

А.Ф. Васильев

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СЕТИ ДОРОГ С ПОМОЩЬЮ ГИС-ДАННЫХ

Описаны основные проблемы геометрического моделирования сети дорог в больших масштабах. Для решения этих проблем, представлен метод процедурного моделирования, на основании подхода создания реалистичных моделей существующих дорог с помощью ГИС-данных. Данный метод заключается в выработке правил с помощью ряда критериев и условий для замены исходного объекта более детализованным. Это дает возможность разрабатывать геометрические модели без детального изучения параметров объекта моделирования. Сделан обзор существующих программных обеспечений, в которых реализованы методы генерации с помощью ГИС-данных. Сравнение данных ПО по определенным критериям дал вывод, что целесообразно разрабатывать собственные программные средства. Далее описаны реализованные в разрабатываемом ПО методы импорта и генерации модели, определены задачи дальнейшей разработки. В данный момент разрабатывается собственное ПО для реализации методов генерации модели сети дорог с помощью ГИС-данных. Данное ПО позволит сократить время проектирования геометрической модели сети дорог в больших площадях, соблюдая все параметры. Данное ПО будет целесообразно использовать в разработках автомобильных тренажеров – симуляторов и концептуальных проектов местности.

Ключевые слова: ГИС, сеть дорог, генерация, геометрическое моделирование, САПР, трехмерная модель, автосимулятор, проект местности.

Одной из основных проблем моделирования является сбор исходной информации. Трехмерная модель местности, в зависимости от методики автотренажера, разрабатывается в различных масштабах, с разной сложностью и плотностью сети дорог. Для экономии трудозатрат используется методика с использованием существующих баз данных геоинформационных систем, которые представляют точную информацию о дорожной сети [4]. Для дальнейшего проектирования моделей сети дорог на территории города требуется:

- определить категорию для каждой автомобильной дороги. Это позволяет выявить точные параметры установленные в ГОСТ [1, 2];
- определить параметры всех объектов дорожной сети: координаты, размеры;

- подготовить текстуры для дорог, соответствующих категорий, разметки по ГОСТ [3].

Следующие проблемы возникают на этапах моделирования:

- разработка моделей сети дорог с различным количеством полос движения;
- разработка сложных частей каркасной модели сети дорог: перекресток, многоуровневые дороги и т.д.;
- настройка текстур дорожной разметки по ГОСТ [3];
- разработка объектов сети дорог: дорожные знаки, остановки, освещение;
- подготовка моделей для дальнейшего использования при визуализации в режиме реального времени.

Очевидно, что выделенные выше этапы занимают значительное время, что является существенным недостатком

ком для разработки геометрической модели сети дорог. Таким образом, актуальной проблемой является автоматизация проектирования и разработки моделей дорог согласно этапам моделирования, рассмотренным выше.

Актуальность процедурного синтеза применительно к сети дорог

Рассмотрим возможности процедурного моделирования для решения проблем, отмеченных выше. Основная идея процедурного моделирования заключается в выработке правил с помощью ряда критериев и условий для замены исходного объекта генерируемым более детализированным объектом. Модели сети дорог генерируются по кривым сплайнам. Как мы отметили выше, для точной и быстрой разработки, в виде кривых сплайнов используется ГИС информация расположения сетей дорог. При генерации создаются полосы из повторяющихся однообразных сегментов, разделенные на две группы: пешеходная дорога (Sidewalk) и автомобильная дорога (Street). Перекрестки генерируются в точке пересечения более двух сплайнов (рис. 1).

Правила описываются через атрибуты, которые определяют параметры того или иного объекта и функции, которые устанавливают зависимость атрибутов. В атрибутах можно составить список возможных значений переключения. Например: атрибут – пешеходный переход (pedestrian crossing). Возможные значения: нет (none), начало и конец (start and the end), повторяющийся (repetitively). При значении «начало и конец» этого атрибута, у перекрестка и у конца дороги генерируются сегменты пешеходного перехода путем разрезания поверхности модели дороги на заданном в правиле расстоянии от конца сплайна для дальнейшего наложения на них текстуры дорожной поверхности с разметками (рис. 2).

