

СИСТЕМА СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ С GPS-ТРЕКЕРА

SYSTEM FOR COLLECTING
AND ANALYZING DATA
FROM A GPS TRACKERL. Bilgaeva
G. Suvorov

Summary: The article proposes a system for collecting and analyzing data from a GPS tracker for the Android operating system. The implementation of the system is based on the integration of a mobile application for data collection on the Android platform with a desktop application on the Windows platform through a shared file data storage on Google Disk.

Keywords: GPS tracker, Mercator projection, WGS84 system, data analysis.

Бильгаева Людмила Пурбоевна

Доцент,

ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный
университет технологий и управления»

bilgaeval@mail.ru

Суворов Григорий Николаевич

ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный
университет технологий и управления»

grisha0342@gmail.com

Аннотация. В статье предложена системы сбора и анализа данных с GPS-трекера для операционной системы Android. Реализация системы выполнена на основе интеграции мобильного приложения по сбору данных на платформе Android с десктопным приложением на платформе Windows через общее файловое хранилище данных на Google Disk.

Ключевые слова: GPS-трекер, проекция Меркатора, система WGS84, анализ данных.

Введение

В современном цифровом мире широко используются в различных сферах деятельности, таких как картография, геодезия, транспортный мониторинг, сотовая связь, авиация и мореходство навигационную систему GPS (Global Positioning System). Она разработана в 1973 году для решения задач обороны и национальной безопасности США. Для работоспособности данной системы используются сеть спутников, охватывающих весь земной шар, и модуль GPS-трекера, позволяющий получать и перенаправлять запросы. GPS-трекер представляет собой портативный модуль, который встраивается практически во все современные устройства такие, как смартфоны, смарт-часы, навигаторы, смарт-браслеты. Основным его назначением является отслеживание и сбор данных о местоположении и скорости передвижения объекта в режиме реального времени [1].

К преимуществам использования системы GPS относятся такие характеристики, как простота использования; дешевизна поддерживаемых устройств; глобальный охват; высокая точность определения местоположения объекта; круглосуточное определение координат объектов в любой точке земного шара при любых погодных условиях [2].

Использование технологии GPS на территории Российской Федерации должно соответствовать статье 138.1 УК РФ — незаконный оборот специальных технических средств, предназначенных для негласного получения информации. К данной статье относятся некоторые виды немаркированных GPS-трекеров, которые могут использоваться для негласного получения информации. Из примечания следует, что телефоны, навигаторы и по-

добные портативные виды техники по закону разрешены, и не сертифицируются как специальное техническое средство [3].

В данной работе решается задача создания системы сбора и анализа данных с GPS-модуля смартфона, работающего на платформе ОС Android. Такая система позволит сохранять и обмениваться данными, а также создать компьютерные системы для построения различных графиков на основе сгенерированных метаданных для решения задачи анализа данных.

В процессе проведенных исследований был выполнен обзор существующих решений на основе ОС Android, который приведен в таблице 1 [4-9].

Анализ таблицы показывает, что наиболее удобным для обычного пользователя является решение Tracklia, а наиболее функциональным Strava. Однако существующие недостатки этих систем в современных условиях не позволяют использовать их на территории нашего государства.

Поэтому возникла необходимость создания собственной системы сбора и анализа данных с GPS-трекера на платформе ОС Android.

Основные теоретические положения

В основе любого GPS-навигатора лежит обычный приемник, работающий на фиксированной частоте и постоянно «прослушивающий» сигналы, передаваемые этими спутниками. Каждый из спутников постоянно излучает радиосигнал, в котором содержатся данные о параметрах его орбиты, состоянии бортового оборудования и о

Таблица 1.

