ISSN: 2538-2594; Naqshejahan - Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2025;15(2): 17-36

The Role of Agent-Based Modelling in Enhancing the Efficiency of AI Tools in Interior Architecture with an Emphasis on the Concept of a Healthy Building

ARTICLE INFO

Article Type
Applied research

Authors
Paria Taheri[1*]
Maryam Rasoolzadeh[2]

How to cite this article
Ma
URL: http://

ABSTRACT

Aims: The development of AI tools in interior architecture has brought both opportunities and challenges. The primary objective of this research is to highlight the weaknesses and shortcomings in the professional application of artificial intelligence-based tools in interior architecture. The second objective is to introduce and explain the role of agent-based systems in enhancing the efficiency of artificial intelligence tools in interior architecture.

Methods: This research employs a descriptive-analytical method as its primary approach. In the descriptive phase, data were collected from existing sources to examine the impact of artificial intelligence on the interior design process. Subsequently, a questionnaire was designed to gather designers' opinions regarding the influence of artificial intelligence on interior architecture and the role of designers. The collected data were then statistically analyzed using SPSS.

Findings: More than 80% of the surveyed interior architects were familiar with artificial intelligence tools, with most identifying Midjourney as a key tool that reduces time and increases efficiency. The most significant challenges identified pertain to the healthy building domain, particularly in relation to indoor air quality, environmentally friendly materials, and the comfort and ergonomics of spaces.

Conclusion: The qualitative findings of this research indicate that agent-based systems play a crucial role in enhancing the efficiency of artificial intelligence tools in the interior architecture process. This is particularly important in the healthy building domain, as it provides a comprehensive model for understanding the interaction between Bauphysik, Bauchemie, Baubiologie, environmentally friendly materials, and occupant health.

Keywords: Bauphysik – building physics, Bauchemie - building chemistry, Baubiologie - building biology, occupant health, biocomputing, bauchemie, agent-based design, climate-friendly building, AI (artificial intelligence).

CITATIONLINKS

1-Master Student of Department of Urban Design, Ball State University, USA ORCID: 0009-0004-3841-2198

2-Postdoctoral Researcher, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran https://orcid.org/0000-0002-1152-5561

Correspondence
Address: Department of Urban Design, Ball State University, USA

Email: paria.taheri@bsu.edu

Article History
Received: 2024.
Accepted: 2024.
Published: 2025.

[1]. Hussein GK. Improving Design Efficiency Using Artificial Intelligence: A Study on…..[2]. Hamdy Y. Application of artificial intelligence in the development of Interior Design….[3]. Yanhua L. Research on the Application of Artificial Intelligence in Interior Design……[4]. Taheri P, Rasoolzadeh M. Meta-analysis of artificial intelligence in interior architecture….[5]. Rasoolzadeh M, Moshari M. Prioritizing for Healthy Urban Planning: Interaction of….[6]. Rasoolzadeh M, Moshari M. Designerly approach to occupant health with the interaction…[7]. Shams G, Rasoolzadeh M. Bauchemie: Environmental Perspective to Well-Building and Occupant Health…..[8]. Arianejad P, Mozafar F, Khanmohammadi M, Saleh SedgPoor B. Simulation software….[9]. Zaccolo S. Artificial Intelligence as a Creativity Companion. 13 Jan…[10]. Pylypchuk OD, Polubok AP, Avdieieva NY. Using artificial intelligence to….[11]. Gong M. Application and Practice of Artificial Intelligence Technology in Interior Design…..[12]. Almajaibel MK. How far does Artificial Intelligence (AI) evolve in the pursuit…[13]. Goodarzi P, Ansari M, Mahdavinejad M, Russo A, Haghighatbin M, Rahimian FP….[14]. Irbite A, Strode A. Artificial intelligence vs designer: The impact of artificial…[15]. Samuel A, Mahanta NR, Vitug AC. Computational technology and artificial…[16]. Fakhr BV, Mahdavinejad M, Rahbar M, Dabaj B. Design Optimization…[17]. Rahbar M, Mahdavinejad M, Bemanian M, Davaie Markazi AH, Hovestadt L. Generating……

Copyright© 2021, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

eISSN:2538-2594 نقش جهان - مطالعات نظری و فناوری های نوین معماری و شهرسازی-۱۴۰۴؛ (۲) ۱۵:۳۶-۱۷

نقش سامانه‌های عامل‌محور در بهبود کارایی ابزارهای هوش مصنوعی در معماری داخلی با تاکید بر مفهوم ساختمان سالم

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: تحقیق کاربردی

نویسندگان

پریا طاهری *[۱]

مریم رسول زاده[۲]

*۱. دانشجوی کارشناسی ارشد طراحی شهری، دانشگاه دولتی بال، ایالات متحده امریکا (نویسنده مسئول).

۲. پژوهشگر فرادکتری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

نویسنده مسئول *

moshari@ut.ac.ir

تاریخ مقاله

تاریخ دریافت:

تاریخ پذیرش:

تاریخ انتشار:

ارجاع‌دهی

پ

URL: http://

چکیده

اهداف: توسعه ابزارهای هوش مصنوعی در معماری داخلی، فرصت ها و تهدیدهای ویژه ای را به همراه داشته است. هدف اول این پژوهش نشان دادن ضعف ها و کاستی های کاربرد حرفه ای ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی در معماری داخلی است. هدف دوم، معرفی و تبیین نقش سامانه‌های عامل‌محور در بهبود کارایی ابزارهای هوش مصنوعی در معماری داخلی است.

روش‌ها: روش تحقیق توصیفی-تحلیلی، به عنوان مبنای اصلی استدلال در پژوهش است. در بخش توصیفی، داده‌ها از طریق منابع موجود با هدف بررسی تأثیر هوش مصنوعی بر فرآیند طراحی داخلی، جمع‌آوری شده اند. سپس پرسشنامه ای برای گردآوری نظر طراحان برای درک و ارزیابی تأثیر هوش مصنوعی بر معماری داخلی و نقش طراحان تولید شده، و در نهایت با استفاده از نرم‌افزار SPSS تحلیل آماری شده است.

یافته‌ها: بیش از ۸۰ درصد معماران داخلی مورد پرسش با ابزارهای هوش مصنوعی آشنا بودند و اغلب Midjourney را ابزار مهمی می دانستند که زمان را کاهش و کارایی را افزایش داده است. مهمترین چالش شناسایی شده به حوزه ساختمان سالم و زیرمتغیرهای کیفیت هوای داخلی، مصالح و مواد سازگار با محیط زیست و راحتی و ارگونومی فضاها مربوط می شود.

نتیجه‌گیری: دستاوردهای کیفی پژوهش نشان می دهد که سامانه‌های عامل‌محور، نقشی کلیدی در بهبود کارایی ابزارهای هوش مصنوعی در فرآیند معماری داخلی بر عهده دارند. این مهم، در حوزه ساختمان سالم از اهمیت بالاتری برخوردار است زیرا با مدلی کلنگر در تعامل میان شیمی ساختمان، مصالح دوستدار محیط زیست، و سلامت ساکنان ارایه می دهد.

کلیدواژه‌ها: ساختمان سالم، شیمی ساختمان، فزیک ساختمان، بیولوژی ساختمان، سلامت ساکنان، رایانش زیستی، مصالح دوستدار محیط زیست، معماری سرآمد، طراحی عامل محور، هوش مصنوعی، بهره وری در مصرف انرژی

این نشریه ی دارای دسترسی باز، تحت قوانین گواهینامه بین‌المللی Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License منتشر می‌شود که اجازه اشتراک (تکثیر و بازآرایی محتوا به هر شکل) و انطباق (بازترکیب، تغییر شکل و بازسازی بر اساس محتوا) را می‌دهد.

مقدمه

هوش مصنوعی بخش مهمی از موج نوین انقلاب دیجیتال در جهان پسا صنعت است، جهانی که با گسترش استفاده از فناوری دیجیتال با تحولات جدیدی رو برو شده است. ادبیات موضوع [۱-۳] بر نقش هوش مصنوعی در شتاب فناوری های نو در بسیاری از زمینه ها، مانند یادگیری ماشینی و اینترنت اشیا و تجزیه و تحلیل کلان داده ها تاکید دارد. این مهم در دورانی که سلامت ساکنان و الگوی ساختمان سالم [۴-۷] اهمیت یافته، بیش از پیش در کانون بحث قرار گرفته است. در این میان، کاستی های کاربرد هوش مصنوعی [۸-۱۴] در عمل چالش های فراوانی را فراروی توسعه کاربردهای ابزارهای هوش مصنوعی در معماری داخلی ایجاد کرده است.

فناوری دیجیتال، ابزارها و کاربرد هوش مصنوعی یک روند در حال ظهور در صنعت طراحی در دو دهه گذشته بوده است. هوش مصنوعی یکی از جدیدترین فناوری‌های محاسباتی است که می‌تواند هوش انسانی را تقلید کند. بسیاری از این نرم افزارها با خلق و ساخت روش‌هایی هوشمندانه‌تر و کارآمدتر، تعامل طراحان با مشتریانشان را توسعه داده اند [۱۵]. هوش مصنوعی راهکارهای جدیدی را ارایه نموده است [۲۰-۱۶]. دامنه وظایف معمار داخلی از تعریف پلان طبقات ساختمان و اطمینان از عملکرد مورد نظر، طراحی مود بورد تا جزییات، و تا تصمیم گیری در مورد سبک مبلمان و انتخاب چیدمان بهینه متغیر است. فرآیند طراحی، به عنوان یک کل، برای بهینه سازی مبتنی بر کامپیوتر به طور کلی و برای رویکردهای هوش محاسباتی به طور خاص، دشوار باقی مانده است. تلاش‌های متعددی برای مقابله با زیرشاخه‌های مختلف این مشکل به روش یادگیری ماشینی در چند سال گذشته ظاهر شده است. مروری بر پیشرفت‌های فعلی هوش محاسباتی در علم معماری با تمرکز بر طراحی داخلی نشان می دهد که مهمترین دستاور هوش مصنوعی در فرآیند طراحی معماری داخلی، توسعه یک راه حل تجاری قوی و مقیاس پذیر برای چیدمان مبلمان خودکار بوده است [۲۱].

چالش های توسعه هوش مصنوعی [۲۲] بسیار بزرگ تر از چیزی است که به نظر می رسد. آیا هوش مصنوعی با جایگزینی هوش مصنوعی به جای انسان در فرآیند طراحی معماری داخلی، مشاغل خاصی را به خطر می اندازد؟ آیا صنعت طراحی و معماری داخلی به همراه حرفه های مرتبط با آن در زمره افراد در معرض خطر است؟ موضوع اصلی این گروه از تحقیقات در این واقعیت نهفته است که اکثر مطالعات موجود پیش‌بینی‌های کلی در مورد روند اشتغال آینده ارائه می‌کنند، اما هیچ کدام به طور خاص بر تجزیه و تحلیل دقیق بخش معماری داخلی تمرکز ندارند. به نظر می رسد که آینده صنعت طراحی داخلی در پرتو هوش مصنوعی و فناوری اطلاعات و ارتباطات، و توسعه سرعت نشر اطلاعات، تغییرات اساسی خواهد داشت.

نقش آینده طراحی معماری با کمک هوش مصنوعی [۲۳]، زمانی بهتر دیده می شود ادغام هوش مصنوعی در فرآیند طراحی معماری داخلی به آموزش معماری و طراحی داخلی نیز توسعه یابد، نتیجه این ادغام، بهبود کارایی، پایداری و توسعه خلاقیت مبتنی بر هوش مصنوعی است [۲۴-۲۵]. هوش مصنوعی به سرعت در حال توسعه است و مردم را به فکر کردن در مورد آگاهی مصنوعی تحریک می کند. درک انسان محور، آگاهی را ویژگی منحصر به فرد انسان می داند که دیگر موجودات زنده از آن برخوردار نیستند. با این حال، توسعه نرم‌افزار و سخت‌افزار توانایی پردازش، تحلیل و استنتاج داده‌های جامع‌تر و نزدیک به تصویر عملکرد مغز انسان را نشان داد. علاوه بر این، استفاده از هوش مصنوعی برای اشیاء دوستدار انسان که می توانند با انسان ارتباط برقرار کنند، حضور هوشیاری در این اشیاء را برمی انگیزد [۲۳]. به عبارت دیگر، آینده طراحی معماری با کمک هوش مصنوعی قابل تعریف است.

توسعه رایانش زیستی و همگامی بیولوژی و محاسبات رایانشی، فرصتی چشمگیر برای معماری سالم [۲۴-۲۸] است. مطالعات نشان می دهد که استفاده صحیح از پنل ها و دیواره های جلبکی، کیفیت هوای داخل ساختمان ها را به شکلی چشمگیر افزایش می دهد [۲۹-۳۶]. مطالعات سعید حقیر، لیلا تشکری، حمیدرضا رضازاده و فریال احمدی (۱۳۹۹: ۴۴-۳۳) نشان داد که نماهای زیستی باعث کاهش دی‌اکسید کربن هوا به‌منظور کاهش گرمایش جهانی می شوند. این مطالعات تاکید دارد که استفاده از ریزجلبک‌ها به

عنوان یکی از میکروارگانیسم‌های زنده با قابلیت جذب بالای دی‌اکسید کربن از هوا و تلفیق آنها با نماهای ساختمان در محفظه‌هایی به نام زیست‌رآکتور، باعث تبدیل این جداره‌ها به سطوح فتوسنتزکننده در جهت پاسخ به تغییرات گرمایی اقلیم، بهبود عملکرد حرارتی غیرفعال ساختمان، تبدیل یک ساختمان معمولی به یک ساختمان زنده و درنهایت جداره‌های ساختمان را به یک کارخانه تولید انرژی تبدیل می‌کند [۳۴]. در هر روی همگامی رایانش زیستی با تفکر الگوریتمیک، دریچه های جدیدی را به سوی کاربرد سامانه‌های عامل‌محور در معماری داخلی با تاکید بر مفهوم ساختمان سالم گشوده است.

در عصر فناوری های هوش مصنوعی قوی و یادگیری ماشینی پیشرفته، خلاقیت با کمک هوش مصنوعی و خلاقیت با کمک هوش انسان، به عنوان عناصر محوری در توسعه این رشته ظاهر می شود. طراحی داخلی حیطه کلیدی در این میان است. هوش مصنوعی به دلیل توانایی خود در شبیه سازی فرآیندهای ذهنی انسان مانند یادگیری و استدلال شناخته شده است و در زمینه های متعددی که نیاز به تصمیم گیری های پیچیده ای دارند به کار می رود. دارای قابلیت های یادگیری ماشینی و داده های بزرگ است که امکان ایجاد طرح های داخلی نوآورانه و سفارشی را فراهم می کند [۳۷].

مشکلات روزافزون در جهان خارج تاثیر مهمی بر فرآیند طراحی معماری داخلی امروزه داشته، موضوعی که در پرتو فرآیندهای جهانی شدن، شهرنشینی و پیشرفت سریع علمی، افزایش شدیدی را تجربه می کند. در حوزه فرآیند طراحی معماری داخلی، علاقه به فناوری‌های سایبری جدید، نوآوری‌های فناورانه کنونی، به اجزای اصلی و ابزار کلیدی برای دخالت در پروژه مقیاس پذیر تبدیل شده است [۳۷].

رایانش زیستی از بیولوژی ساختمان سخن می گوید، از ساکونت در ساختمان سالم تا به کارگیری گیاهان دارویی همراه با توسعه زیبایی شناسی زیست سازگار. در تمامی آن ها از توسعه الگوریتم های عصبی استفاده می شود که به طور اساسی باعث توسعه رایانش زیستی در فرآیند طراحی معماری داخلی شده اند. فناوری هایی که در حال حاضر در حال به روز رسانی است، شامل تبلت ها و تلفن های همراه پیشرفته و کاربردی است که به راحتی حمل شده؛ برای ارائه پاسخ های پیچیده توسعه یافته اند. رایانش زیستی با تاکید بر داده های تحلیل فنی و فکری طراحان و استفاده کنندگان، وضعیت عاطفی و روانی افراد را در ساختمان در نظر گرفته شیمی ساختمان و فیزیک ساختمان را همزمان در نظر می گیرد [۳۸] و تا حد زیادی بهبود می بخشد.

کاربرد فناوری هوش مصنوعی در طراحی داخلی [۳۹] از ارکان مهم در معماری امروز است. به منظور افزایش نوآوری فنی طراحی داخلی، این مقاله یک رویکرد طراحی داخلی مبتنی بر فناوری هوش مصنوعی را برای بهینه‌سازی طرح کلی طراحی داخلی پیشنهاد می‌کند. ویژگی‌های شکل و خطوط انواع مختلف اشیاء در فضای داخلی با طراحی اطلاعات بصری مدل‌سازی می‌شوند، اجزای اطلاعاتی تصاویر بصری با استفاده از تجزیه و تحلیل مقیاس همبستگی تعیین می‌شوند و حداکثر مقادیر مقیاس خاکستری برای اجرای بازسازی ویژگی‌های بصری سه‌بعدی مشخص می‌شوند. فرآیند بازسازی مبتنی بر داده‌های ابر نقطه‌ای است که به طور دقیق تراز شده‌اند و بازسازی سطح پارامتریک برای اشیاء هدف اجرا می‌شود تا مدل طراحی داخلی سه بعدی دقیق‌تری به دست آید و شبیه‌سازی صحنه داخلی واقعی‌تر شود. این مهم در مصرف انرژی [۴۰-۴۱] و کیفیت استفاده از نور روز [۴۲-۴۷] بسیار موثر است.

