

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет математики и информатики
Кафедра информационных и управляющих систем
Направление 09.04.01 – Информатика и вычислительная техника
Магистерская программа Компьютерное моделирование

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой

_____ А.В. Бушманов

«_____» _____ 2017г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему: Трёхмерное компьютерное моделирование космодрома Восточный

Исполнитель магистрант группы 553 ОМ	_____	Н.А. Князев
Руководитель профессор, доктор тех. наук	_____	И.Е. Еремин
Руководитель магистерской программы профессор, доктор техн. наук	_____	Е.Л. Еремин
Нормоконтроль доцент, канд. физ.-мат. наук	_____	В.В. Еремина
Рецензент доцент, канд. техн. наук	_____	А.Н. Рыбалев
Рецензент заместитель руководителя Амурстата	_____	О.Г. Какаулин

Благовещенск 2017

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация содержит – 70 с., 30 рисунок, 1 приложение, 32 источников. Структура диссертации состоит из трех разделов: «Реалистичные геоинформационные модели», «Программно техническое обеспечение», «Реалистичная геоинформационная система космодрома Восточный».

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА, 3D МОДЕЛИРОВАНИЕ, ВОССОЗДАНИЕ ЛАНДШАФТА, ТРЕХМЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ.

Актуальность исследования состоит в том, что в настоящее время намечается тенденция к взаимодействию и интеграции различных направлений исследований, также все более расширяется применение визуальных информационных технологий, которые применяются практически во всех сферах человеческой деятельности. Таким образом, трёхмерная геоинформационная система являются достаточно актуальной задачей.

Целью работы послужило создание программной среды, предназначенного для визуализации внешнего вида космодрома Восточный.

Научная новизна основных результатов работы состоит в следующем: разработанный программный продукт реализует возможность ознакомления с геоинформационной системой космодрома в целом. Есть возможность визуально осмотреть сооружения, которые в данный момент находятся в процессе строительства.

Практическая ценность диссертационной работы: основные результаты проведенного квалификационного исследования опубликованы в виде двух журнальных статей.

					ВКР.155493.09.04.01.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ТРЕХМЕРНОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОСМОДРОМА ВОСТОЧНЫЙ	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Князев Н.А.				У	2	77
Пров.		Еремин И. Е.						
Н. контр.		Еремина В.В.						
Зав. каф.		Бушманов А.В.				АмГУ кафедра ИУС		

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1. Реалистичные геоинформационные модели	7
1.1 Общее понятие геоинформационной системы	7
1.2 Существующие аналоги на данный момент времени	7
1.3 Общедоступные сведения о космодроме Восточный	19
2. Программно техническое обеспечение	27
2.1 Обоснование выбора средств разработки. Программное обеспечение	27
2.2 Средства моделирования рельефа местности	27
2.3 Средства моделирования отдельных объектов и сооружений	28
2.3.1 Графический пакет трёхмерного моделирования Autodesk 3ds Max	29
2.3.2 Программный продукт от MAXON Cinema 4D	30
2.4 Среда сборки программного изделия	39
2.5 Техническое обеспечение	44
3. Реалистичная геоинформационная система космодрома восточный	45
3.1 Воссоздание рельефа местности космодрома Восточный	45
3.1.1 Создание ландшафта по карте высот	48
3.1.2 Создание текстуры для ландшафта местности	51
3.2 Моделирование отдельных объектов и сооружений	53
3.2.1 Методы создания трёхмерных моделей	54
3.2.2 Описание инструментов и этапов моделирования	58
3.2.3 Текстурирование трехмерной модели	60
3.3 Реализация геоинформационной системы	63
3.3.1 Процесс сборки геоинформационной системы	65
Заключение	67
Библиографический список	68
Приложение А	71

					<i>ВКР.155493.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		3

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей дипломной работе использованы ссылки на следующие стандарты и нормативные документы:

ГОСТ 19.001-77 ЕСПД	Общие положения;
ГОСТ 19.004-80 ЕСПД	Термины и определения;
ГОСТ 19.101-77 ЕСПД	Виды программ и программных документов;
ГОСТ 19.102-77 ЕСПД	Стадии разработки;
ГОСТ 19.103-77 ЕСПД	Обозначение программ и программных документов;
ГОСТ 19.104-78 ЕСПД	Основные надписи;
ГОСТ 19.105-78 ЕСПД	Общие требования к программным документам;
ГОСТ 19.106-78 ЕСПД	Требования к программным документам, выполненным печатным способом;
ГОСТ 19.401-78 ЕСПД	Текст программы. Требования к содержанию и оформлению.

ВВЕДЕНИЕ

Распространение компьютерных информационных технологий в наше время повлекло за собой развитие и географических информационных технологий. В течение более чем трех десятилетий разрабатывались двухмерные ГИС, в которых географические данные представляются набором плоских объектов (точечные объекты – отдельно стоящие деревья, кусты). Линейные объекты – дороги, магистрали, электрические линии, трубопроводы. Полигональные объекты – массивы лесов, поля и т.п.

В век развития информационных и мультимедийных технологий практически каждый человек имеет сформировавшееся представление о таких понятиях, как трехмерное изображение, трехмерная графика, трехмерное моделирование. Этому способствует невероятное развитие современной киноиндустрии в создании реалистичных трехмерных спецэффектов, которые можно наблюдать в современных фильмах на экранах телевизора, в кинотеатрах и на просторах интернета.

Однако, сфера кино далеко не единственная область применения реалистичной трехмерной графики. Такие направления жизнедеятельности, как архитектура и дизайн, напрямую ассоциируются с миром 3D. Так же сюда относятся компьютерные игры последнего поколения.

Виртуальные трехмерные миры настолько удивляют своей реалистичностью и правдоподобием, что вызывает интерес у людей всех возрастов и социальных категорий.

В настоящее время существует множество пакетов программ трехмерного моделирования, такие как Maya, 3Ds Max, ZBrush, Blender.

В данной выпускной квалификационной работе реализация модели будет осуществлена в программных продуктах Autodesk 3Ds Max и Cinema 4D.

Цель реализации данной работы – получить геоинформационную систему космодрома Восточный обладающую следующими функциями: максимальная приближенность к реальности; низкая полигональность; высокая производительность.

					<i>ВКР.155493.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		5

Актуальность выбранной темы заключается в том, что космодром Восточный является закрытым и стратегически важным объектом для Амурской области в целом. В связи с этим многим людям хотелось бы удаленно получить представления о территории населенных пунктов и о самом космодроме.

Получить возможность визуально ознакомиться с архитектурными особенностями зданий и сооружений, количеством жилых домов, расположением улиц, а также наличием транспортных магистралей.

В связи с этим возникает потребность разработки трехмерной модели космодрома, где будут реализованы эти возможности.

Для разработки модели был выбран подход ручного создания моделей в программах трехмерного моделирования основным преимуществом, которого является меньшая затрата ресурсов (время, денежные средства, физический труд).

Однако существуют подходы полностью автоматической и полуавтоматической генерации трехмерных моделей, которые имеют свои существенные недостатки.

Для реализации цели разработки модели были поставлены следующие задачи:

1. Подготовка и анализ картографических данных о местности космодрома Восточный;
2. Разработка базы данных с характеристиками архитектурных объектов;
3. Разработка трехмерных моделей зданий и создание для них текстур;
4. Интеграция трехмерной модели в среду графического процессора, создание готового приложения.

1. РЕАЛИСТИЧНЫЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ

1.1 Общее понятие геоинформационной системы

Информационные системы в современном обществе применяются в различных сферах деятельности человека. И очень часто возникает необходимость определения пространственного расположения различных объектов. Любая трёхмерная информационная система формируется на чётко построенных принципах, которым обладают большинство информационных систем. Данные информационные системы представляются как автоматизированные системы, предназначенные для анализа и отображения различных объектов, расположенных в определённых пределах. Пространственная привязка изучаемых объектов послужила основанием для введения термина «географические информационные системы» геоинформационные системы.

Спустя небольшой промежуток времени данный термин получил более развёрнутую трактовку и преобразовался в «геоинформационную систему», поскольку в сферу исследования геоинформационной системы включались объекты и явления, имеющие не только конкретное местоположение, но и различные описательные характеристики. В более развёрнутом смысле геоинформационная система воспринимается как модель настоящего мира, а в более узком направлении является системой хранения и накопления данных, привязанных к земной поверхности. При всём этом, наиболее прогрессирующим направлением развития геоинформационной системы является возможность поддержки процессов принятия решений.

Область применения геоинформационных систем, очень обширна и не ограничивается геодезией или иными «геонауками». Как показывает практика применение геоинформационных систем, весьма эффективно в любой предметной области, в которой важное значение, имеет информация о взаимном расположении и формах описываемых или изучаемых объектов в пространстве.

Таким образом, одним из важных отличий геоинформационной системы от других информационных систем заключается в том, что они содержат простран-

ственно-временные и географически координированные данные, характеризующие конкретный объект. Эти данные могут включать географические координаты (широту и долготу), прямоугольные координаты (X и Y) или почтовые адреса, идентифицирующие местоположение объектов.

В 1963 году Р. Ф. Томлинсоном был закреплён термин «географическая информационная система» при внедрении электронной пространственной информационной системы в Канаде. Данный термин подходил новейшей внедряемой технологии ЭВМ для сохранения и обработки данных. Гораздо позже на основании данных систем были спроектированы земельные информационные системы, описывающие правовое, хозяйственное и пространственное расположение незначительных по площади территорий. Ф. Харт внес предложение размещать различного рода информацию на кальке. При поддержке подсветки представлялась возможность кооперировать информацию, имеющуюся на нескольких листах кальки. Данную идею поддержали и другие учёные – Говард и Фишер, предложившие для совмещения изображений применять компьютер. С 1977 года данная идея используется в разных сферах производственной и научной деятельности.

В данный период времени автоматизация в области геоинформационных систем достигла внушающих высот, который позволяет с лёгкостью решать различного рода задач пространственного анализа, осуществлять ведение графических и атрибутивных баз данных, редактировать данные и выводить их на печать. Таким образом, основное различие геоинформационных систем от систем компьютерной графики заключается в том, что геоинформационные системы, помимо графического отображения, содержат многостороннюю информацию об объектах и их элементах. Помимо этого, они обеспечивают также определение площади и периметра замкнутых фигур, местоположение всевозможных указанных объектов, их взаимное пересечение, наложение или присоединение, принадлежность, вид хозяйственного применения. Следует отметить и о важности выполнения некоторых картометрических операций. Информация о любом объекте, внесенном в геоинформационную систему, хранится в цифровом виде.

Для создания данного вида информации могут быть использованы, напри-

					<i>ВКР.155493.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		8

мер, материалы автоматизированной съемки, дистанционного зондирования или сканирования. Если оператор выделит необходимый объект и двукратно щелкнет по нему «мышью», то на экране компьютера отобразится информация, принадлежащая этому объекту.

Таким образом, итог работы оператора значительным образом зависит от точности ранее внесенных в геоинформационную систему сведений. Следуя из всего этого, площадь и другие производные параметры будут вычисляться по содержащейся в базах данных информации. Чем вернее эта информация, тем надежнее будет получен результат оператором. Что касается числа значащих цифр после запятой или единиц измерения, то пользователю необходимо решить эту задачу самостоятельно при помощи всевозможных системных настроек. Если допускаются незначительные погрешности (скажем, в процессе оценки кадастровой стоимости недорогих земельных участков), то пользователь может применять «мышь» для приближенных построений и последующих вычислений. Завершая тему точности, следует добавить еще несколько слов.

В процессе использования любой геоинформационной системы её подразделяют не только на точность измерений и точность вычислений. Но и на значение точности представляемых данных, которые является производной от масштаба изображения и размера ячеек раstra, а также точности введения координат, вида проекции и используемых аппроксимирующих моделей. Радиус решаемых задач при помощи геоинформационной системы непрерывно продолжает расширяться, за счет имеющих место быть актуальных проблем муниципального управления, экологических проблем. В первую очередь это объясняется постоянно возрастающим спросом широкого круга юридических и физических лиц к геоинформационной системе. Следственно всеобщее представление о геоинформационных системах должен получить практически каждый житель планеты, как потенциальный пользователь геоинформационной системы. Основанные на геоинформационных системах технологии всё более покоряют признание в нашей стране. При этом цифровой геопространственной информации отводится главная роль в процессе решения задач становления регионов России.

Впрочем не все производственные организации имеют современные аппаратно-программные средства обработки цифровых геопространственных данных. Вместе с тем, руководители отдельных организаций также обязаны признать факт неудовлетворительной укомплектованности квалифицированными кадрами, обладающими навыками применения геоинформационных систем для проведения изысканий либо решения определенных производственных задач.

Сегодня темп развития современного рынка в направлении геоинформационных технологий зависят в основном от наличия и доступности образовательных программ в области геоинформатики и геоинформационных систем. Целостное определение геоинформационная система сформулировать довольно трудно, в связи с тем что её возможности могут рассматриваться с разных точек зрения. Это значительным образом видоизменяет сложившееся представление о функциональных возможностях геоинформационных систем.

На данный момент времени существует порядком 10 различных определений геоинформационная система. Объясняется это не только популярностью систем, но и областью в которых она собирается применяться. Известно, что первоначальная цель заключалась в образовании информации о территориях. В ходе значительных функциональных изменений названий сохранялось, хотя каждый разработчик вкладывал в него новое значение. Таким образом, геоинформационные системы совершенствовались с учетом динамики предъявляемых к ним требований, изменяя или углубляя свои первоначальные свойства и функции. В свою очередь, это обуславливало также образование ряда новых определений геоинформационной системы, рассматривающих их специфические особенности, используемые для определенных целей.

В более узком смысле, под геоинформационной системой понимают: комплекс аппаратно-программных средств, используемых человеком для хранения, отображения географических (пространственно-разнесенных) данных и манипулирования ими; внутренне позиционированная автоматизированная пространственная информационная система, создаваемая для управления данными, их картографического отображения и анализа; аппаратно-программный человеко-

машинный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, отображение и распространение пространственно координированных данных, интеграцию знаний о территории для их результативного применения в процессе решения научных и прикладных географических задач, связанных с инвентаризацией, анализом, моделированием, прогнозированием и управлением окружающей средой, а также региональной организацией социума; система, в состав которой входят компоненты для сбора, передачи, хранения, обработки и выдачи информации о территории; система, включающая базу данных, техническое оснащение, специализированное математическое обеспечение и пакеты программ, предусмотренных для расширения базы данных, манипулирования данными, их визуализации, а также принятия решений о том или другом варианте хозяйственной деятельности; информационная система, которая обеспечивает ввод, манипулирование, анализ, преобразование и вывод пространственно-ориентированных данных.

Как следует из приведенных определений выше, термин «геоинформационные системы» основывается на двух твердо различающихся представлениях.

Во-первых, геоинформационная система представляется как программное средство, программная оболочка, по средствам которой создается и применяется информационно-справочная либо информационно-аналитическая система, а также система поддержки принятия решений в какой-либо предметной области. В данной трактовке зачастую имеются в виду инструментальные геоинформационные системы.

Во-вторых, геоинформационные системы представляются как информационно-справочные системы, которые создаются и работают при помощи инструментальных геоинформационных систем. При этом ГИС включают программные средства, которыми оснащены рабочие места, а также информацию и определенные конструкции данных.

Следственно, в упрощенном виде геоинформационную систему дозволено рассматривать как базы данных. Неимение цельного подхода к определению геоинформационная система обуславливается не только широким выбором решаемых задач. Но и также значимую роль играет отличие между компьютерной кар-

					<i>ВКР.155493.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		11

тографией и геоинформационной системы. Известно, что системы компьютерной картографии, использующие для создания карт графические примитивы в сочетании с описательными признаками, не содержат аналитических вероятностей геоинформационной системы.

Для картографических целей уместно применять систему компьютерной картографии, разработанную специально для ввода, преобразования и вывода графических данных. В этом смысле высокопрофессиональные многофункциональные геоинформационные системы, как показывает практика, оказываются неэффективными. Системы компьютерного черчения, специально разработанные для создания графических изображений, не привязанных к внешним описательным данным, являются замечательным инструментом для проектирования, гораздо упрощающим процессы создания чертежей и редактирования информации. Вместе с тем, они фактически не пригодны для создания карт и не содержат функций пространственного анализа.

Известный математик Р. Декарт в свое время говорил, что нужно определять значение используемых слов для того, чтобы избавить общество от возможных заблуждений. Следственно рационально было бы принять целостное определение, обеспечивающее однозначное толкование данного термина: это аппаратно-программный комплекс либо сама информация, хранимая в системе. Авторы поддерживают следующее определение геоинформационная система, которое, по их суждению, является особенно точным: геоинформационная система - это общность аппаратно-программных средств и алгоритмических процедур, предназначенных для сбора, ввода, хранения, математико-картографического моделирования и образного представления геопространственной информации.

Следуя из всего выше сказанного, геоинформационная система представляет собой информационную систему, обеспечивающую сбор, обработку, хранение, представление и отображение пространственно-координированных данных. Геоинформационная система хранит данные об объектах в цифровом виде (векторном или растровом). Они включают соответствующий определенным задачам набор функциональных возможностей, реализуемых в различных геоин-

формационных технологиях. Как и всевозможные информационные системы, они основываются на программных, аппаратных, информационных, нормативноправовых, кадровых и организационных компонентах. Решаемые актуальные научные и прикладные задачи в сфере инвентаризации, мониторинга, оценки земель, кадастра объектов недвижимости, планирования, управления, поддержки процесса принятия решений и остальные задачки определяют проблемную ориентацию геоинформационных систем.

