

Метод размещения точек притяжения с применением машинного обучения при планировании развития городских территорий

Мордовская А.А. (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

Научный руководитель – эксперт Института дизайна и урбанистики

Кудинов С.А. (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

Введение. Существующие методы анализа данных и моделирования городских пространств преимущественно ориентированы на урбанизированные территории, характеризующиеся развитой инфраструктурой и высоким уровнем доступности данных [1]. Однако при их применении к слабоурбанизированным зонам возникают методологические и технические сложности, связанные, в частности, с частичным или полным отсутствием исходных данных. Планирование размещения точек притяжения в подобных районах требует разработки специализированных подходов, обладающих высокой степенью гибкости и адаптивности, а также способных эффективно функционировать в условиях ограниченной информационной доступности.

Основная часть. Машинное обучение (МО) является одной из наиболее динамично развивающихся областей, демонстрирующей высокую эффективность в решении задач, связанных с анализом данных. В частности, нейросетевые модели обладают способностью к моделированию и оптимизации процессов даже при ограниченном объёме входных данных [2]. Именно поэтому для реализации метода используется машинное обучение, а конкретно – графовая нейронная сеть.

Разработанный метод применяется к слабоурбанизированным территориям, данные для которых содержатся в мастер-плане или генеральном плане развития территории, включая информацию о количестве жилых зданий, их этажности, общей площади, а также прогнозируемой численности населения, представленной в технико-экономических показателях [3]. Эти документы также содержат сведения об улично-дорожной сети, расположении остановок общественного транспорта и станций метро, а также о предполагаемых к строительству объектов социальной инфраструктуры, включая детские сады и школы, а также, при необходимости, медицинские учреждения и другие объекты, предусмотренные градостроительными регламентами [4]. Всё вышеописанное является частью входных данных первого этапа реализации метода – сбора данных.

Следующий этап – работа с графовой нейронной сетью. Применяется двухчастный код. Первая часть кода выполняет анализ транспортной инфраструктуры (остановки автобусов и трамваев, станции метро) и близлежащих зданий, в которые была собрана информация о аттракторах, предсказываемых точках притяжения, и сервисах-тегах, то есть тех, которые оказывают влияние на размещение аттрактора. Код создаёт граф, представляющий взаимодействие между точками зданий и транспортной инфраструктурой. Точки зданий с аттракторами и тегами подаются на граф в качестве узлов, имеющих атрибуты (координаты, площадь жилая и численность населения). Рёбра соединяют точки, находящиеся в пределах заданного допуска (буфер определённого размера, построенный на этапе подготовки данных для рассматриваемых объектов) или ближайшие, если других поблизости нет. Реализация метода осуществляется поэтапно посредством последовательной генерации аттракторов. Масштабность генерации зависит от поставленных задач:

- Верхнеуровневая генерация – процесс формирования укрупнённых групп аттракторов (например, образовательные учреждения, торговые сервисы, сервисы здоровья и пр.);
- Среднеуровневая генерация – процесс детализированного распределения сервисов, предполагающий выявление специфических взаимосвязей между различными объектами (например, размещение кафе и магазинов).

- Точечная генерация – процесс локального размещения конкретных сервисов (цветочные магазины, музыкальные школы, магазин женской одежды и пр.).

После выбора уровня генерации необходимо обучить нейросетевую модель, которая будет предсказывать аттракторы. Для начала подготавливается тренировочный датасет с подготовленными на первом этапе данными, а также с данными по существующим на территории точкам притяжения. Далее определяется целевой аттрактор – таргет. Строится граф и обучается модель. После этого оцениваются метрики обучения, при недостаточной точности (метрика f1-measure <0.5) происходит перенастройка параметров и повторное обучение. Если параметры превышают пороговые значения, результат выводится в QGIS для оценки попадания точек в заданный допуск. Если доля случайных выбросов менее 30%, модель считается успешно обученной, результат сохраняется. Для следующего этапа генерации выбирается новый таргет, предыдущий целевой аттрактор теперь является сервисом-тегом.

Третьим этапом реализации метода является применение модели к слабоурбанизированным территориям. На начальном этапе генерируются сервисы, расположение которых определяется на основе корреляции с исходными данными. При их размещении учитывается близость объектов социальной инфраструктуры, остановок общественного транспорта и станций метро. Затем на этот базовый слой накладывается следующий, в котором сервисы первой генерации выступают в качестве тегов. Процесс продолжается итеративно, с последовательным наложением дополнительных слоёв генерации, количество которых варьируется в зависимости от требований поставленной задачи.

Выводы. Современные методы анализа и моделирования городских пространств ограничены в применении к слабоурбанизированным территориям из-за нехватки данных, что требует адаптивных подходов. Применение МО позволяет разрабатывать адаптивные модели, способные выявлять скрытые закономерности, формировать прогнозы и оптимизировать процессы планирования, учитывая широкий спектр параметров, включая плотность населения, масштабы застройки и наличие социальной инфраструктуры.

Список использованных источников:

1. Орлова А. А., Задвернюк Л. В. Современные методы и средства анализа городской среды //Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Тихоокеанский государственный университет, 2018. – Т. 1. – С. 338-342.
2. Первое знакомство с полносвязными нейросетями. [Электронный ресурс]. URL: <https://education.yandex.ru/handbook/ml/article/pervoe-znakomstvo-s-polnosvyaznymi-nejrosetyami> (Дата обращения: 05.12.2024)
3. Механизмы разработки и внедрения мастер-плана. [Электронный ресурс]. URL: https://itpgrad.ru/upload/iblock/3f5/xewoql3qo18vzox8y6fn1ug99s19oi63/Natsionalnyy-standart-master_planov_Kniga3.pdf (Дата обращения: 13.12.2024)
4. Градостроительная деятельность и архитектура. [Электронный ресурс]. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/trades/gradostroitel'naya-deyatelnost-i-arhitektura/> (Дата обращения: 13.12.2024)