

ISSN 1810-7206

ВЕСТНИК

КОМПЬЮТЕРНЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ

11•2015

ТЕХНОЛОГИЙ

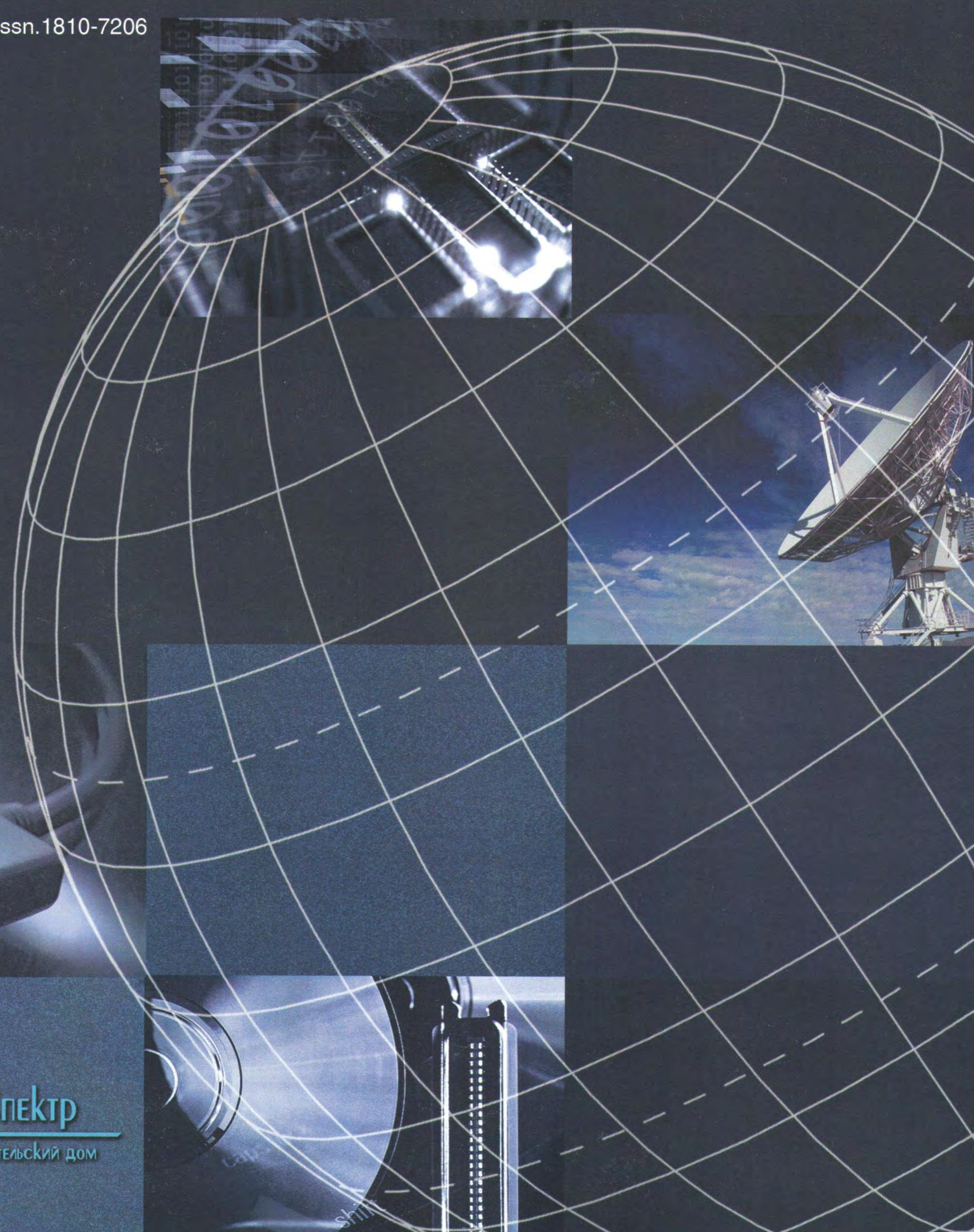
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

DOI: 10.14489/issn.1810-7206

CAD
CAM
CAE
PDM
ERP
MRP
CALS



Спектр
Издательский дом



Издается с 2004 года

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ КОМПЛЕКСЫ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Кикин И. С. Анализ методов формирования функционала терминального управления дальностью полета аэробаллистического летательного аппарата 3

КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ. ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

Бобков А. Е., Леонов А. В. Процедурная реконструкция территорий на виртуальном глобусе..... 10

Мужичек С. М., Обросов К. В., Ким В. Я., Лисицын В. М. Адекватность использования натуральных регистраций изображений при моделировании тепловизионных систем 18

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Топоров Н. Б. Использование высокопроизводительных вычислительных систем для формирования программ развития авиационной техники 25

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ. СЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Каляев А. И., Каляев И. А., Коровин Я. С. Метод мультиагентного диспетчирования ресурсов в гетерогенной облачной среде при выполнении потока задач 31

Павский В. А., Павский К. В. Математическое моделирование функционирования распределенных вычислительных систем с отказами и полным восстановлением 41

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И ОБРАЗОВАНИИ

Клячкин В. Н., Шулгина Ю. С. Система оценки кредитоспособности заемщиков и прогнозирования возврата кредитов 45

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Щеглов К. А., Щеглов А. Ю. Реализация контроля и разграничения прав доступа к статичным объектам 52

