

# МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ: ТЕОРИЯ, ТЕХНОЛОГИИ, ПРОИЗВОДСТВО

УДК 629.33

DOI: 10.46960/1816-210X\_2023\_2\_69

## ПОВЫШЕНИЕ ПОДВИЖНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ЗА СЧЕТ ИНФОРМИРОВАНИЯ ВОДИТЕЛЯ ОБ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМАХ ДВИЖЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ НАВИГАЦИОННОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

**М.Е. Елисеев****ORCID: 0000-0002-8522-899X** e-mail: [eliseevmic@mail.ru](mailto:eliseevmic@mail.ru)Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева  
*Нижний Новгород, Россия***Е.Д. Галкина****ORCID: 0000-0002-7160-1060** e-mail: [ekaterinagalka@gmail.com](mailto:ekaterinagalka@gmail.com)Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева  
*Нижний Новгород, Россия***А.И. Епишин****ORCID: 0009-0006-9739-7914** e-mail: [aiepishin@gmail.com](mailto:aiepishin@gmail.com)Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева  
*Нижний Новгород, Россия*

Исследуется задача повышения подвижности транспортных средств за счет информирования водителя об оптимальных режимах движения, особенно актуальная в зимний период времени. Приведены алгоритмы работы навигационного приложения, в том числе алгоритм формирования аннотированных сообщений. На основании анализа погодных данных на маршруте движения выявляются опасные участки, информация о которых в виде аудио- и видео-аннотаций поступает к водителю. Приводятся тестовые маршруты, проходящие по территории г. Нижний Новгород и аннотации на выбранных маршрутах при данном сочетании погодных факторов. Для тестирования выбраны дни с потенциально опасным сочетанием погодных факторов, при котором на ряде участков дороги образуются снежный накат и гололедица, а также снижена видимость за счет выпадающих осадков. Рассматриваемый программный комплекс может быть использован как один из модулей подсистемы информирования участников дорожного движения интеллектуальной транспортной системы. Ввиду того, что аннотированные сообщения имеют полностью цифровой формат и формируются целиком автоматически, представляется перспективным использование полученных алгоритмов при разработке модуля выбора маршрута и режима движения беспилотного транспортного средства.

**Ключевые слова:** подвижность транспортных средств, навигация, безопасность дорожного движения, мобильное приложение, снег, аварийность, интеллектуальные транспортные системы, дорожно-транспортные происшествия.

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Елисеев, М.Е. Повышение подвижности транспортных средств за счет информирования водителя об оптимальных режимах движения посредством навигационного приложения / М.Е. Елисеев, Е.Д. Галкина, А.И. Епишин // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2023. № 2. С. 69-78.  
DOI: 10.46960/1816-210X\_2022\_2\_69

## INCREASING MOBILITY OF VEHICLES THROUGH ALERTING THE DRIVER ABOUT OPTIMAL DRIVING MODES USING A NAVIGATION APP

**M.E. Eliseev**

**ORCID: 0000-0002-8522-899X** e-mail: [eliseevmic@mail.ru](mailto:eliseevmic@mail.ru)

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

*Nizhny Novgorod, Russia*

**E.D. Galkina**

**ORCID: 0000-0002-7160-1060** e-mail: [ekaterinagalka@gmail.com](mailto:ekaterinagalka@gmail.com)

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

*Nizhny Novgorod, Russia*

**A.I. Epishin**

**ORCID: 0009-0006-9739-7914** e-mail: [aiepishin@gmail.com](mailto:aiepishin@gmail.com)

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

*Nizhny Novgorod, Russia*

**Abstract.** The study focuses on increasing mobility of vehicles through alerting the driver about optimal driving modes, particularly in winter. The authors provide navigation app operation algorithms, including annotated messages generation algorithms. Based on weather data analysis, these algorithms help to determine dangerous sites on the route and provide this information to the driver via audio and video annotations. The paper represents test routes going through the city of Nizhny Novgorod and describe annotations on the selected routes at the given combination of weather factors. The testing was performed on days with potentially dangerous combination of weather factors, including packed snow and glaze ice on a number of road segments and reduced visibility due to falling precipitation. The described software package can be used as one of the road user alerting subsystem modules of the intelligent transport system (ITS). Considering that annotated messages have totally digital format and are fully automatically generated, the use of the resulted algorithms in the development of a route and driving mode selection module for driverless vehicles seems to be promising.

