

УДК 004.94

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИКИ СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ ГЕНЕРАТИВНО-ЗМАГАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ФАСАДІВ БУДІВЕЛЬ

Пушкарьов Олексій Ігорович

канд. техн. наук, доцент Бабілонга Оксана Юріївна

Національний університет «Одеська політехніка», УКРАЇНА

АНОТАЦІЯ. Створення високоякісних зображень фасадів будівель, з урахуванням стилю, важливе для розвитку архітектури та містобудування. В роботі представлений детальний опис методики створення моделі генеративно-змагальної мережі для генерації фасадів будівель на основі географічних даних з *OpenStreetMap* та результати апробації, які підтверджують підвищення візуальної якості запропонованих рішень.

Вступ. В сучасному світі, зростає необхідність в автоматизованій генерації фасадів будівель з використанням географічних даних. Нинішній розвиток технологій, особливо в галузі штучного інтелекту, забезпечує можливості для створення нових інноваційних рішень, які можуть використовуватись в різних галузях. Зокрема, генеративно-змагальні мережі (*GAN*) відкривають нові перспективи в галузі архітектури для автоматизованої генерації зображень фасадів будівель з використанням географічних даних. Використання *GAN* може значно зменшити трудові та матеріальні витрати при розробці архітектурних проєктів, а також забезпечити створення реалістичних зображень фасадів будівель певних стилів, що може бути корисним для розвитку сучасного містобудування, тому тема дослідження є актуальною.

Мета роботи. Розробка та дослідження методики створення моделі генеративно-змагальної мережі для генерації фасадів будівель на основі географічних даних з *OpenStreetMap*, що дозволить отримувати більш якісні (реалістичні та детальні) зображення на етапі концептуального архітектурного проєктування.

Основна частина роботи. У контексті розробки методики створення моделі генеративно-змагальної мережі для генерації фасадів будівель, можна відзначити існуючі рішення, що пов'язані з використанням звичайної генеративно-змагальної мережі для генерації фасадів будівель [1,5]. Проте, ці рішення мають свої обмеження. Наприклад, вони працюють лише як *GAN* і не надають можливості вводити додаткові умови для генерації фасадів. Це обмежує їхню спроможність створювати реалістичні зображення, що враховують конкретні вимоги архітектурних деталей, розташування будівель, а також інші фактори, що впливають на вигляд фасадів. Тобто можна зробити висновок, що на даний момент ці рішення не забезпечують достатньої реалістичності та не враховують географічні дані отримані з *OSM* для генерації фасадів будівель.

В роботі запропонована методика створення моделі генеративно-змагальної мережі на основі *Conditional Deep Convolutional GAN (cDCGAN)* [2] для генерації фасадів будівель, з можливістю введення додаткових умов при генерації на основі даних з *OpenStreetMap*, що допоможе вирішити ці труднощі.

Для реалізації методики, спочатку необхідно було зібрати дані з *OpenStreetMap*, що стосуються локації, де буде генеруватись фасад будівлі. Для цього було використано *API OpenStreetMap* [3], який дозволяє отримати різноманітні дані в форматі *XML* за координатами точки, заданим радіусом пошуку та рівнем деталізованості результатів. Це включає, але не обмежується, наступними видами даних:

– геометрія будівлі: координати вершин, розташування та форма будівлі, що дозволяє точно відтворити його контур та розміри;

– атрибути будівлі: інформація про тип будівлі (житлова, комерційна, індустріальна тощо), рівень поверхів, матеріали конструкції, рік побудови та інші властивості, що впливають на зовнішній вигляд фасаду;

– інші об'єкти: додаткові об'єкти, що оточують будівлю, такі як дороги, дерева, парковки, вуличні елементи тощо, які можуть впливати на контекст та вигляд фасаду.

Масив цих даних, отриманий за допомогою *OSM*, використано у процесі генерації – як уточнюючі умови для генерації та при зборі датасету (рис. 1).

Далі, для генерації фасаду будівлі було використано генеративно-змагальну мережу *cDCGAN*. Ця модель поєднує в собі генератор і дискримінатор, що співпрацюють для створення реалістичних зображень фасадів будівель.

