

УДК 004.89:004.4
DOI [https://doi.org/10.15589/znp2026.2\(505\).21](https://doi.org/10.15589/znp2026.2(505).21)

AUTOMATION OF INTERIOR DESIGN BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЄКТУВАННЯ ІНТЕР'ЄРІВ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Dmytro O. Kovalyuk¹

d.kovalyuk@kpi.ua

ORCID: 0000-0002-9729-1443

Oleh O. Kovalyuk²

oleh.kovalyuk@vntu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-0718-010X

Vadym V. Malitskyi³

vadym.malitsky357@gmail.com

ORCID: 0009-0004-5670-379X

Д. О. Ковалюк,

канд. техн. наук, доцент

О. О. Ковалюк,

канд. техн. наук, доцент

В. В. Маліцький,

інженер з машинного навчання

¹ *National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv*

² *Vinnitsia National Technical University*

³ *Gemicle, Vinnitsia*

¹ *Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ*

² *Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця*

³ *Gemicle, м. Вінниця*

Abstract. Purpose. The aim of the research is to enhance the efficiency of interior design by substantiating and developing an automated design approach based on autoregressive transformer models. The primary focus is placed on ensuring controlled generation, which allows for specific user requirements (style, layout, and quantity of objects) to be incorporated while maintaining a high level of logical and spatial consistency in interior solutions. The relevance of this research is driven by the industry's demand for speed, flexibility, and personalization of design solutions.

Methodology. The study applies methods of analysis of recent research in indoor scene synthesis, as well as deep learning techniques. An autoregressive transformer-based model is used to generate sequences of interior objects based on room layouts. The dataset is preprocessed and filtered, followed by training separate models for different room types. The model is further modified to enable controlled generation with user-defined parameters.

Findings. As a result, an automated system for interior generation has been developed, capable of producing 3D room models based on user-defined parameters such as room type, style, layout, and number of objects. The trained models demonstrate the ability to generate logically consistent interior scenes with acceptable quality. At the same time, certain limitations have been identified, particularly in generating specific object categories and handling non-standard user constraints.

Scientific novelty. The novelty of the research lies in improving the approach to automated interior design by integrating a transformer-based model with mechanisms of controlled generation, allowing the incorporation of additional user-defined parameters such as interior style and object quantity constraints.

Practical significance. The obtained results can be applied in the development of intelligent decision-support systems for interior design, as well as in design studios to accelerate the design process and enhance the level of personalization.

Key words: interior design automation; artificial intelligence; transformer models; scene generation; deep learning.

Анотація. Мета. Метою роботи є підвищення ефективності проєктування інтер'єрів шляхом обґрунтування та розробки підходу до автоматизованого проєктування на основі авторегресійних трансформерних моделей. Основний акцент зроблено на забезпеченні керованої генерації, що дозволяє враховувати специфічні вимоги користувача (стиль, планування та кількість об'єктів) при збереженні високого рівня логічної та просторової узгодженості інтер'єрних рішень. Актуальність дослідження обумовлена вимогами до швидкості, гнучкості та персоналізації дизайнерських рішень у сучасній індустрії інтер'єрного дизайну.

Методика. В роботі використано методи аналізу сучасних наукових підходів до синтезу інтер'єрних сцен, а також методи глибинного навчання. Для реалізації системи застосовано авторегресійну трансформерну модель ATISS, що генерує послідовність об'єктів інтер'єру на основі планування приміщення. Проведено підготовку та фільтрацію спеціалізованого набору даних, навчання моделей для різних типів кімнат, а також модифікацію алгоритмів для забезпечення контролю параметрів генерації.

Результати. У результаті дослідження розроблено автоматизовану систему генерації інтер'єрів, що дозволяє створювати тривимірні моделі приміщень із урахуванням заданих параметрів: типу кімнати, стилю, планування та кількості об'єктів. Експериментальні дослідження підтвердили здатність системи генерувати логічно узгоджені інтер'єри із потрібним рівнем якості. Виявлено обмеження моделі, пов'язані з генерацією окремих типів об'єктів та обробкою нетипових запитів користувача.

Наукова новизна. Полягає у вдосконаленні підходу до автоматизованого проєктування інтер'єрів шляхом інтеграції трансформерної моделі з механізмами керованої генерації, що дозволяє враховувати додаткові параметри користувача, зокрема стиль інтер'єру та кількість об'єктів заданих класів.