**Key words:** mobility of vehicles, navigation, road traffic safety, mobile app, snow, ITS, accident rate, road traffic accident.

**FOR CITATION:** M.E. Eliseev, E.D. Galkina, A.I. Epishin. Increasing mobility of vehicles through alerting the driver about optimal driving modes using a navigation app. Transactions of NNSTU n.a. R.E. Alekseev. 2023. № 2. Pp. 69-78. DOI: 10.46960/1816-210X\_2023\_2\_69

### Введение

Вопросы повышения подвижности транспортных средств (ТС) имеют большое социально-экономическое значение и рассматриваются во многих исследованиях [1-5]. Подвижность определяется как интегральное эксплуатационное свойство транспортно-технологических машин, определяющее их способность выполнять поставленную задачу [1]. При этом ТС должны наилучшим образом приспособляться к условиям эксплуатации с учетом технического состояния машины [1]. Понятие подвижности включает приспособляемость ТС к внешним условиям, в частности, к текущему состоянию дорожного полотна: наличию льда, снега, условиям обзора и т.п. При движении в городской среде повышение подвижности может быть достигнуто за счет выбора оптимального пути следования и режима движения. Особую актуальность эти вопросы приобретают при передвижении ТС в зимний период. В [2-5] анализируются зависимости между высотой снежного покрова и подвижностью ТС. В [2] детально изучается влияние глубины и плотности снежного покрова на проходимость и эффективность ТС. В [6] рассматриваются корреляционные зависимости между погодными факторами и количеством аварий.

Одним из подходов к повышению мобильности транспортных средств является использование интеллектуальных транспортных систем (ИТС) [7]. Их необходимыми составляющими являются подсистема метеомониторинга [8], позволяющая получить объективную информацию о состоянии дорожного полотна, количестве осадков, скорости ветра, видимости и т.д., и подсистема информирования участников дорожного движения (УДД) [8]. Информирование может осуществляться посредством динамических информационных табло, знаков переменной информации, навигаторов, навигационных приложений, специальных информационных веб-ресурсов и систем рассылки сообщений.

В данной работе будут рассмотрены принципы функционирования навигационного приложения и приведены примеры его работы при движении по маршрутам в зимний период.

### Описание функционирования навигационного приложения

В работах [9-11] рассматривается создание интеллектуальных информационных систем, направленных на повышение безопасности дорожного движения (БДД). Основные методы, положенные в основу функционирования интеллектуальной информационной транспортной системы (ИИТС), описываются в [12-14]. Данная система представляет собой набор программных модулей, позволяющих участникам дорожного процесса получать в режиме реального времени актуальную информацию о дорожной ситуации. В данной работе рассматривается работа модулей, отвечающих за создание аннотированных сообщений – адресных личностно-ориентированных подсказок водителю при движении по маршруту. Интернет-подсистема ИИТС служит главным образом для просмотра со стационарных устройств перед поездкой, ввиду того, что имеет расширенный набор функций, использование которых не предназначено для водителя, осуществляющего движение по маршруту. К таким функциям относятся, например, показ видеороликов демонстрирующих потенциально аварийно-опасное и безопасное поведение водителей при проезде определенных участков улично-дорожной сети (УДС).

Принципы функционирования навигационного приложения с аннотированием потенциально опасных участков на маршруте движения (далее – НПА) подробно рассматриваются в работе [15]. Принципиальная схема его работы показана на рис. 1.

Для функционирования НПА необходимы:

- наличие на мобильном устройстве установленного НПА;
- наличие на мобильном устройстве GPS-модуля;
- наличие интернет-канала с достаточной скоростью передачи данных;
- наличие в сети ИИТС, функционирующей в рабочем режиме.

Алгоритм работы НПА имеет следующие шаги.

1. Если пользователь впервые использует систему, то он регистрируется – сообщает системе данные о своем поле, возрасте, стаже вождения, что позволяет ИИТС учитывать личностные особенности водителя при создании аннотаций к потенциально аварийно-опасным участкам; если ранее пользователь уже был зарегистрирован, то достаточно авторизоваться.

2. Для построения маршрута водитель указывает начальную и конечную точки.

3. НПА передает долготу и широту этих точек серверу ИИТС.

4. Модуль построения путей формирует маршрут от начальной точки до конечной и добавляет в него информацию о потенциально аварийно-опасных участках УДС.

