

# РАЗРАБОТКА ТРЕХМЕРНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ КОРПУСОВ ДОННТУ И ОСОБЕННОСТИ ЕЕ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ИНТЕРНЕТ

Аноприенко А.Я., Бабков В.С., Корявец И.А., Мищенко Е.

Кафедра ЭВМ ДонНТУ

Кафедра ПМИ ДонНТУ

anoprien@cs.dgtu.donetsk.ua

## *Abstract*

*Anoprienko A., Babkov V., Korjavez I., Mischenko E. Development of three-dimensional computer model of campuses of DonNTU and specificity of its visualization in the Internet.. The development of virtual models of Donetsk National Technical University is reviewed. The creating technology of models and specificity of its visualization in the Internet are analyzed. Main results and some perspectives are described.*

В статье приведен обзор развития виртуальных моделей университетских кампусов и городских ландшафтов и описывается процесс создания компьютерной модели основных корпусов Донецкого Государственного Технического Университета [1-4]. Рассматривается технология создания моделей и анализируются основные особенности их визуализации в среде Интернет.

## *Компьютерное моделирование городских ландшафтов в ретроспективе*

Компьютерные модели городского ландшафта получают в последнее время все более широкое распространение, как самостоятельные проекты, так и в тесной интеграции с геоинформационными системами (ГИС), САПР и другим программным обеспечением.

До начала 90-х годов достаточно реалистичные ландшафтные модели разрабатывались и применялись почти исключительно в военных и аэрокосмических отраслях, так как реализация таких проектов требовала применения как минимум дорогостоящих высокопроизводительных графических станций. Именно в таком контексте в 80-е годы начинались исследования и разработки в данном направлении в ДонНТУ [5].

На рубеже 90-х годов благодаря интенсивному развитию технологий машинной графики и микропроцессорной техники методы и средств реалистичной визуализации трехмерных объектов становятся существенно более доступными в университетской среде, что приводит к появлению первых проектов по созданию виртуальных аналогов реальных городских ландшафтов для гражданских целей. Одним из первых проектов такого рода стала модель университета и модель городской реконструкции “Avenches City” в Западной Швейцарии, выполненная в 1989 году [6]. А первым крупномасштабным проектом виртуального города стала модель “Virtual Los Angeles”, разработанная в 1994-1995 годах группой UST (Urban Simulation Team) Калифорнийского университета [7, 8]. Данный проект реализовывался на основе географической информационной системы ArcView. Трехмерная модель создавалась с помощью среды MultiGen. Этот программный комплекс использовался ранее в военных проектах и позволял легко создавать такие элементы ландшафта как здания, улицы, деревья, машины и т.д. Разработанная модель требовала значительной вычислительной мощности от аппаратных средств и поэтому была реализована на четырехпроцессорной станции Opuх фирмы Silicon Graphics. По образцу Лос Анжелеса модели подобного типа в 1996-1997 годах были созданы для Филадельфии, Сан Диего, Лас Вегаса и Санта Барбары. В конце 90-х годов аналогичные проекты начали реализовываться и в целом ряде других стран, в том числе в Европе. Схематично эволюция трехмерных моделей городских ландшафтов может быть представлена в виде, показанном на рисунке 1.

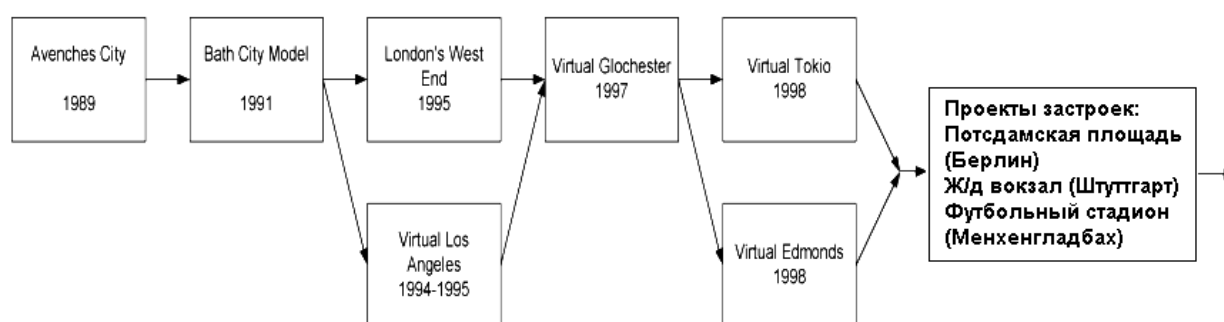


Рис.1 - Эволюция трехмерных моделей городских ландшафтов

### ***Развитие технологий визуализации***

На протяжении последнего десятилетия лет позиции базовой технологии визуализации при реализации подобных проектов прочно удерживает технология VRML, обеспечивающая относительную универсальность, гибкость и совместимость с множеством платформ.

