

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ И СКОРОСТИ ДВИЖУЩЕГОСЯ ОБЪЕКТА С ПОМОЩЬЮ МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА

Е. И. Минаков¹, Н. И. Хазов²

^{1,2}Тулский государственный университет, Тула, Россия

¹eminakov@bk.ru, ²nikita.hazov511@yandex.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Большинство людей регулярно сталкиваются с дорожными заторами, вызванными особенностями городской дорожной сети, увеличением трафика в часы пик, а также случайными факторами, такими как дорожно-транспортные происшествия. Целью данной работы является разработка метода определения координат и скорости транспортных средств для последующего создания алгоритмов управления транспортным потоком. *Материалы и методы.* Приведен краткий обзор систем, использующихся для определения местоположения объектов. Разработанный метод основывается на алгоритме опроса датчика GPS и обмене информационными сообщениями с сервером по протоколу TCP. *Результаты.* Разработан и реализован метод, который позволяет определять координаты и скорость транспортных средств с минимальными экономическими затратами, используя мобильные устройства участников дорожного движения. Показан разработанный алгоритм определения и передачи данных. Описаны основные этапы разработки специализированного программного обеспечения, включая сбор данных, их обработку и передачу на сервер. Приведены примеры собранных данных, подтверждающие работоспособность метода. *Выводы.* Результаты работы демонстрируют возможность использования разработанного метода для создания адаптивных информационно-измерительных и управляющих систем, направленных на оптимизацию транспортных потоков. Накопленные данные также могут быть использованы для обучения нейросетевых алгоритмов.

Ключевые слова: определение координат, определение скорости, навигационные системы, сотовый телефон

Для цитирования: Минаков Е. И., Хазов Н. И. Метод определения координат и скорости движущегося объекта с помощью мобильного телефона // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2025. № 2. С. 25–31. doi: 10.21685/2307-5538-2025-2-3

A METHOD FOR DETERMINING THE COORDINATES AND SPEED OF A MOVING OBJECT USING A MOBILE PHONE

E.I. Minakov¹, N.I. Khazov²

^{1,2}Tula State University, Tula, Russia

¹eminakov@bk.ru, ²nikita.hazov511@yandex.ru

Abstract. *Background.* Most people regularly encounter traffic jams caused by the peculiarities of the urban road network, increased traffic during rush hours, as well as accidental factors such as traffic accidents. The purpose of this work is to develop a method for determining the coordinates and speed of vehicles for the subsequent creation of traffic flow control algorithms. *Materials and methods.* A brief overview of the systems used to determine the location of objects is provided. The developed method is based on the GPS sensor polling algorithm and the exchange of information messages with the server over TCP protocol. *Results.* A method has been developed and implemented that allows determining the coordinates and speed of vehicles with minimal economic costs using mobile devices of road users. The developed algorithm for determining and transmitting data is shown. The main stages of specialized software development are described, including data collection, processing, and transmission to the server. Examples of the collected data confirming the operability of the method are given. *Conclusions.* The results of the work demonstrate the possibility of using the developed method to create adaptive information, measurement and control systems aimed at optimizing traffic flows. The accumulated data can also be used to train neural network algorithms.

Keywords: determination of coordinates, determination of speed, navigation systems, cell phone

For citation: Minakov E.I., Khazov N.I. A method for determining the coordinates and speed of a moving object using a mobile phone. *Izmerenie. Monitoring. Upravlenie. Kontrol' = Measuring. Monitoring. Management. Control*. 2025;(2):25–31. (In Russ.). doi: 10.21685/2307-5538-2025-2-3

Введение

Большинство людей используют личный или общественный транспорт и регулярно сталкиваются с дорожными заторами, вызванными различными факторами. К ним относятся особенности уличной дорожной сети, обусловленные исторической застройкой (например, узкие улицы или слияние нескольких крупных дорог в одну), а также значительное увеличение трафика в часы пик. Кроме того, заторы могут возникать из-за случайных событий, таких как дорожно-транспортные происшествия, дорожные работы или поломки транспортных средств.