Существующие решения на платформе Android

№ п/п	Решение	Платформа	Функционал	Достоинства	Недостатки
1	Strava	Android/ IOS	Отслеживание движения Анализ Рейтинг пользователей	Трекинг тренировки Рейтинг пользователей Низкий расход батареи Удобный интерфейс.	Не доступен в России Экспорт GPX файлов только через сайт Платные функции
2	Huawei Health	Android	Отслеживание движения Анализ	Трекинг тренировки Рейтинг пользователей	Нельзя выгрузить данные в формате GPX. Вес приложения Платный функционал
3	Nike Run Club	Android/ IOS	Отслеживание движения, Анализ Экспортирует GPX файлы	Удобный интерфейс. Бесплатное приложение	Скудная аналитика Платный функционал
4	Adidas Running	Android IOS	Отслеживание движения Анализ Рейтинг пользователей	Бесплатное приложение Удобный интерфейс Рейтинг пользователей	Нельзя выгрузить данные в формате GPX. Платный функционал
5	Google Fit	Android	Отслеживание движения. Экспортирует GPX файлы	Бесплатное приложение Оптимизация Простота использования	Много рекламы Платные функции
6	Tracklia	Android	Построение маршрутов Отслеживание местоположения. Экспортирует GPX файлы	Простота использования Удобный интерфейс Отсутствие рекламы	Низкая информативность полученных данных Платные функции

точном времени. Данные о точном бортовом времени являются наиболее важными: GPS-приемник с помощью встроенного процессора вычисляет промежуток времени между посылкой и получением сигнала, таким образом, вычисляется местоположение.

Система спутников работает как классическая диаграмма кругов Эйлера, с пересечением 3-х осей спутников. Зная расстояние до трех спутников, можно определить текущее местоположение, как точку пересечения трёх окружностей. Расстояние до спутников определяется по формуле

$$R = t \times c, \quad (1)$$

где t — время получения сигнала от спутника до GPS-трекера, c — скорость света [10].

Основой работы GPS-маячка является использование двух различных модулей связи — GPS и GPRS. Система GPS покрывает около 99 % поверхности земного шара, что дает возможность отслеживать местоположение трекера практически в любом месте планеты. Данные о нахождении и перемещениях передаются на приемное устройство через канал GPRS. Для записи трека можно использовать обычные GPS-приемники или смартфоны с GPS-модулем. При использовании GPS-приемника необходимо действовать согласно инструкции. А в случае использования смартфона требуется предварительная

установка специального программного обеспечения, которое позволит экспортировать записанные треки в файл для последующей передачи на компьютер [11].

Согласно стандарту GPS-трекеры используют геодезическую или эллипсоидную систему координат. Геодезические координаты — это величины, два из которых характеризуют направление нормали к поверхности отсчетного эллипсоида в данной точке пространства относительно плоскостей его экватора и начального меридиана, а третий представляет собой высоту точки над поверхностью отсчетного эллипсоида.

Самым популярным в наши дни эллипсоидом, предназначенным для составления общемировых карт, является мировая геодезическая система 1984 г. WGS-84 (World Geodetic System 84). Она определяет трехмерную систему координат для позиционирования на земной поверхности относительно центра масс Земли, погрешность составляет менее 2 см. Классическая равноугольная цилиндрическая проекция Меркатора применяется к соответствующему эллипсоиду. Так, например, сервис Яндекс.Карты использует эллиптическую WGS-84 проекцию Меркатора [12].

Физическая ориентация осей X , Y , Z в WGS84 определялась координатами на пяти контрольных станциях навигационной спутниковой системы GPS (Колорадо, Гавайи, Асаньон, Диего-Гарсия, Атопл Квалдалейн) [13].

В основе этой системы лежит понятие датума. Он задается смещением эллипсоида по осям: X , Y , Z , а также поворотом декартовой системы координат в плоскости осей на угол rX , rY , rZ . Ко всему прочему нужно знать параметры референц-эллипсоида:

Коэффициент сжатия эллипсоида вычисляется по формуле.

$$f = (a - b)/a, \quad (2)$$

где a — размер большой полуоси, b — размер малой полуоси, f — сжатие эллипсоида.

Существуют два типа датумов — геоцентрический (глобальный) и локальный. Геоцентрический датум использует центр массы Земли в качестве начала отсчета. Начало отсчета системы координат для локального датума сдвинуто относительно центра Земли. Локальный датум изменяет положение эллипсоида так, чтобы наиболее близко совместить его поверхность с нужной областью. Локальный датум не следует применять вне области, для которой он был разработан. Несмотря на то, что система WGS84 работает с 1984 года, она продолжает развиваться. В 2002 году выпущена последняя актуальная версия WGS84 в которой были внесены изменения, позволяющие достичь высокой точности определения координат (X , Y , Z), и вычисления геодезических высот над уровнем сфероида (H). На данный момент эллипсоид физически привязан к поверхности земли [14].

