Cult Islam Archit Urban, 2024; 9 (2): 1-24

Tabriz Islamic Art University 1999

CULTURE OF ISLAMIC ARCHITECTURE AND URBANISM

DOI : https://dx.doi.org/10.61186/ciauj.9.2.1

The Culture of Islamic Architecture & Urbanism

Original Paper **Open Access**

Innovative Strategies in Smart Building Design: Evolution through Scenario planning in the Architecture Industry

Siamak Nabeghvatan[1] , Roshanak Nabeghvatan[2] *

1. PhD Candidate of Industrial Management, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2. PhD Student of Architectural Design, Yıldız Technical University, İstanbul, Turkey

Received: 2024/06/22 **Accepted: 2024/09/24**

Abstract

The integration of smart technologies in modern buildings has revolutionized the way buildings are designed, constructed, and operated. However, rapid advancements in smart building technologies have posed complex challenges, particularly in integrating and effectively utilizing these technologies to maximize building efficiency, sustainability, and user comfort. This research aims to enhance understanding of this issue by elucidating the benefits and potential applications of scenario planning as a strategic tool in designing smart buildings. Key questions addressed include: How can scenario planning be used to address the integration challenges of smart technologies? What are the critical drivers influencing smart building design? By employing scenario-based approaches to create more housing using new technologies and improve residential quality of life, this study identifies key drivers: "Legal and Social Framework" and "Technology Acceptance and Integration" through expert consultations and the Intuitive Logic Scenario Planning method. This led to the development of four scenarios: the Coordinated Horizon Scenario, the Disruptive Crossroads Scenario, the Renaissance of Regulations Scenario, and the Resilience and Recession Scenario. After comprehensive scenario development, an analysis of the strengths, weaknesses, opportunities, and threats of each scenario was conducted, yielding key insights. Ultimately, based on the results obtained, a comprehensive and coherent approach for innovative strategies in designing smart buildings was presented, encompassing important options such as prioritizing user-centered design principles, supporting regulatory frameworks, embracing continuous learning, adaptability, and agility, promoting social justice and equal opportunities, and enhancing resilience to crises.

Keywords: Scenario, Smart building, Technology, Design, Architecture Industry

*- corresponding author: roshanak.nabeghvatan@std.yildiz.edu.tr, roshanaknv13@yahoo.com

©2024 by the Authours.This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license)
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]

Introduction

In recent decades, the emergence of artificial intelligence and the Internet of Things (IoT) has transformed various industries, particularly construction. The adoption of methodologies like scenario planning in smart building design enables the formulation of novel strategies by analyzing diverse situations. This research investigates the evolution and significance of implementing innovative strategies in smart building design through scenario planning.

The integration of smart technologies into modern buildings has revolutionized their design, construction, and operational processes. However, the rapid advancements in smart building technologies has also introduced complex challenges, particularly in the effective integration and utilization of these technologies to maximize building efficiency, sustainability, and user comfort (Minoli et al., 2017).The central problem addressed in this research is the limited understanding and application of scenario planning in smart building design strategies. While extensively utilized in fields like business and military planning, its potential for smart building design remains underexplored. This study aims to bridge this gap by elucidating the benefits and applications of scenario planning as a strategic tool for designing smart buildings.

Methodology

The research methodology employed in this study aimed to explore innovative strategies in smart building design and trace their evolution through scenario planning in the architecture industry. This section outlines key components of the research design, including the research approach, data collection methods, data analysis techniques, and ethical considerations. A qualitative research approach was utilized to gain an in-depth understanding of innovative strategies and the role of scenario planning in the architecture industry. Scenario planning is a strategic foresight technique that explores multiple plausible future scenarios to inform present decision-making, making it valuable for anticipating future trends, challenges, and opportunities in smart building design. The intuitive logics scenario planning method emphasizes expert involvement in constructing and validating future scenarios, making it effective for addressing complex environments (Bradfield et al., 2016).

The method begins with conducting field studies and reviewing existing research to identify drivers impacting smart building design. A team of specialists in architecture and urban planning is assembled to examine these key drivers. Critical factors influencing future developments are identified, followed by the creation of coherent scenarios based on these drivers. The implications of each scenario are analyzed to understand potential consequences associated with different paths. Insights gained from these scenarios inform strategic planning and decision-making processes. Finally, the implementation and monitoring phase ensures that developed strategies are effectively executed while proposing innovative strategies for smart building design.

Results

The research process commenced with the formation of a multidisciplinary team comprising architects, engineers, urban planners, and experts in smart building technologies. This collaborative approach ensured a comprehensive understanding of the various factors influencing smart building design and enabled the exploration of innovative solutions from different perspectives. The selected team included two architects, one structural engineer, two urban planners, one technologist, and two sustainability experts.

The primary aim was to identify evolving trends and challenges in the architecture industry related to smart building design and propose innovative strategies to address them. By establishing clear objectives, a framework for the research was created to guide subsequent actions. An extensive review of existing literature on smart building design, architecture, and scenario planning was conducted. This review yielded insights into the current state of the industry, identified knowledge gaps, and highlighted the potential benefits of scenario planning in this context.The architecture industry is experiencing a paradigm shift

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]

driven by advancements in technology, sustainability concerns, and changing user expectations. Based on literature reviews and expert consultations, several primary driving forces were identified. For instance, the integration of IoT and AI applications in smart buildings is crucial for optimizing energy management and efficiency (Minoli et al., 2017; Alahi et al., 2023).

Through field studies and PESTLE analysis, key trends and drivers were identified. These included the integration of IoT for enhanced connectivity, a focus on sustainable design incorporating renewable energy sources, data-driven decision-making through real-time performance metrics, adaptive building systems that optimize energy consumption, user-centric design emphasizing occupant comfort, enhanced connectivity through robust communication infrastructure, AI applications for operational efficiency, privacy and security measures for data protection, flexibility in building designs to accommodate changing needs, health and wellness considerations in design features, interoperability for seamless integration of devices, urban integration contributing to sustainable development, energy management strategies aimed at optimizing usage, life cycle assessments for minimizing environmental impact, regulatory compliance to adhere to evolving standards, technology adoption rates impacting implementation success, economic factors influencing market dynamics, and social factors shaping user preferences. After evaluating these driving forces with expert input using a scoring system based on uncertainty and impact dimensions, two key driving forces emerged: "Regulatory and Societal Framework" and "Technology Adoption and Integration." These driving forces served as a foundation for constructing four distinct scenarios that explore various future pathways for smart building design.

Discussion

The findings from the scenario planning exercise reveal critical insights into the challenges and opportunities facing smart building design. The first scenario, "Harmonious Horizon," illustrates an ideal future where technology adoption aligns positively with regulatory and societal frameworks, fostering innovation and progress. In this scenario, strengths such as widespread acceptance of smart technologies and supportive regulations create opportunities for the seamless integration of IoT, AI, and user-centric designs. Conversely, the second scenario, "Disruptive Dilemma," highlights the rapid technological advancements that are hindered by negative regulatory frameworks. While cutting-edge technologies promise efficiency gains, weaknesses such as data privacy concerns and societal resistance pose significant barriers. The third scenario, "Regulatory Renaissance," presents a situation where favorable regulations exist but are not matched by technological adoption. This scenario emphasizes opportunities for pilot projects and industry collaborations to overcome resistance. The fourth scenario, "Stagnant Standstill," encapsulates the most significant challenges for innovative strategies. Here, both technology adoption and regulatory frameworks are unfavorable, leading to stagnation in progress.

To navigate these complexities effectively, a holistic and adaptable strategy is essential. This strategy should prioritize multi-stakeholder collaboration through public-private partnerships, ensuring alignment among technology providers, building owners, regulatory bodies, and end-users. Emphasizing user-centric design principles will enhance occupant comfort while addressing data privacy concerns through transparent communication.

Conclusion

Developing industry-wide standards will facilitate interoperability among smart building technologies, enabling seamless integration. Implementing pilot projects can showcase the benefits of smart solutions, fostering trust among stakeholders. Continuous engagement with policymakers is crucial to advocate for supportive regulatory frameworks that promote innovation while ensuring sustainability. In conclusion, the strategic framework presented offers a pathway toward achieving a sustainable and user-centric built environment. By fostering collaboration, prioritizing user needs, developing standards, demonstrating value through pilot projects, advocating for supportive regulations, and committing to continuous improvement,

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]

this industry can unlock the full potential of smart buildings. Future research directions should focus on in-depth case studies and explore innovative business models to further refine these strategies

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]

فرهنگ معماری و شهرسازی اسلامی، ۱۴۰۳؛ ۹ (۲) :۲۴-۱

فرهنگ معماری و شهرسازی اسلامی

DOI : https://dx.doi.org/10.61186/ciauj.9.2.1

مقاله پژوهشی

دسترسی آزاد

استراتژی‌های نوآورانه در طراحی ساختمان‌های هوشمند: با توسعه از طریق برنامه‌ریزی سناریو در صنعت معماری

سیامک نابغ وطن[۱] و روشنک نابغ وطن[۲]*

۱. دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۲. دانشجوی دکتری طراحی معماری، دانشگاه فنی ییلدیز، استانبول، ترکیه

دریافت : ۱۴۰۳/۴/۲ پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۳

چکیده

ادغام فناوری‌های هوشمند در ساختمان‌های مدرن نحوه طراحی، ساخت و بهره‌برداری از ساختمان‌ها را متحول کرده است. با این حال، پیشرفت‌های سریع در فناوری‌های ساختمان‌های هوشمند چالش‌های پیچیده‌ای را به‌وجود آورده است، به‌ویژه این امر در ادغام و استفاده مؤثر از این فناوری‌ها برای به حداکثر رساندن کارایی ساختمان، پایداری و راحتی کاربران رخ داده است. این پژوهش با هدف افزایش درک این مسئله از طریق روشن‌سازی مزایا و کاربردهای بالقوه برنامه‌ریزی سناریو به عنوان یک ابزار استراتژیک در طراحی ساختمان‌های هوشمند انجام شده است. سئوالات کلیدی مطرح شده شامل: چگونه می‌توان از برنامه‌ریزی سناریو برای رفع چالش‌های ادغام فناوری‌های هوشمند استفاده کرد؟ پیشران‌های حیاتی تأثیرگذار بر طراحی ساختمان‌های هوشمند کدام هستند؟ با استفاده از رویکردهای مبتنی بر سناریو برای ایجاد مسکن بیشتر با استفاده از فناوری‌های جدید و بهبود کیفیت زندگی مسکونی، این پژوهش، پیشران‌های کلیدی «چارچوب مقرراتی و اجتماعی» و «پذیرش و ادغام فناوری» را از طریق مشاوره با خبرگان و روش برنامه‌ریزی سناریوی منطق شهودی شناسایی کرده است. این فرآیند منجر به توسعهٔ چهار سناریو شد: سناریوی افق هماهنگ، سناریوی دوراهی مختل شده، سناریوی رنسانس مقررات و سناریوی ایستایی و رکود. پس از توسعهٔ جامع سناریوها، تجزیه و تحلیل نقاط قوت، ضعف‌ها، فرصت‌ها و تهدیدهای هر سناریو انجام شد که بینش‌های کلیدی را به دست آورد. در نهایت، بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، رویکردی جامع و منسجم برای استراتژی‌های نوآورانه در طراحی ساختمان‌های هوشمند ارائه شده است. این رویکرد بر گزینه‌های مهمی از جمله: اولویت‌بندی اصول طراحی کاربر محور، حمایت از چارچوب های مقرراتی حمایتی، پذیرش یادگیری مستمر، انطباق‌پذیری و چابکی، ترویج عدالت اجتماعی و فرصت‌های برابر، و افزایش تاب‌آوری در برابر بحران‌ها در طراحی ساختمان‌های هوشمند تأکید دارد.

واژگان کلیدی

سناریو، ساختمان هوشمند، فناوری، طراحی، صنعت معماری.

* – آدرس رایانامه: roshanak.nabeghvatan@std.yildiz.edu.tr , roshanaknv13@yahoo.com

©2024 by the Authours.This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license)
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]

۱. مقدمه

در دهه‌های اخیر، توسعهٔ هوش مصنوعی و اینترنت اشیا مزایای چشمگیری برای صنایع مختلف، به خصوص صنعت ساخت‌وساز، به همراه داشته‌است. استفاده از روش‌های نوآورانه مثل سناریونویسی در طراحی ساختمان‌های هوشمند، امکان تدوین استراتژی‌های جدید برای آینده ساختمان‌ها را از طریق تحلیل و شبیه‌سازی موقعیت‌ها و شرایط مختلف فراهم می‌کند. این پژوهش به بررسی تحول و اهمیت اجرای استراتژی‌های نوآورانه در طراحی ساختمان‌های هوشمند با استفاده از رویکرد سناریونویسی می‌پردازد. ادغام فناوری‌های هوشمند در ساختمان‌های مدرن، نحوهٔ طراحی، ساخت و بهره‌برداری از ساختمان‌ها را متحول کرده است. با این حال، پیشرفت سریع در فناوری‌های ساختمان هوشمند، نیز چالش‌های پیچیده‌ای را به همراه داشته است، خصوصاً در زمینهٔ یکپارچه‌سازی مؤثر و استفاده از این فناوری‌ها برای به حداکثر رساندن بهره‌وری، پایداری و راحتی کاربران (Minoli et al., 2017). روش‌های طراحی و ساخت سنتی، اغلب برای مقابله با این چالش‌ها ناکافی هستند و نیاز به استراتژی‌های نوآورانه را ضروری می‌کنند.