**Председатель
редакционного совета**
Г. Г. Себряков, чл.-корр. РАН

Главный редактор
И. А. Каляев, чл.-корр. РАН

**Заместители председателя
редакционного совета:**
С. Ю. Желтов, чл.-корр. РАН
М. Н. Красильщиков, д.т.н.

Редакционный совет:
В. И. Аверченков, д.т.н.
(зам. гл. редактора)
А. И. Башмаков, к.т.н.
С. Н. Васильев, акад. РАН
Ю. В. Визильтер, д.ф.-м.н.
А. И. Кибзун, д.ф.-м.н.
П. Е. Клейзер (зам. гл. редактора)
Ю. Н. Кофанов, д.т.н.
В. В. Лебедев, чл.-корр. РАН
Е. А. Микрин, акад. РАН
В. В. Попов, д.т.н.
А. В. Рыбаков, к.т.н.
Р. Л. Смелянский, чл.-корр. РАН

Региональные редсоветы:

Белгород И. С. Константинов, д.т.н.	Орел В. Т. Еременко, д.т.н. А. В. Коськин, д.т.н.
Волгоград В. А. Камаев, д.т.н.	Переславль-Залесский С. М. Абрамов, чл.-корр. РАН
Иркутск И. В. Бычков, акад. РАН	Ростов-на-Дону В. И. Минкин, акад. РАН А. В. Солдатов, д.ф.-м.н.
Курск О. И. Атакищев, д.т.н.	Санкт-Петербург Ю. А. Гатчин, д.т.н.
Минск (Республика Беларусь) С. В. Абламейко, акад. НАНБ	Ставрополь П. А. Аверичкин, д.т.н.
Нижний Новгород Р. Я. Вакуленко, д.э.н. С. И. Ротков, д.т.н.	Таганрог В. В. Курейчик, д.т.н.
	Тэгү (Южная Корея) Р. А. Зиятдинов, к.ф.-м.н.

Редакция:
О. В. Мочалина
Н. В. Пантина

Журнал зарегистрирован
в Министерстве Российской Федера-
ции по делам печати, телерадио-
вещания и средств массовых
коммуникаций.
Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-46365 от 26.08.2011 г.

Тел. редакции: (495) 589 56 41,
514 76 50

Адрес редакции: 119048, г. Москва,
ул. Усачева, д. 35, стр. 1

E-mail: vkit@idspektr.ru;
vkitpost@rambler.ru
Http://www.vkit.ru

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении,
или непосредственно в издательстве.

Индексы по каталогам: «Роспечать» – 84197, «Пресса России» – 39244, «Почта России» – 60263

**Журнал входит в перечень изданий, утвержденных ВАК РФ, для публикации трудов
соискателей ученых степеней**

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале
«Вестник компьютерных и информационных технологий», допускаются со ссылкой на источник
информации и только с разрешения редакции



А. Е. Бобков, канд. техн. наук (Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН, Москва; Московский физико-технический институт (государственный университет));

А. В. Леонов, канд. физ.-мат. наук (Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН, Москва);
e-mail: andrey.v.leonov@yandex.ru

ПРОЦЕДУРНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ НА ВИРТУАЛЬНОМ ГЛОБУСЕ*

Рассмотрены существующие методы процедурной генерации и визуализации рельефа и различных объектов на нем (здания, дороги, растительность). Исследованы проблемы переноса таких методов на виртуальный глобус. Даны описания задач, связанных с предобработкой данных и генерацией разных объектов, а также взаимосвязи между ними. Представлена схема потоков данных во время генерации. Приведены примеры использования разработанных алгоритмов для разных типов территорий.

Ключевые слова: процедурная реконструкция; виртуальный глобус; модель территории; виртуальная реальность.

A. E. Bobkov (S. I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of RAS, Moscow; Moscow Institute of Physics and Technology (State University));

A. V. Leonov (S. I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of RAS, Moscow)

PROCEDURAL TERRAIN RECONSTRUCTION ON A VIRTUAL GLOBE

Development of Virtual Reality applications often requires creation of visually realistic 3D models of the terrain. Some objects in these models should be modelled accurately, while others are needed only for purposes of visual realism (trees, roads, houses etc.) and can be modelled more or less arbitrarily.

Methods of procedural generation are used to create such "arbitrary" 3D models with high level of details "on fly", as well as for adding additional details to terrain itself (i.e. to digital elevation models and textures). Input data for such methods are extracted from vector topographic maps and raster satellite or aerial images. There is no need to store generated 3D models; they can be created "on fly" as needed. It is especially useful for web applications, and for virtual globes.

In this article we overview existing methods of procedural generation and visualization of terrain and various objects on the terrain, as well as issues connected with the transfer of these methods on a virtual globe. We concern such issues as data pre-processing, raster and vector data classification and adding semantic information, raster and vector data tiling and storage of tiles in data bases. The reconstruction data flow scheme is presented. The scheme includes reconstruction of a terrain (with use of such methods like texture splatting, and Perlin noise), and reconstruction of objects on the terrain (vegetation, buildings and roads).

In conclusion, we show some example applications of the developed algorithms for various types of terrains. Examples include urban areas and natural territories. Main problems of procedural reconstruction are outlined: incompleteness of input data, the need to bring different sets of data to a single classifier and fill in the missing attributes, a large amount of data and the need to ensure their distributed storage and fast remote access to them using level of details.

Keywords: Procedural reconstruction; Virtual globe; Landscape model; Virtual environment.