Смартфон является наиболее распространённым устройством с поддержкой GPS. GPS-модуль в смартфоне является приемником, который не способен автономно передавать сигналы. Передача полученных данных может осуществляться только через Интернет. Следовательно, с помощью GPS-модуля смартфон не может секретно отправлять полученные координаты в различные организации. Определение местоположения происходит, благодаря пересечению трёх окружностей подключённых спутников с известным расстоянием до объекта.

На данный момент наибольшую популярность среди смартфонов имеют аппараты с операционной системой Android. Эта система имеет встроенную функцию получения и обработки GPS-трафика в реальном масштабе времени. Практически каждый год выходят новые полноценные релизы или обновляются старые версии. В основном добавляются новые функции или корректируется политика безопасности данных. Поэтому способ получения разрешения на использование GPS для сторонних приложений для различных версий отличается [15].

Методы обработки трафика на платформе Android представляют собой обработку соответствующих собы-

тий и находятся библиотеке Location.java, которая содержит основные классы и переменные для перевода координат из разных систем в используемую систему.

Для получения наиболее точных значений широты долготы и высоты используется гибридное решение с использованием WGS84/World Mercator, Формула преобразования в астрономо-геодезическую с использованием проекции Меркатора. Для пересчёта координат с использованием проекции Меркатора используются следующие формулы [16]:

$$X = a \times lon \quad (3)$$

$$a * \ln \left(\tan \left(\frac{\pi}{4} + \frac{lat}{2} \right) * \left(\frac{1 - e * \sin(lat)}{1 + e * \sin(lat)} \right)^{\frac{e}{2}} \right) \quad (4)$$

где a — экваториальный радиус является константой и равен 6378137,0; lon / lat — долгота/широта в радианах; e — эксцентриситет эллипса.

$$e^2 = 2 \times f - f^2, \quad (5)$$

где f — коэффициент сжатия эллипсоида, вычисляемое по формуле 2.

Данный метод преобразования координат описан в библиотеке Location.java. Благодаря этим преобразованиям находятся более точные значения координат с использованием наложения проекции. Это позволяет увеличить достоверность определения данных, особенно при вычислении высоты объекта над уровнем моря.

Описание системы сбора и анализа данных с GPS-трекера

В процессе разработки системы сбора и анализа данных GPS-трекера были разработаны алгоритмы сбора данных с GPS-трекера на платформе Android и алгоритм анализа данных, на основе которых разработана архитектура программы.

Алгоритм сбора данных с GPS-трекера

1. Получение прав доступа к GPS-трекеру и к внутреннему хранилищу данных смартфона.
2. Создание пустого GPS-файла, в котором автоматически будут сохраняться данные трекера в процессе перемещения пользователя с устройством по маршруту.
3. Вывод данных GPS-файла на экран смартфона.
4. Сохранение данных GPS-файла в файловое хранилище сервера, представляющее собой Google-Drive.
5. Скачивание данных с Google-Drive в модуль анализа данных и построение графиков, которые в дальнейшем подвергаются анализу.
6. Вывод графиков на экран смартфона.

Алгоритм анализа данных с GPS-трекера

1. Отправка запроса на авторизацию, для работы с Google API.
2. Получение доступа к содержимому Google Drive.
3. Поиск ID файла путём вызова методов drive.files.get и drive.files.list при работе с Google API в цикле.
4. При нахождении ID выводится весь список доступных файлов.
5. Скачивание файлов.
6. Обработка файла путём парсинга точек в цикле.
7. Вычисление дистанции и скорости.
8. Генерация графиков с помощью библиотеки Matplotlib.
9. Экспорт файла в облачное хранилище Google Drive.

Архитектура системы сбора и анализа данных с GPS-трекера состоит из двух модулей:

- модуль сбора данных в ОС Android;
- модуль анализа данных в ОС Windows.

Модуль сбора данных состоит из нескольких блоков пользовательского разрешения на получение GPS-трафика и доступа к файловой системе, позволяющей создавать и сохранять файлы, блока авторизации для доступа к общему хранилищу, блоков выгрузки и загрузки файлов, а также блока визуализации.