При значении «повторяющийся», переходы будут повторяться через указанные в правиле расстояния, заданные в виде констант.

В правилах можно импортировать заранее подготовленные объекты в формате obj, описать их расположение, создать массив объектов, описать интервал между объектами массива расположенное вдоль дороги (рис. 3).

Полностью подготовленный пакет правил с используемыми данными (тек-

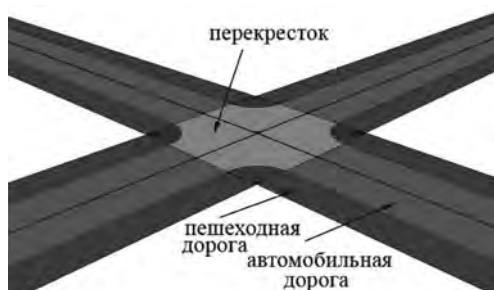


Рис. 1. Генерация сегментов дороги

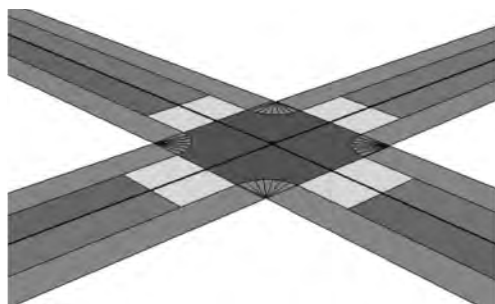


Рис. 2. Генерация сегмента пешеходного перехода



Рис. 3. Генерация массива объектов

стуры, объекты) можно экспортировать одним файлом.

Таким образом, имея данный пакет правил, разработчик может построить модель сети автомобильных дорог без детального изучения. Все параметры настроены в правилах. Генерация моделей по заданным правилам упрощает процесс моделирования, повышает эффективность моделирования, которая измеряется в человеко-часах, за счет скорости и точности выполнения.

Обзор методов и средств решения задачи

Выбор средства автоматизации построения геометрических моделей является одним из приоритетных этапов при разработке масштабных и сложных сетей дорог. Рассмотрим ряд критериев для анализа программных обеспечений (ПО) для решения ранее описанных задач:

- широкая поддержка форматов импорта/экспорта;
- возможность редактирования генерируемых объектов;
- надежность;
- стоимость.

Возможность импорта большого количества форматов данных со сторон-

них источников дает сократить время на сбор информации и исключает необходимость собственноручного создания. Дальнейшее использование проектируемой модели зависит от возможности экспорта в формат, совместимый с движком без потери визуальных качеств. Поэтому, чем больше форматов импорта и экспорта поддерживает ПО, тем больше возможности использования данного ПО.

Критерий возможности редактирования параметров генерируемых объектов подразумевает изменение одних параметров без дополнительных действий.

Для разработки сложной модели требуется, чтобы в ПО не возникали ошибки, приводящие к аварийному завершению работы ПО. Также требуются возможности восстановления системы после сбоев, отката изменений и резервного копирования.

От стоимости ПО зависит окупаемость всего проекта, поэтому нельзя не учитывать данный критерий.

Trian3D Builder – программное обеспечение немецкой компании TrianGraphics, предназначенное для генерации модели местности по ГИС-данным. Система генерирует оптимизирован-



Рис. 4. Trian3D Builder. Визуализация в реальном времени

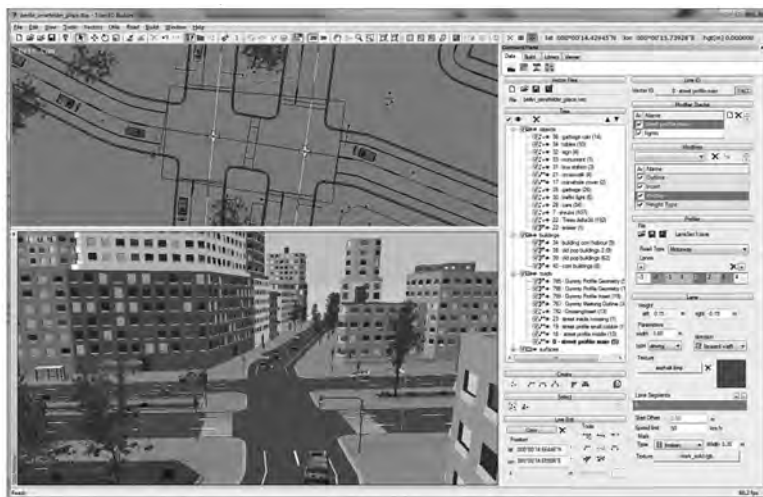


Рис. 5. Trian3D Builder. Интерфейс

ные объекты для визуализации в реальном времени, используя модульные шаблоны построения объектов (рис. 4).