Практична значимість. Отримані результати можуть бути використані при розробці інтелектуальних систем підтримки дизайнерських рішень, а також у діяльності дизайнерських студій для прискорення процесу створення інтер'єрів та підвищення рівня їх персоналізації.

Ключові слова: автоматизація проєктування; штучний інтелект; інтер'єрний дизайн; трансформерні моделі; генерація сцен; ATISS; глибоке навчання.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Автоматизація створення дизайну інтер'єрів є актуальною задачею у сфері проєктування та декорування простору. Здатність швидко адаптувати та візуалізувати ідеї для інтер'єру є невід'ємною частиною сучасної дизайн-індустрії. Зазначений підхід дозволяє замінити ручну багатогодинну працю дизайнера на автоматизоване рішення, яке підвищить продуктивність праці. Тому актуальною є задача удосконалення підходів побудови інтер'єрів та їх імплементація у вигляді автоматизованої системи побудови інтер'єрів на основі інтелектуальних технологій. Варто зазначити, що це лише перший етап побудови інтер'єру, в який згодом можуть бути внесені необхідні зміни.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Сучасні дослідження у сфері проєктування інтер'єрів свідчать про активний розвиток підходів, що базуються на використанні інтелектуальних технологій та методів штучного інтелекту, зокрема генеративних моделей [1–3].

Зокрема в роботі [4], представлено метод швидкого та гнучкого синтезу внутрішніх сцен за допомогою генеративних моделей згортки. Основною метою цього дослідження є створення системи, яка може автоматично генерувати реалістичні та різноманітні сцени в приміщенні, такі як спальні, вітальні, офіси та ванні кімнати, шляхом включення об'єктів у заданий простір у спосіб, який є просторово та контекстуально узгодженим.

Представлений у статті конвеєр синтезує сцени шляхом ітеративної вставки об'єктів у простір. Він використовує низхідне представлення сцени на основі зображень і складається з декількох нейромережових модулів, кожен з яких відповідає за прогнозування

різних аспектів розміщення об'єктів: категорія, місцезнаходження, орієнтація та розмір.

Інший підхід до вирішення зазначеної проблеми запропоновано в дослідженні [5]. В роботі представлено новий фреймворк для синтезу інтер'єрних сцен, що поєднує високорівневе представлення графів відношень з просторовими попередніми нейронними мережами. Автори розглядають обмеження попередніх підходів до синтезу сцен, які є або об'єктно-орієнтованими, або просторово-орієнтованими. Останнім етапом є створення тривимірної сцени з графа зв'язків. Проте графи не мають всієї інформації про сцену, тому процес створення сцени включає в себе вирішення завдання з визначення розташування об'єктів, яке виглядає правдоподібним відповідно до графа. Це виконується за допомогою нейронних мереж, які навчені здійснювати вибірки з можливих варіантів розташування об'єктів у сцені, які визначені графом. Алгоритм включає в себе визначення порядку, в якому додаються об'єкти до сцени, і вибір конфігурацій для кожного об'єкта (де він знаходиться, як повернути його, якого розміру). Ці рішення приймаються, використовуючи комбінацію графової інформації та нейронних мереж, щоб гарантувати, що сцени, які генеруються, виглядають правдоподібно та відповідають здоровому глузду.

У порівнянні з підходом [4], заснованим на зображеннях, продуктивність [5] була схожою для більшості сцен. Хоч згідно отриманих результатів, описаний метод працює дещо гірше, цей підхід є перспективним та багатообіцяючим.

Ще один підхід передбачає генерування сцен у приміщенні за допомогою архітектури трансформерів [6]. Основний фокус дослідження полягає у створенні реалістичних та різноманітних 3D сцен у приміщенні шляхом генерації послідовності об'єктів на основі плану кімнати або текстових описів. Модель SceneFormer

вирізняється своєю здатністю неявно вивчати зв'язки між об'єктами, тим самим усуваючи потребу в ручному описі зв'язків. Код моделі є у відкритому доступі, але ваги моделі не були опубліковані в репозиторії [7].

