



УДК 72.021.4:004.8

DOI <https://doi.org/10.15407/nz2026.02.465>

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ФОРМУВАННЯ ВІЗУАЛЬНОГО ОБРАЗУ В АРХІТЕКТУРНОМУ ДИЗАЙНІ

Альона РУДИЧ

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-1234-869X>

Кандидат мистецтвознавства, старший викладач,
Харківський національний університет міського господарства імені
О.М. Бекетова, Навчально-науковий інститут архітектури,
містобудування та дизайну,
кафедра образотворчого мистецтва та дизайну,
вул. Чорногладівська, 17, Харків, 61002, Україна,
e-mail: Alona.Simonova@kname.edu.ua

Арсеній ШЕРСТЮК

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-3721-4282>

магістрант, Харківський національний університет міського
господарства імені О.М. Бекетова, Навчально-науковий інститут
архітектури, містобудування та дизайну,
кафедра образотворчого мистецтва та дизайну,
вул. Чорногладівська, 17, Харків, 61002, Україна,
e-mail: arfire1903@gmail.com

Актуальність теми зумовлена активним впровадженням цифрових технологій та штучного інтелекту в гуманітарні та архітектурні дослідження. Сучасні алгоритми аналізу даних дозволяють працювати з великими масивами історичних матеріалів, що відкриває нові можливості для вивчення архітектурної спадщини. *Об'єктом дослідження* є історичні архітектурні джерела, представлені архівними кресленнями, фотографіями, текстовими описами та іншими документальними матеріалами. *Предметом дослідження* є інструменти та алгоритми штучного інтелекту, що використовуються для аналізу візуальних і текстових архітектурних джерел. *Джерельну базу* становлять архівні графічні матеріали, історичні фотографії, текстові описи архітектурних об'єктів, наукові публікації з історії архітектури, а також цифрові бази даних і результати обробки матеріалів із використанням алгоритмів штучного інтелекту. *Методологічну основу* дослідження складають методи порівняльного та структурного аналізу, цифрової обробки зображень, алгоритми машинного навчання та генеративні моделі штучного інтелекту.

Ключові слова: архітектурний дизайн, штучний інтелект, генеративний дизайн, цифрове моделювання, візуалізація, алгоритмічне проектування.

Alona RUDYCH

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-1234-869X>

Candidate of Arts, Senior Lecturer,
Kharkiv National University of Urban Economy named
after O.M. Beketov, Department of Fine Arts and Design,
Scientific and Educational Institute of Architecture,
Design and Fine Arts,
17 Chornoglazivska St., Kharkiv, 61002, Ukraine,
e-mail: Alona.Simonova@kname.edu.ua

Arsenii SHERSTYUK

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-3721-4282>

Master's student, Kharkiv National University of Urban
Economy named after O.M. Beketov, Department of Fine
Arts and Design, Scientific and Educational Institute
of Architecture, Design and Fine Arts,
17 Chornoglazivska, 17, Kharkiv, 61002, Ukraine,
e-mail: arfire1903@gmail.com

THE INFLUENCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES ON THE FORMATION OF VISUAL IMAGE IN ARCHITECTURAL DESIGN

The article is devoted to exploring the possibilities of using artificial intelligence technologies and generative models in the analysis and interpretation of historical architectural sources. It examines the application of machine learning algorithms for processing archival drawings, photographs, and textual descriptions in order to identify stylistic patterns and reconstruct lost elements of the architectural environment. *The relevance* of the topic is due to the active introduction of digital technologies and artificial intelligence into humanitarian and architectural research. Modern data analysis algorithms allow working with large arrays of historical materials, which opens up new opportunities for the study of architectural heritage, its systematization, digital reconstruction and preservation. *The object* of the study is historical architectural sources, while the *subject* is the tools and algorithms of artificial intelligence used for their analysis and reconstruction. *The source base* consists of archival graphic materials, historical photographs, text descriptions of architectural objects, scientific publications on the history of architecture, as well as digital databases and the results of processing materials using artificial intelligence algorithms. *The methodological framework* consists of comparative and structural analysis methods, digital image processing, machine learning, and generative models, which enable a comprehensive study of architectural forms and the modeling of historical environments.