Для устранения заторов, возникающих по различным причинам, применяются системы управления дорожным движением, известные как интеллектуальные транспортные системы (ИТС). Эти системы представляют собой информационно-измерительные и управляющие системы (ИИиУС) [1].

Любая ИИиУС включает в себя устройство сбора информации. Для разработки алгоритмов устранения дорожных заторов необходимы следующие исходные данные: координаты участников дорожного движения, скорость их перемещения, зафиксированное время и дата получения параметров, а также количество участников дорожного движения.

Материалы и методы

В данной работе рассматривается система сбора информации. Любое устройство такого типа функционирует на основе определенных методов определения координат. Ниже рассмотрены известные методы и подходы для сбора данных о координатах и скорости.

Применение дорожных камер [2]. Основным достоинством систем видеонаблюдения является их положительное влияние на соблюдение правил дорожного движения [3], что способствует снижению аварийности. Однако к недостаткам таких систем относятся высокая стоимость установки и обслуживания комплексов, что делает их экономически затратными.

Использование спутниковых навигационных систем (ГЛОНАСС [4], Galileo [5], GPS [6]). Основным недостатком спутниковых навигационных систем является низкая точность позиционирования в закрытых помещениях или местах с плохим уровнем сигнала, таких как тоннели или густо застроенные территории.

RFID-метки [7] *и радиочастотные системы* [8]. К достоинствам таких систем относятся возможность скрытого контроля и всепогодность. Однако их использование сопряжено с рядом недостатков, таких как сложность подготовки к работе, включающей производство и установку датчиков, считывающих антенн и другого оборудования. Кроме того, такие системы также являются экономически затратными.

К менее распространенным методам относятся:

– использование сотовых телефонов и вышек связи [9];

– определение координат с помощью беспилотных летательных аппаратов [10].

Координаты и скорость движущегося объекта могут быть определены при наличии у каждого участника дорожного движения мобильного телефона с доступом в Интернет. В рамках данной работы предлагается концепция использования телефона как сенсора, аналогично работе [11], которая позволяет отказаться от специализированных устройств сбора информации и использовать мобильные устройства участников дорожного движения [12].

Такой подход исключает необходимость оснащения перекрестков и отдельных транспортных средств дополнительным оборудованием, таким как камеры, датчики или телеметрические блоки. Это значительно упрощает и удешевляет процесс сбора данных. Согласно исследованиям [13, 14], погрешность определения координат в таких системах составляет порядка 2–7 м, что является приемлемым для задач позиционирования транспортного средства на определенном участке дорожной сети.

Таким образом, все рассмотренные системы в основном требуют значительных экономических затрат на сбор информации или проведение подготовительных мероприятий. В связи с этим для сбора и передачи данных об участниках дорожного движения предложено использовать сотовый телефон с установленным специальным программным обеспечением, разработанным

для этих целей. Такой подход позволяет избежать указанных выше недостатков существующих систем.

Для реализации метода необходимо обеспечить передачу информации от пользователя к месту хранения данных. На транспортном уровне модели OSI отправки и прием сообщений обеспечивают протоколы Transmission Control Protocol (TCP) и User Datagram Protocol (UDP), которые являются основой для всего семейства протоколов TCP/IP.

Протокол TCP использует сеансовый способ обмена сообщениями. Это означает, что перед началом передачи данных между устройствами устанавливается соединение. В процессе обмена устройства поддерживают связь, и каждое из них «знает» о состоянии другого. Это обеспечивает надежность передачи данных, так как TCP гарантирует доставку сообщений и их правильную последовательность.

В отличие от TCP, протокол UDP реализует дейтаграммный способ обмена сообщениями. Он не устанавливает соединение между устройствами и не отслеживает их состояние. UDP просто отправляет данные без гарантии их доставки или сохранения порядка. Это делает UDP менее надежным по сравнению с TCP, но более быстрым и эффективным для задач, где важна скорость передачи, а не гарантия доставки.