Модель SceneFormer базується на серії трансформерів, які передбачають категорію класу, розташування, орієнтацію та розмір кожного об'єкта у сцені. Такий дизайн моделі призводить до швидшої генерації сцени з аналогічним або покращеним рівнем реалістичності порівняно з попередніми методами. У статті підкреслюється гнучкість методу, яка може бути обумовлена не тільки плануванням приміщення, але й текстовими описами, використовуючи лише механізм cross-attention трансформерів.

У роботі [8] представлено ATIS – інноваційну авторегресійну трансформерну архітектуру нейронних мереж, призначену для створення різноманітних і реалістичних синтетичних середовищ у приміщенні на основі заданого типу приміщення та плану поверху. ATIS розглядає приміщення як неупорядковані набори об'єктів, що, є більш природною та універсальною перспективою. Це розширює сферу застосування моделі за межі автоматичного синтезу планування приміщень.

Архітектура моделі ATIS наведена на рис. 1.

Основним принципом ATIS є здатність використовувати еквівалентність перестановок трансформера при умові часткової сцени. Ця особливість дозволяє моделі залишатися інваріантною до порядку розташування об'єктів при генерації, тим самим підвищуючи її гнучкість і можливість застосування у різних сценаріях. Навчання проводиться наскрізно як авторегресійна генеративна модель.

Такий підхід до навчання є простішим і ефективнішим порівняно з моделями, які потребують детальних анотацій, таких як графіки сцен або допоміжні зв'язки.

ВІДОКРЕМЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

Незважаючи на активний розвиток генеративних моделей у сфері дизайну, аналіз останніх досліджень дозволяє виділити низку аспектів, що залишаються

недостатньо опрацьованими. Більшість існуючих рішень забезпечують лише випадкову генерацію об'єктів на основі планування, не надаючи користувачеві інструментів для чіткого задання кількісного складу інтер'єру або дотримання конкретної стилістики. Моделі, засновані на архітектурі трансформерів, стикаються з труднощами при позиціонуванні дрібних об'єктів, що призводить до виникнення геометричних колізій та неприродного розміщення елементів.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою роботи є підвищення ефективності проектування інтер'єрів шляхом обґрунтування та розробки підходу до автоматизованого проектування інтер'єрів на основі авторегресійних трансформерних моделей. Основний акцент зроблено на забезпеченні керованої генерації, що дозволяє враховувати специфічні вимоги користувача (стиль, планування та кількість об'єктів) при збереженні високого рівня логічної та просторової узгодженості інтер'єрних рішень. Методи, об'єкт та предмет дослідження.

Об'єктом дослідження є процес автоматизованого проектування інтер'єрів із використанням технологій штучного інтелекту.

Предметом дослідження є методи генерації інтер'єрних сцен на основі трансформерних моделей глибинного навчання.

У роботі застосовано методи глибинного навчання, зокрема трансформерні архітектури, для генерації послідовності об'єктів інтер'єру. Запропонований підхід є подібним до механізмів, що використовуються у задачах обробки природної мови, зокрема в моделях типу GPT. Модель отримує на вхід контекст у вигляді планування приміщення та на його основі послідовно генерує об'єкти інтер'єру. На кожному кроці враховуються як початкові параметри приміщення, так і вже згенеровані об'єкти, що дозволяє формувати просторово узгоджені та логічно завершені інтер'єрні рішення

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Враховуючи проведений огляд та мету досліджень, спроектуємо архітектуру системи та розглянемо її імплементацію.

