, J. R., & Daniels, L. B. (۱۹۹۹). Conceptualizing critical thinking. *Journal of Curriculum Studies*, ۳۱(۳), ۲۸۵–۳۰۲. http://doi.org/۱۰۰۱۰۸۰/۰۰۲۲۰۲۷۹۹۱۸۳۱۳۳

Barrow, L. H. (۲۰۰۶). A brief history of inquiry: From dewey to standards. *Journal of Science Teacher Education*, ۱۷(۳), ۲۶۵–۲۷۸. https://doi.org/۱۰,۱۰۰۷/s۱۰۹۷۲-۰۰۶-۹۰۰۸-۵

Bezen, S., & Bayrak, C. (۲۰۲۰a). Teaching mechanical waves by inquiry-based learning. *Journal of Baltic Science Education*, ۱۹(۶), ۸۷۵–۸۹۲. https://doi.org/۱۰,۳۳۲۲۵/jbse/۲۰,۱۹,۸۷۵

Bezen, S., & Bayrak, C. (۲۰۲۰b). Determining students' attitudes and views using an inquiry-based learning approach. *Çukurova University Faculty of Education Journal*, ۴۹(۲), ۵۵۵–۵۹۹. https:// doi.org/۱,,۱۴۸۱۲ /cuefd.۶۷۶۶۷۹

Büyükdede, M., & Tanel, R. (۲,۱۹). Effect of the STEM activities related to work-energy topics on academic achievement and prospective teachers' opinions on STEM activities. *Journal of Baltic Science Education*, ۱۸(۴), ۵۰۷–۵۱۸. https://doi.org/۱۰,۳۳۲۲۵/jbse/۱۹,۱۸,۵۰۷

Bybee, R. W. (۱۹۹۷). Achieving scientific literacy: From purposes to practices. Heinemann. Bybee, R. W. (۲۰۱۹). Using the BSCS ۵E instructional model to introduce STEM disciplines. *Science and Children*, ۵۶(۶), ۸–۱۲. https://doi.org/۱۰,۲۵۰۵/۴/sc۱۹_۰۵۶_۰۶_۸

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (۲۰۰۶). The BSCS ۵E instructional model: Origins and effectiveness. Colorado Springs, Co: BSCS, ۵, ۸۸-۹۸. Cairns, D., & Areepattamannil, S. (۲۰۱۹). Exploring the relations of inquiry-based teaching to science achievement and dispositions in ۵۴ countries. *Research in Science Education*, ۴۹(۱), ۱–۲۳. https://doi.org/۱۰,۱. ۰۷/s۱۱۱۶۵-۰۱۷-۹۶۳۹-x

Çepni, S., Şahin, Ç, & İpek, H. (۲۰۱۰). Teaching floating and sinking concepts with different methods and techniques based on the ۵E instructional model. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, ۱۱(۲), ۱–۳۹.

Chaudhuri, A. R., McCormick, B. D., Jr & Lewis, R. (۲۰۱۹). Standards-based science institutes: Effective professional development that meets teacher and district needs. *Science Educator*, ۲۷ (۱), ۱۵–۲۳.

Chen, R. H. (۲۰۲۱). Fostering students' workplace communicative competence and collaborative mindset through an inquiry-based learning design. *Education Sciences*, ۱۱(۱), ۱۷. https://doi.org/۱۰۰۳۳۹۰/educsci۱۱۰۱۰۰۱۷

Chen, Y.-C., Mineweaser, L., Accetta, D., & Noonan, D. (۲۰۱۸). Connecting argumentation to ۵E inquiry for preservice teachers. *Journal of College Science Teaching*, ۴۷(۵), ۲۲–۲۸.

