

DOI: 10.34220/2311-8873-2022-91-101



УДК 625.721.2: 625.721.5

2.9.5 – эксплуатация автомобильного транспорта

**ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ
МОДЕЛИ УЧАСТКА УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ
СЕТИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ МЕСТ
ВЕРОЯТНОГО ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДТП С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ QGIS**

✉¹**Лозовой Николай Михайлович**
к.т.н, доц. кафедры городского кадастра и
инженерных изысканий Белгородский
государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, РФ
e-mail: lozwa88@mail.ru

Глаголев Сергей Николаевич
доктор экономических наук, профессор,
ректор БГТУ им. В.Г. Шухова
Белгородский государственный
технологический университет
им. В.Г. Шухова, РФ

Щетинин Николай Анатольевич
к.т.н, доц. кафедры эксплуатации и
организации движения автотранспорта
Белгородский государственный
технологический университет им.
В.Г. Шухова, РФ

Загородний Николай Александрович
к.т.н, доцент, заведующий кафедрой
эксплуатации и организации движения
автотранспорта Белгородский
государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, РФ

Боровской Алексей Евгеньевич
к.т.н, доцент, доц. кафедры
эксплуатации и организации движения
автотранспорта Белгородский государственный
технологический университет им.
В.Г. Шухова, РФ

Сокорев Сергей Иванович
инженер кафедры эксплуатации и
организации движения автотранспорта
Белгородский государственный
технологический университет
им. В.Г. Шухова, РФ

**TECHNOLOGY FOR CREATING
A DIGITAL MODEL OF A SECTION
OF A ROAD NETWORK TO IDENTIFY
THE LOCATIONS OF A PROBABLE
ACCIDENT USING THE QGIS
GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM**

✉¹**Lozovoy Nikolai Mikhailovich**
cand. of tech. tc., associate professor of the
departments of city cadastre and engineering
surveys of the Belgorod State Technological
University named after V.G. Shukhov, RF
e-mail: lozwa88@mail.ru

Glagolev Sergey Nikolaevich
doctor of economics, professor,
rector BSTU named after
V.G. Shukhova Belgorod
State Technological University.
V.G. Shukhova, RF

Shchetinin Nikolai Anatolievich
cand. of Tech. Tc., associate professor
of the departments of operation and traffic
management of the Belgorod State
Technological University named after
V.G. Shukhov, RF

Zagorodnii Nikolai Aleksandrovich
cand. of Tech. Tc., associate professor, head of
the department of operation and traffic
management of the Belgorod State
Technological University named after
V.G. Shukhov, RF

Borovskoy Alexey Evgenievich
cand. of tech. tc., associate professor,
associate professor of the departments of
operation and traffic management of the
Belgorod State Technological University
named after V.G. Shukhov, RF

Sokorev Sergey Ivanovich
engineer of the Departments
of Operation and Traffic Management
of the Belgorod State Technological
University named after
V.G. Shukhov, RF

Аннотация.

В условиях активного развития городских территорий и постоянного увеличения количества автомобильного транспорта на участках уличной дорожной сети (УДС), особенно в местах концентрации объектов инфраструктуры, представляющих наибольший интерес у населения, возрастает нагрузка на УДС, что неминуемо приводит к увеличению дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Применение анализа на основе использования географической информационной системы QGIS дает возможность доступного определения мест концентрации ДТП и принятия решений о реорганизации данных участков.

Ключевые слова: ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ, УЛИЧНО-ДОРОЖНАЯ СЕТЬ, ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЕ ПРОИСШЕСТВИЕ, ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА, СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ.

Annotation.

In the context of the active development of urban areas and a constant increase in the number of road, transport on sections of the street and road network, especially in places of concentration of infrastructure facilities of greatest interest to the population, the load on the street and road network increases, which inevitably leads to an increase in road accidents. The use of an analysis based on the use of the QGIS geographical information system makes it possible to have an accessible determination of places of concentration of accidents and making decisions on the reorganization of these sites.

Keywords: DIGITAL MODEL, STREET AND ROAD NETWORK, ROAD ACCIDENT, GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM, STATISTICAL ANALYSIS.

¹ Автор для ведения переписки

1 Состояние вопроса исследования и актуальность работы

В настоящее время происходит активное развитие городских территорий, неотъемлемой частью которых является дорожная сеть, которая обеспечивает непрерывную связь не только между населёнными пунктами, но и жилыми, производственными, туристическими и прочими градостроительными образованиями с центром населённого пункта. Увеличение протяжённости дорожной сети влечёт за собой увеличение спроса на перевозки и рост автомобилизации, что заметно увеличивает загруженность дорожного трафика, вскрывая проблемные места дорожного движения, основным следствием которого становится увеличение количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

Данная проблема влияет на многие аспекты развития страны, в том числе, на социальные (ранения людей различной степени тяжести) и на экономические (разрушение инфраструктуры дорожной сети, нарушение логистических цепей, уменьшение пропускной способности дорог в результате возможного проведения ремонтных работ дорожного полотна при повреждениях вследствие тяжелых дорожно-транспортных происшествий и пр.). В текущей экономической ситуации одним из основополагающих критериев является снижение социальных рисков, возникающих вследствие возникновения ДТП, за счет уменьшения их количества [1, 2].

