دوره شانزدهم، شماره پاییز و زمستان ۱۴۰۲

مجله فناوری اطلاعات در طراحی مهندسی

Information Technology in Engineering Design

http://ited.sinaweb.net

طراحی مدل آموزش معماری بومی با رویکرد ساخت گرایی (تمرکز: یادگیری مبتنی بر واقعیت مجازی)

مصطفی ازقندی[۱] مهدی یعقوبی*[۲] الهام فریبرزی[۳]

(۱) گروه علوم تربیتی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

(۲) گروه مهندسی برق، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران *

(۳) گروه علوم تربیتی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

(تاریخ دریافت : ۱۴۰۲/۱۱/۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۷)

چکیده

پژوهش حاضر با مدل‌سازی سه‌بعدی معماری بومی ایرانی-اسلامی اقدام به آموزش اصول پایداری به دانش‌آموزان نموده است. بدین منظور، پس از شناسایی مولفه‌های معماری بومی و تعیین عوامل موثر در آموزش آن از طریق مرور نظامند ادبیات تحقیق و مصاحبه با خبرگان، تاریخ پایداری معماری بومی با استفاده از یک مدل ساخت‌گرایی با دانش‌آموزان به اشتراک گذاشته شده است. این برنامه از طریق طراحی و توسعه یک مدل آموزشی مبتنی بر واقعیت مجازی و افزوده، یک تجربه جذاب دیجیتال در زمینه یادگیری برای توسعه پایدار را در سه مرحله (معرفی، تمرین، تولید) برای دانش‌آموزان فراهم نموده است. به منظور تعیین میزان بهبود درک دانش‌آموزان از مفاهیم مرتبط با اصول پایداری و معماری بومی، از ابزار پرسشنامه با تعیین روایی و پایایی مطلوب استفاده شده که این تکنیک، به همراه مشاهدات میدانی، پژوهشگران را در پاسخگویی به سوالات تحقیق یاری رسانده‌است.یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد بهره‌گیری از مدل‌سازی سه‌بعدی، بر آشنایی دانش‌آموزان از ویژگی‌های معماری بومی ایرانی-اسلامی و میزان تغییرات دانش، رفتار و آگاهی آنان از مفاهیم مرتبط با توسعه موثر بوده است، دستاوردی که مزیت استفاده از فناوری‌های نوین آموزشی در محیط‌های یادگیری را برجسته نموده و ضرورت ترویج و بکارگیری بیشتر آن در نظام آموزشی را تبیین می‌نماید.

کلمات کلیدی: فناوری‌آموزشی، واقعیت‌مجازی، آموزش معماری، معماری بومی پایدار، مدل‌سازی هوشمند، منطق فازی

*عهده‌دار مکاتبات:

مهدی یعقوبی

نشانی: گروه مهندسی برق، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

پست الکترونیکی: **yaghoobi@mshdiau.ac.ir**

۱- مقدمه

در مبحث آموزش پایداری، توسعه و ترویج سواد انرژی[1] و زیست محیطی دانش‌آموزان، توانایی است که به راحتی قابل دسترس و دستیابی نیست. این مهارت مهم و کاربردی، با بسیاری از موضوعات مختلف فرهنگی، اجتماعی و تاریخی در ارتباط متقابل قرار دارد. در حقیقت، بدون افزایش آگاهی اولیه نسبت به زمینه تاریخی اصول پایداری و مدیریت پایدار منابع انرژی و بررسی نقش این پیشینه فرهنگی در دنیای امروز و فردا، دانش‌آموزان نمی‌توانند نسبت به موضوعات مرتبط با انرژی در زندگی روزمره خود تصمیماتی آگاهانه بگیرند. این موضوعات، گستره‌ای از بهینه‌سازی نحوه مصرف انرژی در خانه تا حمایت از سیاست‌های ملی و دولتی پیرامون کاهش مصرف انرژی را در بر می‌گیرد [1].

با درنظرگیری این مقدمه، بایستی خاطر نشان نمود که یادگیری از تاریخ و فرهنگ گذشته و آشنایی با نوآوری‌های معماری بومی ایرانی-اسلامی در بهره‌گیری از روش‌های گوناگون مدیریت پایدار منابع تجدیدپذیر انرژی، زیرساخت آموزشی لازم در زمینه افزایش سطح سواد انرژی دانش‌آموزان را به وجود می‌آورد و درک آنان را از بینشی عمیق برخوردار می‌سازد. این آگاهی آنان را قادر خواهد ساخت تا بدانند چگونه تکامل و توسعه فناوری‌های سنتی و قدیمی در طول زمان، بستر لازم برای ایجاد فناوری‌های نوین امروزی در زمینه استفاده بهینه از منابع انرژی را فراهم ساخته است. بدین سان، بهره‌گیری از ظرفیت و پتانسیل ارزش‌های فرهنگی، تاریخی و زیست محیطی نهفته در حوزه معماری بومی و معرفی ویژگی‌های نوآور این سبک تاریخی از معماری ایرانی-اسلامی با تاکید بر مدل‌سازی سه بعدی، موضوعی است که پژوهش حاضر را از سایر مطالعات موجود در این حوزه متمایز می‌سازد. این استراتژی، هدفی است که از طریق ایجاد پلی میان فناوری‌های کهن و نوین و در قالب یک برنامه آموزشی مبتنی بر مدل ساخت گرایی در سه حوزه مدیریت منابع آبی، حفاظت از انرژی و ساخت و ساز پایدار در پژوهش حاضر دنبال شده است.

۲- بیان مساله

معماری بومی ایرانی-اسلامی یکی از مظاهر و شمایل تمدن کشور عزیزمان در طول تاریخ است که دارای سابقه‌ای بسیار کهن و درخشان در معرفی و بکارگیری شاخص‌های توسعه پایدار و مدیریت سبز بوده است. این پیشینه تاریخی، دربرگیرنده گستره‌ای از المان‌های مدیریت منابع آبی نظیر کاریز، قنات، آب‌انبار، یخچال، چرخ پارسی تا بهره‌گیری از سازه‌های بادی متمرکز بر انرژی‌های پاک نظیر بادگیر، آس‌باد و ... می‌باشد. در این زمینه، سازمان میراث فرهنگی،

[1] Energy literacy

صنایع‌دستی و گردشگری، به عنوان تنها نهاد رسمی کشور، مسئولیت سنگین نگهداری، پاسداری و شناخت میراث ایرانی و ثبت و معرفی ملی و بین‌المللی مواریث مدنی و معنوی را برشانه گرفته است؛ وظیفه‌ای بس خطیر که حفاظت از تاریخ باقیمانده از معماری بومی ایرانی-اسلامی، از جمله مصادیق مهم مربوط به آن می‌باشد [2].

با این حال و علیرغم وجود تلاش‌های فراوان بخش‌های گوناگون بدنه نظام فرهنگی کشور در زمینه صیانت، حفاظت و مرمت این بخش از میراث ملی، بخش وسیعی از بناهای مرتبط با معماری پایدار بومی مورد بی‌مهری قرار گرفته است. این مساله در گذر زمان و با توجه به عدم بهره‌برداری مفید از برخی از مواریث بزرگ تاریخی و زیست محیطی کشور عزیزمان، بسیاری از سازه‌های ارزشمند آن را به ورطه تخریب و نابودی کشانده است. لذا، با نگاهی به آخرین وضعیت نامناسب اندک ابنیه‌های باقیمانده معماری بومی ایرانی نظیر بادگیرهای سنتی یزد، آس‌بادهای نشتیفان و یا شرایط نامناسب نگهداری آب‌انبارها، یخچال‌ها، قنات‌ها و دیگر بناهای سنتی موجود در دل مناطق کویری کشور، ضرورت حفظ و نگهداری از این سازه‌های قدیمی و کهن هر چه بیشتر نمایان می‌شود [3].

از طرفی، با توجه به فقدان و کمبود یک برنامه درسی جامع، پویا و متمرکز بر آموزش اصول پایداری در نظام آموزشی مدارس کشور و مراکز دانشگاهی و ضرورت توجه به آموزش برای توسعه پایدار با تمرکز بر ترویج و توسعه فرهنگ، هویت و سبک زندگی ایرانی-اسلامی، یکی از راهکارهای مهمی که در زمینه صیانت از سنگرهای تاریخ، فرهنگ و مواریث مدنی و معنوی کشور عزیزمان پیشنهاد می‌شود، ایجاد زیرساخت‌های فرهنگی لازم درجهت انتقال دانش بومی نهفته در آن به نسل جدید خواهد بود؛ موضوعی‌که ضرورت شناسایی چنین سازه‌های تاریخی و ارزشمندی را به نسل جدید به خوبی روشن می‌سازد. لذا پژوهش حاضر قصد دارد تا با اتخاذ یک رویکرد نوین و تکنولوژی-محور در حوزه فناوری آموزشی و از طریق معرفی یک برنامه مبتنی بر واقعیت مجازی، در زمینه افزایش میزان درک دانش‌آموزان از موضوعات مرتبط با اصول پایداری معماری تاریخی ایرانی-اسلامی اقدام نماید.

۳- مرور ادبیات

۳-۱- معماری بومی

مطابق نظر جیمز استیونز کرل[۱] [4]، معماری بومی را می‌توان به عنوان سازه‌هایی بی‌تکلف، ساده، بومی و سنتی ساخته شده از مصالح محلی تعریف نمود [5] که به عنوان منبعی الهام بخش در خلق نوآوری در طراحی و برنامه‌ریزی پایدار

[۱] Curl J. S.

عمل می‌کند. بدین سان، رویکرد پایدار معماری بومی در برقراری شرایط زندگی هارمونیک انسان با طبیعت و استفاده هوشمندانه از مصالح محلی، بوم‌آورد و دوستدار محیط‌زیست، زیرساخت‌های لازم جهت اتکاء کمتر به منابع تجدیدناپذیر انرژی و درنتیجه حفاظت بیشتر از محیط زیست را در طول تاریخ فراهم آورده است [6]، دستاوردی که علاقه روزافزونی در میان محققان بین رشته‌ای در زمینه معرفی ویژگی‌های این نوع از معمار پایدار ایجاد نموده است. لذا، با درنظرگیری محدودیت منابع تجدید ناپذیر و بحران جهانی انرژی، اهمیت حفاظت از استراتژی‌ها و فناوری‌های کهن، هر چه بیشتر نمایان می‌گردد.

بررسی تاریخ معماری بومی از منظر حفاظت انرژی و انتقال این دانش کهن از دیرباز تا به امروز و به نسل‌های آتی، نه تنها نشان‌دهنده احترامی عمیق برای تاریخ و فرهنگ گذشته است [7]، بلکه می‌تواند قدردانی فراوانی در نسل جدید نسبت به ارزش‌های فرهنگی، اجتماعی و زیست‌محیطی نهفته در معماری بومی ایجاد نماید. توجه به این موضوع در نهایت، می‌تواند الهام‌بخش نسل آتیه‌ساز فردا در زمینه ایجاد تغییرات پایدار درجهت حل مسائل و چالش‌های مختلف زیست محیطی باشد که زندگی روزمره آنها را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد.

شایان ذکر است مزایا، ویژگی‌ها و ارزش‌های معماری بومی همواره درطول تاریخ بشر شناخته شده است، اما این شناخت در ابتدای دوره مدرن با کاهش محسوسی روبرو بوده است. با این وجود، در سه دهه اخیر، تعداد مطالعات و پژوهش‌های مرتبط با حوزه معماری بومی به سرعت رو به افزایش بوده است، موضوعی که علاقه روزافزونی در میان جامعه آکادمیک و دانشگاهی نسبت به حوزه معماری بومی و ارزش‌های نهفته در آن ایجاد نموده است [8].

ادبیات موجود پیرامون معماری بومی، اغلب بر این ایده اساسی تأکید دارند که ویژگی‌های این سبک تاریخی از معماری را می‌توان با اصول معماری پایدار و سبز مدرن مرتبط و همسان دانست [9]. از این منظر، معماری بومی به یک منبع اطلاعاتی مهم جهت تجزیه و تحلیل و درک بهتر ارزش‌ها و اصول یک سیستم پایدار طراحی در طول تاریخ در نظرگرفته می‌شود، اصلی که بر اهمیت حفظ و ترویج ارزش‌های فرهنگی، اجتماعی و تاریخی نهفته در معماری بومی برای نسل‌های آینده تاکید ویژه‌ای خواهد داشت [10].

در این زمینه، پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهند که در طول تاریخ، معماری بومی استفاده موثر از منابع طبیعی به همراه انتخابی آگاهانه از مصالح و تکنیک‌های ساخت و ساز با کمترین آثار سوء زیست محیطی را به انسان پیشنهاد می‌دهد [11]. با درنظرگیری این موضوع، چنین به نظر می‌آید که در عصر حاضر که شالوده آن بر اساس رشد و توسعه سریع فناوری و ساخت و سازهای عظیم و گسترده بنا شده است، هنوز پتانسیل و نیاز فراوانی برای یادگیری از دانش و تجربه نهفته در ساختارهای بومی و سنتی وجود داشته باشد [8].