Введение

При разработке сцен для систем виртуальной реальности часто возникает задача создания виртуально реалистичной 3D-модели территории с расположенными на ней объектами. Данная задача

актуальна при создании тренажеров, симуляторов, ситуационных центров, геоинформационных систем. Требования к точности соответствия реальной территории и виртуальной сцены, как правило, различаются для всевозможных ее элементов, поэтому

* Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 13-07-01009.

необходимо разделить понятия метрической точности и детализации.

Для создания метрически точных 3D-моделей реальных объектов применяют методы лазерного сканирования, фотограмметрии, ручного моделирования по чертежам и фотографиям. Для точного расположения 3D-моделей на местности – методы привязки по спутниковым снимкам и методы геодезии. Однако не все объекты, расположенные на местности, требуют метрически точного моделирования и размещения; многие элементы необходимы для создания эффекта визуальной реалистичности (например, растительность) и моделируются с той или иной степенью условности. Некоторые из таких объектов должны лишь размещаться метрически точно (дома, дороги), для других не требуется даже точность размещения (растительность). Для создания условных моделей объектов с высоким уровнем детализации применяют методы процедурной генерации – создание 3D-моделей объектов и текстур с помощью специальных алгоритмов, в том числе «на лету».

В качестве основы для 3D-реконструкции территории могут быть использованы векторные топографические карты и растровые снимки, полученные спутниковой или традиционной аэрофотосъемкой. В таком случае визуализацию 3D-модели территории можно рассматривать как отображение топографической карты с помощью специальных (трехмерных) условных знаков. В картографии существует понятие «генерализации», обозначающее процесс отбора и обобщения объектов карты для отображения на более мелких масштабах [1]. Процедурную 3D-реконструкцию территорий можно считать обратным процессом, т.е. «детализацией» карты.

Используя векторные карты, спутниковые снимки и цифровые модели рельефа, возможно проработать грубый рельеф более подробно и детально, разместить 3D-модели деревьев в лесных массивах, построить 3D-модели зданий по 2D-отпечаткам, сгенерировать 3D-модели дорог с разметкой и дорожной инфраструктурой и др. Процедурная реконструкция позволяет обеспечить высокую детализацию 3D-моделей и варьировать ее в зависимости от производительности аппаратного обеспечения. При этом не обязательно хранить полученные 3D-модели, при необходимости их всегда можно сгенерировать заново, что позволяет ускорить сетевую работу с моделью территории – по сети достаточно передавать только исходные данные.

Модель территории с высокой детализацией можно не только использовать самостоятельно, но и внедрить ее на виртуальный глобус [2, 3]. Такие

решения приобретают все большую популярность. Существует ряд программных продуктов, где методы процедурной генерации применяют для повышения реалистичности виртуального глобуса [4 – 8].

Исходные данные

Цель статьи – обзор и анализ методов для процедурной реконструкции территорий и разработка общих подходов к генерированию и визуализации 3D-моделей территорий по исходным данным с добавлением деталей методами процедурной генерации на виртуальном глобусе.

Исходные данные разделим на две категории:

- растровые (спутниковые и традиционные аэрофотоснимки);
- векторные (топографические карты).

Одни из них глобальные (заданные для всей поверхности Земли), другие – локальные (заданные только для ограниченной территории). В настоящее время в свободном доступе находится растровое покрытие для всей Земли NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) Blue Marble Next Generation с разрешением 500 м без облаков. Спутниковые снимки более высокого разрешения выполнены в отдельных спектральных диапазонах, каждый снимок охватывает только один небольшой участок Земли. Используются также производные растровые данные: карты водных территорий, биомов, альбедо, температуры поверхности.

Для реконструкции необходимо определить цифровую модель рельефа (ЦМР) или в терминах компьютерной графики карту высот. В свободном доступе имеется карта высот для всей Земли ASTER GDEM (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model*) с разрешением 30 м. Однако она имеет высокую погрешность по высоте, что приводит к неровностям там, где их быть не должно: поверхность воды, продольный и поперечный профили дорог. Данная ЦМР также включает высоты объектов на рельефе, что затрудняет ее использование для задач визуализации.

Полноценная 3D-реконструкция территории невозможна без векторных данных, которые содержат информацию об объектах на рельефе: домах, дорогах и других объектах. Векторные данные представлены топографическими картами. В России стандартный формат хранения векторных карт – SXF (*Storage and eXchange Format*), однако топографические карты масштаба 1 : 50 000 и крупнее засекречены, что делает невозможным их использование в гражданских проектах. Карты в формате SXF хранятся по отдельным номенклатурным листам.

Альтернативный источник векторных данных – свободная карта OpenStreetMap, которая наполняется и редактируется добровольцами из разных стран мира, ее недостаток – неравномерность наполнения данными разных территорий.

Предобработка исходных данных

Во время визуализации используется геоцентрическая система координат на базе датума *WGS84* (*World Geodetic System 1984*). Исходные данные находятся в разных системах координат: как в геоцентрических, так и картографических. Для быстрого доступа к данным во время визуализации необходимо их преобразовать в систему координат *WGS84*. Отметим, что в принципе, можно использовать любую геоцентрическую систему координат, например ПЗ-90.11 [9]. Однако в существующем программном обеспечении лучше всего поддержана система координат *WGS84*.

Множество спутниковых снимков для одной территории сшиваются в единое покрытие без облаков. Спектральные каналы необходимо объединить для получения цветного RGB-изображения. Если векторные данные разрезаны на листы, то они также объединяются в единый набор данных, и объекты карты, пересекающие границы листов, сшиваются друг с другом.

