ISSN: 2538-2594; Naqshejahan - Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2025;15(1): 27-48

Methodological Redesign of the Digital Architectural Design Process with Emphasis on Artificial Intelligence Applications

ARTICLE INFO

Article Type
Analytic Study

Authors

Ehsan Ronagh [1*]
Mohsen Daneshmandi [2]
Amirreza Amani [3]

How to cite this article

Ronagh E, Daneshmandi M. Methodological redesign of the digital architecture design process with emphasis on artificial intelligence applications. Naqshejahan 2025; 15 (1) :27-48

URL: http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-78411-fa.html

ABSTRACT

Aims: Studies show that before the AI revolution; architectural design processes have always been linear and sufficiently responsive in previous eras; but today there is a serious need for revision. The main objective of the research is to methodologically redesign the digital architectural design process with emphasis on artificial intelligence applications.

Methods: From a methodological perspective, the digital architectural design process actually means breaking down a process into discrete components and patterns and summarizing these patterns in formats that can be understood and processed by a computer. The theoretical framework of the research is based on the high-performance architecture theory, and the analytical framework of the research is redesigned based on Jeffrey Broadbent's systematic-scientific view of the architectural design process.

Findings: The research findings are based on a methodological analysis of common architectural design processes, the characteristics of which have been examined and analysed in three periods. Finally, the findings are rearranged and presented based on Broadbent's systematic-scientific view.

Conclusion: The results of this research have shown that top-down and one-way processes, which are known as conventional approaches to architectural design, do not meet the needs and requirements of digital architectural design. While in recent years, nonlinear architectural design processes have been welcomed. Therefore, the research has designed a multi-faceted structure to combine bottom-up processes with top-down processes; in a way that it can be used in artificial intelligence-based processes.

Keywords: Architectural design process, digital fabrication, high-performance architecture, AI, new architectural technologies, architectural identity.

1-PhD in Architecture, Department of Architecture, Tehran-North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2- PhD in Architecture, Department of Architecture, Tehran-North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3. PhD Student, Department of Technical Engineering Faculty, Meybod Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran

Correspondence
Address: Department of Architecture, Tehran-North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Email: e.ronagh@gmail.com
Mohsen.daneshmandi@iau.ac.ir
amirreza.amani@yahoo.com

Article History
Received: 2024.07.15
Accepted:2025.01.11
Published: 2025.04.30

CITATIONLINKS

[1]. Grobman YJ, Yezioro A, Capeluto IG. Non-linear architectural design process. *International*….*[3]. Rocker I.M., When Code Matters, Architectural Design, 2006, 76(4), 16–25*….[5]. Kalay YE, Carrara G. A Performance-Based Paradigm of Design. In: Gero, J.S., Sudweeks…..[6]. Kim H., Querin O.M. and Steven G.P., On the Development of Structural Optimisation…..[7]. Timmermans H.J., Design and Decision Support Systems in Architecture, Springer,….. [8]. Pahl G., Beitz W., Feldhusen J. and Grote K., Engineering Design: A Systematic Approach,….. [9]. Cross N, Roozenburg N. Modelling the design process in engineering and in architecture….[10]. Kazemi, J., Raayat Jahromi, M. Salingaros architecture in the mirror of Kant's aesthetics…..[11]. Herr CM. Briefing Architectural Design Studio Processes: Linear Stages versus Cumulative….[12]. Yavuz AO, Akcay FC. Development of an approach for producing architectural…..[13]. Joseph PJ, Vaswani K, Thazhuthaveetil MJ. Construction and use of linear regression…[14]. Roozenburg NF, Cross NG. Models of the design process: integrating across the disciplines….[15]. Stojanović D, Stamenović P. Non-linear model in architectural design….[16]. Hettithanthri U, Hansen P, Munasinghe H. Exploring the architectural design process assisted in….[17]. Gholami H, Kamelnia H, Mahdavinejad M, Sangin H. Optimizing Building Configuration…[18]. Damir M, Oevermann H, Meyer M, Mahdavinejad M, Elmouelhi H. Sites….[19]. Dezfuli RR, Bazazzadeh H, Taban M, Mahdavinejad M. Optimizing stack ventilation…[20]. Dezfuli RR, Mehrakizadeh M, Najar BS, Bazazzadeh H, Mahdavinejad…[21]. Mahdavinejad M, Bazazzadeh H, Mehrvarz F, Berardi U, Nasr

Copyright© 2021, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-Non-Commercial 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-Non-Commercial terms.

بازطراحی روش شناختی فرآیند طراحی معماری رایانشی با تاکید بر کاربردهای هوش مصنوعی

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: تحقیق بنیادی

نویسندگان
احسان رونق[1*]
محسن دانشمندی[2]
امیررضا امانی[3]

1. دکتری معماری، گروه معماری، واحد تهران-شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)
2- دکتری معماری، گروه معماری، واحد تهران-شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
3-دانشجوی دکتری عمران، گروه عمران، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، میبد، یزد

نویسنده مسئول *
e.ronagh@gmail.com
mohsen.daneshmandi@iau.ac.ir
amirreza.amani@yahoo.com

تاریخ مقاله
تاریخ دریافت: 24/07/1403
تاریخ پذیرش: 22/10/1403
تاریخ انتشار: 10/02/1404

ارجاع‌دهی
رونق احسان، دانشمندی محسن. بازطراحی روش شناختی فرآیند طراحی معماری دیجیتال با تاکید بر کاربردهای هوش مصنوعی. نقش جهان - مطالعات نظری و فناوری های نوین معماری و شهرسازی. ۱۴۰۴؛ ۱۵ (۱) :۲۷-48
URL: http://bsnt.modares.ac.ir/article-۲-۷۸۴۱۱-fa.html

چکیده

اهداف: مطالعات نشان می دهد که تا پیش از انقلاب هوش مصنوعی؛ فرآیندهای طراحی معماری همواره از نوع خطی بوده اند و در دوران های قبل به اندازه کافی پاسخگو؛ لیکن امروز نیازی جدی به بازنگری مشاهده می شود. هدف اصلی پژوهش بازطراحی روش شناختی فرآیند طراحی معماری رایانشی با تاکید بر کاربردهای هوش مصنوعی است.

روشها: از منظر روش شناختی، فرآیند طراحی معماری رایانشی، در حقیقت به معنای تجزیه کردن یک فرآیند به اجزا و الگوهای گسسته و جمع‌بندی این الگوها در قالب‌هایی است که می‌توانند به وسیله رایانه درک و پردازش شوند. چارچوب نظری پژوهش بر اساس نظریه معماری سرآمد، و چارچوب تحلیلی پژوهش بر اساس نگاه سیستماتیک-علمی جفری برادبنت به فرآیند طراحی معماری بازطراحی شده است.

یافتهها: یافته های پژوهش مبتنی بر تحلیل روش شناختی فرآیندهای متداول طراحی معماری است، ویژگی هایی که در سه دوره بررسی و تحلیل شده اند. در نهایت یافته ها بر اساس نگاه سیستماتیک-علمی برادبنت بازتنظیم و ارایه شده اند.

نتیجهگیری: نتایج حاصل از این تحقیق مشخص نمود که فرآیندهای از بالا به پایین و یکسویه، که به عنوان رویکردهای متعارف در طراحی معماری مشهورند، پاسخگوی نیازها و بایسته های طراحی معماری رایانشی نیستند. در حالی که در سال های اخیر فرآیندهای طراحی معماری غیرخطی مورد استقبال قرار گرفته اند. از این رو پژوهش یک ساختار چندوجهی برای تلفیق فرآیندهای از پایین به بالا، با فرآیندهای از بالا به پایین طراحی کرده است؛ به گونه ای که بتوان از آن در فرآیندهای مبتنی بر هوش مصنوعی استفاده نمود.

کلید واژگان: فرآیند طراحی معماری، معماری رایانشی، ساخت دیجیتال، هوش مصنوعی، فناوری های نوین معماری، هویت معماری.

این نشریه ی دارای دسترسی باز، تحت قوانین گواهینامه بین‌المللی Creative Commons Attribution-Non-Commercial 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

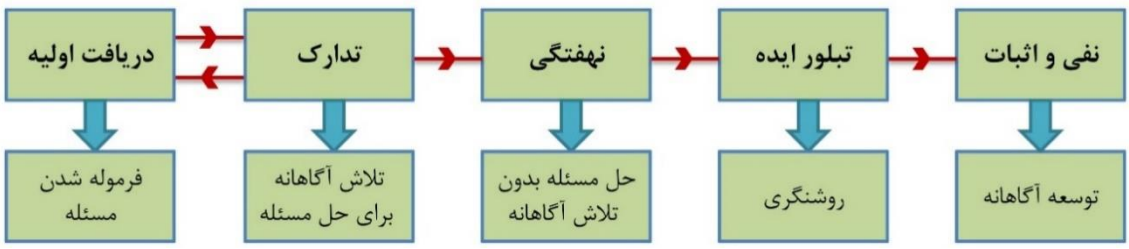
یکی از مهمترین سوالاتی که در سال های پایانی قرن بیستم ذهن همه را به خود اختصاص داده بود [۱-۲]، آن است که فرآیند طراحی معماری خطی است و یا رفت و برگشتی (اسپیرال)؟ مقاله مشهور اینگِبورگ راکر (۲۰۰۶) [۳] نشان داد که فرآیند طراحی معماری موضوعی پیچیده است. جمع‌بندی نظرات کارشناسان بر آن شد که فرآیند طراحی معماری به طور معمول اسپیرال یا «مارپیچی» است، و نه خطی [۴]. اما براستی چرا همچنان اغلب روش های متداول فرآیند طراحی معماری [۵-۶] خطی هستند. الگوی پنج مرحله ای رایج برای فرآیند خلاقانه (شکل ۱) که با الهام از نظریه برایان لاوسون طراحی شده بر اهمیت خلاقیت در فرآیند طراحی معماری اشاره دارد.

اما مهمترین موضوعی که این پاسخ به ظاهر ساده را به چالش می کشید آن بود که در عمل تمام فرآیندهای کلاسیک خطی بودند. با نگاهی به الگوی مورد تایید سازمان برنامه و بودجه کشور، سازمان نظام مهندسی ساختمان و جامعه مهندسین مشاور می توان دید که این الگو هنوز هم خطی است. به نظر می رسد این سوال به ظاهر ساده، جواب ساده ای ندارد و برای پاسخ دادن به آن باید مساله و راه حل را دوباره شناخت و ابعاد دقیق تری از آن را مشاهده نمود. به خصوص در زمان حال که فرآیند طراحی معماری رایانشی به عنوان یک پدیده نوظهور در جهان معماری و در میان معماران معاصر به بحث درآمده است.