Выявление причин возникновения ДТП в большинстве своем базируется на статистических исследованиях взаимодействия элементов системы ВАДС (водитель, автомобиль, дорога, среда) с определением составляющих элементов, включающих: место транспортного происшествия, виновника, природные условия в момент ДТП, техническое состояние транспортных средств участников ДТП за определённый период, что без учета указанного взаимодействия не даёт полного понимания и выявления всех факторов, влияющих на частоту их возникновения [3-7].

Для полноценного анализа факторов возникновения дорожно-транспортных происшествий, в том числе и обработки статистических данных необходим инструмент, позволяющий в рамках единой рабочей среды комплексно обрабатывать, как графические данные

(граф дорог в двумерных или трехмерных координатах), так и неграфическую информацию (сведения о транспортном средстве и участниках, технические и геометрические характеристики участка дороги и т.д.) улично-дорожной сети для создания имитационных моделей дорожного движения, а также алгоритмов натуральных исследований.

2 Материалы и методы

На текущий момент данным требованиям, с точки зрения функциональных возможностей и доступности, отвечают географические информационные системы с открытым исходным кодом ввиду большого количества модулей, как для транспортного анализа, так и работы с таблицами атрибутивных данных, необходимых для статистических исследований, а также достаточно большого количества поддерживаемых форматов графических (картографических материалов) и неграфических данных (баз данных, таблиц Excel и пр.).

Основные возможности географических информационных систем в рамках натурального моделирования участков дорожной сети будут рассматриваться на примере информационной системы QGIS, являющейся системой с открытым исходным кодом, что говорит о её доступности, а также имеющей большое количество модулей для решения прикладных задач.

Для создания цифровой модели участка дороги в системе QGIS необходима информация о состоянии дорожно-транспортной сети, представленная в виде линейных географических данных. Получить такие данные возможно у специализированных поставщиков, путем анализа открытых геоинформационных источников, проведение оцифровки автомобильных атласов, дешифровкой спутниковых или авиационных снимков, импортировать готовые проекты организации дорожного движения, подготовленные в системах автоматизированного проектирования (САПР) и т.д. [4, 6-9].

3 Результаты исследований

Любой из вышеперечисленных вариантов возможно использовать в системе QGIS, например, воспользоваться модулем OSMDownloader (рис. 1) для получения достаточно качественных и подробных данных из некоммерческого веб-картографического проекта OpenStreetMap. Интегрировав модуль OSMDownloader с рабочей средой QGIS появляется возможность указания области для загрузки данных в указанную директорию.

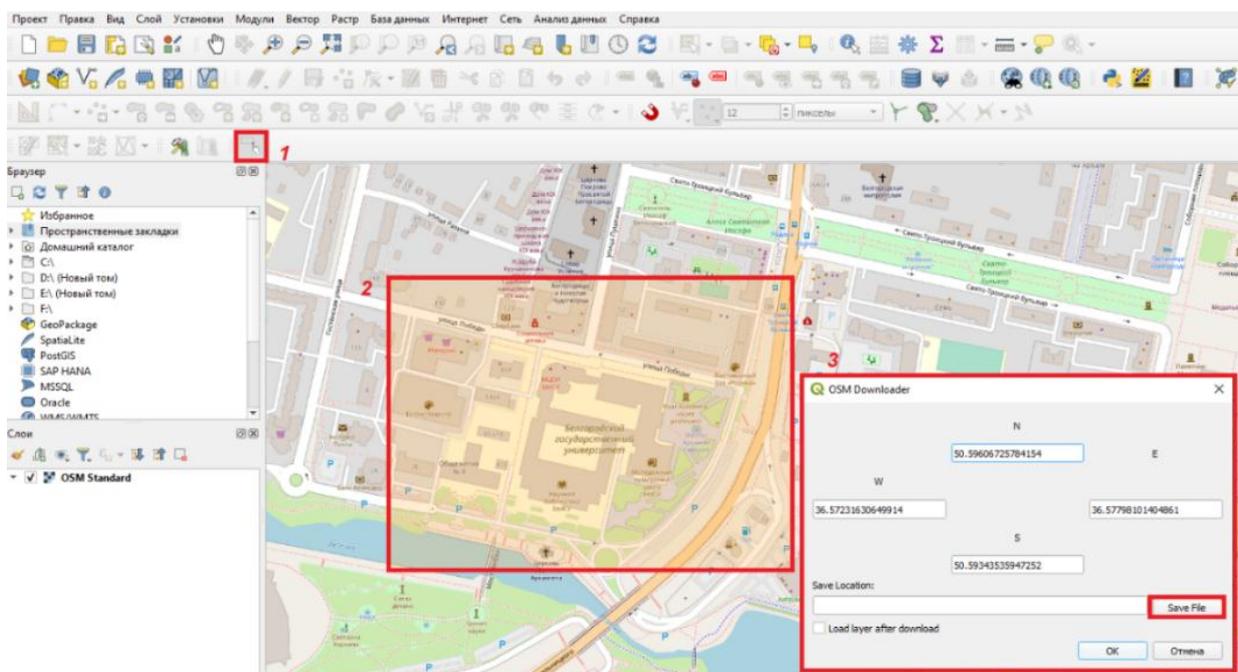


Рисунок 1 – Загрузка геоданных с использованием модуля OSMDownloader

Для получения более точных и актуальных данных необходимо обращаться к поставщикам подобной продукции, например, был выбран граф дорог от фирмы NEXTGIS (рис. 2), содержащий графические данные, отображенные в окне «Слои». Граф дорог [10-13] при таком подходе производит анализ всей дорожно-транспортной сети выделенной области, включающей дороги, тротуары, пешеходные переходы, остановки общественного транспорта и другие подобные объекты. Атрибутивная информация [14-16], содержащаяся в описании графа дорог и приведенная на рисунке 3, позволяет настроить отображаемые элементы для анализа конкретных участков дорожной сети на выбранном участке модели.

