



ОТКРЫТАЯ НАУКА
издательство

Международный журнал информационных технологий и
энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.67

ИНТЕГРАЦИЯ БОЛЬШИХ ДАННЫХ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ АНАЛИЗА ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМ

¹Полежаева М.В., ²Кенжина Д.С., ³Аксёнова К.В., ⁴Сафонова Т.В., ⁵Мокряк А.В.
ФГБОУ ВО "РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ" Санкт-Петербург, Россия (192007, город Санкт-Петербург, Воронежская
ул., д. 79) e-mail: ¹kolezei21@gmail.com, ²diana.kenzhina@yandex.ru, ³kseniaaksenova@inbox.ru,
⁴tatyana.vsafonova@gmail.com

⁵ФГБОУ ВО "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО
ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ
ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ ИМЕНИ ГЕРОЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГЕНЕРАЛА АРМИИ Е.Н.ЗИНИЧЕВА", Санкт-Петербург, Россия (196105, г. Санкт-
Петербург, Московский проспект, д.149), e-mail: mokryakanna@mail.ru

В статье рассматривается интеграция технологий больших данных и геоинформационных систем (ГИС) для анализа и мониторинга городских экосистем. Данное исследование подчеркивает важность использования пространственных и временных данных для устойчивого управления городами, решения проблем с загрязнением окружающей среды, оптимизации транспортной системы и улучшения качества жизни жителей. Анализируется, как объединение этих технологий способствует более точному и оперативному мониторингу, а также позволяет разрабатывать модели предсказательной аналитики для умных городов будущего. Особое внимание уделяется перспективам развития и вызовам, связанным с обработкой больших объемов данных и вопросами конфиденциальности.

Ключевые слова: Большие данные, геоинформационные системы, городские экосистемы, анализ данных, устойчивое развитие, умные города, мониторинг, предсказательная аналитика.

INTEGRATION OF BIG DATA AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS FOR THE ANALYSIS OF NATURAL ECOSYSTEMS

¹Polezhaeva M.V., ²Kenzhina D.S., ³Aksenova K.V., ⁴Safonova T.V., ⁵Mokryak A.V.
RUSSIAN STATE HYDROMETEOROLOGICAL UNIVERSITY, St. Petersburg, Russia (192007, St.
Petersburg, Voronezhskaya str., 79), e-mail: ¹kolezei21@gmail.com, ²diana.kenzhina@yandex.ru,
³kseniaaksenova@inbox.ru, ⁴tatyana.vsafonova@gmail.com

⁵ST. PETERSBURG UNIVERSITY OF THE STATE FIRE SERVICE OF THE MINISTRY OF THE
RUSSIAN FEDERATION FOR CIVIL DEFENSE, EMERGENCIES AND ELIMINATION OF
CONSEQUENCES OF NATURAL DISASTERS NAMED AFTER THE HERO OF THE RUSSIAN
FEDERATION, GENERAL OF THE ARMY E.N. ZINICHEV, St. Petersburg, Russia (196105, St.
Petersburg, Moskovsky prospekt, 149), e-mail: ¹mokryakanna@mail.ru

The article explores the integration of big data technologies and geographic information systems (GIS) for analyzing and monitoring urban ecosystems. This study highlights the importance of using spatial and temporal data for sustainable urban management, addressing environmental pollution issues, optimizing transportation systems, and improving residents' quality of life. The integration of these technologies is examined in terms of its contribution to more accurate and timely monitoring, as well as its potential for predictive analytics in the smart

Введение

Современные города сталкиваются с целым рядом вызовов, связанных с быстрыми темпами урбанизации, изменениями климата, ухудшением качества воздуха и ростом потребности в устойчивом развитии [1, 2]. В этом контексте интеграция технологий больших данных и геоинформационных систем (ГИС) открывает новые возможности для анализа, мониторинга и оптимизации городских экосистем. Большие данные, которые включают огромные объемы информации из различных источников (таких как датчики Интернета вещей (IoT), спутниковые изображения и социальные сети), позволяют более полно оценивать и предсказывать изменения в городской среде. ГИС, в свою очередь, предоставляют инструменты для визуализации и пространственного анализа, что помогает эффективно отслеживать и интерпретировать динамику различных процессов в городе.

