



Research Paper

Pragmatism in Contemporary Architecture: Analyzing the Impact of Emerging Technologies on Design Creativity, Spatial Optimization, and Architects' Decision-Making

Mehrdad Shabkhiz Fordoei¹ Behzad Vasigh*² Ali Asgharzadeh³

¹ Department of Architecture, Cha.C., Islamic Azad University, Chalus, Iran.

² Department of Architecture, Jundishapur University of Technology, Dezful, Iran.

³ Department of Architecture, Cha.C., Islamic Azad University, Chalus, Iran.

Keywords

Pragmatism, Contemporary Architecture, Smart Technologies, Architects' Decision-Making.



ABSTRACT

This study aimed to analyze the impact of emerging architectural technologies, including Artificial Intelligence (AI), Building Information Modeling (BIM), Parametric Design, and Augmented Reality (AR), on design creativity, spatial optimization, and architects' professional decision-making within the framework of pragmatism. The research was applied in purpose and descriptive-analytical in method, employing a survey approach. The statistical population consisted of professional architects, faculty members, and postgraduate architecture students familiar with emerging technologies, from whom 70 participants were selected through purposive sampling. Data were collected using a researcher-developed questionnaire containing 20 items on a five-point Likert scale. Content validity was confirmed by experts, and reliability was verified through Cronbach's alpha coefficient (0.84). Data were analyzed using descriptive statistics, Pearson correlation, one-sample t-test, and multiple regression analysis in SPSS. The findings indicated that emerging technologies significantly improve design efficiency, spatial optimization, and architects' decision-making processes. Artificial Intelligence showed the strongest effect on professional decision-making among the technologies examined. Significant positive relationships were found between emerging technologies and spatial optimization ($r = 0.76$) as well as design efficiency ($r = 0.71$). However, their influence on design creativity was comparatively weaker, highlighting the continuing importance of human experience and professional judgment in architectural practice. From a pragmatic perspective, the value of emerging technologies lies not merely in their technical capabilities but in their effectiveness in addressing real design challenges, improving the quality of the built environment, and supporting informed architectural decision-making.

*Corresponding Author: Behzad Vasigh

Email Address: vasiq@jsu.ac.ir

Shabkhiz Fordoei, M., Vasigh, B. & Asgharzadeh, A. (2026). Pragmatism in Contemporary Architecture: Analyzing the Impact of Emerging Technologies on Design Creativity, Spatial Optimization, and Architects' Decision-Making. *Human Ecology*, 5(14), 2429-2438.



DOI: <https://doi.org/10.22034/he.2026.585561.1227>



مقاله پژوهشی

پراگماتیسم در معماری معاصر: تحلیلی بر تأثیر فناوری‌های نوین در ارتقای خلاقیت طراحی، بهینه‌سازی فضا و تصمیم‌گیری حرفه‌ای معماران

مهرداد شب خیز فردوئی^۱، بهزاد وثیق^{۲*}، علی اصغرزاده^۳

۱ گروه معماری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران.

۲ گروه معماری، دانشگاه صنعتی جندی شاپور، دزفول، ایران.

۳ گروه معماری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران.

واژگان کلیدی

پراگماتیسم
معماری معاصر
فناوری‌های هوشمند
تصمیم‌گیری معماران.

اسکن کنید



چکیده

پژوهش حاضر با هدف تحلیل تأثیر فناوری‌های نوین معماری شامل هوش مصنوعی (AI)، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، طراحی پارامتریک و واقعیت افزوده (AR) بر خلاقیت طراحی، بهینه‌سازی فضا و تصمیم‌گیری حرفه‌ای معماران در چارچوب رویکرد پراگماتیسم انجام شد. این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر روش توصیفی-تحلیلی با رویکرد پیمایشی است. جامعه آماری شامل معماران حرفه‌ای، اعضای هیئت علمی و دانشجویان تحصیلات تکمیلی معماری آشنا با فناوری‌های نوین بود که از میان آنان ۷۰ نفر به روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شدند. داده‌ها از طریق پرسشنامه محقق‌ساخته مشتمل بر ۲۰ گویه در طیف پنج‌درجه‌ای لیکرت گردآوری شد. روایی محتوایی ابزار توسط متخصصان تأیید و پایایی آن با ضریب آلفای کرونباخ ۰/۸۴ احراز گردید. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و به‌کارگیری آزمون‌های آماری توصیفی، همبستگی پیرسون، تی‌تک‌نمونه‌ای و رگرسیون چندگانه تحلیل شدند. نتایج نشان داد فناوری‌های نوین تأثیر مثبت و معناداری بر بهره‌وری طراحی، بهینه‌سازی فضا و فرآیند تصمیم‌گیری معماران دارند. میان فناوری‌های مورد بررسی، هوش مصنوعی بیشترین نقش را در تبیین تغییرات تصمیم‌گیری حرفه‌ای ایفا کرد. همچنین رابطه مثبت و معناداری میان استفاده از فناوری‌های نوین و بهینه‌سازی فضا ($r=0.76$) و بهره‌وری طراحی ($r=0.71$) مشاهده شد. با وجود این، تأثیر فناوری‌ها بر خلاقیت طراحی نسبت به سایر مؤلفه‌ها ضعیف‌تر ارزیابی گردید و نقش تجربه و قضاوت انسانی همچنان تعیین‌کننده باقی ماند. یافته‌ها از منظر پراگماتیسم نشان می‌دهد ارزش فناوری‌های نوین در معماری نه در ماهیت فنی آن‌ها، بلکه در توانایی‌شان برای حل مسائل واقعی طراحی، ارتقای کیفیت محیط ساخته‌شده و بهبود تجربه حرفه‌ای معماران نهفته است.

ارجاع به این مقاله: شب خیز فردوئی، مهرداد، وثیق، بهزاد و اصغر زاده، علی. (۱۴۰۵). پراگماتیسم در معماری معاصر: تحلیلی بر تأثیر فناوری‌های نوین در ارتقای خلاقیت طراحی، بهینه‌سازی فضا و تصمیم‌گیری حرفه‌ای معماران. اکولوژی انسانی، ۵(۱۴)، ۲۴۲۹-۲۴۳۸.