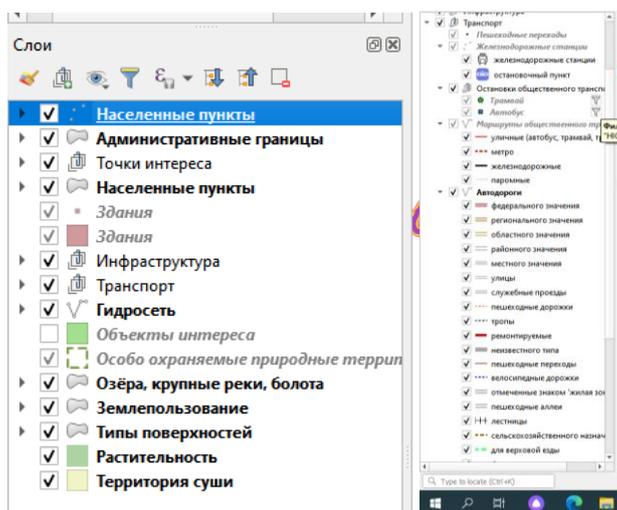


Рисунок 2 – Возможные параметры фильтра в среде NextGIS

| Условные обозначения | Автодороги | line | highway-lines |
|----------------------|--|-------|---|
| REF | официальное название (обозначение) дороги | | |
| HIGHWAY | классификация дороги | | primary, trunk, secondary, tertiary, footway, residential, etc |
| ONEWAY | односторонняя дорога | | 1 или true обозначает движение в направлении линии, 0 или false – движение в обратном направлении, пустое поле – двухсторонняя дорога |
| BRIDGE | мост | | |
| TUNNEL | туннель | | |
| MAXSPEED | официально разрешенная максимальная скорость | | |
| LANES | количество полос | | |
| WIDTH | ширина проезжей части | | |
| SURFACE | покрытие | | asphalt, gravel, paved, unpaved, pebblestone, ground, etc. |
| | пешеходные переходы | point | highway-crossing-point |
| HIGHWAY | признак пешеходного перехода | | |
| CROSSING | тип пешеходного перехода | | uncontrolled, unmarked, traffic signal |
| CROSSING_R | код пешеходного перехода | | |

Рисунок 3 – Атрибутивная информация, содержащаяся в описании графа дорог

Создание трех мерной среды транспортно-дорожной сети происходит с использованием цифровой модели рельефа [17] от NextGIS и спроецирован граф дорог на рельеф в точном местоположении участка дорожной сети (рис. 4).

