

## ИНТЕРАКТИВНАЯ КАРТА БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ КРУПНОГО ГОРОДА

В работе представлены результаты исследования направленного на повышение безопасности дорожного движения. Рассматривается архитектура информационной системы, позволяющей выделять и анализировать участки дорожной инфраструктуры с повышенной аварийностью, а также реализовывать обратную связь с субъектами дорожного процесса. Работа продолжает исследования авторов, начатые в предыдущих публикациях. Основной идеей является использование ГИС-технологий и динамических SQL-запросов для анализа базы данных аварийности.

Подробно рассматривается реализация обратной связи с субъектами дорожного процесса при помощи использования трехмерного моделирования. Модели происшествий привязаны к интерактивной карте безопасности, точнее её интернет-подсистеме. Данный метод позволяет наилучшим образом описать реальную ситуацию на дороге, объекты дорожного движения, их взаимное расположение. Для визуализации городской среды применяется метод низкополигонального моделирования. Приводятся примеры таких моделей реализованные в среде Autodesk Maya. Достоинством такого подхода является высокая информативность, возможность разбора на одной модели ряда дорожно-транспортных ситуаций, возможность виртуальной модификации дорожной инфраструктуры с целью проверки различных гипотез.

Применение трехмерного моделирования является, на наш взгляд, одним из основных этапов при разработке интерактивной карты безопасности дорожного движения. Планируется использование данного программного комплекса для принятия управленческих решений относительно модификации дорожной инфраструктуры районов с повышенной аварийностью, для обучения в автошколах, при информировании участников дорожного движения. Последняя возможность уже реализована на веб-сайте, который в настоящий момент проходит бета-тестирование.

**Ключевые слова:** безопасность, авария, дорожно-транспортные происшествия, ГИС, геоинформационная система, топографический анализ, виртуальная модель, интерактивная карта.

По итогам 2014 года уровень смертности в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в России в 5–8 раз превышает показатели развитых стран мира. Ежегодно на наших дорогах гибнут и получают увечья 280 тысяч человек. Общее количество ДТП также увеличивается. Эти факты показывают необходимость выработки и принятия комплекса мер по повышению безопасности дорожного движения. Одной из таких мер, на наш взгляд, является система анализа, мониторинга, информирования участников дорожного процесса о факторах аварийности, имеющих географическую привязку. Далее эта система будет называться интерактивной картой безопасности. Основные характеристики этой системы описываются в работах [1]–[4].

Нижегородская область заняла третье место в России по числу ДТП, поэтому внедрение для нее описываемой системы имеет большую важность. В данной работе для решения этих проблем рассматривается применение ГИС-технологий и виртуального моделирования. Остановимся кратко на архитектуре системы в целом. ГИС-технологии подразумевают объединение пространственных и табличных данных

в единое целое с возможностью использования для анализа динамических SQL-запросов. Таким образом, для создания интерактивной карты необходима база данных ДТП, имеющая привязку к ГИС-карте.

Архитектура информационной системы, предназначенной для анализа ДТП, состоит из ведущей локальной подсистемы, обеспечивающей:

- 1) подготовку и сопровождение многослойной векторной карты города;
- 2) разработка виртуальных моделей ДТП на наиболее опасных участках;
- 3) связь с базой данных ДТП;
- 4) статистический анализ факторов, сопутствующих ДТП;
- 5) экспорт в интернет-подсистему (импорт данных из неё).

Интернет-подсистема позволяет осуществлять обратную связь с субъектами дорожного движения, с помощью которой участники дорожного движения получают персонально ориентированную информацию о ДТП в режиме реального времени в виде тематических карт с аннотациями и рекомендуемыми путями объезда в тех случаях, когда это возможно. В случае

необходимости возможен просмотр аварийных ситуаций, возникающих на пути движения.

Представлено исследование аварийности Нижнего Новгорода при помощи создания тематических слоев на основе статистического анализа ДТП.

Статистический анализ осуществляет специальный программный модуль – анализатор очага. В блоке формулируется для данной географической области (обычно не более 500 м<sup>2</sup>) статистически наиболее вероятные гипотезы о причинах аварийности и выявляются потенциально опасные категории участников ДТП. Подразумевается, что очаг содержит достаточный объем статистической информации.

