

DOI: 10.26730/1999-4125-2020-5-69-76

УДК 519.876.5

IT-РЕШЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТА В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

IT-SOLUTIONS FOR TRANSPORT MONITORING SYSTEMS IN THE MINING INDUSTRY

Абу-Абед Фарес Надимович¹,
канд. техн. наук, доцент, e-mail: aafares@mail.ru
Fares N. Abu-Abed¹, C. Sc. in Engineering, associate professor,
Иванов Алексей Викторович¹,
аспирант, e-mail: lexuzieel@gmail.com
Aleksei V. Ivanov¹, postgraduate,

Тверской государственный технический университет, 170026, Россия, Тверская область, г.
Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22
Tver State Technical University, Naberezhnaya Afanasiya Nikitina, 22, Tver, 170026, Russia

Аннотация:

В данной работе представлен подход компьютерного моделирования для мониторинга парка горных машин на основе программного решения для моделирования дорожного движения. Компьютерное моделирование помогает снизить затраты на прототипирование и снизить риски неудачи при первоначальном запуске, анализируя и настраивая прототип для тестирования наиболее подходящих вариантов. Используя подход компьютерного моделирования, мы показываем в первой части статьи, что полученные метрики мониторинга транспортных средств можно протестировать в процессе моделирования, в место того, чтобы добавлять оборудование к транспортным средствам на этапе прототипирования. Использование реального оборудования на этапе прототипа увеличивает время простоя парка транспортных средств и снижает производительность. Используя современные решения для хранения временных рядов, мы показываем, насколько легко можно анализировать данные, полученные в результате моделирования. Во второй части статьи предлагаем рабочий процесс интеграции SUMO с хранилищем данных временных рядов через интерфейс программного обеспечения (API) под названием TraCI, позволяющий агрегировать данные о парке транспортных средств с течением времени и визуализировать эти данные. В конце этой работы мы обсуждаем методологию проведения измерений и предлагаем потенциальное решение для эффективной передачи данных.

Ключевые слова: Компьютерное моделирование, имитационное моделирование, транспортное средство, телеметрия, мониторинг, временные ряды.

Abstract:

This paper introduces a computer modeling approach for mining vehicle fleet monitoring based on a traffic modeling software solution. Computer modeling helps to reduce prototyping costs and lower the risks of initial launch failure by analyzing and configuring the prototype in order to test various options and find the most fitting ones. By utilizing computer modeling approach, we show in the first part of the paper that it is possible to test multiple combinations of metrics retrieved during vehicle monitoring in the simulation as opposed to adding equipment to vehicles during the prototyping phase. Usage of real hardware during the prototype phase adds downtime to the vehicle fleet and reduces productivity. Alongside those downsides, it also adds potential costs if this configuration will have to change later. By leveraging modern time-series data storage solutions we present how easy it can be to analyze data retrieved from the simulation. In the second part of the paper, we then propose a workflow of integrating SUMO with a time-series data storage through an Application Programming Interface (API) called TraCI allowing for aggregation of vehicle fleet data over time and visualizing that data on the dashboard. In the end of this work, we discuss the methodology of measurement taking and propose a potential solution for efficient data transfer.

Key words: *Computer modeling, imitation modeling, vehicle, telemetry, monitoring, time-series.*

Введение

С нынешними достижениями в области технологий «интернета вещей» (IoT) все больше предприятий используют данные технологии в своих бизнес-процессах, чтобы лучше понять свои рабочие процессы. Использование «интернета вещей» наряду с технологиями больших данных и облачными вычислениями позволяет осуществлять постоянный мониторинг практически любого устройства или транспортного средства. Анализ этих данных может быть полезен в горнодобывающей промышленности, в частности, из-за более высоких рисков для здоровья человека и дорогостоящего повреждения оборудования. Несмотря на то, что уже существует множество решений для мониторинга оборудования и персонала, все же наблюдается нехватка средств для мониторинга парка транспортных средств [1, 2], в частности в области горнодобывающей промышленности. В последнее время все чаще используются решения для мониторинга транспорта [3], используя более дешёвые решения для вычислительных устройств и транспортных протоколов, таких как LoRaWAN [4].