5. Модуль аннотирования создает текстовые аннотации, предупреждающие о приближении к потенциально аварийно-опасным местам, в соответствии с алгоритмом, описанным далее, а также воспроизводит стандартные навигационные подсказки – приближение к перекресткам, поворотам и т.п.

6. Создается json-файл с описанием движения по маршруту и аннотациями, который отправляется сервером ИИТС в НПА.

7. НПА в режиме реального времени отслеживает перемещение ТС по маршруту и сверяет ее с данными json-файла.

8. Если машина уходит с маршрута, то он перестраивается: пункты 3-7 алгоритма повторяются, но в качестве начальной точки используются географические координаты точки, в которой находится ТС.

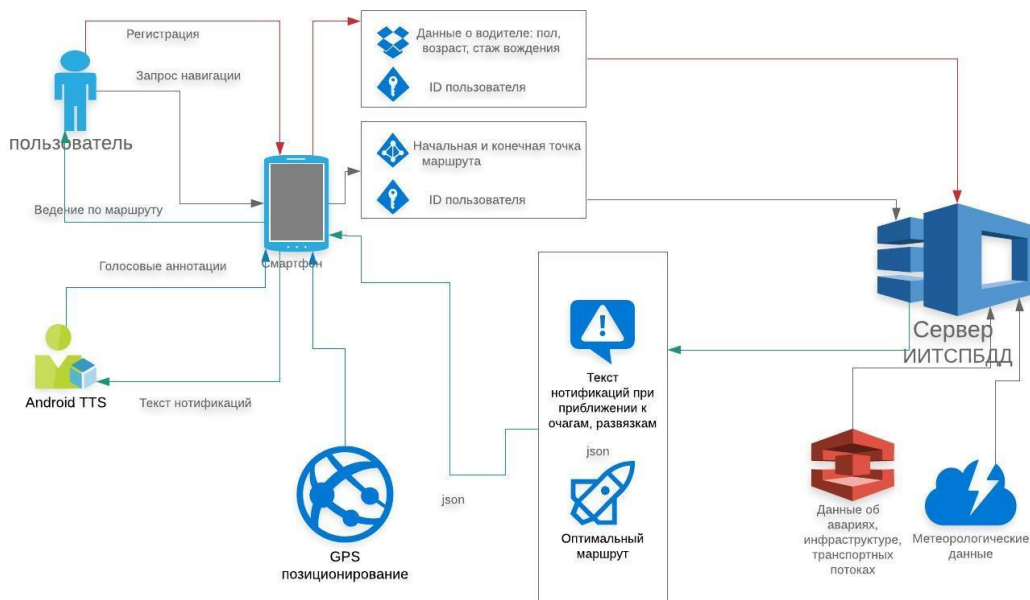


Рис. 1. Схема функционирования навигационного приложения с аннотированием потенциально опасных участков на маршруте движения

Fig. 1. Operation scheme for a navigation app annotating potentially dangerous sites on a route

При создании НПА аннотированных сообщений используется следующий алгоритм. В качестве исходных данных берется список нарушений, типов аварий и факторов сопутствующих авариям.

*Нарушения:*

- несоблюдение дистанции;
- несоблюдение приоритета движения;
- несоблюдение скоростного режима;
- малый боковой интервал;
- аварии при движении задним ходом.

*Группа факторов, характеризующих состояние дорожного полотна:*

- наличие заснеженной дороги;
- наличие гололедицы;
- наличие снежного наката;

*Группа факторов, отвечающих за условия видимости:*

- наличие снегопада;
- наличие дождя;
- наличие тумана;
- наличие яркого света (ослепление).

Отдельно рассматриваются аварии с участием пешеходов. В соответствии с английским переводом данных терминов индексируются коэффициенты опасности  $K_d, K_p, K_s, K_{si}, K_b, K_{sr}, K_{ice}, K_{ps}, K_{sf}, K_r, K_f, K_{bl}, K_{ap}$ , которые вычисляются по формулам из [15]:

$$K_i = \varepsilon_i \frac{n_{io}N}{N_o n_i} + k_i \sum_{j=1}^m \frac{1}{d_j} \quad (1)$$

(для  $K_{sr}, K_{ice}, K_{ps}$ )

$$K_i = \varepsilon_i \frac{n_{io}N}{N_o n_i} + k_i \sum_{j=1}^m \frac{1}{d_j^2} \quad (2)$$