Одной из главных задач, стоящих перед исследователями и городскими властями, является создание умных городов, которые способны адаптироваться к меняющимся условиям и обеспечивать высокий уровень жизни для своих жителей. Интеграция больших данных и ГИС позволяет анализировать городские процессы с высокой точностью, улучшать управление ресурсами, прогнозировать потребности города и принимать обоснованные решения на основе актуальных данных.

Однако, несмотря на очевидные преимущества, существуют и определенные трудности, связанные с использованием данных такого масштаба. В первую очередь, это проблемы конфиденциальности, стандартизации данных, а также необходимость обработки огромных объемов информации. Тем не менее, перспективы использования больших данных и ГИС в городских исследованиях выглядят многообещающе, и данная статья направлена на освещение возможностей и вызовов, связанных с применением этих технологий для анализа городских экосистем.

Роль больших данных в анализе городских экосистем

Большие данные играют ключевую роль в анализе и управлении городскими экосистемами, предоставляя новые возможности для комплексного понимания процессов, происходящих в городской среде [3-6]. Благодаря большим данным исследователи и городские власти могут получать детализированную информацию о состоянии города, выявлять закономерности и даже предсказывать развитие различных процессов. Важно отметить, что большие данные включают данные из различных источников, таких как датчики IoT, спутниковые снимки, социальные сети и мобильные приложения. Данные источники позволяют собирать и анализировать информацию в реальном времени, что значительно улучшает мониторинг и управление городскими процессами.

Источниками больших данных для городских исследований могут служить следующие инструменты (Рисунок 1.):

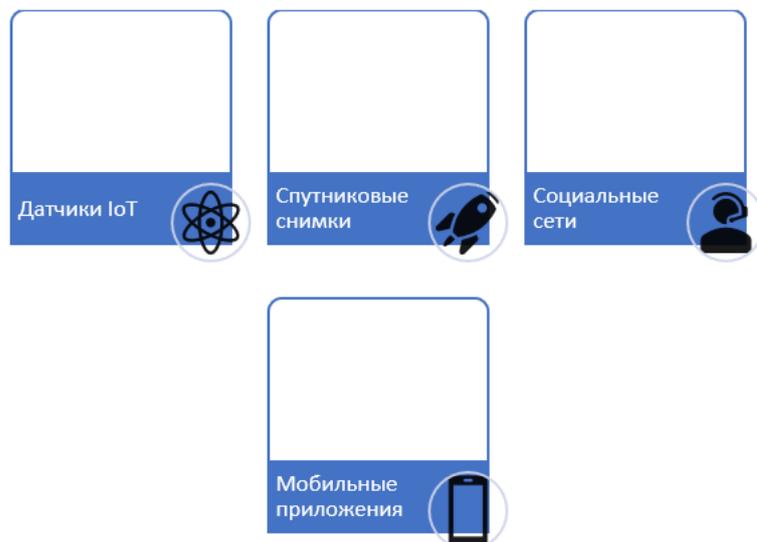


Рисунок 1 - Источниками больших данных для городских исследований

IoT широко используется в городской инфраструктуре, где установлены датчики на транспорте, уличных фонарях, зданиях и прочих объектах города. Эти сенсоры измеряют показатели качества воздуха, уровня шума, транспортного потока и передают информацию для последующего анализа в централизованные системы [3].

Спутниковые снимки и аэрофотосъемка предоставляют важную информацию о городских ландшафтах, изменениях инфраструктуры и состоянии окружающей среды. С их помощью отслеживаются зеленые зоны, строительство новых объектов, загрязнение водоемов и почв [4].

