



Применение геоинформационных систем и данных дистанционного зондирования Земли для оценки обеспеченности города Ханоя зелеными насаждениями

Нгуен Динь Куан¹✉

АФФИЛИАЦИИ

¹ Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия
✉ nguyendinhquan7788266@gmail.com

ЦИТИРОВАНИЕ

Нгуен Динь Куан. Применение геоинформационных систем и данных дистанционного зондирования Земли для оценки обеспеченности города Ханоя зелеными насаждениями // Пространственные данные: наука и технологии. 2025. Т. 16, № 4. С. 23–42. DOI:10.30533/scidata-2025-16-16.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

геоинформационная система, дистанционное зондирование Земли, зеленые насаждения, городская экология, Ханой, пространственный анализ, нормативы озеленения, устойчивое развитие

АННОТАЦИЯ

В статье предложена и апробирована методика пространственного анализа обеспеченности населения Ханоя (Вьетнам) городскими зелеными насаждениями, основанная на использовании геоинформационных систем (ГИС) и данных дистанционного зондирования Земли. Выполнены сбор и обработка векторных данных об административных границах и существующих зеленых зонах города, а также интеграция статистической информации о численности населения по районам. С помощью ГИС рассчитаны площади общественных

зеленых насаждений и проведено сопоставление с нормативным значением 7 м² зеленых насаждений на человека. Карты классификации районов по уровням обеспеченности выявили серьезный дефицит озеленения в центральных районах (менее 5 м²/чел), тогда как пригородные территории соответствуют нормативу или превышают его. На основе анализа космических снимков Yandex Satellite определены потенциальные площадки для новых парков и скверов. Разработаны территориально обоснованные рекомендации по увеличению зеленых насаждений (приоритетное создание малых городских парков в недооцененных районах, реорганизация существующих зеленых пространств и планирование новых посадок с учетом плотности населения). Полученные результаты могут служить основой для стратегий устойчивого развития городской среды Ханоя и других быстро урбанизирующихся мегаполисов.

1 Введение

Городские зеленые насаждения (ГЗН) выступают неотъемлемым элементом экологически благоприятной и устойчивой городской среды, обеспечивая широкий спектр экосистемных услуг и значительно улучшая благополучие населения¹. Их значение выходит за рамки эстетической функции, охватывая критически важные экологические, медицинские и социальные аспекты. С экологической точки зрения ГЗН играют ключевую роль в поглощении углекислого газа из атмосферы, способствуя снижению уровня парниковых газов и улучшению качества воздуха. Зеленые насаждения уменьшают шумовое загрязнение и ослабляют эффект теплового острова в плотно застроенных мегаполисах, где асфальт и бетон накапливают тепло, способствуя повышению температуры воздуха [1, 2]. Кроме того, зеленые зоны служат сохранению биоразнообразия, предоставляя среду обитания для многих видов растений и животных, что важно для поддержания экологического баланса в городской экосистеме².

Ханой, столица Вьетнама, представляет собой ключевой административно-экономический центр страны, характеризующийся очень высокой плотностью населения и стремительной урбанизацией. Этот процесс приводит к концентрации промышленных зон и интенсивному развитию городской застройки. Следствием такого быстрого роста является неизбежное сокращение зеленых территорий. Значительный дефицит озеленения требуется восполнять для поддержания качества городской среды и устойчивого развития. Городские власти

1 Social Benefits of Green Infrastructure // United States Environmental Protection Agency. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.epa.gov/green-infrastructure/social-benefits-green-infrastructure> (дата обращения: 16.06.2025).

2 Why are Green Spaces Good for Us? // Department of the Environment, Tourism, Science and Innovation (Queensland). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.detsi.qld.gov.au/our-department/news-media/down-to-earth/why-are-green-spaces-good-for-us> (дата обращения: 16.06.2025).

Ханоя признают важность парков и зеленых насаждений для улучшения качества городской жизни. Город стремится увеличить общую площадь зеленых насаждений, что подтверждается такими инициативами, как проект «Один миллион деревьев», начатый в 2016 году с целью посадки миллиона деревьев к 2020 году³. Таким образом, данное исследование напрямую поддерживает стратегические цели по превращению Ханоя в «зеленый, умный и современный» город.

Традиционные подходы к городскому планированию и оценке зеленых насаждений часто сталкиваются с ограничениями, не позволяющими эффективно справляться с динамикой и масштабами быстрорастущих городов. Эти методы могут приводить к неточностям в оценке и принятию неоптимальных решений, поскольку не всегда учитывают сложную пространственную структуру и быстрые изменения городской среды.

В последние десятилетия географические информационные системы (ГИС) и данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) стали преобладающими и наиболее важными инструментами в исследовании ГЗН и управлении ими, позволяя проводить комплексный пространственный анализ, создавать точные карты существующих зеленых насаждений, выявлять и анализировать их пространственное распределение, а также идентифицировать районы, испытывающие дефицит озеленения [3]. Преимущества применения ГИС и ДЗЗ включают свободный доступ к спутниковым данным, таким как Sentinel-2, что значительно облегчает проведение анализа, особенно для развивающихся стран, где доступ к дорогостоящим проприетарным данным и программному обеспечению может быть ограничен [3]. ГИС позволяет проводить многомасштабный пространственный анализ [4–6], что помогает выявить эффективность зеленой инфраструктуры в различных условиях. Использование этих технологий повышает достоверность и научность планирования и создания зеленых насаждений, оптимизируя жилую среду [7]. Доступность открытых данных и программного обеспечения, таких как QGIS, благоприятствует инклюзивности и позволяет большему числу городов, особенно в быстро урбанизирующихся регионах с ограниченными бюджетами, применять передовые методы пространственного анализа для принятия обоснованных решений в области зеленой инфраструктуры. Это способствует более справедливому и устойчивому развитию, делая сложные геопропространственные исследования доступными для широкого круга специалистов.