Для эффективного использования исходных данных на следующих шагах необходима дополнительная информация о точках растрового покрытия и объектах карты, которые классифицируются. Для каждой точки поверхности требуется знать тип территории (луг, лес, пустыня и т.д.). Данную информацию получают путем анализа исходных спутниковых снимков до объединения спектральных каналов. Такая работа, например, проделана специалистами Европейского космического агентства по данным сенсора *MERIS* (*MEdium Resolution Imaging Spectrometer*), в результате чего разработана карта классификации территорий *GlobCover 2009* с разрешением 300 м/пикс. При необходимости проводят аналогичную работу для выбранной территории с более высоким разрешением.

Проблема классификации существует и для векторных топографических карт. Для каждого объекта карты требуется знать его тип (дорога, река, здание и т.п.). В России используется стандартный формат классификатора SXF-карт – .rsc. В картах разных масштабов применяются разные классификаторы. В карте OpenStreetMap для каждого объекта карты хранятся теги – пары ключ/значение,

что позволяет классифицировать каждый объект. Однако значения тегов не стандартизированы, и данный формат не совместим с RSC. Поэтому возникает задача разработки единого классификатора (например, с использованием языка описания онтологий *OWL* (*Web Ontology Language*)) и дальнейшей переклассификации входных векторных данных. Для каждого нового источника данных требуется создать свой конвертер, который будет анализировать атрибуты исходных данных и подбирать нужный код классификатора.

Для визуализации некоторых типов объектов, помимо кода классификатора, необходима дополнительная атрибутивная информация (семантика), например, число полос дороги, число этажей здания. Если в исходных данных такие атрибуты отсутствуют, то требуется их оценить, чтобы не нарушать целостность 3D-сцены. Например, число этажей дома приравнивается этажности соседнего дома, у которого этот атрибут задан. При визуализации дорог и рек по исходным данным строятся их графы. Для каждого фрагмента дороги требуется хранить информацию с какими другими фрагментами он стыкуется, чтобы впоследствии корректно визуализировать перекрестки.

Обработанные и преобразованные данные помещают в базу данных или файловое хранилище для быстрого доступа, их объем может быть очень велик, поэтому обычно хранят данные, сгруппированные по тайлам (от англ. *tile* – плитка). Во время визуализации в память приложения подгружаются только те тайлы, которые попадают в объем видимости; 3D-модель строится «на лету» только для подгруженных тайлов.

Реконструированная 3D-модель территории просматривается с разной высоты. Чтобы снизить объемы обрабатываемой информации, необходимо хранить уменьшенные наборы данных более низкой детализации, которые предварительно автоматически генерируются на основе исходного набора данных. Для хранения векторных данных лучше подходит база данных, для растровых – хранение в виде дерева тайлов (отдельных файлов) на диске. Схема разбиения растровых изображений на тайлы стандартизирована документом *TMS* (*Tile Map Service*) [10], аналогичный подход применяют для векторных данных.

Все современные базы данных имеют поддержку географических типов данных, из них наиболее развитые и широко используемые – Oracle Spatial и PostGIS (расширение PostgreSQL).

Дополнительные ресурсы для процедурной генерации

Помимо исходной информации о территории и ее объектах, необходимы дополнительные файлы с данными для алгоритмов процедурной генерации. Для покрытия рельефа существуют детальные текстуры разных типов территорий: трава, гравий, пустыня, снег и т.д. При визуализации лесов используются 3D-модели разных типов деревьев: возможно использование готовых моделей либо их процедурное генерирование «на лету» на основе заданных настроек. Каждому типу дерева соответствует своя 3D-модель либо набор настроек для генерации [11]. Для каждой детализированной 3D-модели необходимо подготовить набор плоских изображений – спрайтов – для просмотра с больших расстояний. Генерация разных типов зданий осуществляется по специальным алгоритмам, которые активно разрабатываются в мире. Один из самых известных проектов – Esri CityEngine [12]. В России разработан, например, алгоритм генерации «хрущевок» [13]. Для более мелких объектов инфраструктуры используют типовые 3D-модели (фонарные столбы, остановки общественного транспорта, знаки дорожного движения).

Построение рельефа

Визуальное представление модели территории производится «на лету» в зависимости от положения виртуальной камеры. 3D-модели строятся только для тех участков территории, которые попадают в объем видимости виртуальной камеры. Выделим две задачи: построения и рендеринга рельефа; построения объектов на рельефе.

Для каждого тайла исходных данных строится своя 3D-модель тайла рельефа в виде регулярной полигональной сетки, при этом нужны карта высот, текстура с цветом поверхности и карта бликов. На низких уровнях детализации используют непосредственно исходные данные, приведенные выше. На более высоких уровнях детализации необходимо процедурно добавлять детали и выпрямлять рельеф.

При создании детального изображения рельефа применяют стандартный подход совмещения

текстур по маске (texture splatting), в котором используют сгенерированную текстуру с маской территории, где в каждом пикселе записан тип территории. Во время рендеринга в шейдере по типу территории из маски выбирается одна из детальных текстур (трава, гравий, пустыня, снег), которые также передаются в шейдер в виде массива текстур. По мере перехода к более высоким уровням детализации происходит плавный переход от исходного изображения на базе спутникового снимка к детальному изображению на базе детальных текстур.