Keywords: architectural design, artificial intelligence, generative design, digital modelling, visualisation, algorithmic design.

Вступ. В умовах урбанізації, екологічних викликів і трансформації міського простору архітектурний дизайн виходить за межі суто утилітарного проектування та набуває ознак комплексної культурної практики. Використання технологій штучного інтелекту відкриває нові можливості для створення архітектурних об'єктів як візуально цілісних, концептуальних і адаптивних середовищ. Дослідження ролі технологій ШІ у процесі формування візуального образу архітектурних об'єктів є актуальним для розвитку сучасної архітектури, яка прагне поєднати функціональність, естетику та сталість [1, с. 830]. Дослідники відзначають, що розвиток генеративного дизайну та алгоритмічного мислення суттєво впливає на процес проектування, дозволяючи інтегрувати аналіз просторових, кліматичних і соціальних чинників у ранні етапи роботи [2, с. 291]. Сучасний розвиток архітектури дедалі більше набуває міждисциплінарного характеру, поєднуючи знання з галузей архітектури, інформатики, урбаністики, екології та цифрових технологій.

Актуальність теми зумовлена активним впровадженням цифрових технологій та систем штучного інтелекту в архітектурне проектування. Алгоритмічні методи дозволяють аналізувати складні системи міського середовища та враховувати значну кількість параметрів, серед яких кліматичні умови, транспортні потоки, щільність забудови та соціальні потреби населення [3, с. 18—19]. Крім того, використання цифрових алгоритмів відкриває можливості для прогнозування енергетичної ефективності будівель, оптимізації використання ресурсів та створення архітектурних об'єктів, що відповідають сучасним принципам сталої архітектури.

Метою статті є аналіз впливу технологій штучного інтелекту на формування візуального образу в архітектурному дизайні, визначення ролі генеративних і аналітичних алгоритмів у процесі візуалізації архітектурних об'єктів, а також дослідження взаємодії художніх підходів архітектора з сучасними цифровими технологіями.

Наукова новизна дослідження полягає у комплексному аналізі впливу технологій штучного інтелекту на процес формування візуального образу в архітектурному дизайні та визначенні потенціалу генеративних алгоритмів і систем машинного навчання як інструментів формоутворення архітектурних об'єктів.

Методологічну основу дослідження становлять міждисциплінарні підходи, що поєднують методи архітектурного аналізу, порівняльного та структурного аналізу, а також методи цифрового моделювання та алгоритмічного проектування. У роботі використовуються підходи генеративного дизайну, методи машинного навчання та аналізу цифрових зображень, що дозволяє дослідити можливості застосування штучного інтелекту у процесі формування архітектурних рішень.

Основну джерельну базу дослідження становлять наукові публікації з архітектурного дизайну, урбаністики та цифрових технологій, наприклад таких як: у яких розглядаються питання використання алгоритмічного моделювання, генеративного дизайну та систем машинного навчання у процесі архітектурного проектування наприклад таких як: «Proceedings of the 20th International Conference on Geometry and Graphics» а також у працях Де Імдат Ас «Artificial Intelligence in Urban Planning and Design. Technology, Implementation and Impact» та Т. Паніта Крістобелья «Integrating machine learning and remote sensing to enhance urban sustainability: a review and conceptual framework».

Також використано дослідження, присвячені застосуванню нейронних мереж для створення 3D-моделей. Цій проблемі присвячені публікації Ченьюань Лі «Generative artificial intelligence models for different stages of architectural design: A literature review» та Борко Фурхт «Augmented Reality Handbook».

Дослідження стосовно реконструкції архітектурних об'єктів та фотореалістичної візуалізації архітектурного середовища є у працях Микити Сморженкова «The use of generative design for the architectural solutions synthesis in the typical construction of residential buildings», Моллі Райт Стінсон «Architectural Intelligence: How Designers and Architects Created the Digital Landscape» та Станіслава Рудавського «The Cambridge Companion to Literature and the Anthropocene».

