Градостроительный аспект выстраивания границ территорий: применение QGIS для анализа моделей развития городов (на примере методологии С. Уилера)

Ханнанова Елена Александровна
ассистент кафедры «Архитектура», Уфимский государственный нефтяной технический университет, syfa@yandex.ru,

Гумеров Анвар Рустемович
студент кафедры «Архитектура», Уральский государственный архитектурно-художественный университет имени Н.С. Алферова, anvar.gumerav@yandex.ru

Статья посвящена применению геоинформационной системы QGIS в архитектурно-градостроительном анализе территорий. Актуальность связана с возрастающей ролью пространственных данных в территориальном планировании и обосновании проектных решений. Цель — определение возможностей QGIS как комплексной среды для сбора, анализа, визуализации и автоматизированного оформления пространственных данных. Методическая база включает пространственный анализ, тематическую классификацию, буферное моделирование и автоматизацию обработки и выпуска карт через инструмент «Атлас». В результате сформирована последовательная методика анализа городской территории на основе открытых геоданных. Практическая значимость — возможность использования предложенного подхода в архитектурных исследованиях, выпускных квалификационных работах и градостроительных обоснованиях.
Ключевые слова: QGIS, геоинформационные системы, градостроительный анализ, пространственные данные, OpenStreetMap, базы данных, стили слоёв, Атлас, картографическая автоматизация, архитектурное проектирование.

Введение

Современное градостроительное проектирование невозможно без осмысления эволюции городских структур. На протяжении XX–XXI веков сформировались различные модели развития городов — от «компактного» и «линейного» до полицентрических и устойчивых экопоселений. Каждая из них предлагает собственные подходы к зонированию, плотности застройки и определению границ территорий. В этом контексте особый интерес представляет методология С. Уилера, акцентирующая динамический характер городских границ и их зависимость от социально-экономических, экологических и транспортных факторов. Однако практическая реализация данных теоретических построений требует инструментальной поддержки, позволяющей точно и воспроизводимо выделять границы на основе пространственных данных.

Для решения задач делимитации границ необходимы геоинформационные системы, поскольку традиционные методы картографирования не обеспечивают требуемой точности и масштабируемости. Наиболее доступным и функциональным инструментом является QGIS — свободно распространяемая платформа с открытым кодом. Её возможности по работе с векторными и растровыми слоями, пространственными запросами, вычислению площадей и буферных зон делают QGIS незаменимым средством для научного обоснования градостроительных решений. В сочетании с методами пространственного анализа QGIS позволяет объективизировать процесс установления границ с учётом множества параметров — от транспортной доступности до экологических ограничений.

В методологии С. Уилера (Wheeler, 2015) ключевым понятием является «построенный ландшафт» (built landscape) — территория масштабом не менее 1 км², обладающая устойчивым рисунком улиц, кварталов, застройки и соотношением природных и антропогенных элементов. Уилер выделяет пять формообразующих элементов: рисунок улиц и кварталов, структуру землевладения, форму и масштаб зданий, дизайн улиц и парковок, а также интеграцию зелёных и серых компонентов. Эти параметры определяют транспортное поведение и экологический след территории, что напрямую влияет на делимитацию границ — выделение зон с однородными характеристиками. Границы территорий в подходе Уилера — это не только административные линии, но и результат пространственного анализа типов застройки и связности улиц.

Таким образом, градостроительный аспект исследования заключается в разработке методики операционализации теоретических моделей через геоинформационные инструменты. Актуальность статьи определяется синтезом градостроительной теории и инструментальной геоинформатики для повышения точности и воспроизводимости анализа территориальных границ.

Цель статьи: рассмотреть применение QGIS как инструмента градостроительного анализа и подготовки картографических материалов для реализации моделей развития городов (включая методологию С. Уилера) при обосновании границ территорий.

Задачи исследования:

- Охарактеризовать теоретические основы исследования — модели развития городов XX–XXI веков и методологию С. Уилера, обосновать необходимость применения ГИС в градостроительном анализе;
- Раскрыть методический аппарат работы с QGIS: описать источники пространственных данных, организацию проекта, работу со слоями, атрибутивными таблицами и базами данных, а также настройку стилей для научной визуализации;
- Представить инструментарий пространственного анализа в QGIS (буферные зоны, пространственные выборки, операции пересечения) и возможности автоматизации обработки данных через Processing Toolbox и инструмент «Атлас»;
- Сформулировать практические результаты применения методики, её ограничения и перспективы использования в градостроительных исследованиях.