Маска генерируется «на лету» по векторным данным. Карта бликов также генерируется по векторным данным, которые, как правило, включают в себя информацию о водных объектах, дающих блики. Необходимо добавить высокочастотный шум к карте высот для моделирования мелких неровностей. За основу берут шум Перлина [14, 15], при его добавлении учитывают характеристики базовой поверхности (уклон, тип территории). Далее, используя векторные данные, выравнивают отдельные участки карты высот: реки, озера, площадки под домами, поперечный профиль дорог.

Цифровая модель рельефа, векторные данные и снимки готовятся заранее. Шум Перлина, текстуры-маски генерируются «на лету» один раз при создании тайла и могут быть в дальнейшем закэшированы. Карта теней от объектов рассчитывается заново при генерации каждого кадра. Схема потоков данных представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема потоков данных

При подготовке текстур-масок по векторным данным применяются *два подхода*: на графическом (рендеринг в текстуру) и центральном (программная растеризация) процессорах. Оба подхода имеют свои преимущества и недостатки. В *первом* подходе осуществляется рендеринг векторных данных в текстуру с помощью графического процессора. Готовая текстура хранится в видеопамяти. Такой метод работает быстро, однако не очень удобен при подготовке сложных текстур (при упаковке разных данных в разные каналы одной текстуры). Во *втором* подходе текстура готовится сначала полностью в оперативной памяти (осуществляется растеризация векторных данных), а потом загружается на видеокарту. Такой способ более медленный, однако, более гибкий, – он позволяет кэшировать готовые текстуры на диске.

Реконструкция объектов на рельефе

Основные типы объектов на рельефе – растительность, здания и дороги. Остальные объекты с точки зрения реконструкции относятся к одному из них.

Растительность (например, деревья) расположена на участках, обозначенных площадными объектами на векторной карте. Участки содержат

атрибуты с информацией о типе растительности. На каждой территории могут расти разные виды деревьев. Атрибутивная информация включает как конкретные названия деревьев, так и название типовой экосистемы (биома). Для каждого типа дерева генерируются случайные точки в рамках каждого площадного объекта – положения 3D-моделей. Деревья могут располагаться как равномерно, так и учитывать уклон рельефа по данным ЦМР. Основная сложность при рендеринге деревьев – их число, а также необходимость генерации теней от деревьев на рельефе. Вдали детальные 3D-модели деревьев возможно заменить плоскими спрайтами, а для генерации теней использовать специальную упрощенную геометрию [16].

Здания. Векторные карты крупного масштаба содержат 2D-отпечатки домов. Для реконструкции 3D-моделей такие объекты карты должны иметь специальные атрибуты – как минимум, этажность, тип архитектуры и назначение дома (жилое, промышленное и т.д.). По 2D-отпечатку восстанавливают коробку дома нужной высоты и накладывают типовую текстуру. При приближении генерируют более детальные модели домов с подъездами, окнами, антеннами на крышах [17], учитывают время суток, для большей реалистичности – ночью в некоторых окнах домов может гореть свет.



Рис. 2. Пример процедурной реконструкции растительности вокруг горнолыжной трассы на горнолыжном тренажере