Учитывая особенности протоколов TCP и UDP, для задач, связанных с определением координат и скорости движущихся объектов, более предпочтительным является использование протокола TCP. Это обусловлено его способностью обеспечивать надежную передачу данных за счет установления соединения, контроля доставки сообщений и сохранения их правильной последовательности. В системах, где точность и целостность данных имеют критическое значение (например, при передаче координат и скорости в реальном времени), TCP предоставляет необходимые гарантии, которые отсутствуют в UDP. Хотя UDP может быть более быстрым, его использование оправдано только в задачах, где допустима потеря части данных, что не подходит для рассматриваемой системы.

Разработанный алгоритм передачи данных включает следующие шаги:

- 1) создание объекта FTP-клиента и подключение к серверу;
- 2) передача данных авторизации и перевод подключения в пассивный режим;
- 3) переключение режима передачи файлов на бинарный;
- 4) открытие потока для загрузки файла на FTP-сервер;
- 5) загрузка файла с данными на FTP-сервер;
- 6) закрытие потока и отключение от сервера;
- 7) вывод сообщения об успешной загрузке файла.

Результаты

Разработанный метод основывается на использовании данных геолокации, предоставляемых мобильным устройством, и их последующей обработке для определения координат и скорости движущегося объекта. Метод использует встроенные возможности современных смартфонов, такие как GPS, ГЛОНАСС или другие спутниковые навигационные системы.

Устройство получает координаты (широта, долгота) и скорость движения с заданной периодичностью (каждые 5 с). Это обеспечивает актуальность данных и позволяет отслеживать изменения местоположения в реальном времени. Каждое измерение сопровождается меткой времени и даты, что позволяет анализировать динамику движения объекта. Полученные данные записываются в файл на устройстве в формате json. Этот формат выбран благодаря своей универсальности, легкости обработки и поддержке большинством платформ. Файл с данными отправляется на FTP-сервер с заданной периодичностью (каждые 60 с). Это позволяет централизованно собирать и анализировать информацию от множества устройств. Алгоритм определения и передачи координат приведен на рис. 1.

Для корректной работы приложения необходимо предоставить доступ к следующим функциям устройства: геолокации (включая фоновый режим), игнорированию оптимизации батареи, запись в память телефона, запрет перехода в спящий режим, доступ в Интернет, чтение памяти устройства.

Приложение не требует визуализации данных, так как весь функционал работает в фоновом режиме. Однако для удобства разработки и тестирования на экран устройства выводится служебная информация, такая как текущие координаты, скорость, статус подключения к серверу и другие параметры. Пример интерфейса приложения приведен на рис. 2.