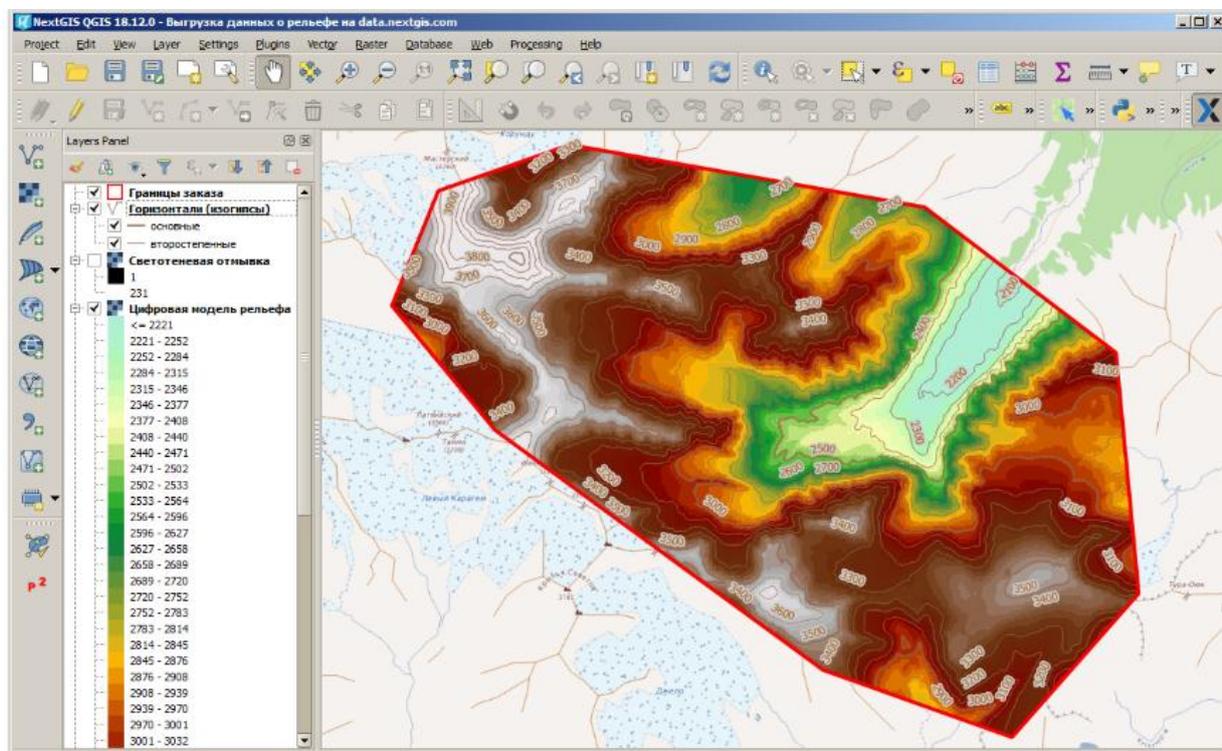


Рисунок 4 – Трехмерная модель транспортно-дорожной сети

На картографическую основу [18] возможно «наложить» информацию о местах совершения ДТП, в нашем случае показана отрисовка мест ДТП с погибшими за 2015-2020 года в Белгородской области (рис. 5) [19-22]. При этом каждая точка дорожно-транспортных происшествий содержит данные по всем параметрам, представленным на рисунке 6.

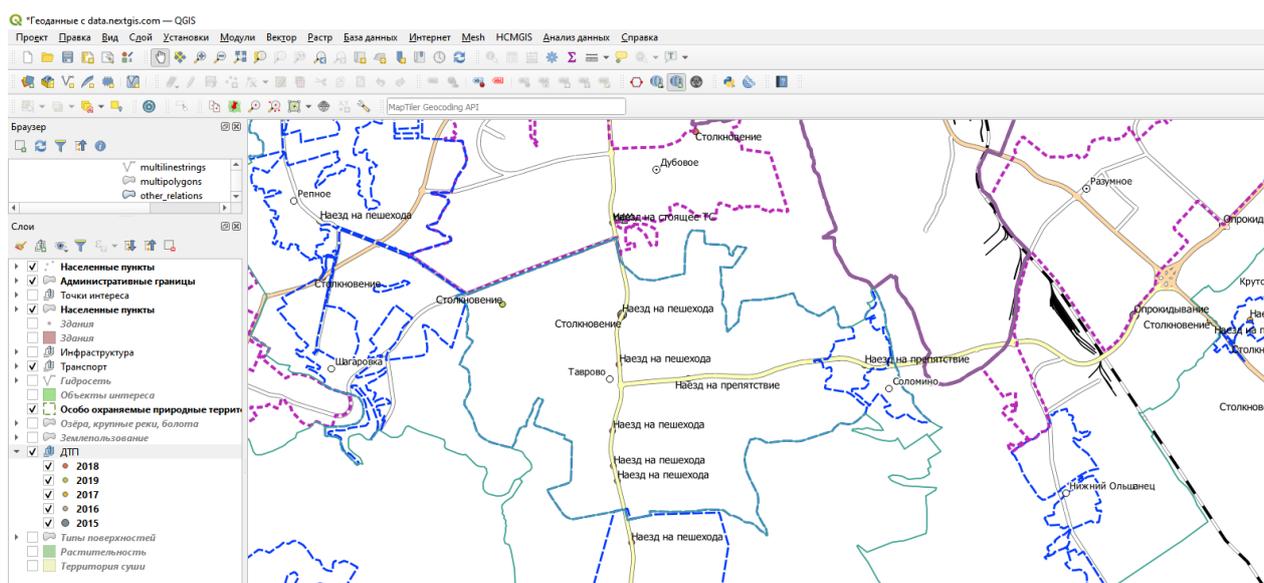


Рисунок 5 – Картографическая основа возможно с информацией о местах совершения ДТП с погибшими за период с 2015 г. по 2020 г. в Белгородской области