Рис. 4. Пример процедурной реконструкции городской застройки г. Долгопрудный

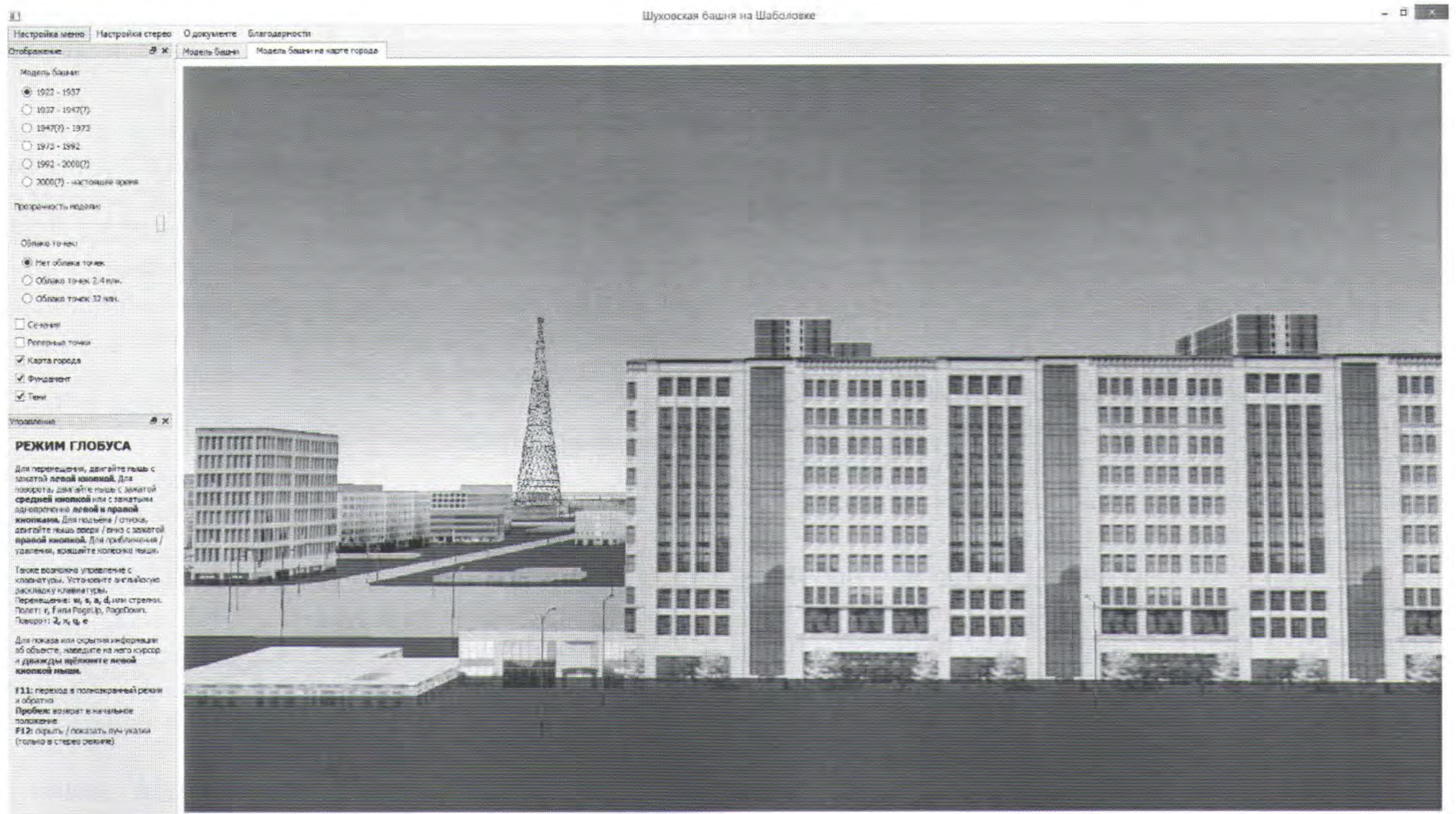


Рис. 5. Пример процедурной реконструкции городской застройки в районе метро «Шаболовская», Москва [19]

Дороги. Если векторная карта представлена в виде списка дорог, необходимо предварительно построить их граф – найти и учесть стыки и пересечения, чтобы создать 3D-модель перекрестка. Линейные объекты карты, представляющие дороги, должны иметь необходимые атрибуты: тип дороги, число полос или ширину. Имея такую информацию, генерируют 3D-модели всех дорог и перекрестков, накладывают разметку и добавляют 3D-модели дорожной инфраструктуры [18]. Наличие графа дорог позволяет смоделировать движение трафика в симуляторе.

На основе предложенных методов процедурной реконструкции рельефа разработано интерактивное приложение, использующее библиотеки *osgEarth*, *OpenSceneGraph* и *Qt*. Приложение позволяет перемещаться по виртуальному глобусу, подгружать и показывать на нем различные данные, в том числе осуществлять процедурную реконструкцию рельефа по загруженным векторным данным.

Протестированы данные из нескольких источников: *Blue Marble Next Generation*, *Landsat*, *SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)*, *ASTER GDEM*, *OpenStreetMap*. Реализована загрузка больших объемов данных, проверена работа с системой управления базами данных *PostgreSQL* с расширением *PostGIS*. Разработанные методы опробованы на моделях территорий разных типов. На рис. 2 – 5 (рис. 3, см. 3-ю стр. обложки) показаны примеры процедурной реконструкции растительности и типовых городских застроек (3D-модели нетиповых объектов созданы вручную) [19, 20].

Заключение

Исследованы задачи, которые необходимо решить для процедурной реконструкции территорий на виртуальном глобусе. Представлена схема потоков данных во время генерации, предложены подходы к построению программного комплекса. Приведены примеры использования процедурно-реконструированных моделей территорий.

Показано, что к основным проблемам при процедурной реконструкции территорий относятся: неполнота исходных данных, необходимость приведения разных наборов данных к единому классификатору и заполнения недостающих атрибутов, большой объем данных и необходимость обеспечения их распределенного хранения и быстрого удаленного доступа к ним с применением уровней детализации, разбиения на тайлы и др.

Библиографический список

1. **Shekhar S., Xiong H.** Encyclopedia of GIS. Springer Science & Business Media, 2008. 1370 p.
2. **Cozzi P., Ring K.** 3D Engine Design for Virtual Globes [Электронный ресурс] A K Peters/CRC Press, 2011. 520 p. URL: <http://www.virtualglobebook.com/> (дата обращения: 01.09.2015).
3. **Бобков А. Е.** Интерактивная визуализация 3D-данных на виртуальном глобусе в стереоскопических системах: дис. ... канд. тех. наук: 05.01.01. Нижний Новгород: Изд-во Нижегород. гос. арх.-строит. ун-та, 2013. 149 с.
4. **Outerra** [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: <http://www.outerra.com/> (дата обращения: 01.09.2015).
5. **Proland** [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: <http://proland.inrialpes.fr/> (дата обращения: 01.09.2015).
6. **Blueberry3D** Version 4 – The Hi-Res Terrain Consistency [Электронный ресурс] // Bionatics: Simulation for Decision. URL: <http://www.blueberry3d.com/Site/product/blueberry3d.php> (дата обращения: 01.09.2015).
7. **Biosphere3D** [Электронный ресурс] // SourceForge. URL: <http://sourceforge.net/projects/biosphere3d> (дата обращения: 01.09.2015).
8. **osgEarth: Geospatial SDK for OpenSceneGraph** [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: <http://osgearth.org> (дата обращения: 01.09.2015).
9. **ГОСТ Р 55539–2013.** Глобальная навигационная спутниковая система. Навигационные модули для использования в наземной навигационной аппаратуре. Технические требования и методы испытаний. Введ. 2014-01-01. М.: Стандартинформ, 2014. 11 с.
10. **OpenGIS Web Map Tile Service Implementation Standard.** Open Geospatial Consortium Inc. Reference number OGC 07-057r7. 130 p.
11. **Tools for Procedural Generation of Plants in Virtual Scenes / Armando De La Re et al.** // Intern. Conf. on Computational Science – ICCS. 2009. P. 801 – 810.
12. **Transform 2D GIS Data into Smart 3D City Models** // Esri CityEngine [Электронный ресурс]. URL: <http://www.esri.com/software/cityengine> (дата обращения: 01.09.2015).
13. **Процедурный генератор хрущевок** [Электронный ресурс]. URL: <http://habrahabr.ru/post/196862/> (дата обращения: 01.09.2015).
14. **State of the Art in Procedural Noise Functions / A. Lagae et al.** // EUROGRAPHICS 2010 – State of the Art Reports. URL: http://graphics.cs.kuleuven.be/publications/LLCDDELZ10STARPNF/LLCDDELZ10STARPNF_paper.pdf (дата обращения: 01.09.2015).
15. **Wells W. D.** Generating Enhanced Natural Environments and Terrain for Interactive Combat Simulations (Genetics): Ph. D. Thesis. Naval Postgraduate School, Monterey, California, 2005. 149 p.
16. **Bruneton E., Neyret F.** Real-Time Realistic Rendering and Lighting of Forests // Computer Graphics Forum. 2012. V. 31, Is. 2pt1. P. 373 – 382.