(для  $K_s, K_r, K_f, K_{bl}$ )

$$K_i = \frac{n_{io}N}{N_o n_i} + k_i \sum_{j=1}^m \frac{1}{d_j} \quad (3)$$

(для  $K_d, K_s, K_{si}, K_b$ )

$$K_i = \frac{n_{io}N}{N_o n_i} + k_i \sum_{j=1}^m \frac{1}{\sqrt{d_j}} \quad (4)$$

(для  $K_p$  и  $K_{ap}$ ),

где  $N$  – общее количество аварий,  $n_i$  – количество аварий с  $i$ -ым фактором,  $N_o$  – количество аварий на рассматриваемом участке УДС,  $n_{io}$  – количество аварий на рассматриваемом участке УДС с  $i$ -ым фактором – данные берутся по базе данных аварийности за последние три года;  $\varepsilon_i = 1$ , если сочетание метеоданных соответствует одному из критериев [6],  $\varepsilon_i = 0$ , если ни один из критериев не выполняется.

Для каждого из факторов параметры  $k_i$  должны определяться экспериментально,  $d_j$  – число дней, прошедших со времени аварии, если прошло менее суток, со полагаем данное значение равным единице. Далее в системе должны быть заданы пороговые константы  $P_i$ , в зависимости от которых определяются классы опасности:

0) при выполнении неравенства  $K_i \leq P_0$  полагаем данный фактор неопасным для данного очага (0-класс);

1) при выполнении неравенств  $P_0 < K_i \leq P_1$  полагаем, что фактор имеет низкую степень опасности (1-класс);

2) при выполнении неравенств  $P_1 < K_i \leq P_2$  считаем, что фактор имеет среднюю степень опасности (2-класс);

3) к наиболее опасным для данного очага факторам относим факторы, для которых выполняется неравенство:  $K_i > P_2$  (3-класс).

Аннотация создается следующим образом:

1) если по очагу имеется комментарий эксперта, он имеет высший приоритет на период, указанный экспертом; если комментарий был привязан к определенному фактору, и происходит авария с данным сопутствующим фактором, комментарий автоматически пролонгируется на период указанный экспертом);

2) по формулам (1)-(4) находим коэффициенты опасности для каждого из факторов  $K_i$ , аннотированные сообщения создаются только для факторов очагов с классом опасности более нулевого;

3) при формировании видео-аннотаций учитываются три наиболее значимых фактора, имеющие наибольшие значения коэффициентов опасности, цвета пиктограмм соответствуют классам опасности: зеленый для первого, желтый – для второго, красный – для третьего;

4) при формировании аудио-аннотаций озвучиваются два фактора, имеющие наибольшие значения коэффициентов опасности;

5) если водитель зарегистрирован в системе (известны его стаж, пол и возраст), то в зависимости них воспроизводятся различные аннотации: для начинающих водителей (со стажем менее 1 года) озвучиваются все потенциально аварийно-опасные участки УДС, имеющие аннотации, при стаже 1-2 года – только очаги с факторами 2 и 3 класса опасности, при стаже более 2 лет – только очаги с факторами 3 класса опасности.

## Работа навигационного приложения в зимний период

В [16] был рассмотрен пример работы навигатора в летнее время при солнечной погоде без осадков. В данной работе рассматривается функционирование приложения в зимний период, когда погодные факторы активно влияют на дорожную ситуацию. В качестве примера выбраны две тестовые поездки по одному и тому же маршруту в различных неблагоприятных условиях. Рассмотрим тестовый маршрут (рис. 2). Водитель начинает движение от торгового центра «Небо» и движется по направлению к торговому центру «Открытый материк». Маршрут построен в веб-версии клиент-серверного приложения «Интеллектуальная Информационная Транспортная Система» (ИИТС), рассмотренной, например, в работе [12]. Рисунок отражает все известные очаги концентрации ДТП на пути следования, поскольку в настройках не заданы никакие уточняющие данные. В табл. 1 отобраны очаги, для возникновения которых решающую роль играют погодные условия, характерные исключительно для зимнего времени. Часть очагов определяются как очаги повышенной опасности. Подробная классификация очагов дана в [4]. В интерфейсе приложения очаги аварийности обозначаются иконками «Внимание» разного цвета в зависимости от типа очага. Отображаемые пиктограммы показаны на рис. 3.