Основная цель исследования — разработка и применение картографического метода оценки обеспеченности населения зелеными насаждениями в крупных городах с использованием ГИС-технологий и данных ДЗЗ.

3 VnExpress. 2021, April 6. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://e.vnexpress.net/news/news/hanoi-preens-itself-over-tree-planting-success-4259012.html> (дата обращения: 20.06.2025).

Для достижения поставленной цели были сформулированы **следующие задачи:**

- 1) сбор исходных данных о зеленых насаждениях города Ханоя;
- 2) проведение пространственного анализа собранных данных;
- 3) создание картографической визуализации результатов анализа.

2 Материалы и методы

2.1 Исходные данные

В настоящем исследовании был сформирован входной набор данных, состоящий из трех основных групп: векторных слоев, материалов ДЗЗ и статистической информации (**табл. 1**). К векторным слоям относятся границы административных районов Ханоя, полученные из открытого репозитория QGIS и выгруженные из OpenStreetMap с помощью плагина QuickOSM, а также границы существующих зеленых зон, собранные из того же источника. С целью визуального анализа и выявления потенциальных площадок для создания новых зеленых насаждений использовались бесплатные спутниковые снимки Yandex Satellite. Наконец, были собраны данные о численности населения по районам. Эти данные затем были связаны с указанными пространственными слоями для дальнейшего анализа.

Таблица 1 Исходные данные для исследования

Table 1 Source data for the research

Тип данных	Описание	Источник	Назначение в исследовании
Векторный слой	Границы административного деления округов г. Ханоя	Репозиторий QGIS (OpenStreetMap через QuickOSM, admin_level=6)	Пространственная основа для анализа по районам, расчет плотности населения
Векторный слой	Границы существующих зеленых зон в округах г. Ханоя	Репозиторий QGIS	Определение реальной площади зеленых насаждений
Материалы ДЗЗ	Общедоступные аэрокосмические снимки г. Ханоя	Спутниковые снимки Yandex Satellite	Визуальный анализ, идентификация и оцифровка потенциальных участков для озеленения
Статистические данные	Количество жителей по округам г. Ханоя	Статистический ежегодник г. Ханоя	Расчет обеспеченности зелеными насаждениями на душу населения

2.2 Нормативно-правовая база

Оценка обеспеченности зелеными насаждениями проводилась в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами Вьетнама, применимыми к Ханюю как относящемуся к категории «особый город». Эти стандарты устанавливают четкие критерии для определения и расчета площади зеленых насаждений:

- учитываемые территории — в расчет принимаются только общественные зеленые зоны, такие как парки, скверы и уличное озеленение (территории при учреждениях, школах и промышленных зонах не учитываются, поскольку не являются общедоступными для широких слоев населения);
- обязательный показатель — не менее 7 м² общественного озеленения на человека (этот норматив служит ключевым критерием для оценки адекватности существующей зеленой инфраструктуры);
- учет водных поверхностей — водные поверхности, расположенные в пределах парка, могут быть включены в расчет общей площади, однако их доля не должна превышать 50 % от общей площади парка (площадь, превышающая этот лимит, не считается зеленой зоной, что предотвращает искусственное завышение показателей озеленения за счет водных объектов).

Указанные выше показатели и определения опираются на следующие официальные решения и нормативные документы: Решение Министерства строительства Вьетнама № 04/2008/QĐ-BXD от 3 апреля 2008 года «О введении в действие Национального технического регламента по градостроительному планированию»⁴, Национальный стандарт TCVN 9257:2012 «Планирование общественных зеленых насаждений в городах. Нормы проектирования»⁵, а также циркуляр № 01/2021/TT-BXD от 19 мая 2021 года, которым утвержден QCVN 01:2021/BXD «Национальный технический регламент по градостроительному планированию»⁶. Четкое определение нормативов и источников их происхождения позволяет проводить оценку в соответствии с местными законодательными и градостроительными требованиями, что критически важно для применимости результатов и их использования в реальном планировании.

4. Về việc ban hành “Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về quy hoạch xây dựng”. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Xay-dung-Do-thi/Quy-đinh-04-2008-QĐ-BXD-quy-chuan-ky-thuat-quoc-gia-ve-quy-hoach-xay-dung-64619.aspx> (дата обращения: 20.06.2025).

5. TCVN 9257:2012. Quy hoạch cây xanh sử dụng công cộng trong các đô thị – tiêu chuẩn thiết kế. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cdn.ahit.vn/tanbinhres/wp-content/uploads/2020/08/27225132/TCVN-9257-2012.pdf> (дата обращения: 20.06.2025).

6. Thông tư số 01/2021/TT-BXD về việc ban hành QCVN 01:2021/BXD – Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về quy hoạch xây dựng. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/EN/Xay-dung-Do-thi/Circular-01-2021-TT-BXD-QCVN-01-2021-BXD-National-Technical-Regulation-Construction-planning/488637/tieng-anh.aspx> (дата обращения: 20.06.2025).

2.3 Методика геоинформационного анализа

Методика исследования основана на комплексном геоинформационном анализе обеспеченности населения зелеными насаждениями и включает следующие последовательные этапы: сбор исходных данных, их обработку и фильтрацию, пространственный анализ с использованием инструментов ГИС и картографическую визуализацию полученных результатов.