Генератор використовує умовний підхід, де додаткові умови, такі як географічні дані з *OpenStreetMap*, використовуються як вхідні параметри. Це дозволяє забезпечити більш точне та контрольоване генерування фасадів будівель, відповідно вказаним умовам.

Дискримінатор, з свого боку, оцінює згенеровані зображення та реальні зображення фасадів будівель. Він навчається розрізняти між ними, функціонуючи як класифікатор, який оцінює згенеровані зображення фасадів будівель, порівнюючи їх з реальними зображеннями. Це дозволяє покращити якість генерації фасадів з кожною ітерацією навчання.

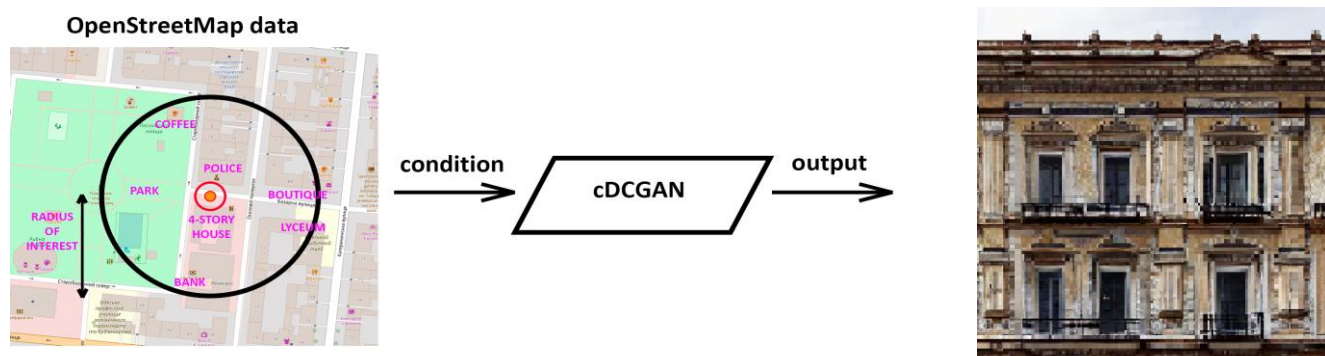


Рисунок 1 – Кроки генерації вихідного зображення фасаду

Під час розробки методики були використані великі обсяги даних з *OpenStreetMap* для навчання та валідації мережі. Параметри мережі були уважно налаштовані, включаючи глибину згорткових шарів (*Convolution layers*) [4], розмірність зображень та параметри функцій активації.

Комп'ютерне моделювання за розробленою методикою було проведено в середовищі програмування та обчислень Python, використовуючи бібліотеки та фреймворки, спеціалізовані в глибокому навчанні та обробці зображень. Для реалізації *cDCGAN* була використана бібліотека *PyTorch*. Для отримання географічних даних була розроблена обертка для *OSM API*.

Для підтвердження досягнення мети було проведено апробацію розробленої методики. Для цього було зібрано датасет, що складався з зображень фасадів будівель, їх геолокації, та географічних даних за цією локацією, отриманих за допомогою *OSM API*, було проведено навчання генеративно-змагальної мережі на підготовленому датасеті.

В ході експертного оцінювання отриманої візуальної інформації, було проведено порівняння зображень фасадів будівель, що згенерувала запропонована модель *cDCGAN*, з реальними фотографіями фасадів будівель, що розташовані у відповідних локаціях. Порівняння показало, що згенеровані зображення, досить реалістично та точно відтворюють ознаки фасадів будівель, що спостерігаються на реальних фотографіях.

Для оцінювання якості генерації була залучена експертна група, яка була сформована зі студентів архітектурного ВНЗ. В роботі запропонована метрика – комплексна оцінка візуальної якості (реалістичності та деталізації) генерації фасадів будівель за 10-бальною шкалою. Запропонована методика генерації фасадів будівель показала, що оцінка візуальної якості генерації фасадів будівель для етапу концептуального архітектурного проектування збільшилась в середньому на 12 % порівняно з існуючими рішеннями.