Модуль анализа данных в ОС Windows состоит из блоков авторизации для доступа к общему хранилищу данных, загрузке файлов, парсинг которых представляет собой извлечение данных из структурированного GPX-

файла. Далее извлеченные данные подаются на вход модуля формирования графиков. Полученные графики в PNG-формате выгружаются обратно в общее файловое хранилище.

На рисунке 1 представлена архитектура системы.

В целом система сбора и анализа данных с GPS-трекера выполнена в виде программы, которая состоит из двух модулей. Модуль сбора данных представляет собой мобильное приложение, разработанное в среде разработки Android Studio на языке программирования Java. Модуль анализа данных — это десктопное приложение, разработанное на языке программирования Python в среде разработки PyCharm на платформе Windows.

Программа имеет графический интерфейс и может подключаться, к внешнему файловому хранилищу данных и серверному приложению анализа данных.

Результаты вычислительных экспериментов

Для проверки работоспособности программы были предложены следующие эксперименты: сбор данных при хорошем GPS-сигнале, сбор данных при слабом GPS-сигнале, сбор данных при разной частоте обновления точек.

Сбор данных производился со смартфона Samsung-A70 на платформе Android-11.

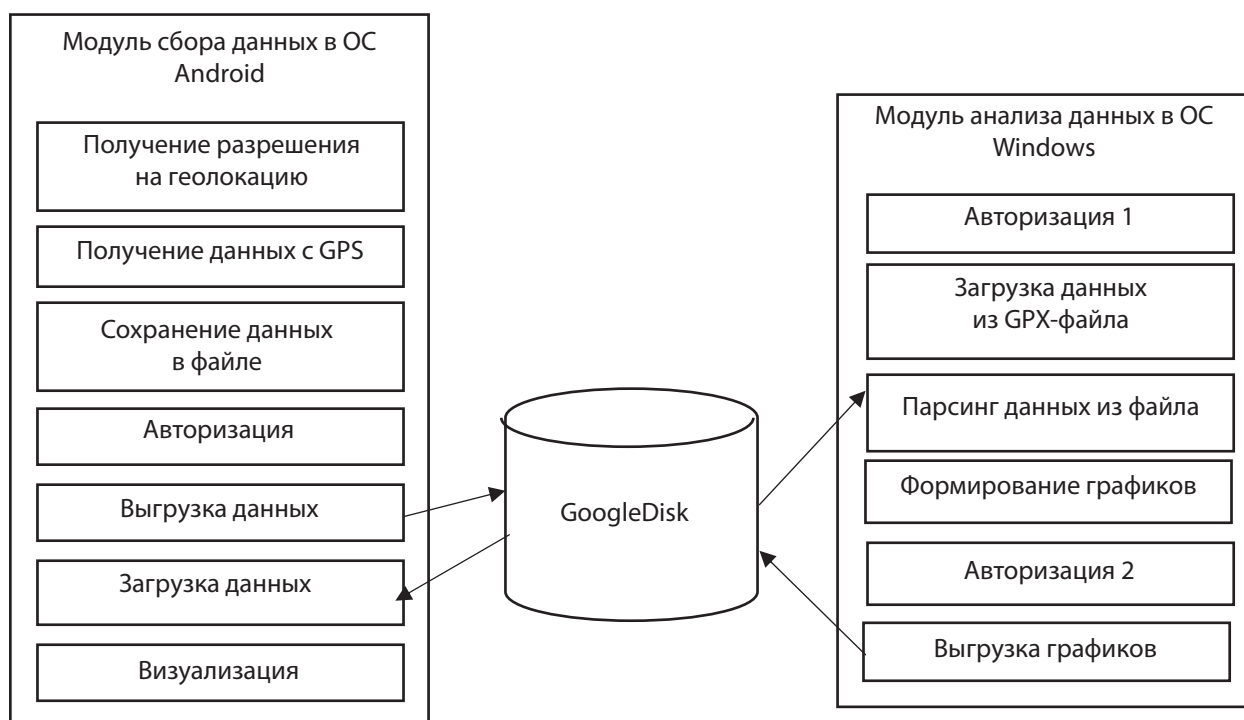


Рис. 1. Архитектура системы сбора и анализа данных

1. Сбор данных при хорошем GPS-сигнале

Для проведения этих экспериментов необходимо выполнение следующих условий:

- включена геолокация;
- ясная, малооблачная погода;
- сбор данных производится под открытым небом.