2.3.1 СБОР И ПОДГОТОВКА ДАННЫХ

На данном этапе осуществлялась загрузка векторных слоев административных границ округов Ханоя и существующих зеленых зон. Для этого использовался плагин QuickOSM в QGIS, который позволяет эффективно получать данные из OpenStreetMap.

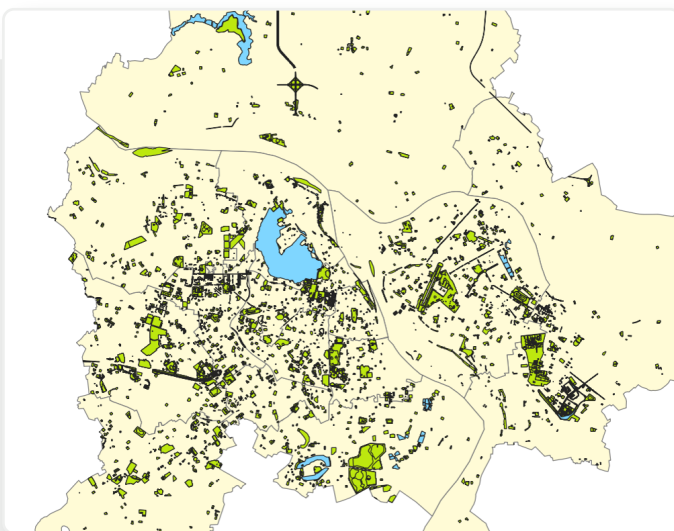
Статистические данные о численности населения по округам были собраны и интегрированы с соответствующими пространственными слоями, что позволило связать демографические показатели с географическими территориями.

Подготовка общедоступных аэрокосмических снимков Ханоя была выполнена с целью последующего визуального анализа и идентификации потенциальных участков для новых зеленых насаждений.

2.3.2 ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ

Рис. 1 Зеленые зоны на территории районов Ханоя

Fig. 1 Green spaces within the districts of Hanoi



На данном этапе была определена площадь общественных зеленых зон в каждом районе. При этом строго учитывались критерии, определенные нормативно-правовой базой Ханоя: исключались неучитываемые территории (промышленные зоны, территории школ) и применялись ограничения по учету водных объектов (не более 50 % от площади парка). Результаты выделения зеленых зон на территории районов Ханоя представлены на **рис. 1**.

Затем для каждого района рассчитывался ключевой показатель обеспеченности зелеными насаждениями на душу населения. Расчет проводился путем деления суммарной площади общественных зеленых насаждений на численность населения каждого района. Этот подход соответствует установленным в градостроительной практике методикам определения обеспеченности зеленой инфраструктурой⁷.

$$I = \frac{S_{ЗН}}{N},$$

где I — показатель зеленой площади в расчете на одного жителя, $\text{м}^2/\text{чел}$;

$S_{ЗН}$ — суммарная площадь зеленых насаждений в районе, м^2 ;

N — численность населения района, чел.

На основе полученных показателей районы Ханоя были распределены на три группы: не соответствующие стандарту, приближающиеся к стандарту и соответствующие стандарту. Эта классификация позволила выявить пространственные закономерности дефицита озеленения.

Потенциальные зоны для озеленения определялись с использованием аэрокосмических снимков. Этот процесс включал оцифровку свободных участков, пригодных для создания новых парков и скверов. Применение детальной визуальной интерпретации данных ДЗЗ для выявления участков, которые могут быть преобразованы в зеленые зоны, является важным шагом. Этот подход напрямую связывает качественный визуальный анализ с количественной оценкой дефицита, позволяя перейти от диагностики проблемы к предложению конкретных и пространственно обоснованных решений.

2.3.3 КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ

На завершающем этапе была создана серия карт, иллюстрирующих текущую обеспеченность зелеными насаждениями, классификацию районов по этому показателю и предложенные изменения. Данные карты обеспечивают наглядное представление результатов анализа, делая их доступными для широкого круга специалистов и общественности.

⁷ Schmid T., Allemann D., Thompson K. Measure the Benefits of Green Space with Metrics. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://learn.arcgis.com/en/projects/measure-the-benefits-of-green-space-with-metrics> (дата обращения: 16.05.2025).

3 Результаты

Первичный анализ показал, что город Ханой в целом не соответствует установленному стандарту городского озеленения. Средние показатели обеспеченности зелеными насаждениями на душу населения значительно ниже требуемых нормативов в большинстве районов города. Картографическая визуализация текущей обеспеченности зелеными насаждениями в м²/чел для каждого района демонстрирует пространственное распределение дефицита озеленения (**рис. 2**).

На основе проведенного пространственного анализа и расчета обеспеченности зелеными насаждениями на душу населения районы Ханоя были классифицированы на три основные группы по отношению к установленному нормативу в 7 м²/чел (**табл. 2**).