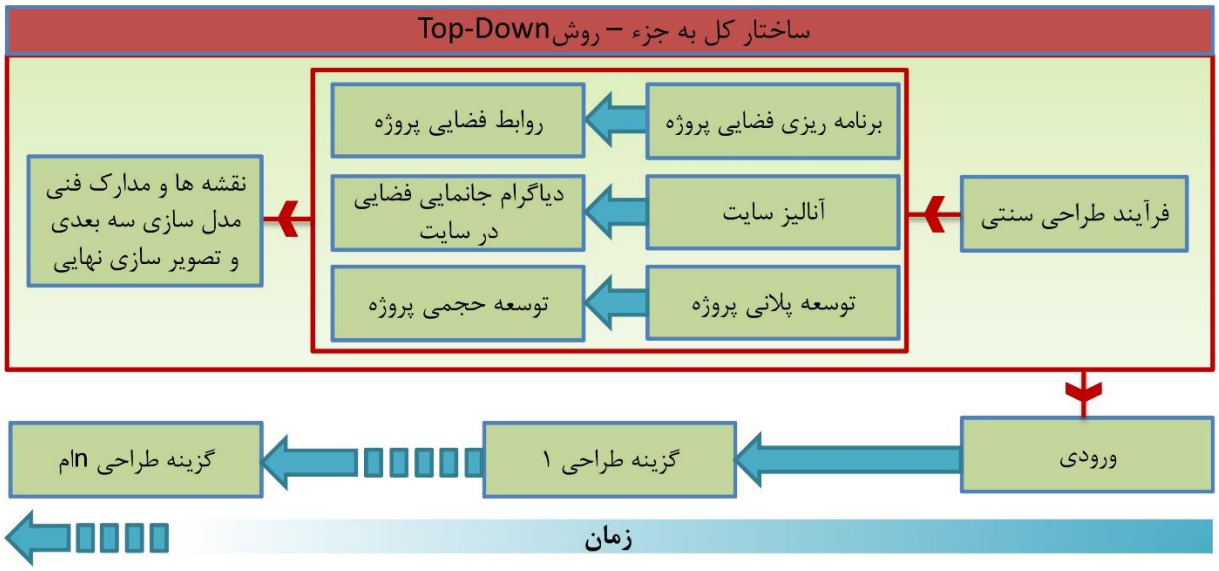
در گذشته طراحی معماری یک فرآیند از بالا به پایین داشت به طوری که طراح، برنامه ریزی فضایی را انجام داده سپس سایت و محیط را بررسی می نمود و با توجه به محدویت ها و قوانینی مشخص از نظر سبکی دیاگرام های فضایی را مشخص و یک پلان و طرح را توسعه می داد تا در نهایت پروژه به مرحله تولید مدارک فنی و اجرایی می رسید. (شکل ۲)

چالش دیگر این است که فرآیند طراحی معماری خطی در تعامل با رایانه پاسخگو نیست. طراحی و رایانه [۷] مفهوم جدیدی را در فهم و درک فرآیند طراحی معماری پدید آورده است. معرفی رایانه ها به دلیل قدرت پردازشی آن، بسیاری از فرآیندهای طراحی را ساده کرده است و نفوذ آن در طراحی مهندسی همچنان در حال گسترش است. اصطلاح CAD برای اشاره به تکنیکی معرفی شد که رایانه را در فرآیند طراحی به کار می گیرد تا کارایی طراحی را افزایش دهد. در گذشته باور بر این بود که رایانه قادر به خلاقیت نیست، در تجزیه و تحلیل کارآمد، در کارهای تکراری قوی، در پردازش اطلاعات سریع است [۷-۱۰]، اما امروزه نظرات متفاوتی شنیده می شود. به نظر می رسد که برای استفاده از فرآیند طراحی غیرخطی، چالش‌هایی هم وجود دارد که می توان گفت این روش ها در عمل نتوانسته اند جای خود را در فرآیند طراحی معماری باز نمایند.

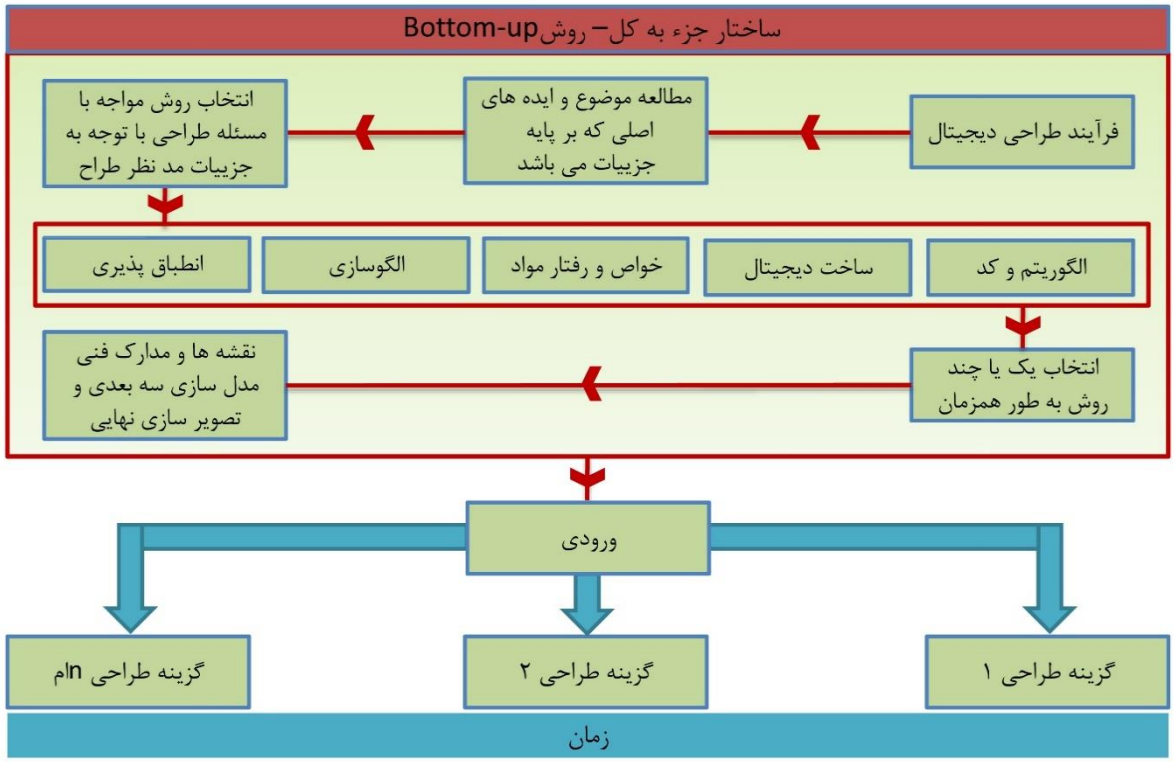
طراحی و ساخت دیجیتال و طراحی الگوریتمی در یک سامانه یا سیستم به وسیله روابطی تعریف می گردد که بر پایه منطق و ریاضیات بوده و داده های ورودی را پس از آنالیز به صورت مدل در می آورد. ساختار الگوریتمیک در فرایند طراحی معماری عبارت است از در کنار هم قرار دادن مولفه های معماری و مرتبط کردن آن ها به یکدیگر به گونه ای که یک مدل یک پارچه تشکیل داده و تغییر در هر جز روی سایر اجزا اثر گذار باشد. نیاز به بازخورد در فرآیند طراحی معماری، بخشی از نظام اندیشه ای در طرح ریزی کاربرد فناوری های نوظهور در توسعه فرآیند طراحی معماری رایانشی است. (شکل ۳)



شکل ۱. الگوی پنج مرحله ای رایج برای فرآیند خلاقانه



شکل ۲. فرآیند طراحی معماری کلاسیک یا از بالا به پایین



شکل ۳. نیاز به بازخورد در فرآیند طراحی معماری به گونه ای که بتواند به سوالات واقعی پاسخ دهد، موضوعی که در روش طراحی های مبتنی بر فرآیندهای دیجیتال اولویت بالایی دارد

فرآیند طراحی معماری خطی با حضور رایانه در عمل غیرممکن شده، اما همچنان اسناد قانونی و فرآیندهای سازمان برنامه و بودجه کشور، سازمان نظام مهندسی ساختمان و جامعه مهندسین مشاور بر آن تاکید دارند. راکر (۲۰۰۶) توضیح داد که معماری را نمی توان بدون ابزار فهمید. معماری در طول تاریخ خود با تغییر کدها و محدودیت‌ها پیوند

خورده و شکل گرفته است. فرآیند طراحی معماری به نوبه خود، ابتدا در زمانی متحول شد که حساب دیفرانسیل و انتگرال توسعه پیدا کرد و سیستم های ساختمانی جدید، نگاه معماران به فرآیند طراحی معماری را تغییر داد. او بیان می کند معرفی رایانه‌ها به جهان معماری، اثرات بالقوه ای بر نحوه محاسبات و برنامه ریزی و برنامه دهی معماری داشته است [۳]. رویکرد فرآیند طراحی معماری خطی دارای ویژگی‌هایی است مانند:

- مراحل به صورت پشت‌سرهم و غیرقابل بازگشت هستند. این مهم در مراحل پرداخت حق الزحمه طراحی دارای اهمیت است که مراحل یکبار انجام شود و میزان کار نیروی انسانی قابل کنترل باشد.
- هر مرحله باید قبل از ورود به مرحله بعدی تکمیل شود. تا بدون تسلط به کل کار، قابل انجام باشد. چون اغلب نیروی انسانی در زمان هایی متفاوت به پروژه اضافه شده، یا از آن حذف می شود.
- بیشتر در پروژه‌هایی با نیازمندی‌های مشخص و بدون تغییرات عمده استفاده می‌شود. پروژه هایی که حال و هوای طراحانه ویژه ای ندارند.

مهمترین مراحل قابل شناسایی در فرآیند طراحی معماری که لازم است در فرآیند طراحی معماری رایانشی مورد نظر و بازاندیشی ساختاری باشند، عبارتند از:

- تحلیل: جمع‌آوری اطلاعات و نیازمندی‌ها.
- طراحی: ایجاد طرح اولیه.
- توسعه طراحی: تکمیل جزئیات طرح و آماده‌سازی برای اجرا.
- اجرا: ساخت یا اجرای طرح.
- ارزیابی: بررسی نتیجه نهایی و تطابق با اهداف.

کاربرد روز افزون رایانه در زمینه های طراحی، معماری و مهندسی از مهمترین دستاوردهای سال های اخیر در راستای ارتقاء فرآیند طراحی و افزایش بهره وری در مراحل مختلفی از طراحی تا اجرای پروژه ها محسوب می شود. این مقاله از نظر محتوایی با تمرکز بر چالش حاصل از رایانه به عنوان یک پدیده نوظهور در جهان معماری و در میان معماران معاصر، به مقایسه فرآیند طراحی معماری کلاسیک با فرآیند طراحی معماری رایانشی می پردازد تا چشم اندازهای نوینی را کشف نماید. هدف اصلی پژوهش، بازطراحی روش شناختی فرآیند طراحی معماری رایانشی با تاکید بر کاربردهای هوش مصنوعی است.

