

УДК (528.9:004.92)+711.4

<https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-1-72-82>

Методы сбора и актуализации многомерных данных для целей создания геоинформационной системы доступности городской инфраструктуры

Н. С. Головачев¹✉, П. Ю. Бугаков¹, А. А. Колесников¹

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

e-mail: tel1386@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются методы сбора и актуализации многомерных данных для построения геоинформационной системы доступности городской инфраструктуры для маломобильных групп населения. Предложены подходы комбинированного использования официальных каналов и краудсорсинга для оперативного обновления сведений о препятствиях и объектах безбарьерной среды. Описана концептуальная модель системы, включающая многомерную карту с пространственными и временными измерениями, а также алгоритм верификации пользовательских сообщений на основе ролей и метаданных фотографий. Представлена структура базы данных и архитектура серверного модуля обработки запросов, включающего прием данных, расчет маршрутов и систему визуализации. Обозначены требования к веб-интерфейсу и мобильному приложению для разных категорий пользователей. Предложены меры по обеспечению достоверности, безопасности и актуальности данных.

Ключевые слова: геоинформационная система, доступность городской инфраструктуры, многомерные данные, краудсорсинг, верификация данных, маломобильные группы населения

Для цитирования:

Головачев Н. С., Бугаков П. Ю., Колесников А. А. Методы сбора и актуализации многомерных данных для целей создания геоинформационной системы доступности городской инфраструктуры. *Вестник СГУГиТ*. 2026. Т. 31, № 1. С. 72–82. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-1-72-82>

Methods for collecting and updating multidimensional data to develop a GIS for urban infrastructure accessibility

N. S. Golovachev¹✉, P. Yu. Bugakov¹, A. A. Kolesnikov¹

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

e-mail: tel1386@mail.ru

Abstract. The article examines methods for collecting and updating multidimensional data to build a geographic information system for assessing the accessibility of urban infrastructure for people with

limited mobility. It proposes approaches combining official data channels with crowdsourcing to promptly update information on barriers and barrier-free environment features. The conceptual model includes a multidimensional map with spatial and temporal dimensions and an algorithm for verifying user reports based on user roles and photograph metadata. The database structure and server-side processing architecture are presented, covering data reception, route calculation, and visualization subsystems. Requirements for the web interface and mobile applications tailored to different user groups are outlined. Measures ensuring data accuracy, security, and timeliness are also discussed.

Keywords: geoinformation system, urban infrastructure accessibility, multidimensional data, crowdsourcing, data verification, people with limited mobility

For citation:

Golovachev N. S., Bugakov P. Yu., Kolesnikov A. A. (2026). Methods for collecting and updating multidimensional data to develop a GIS for urban infrastructure accessibility. *Vestnik SSUGiT [Vestnik SSUGT]* Vol. 31, No. 1. pp. 72–82. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-1-72-82>

Введение

Создание комфортной городской среды для маломобильных групп населения (МГН) требует комплексного подхода к обеспечению и отслеживанию доступности городской инфраструктуры [1].

В популярных картографических приложениях (например, 2ГИС, Яндекс. Карты) сведения о городской инфраструктуре, в том числе пандусах, бордюрных съездах, уклонах и других важных элементах для передвижения МГН, отображаются фрагментарно либо вовсе отсутствуют. Предусмотренные маршруты для пешеходов не гарантируют отсутствие барьеров на пути инвалидов-колясочников, пожилых людей или родителей с детскими колясками. Действующие карты на территории городов и других населенных пунктов зачастую не учитывают реальных препятствий городской среды: высоких бордюров без съезда, лестниц на пути, перекрытых дворовых проходов, тротуаров с опасными уклонами и т. п. [2, 3]. Потенциально опасные элементы внутренней инфраструктуры зданий – например, пороги, лестничные пролеты или перепады уровней – зачастую снабжаются визуальной маркировкой: контрастной раскраской, тактильными плитками, знаками и другими средствами навигации [4]. В условиях городских улиц расстояние до потенциального препятствия значительно превышает аналогичные дистанции в поме-

щении, что может создать дополнительные затруднения для маломобильных граждан.