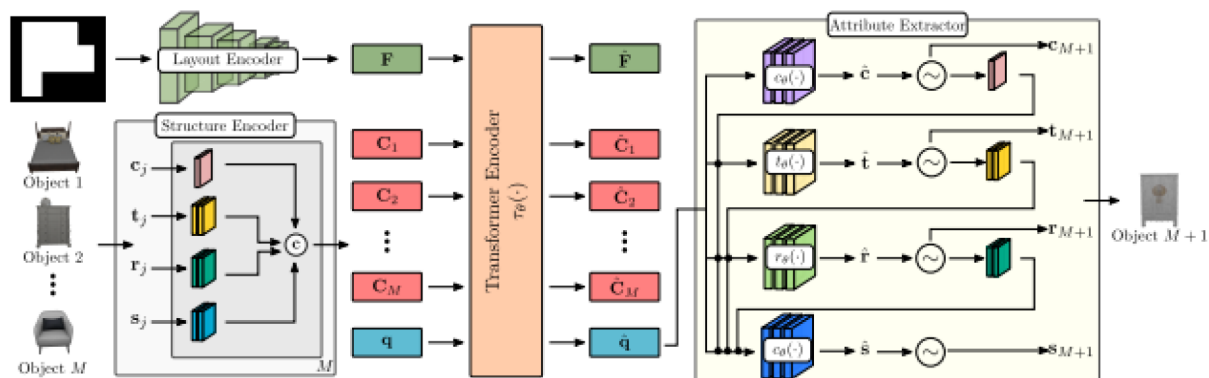


Рис. 1. Архітектура моделі ATIS

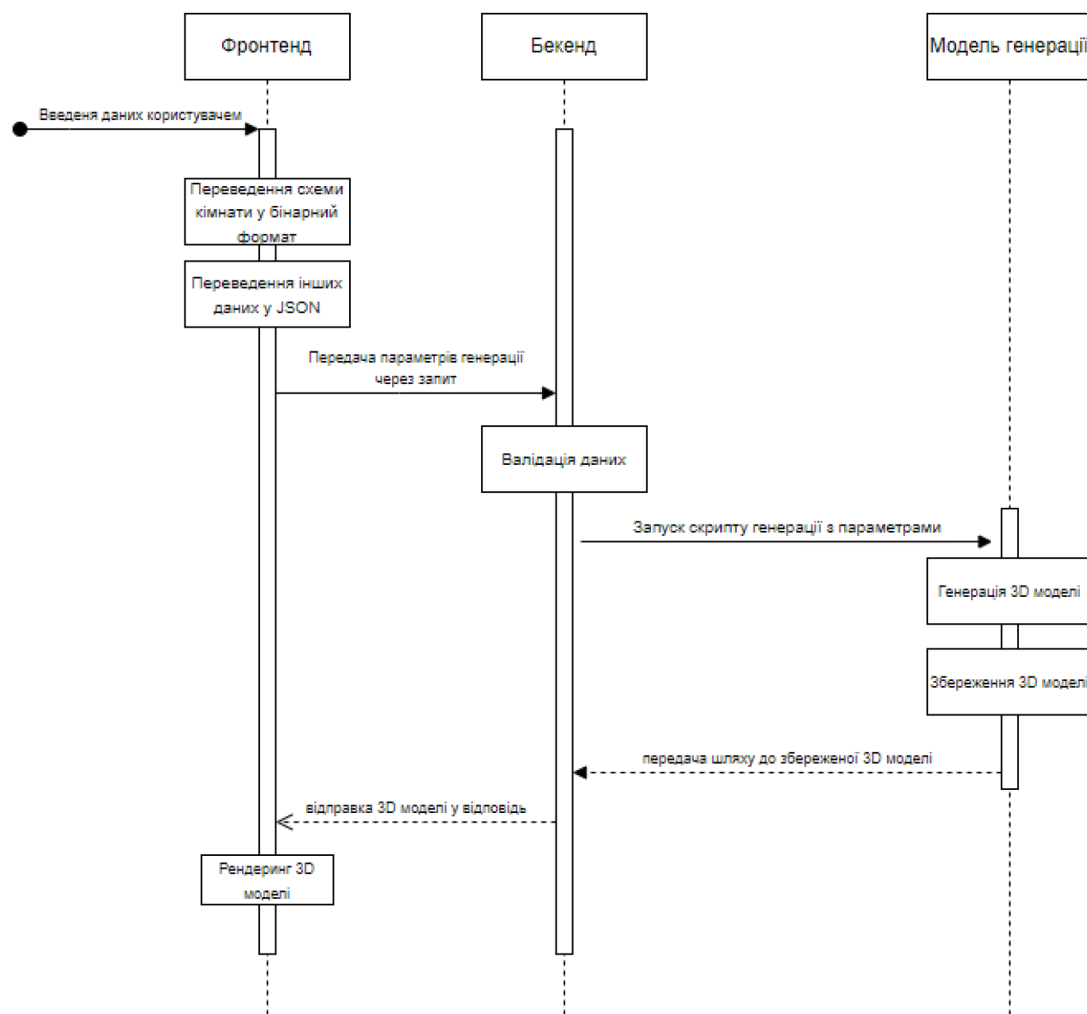


Рис. 2. UML діаграма послідовності автоматизованої системи проєктування інтер'єрів

З точки зору універсальності впровадження та використання є доцільним розробити автоматизовану систему з веб-інтерфейсом. Загальна архітектура системи подана на UML діаграмі послідовності, рис 2.