افزایش آگاهی دانش‌آموزان، دانشجویان و معماران آینده پیرامون اهمیت و کاربردهای معماری بومی، به ویژه در حوزه آموزش معماری، همواره در طول سالیان اخیر از ارزش و اهمیت فراوانی برخوردار بوده است [9]. در این زمینه و در سال ۱۹۹۷، ابوغزه[1] به مطالعه رابطه فرهنگ و معماری پرداخت. وی اهمیت معماری بومی در یک بافت فرهنگی را بررسی نمود که طی آن، ارزش آموزش معماری در مورد مفاهیم نهفته در میراث بومی تاریخ و بررسی چگونگی استفاده از این مفاهیم در حل مسائل و چالش‌های روزمره مورد پژوهش قرار گرفت [12]. در سال ۲۰۲۰، ازورهن[2] در مطالعه خود بر اهمیت و پتانسیل استفاده مؤثر از دانش معماری بومی در برنامه‌های آموزش معماری تاکید کرد. این مطالعه، برنامه آموزشی جدیدی با عنوان "یادگیری از معماری بومی[3]" را پیشنهاد نمود که با هدف کمک به دانشجویان رشته معماری در جهت کسب دانشی عمیق‌تر در زمینه معماری بومی توسط محققان توسعه داده شده بود. در این پژوهش، تجزیه و تحلیل نهایی داده‌ها نشان می‌دهد که این برنامه آموزشی نه تنها منجر به افزایش قابل توجه آگاهی دانشجویان پیرامون مفاهیم و اصول پایه معماری بومی شده است، بلکه این دوره آموزشی می‌تواند به ابزاری مفید و منحصر به فرد در مورد شیوه‌های بکارگیری دانش بومی و سنتی در حل چالش‌های روزمره مبدل شود. مطالعه ارزشمند دیگری که در این زمینه وجود دارد، به کتاب «معماری بومی در قرن بیست و یکم: نظریه، آموزش و عمل[4]» برمی‌گردد که به سردبیری لیندزی آسکوئیث و مارسل ولینگا[5] در سال ۲۰۰۶ به رشته تالیف درآمده است. این کتاب، شامل مقالات نوشته شده توسط محققان برجسته‌ای است که سه موضوع مهم و اساسی را گرد هم می‌آورد: نظریه‌های دانش در مورد معماری بومی[6]، رویکردهای درک و یادگیری از معماری بومی[7] و معماری بومی به عنوان جنبه‌ای از آموزش معماری[8] [13].

براساس یافته‌های محققان پژوهش در جمع‌بندی حاصل از مرور نظامند مبانی نظری، مطالعات تجربی محدودی درحوزه شناسایی مولفه‌های معماری بومی ایرانی-اسلامی با استفاده از یک رویکرد نظامند و مبتنی بر واقعیت مجازی و افزوده در آموزش اصول پایداری وجود دارد. لذا، به منظور پرداختن به این نیاز و شکاف تحقیقاتی، پژوهش حاضر قصد دارد تا با مرور تاریخچه مهندسی و معماری کهن کشور عزیزمان و از طریق شناسایی مولفه‌های پایدار این میراث ارزشمند معماری بومی[9]، اهمیت حفاظت از تاریخ پایداری معماری بومی ایرانی-اسلامی و تأثیرات انتقال دانش آن بر توسعه آموزش برای توسعه پایدار در دنیای مدرن را برای دانش‌آموزان و معلمان مدارس برجسته و پررنگ نماید.

---

[1] Abu-Ghazzeh, T. M.
[2] Ozorhon, G. & Ozorhon I. F.
[3] Learning from vernacular architecture in architectural education (LF-VA)
[4] Vernacular architecture in the twenty-first century: Theory, education, & practice
[5] Asquith, L. & Vellinga. M.
[6] Theories of knowledge concerning vernacular architecture
[7] Approaches to understanding & learning from vernacular architecture
[8] Vernacular architecture as an aspect of architectural education
[9] Vernacular architectural heritages

۲-۳- آموزش برای توسعه پایدار و فناوری‌های فراگیر[1]

در دنیای مدرن فناوری آموزشی، ابزارهای دیجیتال نوین به طور فزاینده‌ای برای اهداف یادگیری و آموزش مورد استفاده قرار گرفته‌اند [15] [14] و دیجیتالی‌شدن در زمینه آموزش برای توسعه پایدار، توجه محققان زیادی را در دهه گذشته به خود جلب نموده است. به عنوان مثال، به عنوان فناوری‌های نوظهور و چندکاره[2]، تحقیقات مختلف نشان می‌دهند که واقعیت مجازی[3] و واقعیت افزوده[4] از پتانسیل بالایی جهت تغییر آموزش برای توسعه پایدار برخوردارند. برای به دست‌آوردن درکی عمیق‌تر و تقویت توسعه بیشتر در این زمینه، ابینجر و همکارانش[5] در سال ۲۰۲۲ [16]، با استفاده از یک رویکرد تحقیق کیفی- اکتشافی، مزایای فناوری‌های واقعیت مجازی و افزوده را بررسی نمودند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که این فناوری‌های فراگیر، ابزار مؤثری جهت ارتقاء آموزش برای توسعه پایدار می‌باشند که این موضوع در درجه اول، به ویژگی‌های شبیه‌سازی و تعاملی[6] آنها برمی‌گردد. در سال ۲۰۱۹، فرناندز و میون[7] [17] از یک فناوری یادگیری تعاملی واقعیت مجازی جهت تقویت دانش و ادراک کودکان با درنظرگیری مسائل زیست‌محیطی سراسر جهان استفاده نمودند. این محققان، اقدام به معرفی اپلیکیشن آموزشی"SDGs VRPlay for KIDS" نموده و به بررسی تاثیر کاربرد آن در زمینه آموزش پایداری پرداختند. این اپلیکیشن، یک پلتفرم ساده، سرگرم‌کننده و منبع‌باز برای کودکان است که به منظور یادگیری در مورد اهداف جهانی آموزش و از طریق مطالعات موردی[8]، شبیه‌سازی[9]، استراتژی‌های بازی‌سازی[10]، واقعیت‌مجازی و فعالیت‌های تعاملی[11] طراحی شده است. در نهایت در سال ۲۰۲۳، الانسی و همکارانش[12] [18] در تحقیقات خود به این نکته اساسی اشاره نمودند که قابلیت‌های واقعیت افزوده و مجازی، دانش‌آموزان را با آن‌دسته از تجارب دیجیتال آشنا می‌کنند که به راحتی و از طریق روش‌های آموزشی سنتی قابل تکرار نمی‌باشند [19]، موضوعی که به آنان کمک خواهد نمود تا با مطالبی پیچیده‌تر و فراتر از محیط‌های کلاسی سنتی و کتب درسی رسمی درگیر

[1] Education for Sustainable Development (ESD) & Immersive technologies
[2] Emerging & versatile technologies
[3] Virtual Reality (VR)
[4] Augmented Reality (AR)
[5] Ebinger, F.; Buttke, L. & Kreimeier, J.
[6] Simulative & Interactive properties
[7] Fernandez, G. & Maione
[8] Case studies
[9] Visualizations
[10] Gamification strategies
[11] Interactive activities
[12] Al-Ansi, A. M.; Jaboob, M.; Garad, A. & Al-Ansi, A.

شوند [20]، درحالی‌که به طور همزمان، معلمان را قادر می‌سازد تا محتواء درسی برای سبک‌های مختلف یادگیری فردی را بهینه‌سازی نموده و تغییر دهند [21].

۳-۳- فناوری‌های فراگیر در یادگیری برای پایداری[1]

برطبق نظر یونگبلات[2] [22]، روند معرفی فناوری واقعیت‌مجازی در حوزه تحصیلات پیش از دانشگاه و آموزش عالی[3] در اوایل دهه۹۰ و با پروژه‌های نظیر فضای علم[4]، دنیای ایمنی[5]، تغییرات جهانی[6]، نمایشگاه گوریل مجازی[7]، دنیای اتم[8] و زیست شناسی سلولی[9] آغاز شد [23]. از زمان پیدایش این پدیده در دهه ۱۹۹۰، فناوری واقعیت مجازی به عنوان یک ابزار پشتیبانی از دانش، روز به روز تکامل بیشتری یافته و بلوغ آن درسال‌های گذشته، حوزه‌های مختلفی نظیر معماری، آموزش، مهندسی و غیره را با یکدیگر تلفیق نموده است [26] [25] [24]. همچنین، دیجیتالی‌شدن سریع پس از بیماری پاندمی، ضرورت استفاده از بهترین شیوه‌های فناوری‌های آموزشی، مانند واقعیت مجازی فراگیر[10] را در محیط‌های آموزشی دنیای پس از کرونا دوچندان نموده است [27]. محققان حوزه فناوری اطلاعات، واقعیت مجازی فراگیر را به عنوان «مجموعه سیستم‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری که به دنبال خلق یک تجربه حسی و فراگیر از حضور در محیطی مجازی هستند» تعریف نموده‌اند [28]. بر پایه نظر رادیانتی و همکارانش، اصطلاح فراگیری[11] به معنای «میزان درجه‌ای است که نمایشگرهای رایانه‌ای قادر به ارائه یک تجربه دیجیتال جامع، گسترده، کامل و واضح از دنیای واقعی هستند.» به طور دقیق‌تر، این مفهوم اشاره به سطحی از تجربه دیجیتال دارد که طی آن محیط فیزیکی برای کاربران کنار گذاشته می‌شود [15].

اگرچه حضور پدیده واقعیت مجازی چندان جدید نیست، اما پیشرفت‌های اخیر در حوزه فناوری‌های فراگیر، ابزار واقعیت مجازی را به طور فزاینده‌ای برای محققان این حوزه جذاب نموده است، به ویژه به دلیل پتانسیل بالایی که این فناوری نوین، به عنوان یک ابزار کمک آموزشی پیشنهاد می‌دهد [15]. در همین راستا، تقریباً سه دهه پیش، هدبرگ و

[1] Immersive Technologies in Learning for Sustainability
[2] Youngblut, C.
[3] Higher education
[4] Science Space
[5] Safety World
[6] Global Change
[7] Virtual Gorilla Exhibit
[8] Atom World
[9] Cell Biology
[10] Immersive Virtual Reality (IVR)
[11] Immersion

الکساندر[1] [29] در مورد کارآیی واقعیت مجازی در حیطه آموزش به مطالعات جدی پرداختند. این محققان، افزایش فراگیری[2]، وفاداری[3] و مشارکت فعال یادگیرنده[4] را به عنوان ویژگی‌های تعیین‌کننده و اصلی واقعیت مجازی شناسایی نمودند [30]. همچنین تحقیقات مختلف نشان داده است، نتایج بکارگیری واقعیت مجازی فراگیر در آموزش مقاطع ابتدایی [31]، مقاطع متوسطه و آموزش عالی [33] [32] [27] از اثربخشی بالایی برخوردار بوده است. لازم به ذکر است که ادغام ابزار واقعیت مجازی و افزوده در کلاس درس، مزایای بسیاری به همراه دارد [20] که از جمله آن می‌توان به مشارکت بیشتر دانش‌آموزان، افزایش حس کنجکاوی، تسهیل ارتباط اطلاعات و ایجاد انگیزه در دانش‌آموزان در جهت بهبود یادگیری و عملکرد اشاره نمود [36] [35] [34]. در نهایت و در سال ۲۰۱۸، چاوز و بایونا[5] عوامل اجراء موفقیت‌آمیز فناوری واقعیت مجازی و تأثیرات مثبت آن بر نتایج یادگیری را بررسی نمودند که نتایج حاصله در این زمینه نشان می‌دهد که به کمک ابزار واقعیت مجازی، دانش‌آموزان اطلاعات بیشتری حفظ می‌کنند و می‌توانند پس از شرکت در تمرین‌های واقعیت مجازی، آموخته‌های خود را در محیط واقعی با توانایی بالاتر و بیشتری به کار ببرند [37].