Данные социальных сетей тоже имеют значение для оценки восприятия городской среды горожанами. Геолокация и хештеги позволяют выявлять популярные места, события, а также инциденты, связанные с загрязнением или авариями [5, 6].

Мобильные приложения, среди которых навигационные сервисы, программы для заказа такси и погодные приложения, собирают сведения о перемещении людей, их предпочтениях и активности, что помогает анализировать транспортные потоки, загруженность общественного транспорта и совершенствовать городской сервис.

Типы данных для анализа городских экосистем

Различные типы данных, собираемые из этих источников, предоставляют всесторонний обзор на процессы в городской среде. Основные типы данных включают метеорологические, экологические, демографические сведения, включая данные о трафике.

Климатические данные включают информацию о температуре, влажности, скорости ветра и количестве осадков, что благополучно используется для анализа погодных условий и их воздействия на экологическое состояние города.

Сведения о трафике содержат данные о загруженности дорог, работе общественного транспорта и пробках, что дает возможность определять проблемные участки и улучшать организацию движения.

Экологические данные включают показатели загрязнённости воздуха, воды и почвы, а также уровни шумового загрязнения, что помогает контролировать состояние окружающей среды и предпринимать шаги для её улучшения.

Демографические данные содержат сведения о численности населения, возрастном составе и социальном статусе жителей, что способствует лучшему пониманию потребностей разных районов и планированию развития городской инфраструктуры.

Использование больших данных для получения детализированной информации

Применение больших данных способствует получению точных и актуальных сведений для принятия обоснованных решений. К примеру, благодаря информации, поступающей от датчиков IoT и мобильных приложений, города могут следить за текущей ситуацией на дорогах, уровнем загрязнения и другими показателями в реальном времени.

Большие данные позволяют разрабатывать модели предсказательной аналитики, прогнозирующие развитие тех или иных событий, например, ухудшение экологической обстановки при изменении погоды или увеличение транспортного потока в час пик, что помогает городам заранее планировать ресурсы и предотвращать негативные последствия.

Также данные о перемещениях и активности граждан позволяют глубже понять их потребности и адаптировать городское пространство к реальным запросам населения – будь то создание новых маршрутов общественного транспорта или улучшение качества воздуха в перенаселённых районах.

Функции и возможности ГИС

ГИС являются мощным инструментом для анализа, интерпретации и визуализации пространственных данных, что делает их незаменимыми в исследовании и управлении городскими экосистемами [7, 8]. ГИС позволяют объединять различные типы данных с географической привязкой, анализировать их и визуализировать в виде карт и графиков.

ГИС помогает преобразовывать сложные наборы пространственных данных в удобный и доступный для интерпретации формат, значительно упрощая анализ городских процессов. Также ГИС объединяет данные с точной географической привязкой, такие как демография, транспортная активность, уровень загрязнения воздуха и другие параметры, относящиеся к конкретным местам в городе. Таким образом, ГИС становится ценным инструментом для пространственного анализа, поскольку:

- позволяет отслеживать изменения в пространстве и времени;
- помогает обнаруживать закономерности и тенденции в городской среде;
- упрощает прогнозирование, например, увеличения плотности населения или ухудшения экологической ситуации в отдельных районах.

Примеры визуализации в ГИС для упрощения понимания сложных связей

Визуализация данных в ГИС делает сложные взаимосвязи и зависимости в городской экосистеме очевидными и простыми для понимания. Вот несколько примеров:

- тепловые карты дорожного трафика: ГИС может показывать загруженность дорог в разные периоды дня, что помогает выявить узкие места и моменты наибольшей нагрузки;
- карта загрязнения воздуха: данные о концентрации вредных веществ в воздухе можно нанести на карту города, чтобы наглядно увидеть районы с высоким уровнем загрязнения;

- зонирование зелёных насаждений: визуализация распределения зелёных зон и их плотности в городе помогает оценить доступность парков, скверов и других природных объектов для жителей, что играет ключевую роль в поддержании их здоровья и благополучия;
- интерактивные карты изменений в инфраструктуре: ГИС способна демонстрировать динамику изменений в городской инфраструктуре, показывая, как новые здания или дороги влияют на уже существующие районы и их население.