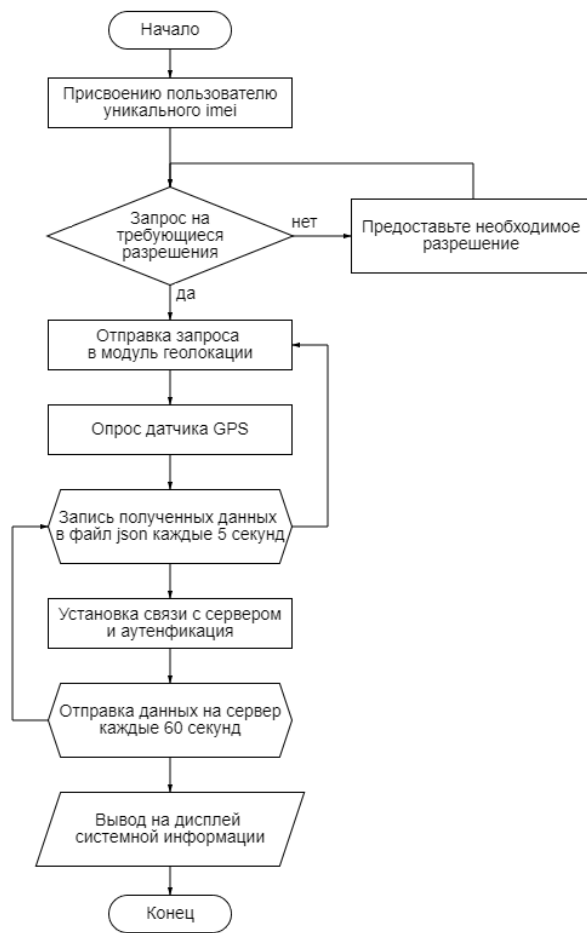


Рис. 1. Алгоритм определения и передачи данных

```

[ 0 ] {"date": "2023-05-04", "imei": "5520833780", "latitude":
57.72847175969801, "longitude": 56.39440814872281, "speed":
0.12714171, "time": "18:58:24"}

[ 1 ] onLocationChanged: file 5520833780.json ]

[ 2 ] onRequestPermissionsResult: Start Location Updates

[ 3 ] Ident Number: 5520833780

[ 4 ] requestPermissions: requestPermissions

[ 5 ] file path /storage/emulated/0/Android/data/ru.gavruss.mayak4ns/
files/Documents/5520833780.json
  
```

Рис. 2. Отображение системной информации:

- [0] – данные, которые записались в файл json; [1] – показывает имя файла при изменении данных; [2] – проверка доступа к необходимым разрешениям на устройстве; [3] – идентификация устройства; [4] – дополнительная проверка геолокации; [5] – указывает путь к файлу, сохраненному на устройстве

В рамках разработки приложения были определены следующие константы: минимальное время обновления данных, минимальная дистанция обновления данных, формат передаваемого файла и его расширение.

Также были заданы переменные, включающие данные геолокации, идентификатор устройства, набор переменных для вывода служебной информации на экран, IP-адрес сервера, порт подключения.

Реализованный метод обладает следующими функциональными возможностями. Игнорирование системной оптимизации батареи позволяет непрерывно осуществлять сбор данных в фоновом режиме. Изменения геолокации фиксируются с заданной периодичностью, даже

если координаты остаются постоянными. Имя файла формируется на основе уникального идентификатора устройства, который генерируется при запуске приложения. В случае возникновения ошибок приложение не прекращает работу, а записывает ошибку в лог и продолжает выполнение.

Создан класс, в котором записываются в соответствующие переменные данные, которые необходимы:

imei – идентификатор устройства (случайное 10-значное число);

date в формате ("yyyy-MM-dd") – дата измерения геолокации;

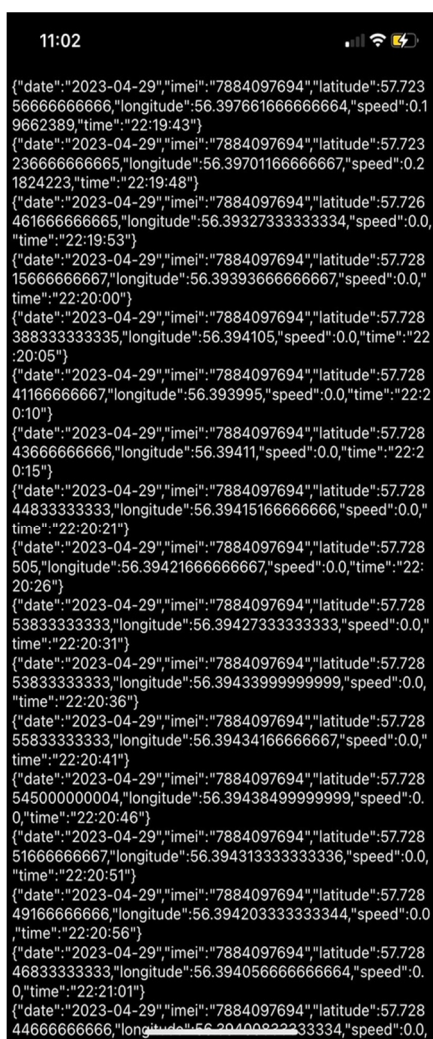
time в формате ("HH:mm:ss") – время измерения геолокации;

latitude – координата локации (широта);

longitude – координата локации (долгота);

speed – скорость устройства.