Это направление в развитии систем моделирования городских ландшафтов начато проектом “Bath City Model” в 1991 году [9]. Данный проект создавался с помощью аэрофотографий и воссоздавал с точностью до 0.5 метра исторический центр города площадью 2.5x3.0 км. Модель разрабатывалась в программном комплексе AutoCAD. Базовая модель была с помощью формата DXF (Drawing Exchange Format) перенесена на графические станции, потом обработана редактором Scene Viewer для придания реалистичности (освещение, текстуры и т.д.) и, в результате, сохранена в формате VRML. CASA (Center for Advanced Studies in Architecture) выбрал в качестве базового формата VRML (V1.0), рассчитывая на его дальнейшее развитие в направлении усложнения описания сцен и введения дополнительных возможностей (совместимость с многими платформами, простая связь с Интернет, возможность удобного редактирования базы данных, интеграция в состав базы звуковых элементов, анимации, и т.д.).

Ориентируясь на использование VRML (прежде всего из-за распространения этого формата в сетях), в 1995 году CASA разрабатывает модель части Лондона “London’s West End model” [9]. База данных этой модели описывала территорию площадью 500x1000 метров. Подытоживая свой опыт, центр CASA сделал вывод, что VRML-модели имеют широкие перспективы, в особенности, при использовании в сетях и на среднестатистических ЭВМ обычных пользователей, поэтому именно это направление получило продолжение в моделях Токио и Берлина.

VRML остается и сегодня самым удобным средством для построения моделей незначительных по размерам территорий благодаря заложенным в нем возможностям. Например, современная система Active World [10] – это совокупность моделей в формате VRML, любая из которых описывает территорию площадью приблизительно в несколько квадратных километров. Навигация между отдельными сценами осуществляется с помощью т.н. «телепортации». В состав сцены в системе Active World входят также модели наблюдателей, которые представляют собой пользователей системы. Взаимодействие с системой обеспечивается специальным браузером, который осуществляет навигацию, наблюдение за сценой из различных позиций и общение между пользователями с помощью чата. Следует отметить, что данный проект планировался как динамически развивающаяся система, при этом в процессе развития и совершенствования модели принимают участие сами пользователи. Пользователь может быть просто туристом, путешествующим по виртуальному миру, а может стать его жителем, получив при этом права строить свои сооружения и видоизменять ландшафт.

В последнее время появляются также и новые технологии, которые по своим возможностям приближаются к VRML. Прежде всего, это технология сжатия графической информации Metastream (в настоящее время Viewpoint Experienced Technology – VET), которая позволяет значительно уменьшить объем информации, передаваемой каналами связи, используя метод удаления избыточных примитивов из описания сцены, и Cult3D – формат, который позволяет строить трехмерные сцены с обеспечением сложного взаимодействия с пользователем при значительном уровне сжатия данных [11, 12]. Системы Metastream и Cult3D, как и VRML, являются независимыми от платформ, так как работают в окнах стандартных браузеров при наличии соответствующих модулей расширения.

### *Построение виртуальной модели ДонНТУ*

В ДонНТУ (ранее ДПИ и ДонГТУ) еще во времена Советского Союза реализовывались проекты, связанные с построением компьютерных моделей различных объемных объектов и пространств и соответствующих аппаратно-программных средств, предназначенных для достаточно реалистичной имитации некоторой специфической визуальной обстановки (см., например, работы [13-14]). В основном это было связано с созданием тренажеров преимущественно военного назначения. Подобные проекты были довольно дорогостоящими и, как правило, узкоспециализированными. Позже, в связи с политическими и экономическими проблемами начала 90-х годов, а также ввиду отставания в развитии аппаратной базы для построения подобных моделей, данное направление не получило соответствующего дальнейшего развития.

Возобновление научно-исследовательских работ данного направления в ДонНТУ было начато в инициативном порядке в 2000-м году, но уже на базе принципиально новых технологий [1]. Фактически, к этому времени начала назреть необходимость рассмотрения вопроса о создании виртуальной модели если не всего Донецка, то хотя бы его центральной части. В качестве первого шага к разработке подобного крупного проекта можно считать создание модели Донецкого Национального Технического Университета – его корпусов, студенческого городка и прилегающей территории.