Рис. 2 Текущая обеспеченность населения Ханоя зелеными насаждениями

Fig. 2 Current provision of green spaces for the population of Hanoi

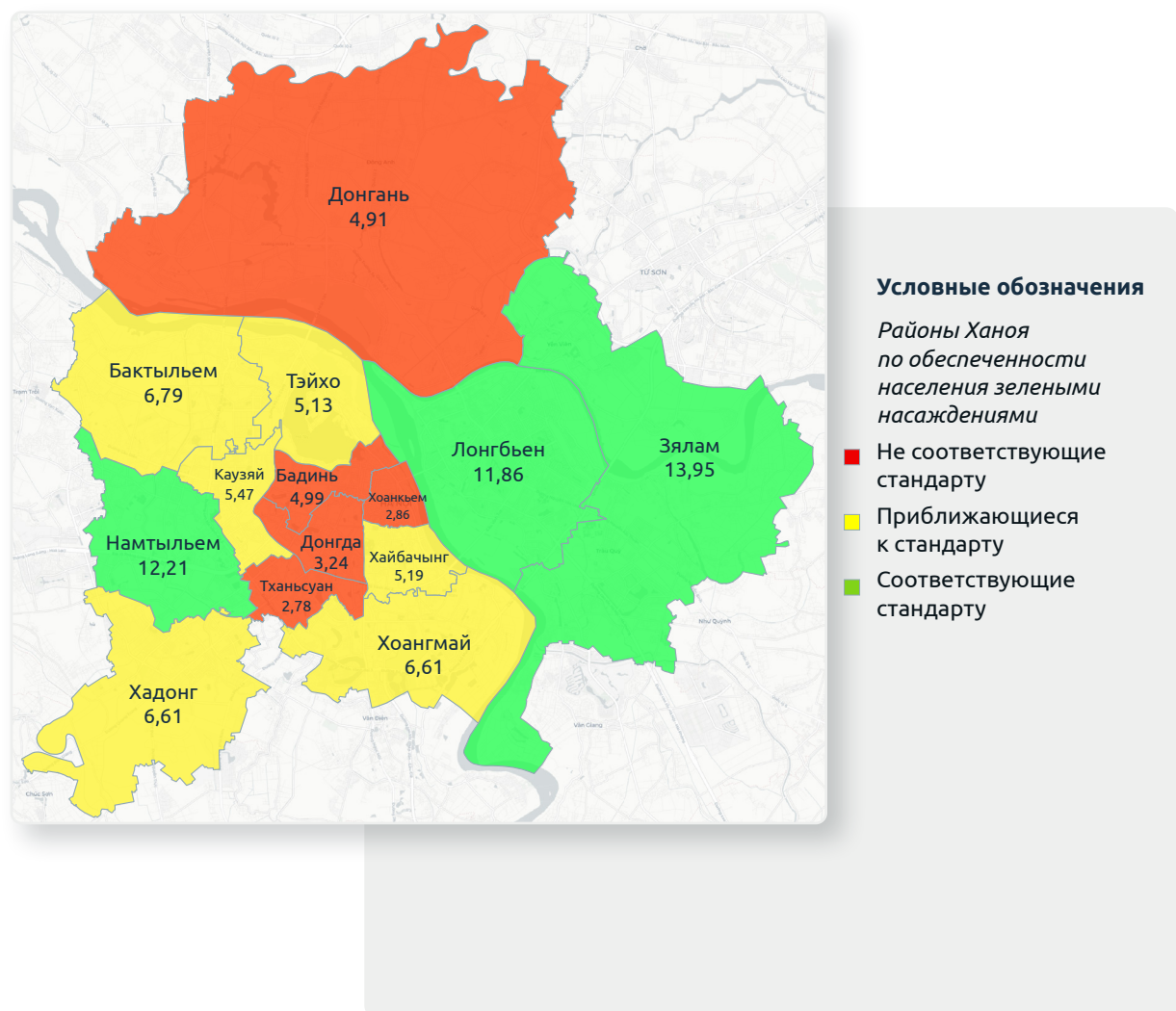


Таблица 2 Классификация районов Ханоя по обеспеченности зелеными насаждениями

Table 2 Classification of Hanoi districts according to green space availability

Группа районов	Критерий обеспеченности зелеными насаждениями, м ² /чел	Районы
Не соответствующие стандарту	< 5	Бадинь, Хоанкьем, Донгда, Тханьсуан, Донгань
Приближающиеся к стандарту	5–7	Хайбачынг, Каузяй, Хадонг, Тэйхо, Бактыльем, Хоангмай
Соответствующие стандарту	≥ 7	Лонгбьен, Намтыльем, Зялам

Полученные результаты четко показывают, что дефицит зеленых насаждений не является равномерным по всему городу. Центральные районы, такие как Бадинь, Хоанкьем и Донгда, демонстрируют наименьшие показатели обеспеченности и находятся в группе, не соответствующей стандарту, в то время как пригородные районы, такие как Лонгбьен, Намтыльем и Зялам, ему соответствуют. Это указывает на прямую корреляцию между плотностью застройки, плотностью населения и обеспеченностью зелеными зонами.

Для улучшения ситуации и достижения нормативов озеленения были разработаны предложения по добавлению новых парков и скверов. Эти потенциальные территории были выявлены и оцифрованы с использованием общедоступных аэрокосмических снимков города Ханоя (**рис. 3**). Детальный визуальный анализ снимков позволил идентифицировать свободные участки земли, которые могут быть преобразованы в общественные зеленые зоны.