۱. مقدمه

تحولات سریع فناوری و افزایش پیچیدگی مسائل مرتبط با طراحی و ساخت، موجب شده است که روش‌های سنتی معماری به‌تنهایی پاسخگوی نیازهای چندبعدی پروژه‌های معاصر نباشند. در این میان، ضرورت بهره‌گیری از فناوری‌های نوین به‌منظور مدیریت داده‌های پیچیده، بهینه‌سازی فرآیندهای طراحی و پاسخ‌گویی به الزامات فنی، عملکردی و زیست‌محیطی، بیش از هر زمان دیگری مورد توجه پژوهشگران و متخصصان حوزه معماری قرار گرفته است (موسی پناه و همکاران، ۱۴۰۴). در عصر حاضر، فناوری به یکی از ارکان اساسی صنعت مهندسی تبدیل شده است و روند مستمر توسعه و تحول آن، ابعاد گوناگون فعالیت‌های مهندسی را تحت تأثیر قرار داده است. در چنین شرایطی، شناخت فناوری‌های نوین و درک ظرفیت‌های آن‌ها در میان حجم فزاینده‌ای از نوآوری‌ها و دستاوردهای فناوری، از جمله عوامل کلیدی در ارتقای کیفیت عملکرد، افزایش بهره‌وری و دستیابی به راهکارهای مؤثر برای مواجهه با چالش‌های پیچیده مهندسی به شمار می‌رود (تبادلی، ۱۳۹۴). با گسترش فناوری‌های نوین ادغام هوش مصنوعی (AI) و مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) به‌عنوان یک رویکرد نوآورانه در صنعت ساخت و ساز مطرح شده است که می‌تواند موجب تحول در تمامی مراحل چرخه عمر پروژه‌ها گردد (رضایی، ۱۴۰۴).

با پیشرفت فناوری‌های دیجیتال، هوش مصنوعی (AI) به یکی از ابزارهای محوری در طراحی معماری پایدار تبدیل شده است. این فناوری با بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین، پردازش کلان داده‌ها و سیستم‌های تصمیم‌گیری هوشمند، نقش مهمی در کاهش مصرف انرژی، بهینه‌سازی مصرف منابع و افزایش کارایی ساختمان‌ها ایفا می‌نمایند. یکی از مهمترین مزایای استفاده از هوش مصنوعی در معماری، امکان شبیه‌سازی سناریوهای مختلف طراحی، پیش‌بینی رفتار اقلیمی ساختمان و ارائه راهکارهای بهینه برای کاهش اثرات زیست‌محیطی است (داودی فر و لیبب زاده، ۱۴۰۴). جایی که هوش مصنوعی مولد با تولید گزینه‌های طراحی نوآورانه بر پایه داده‌های BIM، ورودی خلاقانه معماران و مهندسان را تقویت می‌کند. رویکرد مشارکتی BIM نیز موجب تسهیل ارتباط و تبادل ایده میان ذی‌نفعان پروژه می‌شود. در مرحله ساخت نیز، این یکپارچگی موجب ساده‌سازی تصمیم‌گیری‌های لحظه‌ای برای عوامل اجرایی در محل پروژه می‌شود و بینش‌های تولیدشده توسط هوش مصنوعی را بر اساس داده‌های BIM ارائه می‌دهد. این امر باعث افزایش کارایی پروژه، کاهش هزینه‌ها و بهبود مدیریت ریسک می‌شود (Rane et al., 2023).

در واقع فناوری‌های نوین مانند مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) تحولات بنیادینی در حوزه طراحی معماری ایجاد کرده‌اند. این فناوری‌ها با ارائه ابزارهای پیشرفته دیجیتال، امکان طراحی دقیق‌تر، تعاملی‌تر و پایدارتر را فراهم نموده است. BIM با خلق مدل‌های جامع سه بعدی اطلاعاتی، فرآیند هماهنگی، مدیریت داده‌ها و کاهش خطاهای اجرایی را بهبود می‌بخشد (ابی‌زاده و مرشدی، ۱۴۰۴)، با استفاده از فناوری‌های نوین احتمال موفقیت پروژه‌ها نیز افزایش خواهد یافت (مخصوصی و همکاران، ۱۴۰۳).

افزون بر این، پژوهش‌های جدید نشان می‌دهند که فناوری‌های هوشمند و به‌ویژه هوش مصنوعی مولد، ظرفیت قابل توجهی در توسعه ایده‌های طراحی، تولید گزینه‌های متنوع و پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های پیچیده معماری دارند (Fitriawijaya & Jeng, 2024). در این میان، گسترش استفاده از فناوری‌های نوین، پرسش‌های جدیدی را درباره نحوه تعامل میان انسان و فناوری در فرآیند طراحی معماری مطرح کرده است. اگرچه این ابزارها توانسته‌اند بسیاری از محدودیت‌های روش‌های سنتی را برطرف کنند، اما ارزیابی میزان تأثیر آن‌ها بر خلاقیت طراحی، کیفیت سازمان‌دهی فضا و تصمیم‌گیری حرفه‌ای معماران همچنان نیازمند بررسی‌های عمیق‌تر است. از سوی دیگر، صرف توسعه فناوری به‌تنهایی تضمین‌کننده بهبود کیفیت طراحی نیست؛ بلکه نحوه به‌کارگیری این فناوری‌ها و میزان کارآمدی آن‌ها در پاسخ‌گویی به مسائل واقعی طراحی از اهمیت بیشتری برخوردار است. در چنین بستری، پراگماتیسم به‌عنوان رویکردی فلسفی که بر تجربه، عمل، حل مسئله و پیامدهای عملی دانش تأکید دارد، چارچوبی مناسب برای تحلیل نقش فناوری‌های نوین در معماری فراهم می‌آورد (Dewey, 1938). از منظر پراگماتیستی، ارزش هر ابزار یا فناوری در میزان موفقیت آن در حل مسائل عملی و بهبود تجربه انسانی نهفته است. بر این اساس، فناوری‌های دیجیتال را می‌توان نه صرفاً به‌عنوان ابزارهای فنی، بلکه به‌عنوان واسطه‌هایی برای ارتقای کیفیت طراحی، افزایش خلاقیت و بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری در معماری ارزیابی کرد.

اگرچه مطالعات متعددی به بررسی کاربرد BIM، هوش مصنوعی، طراحی پارامتریک و واقعیت افزوده در معماری پرداخته‌اند (Zhang & Chen, 2022; Wang & Johnson, 2022)، بیشتر این پژوهش‌ها بر ابعاد فنی، محاسباتی و اجرایی این فناوری‌ها تمرکز داشته‌اند. همچنین پژوهش‌های جدید بر ظرفیت هوش مصنوعی و فناوری‌های دیجیتال در تحول فرآیند طراحی تأکید کرده‌اند (Li et al., 2024)، اما بررسی این فناوری‌ها در چارچوب فلسفی پراگماتیسم و تحلیل تأثیر آن‌ها بر خلاقیت طراحی، بهینه‌سازی فضا و تصمیم‌گیری حرفه‌ای معماران همچنان محدود است. این خلأ پژوهشی ضرورت انجام مطالعه حاضر را آشکار می‌سازد. بنابراین هدف کلی پژوهش حاضر، تحلیل تأثیر فناوری‌های نوین بر خلاقیت طراحی، بهینه‌سازی فضا و تصمیم‌گیری حرفه‌ای معماران از منظر پراگماتیسم است. نوآوری این پژوهش در ارائه چارچوبی تحلیلی برای تبیین رابطه میان فناوری، خلاقیت و عمل معمارانه بر پایه اصول پراگماتیسم نهفته است. برخلاف مطالعات

