

Е. Д. Титова¹, И. Ю. Руднов², А. В. Дубровский¹✉

Применение ГИС для оптимизации городской инфраструктуры

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация

²МКУ Землеустроительное бюро, р.п. Коченево, Российская Федерация
e-mail: avd5@ssga.ru

Аннотация. В работе исследуется город как сложная система, состоящая из взаимосвязанных элементов городской инфраструктуры, обеспечивающих жизнедеятельность населения, проживающего на определенной территории города. Рассматриваются основные компоненты городской инфраструктуры, включая транспортную, коммунальную, социальную, экологическую, информационную, технологическую и жилищную, анализируется их влияние на использование транспорта и потребление ресурсов. Особое внимание уделяется применению геоинформационных систем и геопространственных технологий для сбора, анализа и визуализации геоданных, необходимых для эффективного градостроительства, планирования развития городской инфраструктуры и мониторинга состояния окружающей природной среды с учетом влияния на неё антропогенных факторов.

Ключевые слова: город, городская инфраструктура, население, территория города, инфраструктура, геоинформационные системы, геопространственные технологии, геоданные, транспорт, ресурсы, градостроительство, окружающая природная среда

E. D. Titova¹, I. Y. Rudnov², A. V. Dubrovsky¹✉

GIS application for optimization of urban infrastructure

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

²MKU Land Management Bureau, R.P. Kochenevo, Russian Federation
e-mail: avd5@ssga.ru

Abstract: The paper explores the city as a complex system consisting of interconnected elements of urban infrastructure that ensure the livelihoods of the population living in a certain area of the city. The main components of urban infrastructure, including transport, utilities, social, environmental, information, technological and housing, are considered, and their impact on transport use and resource consumption is analyzed. Special attention is paid to the use of geoinformation systems and geospatial technologies for the collection, analysis and visualization of geodata necessary for effective urban planning, urban infrastructure development planning and environmental monitoring, taking into account the impact of anthropogenic factors on it.

Keywords: city, urban infrastructure, population, city territory, infrastructure, geoinformation systems, geospatial technologies, geodata, transport, resources, urban planning, natural environment

Введение

Городская инфраструктура – это совокупность объектов и систем, которые обеспечивают функционирование и развитие города, а также способствуют повышению качества жизни населения. Она включает в себя физические, организационные и технологические компоненты, необходимые для удовлетворения

потребностей жителей и поддержки экономической активности территории города.

Основными компонентами городской инфраструктуры являются:

- транспортная инфраструктура: дороги, мосты, туннели, железные дороги, метро, автобусные остановки и аэропорты. Эта инфраструктура обеспечивает транспортные и логистические связи в городе;
- коммунальная инфраструктура: системы водоснабжения и водоотведения, электросети, газоснабжение и другие инженерные системы, которые обеспечивают предоставление жизненно важных ресурсов, таких как вода, электричество, газ;
- социальная инфраструктура: школы, ВУЗы, больницы, поликлиники, библиотеки, культурные учреждения (театры, музеи). Эти объекты влияют на образование, здравоохранение и культурное развитие населения;
- экологическая инфраструктура: парки, зеленые зоны, водоемы, благоустроенные территории. Эти элементы инфраструктуры играют важную роль в поддержании экосистемы города, улучшении качества воздуха и создании комфортной городской среды;
- информационная и технологическая инфраструктура: сеть интернет, телекоммуникационные системы, центры обработки данных. Эта инфраструктура не только поддерживает экономическую активность города, но и обеспечивает доступ к информации для жителей;
- жилищная инфраструктура: жилые объекты недвижимости, инфраструктура служит для обеспечения жителей жильем различного типа и уровня комфорта.

Городская инфраструктура играет критическую роль в экономическом развитии, социальном благосостоянии и устойчивом развитии городов. Она непосредственно влияет на качество жизни граждан, доступность услуг и уровень комфорта в городской среде. Эффективное планирование и развитие инфраструктуры помогают городам справляться с вызовами, такими как рост населения, урбанизация и изменения климата. В связи с этим применение ГИС для оптимизации элементов городской инфраструктуры является важной научно-практической задачей в области территориального управления, градостроительства, перспективного планирования.