В частности, в интегрированных геоинформационных системах (ИГИС) совмещаются функциональные возможности геоинформационной системы и систем цифровой обработки изображений в единой информационной среде. Полимасштабные или масштабно-независимые геоинформационные системы основаны на множественных представлениях пространственных объектов. Они обеспечивают графическое воспроизведение данных на любом уровне предусмотренного для них масштабного ряда.

Современные геоинформационные системы расширили использование карт за счет хранения графических данных в виде отдельных тематических слоев, в качественных и количественных характеристиках составляющих из объектов в виде баз данных. Такая организация данных при наличии гибких механизмов управления ими, обеспечивает принципиально новые аналитические возможности.

В настоящее время на рынке программных продуктов представлено несколько видов систем, работающих с пространственно распределенной информацией, к ним в частности, относятся системы автоматизированного проектирования, автоматизированного картографирования. Геоинформационные системы по сравнению с другими автоматизированными системами обладают развитыми средствами анализа пространственных данных.

Большинство современных геоинформационных систем осуществляют комплексную обработку информации, используя ниже приведенные функции:

1. Ввод и редактирование данных;
2. Поддержка моделей пространственных данных;
3. Хранение информации;

4. Преобразование систем координат и трансформация картографических проекций;
5. Растрово-векторные операции;
6. Измерительные операции;
7. Полигональные операции;
8. Операции пространственного анализа;
9. Различные виды пространственного моделирования;
10. Цифровое моделирование рельефа и анализ поверхностей;
11. Вывод результатов в разных формах.

1.2 Существующие аналоги на данный момент времени

На рынке существует множество программных продуктов геоинформационных систем. Рассмотрим распространённые из них ниже.

ArcGIS – это универсальная система для построения ГИС любой сложности и архитектуры. ArcGIS подразделяют на настольные и серверные. Серию настольных продуктов представляют – ArcView, ArcEditor, ArcInfo, – каждый последующий продукт включает функциональные возможности предыдущего. Кроме того, в настольную серию входит бесплатные программы ArcReader (для просмотра данных, опубликованных средствами ArcGIS) и ArcGIS Explorer (облегчённый настольный клиент для ArcGIS Server).

Серверный продукт представляет – ArcGIS for Server, предназначенный для многопользовательских геоинформационных проектов с централизованным хранилищем и неограниченным числом рабочих мест, публикации интерактивных карт в Интернете. Для публикации больших объёмов растровых данных выпускается продукт Image Server, для хранения пространственных данных в СУБД и интеграции с другими информационными системами предназначен продукт ArcSDE. Так же существует специальный продукт для разработчиков (ArcGIS Engine и ArcGIS Runtime).

Поставляется также как отдельный программные продукт ArcPad – геоинформационная система для карманных портативных компьютеров.

Дополнительно поставляются многочисленные модули для продуктов

					ВКР.155493.09.04.01.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		14

ArcGIS, расширяющие функциональные возможности продуктов, модули расширения разрабатываются как ESRI, так и различными независимыми разработчиками.

MapInfo Professional – эффективный программный пакет для визуализации и анализа пространственных данных. Отрасли, в которых применяется MapInfo Professional: в различных сферах науки и бизнеса, в управление и образование, социологические, демографические и политические исследования, промышленность и экология, транспорт и нефтегазовая индустрия, землепользования и кадастр, службы коммунального хозяйства и быстрого реагирования, армия и органы правопорядка, а также многие другие отрасли хозяйства.

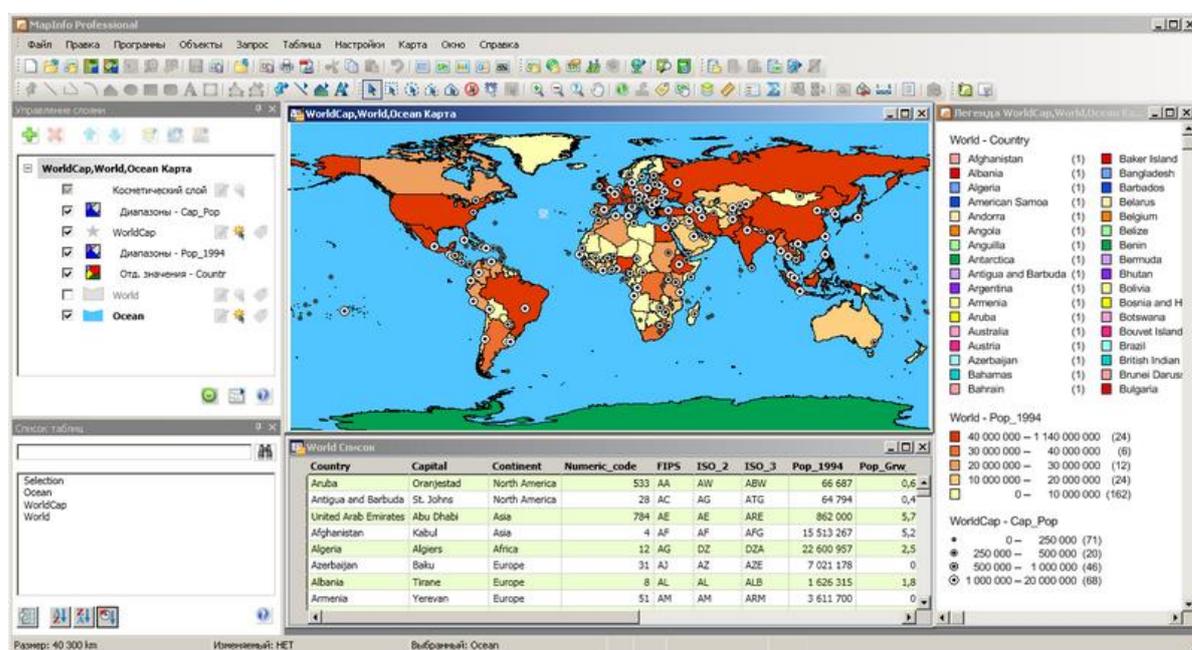


Рисунок 1 – Графический интерфейс программы Mapinfo Professional

Сферы применения Mapinfo Professional:

1. MapInfo используют операторы мобильных сетей для улучшения качества услуг и расширения зоны обслуживания;
2. Различные службы доставки грузов применяют MapInfo для планирования маршрутов доставки грузов;
3. Торговые компании с помощью MapInfo могут следить за динамикой продаж, проводить маркетинговый анализ, планировать размещение торговых

точек; страховые компании используют MapInfo для оценки степеней риска для данной территории;

4. Правоохранительные органы используют MapInfo для анализа оперативной обстановки и обеспечения общественной безопасности;

5. Органы государственной власти применяют MapInfo для территориального планирования и ведения земельного и других кадастров;

6. Геологи и маркшейдеры используют MapInfo при разведке и добыче полезных ископаемых.

GRASS (ГИС) – географическая информационная система (ГИС), используется для управления данными, обработки изображений, графики, пространственного моделирования и визуализации различных типов данных.

Первоначально разработанная в США в 1982, как инструмент для управления земельными ресурсами и планирования природоохранной деятельности военных, в последствие GRASS ГИС превратилась в мощный ресурс с широким спектром применений в самых разных областях научных исследований. GRASS в настоящее время используется в научных и коммерческих организациях по всему миру, а также во многих правительственных агентств, включая NASA, NOAA, Министерства сельского хозяйства США, DLR, CSIRO, Служба национальных парков, Бюро переписи населения США, USGS, и многие экологические консалтинговых компаний.

В GRASS 6 появился новый топологический 2D/3D и векторный анализ сети. Атрибуты теперь управляются в SQL основе СУБД. Новый интерфейс. Изменений инструмент NVIZ визуализации, был расширен для отображения 3D векторных данных. GRASS содержит свыше 350 программ и инструментов для отображения карт и изображений на мониторе и бумаге; возможность манипулировать растровыми, и векторными данными; осуществить процесс анализа спектральных данных изображений, а также создавать, управлять и хранить пространственные данные. GRASS использует интуитивно понятный интерфейс, а также синтаксис командной строки для удобства операций. GRASS может взаимодействовать с коммерческими принтерами, плоттерами, дигитайзеры, и базами данных для раз-

работки новых данных, а также управлять существующими данными.

Quantum GIS – это полноценная географическая система с открытым исходным кодом. Данное решение является одной из особенностей разработок компании OSGeo.

Приложение отлично работает на всех популярных операционных системах: Windows, Linux, MacOS X, BSD и даже на мобильной платформе Android. QGIS умеет обрабатывать и редактировать растровые и векторные изображения, взаимодействовать с базами данных с помощью большого набора инструментов.

Программа может создавать новые векторные документы, редактировать уже имеющиеся, конвертировать их в другие форматы. Для аналогичных действий с растровыми данными их необходимо импортировать в GRASS.

QGIS обладает широкими возможностями, в частности:

1. Изменение и создание новых shape-файлов;
2. Возможность геокодирования изображений благодаря наличию пространственного определения;
3. Наличие инструментария для оцифровывания форматов, работающих на базе OGR и GRASS;
4. Экспорт и импорт GPX данных из GPS, возможность их загрузки в устройство GPS;
5. OpenStreetMap – новые возможности в области визуализации и редактирования файлов;
6. SPIT – плагин обеспечивает работу со слоями PostGIS: их создание и дальнейшая обработка;
7. Возможность управлять различными свойствами векторных документов, задействуя модуль Table Manager;
8. Создание и дальнейшее хранение снимков экрана с использованием пространственной привязки;
9. QGIS позволяет одновременно совмещать векторные и растровые изображения, производить наложение одного на другого.

Поддерживаются следующие форматы файлов:

					ВКР.155493.09.04.01.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		17

.SHP, .DBF, .SHX, .PRJ, .QIX, .QPJ, .IMG .CSV, .OSM, .SQLITE, .GPX, .JPEG, .PNG, .TIF. Приложение обладает приятным и понятным визуальным интерфейсом, с помощью которого можно производить исследования пространственных данных, создавать новые карты.

Интерфейс QGIS обладает следующими полезными функциями:

1. Функция перепроецирования изображения в реальном времени;
2. Возможность компоновки запущенных карт;
3. Легкодоступная функция просмотра и обзора;
4. Индивидуальный выбор нужных объектов;
5. Изменение и поиск выбранных атрибутов;
6. Возможность присвоения объектам подписи;
7. Изменение и поиск выбранных атрибутов;
8. Возможность присвоения объектам подписи;
9. Редактирование символики у растровых и векторных слоёв;
10. Добавление нового слоя для координатной сетки;
11. Функция обозначения сторон света стрелками, добавление линейки масштаба, а также авторского права в виде оригинального знака;
12. Быстрая загрузка и сохранение рабочих данных.

Пример внешнего интерфейса Quantum GIS.

ходить на орбиту малые спутники серии «Космос». К 1991 году возможности полигона, включающего один стартовый комплекс с двумя пусковыми площадками для лёгких ракет-носителей, резко ограничивали поля падения отделяющихся частей, находящиеся, в том числе, в пределах Атырауской и Западно-Казахстанской областей независимой Республики Казахстана.

Второй (самый крупный) был построен к началу 1957 году в Кзыл-Ординской области Казахстана близ посёлка Тюратам между городками Казалинск и Джусалы в качестве полигона для лётных испытаний и боевого дежурства межконтинентальных баллистических ракет (МБР) Р-7. Отсюда 4 октября 1957 года на орбиту вышел первый в мире искусственный спутник Земли ПС-1. Постепенно Байконур стал универсальным космодромом: здесь эксплуатировались ракеты-носители всех классов, запускавшие на различные орбиты и траектории, пилотируемые корабли, космические станции и другие аппараты гражданского и военного назначения.

Третий (самый северный) был создан к 1960 году южнее Архангельска как позиционный район базирования усовершенствованных «межконтиненталок» Р-7А (Объект «Ангара»), а через шесть лет получил статус космодрома. Поначалу Плесецк эксплуатировался в интересах Минобороны, и некоторое время считался самым «пускающим» космодромом мира. Отсюда могли стартовать ракеты-носители лёгкого и среднего классов, но энергетически невыгодное положение высокоширотное положение не позволяло осуществлять из Плесецка запуски пилотируемых кораблей и тяжелых геостационарных спутников связи.

В итоге, после распада СССР на российской территории не осталось ни одного полноценного космодрома, дающего возможность выполнять весь спектр космических запусков. Независимый доступ в космос стал для страны проблемой.

Уже в 1992 году начались работы по проекту универсального носителя «Ангара», реализация которого открывала путь к запускам тяжелых космических аппаратов на высокоэнергетические орбиты с территории России. На начальном этапе проектируемый ракетно-космический комплекс планировалось развернуть в Плесецке, а позднее - на Дальнем Востоке, где позиционному району 27-й Крас-

					<i>ВКР.155493.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		20

нознамённой дальневосточной дивизии Ракетных войск стратегического назначения, расположенному близ Углегорска в Амурской области, в 1996 году был присвоен статус космодрома. Но Свободный по прежнему так и не стал полноценным космодромом: с марта 1997 по апрель 2006 года отсюда к орбите ушли лишь пять лёгких конверсионных «Стартов-1». А создание комплекса «Ангара» по многим причинам (в основном, финансовым) растянулось на два десятилетия и первые пуски новой универсальной ракеты из Плесеца были выполнены лишь в 2014 году.

Таким образом, несмотря на то, что юридические вопросы использования Байконура постепенно были урегулированы, задача независимого гарантированного доступа России в космос решена не была. Кроме трудностей организационного плана, эксплуатация российского космодрома несёт заметное финансовое бремя, связанное с арендной платой (\$ 115 млн в год) и ощутимыми затратами на поддержание объектов наземной инфраструктуры, находящихся на казахстанской территории.

Место для «космической гавани» выбиралось с учётом самых разнообразных факторов. Точка старта должна находиться как можно ближе к экватору для уменьшения затрат топлива при запуске геостационарных спутников. Трассы полета средств выведения не должны пролегать над густонаселёнными районами. Зоны отчуждения под поля падения отделяемых частей носителей должны располагаться только на территории России, а их число необходимо минимизировать.

Соответственно, космодром следует строить по возможности ближе к океанскому побережью, учитывая наличие энергетической, транспортной и промышленной инфраструктуры, сейсмические и погодные условия.

Во время первого поиска места для дальневосточного космодрома наиболее оптимальными представлялись два района - город Углегорск в Амурской области (где расположен космодром Свободный) и Советская Гавань на побережье Тихого океана.

Оба района имели приблизительно равную функциональность, причём по-

					ВКР.155493.09.04.01.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		21

следний был даже несколько предпочтительнее из-за близости к океану (отработавшие ступени могли падать в нейтральных водах), но первый находился в лучших сейсмических условиях. Его в конечном итоге и выбрали. 6 ноября 2007 года Президент В.В. Путин подписал указ о строительстве космодрома Восточный вблизи Углегорска. С этого момента начались рекогносцировочные и расчётно-сметные работы, а также решались различные организационные вопросы.

Роль новой стартовой площадки не сводилась лишь к выполнению пусковых кампаний и обеспечению независимого доступа в космос. Эти задачи сами по себе важны, но отнюдь не единственны. Строительство и эксплуатация космодрома должны были улучшить демографическую и социально-экономическую ситуацию на российском Дальнем Востоке, а также обеспечить развитие местной промышленной базы, в том числе путём привлечения инвестиций отечественного и иностранного частного капитала. Например, председатель Наблюдательного совета некоммерческого «Института демографии, миграции и регионального развития» Ю.В. Крупнов рассматривал Восточный как важный фактор реализации Государственной программы по переселению соотечественников.

Не менее важным было и то, что вместе со строительством предполагалось изменить практически всю материально-техническую часть отечественной космонавтики, провозгласив лозунг «Новому космодрому - новую ракету и новый космический корабль!» Разумеется, обновление парка средств выведения требовало технического перевооружения отрасли. Таким образом Восточный становился системообразующим проектом, призванным стать локомотивом для теряющей конкурентоспособность отечественной ракетно-космической промышленности.

В основу космодрома ставилась совершенно новая ракета-носитель среднего класса повышенной грузоподъёмности (РН СКПГ), создаваемая в рамках опытно-конструкторской работы (ОКР) «Русь-М», и пилотируемый перспективный транспортный корабль нового поколения ПТК НП. Вместе они образовывали Перспективную пилотируемую транспортную систему ППТС.

В начале 2009 года Роскосмос объявил конкурсы на эскизное проектирование носителя «Русь-МП» и корабля ПТК НП. Технические требования к ракете

					<i>ВКР.155493.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		22

строились на результатах проектных проработок РКК «Энергия», учитывая предложения ГРЦ и «ЦСКБ-Прогресс». В марте 2009 года триумвират этих предприятий и выиграл конкурс, получив контракт стоимостью около 375 млн руб. Предложение ГКНПЦ («Ангара-А5П») было отвергнуто.

Весной 2009 года конкурс на эскизное проектирование ПТК НП выиграла «Энергия», обойдя Центр Хруничева, представивший вариант развития концепций, разработанных с участием предприятия в 1960 - 1980 годах. Первоначально новый корабль делался в двух основных вариантах: околоземный (для снабжения Международной космической станции, МКС) и лунный - для выхода на окололунную орбиту. Первый должен был обеспечить полет шести космонавтов плюс возвращение на землю груза массой 500 кг, а второй - отправить к Луне четверых космонавтов плюс 100 кг груза. Кроме базовых, в состав ППТС должны были входить корабли для автономных (научных, прикладных, туристических) полётов, спасатель, беспилотный грузовик, а также беспилотный грузовозвращающий корабль.