توسعه کانسپت طراحی [۴۸] یکی از مهمترین مراحل در معماری داخلی است. معماری داخلی در تعامل و تقابل با کاربرد روزافزون هوش مصنوعی، با چالشی بزرگ روبرو شده است. امروزه جهان شاهد پیشرفت های فوق العاده تکنولوژی در عصر انقلاب صنعتی چهارم و هوش مصنوعی است که بسیاری از مفاهیم و الگوهای کاری را تغییر داده است. این یک انقلاب همه جانبه است که به طور بنیادی واقعیت را در همه زمینه ها از جمله طراحی داخلی تغییر می دهد. این امر مستلزم آن است که طراحان داخلی توانایی ها و مهارت های خود را برای پاسخگویی به دنیای در حال تغییر و تحولات سریع تکنولوژیکی آن توسعه دهند تا نیازهای بازار کار آینده را برآورده سازند. این موضوع سوالات تحقیقاتی را در مورد تأثیر هوش مصنوعی بر فرآیند طراحی و اینکه آیا این هوش مصنوعی جایگزین نقش طراح داخلی می شود، ایجاد می کند [۱].

استفاده از هوش مصنوعی باعث صرفه جویی در زمان و هزینه در تولید محصولات طراحی شده است، و به افزایش سرعت فرآیند طراحی و اجرای آثار معماری داخلی کمک کرده است. طراحی معماری داخلی فرآیند پیچیده ای است که از تجربیات گذشته و خلاقیت برای تولید آن استفاده می شود. معماری داخلی با زندگی واقعی سروکار دارد [۴۹] و مردم در یک دنیای سه بعدی زندگی می کنند، اما تصاویری که توسط چشم انسان درک می شود در واقع دو بعدی هستند. افراد از دوران کودکی در معرض شکل، اندازه، فاصله، بافت و سایر اطلاعات اشیا هستند. در این حالت، مهمترین موضوع تمرکز بر فناوری اطلاعات و ارتباطات در درک مساله معماری داخلی با کمک هوش مصنوعی است [۵۰].

با نگاه عمیق تر به مفهوم ساختمان سالم در می یابیم که چرا توسعه سریع فناوری هوش مصنوعی به تدریج در زمینه های مختلفی مانند طراحی داخلی و برنامه ریزی فضایی نفوذ می کند [۵۱]. در طراحی داخلی مدرن مشکلات زیادی در کیفیت طرح های طراحی داخلی وجود داشته است. هدف از کاربرد هوش مصنوعی، بهبود کیفیت راه حل های طراحی داخلی و اطمینان از استاندارد طراحی دکوراسیون داخلی می باشد. بر اساس استانداردهای ارزیابی موجود برای راه‌حل‌های طراحی داخلی، و ایجاد مدلی برای ارزیابی راه‌حل‌های طراحی داخلی، می توان به یک مدل طراحی انسان محور و پاسخگو دست یافت. این مدل به نیازهای کاربران پاسخ داده، نیاز برای بازاریابی طراحی داخلی را برطرف می کند، موضوعی که با نگاه طراحانه، یک روند اجتناب ناپذیر است [۵۲] و باید در توسعه آینده طراحی فضای داخلی با کمک هوش مصنوعی در نظر گرفته شود.

شخصی سازی نتایج [۱۵] یکی از مهمترین چالش‌هاست. هوش مصنوعی بهینه سازی زمان مصرف شده در پروژه ها و مدیریت اطلاعات و منابع را ایجاد میکند. حوزه ای که در آن منافع مصرف کننده در محصول یا در دسترس بودن مواد و واقعیت ادراک بصری و شخصی سازی آنها در هر فضایی است. ایده های فراوانی را بر اساس نیازها و عملکردهای شخصی ایجاد می کند. استفاده از فناوری هوش مصنوعی و واقعیت مجازی در طراحی داخلی می تواند به طور موثری زمان ارتباط بین مشتریان و طراحان، زمان طراحی و فاصله بین طراحان، مشتریان و فضای مورد نظر را که نیازهای معاصر را برآورده می کند، کوتاه کند [۵۳]. این مهم در بهره‌وری در مصرف انرژی [۵۴-۵۷] و افزایش کیفیت محیط [۵۸-۵۹] اثر فراوانی دارد. اثرات فناوری هوش مصنوعی بر معماری داخلی [۶۰-۶۱]، به خصوص در تعامل بین فضای داخلی، بسیار برجسته است. هوش مصنوعی در میان بسیار مهم و سرنوشت ساز است.

در طول دو دهه گذشته، استفاده از مدل‌های مبتنی بر عامل یا سامانه‌های عامل‌محور برای مدل‌سازی و شبیه‌سازی دینامیک سیستم‌های پیچیده به طور قابل‌توجهی در زمینه‌های مختلف علمی از جمله معماری افزایش یافته است [۶۲-۶۳]. سامانه‌های عامل‌محور در کنار برنامه های جدید، ظرفیت های جدیدی را برای استفاده از هوش مصنوعی در این فرآیند تعریف کرده اند. علت عدم موفقیت بسیاری از نرم افزارها آن است که الزامات طراحی معماری داخلی در مرحله مفهومی به خوبی تعریف نشده‌اند. در رویکرد سامانه‌های عامل‌محور، دیگر نباید به دنبال یافتن راه حل در فضای جستجوی تعریف شده بود، بلکه اندیشیدن در خارج از جعبه و تفکر خلاق توصیه شده است.

فراتحلیل ادبیات موضوع بیانگر آن است که اکثر مطالعات از تکنیک‌های محاسبات تکاملی برای تحلیل و بهینه‌سازی در فرآیند طراحی استفاده کرده‌اند. رویکردهای اولیه در این زمینه عمدتاً بر کشف و توسعه فرم‌های نوآورانه و خلاقانه متمرکز بوده‌اند، درحالی‌که پژوهش‌های اخیر به بررسی شرکت‌ها و سازه‌هایی پرداخته‌اند که از هوش مصنوعی و مفهوم ساختمان‌های هوشمند بهره برده‌اند و در تولید و توسعه این فناوری‌های کاربردی نقش پیشگام داشته‌اند. سامانه‌های عامل‌محور، به‌عنوان یکی از رویکردهای نوین در هوش مصنوعی، برای پیاده‌سازی در فرآیند طراحی معماری نیازمند ترکیبی از مهارت‌های فنی، تجربیات خلاقانه و دانش تخصصی هستند. با پیشرفت فناوری و ظهور رایانش زیستی، پیچیدگی این سامانه‌ها نیز افزایش یافته است.

هوش مصنوعی در تسهیل فرآیند طراحی معماری داخلی، با به‌کارگیری تکنیک‌های یادگیری ماشینی و تحلیل هوشمند

داده‌ها، امکان ارائه راه‌حل‌های کارآمد و سریع برای چالش‌های طراحی را فراهم می‌آورد. به‌واسطه توانمندی‌های تحلیلی هوش مصنوعی، طراحان می‌توانند داده‌های محیطی و معماری را به‌طور دقیق تجزیه‌وتحلیل کرده و راهکارهای بهینه‌ای برای بهبود کارایی و کیفیت طراحی ارائه دهند. جنبه های خلاقانه و هنری فرآیند طراحی و مراحل اجرا، در کاربرد هوش مصنوعی در معماری داخلی، از پرسش هایی است که هنوز به پاسخ روشن و معینی نرسیده است. خلاقیت در هر فضا شرایط و الزامات طراحی خاص خود را دارد، این مهم از فضایی به فضا دیگر متفاوت است.

این مطالعه با تاکید بر مفهوم ساختمان سالم، به دنبال ارزیابی تأثیر کلی هوش مصنوعی بر صنعت طراحی داخلی، بررسی مسیر پیش‌بینی‌شده آن و تحلیل انتقادی این است که آیا هوش مصنوعی واقعاً این زمینه را تغییر می‌دهد یا خیر و این میزان در حوزه فرآیند طراحی معماری داخلی و ساختمان سالم به چه اندازه است. تحلیل نقش سامانه‌های عامل‌محور در بهبود کارایی ابزارهای هوش مصنوعی در معماری داخلی با تاکید بر مفهوم ساختمان سالم، گامی مهم در عملی سازی کاربردهای هوش مصنوعی در معماری داخلی است. بازخوانی نقش سامانه‌های عامل‌محور در بهبود کارایی ابزارهای هوش مصنوعی در معماری داخلی با تاکید بر مفهوم ساختمان سالم مهمترین اولویت در پژوهش حاضر است. مهمترین سوالات در دامنه کلی تحقیق، با نگاه به ادبیات موضوع عبارت است از:

- ماهیت هوش مصنوعی چیست و چگونه بر فرآیند طراحی تأثیر می‌گذارد؟
- فناوری‌های هوش مصنوعی تا چه میزان بر آینده فرآیند طراحی و نقش طراح داخلی تأثیر خواهند گذاشت؟

مشکل تحقیق شناسایی شده در تحقیق، که در بخش بیان مساله مورد تاکید قرار گرفت، این است که براستی تاثیر هوش مصنوعی بر فرآیند طراحی داخلی چیست؟ و آیا هوش مصنوعی جایگزین نقش طراح داخلی می شود؟ به نظر می رسد که برای دانستن این مهم و دستیابی عملیاتی به اهداف تحقیق، باید به مجموعه ای از اهداف دست یافت که چارچوب کلی برای مطالعه موضوع و دنبال کردن مساله برای دستیابی به آنها را در اختیار قرار دهد.

اندازه گیری تاثیر فناوری های هوش مصنوعی بر آینده فرآیند طراحی و طراح داخلی، بر اهمیت تحقیق می افزاید. این گروه از تحقیقات تحقیقات می تواند به آموزش طراحان در مورد اهمیت همگامی با پیشرفت ها کمک کند. فرآیند طراحی معماری داخلی نیز می تواند از فناوری های مدرن برای بهبود کارایی طراحی بهره ببرد. به نظر می رسد که نسل جدیدی از طراحان که قادر به همراهی با تحولات جدید هستند، جایگزین طراحان سنتی خواهند شد.

اهداف تحقیق

- هدف اول این پژوهش نشان دادن ضعف ها و کاستی های کاربرد حرفه ای ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی در معماری داخلی است.
- هدف دوم، معرفی و تبیین نقش سامانه‌های عامل‌محور در بهبود کارایی ابزارهای هوش مصنوعی در معماری داخلی است.

مواد و روش ها

این مقاله حضور هوش مصنوعی در فرآیند طراحی و اجرای آثار معماری داخلی را به عنوان ادامه تکاملی هوش مصنوعی مورد بحث قرار می‌دهد. از سوی دیگر، پیامدهای کاربرد هوش مصنوعی را برای معماری مطالعه می کند. این کارایی این کاربردها را در طراحی داخلی، تخمین می زند. آگاهی از ظرفیت های هوش مصنوعی جایگاه ویژه ای در معماری دارد، زیرا هوش مصنوعی فرآیند طراحی معماری را به سوی یک مهندسی جامع هدایت می کند. با توجه به جنبه های نوآور و بدیع بودن تحقیق، و همچنین بین‌رشته‌ای بودن موضوع این پژوهش، روش انجام تحقیق مستلزم روشی ترکیبی و چندجانبه است.

این پژوهش با رویکرد توصیفی و تحلیلی به توصیف و تحلیل مفهوم یا مفاهیمی می پردازد که در عمق موضوع یا در پشت چالش های استفاده از هوش مصنوعی در فرآیند طراحی معماری داخلی پنهان شده است. به عبارت دیگر، لازم است با توجه به قابلیت‌ها، عملکردهایی که انجام می‌دهد و توانایی آن در تصمیم‌گیری را دنبال کرد.

این تحقیق به دنبال بررسی چگونگی عملکرد هوش مصنوعی و تأثیر آن بر مفهوم ساختمان سالم در طراحی داخلی، با تمرکز بر مزایا و چالش‌های مرتبط با این ادغام است. از سوی دیگر، این تحقیق به دنبال بررسی چگونگی عملکرد هوش مصنوعی و تأثیر آن بر خلاقیت است. به عبارت دیگر، هدف این مطالعه ادغام هوش مصنوعی با طراحی داخلی، افزایش هنر طراحی و تجربه کاربر، و رسیدگی به نیازهای تعاملی انتخاب های طراحی فضای داخلی است. مجموعه ای از سیستم تشخیص طراحی فضای داخلی با معرفی شبکه های هوش مصنوعی و مکانیسم های توجه طراحی شده است. سیستم طراحی شده در این پروژه تعامل بین طراحان و مشتریان را در طراحی داخلی بهینه کرده است، اهداف کاربران را به طور دقیق به تصویر می کشد و به طراحان در بهبود کارایی کار کمک می کند.

مفاهیم اصلی روش شناسی پژوهش

نقشه ذهنی: نقشه‌های ذهنی، مانند مَپ یا نقشه‌های تفکر ابزاری هستند که به تفکر و یادگیری کمک می‌کنند، به‌عنوان شبکه‌ای پیچیده از ایده‌ها و تصاویری که از یک ایده مرکزی یا گروهی از کلمات کلیدی بیرون می‌آیند. این به دستیابی به چشم انداز طراحی کمک می کند، و با گنجاندن برخی ارزش های کاربردی و زیبایی شناختی، کمک زیادی به دستیابی به طرح های متمایزتر می کند، که به تعمیق ایده های طراحی کمک می کند. رقابت پذیری طراحی را افزایش می دهد و روشی موثر برای برقراری ارتباط با مشتریان یا تیم های طراحی است.

نقشه حال و هوای طرح: مودبرد، تابلو الهام یا تابلوی خلق و خو، مرحله بعدی در فرآیند طراحی معماری داخلی است. این ابزار نمایش طراحی ممکن است فیزیکی یا دیجیتالی باشد. مود برد تابلویی است که طراح را به تمام منابعی که به او انگیزه می دهد، مرتبط می سازد و در ایجاد طرحیخلاق کمک می کند. همچنین به طراح کمک می کند تا ایده های خود را سریعتر سازماندهی کند، چه از نظر خطوط یا رنگ ها و سایر جزئیات و سایر عناصر که ایده کلی را منعکس می کند. نقشه حال و هوای طرح، راهنمایی است برای طراحی خلاق [۶۳] که با تعیین جهت کلی طرح به طراح در فرآیند طراحی الهام می بخشد و همچنین به برقراری ارتباط بهتر با مشتریان کمک می کند، زیرا مشتریان می توانند اقلام مورد نظر خود و رنگ ها و الگوهای مورد علاقه خود را انتخاب کنند. (شکل ۱)

تابلو مواد و مصالح: همان تابلویی که رنگ و متریال را مشخص میکند. پالت رنگ متشکل از مجموعه ای از رنگ ها است که از روی تابلوی الهام گرفته شده و به ترتیب اولویت چیده شده اند، به طوری که بیشتر رنگ های طرحی که برای تولید در نظر گرفته شده است را منعکس می کند [۶۳]. مجموعه ای که می تواند نشان دهد چه متریالی در فرآیند طراحی و اجرای آثار معماری داخلی به کار می رود.

شکل ۱- مود برد انتخابی در پژوهش شاهد [۱] برگرفته از نمونه های مشهور پینترست

تابلو انتخاب رنگ: رنگ یکی از مهمترین ارکان فرآیند طراحی و اجرای آثار معماری داخلی است و این یک پالت متشکل از مجموعه ای از رنگ ها است که از تابلوی خلق و خوی کاهش یافته و بر اساس اولویت چیده شده اند. به شکل مربع، دایره و یا هر شکل دیگری به طوری که بیشتر رنگ های طرح برنامه ریزی شده برای تولید را منعکس کند. (شکل ۲)

شکل ۲- نمونه ای از تابلو انتخاب رنگ [۶۳] که نشان می دهد چگونه رابطه میان رنگ ها و طراحی در معماری داخلی دارای اهمیت است

فرآیند اجرای پژوهش

بر اساس روش شناسی پژوهش، رابطه میان موفقیت و عدم موفقیت در استفاده از هوش مصنوعی در فرآیند طراحی معماری داخلی، در کانون بحث قرار دارد. دلایل انتخاب طراحی پژوهشی بر اساس پژوهش مبنا [۱] آن است که حسین غاده نعمان ثمر (۲۰۲۳) در تحلیل بهبود کارایی طراحی با استفاده از هوش مصنوعی: مطالعه ای در مورد نقش هوش مصنوعی در ساده سازی فرآیند طراحی داخلی، در مجله طراحی بین المللی، توانسته بودند نتایج خوبی را به نمایش بگذارند. (جدول ۱)

پژوهش با یک مقایسه تطبیقی میان یافته های خود و یافته های پژوهش پایه، نسبت به تحلیل توانمندی های هوش مصنوعی اقدام می کند. بر اساس سازوکار پژوهش طراحی شده، طراح همچنین می تواند مدل های سه بعدی فضاهای داخلی را تهیه کند و آنها را وارد برنامه ها و برنامه های مختلف هوش مصنوعی کند، سپس هوش مصنوعی جایگزین های زیادی برای مواد، رنگ ها و نورپردازی ها در عرض چند دقیقه به مشتری پیشنهاد می دهد. (شکل ۳)