Эксперимент 1 (первый трек)

Для первого трека дистанция пройденного пути составила около 1750м. Размер сгенерированного файла составил 21КБ. Время обработки файла 8 минут. Результат эксперимента по данному треку представлен на рисунке 2.

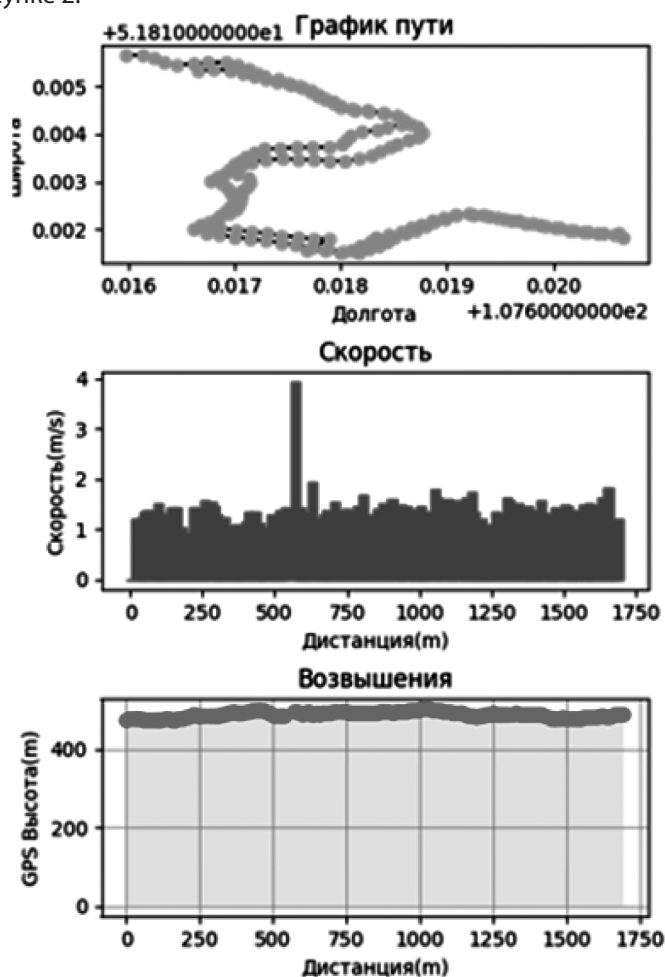


Рис. 2. Графики анализа первого трека

Анализ графиков показывает, что проделанный маршрут имеет кольцевую форму, тип движения пешком, скорость движения, равномерная, с едино разовым ускорением, поверхность ровная.

Эксперимент 2 (второй трек)

Для второго трека дистанция пройденного пути составила около 7100м. Результат эксперимента представлен на рисунке 3.