Возникает объективная необходимость в разработке средств оперативного информирования и отображения актуальных ограничений, действующих в режиме реального времени. Одним из решений данной проблемы может стать создание геоинформационной системы, включающей в себя многослойную интерактивную карту, актуальные данные о препятствиях, а также алгоритмы построения безопасных маршрутов для МГН в городской инфраструктуре. Своевременное обновление базы данных объектов, участвующих в расчете алгоритмов построения маршрутов, требует интеграции нескольких методов сбора и актуализации многомерных данных.

Анализ существующих картографических и навигационных систем для маломобильных групп населения

В последние годы для маломобильных групп населения появились специализированные картографические сервисы, которые можно условно разделить на три направления:

- краудсорсинговые карты доступности объектов;
- сервисы маршрутизации с учетом уклона местности;
- федеральные, региональные и муниципальные проекты по информированию о доступной среде для МГН.

Одним из известных решений, ориентированных на маломобильных пользователей, является платформа Wheelmap. Это краудсорсинговая онлайн-карта, функционирующая на основе OpenStreetMap, где добровольцы могут отмечать степень доступности различных мест для людей на инвалидных колясках. На платформе с 2010 г. были накоплены сведения о более чем 800 тысячах объектов (кафе, библиотеки, общественные здания и др.), расположенных преимущественно в Европе. Доступность каждого объекта обозначается цветом: зеленый – полностью доступно, оранжевый – частично доступно, красный – недоступно для колясочников [5]. К недостаткам Wheelmap можно отнести фокус на стационарных точках интереса, без учета доступности маршрутов между ними. Сервис не прокладывает путь, а лишь информирует об отдельных локациях. Кроме того, полнота и актуальность данных целиком зависят от активности волонтеров.

Второе используемое в мире техническое решение – OpenRouteService (ORS) Map Client, которое поддерживает построение маршрутов для различных категорий пользователей, включая велосипедистов, пешеходов и людей на инвалидных колясках [6]. Эта система прокладывает маршруты с использованием данных OpenStreetMap с учетом специальных требова-

ний к безбарьерности, к которым относятся ограничение на максимальный уклон пути, высота бордюров, тип поверхности и отсутствие лестниц по пути следования.

ORS фильтрует дорожный граф, оставляя только те тротуары и дороги, которые помечены как доступные. Одним из полезных инструментов является отображение легенды карты, где можно увидеть перепады высот и типы дорог, такие как улицы, дороги, пешеходные дорожки, отмеченные разными цветами. Пример построения маршрута представлен на рис. 1.

Несмотря на все функциональные возможности сервиса, на практике эффективность ORS значительно ограничена качеством исходных данных. Кроме того, сервис не способен учитывать временные и динамические препятствия, возникающие в городской среде. Так, платформа не отображает сведения о краткосрочных ограничениях, например, перекрытиях тротуаров и пешеходных переходов. OpenRouteService демонстрирует техническую реализуемость безбарьерной маршрутизации, но не решает проблему своевременной актуализации и полноты данных, а также ограничивается построением маршрутов только для одной категории МГН.



Рис. 1. Пример построения маршрута средствами сервиса OpenRouteService

Одним из наиболее масштабных российских проектов, направленных на информирование о среде для МГН, является «Карта доступности» [7]. На карте для каждого объекта указывается уровень физической доступности, например, наличие пандуса, ширина дверных проемов, доступный вход для колясочников, санитарные комнаты, лифты и пр. Ресурс предоставляет справочную информацию, потенциально полезную для предварительного планирования посещения конкретных учреждений и общественных пространств. Однако «Карта доступности» не реализует построение маршрутов между объектами и не учитывает барьеры городской среды в таких зонах, как тротуары, пешеходные переходы, лестницы или временно перекрытые участки [8].

Концептуальная схема работы геоинформационной системы доступности городской инфраструктуры

Геоинформационная система (ГИС) доступности городской инфраструктуры для маломобильных групп населения должна поддерживать процесс сбора, накопления и верификации данных, а также предоставлять актуальную информацию пользователям посредством многомерной карты доступности. Для реализации такого функционала ГИС разделена на несколько компонентов [9]:

- база данных для хранения пространственных, временных и тематических данных;
- сервер обработки запросов пользователей, включающий модуль обработки входящих данных, модуль расчета маршрутов и систему визуализации;
- пользовательский веб-интерфейс и мобильное приложение;
- служебный веб-интерфейс для муниципальных служб.

Центральным элементом ГИС для маломобильных групп населения является база данных (БД), содержащая информацию обо всех релевантных объектах городской среды, влияющих на доступность городской территории. База данных должна включать как статические, так и динамические данные, отра-

жающие временные ограничения, к которым относятся дорожные работы, сезонные препятствия, ремонт инженерных сетей.