Действительно, в настоящий момент существует обилие решений в области логистики и перевозки грузов на большие расстояния, и мониторинг транспорта с использованием глобальной системы позиционирования (GPS) не является чем-то новым [5], однако большинство существующих решений вряд ли можно применить к горнодобывающей промышленности из-за

специфики отрасли, различий в самих транспортных средствах, требований к политике безопасности передачи данных и интерфейсам устройств сбора телеметрии с транспортными средствами. В своей публикации [6] описывают подход к наблюдению за техникой, используемой в шахтах, включающий сбор данных с камер. В то время как их работа больше фокусируется на аспекте управления производством, мы считаем, что также стоит обратить внимание на разработку решений для компьютерного моделирования и автоматического сбора телеметрических данных из этих моделей, контролируя даже такие параметры, как температура окружающей среды, влажность, давление в шинах и другие переменные, которые могут быть специфичными для данного сегмента отрасли, чтобы обеспечить безопасность и надежность процесса добычи.

Для достижения надежного результата при разработке и внедрении нового решения для мониторинга или настройке уже существующего стоит использовать методы компьютерного моделирования, чтобы снизить стоимость интеграции и риски отказа в случае неправильной настройки. На самом деле, в настоящее время компьютерные программы для моделирования распространены во многих отраслях, особенно в тех, которые включают в себя более высокие риски катастрофических последствий в случае неудачной настройки.