بیان مسئله، حول محور درک محدود و کاربرد سناریونویسی در زمینهٔ استراتژی‌های طراحی ساختمان‌های هوشمند می‌چرخد. در حالی که سناریونویسی به طور گسترده در زمینه‌های مختلفی مانند برنامه‌ریزی تجاری و نظامی استفاده شده است، پتانسیل آن در اطلاع‌رسانی به طراحی ساختمان‌های هوشمند نسبتاً کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. این پژوهش به منظور پر کردن این شکاف، به تبیین مزایا و کاربردهای سناریونویسی به عنوان یک ابزار استراتژیک در طراحی ساختمان‌های هوشمند می‌پردازد و تلاش می‌کند بینش‌های ارزشمندی را برای معماران، مهندسان و ذی‌نفعان درگیر در پروژه‌های توسعهٔ ساختمان‌های هوشمند فراهم کند.

به گزارش آژانس بین‌المللی انرژی، ساختمان‌های هوشمند می‌توانند مصرف انرژی را تا ۲۰ –۳۰ درصد کاهش دهند. پژوهشی توسط شورای جهانی ساختمان سبز نشان داد که ساختمان‌های هوشمند می‌توانند بهره‌وری را تا ۱۵ درصد افزایش دهند. در یک نظرسنجی از شرکت‌های با عملکرد بالا که در ارتقاء فناوری سرمایه‌گذاری کرده‌اند، نتایج قابل توجهی حاصل شده است: ۸۰% بهبود چشمگیری در مدیریت پروژه و ۷۰% بهبود قابل توجهی در فرآیندهای مالی خود گزارش داده‌اند (Benavente-Peces, 2019). این آمارها نشان‌دهندهٔ تأثیر مثبت ساختمان‌های هوشمند بر صنعت معماری و پتانسیل افزایش بهره‌وری، کارایی انرژی، و بازده مالی برای شرکت‌های سرمایه‌گذار در این فناوری است. ساختمان‌های هوشمند دارای ویژگی‌های بسیاری هستند که برای بهبود معماری خانه و ایمنی و راحتی ساکنان بسیار مهم به شمار می‌آیند. شکل ۱ برخی از این ویژگی‌ها را نشان می‌دهد.

شکل ۱: ویژگی‌های ساختمان هوشمند (Zhuang et al., 2020)

۲. مبانی نظری

در ابتدای پژوهش، لازم است به این سئوالات پاسخ داده شود: چگونه می‌توان از سناریونویسی برای مقابله با چالش‌های یکپارچه‌سازی فناوری‌های هوشمند استفاده کرد؟ چه عوامل بحرانی بر طراحی ساختمان‌های هوشمند تأثیر می‌گذارند؟ نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای سناریوهای مختلف چیست؟ نقش چارچوب‌های مقرراتی حمایتی چیست؟ چگونه می‌توان یادگیری مداوم، سازگاری و چابکی را بالا برد؟ و در نهایت، چه رویکردهای جامع و همگرا را می‌توان برای استراتژی‌های نوآورانه در طراحی ساختمان‌های هوشمند توصیه کرد؟ با بررسی این سئوالات، اهداف پژوهش واضح‌تر می‌شود.

هدف اصلی این پژوهش، استفاده از رویکردهای مبتنی بر سناریو در طراحی ساختمان‌های هوشمند به منظور ایجاد مسکن بیشتر با استفاده از فناوری‌های جدید و بهبود کیفیت

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]

زندگی مسکونی است. با تمرکز بر استراتژی‌های نوآورانه در طراحی ساختمان‌های هوشمند، پژوهش به دنبال افزایش کارایی و اثربخشی کلی صنعت مسکن است. این شامل بررسی پتانسیل رویکردهای مبتنی بر سناریو برای بهینه‌سازی مدیریت پروژه و فرآیندهای مالی، و همچنین شناسایی و رسیدگی به چالش‌ها و فرصت‌های احتمالی در اجرای فناوری‌های ساختمان هوشمند می‌شود. پژوهش همچنین تأثیر این استراتژی‌ها را بر کاهش مصرف انرژی، بهبود بهره‌وری، رشد بازار و مزایای مالی در صنعت معماری، مورد بررسی قرار می‌دهد. در نهایت، این پژوهش به دنبال کمک به توسعهٔ راه‌حل‌های مسکن پایدار و با کیفیت بالا است که می‌توانند پاسخگوی تقاضای رو به رشد برای ساختمان‌های هوشمند در آینده باشند.

هدف اصلی پروژهٔ پژوهشی، توسعهٔ استراتژی‌های نوآورانه در طراحی ساختمان‌های هوشمند با استفاده از سناریونویسی برای بهبود استانداردهای کسب و کار و روابط مشتری است. سه هدف فرعی عبارت هستند از: ارتقاء کیفیت و کارایی مسکن با استفاده از رویکردهای مبتنی بر سناریو در طراحی ساختمان‌های هوشمند، بررسی پتانسیل سناریونویسی در بهبود استانداردهای کسب و کار و روابط مشتری در زمینهٔ طراحی ساختمان‌های هوشمند. در حوزه طراحی ساختمان‌های هوشمند، پژوهش، نقش محوری در شکل‌گیری آیندهٔ چشم‌اندازهای شهری دارد. ظهور استراتژی‌های نوآورانه نحوهٔ مفهوم‌سازی، ساخت و بهره‌برداری از ساختمان‌ها را متحول کرده است (Umoh et al., 2024). رویکرد مبتنی بر سناریو در پژوهش در این حوزه به دلایل متعددی مانند پیش‌بینی نیازهای آینده، بهینه‌سازی استفاده از منابع، بهبود تجربهٔ کاربران، کاهش ریسک‌ها و عدم قطعیت‌ها و تسهیل پیشرفت صنعت، اهمیت دارد.

در بخش سوم، ادبیات پژوهش مرور می‌شود و پژوهش‌های مختلف در مورد استراتژی‌های نوآورانه در طراحی ساختمان‌های هوشمند بررسی می‌شوند. در بخش چهارم، روش پژوهش ارائه می‌شود. موضوعات مختلف مرتبط با استراتژی‌های نوآورانه در طراحی ساختمان‌های هوشمند و سناریونویسی با روش سناریونویسی منطق شهودی به همراه مدل مفهومی پژوهش، در این بخش ارائه می‌شود. بخش پنجم به یافته‌های پژوهش اختصاص دارد. در این بخش، با کمک خبرگان، عدم قطعیت‌های پژوهش به دست می‌آید و در نهایت دو پیشران اصلی برای سناریونویسی انتخاب می‌شوند. در ادامه، ۴ سناریو به دست می‌آید و با کمک پیشینهٔ پژوهش و مطالعات میدانی به ترتیب ارزیابی می‌شوند تا در نهایت امتیازات مربوط به استراتژی‌های نوآورانه در طراحی ساختمان‌های هوشمند به دست آید. در بخش ششم و نهایی، نتیجه‌گیری پژوهش ارائه می‌شود و یافته‌های پژوهش مورد بحث قرار می‌گیرند و پیشنهاداتی ارائه می‌شود.

۳. پیشینه پژوهش

اقبال و همکاران، پژوهشی در زمینهٔ توسعهٔ یک پلتفرم اینترنت اشیای قابل همکاری برای سیستم‌های خانه هوشمند انجام داده‌اند که از فناوری‌های وب اشیا و فضای ابری استفاده می‌کند. این مطالعه، بر طراحی یک پلتفرم اینترنت اشیا منعطف و متصل برای محیط‌های خانه هوشمند تمرکز دارد که هدف آن تسهیل ارتباط و تبادل داده‌ها بوده است (Iqbal et al., 2018). در مطالعه‌ای دیگر، سیتون و همکاران ترکیب رایانش لبه، اینترنت اشیا و محاسبات اجتماعی را در زمینهٔ برنامه‌های هوشمند انرژی بررسی کرده‌اند. این پژوهش، بر کاربرد رایانش لبه و پیشرفت‌های اینترنت اشیا در استفاده از محاسبات اجتماعی برای بهینه‌سازی مدیریت انرژی در محیط‌های هوشمند تأکید دارد (Sittón-Candanedo et al.,2019). راجو و همکاران، پژوهشی در زمینهٔ طراحی، پیاده‌سازی و تحلیل قدرت دستگاه‌های روشنایی هوشمند و هشداردهی سازگار و فراگیر در کشورهای در حال توسعه انجام داده‌اند. تمرکز اصلی این پژوهش، بر استقرار سیستم‌های روشنایی و هشداردهی هوشمند سازگار در مناطق در حال توسعه، و هدف اصلی آن بهبود راه‌حل‌های روشنایی کارآمد انرژی بوده است (Sambandam Raju et al., 2019). حکیمی و حسن‌خانی، به موضوع مدیریت انرژی هوشمند در ساختمان‌های هوشمند خارج از شبکه پرداخته‌اند و بر تعامل و بهینه‌سازی منابع انرژی تأکید کرده‌اند. هدف این مطالعه، دستیابی به مصرف انرژی پایدار در ساختمان‌های هوشمند خارج از شبکه از طریق استراتژی‌های مدیریت انرژی مؤثر بوده است (Hakimi & Hasankhani, 2020).

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]

دای و همکاران، مروری بر استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین در پیش‌بینی رفتارهای اشغال فضای پنجره‌ها در ساختمان‌های هوشمند انجام داده‌اند. این مرور، عمدتاً بر استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین برای پیش‌بینی حضور انسان و عملیات قرارگیری پنجره‌ها تمرکز داشته است که به بهبود کارایی انرژی و عملیات ساختمان کمک می‌کند (Dai et al., 2020). جایشانکارا و همکاران، مدل یادگیری عمیق ترکیبی را پیشنهاد کرده‌اند که شبکه‌های عصبی کانولوشن و شبکه‌های عصبی بازگشتی را ترکیب می‌کند تا مصرف انرژی ساعتی در ساختمان‌های هوشمند را پیش‌بینی کند. هدف اصلی این پژوهش، بهبود مدیریت انرژی با استفاده از پتانسیل هوش مصنوعی و فناوری‌های اینترنت اشیا بوده است. نتایج تجربی، دقت بالای ۹۷٪ این مدل را در مقایسه با تکنیک‌های موجود نشان داده است، که پتانسیل آن را برای مدیریت کارآمد انرژی در ساختمان‌های هوشمند تأیید می‌کند (Jayashankara et al., 2023). گالان، تحقیقی انجام داد که به احتمال زیاد به تحلیل داده‌های بزرگ و سیستم‌های فناوری اینترنت اشیا موجود برای کنترل داده‌های محیطی در ساختمان‌های هوشمند پرداخته است. تمرکز اصلی این پژوهش، بر استفاده از داده‌های بزرگ و اینترنت اشیا برای کنترل مؤثر داده‌های محیطی بوده است که می‌تواند به بهبود مدیریت انرژی و پایداری در ساختمان‌های هوشمند منجر شود (Galán-Madruga, 2023). آپاناویچینه و شهرابانی عوامل کلیدی فناوری را که بر یکپارچگی ساختمان‌های هوشمند در شهرهای هوشمند تأثیر می‌گذارند، بررسی کرده‌اند. این تحقیق، احتمالاً به جنبه‌های فنی که تسهیل یکپارچگی ساختمان‌های هوشمند را در چارچوب گسترده‌تر شهرهای هوشمند ممکن می‌سازد، پرداخته و چالش‌ها و فرصت‌های موجود در این حوزه را مورد بررسی قرار داده است (Apanavičienė & Shahrabani, 2023).