Интеграция больших данных и ГИС

Объединение технологий больших данных и ГИС позволяет значительно углубить и точнее анализировать процессы, происходящие в городской среде. В то время как большие данные предоставляют обширные объемы информации из разных источников, таких как датчики IoT, спутники и социальные сети, ГИС предоставляет платформу для анализа и визуализации этих данных в пространственной плоскости. Совместное использование этих технологий помогает создать более полное представление о текущем состоянии города, что позволяет не только наблюдать за изменениями, но и предсказывать их. Например, на основе данных о трафике, погодных условиях и загрязнении воздуха можно разработать модели для прогнозирования пробок или ухудшения экологической ситуации в определённых районах [9].

Для интеграции больших данных и ГИС используют различные методы, среди которых важную роль играют API, облачные платформы и специализированные программы. API предоставляют разработчикам возможность легко передавать данные между системами, например, в ГИС можно передавать данные в реальном времени из внешних источников, таких как мобильные приложения или метеорологические датчики, что особенно полезно для оперативного обновления данных и создания динамических карт, отражающих текущую ситуацию. Облачные платформы поддерживают хранение и обработку больших объемов данных, что важно для городов с интенсивными информационными потоками. Специализированные ГИС, такая как ArcGIS, предоставляет инструменты для сложной пространственной обработки данных и их визуализации. Они позволяют объединять данные из различных источников и применять аналитические модели, поддерживая широкий спектр функций, от создания карт до сложных пространственных расчетов.

Интеграция больших данных и ГИС также позволяет обновлять карты в реальном времени, предоставляя актуальную картину происходящего в городе, что достигается за счет использования данных от сенсоров, GPS-устройств и других источников, которые предоставляют информацию практически без задержек. Например, данные с транспортных датчиков и мобильных приложений о загруженности дорог можно обрабатывать и выводить на карту почти мгновенно, позволяя жителям и городским службам видеть актуальную ситуацию и корректировать свои действия. Точно так же данные о качестве воздуха, поступающие от датчиков, помогают городским экологам оперативно отслеживать экологическую обстановку и при необходимости принимать меры.

Примеры использования интеграции в анализе городских экосистем

Объединение больших данных и ГИС предоставляет значительные возможности для всестороннего анализа и улучшения городских экосистем в самых разнообразных сферах. Одним из ярких примеров этого является контроль качества воздуха. Информация, собранная множеством

датчиков, установленных по всей территории города, совместно с ГИС, позволяет точно отслеживать уровень загрязнений, включая содержание углекислого газа и диоксида азота. Пространственно-временной анализ этих данных помогает понять пути распространения загрязнений и выявить районы с повышенным риском, что имеет особое значение для оценки влияния на здоровье горожан, ведь длительное воздействие загрязненного воздуха связано с ростом числа респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний. Используя эти данные, муниципальные органы могут принять меры по снижению вредного воздействия, например, ограничить движение автотранспорта в некоторых зонах или создать зелёные пространства, способствующие очистке воздуха.

Другим важным примером применения комбинации больших данных и ГИС является управление транспортными потоками. Данные о пробках, полученные из различных источников, таких как автомобильные GPS и мобильные приложения, поступают в ГИС, позволяя получить целостную картину загруженности дорог [10]. С использованием ГИС городские службы могут моделировать транспортные потоки и корректировать маршруты общественного транспорта, тем самым повышая эффективность транспортной системы и сокращая время простоев на дорогах.

