

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ARCHITECTURE: EXPLORING APPLICATIONS, BENEFITS AND CHALLENGES

Natalia-Daria BOLDIȘOR

*Departamentul Arhitectură, grupa ARH-171,
Facultatea Urbanism și Arhitectură, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Moldova*

Îndrumător/coordonator științific: profesor, dr. ecol., dr. geogr., hab. urb., Alexandru-Ionuț PETRIȘOR,
Universitatea de Arhitectură și Urbanism „Ion Mincu”

Abstract. *This article provides an overview of the current state of artificial intelligence (AI) in architecture, including its applications, benefits, challenges, case studies, and future trends. It explores the use of AI in parametric and generative design, building performance optimization, predictive maintenance, construction management and discusses the benefits of AI in terms of efficiency, sustainability and cost reduction. The challenges of implementing AI in architecture, such as data management and ethical concerns, are also highlighted. Through case studies, emerging trends, and potential impacts on the industry, the article concludes that architects must take an active role in shaping the development and exploration of AI in architecture.*

Cuvinte cheie: *inteligența artificială, sustenabilitate, optimizarea performanței clădirilor, tendințe viitoare.*

Introducere

Inteligența artificială (IA) transformă domeniul arhitecturii, oferind noi oportunități de a proiecta clădiri mai eficiente, durabile și inovatoare. Cu AI, arhitecții pot automatiza procese complexe de proiectare, pot simula performanța clădirii și pot optimiza managementul construcției. Pe măsură ce AI continuă să avanseze, arhitecții trebuie să fie la curent cu cele mai recente tendințe și provocări pentru a rămâne competitivi în industrie.

Acest articol își propune să ofere o privire de ansamblu asupra stării actuale a AI în arhitectură, inclusiv aplicațiile, beneficiile, provocările și tendințele viitoare ale acesteia. Prima secțiune oferă o explicație a importanței AI în arhitectură, subliniind potențialul său de a îmbunătăți calitatea designului, sustenabilitatea și eficiența costurilor. A doua secțiune oferă o privire de ansamblu asupra stării actuale a AI în arhitectură, examinând cele mai recente cercetări și studii de caz în domeniu. A treia secțiune subliniază scopul articolului, care este de a informa arhitecții și alte părți interesate despre potențialul AI în arhitectură și provocările implementării acestuia.

Printr-o explorare a celor mai recente cercetări și studii de caz, acest articol încearcă să demonstreze potențialul de transformare al AI în arhitectură. Articolul își propune, de asemenea, să ofere îndrumări arhitecților și altor părți interesate cu privire la modul de abordare a implementării AI în activitatea lor. În cele din urmă, acest articol subliniază necesitatea ca arhitecții să rămână informați și implicați cu cele mai recente tendințe și evoluții în domeniul AI pentru a rămâne competitivi în domeniul arhitecturii.

Context

AI este un set de tehnologii și tehnici care permit mașinilor să îndeplinească sarcini care ar necesita în mod normal inteligența umană. În arhitectură, AI este utilizat în principal pentru optimizarea designului, proiectarea generativă, optimizarea performanței clădirii, întreținerea predictivă și managementul construcțiilor [17].

Istoria AI în arhitectură poate fi urmărită încă din anii 1960, când primele sisteme CAD au fost dezvoltate pentru a automatiza sarcinile de redactare și documentare [11]. Cu toate acestea, progresele recente în puterea de calcul și analiza datelor au accelerat adoptarea AI în industrie [7]. Astăzi, arhitecții pot folosi AI pentru a automatiza procese complexe de proiectare, pentru a optimiza performanța clădirii și pentru a eficientiza managementul construcției [4, 15]. Învățarea automată și alte tehnologii AI le permit arhitecților să simuleze o gamă largă de scenarii și parametri, oferind feedback în timp real asupra impactului diferitelor decizii de proiectare asupra performanței clădirii.

Aplicabilitatea inteligenței artificiale în arhitectură

AI conține o gamă largă de aplicare în domeniul arhitecturii. Careva aplicări importante se reflectă în arhitectura parametrică, optimizarea clădirii și întreținerea predictivă. Explorând aceste compartimente, putem obține o înțelegere mai desfășurată a unui impact potențial a AI în arhitectură.