یوسون، با توسعهٔ یک چارچوب جامع معماری برای سیاست نوآوری به دنبال غلبه بر محدودیت‌های مدل‌های نوآوری موجود بود. این پژوهش، بر شناسایی عناصر ضروری برای درج در سیاست نوآوری و پیشنهاد استراتژی‌هایی برای اجرای آن‌ها تمرکز داشت (Yawson, 2021). الدخیل و همکاران، تحقیقی دربارهٔ مفهوم هوشمندی در محیط ساخته شده، انجام داده‌اند و ویژگی‌ها، عملکردها و فناوری‌های اصلی ساختمان‌های هوشمند را برجسته کرده‌اند. این پژوهش، همچنین چالش‌های بالقوه در برنامه‌های نوسازی هوشمند را مورد بحث قرار داده است. علاوه بر این، در پژوهش، به بررسی شاخص‌های کلیدی عملکرد موجود برای اندازه‌گیری عملکرد و موفقیت ساختمان‌های هوشمند پرداخته شده است. همچنین در پژوهش، بیان شده است که نیاز به توسعهٔ یک استراتژی نوآورانه برای بهبود نوآوری انرژی و فناوری، پایه‌های بهبود هوشمندی ساختمان‌ها را تشکیل داده است. در نتیجه، مجموعه‌ای از ۹ گروه از شاخص‌های عملکرد نماینده برای ساختمان‌های هوشمند توسعه یافته‌است (Al Dakheel et al., 2020). شینده و همکاران، مدل طبقه‌بندی انرژی ساختمان از پایین به بالا را به عنوان یک ابزار ارزشمند برای ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی مواد ساختمانی و تأثیرات عملیاتی در ساختمان‌های مسکونی، به ویژه در سوئیس، معرفی کرده‌اند. کاربرد عملی این مدل و اهمیت اطلاعات دقیق مواد در ارزیابی چرخهٔ حیات ساختمان‌ها برجسته شده‌است، که پتانسیل آن را برای بهبود دقت ارزیابی‌های زیست‌محیطی و ترویج سناریوهای مدیریتی ساختمان‌های پایدارتر، نشان می‌دهد (Shinde et al., 2024). طهماسبی‌نیا و همکاران، تحلیلی جامع ارائه داده‌اند که به بررسی یکپارچگی طراحی معماری و تحلیل ساختاری پیشرفته برای سازه‌های فولادی–شیشه‌ای پرداخته‌است. این مطالعه، از طریق یک مطالعه تطبیقی از سناریوهای موردی مختلف، بینش‌های ارزشمندی را در مورد کاربردهای بالقوه و جهت‌گیری‌های تحقیقاتی آینده در این حوزه، ارائه داده است (Tahmasebinia et al., 2023). چوبوک در تحقیق خود به بررسی جامع یکپارچگی موضوعات کاربر محور و بهبود تجربهٔ کاربری در طراحی معماری از طریق پذیرش تکنیک‌های برنامه‌ریزی سناریوی معاصر پرداخته‌است. در این پژوهش، بینش‌های ارزشمندی برای بهبود تجربه کاربری و ترویج رویکردهای کاربر محور در طراحی معماری ارائه شده‌است (Cubuk, 2023). ابوالوفا و همکاران، اهمیت یک ابزار برنامه‌ریزی استراتژیک را برای برنامه‌ریزان شهری به منظور ارزیابی تأثیر استراتژی‌های توسعهٔ شهری بر محیط زیست و معماران، برجسته کرده‌اند. استفاده از این مدل در آدیس‌آبابا، بینش‌های ارزشمندی

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]

در مورد تأثیرات سناریوهای رشد شهری ارائه می‌دهد و از تصمیم‌گیری آگاهانه در فرآیندهای برنامه‌ریزی شهری پشتیبانی می‌کند (Abo-El-Wafa et al., 2018).

هان و همکاران، سیاست‌ها برای ساختمان‌های پیش‌ساخته را دسته‌بندی کرده و یک مدل دینامیک سیستم برای تحلیل تأثیر انواع مختلف سیاست‌ها بر سیستم توسعهٔ ساختمان‌های پیش‌ساخته ارائه داده‌اند. از طریق شبیه‌سازی سناریوها، این مطالعه، به دنبال کشف مکانیسم‌هایی است که از طریق آن‌ها سیاست‌های مختلف بر توسعهٔ ساختمان‌های پیش‌ساخته تأثیر می‌گذارند (Han et al., 2023). جونگ و همکاران، ارزیابی جامعی از ساختمان‌های انرژی صفر در سناریوهای انرژی مختلف (بر پایه هیدروژن و برق) در کرهٔ جنوبی ارائه داده‌اند. این مطالعه به درک جنبه‌های انرژی، زیست‌محیطی و اقتصادی توسعه پایدار ساختمان کمک می‌کند و بینش‌های ارزشمندی برای تدوین سیاست‌ها و روش‌های ساخت‌وساز پایدار فراهم می‌کند (Jung et al., 2023). پیچوگین و کلاچکو، در تحقیق خود بر پیش‌بینی و تحلیل سناریوهای بالقوه حادثه در ساختمان‌های فلزی خودقاب، با تأکید بر ایمنی، قابلیت اطمینان و کاهش ریسک تمرکز کرده‌اند. این تحقیق، اهمیت پیش‌بینی حوادث و ارزیابی ریسک پیشگیرانه را برای اطمینان از ایمنی و قابلیت اطمینان سازه‌ها برجسته می‌کند و بینش‌های ارزشمندی برای صنعت ساخت‌وساز ارائه می‌دهد. (Pichugin & Klochko, 2020) شاهارالدین و همکاران، مروری نظام‌مند بر کاربرد سنسورهای اینترنت اشیا در سناریوهای خطر حریق داخلی در ساختمان‌های هوشمند انجام داده‌اند. یکپارچگی سنسورهای اینترنت اشیا با هوش مصنوعی، یادگیری عمیق مزایای فراوانی را در مقابله با خطرات حریق داخلی ارائه می‌دهد و ایمنی ساختمان‌های هوشمند را بهبود می‌بخشد (Shaharuddin et al., 2023). آناستازی و همکاران، یک روش جامعی را برای کنترل بهینه پارامترهای ایمنی، راحتی و مصرف انرژی در ساختمان‌های هوشمند مشترک با تمرکز بر چالش‌های ناشی از سناریوی کووید ۱۹ ارائه کرده‌اند. بینش‌های این مطالعه، به پیشرفت روش‌های مدیریت در ساختمان کمک می‌کند و بر اقدامات پیشگیرانه در پاسخ به نیازهای در حال تغییر تأکید دارد (Anastasi et al., 2021). کومار و همکاران، توسعهٔ یک معماری ساختمان هوشمند امن و کارآمد از نظر انرژی با استفاده از فناوری اینترنت اشیا را بررسی کرده‌اند. تأکید این مطالعه بر کارایی انرژی، امنیت و مدیریت فناوری کارآمد اهمیت عملی آن را برای روش‌های ساخت‌وساز پایدار و مدیریت زیرساخت‌ها برجسته می‌کند (Kumar et al., 2021).

بیبری، یک چارچوب روش‌شناختی برای مطالعات آینده‌نگاری ارائه داده‌است که رویکردهای سناریوپیش‌نگر هنجاری و طراحی مطالعه موردی توصیفی را برای برنامه‌ریزی شهر هوشمند پایدار یکپارچه می‌کند. یکپارچگی سناریو پیش‌نگر هنجاری و طراحی مطالعه موردی، به برنامه‌ریزی استراتژیک شهری و روش‌های توسعهٔ پایدار شهری کمک می‌کند (Bibri, 2020). یانگ و همکاران، خلاصه و تحلیلی از مطالعات مربوط به شهرهای هوشمند ارائه داده‌اند که بر سناریوها، معماری، فناوری‌ها، چالش‌ها و مطالب آموخته شده، تمرکز دارد. این تحقیق، به پوشش سناریوهای مختلف شهر هوشمند از جمله حمل‌ونقل، ایمنی عمومی، بهداشت، گردشگری، سرگرمی و آموزش می‌پردازد. علاوه بر این، معماری و فناوری‌های مربوط به شهرهای هوشمند با فناوری جی ۵ را بررسی می‌کند (Yang et al., 2022). ابولور، به بررسی یکپارچگی نوآوری در شهرهای هوشمند پایدار پرداخته است و بر رویکرد سناریوپیش‌نگر برای برنامه‌ریزی آیندهٔ شهر تأکید می‌کند. این مطالعه، بینش‌هایی عملی را برای توسعهٔ شهری پایدار و نوآوری ارائه می‌دهد که با اهداف شهرهای مقاوم و پایدار محیطی و اقتصادی هم‌سو است (Ebolor, 2023). آلاهی و همکاران، به بررسی جامع یکپارچگی فناوری‌های مبتنی بر اینترنت اشیا و هوش مصنوعی در سناریوهای شهر هوشمند پرداخته‌اند و مزایا و روندهای آیندهٔ توسعهٔ شهر هوشمند را برجسته کرده‌اند. این مطالعه، تأثیر مثبت فناوری‌های اینترنت اشیا و هوش مصنوعی را بر محیط‌های شهری و رفاه ساکنان برجسته کرده و همچنین به پتانسیل شبکه‌های جی ۵ همراه با هوش مصنوعی پرداخته است. این پژوهش، همچنین به چالش‌ها، محدودیت‌ها و توصیه‌هایی برای تحقیقات و توسعه آینده پرداخته است (Alahi et al., 2023). بوکولو، توانمندسازهای خدمات مبتنی بر داده در شهرهای هوشمند را شناسایی کرده و معماری برای مدیریت داده‌های شهری پیشنهاد داده است. یافته‌ها، رهنمودهایی برای شهرداری‌ها

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]

درجهت بهبود خدمات مبتنی بر داده در برنامه‌ریزی و طراحی شهر هوشمند ارائه می‌دهند (Bokolo, 2023). پائس و همکاران، سناریوهای حاضر و آینده شهرهای هوشمند را مورد بررسی قرار داده و به چالش‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی پرداخته‌اند. این مطالعه، بینش‌های ارزشمندی در مورد پتانسیل رشد شهرهای هوشمند ارائه داده و موانعی را که باید برای پایداری بلندمدت برطرف شوند، شناسایی کرده است. یافته‌های این پژوهش، به برنامه‌ریزی شهری و تصمیم‌گیری کمک می‌کنند و جنبه‌هایی مانند انرژی‌های جایگزین، کاهش استفاده از وسایل نقلیه، حفظ اکوسیستم، مدیریت زباله، مشارکت شهروندان، زیرساخت‌ها و حفاظت از حریم خصوصی داده‌ها را پوشش می‌دهند (Paes et al., 2023).

٤. روش پژوهش

روش‌شناسی تحقیق به کار رفته در این مطالعه، به منظور بررسی جامع استراتژی‌های نوآورانه در طراحی ساختمان‌های هوشمند و ردیابی تحولات آن‌ها از طریق برنامه‌ریزی سناریو در صنعت معماری طراحی شده است. این بخش، اجزای کلیدی طراحی تحقیق از جمله رویکرد تحقیق، روش‌های جمع‌آوری داده‌ها، تکنیک‌های تحلیل داده‌ها و ملاحظات اخلاقی را تشریح می‌کند. این مطالعه از رویکرد تحقیق کیفی برای درک عمیق استراتژی‌های نوآورانه در طراحی ساختمان‌های هوشمند و نقش برنامه‌ریزی سناریو در تحولات صنعت معماری استفاده کرده است. تحقیق کیفی به دلیل امکان کاوش پدیده‌های پیچیده مانند استراتژی‌های طراحی و تحولات صنعت از طریق تحلیل و تفسیر دقیق داده‌ها، مناسب تشخیص داده شد.

٤-١. برنامه‌ریزی سناریوی منطق شهودی

برنامه‌ریزی سناریو یک تکنیک آینده‌نگری استراتژیک است که امکان بررسی چندین سناریوی آینده ممکن را برای اطلاع‌رسانی به تصمیم‌گیری در حال حاضر فراهم می‌کند. در زمینهٔ طراحی ساختمان‌های هوشمند و تحولات صنعت معماری، برنامه‌ریزی سناریو می‌تواند ابزاری ارزشمند برای پیش‌بینی و آماده‌سازی برای روندها، چالش‌ها و فرصت‌های آینده باشد. برنامه‌ریزی سناریو شامل بررسی سیستماتیک سناریوهای آیندهٔ متنوعی است که هر یک با مجموعه‌ای از فرضیات، روندها و عوامل زمینه‌ای منحصر به فرد مشخص می‌شود (Eilouti, 2018). برای این تحقیق در مورد استراتژی‌های نوآورانه در طراحی ساختمان‌های هوشمند و تحولات صنعت معماری، روش برنامه‌ریزی سناریوی منطق شهودی مناسب است تا بینش‌های جامع و آینده‌نگری استراتژیک را فراهم کند. برنامه‌ریزی سناریوی منطق شهودی، یک رویکرد قوی محسوب می‌شود که بر مشارکت خبرگان و ذی‌نفعان در ساخت و اعتبارسنجی سناریوهای آینده تأکید دارد. این روش، برای محیط‌های پیچیده و نامطمئن بسیار مؤثر است و به همین دلیل ابزاری ارزشمند برای بررسی چشم‌انداز چندوجهی طراحی ساختمان‌های هوشمند و صنعت معماری محسوب می‌شود (Bradfield et al., 2016). این روش چند مرحلهٔ کلیدی دارد:

- مطالعات میدانی و مرور ادبیات تحقیق: از مطالعات میدانی و تحقیقات قبلی برای شناسایی تمامی محرک‌ها و عوامل مؤثر در موضوع تحقیق استفاده می‌شود.
- تعیین تیم خبرگان: برای بررسی محرک‌ها و عوامل مؤثر و شناسایی کلیدی‌ترین محرک‌ها، نیاز به تیمی از خبرگان شامل متخصصان معماری و برنامه‌ریزی شهری است. همچنین، می‌توان از آن‌ها در ادامه و بازبینی بینش‌های سناریوها و فرموله کردن استراتژی نهایی کمک گرفت.
- شناسایی عوامل کلیدی: با شناسایی عوامل یا پیشران‌های بحرانی که می‌توانند تأثیر قابل توجهی بر آیندهٔ موضوع مورد مطالعه داشته باشند، مانند پیشرفت‌های فناوری، روندهای اقتصادی یا تغییرات محیطی، آغاز کنید.
- ایجاد سناریوهای محتمل: براساس منطق‌های توسعه‌یافته، سناریوهای منسجم و محتملی را ایجاد کنید که نتایج آینده‌ای مختلف را توصیف کنند. این سناریوها باید به صورت داخلی سازگار و منطقی براساس پیشران‌های شناسایی شده باشند.
- تحلیل پیامدها و بینش‌ها: تحلیل پیامدهای هر سناریو برای درک پیامدهای بالقوه، ریسک‌ها و فرصت‌های مرتبط با مسیرهای آیندهٔ مختلف، لازم است.
- تصمیم‌گیری و توسعهٔ استراتژی: استفاده از بینش‌های به‌دست‌آمده از سناریوها برای اطلاع‌رسانی به فرآیندهای تصمیم‌گیری، توسعهٔ برنامه‌های استراتژیک و آماده‌سازی

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]

برای تحولات بالقوهٔ آینده، امری مهم است.

