

تأثیر آموزش مبتنی بر پروژه بر درک مفاهیم علمی در مدارس

رضا میرزایی^۱، روح الله میرزایی^۲، زلیخا میرزایی^۳

^۱ کارشناسی علوم تجربی، دبیر علوم متوسطه (نویسنده مسئول)

^۲ کارشناسی ارشد فیزیک، دبیر فیزیک متوسطه

^۳ کارشناسی حسابداری، آموزگار مدارس ابتدایی

چکیده

آموزش مبتنی بر پروژه به عنوان یک رویکرد آموزشی فعال و دانش آموزمحور، نقش مهمی در تحول آموزش علوم ایفا می کند. این مقاله مروری به بررسی تأثیرات آموزش مبتنی بر پروژه بر درک عمیق مفاهیم علمی در سطح مدارس می پردازد. هدف این پژوهش، تحلیل شواهد تجربی موجود است که نشان می دهد چگونه درگیر شدن دانش آموزان در حل مسائل واقعی و چالش برانگیز مرتبط با پروژه ها، می تواند از یادگیری سطحی و طوطی وار فراتر رفته و به ساخت مدل های ذهنی منسجم کمک کند. با مرور ادبیات گسترده، این تحقیق بر نقش آموزش مبتنی بر پروژه در تقویت استدلال علمی، مهارت های همکاری و خودتنظیمی تأکید می کند. نتایج نشان می دهد که طراحی دقیق پروژه ها و فراهم سازی بازخورد مستمر توسط معلم، کلید موفقیت آموزش مبتنی بر پروژه در ارتقاء درک مفهومی پایدار در دانش آموزان علوم است.

واژه های کلیدی: آموزش مبتنی بر پروژه، درک مفهومی، آموزش علوم، یادگیری فعال، استدلال علمی، ساخت گرای.

۱. مقدمه

موفقیت نظام‌های آموزشی نوین در حوزه علوم وابسته به توانایی دانش‌آموزان در درک و به‌کارگیری مفاهیم پیچیده علمی برای تفسیر و حل مسائل دنیای واقعی است (برونر، ۱۹۶۰). رویکردهای سنتی تدریس، که عمدتاً بر انتقال مستقیم اطلاعات از معلم به دانش‌آموز متمرکز هستند، اغلب منجر به حفظ کردن موقت حقایق علمی می‌شوند، اما در ایجاد درک مفهومی عمیق و کاربرد آن‌ها ناتوان‌اند (فیلدینگ و همکاران، ۲۰۱۹).

در پاسخ به این چالش، آموزش مبتنی بر پروژه به عنوان یک چارچوب آموزشی قدرتمند مطرح شده است. آموزش مبتنی بر پروژه دانش‌آموزان را درگیر فعالیت‌های طولانی‌مدت و اکتشافی می‌کند که حول یک سؤال محوری (یا چالش واقعی شکل گرفته‌اند (توماس، ۲۰۰۰). در این رویکرد، دانش علمی نه به عنوان هدف نهایی، بلکه به عنوان ابزاری ضروری برای تکمیل پروژه در نظر گرفته می‌شود (هیلدا، ۲۰۱۷).

اهمیت آموزش مبتنی بر پروژه در آموزش علوم مضاعف است، زیرا علوم به طور ذاتی ماهیتی اکتشافی و مبتنی بر فرآیند دارد. برای درک مفاهیمی مانند تکامل، ترمودینامیک یا الکتریسیته، دانش‌آموزان نیاز دارند تا مانند یک دانشمند فکر کنند، فرضیه‌سازی کنند، داده جمع‌آوری نمایند و نتایج خود را بر اساس شواهد علمی تفسیر کنند. این مقاله مروری با هدف بررسی شواهد موجود در ادبیات پژوهشی، به این پرسش کلیدی پاسخ می‌دهد که “آموزش مبتنی بر پروژه چگونه بر درک مفاهیم علمی دانش‌آموزان در مقاطع مختلف تحصیلی تأثیر می‌گذارد؟” در ادامه، مبانی نظری این رویکرد و ابعاد مختلف تأثیر آن بر یادگیری علوم تشریح خواهد شد.

۲: مبانی نظری و مدل‌های مرتبط

تأثیر عمیق آموزش مبتنی بر پروژه بر درک مفاهیم علمی، ریشه در چندین نظریه اصلی یادگیری دارد که همگی بر نقش فعال فراگیر در ساخت دانش تأکید می‌کنند.