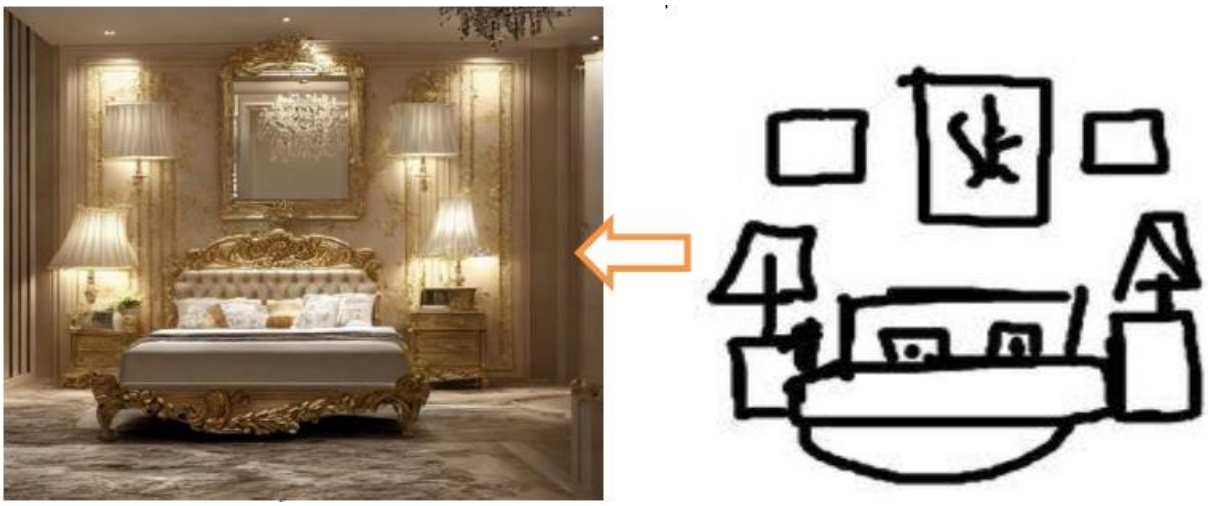
از منظر متدولوژیک، برنامه‌های طراحی داخلی زیادی وجود دارند که از هوش مصنوعی استفاده می‌کنند، مانند roomgpt.io و room ai و دیگر برنامه‌ها و پلتفرم‌ها این برنامه‌ها می‌توانند دیدگاه‌های طراحی سریعی را ارائه دهند که به شفاف‌سازی گرایش‌های طراحی برای مشتری کمک می‌کند، به طوری که او می‌تواند به طور واقع بینانه گروه رنگ مورد استفاده در هر گرایش طراحی را شناسایی کند و شکل مبلمان و مواد تکمیلی را در هر سبک تجسم کند [۱]. با عنایت به ضرورت هماهنگی با روش شناسی پژوهش مبنا، موضوع "اندازه گیری میزان تأثیر هوش مصنوعی بر فرآیند طراحی داخلی" در کانون مقایسه نمونه های واقعی و برگرفته از هوش مصنوعی قرار دارد. (شکل های ۴ و ۵)

جامعه و نمونه

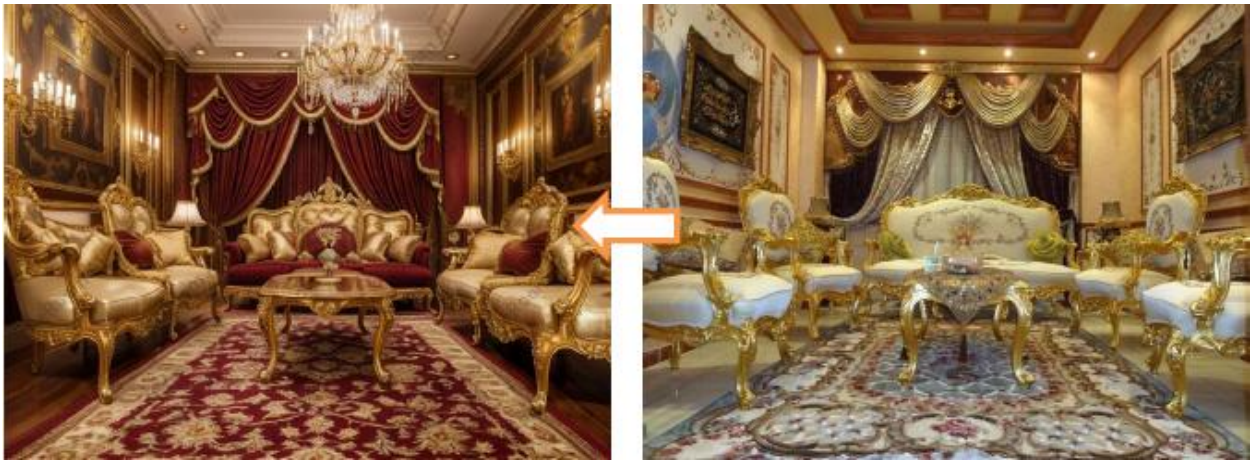
پرسشنامه ای با استفاده از «گوگل فرم» تهیه و به صورت الکترونیکی بین برخی از طراحان در زمینه طراحی داخلی توزیع شد. برای تحلیل نسبت نتایج با پژوهش مبنا، با هدف سنجش میزان تأثیر هوش مصنوعی بر فرآیند طراحی داخلی، در تجزیه و تحلیل های آماری روش های متنوعی مورد استفاده قرار گرفتند که مهمترین آن ها در پژوهش عبارتند از ضریب همبستگی پیرسون و ضریب آلفا کرونباخ، فراوانی، درصد و میانگین عددی. نتایج روایی همسانی درونی پرسشنامه یکی از مهمترین موضوعات بود که در پژوهش مبنا بررسی شده بود و در این پژوهش نیز مورد تایید قرار گرفت. جامعه هدف این پرسشنامه دو کلاس درس معماری داخلی در دوره های آزاد جهاد دانشگاهی بود که توسط پژوهشگران تدریس می شد. در این دو کلاس یکی با روش متعارف اداره شده، یعنی دانشجویان از ابزارهای هوش مصنوعی بر اساس آگاهی خود بهره برده اند، و دیگری با روش کاربرد هوش مصنوعی از طریق سامانه‌های عامل‌محور مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از دو گروه به صورت دوسوکور و بلایند داوری شده است.

جدول ۱: ضرایب همبستگی بین نمرات هر سوال در پرسشنامه و مجموع نمرات پرسشنامه را نشان می دهد [۱]

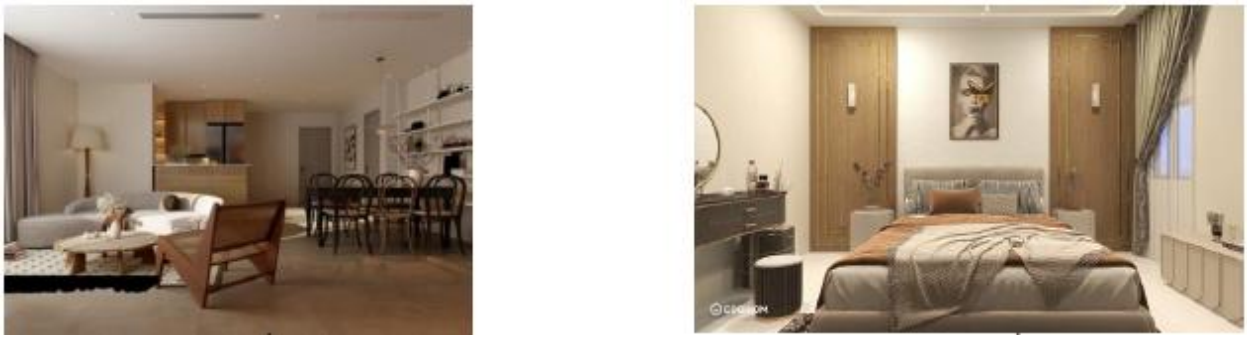
شماره سوال	ضریب همبستگی – درصد	سطح معنی داری – درصد	معنی داری آماری
۱	۵۶	۱	√
۲	۶۴	۱	√
۳	۵۲	۱	√
۴	۵۲	۱	√
۵	۶۵	۱	√
۶	۷۸	۱	√
۷	۵۰	۱	√
۸	۶۱	۱	√
۹	۶۴	۱	√
۱۰	۷۷	۱	√
۱۱	۶۴	۱	√
۱۲	۶۴	۱	√
۱۳	۶۶	۱	√
۱۴	۷۴	۱	√
۱۵	۵۱	۱	√
۱۶	۶۱	۱	√
۱۶	۶۶	۱	√
۱۸	۶۰	۱	√



شکل ۳– نمونه کاربرد هوش مصنوعی در تبدیل ایده به طراحی که در نمونه شاهد [۱] از آن استفاده شده بود



شکل ۴- شکل راست نمونه ای از شکل واقعی را نشان می دهد که توسط محققان پژوهش مبنا عکاسی شده است. سمت چپ، تجسم دیگری را با استفاده از هوش مصنوعی نشان می دهد [۱]. هر دو در کنار هم، فاصله میان خلق یک موقعیت در رویکرد کلاسیک، با نمونه واقعی را نشان می دهند.



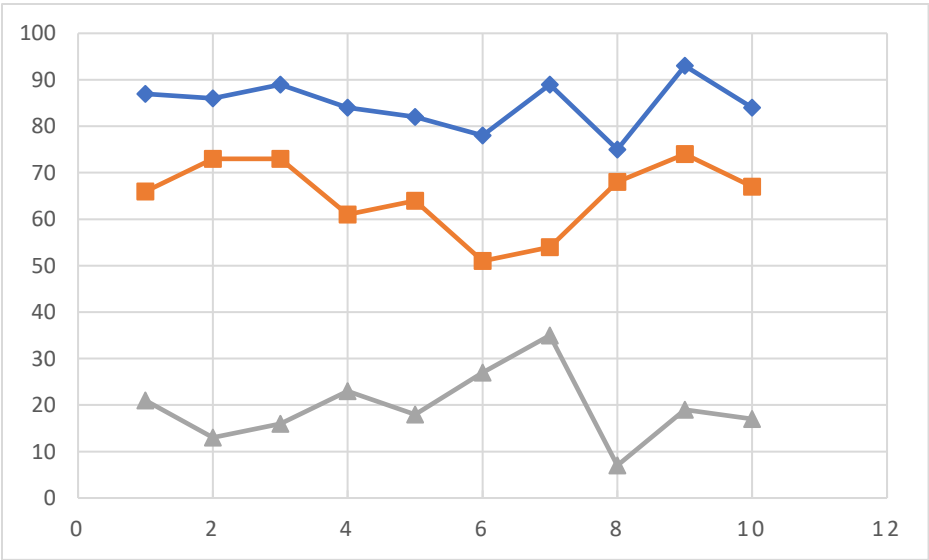
شکل ۵- نمونه هایی که در پژوهش مبنا [۱] با استفاده از Cohoom ترسیم شده است

یافته‌ها

جمعبندی نتایج کمی کار به صورتی است که در بخش مربوط، ضمن تاکید بر فرضیه های پژوهش، بر اهمیت هوش مصنوعی در معماری داخلی به خصوص فرآیند طراحی معماری داخلی تاکید می ورزد. برآیند نتایج از طریق کاربست چارچوب نظری مطالعه، مطالعه آماری نتایج کمی و بررسی های کیفی، نتایج قابل توجهی را نشان می دهد. نتایج کمی در بخش اول، ناظر به هدف اول پژوهش است. هدف اول این پژوهش نشان دادن ضعف ها و کاستی های کاربرد حرفه ای ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی در معماری داخلی است. (جدول ۲) تحلیل کمی گروه های آزمون، شاهد و تفاوت آن ها نشان می دهد که تمایز میان این دو گروه در سوال هفتم، یعنی ترسیم دقیق تر جزییات فنی به اوج خود می رسد. از این رو می توان مهمترین کاستی کاربرد هوش مصنوعی در هدایت فرآیند طراحی معماری داخلی را به ترسیم دقیق تر جزئیات فنی نسبت داد. موارد بعدی به ترتیب ۶، ۴ و ۱ هستند یعنی اولویت آن ها با موضوعاتی چون هماهنگی محصول طراحی به دست آمده با توضیح برنامه، تولید و ایجاد محصول خلاقانه در تعامل با هوش مصنوعی و میزان آشنایی با ابزارهای هوش مصنوعی است. به نظر می رسد که کمترین چالش در حوزه ۸ یعنی توجه به خواص مواد و مصالح در فرآیند طراحی متناسب با نیازهای توضیح برنامه باشد در حالی که چنین نیست. در این حوزه، مشکل آن است که روش های سامانه‌های عامل‌محور در بهبود کارایی ابزارهای هوش مصنوعی در معماری داخلی نتوانسته اند به اندازه کافی موثر باشند. موارد کمترین اختلاف به سوالات ۲، ۳ و ۱۰ اختصاص دارند در جایی که اطمینان کاربر از انتخاب درست ابزار، اولویت دادن به ابزارهای بصری و موفقیت در ارایه نهایی (نتیجه نهایی) و نمره نهایی آثار به بحث گذاشته شده است. (شکل ۶)

جدول ۲- چارچوب سوالات که در اختیار گروه آزمون و شاهد قرار گرفته است

موضوع	سوالات کلیدی	گروه آزمون درصد	گروه شاهد درصد	توضیح	چالش شناسایی شده
۱	میزان آشنایی با ابزارهای هوش مصنوعی	۸۷	۶۶	قرارگیری در آزمون اطلاعات جامعه هدف را افزایش داده است	سردرگمی در انتخاب ابزار بخش مهمی از زمان دانشجویان را به خود اختصاص داده است
۲	اطمینان کاربر از انتخاب درست ابزار	۸۶	۷۳	کاربران ابزارهای متنوعی را به آزمون و خطا می گذارند	کاربران کم اطلاع به خوبی نمی توانند ابزارهای دقیقی انتخاب کنند و این مهم زمان زیادی را از ایشان تلف می کند
۳	اولویت دادن به ابزارهای بصری	۸۹	۷۳	دانشجویانی که در ارایه و طراحی دچار مشکل هستند بیشتر به ابزارهای بصری گرایش دارند	استفاده و تمایل به استفاده از ابزارهای بصری، کیفیت محصول را با چالش مواجه می سازد. اولویت دادن به ابزارهای بصری مشخصه گروه شاهد است
۴	تولید و ایجاد محصول خلاقانه در تعامل با هوش مصنوعی	۸۴	۶۱	تنوع تصاویر باعث می شود که ماشین به خلاقیت افراد برای ترسیم های خلاقانه تر کمک کند	در نرم افزارهای متعارف هوش مصنوعی، خلاقیت در بعد ظاهری افزایش می یابد اما به نحوی تکرار نمونه های موجود است
۵	صرفه جویی در زمان و تلاش و تکمیل وظایف محول شده	۸۲	۶۴	صرفه جویی در زمان با استفاده از روش های رایانشی و رایانش زیستی	مدت زمان زیادی صرف آزمون و خطا می شود و این مهم در مراحل پایانی مهمترست
۶	هماهنگی محصول طراحی به دست آمده با توضیح برنامه	۷۸	۵۱	هماهنگی عملکرد و طراحی اهمیت فوق العاده ای در قابل قبول بودن نتایج دارد	نرم افزارهای متعارف هوش مصنوعی در فهم عملکرد در طراحی چالش جدی داشتند
۷	ترسیم دقیق تر جزییات فنی	۸۹	۵۴	جزییات فنی بخش مهم اجرای دقیق طراحی است	نرم افزارهای مشهور Midjourny و Microsoft bing و BlueWillow در این حوزه ضعف جدی دراند
۸	توجه به خواص مواد و مصالح در فرآیند طراحی	۷۵	۶۸	مواد و مصالح در معماری داخلی اهمیت ویژه ای دارند	نرم افزارهای مورد استفاده در این حوزه ضعف جدی داشتند
۹	هماهنگی با الگوی ساختمان سالم	۹۳	۷۴	ساختمان سالم در توجه به سه رکن بیولوژی، فیزیک و شیمی ساختمان مقدور است	ابزارهای مشهور هوش مصنوعی در این حوزه دارای ضعف هستند
۱۰	ارایه نهایی (نتیجه نهایی) و نمره نهایی آثار	۸۴	۶۷	ابزارهای فنی تر نتیجه بهتری داشته اند	دوسوناشناس بودن داوری ها اعتماد بیشتری را ایجاد کرده است



شکل ۶- تحلیل کمی گروه های آزمون، شاهد و تفاوت آن ها

هدف دوم، معرفی و تبیین نقش سامانه‌های عامل‌محور در بهبود کارایی ابزارهای هوش مصنوعی در معماری داخلی است. نتایج کمی نشان می دهد که کاربرد ابزارهای ترکیبی به خصوص سامانه‌های عامل‌محور، در بهبود کارایی ابزارهای هوش مصنوعی در معماری داخلی موثر بوده اند و این مهم با تاکید بر مفهوم ساختمان سالم افزایش قابل توجهی داشته است. به خصوص در سوالات ۸ و ۹ یعنی توجه به خواص مواد و مصالح در فرآیند طراحی، و هماهنگی با الگوی ساختمان سالم، این مهم اهمیت بالاتری می یابد. سوال ۸ نشان می دهد که در این حوزه به دلیل اطلاعات کم، اغلب افراد اطلاعات دقیقی ندارند و موضوع ساختمان سالم شامل شیمی ساختمان، بیولوژی ساختمان و فیزیک ساختمان به درستی درک نمی‌شود.

ساختمان سالم در سوال ۹ به صورت مستقیم مورد هدف قرار می گیرد که ۱۹ درصد بهبود را می توان در کاربرد هوش مصنوعی در هدایت فرآیند طراحی معماری داخلی مشاهده کرد. به عبارت دیگر، گروه آزمون حدود ۱۹ درصد بهتر از گروه شاهد در این حوزه ظاهر شده اند. هرچند مقوله ساختمان سالم شامل شیمی ساختمان، بیولوژی ساختمان و فزیک ساختمان به خودی خود پیچیده است، اما هوش مصنوعی را می توان ابزاری موثر در بهبود درک از آن معرفی نمود. برآیند نهایی دو گروه آزمون و شاهد را می توان حدود ۲۰ درصد دانست، یعنی به اندازه ای که کاربرد هوش مصنوعی در هدایت فرآیند طراحی معماری داخلی را توصیه نماید. ادبیات موضوع [۶۴-۶۵] فقدان منابع کافی در حوزه سلامت را توضیح می دهد، موضوعی که چندین برابر در حوزه ساختمان سالم شامل شیمی ساختمان، بیولوژی ساختمان و فزیک ساختمان نیز صادق است. رشد توجه به هوش مصنوعی در دهه های اخیر الهام بخش رویکردی مثبت و خوش بینانه به آینده است. در پژوهش مبنا در سال ۲۰۲۳ شاهد بودیم که ۸۷ درصد از طراحان نمونه تحقیق گزارش دادند که قبلاً از برنامه های کاربردی هوش مصنوعی در فرآیند طراحی استفاده کرده بودند. این مهم در آزمون فعلی عدد ۱۰۰ درصد را در گروه آزمون و عدد ۹۴ درصد را در گروه شاهد نشان می دهد که نشان از رشد قابل تامل دارد. . از سوی دیگر بیش از نیمی از نمونه گزارش دادند که اپلیکیشن Midjourny موثرترین برنامه بوده است. این مهم در سال ۲۰۲۵ برابر ۷۹ و ۸۱ درصد بوده است.