Одним из самых передовых и современных

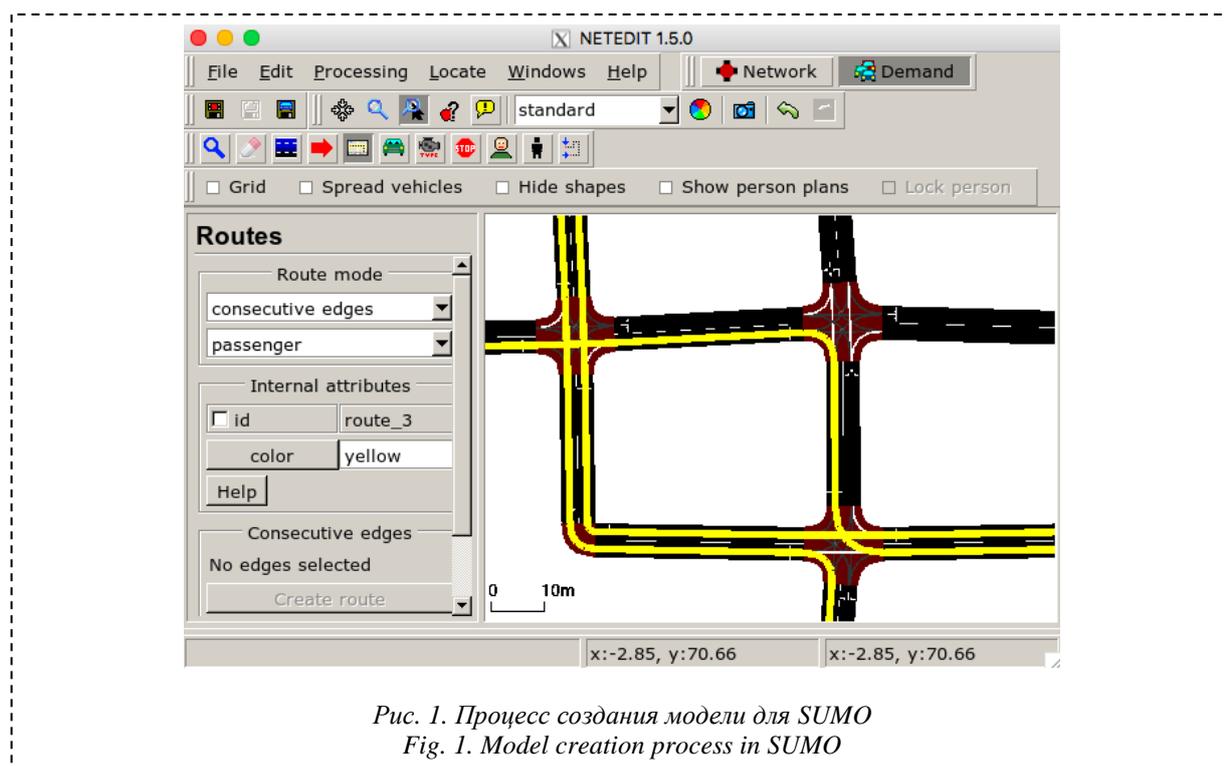


Рис. 1. Процесс создания модели для SUMO
Fig. 1. Model creation process in SUMO

решений для компьютерного моделирования дорожного движения в настоящее время является PTV Vissim [7], однако, хотя оно и предоставляет множество полезных функций, характерных для моделирования городского движения, эти функции не могут быть использованы в контексте моделирования транспортных средств в горнодобывающей промышленности. Поэтому для целей данной работы мы решили выбрать меньшее решение, которое все еще покрывает наши потребности с точки зрения функциональности.

В данной работе мы предлагаем подход к мониторингу горных транспортных средств с использованием программного обеспечения для моделирования городского транспорта (SUMO) [8, 9], применяя его к горнодобывающей промышленности. Мы решили использовать SUMO, потому что это один из зрелых пакетов моделирования дорожного движения, который к тому же все еще находится в активной разработке [10], и именно этот инструмент мы использовали, предлагая метод проверки конфигурации системы управления дорожным движением [11]. Кроме того, использование SUMO обусловлено необходимостью микроскопического моделирования транспорта [12].

Временные ряды

Большую часть времени телеметрическая информация представлена в виде временных рядов – точек, распределенных во времени, как правило, с регулярным интервалом. Примерами данных временных рядов могут служить: температура воздуха, взятая через регулярные промежутки времени, цена акций и т. д. В горнодобывающей промышленности существуют измерения, которые могут представлять интерес для конкретной подотрасли отрасли. Однако что касается мониторинга автопарка, то могут быть некоторые общие показатели, которые можно использовать для того, чтобы получить более полное представление об их работе.

Формат временных рядов также удобен для

мониторинга, поскольку позволяет легче обнаруживать выбросы в данных [13], а использование современных достижений в области машинного обучения позволяет быстрее и точнее обнаруживать аномалии в данных временных рядов [14].

В настоящее время существует множество решений для баз данных временных рядов, некоторые из них соответствуют конкретным потребностям, таким как, например, мониторинг программных приложений, в то время как другие являются базами данных общего назначения, которые могут быть использованы в различных проектах: от регистрации данных моделирования до регистрации телеметрии устройств «интернета вещей». На самом деле, в настоящий момент разработка средств хранения данных в формате временных рядов является активной областью разработки [15, 16].

В данной работе мы будем использовать InfluxDB, который ЦДБ, что не зависит от каких-либо других СУБД используется SQL-подобного языка InfluxDB язык запросов (InfluxQL) [16] и доказал свою работу в приложениях интернета вещей [17]. Наша аргументация в пользу его использования заключается в том, что, хотя он довольно новый на рынке по сравнению с, например, OpenTSDB, он имеет больше функций и, самое главное, интегрированную панель мониторинга, что освобождает нас от установки отдельного решения панели мониторинга, такого как Grafana [18]. Конечно, в реальных приложениях выбор базы данных зависит не только от внешнего вида и функциональности панели мониторинга и тому подобного, однако это отдельная обширная тема, выходящая за рамки данной статьи.

Создание модели

Модель состоит из двух частей: дорожной сети SUMO с графическим представлением участка добычи полезных ископаемых и



Рис. 2. Каньон Бингем, штат Юта
Fig. 2. Bingham Canyon, Utah (Copyright Google, copyright Maxar Technologies, State of Utah, USDA Farm Service Agency)