Полученные данные с помощью реализованного метода хранятся в виде {"date":"2023-04-29", "imei":"478340976944", "latitude":"57.72356666666666", "longitude":"56.397661666666664", "speed":"0.19662389", "time":"22:19:43"} и представлены на рис. 3.



```
11:02
{"date":"2023-04-29","imei":"7884097694","latitude":57.72356666666666,"longitude":56.397661666666664,"speed":0.19662389,"time":"22:19:43"}
{"date":"2023-04-29","imei":"7884097694","latitude":57.723236666666665,"longitude":56.397011666666667,"speed":0.21824223,"time":"22:19:48"}
{"date":"2023-04-29","imei":"7884097694","latitude":57.726461666666665,"longitude":56.393273333333334,"speed":0.0,"time":"22:19:53"}
{"date":"2023-04-29","imei":"7884097694","latitude":57.728156666666667,"longitude":56.393936666666667,"speed":0.0,"time":"22:20:00"}
{"date":"2023-04-29","imei":"7884097694","latitude":57.728388333333335,"longitude":56.394105,"speed":0.0,"time":"22:20:05"}
{"date":"2023-04-29","imei":"7884097694","latitude":57.728411666666667,"longitude":56.393995,"speed":0.0,"time":"22:20:10"}
{"date":"2023-04-29","imei":"7884097694","latitude":57.728436666666666,"longitude":56.39411,"speed":0.0,"time":"22:20:15"}
{"date":"2023-04-29","imei":"7884097694","latitude":57.728448333333333,"longitude":56.394151666666666,"speed":0.0,"time":"22:20:21"}
{"date":"2023-04-29","imei":"7884097694","latitude":57.728505,"longitude":56.394216666666667,"speed":0.0,"time":"22:20:26"}
{"date":"2023-04-29","imei":"7884097694","latitude":57.728538333333333,"longitude":56.394273333333333,"speed":0.0,"time":"22:20:31"}
{"date":"2023-04-29","imei":"7884097694","latitude":57.728538333333333,"longitude":56.394339999999999,"speed":0.0,"time":"22:20:36"}
{"date":"2023-04-29","imei":"7884097694","latitude":57.728558333333333,"longitude":56.394341666666667,"speed":0.0,"time":"22:20:41"}
{"date":"2023-04-29","imei":"7884097694","latitude":57.728545000000004,"longitude":56.394384999999999,"speed":0.0,"time":"22:20:46"}
{"date":"2023-04-29","imei":"7884097694","latitude":57.728516666666667,"longitude":56.394313333333336,"speed":0.0,"time":"22:20:51"}
{"date":"2023-04-29","imei":"7884097694","latitude":57.728491666666666,"longitude":56.394203333333334,"speed":0.0,"time":"22:20:56"}
{"date":"2023-04-29","imei":"7884097694","latitude":57.728468333333333,"longitude":56.394056666666664,"speed":0.0,"time":"22:21:01"}
{"date":"2023-04-29","imei":"7884097694","latitude":57.728446666666666,"longitude":56.394092233333334,"speed":0.0,
```

Рис. 3. Полученные данные

Заключение

Для обеспечения эффективного функционирования ИТС необходимы алгоритмы управления транспортным потоком, которые требуют актуальной информации о текущем состоянии дорожной сети.

Новизна предложенного метода заключается в сочетании нескольких ключевых аспектов, которые отличают его от существующих решений. Вместо специализированного оборудования применяются мобильные устройства, что значительно снижает затраты на внедрение и обслуживание

системы. Метод легко масштабируется на большое количество устройств. Количество подключаемых пользователей ограничивается характеристиками сервера и оборудования, обрабатывающего данные. Автономная работа в фоновом режиме позволяет собирать данные непрерывно, даже если пользователь не взаимодействует с устройством. Данные сохраняются в формате json, который является универсальным и обеспечивает структурированность данных и совместимость с большинством современных систем анализа данных. TCP обеспечивает надежную передачу файлов даже в условиях нестабильного интернет-соединения. Это повышает надежность системы и минимизирует потерю данных.

