Публикуется редакцией журнала «Геопрофи» в авторском варианте
www.geoprofi.ru (10 декабря 2013 г.)

Построение 3D моделей на основе топографической карты (плана)

И.П. Игнатьев (ООО «Волговятгипрозем»)
В 1996 г. окончил Чувашский государственный университет по специальности «Инженер электронной техники». После окончания университета работал в земельном управлении администрации г.Чебоксары, Экспедиции №138 СВ АГП, ЗАО «АэроСкан», ЗАО «Центр Инфраструктурных проектов». С 2011 г. работает в ООО «ВОЛГОВЯТГИПРОЗЕМ», в настоящее время – инженер.

А.Н. Михайлов (ООО «НПП «Меридиан»)
В 1996 г. окончил Чувашский государственный университет по специальности «Физика». После окончания университета работал в земельном управлении администрации г.Чебоксары, Экспедиции №138 СВ АГП. С 2013 г. работает в ООО «НПП «Меридиан», в настоящее время – главный инженер.

В.П. Филиппов (АНО ВПО ЦС РФ Российский университет кооперации Чебоксарский кооперативный институт (филиал))
В 1996 г. окончил Чувашский государственный университет по специальности «Физика». После окончания университета работает в Чебоксарском кооперативном институте, в настоящее время – доцент кафедры математических и инструментальных методов экономики.

Контакты: sanyomix@rambler.ru

Показана возможность использования топографических карт (планов) для построения в формате VRML 3D моделей населенных пунктов. Приводятся примеры построения объектов по слоям. Отмечаются возможности по оптимизации процедуры построения миров.

Possibility of use of topographic maps (plans) for construction in the VRML format of 3D models of settlements is shown. Examples of creation of objects on layers are given. Opportunities for optimization of procedure of creation of the worlds are noted.

Цель данной статьи – показать возможность использования топографических карт (планов) для построения 3D моделей населенных пунктов (рис.1, 2).

