

УДК 004.057.4; 004.057.7

DOI: [10.26102/2310-6018/2021.32.1.026](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2021.32.1.026)

Оценка производительности протоколов маршрутизации автомобильных ad-hoc сетей (VANET) на примере моделирования улиц Волгограда

А.А. Саббаг, М.В. Щербаков

*Волгоградский государственный технический университет,
Волгоград, Российская Федерация*

Резюме. Переход к эпохе глобальной цифровизации становится драйвером современных подходов к обеспечению безопасной системы дорожного движения. В этом плане применение сетей VANET привлекает внимание исследователей и является перспективным направлением. В рамках автоматизированной координации дорожных ситуаций с помощью современных технологий беспроводной связи консолидируются распределенные по движущимся узлам сети диагностические компоненты, которые позволяют перевести систему транспортного передвижения на качественно новый уровень работы. С практической точки зрения, возможности автоматического оповещения служат для водителей ориентиром для выработки грамотной стратегии поведения в случае нештатной ситуации. В работе приводится ряд отличительных особенностей сетей VANET. Следует учесть, что высокий трафик узлов в некоторой степени затрудняет построение топологии сети. Следовательно, ключевая задача исследования – определение подходящего протокола маршрутизации для сетей VANET с целью получения безопасной среды трафика. Цель настоящего исследования – оценка производительности протоколов маршрутизации, отвечающих за передачу данных между узлами, и их влияния на производительность сетей VANET с помощью расширенных программ моделирования, которые моделируют среду и дают результаты, близкие к реальным, чтобы снизить высокие затраты на оценку. Для сравнения работы протоколов применялись метрики производительности Mac Phy Overhead, Good put, Receive Rate, and Packets Received.

Ключевые слова: VANET, протокол маршрутизации, Sumo, NS3, производительность сети.

Для цитирования: Саббаг А.А., Щербаков М.В. Оценка производительности протоколов маршрутизации автомобильных ad-hoc сетей (VANET) на примере моделирования улиц Волгограда. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2021;9(1). Доступно по: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=910> DOI: 10.26102/2310-6018/2021.32.1.026

Performance evaluation of routing protocols in VANET for example simulation Volgograd Street

A.A. Sabbagh, M.V. Shcherbakov

Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation

Abstract: Changing over digital age is becoming the driving force for modern approaches to provide a safe road system. In this regard, the VANET are destined to succeed. The paper looks at automated coordination of traffic situations. It draws our attention to diagnostic components merged into the entity by means of modern wireless communication technologies. Attempts are made to switch to the up-to-date level of transport system work. Drivers can benefit from automatic alert capabilities in developing

the competent strategy to deal with the out-of-the box situations. It is spoken in detail about particular things VANET networks abound in. It should be stressed the high traffic makes it difficult to create simulation network topology. Therefore, one of the main research objectives is to determine the appropriate routing protocol for VANETs in order to have a safe traffic environment. The purpose of this study is to evaluate the performance of the routing protocols, that responsible for data transmission between nodes and their impact on the performance of VANETs. The performance was experimentally tested using a number of routing protocols with the Sumo urban mobility simulator and network simulator NS3 that simulate the environment and produce near-real results to reduce high evaluation costs. To compare the functionality of traditional protocols, performance measures were used - Mac Phy Overhead, Good put, Receive Rate, and Packets Received.

Keywords: VANET, Routing protocol, Sumo, NS3, network performance, sumo.

For citation: Sabbagh A.A., Shcherbakov M.V. Performance evaluation of routing protocols in VANET for example simulation Volgograd Street. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2021;9(1). Available from: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=910> DOI: 10.26102/2310-6018/2021.32.1.026 (In Russ).