Вхідними даними цієї системи будуть параметри, що задаються користувачем:

- Тип кімнати: елемент зі списку доступних типів кімнат;
- Стиль кімнати: елемент зі списку стилів, наявних у системі;
- Планування кімнати: бінарна 2D матриця, що задає форму та розміри кімнати;
- Кількість об'єктів кожного класу у кімнаті: словник, де до кожного класу об'єктів приписана певна кількість.

Для побудови такої системи необхідно натренувати модель глибинного навчання, яка здатна генерувати інтер'єр кімнати у форматі 3D моделі. Код моделі буде модифіковано для можливості додаткового контролю над генерацією кімнат, зокрема стилю кімнати та вибору кількості об'єктів кожного типу у кімнаті. Для цієї задачі використано модель архітектури

ATISS, яка була розглянута вище. Для тренування моделі використано датасет 3D-FRONT, який складається з близько 19 000 кімнат [9].

Датасет 3D FRONT складається з 6 813 файлів формату JSON. Кожен файл описує цілий будинок чи квартиру, який складається з певної кількості кімнат. Розподіл типів кімнат у наборі даних показаний на рис. 3.

Для відібраних класів кімнат необхідно провести подальшу роботу над фільтрацією та обробкою датасету, оскільки певні кімнати можна вважати проблемними. Зокрема, для класу спальень було видалено кімнати, що мають розмір більше 6x6 метрів та мають висоту вище 4 метрів, оскільки такі розміри не є типовими. Також було видалено кімнати, у яких використовуються об'єкти інтер'єру класів, які з'являються менше 15 разів серед вибраних кімнат. Таким чином, l-shaped sofa, barstool, wine cabinet та інші класи об'єктів були видалені з тренувальної вибірки. Врешті-решт, було видалено кімнати, які мають менше 3 чи більше 13 об'єктів у кімнаті. Таким чином, у датасеті залишилося 4 041 кімнат, які мають 21 категорію об'єктів.