Дослідження поглибленого застосування штучного інтелекту та його сумісність з інженерією розглянуті у Радослава Вольняка «Artificial Intelligence in Smart Cities — Applications, Barriers, and Future Directions: A Review» та Нітін Пане «Integrating Building Information Modelling (BIM) With ChatGPT, Bard, and Similar Generative Artificial Intelligence in the Archi-

ecture, Engineering, and Construction Industry: Applications, a Novel Framework, Challenges, and Future»

Основна частина. Формування візуального образу в архітектурному дизайні є складним і багатовірневим процесом, що передбачає поєднання творчих, аналітичних і технологічних підходів (іл. 1). Архітектурний образ формується не лише як результат функціонального проектування, а й як художня інтерпретація простору, що відображає культурні, соціальні та естетичні цінності певної епохи. У цьому контексті візуалізація відіграє важливу роль як інструмент, що дозволяє перетворити абстрактні ідеї та концепції на зрозумілий і наочно представлений просторовий образ.

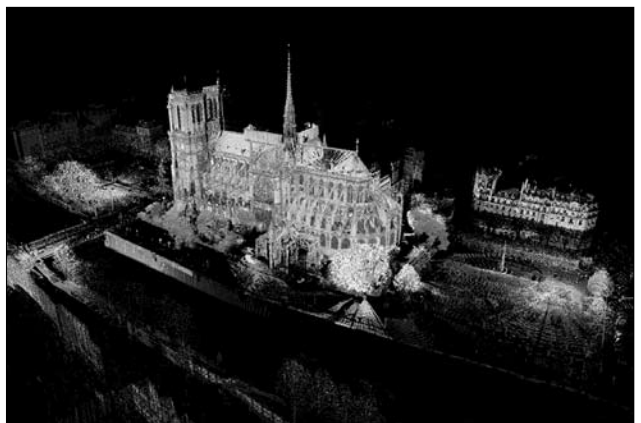
Традиційні методи архітектурного проектування, що ґрунтуються на ручному моделюванні, кресленнях і статичних формах візуалізації, тривалий час залишалися основними інструментами роботи архітектора. Однак у сучасних умовах стрімкого розвитку міст, зростання складності урбаністичних структур та необхідності врахування великої кількості технічних і екологічних параметрів такі методи дедалі частіше виявляються недостатніми. Вони обмежують можливості комплексного аналізу середовища, а також знижують ефективність пошуку нових просторових рішень, що відповідають сучасним вимогам сталого розвитку (іл. 2).

Крім того, у сучасній архітектурній практиці художній пошук і процес візуалізації нерідко зводяться лише до технічного етапу презентації готового проекту. У такому випадку візуалізація використовується переважно для демонстрації результатів роботи замовнику або громадськості, а не як інструмент творчого дослідження. Це значно обмежує потенціал створення концептуально глибоких, інноваційних і стійких архітектурних образів, які могли б враховувати як функціональні потреби, так і естетичні та культурні аспекти формування міського середовища [4, с. 1].

У цьому контексті особливого значення набуває розвиток цифрових технологій, зокрема систем штучного інтелекту, що відкривають нові можливості для архітектурного проектування. Використання алгоритмів машинного навчання, генеративного дизайну та автоматизованого аналізу даних дозволяє розширити межі традиційного творчого процесу. Штучний інтелект може виступати не лише як допоміжний інструмент, а й як активний учасник формування архітектурної концепції, здатний аналізувати різнома-



Іл. 1. Проектна пропозиція, створена за допомогою Space-maker. URL: <https://www.estatenheter.no/skal-utvikle-70000-kvadratmeter-i-ski/240478>



Іл. 2. Карта зонування відповідності. URL: <https://architect.com/features/article/150510010/this-ai-first-architecture-firm-explains-how-the-industry-needs-to-catch-up#&gid=1&pid=1>

нітні параметри середовища та пропонувати альтернативні варіанти просторових рішень.