۴- چارچوب نظری پژوهش: مدل آموزشی ساخت‌گرایی3P[6]

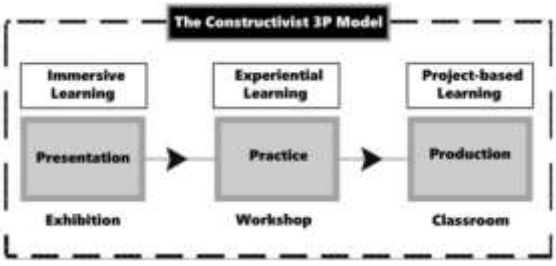
مدل آموزشی پژوهش حاضر، چارچوبی ساختاریافته برای یادگیری فعال[7]، در فاز مطالعات اجرایی پژوهش فراهم می‌آورد که زیرساخت آن با اصول و نظریه‌های ساخت‌گرایی[8] و تجربه‌گرایی در ارتباط است. با درنظرگیری این اصل، نظریه‌های یادگیری مرتبط با ساخت‌گرایی، به عنوان چارچوب نظری برای پژوهش حاضر عمل می‌کنند. نظریه ساخت‌گرایی بیشترین ارتباط را با روانشناس سوئیسی، ژان پیاژه[9] (۱۹۸۰-۱۸۹۶) دارد که نظریه معرفت شناختی او به عنوان یکی از تأثیرگذارترین نظریه‌های ساخت‌گرایی در حوزه تعلیم و تربیت شناخته می‌شود [38]. به گفته بادا[10] [39]، نظریه ساخت‌گرایی پیاژه، تأثیر بسیار گسترده‌ای بر سایر نظریه‌های یادگیری و روش‌های تدریس در طول تاریخ آموزش داشته است و منبع بسیاری از جنبش‌های اصلاحی آموزش و پرورش بوده است. در این زمینه، رویکرد ساخت‌گرایی بر نوعی از یادگیری فعال تأکید

[1] Hedberg, J. & Alexander, S.
[2] Increased immersion
[3] Fidelity
[4] Active learner participation
[5] Chavez, B. & Bayona, S.
[6] The Constructivist 3P Model
[7] Progressive learning
[8] Constructivism
[9] Jean Piaget
[10] Bada, S. O.

دارد که طی آن فراگیران، درک و دانش خود از جهان اطراف را به واسطه تجربه مستقیم پدیده‌ها و تأمل در آن تجارب می‌سازند [40].

لذا، مدل ساخت‌گرایی مناسب‌ترین نظریه یادگیری منطبق بر مدل آموزشی پژوهش، مبتنی بر ساخت دانش فعال[1] می‌باشد که در سه مرحله آموزشی (معرفی[2]، تمرین[3] و تولید[4]) مورد استفاده قرار خواهد گرفت. در هر مرحله، تعدادی از نظریه‌های مرتبط با ساخت‌گرایی و سایر رویکردهای آموزشی مرتبط با آن مورد استفاده قرار خواهد گرفت که در نهایت، یک محیط یادگیری جامع و پویا در فرآیند یادگیری برای دانش‌آموزان ایجاد می‌نماید. این مدل آموزشی، دانش‌آموزان را قادر خواهد ساخت تا به صورتی فعالانه در فرآیند یادگیری شرکت کنند (مرحله معرفی)، معانی واقعی پدیده‌ها را از طریق کسب تجارب فراگیر[5] ادراک نمایند (مرحله تمرین)، و در نهایت، دانش خود را در سناریوهای عملی دنیای واقعی[6] مورد استفاده قرار دهند (مرحله تولید).

بخش بعدی، یک نماء کلی از رویکرد آموزشی مدل 3P و الگوریتم اجرایی پژوهش به همراه مراحل متمایز آن ارائه خواهد داد و روش‌ها و استراتژی‌هایی را معرفی می‌نماید که به کمک آن در هر مرحله، تکنیک‌های آموزشی مختلف الهام‌گرفته از نظریه ساخت‌گرایی[7] در یک بافت یادگیری غیررسمی[8] ترکیب می‌شود. این الگو که می‌تواند به عنوان چارچوبی جامع جهت مراحل طراحی، توسعه و اجراء برنامه آموزشی پژوهش و همچنین تحلیل اثربخشی آن مورد استفاده قرار گیرد، در شکل شماره یک به نمایش درآمده است:



شکل ۱. مدل آموزشی سه‌مرحله‌ای پژوهش (دیاگرام ساخت‌گرایی)

۱-۴- مرحله معرفی[9]

[1] Active knowledge construction
[2] Presentation
[3] Practice
[4] Production
[5] Immersive experiences
[6] Real-world scenarios
[7] Constructivist-inspired theories & strategies
[8] Informal learning context
[9] Presentation

معرفی، اولین مرحله فاز اجرایی پژوهش حاضر است که زیرساخت آموزشی لازم برای دیگر قسمت‌های مدل پیشنهادی را فراهم می‌آورد. این مرحله، با اتکاء به تجارب و ادراک قبلی دانش‌آموزان، پایه‌ای نوین جهت ارائه تجارب فراگیر فراهم می‌آورد. مرحله معرفی از طریق طراحی و سه‌بعدی‌سازی المان‌های آموزشی[۱] و تاریخی مختلف که به عنوان نماد پایدارترین معماری‌های بومی ایرانی-اسلامی شناخته می‌شوند، یک تجربه یادگیری جذاب در محیط نمایشگاهی مجازی برای کودکان فراهم می‌آورد. این رویکرد می‌تواند به ویژه برای آموزش مفاهیم پیچیده پایداری و برای دسترسی دانش‌آموزان به تجاربی مفید باشد که درک آن در یک محیط فیزیکی واقعی به راحتی امکان‌پذیر نمی‌باشد. همچنین این سناریو برای فراگیران بصری[۲] که در هنگام استفاده از فناوری‌هایی نظیر واقعیت افزوده و مجازی اقدام به یادگیری بهتر می‌کنند مناسب‌تر است. در این زمینه، این فناوری‌های جدید قادرند تا دنیایی مجازی خلق کنند و به کاربران خود اجازه دهند تا به طور کامل در محیط مجازی غوطه‌ور شوند، در حالی که به طور همزمان، محیطی بسیار واقعی را تجربه نمایند [42] [41] [15]. لذا، با استفاده از نرم‌افزارهای مختلف مدل‌سازی سه‌بعدی، مرحله معرفی، یک موزه مجازی[۳] پیشنهاد می‌دهد که می‌تواند به دو صورت اصلی ارائه گردد. این دو پلتفرم مجازی، کودکان را قادر خواهد ساخت تا به طور خودکار اقدام به بازدید نمایشگاهی کنند، به طور مستقل موضوعات مختلف علمی را بررسی نمایند و در نهایت، با هدایت خود، اکتشافاتی ارزشمند انجام دهند:

- **حالت فراگیری بالا**[۴]:

این پلتفرم، یک تور مجازی سه‌بعدی، تجربی و دیجیتال ۳۶۰ درجه از طریق عینک‌های HMD فراهم می‌کند که حاوی تصاویر پانوراما[۵]، نقاط قابل‌کلیک[۶] و ناوبری صوتی[۷] خواهد بود.

- **حالت فراگیری پایین**[۸]:

[۱] Educational replicas & Scale models
[۲] Visual
[۳] Virtual museum
[۴] High Immersion Mode
[۵] Panoramic scenes
[۶] Clickable hotspots
[۷] Audio navigation
[۸] Low Immersion Mode

این پلتفرم یک تور خودراهنما[1] از طریق VR دسکتاپ یا برنامه تلفن همراه فراهم می‌کند که به کودکان اجازه می‌دهد تا المان‌های دیجیتال و مجازی پایدارترین معماری‌های بومی دنیا را از طریق رایانه‌های شخصی، دستگاه‌های تلفن همراه و یا تبلت خود بازدید نمایند.

۲-۴- مرحله تمرین[2]

مدل آموزشی ساخت‌گرایی تحقیق حاضر، فرصتی مناسب به منظور یادگیری تجربی[3] فراهم می‌آورد که به موجب آن، دانش‌آموزان قادر خواهند بود تا هدایت روند یادگیری خود را برعهده گرفته و فعالانه درگیر فرآیند آموزشی شوند. در این زمینه، فلسفه آموزشی جان دیویی[4] (۱۹۵۲-۱۸۵۹)، زیرساخت لازم جهت نظریه یادگیری تجربی مدرن را فراهم می‌آورد. بر این اساس، دیویی استدلال می‌کند که افراد همواره از طریق تعاملات مستقیم خود با دنیای اطراف درحال یادگیری هستند [43]. به گفته رادیانتی و همکارانش [15]، تجربه‌گرایی[5] از دیدگاه ساخت‌گرایی منتج می‌شود، چرا که یادگیری از تجربه شخصی یادگیرنده استخراج می‌شود [44]. بدین سان، یادگیری تجربی[6]، به عنوان یادگیری "دستی[7]" تعریف می‌شود و همان گونه که توسط کانتور [45] نیز بیان شده است، یادگیری تجربی یک "فرایند یادگیری و روشی برای آموزش است که دانش‌آموزان را در یک فعالیت تعاملی فراگیر وارد کرده و از آنها درخواست می‌کند تا در مورد تجارب خود و کاربردهای آن تفکر کنند." [46]. از این منظر، یادگیری تجربی به طیف وسیعی از تجارب آموزشی همانند خدمات اجتماعی[8]، کار میدانی[9]، گروه‌های آموزشی حساسیت[10]، کارگاه‌ها[11]، کارآموزی و آموزش مشارکتی شامل کار در تجارت و صنعت اشاره دارد [47].

با توجه به این مفاهیم، پس از آن که محتواء آموزشی تحقیق حاضر در مرحله اول (معرفی) و در محیط نمایشگاهی به دانش‌آموزان ارائه و انتقال داده شد، درگام بعد، محیط یادگیری به فضای کارگاهی تغییر پیدا می‌کند، فضایی که در آن، انواع رویکردها و استراتژی‌های آموزش تجربی در تمارین فردی، کار میدانی و فعالیت‌های گروهی به کار گرفته خواهد شد.

---

[1] Self-guided tour
[2] Practice
[3] Experiential learning
[4] John Dewey
[5] Experientialism
[6] Experiential learning (ExL)
[7] Hands-on
[8] Community service
[9] Fieldwork
[10] Sensitivity training groups
[11] Workshops

لازم به ذکر است که امروزه بسیاری از رویکردها و روش‌شناسی‌های آموزشی، تحت تأثیر فلسفه و نظریه آموزش تجربی هستند. یکی از این رویکردهای آموزشی، «سازه‌گرایی[1]» نام دارد که به گفته هوث و همکارانش[2] [48]، نه تنها بر یادگیری تجربی تاکید دارد، بلکه بر اساس نظریه ساخت‌گرایی ژان پیاژه بنا شده است [49]. در این زمینه، پس از پیاژه، شاگردش، سیمور پاپرت[3] (۲۰۱۶-۱۹۲۸)، مفهوم توسعه‌یافته‌تری از نظریه ساخت‌گرایی اولیه وی مطرح نموده است. سازه‌گرایی، روشی آموزشی است که در آن، فراگیران جهت تمرین آموخته‌های خود و کسب تجربه نتایج ملموس‌تر، درگیر تولید دانش و خلق محصولات فیزیکی و مصنوعات بصری[4] ساخته دست خود خواهند شد [38]. در حقیقت، در حالی که یادگیری تجربی، دانش‌آموزان را تشویق می‌کند تا «با انجام دادن، بیاموزند[5]»، سازه‌گرایی را می‌توان به عنوان «یادگیری از طریق ساختن[6]» در نظر گرفت [50].

با بکارگیری این روش‌شناسی در رویکرد آموزشی پژوهش حاضر، هیجان، علاقه، انرژی و اشتیاق دانش‌آموزان را می‌توان به کمک انواع فعالیت‌های عملی-هنری نظیر پازل‌های سه بعدی، کاردستی و دست سازه‌های خشتی-گلی افزایش داد. این ابزارها به راحتی در کارگاه‌های حاضر در فاز اجرایی پژوهش در دسترس بوده و به سادگی می‌توانند توسط کودکان و با استفاده از دستورالعمل‌ها و لوازم جانبی ارائه شده مونتاژ شوند. لازم به ذکر است که به عنوان یکی از سرگرم کننده‌ترین بخش‌های پژوهش، این رویکرد عملی در فضای کارگاهی، نه تنها درک و توسعه مهارتی دانش‌آموزان را بهبود می‌بخشد، بلکه نتایج یادگیری آنها در مرحله تمرین را نیز افزایش می‌دهد.