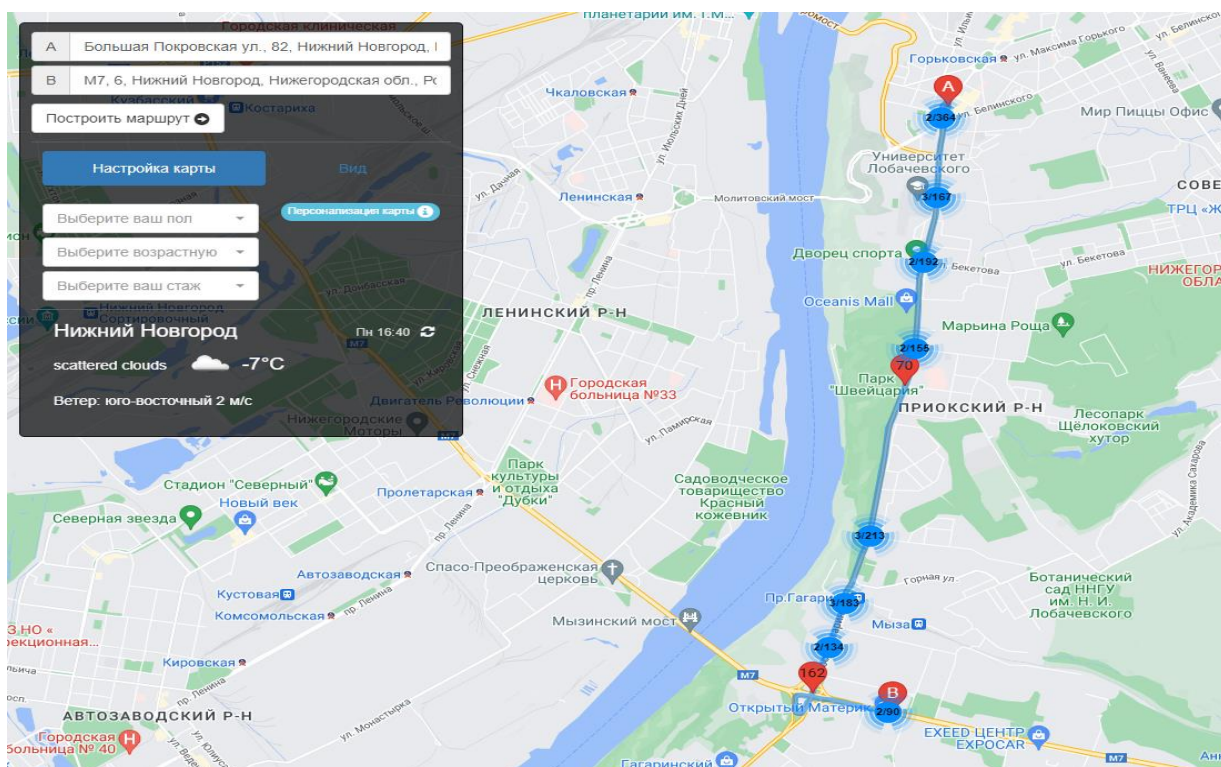


Рис. 2. Тестовый маршрут на карте города

Fig. 2. A test route on the city map















Рис. 3. Пиктограммы «очаг аварийности» и «очаг аварийности повышенной опасности»

Fig. 3. Icons «hotspot of traffic accidents» and «high-risk hotspot of traffic accidents»

Таблица 1.  
Очаги концентрации ДТП, характерные для зимнего времени

Table 1.  
Winter-specific hotspots of road traffic accidents

Очаг концентрации ДТП	Сопутствующие факторы
Выезд с пл. Лядова (проспект Гагарина, 3) <i>Повышенной опасности</i>	Заснеженная дорога  Гололедица 
Перекресток у Дворца спорта (проспект Гагарина, 46) <i>Повышенной опасности</i>	Заснеженная дорога  Снежный накат 
(проспект Гагарина, 68)	Заснеженная дорога  Снегопад 
(проспект Гагарина, 148) <i>Повышенной опасности</i>	Заснеженная дорога  Снегопад 
Съезд на развязку с ул. Ларина (проспект Гагарина, 178)	Заснеженная дорога  Снегопад 
Напротив ТЦ Открытый материк (ул. Ларина 7/3) <i>Повышенной опасности</i>	Заснеженная дорога  Снегопад 