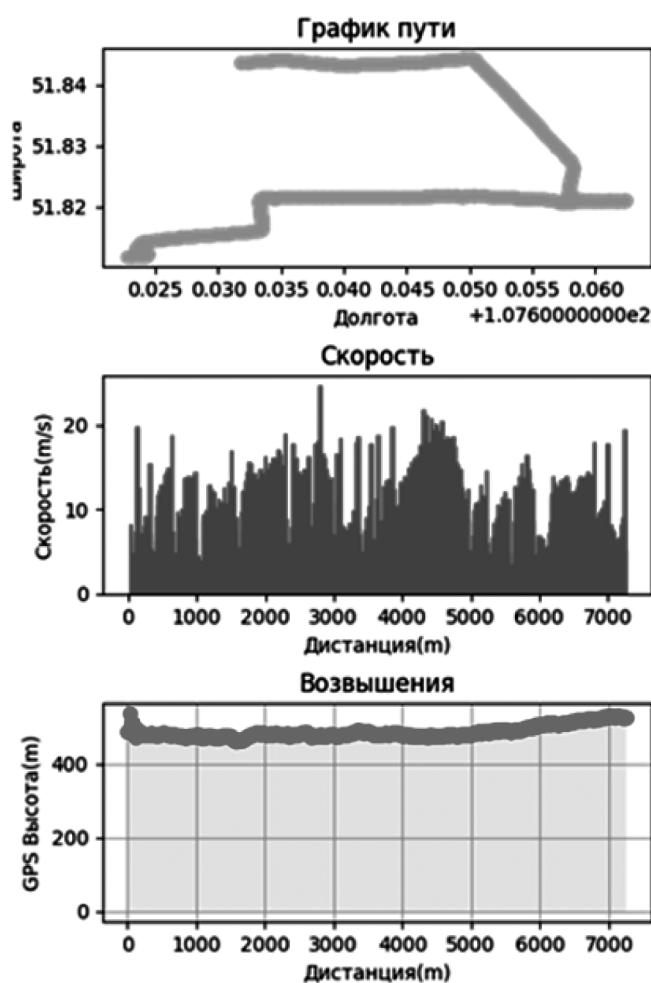


Рис. 3. Графики анализа второго трека

2. Сбор данных при слабом GPS-сигнале

Для этих экспериментов необходимо выполнение хотя бы одного из условий:

- пасмурная, дождливая погода;
- сбор данных производился в помещении;
- при подключении к малому количеству спутников;
- слабый GPS модуль.

Эксперимент 3 (третий трек)

Сбор данных для третьего трека производился в пасмурную погоду. Дистанция пройденного пути составила около 3500м. Размер сгенерированного файла составил 26КБ. Время обработки файла 9 минут. Сбор данных по-прежнему ведётся корректно, видимых проблем сбора не наблюдается. Результат эксперимента представлен на рисунке 4.

Из графиков следует, что проделанный маршрут имеет начало и конец, тип движения на транспорте, скорость движения, не равномерная, с постоянным ускорением и замедлением, поверхность имеет небольшой перепад.

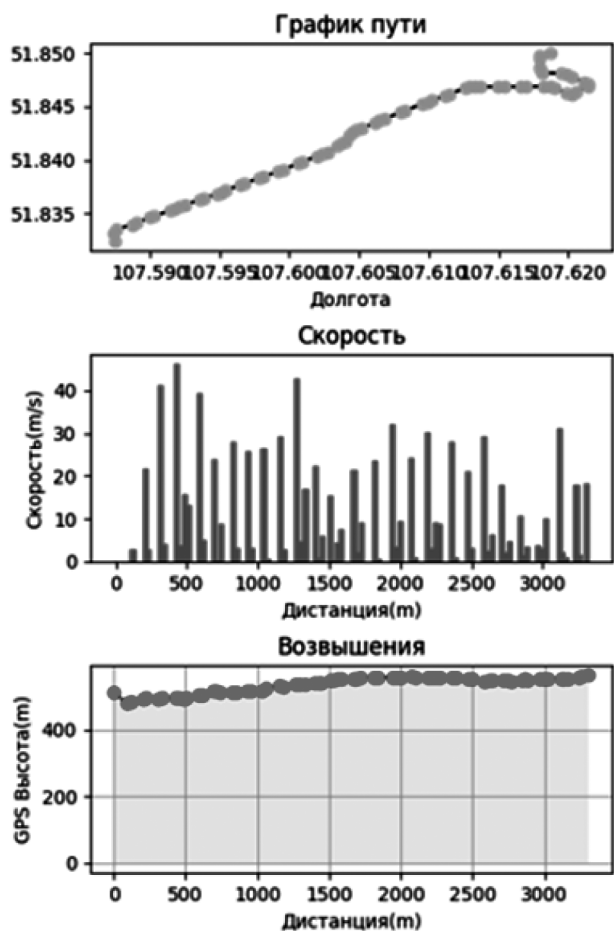


Рис. 4. Результат эксперимента 3

Эксперимент 4 (четвёртый трек)

Сбор данных для четвертого трека производился из-под навеса и закрытого помещения. При этом сбор данных имеет множество пробелов и ошибок, GPS не всегда мог установить точное расположение объекта, по этой причине некоторые участки пути были пропущены, и при расчёте скорости получились неверные данные.

Дистанция пройденного пути составила около 1600 м. Размер сгенерированного файла составил 13КБ. Время обработки файла 6 минут. Результат эксперимента представлен на рисунке 5.

3. Сбор данных при разной частоте обновления точек

Эксперимент 5 (пятый трек)

Сбор данных для пятого эксперимента производился при разной частоте обновления точек.

Для этих экспериментов необходимо выполнение всех условий:

- включена геолокации;
- ясная, малооблачная погода;
- сбор данных производится под открытым небом.

