Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт

Прикладная информатика, математика и естественнонаучные дисциплины
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____Е.Н. Скуратенко
подпись инициалы, фамилия
« _____» _____ 2019 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

09.03.03 – Прикладная информатика
код – наименование направления

3D-реконструкция основного экспоната историко-культурного наследия музея-заповедника «Улуг Хуртях Тас»
тема

Руководитель _____ доцент, к.п.н ___ И.В. Янченко
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ Н.В. Иридеков
подпись, дата инициалы, фамилия

Консультанты по разделам:

Экономический _____ Е.Н. Скуратенко
наименование раздела подпись, дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____ В.И. Кокова__
подпись, дата инициалы, фамилия

Абакан 2019

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт

Прикладная информатика, математика и естественнонаучные дисциплины
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Е.Н. Скуратенко
подпись инициалы, фамилия
« ___ » _____ 2019 г

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Иридекову Николаю Владимировичу
фамилия, имя, отчество
Группа 55-1 (ХБ 15-04) Направление (специальность) 09.03.03
номер код
Прикладная информатика
наименование
Тема выпускной квалификационной работы: 3D-реконструкция основного экспоната историко-культурного наследия музея-заповедника «Улуг Хуртуях Тас»
Утверждена приказом по институту № 279 от 18.04.2019 г.
Руководитель ВКР: И.В. Янченко, доцент, к.п.н., ХТИ – филиал СФУ
инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы
Исходные данные для ВКР: источниковая база об объекте основного экспоната историко-культурного наследия музея-заповедника Улуг Хуртуях Тас
Перечень разделов ВКР:
1. Аналитический раздел: Компьютерное моделирование как способ сохранения объектов историко-культурного наследия.
2. Проектный раздел: Описание процесса создания 3D реконструкции каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас.
3. Экономический раздел: Экономическая эффективность проекта.
Перечень графического материала: фотографии, рисунки художников.

Руководитель ВКР _____ И. В. Янченко
подпись инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению _____ Н.В. Иридеков
подпись, инициалы и фамилия студента

« 19 » апреля 2019 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «3D-реконструкция основного экспоната историко-культурного наследия музея-заповедника Улуг Хуртуях Тас» содержит 70 страниц текстового документа, 22 использованных источников, 46 рисунков. 6 формул

3D-МОДЕЛЬ, РЕКОНСТРУКЦИЯ, ГЕОМЕТРИЯ, ИСКАЖЕНИЯ, ИСТОЧНИКОВАЯ БАЗА, РЕЛЬЕФ, ТЕКСТУРА, ЦИФРОВАЯ КОПИЯ.

Объект бакалаврской работы − методы 3-х мерного моделирования.

Предметом бакалаврской работы является процесс 3D-реконструкции каменного изваяния.

Цель бакалаврской работы – изучение возможностей инструментов 3D моделирования в задачах виртуальной реконструкции объектов историко-культурного наследия Хакасии.

В процессе выполнения работы проанализированы современные тренды в разработке виртуальных реконструкций объектов историко-культурного наследия; систематизирована источниковая база об объекте моделирования; определено программное обеспечение для 3D-моделирования; создана 3D модель с текстурами; создана трехмерная сцена с 3D-контентом и создан прототип виртуального музея; 3D-модель каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас напечатана 3D-принтере; выполнена оценка экономической эффективности проекта.

Методы исследования, использованные при выполнении ВКР: теоретические (анализ и синтез, аналогии, формализации, абстрагирования), эмпирические (моделирование, математико-статистические методы обработки численной информации).

Созданная виртуальная 3D-реконструкция основного экспоната историко-культурного наследия музея-заповедника Улуг Хуртуях Тас может использоваться в образовательных и культурно-просветительских проектах.

SUMMARY

The theme of the graduation thesis is «3D-reconstruction of Central Exhibit of Historical and Cultural Heritage Museum-Reserve of the Ulug Khurtuyah Tas». It contains 70 pages, 22 reference items, 46 graphics.