۳-۴- مرحله تولید[7]

تولید، سومین و آخرین مرحله از برنامه آموزشی پژوهش حاضر است که طی آن دانش‌آموزان، دانش و مهارت‌های خود در جهت خلق ایده‌های نوین را به کار می‌بندند. بر طبق نظر مارکولا و آکسلا[8] [51]، یادگیری پروژه محور[9]، یک رویکرد مفید درجهت ارتقاء سطح یادگیری و مهارت‌های قرن بیست و یکم در حوزه آموزش پیش از دانشگاه است. بر این اساس،

[1] Constructionism
[2] Hus, V.; Aberšek, B. & Jančič, P.
[3] Seymour Papert
[4] Physical products & Visual artifacts
[5] Learning by doing
[6] Learning by making
[7] Production
[8] Markula, A. & Aksela, M.
[9] Project Based Learning (PBL)

یادگیری مبتنی بر پروژه، به یادگیری مساله محور[1] و دانش‌آموز محور[2] اشاره دارد که بر اساس فعالیت‌های پژوهش‌محور[3] فراگیران در طول سال تحصیلی سازماندهی می‌شود [52]. این رویکرد بدان معنی است که طی فرآیند یادگیری، مهارت‌ها و محتواء جدید می‌تواند از طریق فعالیت‌های مشارکتی دانش‌آموزان در گروه‌های مختلف علمی و با اثربخشی بیشتری اتفاق افتد [54] [53] [52].

در نتیجه، یادگیری پروژه محور را می‌توان به عنوان یک یادگیری فعال و مشارکتی[4] توصیف نمود که در آن دانش‌آموزان، در حال ادغام، بکارگیری و ساخت دانش خود هستند، در حالی که تلاش دارند تا با همکاری و کمک یکدیگر، به راه‌حل‌هایی جدید در جهت حل مشکلات پیچیده با سناریوهای دنیای واقعی دست یابند [55].

مطابق تحقیقات صورت گرفته و در مقایسه با روش آموزش سنتی و معلم محور[5]، یادگیری پروژه محور می‌تواند منجر به پیشرفت تحصیلی بیشتری در میان فراگیران شود [56]. همچنین مطالعات مختلف نشان داده است که رویکرد یادگیری پروژه محور، مهارت‌های دانش‌آموزان در زمینه تفکر انتقادی و طرح سوال را به خوبی بهبود می‌بخشد [57] و به توسعه شایستگی‌های درون فردی و میان فردی[6] دانش‌آموزان کمک شایانی می‌کند [58].

یکی دیگر از ویژگی‌های کلیدی آموزش پروژه محور، تاکید این رویکرد در زمینه یادگیری بین‌رشته‌ای[7] است [59] [61] [60]. به عنوان مثال، تعداد فراوانی مطالعه موردی در حوزه معماری بومی ایرانی-اسلامی وجود دارد که هر کدام، دریایی از نبوغ و نوآوری را ارائه و پیشنهاد می‌دهند. بنابراین، مطابق ساختار مدل آموزشی پژوهش حاضر، در طول سال تحصیلی، از دانش‌آموزان خواسته شده است تا به عنوان پروژه کلاسی، درمورد تاریخچه پایداری در فرهنگ حوزه جغرافیایی زندگی خود تحقیق و تفحص نموده و یافته‌های خود در مورد پایدارترین فناوری‌های بومی نوآور در زمینه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را با دیگران به اشتراک بگذارند. همچنین، بررسی تاثیرات فرهنگی و اجتماعی معماری بومی جوامع و مناطق مختلف، بر شکل‌دهی سبک زندگی پایدار[8] مردمان منطقه‌ای آنها و شناسایی الگوهای مشترک میان آنها، از دیگر موضوعاتی است که در طول سال تحصیلی توسط دانش‌آموزان مورد پژوهش قرار گرفته است. این استراتژی، کلیه دانش‌آموزانی با پیشینه‌ای از فرهنگ‌های متنوع را درگیر خواهد نمود و آنان را با میراث غنی فرهنگ‌های مختلف بومی، ملی و بین‌المللی آشنا می‌سازد. بر این اساس، دانش‌آموزان می‌توانند با شباهت‌ها و تفاوت‌های موجود فی مابین

[1] Problem-oriented learning
[2] Student-centered learning
[3] Research-based activities
[4] Active & collaborative learning
[5] Teacher-led instruction
[6] Intra- and interpersonal competencies
[7] Interdisciplinary learning
[8] Sustainable life style

انواع سیستم‌های بومی پایدار و ارتباطات فرهنگی میان آنها بیشتر آشنا شوند، رویکردی که تلاش خواهد داشت تا یک بعد بین فرهنگی به تجربه یادگیری دانش‌آموزان اضافه نموده و تنوع فرهنگی را در پژوهش حاضر مورد ستایش قرار دهد.

با توجه به ادبیات موجود، رویکرد یادگیری پروژه–محور به طور گسترده‌ای در حوزه آموزش دانشجویان رشته‌های مختلف دانشگاهی استفاده شده است. با این حال، این رویکرد به ندرت در مقطع تحصیلی متوسطه به کار گرفته شده است، زیرا ترکیب اصول یادگیری پروژه–محور با الزامات برنامه تحصیلی–آموزشی موجود در مقاطع متوسطه به راحتی امکانپذیر نمی‌باشد [62]. لذا، جهت پرداختن به این نیاز تحقیقاتی، دانش‌آموزان حاضر در این پژوهش، نه تنها درک و برداشت خود از مفاهیم پایداری را در قالب پروژه‌های کلاسی بیان نموده‌اند، بلکه به طور فعال، مدل‌های معماری پایدار[۱] خود را با الهام از اطلاعات تاریخی و فرهنگی ارائه شده در دو مرحله اولیه مدل آموزشی پژوهش، ایجاد و تولید نموده‌اند. در این زمینه، انجام پروژه‌های کلاسی نظیر گزارش‌های پژوهشی، ساخت مدل‌های فیزیکی، اجراء نمایشگاه‌های هنری و یا سایر فعالیت‌های پژوهش‌محور، بستری مناسب برای دانش‌آموزان فراهم آورده است تا در مورد یافته‌های خود به بحث و مناظره پرداخته و پیشنهادات سازنده خود درجهت حل مسائل زیست‌محیطی و اجتماعی روزمره را ارائه نمایند. این رویکرد آموزشی، در نهایت موجبات ایجاد تفکر انتقادی[۲] و مهارت‌های حل مسئله[۳] در میان دانش‌آموزان را ارتقاء می‌بخشد، مهارت‌های اجتماعی و ارتباطی آنان را توسعه می‌دهد و آنها را قادر می‌سازد تا بر روی اهدافی کار کنند که دارای کاربردهایی فراتر از کلاس درس باشند [63].

بایستی خاطر نشان نمود که تمرکز اصلی رویکرد یادگیری پروژه محور بر این اصل استوار است که یادگیری مؤثرتر زمانی اتفاق می‌افتد که فراگیران، نظریه‌های آموخته شده خود را در عمل به کار ببندند. لذا، به عنوان یک رویکرد دانش‌آموزمحور، نقش مربیان و معلمان در یادگیری پروژه محور، از «کارگردان نمایش[۴]» به «راهنما پشت صحنه[۵]» تغییر می‌یابد [64]. بر این اساس، معلمان به عنوان "تسهیل‌گرانی[۶]" فعالیت خواهند نمود که تنها بر طول فرآیند آموزش فراگیران نظارت دارند. لذا، همانطورکه استافاچر و همکارانش[۷] [65] در پژوهش‌های خود بیان می‌کنند، نقش معلم، از توزیع‌کننده دانش، به یک مدیر فرآیند تغییر می‌یابد [61]. بنابراین برخلاف مرحله اول مدل آموزشی پژوهش که فراگیران در آن نقش انفعالی ایفاء می‌کنند، در مرحله پایانی، دانش‌آموزان نقشی فعال در فرآیند یادگیری پژوهش–محور خواهند داشت.

---

۱ Sustainable architectural models

۲ Critical thinking

۳ Problem-solving skills

4 Sage-on-the stage

5 Guide-on-the-side

6 Facilitators

7 Stauffacher, M.; Walter, A. I.; Lang, D. J.; Wiek, A. & Schol, R. W.

۵- اهداف تحقیق

- بهره‌گیری از تکنولوژی‌های واقعیت فراگیر در سه بعدی‌سازی ویژگی‌های پایدار معماری‌های بومی
- طراحی، توسعه و اجراء یک مدل آموزشی ساخت‌گرایی مبتنی بر واقعیت مجازی و واقعیت افزوده
- ارزیابی میزان اثربخشی فناوری‌های آموزشی پژوهش به عنوان ابزارهای موثر هوشمند در زمینه ارتقاء سطح آموزش برای توسعه پایدار دانش‌آموزان

۶- سوالات تحقیق

پرسش اول: بهره‌گیری از مدل‌سازی سه‌بعدی تا چه میزان بر آشنایی دانش‌آموزان با ویژگی‌های پایدار معماری بومی ایرانی-اسلامی موثر بوده است؟

پرسش دوم: بکارگیری مدل آموزشی ساخت‌گرایی پژوهش تا چه میزان بر درک دانش‌آموزان از مفاهیم و اصول توسعه پایدار موثر بوده است؟

پرسش سوم: بهره‌گیری از رویکردهای نوین فناوری آموزشی پژوهش نسبت به روش‌های سنتی معلم-محور، تا چه اندازه بر میزان پذیرش دانش‌آموزان از مفاهیم آموزشی موثر بوده است؟

۷- روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از روش ترکیبی[1] با تلفیقی از رویکردهای کمی و کیفی استفاده نموده است. با درنظرگیری این ساختار و به منظور شناسایی و تبیین مولفه‌های معماری بومی در گام اول، بررسی منابع علمی مختلف نظیر اسناد و مدارک موجود در قالب کتب و مقالات (روش کتابخانه‌ای) در تکمیل مبانی نظری تحقیق مد نظر قرار گرفته است. لذا به منظور شناسایی و تبیین مولفه‌های معماری بومی و تعیین عوامل موثر بر آن، پژوهشگران در گام نخست، نسبت به استخراج متغیرهای اولیه حاصل از مرور نظامند ادبیات تحقیق و انجام مصاحبه با طیف وسیعی از خبرگان حوزه پژوهش اقدام کرده‌اند و سپس با استفاده از روش تحلیل محتوا کیفی و طبقه‌بندی یافته‌های پژوهش، تِم‌های مختلف حاصل از شناسایی عوامل و متغیرهای تاثیرگذار در مدل نهایی معماری بومی را استخراج نموده‌اند. درنهایت و مطابق یافته‌های این پژوهش، ۲۸ عامل در طراحی و تبیین مدل نهایی معماری بومی شناسایی و تبیین شده و با استفاده از تکنیک دلفی فازی، میزان قطعیت و

[1] Mixed-method research design

دقت این عوامل جهت طراحی مدل مفهومی در دو مرحله مورد آزمون و تائید قرار گرفته است که نتایج آن در طراحی محتواء آموزشی مدل ساخت گرایی گام دوم پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است.

در گام بعد و با بهره‌گیری از مدل هوشمندفازی معماری بومی ایرانی-اسلامی، پژوهشگران اقدام به آماده‌سازی محیط آموزشی و پیاده‌سازی یک مدل آموزشی ساخت‌گرایی مبتنی بر واقعیت مجازی، درسه فاز آموزشی جداگانه (معرفی، تمرین و تولید) نموده‌اند. به منظور سنجش بررسی تاثیر معرفی ویژگی‌های پایدار معماری بومی بر میزان افزایش درک و سواد زیست محیطی دانش‌آموزان و تعیین میزان بهبود درک دانش‌آموزان از مفاهیم مرتبط با اصول پایداری، داده‌های پژوهش حاضر از طریق پرسشنامه‌ای محقق ساخته و ۲۸ سوالی، بر اساس مقیاس پنج‌گزینه‌ای طیف لیکرت، به صورت سوالات درجه‌بندی گردآوری شده است. روایی یا اعتبار پرسشنامه این تحقیق، شامل مواردی نظیر دقت، واضح و روشن بودن، جهت‌دار نبودن، آسانی پاسخ به سوالات و کفایت سوالات برای سنجش اهداف پژوهش، از بررسی نظرات کارشناسان و متخصصان حاصل شده است. از سوی دیگر، کثرت‌گرایی در استفاده از ابزارها و فنون متنوع جمع‌آوری اطلاعات، اعتبار درونی آزمون را تامین خواهد کرد و پایایی اطلاعات گردآوری شده را افزایش خواهد داد. با توجه به نوآوری پژوهش در زمینه نحوه آموزش و سنجش متغییرهای معماری بومی، پرسشنامه مورد استفاده محقق ساخته است و لذا لازم است تا پایایی آن مورد بررسی و تائید خبرگان قرار بگیرد. هدف از بررسی پایایی آن است که آیا سوالات طراحی شده برای یک متغیر، توانایی اندازه‌گیری آن را با دقت و اعتبار بالا دارد یا خیر؟ مفهوم یاد شده با این امر سروکار دارد که ابزار اندازه‌گیری در شرایط یکسان، تا چه میزان نتایج یکسانی به دست می‌دهد. بدین منظور در این پژوهش، جهت تعیین قابلیت پایایی و محاسبه آن، از روش سنجش ضریب پایایی کرونباخ استفاده شده است تا اعتبار درونی آزمون مورد تائید قرار گیرد.

