

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПРОЕКТУВАННЯ ІНТЕР'ЄРУ ДЛЯ СТУДІЇ ДИЗАЙНУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У рамках дослідження було розроблено автоматизовану систему для дизайну інтер'єрів з використанням штучного інтелекту та машинного навчання. За допомогою цієї системи клієнти студії дизайну можуть завантажувати фотографії планів своїх приміщень і отримувати 3D-моделі інтер'єрів, створені за допомогою нейронної мережі. Ця робота спрямована на поліпшення послуг студії дизайну, зниження їхніх витрат і збільшення продажів. Було використано датасет 3D-FRONT та модель ATISS для глибокого навчання. Було розроблено бекенд на FastAPI та фронтенд на Gradio для взаємодії з користувачем. Користувачі можуть налаштовувати стиль кімнати, об'єкти та кількість речей, а навіть завантажувати фотографії своїх приміщень для генерації інтер'єрів. Результатом є 3D-модель кімнати та можливість замовлення об'єктів зі згенерованого інтер'єру.

Ключові слова: глибоке навчання, нейронна мережа, 3D моделі, дизайн інтер'єру, авторегресійний трансформер, ATISS.

Abstract

As part of the research, an automated system for interior design using artificial intelligence and machine learning has been developed. With the help of this system, clients of design studios can upload photos of their room layouts and receive 3D interior models created using a neural network. This work aims to improve the services of design studios, reduce their costs, and increase sales. The 3D-FRONT dataset and the ATISS model for deep learning were utilized. A backend was developed using FastAPI, and a frontend using Gradio for user interaction. Users can customize the room style, objects, and the quantity of items, and even upload photos of their own spaces to generate interiors. The result is a 3D room model and the ability to order objects from the generated interior.

Keywords: Deep Learning, Neural Network, 3D Models, Interior Design, Autoregressive Transformer, ATISS.

Вступ

Розробка автоматизованої системи дизайну інтер'єрів для студії дизайну є проривом у сфері архітектурного проектування та декорування простору. У світі, де стиль та естетика приміщень стають все більш персоналізованими та змінюються з кожним сезоном, здатність швидко адаптувати та візуалізувати інтер'єрні ідеї є невід'ємною частиною сучасної дизайн-індустрії. Із зростанням попиту на унікальні дизайнерські рішення, ринок вимагає інструментів, що зможуть оперативно відтворювати ідеї клієнтів у віртуальному форматі.

Спроби розв'язання цієї задачі стали частішими у останні роки, зважаючи на активний розвиток нейронних мереж. Зокрема, Рітчі, Вон та Лін у статті "Fast and Flexible Indoor Scene Synthesis via Deep Convolutional Generative Models" 2018 року описували згорткову нейронну мережу під назвою Fast-Synth, яка вирішувала поставлену задачу. На теперішній час стало популярним використання трансформерів та дифузійних нейронних мереж, що суттєво покращують можливості генерації інтер'єрів. Усе більшу увагу до генерації інтер'єрів проявляють розробники додатків із суміжних сфер. Зокрема, додаток Planner 5D, який дозволяє у режимі онлайн створювати інтер'єр своєї кімнати у форматі 3D, заявляє про наявність функції автоматизованого заповнення кімнати. Схожі функції пропонують додатки HomeByMe, InteriorAI та HomeDesign.ai. Однак, ці додатки мають суттєві недоліки, такі як погана якість генерації, що базується на попередньо прорахованих поєднаннях об'єктів, відсутність контролю над генерацією, та іноді додавання об'єктів, які не існують в базі даних студії. Наведені факти переконують у актуальності та важливості такої системи, адже на ринку наразі не існує сервісу, що здатен забезпечити високу якість генерації інтер'єрів.

Основна мета цієї магістерської роботи полягає у створенні системи, котра за допомогою алгоритмів штучного інтелекту та машинного навчання дозволяє створювати візуалізації інтер'єрів згідно із заданими параметрами. Клієнти студії матимуть змогу завантажити фотографію плану свого приміщення, і отримати рекомендований інтер'єр кімнати у форматі 3d моделі, створений за допомогою нейронної мережі. Усі об'єкти інтер'єру у 3d моделі будуть вибрані нейронною мережею з магазину студії, і у користувача буде змога відразу купити усі потрібні об'єкти зі створеної візуалізації.