Cheng, P. H., Yang, Y. T. C., Chang, S. H. G., & Kuo, F. R. R. (۲۰۱۶). ۵E mobile inquiry learning approach for enhancing learning motivation and scientific

inquiry ability of university students. *IEEE Transactions on Education*, ۵۹(۲), ۱۴۷–۱۵۳. https://doi.org/۱۰,۱۱۰۹/te.۲,۱۵,۲۴۶ ۷۳

Conradty, C., Sotiriou, S. A., & Bogner, F. X. (۲۰۲۰). How creativity in STEAM modules intervenes with self efficacy and motivation. *Education Sciences*, ۱۰(۳), ۷۰. https://doi.org/۱۰۰۳۳۹۰/ educsci۱۰۰۳۰۰۷۰

Cooper, P. A. (۱۹۹۳). Paradigm shifts in designed instruction: From behaviorism to cognitivism to constructivism. *Educational Technology*, ۳۳(۵), ۱۲–۱۹.

Devecioglu Kaymakcı, Y. (۲۰۱۶). Embedding analogical reasoning into 5E learning model: A study of the Solar System. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, ۱۲(۴), ۸۸۱–۹۱۱. https://doi.org/۱۰,۱۲۹۷۳/eurasia.۲۰۱۶,۱۲۶۶a

Dewey, J. (۱۹۳۳). *How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process*. D.C. Heath.

Ennis, R. H. (۱۹۸۷). *A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities. In J. B. Baron, & R. J. Sternberg (Eds.), Teaching thinking skills: Theory and practice* (pp. ۹–۲۶). W H Freeman/Times Books/ Henry Holt & Co.

Galvan, J. L., & Galvan, M. C. (۲۰۱۷). *Writing literature reviews: A guide for students of the social and behavioral sciences*. Routledge.

Garcia I Grau, F., Valls, C., Piqué, N., & Ruiz-Martín, H. (۲۰۲۱). The long-term effects of introducing the 5E model of instruction on students' conceptual learning. *International Journal of Science Education*, ۴۳(۹), ۱۴۴۱–۱۴۵۸. https://doi.org/۱۰,۱۰۸۰/۰۹۵۰۰۶۹۳,۲۰۲۱,۱۹۱۸۳۵۴

Gillies, R. M., & Rafter, M. (۲۰۲۰). *Using visual, embodied, and language representations to teach the 5E instructional model of inquiry science*. Teaching and Teacher Education, ۸۷, ۱۰۲۹۵۱. https://doi.org/۱۰,۱۰۱۶/j.tate.۲۰۱۹,۱۰۲۹۵۱

Gökalp, F., & Adem, S. (۲۰۲۰). The effect of REACT and computer-assisted ınstruction model in 5E on student achievement of the subject of acids, bases and salts. *Journal of Science Education and Technology*, ۲۹(۵), ۶۵۸–۶۶۵. https://doi.org/۱۰,۱۰۰۷/s۱۰۹۵۶-۰۲۰-۰۹۸۴۴-۶

Güven, G., Kozcu Cakir, N., Sulun, Y., Cetin, G., & Guven, E. (۲۰۲۰). Arduino-assisted robotics coding applications integrated into the 5E learning model in science teaching. *Journal of Research on Technology in Education*, ۵۴, ۱–۱۹. https://doi.org/۱۰,۱۰۸۰/۱۵۳۹۱۵۲۳,۲۰۲۰,۱۸۱۲۱۳۶

Güzel, H. (۲۰۱۷). The effect of electric current teaching based upon the 5E model on academic achievement and attitudes of students. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, ۱۸(۲), ۱–۲۱.

Harlen, W. (۱۹۹۹). Purposes and procedures for assessing process skills. *Assessment in Education*, ۶(۱), ۱۲۹–۱۴۰. https://doi.org/۱۰,۱۰۸۰/۰۹۶۹۵۹۴۹۹۹۳۰۴۴

Hırça, N. (۲۰۱۳). Using an animated case scenario based on constructivist 5E model to enhance pre-service teachers' awareness of electrical safety. Educational Sciences: *Theory and Practice*, ۱۳(۲), ۱۳۲۵–۱۳۳۴.

Hırça, N. (۲۰۱۵). Developing a constructivist proposal for primary teachers to teach science process skills:. "Extended" simple science experiments (ESSE). *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, ۱۶(۱), ۱–۱۶.