В рамках программной реализации метода сбора координат и скорости движущихся объектов выделены следующие преимущества. Каждому устройству присваивается уникальный идентификатор при запуске новой сессии. Метод обеспечивает точность, соответствующую возможностям современных навигационных систем. Обновление данных с заданной частотой доступно для случаев, когда координаты объекта не изменяются. Благодаря использованию глобальных навигационных спутниковых систем, метод работает на любых расстояниях. Использование протокола TCP гарантирует доставку данных, а механизм сохранения информации при сбоях сети повышает отказоустойчивость системы. Для работы метода требуется только мобильное устройство с установленным программным обеспечением и доступом в Интернет, что минимизирует затраты на внедрение.

Можно отметить, что накопление полученных данных может использоваться для формирования обучающих выборок нейросетевых алгоритмов управления транспортным потоком, что является дальнейшим направлением исследования.

Список литературы

1. Саяпова Л. Р. Информационно-измерительный и управляющий комплекс для интеллектуальных транспортных систем на базе инфотелекоммуникационных технологий и средств спутниковой навигации: специальность : дис. ... канд. техн. наук. Уфа, 2019. 180 с.
2. Епифанов В. А., Темкин И. О., Кальгов И. В. Процедура автоматического безрадарного определения скорости мобильных объектов с использованием стационарной камеры // Программные продукты и системы. 2023. № 1. С. 165–174.
3. Мартынюк С. Н., Косовский В. Б. Использование автоматизированных систем видеонаблюдения в обеспечении безопасности дорожного движения // Программные продукты и системы. 2022. № 2. С. 105–110.
4. Чилига А. Ф., Марков Д. М., Степаненко А. В. Определение точных координат стационарного приемника GPS/ГЛОНАСС // Наука, инновации, технологии. 2016. № 1. С. 47–62.
5. Magalhães A., Gonçalves A., Bastos M. Assessing Galileo Positioning Using a Smartphone in an Airborne Platform // WiP Proceedings. Lloret de Mar, Spain, 2021.
6. Netthonglang Ch., Thongtan T., Satirapod Ch. GNSS Precise Positioning Determinations Using Smartphones // IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems (APCCAS). 2019. P. 401–404.
7. Liu Yu., Zhou J., Wang L. [et al.]. Radio Frequency Identification target location based on the Unmanned Aerial Vehicle // Journal of Physics: Conference Series. 2022. Vol. 2290, iss. 1. P. 012085.
8. Прийма М. А., Панфилов А. Н., Абас В. М. Определение локального местоположения предметов на базе радиочастотной идентификации // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2020. № 1. С. 41–44.
9. Yang Y., Xiong Ch., Zhuo Z., Cai M. Detecting Home and Work Locations from Mobile Phone Cellular Signaling Data // Mobile Information Systems. 2021. P. 1–13.
10. Коровин А. В., Савин Д. И. Способ определения координат наземных объектов беспилотным летательным аппаратом с использованием лазерного дальномера // Труды МАИ. 2023. № 128.
11. Mehta J. Vehicle Telematics in Data Analysis and Importance of Vehicle Tracking For Businesses // International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology. 2022. Vol. 10. P. 1258–1262.
12. Незнанов И. В., Намиот Д. Е. Контроль транспортных маршрутов с помощью мобильных телефонов // International Journal of Open Information Technologies. 2015. № 3. С. 30–39.
13. Косарев Н. С., Щербаков А. С. Статистический анализ точности определения положений спутников систем ГЛОНАСС и GPS // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2014. № 2. С. 9–18.
14. Заломленков А. Г., Дьяченко Д. В., Папаев А. В. Результаты эксперимента по определению точности позиционирования служебного автотранспорта органов внутренних дел по сигналам ГЛОНАСС // Безопасность дорожного движения. 2022. № 2. С. 7–10.