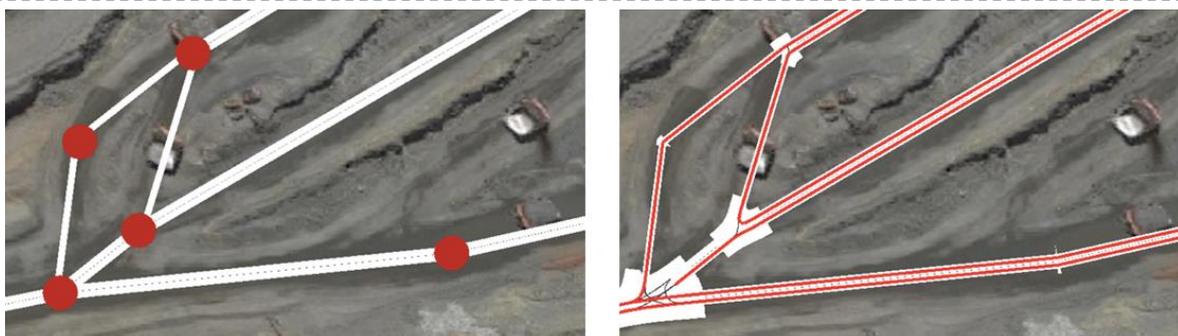


Рис. 3. Соединенные узлы образуют дорожную сеть с маршрутами
Fig. 3. Connected junctions create a road network with routes

SUBCOMPONENT 1

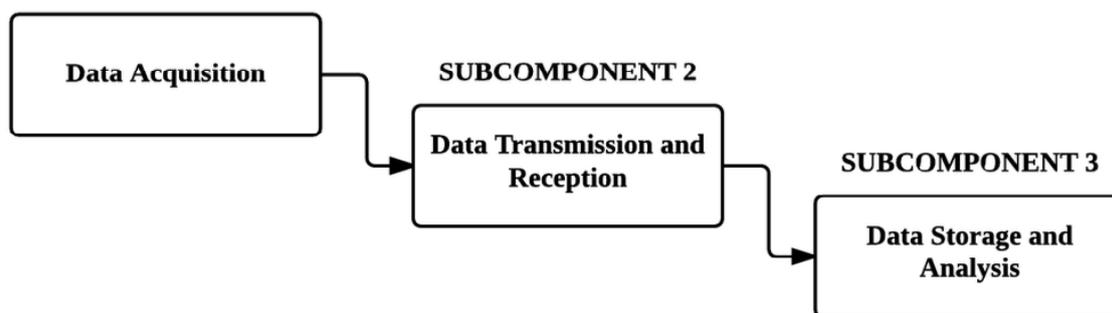


Рис. 4. Основные процессы работы с данными в системе мониторинга
Fig. 4. General data work processes in the monitoring system

программы на языке программирования Python, которая будет использовать TraCI для управления симуляцией, чтобы получить доступ к данным моделирования и использовать их для сбора данных телеметрии. Поскольку создание реалистичного сценария моделирования дорожного движения отнимает много времени [19], мы позволим себе некоторые допущения, поскольку наша цель состоит в том, чтобы представить концепцию использования компьютерного моделирования в мониторинге парка горных машин без привязки к реальному участку добычи.

Модель SUMO в основном описывает дорожные сети и маршруты, по которым транспортные средства могут передвигаться. Поскольку данная среда позволяет использовать фоновое изображение для модели, создание карты участка добычи полезных ископаемых не должно составить труда, если уже существует графическое представление местности, которая будет использоваться в модели. Мы будем использовать часть Бингемского Каньона в штате Юта, США, в качестве примера представления места добычи полезных ископаемых с помощью спутникового изображения, свободно доступного из Google Maps (рис. 2):

Импортируем это изображение в качестве фона

модели, можно воссоздать сегмент дорожной сети для данного конкретного участка. Конечно, для реальных приложений карта может быть больше и можно использовать несколько фоновых изображений вместе. Размещая перекрестки и соединяя их с краями, создается дорожная сеть, которая затем может быть использована для определения транспортных маршрутов по сети (рис. 3).

После создания модели, следующая часть модели будет находиться в программе Python, которая будет использовать TraCI для запуска и управления симуляцией. Следовательно, мы будем запускать симуляцию не в самом SUMO, а с помощью сторонней программы. В той же программе должно быть сделано управление транспортными средствами для унификации процесса в дальнейшем.

