

Визуализация аварийно-опасных ситуаций на дорогах крупного города

Михаил Е. Елисеев¹, Игорь Н. Мерзляков¹, Татьяна Н. Томчинская^{1,2}, Александр С. Блинов¹

¹Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева, Россия

²Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

eliseevmic@mail.ru | innerzliakov@gmail.com | tomchinskaya@mail.ru | alexander.bl.mail@gmail.com

В работе рассматриваются задачи геометрического моделирования городской среды, рельефа местности, моделирования транспортных потоков и аварийно-опасных ситуаций, возникающих на дорогах с целью повышения безопасности дорожного движения. Трехмерные модели дорожно-транспортных происшествий подключены к интерактивной карте безопасности. Применяются ГИС-технологии и динамические SQL-запросы для анализа базы данных аварийности. Подробно анализируются наиболее опасные ситуации на дорогах конкретного города в условиях реалистичного моделирования среды.

Ключевые слова: виртуальная модель, цифровая модель рельефа, дорожно-транспортное происшествие, геоинформационная система, интерактивная карта

The visualization of accident-prone situations on the roads of major cities

Michael E. Eliseev¹, Igor N. Merzliakov¹, Tatiana N. Tomchinskaya^{1,2}, Alexander S. Blinov¹

¹Alekseev State Technical University of Nizhny Novgorod, Russia

²Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Russia

The paper deals with problems of geometric modeling of the urban environment, terrain, modeling of traffic flows and accident-prone situations that arise on the roads in order to improve road safety. Three-dimensional model of traffic accidents connected to the online interactive map. Applied GIS technology and dynamic the SQL-queries to analyze a database of accidents. The most dangerous road situations is analyzed in details on the example of a particular city and in a realistic simulation environment.

Keywords: virtual model, digital terrain model, traffic accident, geographic information system, interactive map

1. ВВЕДЕНИЕ

Степень автомобилизации населения несет в себе как положительные, так и негативные последствия, связанные с большим числом дорожно-транспортных происшествий. Актуальность разрешения этой проблемы отражается в статистике аварийности (<http://www.gibdd.ru/stat>), вызывающей к принятию активных мер по улучшению ситуации на дорогах городов. Решение проблемы не ограничивается развитием городской дорожной сети. Созданы сайты, посвященные безопасности дорожного движения, которые оповещают о происшествиях, происшедших на том или ином участке дорожной сети, о пробках. Как правило, они реализуют унифицированный подход к участникам дорожного движения. Из научных работ, посвященных созданию таких систем наиболее интересными, на наш взгляд, являются работы [1-4]. Как правило, основной функцией этих систем является анализ аварийности, и они не поддерживают возможность реалистичной визуализации. Напротив, при визуализации дорожно-транспортной ситуации [5], никак не учитывается характер аварийности. В предлагаемой работе подробно наиболее опасные ситуации на дорогах анализируются на живых примерах конкретного города в условиях реалистично смоделированной среды.

С помощью методов статистического анализа и на основе подключенной базы данных ДТП выявлено, что большой процент участников дорожно-транспортных происшествий составляют водители со стажем до трех лет, для которых одним из основных влияющих факторов является отсутствие навыков «сканирования» окружающей обстановки. Исследования также показали, что на одних участках дорог и при определенных погодных условиях чаще ошибаются водители мужского пола. Например, старше сорока лет и с опытом вождения более 10 лет. В то время, как на других участках чаще ошибаются женщины с опытом вождения до 7 лет. Для разных категорий водителей могут быть полезны разные пути объезда наиболее опасных участков.

Для начинающих водителей, с целью расширения формирования умений и навыков безопасного поведения на участках с максимальным количеством происшествий предлагается рассмотреть наиболее опасные ситуации с помощью виртуальных моделей ДТП. Реалистичные трехмерные модели предлагается использовать при обучении курсантов на примерах наиболее достоверно воспроизводящих реальные ситуации, с которыми им предстоит столкнуться в первые месяцы самостоятельного вождения.