В веб-версии ИИТС каждому очагу ставит в соответствие все факторы 1-3 класса опасности, способные повлиять на вероятность аварии в данной точке, что позволяет всесторонне его проанализировать [12]. В навигаторе с подсказками по безопасности дорожного движения такая информация будет избыточной, более того, слишком длинная подсказка сама по себе отвлекает водителя, что противоречит основной функции приложения. Поэтому в каждую аннотацию включается не более двух наиболее значимых факторов в соответствии с правилом для аудио-аннотирования, рассмотренным выше. Вне зависимости от уровня опасности очага навигатор озвучивает предупреждение один раз – за 100 м до него. Аннотация содержит информацию о факторе, имеющем наибольший коэффициент опасности, в соответствии с алгоритмом, приведенным выше, но для очага повышенной опасности добавляется слово-маркер «Внимание!», а также рекомендация снизить скорость. Первая тестовая поездка по маршруту с навигатором с аннотациями по безопасным режимам движения была проведена 18 ноября 2022 г. в Нижнем Новгороде. В этот день в городе оставались последствия прошедшего предыдущей ночью ледяного дождя (рис. 4), что способствовало возникновению факторов «Гололедица» и «Снежный накат».

Поскольку «Выезд с пл. Лядова (проспект Гагарина, 3)» является одновременно съездом с дороги с круговым движением и классифицируется как очаг повышенной опасности, будет озвучена следующая аннотация: *Круговое движение – третий съезд. Внимание! Впереди опасный участок. Возможен гололед, снизьте скорость.* До следующей развязки движение осуществляется по прямому отрезку дороги, следовательно аннотации будут озвучены за 100 м. Для очага «Перекресток у Дворца спорта (проспект Гагарина, 46)» сообщение будет следующим: *Внимание! Через 100 метров опасный участок. Возможен снежный накат, снизьте скорость.* Для остальных очагов приоритетное значение имеет фактор «Снегопад», и в его отсутствие аннотации озвучены не будут.

Рассмотрим, как поведет себя навигатор при движении по тому же маршруту в условиях снегопада. Тестовая поездка осуществлялась авторами 5 марта 2023 г.





**Рис. 4. Последствия ледяного дождя 18 ноября 2022 г.**

**Fig. 4. Consequences of iced rain on November, 18, 2022**

Аннотация для очага «Выезд с пл. Лядова (проспект Гагарина, 3)» несколько изменится: *Круговое движение – третий съезд. Внимание! Впереди опасный участок. Будьте внимательны на заснеженной дороге в снегопад, снизьте скорость*, а для очага «Перекресток у Дворца спорта (пр. Гагарина, 46)» соответственно: *Внимание! Через 100 метров опасный участок. Будьте внимательны на заснеженной дороге в снегопад, снизьте скорость*. Такая же аннотация при заданных условиях на маршруте будет озвучена для точек «(проспект Гагарина, 148)» и «(ул. Ларина 7/3)» (рис. 5).



**Рис. 5. Очаг концентрации ДТП «ул. Ларина 7/3» в снегопад**

**Fig. 5. Hotspot of traffic accidents «7/3 Larina street» during snowfall**

У очага обычного уровня опасности «(пр. Гагарина, 68)» аннотация короче: *Через 100 метров опасный участок. Будьте внимательны на заснеженной дороге в снегопад*. Около точки «съезд на развязку с ул. Ларина» (рис. 6) навигатор предупредит: *Через 100 метров поверните направо. Опасный участок. Будьте внимательны на заснеженной дороге в снегопад*. Таким образом, навигатор с подсказками по безопасным режимам движения объединяет



функции ведения по маршруту, а также своевременно предупреждает водителя о возможных трудностях на дороге, в результате, в силу выбора водителем оптимального режима движения, мобильность транспортного средства будет повышена.



**Рис. 6. Очаг концентрации ДТП «съезд на развязку с ул. Ларина» в снегопад**

**Fig. 6. Hotspot of traffic accidents «exit from Larina street to the interchange» during snowfall**

### **Заключение**

В работе рассмотрен один из перспективных путей повышения подвижности транспортных средств в условиях крупного города – информирование водителей об оптимальных путях и режимах движения, выбираемых на основании метеоданных и анализа аварийности при помощи описанных алгоритмов. В процессе движения транспортного средства по маршруту водитель, в зависимости от личных данных, получает различные подсказки по безопасным режимам движения. Тестовая эксплуатация навигационного приложения показала эффективность новой технологии – при следовании по одному и тому же маршруту в различных ситуациях получены различные аннотации в зависимости от действующих в данный момент факторов.