Активне впровадження технологій штучного інтелекту суттєво змінює підходи до формування архітектурного образу. Завдяки цифровим алгоритмам стає можливим створення складних параметричних форм, автоматизоване генерування варіантів композиційних рішень, а також аналіз взаємодії архітектурного об'єкта з навколишнім середовищем. Водночас питання впливу таких технологій на процес візуалізації, на креативність архітектора та на художню складову архітектурного дизайну потребує більш ґрунтовного теоретичного й практичного аналізу. Саме тому дослідження ролі штучного інтелекту у формуванні візуального образу архітектурних об'єктів набуває особливої актуальності в умовах сучасного технологічного розвитку.

В умовах глобальної урбанізації, швидкого розвитку технологій та зростання екологічних викликів ар-



Іл. 3. Детальне лазерне 3D-сканування собору Нотр-Дам.
URL: <https://edition.cnn.com/style/article/notre-dame-andrew-tallon-laser-scan-trnd>

хітектурний дизайн поступово виходить за межі суто утилітарного проектування будівель і споруд. Сучасна архітектура дедалі більше розглядається як комплексна культурна та соціальна практика, що формує не лише фізичний простір, а й естетичний образ міста, впливає на якість життя людей та відображає цінності сучасного суспільства. У цьому контексті особливого значення набуває формування цілісного та виразного візуального образу архітектурних об'єктів [5, с. 3].

Трансформація міського середовища супроводжується необхідністю врахування великої кількості факторів, серед яких функціональні потреби населення, екологічна сталість, енергетична ефективність, культурна спадщина та соціальна взаємодія у міському просторі. Традиційні методи архітектурного проектування не завжди дозволяють комплексно враховувати ці аспекти, що стимулює пошук нових підходів і технологічних рішень. Саме тому використання сучасних цифрових інструментів, зокрема технологій штучного інтелекту, набуває дедалі більшого значення у професійній архітектурній практиці.

Штучний інтелект відкриває нові можливості для створення архітектурних об'єктів, що поєднують функціональність, естетичну виразність та адаптивність до змінних умов середовища. Використання генеративних алгоритмів дозволяє формувати складні просторові структури, аналізувати кліматичні та екологічні параметри території, а також оптимізувати планувальні рішення з урахуванням різних сценаріїв використання простору. Завдяки цьому архітектурні об'єкти можуть розглядатися не лише як окремі будівлі, а як елементи цілісної системи міського середовища.

Важливою перевагою застосування технологій штучного інтелекту є також можливість значного

розширення творчого потенціалу архітектора. Алгоритмічні системи здатні генерувати численні варіанти композиційних і формотворчих рішень, що стимулює експериментування та пошук нових художніх образів. У такому випадку штучний інтелект виступає не заміною творчого мислення людини, а інструментом, який допомагає архітектору працювати з великими обсягами інформації та знаходити нестандартні рішення.

Крім того, використання технологій штучного інтелекту сприяє розвитку нових підходів до візуалізації архітектурних проєктів. Сучасні цифрові системи дозволяють створювати інтерактивні моделі архітектурного середовища, що можуть змінюватися залежно від різних параметрів, таких як освітлення, кліматичні умови або сценарії використання простору [6, с. 3—4]. Це значно підвищує якість комунікації між архітектором, замовником і користувачами майбутнього об'єкта.

Сучасний розвиток цифрових технологій суттєво трансформуює підходи до архітектурного проектування та формування візуального образу архітектурних об'єктів. Особливу роль у цьому процесі відіграють технології штучного інтелекту, які дозволяють поєднувати творчі методи архітектурного формоутворення з аналітичними можливостями алгоритмічних систем. Завдяки використанню інтелектуальних алгоритмів стає можливим більш комплексний аналіз просторових структур, містобудівного контексту та екологічних параметрів середовища.

Цифрові методи аналізу архітектурних об'єктів

Використання методів лазерного сканування, фотограмметрії та цифрової фіксації об'єктів у поєднанні з алгоритмами машинного навчання дозволяє отримувати високоточні просторові дані про геометрію архітектурних елементів. Такі технології забезпечують детальне документування архітектурних об'єктів та створення точних цифрових моделей, що відображають реальний стан будівель (іл. 3).