Серверная часть ГИС включает модуль обработки входящих данных, модуль расчета маршрутов и систему визуализации. Первый отвечает за прием и запись новых сведений в базу, проверку их корректности, а также распространение обновлений на клиентские приложения. Второй модуль рассчитывает оптимальные пути с учетом дорожного графа и параметров, выбранных пользователем. Система визуализации предоставляет каждой группе пользователей свой набор картографической информации, актуальный для их потребностей.

Веб-интерфейс и мобильное приложение обеспечат пользователям возможность просматривать актуальную карту доступности с учетом своего профиля МГН, прокладывать маршруты с обходом барьеров и вносить новые данные о препятствиях или изменениях в городской инфраструктуре. При этом мобильное приложение должно поддерживать индивидуальные настройки режимов контрастности интерфейса для слабовидящих пользователей, а также предусматривать голосовой профиль, включающий синтез речи и голосовое сопровождение маршрутов, что обеспечит доступность сервиса для людей с различными видами нарушений зрения.

Взаимодействие муниципальных служб и органов городской инфраструктуры в системе функционирования ГИС реализуется через обмен официальной информацией о планируемых и текущих работах. Муниципалитеты, как правило, формируют планы проведения дорожных, ремонтных или иных мероприятий, способных временно ограничить доступность отдельных участков городской среды для маломобильных граждан. Данные о таких работах оперативно передаются в профильные службы, которые через специализированный служебный веб-интерфейс должны иметь возможность вносить сведения о планируемых и внеплановых перекрытиях. Кроме того, органы государственной власти, управляющие городской инфраструктурой, получают дополнительную информацию из обращений от пользователей, которые вы-

явили незапланированные или ранее не отмеченные на карте перекрытия, препятствия либо повреждения городской среды.

Концептуальная схема функционирования ГИС доступности городской инфраструктуры представлена на рис. 2.

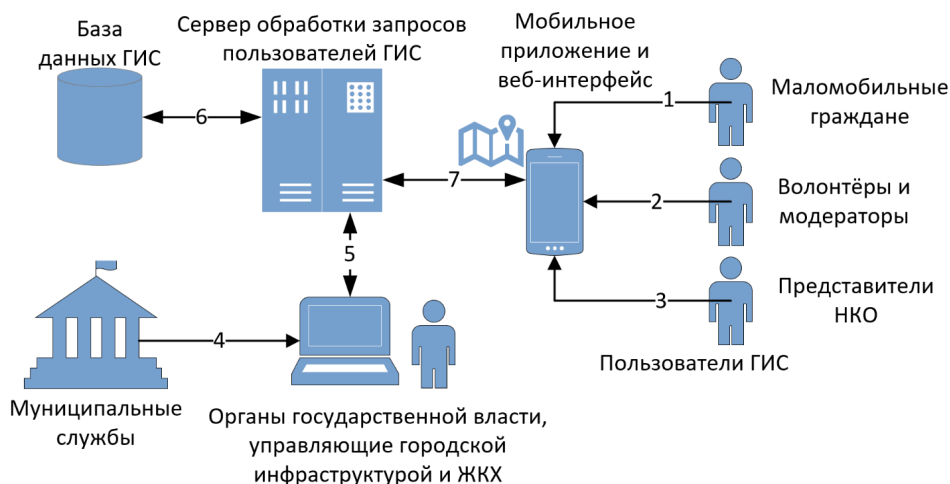


Рис. 2. Концептуальная схема функционирования ГИС доступности городской инфраструктуры

На рис. 2 связи 1, 2, 3 отображают взаимодействие со стороны негосударственных участников системы (МГН, волонтеры, некоммерческие организации).

Связь 1 – передача от маломобильных граждан запроса на построение маршрута или информации о выявленном препятствии в мобильное приложение.

Связь 2 – внесение волонтерами и модераторами сведений об объектах доступности и препятствиях, а также подтверждение или опровержение пользовательских сообщений посредством мобильного приложения.

Связь 3 – предоставление представителями некоммерческих организаций (НКО) экспертной информации и проведение независимой верификации поступающих данных, а также их актуализация через мобильное приложение.

Связь 4 – поступление от муниципальных служб в органы государственной власти, управляющих городской инфраструктурой, официальных уведомлений о временных ограничениях и перекрытиях.