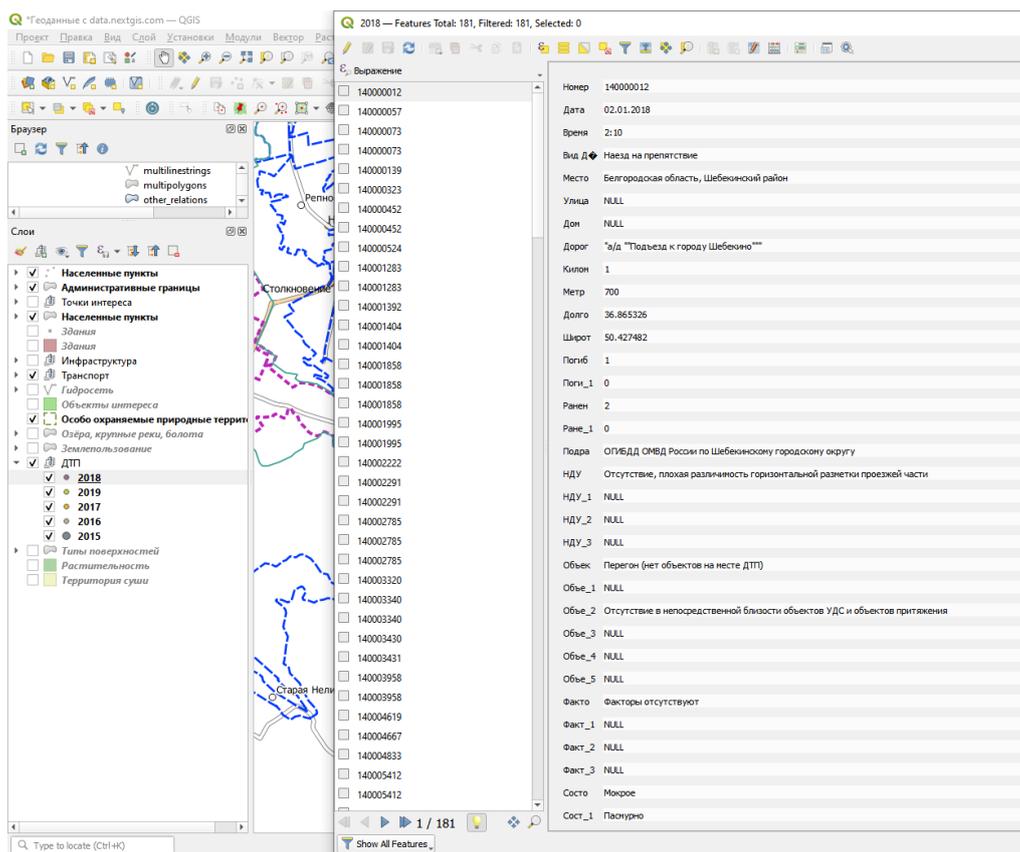


Рисунок 6 – Атрибутивные данные о ДТП, с указанием параметров точки

На основе полученных данных возможно произвести корректировку данных. При анализе (рис. 7) наложенных данных видим, что некоторые точки совершения ДТП находятся не только за пределами Белгородской области, но даже за территорией Российской Федерации.

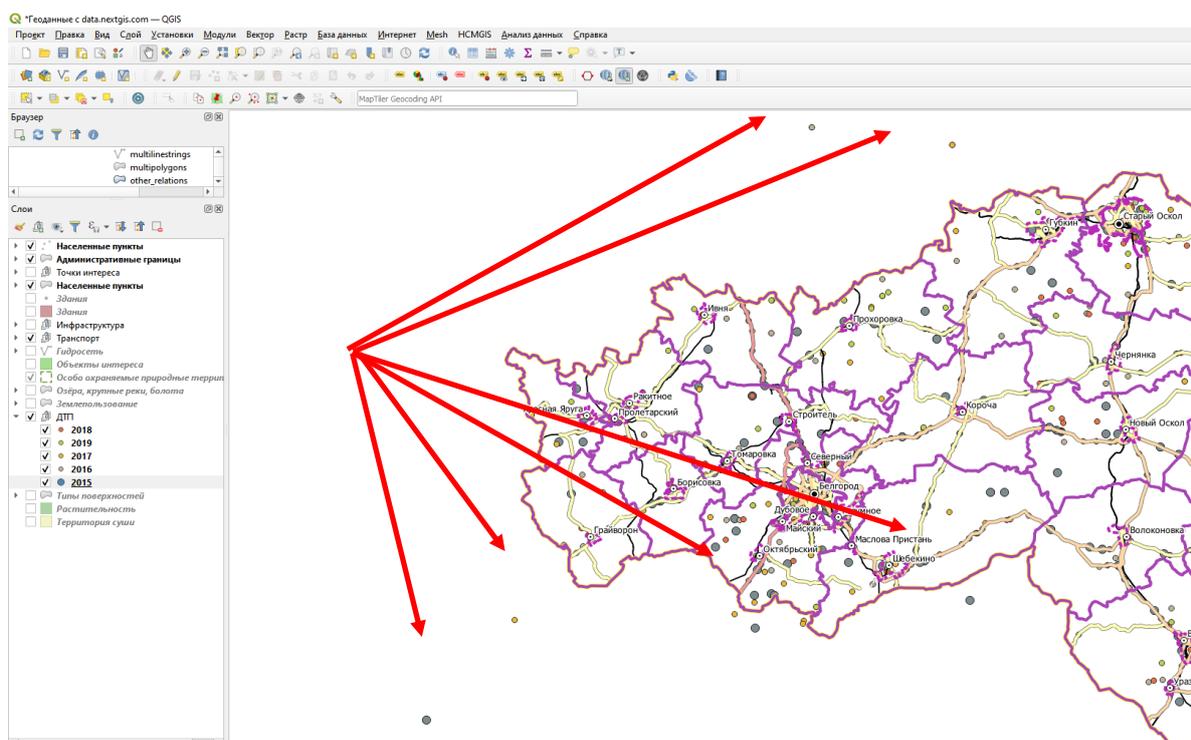


Рисунок 7 – Корректировка данных мест совершения ДТП по геодезической привязке

В исходном файле графа дорог содержатся данные о всех дорогах общего пользования, в том числе дворовых проездах, служебных и сельхозназначения. Для облегчения анализа необходимо выделить те объекты дорожной сети, на которых наиболее часто возникают ДТП.

На первом этапе была осуществлена фильтрация по признакам классификации дорог, принятой в ГИС, в результате чего из 82 804 объектов выбрано 28 968, которые относятся к дорогам общего пользования. В общем случае запрос фильтрации выглядит следующим образом: "HIGHWAY" = 'track' OR "HIGHWAY" = 'tertiary' OR "HIGHWAY" = 'trunk' OR "HIGHWAY" = 'primary' OR "HIGHWAY" = 'secondary' OR "HIGHWAY" = 'road', который набирается в командной строке программного продукта.