Методы

Теоретическая основа. Исследование базируется на типологии построенных ландшафтов С. Уилера (Wheeler, 2015), выделяющей 27 типов территорий масштабом не менее 1 км² на основе пяти формообразующих элементов: рисунка улиц и кварталов, структуры землевладения, формы и масштаба зданий, дизайна улиц и парковок, интеграции зелёных и серых компонентов. Для операционализации типологии в среде QGIS определены измеримые параметры: связность улиц (количество пересечений на 1 км²), средняя площадь квартала, плотность застройки (зданий на га), доля смешанного землепользования и индекс озеленения. Это позволяет количественно классифицировать территории и обоснованно выделять их границы.

Инструментальная среда и данные. Исследование выполнено в QGIS — геоинформационной платформе с открытым кодом, выполняющей информационную (сбор и систематизация данных), аналитическую

(пространственные запросы, буферный анализ), графическую (оформление карт), организационную (хранение слоёв и стилей) и автоматизационную (пакетная обработка, серийный выпуск карт) функции. Основу данных составили OpenStreetMap (теги *building, amenity, leisure, tourism, highway, landuse, place, office, historic, industrial, residential, barrier*), спутниковые подложки, кадастровые материалы и пользовательские слои. Выполнена предварительная очистка: фильтрация, проверка топологии, обрезка по границе исследования, объединение слоёв, удаление дубликатов и уточнение классификации.

Организация проекта и работа с атрибутами. Структура проекта построена по смысловым блокам: базовые подложки, границы, транспортная и пешеходная сети, здания, инфраструктура, озеленение, функциональные зоны, ограничения, аналитические и оформительские слои. Для слоёв применена единая система именования (*buildings_residential, roads_main, buffer_500m*). Атрибутивные таблицы содержат сведения о типе, площади, длине, функции и удалённости объектов. Созданы расчётные поля: площадь полигонов, протяжённость линейных объектов, плотность объектов, доля функциональных зон. Данные хранятся в GeoPackage; для сложных задач — PostgreSQL/PostGIS.

Визуализация. Применены категориальный (классификация по типу), градуированный (количественные показатели) и rule-based стили, масштабозависимое отображение и подписи на основе выражений QGIS, обеспечивающие единый научно-графический стиль (см. рис.1).

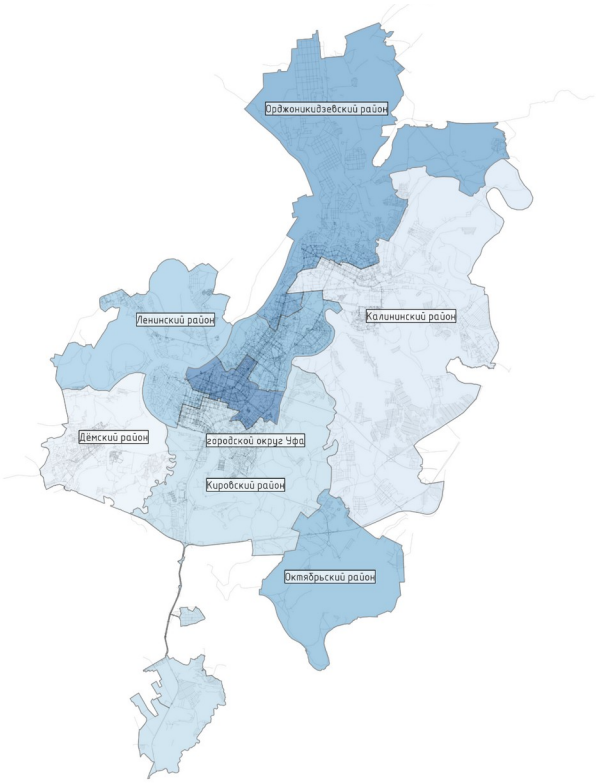


Рисунок 1 Пример использования фильтрации по административным границам

Пространственный анализ. Выполнено построение буферных зон (радиусы 300, 500, 800 и 1000 м) для оценки доступности, а также операции пересечения, объединения, обрезки и пространственного выбора. Для каждого участка рассчитаны показатели связности улиц, плотности застройки, доли смешанного использования и индекса озеленения для идентификации территории по типологии Уилера (см. рис. 2).