در فرآیند خطی، مراحل طراحی به ترتیب مشخصی انجام می‌شوند و یک مرحله باید قبل از شروع مرحله بعدی به اتمام برسد. در مقابل، فرآیند اسپیرال به طراحان این امکان را می‌دهد که به صورت مستمر به مراحل قبلی بازگردند و با اطلاعات و دیدگاه‌های جدید، تغییرات و بهبودهایی را اعمال کنند.

در فرآیند اسپیرال، مراحل اصلی طراحی (مانند تحلیل، ایده‌پردازی، توسعه، و ارزیابی) می‌توانند چندین بار تکرار شوند تا به یک نتیجه نهایی برسند که بیشترین کارایی و کیفیت را داشته باشد. این نوع فرآیند معمولاً انعطاف‌پذیری بیشتری دارد و به طراحان اجازه می‌دهد تا به بازخوردها و تغییرات در نیازها و شرایط پروژه به‌طور مناسب واکنش نشان دهند.

برای ایجاد یک نقشه مفهومی که تفاوت میان «فرآیند طراحی معماری خطی» و «فرآیند طراحی معماری اسپیرال» را نشان دهد، لازم است ابعاد مختلف فرآیند طراحی معماری دیده شود که می تواند این ابعاد خطی یا غیرخطی دنبال شود. مقوله طراحی، روندی دستوری و از پیش تعیین شده نیست، بلکه محصول فعالیت های ذهنی و عینی است که ساز و کار پیچیده ای از عمل خلاق و عمل منطقی دارد، از این رو نمی توان فرمولی قطعی از روند طراحی را برای همه و به یک شکل ارائه نمود.

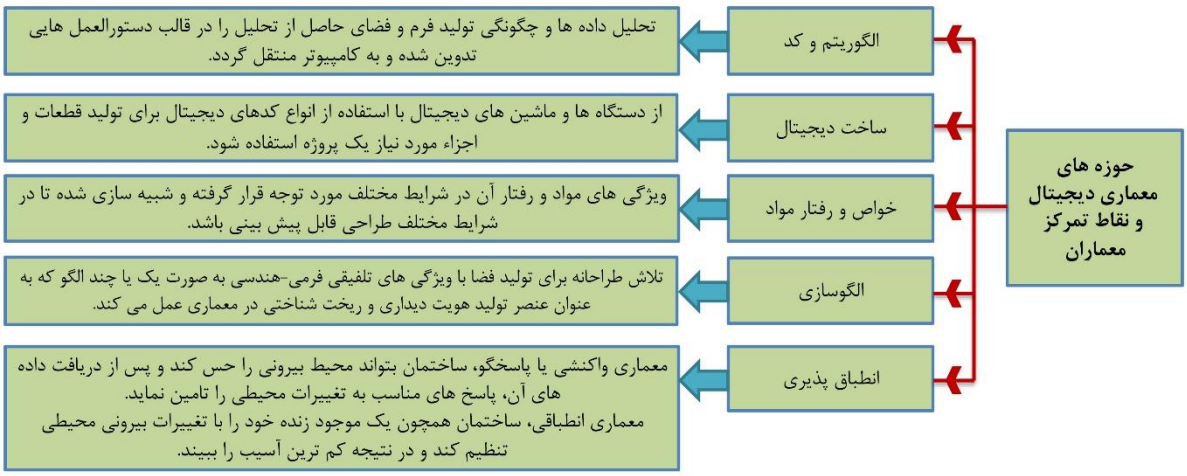
خلاقیت چالش مهم دیگری در مدیریت فرآیند طراحی معماری و یا بحث از فرآیند طراحی معماری رایانشی است. نسبت میان مبانی ریاضی و خلّاقیت در طراحی معماری اهمیت فراوانی دارد. براساس دیدگاه معمارانی چون سالینگاروس صرفاً با رجوع به ریاضیات، می‌توان طرحی را ارائه و حتی شهری را بنا کرد؛ اما کانت در کتاب نقد قوهٔ حکم، بر آن است که در خلق یک شیء، که بتواند ابژهٔ زیبایی‌شناختی باشد، نیازمند یک نابغه هستیم؛ یعنی کسی که براساس ایده‌های نو و نه صرفاً قوانین ازپیش‌موجود، مانند قواعد ریاضی به خلق شیء اقدام می‌کند [۱۱]. از آنجا که معماری شامل طراحی می‌شود، در جستجوی خلاقیت بوده و

برای تحقق و ساخت طرح های نوآورانه نیاز به فناوری و دانش روز دارد. گاهی جستجوی خلاقیت زیباشناسانه، آن را به سمت تولید هر چه بیشتر زیبایی سوق داده و از تکنولوژی برای ایجاد آن زیبایی بهره می برد.

از مطالعاتی که در این زمینه صورت گرفته می توان به مطالعاتی که در حوزه شناخت فرآیند طراحی معماری انجام شده است اشاره نمود، که برخی از آن ها در عمل فرآیند طراحی معماری به عنوان یک مفهوم نامشخص مورد تاکید قرار گرفته، مفهومی که با ابهام همراه است. به عبارت دیگر، طراحی معماری، داستان تبیین یک مساله است. مساله ای که موضوع طراحی را تشکیل می دهد. طراح همیشه با این پرسش در ذهن خود مواجه است که برای رسیدن به پاسخ پرسش طراحی، به چه سمتی بایست هدف گیری کند و چگونه به آن نقطه برسد. بعضی در فلسفه موسوم به فلسفه غربی به دنبال پاسخ گشته اند (مانند بسیاری از سبک هایی که بر مبنای یک گرایش و مفهومی فلسفی شکل پذیرفتند، این مهم در فلسفه معماری همواره مورد توجه است [۱۲-۱۳]. مطالعات عمیق بر روی فرآیند طراحی معماری و فرآیند طراحی معماری رایانشی نشان می دهد که مدل‌های فرآیند طراحی «همگرا» شده‌اند [۱۴-۱۵]. اکنون به نظر می رسد تفاوت های قابل توجهی بین مدل های طراحی وجود دارد. فرآیند طراحی معماری و فرآیند طراحی معماری رایانشی دارای شباهت ها و تفاوت های بین خود هستند.

فرآیند طراحی معماری رایانشی در عمل با ذینفعان هم کار دارد، یعنی هم فرآیند طراحی معماری کلاسیک و هم متغیرهای جدید. یکی از روش‌های ادغام رایانه در طراحی، گنجاندن نیازهای کاربران خاص در فرآیند طراحی است. هدف مشخص کردن زمینه مشترک برای مذاکره بین همه بازیگران در فرآیند است. چنین پلتفرمی می‌تواند گزینه‌های متعددی را فعال کند که انعطاف‌پذیری و سطح کیفیت بالاتر و همچنین آسایش زندگی پایدار را ممکن می‌سازد [۱۶].

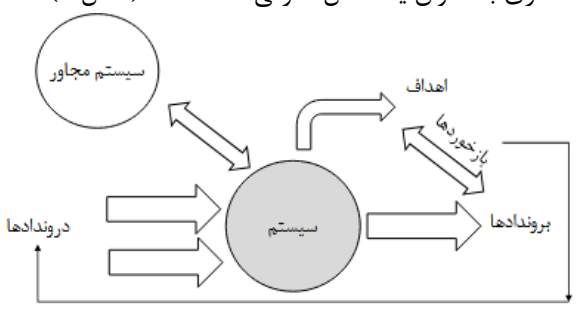
کاوش در فرآیند طراحی معماری [۱۷] و مرور سیستماتیک بر ادبیات [۱۷] نشان می دهد که روش های خطی نمی توانند به مسایل پایداری توجه کنند. مدل غیرخطی در طراحی معماری پایدار [۱۹-۳۲] یک امر ضروری است زیرا همزمان متغیرهای فراوانی را مورد توجه قرار می دهد. نگاه تحلیلی، به حوزه های معماری که فرآیند طراحی معماری کلاسیک قادر به پاسخگویی به آن نیست و فرآیند طراحی معماری رایانشی با ابزارهای دیجیتال می تواند آن ها را در نظر بگیرد، نشان می دهد که هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی، فرصت جدیدی برای کاربرد فناوری های نوظهور در توسعه فرآیند طراحی معماری رایانشی فراهم آورده اند. (شکل ۴)



شکل ۴. حوزه های معماری که فرآیند طراحی معماری کلاسیک قادر به پاسخگویی به آن نیست و فرآیند طراحی معماری رایانشی با ابزارهای دیجیتال می تواند آن ها را در نظر بگیرد

مواد و روش‌ها

اصل کلیت در فرآیند طراحی معماری: فرآیند طراحی معماری رایانشی مفهومی نوین در حوزه فرآیند طراحی معماری و طراحی‌پژوهی می باشد که ابعاد متنوعی دارد. برای دست یابی به فرآیند طراحی معماری رایانشی با یک رویکرد و طراحی‌پژوهی، موضوع کلیدی، « ارائه تعریفی کل‌گرا از فرآیند طراحی معماری» است. جواد گودینی (۱۳۹۹) در ارائه تعریفی کل‌گرا از فرآیند طراحی معماری به این نکته اشاره می کند که با وجود تاریخ چنددهه‌ای طراحی‌پژوهی، غالب الگوهای ارائه‌شده برای فرایند طراحی رویکردی جزءگرایانه داشته و نتوانسته‌اند تعریفی کل‌گرایانه از آن ارائه کنند. این وضعیت علاوه بر تقلیل کلیت فرایند، مانع درک جامع آن است. هدف اصلی در معماری، نگرش سیستمی به‌مثابهٔ نگرش کل‌گرا به فرآیند طراحی معماری است که توصیفی جامع از فرآیند طراحی ارائه کند. فرآیند طراحی به‌مثابهٔ سیستم باز دارای ساختاری منعطف است و ازطریقِ بازخوردها کنترل می‌شود. کنش، دانش، شیوه، عامل و ابزار به‌انضمام مؤلفه‌های فرعی آنها در حکم اجزاست و در تعامل با کلیت فرایند عمل می‌کنند [۳۳]. برای موفقیت در یک جریان آموزش طراحی باید دانشجویان را در فرآیندی خلاق و بی نقص قرار داد. در این صورت از طریق طراحی، به شکل یادگیری و فعالیت‌های سازنده، موثر و پربازده، ارزش هایی را ایجاد کرده و گسترش داده ایم. دسترسی به این طرح ارزشی، نیاز به روش‌های «تفکر طراحی» دارد. تفکر طراحی تنها با مقوله طراحی (معماری) در ارتباط نیست و شاید بتوان ادعا کرد که تفکر طراحی نیازی برای همه و تلاشی برای فرهنگ سازی است [۳۴]. در حوزه فرآیند طراحی معماری و طراحی‌پژوهی، دست یابی به تعریفی کل‌گرا از فرآیند طراحی معماری به عنوان یک اصل معرفی شده است. (شکل ۵)



شکل ۵. الگوی مفهومی سیستم های باز [۳۳]