В предлагаемой работе учитываются данные о водителях, такие, как пол, возраст и стаж вождения. В зависимости от

этих данных формируется наиболее безопасная траектория движения. Модели происшествий подключены к интерактивной карте безопасности.

Задача построения трехмерной модели дорожно-транспортного происшествия сводится к последовательному решению таких подзадач, как 1) построение цифровой модели рельефа; 2) моделирование дорожной инфраструктуры - дорог, перекрестков, мостов, дорожной разметки; 3) построение трехмерных моделей зданий, сооружений и других объектов городской среды; 4) анимация участников ДТП и визуализация; 5) подключение полученных моделей к интерактивной карте безопасности дорожного движения.

Виртуальная модель фрагмента города может быть полезна и для других целей – для различного рода анализа дорожной ситуации, например, при анализе загруженности транспортных развязок с целью коррекции работы светофоров, или при проектировании новой дорожной развязки. На базе построенной модели может быть проведен инженерный анализ возможности развития чрезвычайных ситуаций и их последствий, а затем определен оптимальный путь ликвидации этих последствий.

2. АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ

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

- 1) подготовку и сопровождение многослойной векторной карты города;
- 2) разработку 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 личностно-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.

3. МЕТОДЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Разработка виртуальной модели дорожно-транспортного происшествия (ДТП) начинается с создания трехмерной модели рельефа, дорожной инфраструктуры. В качестве исходных данных для моделирования рельефа использовались карты масштаба 1:2000 и спутниковые снимки. Кроме того, были выполнены детальные снимки фасадов зданий и подстилающей поверхности для создания окружения места происшествия.

К программным продуктам предъявлялось главное требование - их совместимость. В связи с этим, была выбрана единая технологическая линейка фирмы Autodesk: Maya, AutoCAD Civil 3D, Civil View for 3ds Max Design,

InfraWorks 360, Bridge Design for InfraWorks, AutoCAD Map3D.

К разрабатываемой сцене предъявлялись следующие требования. Модель должна быть трехмерная, с небольшим числом полигонов. Точность плановой привязки объектов должна соответствовать точности используемых топографических планов. Фасады детальных трехмерных моделей объектов должны представляться в фотореалистичном виде. Дорожная сеть должна представляться с разметкой и отображать все виды пешеходных дорожек, газоны, растительность и входы в подземные переходы. Участки дорожного, тротуарного, подстильного покрытия должны иметь вид трехмерных поверхностей, обтянутых соответствующими фотореалистичными текстурами. Отдельно стоящие объекты (деревья, рекламные щиты, скамейки, фонари, урны, ограждения) должны представляться в низко детализированном виде. Траектория движения транспорта в момент ДТП должна быть приближена к реальной.

Для того чтобы создавать модель не «с нуля», а используя инженерные разработки, которые были проведены в рамках создания комплексной транспортной системы города, была реализована возможность прямой передачи инженерного проекта в программную среду для дальнейшей визуализации. Проект, выполненный в технологии Autodesk AutoCAD Civil 3D и InfraWorks 360 передавался в Autodesk 3ds Max Design со встроенным модулем Civil View. Civil View разработан специально для визуализации инженерных сооружений.

Первым этапом создания модели является подготовка растровых изображений, которые послужат для генерации рельефа местности, либо станут текстурами, облегчая дальнейшие этапы работы. Картографические данные получены с сайта <http://earthexplorer.usgs.gov>. Для упрощения процесса моделирования и ориентирования в созданной модели рельефа в качестве растровой подложки использовалось спутниковое изображение, полученное с помощью программы SASPlanet.



Рис. 1: Модель участка города, сформированная автоматически по карте

Представленная на рисунке 1 модель содержит поверхность земли, подстилающую поверхность – изображение со спутника google, а также автоматически созданные трассы и здания в районе одной из площадей крупного города. Сильно

упрощенная модель построена в технологии Autodesk InfraWorks 360 (Рис.1).

Как видно на рисунке 2 алгоритмы автоматического построения дорог и зданий не совершенны. Поэтому такая модель без ручного вмешательства содержит много артефактов: перекрестки более двух дорог и перекрестки под острым углом построились неправильно (Рис.2) - дороги с нетипичным поперечным сечением, например, трёхполосная дорога с односторонним движением заменяются типичным стилем - простой двухполосной дорогой. Трамвайные пути не построились совсем.