International Technology Education Association (ITEEA). (۲۰۰۹). *The overlooked STEM imperatives: Technology and engineering.*

Kalantarnia, Z., Behzadi, M. H., MalKhalifeh, M. R., & Mardanbeigi, M. R. (۲۰۲۰). The impact of bybee and synectics models on creativity, creative problem-solving, and students' performance in geometry. *Journal for Educators, Teachers and Trainers*, ۱۱(۱), ۶۸–۷۸. https://doi.org/۱۰. ۴۷۷۵۰/jett.۲۰۲۰,۱۱,۰۱,۰۰۷

Koyunlu Ünlü, Z., & Dökme, İ. (۲۰۲۰). The effect of technology-supported inquiry-based learning in science education: Action research. *Journal of Education in Science Environment and Health*, ۶(۲), ۱۲۰–۱۳۳. https://doi.org/۱۰,۲۱۸۹۱/jeseh.۶۳۲۳۷۵

Lara-Alecio, R., Irby, B. J., Tong, F., Guerrero, C., Koch, J., & Sutton-Jones, K. L. (۲۰۱۸). Assessing conceptual understanding via literacy-infused, inquiry-based science among middle school English learners and economically-challenged students. *Education Sciences*, ۸(۱), ۲۷. https:// doi.org/۱۰,۳۳۹۰/educsci۸۰۱۰۰۲۷

Lawson, A. E. (۲۰۰۹). Basic inferences of scientific reasoning, argumentation, and discovery. *Science Education*, ۹٤(۲), ۳۳٦–۳٦٤. https://doi.org/۱۰۰۱۰۰۲/sce.۲۰۳۵۷

Namdar, B., & Küçük, M. (۲۰۱۸). Preservice science teachers' practices of critiquing and revising ٥E lesson plans. *Journal of Science Teacher Education*, ۲۹(٦), ٤٦۸–٤۸٤. https://doi.org/۱۰,۱۰۸۰/۱۰٤٦٥٦۰X.۲۰۱۸,۱٤٦۹۱۸۸

Namgyel, T., & Bauraphan, K. (۲۰۱۷). The development of simulation and game in ٥E learning cycle to teach photoelectric effect for grade ۱۲ students. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, ۱۸(۲), ۱–۳۰.

National Research Council (NRC). (۱۹۹٦). *National science education standards. National*, Academy Press.

National Science Board (NSB). (۲۰۰۸). *Science and engineering indicators ۲۰۰۸*. National ScienceFoundation.

National Science Teachers Association (NSTA). (۲۰۰۲). *NSTA position statement: elementary school science.* http://www.nsta.org/about/positions/elementary.aspx

Next Generation Science Standarts (NGSS). (۲۰۱۳). *Understanding the scientific enterprise: The nature of science in the next generation science standards*. The National Academies

.Özcan, M. F., & Kırbaşoğlu Kılıç, L. (۲۰۱۷). The effects of animation supported ٥E model on teaching 'indicative and subjunctive moods' in ۷th grade turkish lesson. *Universal Journal of Educational Research*, ٥(۱۲B), ٥۸–۷۰. https://doi.org/۱۰,1۳۱۸۹/ujer.۲۰۱۷,۰٥۱٤۰۷

Özkul, H., & Özden, M. (۲۰۲۰). Investigation of the effects of engineering-oriented STEM integration activities on scientific process skills and STEM career interests: A mixed methods study. *Education and Science*, ٤٥(۲۰٤), ٤۱–٦۳. https://doi.org/۱۰,۱٥۳۹۰/EB.۲۰۲۰.۸۸۷۰

Parsons, A. E., Heddy, B. C., Wilson, S. N., Williams, L. A., Atkinson, L. K., & Garn, G. A. (۲۰۱۹). Making 'brain food': Converting photosynthesis into a positive learning experience through authentic instruction. *Journal of Biological Education*, ۲۹۳–۳۰٥. https://doi.org/۱۰,۱۰۸۰/۰۰۲۱۹۲٦٦,۲۰۱۹,۱٦۸۲٦٤۰

Paul, R. W. (۱۹۸۱). Teaching critical thinking in the "strong" sense: A focus on self-deception, world views, and a dialectical mode of analysis. *Informal Logic*, ٤(۲), ۲–۷. https://doi.org/۱۰,۲۲۳۲۹/il.v٤i۲,۲۷٦٦

Piaget, J. (۱۹٦٥). *The origins of intelligence in children (Third Edition).* International UniversitiesPress, INC.

