

## Проблемы геоинформационного моделирования доступности инфраструктуры мегаполиса для маломобильных групп населения

*А. А. Цилинченко<sup>1</sup>\**

<sup>1</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

\* e-mail: sc\_nastia@mail.ru

**Аннотация.** Задача развития доступности инфраструктуры населенных пунктов для маломобильных групп населения до сих пор остаются актуальными в Российской Федерации. На решение этой задачи направлена государственная программа Доступная среда, которая действует в нашей стране с 2011 года. Картографо-геодезическая отрасль может и должна внести свой вклад в реализацию программы, поскольку пространственно-координированная информация о доступности территории позволяет визуализировать и оценивать ее текущее состояние, намечать оптимальные пути решения проблемы доступности, строить маршруты при планировании перемещения маломобильных граждан по городу. Автором предлагается использовать методы мобильного лазерного сканирования для получения цифровой модели обследуемого маршрута передвижения. Представлена технологическая схема построения геоинформационной модели доступности территории с применением методов трехмерного лазерного сканирования.

**Ключевые слова:** доступная среда, геоинформационная модель, сбор геопространственных данных, трехмерное лазерное сканирование

## Problems of geoinformation modeling of metropolis infrastructure accessibility for people with limited mobility

*A. A. Cilichenko<sup>1</sup>\**

<sup>1</sup> Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

\*e-mail: sc\_nastia@mail.ru

**Annotation.** The accessibility of the infrastructure of settlements for low-mobility groups of the population still remain relevant in the Russian Federation. The state program Accessible Environment, which has been operating since 2011, is aimed at solving this problem. The cartographic and geodetic industry can and should contribute to the implementation of the program, since spatially coordinated information about the accessibility of the territory allows you to visualize and assess the current state of the territory, outline optimal ways to solve the problem of accessibility, build accessible routes when planning the movement of citizens around the city. The author suggests using the methods of mobile laser scanning to obtain a digital model of the surveyed travel route. A technological scheme for constructing a geoinformation model of the accessibility of the territory using three-dimensional laser scanning methods is presented.

**Keywords:** accessible environment, geoinformation model, geospatial data collection, three-dimensional laser scanning

### *Введение*

Обеспечение доступности инфраструктурных элементов для маломобильных групп населения было и остается насущной проблемой любого мегаполиса. Для перемещения по городу человеку необходимо преодолевать большие рас-

стояния, и для граждан с ограничениями мобильности это бывает особенно трудным. На возможность перемещения человека с ограниченными возможностями влияет множество факторов городской среды, таких как наличие безопасных пешеходных переходов, материал покрытия тротуаров, препятствия на дорогах и многое другое – все это необходимо учитывать при планировании перемещения.

Геоинформационное моделирование состояния доступной инфраструктуры позволит оценить текущее состояние территории, наметить оптимальные пути решения выявленной проблемы, вычислить маршруты при планировании перемещения маломобильных граждан по городу [1–5]. Сложность такого моделирования заключается в необходимости обследования больших участков территории и затем постоянного мониторинга происходящих изменений. Поэтому необходимо исследовать существующие возможности автоматизации и формализации измерений и моделирования.

### *Методы и материалы*

Для того, чтобы построить геоинформационную модель доступности, необходимо исследовать следующие характеристики территории:

- покрытие пешеходных дорожек, тротуаров и пандусов;
- уклон тротуара/пандуса;
- ширину тротуара;
- препятствующие объекты;
- пешеходные переходы;
- регулируемость пешеходных переходов;
- проходы в ограждениях.

В настоящее время сбор пространственных данных для геоинформационного моделирования может осуществляться следующими способами: визуальное обследование, оцифровка картографических материалов, тахеометрическая съемка, трехмерное лазерное сканирование, дистанционное зондирование и методы глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), [6–9]. Перечисленные способы отличаются требованиями к оборудованию, составу исполнителей, точностными характеристиками, стоимостью и сроками проведения измерений. Также в качестве исходных пространственных данных можно использовать открытые картографические данные, с таких ресурсов, как OpenStreetMap. Непространственные данные хранятся в различных статистических и служебных источниках, например, в паспортах доступности зданий и сооружений.

На этапе проектирования базы геоданных необходимо определить, каким образом представить перечисленные характеристики в геоинформационной системе, определить тип пространственной локализации каждого из объектов в ГИС и структуру атрибутивных данных [10, 11].

В качестве ГИС-оболочки в текущих условиях, на наш взгляд, целесообразно выбирать ПО с открытым исходным кодом – QGIS – свободная, бесплатная кроссплатформенная геоинформационная система, позволяющая управлять геоданными, отображать, редактировать и анализировать их, а также создавать ма-

кеты карт. Благодаря интеграции с GRASS, ГИС обладает мощным аналитическим функционалом.