Связь 5 – обработка поступающих сведений органами государственной власти, управляющими городской инфраструктурой и жилищно-коммунальным хозяйством (ЖКХ) с использованием служебного

интерфейса для контроля и управления актуальностью данных, а также подтверждение ликвидации ранее выявленных препятствий.

Связь 6 – интеграция динамической информации между сервером базы данных ГИС и сервером обработки запросов, обеспечивающая своевременное обновление сведений об объектах инфраструктуры, маршрутах и препятствиях.

Связь 7 – доставка актуальной информации пользователям через мобильное приложение или веб-интерфейс, включая построенные маршруты, уведомления о новых препятствиях и изменениях условий на маршруте.

Определение групп пользователей ГИС доступности городской инфраструктуры

В качестве поставщиков информации в геоинформационной системе выделяются четыре основные группы пользователей, различающиеся по степени приоритета и достоверности предоставляемых сведений. Приоритет присваивается в зависимости от официального статуса и компетентности источника. Максимальный приоритет отведен муниципальным службам, в то время как

информация от волонтеров и общественников проходит дополнительную верификацию.

Следует отметить, что к поставщикам информации также могут относиться маломобильные пользователи, прошедшие авторизацию в мобильном приложении. Описание поставщиков информации для ГИС доступности городской инфраструктуры представлено в табл. 1.

бильные пользователи, прошедшие авторизацию в мобильном приложении. Описание поставщиков информации для ГИС доступности городской инфраструктуры представлено в табл. 1.

Таблица 1

Классификация поставщиков информации

Группа	Приоритет данных	Описание роли
Сотрудники органов городской инфраструктуры и ЖКХ	1	Официальные представители муниципальных и городских служб, ответственные за внесение и актуализацию информации о плановых и внеплановых работах, перекрытиях, состоянии объектов инфраструктуры. Имеют доступ к служебному интерфейсу системы и обеспечивают надежность данных
Представители некоммерческих организаций	2	Сотрудники и активисты некоммерческих организаций, занимающихся вопросами доступности среды для маломобильных граждан. Проводят независимый мониторинг состояния городской среды, подтверждают или уточняют сведения о барьерах
Модераторы	3	Пользователи с расширенными правами, обладающие опытом участия в системе и высоким рейтингом доверия. Отвечают за верификацию, обработку и подтверждение поступающих пользовательских сообщений, предотвращают распространение недостоверных данных
Волонтеры	4	Активные граждане и участники, самостоятельно собирающие и передающие сведения о новых или изменившихся препятствиях, временных ограничениях и доступных маршрутах. Информация от волонтеров проходит последующую проверку модераторами или НКО

В своде правил (СП 59.13330.2020. Свод правил. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. СНиП 35-01-2001. Утвержден и введен в действие Приказом Минстроя России от 30.12.2020 № 904/пр. – URL: <https://client.consultant.ru/site/list/?id=102-5475751>. – Текст: электронный) выделены не-

сколько категорий граждан (М1–М4), которые могут рассматриваться как потенциальные пользователи ГИС доступности городской инфраструктуры.

В табл. 2 приведены требования к городской инфраструктуре по маршруту передвижения для каждой из указанных категорий.

Таблица 2

Категории потребителей информации ГИС доступности городской инфраструктуры для МГН

Категория МГН	Описание группы пользователей	Требования к городской инфраструктуре по маршруту передвижения
М1	Пользователи с незначительными ограничениями подвижности: пожилые граждане, беременные женщины, родители с детскими колясками	Минимальные уклоны, пониженные бордюры, места для отдыха, отсутствие длительных лестниц
М2	Пользователи с нарушением зрения и когнитивными особенностями: слабовидящие, незрячие, лица с нарушением ориентации	Тактильная плитка, звуковые и контрастные ориентиры, хорошее освещение, простые схемы маршрута
М3	Пользователи с нарушениями опорно-двигательного аппарата, передвигающиеся с помощью тростей, костылей, ходунков, протезов	Ровное покрытие, отсутствие скользких участков, наличие поручней, возможность обхода крутых подъемов
М4	Пользователи на инвалидных колясках (ручных или электрических)	Полное отсутствие ступеней, наличие пандусов и лифтов, достаточная ширина проходов, минимальный уклон маршрута, бордюрные съезды