Разработка программы на Python с использованием TraCI

В этой части статьи мы разрабатываем модель, создавая небольшую программу на Python, которая будет запускать и взаимодействовать с симуляцией, созданной в NETEDIT. Наша среда разработки выглядит следующим образом: язык программирования Python 3.7 на macOS High Sierra 10.13 с использованием pipenv virtual environment

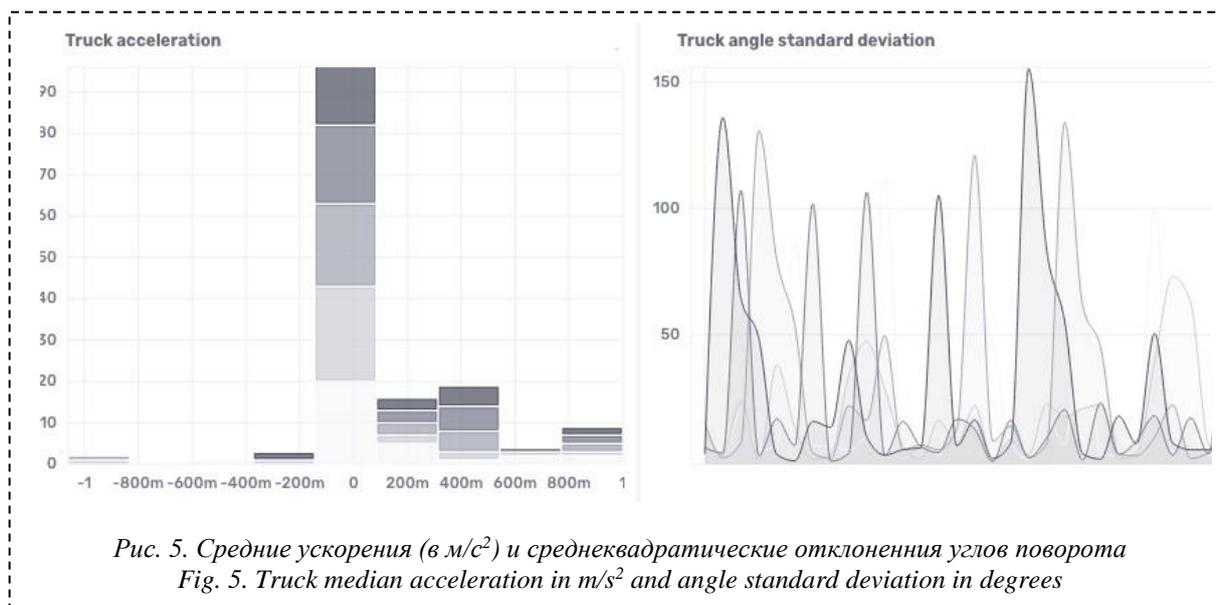


Рис. 5. Средние ускорения (в m/s^2) и среднеквадратические отклонения углов поворота
 Fig. 5. Truck median acceleration in m/s^2 and angle standard deviation in degrees

manager и библиотеки TraCI, которая входит в комплект установки SUMO. Эта библиотека позволяет запускать внешнее моделирование в режиме сервера и автоматически подключаться к нему из программы. TraCI API позволяет нам манипулировать симуляцией, создавая и удаляя транспортные средства в симуляции, назначая любое вновь созданное транспортное средство соответствующему маршруту, который был ранее определен в модели. После того как транспортные средства будут созданы, мы будем запрашивать их через равный промежуток времени для получения телеметрической информации. В этом примере мы запросим их для измерения ускорения в метрах в секунду в квадрате (по умолчанию единица сумо для ускорения) и угла в градусах. Поскольку мы используем InfluxDB в качестве базы данных временных рядов, мы также используем библиотеку Python, предоставляемую InfluxDB. Экземпляр InfluxDB запускается на той же машине с использованием двоичных файлов, предоставленных на официальном сайте.

Проектирование имитационной модели включает в себя три этапа: сбор данных, передачу данных и хранение полученных данных (рис. 4), которые полностью описывают процесс работы с данными системы мониторинга автопарка.

Интеграция с InfluxDB и сбор данных

После настройки и запуска модели последним шагом является добавление интеграции с InfluxDB для сбора и хранения данных временных рядов из модели. Как уже упоминалось ранее, для этого примера записывается ускорение и угол наклона каждого транспортного средства во время моделирования, что делается с помощью процедуры записи точки временного ряда – это возможно с помощью клиентской библиотеки для Python. Поскольку мы размещаем сервер InfluxDB на той же машине, что и симуляция, мы можем

избежать таких шагов настройки сети, как настройка NAT и переадресация портов.