Введение

Сети VANET привлекли огромное количество исследований в области обеспечения безопасности, выступили гарантом качества обслуживания, позволили моделировать отказоустойчивость сети при использовании различных протоколов маршрутизации. Протоколы маршрутизации в сетях VANET в настоящее время сталкиваются с трудной исследовательской проблемой ввиду высокого трафика узлов и частого изменения топологии сети, что неизбежно приводит к потере некоторых сообщений и трудностям на пути к достижению цели. За последнее время немало исследований было посвящено маршрутизации в сетях VANET, что обусловлено необходимостью поиска наиболее оптимального и эффективного протокола маршрутизации для данных сетей. Нельзя не согласиться с необходимостью поиска стабильного протокола маршрутизации для бесперебойной передачи сообщения в пределах доступного времени. Несмотря на эффективность работы протоколов маршрутизации, разработанных по требованиям сетей MANET, в условиях VANET их уровень производительности недостаточен. Это свидетельствует о наличии особых требований для успешной работы протоколов. Свое начало история протоколов маршрутизации VANET берет от традиционных протоколов MANET. [1-2] Целью данной работы является анализ эффективности традиционных протоколов маршрутизации, таких как AODV, DSDV и OLSR в сетях VANET. Для достижения этой цели решается ряд задач: поколения движения транспортных средств на реальной дорожной карте Волгограда в качестве объекта моделирования, с Sumo городской мобильности тренажере. моделирование сетей VANET с помощью 802.11p и применение каждого из предыдущих протоколов маршрутизации отдельно; анализ производительности сети по метрикам Mac Phy Overhead, Good put, Receive Rate, and Packets Received, при помощи симулятора сети NS3.

Обзор литературных источников

Согласно методам маршрутизации, используемым для установления соединения и обмена пакетами между узлами, общепринятым считают разделение на протоколы проактивной и реактивной маршрутизации. Перейдем к деталям и обсуждению основных характеристик.

Протоколы проактивной маршрутизации. Основу вышеупомянутых протоколов составляют таблицы, отображающие информацию о маршрутизации для всех узлов в сети. Сохраняя историю шагов и устанавливая соединение с целевым пунктом, информация о проложенном маршруте итеративно обновляется и передается. Требуется ли маршрут или нет, существует ли большое потребление пропускной способности сети из-за наличия ряда маршрутов, которые в настоящее время не используются. Интерес представляют несколько типов проактивных протоколов маршрутизации. Среди них следует учесть DSDV (Destination-Sequenced Distance-Vector Routing), OLSR (Optimized Link-State Routing). [1-7-8]

Протоколы реактивной маршрутизации. Протоколы реактивной маршрутизации обеспечивают построение маршрута согласно запросу, в то время, как хранению в таблице маршрутизации подлежат только использованные маршруты. Идея подхода принадлежит Джонсону с целью сокращения излишних обновлений информации о маршрутах и количества потребляемой пропускной способности [9]. Такой подход способствует созданию необходимого пути в момент получения сформированного запроса. Метод предполагает дополнительную задержку соединения для обнаружения пути к месту назначения. Основное отличие от протоколов проактивной маршрутизации заключается в способе хранения информации об общей топологии и доступе к пунктам назначения сети. К наиболее распространенным типам протоколов реактивной маршрутизации относят: Dynamic Source Routing (DSR), Ad hoc On-demand Distance Vector (AODV). Маршрутизация с характером опережения способна обеспечить своевременную передачу данных в специальных беспроводных сетях, но становится уязвимее с увеличением пропускной способности сети. В этом плане интерактивная маршрутизация более эффективна за счет обнаружения маршрута по требованию. [7-8-10]

Материалы и методы

В данной работе представлена среда моделирования, в которой авторами моделировался путь движения 40 автомобилей по улице Комсомольской города-героя Волгограда с помощью сервиса Open Street Map с помощью программы SUMO. Для изучения функциональности протоколов- применялся симулятор беспроводных сетей NS-3, который моделирует беспроводную ad-hoc систему и MAC-уровень.

Моделирование: в качестве эксперимента авторам удалось отобразить модель реалистичной мобильности транспортных средств, не прибегая к использованию случайной или сеточной карты. Ход моделирования состоял из генерации файла мобильности и трафика посредством SUMO и его использования в качестве входных данных для дальнейшего анализа производительности сети в NS3.