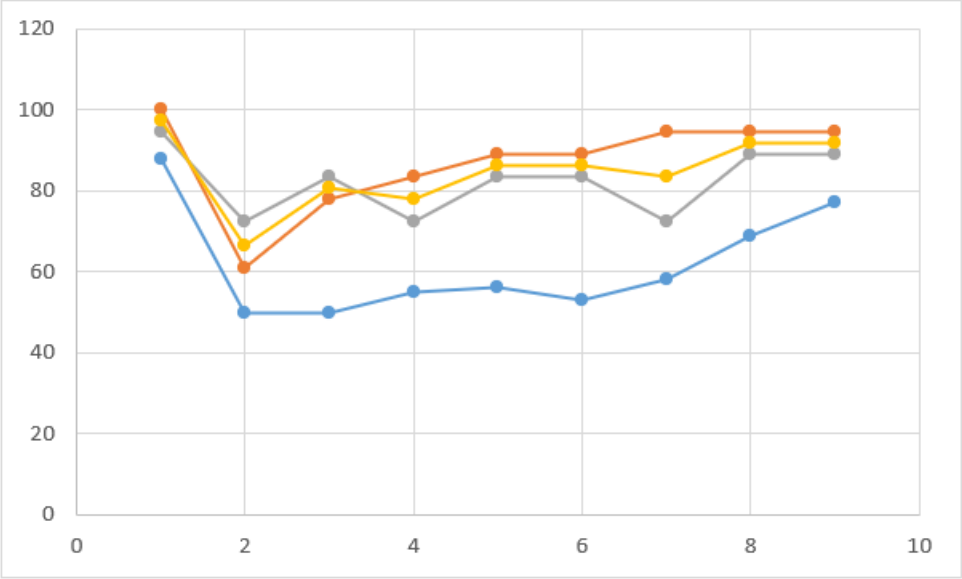
بیش از نیمی از نمونه تحقیق طراحان گزارش دادند که کاربردهای هوش مصنوعی در تسهیل و کوتاه کردن فرآیند طراحی نقش دارد. این مهم نیز در این آزمون رشد را نشان می دهد. استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی در طراحی داخلی موجب صرفه‌جویی در زمان و کاهش تلاش موردنیاز برای تکمیل وظایف محول‌شده می‌شود. این فناوری‌ها با ارائه پیشنهادات خلاقانه و شبیه‌سازی‌های بصری، به توسعه مهارت‌های طراحی و تقویت توانایی‌های تخیلی طراحان کمک می‌کنند. علاوه بر این، هوش مصنوعی فرایند یافتن ایده کلی طرح را تسهیل کرده و با تحلیل داده‌ها و الگوهای طراحی، مسیر خلاقیت و نوآوری را هموار می‌سازد.

در پژوهش مبنا در سال ۲۰۲۳ شاهد بودیم که بیش از نیمی از نمونه تحقیق گزارش دادند که به دلیل توسعه سریع کاربردهای هوش مصنوعی، نگران حرفه طراح داخلی نبودند و این شغل جایگزین نقش طراح داخلی و مبلمان نخواهد شد. بلکه وسیله ای است برای کمک به او. این مهم در سال ۲۰۲۵ در گروه شاهد برابر با ۹۴ درصد و در گروه آزمون ۸۳ درصد بوده است. این مهم نشان می دهد که نگرانی ها در این دو سال روندی کاهشی داشته است و امید جای نگرانی را گرفته است.

در پژوهش مبنا در سال ۲۰۲۳ شاهد بودیم که بیش از نیمی از طراحان مورد بررسی در این پژوهش، از بهره‌گیری برنامه‌های هوش مصنوعی در فرآیند طراحی و ادغام آن‌ها با روش‌های سنتی حمایت کرده‌اند. با این‌حال، نتایج نشان می‌دهد که طرح‌های تولیدشده توسط برخی از این برنامه‌ها برای دستیابی به قابلیت اجرایی مطلوب، همچنان نیازمند اصلاحات و بهینه‌سازی‌های بیشتری هستند. این مهم در سال ۲۰۲۵ در هر دو گروه شاهد و آزمون مطرح بود و صورت کلی ۱۰۰ درصد شرکت‌کنندگان به تعامل این دو اعتقاد داشتند، هرچند امید به استفاده افراد غیرحرفه ای از نرم افزارهای آینده نگرانی هایی را نیز ایجاد می نمود. (جدول ۳، شکل ۷)

جدول ۳- جدول مقایسه تحلیلی تغییرات از سال ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۵

موضوع	سوالات کلیدی	۲۰۲۳	۲۰۲۵ – آزمون	۲۰۲۵ – شاهد
۱	قبلاً از ابزارهای هوش مصنوعی در فرآیند طراحی استفاده کرده ام	۸۸	۱۰۰.۰۰	۹۴.۴۴
۲	Midjourneyمؤثرترین ابزار هوش مصنوعی برای طراحی داخلی است	۵۰	۶۱.۱۱	۷۲.۲۲
۳	هوش مصنوعی به کاهش زمان و افزایش کارایی فرآیند طراحی کمک می‌کند	۵۰	۷۷.۷۸	۸۳.۳۳
۴	استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی مهارت‌های طراحی من را بهبود بخشیده	۵۵	۸۳.۳۳	۷۲.۲۲
۵	هوش مصنوعی توانسته قدرت تخیل و خلاقیت من را در طراحی تقویت کند	۵۶	۸۸.۸۹	۸۳.۳۳
۶	هوش مصنوعی فرآیند طراحی را ساده‌تر و کارآمدتر کرده است	۵۳	۸۸.۸۹	۸۳.۳۳
۷	استفاده از هوش مصنوعی باعث کاهش تغییرات و اصلاحات مکرر در طراحی نهایی شده است	۵۸	۹۴.۴۴	۷۲.۲۲
۸	هوش مصنوعی جایگزین طراح داخلی نخواهد شد، بلکه نقش کمکی دارد	۶۹	۹۴.۴۴	۸۸.۸۹
۹	حمایت از از ترکیب روش‌های سنتی طراحی با ابزارهای هوش مصنوعی	۷۷	۹۴.۴۴	۸۸.۸۹



شکل ۷- مقایسه تحلیلی تغییرات از سال ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۵ نشان از رشد همه شاخص ها به خصوص رشد همه جانبه آن ها در متغیر میانگین دارد

بحث و نتیجه‌گیری

استفاده یا عدم استفاده از هوش مصنوعی در فرآیند طراحی معماری داخلی کماکان در کانون بحث های دانشگاهی و تخصصی قرار دارد. در حالی که پرسشنامه نشان داد که ابزارهای هوش مصنوعی بعنوان ابزاری برای ایده‌پردازی و ارائه بازخورد بصری، نقش مهمی در الهام‌بخشی و ارتقای فرآیند طراحی داخلی ایفا می‌کنند. این فناوری‌ها با افزایش کارایی فرآیند طراحی و تقویت قدرت تخیل و خلاقیت، به بهبود نتایج طراحی کمک می‌کنند. بااین‌حال، هوش مصنوعی جایگزینی برای طراح داخلی محسوب نمی‌شود، بلکه به‌عنوان یک ابزار کمکی در جهت تسهیل و بهبود فرایند طراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ای در حالی است که ادبیات موضوع همچنان میزان موفقیت کاربرد هوش مصنوعی در هدایت فرآیند طراحی معماری داخلی؛ و یا عدم موفقیت موضوع را به بحث می گذارد. گام های آینده هوش مصنوعی، کاربردهای آن را به سطحی انتزاعی مانند زیبایی شناسی می رساند. هوش مصنوعی برای این مهم، اطلاعات لازم را از مکالمات و نظریه های اینترنتی

در مجلات علمی از قبل موجود استخراج می کند [۲۳]. برخلاف انسان‌ها، سیستم‌های هوش مصنوعی کمتر تحت‌تاثیر احساسات قرار می‌گیرند که ممکن است خوب یا بد باشد. هوش مصنوعی می تواند در حوزه خلاقیت مانع جریان کار خلاقانه طراح باشد. معماری داخلی بر اساس یک تفکر منطقی کار می‌کنند که باعث می‌شود در مدت زمان کوتاهی تصمیم‌های درست بگیرد [۲]. دستاورهای تحلیل شده در این مطالعه نشان می دهد که سازگاری هر دو طرف و تعادل موقعیت‌های بین دو طرف در آینده بر توسعه رویکردهای طراحی داخلی که هوش مصنوعی و انسان را ادغام می‌کند، تأثیر خواهد گذاشت.

دستاوردهای این مطالعه بر اهمیت همگامی با فناوری های نوین مانند هوش مصنوعی تاکید دارد. بررسی مزایای استفاده از آن در زمینه مدیریت عملیات طراحی داخلی، نشان از فرصت ها و تهدیدهای فراوان دارد که لازم است در کاربرد هوش مصنوعی در فرآیند طراحی معماری داخلی در نظر گرفته شود.

مرحله طراحی مفهومی در معماری، مستلزم خلاقیت و تجربه است که نیاز به کاوش در مفاهیم و شناسایی الزامات و راه حل ها دارد. هوش مصنوعی می تواند ایده های نوآورانه ای ایجاد کند که می تواند محیط ساخته شده را متحول کند. با گنجاندن هوش مصنوعی در فرآیند طراحی معماری داخلی، معماران می توانند مرزهای تفکر طراحی را پشت سر بگذارند و رویکردهای جدیدی را با کمک هوش مصنوعی کشف کنند. با توجه به روند رو به رشد فناوری‌های نوین، انتظار می‌رود که توسعه هوش مصنوعی و برنامه‌های کاربردی مرتبط در سال‌های آینده ادامه یافته و تغییرات بنیادینی را در حوزه طراحی داخلی و مبلمان ایجاد کند. بااین‌حال، این پیشرفت‌ها به منزله جایگزینی کامل نقش طراحان نخواهد بود، بلکه اهمیت ارتقای مهارت‌های تخصصی آن‌ها را دوچندان می‌کند. طراحان حرفه‌ای در این حوزه نیازمند توانایی انطباق‌پذیری بالا و واکنش سریع به تحولات فناورانه و تغییرات بازار کار خواهند بود. در این راستا، هوش مصنوعی به‌عنوان ابزاری مکمل، می‌تواند در بهینه‌سازی فرآیند طراحی و افزایش کارایی، خلاقیت و دقت در تصمیم‌گیری‌های طراحی نقش مؤثری ایفا کند.

پژوهش های آینده می تواند دریچه های جدیدی را به سوی درک و توسعه نقش سامانه‌های عامل‌محور در بهبود کارایی ابزارهای هوش مصنوعی در معماری داخلی با تاکید بر مفهوم ساختمان سالم بگشاید. معماران داخلی برای مقابله با چالش های مهم معاصر مانند تغییرات آب و هوا، قرار گرفتن در معرض نور، بهره وری انرژی و کنترل نویز به استراتژی های طراحی مبتنی بر شواهد متکی هستند، موضوعی که ریشه در مقوله "ساختمان سالم" دارد. در جهان امروز، همانطور که فناوری اطلاعات و ارتباطات و هوش مصنوعی به پیشرفت خود ادامه می دهد، این پتانسیل وجود دارد که نقش یک معمار در این فرآیندهای تصمیم گیری توسعه یابد. با این حال، یک سوالات کلیدی و حیاتی همچنان وجود دارد که چگونه می‌توان هوش مصنوعی را به طور موثر در جنبه‌های کیفی طراحی معماری، به‌ویژه جنبه‌های مربوط به خلاقیت، نوآوری و زیبایی‌شناسی ادغام کرد؟ چگونه هوش مصنوعی علاوه بر جنبه های کمی، می تواند بر جنبه های کیفی موضوع نیز موثر باشد.

تشکر و قدردانی: موردی گزارش نشده است.
تاییدیه‌های اخلاقی: کلیه اصول اخلاقی در زمینه چاپ و نشر این مقاله رعایت شده است.
تعارضِ منافع: عدم وجود تعارض منافع در فرم تعهد نویسندگان ذکر شده است.
سهم نویسندگان در مقاله : نویسنده اول، پژوهشگر و نگارنده اصلی مقاله، تدوین محتوا و مطالعات کتابخانه‌ای و فرآیند تحقیق با سهم ٪۵۰ و نویسنده دوم با سهم ٪۵۰ مدیریت کننده فرآیند تحقیق، استخراج نتایج پژوهشگر و نگارنده اصلی مقاله بوده است.
منابع مالی/حمایت‌ها: موردی گزارش نشده است.

References

[1]. Hussein GK. Improving Design Efficiency Using Artificial Intelligence: A Study on the Role of Artificial Intelligence in Streamlining the Interior Design Process. *International Design Journal*. 2023 Sep 1;13(5):255-70. Available at: https://journals.ekb.eg/article_311928.html

[2]. Hamdy Y. Application of artificial intelligence in the development of Interior Design Operations Management. *Journal of Design Sciences and Applied Arts*. 2022 Jun 1;3(2):239-45. https://dx.doi.org/10.21608/idj.2023.222943.1082

[3]. Yanhua L. Research on the Application of Artificial Intelligence in Interior Design. *International Journal of Science and Engineering Applications*. 2024. Available at: https://ijsea.com/archive/volume13/issue7/IJSEA13071007.pdf

[4]. Taheri P, Rasoolzadeh M. Meta-analysis of artificial intelligence in interior architecture: A new chapter for healthy building. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2024 Aug 10; 14(2):139-158. Available at: https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-76756-en.html

[5]. Rasoolzadeh M, Moshari M. Prioritizing for Healthy Urban Planning: Interaction of Modern Chemistry and Green Material-based Computation. Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2021 May 10;11(1):94-105. [Persian] https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1400.11.1.7.0. Available at: https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-49429-en.html

[6]. Rasoolzadeh M, Moshari M. Designerly approach to occupant health with the interaction of building material selection and healthy environment. Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning, 2023;13(3):129-148. Available at: http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-73856-en.html

[7]. Shams G, Rasoolzadeh M. Bauchemie: Environmental Perspective to Well-Building and Occupant Health. Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2023 Jan 10; 12(4):51-69. https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1401.12.4.2.8. Available at: https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-65610-en.html

[8]. Arianejad P, Mozafar F, Khanmohammadi M, Saleh SedgPoor B. Simulation software in interior architecture education with competency-based approaches from experts' perspectives. *Technology of Education Journal (TEJ),* 2021; 16(1): 119-134. doi: 10.22061/tej.2021.7688.2564 Available at: https://jte.sru.ac.ir/article_1651.html?lang=en

[9]. Zaccolo S. Artificial Intelligence as a Creativity Companion. 13 Jan 2021. Available at: https://openresearch.ocadu.ca/id/eprint/3167/

[10]. Pylypchuk OD, Polubok AP, Avdieieva NY. Using artificial intelligence to create a practical

tool for interior design incorporating artwork. Publishing House "*Baltija Publishing*". 2022 Aug 29. https://doi.org/10.30525/978-9934-26-230-2-2

[11]. Gong M. Application and Practice of Artificial Intelligence Technology in Interior Design. Applied Mathematics and Nonlinear Sciences. 2023;8(1):3077-94. Available at: https://sciendo.com/article/10.2478/amns.2023.1.00020

[12]. Almajaibel MK. How far does Artificial Intelligence (AI) evolve in the pursuit of Interior design as alternatives to traditional tools and their impact on the designer's function?. International Design Journal. 2024 Jan 1;14(1):185-203. https://dx.doi.org/10.21608/idj.2024.329269

[13]. Goodarzi P, Ansari M, Mahdavinejad M, Russo A, Haghighatbin M, Rahimian FP. Morphological analysis of historical landscapes based on cultural DNA approach. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*. 2023 Sep 1;30:e00277. https://doi.org/10.1016/j.daach.2023.e00277 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221205482300022X?via%3Dihub

[14]. Irbite A, Strode A. Artificial intelligence vs designer: The impact of artificial intelligence on design practice. InSOCIETY. INTEGRATION. EDUCATION. Proceedings of the International Scientific Conference 2021 May 28 (Vol. 4, pp. 539-549). Available at: https://journals23.rta.lv/index.php/SIE/article/view/6310

[15]. Samuel A, Mahanta NR, Vitug AC. Computational technology and artificial intelligence (AI) revolutionizing interior design graphics and modelling. In*2022 13th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT)* 2022 Oct 3 (pp. 1-6). IEEE. Available at: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9984232

[16]. Fakhr BV, Mahdavinejad M, Rahbar M, Dabaj B. Design Optimization of the Skylight for Daylighting and Energy Performance Using NSGA-II. *Journal of Daylighting*. 2023 May 23;10(1):72-86. https://doi.org/10.15627/jd.2023.6 Available: https://solarlits.com/jd/10-72

[17]. Rahbar M, Mahdavinejad M, Bemanian M, Davaie Markazi AH, Hovestadt L. Generating Synthetic Space Allocation Probability Layouts Based on Trained Conditional-GANs. *Applied Artificial Intelligence*. 2019 Jul 3;33(8):689-705. https://doi.org/10.1080/08839514.2019.1592919. Available: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08839514.2019.1592919