Программное обеспечение QGIS может быть использовано для построения геоинформационной модели доступности инфраструктуры населенного пункта, так как оно:

- является бесплатным и находится в свободном доступе;
- поддерживает работу как с векторными, так и с растровыми данными;
- позволяет работать со стилями и подписями;
- имеет возможность построения таблиц атрибутов для данных созданных объектов карты и калькулятором полей;
- предоставляет широкую библиотеку модулей, в которой есть модуль «Поиск кратчайшего пути», используемый при составлении маршрутов по заданным данным;
- может быть использовано для экспорта данных в map-файл и публикации его в сети Интернет, используя установленный веб-сервер Mapserver.

### ***Результаты***

В настоящее время особый интерес представляют методы трехмерного лазерного сканирования. Разновидностями лазерного сканирования являются наземное, мобильное и воздушное (лидарная съемка). При воздушном лазерном сканировании производится съемка больших территорий до нескольких сотен квадратных км. При наземном – до нескольких сотен гектаров. Мобильное лазерное сканирование предназначено для маршрутной съемки (по 100 метров) [12, 13].

В отличие от других геодезических методов, где определяются координаты отдельных точек, в лазерном сканировании при выполнении измерений получается облако точек.

Достоинства: достигается высокая плотность измерений, расстояние между точками облака 3–5 см. Высокая точность. Работу может выполнять 1 наблюдатель.

Мобильное лазерное сканирование представляет большой интерес в связи с появлением в смартфонах последнего поколения лазерного дальномера, который измеряет глубину сцены и позволяет создавать трехмерную модель в высоком разрешении, которая перестраивается мгновенно при повороте камеры.

Исходя из теоретических исследований нами предлагается следующая последовательность этапов получения геоинформационной модели доступности (рис. 1).

На первом этапе разрабатывается структура базы данных. Для построения маршрута в QGIS нами были выбраны следующие атрибуты: название, ширина, уклон, препятствие.

Второй этап – составление географической основы. В качестве географической основы для геоинформационной модели использована открытая база картографических данных OpenStreetMap. Данные базы использованы в качестве общегеографической основы – растровой «подложки» для наложения тематической информации.

Основную информацию о степени доступности элементов инфраструктуры населенных пунктов получают путем полевых исследований и камеральной обработки справочных материалов. Рассмотрим процесс сбора полевых данных и обработки данных съемки мобильного лазерного сканирования.

Разработка принципиальной схемы создания картографического произведения по теме магистерской диссертации