Интеграция данных также играет значительную роль в изучении урбанизации и распределении зелёных зон. Данные спутниковой съёмки и аэрофото, вместе с ГИС, позволяют оценивать площади зелёных насаждений в каждом районе и их доступность для местных жителей. Известно, что зелёные зоны оказывают положительное влияние на микроклимат и здоровье горожан, понижают температуру и улучшают качество воздуха. С помощью ГИС можно не только отслеживать изменение площадей зелёных зон, но и планировать их оптимальное размещение, обеспечивая всем жителям доступ к паркам и скверам. Данные сведения помогают градостроителям принимать взвешенные решения для сохранения экологического равновесия и повышения качества жизни в условиях активного городского роста.

Ещё одно направление использования больших данных и ГИС — оптимизация энергопотребления и продвижение устойчивого развития. Данные об использовании электричества и других ресурсов, таких как вода или газ, интегрированы в ГИС для анализа на уровне районов или отдельных строений. ГИС также помогает отслеживать применение возобновляемых источников энергии, таких как солнечные панели, и планировать их установку там, где они окажутся наиболее эффективными. Всё это способствует переходу к более рациональному использованию энергии и снижению нагрузки на окружающую среду города.

Выводы

Совмещение больших данных и ГИС является мощным средством для устойчивого и интеллектуального развития современных мегаполисов. Эти технологии позволяют глубже проникнуть в суть городских процессов, оперативно отслеживать изменения и формировать действенные стратегии для решения вопросов, связанных с урбанизацией, экологическими проблемами, регулированием транспортных потоков и оптимальным использованием ресурсов. Комбинируя большие данные и ГИС, можно осуществлять мониторинг в реальном времени, применять методы предсказательного анализа и визуализировать сложные взаимодействия внутри городской среды, что, в конечном счете, помогает принимать продуманные и своевременные решения, нацеленные на улучшение качества жизни горожан [11, 12].

Перспективы дальнейшего развития этих технологий обещают ещё больший вклад в устойчивое управление городами. В условиях увеличивающейся численности населения и

возрастающих нагрузок на городскую инфраструктуру подобные инструменты могут стать фундаментом для создания «умных» городов, способных адаптироваться к изменяющимся условиям и нуждам общества. Будущее интеграции больших данных и ГИС связано с применением искусственного интеллекта, автоматизацией анализа и всё более точным прогнозированием процессов в городской среде. Расширение и внедрение этих технологий вселяют надежду на то, что города будущего станут более безопасными, экологически чистыми и комфортными для жизни, открывая новые перспективы для устойчивого городского развития и обеспечения высокого уровня жизни для всех жителей [12].