[18]. Rahbar M, Mahdavinejad M, Bemanian M, Davaie-Markazi A. Generating space layout heat maps with cGAN algorithms in artificial intelligence. *Armanshahr Architecture & Urban Development*. 2020;13(32):131-142. https://doi.org/10.22034/aaud.2020.154406.1717

[19]. Rahbar M, Mahdavinejad, M, Bemanian, M, Davaie-Markazi, A. Artificial neural network for outlining and predicting environmental sustainable parameters. *Journal of Sustainable Architecture and Urban Design.* 2020;7(2):169-182. https://doi.org/10.22061/jsaud.2019.4501.1333

[20]. Rahbar M, Mahdavinejad M, Markazi A.H.D., Bemanian M. Architectural layout design through deep learning and agent-based modeling: A hybrid approach. *Journal of Building Engineering*. 2022 April15; 47, 103822. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103822 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710221016806?via%3Dihub

[21]. Racec E, Budulan S, Vellido A. Computational Intelligence in Interior Design: State-of-the-Art and Outlook. In*Artificial Intelligence Research and Development* 2016 (pp. 108-113). IOS Press. Available at: https://ebooks.iospress.nl/volumearticle/45318

[22]. Farag SN. The future of interior design industry in the light of Artificial intelligence spread. Available at: https://mjaf.journals.ekb.eg/article_175043_de2c5ae110efbd63ef8c5bfb520d96e6.pdf?lang=en

[23]. Mahendarto T. From Artificial Intelligence to Artificial Consciousness: An Interior Design Implication. Journal of Artificial Intelligence in Architecture. 2023 Feb 26;2(1):41-52. https://doi.org/10.24002/jarina.v2i1.6627

[24]. Goodarzi P, Ansari M, Rahimian FP, Mahdavinejad M, Park C. Incorporating sparse model machine learning in designing cultural heritage landscapes. *Automation in Construction*. 2023 Nov 1;155:105058. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105058 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580523003187?via%3Dihub

[25]. Goodarzi P, Heidari F, Zolotovsky K, Mahdavinejad M. Cognitive Nests: Nested Data-Driven Decision Support System in Regenerative Design from Biology to Ecology. *3D Printing and Additive Manufacturing.* 2025 Feb 6. https://doi.org/10.1089/3dp.2023.0331 Available: https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/3dp.2023.0331

[26]. Heidari F, Mahdavinejad M, Werner LC, Roohabadi M, Sarmadi H. Biocomputational Architecture Based on Particle Physics. *Front. Energy Res.* 2021 July 08;9:620127. https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.620127 Available: https://www.frontiersin.org/journals/energy-research/articles/10.3389/fenrg.2021.620127/full

[27]. Heidari F, Mahdavinejad M, Zolotovsky K, Bemanian M. Data-driven bio-integrated design method encoded by biocomputational real-time feedback loop and deep semi-supervised learning (DSSL). *Journal of Building Engineering.* 2024 Dec 1;98:110923. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.110923 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710224024914

[28]. Heidarzadeh S, Mahdavinejad M, Habib F. External shading and its effect on the energy efficiency of Tehran's office buildings. *Environmental Progress & Sustainable Energy.* 2023 May 17:e14185. https://doi.org/10.1002/ep.14185 Available: https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ep.14185

[29]. Talaei M, Mahdavinejad M, Azari R, Haghighi HM, Atashdast A. Thermal and energy performance of a user-responsive microalgae bioreactive façade for climate adaptability. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2022 Aug 1;52:101894. https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101894 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213138821009085?via%3Dihub

[30]. Talaei M, Mahdavinejad M, Azari R, Prieto A, Sangin H. Multi-objective optimization of building-integrated microalgae photobioreactors for energy and daylighting performance. *Journal of Building Engineering*. 2021 Jun 5:102832. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102832 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710221006902?via%3Dihub

[31]. Talaei M, Mahdavinejad M, Azari R. Thermal and energy performance of algae bioreactive façades: A review. *Journal of Building Engineering*. 2020 Mar 1;28:101011. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.101011 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710219300841?via%3Dihub

[32]. Talaei M, Mahdavinejad M, Zarkesh A, Haghighi HM. A review on interaction of innovative building envelope technologies and solar energy gain. *Energy Procedia*, 2017 Dec 1;141:24-8. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.11.006

[33]. Talaei M, Mahdavinejad M. Probable cause of damage to the panel of microalgae bioreactor building façade: Hypothetical evaluation. *Engineering Failure Analysis*. 2019 Jul 1;101:9-

21. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.02.060

[34]. Haghir, S., Tashakori, L., Rezazadeh, H., Ahmadi, F. Algae Façade for Reducing CO2 Emission and Mitigating Global Warming (Case Study: Tehran Enghelab Street). *The Monthly Scientific Journal of Bagh-e Nazar*, 2020 Oct 22;17(89):33-44. https://doi.org/10.22034/bagh.2020.188585.4147

[35]. Sarmadi H, Mahdavinejad M. A designerly approach to Algae-based large open office curtain wall Façades to integrated visual comfort and daylight efficiency. *Solar Energy*. 2023 Feb 1;251:350-65. https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.01.021 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X23000270?via%3Dihub

[36]. He J. Research and Implementation of Intelligent Interior Design Algorithms Based on Artificial Intelligence and Big Data. In*2024 IEEE 3rd World Conference on Applied Intelligence and Computing (AIC)* 2024 Jul 27 (pp. 655-660). IEEE. Available at: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10730915?casa_token=R9kD-kgOShsAAAAA:uNxR0a1wD-A5cO8_FszvQj6Gz_s5rbBSKsY6zNQJW_Xpputgh057MT1NIzhpF1eigY6ocBB4

[37]. Diefallah MH. Comprehending how Artificial Intelligence and Human Creativity Work to Benefit the Future of Interior Design; Challenges Risks ،Pros and Cons. *International Design Journal.* 2024 May 1;14(4):397-407. Available at: https://idj.journals.ekb.eg/article_358293_74efe46b89b35f22191e6d30dff4d64a.pdf

[38]. Pylypchuk OD, Polubok AP, Avdieieva NY. Using artificial intelligence to create a practical tool for interior design incorporating artwork. Publishing House "*Baltija Publishing*". 2022 Aug 29. Available at: http://www.baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/download/244/6802/14185-1

[39]. Gong M. Application and Practice of Artificial Intelligence Technology in Interior Design. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*. 2023;8(1):3077-94. Available at: https://sciendo.com/article/10.2478/amns.2023.1.00020

[40]. Dezfuli RR, Bazazzadeh H, Taban M, Mahdavinejad M. Optimizing stack ventilation in low and medium-rise residential buildings in hot and semi-humid climate. *Case Studies in Thermal Engineering*. 2023 Oct 28:103555. https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.103555 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X23008614?via%3Dihub

[41]. Dezfuli RR, Mehrakizadeh M, Najar BS, Bazazzadeh H, Mahdavinejad M. Geometric investigation of entrance proportions of houses from the Qajar to the beginning of the early Pahlavi in Dezful City (1789–1979). *Frontiers of Architectural Research.* 2024 Feb 1;13(1):57-78. https://doi.org/10.1016/j.foar.2023.09.007 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095263523000870?via%3Dihub

[42]. Goharian A, Daneshjoo K, Mahdavinejad M, Yeganeh M. Voronoi geometry for building facade to manage direct sunbeams. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*. 2022 Oct 26;31(2):109-24. https://doi.org/10.5755/j01.sace.31.2.30800 Available: https://sace.ktu.lt/index.php/DAS/article/view/30800

[43]. Goharian A, Daneshjoo K, Shaeri J, Mahdavinejad M, Yeganeh M. A designerly approach to daylight efficiency of central light-well; combining manual with NSGA-II algorithm optimization. *Energy*. 2023 Apr 17:127402. https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127402 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036054422300796X?via%3Dihub

[44]. Goharian A, Mahdavinejad M, Bemanian M, Daneshjoo K. Designerly optimization of devices

(as reflectors) to improve daylight and scrutiny of the light-well's configuration. *Building Simulation*. 2021 Oct 9 (pp. 1-24). Tsinghua University Press. https://doi.org/10.1007/s12273-021-0839-y Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s12273-021-0839-y

[45]. Goharian A, Mahdavinejad M. A novel approach to multi-apertures and multi-aspects ratio light pipe. *Journal of Daylighting*. 2020 Sep 16;7(2):186-200. https://doi.org/10.15627/jd.2020.17 Available: https://solarlits.com/jd/7-186

[46]. Shirzadnia Z, Goharian A, Mahdavinejad M. Designerly approach to skylight configuration based on daylight performance; Toward a novel optimization process. *Energy and Buildings*. 2023 Mar 11:112970. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.112970 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778823002001?via%3Dihub

[47]. Goharian A, Mahdavinejad M, Ghazazani S, Hosseini M, Zamani Z, Yavari H, Ghafarpoor F, Shoghi F. Designing Adaptability Strategy to a Novel Kinetic Adaptive Façade (NKAF); Toward a Pioneering Method in Dynamic-objects Daylight Simulation (Post-Processing). *Journal of Daylighting*. 2025 Feb 8;12:69-90. https://dx.doi.org/10.15627/jd.2025.5 Available: https://solarlits.com/jd/12-69

[48]. Kahraman MU, Şekerci Y, Develier M, Koyuncu F. Integrating artificial intelligence in interior design education: concept development. *Journal of Computational Design*. 2024;5(1):31-60. https://doi.org/10.53710/jcode.1418783

[49]. Xu Y, Yu T. Visual Performance of Psychological Factors in Interior Design Under the Background of Artificial Intelligence. *Frontiers in psychology*. 2022 Jul 28;13:941196. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.941196

[50]. Wang J. Application of traditional cultural elements in modern interior design in the era of artificial intelligence. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*. 2023. Available at: https://sciendo.com/article/10.2478/amns.2023.2.01197

[51]. Zhang Y, Wang J. Artistic sense of interior design and space planning based on human machine intelligent interaction. Intelligent Decision Technologies. 2024 Aug;18(3):1783-96.

[52]. Zheng S. An evaluation system for interior design solutions based on artificial intelligence processing technology. In*7th International Symposium on Advances in Electrical, Electronics, and Computer Engineering* 2022 Oct 19 (Vol. 12294, pp. 779-784). SPIE. https://doi.org/10.1117/12.2639884

[53]. Wu S, Han S. System evaluation of artificial intelligence and virtual reality technology in the interactive design of interior decoration. *Applied Sciences*. 2023 May 20;13(10):6272. https://doi.org/10.3390/app13106272

[54]. Mahdavinejad M, Shaeri J, Nezami A, Goharian A. Comparing universal thermal climate index (UTCI) with selected thermal indices to evaluate outdoor thermal comfort in traditional courtyards with BWh climate. *Urban Climate.* 2024 Mar 1;54:101839. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.101839 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221209552400035X?via%3Dihub

[55]. Shaeri J, Mahdavinejad M, Pourghasemian MH. A new design to create natural ventilation in buildings: Wind chimney. *Journal of Building Engineering*. 2022 Aug 22:105041. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105041

[56]. Shaeri J, Mahdavinejad M, Vakilinejad R, Bazazzadeh H, Monfared M. Effects of sea-breeze natural ventilation on thermal comfort in low-rise buildings with diverse atrium roof shapes in BWh regions. *Case Studies in Thermal Engineering*. 2023 Jan 1;41:102638. https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.102638 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X22008759?via%3Dihub

[57]. Shaeri J, Mahdavinejad M. Prediction Indoor Thermal Comfort in Traditional Houses of Shiraz with PMV/PPD model. *International Journal of Ambient Energy*. 2022 Dec 31;43(1):8316-34. https://doi.org/10.1080/01430750.2022.2092774 Available: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01430750.2022.2092774

[58]. Torabi M, Mahdavinejad M. Past and Future Trends on the Effects of Occupant Behaviour on Building Energy Consumption. *J. Sustain. Archit. Civ. Eng.* 2021 Oct 27;29(2) 83-101. https://doi.org/10.5755/j01.sace.29.2.28576 Available: https://sace.ktu.lt/index.php/DAS/article/view/28576

[59]. Valitabar M. Mohammadjavad M. Henry S. Peiman P. A dynamic vertical shading optimisation to improve view, visual comfort and operational energy. *Open House International*. 2021 Jul 9;46(3):401-415. https://doi.org/10.1108/OHI-02-2021-0031 Available: https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/OHI-02-2021-0031/full/html

[60]. Görkem G, Sönmez E. The Use of Artificial Intelligence in Interior Design Education and Its Future. Interior Architectural Issues-Design, History & Education. 2023 May 15:81. Available at: https://books.google.com.om/books?hl=en&lr=&id=GfbYEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA81&dq=artificial+intelligence+interior+design&ots=7rmAU401Eg&sig=PZ3EetuwIEiWZ4oO3Q0wnNYYMVo&redir_esc=y#v=onepage&q=artificial%20intelligence%20interior%20design&f=false

[61]. Li W, Xue Z, Li J, Wang H. The interior environment design for entrepreneurship education under the virtual reality and artificial intelligence-based learning environment. Frontiers in Psychology. 2022 Nov 9;13:944060. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.944060

[62]. Stieler D, Schwinn T, Leder S, Maierhofer M, Kannenberg F, Menges A. Agent-based modeling and simulation in architecture. *Automation in Construction*. 2022 Sep 1;141:104426. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104426

[63]. Al-Dayan ZAR. Stages of Design. University of Babylon / College of Fine Arts / Department of Design Public lecture prepared by the course teacher Eng. Ziad Awda Rabah, Available at: https://www.uobabylon.edu.iq/eprints/publication_5_8117_6100.pdf

[64]. Hanna MG, Pantanowitz L, Dash R, Harrison JH, Deebajah M, Pantanowitz J, Rashidi HH. Future of Artificial Intelligence (AI)-Machine Learning (ML) Trends in Pathology and Medicine. *Modern Pathology*. 2025 Jan 4:100705. https://doi.org/10.1016/j.modpat.2025.100705

[65]. Shaw JA. The Revised Declaration of Helsinki—Considerations for the future of artificial intelligence in health and medical research. *JAMA*. 2025 Jan 7;333(1):26-7. Available at: https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2825288

[66].

ISSN: 2538-2594; Naqshejahan - Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2025;15(2): 17-36

The Role of Agent-Based Modelling in Enhancing the Efficiency of AI Tools in Interior Architecture with an Emphasis on the Concept of a Healthy Building

ARTICLE INFO

Article Type
Applied research

Authors
Paria Taheri[1*]
Maryam Rasoolzadeh[2]

How to cite this article
Ma
URL: http://

ABSTRACT

Aims: The development of AI tools in interior architecture has brought both opportunities and challenges. The primary objective of this research is to highlight the weaknesses and shortcomings in the professional application of artificial intelligence-based tools in interior architecture. The second objective is to introduce and explain the role of agent-based systems in enhancing the efficiency of artificial intelligence tools in interior architecture.

Methods: This research employs a descriptive-analytical method as its primary approach. In the descriptive phase, data were collected from existing sources to examine the impact of artificial intelligence on the interior design process. Subsequently, a questionnaire was designed to gather designers' opinions regarding the influence of artificial intelligence on interior architecture and the role of designers. The collected data were then statistically analyzed using SPSS.

Findings: More than 80% of the surveyed interior architects were familiar with artificial intelligence tools, with most identifying Midjourney as a key tool that reduces time and increases efficiency. The most significant challenges identified pertain to the healthy building domain, particularly in relation to indoor air quality, environmentally friendly materials, and the comfort and ergonomics of spaces.

Conclusion: The qualitative findings of this research indicate that agent-based systems play a crucial role in enhancing the efficiency of artificial intelligence tools in the interior architecture process. This is particularly important in the healthy building domain, as it provides a comprehensive model for understanding the interaction between Bauphysik, Bauchemie, Baubiologie, environmentally friendly materials, and occupant health.

Keywords: Bauphysik – building physics, Bauchemie - building chemistry, Baubiologie - building biology, occupant health, biocomputing, bauchemie, agent-based design, climate-friendly building, AI (artificial intelligence).

CITATIONLINKS

1-Master Student of Department of Urban Design, Ball State University, USA ORCID: 0009-0004-3841-2198

2-Postdoctoral Researcher, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran https://orcid.org/0000-0002-1152-5561

Correspondence
Address: Department of Urban Design, Ball State University, USA

Email: paria.taheri@bsu.edu

Article History
Received: 2024.
Accepted: 2024.
Published: 2025.