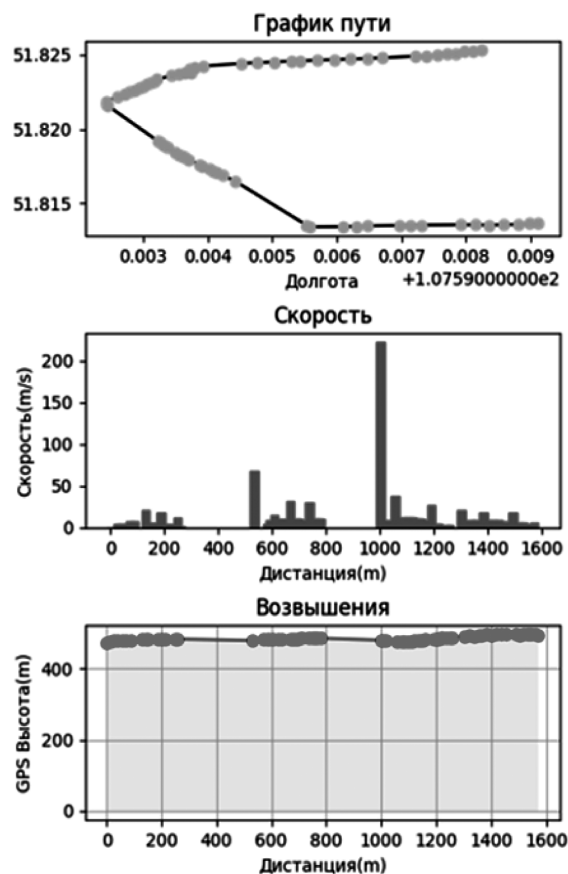


Рис. 5. Результат эксперимента 4

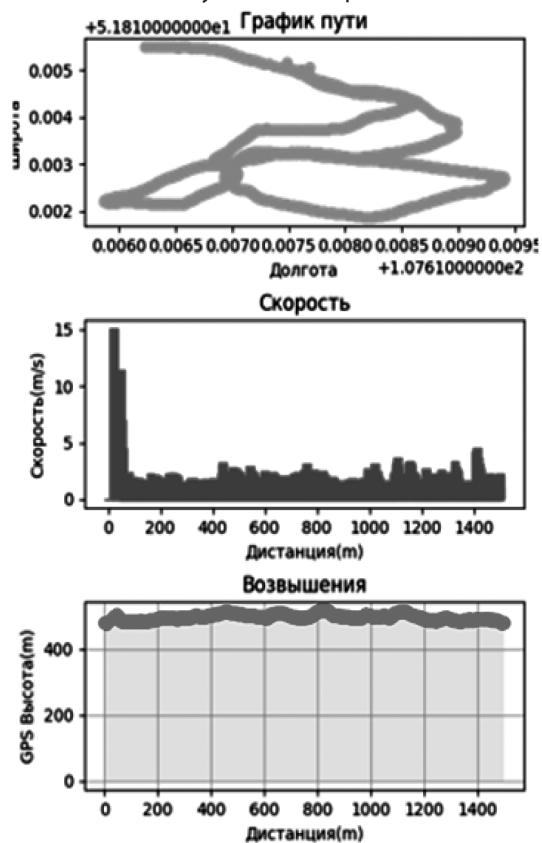


Рис. 6. Результат эксперимента при частом обновлении

Во время тестирования был пройден один и тот же путь с разной частотой обновления точек.

В первом случае обновление происходило каждую секунду, после прохождения 1 метра. Результат представлен на рисунке 6.

Во втором случае обновление происходило каждые 5 секунд, при прохождении 25 метров. Результат эксперимента представлен на рисунке 9.

Дистанция пройденного пути составила от 1450 до 1550, погрешность составила около 100 метров. Размер сгенерированных файлов составил 10КБ и 120КБ. Время обработки первого файла 4 минуты, а второго 30 минут.

Из графиков следует, что у данного маршрута начало и конец в одной точке, тип движения пешком, скорость движения, равномерная, с редкими перепадами, поверхность ровная, с редкими возвышениями.

Заключение

Для реализации системы сбора и анализа данных с GPS-трекера была выполнена интеграция мобильного приложения по сбору данных на платформе Android с десктопным приложением на платформе Windows через общее файловое хранилище данных на Google Disk. Вычислительные эксперименты показали, что метод получения GPS-данных работает корректно, и даже в пасмурную погоду практически не теряет точности.