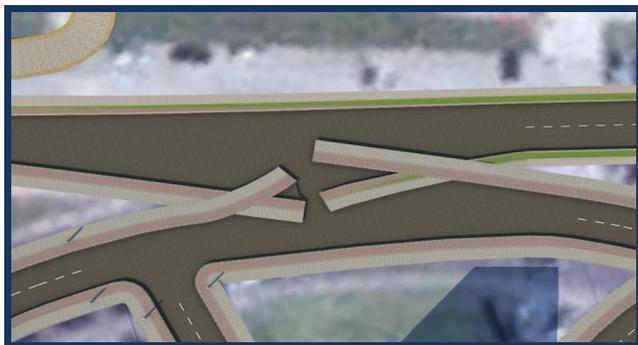


Рис. 2: Сложные перекрестки построились неверно

Поэтому для уточнения модель поверхности передается в AutoCAD Civil 3D через формат IMX. Вводятся дополнительно горизонтали и высотные отметки. Для полуавтоматической векторизации горизонталей



Рис. 4: Мост, построенный средствами Bridge Design for InfraWorks

использовался программный продукт Autodesk Raster Design. В среде AutoCAD Civil 3D редактируются трассы, перекрестки и сложные развязки. Технология позволяет создавать трехмерную динамическую модель местности. Модель содержит основные элементы геометрии, а также поддерживает интеллектуальные связи между такими объектами, как точки, поверхности, земельные участки, дороги и планировка. При любом изменении какой-либо части трехмерной модели все другие связанные с ней части автоматически обновляются. Например, изменение трехмерной траектории трассы приводит к автоматическому обновлению двумерных профилей, модели дороги, пересчету объемов, проектных горизонталей [6]. Далее для дальнейшей визуализации полученного проекта используется модуль

Civil View. Большая часть рабочего процесса в Civil View заключается в использовании типовых решений и шаблонов.



Рис. 3: Импортированная поверхность, совмещённая с растром карты

Это позволяет автоматизировать повторяющиеся задачи. Примерами таких типовых решений являются дорожные разметки и ограждения, деревья, фонари, анимированные автомобили. Отличительной чертой подхода, который использует Civil View, является то, что импортируемые данные распознаются по типу, по названиям, а так же то, что изменения, внесённые в AutoCAD Civil 3D отобразятся и в Civil View for 3ds Max Design. Т.е., если впоследствии понадобится уточнить рельеф сцены, то внесенные изменения автоматически будут загружены и в Civil View.

Трёхмерная модель моста, дороги построена средствами программных продуктов Bridge Design for InfraWorks и Civil View. На рисунке 4 красными стрелками отмечена часть дороги со стилем моста.

Важно, чтобы разные участки дороги точно прилегали друг к другу, чтобы между ними не образовались зазоры. Если стили дороги и моста отличаются только типом дороги и эти участки чётко соединяются, то дорога будет плавно переходить в мост, опоры моста будут автоматически подогнаны по длине (Рис.4).

После импорта из Civil 3D дорога заканчивается обочиной и требует уточнения. Достаивается конструкция дороги на мосту с помощью объектов сдвига средствами плагина Civil View.

Далее в InfraWorks 360 выполняется нанесение разметки дорог. Разметка является частью стиля, применённого к участку дороги, а не как отдельный объект в отличие от Civil View. После нанесения разметки и добавления трамвайных путей работа над проектом продолжается в среде Autodesk Maya. Наносится разметка на сложные участки дорог, бордюры, пешеходные переходы. Используется технология мультитекстурирования. т.е. создается несколько UV-раскладок для одной поверхности. К каждой UV-раскладке применяется своя текстура, чтобы получить качественные текстуры и избежать проблемы при рендере сцены.

Для узнаваемости местности достаточно построить низкополигональные модели зданий с фотореалистичными текстурами. На следующем этапе необходимо смоделировать поток автомобилей и персонажа, участвующего в ДТП.