[1]. Hussein GK. Improving Design Efficiency Using Artificial Intelligence: A Study on…..[2]. Hamdy Y. Application of artificial intelligence in the development of Interior Design….[3]. Yanhua L. Research on the Application of Artificial Intelligence in Interior Design……[4]. Taheri P, Rasoolzadeh M. Meta-analysis of artificial intelligence in interior architecture….[5]. Rasoolzadeh M, Moshari M. Prioritizing for Healthy Urban Planning: Interaction of….[6]. Rasoolzadeh M, Moshari M. Designerly approach to occupant health with the interaction…[7]. Shams G, Rasoolzadeh M. Bauchemie: Environmental Perspective to Well-Building and Occupant Health…..[8]. Arianejad P, Mozafar F, Khanmohammadi M, Saleh SedgPoor B. Simulation software….[9]. Zaccolo S. Artificial Intelligence as a Creativity Companion. 13 Jan…[10]. Pylypchuk OD, Polubok AP, Avdieieva NY. Using artificial intelligence to….[11]. Gong M. Application and Practice of Artificial Intelligence Technology in Interior Design…..[12]. Almajaibel MK. How far does Artificial Intelligence (AI) evolve in the pursuit…[13]. Goodarzi P, Ansari M, Mahdavinejad M, Russo A, Haghighatbin M, Rahimian FP….[14]. Irbite A, Strode A. Artificial intelligence vs designer: The impact of artificial…[15]. Samuel A, Mahanta NR, Vitug AC. Computational technology and artificial…[16]. Fakhr BV, Mahdavinejad M, Rahbar M, Dabaj B. Design Optimization…[17]. Rahbar M, Mahdavinejad M, Bemanian M, Davaie Markazi AH, Hovestadt L. Generating……

Copyright© 2021, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

Introduction

A major part of the new wave of the digital revolution is artificial intelligence. With its worldwide spread, the digital-technology industry has entered a new phase of transformation. The literature **[1–3]** emphasizes AI's role in accelerating new technologies across many domains—such as machine learning, the Internet of Things, and big-data analytics. This has become especially salient in a period **[4–7]** when the **healthy-building** paradigm—and the health of occupants—have gained importance and moved to the center of discussion. Meanwhile, shortcomings in the *practical* application of AI **[8–14]** have posed numerous challenges to advancing AI tools in interior architecture. Digital technology, AI tools, and AI applications have been an emerging trend in the design industry over the past two decades. One of the newest strands—**computational AI**—can imitate human intelligence. Smart creative software and tools have made methods of making and crafting more efficient and have enabled designers to interact with their clients more effectively; in short, AI has offered new solutions **[15]**. The scope of an interior designer's work **[16–20]** ranges from defining floor plans and ensuring intended performance, to designing mood boards and selecting furniture down to the details, and even deciding on an optimal layout style. As a whole, however, optimizing the design process by computer—and especially by computational-intelligence approaches—has remained difficult. In recent years many subfields have attempted to address this problem using **machine learning**. A review of current advances in computational AI within architectural science, with a focus on interior design, shows that the most important outcome to date has been the development of a robust, commercially viable, **scalable** solution for **automatic furniture layout [21]**. One of the very large questions in AI development **[22]** is this: does substituting AI for the human in the design process put certain interior-architecture jobs at risk? Is the design industry—interior architecture and related professions—among those exposed to risk? The central concern of this body of research lies in the fact that most existing studies offer only general forecasts about future employment trends; very few provide a **precise analysis** focused specifically on the interior-architecture sector. It appears that the future of interior-design practice—under the light of AI, information-and-communication technologies, and the accelerating speed of information dissemination—will undergo fundamental change. The **future role of architectural design with AI [23]** is better envisioned when AI is integrated into the interior-architectural design process and into architectural/interior-design education; such integration also leads to development and improved **efficiency** and **sustainability**, and to the growth of **AI-based creativity [24–25]**. AI is developing rapidly and prompts people to think about **artificial consciousness**. A human-centered understanding treats consciousness as a unique human trait not shared by other living beings; yet advances in software and hardware for processing, analyzing, and inferring from collective data have brought machine performance closer to a picture of the human brain. Moreover, using AI for **human-friendly objects** that can communicate with people evokes a kind of **awareness** in those objects **[23]**. In short, the **future of architectural design with AI** can be newly defined. The co-development of **computing and biology**—bio-computing and computational biology—**[24–28]** creates a striking opportunity for **healthy architecture**. Studies show that correct use of **algae panels and algal walls** can dramatically improve a building's **indoor air quality [29–36]**. In one study (1399/2020–21, pp. 33–44), Leila Ahmadi-Haqir, Faryal Taskari, and Hamid-Reza Rezazadeh showed that bio-facades reduce **carbon dioxide** for the purpose of mitigating **global warming**; these works stress that employing **micro-algae**

As one class of living **micro-organisms** with a high capacity for absorbing **carbon dioxide** from air, when they are integrated with building façades in **reactor** panels, these skins turn into **photosynthetic bio-envelopes**. Such surfaces respond to **thermal/climatic** changes, improve the building's **passive thermal performance**, transform an **ordinary** building into a **living** one, and ultimately turn the building into an **energy-producing factory**. This line of thinking moves in step with **bio-computing**. [34] Moving toward **algorithmic applications** has opened new avenues to **agent-based systems** in **interior architecture**, with an emphasis on the **healthy-building** concept. In the era of **advanced AI** and **machine learning**, *AI-assisted creativity* and *human-assisted creativity* emerge as **core elements** in developing this field within interior design. Owing to its ability to **simulate mental processes** such as **learning** and **reasoning**, artificial intelligence has proved usable in domains that require **complex decision-making** and **big data**—making it possible to generate **innovative**, **customized** interior designs. [37]

The growing **problems in the outside world** have exerted a major influence on today's interior-architectural **design process**—a situation intensified by **globalization**, **urbanization**, and the **rapid advance of science**. In interior architecture, interest in **new cyber-technologies** has risen sharply; **current technological tools** have become **main components** and **key instruments** for **innovation** in **scalable projects**. [37] This discussion of **bio-computing** touches on **building biology**—from using **plants** (e.g., in health-supportive habitation) together with the development of **bio-compatible aesthetics**. Across all of these, the development of **neural algorithms** is used; in a fundamental way they have propelled **bio-computing** within the interior-architecture design process. The technologies now being updated include **advanced, portable tablets and smartphones** developed to deliver **complex** answers. Emphasizing **data**, bio-computing considers the Using artificial intelligence has saved **time** and **cost** in producing designed products, and it has **cognitive/technical status** of **designers and analysts**, and the **psychological and emotional** states of occupants, while **simultaneously** taking into account **building physics** and **building chemistry**—and, to a great extent, **improving** them. [38]

The **application of AI technology in interior design [39]** is one of the **pillars** of today's architecture. To **increase innovation** in interior design, this article proposes a **technical, AI-based approach** that **optimizes** the **overall form** of interior design. The **general features** of interior design—various **objects** and **lines** in interior space—are **modeled from visual information**; **scale-correlation analysis** is used; **maximum gray-scale values** are determined for **reconstruction** and **execution** of **3D visual specifications**; **precise alignment of point clouds** is performed on correlated data; and the **target parametric surface** for objects is reconstructed, so that a **more accurate 3D interior model** is obtained that **represents the scene more realistically**. [40–41] The **use of light** and the **quality/efficiency of energy** are highly effective in this context. [42, 47]

One of the **most important stages** is **concept development** in design. [48] In the **interaction** and **interplay** between interior architecture and architecture, the increasing application of **AI** faces a **major challenge**. Today the world is witnessing extraordinary technological progress; in the **era of AI** and the **Fourth Industrial Revolution**, many **work patterns** have changed. This has transformed fundamental **concepts and realities** in an **all-encompassing** revolution that is **changing every field**, including interior design. This requires interior designers to **develop abilities and skills** in response to a **rapidly changing technological world**, so that they can meet the **future labor-market** needs. In this regard, research questions arise about the **impact of AI on the design process** and whether **AI will replace the interior designer's role**. [1]

helped increase the speed of the **design** process and the **execution** of interior-architecture works. Since the interior-architecture design process is **complex**, past experience and **creativity** are used to produce it. Interior architecture deals with **real life**, and people live in a **three-dimensional** world, but the images perceived by the human eye are in fact **two-dimensional**. From childhood onward, people are exposed to information about **form**, **size**, **distance**, **texture**, and other attributes of objects **[49]**. In this situation, the most important point is to focus on **information and communication technology** to understand the problems of interior architecture **with the help of AI [50]**.

Looking more deeply at the **healthy-building** concept helps explain why the rapid development of AI is penetrating fields such as **interior design** and **spatial planning**. There have been many **practical problems** in modern interior design **[51]**. The purpose of applying AI is to **improve the quality** of interior-design solutions and to **ensure standards** in interior decoration. Based on existing **evaluation standards** for interior-design solutions—and by creating a **model** for evaluating **responsive** and **human-centered** interior solutions—a **human-centered design model** can be achieved. This model responds to user needs and addresses the realities of **interior-design marketing**, which—**from the designer's point of view**—is an inevitable trend that must be considered in the **future development** of interior space design with the help of AI **[52]**.

One of the most important challenges is personalization. AI enables **optimization** of **time spent** in projects and the **management** of information and resources. This is where **consumer interests** in a product, **availability of materials**, and the realities of **visual perception**—together with **personalization** in any given space—come into play. **Personal ideas**, based on needs and performance, are generated. Using **AI** and **virtual reality** in interior design can **effectively shorten** the communication time

Here is the careful English translation of your page's text (tables ignored), rendered as clean, continuous prose:

between **clients and designers**, the **design time**, and the **distance** between designers, clients, and the **target space** that meets contemporary needs **[53]**. This has major effects on **energy-use efficiency** and on **improving environmental quality [54–57]**. The effects of AI technology on interior architecture—especially in **interior-space interaction**—are very prominent **[58–59]**, **[60–61]**.

Over the past **two decades**, the use of **agent-based models**, **agent-oriented systems**, and **system-dynamics simulations** has increased significantly in various scientific fields, including architecture. Along with new applications, **agent-based systems** have created **new capacities** for using AI in this process. Many software failures stem from the **requirements** of interior-architecture design not being **well defined** at the **conceptual** stage. In the **agent-oriented** approach, one should **not** search only within a **predefined space**; instead, **thinking outside the box** and **creative thinking** are recommended **[62–63]**.

A **meta-analysis** of the literature indicates that most studies have used **evolutionary-computing techniques** for **analysis** and **optimization** in the **early design** process. Innovative, creative approaches have mainly focused on **discovering** and **developing form**, while recent research has examined the use of **AI** in **structural firms** and **intelligent building production**, which have played a **pioneering practical role** in advancing these technologies. **Agent-based systems**, as one of the new AI approaches, require a **combination of technical skills**, **creative experience**, and **specialized knowledge** to be implemented in the architectural design process. With technological progress and the emergence of **bio-computing**, the **complexity** of these systems has also increased.

AI facilitates the **interior-architecture design** process by employing **machine-learning techniques** and **intelligent analysis**

Efficient, rapid data-analytic tools give designers the ability to propose solutions to design challenges. By means of artificial intelligence and environmental datasets, designers can analyze and parse architectural contexts precisely and offer strategies that improve the efficiency and quality of design. A key unresolved issue in applying AI to interior architecture is how optimization relates to the creative and artistic dimensions of the design process and its execution. Creativity in each space has its own requirements, and those requirements differ from one space to another.

Focusing on the **healthy-building** concept, this study seeks to assess the overall impact of artificial intelligence on the interior-design industry, to conduct a critical review, and to ask whether AI truly changes this field and, if so, in what way. It also examines the extent of AI's effect on the interior-architectural design process and the degree to which that process aligns with the axes of the healthy-building paradigm. Analyzing the role of **agent-based systems** in improving the efficiency of AI tools in interior architecture—again with an emphasis on healthy buildings—is an important step toward making AI applications in interior architecture operational. Re-reading the effectiveness of agent-centered systems in improving AI-based tools in interior architecture (under the healthy-building lens) forms part of this research.

The **priority questions** in the overall scope of the study, based on the literature, are as follows:

• What is the nature of artificial intelligence, and how does it affect the **design process**?

• To what extent will AI technologies influence the **future** of the design process and the **role of the interior designer**?

The problem identified—and emphasized in the statement of the problem—is: what, exactly, is the impact of AI on the interior-design process, and will AI **replace** the interior designer's role? To answer this and to achieve the study's aims in a practical way, a set of objectives must be established that supplies a general **framework** for investigating the topic and pursuing the question to its conclusions.

Measuring the impact of AI technologies on the **future** of the design process and on the interior designer adds to the importance of the research. This line of work can help train designers to keep pace with advances in the **design process** itself. Interior architecture, too, can use modern technologies to improve design **efficiency**. It appears that a **new generation** of designers who are able to move with these developments will replace traditional designers.

Research objectives

1. To show the **weaknesses and shortcomings** in the professional/application use of **AI-based tools** in interior architecture.
2. To **introduce and explain** the **role of agent-based systems** in improving the **efficiency** of AI tools in interior architecture.

Materials and Methods

This article treats the presence of AI in the design and execution process of interior-architectural works as a continuation of the field's evolutionary course, and it discusses the **consequences** of employing AI. The study estimates how AI contributes to **efficiency** in interior design. AI has a special place in architecture because it steers the architectural design process toward **integrated engineering**. Given the subject's innovative and interdisciplinary nature, the research method is **combined and multi-faceted**. With a **descriptive–analytical** approach, the research describes and analyzes the concept(s) that lie behind the challenges of using AI in the interior-architectural design process. In other words, in light of AI's capabilities and the functions it performs, it is necessary to trace how those capabilities inform **decision-making**.

This study seeks to examine **how artificial intelligence functions** in interior design and its **effect on the healthy-building concept**, while focusing on the **advantages and challenges** related to this integration. On the other hand, the research investigates **how AI performs** and **its effect on creativity**. In other words, the aim of this study—by **integrating AI with interior design**—is to enhance **interactive design**, address **user needs**, and treat design as an **art**. A set of **interior-space selection/idea boards** is used. An **interior-space design recognition system** is introduced by means of **artificial (neural) networks**. In this project, **interaction between designers and clients** is optimized in interior design in order to meet goals; it **depicts users precisely** and helps designers **improve work efficiency**.

Main methodological concepts

Mind map (mental map):
Tools called "mind maps" help **thinking and learning**; they are **networks of words and images** branching from a **central idea** or from a set of **keywords**. They help arrive at a **design vision** and, by including certain **functional** and **aesthetic** values, contribute greatly to achieving more **distinctive schemes**—deepening design ideas and **increasing design competitiveness**. They are an **effective way** to communicate with the **team** or with **clients** in the design process.

Mood board (inspiration board):
This is the **next stage** in the interior-architecture design process. It may be **physical or digital**. A mood board is a panel that **connects the designer** to all the **sources** that inspire the creation of a **creative design**; it also **helps the designer** organize ideas **more quickly**, whether in **lines**, **colors**, or other **details**. A mood board **reflects the overall idea** and serves as **guidance** for design—by setting the **general direction** of the scheme it **inspires** the design process **[63]**. It also improves communication with **clients**, since clients can **choose** their **preferred items**, **colors**, and **patterns**. (See **Figure 1**.)

Material board and color palette.
This is a board that **specifies materials and colors**. The **color palette** consists of a set of **colors** derived from the **inspiration board** and arranged **by priority**, so that it **reflects** the dominant colors of the design to be produced **[63]**. It can also **show** which **materials** will be used in the **design and execution** of interior-architectural works.

Figure 1. Selected **mood board** in the case-study research **[adapted from well-known Pinterest samples]**.

The selection process of Color:
One of the most important components of the selection (inspiration) board for the **design and execution of interior-architectural works** is the **color palette**. The palette is a set of colors distilled from the inspiration board and arranged **by priority**; it is usually displayed as **squares, circles, or other shapes** so that it **reflects the dominant colors** planned for the design to be produced (Figure 2). **[63]** A sample **color-selection board** illustrating the **relationship between colors and design** in interior architecture is shown in **Figure 2**.

Figure 2 — An example of a **color-selection board [63]** that demonstrates the importance of the relationship between **colors** and **design** in **interior architecture**.

Research implementation process
According to the study's methodology, the **reasons for success or failure** when using **artificial intelligence** in the **interior-design process**—and the reasons behind **design choices**—are set at the center of the discussion. On the basis of the **baseline study [1]** (Hussein, 2023: "Improving Design Efficiency Using Artificial Intelligence: A Study on the Role of AI in Streamlining the Interior Design Process," *International Design Journal*), AI-assisted design has **successfully simplified** parts of the interior-design process and produced **good results** (Table 1).

A **comparative** reading between our findings and those of the baseline research gauges **AI's analytical capabilities**. In practice, a designer can prepare **3D models** of interior spaces and import them into various programs; **AI** can then propose **numerous alternatives** for **materials, colors, and lighting** within **minutes** (Figure 3).

From a **methodological/programmatic** perspective, there are now many tools—such as **roomgpt.io**, **room.ai**, and other platforms—that can deliver **rapid design schemes** and **transparent options** for clients. These help with **client preference formation** and allow the client to **realistically visualize** the **color groups** used in each design tendency, and to imagine the **furniture** and **complementary materials** typical of each style. **[1]**

With attention to the need for **methodological alignment** with the baseline, the study **measures the impact** of **AI** on the **"interior design" subject** by **comparing real samples** with **AI-generated** ones (Figures **4** and **5**).

Population and sample
A **Google Forms** questionnaire was prepared and distributed **electronically** among a number of **interior-design designers**. To relate the results to the baseline study and **measure AI's impact** on the interior-design process, several **statistical analysis methods** were used—chiefly **Pearson's correlation coefficient**, **Cronbach's alpha**, **frequency**, **percent**, and **mean**. **Internal consistency** and **validity** of the questionnaire—one of the baseline study's central topics—were also **examined** there and are **confirmed** again here. The target population comprised **two interior-architecture classes** in Jihad-Daneshgahi **extension courses**, taught by the researchers. One class was conducted in the **conventional** manner—students used **AI tools** to the extent of their **own awareness**—and the other employed an **agent-based** method via **AI analysis systems**. The **results** from the two groups were **evaluated double-blind**.

Table 1 — Shows the correlation coefficients between the scores of each question in the questionnaire and the total questionnaire score **[1]**.