17. A **Declarative** Approach to Procedural Modeling of Virtual Worlds / R. M. Smelik et al. // *Computers & Graphics*. 2011. V. 35. P. 352 – 363.

18. **Bruneton E., Neyret F.** Real-Time Rendering and Editing of Vector-Based Terrains // *Computer Graphics Forum*. 2008. V. 27, N 2. P. 311 – 320.

19. **Интерактивное** 3D-приложение «Виртуальная Долина гейзеров» / А. А. Алейников и др. // *Компьютерные инструменты в образовании*. 2011. № 4. С. 45 – 53.

20. **Аникушкин М. Н., Леонов А. В.** 3D-моделирование Шуховской радиобашни на основе лазерного сканирования // *Промышленное и гражданское строительство*. 2013. № 4. С. 56 – 58.

References

1. Shekhar S., Xiong H. (Eds.) (2008). *Encyclopedia of GIS*. Springer Science & Business Media.

2. Cozzi P., Ring K. (2011). *3D engine design for virtual globes*. A K Peters. CRC Press. Available at: <http://www.virtualglobebook.com/> (Accessed: 01.09.2015).

3. Bobkov A. E. (2013). *Interactive visualization of 3D data on a virtual globe in stereoscopic systems*. PhD thesis No. 05.01.01. Nizhnii Novgorod: Izdatel'stvo Nizhegorodskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta.

4. *Outerra: official site*. Available at: <http://www.outerra.com/> (Accessed: 01.09.2015).

5. *Proland: official site*. Available at: <http://proland.inrialpes.fr/> (Accessed: 01.09.2015).

6. *Blueberry3D Version 4 – The Hi-Res terrain consistency*. Bionatics: Simulation for Decision. Available at: <http://www.blueberry3d.com/Site/product/blueberry3d.php> (Accessed: 01.09.2015).

7. *Biosphere3D*. SourceForge. Available at: <http://sourceforge.net/projects/biosphere3d> (Accessed: 01.09.2015).

8. *osgEarth: Geospatial SDK for OpenSceneGraph: official site*. Available at: <http://osgearth.org> (Accessed: 01.09.2015).

9. *OpenGIS web map tile service implementation standard*. Open Geospatial Consortium Inc. Reference number OGC 07-057r7.

10. Armando De La Re et al. (2009). *Tools for procedural generation of plants in virtual scenes*. Intern. Conf. on Computational Science – ICCS, pp. 801-810.

11. *Transform 2D GIS data into smart 3D city models*. Esri CityEngine. Available at: <http://www.esri.com/software/cityengine> (Accessed: 01.09.2015).

12. Procedural generator of Khrushchyovka buildings. Available at: <http://habrahabr.ru/post/196862/> (Accessed: 01.09.2015).

13. Lagae A. et al. (2010). *State of the Art in Procedural Noise Functions*. EUROGRAPHICS 2010 – State of the Art Reports. Available at: http://graphics.cs.kuleuven.be/publications/LLCDDELPZ10STARPNF/LLCDDELPZ10STARPNF_paper.pdf (Accessed: 01.09.2015).

14. Wells W. D. (2005). *Generating enhanced natural environments and terrain for interactive combat simulations (genetics)*: Ph. D. Thesis. Naval Postgraduate School, Monterey, California.

15. Bruneton E., Neyret F. (2012). Real-time realistic rendering and lighting of forests. *Computer Graphics Forum*. 31(2pt1), pp. 373-382. doi: 10.1111/j.1467-8659.2012.03016.x

16. Smelik R. M. et al. (2011). A declarative approach to procedural modeling of virtual worlds. *Computers & Graphics*, 35, pp. 352-363. doi: 10.1016/j.cag.2010.11.011

17. Bruneton E., Neyret F. (2008). Real-time rendering and editing of vector-based terrains. *Computer Graphics Forum*. 27(2), pp. 311-320. doi: 10.1111/j.1467-8659.2008.01128.x

18. Aleinikov A. A. et al. (2011). Interactive 3D application «Virtual Valley of geysers». *Komp'iuternye instrumenty v obrazovanii*, (4), pp. 45-53.