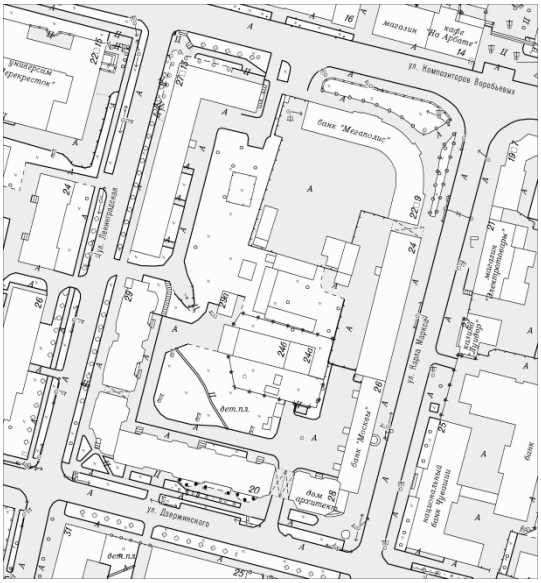

Рис. 1. Фрагмент топографической карты

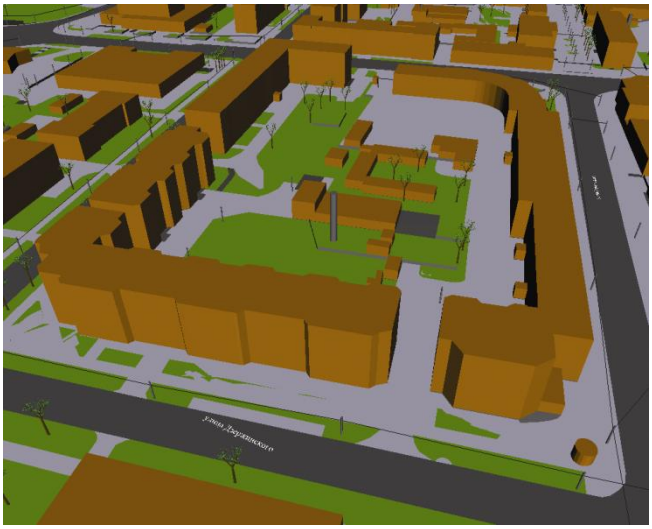

Рис. 2. Фрагмент построенной 3D модели

Каждый населенный пункт, а тем более город, имеет плановый картографический материал, представленный в различном масштабе (начиная от М1:500 до М1:10000). Как правило, какая-то линейка масштабов представлена в цифровом векторном виде. На основе таких векторных планов несложно построить 3D модель города. Для представления 3-х мерности будем использовать высотные характеристики объектов плана. В качестве формата 3D модели будем использовать VRML [1], функционирующий во всех браузерах с установленным дополнительным плагином. Кроме того, добавим интерактивности к 3D модели, определив объекты с гиперссылками. 3D модель будем строить на плоскости.

Предполагаем, что картографические данные хранятся в формате ГИС систем с разделением объектов по слоям в соответствии с их функциональным назначением и имеют семантические (описательные) характеристики объектов (высота, материал, и т.п.).

Основные этапы построения 3D модели

1. Анализ топографической карты (плана).
2. Построение 3D примитивов.
3. Информационное наполнение 3D карты.

Первым этапом анализируем имеющийся топографический план и разделяем объекты по необходимым нам слоям. Основные слои, с которыми мы будем работать, при построении 3D модели:

- строения
- дорожно-уличная сеть
- гидрография
- растительность
- ограждения
- промышленные объекты и объекты инженерной инфраструктуры
- подписи

Для анализа топографического плана данные переводим в обменный формат программы MapInfo mid/mif, который потом будем обрабатывать на Делфи. Формат mid/mif является текстовым и будет простым как для анализа структуры плана (карты), так и построения 3D объектов (примитивов) по координатам, хранящемся в нем.

По каждому слою определяем, какие объекты импортируются в 3D карту, а также разделяем на имеющие объем (высоту) и лежащие в плоскости карты. При этом будем использовать различные способы аппроксимации.

Рассмотрим примеры построения объектов по слоям.

Строения

Все объекты имеющие данные по этажности получают абсолютную высоту по следующей формуле: высота = этажность * высота_этажа. В случае отсутствия данных по этажности строения этажность принять равной 1. Высоту этажа можно принять равной определенному значению для всех объектов или в зависимости от назначения строения (жилой дом, административное здание или промышленное строение) иметь несколько значений.

В зависимости от материала строения выбирается цветовая палитра объекта.

3D объекты строятся использую функцию Extrusion (Выдавливание).

Пример кода:

```
Transform {
  children Shape {
  appearance Appearance {
  material Material {
    ambientIntensity 0.2
    diffuseColor 0.8 0.5 0
    specularColor 0 0 0
```

```
    emissiveColor 0 0 0
    shininess 0.2
    transparency 0
  }
  texture NULL
  textureTransform NULL
}
geometry Extrusion {
solid FALSE
crossSection [
-1.64 -38.6,
3.07 -18.16,
3.58 -15.96,
4.88 -10.32,
8.8 6.64,
15.4 35.24,
1.6 38.6,
-5.95 8.02,
-9.6 -7.82,
-11.23 -14.86,
-10.72 -14.97,
-15.4 -35.25,
-1.64 -38.6
]
spine [0 0 0, 0 5 0]
scale [1 1]
endCap TRUE
}}
```

Дорожно-уличная сеть

Дорожно-уличную сеть также можно разделить по цели использования и показать в различном цветовом исполнении в зависимости как от материала (асфальт, бетон, гравий и т.п.), так и от функционального назначения: улица, проезда, площадка.

Объекты, имеющие семантику (название улицы), можно подписать на карте дополнительно текстовым объектом.

3D объекты строятся с использованием функции IndexedFaceSet (грани по набору точек).

