

УДК 621.326

Штокало А. – ст. гр. СП-42

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

## **РОЗРОБКА СИМУЛЯЦІЙНОЇ МОДЕЛІ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА**

Науковий керівник: канд. фіз.-мат. наук Цебрій О.Р.

Shtokalo A.

*Ternopil Ivan Puluj National Technical University*

### **DEVELOPMENT OF A SIMULATION MODEL OF THE URBAN ENVIRONMENT**

Supervisor: Candidate of Physical and Mathematical Sciences, O.R. Tsebriy

Ключові слова: симуляція, міське середовище, агентне моделювання, генеративні агенти, штучний інтелект.

Keywords: simulation, urban environment, agent-based modeling, generative agents, artificial intelligence.

Моделювання поведінки мешканців міста є важливою складовою сучасних досліджень у галузі міського планування та управління транспортними системами. Традиційні агентні моделі зазвичай спираються на жорстко задані правила та обмежені правилами поведінки агенти, що призводить до нереалістичних результатів. Останніми роками великі мовні моделі (LLM) дозволили створювати генеративних агентів – симульованих мешканців із власними потребами, звичками та цілями. Як відзначають Bougie і Watanabe [1], завдяки LLM-агентам можна отримати гнучкішу організацію добового розкладу людини, що краще відображає вплив соціальних та ситуативних чинників. У результаті виникла необхідність у нових платформах для великомасштабної симуляції міських процесів.

У рамках цих досліджень запропоновано декілька підходів до побудови міських симуляцій. Так, Ye і співавт. створили платформу, яка використовує плиткову карту міста з різноманітними будівлями та видами транспорту [2]. Для формування портретів агентів було проведено опитування різних груп населення, що дозволило врахувати демографічні переваги у виборі транспорту та режимах руху. Щоб забезпечити ефективність, автори обмежують вибір дій агентів попередньо згенерованим простором можливих дій і використовують локальні моделі пам'яті для швидкого оновлення внутрішніх станів. Аналогічно, Bougie та Watanabe у фреймворку CitySim запропонували ієрархічне планування щоденних завдань агента, яке балансує обов'язкові справи, особисті звички та зовнішні обставини. Агентам в CitySim також задаються довгострокові цілі, переконання і просторові карти для навігації, що забезпечує складнішу мотиваційну модель і можливість моделювати соціальні взаємодії. Отже, обидва підходи поєднують агентний підхід із ШІ-модулями, дозволяючи відтворювати реалістичні патерни поведінки людей у місті.

Експериментальна оцінка таких симуляцій підтверджує їхню ефективність та реалістичність. У MobileCity було змодельовано понад 4000 агентів, і порівняння з контрольними базовими моделями показало значне покращення якості імітації руху міського населення. Наприклад, MobileCity правильно відображає вибір транспортних засобів та розподіл натовпів по зоні міста, прогножуючи патерни руху й демографічні

тенденції. CitySim націлений на ще більший масштаб: автори моделюють десятки тисяч агентів та порівнюють їх колективну поведінку із реальними даними, оцінюючи щільність скупчень людей, популярність локацій та показники «благополуччя» населення. Обидві системи продемонстрували можливість автоматизованого аналізу міських феноменів: отримані результати можуть використовуватись для оптимізації інфраструктури та планування міського розвитку.

Таким чином, розробка симуляційних моделей міського середовища на основі генеративних агентів є перспективним напрямом досліджень. Поєднання агентного моделювання з сучасними алгоритмами штучного інтелекту дозволяє врахувати психологічні та соціальні фактори, які впливають на поведінку мешканців, та створювати цифрові копії міста із високою ступенем реалізму. Подальші дослідження можуть інтегрувати різноманітні транспортні мережі, екологічні змінні та соціальні зв'язки, що забезпечить ще глибший аналіз та прогноз міських процесів. Отже, такі симулятори стають цінним інструментом для підтримки прийняття рішень в урбаністичних дослідженнях і плануванні міста майбутнього.

Література:

1. Bougie, N., Watanabe, N. CitySim: Modeling Urban Behaviors and City Dynamics with Large-Scale LLM-Driven Agent Simulation. — EMNLP 2025, Industry Track. — 15 p.
2. Ye, X., Bougie, N., Yamasaki, T., Watanabe, N. MobileCity: An Efficient Framework for Large-Scale Urban Behavior Simulation. — EACL 2026, Industry Track. — 17 p.