3D-MODEL, RECONSTRUCTION, GEOMETRY, DISTORTION, SOURCE BASE, RELIEF, TEXTURE, DIGITAL COPY

The object of the Bachelor's thesis is 3D-modeling methods.

The subject of the Bachelor's thesis is the process of 3D-reconstruction of a stone sculpture.

The purpose of the Bachelor's thesis is to study the possibilities of 3D modeling tools in terms of virtual reconstruction of objects of historical and cultural heritage of Khakassia.

Results of the Bachelor's thesis: analysis of current trends in the development of 3D-models and reconstruction of objects of historical and cultural heritage has been fulfilled; search and systematization of the source base on the object of reconstruction have been carried out; object details requiring virtual reconstruction have been determined.

The practical part of the thesis describes the process of creating the primary 3D model of the stone sculpture and the process of its improvement, and texture creation. The process and result of reconstruction in accordance with the requirements for restoration of the lost details of the relief of the face and stomach of the stone sculpture have been presented. While creating textures, the requirements for the model's real image have been taken into account. 3D-reconstruction of the stone sculpture has become available on the website providing on-line viewing of the model.

The virtual 3D-reconstruction of the central exhibit of the Historical and Cultural Heritage Museum-Reserve of the Ulug Khurtuyah Tas can be used in educational and cultural-educational projects.

English language supervisor _____ N.V. Chezybaeva

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 8
1 Компьютерное моделирование как способ сохранения объектов историко-культурного наследия 10
1.1 Актуальность 3D реконструкции каменного изваяния УлугХуртуяхТас для управления образования Аскизского района 10
1.2 Анализ современных трендов в разработке виртуальных реконструкций и обоснование выбора программных средств 17
1.2.1 Программные средства для 3D моделирования 18
1.2.2 Выбор игрового движка для создания виртуального музея одного экспоната 21
1.3 Источниковая база об объекте моделирования 23
Выводы по разделу «Компьютерное моделирование как способ сохранения объектов историко-культурного наследия»..... **Error! Bookmark not defined.**
2. Описание процесса создания 3D реконструкциии каменного изваяния УлугХуртуяхТас 31
2.1 Фотограмметрия, скульпинг и исправление искажений модели 31
2.2 Создание текстуры каменного изваяния 33
2.2.1 Создание текстур в AgisoftPhotoScan иZBrush 34
2.2.2 Исправление текстуры в Photoshop 36
2.3 Создание сцены в 3DSMax 36
2.4 Создание прототипа виртуального музея на движке Unreal Engine 4 38
2.5 Внедрение 3D модели каменного изваяния на сайт 45
2.6 Создание твердой копии на 3D принтере 49
Выводы по разделу «Описание процесса создания 3D реконструкции каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас» 54
3. Экономическая эффективность проекта 55
3.1 Расчет капитальных затрат 55
3.2 Эксплуатационные затраты 61

3.3 Прямые затраты 62
3.4 Расчет экономической эффективности проекта 63
3.5 Оценки риска при реализации проекта создания ИС 65
Выводы по расчетам затрат 66
Заключение 67
Список использованных источников 68

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время создание и использование 3D-моделей становится важной частью деятельности государства по сохранению, использованию и популяризации объектов историко-культурного наследия. Сохранение уникальных объектов историко-культурного наследия в трехмерном и полностью фотореалистичном изображении позволит сохранить для следующих поколений его первозданность и при необходимости восстановить ее точную модель при утере реального объекта. Использование 3D-моделей в Государственном учете, а именно в историко-культурном анализе памятников позволяет: выполнить мониторинг деформаций объекта, анализировать и планировать объемы работ по реконструкции и восстановлению объекта, визуализировать план размещения объекта на новой местности, создавать визуальный ландшафтный анализ для внедрения планов развития территории размещения объекта, осуществлять визуальную поддержку инвестиционных, образовательных, культурно-просветительских проектов.