همچنین، به منظور صحت سنجی اطلاعات بدست آمده، پژوهش حاضر با استفاده از دو عامل "تحلیل اعتبار[1]" و "تحلیل ویژگی‌های فردی[2]" از تکنیک فازی بهره برده است که وظیفه کاهش و یا افزایش امتیازات و افزایش میزان دقت نتایج پژوهش را بر عهده داشته است. بر این اساس، سیستم "تحلیل اعتبار،" اعتبار کلی یک پاسخنامه را از طریق مشخص نمودن میزان تناقض در پاسخ‌های داده شده توسط پرسش‌شونده تعیین نموده و تاثیر پاسخ‌های تصادفی و فاقد اعتبار در یک نظرسنجی را شدیداً کاهش می‌دهد. سیستم "تحلیل ویژگی‌های فردی" نیز امتیاز پاسخ‌های داده شده به پرسش‌های مختلف را به صورت مجزا و بر مبناء ویژگی‌های فردی پاسخ دهنده، افزایش و یا کاهش می‌دهد [66]. لذا، پرسشنامه

[1] Validity Analysis (VA)
[2] Personality Analysis (PA)

نهایی از دو قسمت اصلی تشکیل شده است: قسمت اول که توسط خود دانش‌آموز پر شده است و درباره اطلاعات ویژگی‌های شخصی وی می‌باشد که داده‌های آن جهت تحلیل پاسخ‌ها، در قسمت PA سیستم مورد استفاده قرار گرفته است. قسمت دوم نیز شامل ۲۸ پرسش در جهت سنجش میزان اثربخشی رویکرد پژوهشی برنامه پیشنهادی تحقیق حاضر بر افزایش میزان آگاهی دانش‌آموزان از اصول تاریخی پایداری و مفاهیم مرتبط با توسعه پایدار می‌باشد.

از آنجایی که پژوهش حاضر، مطالعه‌ای چند منظوره با تلفیقی از اهداف مشترک مراکزی نظیر مدارس، موزه‌های تاریخی-فرهنگی، فرهنگسراها، پارک‌های دانش و مراکز عملی، فناوری می‌باشد، دانش‌آموزان و بازدیدکنندگان مقاطع متوسطه این مراکز به عنوان جامعه آماری انتخاب شده‌اند که تعداد کل آنها برابر ۸۰۰ نفر می‌باشد. لذا، باتوجه به استفاده از شیوه نمونه‌گیری تصادفی ساده در این پژوهش، حجم نمونه نهایی برابر ۲۱۷ نفر تعیین شده است. در نهایت و در فاز سوم، به کمک روش‌های آماری توصیفی و استنباطی، نتایج حاصل تفسیر و ارائه گردیده است. بدین منظور از شاخص‌های آمار توصیفی نظیر فراوانی، درصد، جدول و نمودار جهت بررسی و تجزیه و تحلیل اطلاعات مربوط به ویژگی‌های عمومی پاسخگویان استفاده شده است و روابط میان متغیرهای تحقیق با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنف، آزمون همبستگی، آزمون تی (نرم افزارSPSS - نسخه۲۵)، تحلیل عاملی تأییدی و مدل‌یابی معادلات ساختاری (نرم افزار لیزرل- نسخه ۸.۸) مورد بررسی قرار گرفته است.

۸- مراحل تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش

۸-۱- توصیف یافته‌های حاصل از ابزار پرسشنامه (ویژگی‌های دموگرافی اعضاء نمونه)

در این بخش از تجزیه و تحلیل آماری، به بررسی توزیع نمونه آماری (فراوانی و درصد) از حیث متغیرهایی همچون جنسیت، سن و محیط آموزشی پرداخته شده است. در این پژوهش، بیشترین افراد نمونه را دانش‌آموزان پسر تشکیل می‌دهند که برابر با ۱۷۹ نفر و معادل ۸۲٪ هستند، در حالی که تعداد دانش‌آموزان دختر ۳۸ نفر، معادل ۱۸٪ می‌باشد. همچنین، بیشترین افراد نمونه آماری (۸۲ نفر)، معادل ۳۸٪ درصد در رده سنی بین ۱۵ تا ۱۷ سال، ۳۳٪ بین ۱۲ تا ۱۵ سال و ۲۶٪ بالای ۱۷ سال سن داشتند. لذا، می‌توان چنین استدلال نمود که کانون تحقیق حاضر را نوجونان مقاطع متوسطه تشکیل می‌دهند. شایان ذکر است که بیشترین محیط آموزشی افراد نمونه آماری (۱۶۳نفر) معادل ۷۵٪ مدارس، ۲۱٪ درصد موزه‌های علمی، فناوری کودکان و ۴٪ فرهنگسراها و پارک‌های دانش بودند.

i) ۲-۸- توصیف متغیرهای پژوهش

در این پژوهش، توصیف متغیرهای تحقیق با استفاده از شاخص‌های مرکزی، پراکندگی و توزیعی انجام شده است. در این زمینه، شاخص‌های مرکزی، مقادیر متوسط توزیع نمرات را نشان می‌دهند و شاخص‌های پراکندگی، چگونگی گسترش و پراکندگی مقادیر یک توزیع را نشان می‌دهند. در جدول ۱ این شاخص‌ها آورده شده است:

جدول ۱: شاخص‌های مرکزی، پراکندگی و توزیعی متغیرهای اصلی پژوهش

متغیرهای تحقیق	شاخص‌های توصیفی						
	میانگین	میانه	انحراف معیار	واریانس	چولگی	کشیدگی	حجم نمونه
بهره‌برداری از منابع انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر با استفاده از الگوی بهینه‌سازی مصرف انرژی	۳.۴۸	۳.۶۹	۰.۷۱	۰.۵۱	-۰.۷۵	-۰.۶۸	۲۱۷
مدیریت پایدار انرژی از طریق الگوبرداری و الهام از طبیعت با تمرکز بر مفهوم زیست تقلید	۳.۴۹	۳.۷۶	۰.۷	۰.۴۹	-۰.۸۲	-۰.۴۸	
سازگاری با میراث، ارزش‌ها و تعاملات فرهنگی منطقه و نیازهای بومی (اصل مردم‌واری)	۳.۵۳	۳.۶۸	۰.۵۴	۰.۳	-۰.۹۵	۱.۰۵	
استفاده از ظرفیت و پتانسیل زیرساخت‌های فیزیکی، جغرافیایی و اکولوژیکی منطقه	۳.۶۲	۳.۷۱	۰.۵۱	۰.۲۶	-۰.۹۱	۱.۱	

تبدیل چالش‌ها و تهدیدهای زیست محیطی به فرصت، با تکیه بر اصول اولیه معماری اقلیمی	۳.۴۹	۳.۶۱	۰.۵۴	۰.۳	-۰.۵۸	۰.۰۹	
درنظرگیری نقش عوامل طبیعی (نور، باد، بارندگی و...) در طراحی بومی همساز با اقلیم	۳.۵۱	۴	۰.۹۷	۰.۹۵	-۰.۴۱	-۰.۱۹	
استفاده ازمصالح بوم‌آورد و مقرون به صرفه، با رویکرد کاهش مصرف انرژی (اصل خودبسندگی)	۳.۳۵	۳	۰.۸۴	۰.۷۱	-۰.۰۸	-۰.۲۶	
استفاده از تکنیک‌های ساخت و ساز دوستدار محیط زیست، با کمترین آثار سوء زیست محیطی	۳.۴۴	۴	۰.۷۷	۰.۶	-۰.۴۱	-۰.۵۱	
توجه به پایداری اجتماعی در طراحی و معماری (اصول سه‌گانه توسعه پایدار)	۳.۴۷	۳.۶۷	۰.۸۶	۰.۷۴	-۰.۵۸	-۰.۸۹	
توجه به پایداری زیست‌محیطی در طراحی و معماری (اصول سه‌گانه توسعه پایدار)	۳.۶۵	۴	۱.۱۳	۱.۲۷	-۰.۳۶	-۱.۰۵	
توجه به پایداری اقتصادی در طراحی و معماری (اصول سه‌گانه توسعه پایدار)	۳.۴۸	۴	۰.۸۳	۰.۶۹	-۰.۱۷	-۰.۳	

بهره‌گیری از اصول پایداری و شاخص‌های معماری سبز با تاکید بر حفاظت از منابع انرژی	۳.۴۴	۳.۶۷	۰.۸۶	۰.۷۵	-۰.۳۸	-۰.۷	
ترویج فرهنگ و سبک زندگی ایرانی- اسلامی	۳.۳۹	۳.۶	۰.۹	۰.۸۱	-۰.۵۹	-۰.۸۹	
برقراری تناسبات انسان، محیط و معماری با تکیه بر اصول معماری پایدار (اصل کل‌گرایی)	۳.۵۴	۳.۵	۰.۸۷	۰.۷۵	-۰.۴۹	-۰.۲۳	
درنظرگیری تاثیر روانشناسی محیطی بر طراحی معماری در جهت حفظ آسایش و رفاه کاربران	۳.۴۲	۳.۷۱	۰.۷۳	۰.۵۷	-۰.۷۳	-۰.۵۶	
التزام به رعایت نظم هارمونی و هندسی در طراحی معماری بومی	۳.۵۸	۳.۸	۰.۷۹	۰.۶۳	-۰.۷۳	-۰.۴۶	
درنظرگیری نقش مولفه‌های کالبدی و عملکردی در طراحی معماری بومی	۳.۴۵	۳.۷۱	۰.۷۹	۰.۶۳	-۰.۷۴	-۰.۴۵	
استفاده از دانش، مهارت و فن‌آوری محلی و شیوه‌های پایدار بومی	۳.۵۴	۳.۷۸	۰.۷۹	۰.۶۲	-۰.۸۸	-۰.۲	
طراحی و توسعه سیستم‌های گرمایش و سرمایش طبیعت-محور با استفاده از ظرفیت اقلیم موجود	۳.۵۸	۳.۶۷	۰.۸۶	۰.۷۴	-۰.۹۵	۰.۵۹	

پرهیز از بیهودگی با استفاده حداکثری از پتانسیل فیزیکی موجود درخلق فضاهای چندعملکردی	۳.۶	۳۸	۰.۷	۰.۵	-۰.۸۲	۰.۰۸	
توجه به خلق و توسعه فضا سبز و باز محیطی	۳.۴۷	۴	۰.۷۵	۰.۵۷	-۰.۳۶	-۰.۰۲	
ایجاد الگوی بهینه در توسعه و ترویج سبک زندگی پایدار ازطریق همزیستی سازگار با طبیعت	۳.۴۶	۳۵	۰.۶	۰.۳۶	-۰.۹۳	۰.۵	
طراحی سازه‌های مستحکم که هزینه تعمیرات و نگهداری را کاهش می‌دهد (اصل نیارش)	۳.۶	۴	۰.۷۴	۰.۵۵	-۰.۵۲	-۰.۰۳	
تبیین مبانی نمود فرهنگ در معماری از طریق ایجاد حس تعلق به مکان در مردمان بومی منطقه	۳.۷	۴	۰.۷	۰.۴۹	-۰.۴۸	۰.۷۳	
بهره‌گیری از روش طراحی مینمالیسم با تاکید ویژه بر خلق کاربردی بودن فضاهای مورد استفاده	۳.۶۵	۴	۰.۷۹	۰.۶۳	-۰.۲۹	-۰.۲۸	
خلق نمادها و شمایل فرهنگی مردمان بومی یک منطقه از طریق ایجاد طراحی مکان-محور	۳.۷۵	۴	۰.۸۲	۰.۶۷	-۱.۴۸	-۰.۱۲	

پرهیز از تقلیدگرایی از طریق طراحی و توسعه سازه‌های نوآور و پایدار با رویکرد حل مساله بومی	۳.۵۹	۴	۰.۸۲	۰.۶۷	۰.۰۷	-۰.۵۶	
برخورداری از پتانسیل حل مسائل روزمره معاصر در مدیریت پایدار انرژی و مبارزه با تغییر اقلیم	۳.۶۶	۴	۰.۷۷	۰.۵۹	-۰.۲۲	-۰.۲۴	

b) ۱-۲-۸- آمار استنباطی: آزمون کولموگروف- اسمیرنف

به منظور اجراء روش‌های آماری و محاسبهٔ آماره آزمون مناسب و استنتاج منطقی درباره سوالات پژوهش؛ مهمترین استراتژی، انتخاب روش آماری مناسب برای پژوهش است که به موجب آن، آگاهی از نحوه توزیع داده‌ها از اولویت اساسی برخورداراست. لذا در این پژوهش، از آزمون معتبر کلموگروف- اسمیرنف جهت بررسی فرض نرمال بودن داده‌های پژوهش استفاده شده است. نحوهٔ داوری با توجه به جدول آزمون کلموگروف- اسمیرنف بدین صورت است که اگر سطح معنی داری (sig) برای کلیهٔ متغیرها، بزرگتر از سطح آزمون (۰.۰۵) باشد، توزیع داده‌ها نرمال می‌باشد. لذا، از آنجایی که برای تعیین نرمال بودن متغیرها باید سطح معنی‌داری بررسی شود، کیفیت متغیرها ثبت شده درجدول همگی نرمال شناسایی شده‌اند.