ضرورت نگاه به عناصر فرهنگی و اجتماعی: فرآیند طراحی معماری از فقدان نگاه به عناصر فرهنگی و اجتماعی رنج می برد. در کنار عناصر فرهنگی و اجتماعی، سایر عناصر مرتبط با توسعه پایدار مانند اقتصادی و زیست محیطی نیز در ارائه تعریفی کل‌گرا از فرآیند طراحی معماری مورد نظر خواهند بود [۳۵-۴۲]. اما پرسش آن است که معمار چگونه باید به موضوعات فرهنگی و اجتماعی توجه نماید؟ موضوعات فرهنگی و اجتماعی تأثیر عمده‌ای بر پذیرش و موفقیت فرآیند طراحی معماری در پروژه‌ها دارند. طراحی در معماری تحت تأثیر عوامل مختلفی تکوین یافته است. هر طراحی دارای ویژگی های منحصر به خود است. با این حال مؤلفه زمان و تحولات فرهنگی و اجتماعی تبدیل به عاملی مهم در مواجهه با فرایند طراحی معماری است [۳۵]. مهمترین نکات در چند قالب تخصصی می تواند دیده شود:

- **شناخت زمینه‌های فرهنگی محلی و بومی:** پژوهش و تحلیل زمینه‌های فرهنگی محلی مانند انجام تحقیقات جامع در مورد تاریخ، آداب و رسوم، و باورهای فرهنگی منطقه مورد نظر. شامل همکاری با پژوهشگران و متخصصان فرهنگی به منظور دستیابی به شناختی عمیق و جامع از مؤلفه‌های فرهنگی.
- **مشارکت فعال با سمن ها و نهادهای جامعه محلی:** برگزاری جلسات مشاوره و کارگاه‌های مشارکتی با اعضای جامعه محلی برای جمع‌آوری نظرات و پیشنهادات. همچنین تضمین همسویی طراحی نهایی با نیازها و ارزش‌های جامعه محلی.
- **حفظ محیط زیست و مدیریت منابع طبیعی:** استفاده از مواد بومی و تکنیک‌های پایدار که با محیط زیست سازگار هستند. همراه با توجه به حفظ منابع طبیعی و کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی.
- **توجه به نیازهای اجتماعی و انسانی:** طراحی فضاهای عمومی که به تعاملات اجتماعی و تقویت حس جامعه کمک می‌کنند. در کنار در نظر گرفتن نیازهای متنوع جامعه از جمله دسترسی برای افراد

معلول و ایجاد فضاهای امن و مناسب برای گروه‌های سنی مختلف.

- **ایجاد نوآوری و انعطاف‌پذیری در طراحی:** طراحی پروژه‌هایی که قابلیت تطبیق با تغییرات فرهنگی و اجتماعی آینده را داشته باشند. همراه با استفاده از عناصر طراحی که بازتاب‌دهنده فرهنگ و هنر محلی باشند.

توجه به این مؤلفه‌ها به معماران کمک می‌کند تا طرح‌هایی ایجاد کنند که نه تنها از لحاظ زیبایی شناختی و کارکردی برجسته باشند، بلکه با ارزش‌ها و نیازهای فرهنگی و اجتماعی جامعه نیز هماهنگ باشند.

پایداری، طبیعت و محیط طبیعی : حسین مدی و مرضیه ایمانی (۱۳۹۷) به اهمیت فناوری بایومیمتیک و الهام از طبیعت در فرآیند طراحی معماری اشاره می کنند [۴۳]، این موضوع در تصور افراد از شهر [۴۴] و معماری [۴۵] نیز موثر است. در نگاه به محیط و طبیعت، در این راستا سبک های مختلفی پا به عرصه معماری نهاده اند که از جمله آن می توان به معماری دیجیتال و زیر شاخه های آن همچون معماری پارامتریک اشاره نمود. کاربرد روز افزون رایانه در زمینه های طراحی، معماری و مهندسی از مهمترین دستاوردهای سال های اخیر در راستای ارتقاء فرآیند طراحی و افزایش بهره وری در مراحل مختلفی از طراحی تا اجرای پروژه ها محسوب می شود.

معنویت و ارزش های ناملموس: معماری اسلامی ایرانی ریشه معماری امروز است. ارتقا سطح آموزش و فرهنگ یکی از اهداف معنویت و ارزش های ناملموس و بهبود وضعیت جوامع است. این مهم با احداث بناهای ارزشمند همراه مورد توجه قرار دادن معنویت و ارزش های ناملموس برای تأمین کیفیت ساختمانی آن ها، و تداوم روحیه معنوی و فرهنگی امکان پذیر می شود [۴۵]. معنویت و ارزش های ناملموس در تأسیس معماری بومی و تداوم حیات فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی آن ها تأثیرات فراوانی داشته اند. این موضوع توانسته است در دوره های مختلف تاریخ منشأ حرکت های موثری مانند تأسیس معماری باکیفیت شود [۴۵]. رحمت محمدزاده و کاوان جوانرودی (۱۳۹۵) نشان می دهند که معنویت و ارزش های ناملموس چگونه بخش مهمی از بازطراحی فضاهای جمعی و خصوصی مسکن در ساختار شهر ایرانی - اسلامی [۴۶] بوده است.

روش کار : با توجه به جنس موضوع، فرآیند پرسشنامه دیجیتال در اولویت قرار گرفت. پرسشنامه دیجیتال با استفاده از فناوری‌های چندرسانه ای طراحی و اجرا می گردند و فرآیندی کارآمد برای جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها در اختیار قرار می‌دهد. این روش به دلیل انعطاف‌پذیری، سرعت، و دقت بالا، در بسیاری از پژوهش‌ها و پروژه‌های حرفه‌ای به‌کار گرفته می‌شود که با موضوع پژوهش هم سنخیت بالاتری دارد.

هدف اصلی پژوهش بازطراحی روش شناختی فرآیند طراحی معماری رایانشی با تاکید بر کاربردهای هوش مصنوعی است. بر اساس جمع‌بندی چارچوب نظری پژوهش، پرسش های عملیاتی قابل طرح عبارتند از:

- پرسش اول آن است که فرآیند طراحی معماری رایانشی چگونه به اصل کلیت در فرآیند طراحی معماری کمک می کند؟
- پرسش دوم آن است که فرآیند طراحی معماری رایانشی چگونه به ضرورت نگاه به عناصر فرهنگی و اجتماعی کمک می کند؟
- پرسش سوم آن است که فرآیند طراحی معماری رایانشی چگونه به تحقق پایداری، طبیعت و محیط طبیعی کمک می کند؟
- پرسش چهارم آن است که فرآیند طراحی معماری رایانشی چگونه به تحقق معنویت و ارزش های ناملموس در بناهایی طراحی شده کمک می کند؟

یافته‌ها

مواد و روش ها نشان داد که فرآیند طراحی معماری در عمل با چهار چالش روبروست که شامل ۱- اصل کلیت در فرآیند طراحی معماری ۲- ضرورت نگاه به عناصر فرهنگی و اجتماعی ۳- پایداری، طبیعت و محیط طبیعی و ۴- معنویت و ارزش های ناملموس می شوند. فرضیه پژوهش نشان می دهد که فرآیند طراحی معماری رایانشی می تواند برطرف کننده موارد ذکر شده در مواد و روش ها، در تعامل با فرآیند طراحی معماری شود. جدول مربوط (جدول ۱) به معرفی و تحلیل نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید برای استفاده از فرآیند طراحی معماری رایانشی برای جبران کاستی های

فرآیند طراحی معماری کلاسیک می پردازد. جدول اولویت بندی کاستی های موجود در فرآیند طراحی معماری کلاسیک برای شناسایی و برطرف کردن در فرآیند طراحی معماری رایانشی نشان می دهد که هم اکنون چه اولویت هایی برای بازطراحی فرآیند طراحی معماری کلاسیک قابل رصدکردن است.

از میان ۱۹۱ نفری که حداقل به یک پرسش پاسخ دادند، همگی بر اهمیت موضوعات تاکید کردند که تایید کننده ساختار پژوهش است. دسته بندی زیر قابل ارایه است:

در محور اصل کلیت در فرآیند طراحی معماری، توزیع پاسخ‌ها شامل ۰ نفر: خیلی کم یا کم، ۱ نفر: متوسط، ۴ نفر: زیاد، ۱۷۸ نفر: خیلی زیاد است. این موضوع با ۱۷۸ پاسخ "خیلی زیاد" و مجموعاً ۱۸۳ پاسخ‌دهنده، نشان می‌دهد که اصل کلیت به‌عنوان یکی از مهم‌ترین کاستی‌ها در فرآیند طراحی معماری کلاسیک شناسایی شده است. اکثریت کاربران اهمیت بسیار زیادی برای این اصل قائل هستند.

در محور ضرورت نگاه به عناصر فرهنگی و اجتماعی، توزیع پاسخ‌ها شامل ۰ نفر: خیلی کم، کم، یا متوسط، ۱ نفر: زیاد و ۱۹۳ نفر: خیلی زیاد است. با ۱۹۳ پاسخ "خیلی زیاد" از ۱۹۴ پاسخ‌دهنده، این مورد به‌عنوان بالاترین اولویت شناخته شده است. این نتایج نشان می‌دهد که کاربران توجه ویژه‌ای به لزوم درنظرگرفتن عناصر فرهنگی و اجتماعی در طراحی معماری رایانشی دارند.

در محور پایداری، طبیعت و محیط طبیعی، توزیع پاسخ‌ها شامل ۰ نفر: خیلی کم، ۲ نفر: کم، ۴ نفر: متوسط، ۴ نفر: زیاد و ۱۷۶ نفر: خیلی زیاد است. ۱۷۶ پاسخ "خیلی زیاد" از مجموع ۱۸۶ پاسخ‌دهنده، نشان می‌دهد که پایداری و تعامل با طبیعت یکی دیگر از کاستی‌های مهم در طراحی معماری کلاسیک است. با این حال، تعداد کمی از کاربران (۲ نفر) اهمیت این موضوع را کم ارزیابی کرده‌اند.

در محور معنویت و ارزش‌های ناملموس، توزیع پاسخ‌ها شامل ۰ نفر: خیلی کم یا کم، ۱ نفر: متوسط، ۲ نفر: زیاد و ۱۸۸ نفر: خیلی زیاد است. با ۱۸۸ پاسخ "خیلی زیاد" از مجموع ۱۹۱ پاسخ‌دهنده، این موضوع نیز اهمیت بالایی دارد. کاربران بر این باورند که توجه به معنویت و ارزش‌های ناملموس در فرآیند طراحی معماری رایانشی باید تقویت شود.