Объект бакалаврской работы − методы 3-х мерного моделирования.

Предметом бакалаврской работы является процесс 3D-реконструкции каменного изваяния.

Цель бакалаврской работы – изучение возможностей инструментов 3D-моделирования в задачах виртуальной реконструкции объектов историко-культурного наследия Хакасии.

Достижение цели требует решения следующих задач:

1. проанализировать современные тренды в разработке виртуальных реконструкций объектов историко-культурного наследия;

2. осуществить поиск и систематизацию источниковой базы об объекте моделирования;

3. проанализировать программное обеспечение для 3D-моделирования и обосновать его выбор для создания 3D-реконструкции каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас;

4. выполнить фотосъемку моделируемого объекта и построить первичную 3D модель объекта;

5. создать текстуры и наложить их на 3D-модель;

6. внедрить моделируемый объект историко-культурного наследия на ресурсы обеспечивающие он-лайн доступ;

7. создать трехмерную сцену с 3D-контентом для презентации моделируемого объекта в окружающей среде;

8. создать прототип виртуального музея на движке Unreal Engine 4;

9. напечатать 3D-модель каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас на 3D-принтере;

10. оценить экономическую эффективность разработки.

Методы исследования, использованные при выполнении ВКР:

– теоретические (анализ и синтез, аналогии, формализации, абстрагирования),

– эмпирические (моделирование, математико-статистические методы обработки численной информации).

Основные этапы выполнения ВКР: планирование, реализация задач аналитического, проектного и экономического разделов, оформление отчета.

Результаты ВКР опубликованы в журнале «Дневник науки». Библиографическая ссылка на статью:

Иридеков Н.В., Янченко И.В. Виртуальная 3D-реконструкция каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас // Дневник науки. 2019. №5 [Электронный ресурс]. URL: http://www.dnevniknauki.ru/images/publications/2019/5/technics/Iridekov_Yanchenko.pdf.

Созданная виртуальная 3D-реконструкция основного экспоната историко-культурного наследия музея-заповедника Улуг Хуртуях Тас может использоваться в образовательных, культурно-просветительских и инвестиционных, коммерческих проектах.

1 Компьютерное моделирование как способ сохранения объектов историко-культурного наследия

В последние десятилетия наблюдается рост внимания к восстановлению объектов историко-культурного наследия. Воспитание подрастающих поколений в духе любви к Родине, осознания национально-культурной идентичности невозможно без посещений мест, связанных с культурой народа и изучения его традиций.

В условиях быстро изменяющихся технологий, возникновения нового остается актуальным вопрос о сохранении историко-культурного наследия по многим причинам, среди которых исследователи выделяют угрозу существованию объектов в связи двумя основными факторами: первый – отсутствие возможностей реставрации по разным причинам, второй – процесс урбанизации, освоения территорий, на которых расположены исторические памятники [1].

В связи с чем возникает проблема сохранения объектов историко-культурного наследия, частичным решением которой становится создание цифровых копий.

1.1 Актуальность 3D-реконструкции каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас для управления образования Аскизского района

Улуг Хуртуях Тас – каменное изваяние, одна из известных достопримечательностей Хакасии, основной объект МАУК «Анхаковский музей-заповедник Хуртуях Тас». Анхаковский музей-заповедник Хуртуях Тас – единственный в мире музей одного камня, являясь символом сосредоточения жизненной силы и благосостояния всего хакасского народа, привлекает наибольшее число туристов и жителей республики [2]. Возраст изваяния установлен от 4 до 6 тысяч лет. В музее проводятся мероприятия по сохранению культурных традиций хакасов, проводятся экскурсии и обряды.

