

Застосування гібридної LoRa-GAN системи для оптимізації процесів управління міськими проєктами

Сергій Долгополов, асистент кафедри інформаційних технологій¹ (ORCID: 0000-0001-9418-0943), Денис Чернишев, д.т.н., проф.¹ (ORCID: 0000-0002-1946-9242)

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, 03037, м. Київ, проспект Повітряних Сил, 31, Україна

АНОТАЦІЯ

Інтеграція методу Low-Rank Adaptation (LoRA) великих мовних моделей з генеративними змагальними мережами (GAN) відкриває нові можливості у обробці просторових даних для міського планування та управління проєктами архітектурного дизайну. Дослідження зосереджено на розробці спеціалізованої моделі LoRA, навченої на різноманітному наборі даних з 1100 прикладів міських та архітектурних планів. Модель демонструє здатність генерувати детальні 2D плани місцевості. Оцінка ефективності моделі показала зменшення втрат з 0,11 до 0,0577 протягом навчання, що свідчить про покращення точності генерації. Застосування LoRA та GAN підвищує точність просторових представлень, покращуючи прийняття рішень у режимі реального часу для міського планування. Інтеграція цих технологій створює нову парадигму в міському плануванні, що характеризується підвищеною ефективністю, масштабованістю та стійкістю.

Ключові слова: технологія LoRa, генеративні змагальні мережі (GAN), обробка просторових даних.

1. ВСТУП

Інтеграція методу Low-Rank Adaptation (LoRA) великих мовних моделей з Generative Adversarial Network (GAN) для обробки просторових даних є передовим злиттям технологій штучного інтелекту, спрямованим на трансформацію міського планування та архітектурного дизайну. Технологія LoRA, відома своєю здатністю ефективно адаптувати великі мовні моделі, пропонує потужний інструмент для обробки та генерації складних просторових даних у контексті міських ландшафтів, тим самим сприяючи покращенню процесів прийняття рішень в управлінні проєктами.

Стратегічне поєднання методу LoRA з GAN дозволяє здійснювати ефективну обробку та візуалізацію просторових даних, надаючи планувальникам та архітекторам можливість створювати детальні, реалістичні симуляції міських середовищ. Використовуючи LoRA для адаптації великих мовних моделей до специфічних завдань міського планування, а GAN для генерації та вдосконалення візуальних представлень, міські планувальники отримують глибше розуміння міської динаміки [1–2], що сприяє проєктуванню більш ефективних та стійких міських просторів.

2. МЕТА РОБОТИ

Метою цього дослідження є дослідження та оцінка потенціалу інтеграції технології LoRA з генеративними змагальними мережами (GAN) для вдосконалення обробки просторових даних у контексті міського планування та управління проєктами. Дослідження спрямоване на розробку спеціалізованої моделі LoRA для генерації детальних 2D планів місцевості та оцінку її ефективності на різноманітному наборі даних міських та архітектурних планів. Важливим аспектом є аналіз впливу інтеграції LoRA та GAN на точність просторових представлень та процеси прийняття рішень у міському плануванні. Крім того, дослідження має на меті вивчення потенціалу цієї інтеграції для створення нової парадигми в міському плануванні, що

характеризується підвищеною ефективністю, масштабованістю та стійкістю.

3. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Для навчання спеціалізованої моделі LoRA було підготовлено набір даних, що складається з 1100 прикладів 2D планів місцевості, які охоплюють різноманітні міські та архітектурні макети. Кожне зображення в наборі даних супроводжується детальним текстовим описом, що фіксує ключові елементи кожного плану місцевості.

Процес підготовки даних включав:

1. Збір різноманітних 2D зображень планів місцевості з архітектурних баз даних та архівів міського планування.
2. Анотацію кожного зображення детальним текстовим описом.
3. Контроль якості для забезпечення точності та високої роздільної здатності зображень та описів.
4. Перевірку різноманітності для запобігання упередженості моделі.

Для реалізації інтеграції технології LoRA з генеративними змагальними мережами (GAN) було розроблено комплексну модель, структура якої представлена на Рисунку 1.

Рисунок 1 ілюструє запропоновану модель інтеграції LoRa в GAN Stable Diffusion. Модель складається з кількох ключових компонентів. Text Encoder (Текстовий кодувальник) перетворює текстові описи планів місцевості у векторні представлення. U-Net виступає основним компонентом для генерації зображень. VAE Decoder (Декодер VAE) відповідає за перетворення латентних представлень у фінальні зображення. LoRA модулі інтегровані в різні частини моделі для оптимізації навчання та генерації. Розроблена архітектура забезпечує ефективне поєднання переваг технології LoRa з потужністю GAN для створення високоякісних та деталізованих 2D планів місцевості [3–4].

Архітектура моделі дозволяє ефективно поєднувати переваги технології LoRa з потужністю GAN для створення високоякісних та деталізованих 2D планів місцевості.