- اجرا و نظارت بر تحلیل: اجرا و نظارت بر طرح، بخشی از فرآیند برنامه‌ریزی استراتژیک است. این فرایند شامل به‌کارگیری طرح و اطمینان از اجرای مؤثر است و نقش کلیدی در دستیابی سازمان‌ها به اهداف و مقاصدشان ایفا می‌کند.
- استراتژی‌های نوآورانه در طراحی ساختمان‌های هوشمند: توسعهٔ استراتژی‌های نوآورانه در طراحی ساختمان‌های هوشمند و پیشنهاد گزینه‌های نهایی، هدف پایانی است.

رویکرد منطق شهودی دارای ویژگی‌های کلیدی مانند مشارکت خبرگان، تحلیل پستل[۱] و مدل‌سازی علّی است. تحلیل پستل یک ابزار استراتژیک برای شناسایی و درک عوامل خارجی کلیدی است که می‌تواند بر یک سازمان، صنعت یا بخش تأثیر بگذارد. همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، مخفف کلمه «پستل» به عوامل سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، فناوری، قانونی و زیست‌محیطی اشاره دارد (Dalirazar & Sabzi, 2023). در مرحلهٔ «شناسایی عوامل کلیدی»، تحلیل پستل باید برای ارزیابی سیستماتیک عوامل سیاسی، اقتصادی، اجتماعی–فرهنگی، فناوری، قانونی و زیست‌محیطی که ممکن است سناریوهای آینده را شکل دهند، به کار رود. با انجام یک تحلیل پستل کامل در این مرحله، می‌توانیم درک عمیق‌تری از نیروهای خارجی موجود و تأثیر بالقوه آن‌ها بر فرآیند توسعهٔ سناریو به‌دست آوریم. برنامه‌ریزی سناریوی منطق شهودی مشارکت فعال خبرگان حوزه، معماران، برنامه‌ریزان شهری، حرفه‌ای‌های صنعت و سایر ذی‌نفعان را در فرآیند ساخت سناریوها تشویق می‌کند. با بهره‌گیری از دیدگاه‌ها و بینش‌های متنوع این خبرگان، سناریوهای توسعه‌یافته، جامع‌تر و بازتاب‌دهندهٔ دینامیک صنعت خواهند بود. این روش شامل توسعهٔ مدل‌های علّی است که روابط بین پیشران‌های بحرانی، روندها و عدم قطعیت‌ها را که آیندهٔ طراحی ساختمان‌های هوشمند و صنعت معماری را شکل می‌دهند، بیان می‌کند. با ایجاد این پیوندهای علّی، می‌توانیم تأثیرات بالقوهٔ عوامل مختلف را بر تحولات صنعت بهتر درک کنیم.

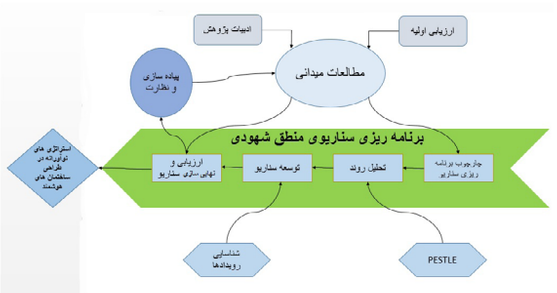
شکل ۲: تحلیل پستل (Segura et al., 2023)

٤-۲. مدل مفهومی

مطالعات میدانی، با شناسایی ذی‌نفعان کلیدی در فرآیند طراحی ساختمان‌های هوشمند (مانند معماران، مهندسان، مشتریان، مدیران تسهیلات و غیره) و درک چالش‌ها و فرصت‌های موجود در صنعت معماری وابسته به طراحی ساختمان‌های هوشمند آغاز می‌شود. همهٔ این مراحل، از طریق دو مرحلهٔ پیشینهٔ پژوهش و ارزیابی اولیه، انجام می‌شود. ارزیابی اولیه، برای برنامه‌ریزی فعالیت‌های متفاوت در طول برنامه یادگیری استفاده می‌شود. هدف از مرور ادبیات، دستیابی به درک تحقیق‌ها و مباحث موجود مرتبط با موضوع یا حوزه‌ای خاص و ارائهٔ آن دانش در قالب یک گزارش کتبی است. با انجام این مراحل، شرایط برای شروع برنامه‌ریزی سناریوی منطق شهودی فراهم می‌شود که در آن مراحل چارچوب برنامه‌ریزی سناریو، تحلیل روند، توسعهٔ سناریو و ارزیابی سناریو قابل اجرا هستند. اگرچه در این روش، فرآیندهای تحلیل پستل و شناسایی رویدادها نیز به بهبود نتیجه کمک می‌کنند. در مرحلهٔ نهایی، براساس ارزیابی سناریو، توسعهٔ استراتژی‌ها و راه‌حل‌های نوآورانه برای ساختمان‌های هوشمند به دست خواهد آمد که این راه‌حل‌های نوآورانه، می‌توانند با سناریوهای آینده پیش‌بینی شده سازگار و در آن‌ها موفق شوند. اما مهم‌ترین مرحلهٔ این مدل، مرحلهٔ اجرا و نظارت است که قبل از رسیدن به مرحلهٔ نهایی، به طور مداوم با مراحل تکامل سناریو و مطالعه میدانی متصل

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]

است تا استراتژی‌ها و راه‌حل‌های نوآورانه برای ساختمان‌های هوشمند را به طور کارآمد و با کمترین خطا توسعه دهد.



شکل ۳: مدل مفهومی

۵. بدنهٔ پژوهش

۵-۱. یافته‌ها

ابتدا تیمی از متخصصان گوناگون، با حضور معماران، مهندسان، برنامه‌ریزان شهری و متخصصان فناوری‌های ساختمان هوشمند تشکیل شد. با این رویکرد همکارانه اطمینان حاصل شد که درک جامعی از عوامل مختلف تأثیرگذار بر طراحی ساختمان‌های هوشمند به‌دست‌آید. این رویکرد، به نویسندگان امکان داد تا از دیدگاه‌های مختلف به بررسی راه‌حل‌های نوآورانه بپردازند. تیم منتخب، شامل دو فرد معمار، یک مهندس سازه، دو نفر برنامه‌ریز شهری، یک کارشناس فناوری و دو نفر کارشناس پایداری بود.

مرحلهٔ اول در روش برنامه‌ریزی سناریوی منطق شهودی، تعریف دامنه و اهداف این مطالعه بود. تحقیقات، با هدف شناسایی روندهای در حال تحول و چالش‌های صنعت معماری مرتبط با طراحی ساختمان‌های هوشمند و پیشنهاد استراتژی‌های نوآورانه برای مقابله با آن‌ها انجام شد. با تعیین اهداف واضح، چارچوبی برای تحقیقات ما فراهم شد و اقدامات بعدی ما هدایت شد. سپس، بررسی گسترده‌ای از ادبیات موجود در زمینهٔ طراحی ساختمان‌های هوشمند، معماری و برنامه‌ریزی سناریو انجام شد. این بررسی ادبیات به کسب بینش‌هایی در مورد وضعیت فعلی صنعت، شناسایی شکاف‌های دانشی و درک مزایای بالقوه برنامه‌ریزی سناریو در زمینهٔ موضوع تحقیق، کمک کرد. با بررسی مطالعات قبلی و مثال‌های دنیای واقعی، پایه‌ای محکم برای تحقیقات خودمان بنا شد. صنعت معماری با ظهور طراحی ساختمان‌های هوشمند، که توسط پیشرفت‌های فناوری، نگرانی‌های پایداری و تغییر انتظارات کاربران هدایت می‌شود، شاهد تغییر پارادایم است. همان‌طور که صنعت تکامل می‌یابد، چندین روند و چالش پدید آمده‌اند که چشم‌انداز طراحی ساختمان‌های هوشمند را شکل می‌دهند. بر اساس بررسی ادبیات و مشاوره با خبرگان، پیشران‌های اصلی به‌دست‌آمدند. نمونه‌هایی از ردپای این پیشران‌ها در برخی مقالات آمده است. ادغام برنامه‌های اینترنت اشیا و هوش مصنوعی در ساختمان‌های هوشمند برای بهینه‌سازی مدیریت و بهره‌وری انرژی حیاتی است (Minoli et al., 2017; Alahi et al., 2023). سناریوی خانهٔ هوشمند و خانه مرکز جهان، گویای بهترین حالت خانه برای آینده است، حالتی که جامعه و خانه به سمتی که مایل است حرکت و نیازهایش را رفع می‌کند (Nabeghvatan, 2023). چارچوب‌های مقرراتی و اجتماعی، نقش بسزایی در شکل‌دهی به پذیرش و ادغام فناوری دارند (Han et al., 2023; Apanavičienė & Shahrabani, 2023). پذیرش کاربر و طراحی کاربرمحور برای اجرای موفق ضروری است (Benavente-Peces, 2019; Iqbal et al., 2018). طراحی پایدار و عوامل اقتصادی برای اطمینان از قابلیت اجرا و تاب‌آوری ساختمان‌های هوشمند در مقابل تغییرات اقلیمی حیاتی هستند (Dalirazar & Sabzi, 2023; Hakimi & Hasankhani, 2020). حفظ حریم خصوصی و امنیت داده‌ها در استقرار فناوری‌های مجهز به اینترنت اشیا ضروری است (Kumar et al., 2021). گذار به منابع انرژی تجدیدپذیر و استراتژی‌های مدیریت انرژی مؤثر برای دستیابی به ساختمان‌های با انرژی خالص صفر ضروری است (Jung et al., 2023; Segura et al., 2023). قابلیت همکاری سیستم‌ها برای یکپارچه‌سازی و عملکرد بدون اتلاف ضروری است (Sittón-Candanedo et al., 2019). مهارت‌ها و نیروی کار لازم برای پشتیبانی از این فناوری‌ها باید توسعه یابند تا پایداری بلندمدت تضمین شود (Paes et al., 2023). یکپارچگی شهری و انعطاف‌پذیری و سازگاری طراحی ساختمان‌های هوشمند برای هم‌سویی با ابتکارات برنامه‌ریزی شهری گسترده‌تر حیاتی هستند (Abo-El-Wafa et al., 2018; Shaharuddin et al., 2023).