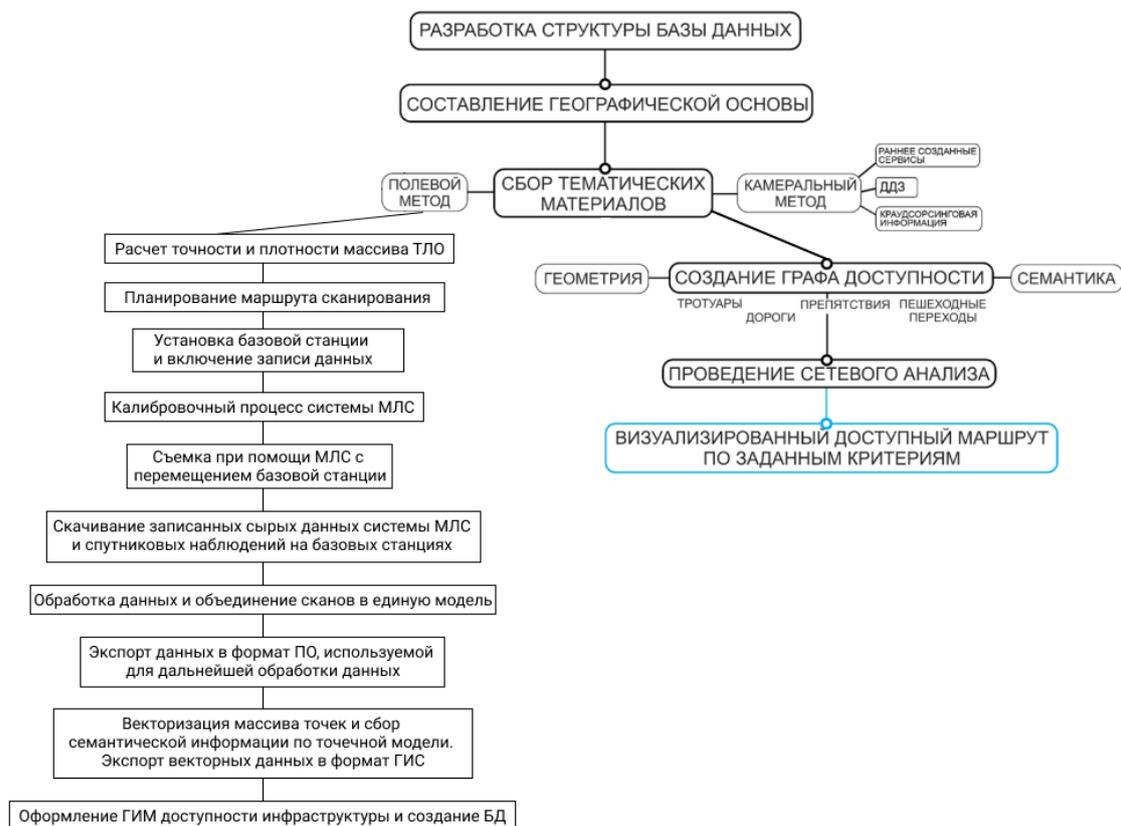


Рис. 1. Технологическая схема создания геоинформационной модели доступности территории с помощью мобильного лазерного сканирования

Перед началом съемок с использованием мобильного лазерного сканера необходимо рассчитать точность и плотность массива точек лазерного отражения (ТЛО).

Также, в начале важно запланировать маршрут на основе спутниковых снимков и картографических материалов и разделить маршрут на короткие участки. На этом этапе подготавливается абрис для занесения семантических данных самим наблюдателем (пешеходные переходы, препятствия на дороге и т.д.).

Следующий этап – установка базовых станций. Так как требуется съемка протяженных участков дорог, целесообразно сканирование от одной станции. Сначала спутниковый приемник устанавливается в центре первого участка и включается запись данных.

Перед началом сбора данных важно провести калибровочный проезд, который позволит проверить работоспособность МЛС.

После проведения подготовительных этапов можно начинать проведение съемки. Чаще всего, мобильный лазерный сканер устанавливается на автомобильное или водное транспортное средство. Мы же используем другой метод – закрепление сканера в рюкзаке, для съемки местности пешим ходом. Необходимость этого метода заключается в том, что автомобиль не в состоянии проехать все участки местности, где способен пройти человек.

Съемка проводится в прямом и обратном направлении, начиная от установленной базовой станции. После того как съемка первого участка завершена, необходимо перенести базовую станцию на следующий участок, включить запись данных и повторить все действия съемки. Таким образом нужно провести съемку всего запланированного участка дороги.

После завершения съемки сырые данные, записанные в процессе съемки, и спутниковые наблюдения на базовых станциях скачивают на персональный компьютер для дальнейшей обработки.

Далее облака точек и снимки, полученные во время сканирования, обрабатывают в специализированных программах. Также на этом этапе отсканированные данные объединяют в единую модель.

Объединенные сканы экспортируют в формате, в котором будет проводиться обработка данных лазерного сканирования в специализированном ПО. Во время обработки данных производят векторизацию массива точек и сбор по точечной модели семантической информации для ГИМ доступности инфраструктуры. Обработанные данные экспортируют в формат ГИС.

На последнем этапе полученные данные импортируют в ГИС-программу для создания базы данных и оформления геоинформационной модели [14–18].

Камеральный метод сбора данных включает в себя работу с информационными источниками. При сборе информации о доступности инфраструктуры населенных пунктов такими источниками, в первую очередь, являются раннее созданные сервисы и приложения доступной среды.

Для обновления и создания картографических произведений могут активно использоваться данные дистанционного зондирования. Космические снимки дают актуальное и генерализованное, обзорное изображение с высокой детальностью. Важно отметить, что прежде чем использовать все эти данные, необходимо проверить достоверность источника, его официальный статус, и узнать, насколько он актуален на данный момент.

При поиске и обработке данных в камеральных условиях можно также выделить краудсорсинговую информацию – информацию, предоставленную самими пользователями на добровольной основе для усовершенствования какого-либо проекта. Именно краудсорсинговая информация может на постоянной основе помогать совершенствоваться и обновлять данные карты доступности.

После сбора тематических данных можно приступить к созданию графа доступности. Каждому значению атрибута графа дорог присваивается одно из значений – 0, 1 или 2, где 0 означает, что данная часть дороги недоступна для сво-

бодного передвижения человеку с ограничениями здоровья, 1 – передвижение доступно, но с некоторыми сложностями, 2 – дорога абсолютно доступна для передвижения.

Числовые значения 0, 1 и 2 необходимы для расчета доступного маломобильным гражданам маршрута передвижения с учетом всех условий. Данный расчет проведен при помощи модуля сетевого анализа, установленного в программе QGIS – «Поиск кратчайшего пути (от точки до точки)».

Результатом работы является визуализированный доступный маршрут передвижения человека с ограниченными возможностями по населенному пункту.