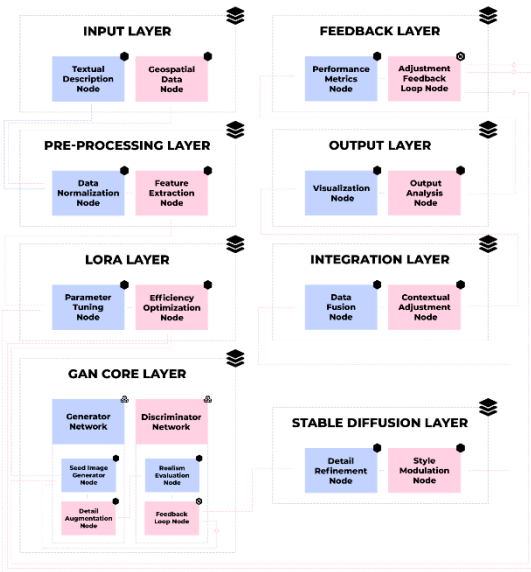


Рисунок 1. Модель інтеграції технології LoRa в GAN Stable Diffusion

Модель LoRa була навчена на підготовленому наборі даних з використанням різних параметрів утилізації (від 0.1 до 1.0) та епох навчання. Математична формулювання моделі LoRa для генерації планів місцевості включає оптимізацію генеративного процесу для точного відображення просторових характеристик, закодованих у наборі даних. Рівняння для LoRa задається як:

$$L_{siteplan} = G(W, D) + \lambda R(W), \quad (1)$$

де $L_{siteplan}$ – це функція втрат, адаптована для генерації 2D планів місцевості; $G(W, D)$ – генеративна функція моделі; W – параметри, що навчаються; D – набір даних планів місцевості та їх описів; λ – параметр регуляризації; $R(W)$ – термін регуляризації.

Результати навчання показали поступове зменшення втрат з початкового значення 0,11 до 0,0577 на 30-й епосі, що свідчить про покращення точності генерації планів місцевості.

Візуальна оцінка генерованих планів місцевості на різних етапах навчання та з різними параметрами утилізації дозволила оцінити прогрес моделі у створенні все більш детальних та реалістичних міських макетів. Оцінка включала аналіз таких аспектів, як точність розташування будівель, деталізація дорожньої мережі, реалістичність зелених зон та загальна відповідність згенерованих планів реальним міським структурам.

Інтеграція технології LoRa з GAN дозволила не лише покращити якість генерованих планів, але й оптимізувати процес обробки та передачі даних, що особливо важливо для масштабних проєктів міського планування. Подібна синергія технологій відкриває нові можливості для більш ефективного управління проєктами в галузі міського розвитку, забезпечуючи швидке та точне створення різноманітних сценаріїв планування.

4. ВИСНОВКИ

Отже, інтеграція технології LoRa з генеративними змагальними мережами (GAN) для обробки просторових даних демонструє значний потенціал у трансформації міського планування та управління проєктами архітектурного дизайну. Основні висновки дослідження:

1. Розроблена модель LoRa показала здатність генерувати детальні та точні 2D плани місцевості, що є критично важливим для ефективного міського планування.
2. Зменшення втрат моделі з 0,11 до 0,0577 протягом навчання свідчить про суттєве покращення точності та ефективності генерації планів.
3. Інтеграція LoRa та GAN підвищує точність просторових представлень, що дозволяє приймати більш обґрунтовані рішення в режимі реального часу для міського планування.
4. Технологічна синергія створює нову парадигму в міському плануванні, що характеризується підвищеною ефективністю, масштабованістю та стійкістю.
5. Для менеджерів проєктів ця інтеграція надає потужні інструменти для більш ефективного управління складними проєктами міського розвитку, забезпечуючи тісну відповідність між фазами планування та реалізації.

Загалом, це дослідження підкреслює важливість інтеграції передових технологій у практику міського планування та управління проєктами, відкриваючи нові можливості для створення більш ефективних, стійких та адаптивних міських середовищ.

Список літератури

[1] Z. Kuang, J. Zhang, Y. Huang, and Y. Li, "Advancing Urban Renewal: An Automated Approach to Generating Historical Arcade Facades with Stable Diffusion Models," ACADIA Conference, vol. 2, pp. 616-625, October 2023. URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.11590>.

[2] W. Cheng, Y. Chu, C. Xia, B. Zhang, J. Chen, M. Jia, and W. Wang, "UrbanGenoGAN: pioneering urban spatial planning using the synergistic integration of GAN, GA, and GIS," Frontiers in Environmental Science, vol. 11, pp. 1-13, December 2023. URL: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1287858>.

[3] J. E. Hu, Y. Shen, P. Wallis, Z. Allen-Zhu, Y. Li, S. Wang, and W. Chen, "LoRA: Low-Rank Adaptation of Large Language Models," arXiv preprint arXiv:2106.09685, pp. 1-26, October 2021. URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2106.09685>.

[4] Dolhopolov, S., Honcharenko, T., Savenko, V., Balina, O., Bezklubenko, I., & Liashchenko, T. Construction Site Modeling Objects Using Artificial Intelligence and BIM Technology: A Multi-Stage Approach. 2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), 174-179, 2023. URL: <https://doi.org/10.1109/SIST58284.2023.10223543>.