Высказано предположение о перспективности использования алгоритмов данного приложения в разработке модуля выбора маршрута и режима движения беспилотного транспортного средства ввиду того, что подсказки по безопасным режимам движения имеют полностью цифровой формат и формируются целиком автоматически.

### **Библиографический список**

1. **Беляков, В.В.** Подвижность наземных транспортно-технологических машин / В.В. Беляков, Д.В. Зезюлин, В.Е. Колотилин, В.С. Макаров // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2013. № 4 (101). С. 72-77.
2. **Макаров, В.С.** Оценка эффективности движения колесных машин на основании статистических характеристик снежного покрова / В.С. Макаров [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2013. № 1. С. 150-157.
3. **Макаров, В.С.** Формирование снежного покрова в зависимости от ландшафта местности и оценка подвижности транспортно-технологических машин в течение зимнего периода / В.В. Беляков,

- Д.В. Зезюлин, А.М. Беляев, А.В. Папунин // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2013. № 1. С. 155-160.
4. **Макаров, В.С.** Методика расчета и оценка проходимости колесных машин при криволинейном движении по снегу: дисс... канд. техн. наук: 05.05.03 / Макаров В.С. – Н. Новгород, 2009. – 161 с.
  5. **Макаров, В.С.** Статистический анализ характеристик снежного покрова // Современные проблемы науки и образования, 2013. № 1. С. 147.
  6. **Елисеев, М.Е.** Статистический и корреляционный анализ погодных факторов в интерактивной информационной системе повышения безопасности дорожного движения/ М.Е. Елисеев, Л.Н. Мазунова, И.Н. Елисеева // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2020. № 2 (129). С. 28-41.
  7. **Mangiaracina, R.** A comprehensive view of intelligent transport systems for urban smart mobility / R. Mangiaracina, A. Perego et al // International Journal of Logistics Research and Applications. 2016. 20. 1-14. 10.1080/13675567.2016.1241220.
  8. Интеллектуальные транспортные системы ГОСТ 56829-2015 [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200128315> (дата обращения 12.01.23).
  9. **Daito, K.** Real Time Accident Risk Information Provision on a Urban Expressway Network: Prediction Model Analysis and Development of a Provision System / K. Daito, Ozawa // Proceedings of the 51st Spring Conference of the Committee of Infrastructure Planning and Management, 2015.
  10. **Khan, G.** Application and Integration of Lattice Data Analysis, Network K-Functions, and Geographic Information System Software to Study Ice-Related Crashes / G. Khan, K.R. Santiago-Chaparro et al // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, № 2136, 2009. P. 67-76.
  11. **Paz, A.** Traffic and Driving Simulator Based on Architecture of Interactive Motion» / A. Paz, V. Naveen et al // The Scientific World Journal, vol. 2015. Article ID 340576, 9 p.
  12. **Елисеев М.Е.,** Об интерактивной системе повышения безопасности дорожного движения / М.Е. Елисеев, А.С. Блинов, Е.Д. Галкина, А.В. Липенков // Информационные технологии и инновации на транспорте. Материалы 4-й Международной научно-практической конференции. Под ред. А.Н. Новикова. 2019. С. 213-221.
  13. **Елисеев М.Е.,** Технологии, необходимые при создании интерактивной карты аварийности / М.Е. Елисеев, Т.Н. Томчинская, А.А. Репников, А.С. Блинов, Е.Д. Галкина, А.А. Уваров, Е.В. Ярова // Беспилотные транспортные средства: проблемы и перспективы. Сборник материалов 94-й международной научно-технической конференции ААИ. 2016. С. 211-216.
  14. **Eliseev, M. E.** Virtual Reality and Navigation subsystems of the Interactive System for Road Safety Improving / М.Е. Eliseev, Т.Н. Tomchinskaya, Е.Д. Galkina, N.Yu. Dudakov, R.A. Musarsky // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. С. 012027.
  15. **Галкина, Е. Д.** О принципах функционирования мобильного навигационного приложения с системой предупреждения водителя о возможных опасностях на пути следования // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2022. № 1 (136). С. 7-16.
  16. **Галкина, Е. Д.** Примеры использования мобильного навигационного приложения с системой предупреждения водителя о возможных опасностях на пути следования // Современная школа России. Вопросы модернизации. 2022. № 1-1 (38). С. 205-208.

*Дата поступления  
в редакцию: 19.02.2023*

*Дата принятия  
к публикации: 01.06.2023*