Графическое отображение участков ДТП осуществляется посредством выделения их цветом.

Система вывода и визуализации тематической информации включает векторную карту города с подключенной внешней базой данных (таблица 1). Вывод информации осуществляется посредством SQL-запросов. В качестве инструментальной среды применяется AutoCAD Map 3D.

В качестве сети автомобильных дорог города была использована векторная карта. Ее источником послужил свободный веб-картографический сервис OpenStreetMap (OSM), распространяющий данные по лицензии Open Data Commons Open Database License (ODbL).

Исходная база данных с участками ДТП представлена в виде ods-таблицы. Она со-

держит информацию об очагах аварийности за последние три года. Эти данные включают в себя:

- время и место совершенного ДТП, что позволяет привязать каждую строку БД к соответствующей полилинии векторной карты;
- информацию об участниках происшествий, такую как пол, возраст и стаж;
- данные о погодных факторах в момент произошедшего ДТП.

Результат сопряжения векторной карты с базой данных представляет собой геоинформационную модель, являющуюся объектом анализа и проведения экспериментов.

Цель подобного сопряжения – анализ аварийности на сети дорог, представленной в виде направленного графа, где в качестве ребер используются полилинии, определенные как участки дорог.

Визуализация очагов на такой сети дает возможность говорить от трехмерном анализе, где точки пересечения первых двух координат – являются начальными и конечными узлами полилиний, а третья координата используется для установления временных промежутков. В данном случае визуальное отображение третьей координаты достигается путем создания многослойной векторной карты, где каждый слой – это состояние дорожной сети за определенный (произвольно определяемый) промежуток времени. Например, если взять за временной промежуток 24 часа и создать 24 слоя с использованием тематических запросов отображения участков дорог, с произошедшими на них ДТП, то можно увидеть динами-

Таблица 1. Фрагмент БД содержащей информацию о ДТП

Улица	Дом	Кол-во ДТП	Дистанция	Приоритет	Скорость	Бок. интервал	Пешеходы	Заснеж.дорога	Гололедица	Снеж. накат	Снегопад
Московское шоссе	9	81	0	0	0	1,7	2,2	1,30	0,42	0,00	0,69
Попова	39	81	1,2	0	0	0	0	0,84	5,74	0,64	0,61
Московское шоссе	9	81	0	0	0	1,7	2,2	1,30	0,42	0,00	0,69
Ларина	9	82	0	1,5	0	0	0	1,40	1,02	0,00	1,98
Ларина	9	82	0	1,5	0	0	0	1,40	1,02	0,00	1,98
Бурнаковский проезд	15	83	1,7	1,8	0	0	1	1,31	0,27	0,00	0,78
Гагарина просп.	186	83	1,7	0	0	2,4	0	1,09	0,00	0,00	1,82
Львовская	8	83	0	0	1,2	0	1,7	0,67	1,40	1,76	1,34
Горького максима пл.		84	1,5	0	1,1	0	4,3	0,53	0,00	0,72	0,78
Комсомольское шоссе	5	84	1	0	0	1,5	1,6	1,18	1,11	0,00	0,98

ку появления очагов аварийности в течение суток.

Возможности Map 3D позволяют формировать тематические запросы по данным на векторной карте. В данном случае данные, используемые в запросах, будут значения коэффициентов аварийности, записанные на каждой из полилиний.

Применение тематических запросов дает возможность в наглядной форме предоставить информацию об аварийно-опасных участках, а также возможность построения маршрутов по заданным условиям. Например, наиболее безопасный маршрут или маршрут наименее затратный по времени.

Наличие в подключенной базе, данных о водителях (пол, возраст и стаж), позволяет проводить трехмерный категорийный анализ появления очагов ДТП. В данном случае особый интерес представляет создание группы тематических слоев по каждой из категорий. Это позволит найти закономерность появления ДТП на определенных участках дорог, в рамках определенной категории водителей.

Очаги в базе данных разделены по степени опасности на 4 группы на основе индексов мощности очага. Каждой группе присваивается цвет (по степени опасности от «желтый» – наименее опасный, до «красный» – наиболее опасный) которым и окрашивается соответствующий участок дороги (рисунок 1).