Отримані хмарні масиви точок дозволяють відтворювати складну геометрію архітектурних форм, включаючи декоративні елементи, структурні деталі та поверхневу текстуру матеріалів. Це особливо важливо для дослідження історичних будівель, де точність фіксації є ключовою умовою для подальших реставраційних робіт. Крім того, цифрові методи аналізу дозволяють створювати бази просторових

даних, що можуть використовуватися для подальшого дослідження архітектурної спадщини.

Аналіз історичних архітектурних форм за допомогою штучного інтелекту

Нейронні мережі та генеративні моделі дедалі частіше використовуються для аналізу історичних джерел, архівних креслень, фотографій і текстових описів архітектурних об'єктів [7, с. 1]. На основі такого аналізу алгоритми здатні виявляти закономірності стилю, орнаментики, конструктивних рішень і композиційних принципів, характерних для певної архітектурної епохи.

Завдяки цьому з'являється можливість відновлювати втрачені елементи будівель з урахуванням історичного контексту та авторської мови архітектора. Подібний підхід значно зменшує суб'єктивність реставраційних рішень і підвищує наукову обґрунтованість проєктів реконструкції.

Використання цифрових двійників у архітектурному проєктуванні

Окрім відтворення геометричної форми архітектурних об'єктів, технології штучного інтелекту активно застосовуються для створення цифрових двійників будівель. Цифровий двійник являє собою комплексну інформаційну модель, що поєднує тривимірну геометрію об'єкта з даними про його конструктивні характеристики, матеріали, інженерні системи та експлуатаційні параметри.

Такі моделі дозволяють аналізувати функціонування будівлі у режимі реального часу та прогнозувати її поведінку у різних умовах експлуатації. Завдяки цьому архітектори можуть оцінювати ефективність різних проєктних рішень ще на етапі концептуального проєктування.

Віртуальна та доповнена реальність у процесі архітектурної візуалізації

Важливу роль у сучасному архітектурному проєктуванні відіграє інтеграція штучного інтелекту з технологіями віртуальної та доповненої реальності. Такі технології дозволяють створювати інтерактивні цифрові середовища, у яких архітектор, замовник або потенційні користувачі можуть взаємодіяти з майбутнім архітектурним простором.

Це забезпечує можливість більш точного сприйняття масштабу, пропорцій та атмосфери архітектурного об'єкта ще до початку його будівництва. Завдяки цьому підвищується якість комунікації між усіма учасниками проєкту [8, с. 13].

Генеративний дизайн як інструмент формоутворення

Одним із перспективних напрямів використання штучного інтелекту в архітектурі є генеративний дизайн. Цей підхід передбачає використання алгоритмів, здатних автоматично генерувати численні варіанти архітектурних форм на основі заданих параметрів. До таких параметрів можуть належати функціональне призначення будівлі, кліматичні умови, енергетична ефективність, особливості ландшафту та містобудівний контекст.

У процесі генеративного проєктування архітектор виступає не лише автором форми, а й дослідником, який аналізує різні варіанти композиційних рішень і обирає найбільш оптимальні з них.

Вплив штучного інтелекту на формування архітектурного образу (таблиця)

Застосування технологій штучного інтелекту змінює традиційні уявлення про процес формування архітектурного образу. Якщо раніше основним джерелом формоутворення була творча інтуїція архітектора, то сьогодні цей процес доповнюється аналітичними можливостями цифрових алгоритмів.

У результаті формується новий підхід до архітектурного проєктування, у якому творчість архітектора поєднується з аналітичним потенціалом цифрових технологій [9, с. 1369].

Етапи використання штучного інтелекту в архітектурному проєктуванні

Аналіз містобудівного контексту та збору даних про територію.

Цифрове моделювання середовища та створення базових просторових моделей.

Використання алгоритмів генеративного дизайну для формування варіантів архітектурних форм.

Аналіз ефективності проєктних рішень з урахуванням кліматичних, екологічних та функціональних параметрів.

Візуалізація архітектурного об'єкта за допомогою цифрових технологій.

Оцінка проєкту та адаптація архітектурних рішень відповідно до потреб користувачів.