Инструменты моделирования. Выбор исследователей для анализа производительности сети был остановлен на операционной системе Ubuntu с привлечением инструмента моделирования NS3. Сетевой симулятор 3 — это инструмент моделирования открыт для использования, начиная с 2008 года, его работа сочетается преимущественно с ОС Linux и Unix. Моделирование городской мобильности (SUMO) — это пакет моделирования трафика с открытым исходным кодом, предназначенный для работы с крупными дорожными сетями.

Метрики производительности

1. Good put: это скорость передачи полезной нагрузки по сети. Метрика оценивает

количество пакетов, которыми обмениваются на уровне приложения. Величина throughput — это общее количество всех пакетов обмена по сети. Это дает основания говорить, что Goodput будет равна или меньше throughput, поскольку throughput может включать нежелательные данные, включающие повторные передачи данных, служебные данные или оболочки протокола.

$$Good\ put = average (ReceiveRate (kbps)) \quad (1)$$

2. Mac Phy Overhead: Метрика реализуется на уровнях MAC и РНУ и предназначена для измерения использования пропускной способности сети. Величина использования пропускной способности сети описывает общие накладные расходы.

$$Mac_Phy_oh = (totalPhyBytes - totalAppBytes) / totalPhyBytes \quad (2)$$

3. ReceiveRate: указывает на количество полученных байтов в единице скорости (кбит/с).

$$ReceiveRate (kbps) = (bytesTotal * 8.0) / 1000; bytesTotal\ number\ of\ bytes\ received \quad (3)$$

4. Packets Received: служит для отражения количества полученных пакетов.

Результаты

Моделирование городской мобильности (SUMO). Симуляция мобильности транспортных средств в режиме реального времени в городе Волгограде проведена с помощью программы SUMO. В результате эксперимента создан файл (Mobility.tcl). На Рисунках 1 и 2 детализированы этапы создания файла моделирования мобильности (для генерации трафика в сети) с описаниями OpenStreetMap (OSM), а также графический интерфейс пользователя SUMO и XML.

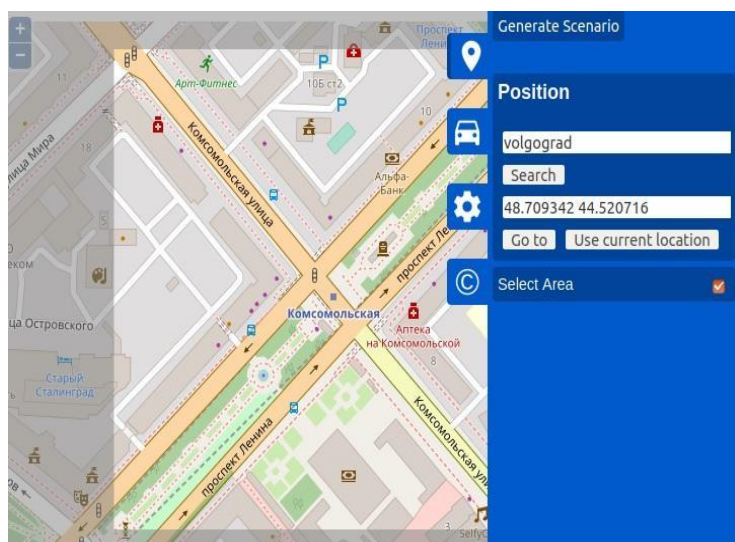


Рисунок 1 - Sumo графический интерфейс пользователя

Figure 1 - Sumo Graphical User Interface

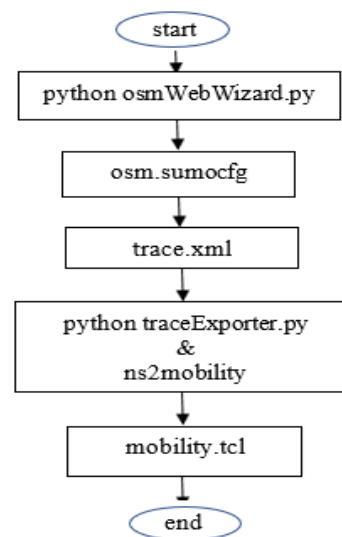


Рисунок 2 - Блок-схема моделирования мобильности

Figure 2 - block diagram of mobility modeling

Параметры моделирования: для экспериментального воплощения теоретических концептов в работе проведено моделирование VANET в NS3 с помощью 802.11p для различных сценариев перебором протоколов маршрутизации (OLSR, DSDV и AODV). Эти симуляции выполняются в диапазоне (30,50,70,90) секунд и учитывают (40) транспортных средств (узлов), соответственно, в пределах Волгограда на основе данных трассировки транспортных средств (Mobility.tcl).