Методы и материалы

При подготовке статьи были использованы следующие методы и материалы:

- анализ литературы: исследование существующих научных публикаций, статей и отчетов о применении геопространственных технологий в различных сферах жизнедеятельности современного общества;
- кейс-стадии: изучение конкретных примеров успешного и неуспешного применения ГИС для управления различными процессами современного общества;

- контент-анализ: изучение официальных отчетов, документов и материалов, касающихся применения ГИС для оптимизации элементов городской инфраструктуры;
- сравнительный анализ: сравнение практик применения ГИС в различных странах и регионах для оптимизации городской инфраструктуры.

Результаты

Географические информационные системы (ГИС) играют важную роль в оптимизации городской инфраструктуры, позволяя анализировать пространственные данные, планировать ресурсы и принимать обоснованные решения. В таблице структурированно представлены наиболее важные направления применения ГИС для оптимизации элементов городской инфраструктуры [3].

Таблица 1

Направления применения ГИС при оптимизации городской инфраструктуры

Направления оптимизации	Характеристики	Описание характеристик
Планирование транспортной инфраструктуры	Оптимизация транспортных маршрутов	ГИС позволяет анализировать потоки движения, выявлять узкие места и разрабатывать эффективные
	Моделирование трафика	Создание симуляций для прогнозирования влияния новых дорог или изменяющихся условий на транспортные потоки
Управление ресурсами	Системы водоснабжения и водоотведения	Использование ГИС для анализа состояния трубопроводов, планирования замен и оптимизации распределения водных ресурсов
	Энергетические сети	Моделирование и анализ электрических сетей для повышения их надежности и эффективности
Градостроительное планирование	Анализ землепользования	ГИС помогает исследовать текущее и прогнозируемое использование земли, что позволяет планировать новые зоны жилой и коммерческой застройки
	Планирование зеленых пространств	Определение оптимальных местоположений для парков и общественных пространств с учетом плотности населения и доступности
Управление и мониторинг окружающей природной среды	Анализ экологических данных	ГИС позволяет отслеживать уровень загрязнения, состояние природных ресурсов и биоразнообразие для разработки планов по улучшению экологии
	Оценка рисков стихийных бедствий	Моделирование природных катастроф (например, наводнений, землетрясений) для создания систем оповещения и плана эвакуации
Социальное планирование и социально-бытовые услуги	Анализ социально-экономических показателей	Использование ГИС для выявления потребностей в социальных услугах (школы, больницы) в зависимости от демографических данных
	Оптимизация местоположения объектов	Эффективное размещение социальных и коммерческих учреждений на основе анализа потребностей населения

Направления оптимизации	Характеристики	Описание характеристик
Управление отходами производства и потребления	Оптимизация маршрутов сбора мусора	Использование ГИС для планирования эффективных маршрутов для служб утилизации, уменьшая затраты и время на обслуживание
	Планирование расположения мусорных полигонов	Анализ пригодных территорий для установки объектов утилизации с минимальным воздействием на сообщество и экосистему
Умные города	Интеграция с IoT	ГИС может работать в связке с устройствами IoT для сбора и анализа данных в реальном времени, например, мониторинга уличного освещения, качества воздуха и т.д.
	Мобильные приложения	Разработка приложений, которые используют ГИС для предоставления жителям информации о городской инфраструктуре, таких как расположение ближайших поликлиник, магазинов или остановок общественного транспорта

Применения геоданных для оптимизации городской инфраструктуры это комплексный процесс, включающий различные модели и алгоритмы, зависящие от конкретной задачи. Однако, можно представить упрощенную модель в виде функционала, который нужно минимизировать или максимизировать:

$$F(x) = C(x) + \sum [w_i, L_i(x, G_i)],$$

где:

- $F(x)$ – целевая функция, которую необходимо оптимизировать (например, минимизировать затраты, время проезда, количество аварий, или максимизировать эффективность использования ресурсов);
- x – вектор параметров, описывающих городскую инфраструктуру (например, расположение новых автобусных остановок, ширина дорог, распределение ресурсов);
- $C(x)$ – функция прямых затрат, связанная с изменением инфраструктуры (строительство, ремонт, закупка оборудования и т.д.);
- $\sum [w_i, L_i(x, G_i)]$ – сумма взвешенных потерь, связанных с недостатками инфраструктуры, определяемых на основе геоданных;
- w_i – весовые коэффициенты, отражающие относительную важность различных потерь (например, вес задержки движения может быть выше, чем вес загрязнения окружающей среды);
- $L_i(x, G_i)$ – функция потерь, зависящая от параметров инфраструктуры (x) и геоданных (G_i).