Первый пуск «Руси-МП» с Восточного планировался на 2015 год, а первый пилотируемый полёт - на 2018 год. Для реализации проекта на новом космодроме предполагалось построить два универсальных стартовых комплекса с соответствующей технической инфраструктурой. На втором этапе к носителю должна была присоединиться Многоцветная ракетно-космическая система (МРКС-1) с крылатой первой ступенью, способная выводить на низкую орбиту полезные нагрузки массой от 20 до 60 т. На третьем этапе на Восточном возводилась инфраструктура для пусков сверхтяжёлых носителей.

Под эти планы формироваться системный проект нового космодрома. В 2011 году велось техническое и эскизное проектирование, из федерального бюджета пришли первые 1,4 млрд рублей на прокладку железных и автомобильных дорог, монтаж линий электропередач и промышленной эксплуатационной базы. На первый этап строительства - создание обеспечивающей инфраструктуры - до 2015 года из федеральной целевой программы «Развитие космодромов» было выделено 81 млрд рублей, из «Федеральной космической программы» - ещё 92 млрд

					<i>ВКР.155493.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		23

руб. Общую стоимость проекта оценивали в 300 млрд рублей.

Работа набирала обороты, казалось - всё идёт по плану. В 2011 году началась расчистка стройплощадки, завершился не только эскизный, но и технический проект «Руси-М» и ПТК НП. И тут, как гром среди ясного неба, грянуло «перформативное» всего проекта Восточный. Его инициатором выступил В.А. Поповкин, с апреля 2011 года возглавивший Роскосмос. Уже осенью, выступая в Госдуме, он сообщил о решении закрыть «Русь-М».

Решение было нелёгким, ведь именно под эту ракету «рисовался» облик космодрома. Среди причин пересмотра проекта В.А. Поповкин назвал чрезмерное потребное финансирование и отсутствие видимых преимуществ перед «Ангарой». Как же так? Ведь всего два года назад «Русь-МП» с триумфом выиграла конкурс, обойдя ту же «Ангару-5П»!

Ответ на этот вопрос был очевиден – вместо высокотехнологичной, престижной, но труднореализуемой «Руси-М» перейти на проверенный временем «Союз-2» и ... «Ангару». Последняя к тому моменту практически завершала цикл наземной экспериментальной отработки и выходила на этап лётно-конструкторских испытаний. Для ускорения процесса в проекте Восточного было решено воплотить наработки, полученные в ходе разработки наземной инфраструктуры для «Руси-М».

После расстановки приоритетов строительство стало набирать темпы. Возведение объектов началось в июле 2012 года. На территории космодрома должны вырасти свыше 500 зданий и сооружений, необходимо построить аэродром, кислородно-азотный и водородный заводы для получения компонентов ракетного топлива на месте. Кроме того, надо развернуть современный измерительный комплекс, проложить 115 км автомобильных и 125 км железных дорог, включая ветку от станции «Ледяная» Транссибирской железной дороги. Для специалистов космодрома и их семей возводится наукоград Циолковский, рассчитанный на 20-30 тысяч человек. В городе планируется ввести в строй около 30 объектов социально-культурного и бытового назначения, а также 42 многоэтажек для проживания специалистов космодрома и их семей. В перспективе Циолковский должен стать

Объекты первой очереди космодрома, обеспечивающие подготовку и запуск космических аппаратов научного, народно-хозяйственного, двойного и коммерческого назначения были построены и введены в эксплуатацию в конце 2015 - начале 2016 года.

Последующие этапы развития Восточного связаны со строительством и вводом в строй технического и стартового комплексов ракеты «Ангара», а также с началом пилотируемых полётов и реализацией российской лунной программы. Второй этап должен начаться в 2016 году, первые пуски намечены на 2021 год. Пусковая инфраструктура для «Ангары» будет создаваться с учётом опыта, полученного в Плесецке (и наоборот - решения, реализованные в ТКК Восточного, найдут применение на северном космодроме). С универсального стартового комплекса смогут взлетать все ракеты семейства, в том числе тяжёлая грузовая «Ангара-А5», пилотируемая «Ангара-А5П» и «лунная» «Ангара-А5В». В конструкции старта будет учтено использование первого российского кислородно-водородного разгонного блока КВТК, а также пилотируемых кораблей ПТК НП.

В перспективе Восточный рассматривается как площадка для пилотируемых полётов в дальний космос. Для этого после 2025 года возможно создание на космодроме стартового комплекса для ракеты-носителя сверхтяжёлого класса, с параметрами которой Роскосмос должен определиться в этом году.

2. ПРОГРАММНО ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

2.1 Обоснование выбора средств разработки. Программное обеспечение

Для реализации проекта было выбрано наиболее актуальное программное обеспечение, которое позволяет максимально эффективно решить поставленные задачи.

Основные критерии выбора программного обеспечения:

1. **Функциональность.** Функциональность программного обеспечения – способность программного продукта выполнять набор функций определенных в его внешнем описании и удовлетворяющих заданным или подразумеваемым потребностям пользователей;
2. **Удобство в использовании.** Эргономическая характеристика степени удобства программного обеспечения для применения пользователями при достижении определённых целей;
3. **Технические характеристики.**

2.2 Средства моделирования рельефа местности

Как можно предположить из названия этого программного продукта MicroDEM работает с цифровыми моделями рельефа и всевозможными возвышенностями формата (DEM), в отличие от своего аналога 3DEM.

MicroDEM содержит огромный набор инструментария и работа с ними в отличие от 3DEM и включает в себя другие широкие возможности не связанные с DEM. Даже человеку не знакомому с геоинформационными системами стоит ознакомиться с данным программным продуктом. Провести несколько небольшие анализы рельефа той или иной местности.

MicroDEM был разработан профессор океанографии в Военно-морской академии США Питером Гутцам. Первая версия программного продукта появилась порядка двадцати лет назад. MicroDEM распространяется по лицензии freeware и не требует, каких либо сертификатов на лицензию. Программа регулярно дорабатывается и обновляется, в среднем обновления выходят каждый месяц. Основной язык программирования Delphi. Так-же можно скачать с официального сайта

					ВКР.155493.09.04.01.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		27

в ручную файлы обновлений, которые выходят чаще, чем финальные сборки MicroDEM. Автор отмечает, что программа находится в постоянном Альфа тестирование, и что могут возникать непредвиденные ошибки, и не корректная работа программы в целом. В настоящее время программа разрабатывается для семейства операционных систем Windows, но так же её не составляет труда и запустить на Linux по средствам эмуляции WINE.

Основной список возможностей MicroDEM:

1. Работа с цифровыми моделями рельефа
2. Обработка спутниковых снимков
3. Работа с топографическими и отсканированными картами
4. Представление карт в векторном виде
5. Доступ к обширной базе данных геоинформационных систем

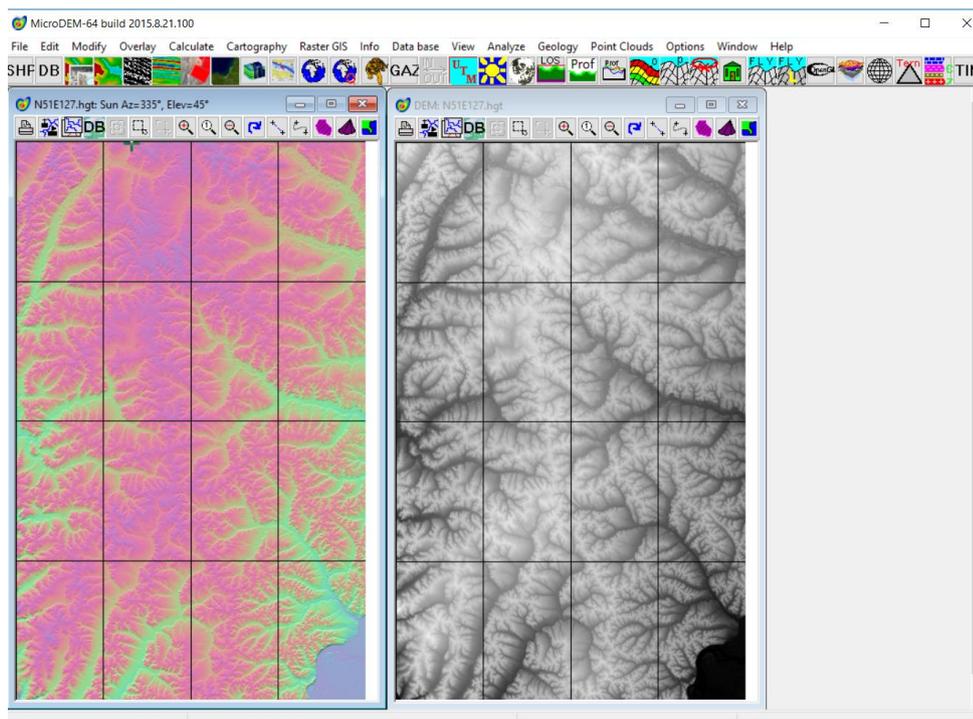


Рисунок 4 – Внешний вид интерфейса MicroDEM

Для работы с DEM картами все, что необходимо это запустить программу и перейти во вкладку File затем в Open DEM. Затем можно редактировать данный рельеф. Получая необходимый результат. На рисунке изображён внешний вид интерфейса MicroDEM.

2.3 Средства моделирования отдельных объектов и сооружений

Для моделирования различных объектов и сооружений были выбраны несколько программных продуктов. А именно многофункциональный пакет Autodesk 3ds Max и не менее функциональный пакет от MAXON Computer GmbH Cinema 4D.

2.3.1 Графический пакет трёхмерного моделирования Autodesk 3ds Max

Autodesk 3ds Max (ранее называемый 3D Studio, затем 3D Studio Max) это программа трехмерной графики, предназначенная для создания анимаций, моделирования, визуализации изображений. Разработчиком является Autodesk Media and Entertainment.

Программа обладает гибкой архитектурой и предназначена для платформы Microsoft Windows. Чаще всего 3ds Max используется разработчиками игр, рекламными студиями, студиями архитектурной визуализации, а также киностудиями для создания визуальных эффектов. С последними версиями 3ds Max также стал поддерживать шейдеры (такие как ambient occlusion и subsurface scattering), динамическую симуляцию, систему частиц, глобальное освещение, создание карт нормалей, настраиваемый пользовательский интерфейс и свой собственный скриптовый язык.

Первая версия 3D Studio была создана для DOS Гэри Уостом и его компанией Yost Group, и выпущена компаний Autodesk. Выпуск 3D Studio сделал предыдущий трехмерный пакет от Autodesk называемый AutoShade устаревшим. После выхода 4 версии 3D Studio для DOS, продукт был переделан под Windows NT и переименован в 3D Studio MAX. Эта версия также была создана Yost Group. Выпуском программы занималась Kinetix, подразделение Autodesk. Продукт был куплен Autodesk после выхода второй версии 3D Studio MAX, и разработка полностью перешла к компании в течение следующих двух релизов. Позднее, продукт был переименован в 3ds max (все буквы строчные). Когда продукт был переиздан (релиз 7), к нему снова добавили логотип Autodesk, сокращенное название изменили на 3ds Max (теперь с прописной буквы), в то время как полное официальное название стало Autodesk 3ds Max.

					ВКР.155493.09.04.01.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		29

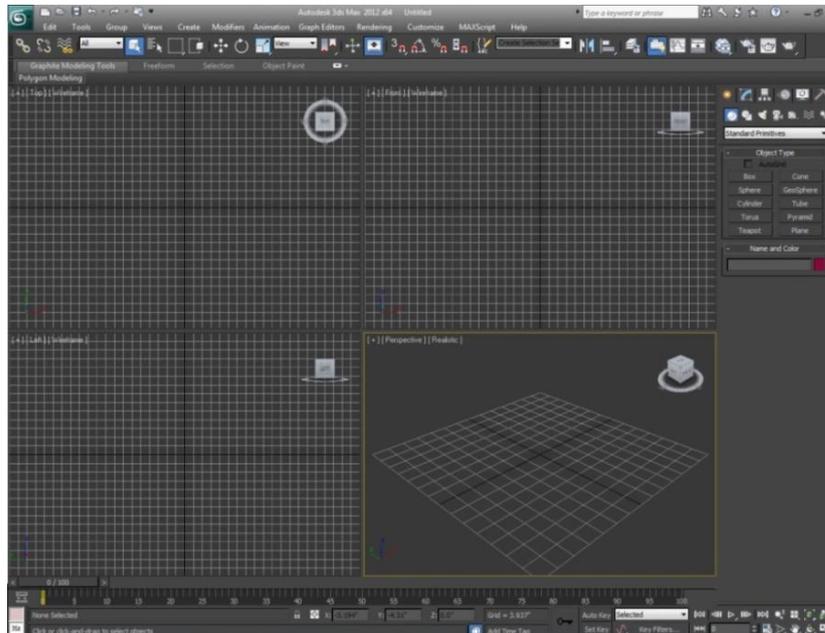


Рисунок 7 – Графический интерфейс программы 3Ds Max

3Ds Max обладает обширной библиотекой трехмерных объектов – сюда входят как стандартные, так и расширенные примитивы. Построение простых геометрических форм занимает считанные секунды – необходимо лишь выбрать нужную модель и ввести необходимые параметры (такие как длина, высота, радиус и т.д.).

Виды графических примитивом представлены в соответствии с рисунком 9.

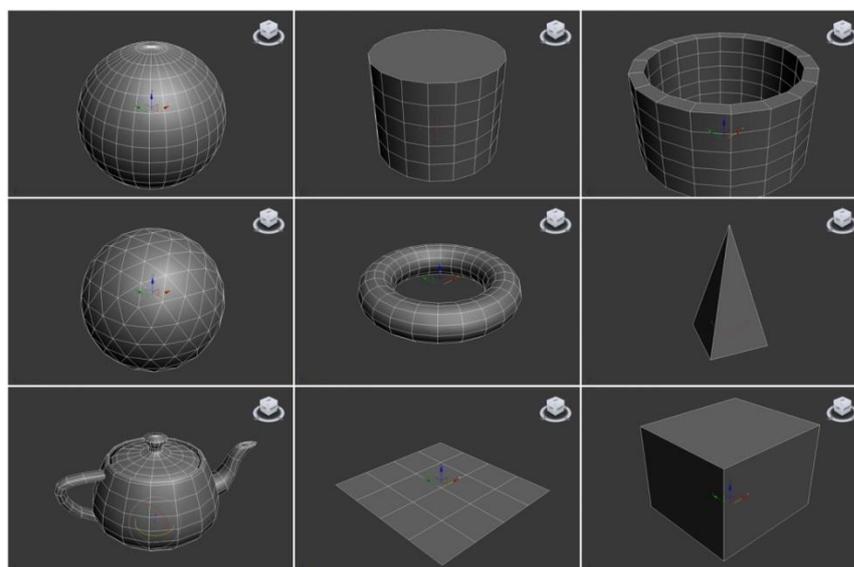


Рисунок 9 – Графические примитивы

Имеются инструменты для работы со сплайнами (моделирование на основе

сплайнов), создание и редактирование которых не составит особого труда благодаря дружественному интерфейсу программы. Невероятно удобной выглядит работа с командами для полигонального моделирования, а также с инструментами для создания поверхностей Безье. Возможность редактирования сетчатых поверхностей на разных уровнях (будь то вершины, сегменты и т.д.) облегчает работу со сложными поверхностями и позволяет добиться максимальной наглядности в их представлении. Большое количество модификаторов с легко настраиваемыми параметрами для работы с геометрией модели помогают воплотить в реальность самые смелые идеи.

В 3Ds Max для создания и настройки свойств материалов служит простой в применении универсальный модуль – редактор материалов. Создание стеклянных или зеркальных поверхностей займет считанные секунды. Сходство с объектами реального мира достигается в процессе визуализации. Есть возможность использовать как встроенный в 3Ds Max визуализатор, так и сторонние визуализаторы, созданные независимыми разработчиками [26].

Интерфейс модуля материалов представлен в соответствии с рисунком 10.

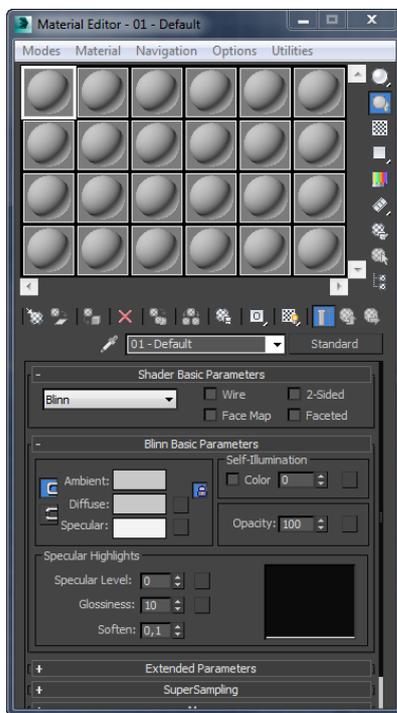


Рисунок 10 – Модуль материалов

Интерфейс программы реализован следующим образом: на рабочую панель вынесены минимальное количество необходимых при работе интуитивно понятных кнопок, для работы с которыми можно пользоваться как привычной для пользователя мышью, так и графическим планшетом [27].

Последние версии программы 3Ds Max содержат абсолютно все необходимые для работы модификаторы. Это группы модификаторов выбора, сеток, полигонов, оптимизации поверхности и многие другие. Применение каждого модификатора подразумевает установку некоторого числа пользовательских параметров, это приводит к тому, что работа в 3Ds Max сравнима с творчеством и открывает перед пользователем неограниченное число возможностей для реализации его задумок.

Также программа имеет модификаторы для имитации волосяного и мехового покрова. Возможности создания эффектов стрижки и причесывания, движения в соответствии с заданными параметрами жесткости, влажности и т.д., а каждую сцену при анимации могут сопровождать звуковые эффекты. Причем программа поддерживает различные звуковые форматы.