Рис. 3 Космический снимок районов Ханоя

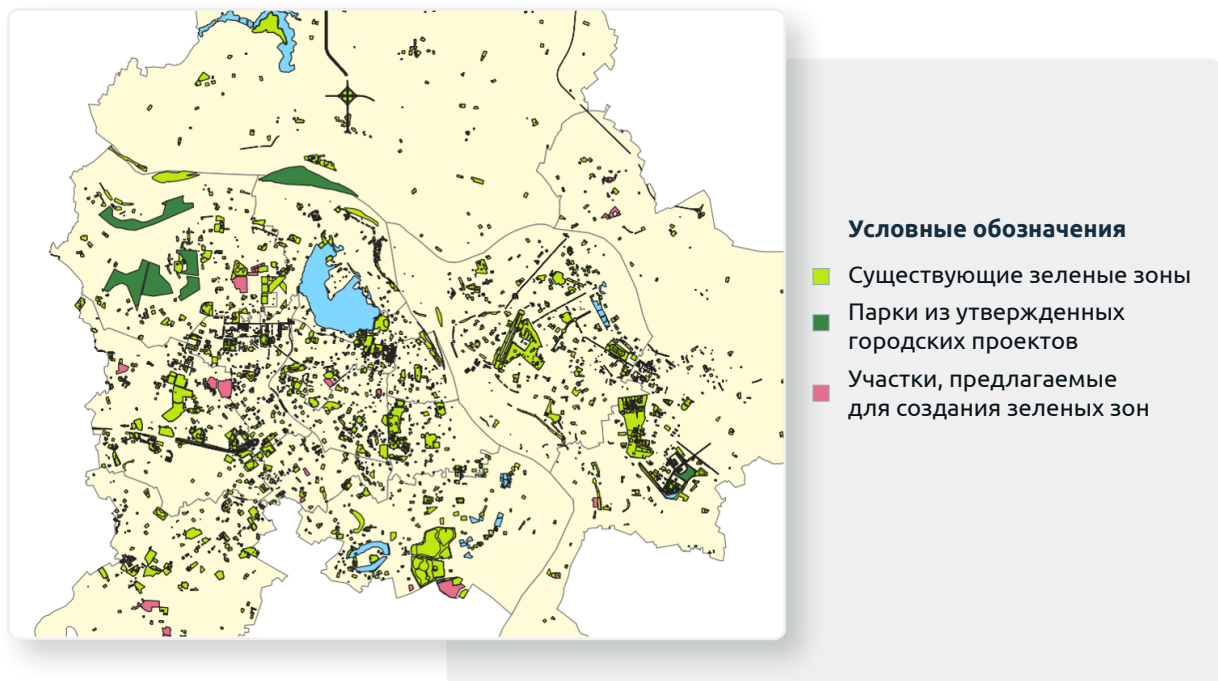
Fig. 3 Satellite image of the districts of Hanoi



Визуализация предложений представлена на карте, где розовыми полигонами обозначены предложенные новые зеленые зоны, а темно-зелеными — парки из уже утвержденных городских проектов (рис. 4). Этот подход демонстрирует, что геоинформационные технологии и данные ДЗЗ могут быть использованы не только для анализа текущего состояния городской среды, но и как мощные инструменты для проактивного планирования и выработки конкретных предложений по развитию зеленой инфраструктуры. Это особенно важно для решения проблемы дефицита зеленых насаждений в условиях ограниченного городского пространства.

Рис. 4 Существующие и предлагаемые зеленые зоны Ханоя

Fig. 4 Current and proposed green areas of Hanoi



Моделирование сценариев с учетом предложенных новых зеленых территорий показало дифференцированное влияние на обеспеченность районов.

В центральных районах города, несмотря на предложенные меры, ситуация остается сложной. Свободных площадок для создания новых крупных парков практически нет, а существующие проекты расширения зеленых зон еще не утверждены. В результате даже с учетом всех потенциальных изменений норматив обеспеченности зелеными насаждениями в этих районах не будет достигнут. Этот вывод указывает на фундаментальное ограничение для достижения нормативов в плотно застроенных городских ядрах. Даже при наличии политической воли физическое пространство становится главным барьером.

В пригородных районах, напротив, ситуация значительно улучшается. Благодаря выделенным по спутниковому снимку участкам для новых парков

и скверов, а также площадям, закрепленным в городских проектах, обеспеченность зелеными насаждениями в этих районах теперь соответствует установленному нормативу. Это подчеркивает потенциал периферийных территорий для развития зеленой инфраструктуры и достижения целевых показателей.

4 Обсуждение

Результаты исследования однозначно подтверждают наличие значительного дефицита озеленения в Ханое, особенно в его центральных районах. Этот вывод полностью согласуется с общей актуальностью данной проблемы, связанной с урбанизацией и сокращением зеленых территорий в быстрорастущих городах, таких как Ханой. Выявленная пространственная неравномерность обеспеченности зелеными насаждениями (центральные районы страдают больше всего, а пригородные демонстрируют лучшие показатели) указывает на прямую зависимость между плотностью застройки, плотностью населения и доступностью зеленых зон. Это подчеркивает необходимость дифференцированного подхода к планированию озеленения вместо принятия универсальных решений. Стратегии для центральных районов должны отличаться от стратегий для периферии, учитывать уникальные пространственные ограничения и возможности.

Применение ГИС-технологий и данных ДЗЗ показало высокую эффективность в точной оценке текущего состояния зеленой инфраструктуры и разработке обоснованных предложений по ее оптимизации. Таким образом, основную цель исследования по разработке и применению картографического метода для оценки обеспеченности населения зелеными насаждениями можно считать достигнутой. Возможность выявления потенциальных участков для новых парков и скверов с помощью аэрокосмических снимков является ключевым аспектом, позволяющим перейти от диагностики проблемы к предложению конкретных и пространственно обоснованных решений.

4.1 Сравнение с международными и региональными стандартами

Для всесторонней оценки обеспеченности Ханоя зелеными насаждениями необходимо контекстуализировать полученные результаты на фоне международных рекомендаций и показателей других городов.