برآیند بررسی های کمی نشان می دهد که تمامی پاسخ‌دهندگان بر اهمیت موضوع تاکید داشته اند. (جدول ۲)

- اولویت اول: "ضرورت نگاه به عناصر فرهنگی و اجتماعی" با بیشترین تعداد پاسخ "خیلی زیاد" (۱۹۳ نفر) به‌عنوان مهم‌ترین کاستی شناسایی شده است.
- اولویت دوم: "معنویت و ارزش‌های ناملموس" با ۱۸۸ پاسخ "خیلی زیاد."
- اولویت سوم: "اصل کلیت در فرآیند طراحی معماری" با ۱۷۸ پاسخ "خیلی زیاد."
- اولویت چهارم: "پایداری، طبیعت و محیط طبیعی" با ۱۷۶ پاسخ "خیلی زیاد."

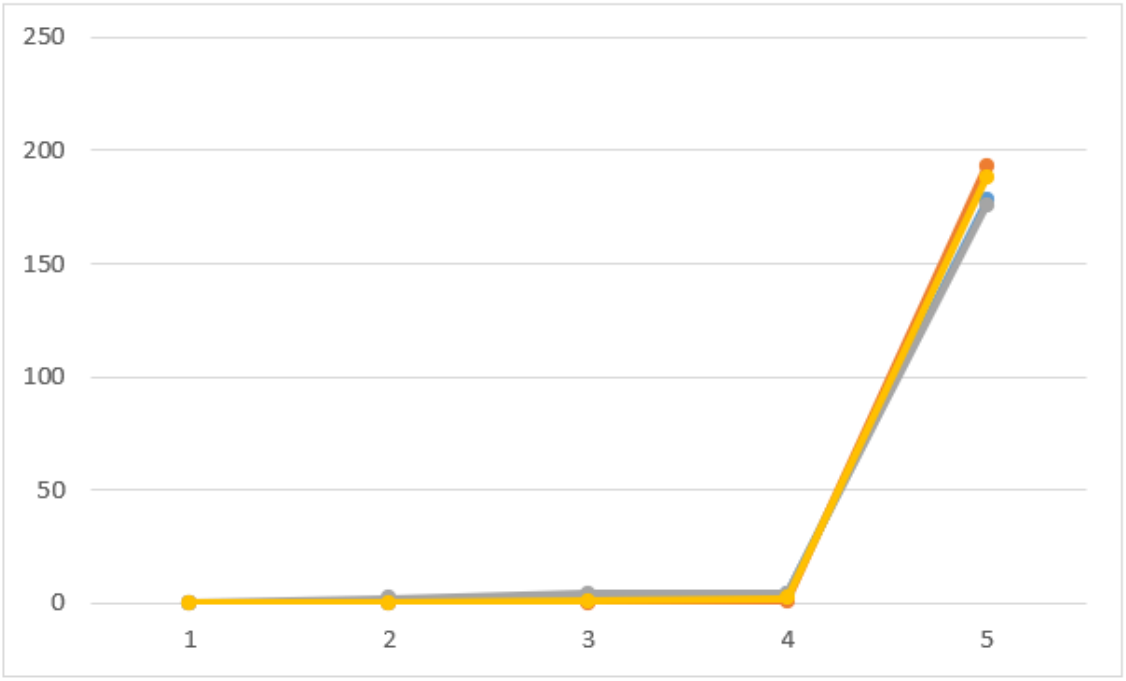
این نتایج نشان می‌دهد که کاربران معتقدند فرآیند طراحی معماری رایانشی باید در جهت تقویت عناصر فرهنگی، اجتماعی، معنوی و زیست‌محیطی گام بردارد و به کاستی‌های طراحی کلاسیک پاسخ دهد.

جدول ۱. جدول اولویت بندی کاستی های موجود در فرآیند طراحی معماری کلاسیک برای شناسایی و برطرف کردن در فرآیند طراحی معماری رایانشی

میزان اهمیت اولویت ها در نظر کاربران	۱ خیلی کم	۲ کم	۳ متوسط	۴ زیاد	۵ خیلی زیاد	تعداد کل پاسخگوها
اصل کلیت در فرآیند طراحی معماری	۰	۰	۱	۴	۱۷۸	۱۸۳
ضرورت نگاه به عناصر فرهنگی و اجتماعی	۰	۰	۰	۱	۱۹۳	۱۹۴
پایداری، طبیعت و محیط طبیعی	۰	۲	۴	۴	۱۷۶	۱۸۶
معنویت و ارزش های ناملموس	۰	۰	۱	۲	۱۸۸	۱۹۱

جدول ۲. مقایسه کلی اولویت‌ها

موضوع	"تعداد "خیلی زیاد	درصد از کل پاسخ‌دهندگان
ضرورت نگاه به عناصر فرهنگی و اجتماعی	193	99.5%
معنویت و ارزش‌های ناملموس	188	98.4%
اصل کلیت در فرآیند طراحی معماری	178	97.3%
پایداری، طبیعت و محیط طبیعی	176	94.6%



شکل ۶. نمودار توزیع پاسخ ها که بر اهمیت بسیار بالای گویه ها تاکید دارد

نمودار بالا توزیع پاسخ‌ها برای اولویت‌بندی کاستی‌های موجود در فرآیند طراحی معماری کلاسیک را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، اکثر پاسخ‌دهندگان به گزینه "خیلی زیاد" در تمام موضوعات اهمیت داده‌اند، به‌ویژه در موارد "ضرورت نگاه به عناصر فرهنگی و اجتماعی" و "معنویت و ارزش‌های ناملموس". (شکل ۶)

یافته های پژوهش ضمن تایید ادبیات موضوع [۴۷-۷۲] نشان می دهد که تا پیش از انقلاب هوش مصنوعی؛ فرآیندهای طراحی معماری همواره از نوع خطی بوده اند و در دوران های قبل به اندازه کافی پاسخگو؛ لیکن امروز نیازی جدی به بازنگری مشاهده می شود. این مهم، هدف اصلی پژوهش که بازطراحی روش شناختی فرآیند طراحی معماری رایانشی با تاکید بر کاربردهای هوش مصنوعی بوده را محقق می سازد.

دستاوردها رویکرد نقادانه به فرآیند طراحی معماری [۷۳-۷۵] و همچنین نظریات انتقادی نایجل کراس [۷۶-۷۸] را هم پوشش می دهد. این تایید، در عمل تایید کننده «روایی» و «پایایی» پژوهش نیز خواهد بود.

بحث و نتیجه گیری

بر اساس نتایج تحلیل جدول و نمودار، راهکارهای پیشنهادی برای حل مشکلات شناسایی‌شده در فرآیند طراحی معماری کلاسیک، با تمرکز بر طراحی معماری رایانشی، به شرح زیر ارائه می‌شود:

۱. گنجاندن "اصل کلیت در فرآیند طراحی معماری" در فرآیند طراحی معماری رایانشی: عدم یکپارچگی و توجه جامع به تمامی عوامل تأثیرگذار در طراحی معماری بعنوان مشکل شناسایی شد. در پاسخ به این مساله، راهکارهای

متنوعی را می توان با استفاده از فناوری های نوظهور در توسعه فرآیند طراحی معماری رایانشی پیشنهاد نمود.

- یکپارچگی ابزارهای رایانشی: توسعه نرم‌افزارها و الگوریتم‌هایی که امکان تلفیق جنبه‌های مختلف طراحی (زیبایی‌شناسی، عملکرد، و ساختار) را فراهم کنند.
- ایجاد مدل‌های چندبعدی: استفاده از مدل‌های دیجیتال که تمامی ابعاد پروژه (فرم، عملکرد، ساختار، هزینه و زمان) را به‌طور همزمان تحلیل کنند.
- آموزش طراحی کلی‌نگر: آموزش طراحان برای تفکر و تحلیل در سطوح مختلف و توجه به ارتباطات بین اجزا در طراحی.

۲. ضرورت نگاه به عناصر فرهنگی و اجتماعی در فرآیند طراحی معماری رایانشی اولویت بسیار مهم دیگر در این زمینه است. مشکل شناسایی شده، نادیده گرفتن ابعاد فرهنگی، اجتماعی و بومی در طراحی است. راهکارهای قابل پیشنهاد عبارتند از:

- طراحی مبتنی بر داده‌های فرهنگی: جمع‌آوری داده‌های اجتماعی و فرهنگی از جوامع محلی و استفاده از آن‌ها در فرآیند طراحی رایانشی.
- مدل‌سازی فرهنگ‌محور: ایجاد کتابخانه‌های دیجیتال از نمادها و عناصر فرهنگی برای استفاده در طراحی معماری.
- مشارکت ذی‌نفعان: ایجاد پلتفرم‌هایی برای مشارکت کاربران نهایی و جوامع محلی در فرآیند طراحی.

۳. پایداری، طبیعت و محیط طبیعی از اولویت های مهمی است که در فرآیند طراحی معماری رایانشی بایستی مورد توجه باشد. مشکل شناسایی شده، عدم توجه کافی به اصول پایداری و هماهنگی با محیط طبیعی است. راهکارهای قابل پیشنهاد عبارتند از:

- شبیه‌سازی پایداری: استفاده از ابزارهای شبیه‌سازی انرژی و تحلیل چرخه حیات برای کاهش اثرات زیست‌محیطی.
- استفاده از فناوری‌های سبز: استفاده از مصالح پایدار و تکنولوژی‌های سبز در فرآیند طراحی.
- طراحی بیوفیلیک: ترکیب عناصر طبیعی مانند نور، گیاهان و تهویه طبیعی در طرح‌ها.

۴. تعمیق معنویت و ارزش‌های ناملموس در فرآیند طراحی معماری رایانشی از اولویت های دیگر است. مشکل شناسایی شده عدم توجه به ابعاد معنوی و احساسات انسانی در طراحی است. راهکارهای قابل معرفی عبارتند از:

- طراحی بر پایه تجربه انسانی: استفاده از ابزارهای رایانشی برای تحلیل تجربیات حسی و معنوی کاربران در فضا.
- توجه به هندسه و الگوهای الهام‌بخش: استفاده از هندسه‌های مقدس، الگوهای سنتی و نمادهای معنوی در طراحی.
- ایجاد فضاهای آرامش‌بخش: طراحی فضاهایی که احساس آرامش، تمرکز و ارتباط با ارزش‌های ناملموس را تقویت کنند.

پرسش اول آن است که فرآیند طراحی معماری رایانشی چگونه به اصل کلیت در فرآیند طراحی معماری کمک می کند؟ در پاسخ باید آورد که فرآیند طراحی معماری رایانشی با استفاده از ابزارهای دیجیتال، امکان طراحی‌های خلاقانه و پیچیده را فراهم می‌کند. مواردی چون ۱. یکپارچگی داده‌ها و اطلاعات، ۲. طراحی پارامتریک و انعطاف‌پذیری، ۳. استفاده از طراحی پارامتریک برای بهینه‌سازی چندمعیاره، ۴- شبیه‌سازی و پیش‌بینی عملکرد با استفاده از طراحی رایانشی عملکرد ساختمان در شرایط مختلف مانند نور، باد، و دما، ۵- تسهیل همکاری میان رشته‌ای با ایجاد مدل‌های دیجیتال مشترک، همکاری میان رشته‌های مختلف معماری، مهندسی، محیط زیست و غیره، و ۶. تکرارپذیری و اصلاحات سریع در فرآیند رایانشی؛ مهمترین محورها هستند که با ارائه ابزارها و رویکردهایی که امکان یکپارچگی، انعطاف‌پذیری، و بهینه‌سازی را فراهم می‌کنند، به اصل کلیت در طراحی کمک می‌کند. رایانه و الگوریتم های چندرسانه ای به عنوان یک پدیده نوظهور در جهان معماری و در میان معماران معاصر، فرصت جدیدی برای توسعه مفهوم فرآیند طراحی معماری رایانشی فراهم آورده است.