در اینجا روندها و پیشران‌هایی که از طریق مطالعات میدانی

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]

و روش پستل به‌دست‌آمده‌اند، آورده شده‌اند:

- استفاده از اینترنت اشیا: اینترنت اشیا طراحی ساختمان‌های هوشمند را متحول کرده است و امکان اتصال و اتوماسیون بی‌وقفه سیستم‌های مختلف ساختمان را برای بهره‌وری و تجربهٔ کاربری بهتر فراهم می‌کند.
- طراحی پایدار: تمرکز فزاینده بر پایداری، منجر به ادغام منابع انرژی تجدیدپذیر، سیستم‌های با بهره‌وری انرژی بالا و مواد سازگار با محیط‌زیست در طراحی ساختمان‌های هوشمند شده است.
- تصمیم‌گیری مبتنی بر داده: دسترسی به مقادیر زیادی از داده‌های حسگرها و سیستم‌های مدیریت ساختمان به معماران امکان می‌دهد تا تصمیمات آگاهانه‌ای بر اساس معیارهای عملکردی واقعی و بازخورد کاربران بگیرند.
- سیستم‌های سازگار: ساختمان‌های هوشمند برای سازگاری با شرایط محیطی متغیر، طراحی‌شده‌اند و با استفاده از سیستم‌های کنترل خودکار، مصرف انرژی و راحتی ساکنان را بهینه می‌کنند.
- طراحی کاربرمحور: طراحی ساختمان هوشمند تأکید زیادی بر ایجاد فضاهایی دارد که تجربه کاربر را بهبود می‌بخشند و ویژگی‌هایی را در بر می‌گیرند که راحتی، آسایش و رفاه را ترویج می‌دهند.
- اتصال پیشرفته: ساختمان‌های هوشمند به زیرساخت‌های ارتباطی قوی مجهز هستند تا اتصال در لحظه را پشتیبانی و امکان ارائه برنامه‌ها و خدمات هوشمند مختلف را فراهم کنند
- کاربردهای هوش مصنوعی: فناوری‌های هوش مصنوعی در سیستم‌های ساختمان هوشمند ادغام می‌شوند تا استفاده از انرژی را بهینه، عملیات را خودکار و تجربیات شخصی‌سازی‌شده‌ای برای ساکنان فراهم کنند.
- حفظ حریم خصوصی و امنیت: با افزایش اتصال، تضمین حفظ حریم خصوصی داده‌ها و اقدامات امنیت سایبری در طراحی ساختمان‌های هوشمند برای حفاظت از اطلاعات حساس و جلوگیری از دسترسی غیرمجاز، ضروری می‌شود.
- انعطاف‌پذیری و سازگاری: ساختمان‌های هوشمند برای پاسخگویی به نیازها و کارکردهای متغیر، طراحی‌شده‌اند و امکان استفادهٔ انعطاف‌پذیر از فضا و گسترش‌ها یا تغییرات آینده را فراهم می‌کنند.
- سلامت و رفاه: طراحی ساختمان هوشمند ویژگی‌هایی را در بر می‌گیرد که اولویت را مانند نظارت بر کیفیت هوای داخل، نور طبیعی و عناصر طراحی بیوفیلیک، به سلامت و رفاه ساکنان می‌دهند.
- قابلیت همکاری و استانداردسازی: نیاز به ادغام بی‌وقفه دستگاه‌ها و سیستم‌های هوشمند مختلف، توسعهٔ پروتکل‌های استاندارد و راه‌حل‌های قابل همکاری را ضروری می‌سازد.
- ادغام شهری: ساختمان‌های هوشمند برای تطابق با بافت شهری، گسترده‌تر طراحی‌شده‌اند و به توسعهٔ شهری پایدار و ایجاد شهرهای هوشمند کمک می‌کنند.
- مدیریت و بهره‌وری انرژی: طراحی ساختمان هوشمند بر بهینه‌سازی استفاده از انرژی، از طریق سیستم‌های هوشمند، نظارت بر انرژی و استراتژی‌های پاسخگویی به تقاضا، تمرکز دارد.
- ارزیابی چرخهٔ عمر: معماران چرخه کامل عمر ساختمان را از ساخت تا بهره‌برداری و در نهایت تخریب، در نظر می‌گیرند تا تأثیرات زیست‌محیطی را به حداقل برسانند و پایداری را بهبود بخشند.
- چارچوب‌های مقرراتی: ماهیت در حال تحول طراحی ساختمان هوشمند، معماران را ملزم می‌کند که از مقررات و استانداردهای نظارتی در حال تحول مطلع باشند تا از رعایت الزامات قانونی اطمینان حاصل شود.
- پذیرش فناوری: سرعت و میزان پذیرش فناوری‌های هوشمند در صنعت ساختمان، از جمله اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و اتوماسیون، امری مهم است.
- چشم‌انداز نظارتی: توسعه و اجرای مقررات و سیاست‌های مربوط به طراحی ساختمان هوشمند، بهره‌وری انرژی و حفظ حریم خصوصی داده‌ها در آینده نقش مهمی ایفا می‌کند.
- پذیرش کاربر: پذیرش و تمایل کاربران به استفاده از فناوری‌های ساختمان هوشمند و سازگاری با روش‌های جدید تعامل با محیط ساخته‌شده، نکتهٔ قابل توجهی به شمار می‌آید
- عوامل اقتصادی: تأثیر شرایط اقتصادی، پویایی بازار و ملاحظات مالی بر اجرای گستردهٔ شیوه‌های طراحی ساختمان هوشمند، باید بررسی شود.
- گذار انرژی: سرعت و جهت‌گیری گذار جهانی به منابع انرژی تجدیدپذیر و پیامدهای آن برای طراحی ساختمان

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]

هوشمند و مدیریت انرژی حیاتی است.

- حفظ حریم خصوصی و امنیت داده‌ها: توانایی رسیدگی به نگرانی‌ها و تضمین اقدامات قوی برای حفظ حریم خصوصی و امنیت داده‌ها در سیستم‌های ساختمان هوشمند برای جلب اعتماد کاربران و رعایت مقررات عاملی قابل توجه است.
- قابلیت همکاری: توسعهٔ پروتکل‌های استاندارد و ادغام بی‌وقفهٔ فناوری‌ها و سیستم‌های مختلف ساختمان هوشمند از تولیدکنندگان مختلف را شامل می‌شود.
- مهارت‌ها و نیروی کار: دسترسی به حرفه‌ای‌های ماهر با تخصص در طراحی ساختمان هوشمند و فناوری‌ها، برای پاسخ‌گویی به نیازهای صنعت باید مورد توجه قرار گیرد.
- عوامل اجتماعی و فرهنگی: تأثیر هنجارهای اجتماعی، ارزش‌های فرهنگی و ترجیحات کاربران بر طراحی و پذیرش ساختمان‌های هوشمند، نادیده گرفتنی نیست.
- تغییرات اقلیمی و تاب‌آوری: نیازی فزاینده به طراحی ساختمان هوشمند برای مقابله با تأثیرات تغییرات اقلیمی، افزایش تاب‌آوری و کاهش ریسک‌های مرتبط با رویدادهای آب و هوایی شدید وجود دارد.

این پیشران‌ها، یک چارچوب گسترده و کلی برای برنامه‌ریزی سناریو فراهم می‌کنند. این چارچوب، امکان بررسی آینده‌های مختلف و توسعهٔ استراتژی‌های قوی را برای پیمایش عدم قطعیت‌ها در صنعت طراحی ساختمان هوشمند فراهم می‌کند.

پس از بررسی همه پیشران‌ها توسط تیم خبرگان، برخی از آن‌ها که مشابه یا کم‌اهمیت‌تر و با عدم قطعیت کمتر بودند، حذف شدند. این بدان معنا است که پیشران‌های حذف‌شده، بر اساس اصول مختلف روش سناریوی اکتشافی، مانند ارتباط با اهداف تحقیق، مشاوره با خبرگان، هم‌پوشانی و افزونگی، قابلیت اجرا و عملی بودن، تمرکز برنامه‌ریزی سناریو و مرور ادبیات و مطالعات میدانی، کنار گذاشته شدند. در نهایت، ادامهٔ فرآیند با ۱۷ پیشران که برای شروع برنامه‌ریزی سناریو تجزیه‌وتحلیل شدند، انجام شد. سپس این ۱۷ پیشران، به پنج دستهٔ کلی تقسیم شدند که در جدول ۱ فهرست شده‌اند. این جدول تجمیعی، همه گروه‌های اصلی و عدم قطعیت‌های مربوطه را در یک نما ارائه می‌دهد و درک عوامل کلیدی تأثیرگذار بر طراحی ساختمان‌های هوشمند را تسهیل می‌کند پس از این مرحله، از خبرگان، برای امتیازدهی به پیشران‌ها در دو بُعد عدم قطعیت و تأثیر کمک گرفته شد و پیشران‌ها با بیشترین تأثیر و عدم قطعیت مشخص شدند. دامنهٔ در نظر گرفته‌شده در این امتیازدهی، بین۱ تا ۱۰ بود (۱ = تأثیر کم و ۱۰= تأثیر زیاد)، (۱ = عدم قطعیت کم و ۱۰= عدم قطعیت زیاد). امتیازات متوسط به‌دست‌آمده توسط خبرگان برای عدم قطعیت و تأثیر پیشران‌ها در این تحقیق، در جدول ۲ نشان داده‌شده‌اند.

جدول ۱: پیشران های پژوهش

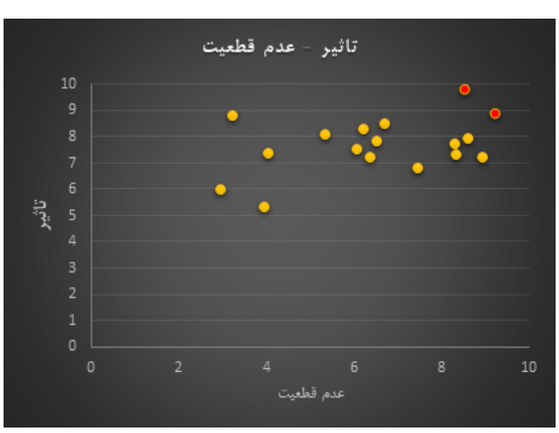
عوامل اقتصادی و بازار	فاکتورهای محیطی	عوامل کاربر محور	عوامل تنظیمی و سیاستی	عوامل تکنولوژیکی
عوامل اقتصادی	طراحی پایدار	پذیرش کاربر	چشم‌انداز نظارتی	ادغام اینترنت اشیا
مدیریت انرژی و بهره‌وری	انتقال انرژی	طراحی کاربر محور	حریم خصوصی و امنیت داده‌ها	کاربردهای هوش مصنوعی
ادغام شهری	تغییر اقلیم و تاب‌آوری	مهارت‌ها و نیروی کار	چارچوب مقرراتی و اجتماعی	قابلیت همکاری
انعطاف‌پذیری و سازگاری				پذیرش و ادغام فناوری

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]

جدول ۲: امتیازات متوسط برای عدم قطعیت و تأثیر پیشران‌ها

پیشران ها	عدم قطعیت	تاثیر	پیشران ها	عدم قطعیت	تاثیر
ادغام اینترنت اشیا	۸/۳	۷/۷	مهارت‌ها و نیروی کار	۶/۲	۸/۳
کاربردهای هوش مصنوعی	۸/۶	۷/۹	طراحی پایدار	۶/۷	۸/۵
قابلیت همکاری	۳/۹	۵/۳	انتقال انرژی	۵/۳	۸/۱
پذیرش و ادغام فناوری	۹/۲	۸/۹	تغییر اقلیم و تاب‌آوری	۸/۹	۷/۲
چشم‌انداز نظارتی	۸/۳	۷/۳	عوامل اقتصادی	۶/۵	۷/۸
حریم خصوصی و امنیت داده‌ها	۷/۴	۶/۷	مدیریت انرژی و بهره‌وری	۳/۲	۸/۸
چارچوب مقرراتی و اجتماعی	۸/۵	۹/۷	ادغام شهری	۳	۵/۹
پذیرش کاربر	۶/۳	۷/۳	انعطاف‌پذیری و سازگاری	۴	۷/۳
طراحی کاربر محور	۶	۷/۵	-	-	-

بر اساس اعداد به‌دست‌آمده و رسم نمودار تأثیر–عدم قطعیت، دو پیشران کلیدی برای تشکیل سناریوها مشخص شدند. نمودار تأثیر–عدم قطعیت در شکل ۴ آورده شده است. همان‌طور که در شکل زیر نشان داده شده است، دو پیشران چارچوب‌های مقرراتی و اجتماعی و پذیرش و ادغام فناوری که با رنگ قرمز مشخص‌شده‌اند، بیشترین عدم قطعیت و تأثیر را نسبت به سایر پیشران‌ها دارند.



شکل ۴: نمودار تأثیر–عدم قطعیت

۵-۲. برنامه‌ریزی سناریو

پس از شناسایی دو پیشران کلیدی، در این پژوهش که "پذیرش و ادغام فناوری" و "چارچوب‌های مقرراتی و اجتماعی"، هستند، چهار سناریوی مختلف بر اساس مسیرهای مثبت یا منفی هر پیشران، ساخته می‌شود. در اینجا چهار سناریوی ممکن، از برخورد این دو حالت برای این دو پیشران آورده شده است:

- سناریوی ۱ (هر دو مثبت): آینده‌ای را توصیف می‌کند که در آن هر دو پیشران به طور مطلوب هماهنگ شده‌اند، امکان پیشرفت سریع فناوری و پذیرش اجتماعی را فراهم و مقررات حمایتی نوآوری و رشد را تشویق می‌کنند.
- سناریوی ۲ (فناوری مثبت، مقررات منفی): وضعیتی را بررسی می‌کند که در آن چارچوب‌های مقرراتی و نگرش‌های اجتماعی با چالش‌ها یا مقاومتی مواجه می‌شوند که منجر به مشکلات در آینده می‌شود. اما پذیرش وضعیت ادغام فناوری در شرایط مطلوب است.
- سناریوی ۳ (فناوری منفی، مقررات مثبت): وضعیتی را کاوش می‌کند که در آن چارچوب‌های مقرراتی و نگرش‌های اجتماعی مساعد هستند، اما پذیرش و ادغام فناوری با چالش‌ها یا مقاومتی مواجه می‌شود که منجر به تأخیر یا موانع احتمالی می‌شود.
- سناریوی ۴ (هر دو منفی): آینده‌ای را به تصویر می‌کشد که در آن هر دو پیشران نامطلوب هستند، با موانع ادغام فناوری و موانع قانونی و اجتماعی که پیشرفت و نوآوری را مختل می‌کند.