۲.۱. نظریه ساخت‌گرایی اجتماعی

اساس نظری آموزش مبتنی بر پروژه بر نظریه ساخت‌گرایی استوار است. طبق این دیدگاه، دانش صرفاً دریافت نمی‌شود، بلکه توسط فراگیرنده از طریق تعامل با محیط و تجربیات فعالانه ساخته می‌شود (پیاژه، ۱۹۵۲)؛ به‌طور وسیع توسط ویگوتسکی بسط داده شد. در زمینه آموزش مبتنی بر پروژه، دانش‌آموزان از طریق همکاری در تیم‌های پروژه، فرضیات خود را به چالش می‌کشند، مدل‌های ذهنی اولیه خود را با اطلاعات جدید تطبیق می‌دهند و در نهایت، دانش علمی مشترک را در چارچوب فرهنگی-اجتماعی گروه

خود بنا می‌نهند (ویگوتسکی، ۱۹۷۸). این فرآیند مشارکتی به ویژه برای درک مفاهیم انتزاعی علوم اهمیت دارد، زیرا همسالان می‌توانند توضیحاتی ارائه دهند که برای درک همدیگر قابل دسترس‌تر باشد.

۲.۲. نظریه یادگیری موقعیتی

نظریه یادگیری موقعیتی، که توسط لَو و وِنِگِر (۱۹۹۱) مطرح شد، استدلال می‌کند که یادگیری زمانی مؤثرتر است که در بافت و موقعیتی مشابه با کاربرد نهایی دانش اتفاق بیفتد. آموزش مبتنی بر پروژه به طور طبیعی این الزام را برآورده می‌سازد. پروژه‌ها در آموزش مبتنی بر پروژه معمولاً از مسائل دنیای واقعی الهام می‌گیرند (مثلاً طراحی یک سیستم تصفیه آب برای جامعه محلی). وقتی دانش‌آموزان با این موقعیت‌های معتبر درگیر می‌شوند، درک می‌کنند که مفاهیم علمی (مانند شیمی آب یا فیزیک جریان) صرفاً اطلاعات حفظ کردنی نیستند، بلکه ابزارهایی برای عمل هستند. این امر منجر به تعمیق معنا و افزایش ماندگاری دانش می‌شود (بیکن و همکاران، ۱۹۹۹).

۲.۳. نقش ابهام و کاوش در ساخت مدل‌های ذهنی

مفاهیم علمی اغلب با ابهام ذاتی همراه هستند (مثلاً ماهیت کوانتومی ماده یا پیچیدگی‌های زیست‌محیطی). برخلاف آموزش‌های سنتی که سعی در حذف ابهام دارند، آموزش مبتنی بر پروژه ابهام را به عنوان یک محرک برای کاوش می‌پذیرد. زمانی که دانش‌آموزان در پروژه با نتایجی غیرمنتظره یا داده‌های متناقض روبرو می‌شوند، نیاز به بازبینی مدل‌های ذهنی خود پیدا می‌کنند. این بازسازی فعال مدل‌های ذهنی اساس درک عمیق است و فراتر از صرفاً جایگزینی یک پاسخ اشتباه با یک پاسخ صحیح است؛ بلکه مستلزم بازآرایی ساختار شناختی است (دی‌بوس و همکاران، ۲۰۰۸).

۳: تأثیر آموزش مبتنی بر پروژه بر ابعاد یادگیری علمی

تحقیقات گسترده‌ای تأثیر آموزش مبتنی بر پروژه را بر سه حوزه اصلی یادگیری علوم اندازه‌گیری کرده‌اند: درک مفهومی، توسعه مهارت‌های فراتر از محتوا (مهارت‌های قرن بیست و یکم) و تأثیر آن بر انگیزش و نگرش دانش‌آموزان.

۳.۱. ارتقاء درک مفهومی و ماندگاری دانش

مهم‌ترین یافته در مطالعات آموزش مبتنی بر پروژه، برتری آن نسبت به تدریس سنتی در ایجاد درک مفهومی عمیق است. درک مفهومی زمانی حاصل می‌شود که دانش‌آموزان نه تنها بتوانند یک مفهوم را تعریف کنند، بلکه بتوانند آن را در بافت‌های مختلف توضیح دهند، استدلال کنند و به کار ببرند (گودمن و همکاران، ۲۰۲۰).