پیشین که عمدتاً بر جنبه‌های فنی فناوری‌ها تأکید داشته‌اند، پژوهش حاضر با رویکردی انسان‌محور و عمل‌گرایانه، نحوه تأثیر فناوری‌های نوین بر فرآیندهای فکری، تصمیم‌گیری و تولید دانش طراحی را مورد بررسی قرار می‌دهد. در این چارچوب، بر این اساس، پرسش اصلی پژوهش حاضر این است که تأثیر فناوری‌های نوین در چارچوب رویکرد پراگماتیسم بر خلاقیت طراحی، بهینه‌سازی فضا و فرآیندهای تصمیم‌گیری حرفه‌ای معماران در معماری معاصر چگونه قابل تبیین است؟

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

تحولات دیجیتال و گسترش فناوری‌های نوین، رویکردهای طراحی معماری را دستخوش تغییرات اساسی کرده و زمینه شکل‌گیری شیوه‌های جدید تصمیم‌گیری، خلاقیت و بهینه‌سازی فضا را فراهم آورده است. در این میان، فلسفه پراگماتیسم با تأکید بر تجربه، عمل و حل مسئله، چارچوبی مناسب برای تبیین نحوه تعامل میان معمار و فناوری‌های نوین ارائه می‌دهد. از این رو، در این بخش ابتدا مبانی نظری پژوهش بر پایه رویکرد پراگماتیستی تبیین شده و سپس مهم‌ترین مطالعات داخلی و خارجی مرتبط با فناوری‌های نوین در معماری مرور می‌گردد.

۲.۱. پراگماتیسم به عنوان بستر نظری طراحی معماری دیجیتال

مکتب پراگماتیسم، یکی از مکاتب اصلی فلسفی است که در قرن نوزدهم، در پرتو اندیشه‌های پیرس، ویلیام جیمز و جان دیویی شکل گرفته است و تا امروز، همچنان به حیات خود ادامه داده است (رضاداد و همکاران، ۱۴۰۴). این رویکرد بر تجربه، عمل، حل مسئله و پیامدهای کاربردی دانش تأکید دارد و حقیقت را نه مفهومی انتزاعی، بلکه نتیجه تعامل میان انسان و محیط می‌داند (Peirce, 1878; James, 1907; Dewey, 1938). از منظر پراگماتیستی، ارزش هر ایده، نظریه یا ابزار به میزان کارآمدی آن در حل مسائل واقعی و بهبود تجربه انسانی وابسته است. بر این اساس، فناوری زمانی ارزشمند تلقی می‌شود که بتواند در عمل موجب ارتقای کیفیت تصمیم‌گیری، بهبود تجربه طراحی و افزایش توانایی انسان در مواجهه با مسائل پیچیده شود. این نگرش در معماری معاصر اهمیت ویژه‌ای یافته است؛ زیرا معماری ماهیتی مسئله‌محور داشته و همواره در پی پاسخگویی به نیازهای عملکردی، اجتماعی و محیطی کاربران است. در این چارچوب، طراحی معماری صرفاً فرآیندی زیباشناختی تلقی نمی‌شود، بلکه نوعی فرایند حل مسئله است که از طریق تجربه، ارزیابی، بازخورد و اصلاح مستمر شکل می‌گیرد. دیویی (۱۹۳۸) طراحی را نوعی «پژوهش در عمل» می‌داند که در آن دانش در بستر تجربه و تعامل با شرایط واقعی تولید می‌شود. چنین برداشتی از طراحی، زمینه مناسبی برای تبیین نقش فناوری‌های نوین در معماری فراهم می‌آورد.

۲.۲. پیوند پراگماتیسم و معماری معاصر

کاربست پراگماتیسم در معماری به معنای توجه هم‌زمان به تجربه کاربران، کارکرد فضا و نتایج عملی طراحی است. از این منظر، کیفیت یک اثر معماری صرفاً بر اساس ویژگی‌های فرمی و زیبایی‌شناختی سنجیده نمی‌شود، بلکه میزان موفقیت آن در پاسخگویی به نیازهای انسانی و حل مسائل محیطی نیز اهمیت دارد (Buchanan, 1992). بوکانان طراحی را فعالیتی مبتنی بر حل مسئله می‌داند که در آن طراح به‌طور مداوم میان دانش، تجربه و عمل در حرکت است و از طریق آزمون راه‌حل‌های مختلف به پاسخ مناسب دست می‌یابد. در نتیجه، فناوری‌های دیجیتال نیز در چارچوب پراگماتیسم باید در خدمت ارتقای تجربه انسانی و بهبود کیفیت محیط ساخته‌شده قرار گیرند. در این رویکرد، فناوری نه یک هدف مستقل، بلکه ابزاری برای توسعه ظرفیت شناختی، خلاقیت و تصمیم‌گیری انسان محسوب می‌شود.

۲.۳. فناوری‌های نوین به مثابه ابزارهای پراگماتیستی

تحولات دیجیتال دهه‌های اخیر موجب ورود فناوری‌هایی نظیر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، هوش مصنوعی (AI)، طراحی پارامتریک و واقعیت افزوده (AR) به عرصه معماری شده است. BIM به عنوان بستری یکپارچه برای مدیریت اطلاعات پروژه، امکان هماهنگی میان ذی‌نفعان و بهینه‌سازی فرآیند تصمیم‌گیری را فراهم می‌سازد (Gielingh, 2015). از منظر پراگماتیسم، این فناوری ابزاری برای کاهش خطا، افزایش همکاری و بهبود کیفیت تجربه طراحی محسوب می‌شود.