Question No.	Correlation Coefficient (%)	Significance Level (%)	Statistical Significance
1	56	1	√
2	64	1	√
3	52	1	√
4	52	1	√
5	65	1	√
6	78	1	√
7	50	1	√
8	61	1	√
9	64	1	√
10	77	1	√
11	64	1	√
12	64	1	√
13	66	1	√
14	74	1	√
15	51	1	√
16	61	1	√
17	66	1	√
18	60	1	√

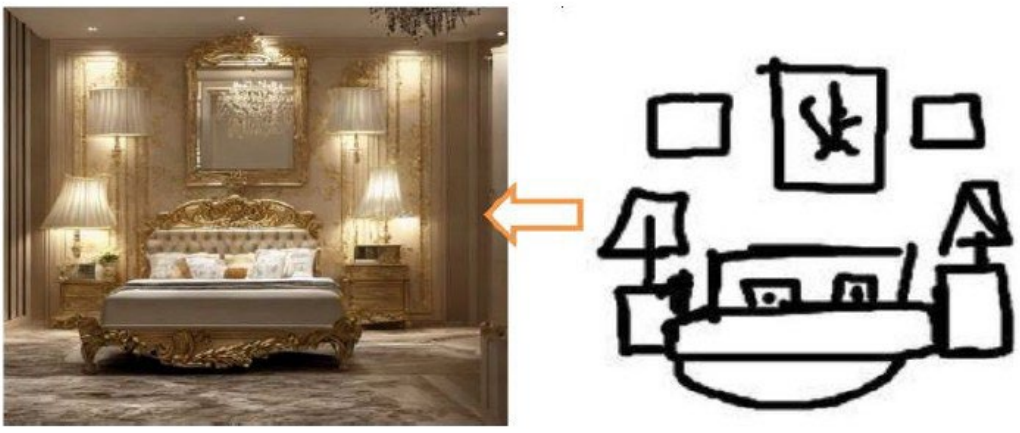
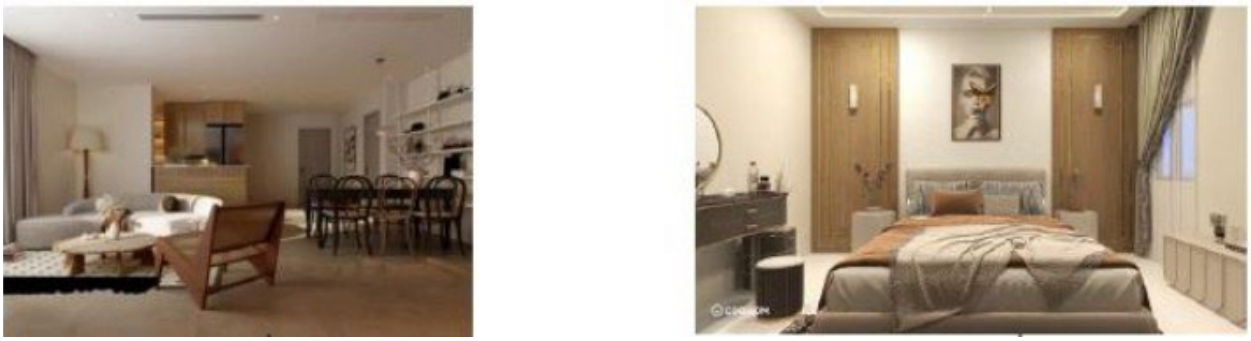


Figure 3 — An example of the application of artificial intelligence in transforming an idea into a design, which was used in the case study **[1]**.

Figure 4 — The **right** image shows a real scene photographed by the baseline study's researchers; the **left** image is another visualization produced **with artificial intelligence [1]**. Placed side by side, they display the gap between creating a situation by a **classical approach** and the **real sample**.

Figure 5 — Examples drawn in the baseline study **using Cohoom [1]**.



Findings

In the **Results** section, the quantitative summary—together with the qualitative findings and the paper's theoretical framework—underscores the importance of **artificial intelligence in the interior-architectural design process** and, specifically, **in interior architecture**. The first block of quantitative results speaks to the **first research aim**: to **identify weaknesses and shortcomings** in the professional/application use of **AI-based tools** in interior architecture. The comparative analysis of the **test** and **control** groups (see **Table 2**) shows that the **largest difference** between the two occurs in **Question 7**, i.e., in **drawing technical details more precisely**. Hence, the **main shortcoming** in applying AI to **steer** the interior-architectural design process lies in **producing more exact technical detailing**.

The **next priorities**, in order, relate to **Questions 1, 4, and 6**—namely: **aligning the obtained design product with the program brief**, **producing and creating a creative product in interaction with AI**, and **the level of familiarity with AI tools**. By contrast, the **least attention** appears in **Question 8** (paying attention to the **properties of materials** in the design process in proportion to program needs)—even though it **should not** be neglected. In this area the problem is that **agent-based, system-oriented methods** have **not yet improved** the efficiency of **AI tools** in interior architecture **to a sufficient degree**.

The **smallest differences** belong to **Questions 2, 3, and 10**—where the issues are: **confidence in correct tool selection**, **giving priority to visual tools** in the **final presentation (the final result)**, and the **final score** of the works under discussion (see **Figure 6**).

Table 2 — The framework of questions provided to the **test** and **control** groups.

No.	Key Question	Test Group (%)	Control Group (%)	Explanation	Identified Challenge
1	Level of familiarity with AI tools	87	66	Placement in the test increased the target group's awareness.	Confusion when choosing tools has taken up a significant share of students' time.
2	User confidence in selecting the correct tool	86	73	Users put various tools through trial and error.	Low-informed users cannot properly choose precise tools; this task consumes a lot of time.
3	Giving priority to visual tools	89	73	Students who have difficulty in presentation and design tend to rely more on visual tools.	Using and analyzing via purely visual tools can challenge product quality; the control group tended to prioritize visuals.
4	Producing a creative product in interaction with AI	84	61	The diversity of machine-generated images can help creative renderings.	After such images appear, creativity may improve, yet the risk of repeating existing samples remains.
5	Saving time and effort & completing assigned tasks	82	64	Time saving by using computational/computer methods.	A great deal of time is still spent on trial-and-error—critical in the final stages.
6	Alignment of the designed product with the program brief	78	51	Coherence of performance and design has exceptional importance for acceptability of results.	AI-based software was less helpful for combining performance aspects within interior design.
7	Drawing technical details more precisely	89	52	Details are a crucial part of execution and design.	Popular image-AI tools (Midjourney, Microsoft Bing, BlueWillow) are weak for this domain.
8	Attention to material properties in the design process	75	68	Materials and supplies have special importance in interior architecture.	Many tools used in this area show notable weaknesses.
9	Alignment with the healthy-building model	92	73	A healthy building attends to three pillars: building biology, physics, and chemistry.	Despite progress, technical outputs still require better interpretation and confidence.
10	Final presentation (final result) and final score of works	84	67	Double-blind evaluation increased trust in the results.	More technical tools led to better final presentations and higher final scores.

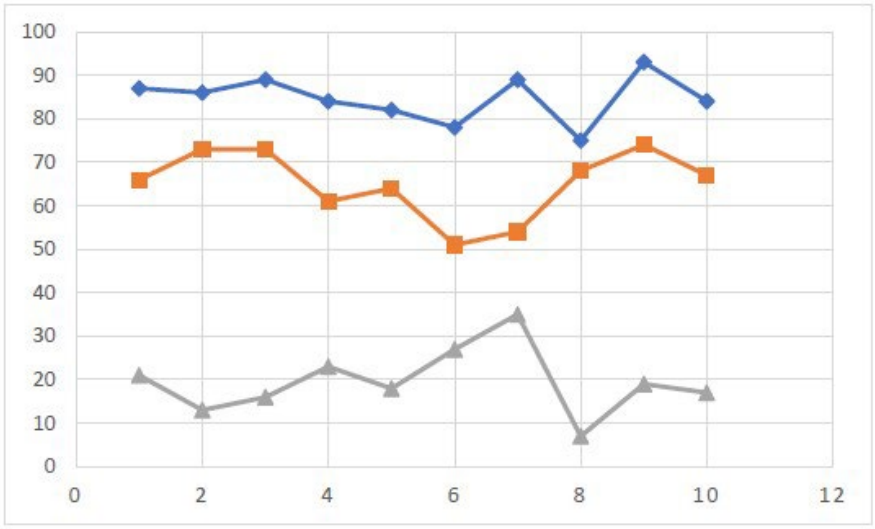


Figure 6 — Quantitative analysis of the test group, control group, and their differences

The **second objective** is to explain and present the role of **agent-based systems** in **improving the efficiency** of artificial-intelligence tools in **interior architecture**. The **quantitative results** show that using **hybrid, agent-oriented tools** has been effective in increasing the efficiency of AI tools for interior architecture, and this aligns with the **healthy-building** concept. This increase is especially visible in **Questions 8 and 9**—that is, **paying attention to material properties in the design process** and **aligning the outcome with the healthy-building pattern**, which register higher importance in the results. In this field, many people, because their information is generally limited, **do not have precise knowledge**; they do not correctly understand that **healthy building** comprises **building chemistry**, **building biology**, and **building physics**.

Healthy building is directly targeted in **Question 9**, where we observe about a **19% improvement** in the **ability to steer the interior-architectural design process with AI**. In other words, in the **test group** the result appears **about 19% better** than in the **control group** in this domain. Although the healthy-building triad—**building chemistry, biology, and physics**—is complex in itself, **AI can be introduced as an effective tool** for improving understanding of it. The final combined outcome of the test and control groups can be put at **about 20%**, i.e., roughly the extent to which **using AI helps guide** the **interior-architecture design** process.

The **literature review** notes a **lack of sufficient sources** in the health domain **[64–65]**, and this explanatory point holds across several subject areas; it is likewise true for the healthy-building triad (chemistry, biology, physics). The growing attention to AI in recent decades inspires a **positive, optimistic outlook on the future**. In the **2023 baseline study**, **87%** of designers in the sample reported they had previously used **AI programs** in the design process; in the **present trial**, this figure reached **100%** in the **test group** and **94%** in the **control group**, indicating notable growth. **Over half** of the sample reported that **Midjourney** was the most effective application; in **2025** this figure was **79%** and **81%** (test/control).

More than half of the designers in the **2023 baseline** reported that **AI applications help to facilitate and shorten the design process**, and this shows growth in the current trial as well. Using **AI tools** in **interior design** saves **time** and **reduces effort** needed to complete assigned tasks; the technology provides **visual suggestions**, **creative development**, and **simulation**, strengthens designers' **design skills**, and **helps with ideation**. In addition, **AI** makes it easier to find the **overall concept** and the **design patterns**, and by analyzing data it **smooths the path** of **creativity** and **innovation**.

In the **2023 baseline**, **more than half** of the sample stated that, despite the rapid development of AI applications, they were **not worried** about the interior-designer profession; **AI will not replace the interior or furniture designer**, but rather **serves as an aid**. In **2025**, this reached **94%** in the **test group** and **83%** in the **control group**—showing that concerns have decreased over these two years and **hope has taken the place of worry**.

In the **2023 baseline** we also saw that **more than half** of the designers, in the case study examined here, made use of **AI programs** in the design process and **integrated** them, while still **relying on traditional support methods**. However, the results show that the **designs produced by some of these programs** still require **modifications and optimizations** to achieve **desirable executability**. In **2025**, this point was raised in **both the control and test groups**; in general, **100%** of participants believed in the **interaction of the two** (human and software). At the same time, **hope that non-professionals can use software** also raised **future concerns** (**Table 3; Figure 7**).

Table 3 – Analytical comparison table of changes from 2023 to 2025

No.	Key Question (translated)	2023 (%)	2025 — Test (%)	2025 — Control (%)
1	I have previously used AI tools in the design process.	88	100.0	94.44
2	Midjourney is the most effective AI tool for interior design.	50	61.11	72.22
3	AI helps reduce time and increase the efficiency of the design process.	50	77.78	82.22
4	Using AI tools has improved my design skills.	55	83.33	72.22
5	AI has strengthened my imagination and creativity in design.	56	88.89	83.33
6	AI has made the design process simpler and more efficient.	53	88.89	83.33
7	Using AI has reduced changes and repeated revisions in the final design.	58	94.44	72.22
8	AI will not replace the interior designer; it plays an assisting role.	69	93.33	88.89
9	Support for combining manual design methods with AI tools.	77	94.44	88.89

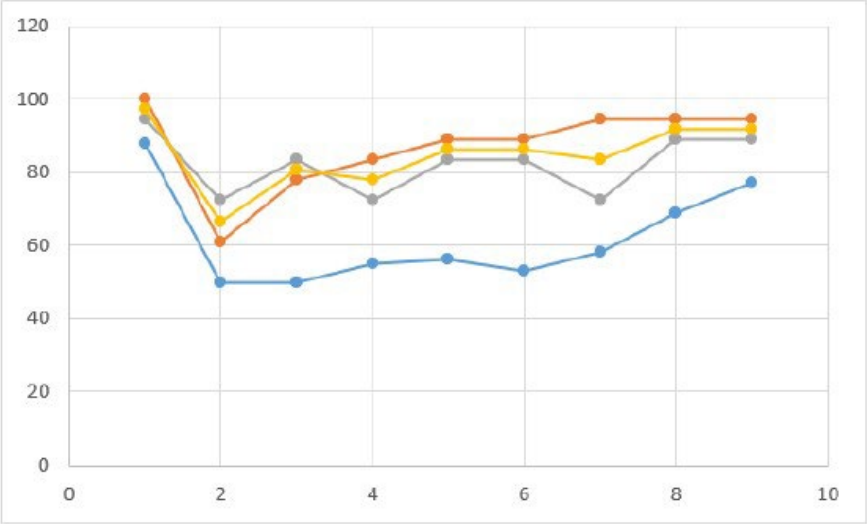


Figure 7 – Analytical comparison of changes from 2023 to 2025, showing growth across all indicators, especially the comprehensive increase in the variable of the mean

Discussion and Conclusion

Whether or not to use artificial intelligence in the **design process** remains at the center of specialist academic debate in **interior architecture**. The questionnaire results showed that **AI tools**—as instruments for **ideation** and for providing **visual feedback**—play an important role in inspiring and improving the interior-design process. By raising **efficiency**, this technology helps **strengthen imagination and creativity** in design. However, the findings indicate that **AI is not a replacement** for the interior designer; rather, it is used as an **assistive tool** to facilitate and improve the design process.

At the same time, the literature continues to debate **the degree of success or failure** of AI in **steering the interior-architectural design process**. The next step would be to extend AI applications to **more abstract levels**, such as **aesthetics**. To that end, AI draws the necessary inputs **from online conversations and discourses, and from internet-based theories**

extracts from pre-existing scientific journals **[23]**. Unlike human systems, **artificial intelligence** is not influenced by positive or negative **emotions**; yet in the **creative** sphere it can, at times, **disrupt the designer's creative flow**. Interior architecture rests on **logical reasoning** and aims to enable **sound decisions in limited time [2]**. The analyzed findings of this study indicate the need for a **balanced, two-sided adaptability**: the future points toward **integrated approaches in which the human and AI work together** in interior design, so that the intended effect is achieved **[23]**.

The results also underscore the importance of **keeping pace with new technologies** such as AI. Examining the benefits of using AI in **operations/management** within interior design shows that the field contains numerous **opportunities** as well as **threats** that must be taken into account when applying AI in the **interior-architecture design process**.

The **conceptual design** stage in architecture requires **creativity** and **experience**—it involves probing concepts, identifying needs, and finding paths to solutions. **AI** can generate **innovative ideas** capable of **transforming** the built environment. By incorporating AI into the **architectural design process**, interior architects can push past **the limits of current design thinking** and discover **new approaches**.

Given the accelerating **technological trend**, it is expected that **applied developments involving AI** will continue over the coming years and bring **fundamental changes** to **interior and furniture design**. Nevertheless, this progress **will not completely replace** designers; rather, it **doubles the importance** of advancing their **specialized skills**. Professional designers will need **high adaptability** and **rapid responses** to technological change and to **labor-market shifts**. In this regard, AI—**as a complementary tool**—can play an effective role in **raising design efficiency**, and in **improving decision accuracy and creativity**.

Future research can open new windows onto **how agent-based systems** improve the **efficiency** of AI tools in interior architecture, with emphasis on the **healthy-building** concept. To face the major challenges of our time—such as **climate change**, **daylight exposure**, **energy efficiency**, and **noise control**—interior architects rely on strategies rooted in **evidence-based design**, a topic of broad currency today. As **information-and-communication technologies** and **AI** continue to advance, there is potential for the architect's role to **expand within these decision-making processes**. Yet key questions remain: **How** can AI be effectively integrated into the **qualitative** aspects of architectural design—especially those related to **creativity**, **innovation**, and **aesthetics**? And how can AI, **beyond the quantitative**, also **serve the qualitative dimensions** of the field?

Acknowledgments
None reported.

Ethical Approvals
All ethical principles regarding the publication of this article have been observed.

Conflict of Interest
The authors' commitment form declares no conflict of interest.

Authors' Contributions
First author: principal researcher and primary writer of the article; content development and library studies; carried out the research process and extracted the results.
Second author: 50% contribution; managed the research process.

Funding/Support
None reported.