Результаты Моделирования: Операция обработки результатов выполнена с Gnuplot и вынесена в таблицу LibreOffice.

- **ReceiveRate:** На Рисунке 3, результаты моделирования выявили, что AODV в целом превосходит DSDV и OLSR. Следует отметить, что для моделирования DSDV (30 секунд) имеет место резкое падение Receive Rate.

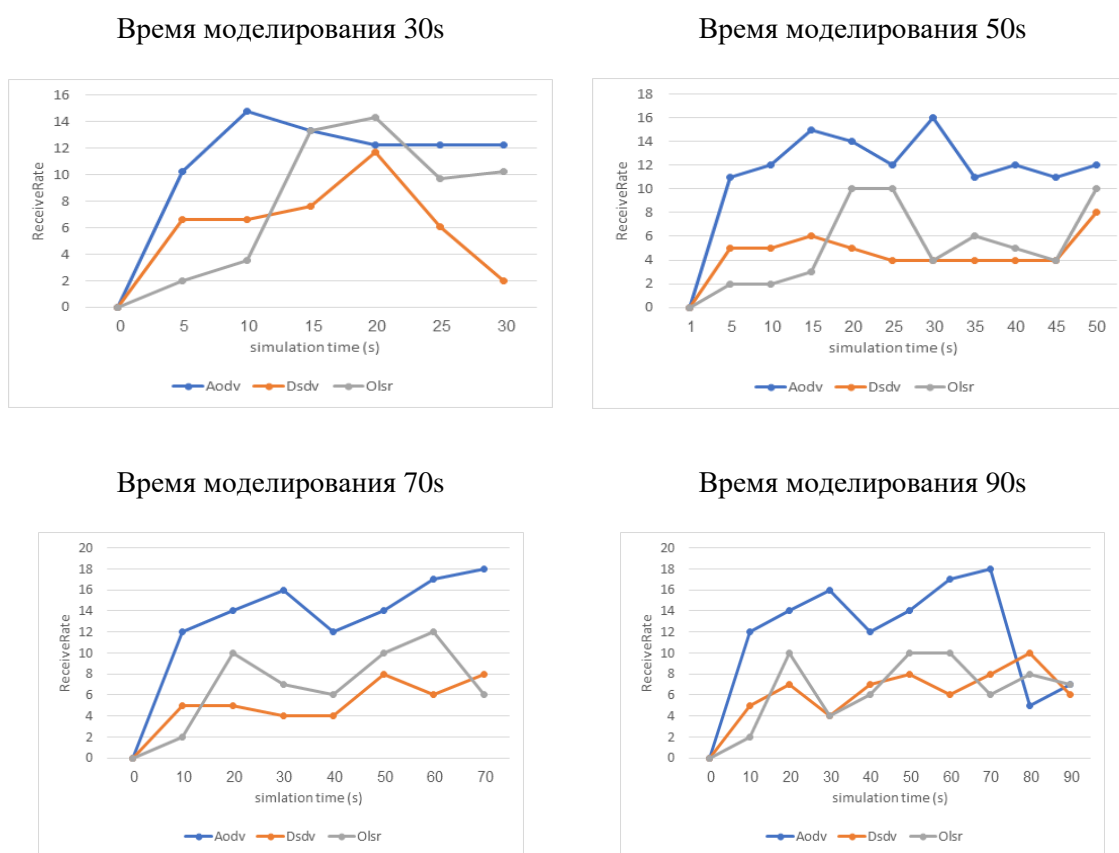
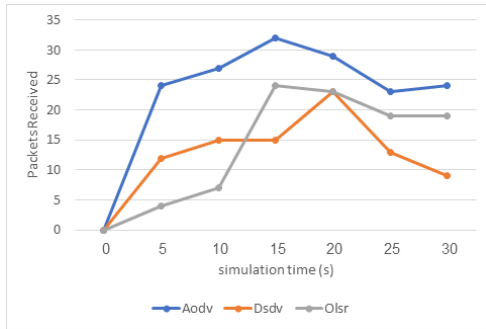