3Ds Max содержит модули для работы с различными системами частиц, будь то снег или брызги. Particle Systems (Система частиц) – это совокупность мало-размерных объектов, управляемых по целому ряду параметров. Примерами ситуаций, в которых бывают необходимы системы частиц, могут служить сцены, где требуется смоделировать дождь, снег, дым, огонь, звёздное небо, струи фонтана, искры и тому подобное. В основу управления их характеристиками и динамикой положены реальные физические законы.

Основные особенности пакета:

1. MAXScript это встроенный скриптовый язык, предназначенный для автоматизации повторяющихся действий, комбинации существующего функционала новыми способами, создания новых инструментов и др. Плагины могут создаваться исключительно с помощью MAXScript.

2. Character Studio это плагин, появившийся с четвертой версии программы. Система работает с так называемым biped скелетом, который может быть модифицирован и настроен под модели персонажей и нужды анимации. Также плагин

позволяет работать со слоями, настраивать позы, создавать анимацию по ключевым кадрам, а также совместно использовать данные анимации для разных скелетов biped.

3. Scene Explorer это инструмент иерархического представления данных сцены и их анализ, предназначен для облегчения работы со сложными сценами. Scene Explorer позволяет сортировать, фильтровать и осуществлять поиск по любому типу объекта или свойству (включая метаданные). Добавленный в версии 2008 года, он был первым компонентом, помогающим .NET управляемому коду в 3ds Max за пределами внутреннего скрипт языка.

4. 3ds Max поддерживает работу с текстурами, включая такие функции как тайлинг, отзеркаливание, поворот на нужный угол, экспорт изображения uv развертки и др. Программа позволяет комбинировать неограниченное количество текстур с помощью браузера текстур и материалов с поддержкой drag-and-drop. Также существует возможность копировать материалы, текстуры и цвета. При создании развертки можно воспользоваться одним из быстрых алгоритмов (цилиндрический, сферический или прямоугольный).

5. Быстрый и интуитивный контроль над анимацией по ключевым кадрам – включая такие привычные команды как вырезать, копировать и вставить. Траектории анимации можно просмотреть и отредактировать прямо во вьюпорте.

6. Модификатор Skin может использоваться для достижения полного контроля над скелетной деформацией, чтобы обеспечить плавную деформацию при движении суставов даже в таких сложных областях как плечи. Деформации контролируются с помощью весов вершин, которые можно сохранить или загрузить, что дает возможность переносить их на другие модели.

7. Персонажи могут оснащаться анимационным скелетом при помощи «костей», IK модификаторов и средствами Motion Capture Data. Все анимационные инструменты могут использоваться вместе с набором утилит, созданных специально для работы с «костями», для создания сетапа любой конструкции.

8. В дополнение к модификатору ткани реактора программное обеспечение 3ds Max имеет встроенный движок симуляции ткани, который позволяет

пользователю превращать практически любой трехмерный объект в ткань. Деформации могут записываться в кэш на жестком диске для улучшения производительности.

2.3.2 Программный продукт от MAXON Cinema 4D

Cinema 4D или сокращённо C4D. Одна из самых простых программ в освоение профессионального 3D-моделирования, анимации и визуализации. Разработчиком является немецкая компания MAXON Computer GmbH.

В 1991 году Кристиан и Филипп Лёш создают предшественницу Cinema 4D - программу FastRay – для платформы Amigo. Кристиан и Филипп создали программу трехмерной компьютерной графики в которой можно было делать анимацию. В 1993 году увидел свет новый пакет программы под привычным нам названием CINEMA 4D. Но пока также только для компьютеров Amigo. Однако уже в 1994-м становится понятно, что время Amigo и Atari прошло, и команда разработчиков устремляется к новым высотам. В 1996 году выходит CINEMA 4D V4 одновременно для ряда платформ Windows, Macintosh и Alpha NT. В дальнейшем никаких революционных событий в жизни CINEMA не происходило. Под крылом MAXON она спокойно эволюционировала, разве что в 2000 году немецкая компания Nemetschek AG приобрела 70% акций MAXON Computer GmbH, что в общем-то также никак не сказалось на самой CINEMA.

У CINEMA 4D есть ряд существенных преимуществ. Которые рассмотрены ниже более подробно:

В-первых, русскоязычный сайт компании MAXON. Огромное количество материалов и уроков, рассказывающих о плюсах этого 3D пакета. Масса примеров использования с названиями конкретных клиентов. Подробное описание о нововведениях в последних версиях продукта. Что абсолютно отсутствует у не менее популярного пакета для трёхмерного моделирования от Autodesk 3ds Max.

Во-вторых, CINEMA 4D имеет мультиплатформенность и сразу появляется на ряде операционных систем от Windows и до Mac OS. Обладает семью наградами Macworld/MacUser и признан компанией Apple стандартом для работы

					ВКР.155493.09.04.01.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		34

с 3D графикой и анимацией на платформе Mac.

В-третьих, CINEMA 4D достаточно простая программа для изучения трёхмерного моделирования. CINEMA 4D существенно проще и понятней чем 3ds Max благодаря полному русскому интерфейсу. Как следствие из всего выше перечисленного, CINEMA 4D идеально подходит для начинающих и студентов.

CINEMA 4D обладает крайне удобной масштабируемостью. С выходом 12-й версии, MAXON больше не предоставляет модули к продаже. Вместо этого, Cinema 4D теперь доступна в шести вариантах, описанных ниже:

Lite

Упрощённый пакет Cinema 4D поставляющийся в комплекте с Adobe After Effects, начиная с версии CC. Предназначен для создания несложной трёхмерной анимации и использования трёхмерных объектов в композиции After Effects.

Prime

Обладает основным набором инструментов для моделирования, текстурирования, анимации и рендеринга. Также включает в себя все инструменты, ранее доступные только в BodyPaint 3D.

Broadcast

Пакет содержит в себе все функции Prime, а также инструменты предназначенные для создания анимационного дизайна для телевидения и видео-производства. Среди этих инструментов система создания клонов и работы с ними «MoGraph», а также некоторые функции динамики, дополнительные шейдеры и расширенные функции визуализации. В комплекте поставки имеются обширные библиотеки объектов, материалов, звуковых файлов и прочих сцен и установок.

Visualize

Пакет содержит в себе все функции Prime, а также обладает дополнительным набором инструментов для визуализации. В комплекте поставки имеются обширные библиотеки объектов, источников света и прочих сцен и установок. Целевая группа - архитекторы, инженеры и дизайнеры.

Studio

Пакет обладающий полным набором инструментов Cinema 4D, включает в

себя всё то, что содержится в Prime, Broadcast и Visualize, а также другие функции, не доступные ни в одном из других пакетов. Также имеется расширенный набор заготовок, сцен с примерами и прочие заготовки.

BodyPaint 3D

Пакет, целевую группу которого составляют художники по текстурам и по созданию «Matte Painting».

Помимо основной программы, которая содержала в себе основные инструменты для моделирования, текстурирования, анимации и рендера, существовали также и модули, которые позволяли пользователю получить более специализированные инструменты и функции программы.

Advanced Render - модуль, предоставляющий расширенные возможности для визуализации сцен.

BodyPaint 3D - инструментарий для создания развёрток UV и текстурных карт.

Dynamics - модуль для симуляции динамики твёрдых и мягких тел.

HAIR - модуль для создания волос.

МОССА - модуль, предназначенный для работы над анимацией персонажей. Включает в себя систему симуляции тканей, морфинг, различные деформаторы, инструменты для создания рига, и многое другое.

MoGraph - модуль, предназначенный для генерации и анимации объектов. Заточен для создания анимационного дизайна.

NET Render - модуль, позволяющий просчитывать анимацию в рендер-ферме

PyroCluster - инструментарий для создания волюметрических эффектов. Дым, пыль.

Sketch and Toon - модуль, позволяющий создать нефотореалистическую визуализацию сцены.

Thinking Particles - модуль, включающий в себя нодовую систему управления частицами.

Также у MAXON существуют различные пакеты. Например MAXON

					ВКР.155493.09.04.01.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		36

CINEMA 4D более корректно совместима с ArchiCAD, чем 3ds Max или другие программы 3D графики. А для архитекторов визуализация это крайне важна. Исторически сложилось так, что ArchiCAD занимает не меньше половины этого сегмента рынка.

Cinema 4D поддерживает следующие ряд языков программирования:

Python - Код можно использовать в менеджере для создания скриптов и плагинов, а также в объектах, тегах, узлах Xpresso и в других функциях программы.

C.O.F.F.E.E. - скриптовый язык программирования. Встречается только в программах Cinema 4D и BodyPaint 3D. Код можно использовать в менеджере для создания скриптов и плагинов, а также в объектах, тегах, узлах Xpresso и в других функциях программы.

Xpresso - нодовая система программирования. Система основана на графическом интерфейсе. Представляет собой набор узлов обладающих входными и выходными портами. Узлы являются отдельными функциями. Порты узлов можно соединять между собой, что приводит к последовательному просчёту функций. Новые узлы можно создавать наподобие плагинов при помощи C++. Выражения Xpresso назначаются объектам с помощью тега Xpresso, содержащего в себе менеджер по работе с узлами Xpresso. Среди узлов имеются как основные узлы программирования, так и специальные узлы для работы с Thinking Particles, динамикой, волосами и MoGraph. Также имеются два отдельных узла Python и C.O.F.F.E.E., в которых можно создавать код на соответствующих языках и тем самым расширять возможности Xpresso.

Cinema 4D Studio имеет следующий список форматов файлов для импорта и экспорта поддерживаются.

3D Studio (*.3ds)

Alembic (*.abc)

COLLADA 1.4, 1.5 (*.dae)

DEM (*.dem)

Direct 3D (*.x)

DWG (*.dwg)

DXF (*.dxf)
FBX (*.fbx)
IGES (*.igs)
Illustrator (*.ai)
LightWave (*.lwo)
RIB (*.rib)
SketchUp (*.skp)
STL (*.stl)
VRML 2 (*.wrl)
OBJ (*.obj)

Кроме встроенного рендера Cinema 4D может работать и со сторонними рендерами, как встраиваемыми непосредственно в саму среду программы, так и с помощью коннекторов. Часть из сторонних рендеров напрямую поддерживаются через встроенный в пакеты Cinema 4D Visualize, Cinema 4D Studio и BodyPaint 3D коннектор CineMan.

2.4 Среда сборки программного изделия

Средой для сборки данного программного изделия послужила платформа Unity 3D.

Unity 3D – это кроссплатформенный движок, разработанный компанией Unity Technologies. Широкое применение получил в разработке компьютерных видео игр и всевозможных симуляторов для различных консолей и мобильных устройств. Впервые был представлен на Всемирной конференции разработчиков Apple в 2005 году исключительно для операционной системы OS X. С тех пор и до сегодняшнего момента получил широкое распространение более чем на 27 целевых платформах. На данный момент времени вышло 5 версий основного продукта. Шестая версии находится в настоящее время в бета-тестирование.

В 2006 году на конференции WWDC (Worldwide Developers Conference), Apple назвала Unity 3D как одним из лучших графических игровых платформ для разработки на операционную систему Mac.

Unity 3D позиционируется как платформа для разработки 2D и 3D приложе-

ний, с возможностью работать с различными объектами и скриптами, используя при этом 3 основных языка программирования для этих целей.

Unity 3D нацелен на разработку следующих API (Application Programming Interface):

1. Direct3D и Vulkan для платформ Windows и Xbox 360;
2. Поддержка OpenGL на платформах Mac и Linux;
3. Поддержка OpenGL ES на Android и iOS;
4. Собственный API на различных игровых консолях.

В 2D приложениях, Unity 3D позволяет импортировать различные спрайты и работать в 2D открытом мире. Для 3D приложений Unity 3D позволяет работать с сжатием графики для различных игровых платформ, что существенно оптимизирует работу с проектом в целом.

Unity 3D позволяет работать с:

1. Рельефом
2. Отражениями
3. Параллаксом
4. Окклюзией (SSAO)
5. Динамическими тенями, используя карту теней
6. Полноэкранные эффектом пост-обработки

Программный продукт от Unity 3D представлен в виде четырёх основных лицензий:

1. Personal
2. Plus
3. Pro
4. Enterprise

Во всех перечисленных программных пакетах можно в полной мере реализовать любой проект. Единственным отличием заключается, если в дальнейшем разрабатываемое приложение планируется использовать в коммерческих целях. И максимальный лимит разрабатываемого проекта в бесплатной версии Personal составляет \$100,000.

объекты – объекты, которые не имеют модели («пустышки»). Объекты, в свою очередь содержат наборы компонентов, с которыми и взаимодействуют скрипты.

Также у объектов есть название (в Unity допускается наличие двух и более объектов с одинаковым названиями), может быть тег (метка) и слой, на котором он должен отображаться. Так, у любого объекта на сцене обязательно присутствует компонент Transform – он хранит в себе координаты местоположения, поворота, и размеров объекта по всем трём осям. У объектов с видимой геометрией также по умолчанию присутствует компонент Mesh Renderer, делающий модель объекта видимой. К объектам можно применять коллизии (в Unity т. н. коллайдеры – collider).

Коллайдер – это область пространства, при взаимодействии с которой выполняются те или иные скрипты или действия.

Существует несколько типов коллайдеров:

1. Character controller – вид физической модели, созданный специально под использование его для игровых персонажей;
2. Box collider (физическая модель образует куб, в который попадает вся модель объекта);
3. Sphere collider (физическая модель образует сферу, в которую попадает вся модель объекта);
4. Capsule collider (физическая модель образует капсулу, в которую попадает модель объекта. В отличие от предыдущего типа размеры можно менять и по одной, и по трём осям сразу);
5. Mesh collider (физическая модель полностью повторяет реальную геометрию объекта);
6. Wheel collider (физическая модель колеса);
7. Terrain collider – тип физической модели, созданный специально для использования на объекте типа Terrain – земля, генерируемая редактором Unity 3D с возможностями скульптинга и окрашивания местности.

Также Unity 3D поддерживает физику твёрдых тел и ткани, а также физику типа Ragdoll (тряпичная кукла).

					ВКР.155493.09.04.01.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		42

В редакторе имеется система наследования объектов; дочерние объекты будут повторять все изменения позиции, поворота и масштаба родительского объекта. Скрипты в редакторе прикрепляются к объектам в виде отдельных компонентов. При импорте текстуры в Unity 3D можно сгенерировать alpha-канал, mirror-уровни, normal-map, light-map, карту отражений, однако непосредственно на модель текстуру прикрепить нельзя будет создан материал, которому будет назначен шейдер, и затем материал прикрепится к модели. Редактор Unity 3D поддерживает написание и редактирование шейдеров. Редактор Unity 3D имеет компонент для создания анимации, но также анимацию можно создать предварительно в 3D-редакторе и импортировать вместе с моделью, а затем разбить на файлы.

Помимо пустого игрового объекта и моделей, на сцену можно добавлять ещё такие объекты типа GameObject:

1. Система частиц;
2. Камера;
3. GUI;
4. Различные источники света;
5. Стандартные примитивы;
6. Деревья;
7. Terrain.

Unity 3D поддерживает систему Level Of Detail, суть которой заключается в том, что на дальнем расстоянии от игрока высокодетализированные модели заменяются на менее детализированные, и наоборот, а также систему Occlusion culling, суть которой в том, что у объектов, не попадающих в поле зрения камеры не визуализируется геометрия и коллизия, что снижает нагрузку на центральный процессор и позволяет оптимизировать проект. При компиляции проекта создается исполняемый (.exe) файл игры (для Windows), а в отдельной папке-данные игры (включая все игровые уровни и динамически подключаемые библиотеки).

Графический движок поддерживает множество популярных форматов, таких как:

1. .3ds, .max, .obj, .fbx, .dae, .ma, .mb для трёхмерных моделей;

2. .mp3, .wmv, .ogg для звуковых файлов;
3. .bmp, .gif, .png, .tga, .psd, .tif, .dds для изображений;
4. .mov, .ovg для видеофайлов.

Модели, звуки, текстуры, материалы, скрипты можно запаковывать в формат .unityassets и передавать другим разработчикам, или выкладывать в свободный доступ.

Этот же формат используется во внутреннем магазине Unity Asset Store, в котором разработчики могут бесплатно и за деньги выкладывать в общий доступ различные элементы, нужные при создании игр. Чтобы использовать Unity Asset Store, необходимо иметь аккаунт разработчика Unity 3D. Графический движок имеет все нужные компоненты для создания мультиплеера. Также можно использовать подходящий пользователю способ контроля версий.

2.5 Техническое обеспечение

Анализ аппаратного обеспечения.

Все рабочие станции, которые удовлетворяют потребностям пользователей для решения их функциональных задач должны обладать следующими минимальными характеристиками:

1. Процессор с частотой от 1,3 ГГц или более;
2. Оперативная память объемом от 1 Гб или более;
3. Жесткий диск объемом не менее 40 Гб;
4. ЖК-монитор 17", допустимы и ЭЛТ-мониторы;
5. Устройства ввода-вывода (мышь, клавиатура);
6. Сетевой адаптер со скоростью подключения к сети 100 Мбит/сек.

Анализ программного обеспечения.

На рабочих станциях установлено следующее программное обеспечение:

1. Операционная система Microsoft Windows XP/7;
2. Антивирусное ПО Kaspersky Internet Security 2016;
3. Браузеры Internet Explorer, Google Chrome;
4. Наличие обновленных библиотек Direct X.

РЕАЛИСТИЧНАЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КОСМОДРОМА ВОСТОЧНЫЙ

3.1 Воссоздание рельефа местности космодрома Восточный

Рельефом местности называется совокупность неровностей земной поверхности. Геометрию поверхности можно представить в виде макрорельефа и микрорельефа. К макрорельефу относятся горы, котловины, хребты, лоцины. Микрорельеф представляет собой более полное описание и характеристики макрорельефа. Подавляющее количество регулярных и нерегулярных цифровых моделей рельефа предполагает при математическом моделировании линейную интерполяцию высот между смежными точками моделей. В данный период времени широко используется цифровая модель рельефа, полученная из векторизованных горизонталей. Распространенность использования этой модели определяет большое количество аналогических карт, из которых векторизуются горизонтали. Огромным недостатком данной модели является то, что если значения высот слишком далеки от своих соседей, результирующий ландшафт будет содержать глубокие впадины и высокие пики.

Ещё одним распространённым подходом в реализации рельефа является сплайновый метод, при котором математическая модель рельефа рассматривается как составная поверхность. Основная идея данного подхода заключается в том, что сплайновые поверхности и кривые однозначно определяются массивом точек, причем расположение самих точек в пространстве и их нумерация, как правило, не связаны; изменение одной из вершин влечет за собой изменение только 16 фрагментов поверхности, в определении которых участвует эта точка. При использовании сплайн-поверхностей возникает трудность в использование четко выраженной математической модели, и, следовательно, невозможностью задания параметрических преобразований объекта.

В отличие от перечисленных методов, построение рельефа местности с использованием карты высот лишены указанных недостатков. Данный метод позволяет моделировать рельефы местности любой сложности. Весь рельеф

					<i>ВКР.155493.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		45

отображается на самом высоком уровне детального представления.

Карты высот - это двумерные карты, используемые для хранения высот ландшафта. Обычно они хранятся как 8-разрядные изображения с градациями серого, где каждая точка изображения хранит высоту ландшафта в соответствующей позиции. Изображение карты высот представлено на Рисунке 11.

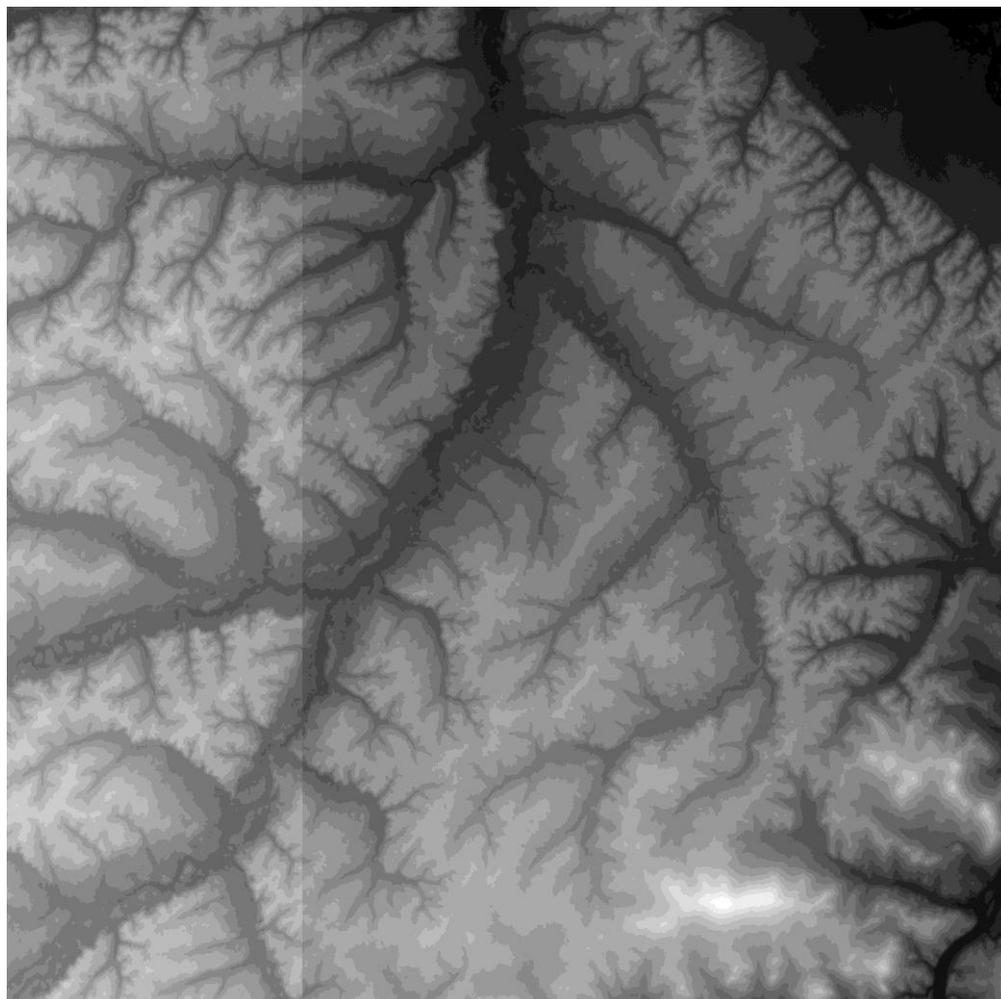


Рисунок 11 – Пример карты высот

Для построения ландшафта из карты высот первым делом необходимо построить сетку вершин той же размерности, что и у карты высот, а затем использовать значение высоты каждой точки (пикселя) из карты высот как высоту для вершины в сетке вершин. Например, можно использовать карту высот разрешением 6×6 пикселей для смещения высоты каждой вершины в сетке вершин 6×6 .

Помимо местоположения, каждая вершина сетки содержит другие атрибуты, необходимые для визуализации, такие как нормаль и координаты текстуры. На Рисунке 12. показана сетка вершин 6×6 , созданная в мировой плоскости XZ, где высота каждой вершины задается по мировой оси Y.

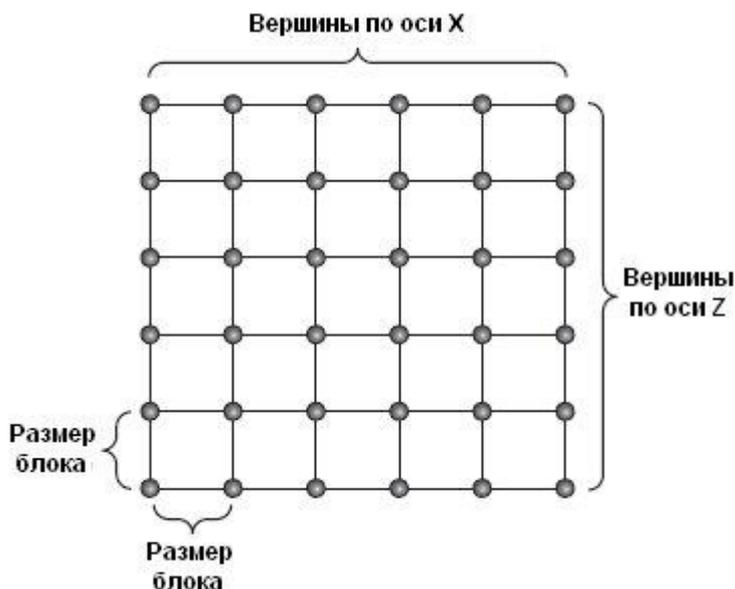


Рисунок 12 – Сетка вершин 6×6 , созданная в плоскости XZ

В сетке вершин необходимо определить расстояние между каждой парой вершин (по вертикали и по горизонтали). На Рисунке 12. это расстояние называется «размер блока». Меньшее расстояние между вершинами позволяет сгладить перепады между высотами вершин, но уменьшает размер сетки, в то время как большое расстояние между вершинами увеличивает размер сетки, но может привести к резким перепадам между высотами вершин. Таким образом, если расстояние между каждой парой вершин составляет 1 метр, общий размер сгенерированного ландшафта будет 255×255 метров.

Карта высот ландшафта обычно хранится в 8-разрядном изображении, ее значения высот варьируются от 0 до 255, где 0 (черный цвет) представляет самую низкую высоту вершины, а 255 (белый цвет) представляет максимально возможную высоту вершины. Данный интервал можно расширить, используя коэффициент масштабирования, который умножается на заданное значение высо-

ты, увеличивая его диапазон. Это обеспечивает большой интервал высот, но с меньшей точностью между значениями. На Рисунке 13 показан трехмерный ландшафт, построенный из карты высот, визуализированный в каркасном (сверху) и сплошном (снизу) режимах.

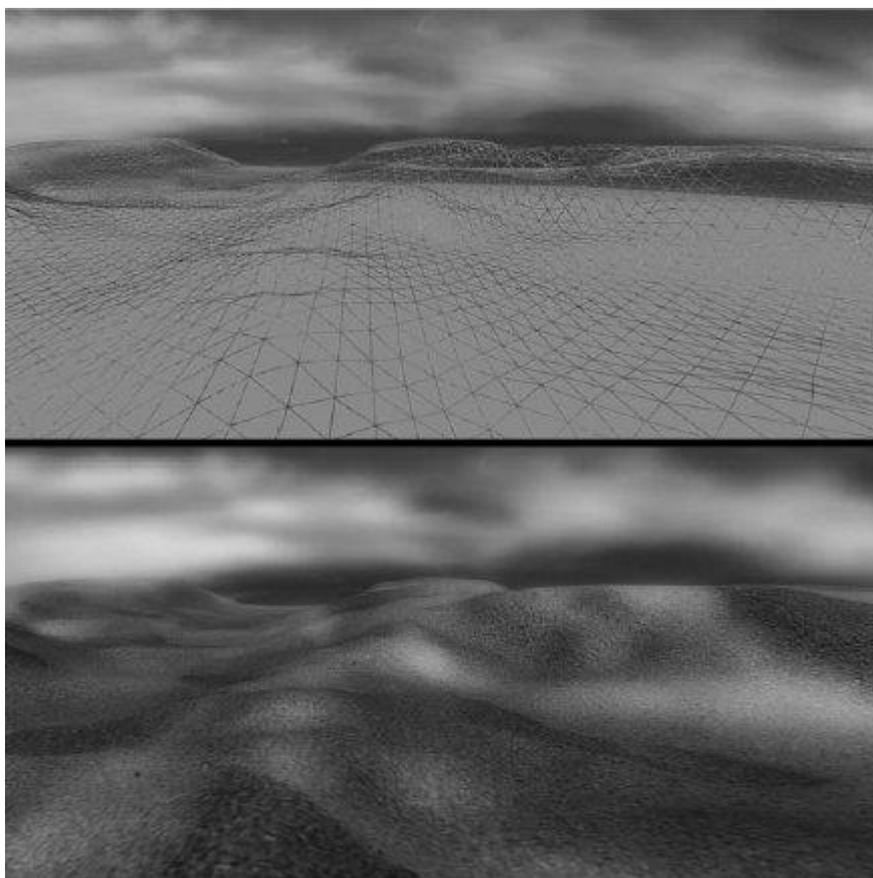


Рисунок 13 – Ландшафт, сгенерированный из карты высот

Для визуализации ландшафта, показанного на Рисунке 13, для каждой вершины были вычислены нормали и координаты текстуры, что позволило правильно освещать и текстурировать ландшафт.

3.1.1 Создание ландшафта по карте высот

Создание ландшафтной местности на различных платформах всегда требует большого объема работ и затрат времени, тем более если производится создание ландшафт с какой-нибудь реальной местности. Для упрощения этих работ в Unity5 есть функция импорта ландшафтной местности из других программ. Рассмотрим подробнее создание ландшафт реальной местности.

Первым делом необходимо перейти на сайт terrain и сохраним участок местности, который нас интересует.

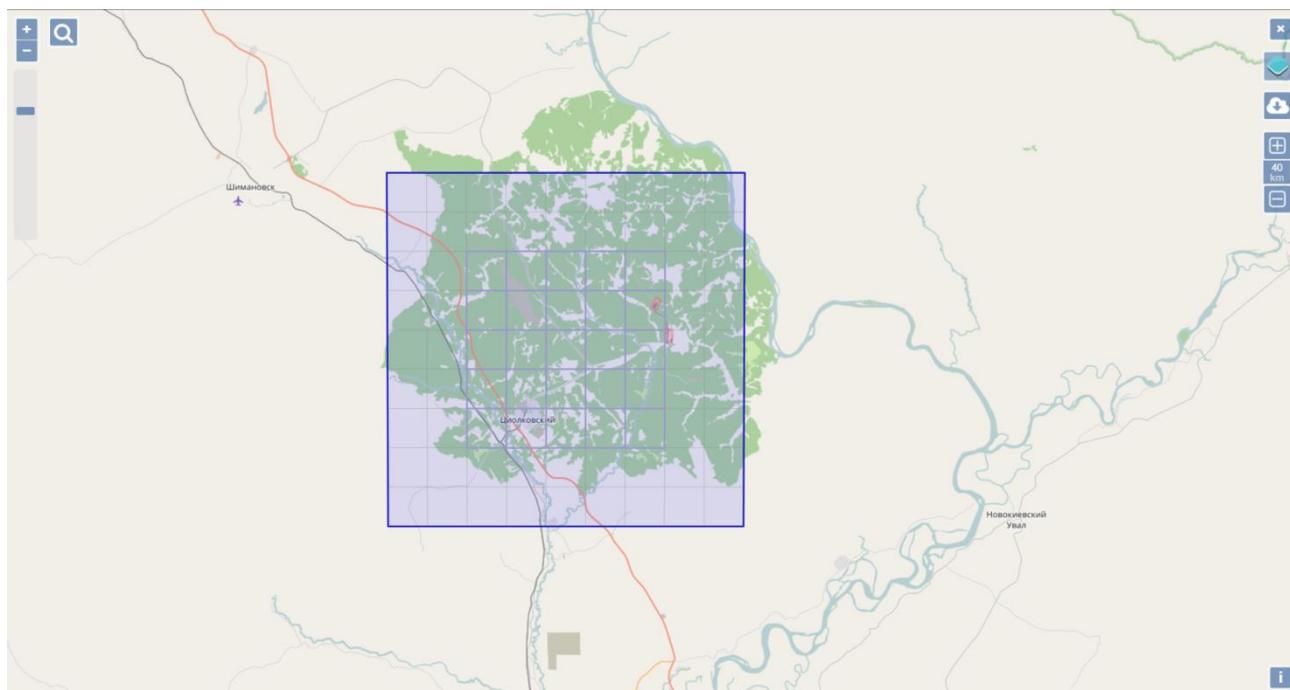


Рисунок 14 – Выбранная область космодрома Восточный

После выбора необходимого участка его необходимо отмасштабировать до максимума, дальше задать интересующую нас площадь для экспортирования карты высот.

После чего сохраняется архив, содержащий карты высот разных форматов и качества. Необходимо выбрать карту формата SRTM3.

После всех проделанных манипуляций переходим к следующему программному продукту GeoControl. С помощью данного ПО производится преобразование карты высот в другой формат и так-же есть возможность визуально ознакомиться с будущим ландшафтам. Настройки программы можно оставить стандартные.

Первым делом, необходимо импортировать текстуру формата SRTM3 в данную программу, сделать это очень просто нажмите.

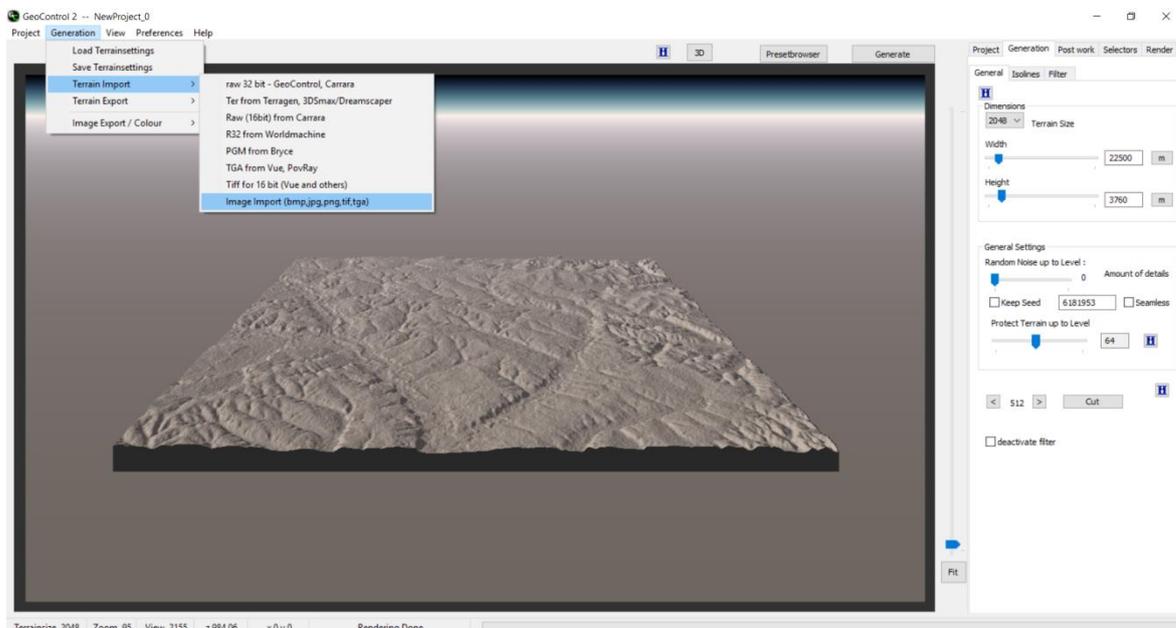


Рисунок 15 – Импортирование текстуры формата SRTM3

После чего можно визуально увидеть сгенерированный ландшафт. После незначительный надстроек над текстурой, её необходимо экспортировать в формат Raw(16bit)forCarrara.