Это может быть:

- расстояние L_i – может представлять среднее расстояние от жителей до ближайшей больницы, школы или остановки общественного транспорта (G_i – данные о населении и расположении объектов инфраструктуры);
- время L_i – может представлять среднее время проезда по дорогам (G_i – данные о дорожной сети, трафике и т.д.);
- затраты L_i – может представлять стоимость обслуживания инфраструктуры (G_i – данные о состоянии дорог, трубопроводов и т.д.);
- риски L_i – может представлять вероятность возникновения аварий или стихийных бедствий (G_i – данные о рельефе местности, сейсмической активности и т.д.);
- G_i – множество геоданных, используемых для оценки потерь. Это могут быть растровые данные (спутниковые снимки, карты высот), векторные данные (дорожная сеть, границы участков, точки интереса) и атрибутивная информация (демографические данные, данные о трафике).

Использование ГИС в городском управлении и планировании позволяет повысить эффективность, уменьшить затраты и улучшить качество жизни в городах, что является ключевым для устойчивого развития современных мегаполисов [4].

Обсуждение

Применения геоинформационных систем (ГИС) для оптимизации городской инфраструктуры является актуальным и высоко эффективным. Анализ различных аспектов городского хозяйства, основанный на использовании геопространственных данных и аналитических возможностях ГИС, позволил выявить проблемные зоны, оптимизировать существующие процессы городской среды.

В частности, применение ГИС продемонстрировало значительный потенциал в следующих областях: оптимизация транспортных потоков, повышение эффективности работы коммунальных служб, улучшение доступности социальных объектов, мониторинг состояния окружающей среды и планирование развития жилищного строительства.

Результаты работы указывают на необходимость дальнейшего развития и внедрения ГИС-технологий в практику управления городским хозяйством. Важным шагом является создание единой геоинформационной платформы, объединяющей данные различных ведомств и служб, а также обеспечение доступа к этим данным для всех заинтересованных сторон. Дальнейшее развитие методов геопространственного анализа и моделирования позволит более точно прогнозировать последствия различных градостроительных решений и разрабатывать оптимальные стратегии развития городской инфраструктуры, направленные на повышение качества жизни населения и устойчивое развитие города.

Заключение

ГИС представляется мощным инструментом для создания «умного города», способного эффективно реагировать на вызовы современности и обеспечивать комфортную и безопасную жизнь для своих граждан.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Применение инновационных методов современной технологии в землеустройстве. Статья в журнале - материалы конференции / Кубанычбек К.З., Батыкова А.Д. – Кыргызстан, Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина, 2023 – С. 175-185.
2. Web-технологии и ГИС на примере геопорталов и web-гис-серверов. Статья в сборнике трудов конференции / Журавель В.В., Осипов П.А., Осипова Я.С., Димухаметов М.О., Осипова Д.А. – Красноярск, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», 2017 – С. 115-117.
3. Анализ цифровых возможностей гис и разработка модели цифровой зрелости для управления проектами развития ГИС. Статья в сборнике трудов конференции / Галиулин Д.Р., Максимова В.Н., Южно-Уральский Государственный Университет (национальный исследовательский университет), 2024. – С. 142-149.
4. Применение ГИС технологий при обработке данных для решения инженерных задач на примере ГИС «Хозяйство». Тезисы доклада на конференции / Кузьмина О.С., Свилогузова П.А. – Майский, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 60-61.
5. Применение сложных ГИС-систем для разработки ГИС- ориентированной информационно-аналитической системы управления качеством городских объектов озеленения. Статья в сборнике трудов конференции / Демянюк Н.В. – Красноярск, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный технологический университет», 2015. – С.159-160.
6. Analysis of temporal changes in the spatial development of the city with using GIS technology. Статья в журнале - научная статья / KOSTIN V. – Prague, Czech Technical University in Prague, 2013 – С. 101-106.
7. GIS is an effective tool for land management of household and dehkan farms. Статья в журнале - материалы конференции / Ashurov A.F., Imomov Sh.J., Abdisamatov O.S., Pirnazarova G.U. – Ташкент, Общественная организация «Институт социальной трансформации», 2020 – С. 11-16 с.

© Е. Д. Титова, И. Ю. Руднов, А. В. Дубровский, 2025