Однако следует отметить, что при работе в помещении модуль не всегда может корректно определять местоположение объекта, именно по этой причине появляются критические ошибки в расчётах скорости и пройденного расстояния. Данная проблема имеет ме-

сто из-за недостаточно мощных GPS-модулей, встроенных в современные портативные устройства.

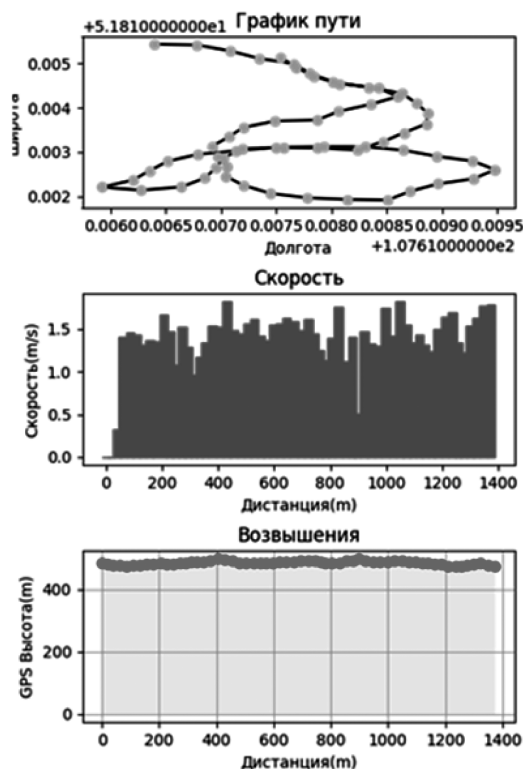


Рис. 7. Результат эксперимента при редком обновлении

Проведенные в работе исследования и реализованная система сбора и анализа данных с GPS-трекера можно использовать в различных областях экономики для решения таких задач, как создание карт городских транспортных маршрутов и их анализ, создания туристических троп вокруг озера Байкал, создания спортивных маршрутов для лыжных гонок или легкоатлетических марафонов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Что такое GPS? [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.navi-trans.ru/info/history_gps/.
2. GPS: основные преимущества и недостатки. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://glonassgps.biz/gps-preimuschestva/>.
3. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 N 63-ФЗ (ред. от 25.03.2022) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_.
4. Коротич С. Strava: обзор приложения для бега и велоспорта. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://marathonec.ru/strava-obzor/>.
5. Михайлова Н. Huawei Health (Здоровье). [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://huawei-insider.com/huawei-health.html>.
6. Михайлова Н. Приложение для бега Nike+ Run Club: обзор, плюсы и минусы. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://marathonec.ru/nike-run-club/>.
7. Adidas Running: Беговой Трекер. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.runtastic.android&hl=ru&gl=US&pli=1>.
8. Google Fit — инструкция по использованию сервиса. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://androidmir.org/aleks/44562/>.
9. Tracklia: GPX, KML, KMZ & maps. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://apkfab.com/tracklia-gpx-kml-kmz-view-edit-create/app.tracklia>.
10. Хрусталев Д. GPS — взгляд изнутри. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/gps-vzglyad-iznutri-sputnikovaya-navigatsiya-i-printsipy-postroeniya-priemnikov-gps-i-glonass/viewer>.
11. Карасев В.В. Современные спутниковые радионавигационные системы (СРНС). — Владивосток: изд-во ДВГТРУ, 2006.
12. Бернштейн Ю.Б. Проекция в картографии. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://scfh.ru/papers/proektsii-v-kartografii/>.

13. Система координат «WGS 84» основные параметры. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://geostart.ru/post/324/>.
14. Геоид, эллипсоид, датум. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.politerm.com/zuludoc/projection_datum.html/.
15. Работа с сетью в Android: трафик, безопасность и батарейка. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/vk/articles/185696/>
16. Перерасчет координат из Lat/Long в проекцию Меркатора и обратно. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://gis-lab.info/qa/dd2mercator.html>.

© Бильгаева Людмила Пурбоевна (bilgaeval@mail.ru); Суворов Григорий Николаевич (grisha0342@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»