Используя клиентский API, можно хранить каждое измерение от каждого транспортного средства в некотором предопределенном интервале в виде временного ряда. Кроме того, чтобы имитировать реализацию реального встроенного системного устройства, которое может часто собирать телеметрию, а затем усреднять результат, мы будем агрегировать измерения в каждом кадре и к моменту отправки усреднять сумму всех последних измерений по количеству собранных выборок, по сути имитируя реальное поведение.

После запуска моделирования и записи измерений в базу данных в течение некоторого времени следующим шагом будет вход в панель мониторинга и настройка визуализации измерений. Поскольку InfluxDB поставляется с уже интегрированным графическим интерфейсом, мы будем использовать его вместо какого-то дополнительного решения.

Учитывая имеющиеся у нас данные, мы построим два графика, по одному для каждого из наших измерений:

- Медианное ускорение грузовика – этот показатель, пожалуй, наиболее интересен, поскольку позволяет анализировать характеристики движения транспортного средства. Мы покажем эту метрику в виде сложной гистограммы для каждого из пяти грузовиков.
- Стандартное отклонение угла поворота грузовика – еще одна метрика, которая может помочь контролировать поведение водителя, - это угол и его изменение с течением времени (рис. 5).

Стоит отметить, что в наших экспериментах мы получили довольно высокие значения этой метрики в первую очередь из-за довольно острых углов траекторий в модели.

Эффективная передача и хранение данных

Эффективная передача данных имеет большое значение в целом и для телеметрии транспортных средств в частности. В настоящее время LoRaWAN демонстрирует перспективность как эффективный способ передачи данных для решений IoT (интернета вещей). LoRaWAN-это маломощная широкополосная сетевая технология, которая успешно используется в промышленных приложениях IoT, использующих мобильные сети передачи данных [4].

Кроме того, использование эффективной базы данных временных рядов важно для крупномасштабных приложений. Несмотря на то, что в этой работе мы использовали InfluxDB и они предоставляют масштабируемые решения, которые показали хорошую производительность в реальном IoT-решении [17], выбор правильного решения для хранения временных рядов зависит от организации и уже существующей инфраструктуры, а также общих требований к объему обрабатываемого трафика данных. Из-за этого мы советуем обратить внимание на исследования, специально направленные на анализ и сопоставление различных временных рядов решения для баз данных [15, 16].

Заключение

В данной работе мы представили концепцию системы сбора телеметрических данных парка горных машин с использованием подхода компьютерного моделирования. Такой подход может значительно снизить затраты на интеграцию, избегая простоя транспортных средств, поскольку можно моделировать как транспортные средства, так и сбор данных – это особенно важно на ранних стадиях интеграции системы управления автопарком. Этот подход также может помочь определить возможные метрики, которые могут быть использованы для мониторинга автопарка и модификации этих метрик на этапе постобработки анализа данных в информационной панели базы данных временных рядов. С помощью средства для компьютерного моделирования транспортного движения SUMO была создана примерная среда моделирования

горного участка. Это моделирование было запущено извне программой с помощью TraCI API, что дало более высокую гибкость и возможность получать телеметрическую информацию из среды модели. Собранные телеметрические данные хранятся в базе данных временных рядов InfluxDB. Путем представления тестовых данных, полученных в результате моделирования, мы показали, что этот подход может быть использован для моделирования сценариев сбора телеметрии, которые могут помочь в управлении парком горных машин.

В этой работе не был рассмотрен метод обратной связи, которой мог бы служить дополнительным звеном в процессе принятия решений персоналом. Потенциально полезная информация может быть получена из телеметрических данных. Обратная связь на основании полученных измерений может повысить эффективность операций (например, за счет выбора более оптимальных маршрутов) или даже безопасность рабочего персонала, добавив возможность важных уведомлений о событиях, транслируемое персоналу на основании телеметрических данных автоматически.