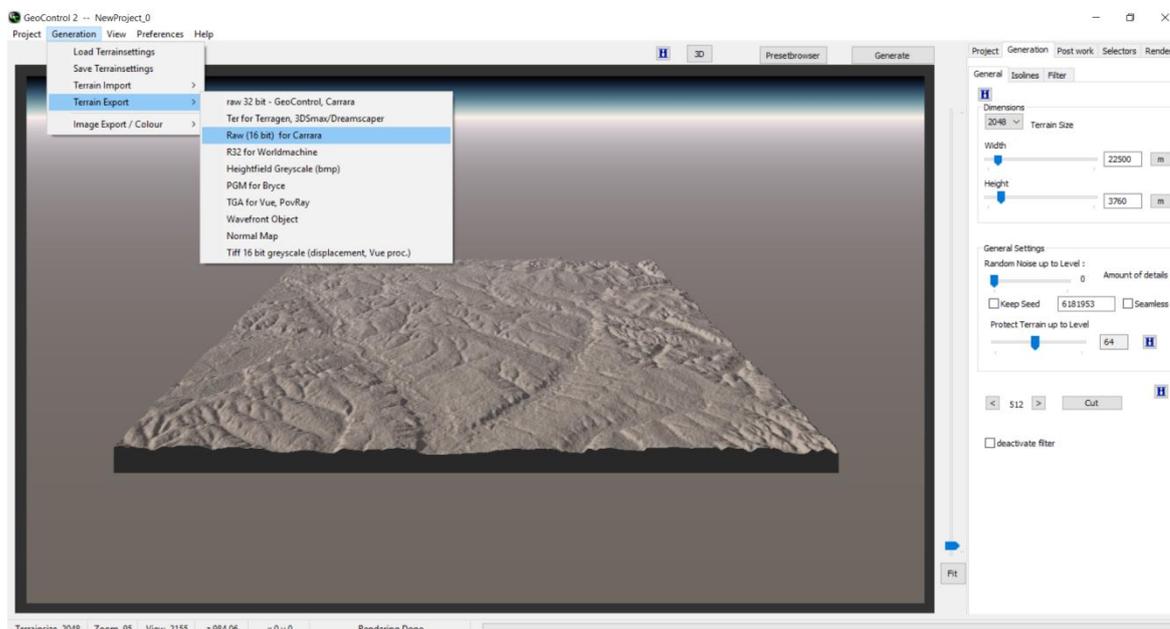


Рисунок 16 – Экспортирование карты высот формата RAW

Последним программным продуктом выступит непосредственно сама платформа Unity5. При помощи, которой и будет генерироваться ландшафт по карте

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

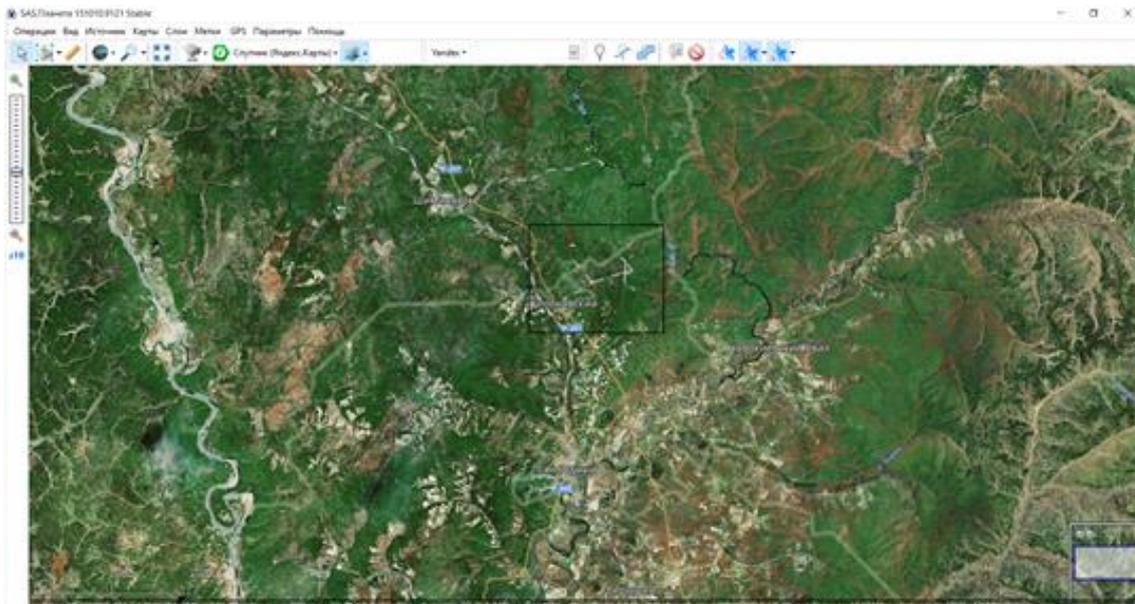


Рисунок 18 – Интерфейс приложения SAS.Планета

После скачивания всех необходимых фрагментов карта склеивается в одно изображение.

Следующим шагом необходимо сопоставить карту высот с недавно скаченной текстурой карты. Проще всего это реализовать в многофункциональном графическом редакторе Adobe Photoshop. Пример отредактированной текстуры представлен на Рисунке 19.

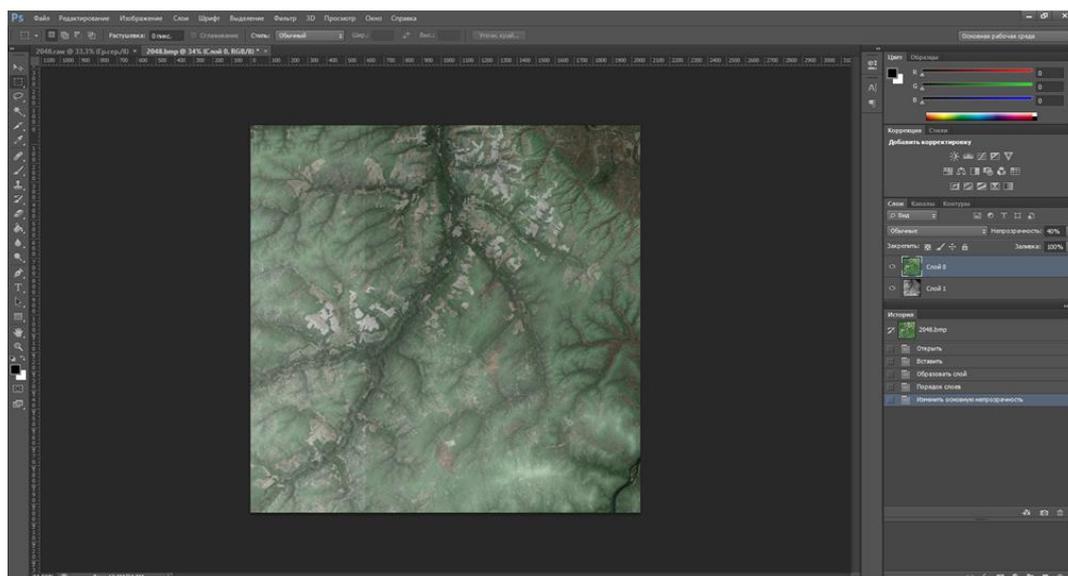


Рисунок 19 – Сопоставленная текстура карты

му сплайновое моделирование – это моделирование математически гладкими линиями - сплайнами.

Полигональное моделирование – это расстановка углов, вершин многоугольников в трёхмерном пространстве. В этом случае нужная гладкость получается увеличением количества прямых (плоских) участков. Существуют операции сглаживания (smooth) вершин, поэтому результат полигонального метода тоже может выглядеть гладким, однако добиться высокой точности поверхности в реальности затруднительно.

3.2.1 Методы создания трёхмерных моделей

Создание трехмерных моделей городского пространства становится все более популярным в геоинформационных системах. Основное их преимущество заключается в значительной степени повышения эффективности, решения широкого спектра задач в градостроительстве, архитектурном планировании и при создании систем навигации.

Основная классификация трехмерного моделирования по степени автоматизации не претендует на полноту. Технологии трехмерного моделирования за свое короткое существование претерпели ряд изменений. Такое прогрессивное развитие обуславливается в первую очередь, тем - что начали появляться всевозможные воздушные лазерные сканеры и аэрофотокамеры.

Охватить все предлагаемые методики не представляется возможным, однако их можно попробовать сгруппировать по степени автоматизации основных процессов.

Три основные степени автоматизации трехмерного моделирования:

1. Ручное моделирование;
2. Полностью автоматическое моделирование;
3. Полуавтоматическое моделирование.

Ручное метод моделирование в различных пакетах для моделирования. Один из трудоемких и затратных по времени способов. Модели зданий создаются в таких программах как ArchiCAD, 3ds Max. Все созданные модели объектов и сооружений текстурируются в ручную. Чтобы облегчить процесс моделирования

выделяются наборы типовых сооружений. Для каждого типа сооружений создаётся модель требуемой формы, и затем копируется требуемое количество раз при размещении на поверхность карты. За частую модель создаётся путём экструдирования их контура из картосхемы или обыкновенного спутникового снимка. Необходимую высоту, получаем из визуальной составляющей любого снимка данного сооружения, и путём подсчитывания этажности и производится экструдирование. Это существенно экономит время при создании не сложных объектов с точки зрения архитектуры. Процесс текстурирования обычно осуществляется при помощи различных библиотек с текстурами или с помощью сделанных наземных снимков. Этот метод моделирования трёхмерного пространства является наиболее востребованным.

Основные преимущества:

1. Есть возможность создавать модели с высокой точностью и детализацией;
2. Модель создается единожды для каждого типа сооружения. Данная модель загружается при визуализации, и используется для всех зданий заданного типа. Это позволяет значительно оптимизировать емкость памяти и уменьшает размер готового проекта в целом;
3. Используемые изображения для текстур не содержат посторонних объектов;
4. Трёхмерные сооружения являются отдельными объектами, с которыми есть возможность взаимодействовать и получать необходимую информацию.

Основные недостатки:

1. Достаточно высокий уровень трудоемкости работы;
2. Неточные метрические характеристики сооружений. Основным источником размеров для модели служат фотографии фасадов, поэтажный план или отпечаток здания на плане города. Недостающие размеры обычно рассчитываются приближенно;
3. Метод типизация строений кроме плюсов имеет и существенные недостатки. Создать различный набор типов не предоставляется возможности, описы-

вающий все варианты строений, приводит к обобщению и упрощению. Уникальные здания заменяются типовой моделью;

4. Низкий уровень фотореалистичности. Обуславливается это тем что: В качестве текстур в данном способе чаще всего применяются наземные фотоснимки. В большинстве своих случаев фотоснимки высокого разрешения. Впрочем, не всегда, получается, сфотографировать здание или какой либо объект с разных ракурсов не представляется возможным. Недостающие фотографии заменяются типовыми текстурами из библиотек.

Полностью автоматическая генерация трёхмерных моделей.

Одна из самых новых и прогрессивно развивающихся технологий. При помощи различных алгоритмов воссоздаются геометрические формы объектов по их стереоизображениям.

Стереоизображения получают при помощи цифровых камер, типа Pictometry или Geosystem 3. Данные изображения так же применяют в качестве источника текстур. Для более точной геометрии зданий и получения модели рельефа используются воздушные лазерные сканеры.

Преимущества:

1. Высокая скорость создания моделей. Благодаря полностью автоматическому процессу трехмерные модели даже больших городов создаются за кратчайшие сроки, а не за годы, как при полностью ручном методе моделирования;

2. Высокий уровень фотореалистичности. Текстурирование выполняется автоматически по аэроснимкам или геопривязанным снимкам наземной камеры. Все фасады зданий выглядят так, как это было на момент съемки;

3. Низкая стоимость затрат при создании моделей.

Недостатки:

1. Недостаточная геометрическая точность модели. Алгоритмы автоматического восстановления формы объектов по их фотоснимкам или данным лазерного сканирования, несмотря на значительные успехи в этой области, все еще несовершенны. Как следствие этого фигуры зданий восстанавливаются с

					ВКР.155493.09.04.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		56

ошибками, порой довольно грубыми;

2. Нет возможности отделить и работать отдельно от поверхности рельефа объект или сооружение. Автоматическое распознавание в настоящее время не позволяет отделить геометрию здания от геометрии поверхности. Следуя из этого всего автоматически сгенерированные объекты, представляют собой, одну монолитную модель из различных объектов. Так как здания в таких моделях не представлены отдельными объектами, им нельзя назначить атрибуты. Это усложняет создание адресной базы данных и ограничивает применение модели;

3. Низкое качество текстур.

Полуавтоматическое создание трёхмерных моделей

Данная методика устраняет все недочёты полностью автоматической генерации моделей. Модели зданий создаются операторами в ручную по аэроснимкам. Для построения моделей используют данные лазерного сканирования.

Перед созданием трёхмерной модели оператор измеряет в ручную необходимые данные крыши. Измерения проводятся стереоскопическим методом. Для ускорения процесса применяются шаблоны. Сложные формы образуются путем комбинации простых геометрических фигур. Высоту данным методом не предоставляется возможность измерить. Стены формируются в процессе проецирования точек основания крыши на поверхность рельефа.

Единственный ручной процесс оператора заключается в создании трёхмерных моделей. Дальнейшая обработка созданных моделей производится полностью автоматически. Текстуры создаются из тех же снимков что и геометрия зданий. На этом этапе очень важно, чтобы все стороны здания были видны на снимках.

Преимущества:

1. Высокая производительность. При создании зданий используются типовые шаблоны. Благодаря этому на одно здание оператор тратит считанные секунды. Что значительно меньше, чем при ручном методе моделирования;

2. Высокая геометрическая точность. Все измерения производятся в ручную оператором по стереоснимкам;

					ВКР.155493.09.04.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		57

3. Здания являются отдельными объектами, которым могут быть назначены любые атрибуты и есть возможность привязки базы данных.

4. Высокая фотореалистичность. Текстурирование производится автоматически как и полностью автоматического методе моделирования. Текстуры извлекаются из аэроснимков. Тени с текстур не убираются, что создает иллюзию качественного освещения трехмерной сцены.

Недостатки:

1. Как и при ручном методе моделирования здесь есть вмешательство оператора. Что значительно повышает стоимость разрабатываемого проекта и время его изготовления;

2. Низкое качество текстур. Текстуры извлекаются из аэроснимков и имеют низкое разрешение, в сравнении с наземной фотосъемкой. При недостаточном числе избыточных изображений, может оказаться, что некоторые стороны зданий вовсе без текстур.

3.2.2 Описание инструментов и этапов моделирования

Моделирование можно рассматривать как замещение исследуемого объекта (оригинала) его условным образом, описанием или другим объектом, именуемым моделью и обеспечивающим близкое к оригиналу поведение в рамках некоторых допущений и приемлемых погрешностей. Моделирование обычно выполняется с целью познания свойств оригинала путем исследования его модели, а не самого объекта. Под моделью понимается физический или абстрактный объект, свойства которого в определенном смысле сходны со свойствами исследуемого объекта. При этом требования к модели определяются решаемой задачей и имеющимися средствами. Существует ряд общих требований к моделям:

1. Адекватность – достаточно точное отображение свойств объекта;
2. Полнота – предоставление получателю всей необходимой информации об объекте;
3. Гибкость – возможность воспроизведения различных ситуаций во всем диапазоне изменения условий и параметров.

Трудоемкость разработки должна быть приемлемой для имеющегося вре-

мени и программных средств.

Моделирование трёхмерных моделей зданий и различных объектов осуществлялось по средствам многофункционального программного продукта от Autodesk 3Ds Max. Данный продукт очень гибок и удобен в настройках и освоении. Имеет большой набор инструментов для построения любой сложности объектов.

Для построения конкретно заданного объекта используется наиболее подходящий приметив. По средствам его дальнейших модификация и деформаций создаётся как можно более приближённая модель к требуемому объекту.

Примеры моделирования зданий представлены на рисунках ниже.