Для анализа городской среды применялись следующие виды операций, представленные в таблице 1.

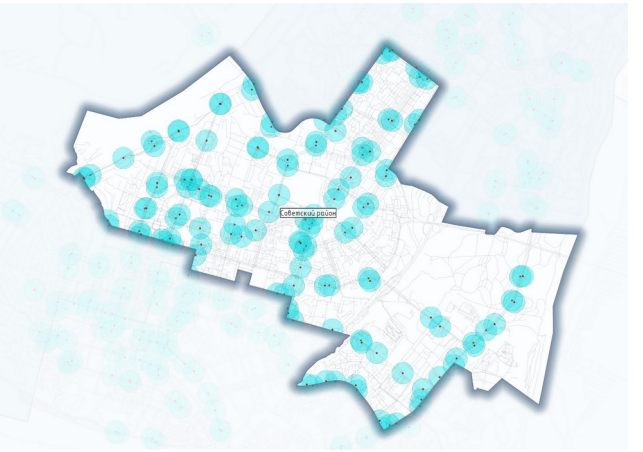


Рисунок 2 Пример использования фильтрации внутри выбранной административной границы и установкой радиуса в 500 м от остановок общественного транспорта

Таблица 1

Направление анализа	Инструменты QGIS	Результат
Анализ доступности	буферы, пространственный выбор, расчет расстояний	зоны пешеходной и транспортной доступности
Анализ инфраструктуры	фильтрация OSM-тегов, подсчет объектов, классификация	карта объектов обслуживания
Анализ озеленения	выделение leisure, landuse, пользовательских полигонов	схема зелёных территорий
Анализ застройки	слои зданий, расчет площади, типологическая классификация	карта структуры застройки
Анализ транспорта	классификация highway, расчет протяженности	схема транспортного каркаса
Анализ ограничений	пересечение, обрезка, зоны влияния	карта градостроительных ограничений

Автоматизация. В основе лежит комплексный конвейер обработки пространственных данных, реализованный через инструментарий Processing Toolbox. Данный конвейер включает последовательное выполнение следующих операций: пакетная обрезка исходных векторных слоёв по заданным маскам, построение буферных зон вокруг точечных и линейных объектов, процедура пространственного пересечения (overlay) с целью выделения областей взаимного наложения, объединение атрибутивных таблиц по ключевым полям, вычисление центроидов полигональных объектов для последующей локализации, автоматический подсчёт количества объектов в выделенных кластерах, а также расчёт основных статистических показателей (среднее, медиана, дисперсия, квартили) для атрибутов, привязанных к пространственным единицам.

Для серийного выпуска тематических карт задействован модуль «Атлас», который позволяет формировать отдельные листы для каждого объекта слоя покрытия (например, для категорий, перечисленных на иллюстрации: промышленные, коммерческие, строительные, травяные покрытия, кладбища, гаражи, образовательные учреждения и жилые зоны). Такая схема работы особенно эффективна при необходимости подготовки однотипных картографических материалов для разнородных земельных категорий, поскольку она существенно сокращает временные затраты на постобработку и компоновку (см. рис. 3).

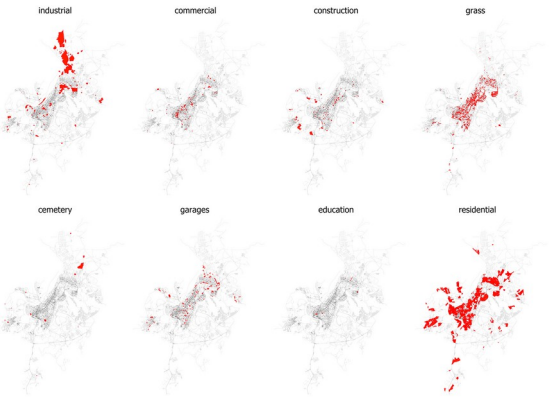


Рисунок 3. Пример использования инструмента «Атлас» с перебором данных из слоя «Landuse» - Землепользование

Апробация. Методика апробирована на городской территории. Выполнены группы карт: ситуационная схема, транспортная структура, пешеходная доступность, инфраструктура, озеленение, функциональное использование, плотность объектов, градостроительные ограничения, итоговая аналитическая карта. Получены количественные показатели: количество объектов в радиусе анализа, площадь озеленения, протяжённость дорог, соотношение функциональных зон, плотность инфраструктуры. Оперативное обновление карт при изменении данных подтверждает эффективность подхода.