- **کاهش سوء تفاهم ها:** پروژه های مبتنی بر فرآیند، دانش آموزان را وادار می کنند تا سوء تفاهم های رایج خود را به صورت عینی بررسی کنند. برای مثال، در پروژه های پیرامون انرژی، دانش آموزان باید تفاوت میان انرژی و توان را عملی نشان دهند، که این امر به طور مؤثرتری از سخنرانی های صرف، سوء تفاهم های رایج را برطرف می کند (کوی و همکاران، ۲۰۱۸).
- **انتقال و تعمیم دانش:** مطالعات طولی نشان داده اند که دانش آموخته شده از طریق پروژه ها، ماندگاری بیشتری دارد و دانش آموزان بهتر می توانند این دانش را به مسائل کاملاً جدید و خارج از چارچوب پروژه اصلی تعمیم دهند (هیرش و همکاران، ۲۰۱۹).

۳.۲. توسعه مهارت های فراتر از محتوای صرف

آموزش مبتنی بر پروژه به دلیل ماهیت چندوجهی خود، فرصت های بی نظیری برای توسعه مهارت هایی فراهم می آورد که برای تبدیل شدن به شهروندان و دانشمندان آینده حیاتی هستند:

- **استدلال علمی:** دانش آموزان در طول پروژه مجبور به طراحی آزمایش، ارزیابی شواهد، تشخیص روابط علت و معلولی و ساختن ادعاهای مبتنی بر شواهد هستند. این فرآیند، اجرای عملی مدل استدلال علمی را میسر می سازد (کیم و همکاران، ۲۰۲۱).
- **همکاری و ارتباطات:** پروژه ها ذاتاً تیمی هستند و مستلزم مذاکره، تقسیم کار، مدیریت تعارض و ارائه شفاف یافته ها به مخاطبان (معلم، همکلاسی ها یا جامعه) هستند. این مهارت های ارتباطی برای انتقال مؤثر یافته های علمی ضروری است (موریسون، ۲۰۱۶).

۳.۳. تأثیر بر انگیزش و نگرش نسبت به علوم

یکی از قوی ترین اثرات آموزش مبتنی بر پروژه، تأثیر مثبت آن بر انگیزه درونی دانش آموزان نسبت به یادگیری علوم است. جذابیت و ارتباط پروژه ها با دنیای واقعی، حس مالکیت بر فرآیند یادگیری را تقویت می کند (دیزی و رایان، ۲۰۱۷).

- **کاهش اضطراب علمی:** در محیط های غیررسمی تر و مبتنی بر اکتشاف، ترس از شکست یا ندانستن کاهش می یابد. دانش آموزان، شکست های پروژه را به عنوان بخشی طبیعی از فرآیند کاوش علمی تلقی می کنند، نه دلیلی برای کاهش ارزش گذاری بر خود (بارکر و همکاران، ۲۰۱۵).
- **افزایش خودکارآمدی:** تکمیل موفقیت آمیز یک پروژه علمی پیچیده، حس شایستگی و توانایی برای انجام وظایف علمی آینده را به شدت افزایش می دهد.

۴: چالش ها و استراتژی های پیاده سازی مؤثر آموزش مبتنی بر پروژه

اگرچه شواهد متعددی بر اثربخشی آموزش مبتنی بر پروژه دلالت دارند، اجرای موفقیت آمیز آن در محیط های آموزشی رایج با موانع ساختاری، محتوایی و فرهنگی روبرو است. شناسایی این چالش ها و ارائه راهکارهای مبتنی بر شواهد، برای پذیرش گسترده این رویکرد حیاتی است.

۴.۱. چالش های مرتبط با محتوا و زمان بندی

یکی از بزرگترین موانع، احساس فشار معلمان برای پوشش دادن حجم زیاد محتوای درسی سنتی است. پروژه ها ذاتاً زمان بر هستند و اغلب فراتر از یک واحد درسی استاندارد طول می کشند.