Создание такой модели является оправданным по следующим причинам:

1. Виртуальная модель университета, как и модель любого городского ландшафта, может быть использована на этапе архитектурного планирования окружающих застроек и при разработке планов

реконструкции моделируемой территории. В особенности, если учитывать, что модель не будет замкнутой системой, а в нее будут заложены возможности для расширения и интеграции с другими проектами. Именно поэтому данная модель должна стать первым шагом к разработке крупномасштабных проектов, то есть более емких по информационному наполнению. Такие проекты пока что не реализовывались, поэтому модель университета может стать объектом исследования в плане отработки технологий создания и построения виртуальной модели и выбора ее оптимального варианта.

2. Модель университета может быть использована для документирования и оптимизации схем расположения коммуникаций на территории учебного учреждения. В особенности это касается сетевых линий связи. Переход к трехмерному моделированию в подобных системах позволит получить целый ряд принципиально новых возможностей.
3. С распространением сети Интернет в пределах университета желательной является реализация именно сетевого варианта модели. Это обеспечит легкий и удобный доступ к ней как для студентов и преподавателей университета, так и для всех желающих. Сетевая виртуальная модель университета может быть использована в презентационных и учебных целях, так как такая модель будет давать представление об университете с большим эффектом, чем просто сайт с текстом и фотографиями. Кроме того, учебное назначение модели предусматривает ее использование для разных видов технических и социальных исследований.
4. При построении модели возможно привлечение студентов к работе над проектом, в первую очередь это касается специальностей, на которых изучают трехмерное моделирование. Студенты могут принимать участие в создании моделей тех или иных объектов в рамках лабораторных и курсовых работ. Изучение вариантов построения модели может потребовать применения нестандартных аппаратных средств для разработки и визуализации – здесь открывается широкое поле деятельности для разработки и совершенствования аппаратных средств с целью повышения качества и эффективности применения моделирующей системы.

### ***Технология создания моделей***

Технология создания и принцип организации трехмерной модели зависит от сферы ее применения. Можно выделить два направления в создании моделей:

- 1) Демонстрационное назначение: модель используется для демонстрации какой-либо части ландшафта или результата реализации некоторого

проекта. Наиболее часто такие модели предназначены для размещения на страницах в Интернет. Структуры данных такой модели должны обладать минимальным размером и обеспечивать высокое качество визуализации и высокую степень интерактивности.

- 2) Применение в качестве рабочего инструмента для создания и анализа различных проектов. Структуры данных такой модели должны быть оптимизированы для работы с большим объемом информации. В этом случае чаще всего модель реализуется в рамках отдельного приложения и ее главное свойство – модифицируемость. Т.е. возможность коррекции информации о модели в реальном времени с удобным интерфейсом пользователя.

При создании моделей первого типа целесообразно использовать уже существующие широко распространенные форматы, предназначенные для размещения трехмерной графики в Интернет: VRML, Cult3D, MetaStream, Adobe Atmosphere и т.д. При этом для каждого формата может быть сфера наиболее эффективного применения:

VRML – создание достаточно крупных моделей различных ландшафтов и объектов с обеспечением приемлемой степени интерактивности и интеграцией с различными типами данных (графика, текст, звук и т.д.).

Cult3D – создание моделей с высокой степенью сжатия результирующих структур данных при обеспечении очень высокой степени интерактивности.

MetaStream – создание моделей мелких объектов с высокой степенью сжатия данных и обеспечением интерактивности, направленной, в основном, на демонстрацию внешнего вида объекта.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика форматов (по пятибалльной шкале)

Параметр	Формат		
	VRML	Cult3D	Metastream
Интерактивность	5	4	2
Гибкость	3	2	2
Реалистичность	4	4	4
Адаптивность	5	3	3
Средняя оценка	4.3	3.3	2.8

В ходе реализации различных вариантов моделей была выполнена сравнительная оценка перечисленных форматов (таблица 1), в результате чего в дальнейшем было принято решение отказаться от использования для построения данных моделей технологии Metastream. В целом следует отметить, что модели данного типа отличаются простотой реализации, низкими финансовыми затратами на их разработку и возможностью обеспечения всеобщего доступа к ним посредством сетевых технологий.



Рис. 2 - Общая схема построения трехмерной модели городского ландшафта

Модели второго типа реализуются в виде специализированных проектов с применением особой структуры хранения данных и их обработки. Данный вариант может обеспечивать максимальную эффективность работы системы, ее высокий уровень реалистичности и большой набор выполняемых функций, но такой проект будет значительно превосходить остальные варианты по затратам времени и финансов, а кроме того, может потребовать разработки и создания специализированных аппаратных и программных средств визуализации.