В наших дальнейших исследованиях мы хотели бы ввести систему оценки измерительных показателей, которая помогла бы направлять процесс принятия решений для задач управления автопарком. В рамках этой структуры мы хотели бы также ввести более надежную коллекцию показателей транспортных средств, таких как вибрация, влажность, используя более продвинутые функции регионов и дополнительных объектов в SUMO, которые могли бы помочь в отслеживании транспортных средств во время моделирования. Наряду с этими метриками еще одним важным улучшением было бы внедрение отслеживания географического положения путем имитации GPS-слежения в с использованием подхода координатного картографирования с переводом координат между географической и декартовой системами координат внутри модели SUMO.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафиуллин Р. Р., Интеллектуальные системы автоматизированного мониторинга транспортных средств / Р. Р. Сафиуллин, Е. С. Решетник // Воронежский научно-технический вестник, 2018.
2. Сафиуллин Р. Н. Интеллектуальные бортовые транспортные системы на автомобильном транспорте [Текст]: Монография, М.-Берлин: Директ-Медиа, 2017. – 354 с.
3. Čaušević S. The model of transport monitoring application based on Internet of Things / S. Čaušević, A. Čolaković, A. Hasković // Opatija, Croatia: International Scientific Conference on Science and Traffic Development, 2018.
4. Integration of LoRaWAN and 4G/5G for the Industrial Internet of Things / Navarro-Ortiz J. // IEEE Communications Magazine, 2018. – С. 60-67.
5. Greenfeld J. / Matching GPS Observations to Locations on a Digital Map, 2002.

6. Chaulya S. Mine Transport Surveillance and Production Management System / S. Chaulya, G. Prasad, 2016.
7. Fellendorf M. Microscopic Traffic Flow Simulator VISSIM. In Fundamentals of Traffic Simulation / M. Fellendorf, P. Vortisch // International Series in Operations Research & Management Science, 2010. – T. 145. – C. 63-93.
8. Krajzewicz D. SUMO (Simulation of Urban MObility)-an open-source traffic simulation / D. Krajzewicz, G. Hertkorn, C. Rössel, P. Wagner // Proceedings of the 4th middle East Symposium on Simulation and Modelling (MESM20002), 2002. – C. 183-187.
9. Krajzewicz D. An Example of Microscopic Car Models Validation Using the Open Source Traffic Simulation SUMO / D. Krajzewicz, G. Hertkorn, C. Feld, P. Wagner // 14th European Simulation Symposium, 2003. – C. 318-322.
10. Krajzewicz D. Recent development and applications of SUMO-Simulation of Urban Mobility / D. Krajzewicz, J. Erdmann, M. Behrisch, L. Bieker // International Journal On Advances in Systems and Measurements, 2012. – C. 128-138.
11. Ivanov A. Usage of SUMO Computer Modeling Software for Road Traffic Control System Validation / A. Ivanov, F. Abu-Abed, 2019. – C. 4662-4666.
12. Lopez A. P. Microscopic Traffic Simulation using SUMO / A. P. Lopez, M. Behrisch, L. Bieker-Walz, J. Erdmann, Y. Flötteröd, R. Hilbrich, E. Wiessner // 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2018. – C. 2575-2582.
13. Jagadish H. Mining Deviants in a Time Series Database / H. Jagadish, N. Koudas, S. Muthukrishnan, 1999. – № 99. – C. 7-10.
14. Kanarachos S. Detecting anomalies in time series data via a deep learning algorithm combining wavelets, neural networks and Hilbert transform / S. Kanarachos, S. Christopoulos, A. Chronos, M. Fitzpatrick // Expert Systems with Applications, 2017. – C. 292-304.
15. Fadhel M. A Comparison of Time Series Databases for Storing Water Quality Data / M. Fadhel, E. Sekerinski, S. Yao, 2019. – C. 302-313.
16. Bader A. Survey and Comparison of Open Source Time Series Databases / A. Bader, O. Kopp, M. Falkenthal // Datenbanksysteme für Business, Technologie und Web (BTW2017), 2017. – C. 249-268.
17. Nasar M. Suitability Of Influxdb Database For Iot Applications / M. Nasar, M. Kausar // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 2019. – C. 1850-1857.
18. Grafana Labs. Grafana: The open observability platform. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://grafana.com> [07.12.2020]
19. Bieker L. Traffic simulation for all: a real world traffic scenario from the city of Bologna / L. Bieker, D. Krajzewicz, A. Morra, C. Michelacci, F. Cartolano // Modeling Mobility with Open Data, 2015. – C. 47-60.