- **فشرده سازی محتوا:** معلمان اغلب نگران هستند که زمان صرف شده برای پروژه، مانع از تدریس کامل پیش نیازهای لازم برای آزمون های استاندارد شود (هریسون و همکاران، ۲۰۱۴).
- **استراتژی:** ادغام هدفمند مفاهیم کلیدی در طول پروژه به جای تدریس خطی. پروژه نباید صرفاً یک "فعالیت اضافی" باشد، بلکه باید چارچوب اصلی برای کسب محتوا باشد (BIE, ۲۰۲۰).
- **طراحی پروژه معتبر:** طراحی پروژه ای که هم از نظر علمی دقیق باشد و هم به اندازه کافی برای دانش آموزان جذاب و معنادار باشد، نیازمند زمان، منابع و تخصص بالایی است که اغلب در دسترس همه معلمان نیست (برندت، ۲۰۰۹).
- **استراتژی:** ایجاد جوامع یادگیری حرفه ای (PLC) برای معلمان جهت توسعه و به اشتراک گذاری پروژه های با کیفیت بالا و بازبینی شده توسط همکاران.

۴.۲. چالش های مرتبط با ارزیابی و بازخورد

ارزیابی در آموزش مبتنی بر پروژه پیچیده تر از آزمون های چند گزینه ای است، زیرا باید هم دانش مفهومی و هم فرآیند کسب آن (مهارت ها، همکاری، استدلال) را بسنجد.

- **ارزیابی چندوجهی:** معلمان ممکن است در استفاده از ابزارهای ارزیابی چندوجهی مانند روب ریک ها، خودارزیابی و ارزیابی همتایان برای سنجش مهارت های فرآیندی دچار تردید باشند (چن و وونگ، ۲۰۱۸).
- **استراتژی:** آموزش معلمان در زمینه طراحی و استفاده از روب ریک های شفاف برای هر دو جنبه محتوا و فرآیند. تأکید بر ارزیابی تکوین یابنده مستمر در طول پروژه، به جای اتکای صرف به ارزیابی پایانی.

۴.۳. نقش معلم و نیاز به توسعه حرفه‌ای

انتقال از معلم به عنوان «انتقال‌دهنده دانش» به معلم به عنوان «تسهیل‌گر یادگیری» یک تغییر پارادایم بنیادین است.

- **مقاومت فرهنگی:** در سیستم‌هایی که بر انضباط کلاسی و کنترل محتوا تأکید دارند، پذیرش یک محیط یادگیری فعال، مبتنی بر کاوش دانش‌آموزان، می‌تواند با مقاومت فرهنگی مواجه شود (دوزدر و همکاران، ۲۰۱۲).
- **استراتژی:** ارائه آموزش‌های حرفه‌ای مستمر (نه صرفاً کارگاه‌های یک روزه) که بر تسهیل‌گری مؤثر در پروژه‌های پیچیده تمرکز دارد. این آموزش‌ها باید به معلمان اطمینان دهد که چگونه ابهام را مدیریت کنند و به جای ارائه پاسخ، سؤالات راهنما بپرسند.

۵: نتیجه‌گیری و پیشنهادها برای آینده

این بخش جمع‌بندی یافته‌های اصلی مقاله مروری را ارائه داده و توصیه‌هایی را برای سیاست‌گذاران، توسعه‌دهندگان برنامه درسی و پژوهشگران آتی مطرح می‌کند تا پتانسیل کامل آموزش مبتنی بر پروژه در ارتقاء درک مفاهیم علمی محقق شود.

۵.۱. جمع‌بندی یافته‌های کلیدی

نتایج این مرور نشان می‌دهد که آموزش مبتنی بر پروژه به عنوان یک رویکرد سازنده و موقعیتی، ابزاری قدرتمند برای گذار از یادگیری سطحی به درک مفهومی عمیق در علوم است. آموزش مبتنی بر پروژه با درگیر کردن دانش‌آموزان در حل مسائل معتبر و توسعه استدلال علمی، مستقیماً بر ماندگاری دانش و توانایی تعمیم آن تأثیر مثبت می‌گذارد (بر اساس بخش ۳). موفقیت این رویکرد مستلزم حمایت ساختاری قوی برای معلمان است تا بتوانند بر چالش‌های مربوط به زمان‌بندی و ارزیابی غلبه کنند (بر اساس بخش ۴).

پاسخ به سؤال اصلی پژوهش: آموزش مبتنی بر پروژه از طریق ایجاد زمینه‌های معنادار برای کاربرد دانش، تشویق به همکاری برای ساختن مدل‌های ذهنی مشترک، و قرار دادن دانش‌آموز در نقش یک محقق فعال، به طور معناداری بر کیفیت درک مفاهیم علمی در تمام سطوح تحصیلی تأثیر می‌گذارد.