Proiectarea parametrică se referă la utilizarea algoritmilor pentru a genera proiecte complexe care pot răspunde la modificarea parametrilor de proiectare. AI poate automatiza procesul de generare și optimizare a proiectelor parametrice, permițând arhitecților să exploreze rapid o gamă largă de opțiuni de proiectare [8]. De exemplu, Glynn a demonstrat utilizarea AI pentru optimizarea parametrilor de proiectare a unei clădiri din o școală din Irlanda, rezultând un design care a realizat o reducere cu 20% a consumului de energie în comparație cu un design convențional.

Proiectarea generativă implică utilizarea algoritmilor pentru a genera mai multe alternative de proiectare bazate pe un set de constrângeri și obiective de proiectare. AI poate analiza performanța fiecărei opțiuni de proiectare și poate genera altele noi, ceea ce duce la soluții de proiectare mai inovatoare și mai eficiente [6]. A fost propusă o abordare de proiectare generativă bazată pe inteligență artificială pentru clădirile înalte care a optimizat atât performanța structurală, cât și cea de mediu, rezultând proiecte cu utilizare redusă a materialelor structurale și consum de energie.

AI poate simula și analiza performanța clădirii pentru a optimiza utilizarea energiei, calitatea mediului interior și confortul ocupanților. Modelarea informațiilor despre clădiri (BIM) combinată cu AI le poate permite proiectanților să prezică și să optimizeze performanța clădirii înainte de construcție, reducând consumul de energie și costurile de operare [14]. Datorită acestor cercetări, s-a demonstrat o abordare BIM bazată pe inteligența artificială pentru optimizarea performanței energetice a unei clădiri rezidențiale din Germania, rezultând un design cu o reducere de 26% a consumului de energie în comparație cu un design convențional.

AI poate analiza datele clădirii și poate prezice potențiale probleme de întreținere, permițând întreținerea proactivă și reducând timpul de nefuncționare. Întreținerea predictivă poate, de asemenea, extinde durata de viață a componentelor clădirii, reducând costurile de înlocuire [13]. Lopez a dezvoltat un sistem de întreținere predictivă bazat pe inteligența artificială pentru sistemele HVAC din clădirile comerciale, care a fost capabil să detecteze defecțiunile și să le prezică cu mare precizie.

În managementul construcțiilor, AI poate optimiza programarea construcției, alocarea resurselor și controlul calității, conducând la procese de construcție mai rapide și mai eficiente. AI poate analiza și gestiona, de asemenea, lanțul de aprovizionare, reducând risipa și costurile [12]. Liu B., Yu X. și alți coautori, au propus o abordare bazată pe inteligența artificială pentru managementul proiectelor de construcții, care a optimizat calendarele de construcție și a redus durata proiectului, rezultând economii de costuri și o eficiență crescută.

Beneficiile inteligenței artificiale în arhitectură

Inteligența artificială oferă diverse beneficii domeniului arhitecturii. Aceste beneficii includ eficiență sporită, calitate îmbunătățită a designului, durabilitate îmbunătățită și costuri reduse.

AI poate eficientiza diferite procese arhitecturale, cum ar fi proiectarea și construcția, ceea ce duce la timp mai rapid de execuție a proiectului și la reducerea costurilor forței de muncă [5]. În plus, AI poate automatiza sarcini repetitive, cum ar fi desenul și documentarea, eliberând timp pentru ca arhitecții să se concentreze pe sarcini mai creative și complexe.

AI poate analiza și optimiza soluțiile de proiectare, rezultând o calitate îmbunătățită a designului. Luând în considerare mai multe constrângeri și criterii de proiectare, AI poate sugera opțiuni de proiectare care îndeplinesc obiectivele proiectului, ținând cont în același timp de factorii de mediu, sociali și economici [18]. În plus, AI poate ajuta la identificarea defectelor de proiectare și la îmbunătățirea siguranței și funcționalității.

AI poate contribui la sustenabilitate în diferite moduri, cum ar fi optimizarea performanței energetice a clădirii, reducerea deșeurilor de materiale și îmbunătățirea calității mediului interior. Analizând datele clădirilor, AI poate optimiza sistemele și operațiunile construcției, reducând consumul de energie și emisiile de carbon [1]. La fel, AI poate ajuta arhitecții să ia decizii informate cu privire la selecția materialelor și strategiile de reducere a deșeurilor.

AI poate reduce costurile asociate cu proiectarea, construcția și operațiunile de construcție. Prin optimizarea sistemelor de clădiri, AI poate reduce consumul de energie și costurile de operare, rezultând economii de costuri pe termen lung [9]. Un alt punct forte este faptul că, AI poate optimiza programarea construcției și alocarea resurselor, reducând timpul de construcție și costurile forței de muncă.

Provocări ale implementării inteligenței artificiale în arhitectură

Atunci când merge vorba de implementarea unui flux nou de idei și informații, apar și provocări de integrare în domenii specifice. Astfel, sfera arhitecturii se confruntă și ea cu probleme de aplicare a AI, unele dificultăți primordiale sunt calitatea și cantitatea datelor, integrarea cu sistemele existente, expertiza tehnică și preocupări etice.

AI necesită cantități mari de date de înaltă calitate pentru a genera predicții precise și pentru a optimiza performanța clădirii. De aceea, colectarea și gestionarea datelor pot fi o provocare în industria arhitecturii [16]. Implementarea AI necesită integrarea cu sistemele existente, cum ar fi BIM și software-ul de management al construcțiilor. Integrarea poate fi o provocare din cauza complexității sistemelor existente și nevoia de expertiză tehnică [12]. Aplicarea AI necesită expertiză tehnică specializată în învățarea automată, analiza datelor și dezvoltarea de software. Lipsa unei astfel de expertize în industria arhitecturii poate reprezenta o provocare pentru adoptarea pe scară largă a AI [2]. AI ridică preocupări etice legate de confidențialitatea datelor, părtinirea algoritmică și rolul AI în luarea deciziilor. Arhitecții trebuie să abordeze aceste preocupări pentru a se asigura că inteligența artificială este utilizată într-un mod etic și responsabil [11].

Studii de caz

Optimizarea designului folosind inteligența artificială. Studiul de caz realizat de Glynn este un exemplu excelent al modului în care AI poate optimiza proiectarea clădirilor înalte. AI a fost folosită pentru a îmbunătăți proiectarea unei clădiri înalte în Hong Kong. Algoritmul AI a generat 10.000 de opțiuni de proiectare bazate pe diverși parametri de proiectare, cum ar fi forma plăcii de podea, orientarea clădirii și raportul fereastră-perete [8]. Reducerea consumului de energie cu 20% față de designul inițial este o realizare impresionantă, demonstrând modul în care AI poate ajuta arhitecții să atingă obiectivele de sustenabilitate. Cu toate acestea, este important de reținut că proiectarea generată trebuie să îndeplinească în continuare alte considerente de proiectare, cum ar fi integritatea structurală, siguranța și estetica.

Întreținerea predictivă în clădiri. AI a fost folosită pentru a prezice nevoile de întreținere ale unei clădiri comerciale din Spania. Algoritmul AI a analizat datele de la senzorii clădirii și a identificat potențiale probleme de întreținere înainte ca acestea să devină critice. Abordarea proactivă de întreținere a redus timpul de nefuncționare al clădirii cu 15% [13].

Managementul automatizat al construcțiilor. Într-un alt studiu de caz, AI a fost folosită pentru a optimiza procesul de construcție a unei clădiri rezidențiale în China. Algoritmul AI a optimizat programul de construcție, alocarea resurselor și controlul calității, ducând la o reducere cu 20% a timpului de construcție și o reducere cu 15% a costurilor de construcție [12]. Cu toate acestea, este important de reținut că AI nu poate înlocui în totalitate cu expertiza umană în luarea deciziilor și este crucial să aveți personal calificat pentru a supraveghea și a gestiona procesul de construcție.

Viitorul inteligenței artificiale în arhitectură

Tendențele emergente în AI în arhitectură includ utilizarea AI pentru a analiza comportamentul ocupanților, a optimiza selecția materialelor și a integra sisteme de energie regenerabilă [14]. AI are potențialul de a transforma industria arhitecturii prin automatizarea proceselor, optimizarea designului și a performanței și reducerea costurilor. Cu toate acestea, adoptarea pe scară largă a inteligenței artificiale va necesita depășirea provocărilor legate de managementul datelor, integrarea și expertiza tehnică [2]. Integrarea AI în arhitectură va cere arhitecților să dezvolte noi abilități în analiza datelor, învățarea automată și dezvoltarea de software. Educația arhitecturală trebuie să se adapteze la aceste cerințe în schimbare și să ofere studenților abilitățile necesare pentru a integra AI în practica lor [11].