Поскольку граф дорог выполнен в виде полилиний согласно требованиям систем навигации, то на этой стадии записывается атрибутивное описание сети дорог, включающее информацию о связанности графа для решения навигационных и поисковых задач. Поскольку полилиния имеет узлы в пересечениях и криволинейных участках, то целесообразно использование инструментов для разделения кривой именно в них с целью выявления прямолинейных составляющих каждой дороги.

В данном случае необходимо разорвать связанность графа для выявления отдельных его элементов согласно SVD разложению, например, для разрыва дорог общего пользования копируется соответствующий слой и используя инструмент QGIS «Взорвать линии» произвести рассечение геометрии дороги в узлах. Далее производится фильтрация по длине участков, определенных в SVD модели, т.е. выявляются перегоны протяженностью от 600 до 1700 м. Для организации фильтрации используется команда следующего формата: "length" >= 600 AND "length" <= 1700. В итоге была сформирована область отрезков с их численностью 90 677 участков.

Согласно статистическим данным, наиболее опасны дороги с двумя полосами, т.е. аналогично производится отбор или фильтрация с использованием следующей команды: "LANES" = '2' AND "SURFACE" = 'asphalt', который даст соответствующую выборку и выберет только дороги с асфальтобетонным покрытием. В данной выборке содержится 7122 участка.

С целью определения участков дорожной сети с повышенной вероятностью возникновения транспортных происшествий с участием пешеходов проводится анализ на выбранном участке мест нахождения пешеходных переходов. Географическая информационная система отображает их в слое с атрибутивным названием «zebra». Модуль «Буфер» в инструментарии QGIS позволяет совершить необходимое объединение слоев. При использовании данной команды на экране отобразится единый слой (рис. 8), содержащий 208 участков дорожной сети, на которое необходимо обратить внимание в первую очередь.

Аналогичным образом выполняется фильтрация для четырёхполосных дорог общего пользования. В результате было выявлено 78 прямолинейных участков четырёхполосных дорог протяженностью от 600 до 1700 м на территории Белгородской области (рис. 9). Далее после выполнения команды «Буфер» для 78 отобранных участков искомой протяженности определено 24 нерегулируемых пешеходных переходов.

4 Обсуждение и заключение

Используя предложенную методику для программного продукта QGIS, становится возможным произвести анализ большого количества данных по участкам дорожной сети, с заданными параметрами, и представляющую интересующую атрибутивную информацию для выбранного участка. Анализируя полученные данные, становится возможным определение конкретных участков дороги, на которых возникновение дорожно-транспортных происшествий наиболее вероятно, что позволит своевременно внести корректировки в уличную дорожную сеть и провести реконструкцию выявленных участков до самого факта возникновения ДТП, в том числе с участием пешеходов.

Фактически данный вид работ является основой к созданию цифрового двойника, позволяющего учитывать текущее состояние дорожной сети и её безопасности, а также прогнозировать наиболее вероятные места возможного возникновения дорожно-транспортных происшествий.



Рисунок 8 – Картографическое отображение УДС

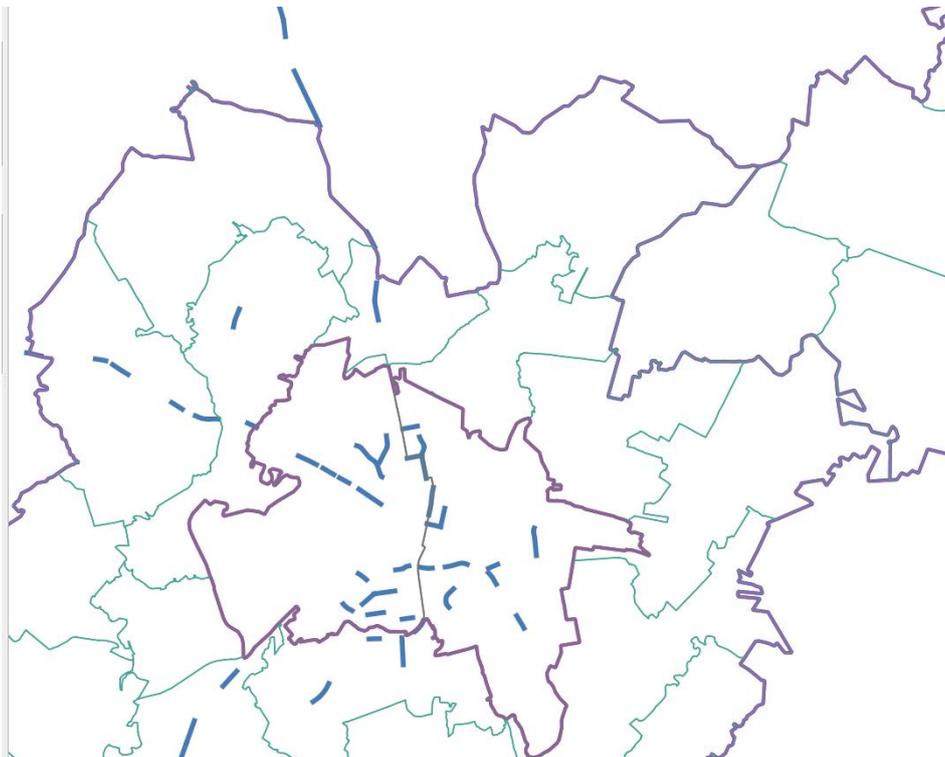


Рисунок 9 – Картографическое отображение прямолинейных участков четырёхполосных дорог общего пользования

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Список литературы

1 Департамент обеспечения безопасности дорожного движения. Дорожно-транспортные происшествия в России (2020 г.). Обобщённые сведения. Москва. 2020.