Для каждого типа объектов надо устанавливать модули. Дорожный модуль предлагает автоматическую генерацию дорог и переправ из реальных ГИС-данных (например, Open StreetMap). Входные данные параметризуются на основе атрибутов векторных данных и автоматически анализируются в стадии предварительного расчета (рис. 5). Таким образом, сложные дорожные сети с различными полосами, переездами и маркировкой создаются в кратчайшие сроки.

Кривые сплайны могут быть предварительно обработаны и преобразованы в дуговой/спиральной основе представления. Генерируются модели автомагистралей, туннелей, мостов и переходов между различными видами автомобильной дороги. Недостатками данной системы являются:

1) визуализация трехмерной модели происходит только по вызову данной функции;

2) высокая стоимость лицензии: 9900 €.

RailClone Pro – данный плагин предназначен для параметрического моделирования в редакторе 3dsmax. С ее помощью можно создавать слож-

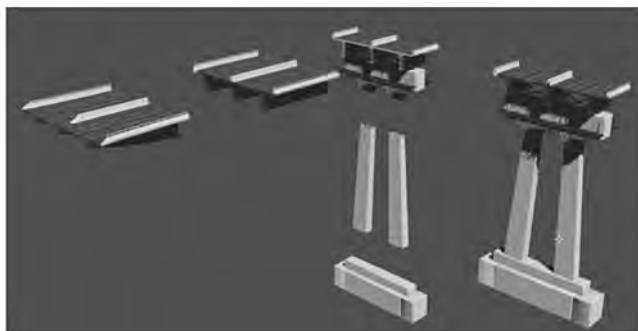


Рис. 6. Параметрические структуры



Рис. 7. Пересечение дорог



Рис. 8. Дорога с маркерами



Рис. 9. Окно редактора правил

ные модели, используя библиотеки объектов, в которую можно добавлять собственные параметрические структуры. Данные структуры будут являться сегментами генерируемой модели. То есть, сегменты генерируются не исходя от потребности сглаживания поверхности, а равномерно по всей длине сплайна, то есть модель будет представлять собой массив однотипных сегментов. Для каждого вида дороги, перекрестка и других объектов приходится моделировать отдельную параметрическую структуру (рис. 6).

Использовать данный пакет для проектирования модели дорог не целесообразно, так как:

1) В ней отсутствует оптимизация полигонов. Приходится редактировать собственноручно.

2) Отсутствует прямой импорт ГИС-данных. Приходится использовать сторонние программы для конвертации в совместимый формат.

3) Объекты не генерируются (рис. 7). При пересечении дорог пользователь должен добавить из библиотеки объект перекрестка или отредактировать область модели, что занимает время.

EasyRoads 3d – плагин для параметрического построения модели сети дорог в Unity3D. Он позволяет разработчику строить дорогу по выделенным в ландшафте маркерам (рис. 8).

Далее возможно активировать в параметрах дороги различные объекты, такие как: стены, заборы, фонарные столбы, деревья. Можно преобразовать область модели дороги в мост активировав соответствующий параметр.

Такая система не предназначена для моделирования сети дорог большой протяженности, так как в плагине нет возможности импорта ГИС-данных, невозможно создавать перекрестки, сложно редактировать кривые по маркерам.