Поток автомобилей создается в Civil View, анимация автомобилей, участвующих в аварийной ситуации реализуется в Maya. Но предварительно, траектории автомобилей, участвующих в столкновении просчитываются в программе Virtual Crash.

В виду того, что в дорожно-транспортном происшествии могут участвовать и пешеходы, необходимо применить простые и быстрые решения для оснастки персонажа. В большинстве случаев требуется изобразить пешехода, идущего вдоль дороги, или переходящего через дорогу. Внешность и детализация не играют большой роли. Модель персонажа импортирована из свободного источника. Персонаж содержит скелет, привязанный к поверхности. Для анимации персонажа используется плагин HumanIK. Сцена собирается и анимируется в среде Autodesk Maya (Рис.5).



Рис. 5: Сцена с персонажем на одной из площадей города

По предложенному алгоритму разработаны виртуальные модели ДТП на наиболее загруженных и аварийно опасных участках дорог конкретного города. На рисунке 6 показано пересечение транспортных магистралей, района, где за последний год произошло более ста тридцати аварий.



Рис. 6: Движение автомобиля в направлении стрелки, включенной в дополнительной секции одновременно с желтым или красным сигналом светофора

В этой сцене, на примере трехмерной модели реальной окружающей среды района города, на одном из перекрестков объясняется ПДД пункт 13.5. Затем на примере воображаемого водителя одного автомобиля показывается правильное соблюдение этого правила (Рис. 6), а на примере водителя другого автомобиля - его нарушение. На данной модели построены и разбираются еще две потенциально опасные ситуации.

Таким образом, модель участка дорожной инфраструктуры позволяет обыграть несколько дорожных ситуаций, не обязательно связанных с нарушениями правил дорожного движения. А также при необходимости дает возможность выполнить виртуальный проезд по сложной дорожной развязке. Затем на основе разработанных сцен были смонтированы и озвучены видеоролики [7,8], демонстрирующие правила дорожного движения и их нарушения, аварийно-опасные ситуации на наиболее сложных участках улиц и перекрестков.

4. ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Видео ролики подключены к интерактивной карте безопасности дорожного движения [9], к районам с наибольшим количеством ДТП. Их можно будет просмотреть с помощью Интернет-подсистемы, осуществляющей обратную связь с субъектами дорожного движения (Рис. 7).

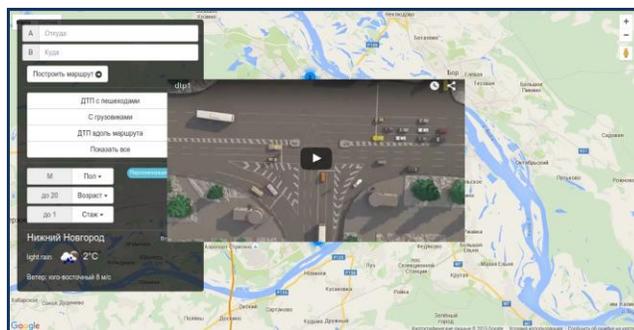


Рис. 7: Работа программного комплекса «Интерактивная карта аварийности», отчет «Очаг».

Под субъектами в данном случае понимаются водители частного и общественного транспорта, курсанты в автошколах, специалисты, отвечающие за безопасность на предприятиях – автотранспортных, гаражных и ремонтных хозяйствах, службах доставки.

Исследование аварийности города проводится на основе статистического анализа ДТП, который осуществляется специальным программным модулем – анализатором очага. Для данной географической области, блоками, обычно не более 500 м², формулируются статистически наиболее вероятные гипотезы о причинах аварийности. Выявляются потенциально опасные категории участников ДТП.

Очаги разделены по степени опасности на четыре группы в зависимости от индекса мощности очага. Каждой группе присваивается цвет по степени опасности от «желтый» - наименее опасный, до «красный» - наиболее опасный, которым и окрашивается соответствующий участок дороги.