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]

هر سناریو می‌تواند دیدگاه منحصر به فردی ارائه دهد و اهمیت در نظر گرفتن عوامل متعدد در توسعهٔ استراتژی‌ها یا تصمیم‌گیری را در این صنعت خاص، برجسته کند. در این مرحله، با توجه به شرایط هر سناریو، نامی منحصر به فرد برای آن انتخاب شد:

- افق هماهنگ (سناریو ۱): این نام بازتاب آینده‌ای است که در آن پذیرش فناوری و چارچوب های مقرراتی به خوبی هماهنگ شده‌اند و محیطی هماهنگ برای نوآوری و پیشرفت ایجاد شده است. "افق" نماد آینده امیدوارکننده‌ای است که در پیش رو قرار دارد.
- دوراهی مختل شده (سناریو ۲): در این سناریو، در حالی که پذیرش فناوری به سرعت پیش می‌رود، چارچوب‌های مقرراتی و اجتماعی عقب می‌مانند، دوراهی یا چالشی که نیاز به توجه دارد، ایجاد می‌شود. اصطلاح "مختل شده" بر اختلالات احتمالی ناشی از این عدم تطابق تأکید می‌کند.
- رنسانس مقرراتی (سناریو ۳): این نام، سناریویی را پیشنهاد می‌کند که در آن مقررات و نگرش‌های اجتماعی، پیشرو و مساعد برای تغییر هستند، اما پذیرش و ادغام فناوری با موانع یا مقاومتی مواجه است. "رنسانس" نماد احیای مجدد یا بازگشت بالقوهٔ چشم‌انداز مقرراتی است.
- ایستایی و رکود (سناریو ۴): در این سناریو، هم پذیرش فناوری و هم چارچوب های مقرراتی و اجتماعی، نامطلوب است و منجر به وضعیتی ایستا یا رکود می‌شود که در آن پیشرفت و نوآوری مختل می‌شود. این نام به طور مؤثری مسیر منفی هر دو پیشران را به تصویر می‌کشد.

۵-۲-۱. افق هماهنگ

آیندهٔ طراحی ساختمان‌های هوشمند، "افق هماهنگ" است. جایی که فناوری‌های جدید با پذیرش اجتماعی ترکیب می‌شوند و ایجاد محیطی پایدار و کارآمد می کنند. در این آینده، فناوری‌های پیشرفته مانند اینترنت اشیا هوش مصنوعی و سیستم‌های مدیریت انرژی مدرن، به طور گسترده مورد استفاده و پذیرش قرار می‌گیرند. این پیشرفت در پذیرش و ادغام فناوری با تمرکز قوی بر طراحی کاربرپسند و سازگاری هدایت می‌شود. راه‌حل‌های ساختمان هوشمند با درک واضحی از نیازها و تمایلات ساکنان ساخته می‌شوند و تجربه‌ای روان و شخصی‌شده. علاوه بر این، تمرکز بر سازگاری، اجازه می‌دهد تا سیستم‌ها و فناوری‌های مختلف به طور کارآمد با هم کار کنند. پشتیبانی از این رشد فناوری یک چارچوب مقرراتی و اجتماعی قوی است که نوآوری و پایداری را تشویق می‌کند. سیاست‌گذاران اهمیت فناوری‌های ساختمان هوشمند در مواجهه با مسائل کلیدی مانند بهره‌وری انرژی، مقاومت در برابر تغییرات آب و هوایی، و ادغام شهری را درک می‌کنند. در نتیجه، مقررات جامع، اطمینان از حفظ حریم خصوصی داده‌ها و امنیت را فراهم و در عین حال طراحی پایدار و ابتکارات انتقال انرژی را ترویج می‌کنند. پذیرش اجتماعی راه‌حل‌های ساختمان هوشمند با کمپین‌های آگاهی عمومی و ارتباطات شفاف از سوی رهبران صنعت تقویت می‌شود. نگرانی‌های مربوط به حفظ حریم خصوصی داده‌ها و تأثیرات زیست‌محیطی از طریق اقدامات امنیتی قوی و تعهد به روش‌های پایدار، مانند استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و مدیریت مسئولانهٔ منابع، برطرف می‌شود.

این هماهنگی بین فناوری و مقررات، فرصت‌های جدیدی را برای نوآوری و همکاری فراهم کرده است. مشارکت‌های عمومی و خصوصی و گرد هم آوردن ذی‌نفعان از بخش‌های مختلف برای توسعهٔ راه‌حل‌های جامع برای چالش‌های زندگی شهری، افزایش پیدا کرده‌اند. صاحبان ساختمان‌ها، ارائه‌دهندگان فناوری، و نهادهای قانونی با هم کار می‌کنند و از تحلیل‌های پیشرفته و هوش مصنوعی برای بهبود عملکرد ساختمان و افزایش کیفیت زندگی برای ساکنان استفاده می‌کنند. تأثیر مثبت این "افق هماهنگ" فراتر از ساختمان‌های فردی است. این امر، ایجاد شهرهای هوشمند و محیطهای شهری پایدار، ادغام فناوری‌های ساختمان هوشمند با زیرساخت‌ها و سیستم‌های حمل و نقل شهری، مدیریت بهتر انرژی، کاهش انتشار کربن، و بهبود استفاده از منابع را در مقیاس بزرگ‌تر، امکان‌پذیر کرده است. با پذیرش این آینده از سوی جامعه، ترکیب فناوری، مقررات، و پذیرش اجتماعی، راه را برای آغاز رویکردی واقعاً نوآورانه و پایدار در طراحی ساختمان هوشمند هموار می‌کند تا الگویی برای نسل‌های آینده ایجاد شود.

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]

۵-۲-۲. دوراهی مخرب

در دنیای تغییرپذیر طراحی ساختمان‌های پایدار و پیشرفته، صنعت معماری با استفاده از فناوری‌های جدیدی مانند اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و سیستم‌های مدیریت انرژی پیشرفته، نوآوری را در آغوش گرفته است. این تغییر با روند مثبت در پذیرش و ادغام فناوری هدایت می‌شود که منجر به بهره‌وری انرژی بهتر، طراحی کاربرپسند و سازگاری و روان بودن شده است. ساختمان‌های هوشمند اکنون سیستم‌های متصل به هم دارند که به نیازهای ساکنان پاسخ می‌دهند، استفاده از منابع را بهینه می‌کنند و راحتی و بهره‌وری را بهبود می‌بخشند. نظارت بلادرنگ و بینش‌های داده‌ای از دستگاه‌های اینترنت اشیا، اجازهٔ نگهداری پیش‌بینانه، مدیریت انرژی پیشگیرانه و تجربیات شخصی‌شده را می‌دهد. هوش مصنوعی به تصمیم‌گیری و تحلیل کمک و ساختمان‌ها را کارآمدتر و پایدارتر می‌کند.

با این حال، چالش‌هایی در چارچوب مقرراتی و اجتماعی برای طراحی ساختمان هوشمند وجود دارد. نگرانی‌های مربوط به حفظ حریم خصوصی داده‌ها و خطرات امنیتی با افزایش تمرکز بر داده، منجر به نظارت قانونی و نگرانی عمومی شده است. محافظت ناکافی از داده‌ها و مقررات ناهماهنگ شک و ترس از حفظ حریم خصوصی را تقویت کرده است. سرعت بالای توسعهٔ فناوری از پیشرفت مقرراتی پیشی گرفته و سبب ایجاد ناهماهنگی‌ها و موانعی برای پذیرش شده است. نگرانی‌های زیست‌محیطی، مانند استفاده از انرژی و آثار کربنی، پیچیدگی مقررات را افزایش داده و نیاز به روش‌های پایدار را برجسته کرده است. پرداختن به این چالش‌ها نیازمند همکاری بین ذی‌نفعان، سیاست‌گذاران، و افراد جامعه است. ایجاد استانداردهای قوی حفظ حریم خصوصی داده‌ها، ابتکارات شفافیت، و استفاده اخلاقی از داده‌ها ضروری به نظر می‌رسد. کمپین‌های آگاهی عمومی، می‌توانند اعتماد ایجاد کنند، نگرانی‌ها را کاهش دهند و محیطی حمایتی برای فناوری‌های ساختمان هوشمند ایجاد کنند. تعادل بین پیشرفت فناوری و ملاحظات قانونی و اجتماعی، کلید باز کردن پتانسیل کامل ساختمان‌های هوشمند است؛ در حالی که حفظ حریم خصوصی، امنیت و پایداری را تضمین می‌کند.

۵-۲-۳. رنسانس مقرراتی

در عصر "رنسانس مقرراتی"، صنعت ساختمان در نقطهٔ عطفی ایستاده است. تعادل بین چارچوب‌های مقرراتی پیشرو و ارزش‌های اجتماعی با چالش‌های پذیرش پیشرفت‌های فناوری کار سختی است. در حالی که پذیرش اصول طراحی پایدار و الزام به انتقال انرژی در میان سیاست‌گذاران و عموم مردم در حال افزایش است، ادغام فناوری‌های ساختمان هوشمند با موانع قابل توجهی روبه‌رو می‌شود. حرکت مثبتی که در چارچوب مقرراتی و اجتماعی با افزایش آگاهی از تأثیرات تغییرات آب‌وهوایی بر شهرها هدایت می‌شود، منجر به تصویب مقررات سخت‌گیرانه و مشوق‌هایی برای بهره‌وری انرژی، مواد پایدار، و مقاومت در برابر آب‌وهوا در شیوه‌های ساختمانی شده است. فشارهای اجتماعی برای رویکردهای اکو محور و کاهش آثار کربنی، هنجارهای صنعت در ساخت و بهره‌برداری را شکل می‌دهد. با وجود محیط مقرراتی و اجتماعی حمایتی، پذیرش فناوری‌های پیشرفته مانند اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، و سیستم‌های مدیریت انرژی پیشرفته با مقاومت مواجه می‌شود. نگرانی‌ها دربارهٔ امنیت داده‌ها، شک در مورد قابلیت اطمینان فناوری، و چالش‌های سازگاری، مانع از اجرای گسترده می‌شود. ذی‌نفعان ساختمان‌ها به دلیل درک ریسک‌ها و عدم قطعیت‌ها، از سرمایه‌گذاری در راه‌حل‌های هوشمند خودداری می‌کنند، که با تفاوت‌های پروتکلی و مسائل سازگاری تشدید و منجر به ناکارآمدی‌ها و افزایش هزینه‌ها می‌شود.

این دوگانگی موجود در میان مقررات هدایت‌شده توسط پایداری و تردید فناوری، معضل منحصر به فردی برای صنعت ایجاد می‌کند. در حالی که شیوه‌های بهره‌وری انرژی و مواد پایدار در طراحی‌ها ادغام می‌شوند، پتانسیل کامل سیستم‌های هوشمند برای بهینه‌سازی استفاده از منابع و افزایش رفاه ساکنان همچنان به طور کامل استفاده نمی‌شود. برای پرداختن به این چالش، ابتکارات همکاری بین سیاست‌گذاران، رهبران صنعت و ارائه‌دهندگان فناوری با هدف پل زدن این شکاف انجام می‌شود. کمپین‌های آگاهی و پروژه‌های آزمایشی، مزایای فناوری هوشمند را نشان می‌دهند و نگرانی‌های حفظ حریم خصوصی و امنیت را برطرف می‌کنند؛ در حالی که همزمان طراحی کاربرمحور را نیز ترویج می‌دهند. تلاش‌های

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]

استانداردسازی و ارتقای سازگاری به یکپارچه‌سازی فناوری کمک می‌کنند. با گسترش "رنسانس مقرراتی"، صنعت باید پیشرفت فناوری را با محیط مقرراتی و اجتماعی حمایتی هماهنگ کند. با غلبه بر موانع پذیرش و ایجاد اعتماد به راه‌حل‌های هوشمند، صنعت می‌تواند از استراتژی‌های نوآورانه استفاده کامل کند، ایجاد محیطی ساخته شده که پایداری، کارآمدی و رفاه ساکنان را هماهنگ می‌کند.