Важно отметить: даже если Ханой достигнет своего собственного норматива, он все равно будет отставать от общепринятых мировых стандартов. Однако возможен компромисс между идеальными показателями и реальными возможностями города в условиях высокой плотности застройки и быстрого роста. Данное обстоятельство открывает дискуссию о том, насколько амбициозны и реалистичны текущие нормативы Ханоя. Возможно, городские власти установили более достижимый, но менее оптимальный стандарт, что может быть поводом для пересмотра политики в долгосрочной перспективе с учетом постоянно меняющихся потребностей населения и экологических вызовов.

Сравнение с другими городами Юго-Восточной Азии выявляет значительное разнообразие подходов и результатов в регионе. Манила, столица Филиппин, демонстрирует один из самых низких показателей озеленения в Юго-Восточной Азии, в среднем 5 м²/чел, при этом лишь 0,03 % территории города покрыто зелеными насаждениями⁸. Этот пример подчеркивает серьезные последствия отсутствия эффективного планирования и контроля за урбанизацией.

Сингапур, напротив, является признанным городом-садом с впечатляющим показателем в 46,5 % зеленых насаждений от общей площади города [8]. Этот успех указывает на результаты долгосрочных, продуманных стратегий планирования и значительных инвестиций в зеленую инфраструктуру.

Куала-Лумпур, столица Малайзии, имеет около 30 % зеленых насаждений.

Сравнение Ханоя с Сингапуром и Манилой демонстрирует значительный разброс в уровне озеленения в городах Юго-Восточной Азии. Сингапур, несмотря на высокую плотность населения, является примером успешного создания обширных зеленых зон, что указывает на возможность достижения высоких стандартов при наличии политической воли и адекватного планирования. Пример Манилы, напротив, служит предостережением при отсутствии такого планирования. Это позволяет разместить Ханой посередине, поскольку у его властей есть возможность учиться как на успехах (Сингапур), так и на ошибках (Манила) других городов региона, и также свидетельствует о том, что высокая плотность населения не является непреодолимым препятствием для создания обширных зеленых зон, если есть политическая воля и адекватное планирование.

⁸ Urban Spaces – Green Spaces – Inclusive Spaces: A Regional Review on the Social-Ecological Transformation of Cities in Asia. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://india.fes.de/e/urban-spaces-green-spaces-inclusive-spaces> (дата обращения: 16.06.2025).

4.2 Роль ГИС и ДЗЗ в устойчивом городском развитии

Применение ГИС и ДЗЗ в данном исследовании подтверждает, что эти технологии являются мощными инструментами для управления городскими зелеными насаждениями и их развития, помогают градостроителям принимать обоснованные решения, предоставляя точные пространственные данные и возможности для их анализа [1, 3]. Возможность использовать ГИС и ДЗЗ для многомасштабного анализа позволяет оценивать эффективность зеленой инфраструктуры в различных условиях и на разных уровнях городского планирования [4, 9].

Помимо оценки и планирования, эти технологии открывают широкие возможности для динамичного мониторинга изменений растительности, например с использованием индекса вегетации (NDVI), позволяющего отслеживать здоровье растений и предотвращать распространение болезней и вредителей [3]. Более того, ГИС может служить платформой для информирования общественности и вовлечения граждан в процессы планирования и поддержания зеленых насаждений (англ. Citizen-Oriented GIS, Volunteered Geographic Information) [3]. Это указывает на более широкую роль ГИС в устойчивом городском управлении, подчеркивая ее потенциал как платформы для интерактивного, динамичного и многостороннего взаимодействия. Такая интеграция может значительно повысить эффективность управления городскими ресурсами и улучшить качество жизни населения.

4.3 Предложения по дальнейшему развитию зеленой инфраструктуры и устойчивому планированию

На основе проведенного анализа и выявленных тенденций могут быть предложены следующие перспективы и рекомендации по дальнейшему развитию зеленой инфраструктуры и устойчивому планированию Ханоя.

Приоритизация центральных районов. Учитывая критический дефицит зеленых насаждений и отсутствие свободных участков в центральных районах, необходимо разработать и внедрить инновационные подходы к озеленению. Сюда можно отнести вертикальное озеленение фасадов зданий, обустройство зеленых крыш, использование небольших, возможно заброшенных, участков земли для организации карманных парков (англ. pocket park) и скверов, а также повышение качества и функционального наполнения существующих зеленых зон [1].

Интеграция зеленой инфраструктуры в стратегию городского развития.

Зеленые насаждения следует рассматривать не как отдельные элементы, а как неотъемлемую часть комплексных планов городского развития. Это включает их объединение с транспортной инфраструктурой (развитие зеленого транспорта, создание пешеходных и велосипедных дорожек, окруженных зеленью), а также стимулирование устойчивого строительства, предусматривающего озеленение прилегающих территорий и внутриквартальных пространств [10].

Разработка стандартов и увеличение финансирования. Необходимо учитывать существующие вызовы, такие как отсутствие обязательности зеленого строительства и трудности с доступом к зеленому финансированию [10]. Рекомендуется усилить нормативную базу, сделав требования к озеленению более строгими и обязательными для новых проектов, а также разработать механизмы стимулирования для инвесторов, внедряющих экологичные решения. Создание фондов или программ субсидирования для проектов зеленой инфраструктуры может значительно ускорить процесс.

Вовлечение общественности. Активное использование ГИС-платформ для информирования граждан о состоянии зеленых насаждений, планах по развитию последних и для вовлечения населения в процессы планирования зеленых зон и ухода за этими зонами. Общественное участие может способствовать повышению осведомленности, формированию чувства собственности и обеспечению долгосрочной устойчивости проектов озеленения.