CityEngine – это система для трехмерного моделирования, специализи-

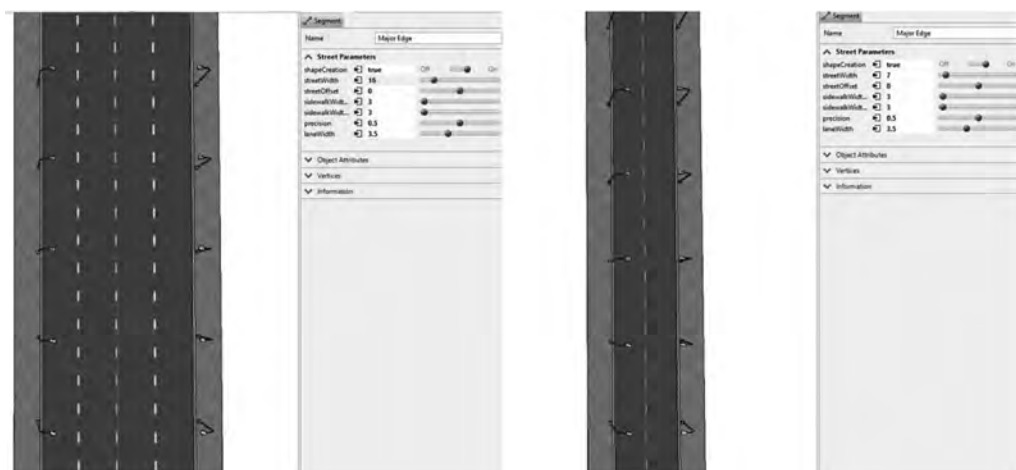


Рис. 10. Пример регулирования параметром

рующееся на генерации трехмерных моделей городской среды. В настоящее время программное обеспечение принадлежит американской компании ESRI. В данной системе имеется редактор правил процедурного моделирования со своим языком программирования (рис. 9), который позволяет быстро создавать различные модели на основе ГИС – данных.

Совместим с огромным количеством форматов импорта: dae, dxf, gdb, kml, kmz, obj, osm, shp и различных форматов изображения. После генерации объектов в CityEngine можно гибко регулировать ряд параметров (рис. 10), после чего модель генерируется заново с обновленными параметрами.

Так как программа используется без каких либо сторонних утилит и

плагинов, стабильность работы очень высока. Организация файлов в папке проекта при импорте осуществляется автоматически. Основным недостатком данной системы является высокая цена.

Blender – это свободное ПО для геометрического моделирования. Для данной системы существует дополнение, которое дает возможность импорта osm-файла. При импорте данные дорог преобразуются в кривые линии. Дальнейшая генерация геометрической модели дороги невозможна, что является главным недостатком. Данная программа привлекает внимание тем, что является свободным и поддерживает язык Python для создания дополнений. Можно использовать как временный инструмент преобразования osm-файла, или раз-

Сравнение программных средств

	Форматы	Редактируемость	Стабильность	Стоимость
3dsmax + RailClone Pro	–	–	– +	\$3301+392
CityEngine	+	+	+	\$4,000
Trian3DBuilder	+	+	+	9900€
Unity3D + EasyRoads3d	–	–	– +	\$45
Blender + Import OSM	+	–	+	бесплатно



Рис. 11. Кривая линия в разрабатываемом ПО

работать плагин генерации геометрической модели сети дорог для данной программы.

Результаты сравнения приведены в таблице. С учетом отмеченных критериев целесообразно разрабатывать собственные программные средства.

Разработка программного обеспечения

Для ПО генерации геометрической модели сети дорог на данный момент разработаны решения импорта ГИС-данных, и генерации. Импорт происходит за счет преобразования файла OSM [5] в распознаваемую программой кривую линию (рис. 11).

Далее происходит генерация дороги. Метод генерации заключается в поиске вектора нормали по следующим формулам:

$$x_N = x_b - x_a;$$

$$y_n = -(y_b - y_a);$$

$$z_n = 0$$

где $(x_a; y_a)$ – координаты точки кривой, для которой идет расчет нормали; $(x_b; y_b)$ – координаты следующей точки кривой.

После расчета нормалей происходит расчет точек модели дороги по формулам:

- для точек левой стороны:

$$x = x_N + x_a$$

$$y = y_N + y_a$$

$$z = z_N + za$$



Рис. 12. Сгенерированная модель дороги в разрабатываемом ПО

- для точек правой стороны:

$$x = -x_N + x_a$$

$$y = -y_N + y_a$$

$$z = -z_N + za$$

Полученный массив точек последовательно соединяется в виде сплошных четырехугольников (quads). Затем происходит наложение текстуры. В конечном итоге генерируется геометрическая модель дороги (рис. 12).