Пример кода:

```
Transform {
children Shape {
appearance Appearance {
material Material {
ambientIntensity 0.2
diffuseColor 0.9 0.9 1
specularColor 0 0 0
emissiveColor 0 0 0
shininess 0.2
transparency 0 }
texture NULL
textureTransform NULL
}
geometry IndexedFaceSet {
coord Coordinate {
point [
325.56 -221.65 .0
320.79 -233.53 .0
317.68 -241.78 .0
303.4 -295.17 .0
298.82 -293.86 .0
297.81 -293.31 .0
297.71 -293.03 .0
```

```
297.64 -292.21 .0
295.02 -302.5 .0
295.66 -301.93 .0
296.63 -301.89 .0
303.28 -303.75 .0
305.48 -295.73 .0
319.78 -242.41 .0
323.29 -234.29 .0
328.34 -222.11 .0
]
}
color NULL
coordIndex [
0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, -1 ]
colorPerVertex FALSE
normal NULL
texCoord NULL
ccw TRUE
convex TRUE
solid TRUE
creaseAngle 0
normalPerVertex TRUE
normalIndex [ ]
texCoordIndex [ ]
}}}
```

Гидрография

В зависимости от типа объекта (площадной или линейный) задается вид 3D объекта: полигон или полилиния. Кроме того, полилинейный объект можно превратить в полигональный с указанием ширины.

Растительность

В зависимости от типа: площадной, линейный или точечный, обработка происходит по разному.

Для площадных объектов в зависимости от типа объекта имеющего высоту (лес, заросли кустарника и т.п.) или не имеющего (газон, луг и т.п.) определять способ построения 3D объекта.

Для объектов имеющих высоту на карте можно выбрать 2 варианта построения 3D объекта: построение высотного многоугольника или плоского многоугольника с расстановкой на нем точечных объектов древесной или кустарниковой растительности. Информацию о типе растительности (древесной или кустарниковой) и характере ее распространения (естественная или искусственная) извлекаем из семантики объектов. При отсутствии семантики об объектах на карте необходимо будет провести полевое дешифрирование на местности.

Для линейных объектов определяемся с типом растительности и высотой. Строим на основе шаблона ряд 3D объектов растительности.

Для точечных объектов вставляется из шаблона примитив объекта растительности.

Для каждого вида растительности задается свой примитив (дерево лиственное, дерево хвойное, куст и т.п.).

Ограждения

Для слоя ограждений по каждому объекту определяемся согласно Условным знакам [2] с типом ограждения и выбираем шаблон заполнения (цвет) объекта ограждения. Также определяемся с высотой ограждения (> или < 1 м). В результате получаем полилинию определенной высоты.

Промышленные объекты и объекты инженерной инфраструктуры

В зависимости от масштаба плана (карты) выбираются объекты, присутствующие на карте и для каждого из них запускается своя функция построения 3D объекта.

Рассмотрим несколько примеров.

1. Опора ЛЭП

Получаем с плана координаты опоры и определяем плановое положение нашего 3D объекта. Высоту находится приблизительно в зависимости от линии электропередачи, проходящей вдоль столба. Для низковольтных (< 0.4 кВ) ЛЭП высоту берем равную 10 м. И после определения всех параметров строим 3D объект Cylinder (цилиндр).

Пример кода:

```
Transform {
translation 0 0 0
children [
DEF Pillar Shape {
appearance Appearance {
material Material {
ambientIntensity 0.2
diffuseColor 0.5 0.5 0.5
specularColor 0 0 0
emissiveColor 0 0 0
shininess 0.2
transparency 0 }
texture NULL
}
geometry Cylinder {
height 10
radius 0.2 }
}]
}
```

Здесь использовалось определение примитива оператором DEF.

2. Линия электропередачи

В соответствии с описанным ранее механизмом, определяемся с высотой ЛЭП и строим полилинию объекта оператором IndexedLineSet (линии по набору точек).

Пример кода:

```
Transform {
children Shape {
geometry IndexedLineSet {
coord Coordinate {
point [
-21.65 -688.52 4.0
-7.39 -655.82 4.0
-29.52 -651.06 4.0
-50.63 -645.41 4.0
]
}
color NULL
coordIndex [
0, 1, 2, 3,  -1 ]
colorPerVertex FALSE
color Color {color [0.1 0.1 0.1]}
}}}
```

Подписи

Все текстовые объекты подписывающие элементы ситуации не имеющие высоты (дорожная сеть, гидрография) создаются в виде текста с высотой z=0. Для других подписей лежащих на объектах имеющих высотную составляющую (строения, растительность и т.п.) определяем способ размещения текстового объекта (наверху, сбоку).

Пример кода:

```
Transform {
rotation 0 0 1 1.69514
translation -633.5 -722.3 0.1
children [
Shape {
geometry Text {
fontStyle FontStyle {
size 2.0
language "ru" }
string "Улица такая-то"
}}
]}
```

Добавляем интерактивность к 3D карте

Интерактивность присутствует в виде гиперссылок, которые могут быть привязаны к любому объекту на карте. К примеру у здания выводится информация о его адресе, назначении, этажности, материалу строения, фото и видео изображений. К улице – название, протяженность, материал и качество покрытия, историческая справка. Кроме того для информационных целей могут быть созданы информационные (рекламные) блоки, наложенные к примеру на здания с использованием гиперссылок.

Таким образом, любая описательная информация может быть добавлена к каждому 3D объекту.

Для этих объектов на этапе формирования 3D объекта добавим функцию создания html файла и привяжем его с VRML объектом следующим кодом:

```
Anchor {
 children
…
url "html_house/house82.html"
description "краткое описание гиперссылки"
parameter "" }
```

В месте многоточия создается сам VRML примитив.

Быстрота, объем данных

Полученная нами 3D карта в зависимости от исходной топографической карты (плана) (размера площади плана и насыщенности объектами) может получиться довольно большой и у пользователя возникнет проблема при визуализации ее в окне браузера. Однако в случае построения 3D модели для последующего импорта в специализированные программы трехмерного моделирования такой проблемы не возникнет в связи с программными и аппаратными методами ускорения обработки 3-х мерных данных.

Для ускорения мы можем только уменьшить объем (размер) нашего VRML файла 3D карты. Это можно сделать несколькими путями:

1. Не импортировать объекты меньше заданного пользователем размера (генерализация карты)
2. Отказать от импорта определенного типа объектов.

3. При построении 3D объектов имеющих большое количество поворотных точек, аппроксимировать координаты с уменьшением количество узлов объекта.
4. Уменьшить точность представления координат объектов. К примеру с 1 мм до 1 м.
5. И самым оптимальным вариантом является разделение 3D карту на несколько отдельных фрагментов с возможностью перемещения по ним.

Пример получаемого VRML файла будет иметь вид:

```
#VRML V2.0 utf8
WorldInfo {
info "by Sanyo Mixailov]"
title "3D center town Cheboksary"
}
Transform {
 children [
…
  ]
}
```

В месте многоточия находятся все VRML объекты.

Заключение

Предложенный метод построения 3D карты является самым быстрым способом получения 3D модели.

Таким образом при отработанной методике (составе набора функций по построению 3D объектов) построение 3D модели на населенный пункт не займет много времени (для примера построение 3D модели части города, представленная на сайте 3dchebo.ru, заняло 3 минуты).

В качестве иллюстрации построения 3D модели использовались топографические карты открытого опубликования на г.Чебоксары и г.Новочебоксарск. Построенные на основе этих карт примеры 3D моделей в виде справочно-информационных систем можно посмотреть на сайтах 3dchebo.ru и 3dnchebo.ru.

Литература

1. Авраамова О. Д. Язык VRML. Практическое руководство. - М.: Диалог-Мифи, 2000.
2. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. ФГУП "Картгеоцентр" Москва, 2005.