Piaget, J. (۱۹۷۰). *Piaget's theory. In P. H. Mussen (Ed.), Carmichael's manual of child psychology* (۳rd Edition, Vol. ۱, pp. ۷۰۳–۸۳۲). Wiley.

Piaget, J., & Inhelder, B. (۱۹٦۹). *The psychology of the child*. Basic Books.

Ramlee, N., Rosli, M. S., & Saleh, N. S. (۲۰۱۹). Mathematical HOTS cultivation via online learning environment and ٥E inquiry model: Cognitive impact and the learning activities. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, ۱٤(۲٤), ۱٤۰–۱٥۱. https://doi.org/۱۰,۳۹۹۱/ijet. v۱٤i۲٤۰۱۲۰۷۱

Rezba, R. J., Sprague, C., & Fiel, R. (۲۰۰۳). *Learning and assessing science process skills* (٤th ed). Kendall/Hunt Pub. Co.

Runco, M. A., & Chand, I. (۱۹۹٥). Cognition and creativity. *Educational Psychology Review*, ۷(۳), ۲٤۳–۲٦۷. https://doi.org/۱۰,۱۰۰۷/BF۰۲۲۱۳۳۷۳

Scriven, M., & Paul, R. (۱۹۸۷). Defining critical thinking. *۸th Annual International Conference on Critical Thinking and Education Reform.*

Şengül, Ö. (۲۰۲۰). Qualitative analysis of ray optics in a college physics laboratory: A ٥E lesson. *Journal of College Science Teaching*, ٤۹(٦), ۳۰–۳٥.

Sezginsoy Şeker, B., & Erdem, A. (۲۰۱۷). Development of a template lesson plan based on ۵E model enhanced with computer supported applications and conceptual change texts. *Journal of Education and Training Studies*, ۵(۱۰), ۸۶–۹۸. https://doi.org/۱۰,۱۱۱۱٤/jets.v۵i۱,,۲۵۵۳

Sinnott, J. D. (۱۹۹۸). *The development of logic in adulthood: Postformal thought and its applications*. Plenum.

Song, Y., & Schwenz, R. (۲۰۱۳). An inquiry-based approach to teaching the spherical earth model to preservice teachers using the global positioning system. *Journal of College Science Teaching*, ٤۲(٤), ۵۰–۵۸.

Suwito, B., Handoyo, B., & Susilo, S. (۲۰۲۰). The effects of ۵E learning cycle assisted with spatial based population geography textbook on students' achievement. *International Journal of Instruction*, ۱۳(۱), ۳۱۵–۳۲٤. https://doi.org/۱۰,۲۹۳۳۳/iji.۲۰۲۰,۱۳۱۲۱a

Taşlıdere, E. (۲۰۱۵). A study investigating the effect of treatment developed by integrating the ۵E and simulation on pre-service science teachers' achievement in photoelectric effect. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, ۱۱. https://doi.org/۱۰,۱۲۹۷۳/ eurasia.۲۰۱۵,۱۳۶۷a

Tezer, M., & Cumhur, M. (۲۰۱۷). Mathematics through the ۵E instructional model and mathematical modelling: The geometrical objects. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, ۱۳(۸), ٤۷۸۹–٤۸۰٤. https://doi.org/۱۰,۱۲۹۷۳/eurasia.۲۰۱۷,۰۰۹۶۵a

The Partnership for ۲۱-st Century Learning. (۲۰۱۷). The ٤cs: skills for today research series. Retrieved from *http://www.p۲۱.org/our-work/٤cs-research-series*.

Turan, S., & Matteson, S. M. (۲۰۲۱). Middle school mathematics classrooms practice based on ۵E instructional model. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, ۹(۱), ۲۲–۳۹. https://doi.org/۱۰,٤۶۳۲۸/ijemst.۱۰٤۱

Zimmerman, C. (۲۰۰۰). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*, ۲۰(۱), ۹۹–۱٤۹. https://doi.org/۱۰۰۱۰۰۶/drev.۱۹۹۹۰۰٤۹۷

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی