

Tích hợp trí tuệ nhân tạo (AI) vào quy trình thiết kế kiến trúc: phương pháp và ứng dụng

Nguyễn Tiến Đức

Khoa Kiến trúc – Nội thất – Mỹ thuật ứng dụng, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành
ntduc@ntt.edu.vn

Tóm tắt

Sự phát triển mạnh mẽ của AI đã tác động đến nhiều ngành nghề trong đó có kiến trúc, AI đã ảnh hưởng đến phương pháp tiếp cận và quy trình thiết kế kiến trúc. Nghiên cứu nhằm làm rõ vai trò, tiềm năng và thách thức của AI trong thiết kế kiến trúc và đưa ra giải pháp tích hợp AI vào quy trình thiết kế kiến trúc để nâng cao hiệu quả thiết kế. Bài báo nghiên cứu tổng quan tài liệu nhằm xác định các xu hướng, mô hình, công nghệ AI đang được sử dụng trong thiết kế kiến trúc, từ đó xác định cơ sở lý thuyết và thực tiễn để tối ưu hoá quy trình thiết kế kiến trúc khi tích hợp AI. Nghiên cứu đề xuất công cụ AI sử dụng trong quá trình thiết kế kiến trúc gồm 3 giai đoạn: ý tưởng, phát triển, kiểm tra và hoàn thiện thiết kế. Quy trình thiết kế kiến trúc tích hợp AI giúp người thiết kế kiến trúc tăng tốc độ và hiệu quả thiết kế, giảm sai sót, tối ưu hóa hiệu suất công trình, nâng cao tính sáng tạo và cá nhân hoá trong thiết kế kiến trúc.

Nhận 17/06/2025
Được duyệt 24/08/2025
Công bố 30/10/2025

Từ khóa

AI, Kiến trúc, Thiết kế kiến trúc, Quy trình thiết kế, Tích hợp AI

© 2025 Journal of Science and Technology - NTTU

1. Đặt vấn đề

Trong bối cảnh cách mạng trí tuệ nhân tạo (AI) đang tác động sâu rộng đến mọi lĩnh vực, ngành kiến trúc cũng đang đứng trước thách thức và cơ hội lớn trong việc sử dụng các công nghệ tiên tiến để đổi mới quy trình thiết kế kiến trúc. Trong những năm gần đây, AI đã có những bước tiến vượt bậc và được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, trong đó có lĩnh vực kiến trúc. Các công nghệ AI mới đang định hình lại cách thức thiết kế cũng như phát triển và tối ưu hóa hiệu suất công trình [1].

Tuy nhiên, việc sử dụng AI một cách hiệu quả vào quy trình thiết kế kiến trúc vẫn còn gặp nhiều thách thức. Những khó khăn chủ yếu là việc tích hợp AI vào quy trình thiết kế kiến trúc không chỉ đơn thuần là áp dụng một công nghệ mới, mà còn đặt ra câu hỏi về vai trò của người kiến trúc sư, tính sáng tạo trong thiết kế và sự thay đổi trong phương pháp luận truyền thống. Trong khi một số phần mềm và công cụ AI đã được triển khai thử nghiệm trong thực hành như sử dụng thuật toán tạo hình, phân tích dữ liệu khí hậu, hay gợi ý bố cục mặt bằng [2]. Các công nghệ này đã được sử dụng tuy nhiên vẫn còn thiếu những nghiên cứu có hệ thống về tích hợp AI với quy trình thiết kế để thích hợp và duy trì quyền tự chủ sáng tạo của kiến trúc sư trong quá trình thiết kế kiến trúc.

Bài báo nghiên cứu nhằm xác định rõ tiềm năng, vai trò và giới hạn của AI trong thiết kế kiến trúc. Đồng thời, đề xuất các mô hình tích hợp AI phù hợp với từng giai đoạn của quy trình thiết kế, nhằm nâng cao hiệu quả thiết kế, tối ưu hóa tốc độ và chất lượng sản phẩm, đồng thời vẫn giữ được tính chủ động và sáng tạo của người kiến trúc sư.

2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Khái niệm và phân loại AI

AI là khả năng của máy tính mô phỏng chức năng nhận thức của con người, như học từ kinh nghiệm, tư duy, và ra quyết định. AI có khả năng diễn giải dữ liệu bên ngoài một cách chính xác, học hỏi từ dữ liệu đó và sử dụng những kiến thức đó để đạt được các mục tiêu và nhiệm vụ cụ thể thông qua khả năng thích ứng linh hoạt của hệ thống. Mục tiêu tổng quát của AI là tạo ra các hệ thống được trang bị trí thông minh, phản ánh khả năng học tập và hiểu biết giống con người. Các hệ thống AI cung cấp các dịch vụ đa dạng, linh hoạt, phục vụ nhiều lĩnh vực khác nhau như giáo dục, hướng dẫn, tương tác,...[3]. AI phân loại theo phương pháp tiếp cận giải quyết vấn đề gồm các loại sau [4]:

- Thuật toán di truyền (Genetic Algorithms): là một phương pháp tìm kiếm và tối ưu hóa, mô phỏng lại quá trình chọn lọc tự nhiên, cách sinh vật thích nghi với môi

trường. Dùng để tìm giải pháp tối ưu trong thiết kế như bố trí không gian, tối ưu hình khối, lựa chọn vật liệu.

- Biểu diễn tri thức (Knowledge Representation): là cách mô hình hóa và lưu trữ tri thức (knowledge) của con người để máy tính có thể hiểu, suy luận, và đưa ra quyết định. Việc lựa chọn cách biểu diễn tri thức (bằng logic, mạng ngữ nghĩa, đồ thị, ...) ảnh hưởng đến khả năng giải quyết vấn đề. Các giải pháp biểu diễn tri thức bao gồm:
+ Các giải pháp dựa trên logic (Logic-Based AI): hiểu ngôn ngữ, phân tích hình ảnh và ra quyết định theo điều kiện

+ Mạng ngữ nghĩa (Semantic Networks): dạng biểu diễn kiến thức dạng đồ thị là các khái niệm là nút, liên kết, quan hệ. Mạng ngữ nghĩa hữu ích trong việc xây dựng hệ thống phân tích ngôn ngữ kiến trúc, sơ đồ chức năng không gian, v.v.

- Hệ chuyên gia (Expert Systems): được thiết kế để giải quyết các vấn đề phức tạp bằng cách mô phỏng khả năng ra quyết định của một chuyên gia trong một lĩnh vực cụ thể. Hệ thống mô phỏng cách chuyên gia con người ra quyết định, dựa trên kho tri thức và công cụ suy luận. Lĩnh vực ứng dụng bao gồm: kiểm tra tuân thủ quy chuẩn, đánh giá khả năng thi công và tư vấn lựa chọn vật liệu

- Mạng nơ-ron nhân tạo (Artificial Neural Networks): mô phỏng não người, giúp nhận diện mẫu phức tạp như hình dạng kiến trúc, xu hướng khí hậu, ánh sáng, v.v. Ứng dụng trong phân tích thị giác, nhận diện ảnh công trình,...

- Xử lý ngôn ngữ tự nhiên NLP tập trung vào việc cho phép máy móc hiểu và tương tác với ngôn ngữ của con người. Nó được sử dụng trong các chatbot, dịch ngôn ngữ và hệ thống nhận dạng giọng nói. Trong kiến trúc có thể đọc và phân tích văn bản quy hoạch, nhu cầu người dùng, phản hồi khảo sát,...

- Học tăng cường (Reinforcement Learning): học máy bằng cách thử – sai – được thưởng. Ứng dụng trong thiết kế tuần tự, lập kế hoạch thi công, quản lý vận hành tòa nhà thông minh.

2.2. Các giai đoạn của quy trình thiết kế kiến trúc

Quá trình thiết kế kiến trúc trải qua nhiều giai đoạn khác nhau giúp các kiến trúc sư phát triển ý tưởng, giải quyết vấn đề và đưa ra giải pháp tối ưu cho không gian sống, công trình hoặc đô thị. Quá trình này giúp người thiết kế tạo ra phương án có giá trị thẩm mỹ, công năng và bền vững. Các giai đoạn của quá trình thiết kế kiến trúc phổ biến từ giai đoạn bắt đầu đến thiết kế kỹ thuật thông thường trong Bảng 1 [5]:

Bảng 1. Quá trình thiết kế kiến trúc từ giai đoạn bắt đầu đến thiết kế kỹ thuật

Giai đoạn 1. Hình thành ý tưởng thiết kế: AI hỗ trợ tạo hình học, phát triển concept.	- Thu thập và phân tích dữ liệu: + Nghiên cứu nhu cầu của người sử dụng, chủ đầu tư và các quy định pháp lý. + Phân tích bối cảnh: vị trí xây dựng, môi trường xung quanh, khí hậu, văn hóa và các yếu tố ảnh hưởng khác. + Thu thập dữ liệu về vật liệu, công nghệ, xu hướng thiết kế, các quy định xây dựng, kỹ thuật, và ngân sách. + Xác định mục tiêu, yêu cầu của dự án - Phác thảo ý tưởng thiết kế: + Xác định xu hướng thiết kế: hiện đại, cổ điển, tối giản, bền vững... + Phác thảo ý tưởng sơ bộ dựa trên thông tin thu thập. + Tư duy sáng tạo để phát triển các phương án. + Xác định những yếu tố chính: hình khối, không gian, công năng, kết cấu và vật liệu
Giai đoạn 2. Phát triển thiết kế: AI tối ưu hóa không gian, ánh sáng, thông gió.	- Thiết kế cơ sở: + Phác thảo mặt bằng, mặt đứng, mặt cắt của công trình. + Phân tích hình thức, không gian, môi trường, giao thông và hiệu quả sử dụng. Xây dựng mô hình 3D sơ bộ để kiểm tra tỷ lệ, khối lượng và bố cục. + Đánh giá phương án thiết kế để tiếp tục tối ưu. - Phát triển thiết kế kỹ thuật: + Hoàn thiện chi tiết về cấu trúc, vật liệu, kỹ thuật xây dựng. + Xác định hệ thống chiếu sáng, thông gió, cấp thoát nước, nội thất,... + Mô phỏng và kiểm tra hiệu suất không gian bằng phần mềm thiết kế

	+ Điều chỉnh thiết kế theo phản hồi từ khách hàng hoặc chuyên gia
Giai đoạn 3. Kiểm tra và hoàn thiện: AI tự động phát hiện lỗi, tối ưu hóa vật liệu.	- Kiểm tra tính khả thi + Kiểm tra tính khả thi của thiết kế về mặt kỹ thuật và kinh tế. + Phân tích khả năng bền vững, tác động môi trường và hiệu suất sử dụng. - Hoàn thiện hồ sơ thiết kế + Hoàn tất bản vẽ kỹ thuật và hồ sơ thiết kế. + Phối hợp với kỹ sư, nhà thầu và các bên liên quan để triển khai xây dựng. + Giám sát thi công, điều chỉnh thiết kế thực tế khi cần thiết. + Đánh giá chất lượng công trình sau khi hoàn thành

3. Phương pháp nghiên cứu

Bài báo tiến hành nghiên cứu các khái niệm phân loại AI, quy trình thiết kế kiến trúc nhằm xác định các cơ hội cụ thể để tích hợp hiệu quả các kỹ thuật trí tuệ nhân tạo. Phương pháp nghiên cứu bao gồm bốn bước chính như sau:

- Giai đoạn đầu tiên hành nghiên cứu các kỹ thuật AI, phân tích các chức năng và khả năng xử lý công việc trong thiết kế kiến trúc. Phân tích có hệ thống quy trình thiết kế kiến trúc dưới khả năng sử dụng của AI, chia thành các pha chính từ hình thành ý tưởng đến tối ưu hóa phương án. Đối với từng giai đoạn, nghiên cứu xác định đặc điểm công việc, loại hình dữ liệu được xử lý (như hình ảnh, văn bản, thông số kỹ thuật) và kết quả đầu ra kỳ vọng.
- Dựa trên kết quả phân tích ở bước trước, nghiên cứu tiến hành đối chiếu đặc điểm của từng công đoạn thiết kế như tạo hình ảnh, bố trí không gian, dự đoán hiệu suất, hoặc lựa chọn giải pháp tối ưu với các kỹ thuật AI phù hợp. Việc lựa chọn dựa trên khả năng của từng kỹ thuật trong việc hỗ trợ các mục tiêu cụ thể của thiết kế.
- Ở bước tiếp theo, nghiên cứu đề xuất các kỹ thuật và phần mềm AI cụ thể có thể áp dụng trong thực tiễn, dựa trên mối liên hệ giữa kỹ thuật AI và từng loại nhiệm vụ thiết kế. Tiêu chí lựa chọn bao gồm: mức độ phổ biến và ổn định của công cụ, khả năng tiếp cận của kiến trúc sư,

cũng như mức độ kiểm soát được đầu vào – đầu ra trong quá trình thiết kế. Mục tiêu là đưa ra những khuyến nghị mang tính khả thi và phù hợp với điều kiện hành nghề hiện tại.

- Cuối cùng, nghiên cứu tiến hành phân tích một số dự án trong đó các công cụ AI được áp dụng vào những quy trình thiết kế điển hình ở các giai đoạn khác nhau. Kết quả đánh giá đóng vai trò xác thực tính khả thi và hiệu quả ứng dụng của mô hình tích hợp AI.

4. Kết quả nghiên cứu

4.1. Mô hình tích hợp AI vào thiết kế kiến trúc

Quá trình tích hợp AI vào thiết kế kiến trúc có thể áp dụng với ba mô hình như sau:

- Mô hình hỗ trợ (Assistive Model): AI đóng vai trò như công cụ phân tích và thu thập dữ liệu đầu vào cho thiết kế. Các công nghệ AI sử dụng: Học máy cổ điển (Classic ML), Học dựa trên đồ thị (Graph-based), Học tăng cường (Reinforcement Learning).

- Mô hình cộng tác (Co-creative Model): AI tham gia vào quá trình sáng tạo như một “đối tác thiết kế”, đề xuất hình khối, bố cục hoặc phương án không gian. Các kỹ thuật AI sử dụng: Mạng đối kháng sinh (GANs), Mô hình khuếch tán (Diffusion Models), Thuật toán tiến hóa (Evolutionary Algorithms), Mô hình dựa trên tác nhân (Agent-based Models).

- Mô hình tự động hóa (Automated Model): AI chủ động tạo ra nhiều phương án thiết kế từ các tham số đầu vào, người dùng chọn phương án tối ưu. Các kỹ thuật AI sử dụng: Thiết kế tạo sinh (Generative Design), (Học tăng cường (Reinforcement Learnin), Máy vector hỗ trợ (SVM).

4.2. Các kỹ thuật và phần mềm AI áp dụng theo giai đoạn thiết kế

Mỗi giai đoạn thiết kế có đặc điểm công việc, loại dữ liệu đầu vào và mục tiêu đầu ra khác nhau nên cần lựa chọn công nghệ AI và phần mềm phù hợp với yêu cầu đặt ra để đảm bảo hiệu quả, tính khả thi và khả năng tích hợp vào thực tiễn. Các công nghệ và phần mềm AI áp dụng theo giai đoạn thiết kế được đề xuất thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Kỹ thuật và phần mềm AI áp dụng theo giai đoạn thiết kế

Giai đoạn thiết kế	Công nghệ AI	Phần mềm AI	Mục tiêu ứng dụng
--------------------	--------------	-------------	-------------------

Hình thành ý tưởng thiết kế	Mạng đối kháng sinh tử -GANs. Mô hình khuếch tán - Diffusion Models, Mô hình ngôn ngữ lớn - LLMs	Chat GPT, ClimateStudio, Spacemaker.	Gợi ý hình ảnh ý tưởng ban đầu, phát triển ý tưởng sơ khai cho công trình
Phát triển thiết kế	Tính toán tiến hóa - Evolutionary computing, Mô hình dựa trên tác nhân - Agent-based models	DALL·E, MidJourney, Stable Diffusion, Rhino + Grasshopper, Finch3D, Autodesk Generative Design.	Tạo hình khối, kiểm tra, điều chỉnh bố trí không gian
Kiểm tra và hoàn thiện thiết kế	Học máy cổ điển - Classic Machine Learning, Học máy đồ thị - Graph Machine Learning, Học tăng cường - Reinforcement Learning, Máy vector hỗ trợ - SVM	TestFit, Spacemaker AI	Dự đoán hiệu suất công trình, tối ưu hóa phương án thiết kế

4.3. Các bước tích hợp AI vào thiết kế kiến trúc

Đề tích hợp AI vào quy trình thiết kế kiến trúc cần thực hiện theo các bước trong Bảng 3.

Bảng 2. Các bước tích hợp AI vào quy trình thiết kế kiến trúc

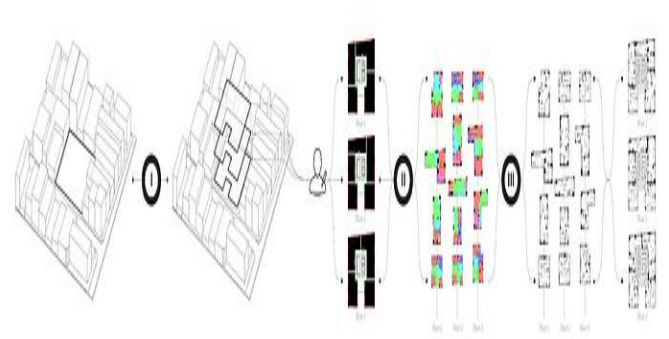
Bước 1. Xác định giai đoạn thiết kế và mục tiêu	Kiến trúc sư xác định AI can thiệp giai đoạn nào trong quy trình thiết kế: Hình thành ý tưởng thiết kế, phát triển thiết kế hay
---	---

	kiểm tra và hoàn thiện thiết kế.
Bước 2. Xác định công nghệ AI và áp dụng phần mềm AI thích hợp	Tùy theo mục tiêu đầu ra và dữ liệu đầu vào xác định kỹ thuật AI tương ứng và lựa chọn công cụ phần mềm AI sử dụng.
Bước 3. Đánh giá và cải tiến qua vòng lặp thiết kế	Kiến trúc sư phân tích kết quả đầu ra của AI, chỉnh sửa thông số đầu vào nếu cần. Đánh giá lại theo tiêu chí thẩm mỹ, công năng, môi trường, kỹ thuật và quay lại bước 1 hoặc 2 nếu cần cải tiến.

5. Một số ứng dụng

Ứng dụng 1. Sử dụng học sâu và Mạng đối kháng sinh trong giai đoạn hình thành ý tưởng thiết kế

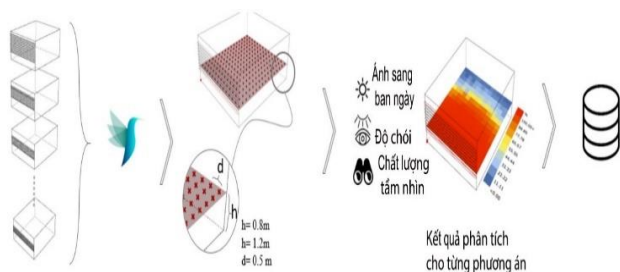
Chaillou đã ứng dụng học sâu và mạng đối kháng sinh để tạo ra các phương án mặt bằng dựa trên hai tiêu chí chính: tính công năng và phong cách thiết kế (Hình 1) giúp tăng tốc quá trình phát triển ý tưởng ban đầu [6].



Hình 1. Ứng dụng học sâu và GANs trong việc tạo mặt bằng kiến trúc [6]

Ứng dụng 2. Sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) trong giai đoạn phát triển thiết kế

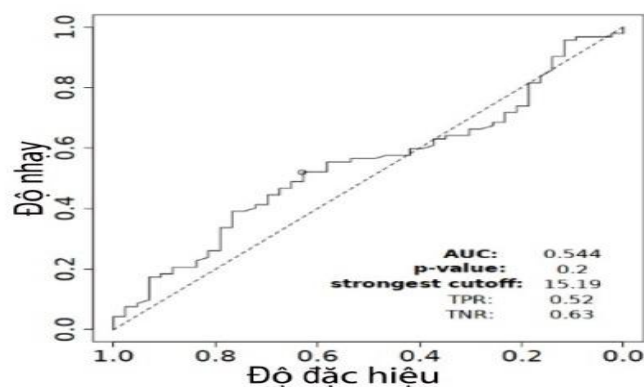
Shaghaghian và cộng sự đã phát triển mô hình ANN để dự đoán các hệ số ánh sáng tự nhiên trong không gian mẫu, dựa trên dữ liệu Grasshopper (Hình 2) cho phép dự báo nhanh ánh sáng để thay thế các mô phỏng [7].



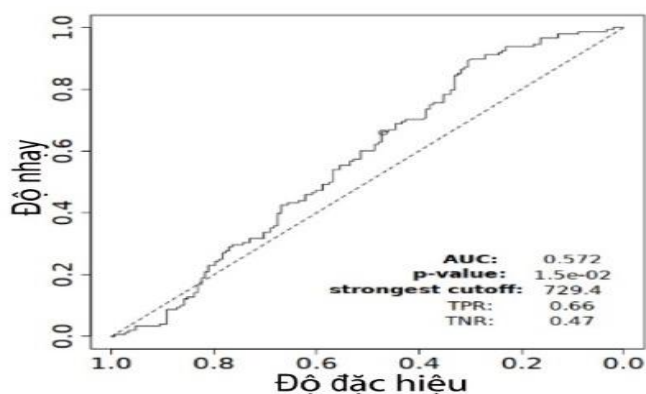
Hình 2. Sử dụng AI và Grasshopper dự báo ánh sáng ban ngày [7]

Ứng dụng 3. Sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo trong giai đoạn kiểm tra và hoàn thiện thiết kế

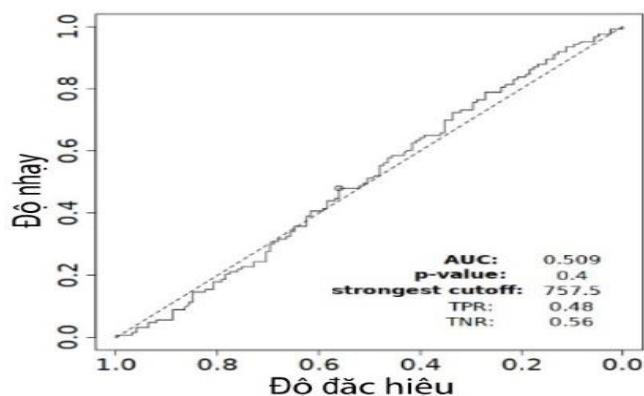
Nghiên cứu của nhóm tác giả Youxiang Huan sử dụng EnergyPlus API tích hợp mạng nơ-ron nhân tạo vào quy trình tối ưu, nhằm dự báo tiêu thụ năng lượng theo từng giờ (Hình 3). Kết quả rút ngắn thời gian mô phỏng và tối ưu hóa từ nhiều tuần xuống chỉ còn vài ngày nhờ ANN làm mô hình metamodel tăng tốc [8].



(a)



(b)



(c)

Hình 3. Phân tích hiệu suất năng lượng, chi phí vòng đời và chỉ số nhiệt dựa trên ANN (a) Đối với hiệu suất năng lượng (b) Đối với chi phí vòng đời (c) Đối với chỉ số nhiệt [8]

6. Kết luận

Bài báo đã làm rõ tiềm năng ứng dụng của các kỹ thuật trí tuệ nhân tạo (AI) trong từng giai đoạn của quy trình thiết kế kiến trúc. Qua việc phân loại kỹ thuật AI theo phương pháp tiếp cận giải quyết vấn đề và đối chiếu với từng giai đoạn thiết kế, bài báo đã xây dựng ba mô hình tích hỗ trợ, cộng tác và tự động hóa thiết kế và các kỹ thuật, phần mềm AI áp dụng theo các giai đoạn hình thành ý tưởng thiết kế, phát triển thiết kế, kiểm tra và hoàn thiện thiết kế và quy trình tích hợp AI vào thiết kế kiến trúc theo các bước xác định giai đoạn thiết kế và mục tiêu, xác định kỹ thuật AI và áp dụng phần mềm AI thích hợp và đánh giá và cải tiến qua vòng lặp thiết kế.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, AI góp phần rút ngắn thời gian thiết kế và nâng cao hiệu quả vận hành công trình, đồng thời mở ra những khả năng sáng tạo mới trong quá trình tạo hình, phân tích hiệu năng và ra quyết định. Tuy nhiên, việc áp dụng AI trong thực hành kiến trúc hiện nay vẫn đối mặt với nhiều thách thức, bao gồm hạn chế về năng lực kỹ thuật số, chi phí công nghệ, khung pháp lý còn thiếu, và sự dè dặt trong thay đổi văn hóa nghề nghiệp. Việc tích hợp AI vào thiết kế kiến trúc không chỉ là vấn đề kỹ thuật, mà còn là một quá trình chuyển đổi tư duy, trong đó kiến trúc sư vẫn giữ vai trò là người dẫn dắt và AI có vai trò là "đồng hành sáng tạo" trong kỷ nguyên số.

Lời cảm ơn

Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Nguyễn Tất Thành, Thành phố Hồ Chí Minh đã tài trợ cho nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

1. Li, Y., Chen, H., Yu, P., & Yang, L. (2025). A review of artificial intelligence in enhancing architectural design efficiency. *Applied Sciences*, 15, 3.
2. Li, C., Zhang, T., Du, X., Zhang, Y., & Xie, H. (2024). Generative AI models for different steps in architectural design: A literature review. *Frontiers of Architectural Research* 14,759-783.
3. Haenlein, M., & Kaplan, A. (2019). A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence. *California Management Review*, 61(4), 5-14.
4. Campesato, O. (February 13, 2020). *Artificial intelligence, machine learning, and deep learning*. Mercury Learning and Information. doi: ISBN, 1683924673, 9781683924678
5. Borglund, C. (2022). Artificial Intelligence in Architecture and its Impact on Design Creativity ‘A Study on how Artificial Intelligence Affect Creativity in the Design Process. *Journal of Building Engineering*, Volume 80, 2023, 107999.
6. Chaillou, S. (2020). *ArchiGAN: Artificial Intelligence and Architecture*. Springer, Singapore.
7. Shaghaghian, Z. (2021). *A machine-learning framework for daylight and visual comfort assessment in early design stages*. arXiv preprint arXiv:2109.06450.
8. Youxiang Huan (2025), Research on Energy-Efficient Building Design Using Target Function Optimization and Genetic Neural Networks, *EAI Endorsed Transactions on Energy Web*, Volume 12, 1

Integrating Artificial Intelligence (AI) into the Architectural Design Process: Methods and Applications

Nguyen Tien Duc

Faculty of Architecture – Interior Design – Applied Arts, Nguyen Tat Thanh University

ntduc@ntt.edu.vn

Abstract

The strong development of AI has impacted many industries, including Architecture. AI has influenced both the approach and process of architectural design. Research to clarify the role, potential, and challenges of AI in architectural design and propose solutions for integrating AI into the architectural design process to improve design efficiency. This article reviews the literature to identify trends, models, and AI technologies being used in architectural design, then identifies the theoretical basis combined with qualitative research and case studies to optimize the architectural design process when integrating AI. The study has proposed AI tools used in the architectural design process in 3 stages: idea, design development, testing, and completion. The architectural design process with integrated AI helps architectural designers increase design speed and efficiency, reduce errors, optimize building performance, enhance creativity and personalization in architectural design.

Keywords AI, Architecture, Architectural design, Design process, AI Integration