پرسش دوم آن است که فرآیند طراحی معماری رایانشی چگونه به ضرورت نگاه به عناصر فرهنگی و اجتماعی کمک می کند؟ در پاسخ باید آورد که فرآیند طراحی معماری رایانشی در کنار اصل کلیت در فرآیند طراحی معماری، به ضرورت نگاه به عناصر فرهنگی و اجتماعی نیز توجه دارد. مواردی چون ۱. تحلیل داده‌های فرهنگی و اجتماعی با استفاده از طراحی رایانشی الگوهای رفتاری، هنجارهای اجتماعی و ارزش‌ها و باورهای فرهنگی؛ ۲. شبیه‌سازی تعاملات اجتماعی برای ایجاد فضاهایی که تعاملات اجتماعی را تسهیل می کنند؛ ۳. انعطاف‌پذیری در طراحی برای جوامع متنوع با توجه به متغیرهای فرهنگی و اجتماعی را در مدل‌های فعال در فرآیند طراحی معماری رایانشی؛ ۴. حفظ هویت فرهنگی در طراحی با کاربرد الگوها، فرم‌ها، و نمادهای فرهنگی الهام گرفته شده از زمینه و بازآفرینی فرم‌های سنتی در طراحی‌های معاصر، در کنار استفاده از الگوهای بومی؛ ۵. تسهیل مشارکت کاربران با ابزارهای دیجیتال و مدل‌های تعاملی؛ ۶ .ایجاد فضاهای فرهنگی و اجتماعی پایدار بگونه‌ای که فضاهای طراحی شده با ارزش‌های فرهنگی جامعه هماهنگ باشند.

پرسش سوم آن است که فرآیند طراحی معماری رایانشی چگونه به تحقق پایداری، طبیعت و محیط طبیعی کمک می کند؟ فرآیند طراحی معماری رایانشی ابزارهای متنوعی را برای تحقق پایداری، هماهنگی با طبیعت و حفاظت از محیط طبیعی فراهم می‌کند. ۱. تحلیل و بهینه‌سازی مصرف انرژی با کمک ابزارهای رایانشی امکان شبیه‌سازی عملکرد انرژی ساختمان را فراهم می‌کنند؛ ۲. طراحی سازگار با اقلیم با کمک داده‌های اقلیمی منطقه مانند دما، باد، و رطوبت؛ ۳. پیشنهاد بهینه برای استفاده از مصالح پایدار مانند مواد بازیافتی یا تجدیدپذیر و مصالح بومی که نیاز به حمل‌ونقل طولانی ندارند. ۴. مدیریت منابع آب با کاربرد ابزارهای طراحی رایانشی می‌توانند به طراحی سیستم‌های مدیریت آب کمک کنند شامل جمع‌آوری و استفاده مجدد از آب باران، طراحی سیستم‌های فاضلاب پایدار و کاهش مصرف آب با استفاده از تکنولوژی‌های هوشمند؛ ۵. بهینه‌سازی برای کاهش ضایعات با استفاده از فرآیند ساخت مبتنی بر طراحی مدولار برای کاهش مواد اضافی، تولید اجزا با استفاده از چاپ سه‌بعدی یا برش لیزری؛ و ۶. تسهیل در ارزیابی پایداری در طول چرخه عمر شامل محاسبه میزان انتشار کربن و تحلیل تأثیرات زیست‌محیطی در مراحل ساخت، بهره‌برداری و تخریب.

پرسش چهارم آن است که فرآیند طراحی معماری رایانشی چگونه به تحقق معنویت و ارزش های ناملموس در بناهای طراحی شده کمک می کند؟ فرآیند طراحی معماری رایانشی با استفاده از ابزارهای دیجیتال و الگوریتم‌های پیشرفته، امکان تجسم و تحقق مفاهیم انتزاعی مانند معنویت و ارزش‌های ناملموس را در طراحی معماری فراهم می‌کند. مهمترین ظرفیت های شناسایی شده عبارتند از ۱. تجسم مفاهیم معنوی از طریق فرم و فضا که می‌توانند نماد یا تجسم مفاهیم معنوی باشند یا استفاده از فرم‌های هندسی مقدس یا الگوریتم‌های طبیعی مانند فیبوناچی که حس هماهنگی و تعالی را القا می‌کنند؛ ۲ .ایجاد تجربه‌های فضایی متعالی ابزارهای شبیه‌سازی می‌توانند تأثیرات نور، صدا، و جریان هوا را در فضا شبیه‌سازی کنند و حس آرامش، تمرکز، و معنویت را تقویت کنند تا تجربه‌ای حسی و عاطفی برای کاربران فراهم آورند. ۳. طراحی مبتنی بر نور و سایه با درک مسیر حرکت نور خورشید را در فضا و شبیه‌سازی الگوهای نور و سایه که حس تقدس یا معنویت را تقویت کنند مانند نورگیرهای سقفی در اماکن مذهبی. ۴. شبیه‌سازی رفتار کاربران و تقویت ارتباطات انسانی با استفاده از ابزارهای رایانشی که حس اجتماع و ارتباط انسانی را تقویت کنند و فضایی برای تفکر، مدیتیشن، یا ارتباط با ارزش‌های معنوی فراهم آورند. ۵. طراحی نمادین و مفهومی با کمک داده‌ها و الگوریتم‌های مرتبط با مفاهیم معنوی انجام گیرد؛ بعنوان مثال؛ فرم‌های نمادین و الگوهای هندسی اسلامی در طراحی مساجد بکارگرفته شود و و در طراحی این فضاها از مفاهیم فلسفی یا معنوی خاص الهام گرفته‌اند. ۶. انعطاف‌پذیری برای تطبیق با ارزش‌های فرهنگی و معنوی که به طراحان کمک کند تا فضاهایی طراحی کنند که به ارزش‌های فرهنگی و معنوی جوامع مختلف احترام بگذارند و با آنها هماهنگ باشند. (جدول ۳)

تحلیل مهمترین دستاوردهای حاصل از کاربرد فناوری های نوظهور در توسعه فرآیند طراحی معماری رایانشی برای جبران کاستی های فرآیند طراحی معماری کلاسیک، بر اهمیت نسل

جدید طراحی مبتنی بر رایانه اشاره دارد. رایانه به عنوان یک پدیده نوظهور در جهان معماری و در میان معماران معاصر، پذیرفته شده؛ و اکنون زمان معرفی فرآیند طراحی معماری رایانشی به عنوان رویکرد اصلی در فرآیند طراحی معماری است. (شکل ۷)

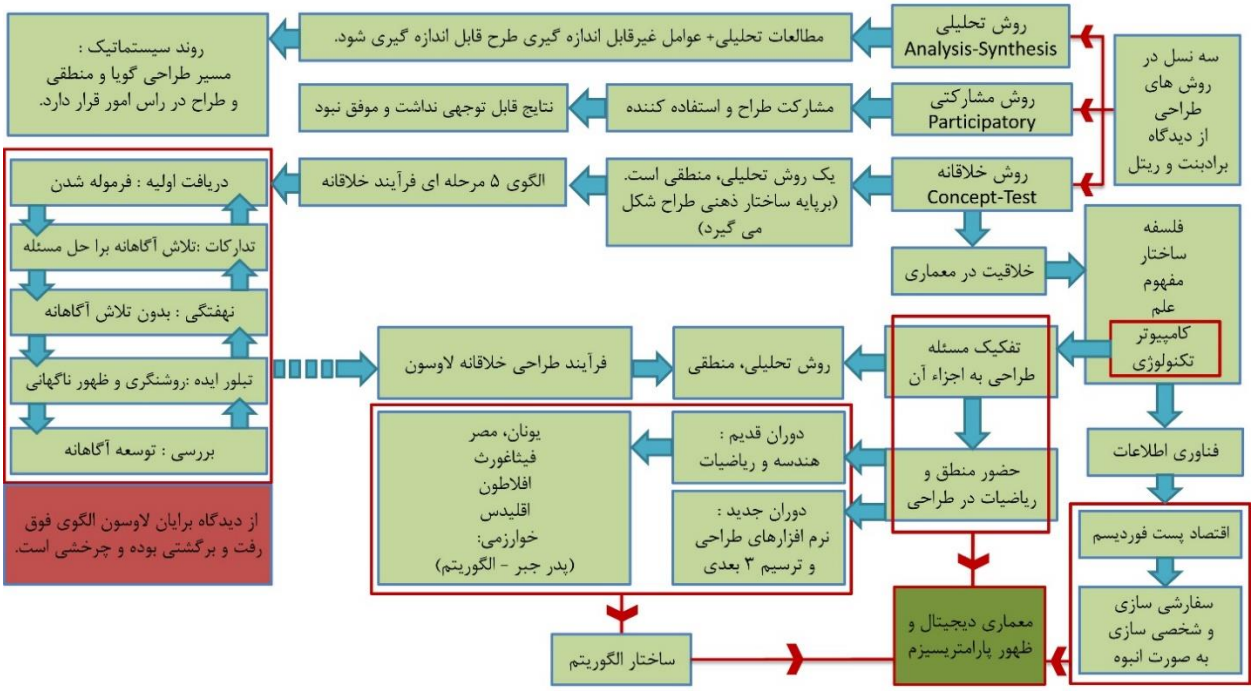
با نگاهی جامع به کاربرد فناوری های نوظهور در توسعه فرآیند طراحی معماری رایانشی و ضرورت پرداختن به رایانه و الگوریتم های چندرسانه ای به عنوان یک پدیده نوظهور در جهان معماری و در میان معماران معاصر؛ راهکارهای کلی برای توسعه فرآیند طراحی معماری رایانشی عبارتند از:

- ایجاد «پلتفرم‌های مشارکتی» و چندکاربره با استفاده از ابزارهای دیجیتال برای همکاری تیمی بین معماران، کاربران و متخصصان.
- توسعه کاربرد هوش مصنوعی و «یادگیری ماشینی» در فرآیند طراحی معماری رایانشی از طریق به‌کارگیری هوش مصنوعی برای تحلیل نیازهای کاربر، شبیه‌سازی سناریوهای مختلف و ارائه پیشنهادات بهینه.
- آموزش معماران: گنجاندن مهارت‌های طراحی رایانشی در برنامه‌های آموزشی معماران و پذیرش فرآیند طراحی معماری رایانشی به عنوان بخشی از فناوری های نوظهور در توسعه معماری.
- توسعه سیاست‌های حمایتی از فناوری های نوظهور در توسعه فرآیند طراحی معماری رایانشی با ایجاد سیاست‌ها و قوانین حمایتی برای استفاده از فناوری‌های پایدار و فرهنگ‌محور در پروژه‌های معماری.