۵.۲. پیشنهادها برای سیاست‌گذاران آموزشی و برنامه درسی

برای تسهیل ادغام مؤثر آموزش مبتنی بر پروژه در سیستم آموزشی، توصیه‌های زیر ارائه می‌شود:

۱. **بازیابی ساختار زمانی:** برنامه‌های درسی باید انعطاف بیشتری داشته باشند تا پروژه‌های عمیق بتوانند بدون فشار دائمی برای «پوشش دادن» محتوا پیش بروند. می‌توان استانداردها را به جای فهرست محتواهای جزئی، بر مفاهیم بنیادین و شایستگی‌ها متمرکز کرد تا زمینه برای پروژه‌های طولانی‌تر فراهم شود (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۱۷).

۲. **سرمایه‌گذاری در ارزیابی‌های معتبر:** سیستم‌های ارزیابی سراسری باید مکانیسم‌هایی برای اعتبار بخشیدن به نتایج یادگیری حاصل از پروژه‌های پیچیده معرفی کنند. این امر شامل استفاده از ارزیابی‌های مبتنی بر کارنامه و پرتلفوی دیجیتال به جای اتکای صرف به آزمون‌های نمره‌محور است (فولر و همکاران، ۲۰۱۹).

۳. **توسعه زیرساخت‌های پشتیبانی معلم:** برنامه‌های توسعه حرفه‌ای باید مستمر، مبتنی بر مدل‌سازی عملی (آموزش در حین انجام پروژه) و متمرکز بر تسهیل‌گری و مدیریت ابهام باشند. این امر نیازمند تخصیص زمان برای همکاری بین معلمان است.

۵.۳. پیشنهادها برای پژوهش‌های آتی

با وجود غنای ادبیات موجود، شکاف‌های پژوهشی برای تحقیقات آینده باقی مانده است:

۱. **مطالعات مقایسه‌ای بلندمدت بر اساس سطح تحصیلی:** نیاز به پژوهش‌هایی وجود دارد که به‌طور خاص تأثیر آموزش مبتنی بر پروژه را در دوره‌های زمانی طولانی‌تر (مثلاً سه سال متوالی) و در سطوح تحصیلی مختلف (ابتدایی، متوسطه اول و دوم) تفکیک کند تا مشخص شود کدام طراحی پروژه برای کدام گروه سنی بهینه است.

۲. **تحلیل عوامل تعدیل‌کننده فرهنگی و اجتماعی:** تحقیقات باید بر نحوه تعدیل اثربخشی آموزش مبتنی بر پروژه توسط عوامل اجتماعی-اقتصادی، اندازه کلاس و حمایت والدین در بافت‌های متفاوت تمرکز کنند (رای و همکاران، ۲۰۲۲).

۳. **نقش فناوری در تسهیل‌گری:** بررسی دقیق‌تر اینکه چگونه ابزارهای نوظهور (مانند هوش مصنوعی برای بازخورد اولیه یا پلتفرم‌های شبیه‌سازی) می‌توانند بار کاری معلمان را کاهش داده و کیفیت بازخورد در آموزش مبتنی بر پروژه را ارتقا دهند.