Наведені вище факти переконують у актуальності даної магістерської дипломної роботи на тему «автоматизована система проектування інтер'єру для студії дизайну».

Метою роботи є покращення надання послуг студіями інтер'єр-дизайну, зменшення витрати студій на дизайнерів та збільшення продажів студій дизайну інтер'єру шляхом кращого визначення і виконання потреб клієнтів.

Об'єктом дослідження є об'єкти інтер'єру, такі як стільці, столи, шафи, дивани тощо, та 3d моделі кімнат.

Для вирішення поставлених в роботі задач використовувалися методи глибинного навчання. Для розробки програмної частини системи вихідного контролю використовувалися методи алгоритмізації та програмування.

Результати дослідження

Для вирішення задачі було використано датасет 3D-FRONT [1], що складається з 19 тисяч кімнат, кожна з яких наповнена дизайнерськими інтер'єрами. Кімнати описані у форматі JSON, де зберігається інформація про об'єкти інтер'єру, присутні у кімнаті, їхнє положення, посилання на файли 3d моделей цих об'єктів, стиль кімнати, текстури поверхонь тощо. Після аналізу даних, для цілей цієї дипломної роботи було використано 6534 кімнат-спалень та 2926 кімнат-вітальень, які були розділені на train/val/test набори даних у пропорції 70/10/20 відсотків.

Для вирішення цього завдання було використано авторегресійну модель глибокого навчання під назвою ATISS, що була розроблена NVIDIA у 2021 році [2]. Ця модель створена на основі архітектури трансформерів, що знаходять застосування у безлічі сфер сьогодення. У даному випадку модель приймає на вхід фотографію кімнати, оброблену енкодером планування, а також вже наявні об'єкти інтер'єру у кімнаті, кожен з яких також оброблений структурним енкодером. Вся оброблена інформація подається на вхід трансформеру, який генерує приховане представлення наявної кімнати. На основі цього представлення, екстрактер атрибутів послідовно генерує клас, положення, кут та розмір об'єкту, що має бути розміщений наступним у кімнаті. Потім у базі даних відбувається пошук об'єкту, що найкраще задовільняє цим вимогам. Цей об'єкт додається у сцену кімнати, модель починає нову ітерацію вже із щойно доданим об'єктом. Модель передбачає наступні об'єкти доти, доки екстрактер атрибутів не згенерує клас "end", що означатиме, що у кімнату немає сенсу додавати нові об'єкти. Загальна структура моделі подана на рисунку 1.

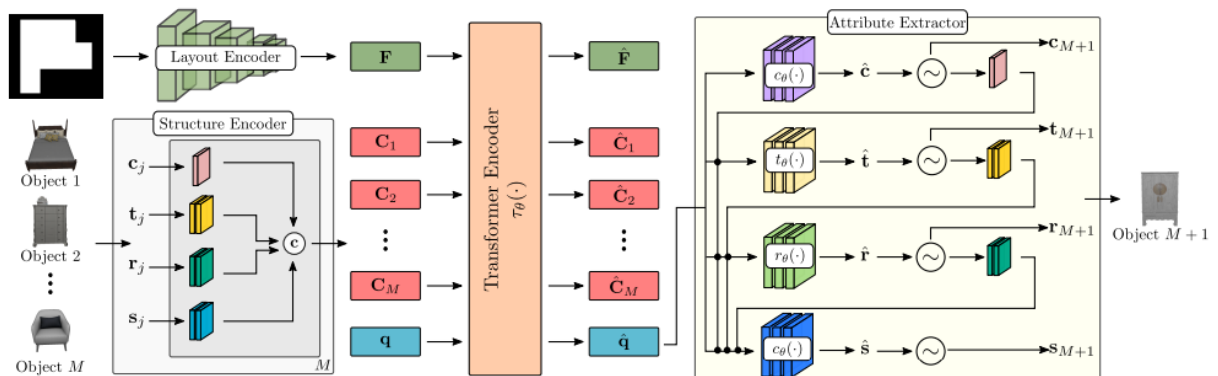


Рисунок 1 – Архітектура моделі ATISS

Розробники моделі ATISS виклали в мережу код цієї моделі [3], однак не опублікували ваги моделі. Тому в результаті дослідження натреновано три версії цієї моделі, одна з яких натренована лише на спальнях, інша – на вітальнях, і третя на столових кімнатах. Інших класів кімнат у датасеті наявно недостатньо для побудови якісної моделі. Кожна модель тренувалась протягом близько 1200 epoch, що зайняло дві доби на відеокарті NVIDIA RTX 3060.