19. Anikushkin M. N., Leonov A. V. (2013). 3D modeling of Shukhov radio tower on the basis of laser scanning. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, (4), pp. 56-58.

Статья поступила в редакцию 18.08.2015 г.

Рисунок к статье А. Е. Бобкова, А. В. Леонова
«ПРОЦЕДУРНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ НА ВИРТУАЛЬНОМ ГЛОБУСЕ»



Рис. 3. Пример процедурной реконструкции растительности в виртуальной модели территории в районе Долины гейзеров, Камчатка



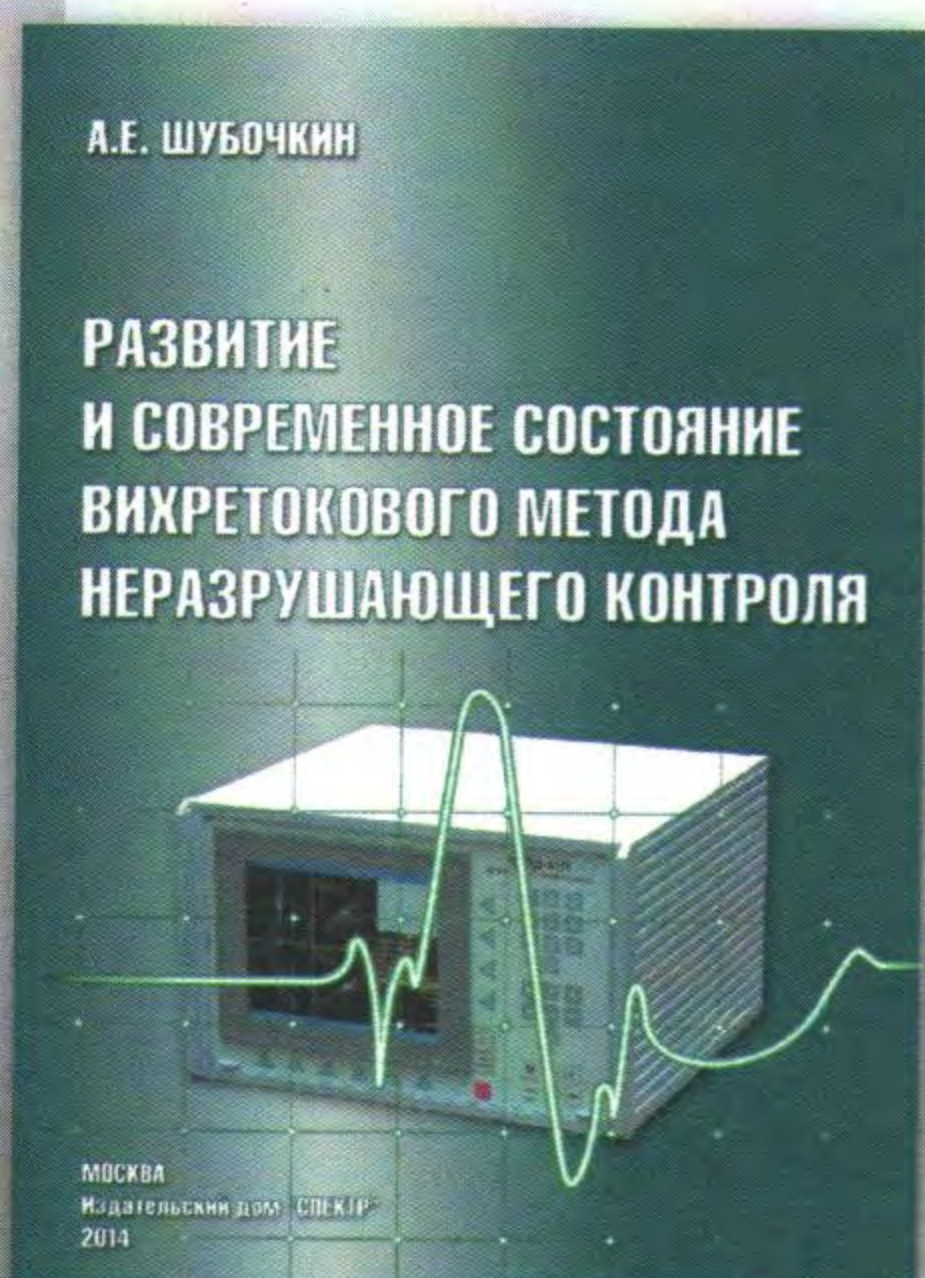
Спектр

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ

Шубочкин А.Е.

РАЗВИТИЕ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВИХРЕТОКОВОГО МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

ISBN 978-5-4442-0075-9. Формат - 60x90 1/16, 288 страниц, год издания - 2014.



Изложены история развития и теоретические основы вихретокового контроля. Рассмотрены способы контроля накладными и проходными ВТП, вихретоковая дефектоскопия и толщинометрия, контроль качества ферромагнитных изделий. Представлены современные методы моделирования вихретокового контроля и способы выделения информативных сигналов. Рассмотрены приборы, средства контроля и программные продукты ведущих мировых производителей, созданные для использования в области вихретокового контроля.

Предназначена для специалистов, работающих в области исследования метода вихретокового контроля, создания и эксплуатации средств НК, преподавателей и студентов ВУЗов.

880 руб.

www.idspektr.ru

119048, г. Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1. 000 «Издательский дом «Спектр»
Телефон отдела реализации: (495) 514-26-34. Дополнительный телефон офиса: (926) 615 17 16.
E-mail: zakaz@idspektr.ru. Http://www.idspektr.ru