4.4 Ограничения исследования и направления для будущих работ

Данное исследование, несмотря на свою комплексность, имеет определенные ограничения, которые могут быть учтены в будущих работах. Сюда относятся: возможное отсутствие в данных OpenStreetMap некоторых частных, но общедоступных зеленых зон; динамичность статистических данных о населении, требующая регулярного обновления; необходимость более детального анализа качества зеленых насаждений (например, видового разнообразия, состояния растительности, функциональности), а не только их площади.

Направления для будущих работ включают:

- интеграцию дополнительных показателей, таких как доступность зеленых зон для населения (например, удаленность от жилых районов), качество растительности (с использованием NDVI и оценки видового разнообразия), социальные аспекты (восприятие населением, паттерны использования зеленых зон через опросы и наблюдения) [9];

- разработку моделей прогнозирования изменений зеленых насаждений с учетом различных сценариев урбанизации, климатических изменений и демографического роста;
- более глубокое изучение барьеров для реализации зеленых инициатив в Ханое, в том числе институциональных, экономических и социальных факторов, а также разработку конкретных политических рекомендаций для их преодоления;
- исследование влияния различных типов зеленых насаждений (например, парков, скверов, уличного озеленения, зеленых крыш) на микроклимат города и здоровье населения.

5 Выводы

Проведенное исследование дало возможность всесторонне оценить обеспеченность Ханоя зелеными насаждениями на основе современных геоинформационных методов и данных ДЗЗ. Анализ подтвердил, что город в настоящее время не соответствует собственным нормативам по обеспеченности населения зелеными насаждениями, при этом наиболее острый дефицит наблюдается в плотно застроенных центральных районах.

Результаты исследования показали высокую эффективность разработанного картографического метода с использованием ГИС и ДЗЗ для точной оценки текущего состояния зеленой инфраструктуры и выявления проблемных зон. Успешная идентификация потенциальных участков для создания новых зеленых зон, основанная на анализе аэрокосмических снимков, позволила значительно улучшить показатели обеспеченности зелеными насаждениями в пригородных районах, что подтверждает применимость метода для практического планирования. Таким образом, цель по разработке и применению картографического метода для оценки обеспеченности зелеными насаждениями была полностью достигнута, а задачи по сбору, анализу и визуализации данных выполнены.

На основе полученных результатов для устойчивого городского планирования в Ханое предлагаются следующие практические рекомендации. Во-первых, необходимы разработка и внедрение дифференцированных стратегий озеленения для центральных и пригородных районов с учетом их уникальных пространственных ограничений и возможностей. Во-вторых, крайне важна дальнейшая интеграция геопространственных технологий в повседневную практику городского планирования для динамичного мониторинга изменений и принятия обоснованных решений. В-третьих, существует потребность в пересмотре и усилении нормативно-правовой базы для стимулирования создания и сохранения зеленых насаждений, а также преодоления финансовых и технических барьеров,

упомянутых в контексте зеленого строительства. Наконец, активное вовлечение общественности в планирование зеленых зон и уход за ними является ключевым для обеспечения долгосрочной устойчивости и эффективности инициатив по озеленению. Эти рекомендации показывают, как научные результаты могут быть преобразованы в конкретные шаги для улучшения городской среды, подчеркивая прикладную ценность исследования и его потенциал для реального влияния на устойчивое развитие Ханоя.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Тесленок С.А., Фролов А.С. Особенности создания карты зеленых насаждений города Ханты-Мансийска в среде ГИС NextGIS // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. 2024. № 4. С. 120–137. DOI:10.25587/2587-8751-2024-4-120-137.
2. Алексашина В.В., Ле Минь Туан. Влияние эффекта острова тепла на экологию мегаполиса // Проблемы региональной экологии. 2018. № 5. С. 36–40. DOI:10.24411/1728-323X-2019-15036.
3. Khezrollah M., Samadi Todar Z., Valizadeh Kamran K. A Review of GIS Application in Urban Green Landscapes // The Proceedings of the 9th Advanced Engineering Days. Tabriz: AED, 2024. P. 766–771.
4. Wu X., Liu J., Hou Y. Data and Methods for Assessing Urban Green Infrastructure Using GIS: A Systematic Review // PLOS One. 2025. Vol. 20. No. 6. P. e0324906. DOI:10.1371/journal.pone.0324906.
5. Мажитова Г.З., Седельников И.А., Шугулова Д.К. Использование ГИС-технологий для планирования озеленения городской среды // ИнтерКарто. ИнтерГИС: материалы Международной конференции. М.: Географический факультет МГУ, 2023. Т. 29, ч. 2. С. 423–436. DOI:10.35595/2414-9179-2023-2-29-423-436.
6. Николаева О.Н., Трубина Л.К., Васильева Е.А. Геоинформационное моделирование озелененных территорий специального назначения // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Международный научный конгресс: сборник материалов: в 9 т. Новосибирск: СГУГиТ, 2019. Т. 4, № 2. С. 47–55.
7. Bai H., Li Z., Guo H., et al. Urban Green Space Planning Based on Remote Sensing and Geographic Information Systems // Remote Sensing. 2022. Vol. 14. No. 17. P. 4213. DOI:10.3390/rs14174213.
8. Aldous D.E. Planning Green Open Spaces for South East Asian Capital Cities // Citygreen. 2011. Vol. 1, No. 3. P. 10. DOI:10.3850/s2382581211010337.
9. Трубина Л.К., Николаева О.Н., Муллаярова П.И. и др. Инвентаризация городских зеленых насаждений средствами ГИС // Вестник СГУГиТ. 2017. Т. 22, № 3. С. 107–118.
10. Muhamad Nor A.N., Abdul Aziz H., Nawawi S.A., et al. Evolution of Green Space under Rapid Urban Expansion in Southeast Asian Cities // Sustainability. 2021. Vol. 13. Iss. 21. P. 12024. DOI:10.3390/su132112024.