Отже, апробація розробленої методики підтвердила, що вона дає реалістичні рішення для генерації фасадів будівель на основі географічних даних з *OpenStreetMap*.

Серед можливих напрямків подальших досліджень і розробок слід відмітити:

– розширення даних вхідних параметрів. Додавання додаткових умов та параметрів, які можуть впливати на генерацію фасадів, наприклад, тип будівлі, архітектурний стиль, використання матеріалів тощо. Це дозволить забезпечити ще більш точне моделювання і відповідність до різних архітектурних вимог;

– покращення архітектури мережі. Вдосконалення глибини, розмірності шарів та структури мережі для отримання кращої якості генерації фасадів. Експерименти з різними архітектурними варіантами та оптимізація параметрів можуть покращити якість та ефективність методики;

– розширення обсягу даних навчання. Використання ще більших наборів даних з *OpenStreetMap* та додаткових джерел, щоб забезпечити більшу репрезентативність та різноманітність фасадів будівель. Це може поліпшити здатність мережі узагальнювати та генерувати реалістичні фасади для різних типів будівель та контекстів;

– оцінка якості та оцінювання згенерованих фасадів: Розробка додаткових метрик та методів оцінки якості згенерованих фасадів, які враховують аспекти, такі як реалістичність, деталізація, архітектурна відповідність тощо. Це допоможе кінцевим користувачам та фахівцям в галузі архітектури та містобудування оцінити та використовувати в своїх проектах згенеровані фасади будівель.

Висновки. В цій роботі була розроблена методика створення генеративно-змагальної мережі для генерації зображень фасадів будівель на основі географічних даних з *OpenStreetMap* про архітектурні особливості відповідної локації. [6]

Використання *OpenStreetMap* даних як вхідних параметрів сприяло більш точному моделюванню, забезпечуючи більш високу реалістичність та деталізацію згенерованих фасадів. Використання додаткових умов дозволило збільшити оцінку візуальної якості генерації фасадів на 12 %. Це свідчить про потенціал методики для використання в галузі архітектури та містобудування для візуалізації та концептуалізації будівельних проектів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Generative Adversarial Networks - Facade Generation. URL: <https://www.computationalarchitecturelab.org/generative-adversarial-networks-facades> – (дата звернення: 11.04.2023)
2. cDCGAN for Isolated Handwritten Arabic Character Generation. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13369-021-05796-0> – (дата звернення: 15.04.2023)
3. OpenStreetMap API. URL: https://wiki.openstreetmap.org/wiki/API_v0.6 – (дата звернення: 25.03.2023)
4. Convolutional neural networks. URL: <https://insightsimaging.springeropen.com/articles/10.1007/s13244-018-0639-9#Sec1> – (дата звернення: 10.04.2023)
5. Berezhsky O. M. & Liashchynskyi P. B. “Comparison of generative adversarial networks architectures for biomedical images synthesis”. *Applied Aspects of Information Technology*. Publ. Nauka i Tekhnika. Odessa: Ukraine. 2021; Vol. 4 No. 3: 250–260. DOI: <https://doi.org/10.15276/aait.03.2021.4>
6. Arsiiri, O. O., Troianovska, Y. L., Prykhodko, I. O. & Kotova, D. J. “Architectural Objects Recognition Technique in Augmented reality Technologies Based on Creating a Specialized Markers Base”. *Herald of Advanced Information Technology*. Publ. Science i Technical. 2019; Vol.2 No.2:p.108–121. Odesa. Ukraine. DOI: <https://doi.org/10.15276/hait.02.2019.3>

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A METHODOLOGY FOR CREATING A GENERATIVE-ADVERSARIAL NETWORK MODEL FOR FACADE GENERATION

Oleksii Pushkarov

PhD, Associate professor, Oksana Babilunha

Odessa Polytechnic National University, UKRAINE

ANNOTATION. Obtaining high-quality images of building facades, while taking into account style, is crucial for the development of architecture and urban planning. This work presents a detailed description of the methodology for creating a generative adversarial network model for generating building facades based on geographic data from OpenStreetMap, along with the validation results, which confirm the improvement of the visual quality of the proposed solutions.