2 Управление государственной инспекции по безопасности дорожного движения УМВД России по Белгородской области. Дорожно-транспортные происшествия в России (2020 г.). Обобщённые сведения. Белгород. 2020.

3 Загородний, Н. А. Применение автоматизированных средств фиксации нарушений как способ снижения аварийности / Н. А. Загородний, М. В. Головкин // Техника и технологии наземного транспорта, сборник трудов аспирантов (с международным участием). Под научной редакцией Е. Е. Витвицкого. – Омск. 2022. – С. 41-46.

4 Коряков, В. Б. Интерактивный пешеходный переход – будущее автомобильных дорог / В. Б. Коряков, Н. А. Щетинин, Ю. В. Семикопенко // Современные материалы, техника и технологии, номер : 1 (28). – ЗАО "Университетская книга". – 2020. – С. 77-81.

5 Кравченко, А. А. Совершенствование методики определения мест возникновения дорожно-транспортных происшествий : автореф. ... канд. техн. наук : 2.9.5 / А. А. Кравченко. – Орел, 2021. – 23 с.

6 Боровской, А. Е. Виртуальный анализ безопасности автомобилей / А. Е. Боровской, С. Н. Глаголев, Е. С. Татаринцев // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств : материалы IV Международной научно-технической конференции. Том Часть 1. – Пенза, 2006. – С. 225.

7 Ширина, Н. В. Особенности ведения земельного кадастра, кадастровых систем и правовое положение земель в зарубежных странах / Н. В. Ширина, О. Н. Барышевская // Вектор ГеоНаук, том : 3, номер : 4. – Учредители : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. – 2020. – С. 28-32.

8 Дмитриева, Т. В. Особенности строительства в Японии и Объединенных Арабских Эмиратах / Т. В. Дмитриева, Е. В. Иванова // Вектор ГеоНаук, том : 4, номер : 1. – Учредители : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. – 2021. – С. 74-78.

9 Аль Савафи, М. Х. Геоинформационные технологии в градостроительной деятельности / М. Х. Аль Савафи // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова, номер : 6. – Учредители : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. – 2021. – С. 52-62.

10 Шештокас, В. В. Конфликтные ситуации и безопасность движения в городах / В. В. Шештокас, Д. С. Самойлов. – М. : Транспорт, 1987. – 208 с.

11 Еркнапешян, М. Ж. Определение основных показателей и критериев аварийности в системе мониторинга безопасности перевозок пассажиров автобусами общего пользования / М. Ж. Еркнапешян, Д. В. Енин // Автотранспортное предприятие. № 8, – 2009, С. 19-23.

12 Лукьянов, В. В. Безопасность дорожного движения / В. В. Лукьянов. – М. : Транспорт, 2003. – 260 с.

13 Павлов, С. В. Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем : межвузовский научный сборник / С. В. Павлов и др. ; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф.

образования Уфимский гос. авиационный технический ун-т. – Уфа : Уфимский гос. авиационный технический ун-т, 2009. – 176 с.

14 Elsheikh R. F. A. GIS based Traffic Accident Analysis System // International Journal of Advanced Engineering Research and Science. – Т. 3. – № 12.

15 Hirasawa M., Asano M. Development of traffic accident analysis system using GIS. – Civil Engineering Research Institute, 2001.

16 Eliseev M. E. et al. Virtual Reality and Navigation subsystems of the Interactive System for Road Safety Improving // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – Т. 386. – № 1. – С. 012027.

17 Николаева, О. М., Радченко, Л. К. Использование дорожного графа в навигационных приложениях на примере компании here Technologies // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. № 2. [URL:https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-dorozhnogo-grafa-v-navigatsionnyh-prilozheniyah-na-primere-kompanii-here-technologies](https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-dorozhnogo-grafa-v-navigatsionnyh-prilozheniyah-na-primere-kompanii-here-technologies) (дата обращения : 20.09.2022).

18 Кравченко, А. А. Роль телематических систем в определении характеристик транспортного потока / А. М. Лукьянов, А. Е. Боровской, Н. В. Смоляков, Е. И. Яковлева // в сборнике : ГЛОНАСС – Регионам Материалы 4-ой Всероссийской научно-практической конференции, под общей редакцией А. Н. Новикова. – 2014. С. 15-19.

19 Romi Satria. GIS Tools for Analyzing Accidents and Road Design : A Review / Romi Satria, Maria Castro. Transportation Research Procedia 18 (2016) 242-247.

20 Kevin Austin, Miles Tight & Howard Kirby. The use of geographical information systems to enhance road safety analysis. Pages 249-266.