### *Заключение*

Целью дальнейших исследований является апробация предложенной технологии. Для этого необходимо провести сбор геопространственных данных путем мобильного лазерного сканирования и обработать данные съемки, чтобы получить возможность определения атрибутов для построения доступных маршрутов в камеральных условиях – уклон, ширину и препятствия на дороге.

Однако, даже лазерное сканирование не позволит учесть все факторы доступности. При создании геоинформационной модели невозможно исключить полевой сбор информации волонтерами. При создании мобильного навигационного приложения можно реализовать функцию добавления графической информации о состоянии дорог самими пользователями. Единый картографический сервис с возможностью построения доступных маршрутов для разных категорий маломобильных граждан, учетом пожеланий и комментариев самих пользователей, поможет упростить жизнь людей с ограниченными возможностями в городской среде [20].

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бобков А.С. Обзор способов оптимизации графа дорожной сети в задаче маршрутизации. Журнал «Научному прогрессу – творчество молодых», 2017. №3. – С. 59–61.
2. Пошивайло Я.Г. К вопросу картографирования доступности городской среды. Сборник статей по итогам научно-технических конференций. – 2019. – №10. – С. 200–204.
3. Семчугова Е.Ю. Логистическая оценка доступности объектов для маломобильных групп населения. Вестник Тихоокеанского государственного университета, 2012. – С. 83–90.
4. Хатоум Т. С. Исследование методов обработки и моделирования геопространственных данных на основе геоинформационных систем и технологий. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Новосибирск. 2008 – 145 с.
5. Хахулина Н.Б., Пузанов В.В., Марчук К.А. Особенности сбора геопространственных данных для получения 3d модели городской территории на примере г. Мичуринск. Журнал «Модели и технологии приборостроения», 2019. №1(8). – С. 110–117.
6. Брынь М.Я., Баширова Д.Р. Сравнительная оценка эффективности мобильного лазерного сканирования и аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов при съемке автомобильных дорог. Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2021. № 3. С.20–27.
7. Горобцов С.Р., Обиденко В.И. Геодезические методы для создания единого геоинформационного пространства. Интерэкспо ГЕО-Сибирь, 2019. №1. – С. 173–183.
8. Горобцов С.Р., Чернов А.В. Трехмерное моделирование и визуализация городских территорий с использованием современных геодезических и программных средств. Вестник

СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2018. № 4. С.165–179.

9. Позняк И.И., Полторак А.В., Артемьева Г.С. Сбор геодезических данных методами лазерного сканирования и фотограмметрии. Журнал «Славянский форум», 2017. №2(16). – С. 134–140.

10. ГОСТ Р 52055-2003 Геоинформационное картографирование. Пространственные модели местности. Общие требования.

11. СП 140.13330.2012 Городская среда. Правила проектирования для маломобильных групп населения (с Изменением N 1): дата введения 01.07.2013 / ОАО «ЦНИИЭП жилища» – Изд. официальное. – Москва, 2013. – 62 с.

12. Егоров И.А., Барихин В.И., Говердовская Л.Г. Технология мобильного лазерного сканирования. Журнал «Тенденции развития науки и образования», 2020. №61-15. – С. 66–69.

13. Середович В.А., Середович А.В., Иванов А.В. Способ определения неровности поверхности дорожного полотна. Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2017. Т.22, № 3. С.33–44.

14. Комиссаров А. В. Теория и технология лазерного сканирования для пространственного моделирования территорий. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Новосибирск. 2015 – 278 с.

15. Кузнецов А.О. Современные системы мобильного лазерного сканирования и особенности их применения на автомобильных дорогах. Журнал «Дороги и мосты», 2019. №2(42). – С. 56–76.

16. Середович В.А., Середович А.В., Середович С.В., Ткачева Г.Н. Способ получения, обработки и отображения геопространственных данных в формате 3D с применением технологии лазерного сканирования. Патент на изобретение № RU 2591173 С1. – 2016.

17. Цветков В.Я., Андреева О.А. Геоинформационное моделирование объектов транспортной инфраструктуры по данным мобильного лазерного сканирования. Журнал «Известия высших учебных заведений: геодезия и аэрофотосъемка». – 2020. – №64. – С. 354–360.

18. Черней И.В., Харичкова М.С., Гладошева О.В. Распознавание объектов дорожной инфраструктуры городской улицы по данным мобильного лазерного сканирования в программе 3D-скан. Материалы V Всероссийской межвузовской конференции. Санкт-Петербург. – 2021. – С. 54–57.

19. Каркокли Х.М. Разработка методики предварительной обработки данных мобильного лазерного сканирования. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Новосибирск. 2022 – 116 с.

20. Наберушкина Э.К., Сорокина Н.В. Картографирование доступности городской среды: аспекты социального неравенства. Исследований социальной политики. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». Т. 10. № 1. С. 27–42.

© А. А. Цилинченко, 2022