c) ۲-۲-۸- آمار استنباطی: تحلیل عاملی اکتشافی

به دلیل غیراستاندارد بودن پرسشنامه پژوهش، ابتدا تحلیل عاملی اکتشافی بر روی داده‌های هر متغیر اجرا شده است. قبل از اجراء تحلیل عاملی، داده‌های هر سوال بر اساس آزمون چولگی بررسی شده است که چولگی تمامی سوالات پرسشنامه، در بازه ۱+ و ۱- قرار داشته، موضوعی که نشان می‌دهد سوالات از توزیع نرمالی مناسبی برخوردارند. همچنین، مقدار شاخص KMO برای تمامی متغیرها، بیشتر از ۰.۷ است، لذا تعداد نمونه (تعداد پاسخ‌دهندگان) برای تحلیل عاملی کافی می‌باشد. همچنین مقدار sig آزمون بارتلت، کوچکتراز ۰.۰۵ است (صفر) که نشان می‌دهد تحلیل عاملی برای شناسایی ساختار مدل عاملی مناسب است و فرض شناخته شده بودن ماتریس همبستگی رد می‌شود. باتوجه به اینکه نتایج آزمون‌های KMO و بارتلت، داده‌های به دست آمده از پرسشنامه برای تحلیل عاملی، کافی و مناسب

تشـخیص داده می‌شـود؛ لذا می‌توان تحلیل اکتشـافی بر روی سـؤالات پرسشنامه‌ها را نیز پیاده نمود. لازم به ذکر است که در تحلیـل عاملی اکتشـــافی و به منظور اســـتخراج عوامل، از روش مؤلفه‌های اصـــلی[1] و برای چرخش عوامل از روش واریماکس[2] با نرمال‌سـازی کیسـر[3] بهره گرفته شـده است. لذا، ملاک تصمیم‌گیری درمورد بقاء یا حذف سؤالات پرسشنامه از تحلیل عاملی؛ مقادیر اشـتراک اسـتخراجی[4] آنهاسـت، بدین ترتیب که اگر مقدار اشـتراک استخراجی هریک از سؤالات، کمتر از ۰/۵ باشـد، آن سـؤال از تحلیل عاملی کنار گذاشـته می‌شـود. همچنین، ملاک تصـمیم‌گیری در مورد دسـته‌بندی سؤالات در این پژوهش، مقادیر ویژهٔ بالاتر از (۱) و نمرات عاملی، بالاتر از (۰/۴) درنظر گرفته شده است.

جدول ۲ : تحلیل عاملی پرسشنامه تحقیق

	گویه	بار عاملی	معناداری آزمون بارتلت	df	مقدار تقریبی χ^2	KMO
پرسشنامه تحقیق	۱	۰/۶۰۱	۰/۰۰۰۱	۳۹	۲۰۲/۲۴۵	۰/۷۹۴
	۲	۰/۶۲۵				
	۳	۰/۵۷۲				
	۴	۰/۷۹۶				
	۵	۰/۵۶۶				
	۶	۰/۶۷۷				
	۷	۰/۶۰۳				
	۸	۰/۵۹۲				
	۹	۰/۵۸۹				
	۱۰	۰/۶۸۵				
	۱۱	۰/۵۸۶				
	۱۲	۰/۵۴۳				

[1] Principle Component
[2] Varimax Rotation
[3] Kaiser Normalization
[4] Communalities Extraction

	۱۳	۰/۵۱۳				
	۱۴	۰/۵۸۹				
	۱۵	۰/۷۶۳				
	۱۶	۰/۵۷				
	۱۷	۰/۶۴۶				
	۱۸	۰/۵۸				
	۱۹	۰/۶۳۴				
	۲۰	۰/۵۳۶				
	۲۱	۰/۵۸۱				
	۲۲	۰/۷۱۴				
	۲۳	۰/۶۷۵				
	۲۴	۰/۶۵۸				
	۲۵	۰/۵۷۳				
	۲۶	۰/۶۶۶				
	۲۷	۰/۷۱۷				
	۲۸	۰/۵۲۲				

درنهایت، نتایج تحلیل عامل اکتشافی در خصوص پرسشنامه نشان داده است که در آن، اندازه آماره KMO یا کفایت نمونه برابر با ۰/۷۶۵، مقدار بارتلت برابر با ۱۳۳/۱۳۲ و سطح معنی‌داری برابر با ۰/۰۰۰۱ بوده است، موضوعی که نشان دهنده مناسب بودن میزان داده‌های جمع‌آوری شده برای تحلیل همبستگی است. همچنین بر اساس نتایج دیگر، میزان واریانس تبیین شده برای پرسشنامه تحقیق با ۲۸ سوال، معادل ۷۱٪ است که برای انجام گام نهایی تجزیه و تحلیل داده‌ها و پاسخ به پرسش‌های پژوهش مناسب است.

۳-۸ - آزمون سوالات

پرسش اول: بهره‌گیری از مدل‌سازی سه‌بعدی تا چه میزان بر آشنایی دانش‌آموزان با ویژگی‌های پایدار معماری بومی ایرانی-اسلامی موثر بوده است؟

با توجه به آن که متغیر تاثیر بهره‌گیری از مدل‌سازی سه‌بعدی بر میزان آشنایی دانش‌آموزان با ویژگی‌های پایدار معماری بومی ایرانی-اسلامی، مقادیر بین ۱ تا ۹ را به خود اختصاص می‌دهد از این رو مقادیر کمتر و یا مساوی ۳، به عنوان عدم تاثیر و بیشتر از ۳ به عنوان تاثیر در نظر گرفته می‌شود:

جدول ۳: نتایج آزمون tی یک نمونه‌ای، تاثیر بهره‌گیری از مدل‌سازی سه‌بعدی، بر میزان آشنایی دانش‌آموزان با ویژگی‌های پایدار معماری بومی ایرانی-اسلامی

میانگین	انحراف معیار	آماره t	درجه آزادی	سطح معنی داری
۴/۲۲	۰/۷۳	۱۰/۵۶	۱۹	۰/۰۰۰۱

همانطور که از نتایج جدول ۳ ملاحظه می‌گردد، میزان میانگین متغیر تاثیر بهره‌گیری از مدل‌سازی سه‌بعدی بر میزان آشنایی دانش‌آموزان با ویژگی‌های پایدار معماری بومی ایرانی-اسلامی، برابر با ۴/۲۲ با انحراف معیار ۰/۷۳ و میزان آماره tی یک نمونه معادل ۱۰/۵۶ و همچنین سطح معنی‌داری آزمون علامت معادل ۰/۰۰۰۱ می‌باشد، لذا در سطح $\alpha = 0.05$، فرض صفر را رد و فرض مقابل را مبنی بر آن که بهره‌گیری از مدل‌سازی سه‌بعدی بر میزان آشنایی دانش‌آموزان با ویژگی‌های پایدار معماری بومی ایرانی-اسلامی موثر است، پذیرفته می‌شود.

پرسش دوم: بکارگیری مدل آموزشی ساخت‌گرایی پژوهش تا چه میزان بر درک دانش‌آموزان از مفاهیم و اصول توسعه پایدار موثر بوده است؟

با توجه به آن که متغیر تاثیر بکارگیری مدل آموزشی ساخت‌گرایی پژوهش بر میزان درک دانش‌آموزان از مفاهیم و اصول توسعه پایدار، مقادیر بین ۱۰ تا ۱۸ را به خود اختصاص می دهد، از این رو مقادیر کمتر و یا مساوی ۳، به عنوان عدم تاثیر و بیشتر از ۳ به عنوان تاثیر در نظر گرفته می‌شود:

جدول ۴: نتایج آزمون tی یک نمونه‌ای، تاثیر بکارگیری مدل آموزشی ساخت‌گرایی پژوهش، بر میزان درک دانش‌آموزان از مفاهیم و اصول توسعه پایدار

میانگین	انحراف معیار	آماره t	درجه آزادی	سطح معنی داری
۳/۶۴	۱/۱۱	۳/۶	۱۹	۰/۰۰۰۱

همانطور که از نتایج جدول ۴ ملاحظه می‌گردد، میانگین متغیر تاثیر بکارگیری مدل آموزشی ساخت‌گرایی پژوهش بر میزان درک دانش‌آموزان از مفاهیم و اصول توسعه پایدار، برابر با ۳/۶۴ با انحراف معیار ۱/۱۱ و میزان آماره tی یک نمونه معادل ۳/۶ و همچنین سطح معنی داری آزمون علامت معادل ۰/۰۰۰۱ می‌باشد، لذا در سطح $\alpha = 0.05$، فرض صفر را رد و فرض مقابل را مبنی بر آن که بکارگیری مدل آموزشی ساخت‌گرایی پژوهش بر میزان درک دانش‌آموزان از مفاهیم و اصول توسعه پایدار موثر است، پذیرفته می‌شود.

پرسش سوم: بهره‌گیری از رویکردهای نوین فناوری آموزشی پژوهش نسبت به روش‌های سنتی معلم-محور، تا چه اندازه بر میزان پذیرش دانش‌آموزان از مفاهیم آموزشی موثر بوده است؟

با توجه به انکه متغیر برتری رویکردهای نوین آموزشی تحقیق حاضر در استفاده از روش‌های مختلف واقعیت‌مجازی و واقعیت افزوده، نسبت به روش‌های قدیمی و سنتی معلم-محور، مقادیر بین ۱۹ تا ۲۸ را به خود اختصاص می دهد، از این رو مقادیر کمتر و یا مساوی ۳، به عنوان عدم تاثیر و بیشتر از ۳، به عنوان تاثیر در نظر گرفته می‌شود:

جدول ۵: نتایج آزمون tی یک نمونه‌ای، برتری رویکردهای نوین آموزشی تحقیق حاضر

در استفاده از روش‌های مختلف واقعیت‌مجازی و واقعیت افزوده، نسبت به روش‌های قدیمی و سنتی معلم-محور

میانگین	انحراف معیار	آماره t	درجه آزادی	سطح معنی داری
۳/۶۵	۰/۹۴	۴/۳۳	۱۹	۰/۰۰۰۱

همانطور که از نتایج جدول ۵ ملاحظه می‌گردد، میزان میانگین متغیر برتری رویکردهای نوین آموزشی تحقیق حاضر در استفاده از روش‌های مختلف واقعیت‌مجازی و واقعیت افزوده، نسبت به روش‌های قدیمی و سنتی معلم-محور، برابر با ۳/۶۵، با انحراف معیار ۰/۹۴ و میزان آماره tی یک نمونه معادل ۴/۳۳ و همچنین سطح معنی‌داری آزمون علامت معادل

۰/۰۰۰۱ می‌باشد، لذا در سطح $\alpha = 0.05$، فرض صفر را رد و فرض مقابل را مبنی بر آن که رویکردهای نوین فناوری آموزشی پژوهش بر میزان پذیرش دانش‌آموزان از مفاهیم آموزشی نسبت به روش‌های سنتی معلم-محور موثر بوده است، پذیرفته می‌شود.