Результаты

В результате применения разработанной методики в среде QGIS выполнена идентификация и картографирование типов построенных ландшафтов на территории города Уфы. Всего на исследуемой территории идентифицировано 26 из 27 типов построенных ландшафтов, выделенных в типологии С. Уилера (Wheeler, 2015). Отсутствующим типом является «трейлерные парки» (trailer parks), что объясняется их преимущественным распространением в Северной Америке и отсутствием аналогичных форм в структуре российских городов.

Обсуждение

QGIS обладает значительным потенциалом для применения в архитектурной и градостроительной практике благодаря открытости, гибкости, поддержке различных форматов данных и развитой системе автоматизации. Однако использование QGIS требует внимательного отношения к качеству исходных данных: OpenStreetMap может быть неоднородным по полноте и точности, поэтому результаты должны сопровождаться проверкой и сопоставлением с дополнительными источниками. Другим ограничением является необходимость предварительной настройки структуры проекта. QGIS также ценен как инструмент, обеспечивающий воспроизводимость исследования: при сохранении исходных данных, алгоритмов и стилей другой исследователь может повторить анализ или применить методику к иной территории.

Пространственное распределение выявленных типов ландшафтов на территории Уфы представлено на рисунке 4. Карта демонстрирует мозаичную структуру городской территории, где историческое ядро с «городской сеткой» окружено «вырождающимися сетками» и «петлями» спальных районов, а на периферии преобладает «сельский расползь» и «аллотментные сады». Такая конфигурация соответствует глобальным трендам, описанным Уилером, и подтверждает универсальность его типологии для анализа постсоветских городов.

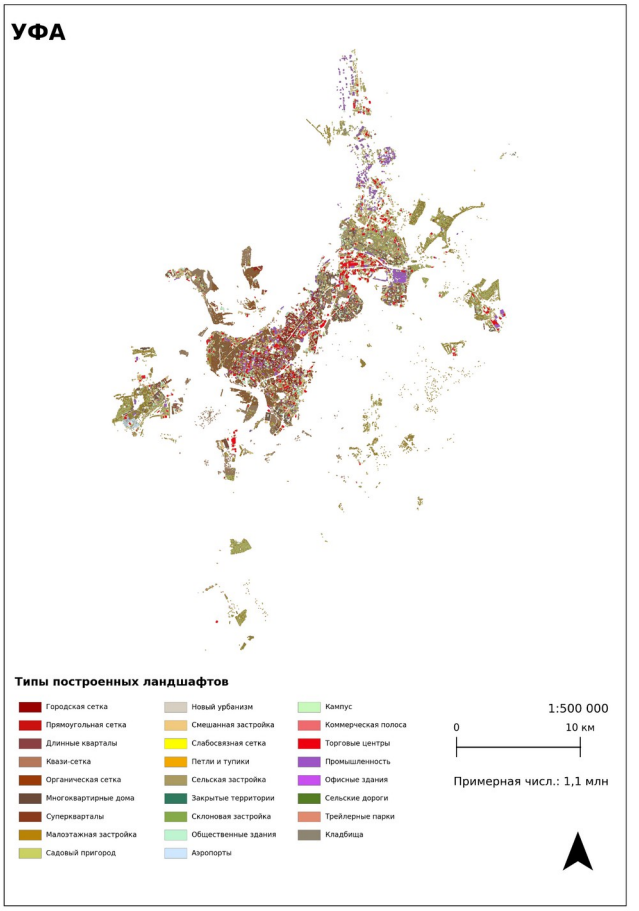


Рисунок 4 Карта-схема типов построенных ландшафтов на территории города Уфы

Заключение

QGIS является эффективным инструментом архитектурно-градостроительного анализа, позволяющим объединить сбор, обработку, визуализацию и автоматизированный выпуск картографических материалов. В ходе исследования установлено, что наибольшую практическую значимость имеют работа с открытыми геоданными (OpenStreetMap, спутниковые подложки), настройка атрибутивных таблиц, использование пространственных баз данных (GeoPackage, PostgreSQL/PostGIS), инструменты пространственного анализа (буферы, пересечения, пространственные выборки), пакетная обработка через Processing Toolbox и автоматизация выпуска карт через «Атлас». Предложенная методика обеспечивает повышение скорости подготовки материалов, снижение ручных операций, повторное использование стилей и шаблонов, повышение точности расчётов и воспроизводимости исследований. Интеграция типологии С. Уилера с возможностями QGIS позволяет перейти от качественного описания городских форм к количественному анализу, что особенно востребовано при обосновании границ территорий. Перспективы дальнейших исследований связаны с расширением автоматизации через Python-скрипты, интеграцией с PostgreSQL/PostGIS, использованием данных дистанционного зондирования и применением QGIS в комплексном цифровом проектировании.