Розробники не передбачили можливості задавати параметри генерації, зокрема визначати, бажаний стиль кімнати (східний, середземноморський, інші), визначати об'єкти яких класів та в якій кількості мають бути присутні на фото, та можливість додавання фото плану своєї кімнати для генерації. Тому мною було внесено зміни в код моделі для додавання цих можливостей.

Також у рамках цієї дипломної роботи було розроблено бекенд-частину за допомогою FastAPI [4]. Цей сервіс здатен отримувати на вхід фото плану кімнати, бажаний стиль та бажану кількість об'єктів та їхні класи у формі POST запиту. У відповідь сервіс віддає текстуровану 3D модель у форматі glb. Цей сервіс було запаковано у Docker контейнер для можливості легкого розгортання у робочому середовищі.

Фронтенд-частина цієї роботи була розроблена за допомогою фреймворку Gradio [5], що дозволяє створювати прості та гарні веб-сторінки, орієнтовані на роботу з нейронними мережами. Користувач може завантажувати план своєї кімнати у вигляді фото, на основі якого модель буде генерувати інтер'єр. За допомогою випадаючого списку користувач може бажаний стиль кімнати. Також користувач може вибрати режим усіх без стилю, який буде вибирати речі без прив'язки до стилю. За допомогою слайдерів користувач може задавати кількість речей кожного класу, які він хоче бачити у своїй кімнаті. Також він може дозволити моделі додавати певні речі на розсуд моделі, а також заборонити моделі додавати певні речі на фото. Графічний інтерфейс додатку зображено на рисунку 2.

Фронтенд-частина також була упакована у Docker контейнер окремо, задля розділу фронтенд та бекенд частини. Це дозволить розгортати та змінювати ці частини окремо. Оркестрація цих моделей виконується за допомогою Docker compose.