پژوهش لی و همکاران^۱ (۲۰۲۴) نشان می‌دهد که ادغام AI و BIM می‌تواند موجب بهبود عملکرد ساختمان، ارتقای پایداری و افزایش کارایی فرآیند طراحی شود. همچنین نتایج فیترباجایا و جنگ^۲ (۲۰۲۴) حاکی از آن است که هوش مصنوعی مولد با گسترش دامنه ایده‌پردازی و تولید سناریوهای مختلف طراحی، ظرفیت خلاقیت معماران را افزایش می‌دهد. طراحی پارامتریک نیز نمونه‌ای از رویکرد آزمایش‌محور در معماری است که امکان ارزیابی و اصلاح مستمر گزینه‌های طراحی را فراهم می‌کند (Turrin et al., 2011). این فناوری از طریق تعریف

^۱ Li et al

^۲ Fitriawijaya & Jeng

روابط میان پارامترهای طراحی، معمار را در کشف راه‌حل‌های بهینه‌یاری می‌دهد. در همین راستا، چن و همکاران^۱ (۲۰۱۸) نشان دادند که طراحی پارامتریک می‌تواند در بهینه‌سازی عملکرد فضایی و انرژی ساختمان‌ها نقش مؤثری ایفا کند. واقعیت افزوده نیز با ایجاد پیوند میان محیط فیزیکی و مدل‌های دیجیتال، تجربه فضایی را از سطح انتزاعی به سطح تعاملی ارتقا می‌دهد. این فناوری امکان ارزیابی طرح‌ها در شرایط واقعی را فراهم کرده و کیفیت تصمیم‌گیری طراحی را افزایش می‌دهد (Liu et al., 2024). مطالعات متعددی در سال‌های اخیر به بررسی نقش فناوری‌های نوین در تحول فرآیند طراحی معماری پرداخته‌اند در این راستا وانگ و همکاران^۲ (۲۰۲۲) نشان دادند که روش‌های طراحی پارامتریک و الگوریتم‌های تکاملی امکان تولید گزینه‌های متنوع طراحی و بهینه‌سازی هم‌زمان شاخص‌های عملکردی و فضایی را فراهم می‌کنند. سایموندیو و همکاران^۳ (۲۰۲۲) نیز گزارش کردند که فناوری واقعیت افزوده موجب افزایش ادراک فضایی و بهبود کیفیت ارزیابی طرح‌ها می‌شود.

همچنین مطالعه رین و همکاران^۴ (۲۰۲۳) به بررسی ادغام مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) با هوش مصنوعی مولد نظیر ChatGPT و Bard در صنعت معماری، مهندسی و ساخت‌وساز (AEC) می‌پردازد. نتایج نشان داد که این یکپارچگی می‌تواند فرآیند طراحی را از طریق تولید گزینه‌های طراحی مبتنی بر داده‌های BIM بهبود داده و تعامل میان ذی‌نفعان پروژه را با بهره‌گیری از رابط‌های زبان طبیعی تسهیل کند. همچنین در مرحله اجرا، این ترکیب به بهبود تصمیم‌گیری بلادرنگ، افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها و ارتقای مدیریت ریسک کمک می‌کند. افزون بر این، کاربرد آن در شبیه‌سازی و تحلیل عملکرد سازه، بهره‌وری انرژی و اثرات زیست‌محیطی نیز مورد تأکید قرار گرفته است. با وجود مزایا، چالش‌هایی مانند امنیت داده‌ها، ملاحظات اخلاقی و محدودیت‌های محاسباتی نیز مطرح شده‌اند.

همچنین لیو و همکاران^۵ (۲۰۲۴) نقش فناوری‌های غوطه‌ور را در بهبود درک فضایی و افزایش مشارکت ذی‌نفعان تأیید کردند. در ایران نیز در این زمینه مطالعاتی انجام شده است از جمله: امان‌زادگان و همکاران (۱۴۰۲) نشان دادند که یکپارچه‌سازی BIM و AI موجب ارتقای کارایی طراحی، بهبود مدیریت اطلاعات و افزایش دقت تصمیم‌گیری در پروژه‌های معماری می‌شود. مخصوصی و همکاران (۱۴۰۳) نیز گزارش کردند که استفاده هم‌زمان از BIM و AI می‌تواند موجب کاهش خطاهای مدیریتی و ارتقای کیفیت تصمیمات پروژه شود. میرزایی‌پور مبینی و منتظری هدش (۱۴۰۳) نیز ضمن تأیید ظرفیت‌های گسترده فناوری‌های هوشمند در معماری، بر حفظ نقش معمار به‌عنوان عامل خلاق و تصمیم‌گیرنده نهایی تأکید کردند و نشان دادند که اثربخشی فناوری‌ها در گرو تعامل آن‌ها با تجربه و قضاوت انسانی است.

مرور مطالعات داخلی و خارجی نشان می‌دهد که اگرچه نقش فناوری‌های نوین در افزایش بهره‌وری، بهینه‌سازی فرآیند طراحی و ارتقای کیفیت تصمیم‌گیری مورد تأیید قرار گرفته است، اما پژوهش‌های اندکی به بررسی این فناوری‌ها در چارچوب نظری پراگماتیسم پرداخته‌اند. همچنین رابطه میان فناوری‌های نوین، خلاقیت طراحی، بهینه‌سازی فضا و تصمیم‌گیری حرفه‌ای معماران به‌صورت یکپارچه کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. از این‌رو، پژوهش حاضر با بهره‌گیری از رویکرد پراگماتیسم در پی تبیین این تعامل و ارائه چارچوبی نظری برای تحلیل نقش فناوری‌های نوین در معماری معاصر است.

۳. مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت، توصیفی-تحلیلی است که به روش پیمایشی انجام شده است. هدف پژوهش، بررسی تأثیر فناوری‌های نوین شامل هوش مصنوعی (AI)، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، طراحی پارامتریک و واقعیت افزوده (AR) بر خلاقیت طراحی، بهینه‌سازی فضا و تصمیم‌گیری معماران در چارچوب فلسفه پراگماتیسم است. با توجه به ماهیت مسئله پژوهش و ضرورت سنخ‌نگرشی و ادراک متخصصان نسبت به نقش فناوری‌های نوین در فرآیند طراحی معماری، رویکرد کمی به‌عنوان مناسب‌ترین روش برای گردآوری و تحلیل داده‌ها انتخاب شد.

جامعه آماری پژوهش شامل معماران حرفه‌ای، اعضای هیئت علمی رشته معماری و دانشجویان تحصیلات تکمیلی معماری بود که دارای آشنایی و تجربه در زمینه فناوری‌های نوین معماری بودند. حجم نمونه پژوهش ۷۰ نفر تعیین شد که با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شدند. معیار انتخاب افراد، آشنایی با حداقل یکی از فناوری‌های مورد مطالعه شامل هوش مصنوعی، BIM، طراحی پارامتریک یا واقعیت افزوده بود. ابزار گردآوری داده‌ها پرسشنامه محقق‌ساخته‌ای مشتمل بر ۲۰ گویه بود که بر اساس مبانی نظری پژوهش و مطالعات پیشین تدوین شد. گویه‌ها در قالب طیف پنج‌درجه‌ای لیکرت از «کاملاً مخالفم» تا «کاملاً موافقم» تنظیم شدند و پنج بعد اصلی شامل کاربرد

¹ Chien et al

² Wang et al

³ Symeonidou

⁴ Rane et al

⁵ Liu et al

فناوری‌های نوین در طراحی، بهینه‌سازی فضا، خلاقیت طراحی، تعامل انسان و فناوری و کیفیت تصمیم‌گیری معماران را مورد سنجش قرار دادند.