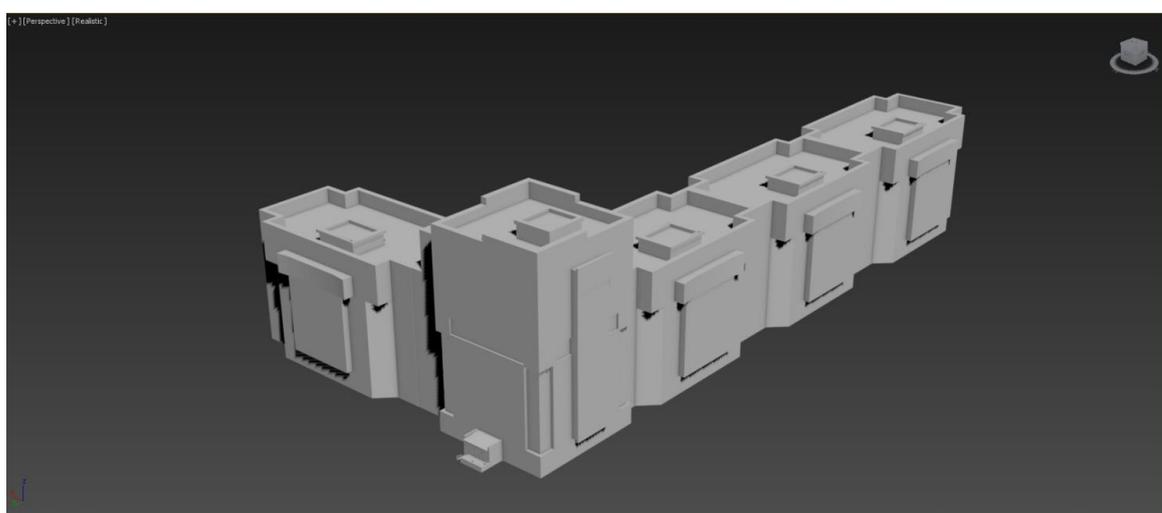


Рисунок 21 – Вид на здания

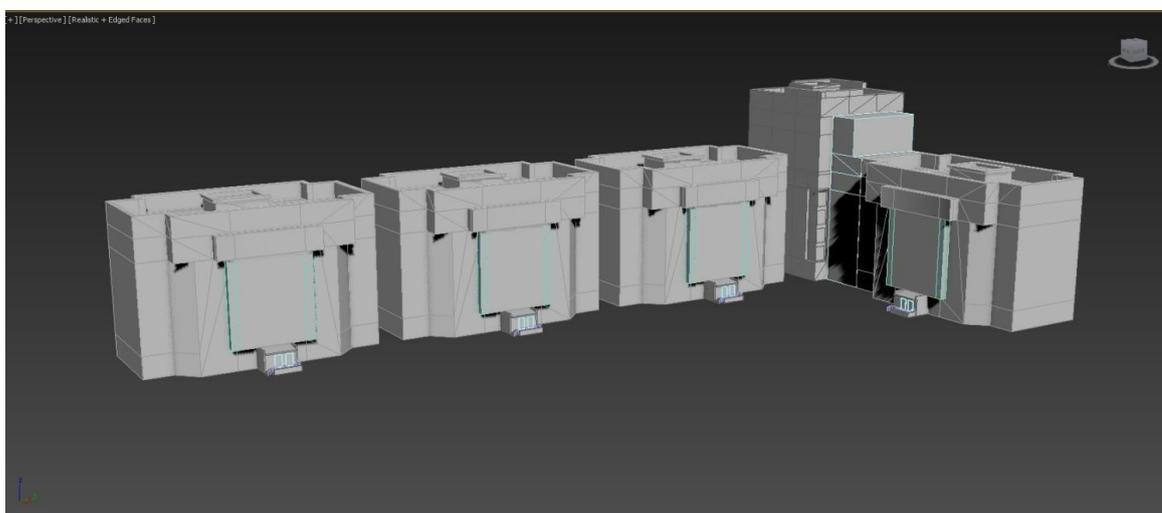


Рисунок 22 – Вид с лицевой стороны

После всех проделанных операций над моделью следует этап создания её UV-развёртки. UV-преобразование или развёртка в трёхмерной графике это соответствие между координатами на поверхности трёхмерного объекта (X, Y, Z) и координатами на текстуре (U, V). Значения U и V обычно изменяются от 0 до 1. Развёртка может строиться как вручную, так и автоматически. На примере программного продукта от Autodesk 3ds Max для использования UV-развёртки, объект необходимо модифицировать специальным встроенным модулем Unwrap UVW. И при помощи его вспомогательных инструментов произвести ручную развёртку. Пример UV-развёртки здания представлен на следующем рисунке.

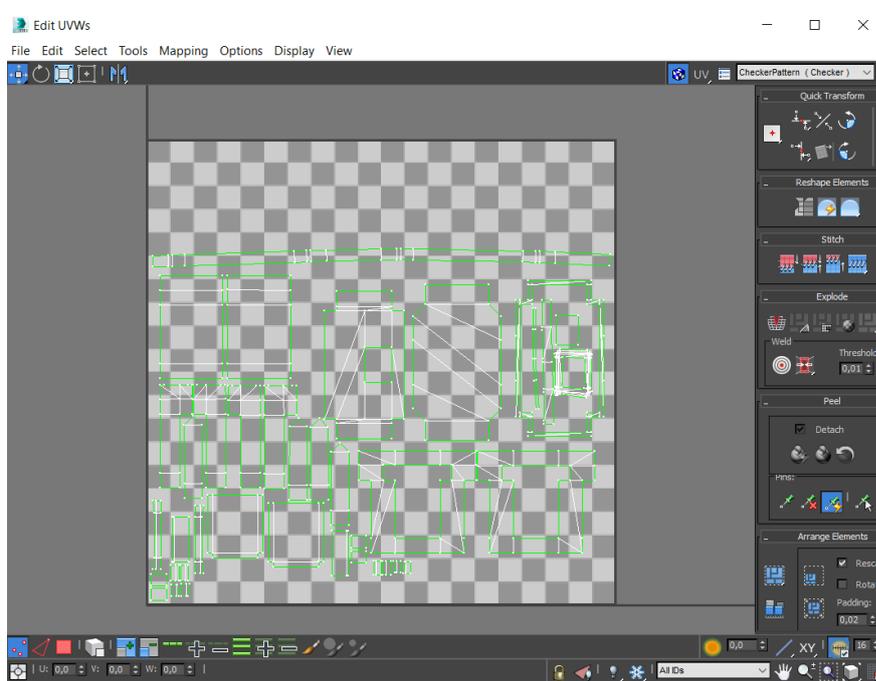


Рисунок 23 – UV-Развёртка здания

Затем полученную UV развёртку необходимо сохранить в формате PNG с использованием альфа канала. Это необходимо для дальнейшего текстурирования.

3.2.3 Текстурирование трёхмерной модели

Текстурирование (использование материалов) – определение свойств поверхностей объектов для имитации различных свойств реальных предметов (цвет, фактура, прозрачность, яркость и т. д.). На этом этапе поверхностям моделей придается вид реальных материалов.

В этом случае модели будут выглядеть максимально реалистично. Использование материалов позволяет сэкономить время и добиться прекрасных результатов в конечной визуализации модели.

На основе собранных материалов для каждого объекта создается индивидуальная текстура в графическом редакторе Adobe Photoshop. Производится калибровка разрешения изображения, цветовая настройка.

Для дополнительных компонентов, таких как двери, окна и тому подобное, используются готовые текстуры материалов.

Изображения предварительно обрабатываются, чтобы быть максимально приближенными к действительности.

Пример обработанных синтетических текстур представлен в соответствии с рисунком 24.

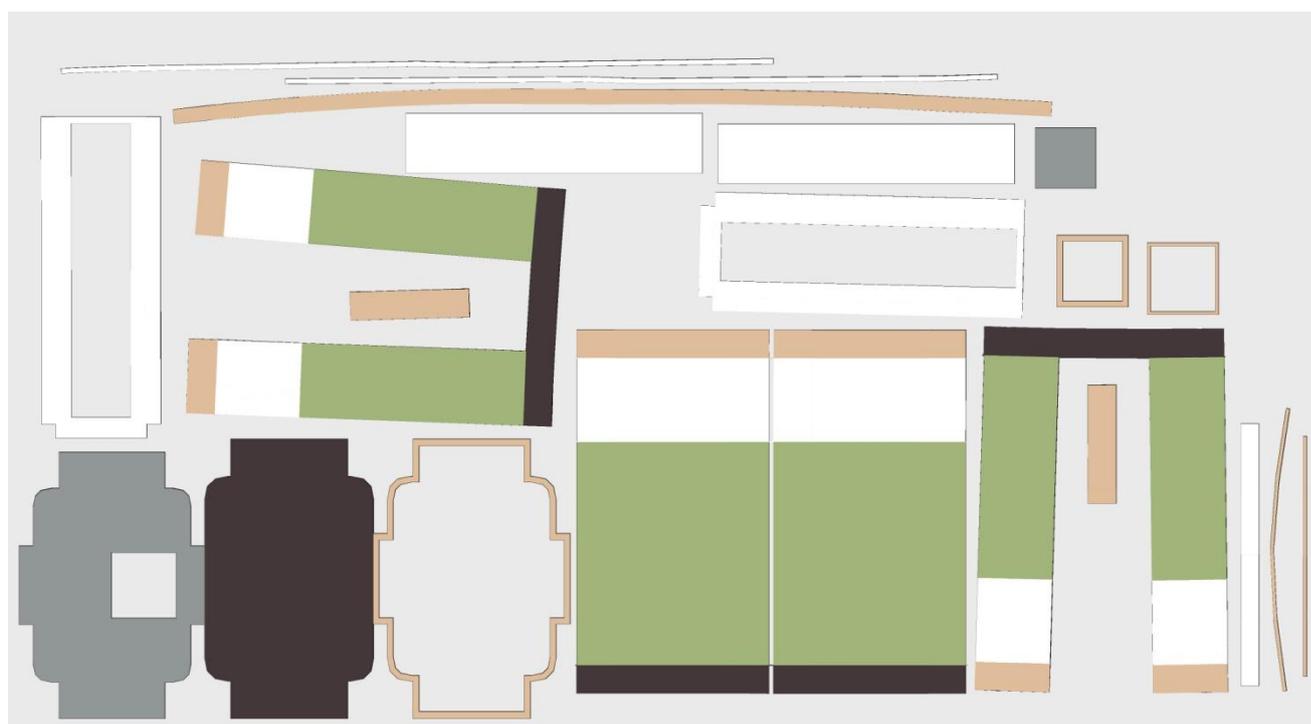


Рисунок 24 – Созданная текстура в Adobe Photoshop

Процесс наложение текстуры происходит в программе Autodesk 3Ds Max. Разработанная UV карта помещается в свободный слот модуля редактора материалов, далее карта применяется непосредственно к объекту.

Точное размещение материала на поверхности объекта достигается, благо-

даря координатам проецирования, когда растровое изображение интерактивно размещается на поверхности объекта. Использование материалов позволяет получить качественную и наглядную модель а так же минимизировать затраты времени и ресурсов, что в свою очередь приведет к увеличению производительности.

Примеры наложения текстур на трехмерные модели представлены в соответствии с рисунками 25 – 26.

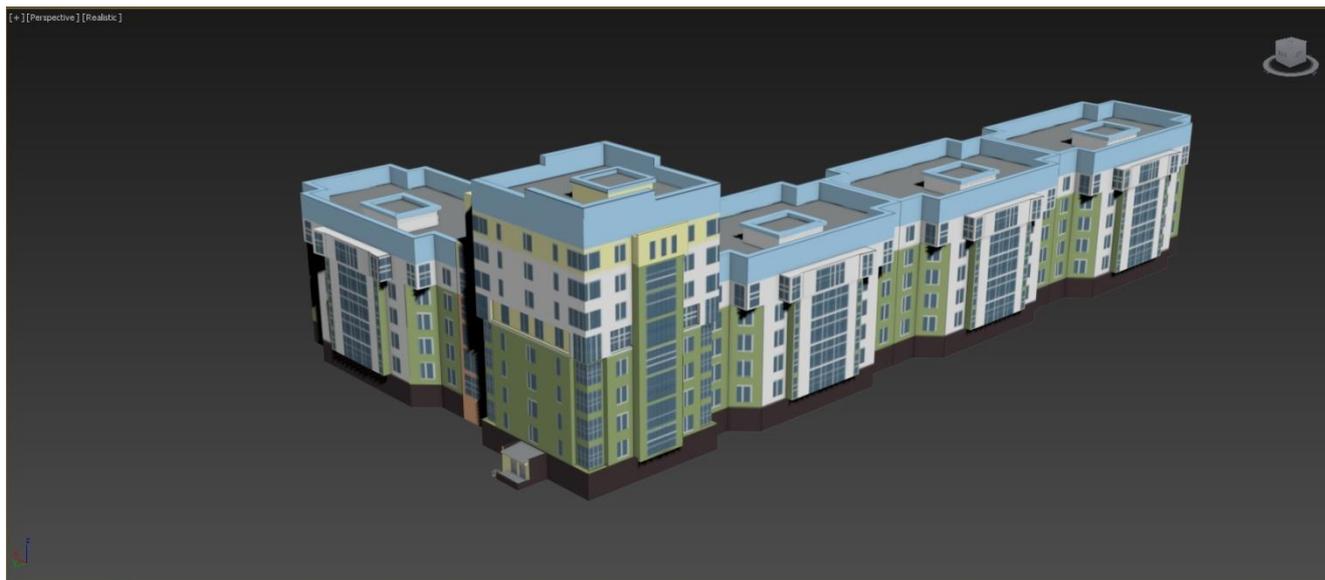


Рисунок 25 – Вид здания с текстурой



Рисунок 26 – Вид на переднюю часть здания с текстурой

3.3 Реализация геоинформационной системы

Для импорта готовых моделей в среду Unity 3D необходимо перенести файл модели в окно проекта. В инспекторе вкладка Model Unity поддерживает импорт из всех популярных 3D редакторов. Такие как:

Maya

Cinema 4D

3ds Max

Lightwave

Blender

Импортирование мешей в Unity может быть выполнено с помощью двух основных типов файлов:

1. При помощи экспортированных 3D форматов файлов .FBX или .OBJ.
2. И собственные форматы приложений, такие как .Max или .Blend.

Любой из этих типов позволит добавлять свои меши в Unity.

Из выше перечисленного можно выделить следующие преимущества:

1. Экспортируются только необходимые данные.
2. Объём файла маленького размера.
3. Поддерживает модульный подход.
4. Поддержка других 3D пакетов.
5. Быстрый процесс итерации.
6. Простота использования.

Недостатки:

1. Может замедлять процесс прототипирования.
2. Очень легко потерять связь между исходной и игровой версией данных.
3. На персональных компьютерах, задействованных в работе над Unity

проектом, должны быть установлены лицензионные копии данного программного обеспечения.

4. Файлы, содержащие ненужные данные могут стать неоправданно большими.

5. Большие файлы замедляют процесс автосохранения.

					<i>ВКР.155493.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		63

Файлы моделей сразу автоматически импортируются и сохраняются как ассеты в Unity. Они могут содержать различную информацию, такую как подробное описание о самом объекте и его набор мешей, или набор готовой анимации для использования в самом Unity.

Текстуры необходимо перенести в папку Textures рядом с экспортируемым мешем в проект. Это позволит Unity найти текстуру и автоматически подключить её к созданному материалу.

Настройки для модели будут показаны в закладке Model инспектора FBX импортёра, когда модель выделена. Это влияет на меш, его нормали и импортированные материалы. Настройки применяются для каждого ассета отдельно. Изначально настроек по умолчанию должно быть достаточно.

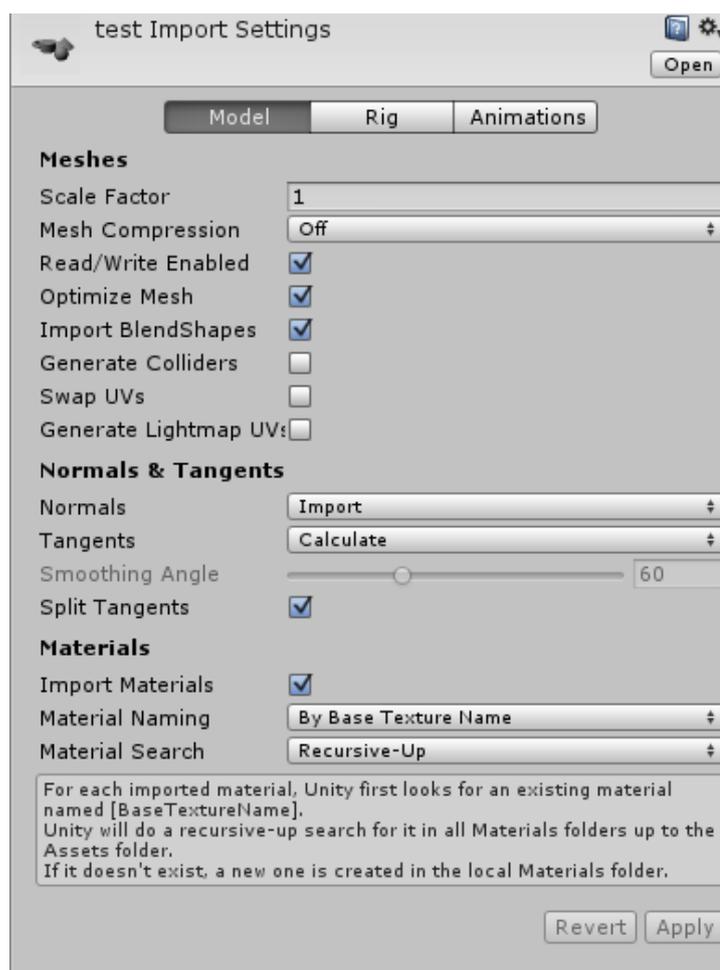


Рисунок 27 – Настройки импорта для мешей

3.3.1 Процесс сборки геоинформационной системы

Для процесса сборки геоинформационной системы необходимо было экспортировать все объекты в среду Unity 3D. После экспортирования всех моделей и объектов они были помещены на основную плоскость. С последующим добавлением в неё дорог, тротуаров, деревьев и множества разных второстепенных объектов. Примеры полностью спроектированной трёхмерной геоинформационной системы космодрома Восточный приведены на рисунках ниже.