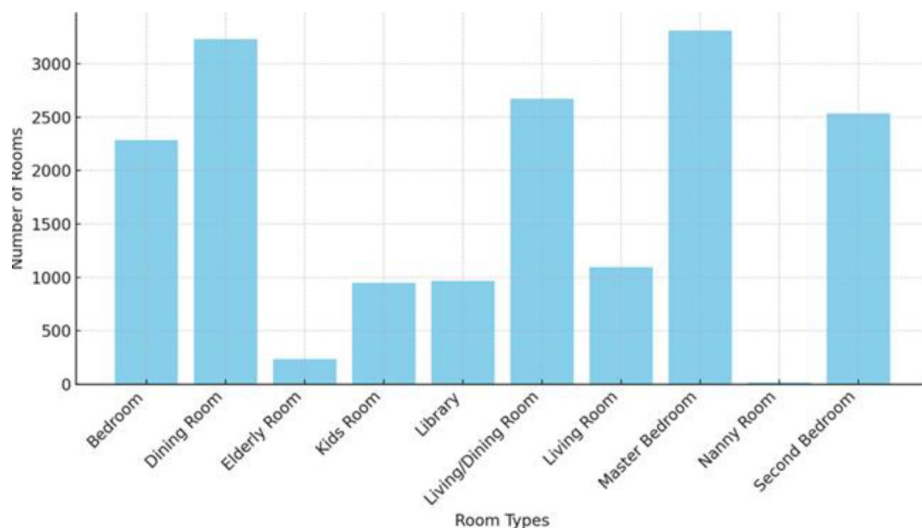


Рис. 3. Розподіл типів кімнат у наборі даних

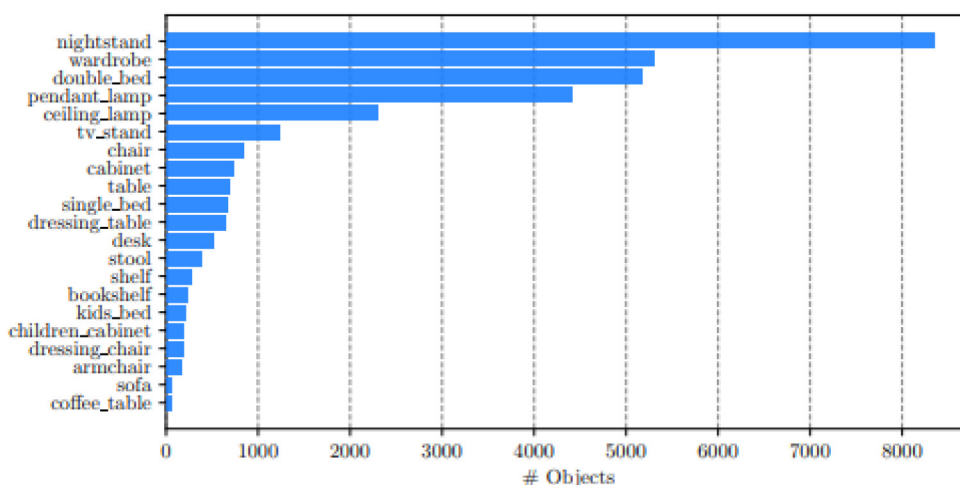


Рис. 4. Розподіл класів об'єктів у спальнях у наборі даних

Гарною стартовою точкою для початку розробки можна вважати офіційний репозиторій моделі ATISS, у якому імплементовано базовий код для тренування моделі. Головною частиною репозиторію є модуль `scene_synthesis`, який описує модель, функції втрат та базову роботу моделі з датасетом. Також у репозиторії є папка `scripts`, у якій знаходяться скрипти на мові Python, які дозволяють обробляти дані у придатний для моделі формат `prz`, тренувати модель, рендерити та переглядати кімнати, а також рахувати метрики моделі. Для кожного виду кімнат, передбачено конфігураційний файл, що описує шляхи до даних та параметри моделі для тренування.

В результаті навчання було натреновано 3 окремі моделі, які використовувалися окремо для генерації спальень, віталень та столових кімнат.

Тренування моделей проводилося на локальному обладнанні. Для віталень та столових кімнат процес зайняв 14 годин для кожного типу. Тренування моделі для спальень тривало 26 годин. Кожна

модель тренувалася протягом 5000 епох. Модель для спальень досягнула значення 19,18 за функцією втрат від'ємного натурального логарифму (`negative loss likelihood`), що продемонстровано на рис. 5. Ця функція втрат складається з суми втрат для задачі передбачення класу об'єкту, кута його повороту, положення та розміру. Для віталень та столових кімнат це значення склало 25,6 та 22,7 відповідно. Вищі значення можуть бути пояснені меншою тренувальною вибіркою, що негативно вплинуло на результати моделі.

Для реалізації системи було обрано стек технологій Python:

- для тренування моделі використано фреймворк Pytorch, який в останні роки став де-факто стандартом для тренування моделей глибокого навчання.
- фреймворк FastAPI для розробки Back-End частини.
- фреймворк Gradio для розробки Front-End частини.