Сбор исходных данных

Для поддержания актуальности данных о доступности городской инфраструктуры для МГН, связанных с временными изменениями среды (перекрытием тротуаров, ремонтными работами, сезонными препятствиями), целесообразно использовать краудсорсинговый подход, привлекая как волонтеров, так и сотрудников муниципальных служб. Гибридные краудсорсинговые платформы, сочетающие пассивный сбор данных с активным участием пользователей, значительно улучшают своевременность и разнообразие обновляемых сведений [10]. Подобная практика уже реализована в крупных цифровых сервисах навигации, таких как Яндекс.Карты и 2ГИС, где любой зарегистрированный пользователь может оставить комментарий о дорожной аварии, перекрытии или ином препятствии, влияющем на транспортные потоки. Аналогичный принцип может быть успешно перенесен и в сферу обеспечения пешеходной доступности. Пользователи мобильного приложения, находясь в непосредственной близости к проблемному участку (например, затопленному пешеходному переходу или перекрытому тротуару), могут оперативно отправить соответствующее уведомление через простой интерфейс сервиса.

Процесс внесения информации пользователями мобильного приложения включает следующие этапы: локализация события и автоматическая геопривязка, фотографическая фиксация, краткое текстовое описание, отправка и обработка сообщения, обновление статуса сообщений.

При обнаружении препятствия или изменившихся условий пользователь выбирает в приложении соответствующий тип события. Приложение автоматически определяет текущие GPS-координаты пользователя, которые прикрепляются к сообщению. Для повышения достоверности сообщения приложение предлагает сделать фотографию выявленного препятствия или барьера. Пользователь может добавить комментарий, уточняющий детали ситуации (например, длительность перекрытия, степень сложности прохождения, наличие альтернативных путей). После внесения всех дан-

ных пользователь отправляет сообщение, которое поступает на сервер системы для дальнейшей автоматической или ручной верификации. Информация о препятствии автоматически отображается на карте, а точка становится «преградой», не позволяющей построить маршрут, однако неподтвержденная точка может быть отключена пользователем МГН при построении маршрута.

Новые объекты или препятствия, добавленные через приложение, получают статус «Ожидает подтверждения» и отображаются на карте с соответствующей отметкой. После проверки модератором, представителем НКО или подтверждения другими пользователями объект получает статус «Подтвержденный».

Обеспечение достоверности вносимых данных

Эффективность системы напрямую зависит от качества и достоверности собираемых данных. Поскольку значительная часть сведений поступает от пользователей через краудсорсинг, необходимы специальные меры, предохраняющие ГИС от недостоверной или ложной информации. Система должна предусматривать многоуровневую проверку их легитимности и механизм доверия к данным.

Первичный реестр объектов (результат этапа каталогизации) заполняется компетентными специалистами или партнерами проекта, они несут ответственность за корректность этих базовых данных. Все последующие обновления делятся на официальные и пользовательские. Официальные поступают от муниципальных служб (например, дорожных организаций), поэтому априори считаются достоверными и принимаются системой без задержки. Пользовательские сообщения требуют верификации. Введение ролей и уровней доступа позволяет управлять этим процессом. Отметки, сделанные уполномоченным представителем НКО или волонтером-модератором с высокой репутацией, могут автоматически считаться проверенными. Напротив, сообщения от нового пользователя должны пройти проверку, прежде чем отображаться всем.

Одним из эффективных способов соблюдения корректности данных, поступающих от пользователей, является исключение возможности ручного ввода критических данных. Пользователь не должен сам указывать координаты или время, это должно осуществляться автоматически по системным данным устройства фиксации (смартфона). Ручная корректировка должна быть доступна только пользователям с высокой репутацией. Обеспечению достоверности заявки также способствует использование встроенной фотокамеры.

Краудсорсинговая модель сама по себе подразумевает определенный уровень саморегуляции. Если на карте открыто показывать недавно добавленные препятствия и давать возможность другим пользователям подтверждать или опровергать их, то сообщество будет «отсеивать» ошибки.

Важнейшим элементом обеспечения достоверности является обратная связь с официальными структурами. Все обращения граждан о серьезных препятствиях должны направляться ответственным организациям, а когда препятствие устранено, службы снимают отметку – тем самым данные актуализируются.