به‌منظور بررسی روایی محتوایی، پرسشنامه در اختیار سه نفر از متخصصان حوزه معماری و روش تحقیق قرار گرفت و پس از اعمال اصلاحات پیشنهادی، نسخه نهایی تدوین شد. همچنین برای سنجش پایایی ابزار از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد که مقدار آن برابر با ۰/۸۴ به دست آمد و نشان‌دهنده پایایی مطلوب پرسشنامه بود. گردآوری داده‌ها به دو شیوه کتابخانه‌ای و میدانی انجام شد. در بخش کتابخانه‌ای، اطلاعات نظری و پیشینه پژوهش از طریق مطالعه کتاب‌ها، مقالات علمی و منابع معتبر داخلی و خارجی گردآوری شد. در بخش میدانی، پرسشنامه‌ها به‌صورت الکترونیکی در اختیار نمونه‌های پژوهش قرار گرفت و پس از تکمیل، داده‌ها برای تحلیل آماری آماده شدند. به‌منظور تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده شد. در بخش آمار توصیفی، شاخص‌هایی نظیر فراوانی، درصد، میانگین و انحراف معیار محاسبه گردید. همچنین برای آزمون فرضیه‌های پژوهش از آزمون تی تک‌نمونه‌ای، ضریب همبستگی پیرسون و تحلیل رگرسیون چندگانه استفاده شد. این آزمون‌ها امکان بررسی میزان تأثیر فناوری‌های نوین بر خلاقیت طراحی، بهینه‌سازی فضا و تصمیم‌گیری معماران و همچنین تعیین قدرت تبیین متغیرهای مستقل در پیش‌بینی متغیرهای وابسته را فراهم ساختند.

۴. یافته‌ها

۴.۱. یافته‌های توصیفی

۱-۴. ویژگی‌های جمعیت‌شناختی پاسخ‌دهندگان

مشخصات جمعیت‌شناختی نمونه مورد مطالعه در جدول (۱) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که اکثر مشارکت‌کنندگان دارای سابقه حرفه‌ای قابل قبول و آشنایی مناسب با فناوری‌های نوین معماری بوده‌اند که اعتبار پاسخ‌ها را افزایش می‌دهد.

جدول ۱. مشخصات پاسخ‌دهندگان

متغیر	طبقه	فراوانی	درصد
جنسیت	مرد	۴۲	۶۰
	زن	۲۸	۴۰
تحصیلات	کارشناسی ارشد	۳۹	۵۵/۷
	دکتری	۳۱	۴۴/۳
سابقه فعالیت	کمتر از ۵ سال	۱۸	۲۵/۷
	۵ تا ۱۰ سال	۲۹	۴۱/۴
	بیش از ۱۰ سال	۲۳	۳۲/۹

۲-۴. بررسی نگرش پاسخ‌دهندگان نسبت به تأثیر فناوری‌های نوین بر طراحی معماری

به‌منظور بررسی نگرش پاسخ‌دهندگان نسبت به تأثیر فناوری‌های نوین بر طراحی معماری، شاخص‌های توصیفی متغیرهای پژوهش محاسبه شد. نتایج جدول (۲) نشان داد که میانگین ادراک معماران از تأثیر فناوری‌های نوین بر بهینه‌سازی فضا (۴/۱۲ از ۵) و بهبود فرآیند تصمیم‌گیری (۳/۹۸ از ۵) در سطح نسبتاً بالایی قرار دارد. همچنین میانگین متغیر بهره‌وری طراحی برابر با ۴/۰۵ و میانگین خلاقیت طراحی برابر با ۳/۴۱ به دست آمد.

جدول ۲. شاخص‌های توصیفی متغیرهای پژوهش

متغیرها	میانگین	انحراف معیار
فناوری‌های نوین در طراحی	۴/۰۸	۰/۶۳
بهینه‌سازی فضا	۴/۱۲	۰/۵۹
تصمیم‌گیری معماران	۳/۹۸	۰/۶۷
بهره‌وری طراحی	۴/۰۵	۰/۶۱
خلاقیت طراحی	۳/۴۱	۰/۸۲

بررسی فراوانی پاسخ‌ها نشان داد ۷۸ درصد از مشارکت‌کنندگان تأثیر فناوری‌های نوین بر تحلیل و بهینه‌سازی فضا را «زیاد» یا «بسیار زیاد» ارزیابی کرده‌اند. همچنین ۶۸ درصد از پاسخ‌دهندگان معتقد بودند که بهره‌گیری از فناوری‌های دیجیتال موجب افزایش بهره‌وری و کاهش

خطاهای طراحی می‌شود. در مقابل، تنها ۵۵ درصد از افراد تأثیر مثبت فناوری بر خلاقیت طراحی را تأیید کردند و ۳۲ درصد نگرشی خنثی یا منفی نسبت به این موضوع داشتند.

۴.۲. آزمون فرضیه اول

فرضیه اول: استفاده از فناوری‌های نوین در فرآیند طراحی معماری موجب افزایش دقت و بهره‌وری معماران می‌شود. برای بررسی این فرضیه از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد، در جدول (۳) همبستگی میان فناوری‌های نوین و بهره‌وری طراحی بررسی شده است.

جدول ۳. همبستگی میان فناوری‌های نوین و بهره‌وری طراحی		
متغیرها	ضریب همبستگی (r)	سطح معناداری
فناوری‌های نوین و بهره‌وری طراحی	۰/۷۱	$p < ۰/۰۰۱$

نتایج نشان داد بین میزان استفاده از فناوری‌های نوین و بهره‌وری طراحی رابطه مثبت و معناداری وجود دارد $r = ۰/۷۱$ بنابراین فرضیه اول تأیید شد.

۴.۳. آزمون فرضیه دوم

فرضیه دوم: میان میزان بهره‌گیری از فناوری‌های هوشمند و سطح بهینه‌سازی فضا رابطه مثبت و معناداری وجود دارد. همبستگی میان فناوری‌های نوین و بهینه‌سازی فضا در جدول (۴) بررسی شده است.

جدول ۴. همبستگی میان فناوری‌های نوین و بهینه‌سازی فضا		
متغیرها	ضریب همبستگی (r)	سطح معناداری
فناوری‌های نوین و بهینه‌سازی فضا	۰/۷۶	$p < ۰/۰۰۱$

نتایج نشان داد رابطه‌ای مثبت و نسبتاً قوی میان استفاده از فناوری‌های نوین و بهینه‌سازی فضا وجود دارد. این یافته بیانگر آن است که فناوری‌هایی نظیر BIM، طراحی پارامتریک و هوش مصنوعی نقش مهمی در سازمان‌دهی فضایی و بهبود عملکرد محیطی طرح‌های معماری دارند.