Результат исследования выводится в виде тематических слоев, которые подготавливаются в инструментальной среде AutoCAD Map3D. Источником векторной карты послужил свободный веб-картографический сервис OpenStreetMap (OSM). Исходная база данных с участками ДТП представлена в виде ods-таблицы. Она содержит информацию об очагах аварийности за последние три года. Эти данные включают в себя: время и место совершенного ДТП; информацию об

участниках происшествий, такую как пол, возраст и стаж; данные о погодных факторах в момент произошедшего ДТП. Более детальный анализ причин ДТП производится на основе данных об участниках ДТП, представленных в таблице 1.

Таблица 1

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

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.



Рис. 8: Построение маршрута средствами AutoCAD Map 3D на тематическом слое «Аварийность с участием мужчин возраста 21-25 лет со стажем 1-2 года»

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

5. Заключение

В работе предложен алгоритм-технология для визуализации дорожно-транспортных происшествий средствами геоинформационного программного комплекса, построенного на программных продуктах Autodesk. Предложена и исследована архитектура специализированной геоинформационной системы, предназначенной для анализа очагов ДТП. Результат анализа в системе представляется на интерактивной карте безопасности дорожного движения. Приводятся примеры анализа с использованием данного программного обеспечения. Планируется использование трехмерных моделей аварийных ситуаций на дорогах для принятия управленческих решений, позволяющих модифицировать дорожную инфраструктуру районов с повышенной аварийностью. Комплекс можно применять для обучения в автошколах и для повышения культуры участников дорожного движения.

Литература

- [1] DeLucia, B. H., and Scopatz, R. A. E-Crash: The Model Electronic Crash Data Collection System // Report DOT HS 811 326, National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), Washington, DC.2010.
- [2] Khan, G., Santiago-Chaparro, K. R., Qin, X., and Noyce, D. A. Application and Integration of Lattice Data Analysis, Network K-Functions, and Geographic Information System Software to Study Ice-Related Crashes // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2009. No. 2136, 67-76,
- [3] Rosenthal T.J. STISIM Drive User’s Manual, Systems Technology. Inc, Hawthorne, Calif, USA, 2011.
- [4] Agarwal Shaurya, Kachroo Pushkin, Regentova Emma. A hybrid model using logistic regression and wavelet transformation to detect traffic incidents.// IATSS Research 40, 56–63, 2016
- [5] Paz A., Veeramisti N., Khaddar R., de la Fuente-Mella H., and Modorcea L. Traffic and Driving Simulator Based on Architecture of Interactive Motion. // The Scientific World Journal, vol. 2015, Article ID 340576, 9 pages, 2015.
- [6] Середович В.А., Востров И.В. Обзор современных программных продуктов для создания и использования трехмерных моделей для проектирования автомобильных дорог // Интерэкспо Гео-Сибирь, выпуск 3, 2012.
- [7] Долговесов Б.С. Опыт создания мультимедийных систем реального времени для обучения и презентаций. // Труды конференции Графикон-2015. 2015. С.265-268
- [8] Фролов В., Галактионов В., Трофимов М Сравнительный анализ современных рендер-систем для 3ds Max // Труды конференции Графикон-2014. С.43-46
- [9] Елисеев М.Е. Томчинская Т.Н., Репников А.А., Блинов А.С. Архитектура и стандартные реакции на внешние события интерактивной карты аварийности. //Автотранспортное предприятие. Отраслевой научно-производственный журнал. Вып. 2, 2016. С.34-27.

Об авторах

Елисеев Михаил Евгеньевич – к. ф.-м. н, доцент кафедры «Высшая математика» НГТУ им. Р.Е. Алексеева, email: eliseevmic@mail.ru;
 Мерзляков Игорь Николаевич – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Графические информационные системы» НГТУ им. Р.Е. Алексеева, email: inmerzliakov@gmail.com;
 Томчинская Татьяна Николаевна – к.т.н., доцент кафедры «Графические информационные системы» НГТУ им. Р.Е. Алексеева, доцент ННГУ им. Н.И. Лобачевского, email: tomchinskaya@mail.ru
 Блинов Александр Сергеевич – аспирант кафедры «Высшая математика» НГТУ им. Р.Е. Алексеева, email: alexander.bl.mail@gmail.com.