На рисунке 1 представлен тематический слой «Снежный накат». На карте видно, что наиболее опасные участки находятся на Комсомольской площади, Проспекте Ленина, на улицах Новикова Прибоя и Героя Попова.



Рисунок 1. Тематический слой «Снежный накат»



Рисунок 2. Построение маршрута средствами AutoCAD Map 3D на тематическом слое – «Аварийность мужчин возраста 21-25 лет со стажем 1-2 года»

Таблица 2. Фрагмент БД, содержащей информацию об участниках ДТП

№ класса	$u_k/w_k$	$u_k$	Пол	Возраст	Стаж
16	0,594	0,012	Женщина	20–25	1–3 года
21	0,446	0,035	Мужчина	20–25	3–7 лет
23	2,58	0,088	Мужчина	40–60	3–7 лет
28	1,742	0,018	Женщина	40–60	3–7 лет
34	0,398	0,006	Мужчина	>60	более 7 лет
38	0,264	0,006	Женщина	40–60	более 7 лет

## Транспорт

Названия улиц и предупреждения, а также более детальное описание очага ДТП с рекомендациями соответствующими максимальному индексу из таблицы 1, появляются при увеличении масштаба.

Более детальный анализ причин ДТП производится на основе данных об участниках ДТП, представленных в таблице 2.

Здесь  $u_k$  и  $w_k$  – доли рассматриваемой категории водителей в выборке и генеральной совокупности соответственно.

Созданы тематические слои содержащие информацию о процентном соотношении числа участников ДТП и количестве представителей определенной категории (таблица 2). Построение маршрута с применением категорийного анализа ДТП на тематической карте города представлено на рисунке 2.

В данном примере красным цветом выделены участки дорог, на которых преимущественно допускают ошибки водители мужского пола, возраста 21–25 лет со средним стажем 1-2 года. Для водителей, входящих в данную группу риска на тематической карте строится маршрут, позволяющий, по возможности, миновать опасный для них участок дороги.

Трехмерное моделирование позволяет наилучшим образом описать реальную ситуацию на дороге, объекты дорожного движения, их взаимное расположение. Для расширения формирования безопасного поведения, на участках с максимальными количествами происшествий, предлагается рассмотреть наиболее опасные ситуации с помощью виртуальных моделей ДТП. Модели происшествий привязаны к интерактивной карте безопасности, точнее, её интернет-подсистеме. Например, на трехмерной модели дорожной инфраструктуры в районе Дворца спорта, были рассмотрены три различные аварийно-опасные ситуации, часто возникающие на этом участке.

Для визуализации городской среды применяется метод низкополигонального моделирования. Модели зданий, в проекте менее детальные, но этого достаточно для того, чтобы подчеркнуть все основные особенности сооружения, а мелкие детали отображаются за счёт наложения на полигоны реалистичных текстур, созданных на основе фотографий (рисунок 3).

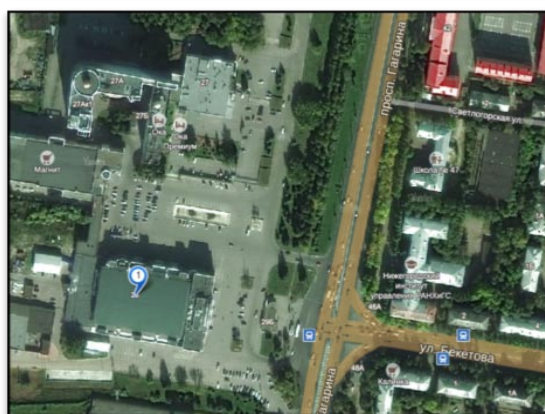
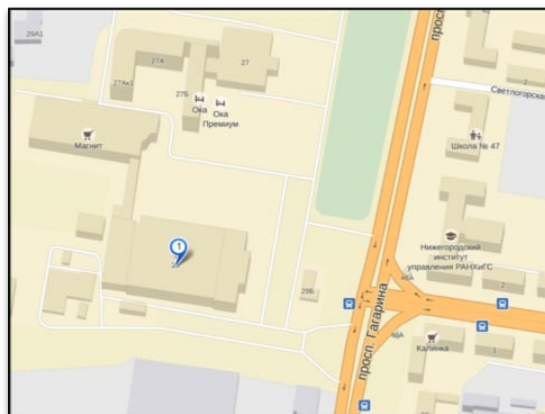