۴.۴. آزمون فرضیه سوم

فرضیه سوم: استفاده از ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی و طراحی پارامتریک موجب تغییر در الگوی تصمیم‌گیری طراحی می‌شود. برای سنجش قدرت پیش‌بینی فناوری‌های نوین بر تصمیم‌گیری طراحی از تحلیل رگرسیون چندگانه استفاده شد. نتایج تحلیل در جدول (۵) گزارش شده است.

جدول ۵. نتایج رگرسیون چندگانه		
متغیر پیش‌بین	ضریب بتا (β)	سطح معناداری
BIM	۰/۳۴	$p < ۰/۰۰۱$
هوش مصنوعی	۰/۴۱	$p < ۰/۰۰۱$
طراحی پارامتریک	۰/۲۹	$p < ۰/۰۱$
واقعیت افزوده	۰/۲۲	$p < ۰/۰۵$

ضریب تعیین مدل $R^2 = ۰/۵۸$ نشان داد که فناوری‌های مورد مطالعه قادرند ۵۸ درصد از تغییرات مربوط به تصمیم‌گیری معماران را تبیین کنند. در میان متغیرهای پیش‌بین، هوش مصنوعی بیشترین تأثیر را بر فرآیند تصمیم‌گیری داشته است.

۴.۵. آزمون فرضیه چهارم

فرضیه چهارم: علی‌رغم گسترش فناوری‌های نوین، نقش معمار در تصمیم‌گیری نهایی و تفسیر زیبایی‌شناسی فضا حفظ می‌شود. نتایج آزمون تی تک‌نمونه‌ای نشان داد که میانگین پاسخ‌ها در این مؤلفه به‌طور معناداری بالاتر از حد متوسط مقیاس (۳) قرار دارد ($t = 4/87$ و $p < 0/001$) این یافته بیانگر آن است که پاسخ‌دهندگان همچنان نقش قضاوت انسانی، تجربه حرفه‌ای و درک زیبایی‌شناختی معمار را در تصمیم‌گیری نهایی ضروری می‌دانند.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف تحلیل تأثیر فناوری‌های نوین شامل مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، هوش مصنوعی (AI)، طراحی پارامتریک و واقعیت افزوده (AR) بر خلاقیت طراحی، بهینه‌سازی فضا و تصمیم‌گیری حرفه‌ای معماران در چارچوب رویکرد پراگماتیسم انجام شد. نتایج نشان داد که فناوری‌های نوین به‌طور معناداری موجب افزایش بهره‌وری طراحی، بهبود سازمان‌دهی فضایی و ارتقای کیفیت تصمیم‌گیری حرفه‌ای معماران می‌شوند. همچنین یافته‌ها بیانگر آن بود که هوش مصنوعی بیشترین سهم را در تبیین تغییرات مربوط به فرآیند تصمیم‌گیری داشته و پس از آن، BIM، طراحی پارامتریک و واقعیت افزوده در بهبود عملکرد طراحی نقش‌آفرینی می‌کنند.

یافته‌های مربوط به رابطه مثبت میان فناوری‌های نوین و بهره‌وری طراحی نشان می‌دهد که ابزارهای دیجیتال توانسته‌اند بسیاری از محدودیت‌های ناشی از روش‌های سنتی طراحی را کاهش دهند. این نتیجه با پژوهش‌های لی و همکاران (۲۰۲۴)، وانگ و همکاران (۲۰۲۲) و امان‌زادگان و همکاران (۱۴۰۲) همسو است که بر نقش فناوری‌های دیجیتال در افزایش دقت، کاهش خطا و تسهیل مدیریت اطلاعات تأکید کرده‌اند. از منظر پراگماتیسم، این یافته بیانگر آن است که ارزش فناوری نه در ویژگی‌های فنی آن، بلکه در توانایی آن برای حل مسائل واقعی طراحی و بهبود عملکرد حرفه‌ای معماران معنا می‌یابد. در واقع، فناوری زمانی واجد ارزش است که بتواند فرآیند دستیابی به راه‌حل‌های مؤثر را تسهیل کرده و کیفیت عمل حرفه‌ای را ارتقا دهد.

نتایج پژوهش همچنین نشان داد که فناوری‌های نوین تأثیر قابل توجهی بر بهینه‌سازی فضا دارند. این یافته را می‌توان در چارچوب اکولوژی انسانی تفسیر کرد؛ زیرا سازمان‌دهی مناسب فضا یکی از عوامل مؤثر بر کیفیت تعامل انسان با محیط ساخته‌شده به شمار می‌رود. فناوری‌هایی نظیر BIM و طراحی پارامتریک با فراهم ساختن امکان تحلیل هم‌زمان شاخص‌های عملکردی، رفتاری و محیطی، شرايطی را فراهم می‌کنند که طراحی فضاها بیش از پیش با نیازهای کاربران، الزامات پایداری و کیفیت زیست‌محیطی هماهنگ شود. از این منظر، نقش فناوری فراتر از افزایش کارایی فنی بوده و می‌تواند در ارتقای کیفیت تجربه انسانی و بهبود رابطه میان انسان و محیط نقش‌آفرین باشد.

یکی دیگر از یافته‌های مهم پژوهش، تأثیر بالای هوش مصنوعی بر فرآیند تصمیم‌گیری حرفه‌ای معماران بود. قابلیت تحلیل حجم گسترده‌ای از داده‌ها، شبیه‌سازی سناریوهای مختلف و ارائه گزینه‌های متعدد طراحی، موجب شده است که هوش مصنوعی به ابزاری مؤثر در پشتیبانی از تصمیم‌گیری تبدیل شود. این نتیجه با مطالعات فیتزریاویجایا و جنگ (۲۰۲۴) و لی و همکاران (۲۰۲۴) همخوانی دارد. علاوه بر این، Rane و همکاران (۲۰۲۳) نیز با تأکید بر ادغام BIM و هوش مصنوعی مولد نظیر ChatGPT نشان دادند که این یکپارچگی می‌تواند از طریق تحلیل داده‌های BIM و تولید بینش‌های هوشمند، فرآیند تصمیم‌گیری و طراحی را در صنعت معماری و ساخت‌وساز بهبود بخشد.