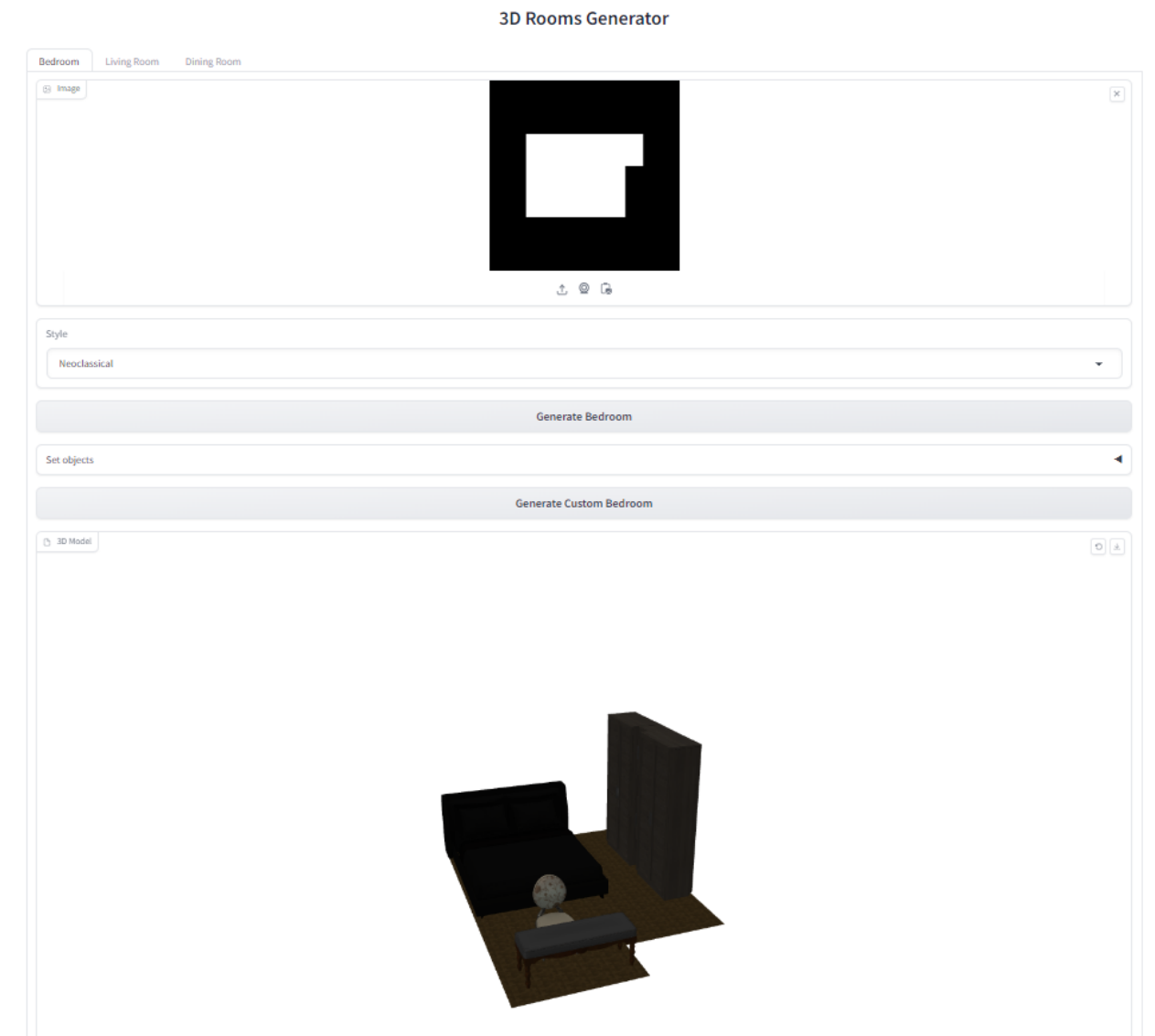


Рисунок 2 – Вигляд користувацької частини додатку для генерації інтер'єру

Користувач має змогу завантажувати згенеровану 3D модель своєї кімнати у форматі glb, для подальшої роботи з нею. Також користувач отримує посилання на об'єкти на сайті магазину, що дає змогу відразу замовити об'єкти згенерованої кімнати.

Висновки

У рамках дослідження була розроблена автоматизована система для дизайну інтер'єрів, яка базується на використанні алгоритмів штучного інтелекту та машинного навчання. Система дозволяє клієнтам студії дизайну завантажувати фотографію плану свого приміщення і отримувати рекомендації щодо інтер'єрного оформлення у форматі 3D моделі. Модель ATISS, основана на архітектурі трансформерів, була адаптована для цієї задачі та натренована на різних типах кімнат.

Результати дослідження показали, що система може успішно генерувати інтер'єрні варіанти з урахуванням бажаного стилю та кількості об'єктів у кімнаті. Фронтенд-частина додатку була розроблена для зручності користувачів, які можуть завантажувати згенеровані 3D моделі та отримувати посилання на об'єкти для покупки.

Основні переваги цієї системи включають зменшення витрат студій на дизайнерів та збільшення продажів об'єктів інтер'єру, а також можливість швидко візуалізувати інтер'єрні ідеї клієнтів. Дана робота є актуальною та важливою [для розвитку сучасної дизайн-індустрії та може бути використана студіями інтер'єр-дизайну для поліпшення надання своїх послуг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Fu, H., Cai, B., Gao, L., Zhang, L., Wang, J., Li, C., Zeng, Q., Sun, C., Jia, R., Zhao, B., & Zhang, H. (2020). 3D-FRONT: 3D Furnished Rooms with layOuts and semaNTics
2. Paschalidou, D., Kar, A., Shugrina, M., Kreis, K., Geiger, A., & Fidler, S. (2021). ATISS: Autoregressive Transformers for Indoor Scene Synthesis¹. In Proc. of the 35th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2021), Sydney, Australia
3. Github: Code for "ATISS: Autoregressive Transformers for Indoor Scene Synthesis", NeurIPS 2021 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://github.com/nv-tlabs/ATISS>;
4. FastAPI User Guide [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://fastapi.tiangolo.com/tutorial/>;
5. Gradio Quickstart [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.gradio.app/guides/quickstart>;

Малицький Вадим Валентинович – студент групи 2AKIT-22м, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. e-mail: vadym.malitsky357@gmail.com

Ковалюк Олег Олександрович – к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних систем управління, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. e-mail: oleh.kovalyuk@vntu.edu.ua