References

1. Sayapova L.R. Information measuring and control complex for intelligent transport systems based on infotelec communication technologies and satellite navigation tools: speciality. PhD dissertation. Ufa, 2019:180. (In Russ.)
2. Epifanov V.A., Temkin I.O., Kal'gov I.V. Procedure for automatic radar-free determination of the speed of mobile objects using a stationary camera. *Programmnye produkty i sistemy = Software products and systems*. 2023;(1):165–174. (In Russ.)
3. Martynyuk S.N., Kosovskiy V.B. The use of automated video surveillance systems in ensuring road safety. *Programmnye produkty i sistemy = Software products and systems*. 2022;(2):105–110. (In Russ.)
4. Chiliga A.F., Markov D.M., Stepanenko A.V. Determination of the exact coordinates of a stationary GPS/GLONASS receiver. *Nauka, innovatsii, tekhnologii = Science, innovations, technologies*. 2016;(1):47–62. (In Russ.)
5. Magalhães A., Gonçalves A., Bastos M. Assessing Galileo Positioning Using a Smartphone in an Airborne Platform. *WiP Proceedings*. Lloret de Mar, Spain, 2021.
6. Netthonglang Ch., Thongtan T., Satirapod Ch. GNSS Precise Positioning Determinations Using Smartphones. *IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems (APCCAS)*. 2019:401–404.
7. Liu Yu., Zhou J., Wang L. et al. Radio Frequency Identification target location based on the Unmanned Aerial Vehicle. *Journal of Physics: Conference Series*. 2022;2290(1):012085.
8. Priyma M.A., Panfilov A.N., Abas V.M. Determination of the local location of objects based on radio frequency identification. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severno-Kavkazskiy region. Tekhnicheskie nauki = Proceedings of universities. The North Caucasus region. Technical sciences*. 2020;(1):41–44. (In Russ.)
9. Yang Y., Xiong Ch., Zhuo Z., Cai M. Detecting Home and Work Locations from Mobile Phone Cellular Signaling Data. *Mobile Information Systems*. 2021:1–13.
10. Korovin A.V., Savin D.I. A method for determining the coordinates of ground objects by unmanned aerial vehicles a device using a laser rangefinder. *Trudy MAI = Proceedings of MAI*. 2023;(128). (In Russ.)
11. Mehta J. Vehicle Telematics in Data Analysis and Importance of Vehicle Tracking For Businesses. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 2022;10:1258–1262.
12. Neznanov I.V., Namiot D.E. Control of transport routes using mobile phones. *International Journal of Open Information Technologies = International Journal of Open Information Technologies*. 2015;(3):30–39. (In Russ.)
13. Kosarev N.S., Shcherbakov A.S. Statistical analysis of the accuracy of determining the positions of GLONASS and GPS satellites. *Vestnik SGUGiT (Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta geosistem i tekhnologii) = Bulletin of SSUGiT (Siberian State University of Geosystems and Technologies)*. 2014;(2):9–18. (In Russ.)
14. Zalomlenkov A.G., D'yachenko D.V., Papaev A.V. The results of an experiment to determine the positioning accuracy of official vehicles of internal affairs bodies using GLONASS signals. *Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya = Road safety*. 2022;(2):7–10. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Евгений Иванович Минаков

доктор технических наук, профессор,
 профессор кафедры радиоэлектроники,
 Тульский государственный университет
 (Россия, г. Тула, пр-т Ленина, 92)
 E-mail: eminakov@bk.ru

Evgeniy I. Minakov

Doctor of technical sciences, professor,
 professor of the sub-department of radioelectronics,
 Tula State University
 (92 Lenin avenue, Tula, Russia)

Никита Ильич Хазов

аспирант,
 Тульский государственный университет
 (Россия, г. Тула, пр-т Ленина, 92)
 E-mail: nikita.hazov511@yandex.ru

Nikita I. Khazov

Postgraduate student,
 Tula State University
 (92 Lenin avenue, Tula, Russia)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /

The authors declare no conflicts of interests.

Поступила в редакцию / Received 03.03.2025

Поступила после рецензирования / Revised 31.03.2025

Принята к публикации / Accepted 14.04.2025