با این حال، یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که تصمیم‌گیری نهایی همچنان متأثر از تجربه، دانش ضمنی و قضاوت حرفه‌ای معمار است. این موضوع با دیدگاه دیویی درباره نقش تجربه در فرآیند حل مسئله سازگار بوده و نشان می‌دهد که فناوری نمی‌تواند جایگزین کامل تفکر انسانی شود، بلکه نقش آن تسهیل و پشتیبانی از فرآیند تصمیم‌سازی است.

از سوی دیگر، نتایج نشان داد که تأثیر فناوری‌های نوین بر خلاقیت طراحی نسبت به سایر ابعاد مورد بررسی کمتر بوده است. هرچند ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی و طراحی پارامتریک امکان تولید سریع ایده‌ها و گزینه‌های متنوع طراحی را فراهم می‌کنند، اما خلاقیت معماری همچنان پدیده‌ای چندبعدی است که علاوه بر تحلیل منطقی، به تخیل، شهود، تجربه زیسته و درک زمینه‌ای وابسته است. بنابراین می‌توان استدلال کرد که فناوری‌های نوین بیش از آنکه جایگزین خلاقیت انسانی باشند، نقش تقویت‌کننده و توسعه‌دهنده ظرفیت‌های خلاقانه معماران را بر عهده دارند. در مجموع، یافته‌های پژوهش از دیدگاه پراگماتیسم نشان می‌دهد که فناوری‌های نوین زمانی بیشترین اثربخشی را خواهند داشت که در تعامل با دانش، تجربه و قضاوت انسانی به کار گرفته شوند. همچنین از منظر اکولوژی انسانی، این فناوری‌ها می‌توانند از طریق بهبود کیفیت محیط ساخته‌شده، ارتقای کارایی فضایی و افزایش انطباق طراحی با نیازهای انسانی، در توسعه محیط‌های زیست‌پذیرتر و پایدارتر مؤثر واقع شوند.

در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که فناوری‌های نوین معماری به ابزارهایی راهبردی برای ارتقای کیفیت طراحی، بهینه‌سازی فضا و بهبود تصمیم‌گیری حرفه‌ای تبدیل شده‌اند، اما جایگزین نقش خلاق، تفسیری و ارزشی معمار نخواهند شد. نوآوری اصلی پژوهش حاضر در ارائه تحلیلی تلفیقی از فناوری‌های دیجیتال و معماری در چارچوب فلسفه پراگماتیسم و با تأکید بر ابعاد انسانی و محیطی طراحی است. بر این

اساس، آینده معماری معاصر را می‌توان در تعامل سازنده میان توانمندی‌های فناوری و ظرفیت‌های شناختی و خلاقانه انسان جست‌وجو کرد؛ تعاملی که نه تنها موجب ارتقای کیفیت فرآیند طراحی می‌شود، بلکه می‌تواند به بهبود کیفیت زندگی، افزایش پایداری محیطی و تقویت رابطه انسان و محیط ساخته‌شده نیز بینجامد.

۶. پیشنهادات

یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که فناوری‌های نوین معماری شامل هوش مصنوعی، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، طراحی پارامتریک و واقعیت افزوده، نقش مؤثری در ارتقای بهره‌وری طراحی، بهینه‌سازی فضا و بهبود فرآیند تصمیم‌گیری حرفه‌ای معماران دارند. این فناوری‌ها با فراهم‌سازی امکان تحلیل داده‌های پیچیده، تولید سناریوهای متنوع طراحی و افزایش دقت در ارزیابی گزینه‌ها، توانسته‌اند بخش مهمی از محدودیت‌های روش‌های سنتی طراحی را کاهش دهند.

با این حال، نتایج پژوهش تأکید می‌کند که علی‌رغم این پیشرفت‌ها، خلاقیت طراحی همچنان تا حد زیادی وابسته به تجربه، قضاوت و شهود انسانی معماران است و فناوری‌های نوین بیشتر نقش تقویت‌کننده و تسهیل‌گر دارند تا جایگزین فرآیند خلاقه انسانی. از این منظر، نتایج پژوهش با رویکرد پراگماتیسم هم‌راستا بوده و نشان می‌دهد که ارزش واقعی فناوری در کارآمدی عملی آن در حل مسائل واقعی طراحی و بهبود تجربه زیسته معماران معنا پیدا می‌کند. بر این اساس، می‌توان نتیجه گرفت که آینده معماری معاصر در گرو تعامل هوشمندانه میان انسان و فناوری است؛ تعاملی که در آن ابزارهای دیجیتال در خدمت ارتقای تفکر طراحی قرار گرفته و معمار به‌عنوان تصمیم‌گیرنده نهایی و تفسیرکننده کیفیت فضایی باقی می‌ماند. پیشنهاد می‌شود:

۱. با توجه به نقش معنادار و قوی فناوری‌های نوین در بهینه‌سازی فضا و ارتقای بهره‌وری طراحی، در پروژه‌های معماری از ترکیب هم‌زمان BIM و ابزارهای هوش مصنوعی برای تحلیل و بهینه‌سازی فضایی به‌صورت گسترده استفاده شود.
۲. با توجه به اینکه هوش مصنوعی بیشترین تأثیر را بر تصمیم‌گیری حرفه‌ای معماران داشته است، توصیه می‌شود توسعه ابزارهای تصمیم‌یار مبتنی بر AI در فرآیند طراحی معماری در اولویت قرار گیرد.
۳. از آنجا که اثر فناوری‌های نوین بر خلاقیت طراحی نسبت به سایر مؤلفه‌ها ضعیف‌تر و همراه با دیدگاه‌های متفاوت بوده است، لازم است پژوهش‌ها و ابزارهای آینده بر تقویت نقش خلاقیت انسانی در تعامل با فناوری تمرکز کنند، نه جایگزینی آن.
۴. با توجه به نقش مؤثر طراحی پارامتریک در تولید گزینه‌های طراحی و اثرگذاری کمتر آن نسبت به AI و BIM، پیشنهاد می‌شود این فناوری به‌عنوان ابزار مکمل در کنار سامانه‌های هوشمند تصمیم‌گیری به‌کار گرفته شود.
۵. با توجه به تأیید حفظ نقش معمار در تصمیم‌گیری نهایی، لازم است در فرآیندهای طراحی دیجیتال، سازوکارهایی برای حفظ کنترل انسانی و قضاوت حرفه‌ای معمار در تمامی مراحل طراحی لحاظ شود.
۶. با توجه به اهمیت ادغام فناوری‌های نوین در افزایش کیفیت تصمیم‌گیری، پیشنهاد می‌شود مدل‌های یکپارچه انسان-فناوری برای مدیریت هم‌زمان داده‌ها، خلاقیت و تصمیم‌سازی در پروژه‌های پیچیده توسعه یابد.

حامی مالی

بنا به اظهار نویسندگان، این مقاله حامی مالی نداشته است.