۵-۲-٤. ایستایی رکود

سناریوی "ایستایی و رکود" چشم‌انداز چالش‌برانگیزی را برای آیندهٔ طراحی ساختمان هوشمند به تصویر می‌کشد. این سناریو صنعت معماری را در حال توقف، تجسم می‌کند که با مقاومت در برابر تغییر و پشتیبانی ناکافی از سوی ذی‌نفعان کلیدی درگیر است. رکود در پذیرش و ادغام فناوری از شک و تردید نسبت به فناوری‌های ساختمان هوشمند، نگرانی در مورد امنیت داده‌ها و امتناع صنعت از تغییر ناشی می‌شود. صاحبان ساختمان‌ها به دلیل نگرانی از هزینه‌ها و مسائل سازگاری، از سرمایه‌گذاری در راه‌حل‌های پیشرفته مانند اینترنت اشیا و هوش مصنوعی خودداری می‌کنند. محیط قانونی و اجتماعی پیرامون طراحی ساختمان هوشمند، این چالش‌ها را تشدید و تطبیق و نگرانی‌های اجتماعی دربارهٔ حفظ حریم خصوصی داده‌ها و تأثیرات زیست‌محیطی که پیشرفت را مختل، می‌کند. در این شرایط رکود، صنعت برای پذیرش استراتژی‌های نوآورانه برای طراحی پایدار، بهره‌وری انرژی، و تجربیات کاربرمحور تلاش می‌کند. عدم سازگاری بین سیستم‌ها مشکلاتی داده‌ای ایجاد می‌کند که مانع از تبادل داده بدون درز و عملیات هماهنگ می‌شود. علاوه بر این، نبود چارچوب مقرراتی حمایتی سرمایه‌گذاری‌ها را دلسرد و راه‌حل‌های جدید را در نطفه خفه می‌کند. پیامدهای این رکود عمیق است و منجر به ناکارآمدی در استفاده از منابع، افزایش مصرف انرژی، و انتشار کربن می‌شود. عدم وجود محیط‌های شخصی‌شده به آسایش و بهره‌وری ساکنان آسیب می‌زند. ناتوانی صنعت در همگام شدن با پیشرفت‌های فناوری و تقاضاهای اجتماعی، رقابت‌پذیری جهانی آن را کاهش می‌دهد.

رهایی از این رکود، نیازمند همکاری و همدلی در میان همهٔ ذی‌نفعان است. رهبران صنعت باید به نگرانی‌ها به صورت فعالانه پاسخ دهند، مزایای فناوری را برجسته کنند، و امنیت داده‌ها را در اولویت قرار دهند. سیاست‌گذاران باید با خبرگان و نمایندگان صنعت همکاری کنند تا مقررات جامعی را توسعه دهند که نوآوری را تشویق کند؛ در حالی که حقوق مصرف‌کننده را محافظت و پایداری را ترویج می‌کند. غلبه بر "ایستایی و رکود" برای باقی ماندن صنعت ساختمان مرتبط و کمک به محیط‌های ساخته شده پایدار، کارآمد و کاربرپسند ضروری است. پذیرش تغییر و هماهنگی پیشرفت‌های فناوری با چارچوب مقرراتی و اجتماعی حمایتی برای باز کردن پتانسیل کامل استراتژی‌های نوآورانه در طراحی ساختمان هوشمند، لازم است.

۵-۳. بینش‌ها

برای یافتن بینش‌های استخراج شده از سناریوها، از نکات مختلف روش برنامه‌ریزی سناریوی اکتشافی استفاده می‌شود که در این زمینه کمک می‌کنند. بر اساس جنبه‌های مختلف مانند مشاوره‌های خبرگان، ارزیابی تأثیر، تحلیل سوات[۲]، دیدگاه‌های متنوع و ملاحظات عملی و واقعی در هر سناریو، بینش‌هایی به‌دست آمد تا راهنمای استراتژی نهایی و تصمیمات لازم برای طراحی ساختمان‌های هوشمند باشند. بر اساس چهار سناریوی ارائه شده ("افق هماهنگ"، "دوراهی مختل‌کننده"، "رنسانس مقرراتی" و "ایستایی و رکود") و جنبه‌های ذکر شده، چندین بینش ارزشمند می‌توان استخراج کرد که به توسعهٔ استراتژی‌های نوآورانه در طراحی ساختمان‌های هوشمند کمک می‌کنند:

- همکاری و هم‌سویی: سناریوی "افق هماهنگ" اهمیت همکاری و هم‌سویی بین تأمین‌کنندگان فناوری، مالکان ساختمان‌ها، نهادهای مقرراتی و جامعه را برجسته می‌کند.
- پرداختن به نگرانی‌های اجتماعی: سناریوهایی مانند "دوراهی مختل‌کننده" و "ایستایی و رکود" نیاز به پرداختن به نگرانی‌های اجتماعی مربوط به حریم خصوصی داده‌ها، امنیت و تأثیرات زیست‌محیطی را تأکید می‌کنند.
- چارچوب‌های مقرراتی: سناریوی "رنسانس مقرراتی" اهمیت چارچوب‌های مقرراتی حمایتی که نوآوری را ترویج و در عین حال حفاظت از مصرف‌کننده و پایداری را تضمین

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]

می‌کنند، برجسته می‌کند.

- طراحی کاربر محور: سناریوهایی مانند "افق هماهنگ" و "رنسانس مقرراتی" اهمیت طراحی کاربر محور در راه‌حل‌های ساختمان هوشمند را برجسته می‌کنند.
- قابلیت تعامل و استانداردها: چالش‌های یکپارچه‌سازی فناوری و قابلیت تعامل در سناریوهایی مانند "دوراهی مختل‌کننده" و "ایستایی و رکود" مشهود است.
- پروژه‌های پایلوت و نمایش‌ها: برای غلبه بر مقاومت و شک، همان‌طور که در سناریوهایی مانند "رنسانس مقرراتی" و "ایستایی و رکود" نمایش داده شده است، استراتژی‌های نوآورانه باید شامل پروژه‌های پایلوت و نمایش‌ها برای نشان دادن مزایا و کاربردهای واقعی فناوری‌های ساختمان هوشمند باشند.
- یادگیری و تطبیق مستمر: ماهیت پویای پیشرفت‌های فناوری و تقاضاهای اجتماعی، همان‌طور که در تمام سناریوها برجسته شده است، نیاز به تعهد به یادگیری و تطبیق مستمر را ضروری می‌کند.
- شراکت‌های عمومی و خصوصی: سناریوی "افق هماهنگ" پتانسیل شراکت‌های عمومی و خصوصی در پیشبرد نوآوری و راه‌حل‌های جامع را برجسته می‌کند.

با وارد کردن این بینش‌ها در توسعهٔ استراتژی‌های نوآورانه در طراحی ساختمان‌های هوشمند، صنعت می‌تواند پیچیدگی‌های یکپارچه‌سازی فناوری، چارچوب‌های مقرراتی و پذیرش اجتماعی را مدیریت کند و در نهایت راه را برای یک محیط ساختهٔ شده پایدار، کارآمد و کاربر محور هموار کند.

٥-٤. تحلیل پیاده‌سازی و نظارت

سناریوی اول، شرایط مطلوب‌تری برای استراتژی‌های نوآورانه در طراحی ساختمان‌های هوشمند ارائه می‌دهد. هم‌سویی مثبت بین پذیرش فناوری و چارچوب‌های مقرراتی و اجتماعی یک محیط مساعد برای نوآوری و پیشرفت ایجاد می‌کند. نقاط قوت کلیدی شامل پذیرش گستردهٔ فناوری‌های هوشمند، مقررات حمایتی و اعتماد اجتماعی است. فرصت‌ها برای یکپارچه‌سازی بی‌درنگ اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و سیستم‌های مدیریت انرژی، طراحی کاربر محور و همکاری‌های عمومی و خصوصی وجود دارد. با این حال، چالش‌های بالقوه ممکن است در حفظ حریم خصوصی داده‌ها و پرداختن به نگرانی‌های پایداری بروز کنند. در سناریوی دوم، در حالی که پذیرش فناوری به سرعت پیش می‌رود، چارچوب مقرراتی و اجتماعی منفی چالش‌های قابل توجهی ایجاد می‌کند. نقاط قوت کلیدی در دسترسی به فناوری‌های روز و پتانسیل بهره‌وری وجود دارد. با این حال، نقاط ضعف شامل نگرانی‌های حریم خصوصی داده‌ها، فقدان استانداردسازی و مقاومت اجتماعی است. فرصت‌ها ممکن است از توسعهٔ اقدامات امنیتی قوی و کمپین‌های آگاهی عمومی پیش بیایند. تهدیدهای کلیدی شامل عدم قطعیت مقرراتی، ریسک‌های سایبری و بی‌اعتمادی عمومی است که پذیرش گسترده را مانع می‌شود. در سناریوی سوم، یک چالش منحصر به فرد وجود دارد که در آن مقررات و نگرش‌های اجتماعی موافق با پذیرش فناوری، همخوانی ندارد. نقاط قوت کلیدی، شامل سیاست‌های متمرکز بر پایداری و حمایت عمومی از ابتکارات سبز است. نقاط ضعف، ناشی از مقاومت در برابر یکپارچه‌سازی فناوری، مسائل قابلیت تعامل و شک نسبت به مزایا است. فرصت‌ها ممکن است از پروژه‌های پایلوت، همکاری‌های صنعتی و پرداختن به نگرانی‌های کاربران بروز کنند. با این حال، تهدیدها شامل خطر عقب‌ماندن از تکنولوژی و از دست دادن بهره‌وری است. سناریوی چهارم، چالش‌های قابل توجهی برای استراتژی‌های نوآورانه در طراحی ساختمان‌های هوشمند ایجاد می‌کند. نقاط ضعف، شامل مقاومت در برابر تغییر، فقدان حمایت مقرراتی و نگرانی‌های اجتماعی است. فرصت‌ها ممکن است از پرداختن به نگرانی‌های ذی‌نفعان، نشان دادن مزایای ملموس و ارتقای استانداردهای صنعتی بروز کنند. با این حال، تهدیدهای کلیدی شامل خطر کهنه شدن، از دست دادن رقابت‌پذیری و عدم تحقق اهداف پایداری است.

٦. نتیجه‌گیری

در مدیریت پیچیدگی‌های یکپارچه‌سازی فناوری، مناظر مقرراتی و تقاضاهای اجتماعی، یک رویکرد جامع و قابل تطبیق برای توسعهٔ استراتژی‌های نوآورانه در طراحی ساختمان‌های هوشمند ضروری است. استراتژی پیشنهادی شامل اجزای محوری زیر است:

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]

- تقویت همکاری چند ذی‌نفعی: هم‌سویی بین تأمین‌کنندگان فناوری، مالکان ساختمان‌ها، نهادهای مقرراتی و کاربران نهایی را از طریق شراکت‌های عمومی و خصوصی و کنسرسیوم‌های صنعتی بهبود ببخشید و یک اکوسیستم همکاری ایجاد کنید که نوآوری و پیاده‌سازی را پیش ببرد.
- اولویت‌بندی اصول طراحی کاربر محور: بر راحتی، بهره‌وری و تجربیات شخصی کاربران تأکید کنید و در عین حال به نگرانی‌های حریم خصوصی و امنیت داده‌ها از طریق اقدامات قوی و ارتباط شفاف بپردازید، به این ترتیب اعتماد و رضایت کاربران را افزایش دهید.
- توسعهٔ استانداردها و پروتکل‌های صنعتی: یکپارچه‌سازی بی‌نقص و قابلیت تعامل بین فناوری‌های مختلف ساختمان هوشمند، سیستم‌ها و زیرساخت‌ها را تسهیل و یک محیط عملیاتی منسجم و کارآمد ایجاد کنید.
- پیاده‌سازی پروژه‌های پایلوت و نمایش‌ها: مزایای ملموس راه‌حل‌های ساختمان هوشمند را نشان دهید، به رفع شک بپردازید و از طریق کاربردهای واقعی که ارزش و کارایی را نشان می‌دهند، اعتماد ذی‌نفعان را جلب کنید.
- حمایت از چارچوب‌های مقرراتی حمایتی: نوآوری را ترویج کنید و در عین حال حفاظت از مصرف‌کننده، پایداری و انتقال انرژی را از طریق تعامل هماهنگ با سیاست‌گذاران تضمین کنید و یک محیط مقرراتی مساعد برای پیشرفت‌های ساختمان هوشمند ایجاد کنید.
- پذیرش یادگیری و چابکی مستمر: با تعهد به یادگیری و انعطاف‌پذیری مداوم، به شرایط بازار در حال تکامل، پیشرفت‌های فناوری و انتظارات اجتماعی تطبیق دهید و اطمینان حاصل کنید که استراتژی‌ها مرتبط و مؤثر باقی می‌مانند.

با اتخاذ این استراتژی جامع، صنعت معماری می‌تواند به طور مؤثری چالش‌ها را مدیریت کند و فرصت‌های ارائه شده توسط سناریوهای مختلف را به دست آورد و در نهایت یک محیط ساخته شده هوشمند و درعین حال پایدار، کارآمد و کاربر محور ایجاد کند. این استراتژی از مسیرهای مثبت پذیرش و یکپارچه‌سازی فناوری، و همچنین چارچوب مقرراتی و اجتماعی بهره می‌برد تا یک "افق هماهنگ" برای طراحی ساختمان‌های هوشمند ایجاد کند. این استراتژی اهمیت همکاری چند ذی‌نفعی از طریق شراکت‌های عمومی و خصوصی را برجسته می‌کند و از تخصص و منابع جمعی تأمین‌کنندگان فناوری، مالکان ساختمان‌ها، نهادهای مقرراتی و کاربران نهایی بهره می‌برد. در صدر این موارد، اصول طراحی کاربر محور قرار دارد که به نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی و امنیت داده‌ها از طریق اقدامات قوی و ارتباط شفاف می‌پردازد و با چارچوب مقرراتی و اجتماعی مثبت هم‌سو می‌شود تا اعتماد و پذیرش ذی‌نفعان را جلب کند. برای پرداختن به چالش‌های قابلیت تعامل و یکپارچه‌سازی فناوری، این استراتژی، توسعهٔ استانداردها و پروتکل‌های صنعتی را توصیه می‌کند و امکان تبادل داده‌ها و عملکرد هماهنگ سیستم‌های مختلف ساختمان هوشمند را فراهم می‌کند. پروژه‌های پایلوت و نمایش‌ها نقش حیاتی در نشان دادن مزایای ملموس راه‌حل‌های ساختمان هوشمند و پیش‌برد پذیرش، با بهره‌گیری از مسیر مثبت پذیرش و یکپارچه‌سازی فناوری دارند. تعامل مداوم با سیاست‌گذاران برای اطمینان از توسعهٔ چارچوب‌های مقرراتی حمایتی که نوآوری را ترویج و در عین حال پایداری، انتقال انرژی و حفاظت از مصرف‌کننده را تضمین می‌کنند، ضروری است و با چارچوب مقرراتی و اجتماعی مثبت هم‌سو می‌شود. با پذیرش چابکی و یادگیری مستمر، این استراتژی به شرایط بازار در حال تکامل، پیشرفت‌های فناوری و انتظارات اجتماعی تطبیق داده می‌شود و به حفظ ارتباط و اثربخشی آن در چشم‌انداز پویای طراحی ساختمان هوشمند کمک می‌کند.