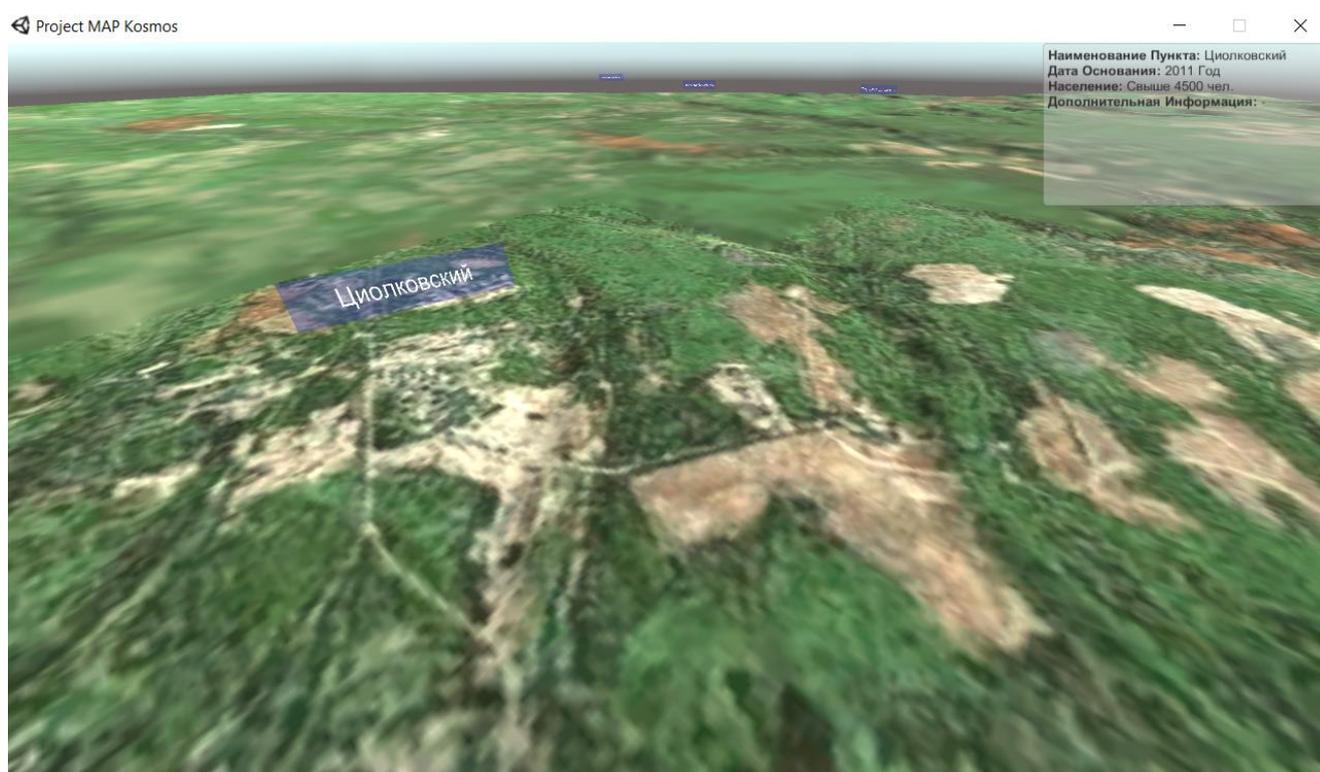


Рисунок 28 – Воссозданный ландшафт



Рисунок 29 – Вид на город Циолковский

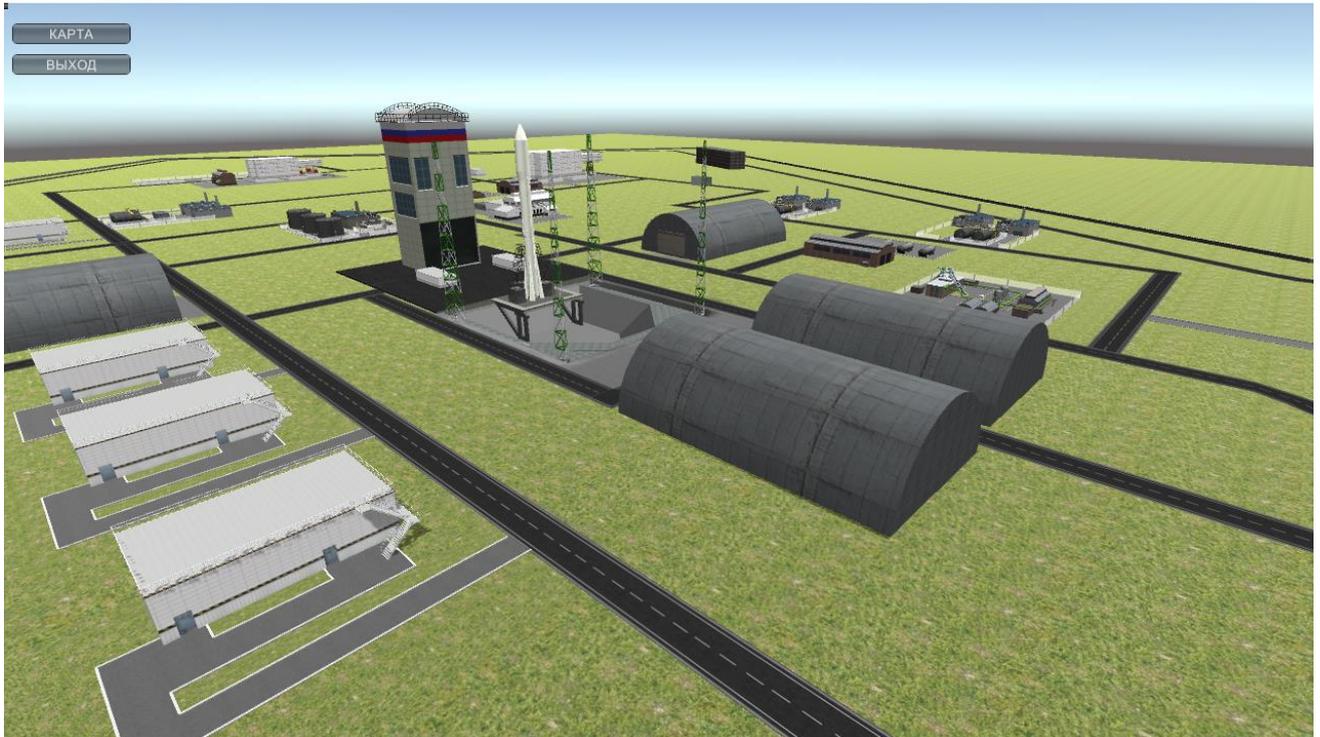


Рисунок 30 – Стартовая площадка

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Объектом исследования данной работы является космодром Восточный, а непосредственно особенности строения объектов, архитектурных сооружений и ландшафта.

Актуальность выбранной работы заключается непосредственно в возможности визуально ознакомиться с космодромом Восточный в целом. А именно. Узнать, как будут выглядеть ещё строящиеся объекты и сооружения.

В ходе анализа данной предметной области была выявлена концепция разработки трехмерной модели космодрома Восточный. Основными целями было обеспечить проект максимальной приближенностью объектов; низкой полигональностью и высокой производительностью.

В соответствии с поставленными задачами были выполнены следующие этапы:

1. Исследование предметной области;
2. Выбор технических и программных средств для реализации;
3. Реализация проекта.

В результате была получена трёхмерная геоинформационная система космодрома Восточный. Соответствующая всем приведённым требованиям.

					<i>ВКР.155493.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		67

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Большаков, В.П. Основы 3d моделирования/ В.П. Большаков., А.Л. Бочков., А.А. Сергеев. – М.: ПИТЕР, 2012. – 10 с.
- 2 Бондаренко, М. Ю. Плагины для 3ds MAX в примерах/ М. Ю. Бондаренко., С. В. Бондаренко. – М.: КомБук, 2004. – 608с.
- 3 Верстак, В.А. 3ds Max 8. Секреты мастерства/ В.А. Верстак. – М.: ПИТЕР, 2006. – 681 с.
- 4 Вильямс, И.Д. Язык программирования С# 2010 и платформа .NET 4.0/ И.Д. Вильямс – М.: ООО, 2011. – 1392с.
- 5 Герман, О.В. Программирование на Java и С# для студентов/ О.В. Герман., Ю.О. Герман. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 512 с.
- 6 Кренке, Д.М. Теория и практика построения баз данных/ Д.М. Кренке. – СПб.: ПИТЕР, 2005. – 786 с.
- 7 Меженин, А.В. Технология 3D моделирования для создания образовательных ресурсов/ А.В. Меженин. – М.: СПб, 2008. – 112 с.
- 8 Мильчин, Ф.М. 3D Studio Max 7.0. Все, что Вы хотели знать, но боялись спросить/ Ф.М. Мильчин. – М.: Бук-Пресс и К, 2005. – 368 с.
- 9 Музылева, И.В. Основы цифровой техники/ И.В. Музылева. – М.: ИНТУ-ИТ, 2011. – 354 с.
- 10 Понамарев, В.А. Программирование на С++/С# в Visual Studio. NET 2003/ В.А. Понамарев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 352 с.
- 11 Середович, В.А. Геоинформационные системы (назначение, функции, классификация)/ В.А. Середович. – Новосибирск.: СГГА, 2008. – 117 с.
- 12 Самардак, А.С. Геоинформационные системы/ А.С. Самардак. – Владивосток.: ДВГУ, 2005. – 124 с.
- 13 Топорков, С.С. Adobe Photoshop CS в примерах/ С.С. Топорков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 384 с.

					<i>ВКР.155493.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		68

14 Хомоненко, А.Д. Базы данных: Учебник для высших учебных заведений/ А.Д. Хомоненко., В.М. Цыганков., М.Г. Мальцев. – СПб.: КОРОНА принт, 2004. – 736 с.

15 Ципилева, Т.А. Геоинформационные системы: Учебное пособие/ Т.А. Ципилева. – Томск.: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2004. – 162 с.

16 Яковлева, Е.Б. 3D-графика и видео в Photoshop CS4 Extended/ Е.Б. Яковлева. – БХВ-Петербург.: Мастер, 2005. – 272 с.

17 Документация к программе 3D-Coat [Электронный ресурс]: URL: <http://3d-coat.com/wiki/index.php/Doc:Manual> (дата обращения 09.03.2017).

18 Циолковский – новый космогород на карте России // vostokdrom.ru: URL: <http://vostokdrom.ru/content/ciolkovskiy-novyy-kosmogorod-na-karte-rossii> (дата обращения 29.05.2017).

19 Unity Manual // docs.unity3d.com: URL: <http://docs.unity3d.com/Manual/> (дата обращения 20.04.2017).

20 Написание скриптов для unity3d // <http://www.unity3d.ru/>: URL: <http://www.unity3d.ru/distribution/viewforum.php?f=18> (дата обращения 29.05.2017).

21 Дегтярев, В. М. Инженерная и компьютерная графика / В. М. Дегтярев, В. П. Затыльников. – М.: Академия, 2012. – 240 с.

22 Миронов Д. Ф. Компьютерная графика в дизайне / Д.Ф. Миронов. – М.: БХВ-Петербург, 2008. – 560 с.

23 Гейлер, Э. М. Photoshop. Полный курс / Э. М. Гейлер. – М.: ИТ Пресс, 2009. – 496 с.

24 Шикин, Е.В. Компьютерная графика / Е.В. Шикин, А.В. Боресков. – М.: Диалог-Мифи, 2005. – 464 с.

25 Звягин, К. Трехмерное моделирование и анимация на примерах / К. Звягин, А. Меженин, В. Тозик. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 880 с.

26 3ds Max 2014 / С. М. Тимофеев. – М. : АСТ, 2014. – 512 с.

27 Трюки и эффекты в Photoshop CS3 – 2007 / С. С.Топорков. – М. : Европа, 2008. – 165 с.

					<i>ВКР.155493.09.04.01.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		69

28 Князев, Н.А. Трёхмерное компьютерное моделирование ЗАТО Углегорск / Н. А. Князев // Молодежь XXI века: шаг в будущее: мат. XVII рег. науч.-пр. конф. – Благовещенск: БГПУ, 2016. – Т. 3.– С. 214-216.

29 Князев, Н.А. Трёхмерное компьютерное моделирование космодрома Восточный / И. Е. Еремин, Н. А. Князев, П. В. Чуев, Т. М. Золотайко // Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ» 2017, Том 8, № 1, С. 390 – 394

30 Самоучитель 3ds Max 2009, 3ds Max Design 2009 / А. Р. Стиренко. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 544 с.

31 Геоинформационные системы. Учебное пособие / Т.А. Ципилева. – М.: АРКТИ, 2004. – 162 с.

32 Пахмурин, А.Г. ГИА "Иннотер" 3D-моделирование картографической информации в городской среде (на примере г. Юбилейного Московской области) [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://innoter.com/scientific-articles/990> – 10.06.2017

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Листинг модуля основного меню приложения

```
using UnityEngine;
using System.Collections;

/// <summary>
/// Перечисление кнопок мыши.
/// </summary>
public enum MOUSE_BUTTON{
    NONE,
    MOUSE_LEFT,
    MOUSE_CENTER,
    MOUSE_RIGHT
}

/// <summary>
/// Скрипт для вращения камеры вокруг объекта по эллипсу.
/// Возможность скроллинга и плавной остановки вращения
/// </summary>
public class MouseEllipseOrbit : MonoBehaviour {
    //цель
    public Transform target;
    //кнопка вращения
    public MOUSE_BUTTON mouseButtonOrbit =
MOUSE_BUTTON.MOUSE_RIGHT;

    //Паннинг
    public bool isPanning;
    //Кнопка паннинга
```

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

```
public MOUSE_BUTTON mouseButtonPan =
MOUSE_BUTTON.MOUSE_LEFT;

//Скорость паннинга
public float panningSpeed = 1;

//слой, в котором находится плоскость паннинга.
public int panningLayer;

//полуоси эллипса
public float a = 50;
public float b = 50;

private float distance = 50;

//скорость вращения по x
public float xSpeed = 250;
//скорость вращения по y
public float ySpeed = 120;

//Минимальный предел просмотра по оси y
public float yMinLimit = -20;
//Максимальный предел просмотра по оси y
public float yMaxLimit = 80;

private float x = 0;
private float y = 0;

//Скроллинг
public bool isScrolling = true;

//Скорость скроллинга
```

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

```
public float scrollSpeed = 1;
//Минимальная дистанция скроллинга
    public float scrollMinDistance = 1;
//Максимальная дистанция скроллинга
    public float scrollMaxDistance = 10;

private float angle;

private Vector3 newTargetPosition;

private Vector3 angles;

void Awake(){
    angles = transform.eulerAngles;
}

void Start(){
    newTargetPosition = target.position;

    x = angles.y;
    y = angles.x;

    // Make the rigid body not change rotation
    if (rigidbody)
        rigidbody.freezeRotation = true;
    orbit(); scroll();
}

void LateUpdate () {
```

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

```
//вращени
if( (mouseButtonOrbit == MOUSE_BUTTON.NONE) ||
    (mouseButtonOrbit == MOUSE_BUTTON.MOUSE_LEFT &&
In-put.GetMouseButton(0)) ||
    (mouseButtonOrbit == MOUSE_BUTTON.MOUSE_RIGHT
&& In-put.GetMouseButton(1)) ||
    (mouseButtonOrbit ==
MOUSE_BUTTON.MOUSE_CENTER && Input.GetMouseButton(2))
    )
    orbit();

if(isPanning)
    panning();
if(isScrolling)
    scroll();
transform.localPosition = (transform.localRotation) * new Vector3(0, 0,
-distance);
}
private void orbit(){
    if (target) {
        x += Input.GetAxis("Mouse X") * xSpeed * 0.02f;
        y -= Input.GetAxis("Mouse Y") * ySpeed * 0.02f;

        calcRotation(x,y);
        calcDistance();
    }
}
private void panning(){
```

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

```
if( (mouseButtonPan == MOUSE_BUTTON.NONE) ||
    (mouseButtonPan == MOUSE_BUTTON.MOUSE_CENTER
    && In-put.GetMouseButton(0)) ||
    (mouseButtonPan == MOUSE_BUTTON.MOUSE_RIGHT
    && In-put.GetMouseButton(1)) ||
    (mouseButtonPan == MOUSE_BUTTON.MOUSE_LEFT &&
    In-put.GetMouseButton(2))
    )
    snap();

    target.position = Vector3.Lerp(target.position, newTargetPosi-
tion, Time.deltaTime*panningSpeed);
}
private void snap(){
    Ray ray = camera.ScreenPointToRay(Input.mousePosition);
    RaycastHit hit = new RaycastHit();
    if(Physics.Raycast(ray, out hit, 4000, ~panningLayer)){
        newTargetPosition = hit.point;
    }
}
private void calcRotation(float x, float y){
    y = clampAngle(y, yMinLimit, yMaxLimit);
    Quaternion rotation= Quaternion.Euler(y, x, 0);
    transform.rotation = rotation;
}
private void calcDistance(){
    Vector3 targetDir = transform.position - target.position;
    float angle = Vector3.Angle(targetDir,target.forward);
```

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

```
float numerator = Mathf.Pow(a,2) * Mathf.Pow(b,2);

float denominator = Mathf.Pow(a,2)*
Mathf.Pow(Mathf.Sin(angle*Mathf.Deg2Rad),2) +
Mathf.Pow(b,2)* Mathf.Pow(Mathf.Cos(angle*Mathf.Deg2Rad),2);

distance = Mathf.Sqrt (numerator/denominator);
}
private void scroll(){
//приблизить
if ((Input.GetAxis("Mouse ScrollWheel")) > 0){
if (distance >= scrollMinDistance) {
float dist1 = distance;
distance +=- (Input.GetAxis("Mouse Scroll-
Wheel"))*scrollSpeed;

float k = dist1 / distance;
a = a/k;
b = b/k;
}
}
//отдалить
if ((Input.GetAxis("Mouse ScrollWheel")) < 0){
if (distance <= scrollMaxDistance){
float dist1 = distance;
distance +=- (Input.GetAxis("Mouse Scroll-
Wheel"))*scrollSpeed;

float k = dist1 / distance;
a = a/k;
```

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

```
        b = b/k;
    }
}

private float clampAngle (float angle,float min,float max) {
    if (angle < -360)
        angle += 360;
    if (angle > 360)
        angle -= 360;
    return Mathf.Clamp (angle, min, max);
}

public void init ()
{
    x = angles.y;
    y = angles.x;
    orbit(); scroll();
}

public void setTargetPosition(Vector3 targetPos){
    newTargetPosition = targetPos;
}
}
```