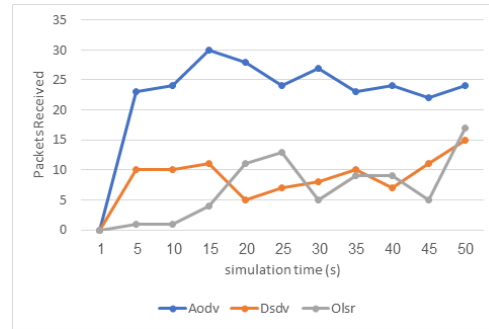
Рисунок 3 - Receive Rate против времени моделирования
 Figure 3 - Receive Rate against simulation time

- **Packets Received.** На Рисунке 4, подводя итог по моделированию Packets Received, AODV в целом превосходит DSDV и OLSR. DSDV (30 секунд) по-прежнему имеет место резкое падение. AODV значительно превышает количество полученных пакетов, предоставляемых OLSR и DSDV. AODV вновь превосходит остальные подходы.

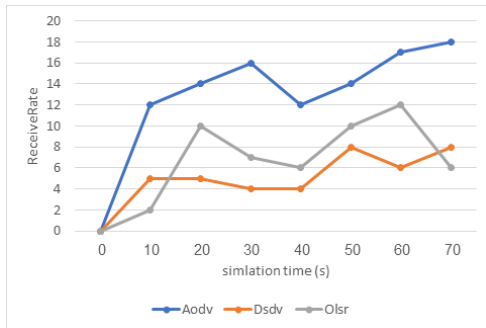
Время моделирования 30s



Время моделирования 50s



Время моделирования 70s



Время моделирования 90s

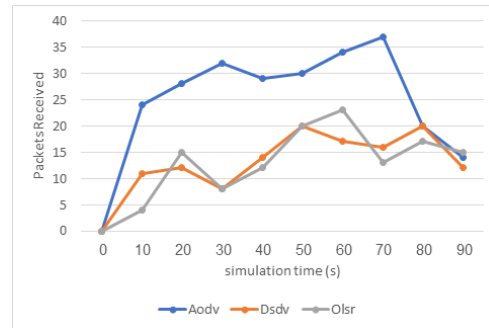
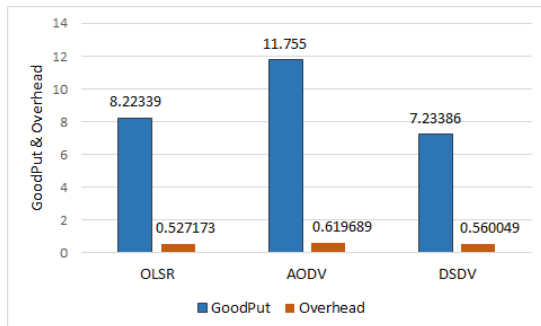


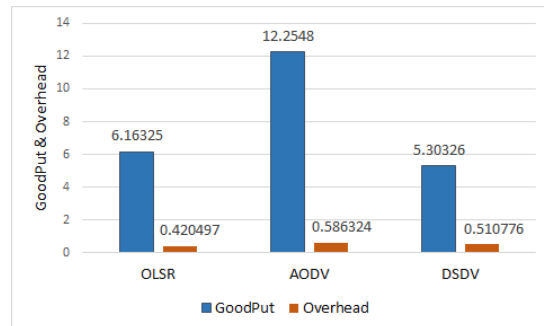
Рисунок 4 - Packets Received против времени моделирования
 Figure 4 - Packets Received against simulation time

- Good Put & Mac Phy Overhead:

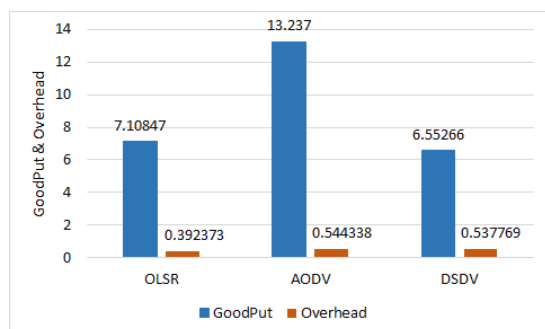
Время моделирования 30s



Время моделирования 50s



Время моделирования 70s



Время моделирования 90s

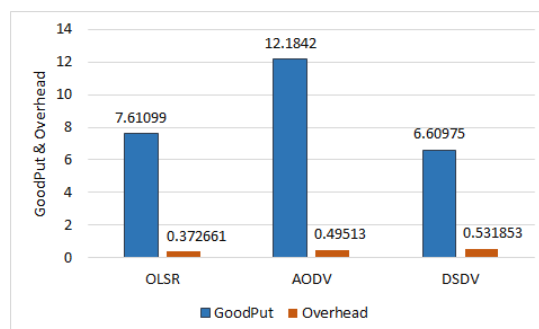


Рисунок 5 - Good Put & Mac Phy Overhead против времени моделирования
 Figure 5 - Good Put & Mac Phy Overhead against simulation time

На Рисунке 5, исходя из полученных результатов, есть основания заключить, что AODV в целом превосходит DSDV и OLSR в Good Put. DSDV довольно приближен к AODV в накладных расходах Mac. В то время, как OLSR уступает DSDV и AODV в различных сценариях времени моделирования.

Обсуждение

Результаты моделирования показывают, что параметры производительности протоколов маршрутизации незначительно изменились против времени моделирования, но результаты моделирования продемонстрировали, что протокол AODV более эффективен, чем протоколы DSDV и OLSR. Производительность AODV обусловлена его характеристиками по запросу для определения новейшего маршрута, поэтому AODV имеет накладные расходы Mac Phy немного выше, чем DSDV и OLSR, но AODV более эффективен в получении пакетов и пропускной способности. Так, AODV более эффективен в сетях VANET.

Заключение

Основная ценность работы состоит в аргументированной сравнительной характеристике эффективности применения распространенных протоколов маршрутизации для сетей VANET с использованием симуляторов SUMO и NS3. Были смоделированы сети с одинаковой топологией и проведено экспериментальное исследование работы традиционных протоколов маршрутизации для мобильных сетей. В данном исследовании представлен сравнительный анализ функциональности протоколов маршрутизации ADOV, DSDV и OLSR. Выделение ряда преимуществ и выявление проблем каждого из алгоритмов дает основания судить, что AODV превосходит другие протоколы по производительности. В уточнение к вышесказанному: ряд особенностей, пересекающихся со множеством малоизученных вопросов непостоянства структуры и состава сетей VANET, оставляет место для будущих исследований. В последующем раскрытии проблематики работы авторы планируют уделить особое внимание показателям средней задержки и скорости потери пакетов по сценариям изменения количества или скорости узлов, исходя из соображений влияния на балансировку нагрузки сети для сетей VANET.