В дальнейшем будут разрабатываться методы:

- редактирования параметров (количество дорожек, разметка);
- генерации дополнительных объектов дороги таких как перекрестки, лампы, пешеходная дорожка, знаки пдд, светофоры;
- экспорт сгенерированной модели сети дорог.

Таким образом, за время изучения данной темы сделано детальное сравнение программных решений. В результате сделан вывод, что целесообразно разработать собственные программные средства. Разработано ПО в котором применены вышеописанные методы импорта и генерации модели.

В дальнейшем развитии, разрабатываемая ПО позволит сократить время проектирования геометрической модели сети дорог в больших площадях, соблюдая все параметры. Данное ПО будет целесообразно использовать в разработках автомобильных тренажеров – симуляторов, концептуальных проектов местности.

1. ГОСТ Р 52398-2005. Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования [текст]. – Введ. 2005.11.22. – М.: Стандартинформ, 2006. – 3 с.
2. ГОСТ Р 52399-2005. Геометрические элементы автомобильных дорог [текст]. – Введ. 2005.11.05. – М.: Стандартинформ, 2006. – 3 с.
3. ГОСТ Р 51256-2011. Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования [текст]. – Введ. 2011.12.13. – М.: Стандартинформ, 2012. – 26 с.
4. Despine G., Baillard C. Realistic Road Modelling for Driving Simulators using GIS Data // *Advances in Cartography and GIScience* Volume 2, 2011. – pp. 431–448.
5. OSM XML [Электронный ресурс] // Wiki Openstreetmap 2014. Режим доступа: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/OSM_XML дата обращения: 16.11.2014. **ГИАС**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Васильев Айсен Федорович – студент, e-mail: vicesuntar@gmail.com, МГИ НИТУ «МИСиС».

UDC 004.925.8:656.13

AUTOMATED ROAD NETWORK MODELING USING GIS DATA

Vasil'ev A.F., Student, e-mail: vicesuntar@gmail.com, Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

This article describes basic difficulties on creating of the geometrical modeling of the road network on a large scale. To solve these problems, we present a method of procedural modeling approach based on the creation of realistic models of existing roads using GIS – data. This method consists in determining the rules by using a number of criteria and conditions for the replacement of the original object for more detailed object.

This makes it possible to develop geometric models without a detailed study of the parameters of the object modeling. Additionally provides an overview of existing software that implement methods for generating GIS- data. Comparison of the data of software according to certain criteria gave the conclusion that it is advisable to develop their own software.

Further in this work describes the realized methods to develop imports and generate the model of software, also identified the problems for further development.

At the moment own software is developing for realizing of methods for generating models of the road network with GIS-data. This software will reduce the time for design geometrical model of the road network in large areas with keeping all parameters. This software will be suitable for using in development of driving simulators and designing areas.

Key words: GIS, road network, generation, geometrical modeling, CAD, 3d model, driving simulator, designing areas.

REFERENCES

1. Klassifikatsiya avtomobil'nykh dorog. Osnovnye parametry i trebovaniya. GOST R 52398-2005 (Classification of autoroads. Basic parameters and demands. State Standart R 52398-2005), Moscow, Standartinform, 2006, 3 p.
2. Geometricheskie elementy avtomobil'nykh dorog. GOST R 52399-2005 (Geometrical elements of autoroads. State Standart R 52399-2005), Moscow, Standartinform, 2006, 3 p.
3. Tekhnicheskie sredstva organizatsii dorozhnogo dvizheniya. Razmetka dorozhnaya. Klassifikatsiya. Tekhnicheskie trebovaniya. GOST R 51256-2011 (Traffic management tools. Road markings. Classification. Technical requirements. State Standart R 51256-2011), Moscow, Standartinform, 2012, 26 p.
4. Despine G., Baillard C. Realistic Road Modelling for Driving Simulators using GIS Data. *Advances in Cartography and GIScience* Volume 2, 2011, pp. 431–448.
5. OSM XML. Wiki Openstreetmap 2014, available at: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/OSM_XML (accessed: 16.11.2014).