جمع‌بندی نتیجه‌گیری حاصل از بررسی موضوع، بر اهمیت به کارگیری فناوری های نوظهور در توسعه فرآیند طراحی معماری رایانشی تاکید دارد. برای رفع کاستی‌های موجود در فرآیند طراحی معماری کلاسیک و بهره‌برداری از توانایی‌های معماری رایانشی، باید به اصول کلی‌نگری، ارزش‌های فرهنگی و اجتماعی، پایداری، و معنویت توجه شود. استفاده از فناوری‌های نوین و مشارکت فعال جامعه می‌تواند این اهداف را محقق کند.

جدول ۳. تحلیل مهمترین دستاوردهای حاصل از کاربرد فناوری های نوظهور در توسعه فرآیند طراحی معماری رایانشی برای جبران کاستی های فرآیند طراحی معماری کلاسیک

اولویت ها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	برآیند
اصل کلیت در فرآیند طراحی معماری	یکپارچگی داده‌ها و اطلاعات	طراحی پارامتریک و انعطاف‌پذیری	بهینه‌سازی	شبیه‌سازی و پیش‌بینی عملکرد	تسهیل همکاری میان رشته‌ای	تکرارپذیری و اصلاحات سریع	√
ضرورت نگاه به عناصر فرهنگی و اجتماعی	تحلیل داده‌های فرهنگی و اجتماعی	شبیه‌سازی تعاملات اجتماعی	انعطاف‌پذیری در طراحی برای جوامع متنوع	حفظ هویت فرهنگی در طراحی	تسهیل مشارکت کاربران	ایجاد فضاهای فرهنگی و اجتماعی پایدار	√
پایداری، طبیعت و محیط طبیعی	تحلیل و بهینه‌سازی مصرف انرژی	طراحی سازگار با اقلیم	پیشنهاد بهینه برای استفاده از مصالح پایدار	مدیریت منابع آب	بهینه‌سازی برای کاهش ضایعات	تسهیل در ارزیابی پایداری	√
معنویت و ارزش های ناملموس	تجسم مفاهیم معنوی	ایجاد تجربه‌های فضایی متعالی	طراحی مبتنی بر نور و سایه	شبیه‌سازی رفتار کاربران و تقویت ارتباطات انسانی	طراحی نمادین و مفهومی	انعطاف‌پذیری برای تطبیق با ارزش‌های فرهنگی و معنوی	√



شکل ۷: جایگاه روش طراحی در شکل گیری معماری دیجیتال. مأخذ: نگارندگان

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، پژوهشگر و نگارنده اصلی مقاله، تدوین محتوا و کنترل فرآیند تحقیق با سهم ٪۵۰.

منابع مالی/حمایت‌ها: منابع مالی و حمایت مالی گزارش نشده است.

References

[1]. Grobman YJ, Yezioro A, Capeluto IG. Non-linear architectural design process. *International Journal of Architectural Computing.* 2010 Jan;8(1):41-53. https://doi.org/10.1260/1478-0771.8.1.41

[2]. Kalay Y.E., Architecture's New Media: Principles, Theories, and Methods of Computer-Aided Design, MIT Press, Cambridge, MA., 2004.

[3]. Rocker I.M., When Code Matters, *Architectural Design*, 2006, 76(4), 16–25.https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ad.289

[4]. Köknar SA. Architectural design tools: toward a non-linear design process. InProceedings DesignTrain Congress Trailer I 2007 (pp. 10-12). Available at: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/67547688/2ABEGE_1-libre.PDF?1623089986=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DGuidance_in_for_Design_Training_Designtr.pdf&Expires=1734793145&Signature=Eh9eugndGSz3EWwvYqm35R91tvzgZ0ElDylLvnvRB0aAq6Q~k2A1--dpWdyp2Mmi0FJfVrMX63udxbSSztNSHnWb-JeOoABJHbenkoCGRYsLAtpXMm3H6hZeD17rMPNXkL9z6llD2jOfe-Y~HNLCejAhWcB9kJLLJf0sn9pot3ck2t1ebScjXJ~6myGAGsCcGZ7Pm~jb1DEPPXdxrGRgfrsc58MgCbp7M07LWInSOQAgRxnEQtvWZtORAKxZ5BWwA~6uN3uQm8KGZ6tAQxWiYxX15SK601amuuFArZ9GcEI1Zr8jScXXBl7i~e5tZ-hxhz64FK9cPrueehUfImugTA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA#page=182

[5]. Oxman R., Multiple Operative and Interactive Modes in Knowledge-based Design Systems, in: Kalay YE, ed., Principles of Computer-Aided Design: Evaluating and Predicting Design Performance, John Wiley & Sons, 1991.

[6]. Kalay YE, Carrara G. A Performance-Based Paradigm of Design. In: Gero, J.S., Sudweeks, F. (eds) Advances in Formal Design Methods for CAD. IFIP — The International Federation for Information Processing. Springer, Boston, MA; 1996. https://doi.org/10.1007/978-0-387-34925-1_7

[7]. Kim H., Querin O.M. and Steven G.P., On the Development of Structural Optimisation and its Relevance in Engineering Design, *Design Studies*, 2002, 23(1), 85–102. https://doi.org/10.1016/S0142-694X(01)00017-5

[8]. Timmermans H.J., Design and Decision Support Systems in Architecture, Springer, New-York, 1993. Available at: https://link.springer.com/10.1007/978-94-017-1229-3

[9]. Pahl G., Beitz W., Feldhusen J. and Grote K., Engineering Design: A Systematic Approach, Springer, New-York, 2007. Available at: https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-84628-319-2

[10]. Cross N, Roozenburg N. Modelling the design process in engineering and in architecture. *Journal of Engineering design.* 1992 Jan 1;3(4):325-37. Available at: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09544829208914765

[11]. Kazemi, J., Raayat Jahromi, M. Salingaros architecture in the mirror of Kant's aesthetics. *Metaphysics*, 2020; 12(30): 121-136. doi: 10.22108/mph.2021.126843.1260 Available at: https://mph.ui.ac.ir/article_25618.html?lang=en

[12]. Herr CM. Briefing Architectural Design Studio Processes: Linear Stages versus Cumulative Layers. ARCHITECTURE. 2010 Jun 1(1):41-55. Available at: https://enapp.architw.org.tw/main/app_other_journal/9.pdf

[13]. Yavuz AO, Akcay FC. Development of an approach for producing architectural form in architectural design education. Procedia-Social and Behavioral Sciences. 2012 Jan 1;51:222-7. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.08.149

[14]. Joseph PJ, Vaswani K, Thazhuthaveetil MJ. Construction and use of linear regression models for processor performance analysis. InThe Twelfth International Symposium on High-Performance Computer Architecture, 2006. 2006 Feb 11 (pp. 99-108). IEEE. Available at: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1598116

[15]. Roozenburg NF, Cross NG. Models of the design process: integrating across the disciplines. Design studies. 1991 Oct 1;12(4):215-20. https://doi.org/10.1016/0142-694X(91)90034-T

[16]. Stojanović D, Stamenović P. Non-linear model in architectural design for sustainable social housing: case study ovča housing project Belgrade. Open House International. 2015 Dec 1;40(4):30-6. Available at: https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/ohi-04-2015-b0006/full/html

[17]. Mills CB. Designing with models: a studio guide to architectural process models. John Wiley & Sons; 2011 Feb 2. Available at: https://books.google.com.om/books?hl=en&lr=&id=VihUDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA29&dq=linear+architectural+design+process+&ots=5FNvt5KbGP&sig=DlY9IKS5ZWqyD1kbnTVYNnLphok&redir_esc=y#v=onepage&q=linear%20architectural%20design%20process&f=false

[18]. Hettithanthri U, Hansen P, Munasinghe H. Exploring the architectural design process assisted in conventional design studio: a systematic literature review. International Journal of Technology and Design Education. 2023 Nov;33(5):1835-59. Available at: https://link.springer.com/article/10.1007/s10798-022-09792-9

[19]. Gholami H, Kamelnia H, Mahdavinejad M, Sangin H. Optimizing Building Configuration and Orientation for Social Housing Projects in Iran. *Iranica Journal of Energy & Environment*, 2025 Apr 1; 16(2): 289-308. https://doi.org/10.5829/ijee.2025.16.02.11 Available at: https://www.ijee.net/article_201206.html

[20]. Damir M, Oevermann H, Meyer M, Mahdavinejad M, Elmouelhi H. Sites of Modern Industrial Heritage in Egypt and Iran: Local, National, and International Relevance for Conservation and Reuse. *Docomomo Journal.* 2024 Jul 1(71):4-12. https://doi.org/10.52200/docomomo.71.02 Available at: https://docomomojournal.com/index.php/journal/article/view/467

[21]. 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 at:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X23008614?via%3Dihub

[22]. 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 at: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095263523000870?via%3Dihub

[23]. Mahdavinejad M, Bazazzadeh H, Mehrvarz F, Berardi U, Nasr T, Pourbagher S, Hoseinzadeh S. The impact of facade geometry on visual comfort and energy consumption in an office building in different climates. *Energy Reports.* 2024 Jun 1;11:1-7. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.11.021 Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484723015457?via%3Dihub

[24]. Mahdavinejad M, Bemanian M, Abolvardi G, Elhamian SM. Analyzing the state of seismic consideration of architectural non-structural components (ANSCs) in design process (based on IBC). *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment,* 2012 Jul 13;3(2):133-147. https://doi.org/10.12691/rse-2-1-7

[25]. Sorayaei T, Ranjbar E, Mahdavinejad M. A Systematic Review of Place-related Psychological Dimensions of Outdoor Thermal Comfort. *Urban Design Discourse, a Review of Contemporary Literature and Theories.* 2024 Feb 10;4(4):30-68. Available at: http://udd.modares.ac.ir/article-40-64865-en.html

[26]. Mahdavinejad M, Bitaab N. From Smart-Eco Building to High-Performance Architecture: Optimization of Energy Consumption in Architecture of Developing Countries. *E&ES*. 2017 Aug;83(1): 012020. https://doi.org/10.1088/1755-1315/83/1/012020 Available at: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/83/1/012020

[27]. Mahdavinejad M, Hosseini SA. Data mining and content analysis of the jury citations of the Pritzker Architecture prize (1977–2017). *Journal of Architecture and Urbanism.* 2019 Feb 1;43(1):71-90. https://doi.org/10.3846/jau.2019.5209

[28]. Omrani Azizabad S, Mahdavinejad M, Hadighi M. Three-dimensional embodied visibility graph analysis: Investigating and analyzing values along an outdoor path. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*. 2024 Dec 4:23998083241303199. https://doi.org/10.1177/23998083241303199 Available at: https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/23998083241303199