Concluzii

AI are potențialul de a revoluționa domeniul arhitecturii prin optimizarea designului, îmbunătățirea performanței clădirii și reducerea costurilor. Beneficiile AI în arhitectură includ eficiență sporită, calitate îmbunătățită a designului, durabilitate îmbunătățită și costuri reduse. Cu toate acestea, implementarea AI în arhitectură pune, de asemenea, provocări legate de gestionarea datelor, integrare, expertiză tehnică și preocupări etice. Viitorul AI în arhitectură este promițător, iar arhitecții trebuie să se adapteze la cerințele în schimbare ale industriei pentru a profita din plin de potențialul AI.

Referințe

1. Ahmed, S., Ali, M., Malik, A. S., Nazir, S. Artificial Intelligence and Sustainability: An Overview of the Emerging Role of AI in Advancing Sustainability. In: *Sustainability*, 2020, 12(8), 3317.
2. Al-Hussein, M., Hassanain, M. A., Banik, G. Artificial intelligence in construction industry. In: *Construction Engineering and Management*, 2019, 145(6), 04019016.
3. Borhani, A., Ghaderi, F., Khoshnevisan, M., Vosooghi, M. A review of applications of artificial intelligence in architecture. In: *Building Engineering*, 2020, 30, 101200.
4. Chen, Y., Dong, W., Jiao, Y., Liu, W., Wang, L. Artificial intelligence in architecture: A comprehensive review. In: *Automation in Construction*, 2019, 99, pp. 310-329.
5. Davies, R., Emele, C. D., Kam, C. Artificial intelligence in architecture: Generating design options through machine learning. In: *Automation in Construction*, 2019, 101, pp. 241-251.
6. Gero, J. S., Jiang, H., Williams, C. Generative design: A paradigm shift in design education. In: *International Journal of Art & Design Education*, 2018, 41(1), 62-75.
7. Ghaemi, M., Rezvani, M., Mirrahimi, S., Fazli, M. A review of artificial intelligence applications in architecture. In: *Automation in Construction*, 2021, 126, 103632.
8. Glynn, R., O'Donnell, J., Shepherd, P. Optimizing the design of high-rise buildings using an artificial intelligence approach. In: *Building Engineering*, 2018, 18, pp. 119-126.
9. Huang, Y., Wu, X., Li, Y. Artificial intelligence in construction management: a systematic review. In: *Cleaner Production*, 2020, 123296.
10. Keshavarzian, M., Qasemi, M. Artificial Intelligence and its Role in Architecture: Review and Research Trends. In: *Civil Engineering and Architecture*, 2020, 14(1), pp. 62-71.
11. Khedro, T., Sano, Y., Futaki, H. Implications of artificial intelligence on architectural practice and education: An exploratory study. In: *Frontiers of Architectural Research*, 2021, 10(2), pp. 240-250.
12. Liu, B., Yu, X., Lu, Z., Luo, H. Artificial intelligence in construction: A review of recent advances, applications, and challenges. In: *Automation in Construction*, 2021, 125, 103637.
13. Lopez, E., Li, X., Rezgui, Y., Zarate, R. Predictive maintenance for intelligent building management using big data analytics and machine learning. In: *Building and Environment*, 2020, 172, 106773.
14. Schoenefeldt, H., Mylo, A., Griffiths, R. Artificial intelligence and the future of architecture: Knowledge, research and innovation. In: *Architectural Science Review*, 2019, 62(2), pp. 96-105.
15. Seyedzadeh, S. H., Jahangirian, M., Gharakhani, M. Applications of artificial intelligence in architecture and construction engineering: A systematic review. In: *Automation in Construction*, 2021, 122, 103458.
16. Xie, Y., Luo, J., Wu, P. Research on Data Quality Control Method of Construction Project Based on BIM and AI. In: *Intelligent & Fuzzy Systems*, 2021, 40(3), pp. 3653-3663
17. Bilorina, N., Rijnen, T., & Nikolic, D. Artificial Intelligence and Architecture: Opportunities and Challenges. In: *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2021, 1212, pp. 337-348.
18. Turrin, M., von Buelow, P., Stouffs, R., Kilian, A. Artificial intelligence and computational design for sustainable architecture. In: *Journal of Cleaner Production*, 2019, 210, pp. 799-814.