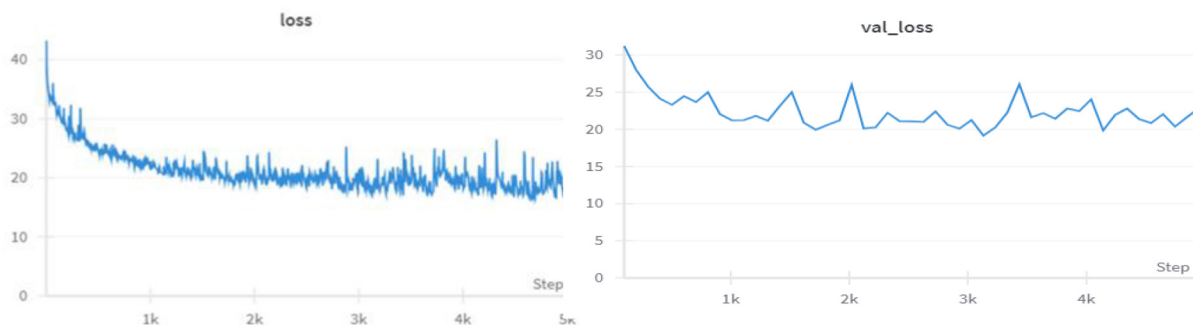


Рис. 5. Функція втрат на тренуванні та валідації моделі для спалень

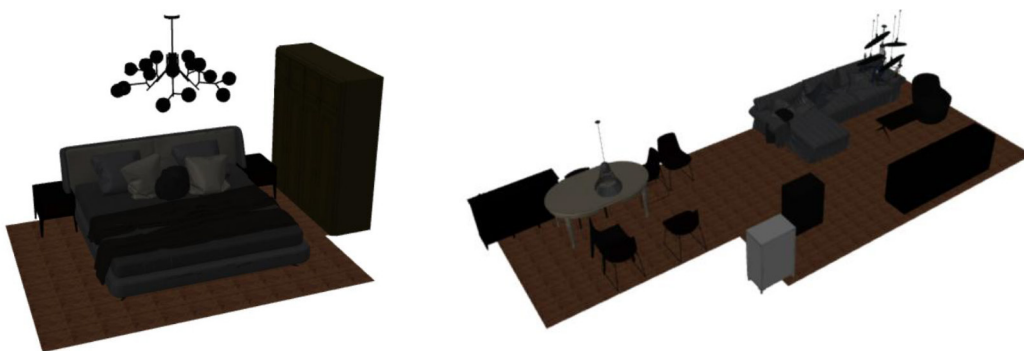


Рис. 6. Приклад генерації спальні та вітальні

Створена система була загорнута у Docker контейнери, які оркеструються за допомогою Docker Compose, що забезпечує гнучкість налаштування та масштабування. Результат роботи системи показано на рис. 6.

З рисунку видно, що система органічно вписала меблі в геометрію кімнат.

ОБГОВОРЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Функціонал вибору стилю кімнати було імплементовано наступним чином: коли модель обрала клас об'єкту, його розмір, кут та положення у кімнаті, вона шукає у базі даних найбільш відповідний за всіма цими параметрами об'єкт.

Функціонал вибору класів предметів та їх кількості було реалізовано іншим чином. При кожній ітерації додавання об'єкту до кімнати, трансформерна частина моделі отримує приховане представлення кімнати, яке використовується для генерації класу, розміру, положення та куту повороту наступного об'єкту. Передбачення кожного наступного параметру – це робота окремої моделі, яка приймає на вхід попередні передбачені параметри та приховане представлення кімнати. Коли модель має додати об'єкти певних класів, результат першої моделі, що передбачає клас, ігнорується, і в подальшій моделі подається інформація про клас, бажаний користувачем. Таким чином, модель не вибирає об'єкти, а намагається передбачити найкращий розмір, положення та кут повороту цих об'єктів

В процесі аналізу помилок системи, було помічено, що модель часто стикається з проблемами при генерації ламп та світильників, розміщуючи їх у неприродних положеннях. Також модель часто розміщує стільці та тумбочки на місці люстр, не знаходячи об'єктів підходящого класу в базі даних. Ця проблема була описана і розробниками самої моделі ATISS. Тому, в контексті даної системи, було прийняте рішення відключити генерацію ламп у кімнатах.

Загалом, модель має труднощі з випадками, коли користувач вимагає певних неприродних кількостей об'єктів певних класів у кімнаті, накладаючи їх один на одного. Це пов'язано з тим, що модель вчилася на природних кімнатах, які були розроблені дизайнерами. Тим не менш, при розумних запитах до моделі, вона генерує гарні інтер'єри (рис. 6).

ВИСНОВКИ

Запропонована автоматизована система на основі архітектури ATISS відкриває широкі можливості для цифрової трансформації роботи дизайнерських студій та архітектурних бюро. Завдяки модифікації алгоритмів передбачення параметрів об'єктів система дозволяє користувачу керувати процесом створення сцени через задання конкретного стилю та кількісного складу інтер'єру. Такий підхід дозволяє адаптувати простір під специфічні технічні вимоги для прискорення етапу концептуального проектування.

Практичне впровадження розроблених моделей для різних типів приміщень демонструє високу перспективність інтеграції генеративного штучного

інтелекту в сучасні BIM-екосистеми. Виявлені під час тестування особливості позиціонування об'єктів при граничних параметрах запитів визначають чіткий вектор для подальшого вдосконалення – впровадження модулів автоматичної перевірки

геометричних колізій та розширення варіативності тренувальних вибірок. Це дозволить забезпечити повний цикл автоматизації: від первинного ескізу до отримання структурованої 3D-моделі та презентації замовнику.