[29]. Mahdavinejad M, Javanroodi K. Natural ventilation performance of ancient wind catchers, an experimental and analytical study–case studies: one-sided, two-sided and four-sided wind catchers. *International journal of energy technology and policy,* 2014 Jan 1;10(1):36-60. https://doi.org/10.1504/IJETP.2014.065036 Available at: https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJETP.2014.065036

[30]. 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

[31]. 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 at: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710224024914

[32]. 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 at: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221209552400035X?via%3Dihub

[33]. Goudini J. Proposing a Holistic Definition of the Architecture Design Process. *he Monthly Scientific Journal of Bagh-e Nazar,* 2020; 17(91): 29-40. doi: 10.22034/bagh.2020.201047.4298. Available at: https://www.bagh-sj.com/article_118625_0.html?lang=en

[34]. Feizi M, Khakzand M. Design thinking in architectural design process. *The Monthly Scientific Journal of Bagh-e Nazar*, 2006; 2(4): 13-23. Available at: https://www.bagh-sj.com/article_126_245.html?lang=en

[35]. Ramezani M, Yazdanfar S, Sahragardmonfared N. Assessment of the Quality Components of Semi-Open Spaces in Contemporary Resindential Architecural Works. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2025 Jan 10;14(4):1-24. Available at: https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-74694-en.html

[36]. 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 at: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213138821009085?via%3Dihub

[37]. Faregh E, Panahi S, Lalbakhsh E, Rezaei M. Analyzing the concept of architectural Episteme in fusion with media in Anthropocene era. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2025 Jan 10;14(4):157-172. Available at: https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-76904-en.html

[38]. Mahdavinejad GH, Moshari M. A conceptual model of a healthy city with an emphasis on Islamic teachings: a healthy environment and spiritual well-being. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2024 Jan 10;14(3):125-146. Available at: https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-78031-en.html

[39]. Qandchi A, Behzadpour M, Kalantari M. The necessity and position of sensory mediator on the mind organization in the conceptualization process. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2024 Nov 10;14(3):1-28. Available at: https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-75303-en.html

[40]. 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

[41]. Tahmouri A, Mansouri B, Azizi S. Iconic Aspect of Technology in Production of Heritage of Contemporary Architecture. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning.* 2022 Sep 10;12(3):22-41. Available at: https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-61722-en.html

[42]. Tahmouri A, Mansouri B, Azizi S. The Effective aspects of New Technology in the Creation of the Facade of Contemporary Iconic Buildings. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2024 Mar 10;14(1):48-65. Available at: https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-70097-en.html

[43]. Medi H, Imani M. Biomimetic Technology and Learning from Nature. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2018; 8(1):47-55. Available at:

https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-26887-en.html

[44]. Mirgholami M, Toghraii A, Ghazipour S. Neoliberalization Process in Contemporary City: A Theoretical Model. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning.* 2017 Dec 10;7(3):35-47. [Persian] https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1396.7.3.6.5 https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-10650-en.html

[45]. Moghimi M. Survey about affection of devotion on the educational spaces forming in Iran in the Islamic period. *Naqshejahan - Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2017 Apr 10;7(1):49-58. Available at: http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-599-en.html

[46]. Mohamadzade R, Javanroudi K. Redesign of Collective and Private Spaces of Public Apartments to Enhancing Social Health in Iranian-Islamic Structure; Case study: Baharestan 2 complex, Sanandaj. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning.* 2016 Sep 10;6(2):36-47. [Persian] https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1395.6.2.7.7. Available at: https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-8717-en.html

[47]. Pourjafar M, Amini M, Varzaneh EH, Mahdavinejad M. Role of bazaars as a unifying factor in traditional cities of Iran: The Isfahan bazaar. *Frontiers of Architectural research,* 2014 Mar 1;3(1):10-9. https://doi.org/10.1016/j.foar.2013.11.001

[48]. Pourjafar M, Mahmoudinejad H, Ahadian O. Design with nature in bio-architecture with emphasis on the hidden rules of natural organism. *International Journal of Applied Science and Technology.* 2011 Jul;1(4):74-83. Available at: http://www.ijastnet.com/journals/Vol_1_No4_July_2011/9.pdf

[49]. Pourjafar M, Moradi A. Explaining design dimensions of ecological greenways. *Open Journal of Ecology.* 2015 Mar 5;5(03):66. https://doi.org/10.4236/oje.2015.53007

[50]. Pourjafar M R, Pourjafar A, Safdari S. Various Types of Islamic City and Pointing Out to Defining the Major Aspects of Ideal Islamic City. *Iran University of Science & Technology*. 2015;3 (3):1-17. [Persian] Available at: http://jria.iust.ac.ir/article-1-269-en.html

[51]. Pourjafar MR, Pourjafar A. Sustainable urban design; past, present & future case study: Darabad river valley. *Scientia Iranica*. 2016 Oct 1;23(5):2057-66. https://doi.org/10.24200/SCI.2016.2270. Available at: https://scientiairanica.sharif.edu/article_2270.html

[52]. Pourjafar MR, Pourjafar A. Sustainable urban design; past, present & future case study: Darabad river valley. Scientia Iranica. 2016 Oct 1;23(5):2057-66. https://doi.org/10.24200/SCI.2016.2270. Available at: https://scientiairanica.sharif.edu/article_2270.html

[53]. 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

[54]. 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

[55]. Saadatjoo P, Mahdavinejad M, Zhang G. A study on terraced apartments and their natural ventilation performance in hot

and humid regions. *Building Simulation*. 2018 Apr 1;11(2):359-372. Tsinghua University Press. https://doi.org/10.1007/s12273-017-0407-7 Available at: https://link.springer.com/article/10.1007/s12273-017-0407-7

[56]. Shams G, Moshari M. Health and Post-Corona: Air Filtration through Building Skins as Biological Membranes. *Naqshejahan - Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2022 Jan 10;11(4):44-59. [Persian] https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1400.11.4.3.2. Available at: https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-57478-en.html

[57]. 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 at: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213138821009085?via%3Dihub

[58]. 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 at: https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/OHI-02-2021-0031/full/html

[59]. Yousefian S, Pourjafar M, Mahdavinejad M, Moshfeghi M. Assessing the effects of urban canyon's open space and CO dispersion with using CFD. *Journal of Environmental Studies*, 2021 Nov 22;47(3):239-58. [Persian] https://doi.org/10.22059/jes.2021.327715.1008206. Available at: https://jes.ut.ac.ir/article_85977.html?lang=en

[60]. Zolfaghari far A, Yazdanfar S A, sahragard monfared N S. Evaluation of effective factors in the design of flexible small-scale houses with emphasis on new construction technologies; case study: Isfahan District 10. *Naqshejahan-Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*, 2023; 13(3):1-29. Available at: http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-64064-en.html

[61]. Saadatjoo P, Saligheh E. The Role of Buildings Distribution Pattern on Outdoor Airflow and Received Daylight in Residential Complexes; Case study: Residential Complexes in Tehran. *Naqshejahan - Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2021 Nov 10;11(3):67-92. [Persian] https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1400.11.3.4.1. Available at: https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-50471-en.html

[62]. Shaeri J, Mahdavinejad M, Zalooli A. Physico-mechanical and Chemical Properties of Coquina Stone Used as Heritage Building Stone in Bushehr, Iran. *Geoheritage*. 2022 Sep;14(3):1-11. https://doi.org/10.1007/s12371-022-00738-0

[63]. 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

[64]. 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 at: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778823002001?via%3Dihub

[65]. Taban M, Pourjafar M, Bemanian M, Heidari S. Determining optimal courtyard pattern in Dezful traditional houses by

relying on Shadow analysis. *The Monthly Scientific Journal of Bagh- E Nazar,* 2014;10(27):39-48. [Persian] Available at: http://www.bagh-sj.com/article_3966_2e59e42a03a9d2c16e39b2ddb134e6d5.pdf

[66]. 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 at: https://sace.ktu.lt/index.php/DAS/article/view/28576

[67]. Torabifar S, Suzanchi K. The Investigation, Classification, and Prioritization of Factors Affecting the Selection of Vertical Greenery Systems as Building Façade and Their Structural Components. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning.* 2021 Apr 10;11(1):64-82. [Persian] https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1400.11.1.3.6. Available at: https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-43708-en.html

[68]. Ziary S, Ziary K, Abdoli M. Analysis of Population Changes and Activity in Tehran Metropolis Exclusion zone and Its Management Requirements. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning.* 2016 Sep 10;6(2):73-85. [Persian] https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1395.6.2.4.4

[69]. Yazdani M, Ansari M, Pourjafar M. Urban living-lab as a way for cultural transition to green contemporization: An approach to sustainability; Case study: Jamaran neighborhood. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning.* 2022 Mar 10;12(1):20-40. https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1401.12.1.1.1. Available at: https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-55950-en.html

[70]. Yazhari Kermani A, Nasrollahi F, Mahdavinejad M. Investigation of the relationship between depth of overhang and amount of daylight indicators in office buildings of Kerman city. *Environmental Health Engineering and Management Journal,* 2018; 5(3): 129-36. https://doi.org/10.15171/EHEM.2018.18

[71]. Zafarmandi S, Mahdavinejad M, Norford L, Matzarakis A. Analyzing Thermal Comfort Sensations in Semi-Outdoor Space on a University Campus: On-Site Measurements in Tehran's Hot and Cold Seasons. *Atmosphere*. 2022 June 22;13, 1034. https://doi.org/10.3390/atmos13071034

[72]. Zandieh M, Eghbali S R, Hessari P. The Approaches towards Designing Flexible Housing. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning.* 2011 Oct 10;1(1):95-106. [Persian] https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1390.1.1.4.7

[73]. Mahdavinejad M. Education of Architectural Criticism. *HONAR-HA-YE-ZIBA,* 2005; 23(23): 69-76. [Persian] Available at: https://journals.ut.ac.ir/article_10716_617fad24a868a77cfa080aa5833a1b2c.pdf

[74]. Mahdavinejad M, Zia A, Larki AN, Ghanavati S, Elmi N. Dilemma of green and pseudo green architecture based on LEED norms in case of developing countries. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 2014 Dec 1;3(2):235-46. https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2014.06.003 Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212609014000351?via%3Dihub

[75]. Parsons G. Fact and function in architectural criticism. *The Journal of Aesthetics and Art Criticism.* 2011 Feb;69(1):21-9. https://doi.org/10.1111/j.1540-6245.2010.01443.x

[76]. Cross N, Christiaans H, Dorst K. Design expertise amongst student designers. *Journal of Art & Design Education,* 1994;

13(1): 39-56. https://doi.org/10.1111/j.1476-8070.1994.tb00356.x

[77]. Cross N. Designerly ways of knowing. *Design studies,* 1982; 3(4): 221-7. https://doi.org/10.1016/0142-694X(82)90040-0

[78]. Cross N. Designerly ways of knowing: Design discipline versus design science. *Design issues*. 2001 Jul 1;17(3):49-55. https://www.jstor.org/stable/1511801