References

[1]. Hussein GK. Improving Design Efficiency Using Artificial Intelligence: A Study on the Role of Artificial Intelligence in Streamlining the Interior Design Process. *International Design Journal.* 2023 Sep 1;13(5):255–270. Available at: https://journals.ekb.eg/article_311928.html

[2]. Hamdy Y. Application of artificial intelligence in the development of Interior Design Operations Management. *Journal of Design Sciences and Applied Arts.* 2022 Jun 1;3(2):239–245. https://dx.doi.org/10.21608/idj.2023.222943.1082

[3]. Yanhua L. Research on the Application of Artificial Intelligence in Interior Design. *International Journal of Science and Engineering Applications.* 2024. Available at: https://ijsea.com/archive/volume13/issue7/IJSEA13071007.pdf

[4]. Taheri P, Rasoolzadeh M. Meta-analysis of artificial intelligence in interior architecture: A new chapter for healthy building. *Naqshejahan – Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning.* 2024 Aug 10;14(2):139–158. Available at: https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-76756-en.html

[5]. Rasoolzadeh M, Moshari M. Prioritizing for Healthy Urban Planning: Interaction of Modern Chemistry and Green Material-based Computation. *Naqshejahan – Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning.* 2021 May 10;11(1):94–105. [Persian] https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1400.11.1.7.0. Available at: https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-49429-en.html

[6]. Rasoolzadeh M, Moshari M. Designerly approach to occupant health with the interaction of building material selection and healthy environment. *Naqshejahan – Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning.* 2023;13(3):129–148. Available at: http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-73856-en.html

[7]. Shams G, Rasoolzadeh M. *Bauchemie*: Environmental Perspective to Well-Building and Occupant Health. *Naqshejahan – Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning.* 2023 Jan 10;12(4):51–69. https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1401.12.4.2.8. Available at: https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-65610-en.html

[8]. Arianejad P, Mozafar F, Khanmohammadi M, Saleh SedgPoor B. Simulation software in interior architecture education with competency-based approaches from experts' perspectives. *Technology of Education Journal (TEJ).* 2021;16(1):119–134. doi:10.22061/tej.2021.7688.2564 Available at: https://jte.sru.ac.ir/article_1651.html?lang=en

[9]. Zaccolo S. *Artificial Intelligence as a Creativity Companion.* 13 Jan 2021. Available at: https://openresearch.ocadu.ca/id/eprint/3167/

[10]. Pylypchuk OD, Polubok AP, Avdieieva NY. Using artificial intelligence to create a practical

tool for interior design incorporating artwork.

Publishing House "*Baltija Publishing*". 2022 Aug 29. https://doi.org/10.30525/978-9934-26-230-2-2

[11]. Gong M. Application and Practice of Artificial Intelligence Technology in Interior Design. Applied Mathematics and Nonlinear Sciences. 2023;8(1):3077-94. Available at: https://sciendo.com/article/10.2478/amns.2023.1.00020

[12]. Almajaibel MK. How far does Artificial Intelligence (AI) evolve in the pursuit of Interior design as alternatives to traditional tools and their impact on the designer's function?. International Design Journal. 2024 Jan 1;14(1):185-203. https://dx.doi.org/10.21608/idj.2024.329269

[13]. Goodarzi P, Ansari M, Mahdavinejad M, Russo A, Haghighatbin M, Rahimian FP. Morphological analysis of historical landscapes based on cultural DNA approach. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*. 2023 Sep 1;30:e00277. https://doi.org/10.1016/j.daach.2023.e00277 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221205482300022X?via%3Dihub

[14]. Irbite A, Strode A. Artificial intelligence vs designer: The impact of artificial intelligence on design practice. InSOCIETY. INTEGRATION. EDUCATION. Proceedings of the International Scientific Conference 2021 May 28 (Vol. 4, pp. 539-549). Available at: https://journals23.rta.lv/index.php/SIE/article/view/6310

[15]. Samuel A, Mahanta NR, Vitug AC. Computational technology and artificial intelligence (AI) revolutionizing interior design graphics and modelling. In*2022 13th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT)* 2022 Oct 3 (pp. 1-6). IEEE. Available at: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9984232

[16]. Fakhr BV, Mahdavinejad M, Rahbar M, Dabaj B. Design Optimization of the Skylight for Daylighting and Energy Performance Using NSGA-II. *Journal of Daylighting*. 2023 May 23;10(1):72-86. https://doi.org/10.15627/jd.2023.6 Available: https://solarlits.com/jd/10-72

[17]. Rahbar M, Mahdavinejad M, Bemanian M, Davaie Markazi AH, Hovestadt L. Generating Synthetic Space Allocation Probability Layouts Based on Trained Conditional-GANs. *Applied Artificial Intelligence*. 2019 Jul 3;33(8):689-705. https://doi.org/10.1080/08839514.2019.1592919. Available: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08839514.2019.1592919

[18]. Rahbar M, Mahdavinejad M, Bemanian M, Davaie-Markazi A. Generating space layout heat maps with cGAN algorithms in artificial intelligence. *Armanshahr Architecture & Urban Development*. 2020;13(32):131-142. https://doi.org/10.22034/aaud.2020.154406.1717

[19]. Rahbar M, Mahdavinejad, M, Bemanian, M, Davaie-Markazi, A. Artificial neural network for outlining and predicting environmental sustainable parameters. *Journal of Sustainable Architecture and Urban Design.* 2020;7(2):169-182. https://doi.org/10.22061/jsaud.2019.4501.1333

[20]. Rahbar M, Mahdavinejad M, Markazi A.H.D., Bemanian M. Architectural layout design through deep learning and agent-based modeling: A hybrid approach. *Journal of Building Engineering*. 2022 April15; 47, 103822. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103822 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710221016806?via%3Dihub

[21]. Racec E, Budulan S, Vellido A. Computational Intelligence in Interior Design: State-of-the-Art and Outlook. In*Artificial Intelligence Research and Development* 2016 (pp. 108-113). IOS Press. Available at: https://ebooks.iospress.nl/volumearticle/45318

[22]. Farag SN. The future of interior design industry in the light of Artificial intelligence spread. Available at: https://mjaf.journals.ekb.eg/article_175043_de2c5ae110efbd63ef8c5bfb520d96e6.pdf?lang=en
[23]. Mahendarto T. From Artificial Intelligence to Artificial Consciousness: An Interior Design Implication. Journal of Artificial Intelligence in Architecture. 2023 Feb 26;2(1):41-52. https://doi.org/10.24002/jarina.v2i1.6627
[24]. Goodarzi P, Ansari M, Rahimian FP, Mahdavinejad M, Park C. Incorporating sparse model machine learning in designing cultural heritage landscapes. *Automation in Construction*. 2023 Nov 1;155:105058. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105058 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580523003187?via%3Dihub
[25]. Goodarzi P, Heidari F, Zolotovsky K, Mahdavinejad M. Cognitive Nests: Nested Data-Driven Decision Support System in Regenerative Design from Biology to Ecology. *3D Printing and Additive Manufacturing.* 2025 Feb 6. https://doi.org/10.1089/3dp.2023.0331 Available: https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/3dp.2023.0331
[26]. Heidari F, Mahdavinejad M, Werner LC, Roohabadi M, Sarmadi H. Biocomputational Architecture Based on Particle Physics*. Front. Energy Res.* 2021 July 08;9:620127. https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.620127 Available: https://www.frontiersin.org/journals/energy-research/articles/10.3389/fenrg.2021.620127/full
[27]. Heidari F, Mahdavinejad M, Zolotovsky K, Bemanian M. Data-driven bio-integrated design method encoded by biocomputational real-time feedback loop and deep semi-supervised learning (DSSL). *Journal of Building Engineering.* 2024 Dec 1;98:110923. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.110923 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710224024914
[28]. Heidarzadeh S, Mahdavinejad M, Habib F. External shading and its effect on the energy efficiency of Tehran's office buildings. *Environmental Progress & Sustainable Energy.* 2023 May 17:e14185. https://doi.org/10.1002/ep.14185 Available: https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ep.14185
[29]. Talaei M, Mahdavinejad M, Azari R, Haghighi HM, Atashdast A. Thermal and energy performance of a user-responsive microalgae bioreactive façade for climate adaptability. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2022 Aug 1;52:101894. https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101894 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213138821009085?via%3Dihub
[30]. Talaei M, Mahdavinejad M, Azari R, Prieto A, Sangin H. Multi-objective optimization of building-integrated microalgae photobioreactors for energy and daylighting performance. *Journal of Building Engineering*. 2021 Jun 5:102832. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102832 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710221006902?via%3Dihub
[31]. Talaei M, Mahdavinejad M, Azari R. Thermal and energy performance of algae bioreactive façades: A review. *Journal of Building Engineering*. 2020 Mar 1;28:101011. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.101011 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710219300841?via%3Dihub
[32]. Talaei M, Mahdavinejad M, Zarkesh A, Haghighi HM. A review on interaction of innovative building envelope technologies and solar energy gain. *Energy Procedia*, 2017 Dec 1;141:24-8. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.11.006
[33]. Talaei M, Mahdavinejad M. Probable cause of damage to the panel of microalgae bioreactor building façade: Hypothetical evaluation. *Engineering Failure Analysis*. 2019 Jul 1;101:9-

21.

https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.02.060

[34]. Haghir, S., Tashakori, L., Rezazadeh, H., Ahmadi, F. Algae Façade for Reducing CO2 Emission and Mitigating Global Warming (Case Study: Tehran Enghelab Street). *The Monthly Scientific Journal of Bagh-e Nazar*, 2020 Oct 22;17(89):33-44. https://doi.org/10.22034/bagh.2020.188585.4147

[35]. Sarmadi H, Mahdavinejad M. A designerly approach to Algae-based large open office curtain wall Façades to integrated visual comfort and daylight efficiency. *Solar Energy*. 2023 Feb 1;251:350-65. https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.01.021 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X23000270?via%3Dihub

[36]. He J. Research and Implementation of Intelligent Interior Design Algorithms Based on Artificial Intelligence and Big Data. In*2024 IEEE 3rd World Conference on Applied Intelligence and Computing (AIC)* 2024 Jul 27 (pp. 655-660). IEEE. Available at: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10730915?casa_token=R9kD-kgOShsAAAAA:uNxR0a1wD-A5cO8_FszvQj6Gz_s5rbBSKsY6zNQJW_Xpputgh057MT1NIzhpF1eigY6ocBB4

[37]. Diefallah MH. Comprehending how Artificial Intelligence and Human Creativity Work to Benefit the Future of Interior Design; Challenges Risks ‹Pros and Cons. *International Design Journal.* 2024 May 1;14(4):397-407. Available at: https://idj.journals.ekb.eg/article_358293_74efe46b89b35f22191e6d30dff4d64a.pdf

[38]. Pylypchuk OD, Polubok AP, Avdieieva NY. Using artificial intelligence to create a practical tool for interior design incorporating artwork. Publishing House "*Baltija Publishing*". 2022 Aug 29. Available at: http://www.baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/download/244/6802/14185-1

[39]. Gong M. Application and Practice of Artificial Intelligence Technology in Interior Design. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*. 2023;8(1):3077-94. Available at: https://sciendo.com/article/10.2478/amns.2023.1.00020

[40]. Dezfuli RR, Bazazzadeh H, Taban M, Mahdavinejad M. Optimizing stack ventilation in low and medium-rise residential buildings in hot and semi-humid climate. *Case Studies in Thermal Engineering*. 2023 Oct 28:103555. https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.103555 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X23008614?via%3Dihub

[41]. Dezfuli RR, Mehrakizadeh M, Najar BS, Bazazzadeh H, Mahdavinejad M. Geometric investigation of entrance proportions of houses from the Qajar to the beginning of the early Pahlavi in Dezful City (1789–1979). *Frontiers of Architectural Research.* 2024 Feb 1;13(1):57-78. https://doi.org/10.1016/j.foar.2023.09.007 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095263523000870?via%3Dihub

[42]. Goharian A, Daneshjoo K, Mahdavinejad M, Yeganeh M. Voronoi geometry for building facade to manage direct sunbeams. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*. 2022 Oct 26;31(2):109-24. https://doi.org/10.5755/j01.sace.31.2.30800 Available: https://sace.ktu.lt/index.php/DAS/article/view/30800

[43]. Goharian A, Daneshjoo K, Shaeri J, Mahdavinejad M, Yeganeh M. A designerly approach to daylight efficiency of central light-well; combining manual with NSGA-II algorithm optimization. *Energy*. 2023 Apr 17:127402. https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127402 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036054422300796X?via%3Dihub

[44]. Goharian A, Mahdavinejad M, Bemanian M, Daneshjoo K. Designerly optimization of devices

(as reflectors) to improve daylight and scrutiny of the light-well's configuration. *Building Simulation*. 2021 Oct 9 (pp. 1-24). Tsinghua University Press. https://doi.org/10.1007/s12273-021-0839-y Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s12273-021-0839-y
[45]. Goharian A, Mahdavinejad M. A novel approach to multi-apertures and multi-aspects ratio light pipe. *Journal of Daylighting*. 2020 Sep 16;7(2):186-200. https://doi.org/10.15627/jd.2020.17 Available: https://solarlits.com/jd/7-186
[46]. Shirzadnia Z, Goharian A, Mahdavinejad M. Designerly approach to skylight configuration based on daylight performance; Toward a novel optimization process. *Energy and Buildings*. 2023 Mar 11:112970. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.112970 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778823002001?via%3Dihub
[47]. Goharian A, Mahdavinejad M, Ghazazani S, Hosseini M, Zamani Z, Yavari H, Ghafarpoor F, Shoghi F. Designing Adaptability Strategy to a Novel Kinetic Adaptive Façade (NKAF); Toward a Pioneering Method in Dynamic-objects Daylight Simulation (Post-Processing). *Journal of Daylighting*. 2025 Feb 8;12:69-90. https://dx.doi.org/10.15627/jd.2025.5 Available: https://solarlits.com/jd/12-69
[48]. Kahraman MU, Şekerci Y, Develier M, Koyuncu F. Integrating artificial intelligence in interior design education: concept development. *Journal of Computational Design*. 2024;5(1):31-60. https://doi.org/10.53710/jcode.1418783
[49]. Xu Y, Yu T. Visual Performance of Psychological Factors in Interior Design Under the Background of Artificial Intelligence. *Frontiers in psychology*. 2022 Jul 28;13:941196. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.941196
[50]. Wang J. Application of traditional cultural elements in modern interior design in the era of artificial intelligence. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*. 2023. Available at: https://sciendo.com/article/10.2478/amns.2023.2.01197
[51]. Zhang Y, Wang J. Artistic sense of interior design and space planning based on human machine intelligent interaction. Intelligent Decision Technologies. 2024 Aug;18(3):1783-96.
[52]. Zheng S. An evaluation system for interior design solutions based on artificial intelligence processing technology. In*7th International Symposium on Advances in Electrical, Electronics, and Computer Engineering* 2022 Oct 19 (Vol. 12294, pp. 779-784). SPIE. https://doi.org/10.1117/12.2639884
[53]. Wu S, Han S. System evaluation of artificial intelligence and virtual reality technology in the interactive design of interior decoration. *Applied Sciences*. 2023 May 20;13(10):6272. https://doi.org/10.3390/app13106272
[54]. Mahdavinejad M, Shaeri J, Nezami A, Goharian A. Comparing universal thermal climate index (UTCI) with selected thermal indices to evaluate outdoor thermal comfort in traditional courtyards with BWh climate. *Urban Climate.* 2024 Mar 1;54:101839. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.101839 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221209552400035X?via%3Dihub
[55]. Shaeri J, Mahdavinejad M, Pourghasemian MH. A new design to create natural ventilation in buildings: Wind chimney. *Journal of Building Engineering*. 2022 Aug 22:105041. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105041
[56]. Shaeri J, Mahdavinejad M, Vakilinejad R, Bazazzadeh H, Monfared M. Effects of sea-breeze natural ventilation on thermal comfort in low-rise buildings with diverse atrium roof shapes in BWh regions. *Case Studies in Thermal Engineering*. 2023 Jan 1;41:102638. https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.102638 Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X22008759?via%3Dihub

[57]. Shaeri J, Mahdavinejad M. Prediction Indoor Thermal Comfort in Traditional Houses of Shiraz with PMV/PPD model. *International Journal of Ambient Energy*. 2022 Dec 31;43(1):8316-34. https://doi.org/10.1080/01430750.2022.2092774 Available: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01430750.2022.2092774

[58]. Torabi M, Mahdavinejad M. Past and Future Trends on the Effects of Occupant Behaviour on Building Energy Consumption. *J. Sustain. Archit. Civ. Eng.* 2021 Oct 27;29(2) 83-101. https://doi.org/10.5755/j01.sace.29.2.28576 Available: https://sace.ktu.lt/index.php/DAS/article/view/28576

[59]. Valitabar M. Mohammadjavad M. Henry S. Peiman P. A dynamic vertical shading optimisation to improve view, visual comfort and operational energy. *Open House International*. 2021 Jul 9;46(3):401-415. https://doi.org/10.1108/OHI-02-2021-0031 Available: https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/OHI-02-2021-0031/full/html

[60]. Görkem G, Sönmez E. The Use of Artificial Intelligence in Interior Design Education and Its Future. Interior Architectural Issues-Design, History & Education. 2023 May 15:81. Available at: https://books.google.com.om/books?hl=en&lr=&id=GfbYEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA81&dq=artificial+intelligence+interior+design&ots=7rmAU401Eg&sig=PZ3EetuwIEiWZ4oO3Q0wnNYY

MVo&redir_esc=y#v=onepage&q=artificial%20i

ntelligence%20interior%20design&f=false

[61]. Li W, Xue Z, Li J, Wang H. The interior environment design for entrepreneurship education under the virtual reality and artificial intelligence-based learning environment. Frontiers in Psychology. 2022 Nov 9;13:944060. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.944060

[62]. Stieler D, Schwinn T, Leder S, Maierhofer M, Kannenberg F, Menges A. Agent-based modeling and simulation in architecture. *Automation in Construction*. 2022 Sep 1;141:104426. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104426

[63]. Al-Dayan ZAR. Stages of Design. University of Babylon / College of Fine Arts / Department of Design Public lecture prepared by the course teacher Eng. Ziad Awda Rabah, Available at: https://www.uobabylon.edu.iq/eprints/publication_5_8117_6100.pdf

[64].

Hanna MG, Pantanowitz L, Dash R, Harrison JH, Deebajah M, Pantanowitz J, Rashidi HH. Future of Artificial Intelligence (AI)-Machine Learning (ML) Trends in Pathology and Medicine. *Modern Pathology*. 2025 Jan 4:100705. https://doi.org/10.1016/j.modpat.2025.100705

[65]. Shaw JA. The Revised Declaration of Helsinki—Considerations for the future of artificial intelligence in health and medical research. *JAMA*. 2025 Jan 7;333(1):26-7. Available at: https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle

[66]. /2825288