Для повышения устойчивости системы предлагается внедрять элементы стимулирования интереса пользователей – выдачу виртуальных бонусов за добавленные и подтвержденные пользователями объекты. Аналогичная модель доказала свою эффективность в проектах городского наблюдения, включая московскую систему контроля нарушений парковки «Помощник Москвы», российский аналог FixMyStreet [11, 12]. В отечественной системе участникам начисляются баллы, которые можно обменять на бонусы, подарки или пригласительные.

Государственные и коммунальные службы должны иметь приоритетный доступ и возможность уведомлять пользователей о временных ограничениях прямо с официальных аккаунтов, чтобы жители получали наиболее точную и оперативную информацию. Подобная система уже частично реализована ГАТИ Санкт-Петербурга в виде интерактивной карты временных ограничений движения [13].

Визуализация данных о доступности городской инфраструктуры для МГН

Многомерная карта доступности представляет собой специализированную подсистему геоинформационной системы, предназначенную для отображения пространственно-временных данных, важных для навигации маломобильных групп населения. В отличие от традиционных двухмерных или трехмерных карт, многомерная (nD) карта включает несколько измерений (nD), выходящих за пределы обычных пространственных координат [14].

Интеграция временного измерения (T) в модель карты позволяет учитывать изменения условий на маршруте по мере их наступления. Пользователь должен иметь возможность управлять временем как частью визуализации. Например, с помощью интерактивной временной шкалы на интерфейсе можно просмотреть, как менялась или будет меняться доступность маршрутов в течение дня.

При визуализации многомерной карты доступности, в зависимости от потребностей пользователя, система должна учитывать и комбинировать несколько основных тематических слоев, которые также можно рассматривать как отдельные измерения карты [14]. Рассмотрим основные из них.

Покрытие и состояние поверхности – тип дорожного покрытия (асфальт, тротуарная плитка, грунт) и его качество.

Уклон и перепады высот – градус наклона дорожек, высота бордюров, наличие ступеней или пандусов. Эти данные критичны для оценки преодолемости препятствий на пути и физической сложности маршрута [15].

Доступность транспорта и объектов инфраструктуры – сведения о приспособленности остановок, вокзалов, входов в здания; наличие низкопольного транспорта, лифтов, подъемников, широких дверных проемов на маршруте.

Время суток и освещенность – временное измерение, учитывающее изменение условий в разное время дня (ночное освещение улиц, режим работы объектов, уровень людского потока).

Тактильные и сенсорные ориентиры – наличие на маршруте объектов, облегчающих

пространственную ориентацию для людей с нарушениями зрения. В данную категорию входят участки, оснащенные тактильной плиткой, рельефными направляющими, звуковыми светофорами и иными элементами, обеспечивающими сенсорную поддержку.

Временные ограничения – актуальные преграды и условия, такие как дорожные ремонты, временно закрытые участки, погодные условия и другие факторы, снижающие или повышающие доступность маршрутов.

При запуске пользователю предлагается выбрать профиль (M1–M4), в котором заранее определен рекомендуемый набор слоев. Каждый слой соответствует показателям, значимым для конкретных категорий МГН, и интегрирован в общую n-мерную модель карты. Для каждого профиля препятствиям заранее задан весовой коэффициент. При построении маршрута учитывается не только суммарная длина маршрута, но и сумма весовых коэффициентов имеющихся на нем препятствий.

Интерфейс позволит включать или отключать тематические слои карты и применять фильтры, чтобы скрыть неактуальные объекты и акцентировать только релевантную информацию о маршруте.

Заключение

Проведенное исследование подтвердило актуальность задачи создания ГИС, содержащей многомерную карту доступности городской территории для нужд маломобильных групп населения.

На основе проведенного анализа была разработана концептуальная схема функционирования ГИС, в основе которой лежит интеграция пространственных, временных и семантических данных с возможностью их оперативного обновления как через официальные каналы, так и посредством краудсорсинга. Это обеспечит не только полноту и актуальность

информации о доступности городской среды, но и позволит создать сервис, который сможет быстро реагировать на изменения в городской инфраструктуре.

Использование многомерной карты доступности с тематическими слоями и временным измерением предоставит пользователям возможность персонализировать навигационные маршруты в городской среде.

Предложенная система ориентирована на практическое применение и может быть реализована как экспериментальный проект на ограниченной площади, с последующим масштабированием и интеграцией с городскими информационными порталами. Это позволит отработать ключевые технологические решения в реальных условиях, а также сформировать доказательную базу для широкого внедрения системы в городской инфраструктуре.