REFERENCES

1. Safiullin R. Intelligent automated vehicle monitoring systems / R. Safiullin, E. Reshetnik // Voronezh scientific and technical Bulletin, 2018.
2. Safiullin R. Intelligent onboard transport systems in automobile transport [Text]: Monograph, Moscow-Berlin: Direct-Media, 2017 – 354 p.
3. Čaušević S. The model of transport monitoring application based on Internet of Things / S. Čaušević, A. Čolaković, A. Haskovic // Opatija, Croatia: International Scientific Conference on Science and Traffic Development, 2018.
4. Integration of LoRaWAN and 4G/5G for the Industrial Internet of Things / Navarro-Ortiz J. // IEEE Communications Magazine, 2018. – P. 60-67.
5. Greenfeld J. / Matching GPS Observations to Locations on a Digital Map, 2002.
6. Chaulya S. Mine Transport Surveillance and Production Management System / S. Chaulya, G. Prasad, 2016.
7. Fellendorf M. Microscopic Traffic Flow Simulator VISSIM. In Fundamentals of Traffic Simulation / M. Fellendorf, P. Vortisch // International Series in Operations Research & Management Science, 2010. – V. 145. – P. 63-93.
8. Krajzewicz D. SUMO (Simulation of Urban MObility)-an open-source traffic simulation / D. Krajzewicz, G. Hertkorn, C. Rössel, P. Wagner // Proceedings of the 4th middle East Symposium on Simulation and Modelling (MESM20002), 2002. – P. 183-187.
9. Krajzewicz D. An Example of Microscopic Car Models Validation Using the Open Source Traffic Simulation SUMO / D. Krajzewicz, G. Hertkorn, C. Feld, P. Wagner // 14th European Simulation Symposium, 2003. – P. 318-322.
10. Krajzewicz D. Recent development and applications of SUMO-Simulation of Urban Mobility / D.

Krajzewicz, J. Erdmann, M. Behrisch, L. Bieker // International Journal On Advances in Systems and Measurements, 2012. – P. 128-138.

11.Ivanov A. Usage of SUMO Computer Modeling Software for Road Traffic Control System Validation / A. Ivanov, F. Abu-Abed, 2019. – P. 4662-4666.

12.Lopez A. P. Microscopic Traffic Simulation using SUMO / A. P. Lopez, M. Behrisch, L. Bieker-Walz, J. Erdmann, Y. Flötteröd, R. Hilbrich, E. Wiessner // 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2018. – P. 2575-2582.

13.Jagadish H. Mining Deviants in a Time Series Database / H. Jagadish, N. Koudas, S. Muthukrishnan, 1999. – № 99. – P. 7-10.

14.Kanarachos S. Detecting anomalies in time series data via a deep learning algorithm combining wavelets, neural networks and Hilbert transform / S. Kanarachos, S. Christopoulos, A. Chroneos, M. Fitzpatrick // Expert Systems with Applications, 2017. – P. 292-304.

15.Fadhel M. A Comparison of Time Series Databases for Storing Water Quality Data / M. Fadhel, E. Sekerinski, S. Yao, 2019. – P. 302-313.

16.Bader A. Survey and Comparison of Open Source Time Series Databases / A. Bader, O. Kopp, M. Falkenthal // Datenbanksysteme für Business, Technologie und Web (BTW2017), 2017. – P. 249-268.

17.Nasar M. Suitability Of Influxdb Database For Iot Applications / M. Nasar, M. Kausar // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 2019. – P. 1850-1857.

18.Grafana Labs. Grafana: The open observability platform. URL: <https://grafana.com> (accessed: 07.12.2020)

Bieker L. Traffic simulation for all: a real world traffic scenario from the city of Bologna / L. Bieker, D. Krajzewicz, A. Morra, C. Michelacci, F. Cartolano // Modeling Mobility with Open Data, 2015. – P. 47-60.

Поступило в редакцию 19.11.2020

Received 19 November 2020