ЛИТЕРАТУРА

1. Houssaini Z.S., Zaimi I., Oumsis M., Ouatic S.E.A. Comparative study of routing protocols performance for vehicular Ad-hoc networks. *Int J Appl Eng Res.* 2017;12(13):3867–78(на англ).
2. Ahmed M.B., Boudhir A.A., Bouhorma M., Ahmed K.B. Performance Study of Various Routing Protocols in VANET Case of Study. *Int J Futur Gener Commun Netw.* 2014;7(6):231–40(на англ).
3. Tang L., Liu Q. A Survey on Distance Vector Routing Protocols. 2011. Доступно по: <http://arxiv.org/abs/1111.1514>(на англ).
4. Venkatesan T.P., Rajakumar P., Pitchaikkannu A. Overview of proactive routing protocols in MANET. *2014 Fourth International Conference on Communication Systems and Network Technologies.* 2014;173–7. Доступно по: doi: 10.1109/CSNT.2014.42(на англ)
5. Rathi B., Singh E.F. Performance Analysis of Distance Vector and Link State Routing Protocols. *Int J Comput Sci Trends Technol.* 2015;3(4):23–32(на англ).
6. Imran N., Riaz S., Shaheen A., Sharif M., Raza M. Comparative Analysis of Link State and Distance Vector Routing Protocols for Mobile Adhoc Networks. *Sci Int.* 2014;26(2):669–74(на англ).
7. Al-Sultan S., Al-Doori M.M., Al-Bayatti A.H., Zedan H. A comprehensive survey on vehicular ad hoc network. *J Netw Comput Appl.* 2014;37:380–92. Доступно по: <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2013.02.036>(на англ).
8. Altayeb M., Mahgoub I. A Survey of Vehicular Ad hoc Networks Routing Techniques. *Int J Innov Appl Stud.* 2013;3(3):829–46(на англ).
9. Johnson D.B. Routing in Ad Hoc Networks of Mobile Hosts. *1994 First Workshop on Mobile Computing Systems and Applications.* 1994;158–63(на англ).
10. Patel D., Faisal M., Batavia P., Makhija S., Mani M. Overview of Routing Protocols in VANET. *Int J Comput Appl.* 2016;136(9):4–7(на англ).

REFERENCES

1. Houssaini Z.S., Zaimi I., Oumsis M., Ouatic S.E.A. Comparative study of routing protocols performance for vehicular Ad-hoc networks. *Int J Appl Eng Res.* 2017;12(13):3867–78.
2. Ahmed M.B., Boudhir A.A., Bouhorma M., Ahmed K.B. Performance Study of Various Routing Protocols in VANET Case of Study. *Int J Futur Gener Commun Netw.* 2014;7(6):231–40.
3. Tang L., Liu Q. A Survey on Distance Vector Routing Protocols. 2011. Available from: <http://arxiv.org/abs/1111.1514>
4. Venkatesan T.P., Rajakumar P., Pitchaikkannu A. Overview of proactive routing protocols in MANET. *2014 Fourth International Conference on Communication Systems and Network Technologies.* 2014;173–7. Available from: doi: 10.1109/CSNT.2014.42
5. Rathi B., Singh E.F. Performance Analysis of Distance Vector and Link State Routing Protocols. *Int J Comput Sci Trends Technol.* 2015;3(4):23–32.
6. Imran N., Riaz S., Shaheen A., Sharif M., Raza M. Comparative Analysis of Link State and Distance Vector Routing Protocols for Mobile Adhoc Networks. *Sci Int.* 2014;26(2):669–74.
7. Al-Sultan S., Al-Doori M.M., Al-Bayatti A.H., Zedan H. A comprehensive survey on vehicular ad hoc network. *J Netw Comput Appl.* 2014;37:380–92. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2013.02.036>.
8. Altayeb M., Mahgoub I. A Survey of Vehicular Ad hoc Networks Routing Techniques. *Int J Innov Appl Stud.* 2013;3(3):829–46.
9. Johnson D.B. Routing in Ad Hoc Networks of Mobile Hosts. *1994 First Workshop on Mobile Computing Systems and Applications.* 1994;158–63.
10. Patel D., Faisal M., Batavia P., Makhija S., Mani M. Overview of Routing Protocols in VANET. *Int J Comput Appl.* 2016;136(9):4–7.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Амани Анмад Саббаг, аспирантка, кафедра
Системы автоматизированного проектирования и
поискового конструирования», ФГБОУ ВО
«Волгоградский государственный технический
университет», Волгоград, Российская Федерация.
e-mail: amanisabbagh86@gmail.com

Amani A. Sabbagh, PhD Student,
CAD Department, Volgograd State
Technical University, Volgograd,
Russian Federation

Щербakov Максим Владимирович, д.т.н.,
профессор, кафедра «Системы
автоматизированного проектирования и
поискового конструирования», ФГБОУ ВО
"Волгоградский государственный технический
университет", Волгоград, Российская Федерация.
e-mail: maxim.shcherbakov@gmail.com

Maxim V. Shcherbakov, Dr. Tech.
Sci., Professor, Computer Aided
Design Department, Volgograd State
Technical University. Volgograd,
Russian Federation.