21 Monib Shahzad. Review of road accident analysis using gis technique. Pp. 472-481.

22 Novikov, I. A. Research of influence of time of reaction of driver on the calculation of the capacity of the highway / A. G. Shevtsova, I. A. Novikov, A. E. Borovskoy // Transport problems – 2015. – Vol. 10, Is. 3. Pp/ 53-59.

References

1 Department of Road Safety. Traffic accidents in Russia (2020). Summary. Moscow. 2020.

2 Department of State Traffic Safety Inspectorate of the Ministry of Internal Affairs of Russia for the Belgorod Region. Traffic accidents in Russia (2020). Summary. Belgorod. 2020.

3 Zagorodny, N. A. The use of automated means of fixing violations as a way to reduce accidents / N. A. Zagorodny, M. V. Golovkin // Technology and technologies of ground transport collection of works of graduate students (with international participation). Under the scientific editorship of E. E. Vitvitsky. – Omsk. 2022. – S. 41-46.

4 Koryakov, V. B. Interactive pedestrian crossing – the future of highways / V. B. Koryakov, N. A. Shchetinin, Yu. V. Semikopenko // Modern materials, technology and technology, number : 1 (28). – University Book CJSC. – 2020. – S. 77-81.

5 Kravchenko, A. A. Improving the methodology for determining the places of occurrence of road accidents : author... cand. techn. techn. Sciences : 2.9.5 / A. A. Kravchenko. – Eagle, 2021. – 23 s.

6 Borovskoy, A. E. Virtual analysis of car safety / A. E. Borovskoy, S. N. Glagolev, E. S. Tatarintsev // Problems of the quality and operation of vehicles: materials of the IV International Scientific and Technical Conference. Volume Part 1. – Penza, 2006. – S. 225.

7 Shcirina, N. V. Features of maintaining a land cadastre, cadastral systems and the legal status of lands in foreign countries / N. V. Shcirina, O. N. Baryshevskaya // Vector of GeoSciences,

volume : 3, number : 4. – Founders : Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. – 2020. – S. 28-32.

8 Dmitrieva, T. V. Construction features in Japan and the United Arab Emirates / T. V. Dmitrieva, E. V. Ivanova // Vector GeoSciences, volume : 4, number : 1. – Founders : Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. – 2021. – S. 74-78.

9 Al Sawafi, M. Kh. Geo-information technologies in urban planning / M. Kh. Al Sawafi // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, number : 6. – Founders : Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. – 2021. – S. 52-62.

10 Sheshtokas, V. V. Conflict situations and traffic safety in cities / V. V. Sheshtokas, D. S. Samoilov. – M. : Transport, 1987. – 208 p.

11 Yerknepeshyan, M. Zh. Determination of the main indicators and accident criteria in the system of monitoring the safety of passenger transportation by public buses / M. Zh. Yerknepeshyan, D. V. Enin // Motor transport enterprise. № 8, – 2009, p. 19-23.

12 Lukyanov, V. V. Road safety / V. V. Lukyanov. – M. : Transport, 2003. – 260 s.

13 Pavlov, S. V. Geo-information technologies in the design and creation of corporate information systems: intercollegiate scientific collection / S. V. Pavlov, etc. ; Federal Agency for Education, State. educational institution of higher prof. prof. Education Ufa State Aviation Technical University – Ufa : Ufa State Aviation Technical University, 2009. – 176 s.

14 Elsheikh R. F. A. GIS based Traffic Accident Analysis System // International Journal of Advanced Engineering Research and Science. – T. 3. – №. 12.

15 Hirasawa M., Asano M. Development of traffic accident analysis system using GIS. – Civil Engineering Research Institute, 2001.

16 Eliseev M. E. et al. Virtual Reality and Navigation subsystems of the Interactive System for Road Safety Improving // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – T. 386. – № 1. – pp. 012027.

17 Nikolaeva, O. M., Radchenko, L. K. The use of the road graph in navigation applications on the example of Here Technologies // Interexpo Geo-Siberia. 2019. № 2. URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-dorozhnogo-grafa-v-navigatsionnyh-prilozheniyah-na-primere-kompanii-here-technologies> (дата обращения: 20.09.2022).

18 Kravchenko, A. A. The role of telematic systems in determining the characteristics of transport flow / A. M. Lukyanov, A. E. Borovskoy, N. V. Smolyakov, E. I. Yakovleva // in the collection : GLONASS – Regions Materials of the 4th All-Russian Scientific and Practical Conference, edited by A. N. Novikov. – 2014. pp. 15-19.

19 Romi Satria. GIS Tools for Analyzing Accidents and Road Design : A Review / Romi Satria, María Castro. Transportation Research Procedia 18 (2016) pp. 242-247.

20 Kevin Austin, Miles Tight & Howard Kirby. The use of geographical information systems to enhance road safety analysis. Pp. 249-266.

21 Monib Shahzad. Review of road accident analysis using gis technique. Pp. 472-481.

22 Novikov, I. A. Research of influence of time of reaction of driver on the calculation of the capacity of the highway / A. G. Shevtsova, I. A. Novikov, A. E. Borovskoy // Transport problems – 2015. – Vol. 10, Is. 3. Pp. 53-59.

© Лозовой Н.А., Глаголев С.Н., Щетинин Н.А.,
Загородний Н.А., Боровской А.Е., Сокорев С.И., 2022