سه‌م نویسندگان در پژوهش

نویسندگان در تمام مراحل و بخش‌های انجام پژوهش سهم برابر داشتند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از همه کسانی که در انجام این پژوهش یاری رساندند بخصوص گروه علمی معماری واحد چالوس دانشگاه آزاد اسلامی، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

۷. منابع

۱. ابی‌زاده، سامان و مرشدی، علیرضا. (۱۴۰۴). تأثیر فناوری‌های نوین بر فرآیند طراحی معماری: مطالعه موردی BIM و واقعیت مجازی، بیست و هشتمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست، شیروان، <https://civilica.com/doc/2318623>
۲. امان زادگان، محمد، پیوسته گر، یعقوب، حیدری، علی اکبر و ملک حسینی، راضیه. (۱۴۰۲). تحلیل قابلیت ادغام مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و هوش مصنوعی در معماری با رویکرد ردیابی نظام‌وار منابع علمی در دوره ۲۰۲۱-۲۰۱۵. برنامه‌ریزی توسعه کالبدی، ۱۰(۴)، ۱۱۱-۱۳۴. doi: 10.30473/psp.2024.67927.2673

۳. تبدلی، فرشید. (۱۳۹۴). بررسی نقش تکنولوژی و فناوری‌های نوین در توسعه معماری پایدار و تأثیر آن در تقلیل مصرف انرژی در ساختمان، کنفرانس ملی معماری و شهرسازی پایدار با رویکرد انسان و محیط، اردیبهشت، <https://civilica.com/doc/434911>
۴. داودی فر، معصومه و لیب زاده، راضیه. (۱۴۰۴). تأثیر هوش مصنوعی در فرآیند طراحی معماری پایدار، اولین کنفرانس ملی چشم انداز آینده شهرها با محوریت توسعه پایدار فرهنگی و شهر خلاق، شیراز، <https://civilica.com/doc/2308324>
۵. رضاداد، فاطمه، نقی زاده، حسن، ایروانی نجفی، مرتضی و مسعود، جهانگیر. (۱۴۰۴). تأثیر پراگماتیسم بر مطالعات اسلامی معاصر (با تمرکز بر علوم واسطه‌ای و ابزارهای اسلامی). پژوهش‌های عقلی نوین، ۱۰ (۲۰)، ۹۹-۷۳. doi: 10.22081/nir.2026.63920.1366
۶. رضایی، مریم. (۱۴۰۴). تحلیل ادغام هوش مصنوعی و مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) در صنعت ساخت و ساز مرور نظام مند منابع و ارائه راهبردهای آینده پژوهانه، چهارمین کنفرانس بین‌المللی معماری، عمران، شهرسازی، محیط زیست و افق‌های هنر اسلامی در بیانیه گام دوم انقلاب، <https://civilica.com/doc/2428558>
۷. مخصوصی، مهران، امیر کاردوست، علی اصغر و صداقت شایگان، داود. (۱۴۰۳). یکپارچه‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و هوش مصنوعی به منظور بهبود فرایند برنامه‌ریزی و کنترل پروژه‌های ساختمانی، <https://civilica.com/doc/2168712>
۸. موسی پناه، سمانه و عسگری، نازیلا و شفیعی سروستانی، امیر. (۱۴۰۴). تأثیر استفاده از فناوری‌های نوین ساختمان بر طراحی معماری، اولین کنفرانس پژوهش‌های نوین در عمران، معماری و شهرسازی، تهران، <https://civilica.com/doc/2590590>
۹. میرزایی پور میبدی، فاطمه و منتظری هدش، مریم. (۱۴۰۲). چالش‌های پیشرو هوش مصنوعی در معماری، نهمین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و شهر هوشمند، تهران، <https://civilica.com/doc/1976996>
10. Buchanan, R. (1992). Wicked problems in design thinking. *Design Issues*, 8(2), 5–21. <https://doi.org/10.2307/1511637>
11. Chien, S. F., Lin, C. Y., & Hsiao, P. H. (2018). Parametric design optimization for sustainable building performance. *Sustainability*, 10(8), 2808. <https://doi.org/10.3390/su10082808>
12. Dewey, J. (1938). *Logic: The theory of inquiry*. Henry Holt and Company.
13. Fitriawijaya, A., & Jeng, T. (2024). Integrating Multimodal Generative AI and Blockchain for Enhancing Generative Design in the Early Phase of Architectural Design Process. *Buildings*, 14(8), 2533. <https://doi.org/10.3390/buildings14082533>
14. Gielingh, W. (2015). BIM: The development and future of building information modelling. *Automation in Construction*, 59, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.07.009>
15. James, W. (1907). *Pragmatism: A new name for some old ways of thinking*. Longmans, Green and Co.
16. Li, J., Liu, Z., Han, G., Demian, P., & Osmani, M. (2024). The Relationship Between Artificial Intelligence (AI) and Building Information Modeling (BIM) Technologies for Sustainable Building in the Context of Smart Cities. *Sustainability*, 16(24), 10848. <https://doi.org/10.3390/su162410848>
17. Li, Z., Wang, H., & Chen, Y. (2024). Artificial intelligence and building information modeling for sustainable buildings in smart cities: A review. *Sustainable Cities and Society*, 101, 105126. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.105126>
18. Liu, Z., He, Y., Demian, P., & Osmani, M. (2024). Immersive Technology and Building Information Modeling (BIM) for Sustainable Smart Cities. *Buildings*, 14(6), 1765. <https://doi.org/10.3390/buildings14061765>
19. Peirce, C. S. (1878). How to make our ideas clear. *Popular Science Monthly*, 12, 286–302.
20. Rane, N., Choudhary, S., & Rane, J. (2023). Integrating Building Information Modelling (BIM) with ChatGPT, Bard, and similar generative artificial intelligence in the architecture, engineering, and construction industry: applications, a novel framework, challenges, and future scope. *Engineering, and Construction Industry: Applications, a Novel Framework, Challenges, and Future Scope*. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4645601>
21. Symeonidou, I., Weissenböck, R., & Efstathiadis, A. (2022). Augmented Bridges: Investigating the potential of augmented reality for the design of configurable bridges. *International Journal of Architectural Computing*, 20(4), 742-757. <https://doi.org/10.1177/14780771221137935>
22. Turrin, M., Von Buelow, P., & Stouffs, R. (2011). Design explorations of performance driven geometry in architectural design using parametric modeling and genetic algorithms. *Advanced engineering informatics*, 25(4), 656-675. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2011.07.009>
23. Wang, L., Zhang, H., Liu, X., & Ji, G. (2022). Exploring the synergy of building massing and façade design through evolutionary optimization. *Frontiers of Architectural Research*, 11(4), 761-780. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2022.02.002>