Приклади використання штучного інтелекту в сучасній архітектурній практиці

У сучасній архітектурній практиці технології штучного інтелекту активно використовуються для оптимізації архітектурних форм, аналізу міського серед-

Таблиця

Вплив штучного інтелекту на формування архітектурного образу

Напрямок застосування	Технології штучного інтелекту	Основні можливості	Значення для архітектурного проектування
Генеративний дизайн	Алгоритми генеративного моделювання, машинне навчання	Генерування численних варіантів архітектурних форм та композиційних рішень	Розширення можливостей творчого пошуку та оптимізація архітектурних форм
Аналіз міського середовища	Алгоритми обробки великих даних, системи прогнозування	Аналіз кліматичних умов, транспортних потоків, щільності забудови	Підвищення ефективності містобудівного планування
Реконструкція архітектурної спадщини	Нейронні мережі, алгоритми комп'ютерного зору	Аналіз архівних матеріалів, відновлення втрачених елементів будівель	Підвищення точності реставраційних і реконструкційних проєктів
Цифрові двійники будівель	Інтелектуальні системи моделювання та аналізу даних	Створення комплексних інформаційних моделей будівель	Моніторинг технічного стану та оптимізація експлуатації будівель
Архітектурна візуалізація	Генеративні нейронні мережі, алгоритми візуалізації	Створення фотореалістичних моделей та інтерактивних середовищ	Підвищення якості презентації та аналізу архітектурних проєктів
Віртуальна та доповнена реальність	VR/AR-системи з елементами штучного інтелекту	Інтерактивна взаємодія з архітектурним простором	Покращення комунікації між архітектором, замовником і користувачами

овища та створення інтерактивних моделей будівель [10, с. 1]. Алгоритмічні системи дозволяють аналізувати різні сценарії використання простору, прогнозувати енергетичну ефективність будівель та оптимізувати використання ресурсів.

Крім того, штучний інтелект використовується у процесах реконструкції історичних будівель, де алгоритми машинного навчання допомагають відтворювати втрачені елементи архітектурних об'єктів на основі історичних джерел.

Висновки. Архітектурний дизайн у сучасних умовах постає як складна міждисциплінарна сфера діяльності, у якій поєднуються художні практики, інженерні знання та цифрові технології, зокрема системи штучного інтелекту. Стрімкий розвиток інформаційних технологій трансформує традиційні підходи до архітектурного проектування відкриває нові можливості для аналізу, моделювання та візуалізації архітектурного середовища. У межах дослідження встановлено, що використання технологій штучного інтелекту стає важливим чинником трансформації сучасної архітектурної практики.

Штучний інтелект виступає не лише інструментом автоматизації технічних процесів, але й засобом розширення творчих можливостей архітектора. Використання алгоритмів машинного навчання, генеративного дизайну та цифрового моделювання забезпечує нові підходи до формоутворення та аналізу просторових структур, що сприяє створенню інноваційних архітектурних образів, які поєднують естетичну виразність із функціональною доцільністю.

Використання генеративного дизайну, тривимірної візуалізації, параметричного моделювання та інтерактивних цифрових середовищ значно розширює можливості архітектурного проектування. Такі технології сприяють формуванню інноваційних, адаптивних і стійких архітектурних рішень, здатних реагувати на соціальні, екологічні та технологічні виклики сучасного міського середовища.

Важливою перспективою застосування штучного інтелекту є також реконструкція та збереження архітектурної спадщини. Використання цифрового моделювання, аналізу просторових даних та створення

цифрових двійників дозволяє більш точно відтворювати історичні об'єкти та розробляти ефективні стратегії їхньої реновації.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вивчення взаємодії архітектурних стилів і цифрових методів формоутворення, а також на аналіз етичних, соціальних і культурних аспектів використання штучного інтелекту в архітектурному дизайні.

Отже, сучасна архітектура дедалі більше утверджується як художньо-технологічний феномен, у якому поєднуються естетичні принципи мистецтва, аналітичні можливості цифрових технологій та інноваційні підходи до організації простору.