Как говорилось выше, виртуальная модель ДонНТУ позволит отработать на ней методики и технологии построения системы моделирования. То есть, первоочередной задачей является разработка конкретной технологии создания системы моделирования как путем анализа уже существующих систем, так и путем разработки и создания новых, более эффективных методов и средств моделирования. В итоге была выработана методика, схематично представленная на рисунке 2.

Экспериментальные модели разрабатывались в двух форматах: VRML та Cult3D. Основным параметром, который анализировался при условии одинаковой реалистичности получаемых моделей, является размер получаемых итоговых файлов. В таблице 2 приведены сравнительные данные как по отдельным корпусам основного кампуса университета, так и для соответствующей сцены в целом. При этом следует отметить, что использование для VRML-модели технологии texture-optimization позволило остановить окончательный выбор именно на этом варианте.

Таблица 2 – Размеры моделей в различных форматах

Формат	Размер файлов моделей корпусов ДонНТУ, Кб						
	1	2	4	5	8	9	Сцена
VRML	212	56	185	315	178	120	132
VRML+ Texture- optimization	108	38	110	164	109	76	92
Cult3D	175	43	127	170	131	82	112



На рисунках 3-9 представлены наиболее характерные иллюстрации, полученные на базе разработанных моделей.



Рис. 3 – VRML-модель 5-го корпуса ДонНТУ



Рис. 4 – VRML-модель 3-го корпуса ДонНТУ

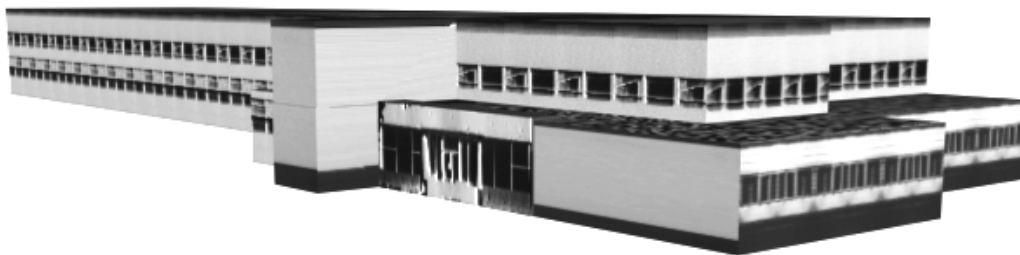


Рис. 5 – VRML-модель спортивного манежа ДонНТУ



Рис. 6 – VRML-модель основного кампуса ДонНТУ (с панелью навигации)

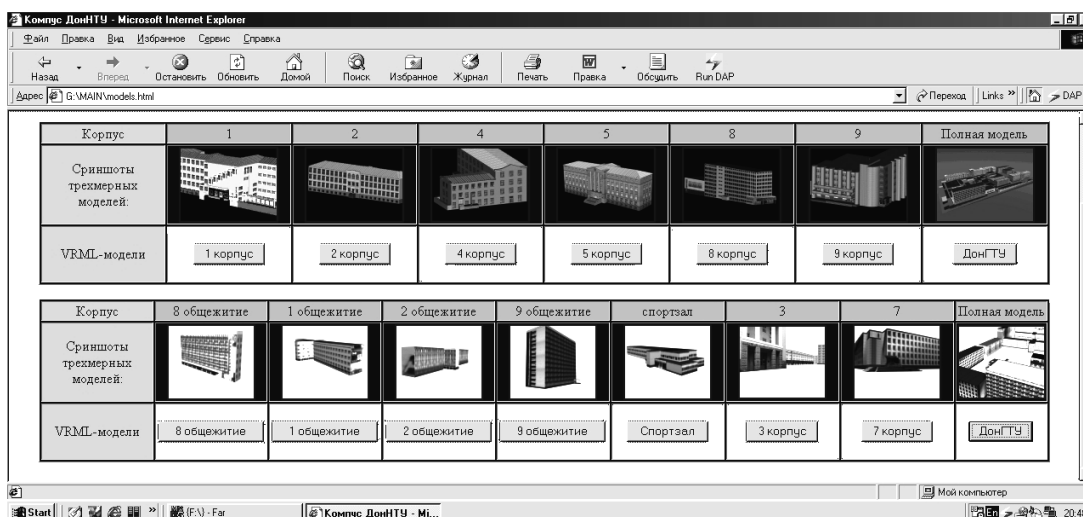


Рис. 7 – Общий вид web-сайта с доступом к моделям корпусов ДонНТУ

## *Заключение*

Таким образом, начиная с 2001 года выполнен комплекс исследований и разработок, результатом которого явились трехмерные модели, представляющие с необходимой степенью детализации и реалистичности внешний вид основных учебных корпусов ДонНТУ и большинства прочих зданий университета. При этом отработаны технологии их создания и методы визуализации в среде Интернет. На последующих этапах развития работ в данном направлении планируется решение целого ряда довольно сложных и трудоемких задач, в т.ч.:

- 1) Разработка различных сетевых сервисов, основанных на использовании трехмерных компьютерных моделей, в т.ч., например, информационная навигация по web-ресурсам университета.
- 2) Разработка моделей важнейших интерьеров учебных корпусов ДонНТУ и разработка на этой базе различных вариантов виртуальных экскурсий по университету и презентаций.
- 3) Наложение на трехмерные модели различных инфраструктурных элементов, в первую очередь компьютерных коммуникаций, и разработка методов моделирования происходящих в них динамических процессов с учетом специфики пространственного расположения.
- 4) Разработка моделей прочих зданий и сооружений центральной части города. Именно в этой части возможно массовое привлечение к участию в проекте студентов университета как в рамках учебной программы, так и на добровольной основе.
- 5) Разработка методов и средств реалистичной визуализации природных ландшафтов города и различных динамичных объектов (транспорта, пешеходов, рекламы и пр.) в сочетании с моделями зданий и сооружений.

## *Литература*

1. Башков Е.А., Аноприенко А.Я., Бабков В.С. ДонГТУ в виртуальном мире: создание трехмерных моделей городских ландшафтов // Международная научно-практическая конференция "Эффективность инженерного образования в XXI веке" 29-31 мая 2001 года. – Донецк, ДонГТУ, 2001.
2. Бабков В.С. Организация баз данных для систем визуализации городского ландшафта. Выпускная работа магистра. – Донецк: ДонНТУ, 2001.

3. Матвеев А.А. Трехмерная модель ДонНТУ в виртуальном пространстве. Дипломный проект. – Донецк: ДонНТУ, 2002.
4. Корявец И.А. Трехмерное моделирование природных ландшафтов. Выпускная работа магистра. – Донецк: ДонНТУ, 2003.
5. Башков Е.А., Аноприенко А. Я., Авксентьева О.А. Система цифрового синтеза визуальной обстановки для аналого-цифрового комплекса моделирования динамики летательных аппаратов // Тезисы докладов зонального семинара "Тренажеры и имитаторы". - Пенза. - 1986. - С. 9-10.
6. Schmitt G., Wenz F., Gramazio F. Urban space simulation by computer Graphics ([http://xar-caad.ethz.ch/trace/TOKYO\\_TRACE.html](http://xar-caad.ethz.ch/trace/TOKYO_TRACE.html)).
7. Liggett R., Friedman S., Jepson W. Interactive Design/Decision Making in a Virtual Urban World: Visual Simulation and GIS, 1996 (<http://www.aud.ucla.edu/~robin/ESRI/p308.html>).
8. Delaney B. Visualisation in Urban Planning: They Didn't Build LA in a Day, IEEE Computer Graphics and Applications, May/June 2000, p10-16.
9. Bourdakis V. From CAAD to VR: Building a VRML model of London's West End, 1996 (<http://fos.bath.ac.uk/vas/papers/3rd-UKVRSIG/>).
10. Home of the 3D Chat, Virtual Reality Building Platform (<http://www.activeworlds.com>).
11. Cult3D (<http://www.cult3d.com>).
12. Технологии трехмерной интерактивной графики в Интернете (<http://www.chem.msu.su/rus/Chemistry3D/sample.html>).
13. Башков Е.А., Аноприенко А.Я., Коба Ю.А., Мальчева Р.В. Аппаратно-программный комплекс генерации изображений в реальном времени // Вопросы радиоэлектроники, серия "ЭВТ", вып. 2. - 1991. - С. 77 - 84.
14. Башков Е.А., Аноприенко А. Я., Кухтин А.А., Коба Ю.А. Система компьютерной графики для отображения трехмерных объектов и имитации визуальной обстановки // IX Всесоюзный научно-методический семинар "Инженерная и компьютерная графика". - Севастополь: СВВМИУ. - 1989. - С. 51.

---

### Как правильно ссылаться на эту статью:

Аноприенко А.Я., Бабков В.С., Корявец И.А., Мищенко Е. Разработка трехмерной компьютерной модели корпусов ДонНТУ и особенности ее визуализации в Интернет // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия «Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем» (МАП-2005). Выпуск 78: Донецк: ДонНТУ, 2005. С. 64-75.