REFERENCES

- [1] Patel, S., & Kumar, R. (2025). A deep learning approach for interior design style classification and idea generation. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 12(1), 145–158.
- [2] García-Alvarado, R., & Varela, G. (2025). Shaping architecture with generative artificial intelligence: Deep learning models in architectural design workflow. *Architecture and Design Review [Special Issue]*. MDPI.
- [3] Thompson, L., & Zhao, Y. (2025). 3D generative AI transforms how we create, design, interact with digital content. In *ACM SIGGRAPH 2025 Conference Proceedings*. Association for Computing Machinery.
- [4] Ritchie, D., Wang, K., Lin, Y. A. (2018). Fast and Flexible Indoor Scene Synthesis via Deep Convolutional Generative Models. *arXiv preprint arXiv:1811.12463*
- [5] Wang, K., Lin, Y., Weissmann, B., Savva, M., Chang, A. X., & Ritchie, D. (2019). PlanIT: Planning and Instantiating Indoor Scenes with Relation Graph and Spatial Prior Networks. *ACM Transactions on Graphics*, 38(4), 132. <https://doi.org/10.1145/3306346.3322941>
- [6] Wang, X., Yeshwanth, C., & Nießner, M. (2021). SceneFormer: Indoor Scene Generation with Transformers. *arXiv preprint arXiv:2012.09793*.
- [7] Cy94/scenformer – GitHub [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://github.com/cy94/scenformer> (дата звернення 04.10.2023)
- [8] Paschalidou, D., Kar, A., Shugrina, M., Kreis, K., Geiger, A., and Fidler, S. (2021). ATISS: Autoregressive Transformers for Indoor Scene Synthesis. In *Proceedings of the 35th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2021)*
- [9] Fu, H., Cai, B., Gao, L., Zhang, L. X., Wang, J., Li, C., ... & Zhang, H. (2020). 3D-FRONT: 3D Furnished Rooms with layOuts and semaNTics. *arXiv preprint arXiv:2009.09633*.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Patel, S., & Kumar, R. (2025). A deep learning approach for interior design style classification and idea generation. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 12(1), 145–158.
- [2] García-Alvarado, R., & Varela, G. (2025). Shaping architecture with generative artificial intelligence: Deep learning models in architectural design workflow. *Architecture and Design Review [Special Issue]*. MDPI.
- [3] Thompson, L., & Zhao, Y. (2025). 3D generative AI transforms how we create, design, interact with digital content. In *ACM SIGGRAPH 2025 Conference Proceedings*. Association for Computing Machinery.
- [4] Ritchie, D., Wang, K., Lin, Y. A. (2018). Fast and Flexible Indoor Scene Synthesis via Deep Convolutional Generative Models. *arXiv preprint arXiv:1811.12463*
- [5] Wang, K., Lin, Y., Weissmann, B., Savva, M., Chang, A. X., & Ritchie, D. (2019). PlanIT: Planning and Instantiating Indoor Scenes with Relation Graph and Spatial Prior Networks. *ACM Transactions on Graphics*, 38(4), 132. <https://doi.org/10.1145/3306346.3322941>
- [6] Wang, X., Yeshwanth, C., & Nießner, M. (2021). SceneFormer: Indoor Scene Generation with Transformers. *arXiv preprint arXiv:2012.09793*.
- [7] Cy94/scenformer – GitHub [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://github.com/cy94/scenformer> (дата звернення 04.10.2023)
- [8] Paschalidou, D., Kar, A., Shugrina, M., Kreis, K., Geiger, A., and Fidler, S. (2021). ATISS: Autoregressive Transformers for Indoor Scene Synthesis. In *Proceedings of the 35th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2021)*
- [9] Fu, H., Cai, B., Gao, L., Zhang, L. X., Wang, J., Li, C., ... & Zhang, H. (2020). 3D-FRONT: 3D Furnished Rooms with layOuts and semaNTics. *arXiv preprint arXiv:2009.09633*.

© Ковалюк Д. О., Ковалюк О. О., Маліцький В. В.

Дата першого надходження статті до видання: 14.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 15.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026



Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)