Список скорочень:

ШІ — штучний інтелект

3D — тривимірне моделювання

VR — віртуальна реальність

AR — доповнена реальність

BIM — інформаційне моделювання будівель

1. Ченг Лян-Йі. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies. ICGG 2022. *Proceedings of the 20th International Conference on Geometry and Graphics*. 2022. С. 830. ISSN 2367-4520
2. Ас Де Імдат, Басу Прітвіш. Artificial Intelligence In: *Urban Planning And Design. Technologies, Implementation, and Impacts*. 2022. С. 31, 73—74, 110, 263—264, 291. ISBN: 978-0-12-823941-4.
3. Крістобель Папіта Т., Мінакші С. Machine learning and remote sensing integration for leveraging urban sustainability. *A review and framework*. 2024. С. 18—19. DOI:10.1016/j.scs.2023.104653.
4. Ченьюань Лі. Generative AI models for different steps in architectural design. *A literature review*. 2024. С. 1. DOI:10.1016/j.foar.2024.10.001.
5. Фурхт Борко. *Handbook of Augmented Reality*. 2011. С. 3. ISBN 978-1-4614-0063-9.
6. Смерженков М., Ігнатова О. *The use of generative design for the architectural solutions synthesis in the typical construction of residential buildings*. 2021. С. 3—4. DOI: 10.1051/e3sconf/202128104008.
7. Стінсон Моллі Райт. *Architectural Intelligence: How Designers and Architects Created the Digital Landscape*. 2017. С. 1. ISBN: 9780262343428.
8. Рудавський С. *The Cambridge Companion to Literature and the Anthropocene*. 2021. С. 13. DOI:10.1017/978110-8683111.010.
9. Вольняк Р. Artificial Intelligence in Smart Cities — Applications, Barriers, and Future Directions. *A Review*. 2024. С. 1369. DOI:10.3390/smartcities7030057.
10. Ране Н. Integrating Building Information Modelling (BIM) With ChatGPT, Bard, and Similar Generative Artificial Intelligence in the Architecture, Engineering, and Construction Industry. *Applications, a Novel Framework, Challenges, and Future Scope*. 2023. С. 1. URL: <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4645601>.

REFERENCES

- Cheng, Liang-Yi. (2022). Lecture Notes on Data Engineering and Communication Technologies. ICGG 2022. *Proceedings of the 20th International Conference on Geometry and Graphics* (P. 830). ISSN 2367-4520.
- As, De Imdat, & Basu, Pritvish. (2022). Artificial Intelligence in Urban Planning and Design. *Technology, Implementation and Impact* (Pp. 31, 73—74, 110, 263—264, 291). ISBN: 978-0-12-823941-4.
- Kristobel, Papita T., & Minakshi S. (2024). *Integrating machine learning and remote sensing to enhance urban sustainability: a review and conceptual framework* (Pp. 18—19). DOI:10.1016/j.scs.2023.104653.
- Chen, Yuan Li. (2024). Generative artificial intelligence models for different stages of architectural design. *A literature review*. DOI:10.1016/j.foar.2024.10.001.
- Furch, Borko. (2011). *Augmented Reality Handbook*. ISBN 978-1-4614-0063-9.
- Smorzenkov, N., & Ignatova, E. (2021). *Using generative design to synthesise architectural solutions in typical residential building construction* (Pp. 3—4). DOI:10.1051/e3sconf/202128104008.
- Stinson, Molly Wright. (2017). *Architectural Intelligence. How Designers and Architects Created the Digital Landscape* (P. 1). ISBN: 9780262343428.
- Rudavsky, St. (2021). *The Cambridge Companion to Literature and the Anthropocene* (P. 13). DOI:10.1017/9781108683111.010.
- Volnyak, R. (2024). Artificial Intelligence in Smart Cities — Applications, Barriers, and Future Directions. *A Review* (P. 1369). DOI:10.3390/smartcities7030057.
- Rane, N. (2023). Integrating Building Information Modelling (BIM) With ChatGPT, Bard, and Similar Generative Artificial Intelligence in the Architecture, Engineering, and Construction Industry. *Applications, a Novel Framework, Challenges, and Future Scope* (P. 1). Retrieved from: <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4645601>.

Received: 14.03.2026

Accepted: 26.03.2026

Published: 27.04.2026