АВТОР

Нгуен Динь Куан

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии»

(МИИГАиК), Москва, Россия

кафедра картографии, картографический факультет

 0009-0003-9999-2272

Поступила 29.06.2025. Принята к публикации 22.12.2025. Опубликовано 29.12.2025.

UDC 528.9

DOI:10.30533/scidata-2025-16-16



Application of GIS and Remote Sensing Data for Assessing the Green Space Coverage in Hanoi

Nguyen Dinh Quan¹✉

AFFILIATIONS

¹ Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

✉ nguyendinhquan7788266@gmail.com

CITATION

Nguyen Dinh Quan. Application of GIS and Remote Sensing Data for Assessing the Green Space Coverage in Hanoi. *Spatial Data: Science, Research and Technology*. 2025;16(4): 23–42. DOI:10.30533/scidata-2025-16-16.

KEYWORDS

geographic information system, remote sensing, green spaces, urban ecology, Hanoi, spatial analysis, greening standards, sustainable development

ABSTRACT

The article proposes and validates a spatial analysis methodology for assessing the provision of urban green spaces to the population of Hanoi (Vietnam) using Geographic Information Systems (GIS) and Earth remote sensing. Vector data on administrative boundaries and existing green areas were collected and processed, and statistical population data by district were integrated. Using GIS, the per-capita area of public green spaces was calculated and compared to the standard value of 7 m² per person. Classification maps revealed a severe shortfall in central districts (under 5 m²/person), while suburban areas meet or exceed the standard. Based on analysis of Yandex Satellite imagery, potential sites for new parks and public gardens were identified. Territorial recommendations were developed to increase green coverage: prioritizing small urban parks in underserved neighborhoods, reorganizing

existing green spaces, and planning new plantings according to population density. The results can inform sustainable urban development strategies for Hanoi and other rapidly growing megacities.

REFERENCES

1. Teslyonok SA, Frolov AS. Osobennosti sozdaniya karty zelenykh nasazhdenii goroda Khanty-Mansiiska v srede GIS NextGIS [Features of Creating a Green Plantations Map of Khanty-Mansiysk City in the Nextgis GIS Environment]. *Vestnik of North-Eastern Federal University Series "Earth Sciences"*. 2024;4: 120–137. (In Russian). DOI:10.25587/2587-8751-2024-4-120-137.
2. Aleksashina VV, Le Minh Tuan. Vliyanie effekta ostrova tepla na ekologiyu megapolisa [Influence of the Heat Island Effects on the Ecology of a Megacity]. *Problems of Regional Ecology*. 2018;5: 36–40. (In Russian). DOI:10.24411/1728-323X-2019-15036.
3. Khezrollah M, Samadi Todar Z, Valizadeh Kamran K. A Review of GIS Application in Urban Green Landscapes. *The Proceedings of the 9th Advanced Engineering Days*. Tabriz: AED; 2024: 766–771.
4. Wu X, Liu J, Hou Y. Data and Methods for Assessing Urban Green Infrastructure Using GIS: A Systematic Review. *PLOS One*. 2025;20(6): e0324906. DOI:10.1371/journal.pone.0324906.
5. Mazhitova GZ, Sedelnikov IA, Shugulova DK. Ispol'zovanie GIS-tekhnologii dlya planirovaniya ozeleneniya gorodskoi sredy [The Use of GIS Technologies for Planning the Greening of the Urban Environment]. *InterCarto. InterGIS: Proceedings of the International Conference*. Moscow: MSU, Faculty of Geography; 2023;29(2): 423–436. (In Russian). DOI:10.35595/2414-9179-2023-2-29-423-436.
6. Nikolaeva ON, Trubina LK, Vasilieva EA. Geoinformatsionnoe modelirovanie ozelenennykh territorii spetsial'nogo naznacheniya [Geoinformation Modeling of Urban Road Verges]. *Proceedings of XV International Scientific Congress "Interexpo GEO-Siberia"*: in 9 vols. Vol. 4. Part 2. Novosibirsk: SSUGT; 2019. 47–55. (In Russian).
7. Bai H, Li Z, Guo H, et al. Urban Green Space Planning Based on Remote Sensing and Geographic Information Systems. *Remote Sensing*. 2022;14(17): 4213. DOI:10.3390/rs14174213.
8. Aldous DE. Planning Green Open Spaces for South East Asian Capital Cities. *Citygreen*. 2011;1(3): 10. DOI:10.3850/s2382581211010337.
9. Trubina LK, Nikolaeva ON, Mulliyarova PI, et al. Inventarizatsiya gorodskikh zelenykh nasazhdenii sredstvami GIS [Inventory of Urban Green Plantings Using GIS]. *Vestnik SSUGT*. 2017;22(3): 107–118. (In Russian).
10. Muhamad Nor AN, Abdul Aziz H, Nawawi SA, et al. Evolution of Green Space under Rapid Urban Expansion in Southeast Asian Cities. *Sustainability*. 2021;13(21): 12024. DOI:10.3390/su132112024.

AUTHOR

Nguyen Dinh Quan

Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

Department of Geography, Faculty of Cartography

 0009-0003-9999-2272

Submitted: June 29, 2025. Accepted: December 22, 2025. Published: December 29, 2025.