۹- نتیجه‌گیری

رویکرد اصلی پژوهش حاضر در طراحی مدل آموزش معماری بومی ایرانی-اسلامی با تمرکز بر یادگیری مبتنی بر واقعیت مجازی در نظر گرفته شده است. لذا، مقاله حاضر به بررسی تاثیرات بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و تکنولوژی‌های آموزشی در افزایش سهولت و جذابیت دسترسی دانش‌آموزان به دانش و فناوری بومی و افزایش میزان درک و آگاهی آنان نسبت به اصول توسعه پایدار پرداخته است. با درنظرگیری این اصل اساسی که کودکان، آینده‌سازان فردا و وارثان حقیقی میراث فرهنگی، بومی و زیست محیطی کشور عزیزمان هستند و با توجه به نقش مهم و ماندگاری که این رده سنی در حرکت به سوی خلق چشم‌انداز یک جامعه پایدار ایفاء می‌کنند، تحقیق حاضر قصد داشت تا از طریق ارائه یک مدل آموزشی مبتنی بر رویکرد ساخت‌گرایی، نسبت به افزایش سطح سواد زیست‌محیطی و انرژی دانش‌آموزان در زمینه آموزش برای توسعه پایدار اقدام نماید. با توجه به این موضوع، محتواء آموزشی برنامه پژوهش حاضر در سه بخش اصلی، سازمان یافته است که در هر بخش، به جنبه‌های مختلفی از اصول پایداری پرداخته شده است. با درنظرگیری این ساختار، بخش اول، با تمرکز برمعرفی انواع سازه‌های انرژی-کارآمد طبیعی و ساخت دست بشر، تاریخچه اقدامات پایداری برای حفاظت و ذخیره انرژی را بررسی نموده است. به دنبال آن، با معرفی تعدادی از استراتژی‌های طبیعی و دست‌ساز تاریخی در مدیریت منابع آب، بخش دوم، به تاریخچه شیوه‌های پایدار در حفاظت از منابع آبی و بهره‌وری مصرف آب اختصاص داشته است. در نهایت، با تمرکز بر مدیریت و برنامه‌ریزی ساخت و ساز یکپارچه و پایدار و همچنین شیوه‌های معماری سنتی، قسمت سوم این برنامه، بخش ویژه و ماندگاری از معماری بومی ایرانی-اسلامی را معرفی نموده که به عنوان نمادی از تعاملات انسان و محیط در طول تاریخ، از نوآوری‌های چشمگیری برخوردار بوده‌اند. با درنظرگیری محتواء آموزشی ارائه شده، جامعه مخاطب پژوهش حاضر را دانش‌آموزان مقاطع متوسطه تشکیل داده است، چرا که با توجه به ارائه مطالب پراکنده آموزشی موجود در دروس مختلف این مقطع، این رده سنی از آمادگی بیشتری درجهت پذیرش اطلاعات ارائه شده پژوهش برخوردار بوده و در نتیجه، از پتانسیل و ظرفیت آموزشی بالاتری در ترویج رفتارهای زیست محیطی پایدار و اصلاح الگوی مصرف در حوزه انرژی بهره‌مند خواهند بود. موضوعی که پژوهش حاضر را از سایر مطالعات موجود در حوزه آموزش معماری مجزا می‌سازد، به بازآفرینی و مدل‌سازی سه بعدی بخش ماندگاری از تاریخ مهندسی و معماری کهن ایرانی-اسلامی بر می‌گردد که در زمینه بهره‌گیری از روش‌های گوناگون مدیریت پایدار منابع تجدیدپذیر انرژی موفق عمل نموده‌اند، هدفی که در راستاء بندهای ۴۸، ۵۱، ۶۹ و ۷۳ ابلاغیه سیاست‌های کلی برنامه ششم توسعه کشور بوده و در پژوهش حاضر، از

طریق آموزش و معرفی ویژگی‌های پایدار معماری بومی ایرانی از گذشته تا به امروز پیگیری شده است. لذا، موضوعی که نیاز به انجام پژوهش حاضر را روشن می‌سازد، ضرورت معرفی یک برنامه آموزشی پویا، کارآمد و منطبق با نیازهای روز سیستم آموزشی کشور در زمینه تقویت و توسعه "سواد زیست‌محیطی و انرژی" دانش‌آموزان بوده‌است، موضوعی که از طریق اتخاذ شیوه‌ای نوین و تکنولوژی محور در رویکرد آموزشی پژوهش حاضر و به منظور نهادینه‌سازی آموزه‌ها و مهارت‌های متعالی سند تحول بنیادین، به ویژه در "ساحت علمی، فناوری" دنبال شده است. برخی از دستاوردهای پژوهش حاضر به صورت خلاصه ارائه شده است:

- *ترویج سبک زندگی پایدار ایرانی – اسلامی از طریق آشنایی با تاریخ مهندسی و معماری کهن ایرانی*
- *ارتقاء سطح سواد، دانش و اخلاق زیست‌محیطی دانش‌آموزان در سه حوزه آب، انرژی و محیط‌زیست*
- *آشنایی نسل جوان با نمونه‌های گوناگون پایداری میراث فرهنگی کشور با تاکید بر بهره‌وری انرژی*
- *تربیت و پرورش نسلی خودانگیخته ازطریق خلق تغییرات رفتاری زیست محیطی پایدار*
- *ترویج سبک آموزش همراه با سرگرمی، مبتنی بر نظام دانایی- محور*
- *برقراری ارتباط دوسویه با سیستم آموزشی مدارس کشور*
- در پایان این بخش، لیست برخی از محدودیت‌ها و چالش‌های پژوهش ارائه شده است:
  - چالش بروزرسانی مکرر نرم‌افزارها، اپلیکیشن‌ها و سخت افزارهای مرتبط با حوزه واقعیت مجازی و افزوده در طول فرآیند آموزش و تهدید عدم پشتیبانی نسخه VR اپلیکیشن تهیه شده در سالیان آینده به جهت جایگزینی با تکنولوژی بالاتر
  - چالش هزینه تامین و نگهداری تجهیزات مرتبط با حوزه VR و نیاز به پشتیبانی سالیانه مدارس
  - چالش مقاومت معلمان مدارس و برنامه‌ریزان تحصیلی در جهت پذیرش تغییر در رویکردهای آموزش سنتی و استفاده از فناوری‌های نوین پیشنهادی پژوهش در حوزه آموزش پایداری
  - چالش کمبود منابع و پژوهش‌های انجام شده به زبان فارسی در جهت بررسی کلیه مولفه‌های معماری بومی ایرانی–اسلامی، با هدف معرفی سازه‌های کارا در حوزه مدیریت منابع تجدیدپذیر انرژی
  - فقدان و کمبود وجود یک برنامه درسی جامع، ویژه و متمرکز بر آموزش اصول پایداری در نظام آموزشی مدارس کشور و ضرورت توجه به آموزش برای توسعه پایدار با تمرکز بر توسعه و ترویج فرهنگ، هویت و سبک زندگی ایرانی– اسلامی
  - وضعیت نامناسب حفظ و نگهداری برخی از ابنیه‌های قدیمی و شاخص معماری بومی ایرانی–اسلامی نظیر بادگیرها، آب‌انبارها، یخچال‌ها و قنات‌های کشور به خصوص سازه‌های بومی موجود در اقلیم خشک و کویری

- عدم وجود آرشیو کامل نقشه‌های سه بعدی و پلان‌های سازه‌های معماری بومی در فضای VR و AR توسط سازمان میراث فرهنگی کشور و سایر نهادهای دولتی مرتبط و تهدید عدم انتقال دانش معماری و تاریخی نهفته در این مواریث بزرگ فرهنگی به نسل‌های آتی
- وجود پروتکل های اداری فراوان و موانع متعدد بوروکراتیک در جهت دریافت مجوزهای لازم به منظور نقشه‌برداری از فضاهای مرتبط با حوزه میراث فرهنگی و عدم همکاری لازم با پژوهشگر به منظور تهیه اطلاعات اولیه
- استفاده از پرسشنامه در پژوهش حاضر و امکان دریافت نتایج غیرواقعی به سبب عدم دریافت پاسخ شفاف و مناسب به سوالات تهیه شده توسط دانش‌آموزان (در این حالت، سعی پژوهشگر بر آن بود تا وزن این محدودیت پژوهش را با بهره‌گیری از دو عامل تحلیل اعتبار و تحلیل ویژگی‌های فردی در مطالعات فازی کاهش دهد.)
- عدم وجود پرسشنامه‌ای خاص و استاندارد پیرامون سنجش اثرگذاری مولفه‌های معماری بومی بر میزان تغییرات درک دانش‌آموزان از اصول پایداری و تلاش پژوهشگر در زمینه ایجاد پرسشنامه‌ای محقق ساخته و جامع که دارای روایی و پایایی قابل قبول باشد.
- تداخل متغیرهای ناخواسته‌ای که ممکن است حاصل طرح‌ها و روش‌های ویژه‌ای بوده که در تحقیق به کار گرفته می‌شوند و غالباً و به گونه‌های مختلف، اعتبار درونی و بیرونی تحقیق را به مخاطره می‌اندازند. (در این حالت سعی پژوهشگر بر آن بوده که رخداد این عوامل را حدالامکان پیش‌بینی و شناسایی نموده و کلیه احتیاطات لازم به منظور کاهش آنها را بکار برد.)

۱۰- پیشنهادات برای پژوهش‌های آینده

- بررسی درجه مقیاس‌پذیری و تعمیم‌پذیری یافته‌های پژوهش از طریق تعیین میزان پذیرش آن توسط گروه‌های مختلف سنی، فرهنگی و آموزشی با ویژگی‌های دموگرافیک متفاوت‌تر و وسیع‌تر به منظور دستیابی به مدلی جامع‌تر
- بررسی مولفه‌های معماری بومی جهان با هدف شناسایی الگوهای مشترک تاریخی به منظور بررسی تاثیرات فرهنگی-اجتماعی معماری بومی جوامع و مناطق مختلف بر شکل دهی سبک زندگی پایدار مردمان نقاط مختلف دنیا

- بررسی سایر مدل‌های نظری یادگیری در حوزه آموزش اصول پایداری که از مناسب‌ترین شرایط جهت ترویج و توسعه رویکرد آموزشی مدل پیشنهادی پژوهش حاضر در مدارس برخوردارند.
- تکمیل نرم‌افزار و اپلیکیشن آموزشی مولفه‌های معماری بومی، از طریق جذب حمایت بخش سرمایه‌گذار دولتی یا خصوصی و همراهی شرکت‌های سازنده مدل‌ها و ماکت‌های معماری و توسعه‌دهندگان اپلیکیشن‌های آموزشی تلفن همراه درجهت اجرایی نمودن ایده اولیه
- بررسی تکنیک‌های نوین هوش مصنوعی در حوزه فناوری آموزشی و تلفیق آن درجهت آموزش اصول پایداری و توسعه پایدار با تمرکز بر مفاهیم و مولفه‌های معماری بومی ایرانی-اسلامی
- بررسی میزان پذیرش و تمایل معلمان نسبت به تلفیق فناوری‌های نوین و کهن در آموزش اصول پایداری با برنامه تحصیلی رسمی مدارس و بررسی عواملی که تصمیمات آنها را در استفاده از این رویکرد تحت تاثیر خود قرار می‌دهد
- بررسی میزان علاقه و تمایل طراحان برنامه‌ریزی تحصیلی-آموزشی در بهره‌گیری از دستاوردها و یافته‌های پژوهش حاضر در مبحث برنامه درسی آموزش زیست‌محیطی و اصول پایداری
- بررسی و شناخت چالش‌ها و محدودیت‌های بهره‌گیری از تکنولوژی‌های فراگیر و فناوری‌های نوین آموزشی در مدارس و ارائه راه‌کارهایی عملی در جهت برطرف نمودن این موانع بالقوه
- بررسی ضرورت طراحی یک برنامه آموزشی پویا، کارآمد و منطبق با نیازهای روز سیستم آموزشی کشور در زمینه تقویت و توسعه "سواد زیست‌محیطی و انرژی" دانش‌آموزان مدارس و دانشجویان کلیه رشته‌های دانشگاهی مرتبط با آموزش، معماری، میراث فرهنگی، گردشگری و محیط‌زیست

۱۱- مراجع

[1] رکن الدین افتخاری، عبدالرضا؛ عارف نیا، خجسته؛ سجاسی قیداری، حمداله ؛ فیروزنیا، قدیر؛ صادق لو، طاهره؛ دیانی، لیلا و فتاحی، احدالله (۱۳۹۵). راهبردهای توسعه آموزش توسعه پایدار در ایران، فصلنامه پژوهشی علمی-پژوهشی انجمن جغرافیای ایران، دوره جدید، سال هشتم، شماره ۲۵، صص ۶۷-۴۷.

[2] ضرغامی، اسماعیل؛ خاکی، علی و سادات، سیده اشرف (۱۳۹۴). بررسی تطبیقی معماری پایدار و مطابقت آن با معماری بومی خانه های سنتی در شهر ایرانی- اسلامی، نشریه معماری و شهرسازی پایدار، دوره ۳، شماره ۱، صص:۳۰-۱۵.

[3] یوسفی مقدم، الهام (۱۳۹۲). معماری بومی ایرانی با نگرشی اسلامی، اولین همایش ملی معماری، مرمت، شهرسازی و محیط زیست پایدار، همدان، https://civilica.com/doc/263272

[4] Curl, J. S. (2006). A dictionary of architecture and landscape architecture. Oxford: Oxford University Press.