Литература

1. Boeing G. OSMnx: New Methods for Acquiring, Constructing, Analyzing, and Visualizing Complex Street Networks. 2017.
2. Boeing G. Modeling and Analyzing Urban Networks and Amenities with OSMnx. Geographical Analysis. 2025.
3. Goodchild M. F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography // GeoJournal. 2007. Vol. 69. No. 4. P. 211–221.
4. Goodchild M. F. Citizens as sensors: Web 2.0 and the volunteering of geographic information // GeoFocus. 2007. No. 7. P. 8–10.
5. Longley P. A., Goodchild M. F., Maguire D. J., Rhind D. W. Geographic Information Science and Systems. 4th ed. Wiley, 2015.
6. Neteler M., Mitasova H. Open Source GIS: A GRASS GIS Approach. Springer, 2008.
7. OpenStreetMap Foundation. OpenStreetMap Project Documentation.
8. Open Geospatial Consortium. GeoPackage Encoding Standard.
9. OpenStreetMap Wiki. Key: amenity.
10. OpenStreetMap Wiki. Map Features.
11. PostGIS Project. PostGIS Documentation.
12. QGIS Project. DB Manager Plugin. Official Documentation.
13. QGIS Project. Expressions. Official Documentation.
14. QGIS Project. Layout Manager and Reports. Official Documentation.
15. QGIS Project. Print Layout and Atlas Tool. Official Documentation.
16. QGIS Project. Processing Toolbox and Batch Processing Interface. Official Documentation.
17. QGIS Project. Style Manager. Official Documentation.
18. QGIS Project. The Vector Properties Dialog. Official Documentation.
19. QGIS Project. QGIS Desktop User Guide / Manual. Official Documentation.
20. QGIS Project. QGIS Training Manual. Official Documentation.
21. Wheeler S.M. Built Landscapes of Metropolitan Regions: An International Typology // Journal of the American Planning Association. 2015. Vol. 81, No. 3. P. 167–190.
22. Расулева Ю.В., Ханнанова Е.А., Овечкина Е.К. Построенные ландшафты столичных регионов: международная типология по С. Уиллеру // StudNet. - 2020.- No 5.- С. 108-113.

The Urban Planning Aspect of Defining Territorial Boundaries: Using QGIS to Analyze Urban Development Models (Based on S. Wheeler's Methodology)

Khannanova E.A., Gumerov A.R.

Ufa State Petroleum Technological University; N.S. Alferov Ural State University of Architecture and Art

JEL classification: L61, L74, R53

This article focuses on the application of the QGIS geographic information system in the architectural and urban planning analysis of territories. The study is relevant due to the growing role of spatial data in territorial planning and the substantiation of design decisions. The objective is to determine the capabilities of QGIS as an integrated environment for the collection, analysis, visualization, and automated production of spatial data. The methodological framework encompasses spatial analysis, thematic classification, buffer modeling, and the automation of map processing and output using the "Atlas" tool. As a result, a systematic methodology for analyzing urban areas based on open geodata has been developed. The practical significance lies in the potential to apply this approach to architectural research, final qualification projects, and urban planning justifications.

Keywords: QGIS, geographic information systems, urban planning analysis, spatial data, OpenStreetMap, databases, layer styles, Atlas, cartographic automation, architectural design.

References

1. Boeing G. OSMnx: New Methods for Acquiring, Constructing, Analyzing, and Visualizing Complex Street Networks. 2017.
2. Boeing G. Modeling and Analyzing Urban Networks and Amenities with OSMnx. Geographical Analysis. 2025.
3. Goodchild M. F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography // GeoJournal. 2007. Vol. 69.No. 4. P. 211–221.
4. Goodchild M. F. Citizens as sensors: Web 2.0 and the volunteering of geographic information // GeoFocus. 2007. No. 7. P. 8–10.
5. Longley P. A., Goodchild M. F., Maguire D. J., Rhind D. W. Geographic Information Science and Systems. 4th ed. Wiley, 2015.