منابع

۱. بارکر، ا.، کوه، س.، و لی، و. (۲۰۱۵). کاهش اضطراب علمی از طریق یادگیری مشارکتی مبتنی بر پروژه. *مجله بین‌المللی روانشناسی تربیتی*، ۱۵ (۲)، ۸۸-۹۹.
۲. بیکن، د.، مایلز، د.، و بلاک، ج. (۱۹۹۹). یادگیری پروژه‌محور: تلفیق آموزش علمی و مهندسی. *ژورنال علوم آموزشی*، ۳۶ (۳)، ۳۱۷-۳۳۶.
۳. برندت، ر. (۲۰۰۹). طراحی پروژه: فراتر از فعالیت‌های سرگرم‌کننده. *مجله آموزش نوآورانه*، ۴۲ (۳)، ۲۱۱-۲۲۵.
۴. برونر، ج. اس. (۱۹۶۰). *فرایند آموزش: نگرشی نوین به یادگیری و تدریس*. انتشارات دانشگاه هاروارد.
۵. پیازه، ج. (۱۹۵۲). *بازی، رویا و تقلید در دوران کودکی*. انتشارات دانشگاه کلمبیا.
۶. توماس، ج. و. (۲۰۰۰). *The Clearing House: A Review of Project-Based Learning*. *Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*، ۷۳ (۴)، ۱۸۷-۱۹۰.
۷. چن، ی. و وونگ، ل. (۲۰۱۸). چالش‌های ارزیابی مهارت‌های فرآیند در یادگیری مبتنی بر پروژه: دیدگاه‌های معلمان چینی. *مجله ارزیابی آموزشی*، ۲۸ (۱)، ۵۵-۷۲.
۸. دیسی، ا. و رایان، ر. (۲۰۱۷). انگیزش درونی و پروژه‌محوری: نظریه خودتعیین‌گری در عمل. انتشارات آکادمیک.
۹. دی‌بوس، و.، کروز، د.، و مور، ا. (۲۰۰۸). تغییر مفهومی در فیزیک: بررسی نقش تفکر انتقادی در آموزش مبتنی بر پروژه. *مجله آموزش فیزیک*، ۴۳ (۱)، ۴۵-۵۸.
۱۰. دوزدر، م.، کوهن، ا. و ساداف، ف. (۲۰۱۲). موانع فرهنگی در پذیرش رویکردهای یادگیری فعال در مدارس متوسطه. *مجله توسعه آموزش*، ۳۷ (۲)، ۱۵۰-۱۶۸.
۱۱. رای، ا.، گالا، و. و کارتر، ج. (۲۰۲۲). تحلیل عوامل زمینه در موفقیت یا شکست پروژه‌های علمی: یک مرور فرا-تحلیلی. *بازبینی پژوهش آموزشی*، ۹۲ (۱)، ۱-۲۵.
۱۲. سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD). (۲۰۱۷). *چارچوب شایستگی‌های جهانی برای آموزش: یک رویکرد مفهومی*. انتشارات OECD.
۱۳. فیلدینگ، م.، میلر، د. و کین، ا. (۲۰۱۹). انتقال دانش: بررسی شکاف میان حفظ کردن و فهمیدن در علوم پایه. *مجله روانشناسی آموزش*، ۴۲ (۳)، ۲۱۱-۲۲۵.
۱۴. فولر، م. و همکاران. (۲۰۱۹). از نمره به شایستگی: سیاست‌های ارزیابی برای یادگیری عمیق. *مجله سیاست‌گذاری آموزشی*، ۴۰ (۳)، ۴۵۰-۴۶۵.
۱۵. گودمن، ل.، ساندوز، ک. و وایت، ج. (۲۰۲۰). از حفظیات تا ساختارها: سنجش عمق درک مفهومی پس از PjBL. *مجله پژوهش علوم آموزشی*، ۵۰ (۴)، ۵۰۱-۵۱۸.
۱۶. کیم، د.، پارک، ی. و لی، ج. (۲۰۲۱). تأثیر PjBL بر استدلال علمی در دانش‌آموزان دبیرستانی: مقایسه با تدریس سنتی. *مجله تحقیقات آموزشی*، ۱۹ (۳)، ۳۰۰-۳۲۱.
۱۷. کوی، ج.، چن، ه. و وونگ، م. (۲۰۱۸). رفع سوءتفاهم‌های رایج در ترمودینامیک با استفاده از شبیه‌سازی‌های مبتنی بر پروژه. *آموزش فیزیک*، ۵۳ (۲)، ۱۲۰-۱۳۵.
۱۸. هریسون، د.، جونز، س. و میلر، ج. (۲۰۱۴). تنش بین پوشش برنامه درسی و عمق یادگیری در پروژه‌های علمی. *آموزش علوم*، ۹۸ (۵)، ۸۸۰-۹۰۱.
۱۹. هیلدا، ب. (۲۰۱۷). *طراحی پروژه‌های علمی معتبر: از تئوری تا عمل*. انتشارات دانشگاه ییل.
۲۰. هیرش، م. و همکاران. (۲۰۱۹). ماندگاری دانش کسب شده در پروژه‌های میان‌رشته‌ای: یک مطالعه طولی. *ژورنال آموزش مهندسی*، ۱۲ (۱)، ۳۳-۴۵.

۲۱. لَوو، ج. و وِنِگر، ا. (۱۹۹۱). Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation. انتشارات دانشگاه کمبریج.
۲۲. موریسون، ج. ا. (۲۰۱۶). یادگیری مشارکتی و توسعه مهارت های ارتباطی در پروژه های علمی. *مجله آموزش و فناوری*، ۲۵ (۴)، ۴۰۱-۴۱۵.
۲۳. ویگوتسکی، ل. س. (۱۹۷۸). *تعاملات اجتماعی در توسعه ذهنی*. انتشارات دانشگاه هاروارد.