در نتیجه، چارچوب استراتژیک پیشنهاد شده در اینجا یک مسیر قوی برای دستیابی به یک محیط ساخته شدهٔ هوشمند و در عین حال پایدار، کارآمد و کاربر محور ارائه می‌دهد. با تقویت همکاری، اولویت‌بندی نیازهای کاربران، توسعهٔ استانداردها، نشان دادن ارزش از طریق پروژه‌های پایلوت، حمایت از مقررات حمایتی و تعهد به بهبود مستمر، صنعت معماری می‌تواند پتانسیل کامل ساختمان‌های هوشمند را تقویت کند. این رویکرد نه تنها به چالش‌های فعلی می‌پردازد بلکه صنعت را برای پیشرفت در میان تحولات آینده نیز آماده می‌کند و یک مسیر مقاوم و قابل تطبیق برای طراحی ساختمان‌های هوشمند ارائه می‌دهد.

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]

٦-١. پیشنهادات

برای پیش‌برد و بهبود بیشتر استراتژی‌های نوآورانه در طراحی ساختمان‌های هوشمند، تحقیقات آینده باید بر انجام مطالعات موردی عمیق و پیاده‌سازی‌های واقعی برای اعتبارسنجی عملکرد و شناسایی بهترین شیوه‌ها تمرکز کنند. بررسی مدل‌های کسب و کار نوآورانه و مکانیزم‌های تأمین مالی می‌تواند پذیرش را تشویق و همکاری‌های عمومی و خصوصی را تسهیل کند. بررسی یکپارچه‌سازی فناوری‌های ساختمان هوشمند با زیرساخت‌های شهری و ابتکارات شهر هوشمند، می‌تواند هم‌افزایی‌ها را ایجاد و استفاده از منابع را در مقیاس بزرگتر بهینه کند. توسعهٔ الگوریتم‌های پیشرفته یادگیری ماشین و هوش مصنوعی برای نگهداری پیش‌بینی‌کننده، بهینه‌سازی انرژی و سیستم‌های کنترل تطبیقی می‌تواند عملکرد ساختمان را بهبود بخشد. بررسی تأثیرات اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی، از جمله کمّی‌سازی مزایا و معایب در میان گروه‌های مختلف ذی‌نفع، برای ارزیابی جامع ضروری است. علاوه بر این، مطالعات طولی می‌توانند پیامدهای بلندمدت فناوری‌های ساختمان هوشمند بر رفاه ساکنان، بهره‌وری و کیفیت کلی زندگی را ارزیابی کنند و رویکردهای طراحی کاربر محور را اطلاع دهند. با پیگیری این جهت‌گیری‌های پژوهشی، صنعت معماری می‌تواند به طور مستمر استراتژی‌های نوآورانه خود را بهبود و پالایش دهد و اطمینان حاصل کند که طراحی ساختمان‌های هوشمند در خط مقدم راه‌حل‌های پایدار و کاربر محور برای محیط ساخته شده باقی می‌ماند.

پی نوشت

1 - PESTLE
2 - SWOT

مشارکت نویسندگان

تمامی نویسندگان در نگارش مقاله مشارکت داشته اند.

تضاد منافع،حمایت مالی

هیچگونه تضاد و تعارض منافعی برای نویسندگان مقاله وجود ندارد

دسترسی به داده ها و مواد

مجموعه داده‌های تولید شده ویا تحلیل شده در طول پژوهش حاضر از طریق درخواست منطقی از نویسنده مسئول قابل دسترسی هستند.

منابع

References

Abo-El-Wafa, H., Yeshitela, K., & Pauleit, S. (2018). The use of urban spatial scenario design model as a strategic planning tool for Addis Ababa. Landscape and Urban Planning, 180: 308-318.

Al Dakheel, J., Del Pero, C., Aste, N., & Leonforte, F. (2020). Smart buildings features and key performance indicators: A review. Sustainable Cities and Society, 61, 102328.

Alahi, M. E. E., Sukkuea, A., Tina, F. W., Nag, A., Kurdthongmee, W., Suwannarat, K., & Mukhopadhyay, S. C. (2023). Integration of IoT-enabled technologies and artificial intelligence (AI) for smart city scenario: recent advancements and future trends. Sensors, 23(11), 5206.

Anastasi, G., Bartoli, C., Conti, P., Crisostomi, E., Franco, A., Saponara, S., ... & Vallati, C. (2021). Optimized energy and air quality management of shared smart buildings in the covid-19 scenario. Energies, 14(8), 2124.

Apanavičienė, R., & Shahrabani, M. M. N. (2023). Key factors affecting smart building integration into smart city: technological aspects. Smart Cities, 6(4): 1832-1857.

Benavente-Peces, C. (2019). On the energy efficiency in the next generation of smart buildings—Supporting technologies and techniques. Energies, 12(22), 4399.

Bibri, S. E. (2020). A methodological framework for futures studies: integrating normative backcasting approaches and descriptive case study design for strategic data-driven smart sustainable city planning. Energy Informatics, 3, 1-42.

Bokolo, A. J. (2023). Data driven approaches for smart city planning and design: a case scenario on urban data management. Digital Policy, Regulation and Governance, 25(4): 351-367.

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]

Jung, Y., Heo, Y., Cho, H., Kang, Y. T., Kim, Y., & Lee, H. (2023). A plan to build a net zero energy building in hydrogen and electricity-based energy scenario in South Korea. Journal of Cleaner Production, 397, 136537.

Kumar, A., Sharma, S., Goyal, N., Singh, A., Cheng, X., & Singh, P. (2021). Secure and energy-efficient smart building architecture with emerging technology IoT. Computer Communications, 176: 207-217.

Minoli, D., Sohraby, K., & Occhiogrosso, B. (2017). IoT considerations, requirements, and architectures for smart buildings—Energy optimization and next-generation building management systems. IEEE Internet of Things Journal, 4(1): 269-283.

Nabegh Vatan,Roshanak,Balali Oskoui, Azita, Keynejad, Mohammad Ali, Diba, Farbod. (2021). Investigating the role of Covid-19 in the emergence of green architecture in the future of houses - A study based on the causal layer analysis (CLA) method. Humans and Environment, 19(4), 201-219 [In Persian].

Paes, V. D. C., Pessoa, C. H. M., Pagliusi, R. P., Barbosa, C. E., Argôlo, M., de Lima, Y. O., ... & de Souza, J. M. (2023). Analyzing the challenges for future smart and sustainable cities. Sustainability, 15(10), 7996.

Pichugin, S., & Klochko, L. (2020, June). Forecasting the Possible Accident Scenario on the Example of Self-framing Metal Buildings. In International Conference BUILDING INNOVATIONS (pp. 331-342). Cham: Springer International Publishing.

Sambandam Raju, P., Mahalingam, M., & Arumugam Rajendran, R. (2019). Design, implementation and power analysis of pervasive adaptive resourceful smart lighting and alerting devices in developing countries supporting incandescent and led light bulbs. Sensors, 19(9), 2032.

Segura, E., Belmonte, L. M., Morales, R., & Somolinos, J. A. (2023). A Strategic Analysis of Photovoltaic Energy Projects: The Case Study of Spain. Sustainability, 15(16): 12316.

Shaharuddin, S., Maulud, K. N. A., Rahman, S. A. F. S. A., Ani, A. I. C., & Pradhan, B. (2023). The role of IoT sensor in smart building context for indoor fire hazard scenario: A systematic review of interdisciplinary articles. Internet of Things, 100803.

Bradfield, R., Derbyshire, J., & Wright, G. (2016). The critical role of history in scenario thinking: Augmenting causal analysis within the intuitive logics scenario development methodology. Futures, 77: 56-66.

Cubuk, G. (2023). Spatial Integrity Through Sequences: Contemporary Scenario Planning Techniques For Architectural Design. Mimarlık Ve Yaşam, 8(2): 239-255.

Dai, X., Liu, J., & Zhang, X. (2020). A review of studies applying machine learning models to predict occupancy and window-opening behaviours in smart buildings. Energy and Buildings, 223, 110159.

Dalirazar, S., & Sabzi, Z. (2023). Strategic analysis of barriers and solutions to development of sustainable buildings using PESTLE technique. International Journal of Construction Management, 23(1): 167-181.

Ebolor, A. (2023). Backcasting frugally innovative smart sustainable future cities. Journal of Cleaner Production, 383, 135300.

Eilouti, B. (2018). Scenario-based design: New applications in metamorphic architecture. Frontiers of Architectural Research, 7(4): 530-543.

Galán-Madruga, D. (2023). Environmental Data Control in Smart Buildings: Big Data Analysis and Existing IoT Technological Systems. In IoT Enabled Computer-Aided Systems for Smart Buildings (pp. 1-18). Cham: Springer International Publishing.

Hakimi, S. M., & Hasankhani, A. (2020). Intelligent energy management in off-grid smart buildings with energy interaction. Journal of Cleaner Production, 244, 118906.

Han, Y., Fang, X., Zhao, X., & Wang, L. (2023). Exploring the impact of incentive policy on the development of prefabricated buildings: A scenario-based system dynamics model. Engineering, Construction and Architectural Management.

Iqbal, A., Ullah, F., Anwar, H., Kwak, K. S., Imran, M., Jamal, W., & ur Rahman, A. (2018). Interoperable Internet-of-Things platform for smart home system using Web-of-Objects and cloud. Sustainable Cities and Society, 38: 636-646.

Jayashankara, M., Shah, P., Sharma, A., Chanak, P., & Singh, S. K. (2023). A novel approach for short-term energy forecasting in smart buildings. IEEE Sensors Journal, 23(5): 5307-5314.

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]

Shinde, R., Kim, A., & Hellweg, S. (2024). Bottom-up LCA building stock model: Tool for future building-management scenarios. Journal of Cleaner Production, 434, 140272.

Sittón-Candanedo, I., Alonso, R. S., García, Ó., Muñoz, L., & Rodríguez-González, S. (2019). Edge computing, iot and social computing in smart energy scenarios. Sensors, 19(15): 3353.

Tahmasebinia, F., Jiang, S., Shirowzhan, S., Mann, L., & Sepasgozar, S. M. (2023). Exploring the Integration of Architectural Design and Advanced Structural Analysis for Steel–Glass Structures: A Comparative Study of Different Case Scenarios. Buildings, 13(6): 1369.

Umoh, A. A., Nwasike, C. N., Tula, O. A., Adekoya, O. O., & Gidiagba, J. O. (2024). A Review Of Smart Green Building Technologies: Investigating The Integration And Impact Of Ai And Iot In Sustainable Building Designs. Computer Science & It Research Journal, 5(1): 141-165.

Yang, C., Liang, P., Fu, L., Cui, G., Huang, F., Teng, F., & Bangash, Y. A. (2022). Using 5G in smart cities: A systematic mapping study. Intelligent Systems with Applications, 14, 200065.

Yawson, R. M. (2021). The ecological system of innovation: A new architectural framework for a functional evidence-based platform for science and innovation policy. arXiv preprint arXiv:2106.15479.

Zhuang, H., Zhang, J., CB, S., & Muthu, B. A. (2020). Sustainable smart city building construction methods. Sustainability, 12(12): 4947.

نابـغ وطـن، روشـنک،بلالی اسـکوئی، آزیتـا، کی نژاد،محمدعـلی، دیبا،فربـد. (۲۰۲۱). بـررسی نقـش بیمـاری کوویـد-۱۹ در پیدایـش معمـاری سـبز در آینده-پـژوهی خانه‌هـا بـر اسـاس روش تحلیـل لایـه‌ای علت‌هـا (CLA). انسـان و محیـط زیسـت, ۱۹(۴): ۲۰۱-۲۱۹.

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]

This page is intentionally rendered without text

این صفحه آگاهانه بدون متن ارائه شده است

[DOI: 10.61186/ciauj.9.2.1]