Предложенные методы сбора и актуализации многомерных данных основаны на использовании официальных источников, краудсорсинговых сообщений и автоматизированной обработки временных атрибутов.

Для реализации данного подхода требуется разработка библиотеки условных обозначений, создание унифицированного каталога препятствий и способов их картографического отображения, а также формализация процедуры внесения и верификации новых данных.

Благодарности

Статья подготовлена в рамках проекта «Разработка геоинформационной системы мониторинга объектов городской инфраструктуры и навигации по городской территории для маломобильных групп населения», реализуемого за счет средств гранта Правительства Новосибирской области молодым ученым (договор № 10-2025-034424 от 09.06.2025).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Егоров Е. В. Формирование безбарьерной городской среды и проблемы трудовой интеграции инвалидов в России. Уровень жизни населения регионов России. 2022. № 4. DOI <https://doi.org/10.19181/lspr.2022.18.4.9> EDN LQJYMV.

2. Скрипкин П. Б., Шаманов Р. С., Михеева Н. А. Существующие проблемы доступной среды маломобильных групп населения в России и странах мира и мероприятия по их устранению. *Молодой ученый*. 2014. № 20 (79). С. 217–220. EDN TBFQCV.
3. Tannert B., Kirkham R., Schöning J. Analyzing accessibility barriers using cost-benefit analysis to design reliable navigation services for wheelchair users. *Human-Computer Interaction – INTERACT 2019. Lecture Notes in Computer Science*. 2019. Vol. 11746. P. 1–22.
4. Курмангулов А. А., Мазунина С. Д., Решетникова Ю. С., Брынза Н. С. Обеспечение доступности навигационных систем медицинских организаций для различных групп населения с позиции бережливого производства. *Research'n Practical Medicine Journal*. 2021;8(1):75-84.
5. Mobasheri A., Deister J., Dieterich H. Wheelmap: the wheelchair accessibility crowdsourcing platform. *Open Geospatial Data, Software and Standards*. 2017. Vol. 2, Article 27.
6. ORS Maps [Электронный ресурс]. URL: <https://maps.openrouteservice.org/> (дата обращения: 30.05.2025).
7. Карта доступности социальных объектов [Электронный ресурс]. URL: <https://zhitvmeste.ru/map/> (дата обращения: 30.05.2025).
8. Пошивайло Я. Г. К вопросу картографирования доступности городской среды. Приложение к журналу *Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка*. Сборник статей по итогам научно-технической конференции. 2019. № 10-1. С. 200-204. EDN SPVLTK.
9. Пошивайло Я. Г. Принципы построения графов доступности при геоинформационном картографировании инфраструктуры населенного пункта. *Цифровая география : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. В 2 т. Пермь, 16–18 сентября 2020 г. Т. 1. Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2020. С. 141–144. EDN HVFBBK.
10. Aburas H., Shahrour I., Sadek M. Leveraging Crowdsourcing for Mapping Mobility Restrictions in Data-Limited Regions. *Smart Cities*. 2024. Vol. 7. P. 2572–2593. DOI <https://doi.org/10.3390/smartcities7050100>.
11. Помощник Москвы [Электронный ресурс]. URL: <https://помощникмосквы.рф> (дата обращения: 30.05.2025).
12. FixMyStreet Platform [Электронный ресурс]. URL: <https://fixmystreet.org> (дата обращения: 30.05.2025).
13. Государственная административно-техническая инспекция [Электронный ресурс]. URL: www.gati-online.ru (дата обращения: 30.05.2025).
14. Бугаков П. Ю., Кацко С. Ю., Бугакова Т. Ю. [и др.]. Сущность и тенденции развития многомерной картографии. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2024. № 12 (150). URL <https://research-journal.org/archive/12-150-2024-december/10.60797/IRJ.2024.150.94> (дата обращения: 22.06.2025). DOI 10.60797/IRJ.2024.150.94.
15. Цилинченко А. А., Пошивайло Я. Г. Создание карты доступности городской территории для маломобильных групп населения. *Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVII Междунар. науч. конгр., 19–21 мая 2021 г., Новосибирск : сб. материалов в 8 т. Т. 1 : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»*. Новосибирск : СГУГиТ, 2021. С. 218–224. DOI 10.33764/2618-981X-2021-1-218-224. EDN VXOXQN.