Список литературы

1. Гудчайлд М.Ф. Географическая информатика и системы для городского управления и планирования / Майкл Ф. Гудчайлд // Журнал городского планирования и развития. – 2018. – Т. 144, № 1. – С. 04017018.
2. Китчин Р. Город в реальном времени? Большие данные и интеллектуальный урбанизм / Роб Китчин // GeoJournal. – 2016. – Т. 81, № 1. – С. 147–160.
3. Сафонова Т.В. Анализ моделей данных в ГИС Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. 2022. № 3 (43). С. 4-11.
4. Бэтти М., Аксхаузен К.В., Джаннотти Ф. и др. Умные города будущего / Майкл Бэтти, Кей В. Аксхаузен, Фоска Джаннотти и др. // The European Physical Journal Special Topics. – 2021. – Т. 230, № 14. – С. 2685–2698.
5. Шахаби К., Уилсон Дж. П. Интеграция геопространственных данных для исследований в области городского здравоохранения и окружающей среды / Сайрус Шахаби, Джон П. Уилсон // Компьютеры, окружающая среда и городские системы. – 2019. – Том. 73. – С. 111–123.
6. Тикки Д.А., Сафонова Т.В., Матюхин Д.С. Технология применения растровых данных в ГИС Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. 2022. № 4 (44). С. 111-116.
7. Чжу С., Ли З. Применение больших данных и искусственного интеллекта в городской среде / Сяодун Чжу, Чжэнжун Ли // Журнал больших данных. – 2020. – Том. 7, № 1. – С. 103.
8. Майер-Шенбергер В., Кукье К. Большие данные: революция, которая изменяет тому, как мы живем, живем и думаем / Виктор Майер-Шенбергер, Кеннет Кукье; пер. с англ. Ю.И. Каптуревского. – Москва : Эксмо, 2014. – 240 с.
9. Трансформация глобальных городских данных, 2023-2029 гг. / ООН-Хабитат. – Найроби: Программа Организации Объединенных Наций по населенным пунктам, 2023. – 128 стр.
10. Франк А.У., Марк Д.М. Введение в геоинформационную науку и технологии / Эндрю У. Франк, Дэвид М. Марк; пер. с англ. А.Н. Сергеева. – Москва : Лаборатория знаний, 2021. – 368 с.
11. Краенер М., Филлипс Э. Пространственный анализ в ГИС: руководство по использованию ArcGIS / Мартин Краенер, Эрик Филлипс; пер. с англ. Л.П. Смирнова. – Санкт-Петербург: Питер, 2016. – 352 с.
12. Google Earth Engine. – URL: <https://earthengine.google.com> (дата обращения: 27.11.2024).

References

1. Goodchild M.F. Geographic informatics and systems for urban management and planning / Michael F. Goodchild // *Journal of Urban Planning and Development*. – 2018. – Vol. 144, No. 1. – p. 04017018.
 2. Kitchin R. The city in real time? Big data and intelligent urbanism / Rob Kitchin // *GeoJournal*. – 2016. – Vol. 81, No. 1. – pp. 147-160.
 3. Safonova T.V. Analysis of data models in GIS Information technologies and systems: management, economics, transport, law. 2022. No. 3 (43). pp. 4-11.
 4. Betty M., Axhausen K.V., Giannotti F. and others . Smart cities of the future / Michael Batty, Kay V. Axhausen, Fosca Giannotti, et al. // *The European Physical Journal Special Topics*. – 2021. – Vol. 230, No. 14. – pp. 2685-2698.
 5. Shahabi K., Wilson J. P. Integration of geospatial data for research in the field of urban health and the environment / Cyrus Shahabi, John P. Wilson // *Computers, environment and urban systems*. – 2019. – Tom. 73. – pp. 111-123.
 6. Tikki D.A., Safonova T.V., Matyukhin D.S. Technology of application of raster data in GIS Information technologies and systems: management, economics, transport, law. 2022. No. 4 (44). pp. 111-116.
 7. Zhu S., Li Z. Application of big data and artificial intelligence in an urban environment / Xiaodong Zhu, Zhengrong Li // *Journal of Big Data*. 2020. Vol. 7, No. 1. p. 103.
 8. Mayer-Schoenberger V., Kukye K. Big Data: a revolution that changes the way we live, live and think / Victor Mayer-Schoenberger, Kenneth Kukye; translated from English by Yu.I. Kapturevsky. Moscow : Eksmo, 2014. p.240
 9. Transformation of global urban data, 2023-2029 / UN-Habitat. – Nairobi: United Nations Human Settlements Programme, 2023. – p.128
 10. Frank A.U., Mark D.M. Introduction to Geoinformation science and Technology / Andrew W. Frank, David M. Mark; translated from English by A.N. Sergeev. Moscow : Laboratory of Knowledge, 2021. p.368
 11. Kraener M., Phillips E. Spatial analysis in GIS: a guide to using ArcGIS / Martin Kraener, Eric Phillips; translated from English by L.P. Smirnov. – St. Petersburg: Peter, 2016. – p.352
 12. Google Earth Engine. – URL: <https://earthengine.google.com> (date of request: 11/27/2024).
-