Рисунок 3. Фрагмент карты и снимок района около Дворца спорта



Рисунок 4. Движение автомобиля в направлении стрелки, включенной в дополнительной секции одновременно с желтым или красным сигналом светофора



Рисунок 5. Нарушение правила дорожного движения, пункта 13.5





Рисунок 6. Моделирование и визуализация ДТП на опасном участке выезда с круга

На рисунке 4 находится пересечение наиболее загруженных транспортных магистралей – улицы Бекетова и проспекта Гагарина, района, где за последний год произошло более ста тридцати аварий. Здесь на примере трехмерной модели реальной окружающей среды района города объясняется ПДД пункт 13.5. Показывается на примере воображаемого водителя зеленого автомобиля правильное соблюдение этого правила, затем, на примере водителя белого автомобиля его нарушение (рисунок 5).

Для очага «Дворец спорта» на данной модели разбираются еще две потенциально опасные ситуации. Таким образом, модель участка дорожной инфраструктуры позволяет обыграть несколько дорожных ситуаций, не обязательно связанных с нарушениями ПДД. Одна из этих ситуаций разбирается в примере 2.

Пример 1. На рисунке 6 представлен анализ ситуации на карте и виртуальная модель ДТП в районе станции метро Пролетарская. Модель построена в инструментальной среде MAYA.

Пример 2. В районе Сенной площади на спуске в сторону улицы Белинского в летнее время года возникает ситуация ослепления водителя солнечными лучами (рисунок 7).

Планируется использование трехмерных моделей для принятия управленческих реше-



Рисунок 7. Трехмерная модель Сенной площади и вид из модели автомобиля на участке дороги с вероятным ослеплением водителя

ний относительно модификации дорожной инфраструктуры районов с повышенной аварийностью, для обучения в автошколах, при информировании участников дорожного движения. Последняя возможность уже реализована на web-сайте, который в настоящий момент проходит бета-тестирование.

11.03.2015

#### Список литературы:

1. Елисеев М.Е. О интерактивной карте аварийности крупного города [Текст] / М.Е. Елисеев, А.А. Репников, Т.Н. Томчинская, А.Д. Филинских // Сборник научных трудов Sworld. – 2011. – Т. 3. – №4. – С. 40-45.
2. Елисеев М.Е. Подсистема анализа очагов интерактивной карты аварийности [Текст] / М.Е. Елисеев, Д.М. Пронин, А.А. Репников, М.Е. Сангалова, Т.Н. Томчинская // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. – 2012. – № 4 (97). – С. 358-362.
3. Елисеев М.Е. О классификации очагов аварийности [Текст] / М.Е. Елисеев, М.Е. Сангалова // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. – 2013. – № 4 (101). – С. 320-326.
4. Елисеев М.Е. О статистическом анализе очагов аварийности [Текст] / М.Е. Елисеев // Автотранспортное предприятие. – 2012. – № 4. – С. 37-38.

Сведения об авторах:

**Елисеев Михаил Евгеньевич**, кандидат физико-математических наук кафедры высшей математики  
Нижегородского государственного технического университета имени Р.Е. Алексева,  
e-mail: eliseevmic@mail.ru

**Томчинская Татьяна Николаевна**, кандидат технических наук кафедры графических информационных  
систем Нижегородского государственного технического университета имени Р.Е. Алексева,  
e-mail: tomchinskaya@mail.ru

**Репников Артем Александрович**, аспирант кафедры высшей математики  
Нижегородского государственного технического университета имени Р.Е. Алексева,  
e-mail: closer90@gmail.com

**Блинов Александр Сергеевич**, аспирант кафедры высшей математики  
Нижегородского государственного технического университета имени Р.Е. Алексева,  
e-mail: alexander.bl.mail@gmail.com

603950, ГСП-41, Н. Новгород, ул. Минина, 24, тел. (831) 4364383