REFERENCES

1. Egorov, E. V. Formation of a barrier-free urban environment and problems of labor integration of persons with disabilities in Russia. *Uroven' zhizni naseleniya regionov Rossii. [Living Standards of the Population in the Regions of Russia]*. 2022, No. 4. DOI: <https://doi.org/10.19181/lsprr.2022.18.4.9> EDN: LQJYMV [in Russian].
2. Skripkin, P. B., Shamanov, R. S., Mikheeva, N. A. Existing problems of accessible environment for people with limited mobility in Russia and worldwide and measures for their elimination. *Molodoy uchenyy [Young Scientist]*. 2014, No. 20(79), pp. 217–220. EDN: TBFQCV [in Russian].

3. Tannert, B., Kirkham, R., Schöning, J. Analyzing accessibility barriers using cost-benefit analysis to design reliable navigation services for wheelchair users. *Human-Computer Interaction – INTERACT 2019. Lecture Notes in Computer Science*. 2019, Vol. 11746, pp. 1–22.
4. Kurmangulov, A. A., Mazunina, S. D., Reshetnikova, Yu. S., Brynza, N. S. Ensuring accessibility of medical navigation systems for various population groups from the standpoint of lean production. *Research'n Practical Medicine Journal*. 2021, Vol. 8, No. 1, pp. 75–84 [in Russian].
5. Mobasheri, A., Deister, J., Dieterich, H. Wheelmap: the wheelchair accessibility crowdsourcing platform. *Open Geospatial Data, Software and Standards*. 2017, Vol. 2, Article 27.
6. ORS Maps. Retrieved from: <https://maps.openrouteservice.org/> (accessed 30.05.2025).
7. Social Facilities Accessibility Map. Retrieved from: <https://zhit-vmeste.ru/map/> (accessed 30.05.2025) [in Russian].
8. Poshyvailo, Ya. G. On the issue of mapping urban environment accessibility. *Supplement to the Journal "Izvestiya Vuzov. Geodeziya i Aerofotos'emka" [Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'yemka. Sbornik statey po itogam nauchno-tekhnicheskoy konferentsii.]*. 2019, No. 10-1, pp. 200-204. EDN SPVLTK [in Russian].
9. Poshyvailo, Ya. G. Principles of constructing accessibility graphs in GIS mapping of settlement infrastructure. *Tsifrovaya geografiya: Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezh-dunarodnym uchastiyem [Digital Geography: Proceedings of the All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation.]* 2020, Vol. 1, pp. 141–144. EDN HVFBBK [in Russian].
10. Aburas, H., Shahrour, I., Sadek, M. Leveraging crowdsourcing for mapping mobility restrictions in data-limited regions. *Smart Cities*. 2024, Vol. 7, pp. 2572–2593. DOI 10.3390/smartcities7050100.
11. Moscow Assistant. Retrieved from: <https://помощникмосквы.рф> (accessed 30.05.2025) [in Russian].
12. FixMyStreet Platform. Retrieved from: <https://fixmystreet.org> (accessed 30.05.2025).
13. State Administrative and Technical Inspection. Retrieved from: <http://www.gati-online.ru> (accessed 30.05.2025) [in Russian].
14. Bugakov, P. Yu., Katsko, S. Yu., Bugakova, T. Yu., et al. Essence and trends in multidimensional cartography. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. [International Research Journal]*. 2024, No. 12 (150). DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.94> [in Russian].
15. Tsilichenko, A. A., Poshyvailo, Ya. G. (2021). Creating an accessibility map of urban areas for people with limited mobility. *Interexpo Geo-Sibir' [Interexpo Geo-Siberia]* pp. 218–224, DOI 10.33764/2618-981X-2021-1-218-224 [in Russian].

Об авторах

Никита Сергеевич Головачев – аспирант кафедры картографии и геоинформатики.

Петр Юрьевич Бугаков – кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики.

Алексей Александрович Колесников – кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики.

Author details

Nikita S. Golovachev – Ph. D. Student, Department of Cartography and Geoinformatics.

Peter Yu. Bugakov – Ph. D., Associate Professor, Department of Cartography and Geoinformatics.

Alexey A. Kolesnikov – Ph. D., Associate Professor, Department of Cartography and Geoinformatics.

Получено / Received 24.06.2025

Поступила после рецензирования / Revised 29.09.2025

Принята к публикации / Accepted 06.11.2025