[5] Salman, M. (2018). Sustainability and vernacular architecture: Rethinking what identity is—In *Hmood, K, Urban and Architectural Heritage Conservation within Sustainability*. https://www.intechopen.com/chapters/64381
[6] Kazimee, B. A. (2008). Learning from vernacular architecture: Sustainability and cultural conformity. *WIT Transactions on Ecology and the Environment, 113*, 12. doi:10.2495/ARC080011
[7] Jahanara, A.; Javadi Eshkalak, N.; Shahidipour, S. M. & Karimizadeh, A. H. (2014). Vernacular architecture as a strategy: Toward sustainable building design. *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT), 3* (6), 1726- 1734.
[8] Nguyen, A. T.; Truong, N. S. H.; Rockwood, D. & Tran Le, A. D. (2019). Studies on sustainable features of vernacular architecture in different regions across the world: A comprehensive synthesis and evaluation. *Frontiers of Architectural Research, 8*, 535-548. https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.07.006
[9] Ozorhon, G. & Ozorhon I. F. (2020). Learning from vernacular architecture in architectural education. *Megaron, 15* (4), 553-564. doi: 10.14744/MEGARON.2020.54036
[10] Biradar V. K. & Mama, Sh. (2017). Vernacular architecture: A sustainable approach. In Seta, F.; Biswas, A.; Khare, A. & Sen, j. *Understanding built environment: Proceedings of the National Conference on Sustainable Built Environment 2015*. pp. 125-137. Springer.
[11] Kırbaş, B. & Hızlı, N. (2016). Learning from vernacular architecture: Ecological solutions in traditional Erzurum houses. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 216*, 788-799. Urban Planning and Architecture Design for Sustainable Development, UPADSD 14- 16 October 2015.
[12] Abu-Ghazzeh, T. M. (1997). Vernacular architecture education in the Islamic society of Saudi Arabia: Towards the development of an authentic contemporary built Environment. *Habitat Intl., 21* (2), 229-253.
[13] Asquith, L. & Vellinga. M. (2006). Vernacular architecture in the twenty-first century: Theory, education, and practice. London: Taylor & Francis. pp. 1-20
[14] Zawacki-Richter, O. & Latchem, C. (2018). Exploring four decades of research in computers and education. *Computers and Education, 122*, 136-152.
[15] Radianti, J.; Majchrzak, T. A.; Fromm, J. & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers and Education, 147*, 2. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778
[16] Ebinger, F.; Buttke, L. & Kreimeier, J. (2022). Augmented and virtual reality technologies in education for sustainable development: An expert-based technology assessment. *Journal for Technology Assessment in Theory and Practice, 31* (1), 28-34. https://doi.org/10.14512/tatup.31.1.28
[17] Fernandez, G. & Maione, C. (2019). SDGs VR-Play for KIDS: An education experience on local sustainable solutions using virtual reality to target vulnerable children. *International Conference on Sustainable Development (ICSD).*
[18] Al-Ansi, A. M.; Jaboob, M.; Garad, A. & Al-Ansi, A. (2023). Analyzing augmented reality (AR) and virtual reality (VR) recent development in education. *Social Sciences and Humanities Open*, 1. https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2023.100532
[19] Phakamach, P.; Senarith, P. & Wachirawongpaisarn, S. (2022). The Metaverse in education: The future of immersive teaching and learning. *RICE Journal of Creative Entrepreneurship and Management, 3* (2), 75-88.
[20] Sun, J. C. Y.; Ye, S. L., Yu, S. J. & Chiu, T. K. (2022). Effects of wearable hybrid AR/VR learning material on high school students' situational interest, engagement, and learning performance: The case of a physics laboratory learning environment. *Journal of Science Education and Technology*, 1-12.

[21] Childs, E.; Mohammad, F.; Stevens, L.; Burbelo, H.; Awoke, A.; Rewkowski, N. & Manocha, D. (2021). An overview of enhancing distance learning through augmented and virtual reality technologies. *arXiv preprint arXiv:2101.11000*.
[22] Youngblut, C. (1998). Educational uses of virtual reality technology. Alexandria, VA: Institute for Defense Analyses (IDA Document D-2128).
[23] Merchant, Z.; Goetz, E. T.; Cifuentes, L.; Keeney-Kennicutt, W. & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers and Education, 70*, 29–40. http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033
[24] Ling, H. (2017). Augmented reality in reality. *IEEE Multimed, 24*, pp. 10-15.
[25] Wang, X. (2012). Augmented reality: A new way of augmented learning. *eLearn*, 1.
[26] Abad-Segura, E.; González-Zamar, M.; Luque-de la Rosa, A. & Morales Cevallos, M. B. (2020). Sustainability of educational technologies: An approach to augmented reality research. *Sustainability, 12*, 4091. doi:10.3390/su12104091
[27] Aksel Stenberdt, V. & Makransky, G. (2023). Mastery experiences in immersive virtual reality promote pro-environmental waste-sorting behavior. *Computers and Education, 198*, 1. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104760
[28] Biocca, F. & Delaney, B. (1995). Immersive virtual reality technology. *In Communication in the age of virtual reality*. Hillsdale, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. pp. 57-124
[29] Hedberg, J. & Alexander, S. (1994). Virtual reality in education: Defining researchable issues. *Educational Media International, 31* (4), 214–220. https://doi.org/10.1080/0952398940310402
[30] Petersen G. B.; Petkakis, G. & Makransky D. (2022). A study of how immersion and interactivity drive VR learning. *Computers and Education*, 179, 2. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104429
[31] Villena-Taranilla, R.; Tirado-Olivares, S.; C´ozar-Guti´errez, R. & Gonz´alez-Calero, J. A. (2022). Effects of virtual reality on learning outcomes in K-6 education: A meta analysis. *Educational Research Review*, 35. Article 100434. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100434
[32] Pellas, N.; Mystakidis, S. & Kazanidis, I. (2021). Immersive virtual reality in K-12 and higher education: A systematic review of the last decade scientific literature. *Virtual Reality, 25*, 835–861. https://doi.org/10.1007/s10055-020-00489-9
[33] Di Natale, A. F.; Repetto, C.; Riva, G. & Villani, D. (2020). Immersive virtual reality in K-12 and higher education: A 10-year systematic review of empirical research. *British Journal of Educational Technology, 51*, 2006–2033. https://doi.org/10.1111/bjet.13030
[34] Ifanova; Jessicaa, P.; Salima, S.; Edo Syahputraa, M. & Andam, P. (2022). A Systematic literature review on implementation of virtual reality for learning. *Procedia Computer Science, 216* (2023), 260–265, *7th International Conference on Computer Science and Computational Intelligence*
[35] Al Farsi, Gh.; Bin Mohd Yusof, A.; Jumani Binti Fauzi, W.; Ezanee Bin Rusli, M.; Iqbal Malik, S.; Tawafak, R. M.; Mathew, R. & Jabbar, J. (2021). The practicality of virtual reality applications in education: Limitations and recommendations. *Journal of Hunan University (Natural Sciences), 48* (7), 142–155.
[36] Jiang, L. (2021). Virtual reality action interactive teaching artificial intelligence education system. Hindawi Complexity. https://doi.org/10.1155/2021/5553211
[37]Chavez, B. & Bayona, S. (2018). Virtual reality in the learning process: Trends and advances in information systems and technologies, Springer International Publishing, pp. 1345-1356.

[38] Alanazi, A. (2016). A critical review of constructivist theory and the emergence of constructionism. *American Research Journal of Humanities and Social Sciences (ARJHSS), 2,* 1-8, doi: 10.21694/2378-7031.16018
[39] Bada, S. O. (2015). Constructivism learning theory: A paradigm for teaching and learning. *Journal of Research and Method in Education (IOSR-JRME), 5* (6), 66-70. ISSN: 2320–737X
[40] Bereiter, C. (1994). Constructivism, Socioculturalism, and Popper's World 3. *Educational Researcher, 23* (7), 21-23.
[41] Khalifa, M. & Shen, N. (2004). System design effects on social presence and telepresence in virtual communities. *Proceedings of the International Conference on Information Systems, ICIS 2004*, 547-558. 12-15 Dec., Washington, ICIS, USA.
[42] Martín-Gutiérrez, J.; Mora, C. E.; Añorbe-Díaz, B. & González-Marrero, A. (2017). Virtual technologies trends in education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 13* (2), 469–486.
[43] Cox, E. (2019). Experiential learning and learning styles. *Oxford Research Encyclopedias, International Studies.* https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190846626.013.175
[44] Kolb, A. Y. & Kolb, D. A. (2012). Experiential learning theory. Encyclopedia of the sciences of learning: Springer, pp. 1215-1219.
[45] Cantor, J. (1995). Experiential learning in higher education: Linking classroom and community. *ASHE-ERIC Higher Education Report* (7).
[46] Austin, M. J. & Zeh Rust, D. (2015). Developing an experiential learning program: Milestones and challenges. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education, 27 (1),* 143-153. ISSN 1812-9129
[47] McKeachie, W. J. (2005). McKeachie's teaching tips: Strategies, research, theory for college, and university teachers (11th ed.). Boston: MA: Houghton Mifflin.
[48] Hus, V.; Aberšek, B. & Jančič, P. (2014). Attitudes of primary education students in slovenia and slovakia towards the constructivist approach to primary science education. *Journal of Education and Training, 1* (2), 302-320. doi:10.5296/jet.v1i2.6018
[49] Cakir, M. (2008). Constructivist approaches to learning in science and their implications for science pedagogy: A literature review. *International Journal of Environmental and Science Education, 3* (4), 193-206.
[50] Papert, S. & Harel, I. (1991). *Constructionism*. Ablex Publishing Corporation.
[51] Markula, A. & Aksela, M. (2022). The key characteristics of project-based learning: How teachers implement projects in K-12 science education. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research, 4* (2). https://doi.org/10.1186/s43031-021-00042-x
[52] Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning. CA: Autodesk Foundation. Available http://www.bie.org/object/document/a review of research on project based learning. Accessed 30 August 2019.
[53] Condliffe, B.; Quint, J.; Visher, M. G.; Bangser, M. R.; Drohojowska, S.; Saco, L. & Nelson, E. (2017). *Project-based learning: A literature review*. MDRC: Working Paper. https://www.mdrc.org/publication/project-based-learning. Accessed 31 May 2021.
[54] Parker, W. C.; Lo, J.; Yeo, A. J.; Valencia, S. W.; Nguyen, D.; Abbott, R. D. & Vye, N. J. (2013). Beyond breadth-speed-test: Toward deeper knowing and engagement in an advanced placement course. *American Educational Research, 50* (6), 1424–1459. https://doi.org/10.3102/0002831213504237
[55] Guo, P.; Saab, N.; Post, L. S. & Admiraal, W. (2020). A review of project-based learning in higher education: Student outcomes and measures. *International Journal of Educational Research*, 102, 101586.

[56] Balemen, N. & Özer Keskin, M. (2018). The effectiveness of project-based learning on science education: A meta-analysis search. *International Online Journal of Education and Teaching (IOJET), 5* (4), 849-865. http://iojet.org/index.php/IOJET/article/view/452/297.

[57] Sasson, I.; Yehuda, I. & Malkinson, N. (2018). Fostering the skills of critical thinking and question-posing in a project-based learning environment. *Thinking Skills and Creativity, 29*, 203-212. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.08.001

[58] Kaldi, S.; Filippatou, D. & Govaris, C. (2011). Project-based learning in primary schools: Effects on pupils' learning and attitudes. *Education 3-13, 39* (1), 35-47. https://doi.org/10.1080/03004270903179538

[59] Otake, M.; Fukano, R.; Sako, S.; Sugi, M.; Kotani, K.; Hayashi, J.; Noguchi, H.; Yoneda, R.; Taura, K., Otsu, N. & Sato, T. (2009). Autonomous collaborative environment for project-based learning. *Robotics and Autonomous Systems, 57* (2), 134-138.

[60] Hanney, R. & Savin-Baden, M. (2013). The problem of projects: Understanding the theoretical underpinnings of project-led PBL. *London Review of Education, 11* (1), 7-19. King, A. (1993) 'From Sage on the Stage to Guide on the Side'. College Teaching, 41 (1). pp 30-35.

[61] Le, T. T. (2018). Project-based learning in the 21st century: A review of dimensions for implementation in university-level teaching and learning. *4th ICEAC International Conference on English Across Cultures*. Bali, Indonesia

[62] Derevenskaiaa, O. (2014). Active learning methods in environmental education of students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 131*, 101-104.

[63] Hmelo-Silver, C. E.; Duncan, R. G. & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist, 42* (2), 99-107. https://doi.org/10.1080/00461520701263368

[64] Harmer, N. & Stoke, A. (2014). The benefits and challenges of project-based learning: A literature review. *Pedagogic Research Institute and Observatory (PedRIO). Plymouth University*.

[65] Stauffacher, M.; Walter, A. I.; Lang, D. J.; Wiek, A. & Schol, R. W. (2006). Learning to research environmental problems from a functional socio-cultural constructivism perspective: The transdisciplinary case study approach. *International Journal of Sustainability in Higher Education, 7* (3), 252-275.

[66] لطیفی و همکاران (۱۳۹۷)، شناسایی و تبیین مراحل اجرایی پژوهش با رویکرد دلفی فازی. مهندسی بیوسیستم ایران، دوره۴۹، شماره۱، ص ۱۰۷ الی ۱۲۰