В переводе с хакасского языка Улуг Хуртуях Тас означает «Великая каменная старуха» или «Большая каменная старуха». Поклонение каменному изваянию связано с материнством и его часто называют «Мать Хакасии», «Аскизская Бабушка», «Мать Матерей», «Степная Богиня». Изваянию поклоняются все, однако в большей степени ей поклоняются бездетные женщины, которые просят детей, с уважением подходя к «каменной старухе» и поднося ей угощения (сметана, масло, цветы и др.), ведь по легендам и свидетельствам очевидцев, изваяние обладает исцеляющей бесплодие силой. Многие женщины возвращаются к изваянию после рождения ребенка и оставляют в дар детские игрушки, для которых в музее установили полки (рис. 1). Хакасы сохраняют «традиционное самосознание», продолжают чтить обычаи и проводить обряды, конечно в «модернизированном виде» [3].

В 2003 году для защиты от воздействия разрушительной силы природы над изваянием установили стеклянный купол в виде хакасской юрты.

Цифровая копия каменного изваяния создавалась в процессе двух производственных практик (в том числе, преддипломной практики) в управлении образования администрации Аскизского района. В связи, с чем выполнен анализ основных направлений деятельности, организационная структура, функции подразделений. Определено используемое программное, информационное обеспечение учреждения с целью технической возможности создания виртуальной 3D-реконструкции основного экспоната историко-культурного наследия Анхаковского музея-заповедника – каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас.

Муниципальное казенное учреждение «Управление образования администрации Аскизского района» является отраслевым органом Администрации Аскизского района Республики Хакасия, созданным в целях обеспечения реализации, предусмотренных законодательством Российской Федерации полномочий органа местного самоуправления в сфере образования, Учреждение осуществляет государственную политику в области образования на территории Аскизского района. Учредителем управления образования

является муниципальное образование администрации Аскизский район Республики Хакасии [4].

В структуру учреждения входят методический кабинет, отдел опеки и попечительства над несовершеннолетними, централизованная бухгалтерия, действующая на основании положений, утвержденных начальником учреждения.

Управление образования администрации Аскизского района организует предоставление общедоступного и бесплатного начального общего, основного общего, среднего (полного) общего образования по основным общеобразовательным программам, за исключением полномочий по финансовому обеспечению образовательного процесса, отнесенных к полномочиям органов государственной власти субъектов Российской Федерации:

– организует предоставление дополнительного образования детям и общедоступного бесплатного дошкольного образования на территории муниципального района, а также организации отдыха детей в каникулярное время;

– разрабатывает и реализует программы развития системы образования с учетом условий и особенностей района;

– планирует, организует, регулирует и контролирует деятельность муниципальных образовательных учреждений в целях осуществления государственной политики в области образования;

– оказывает методическую поддержку образовательным учреждениям в освоении и введении в действие федеральных государственных образовательных стандартов общего образования.

Организационная структура «Управление образования администрации Аскизского района» следующая: начальник управления образования; заместитель начальника; финансово-экономический отдел; отдел общего и

дошкольного образования; отдел кадрового обеспечения; отдел юристов и программистов. Структурная схема предприятия представлена на рисунке 1.

Рисунок 1 – Структурная схема управления образования Аскизского района

Схема работы управления образования Аскизского района представлена на рисунке 2.

Начальник управления образования: обеспечивает работу управления образования в соответствии с положением о нем; организует и обеспечивает разработку содержания концепции, стратегии развития единой системы обеспечения непрерывного развития личности ребенка; руководит разработкой программы развития образования в районе.

Заместитель начальника: анализирует и прогнозирует тенденции развития системы общего образования, обеспеченности образовательных учреждений кадрами; принимает меры по закрытию имеющихся вакансий педагогических и руководящих работников; анализирует деятельность общеобразовательных организаций района, образовательных организаций дополнительного образования детей ;участвует в разработке муниципальной программы развития образования, ее реализации анализе и прогнозировании тенденций развития системы основного и среднего образования в районе; составляет заявки, отчеты, получает бланки строгой отчетности для выпускников школ.

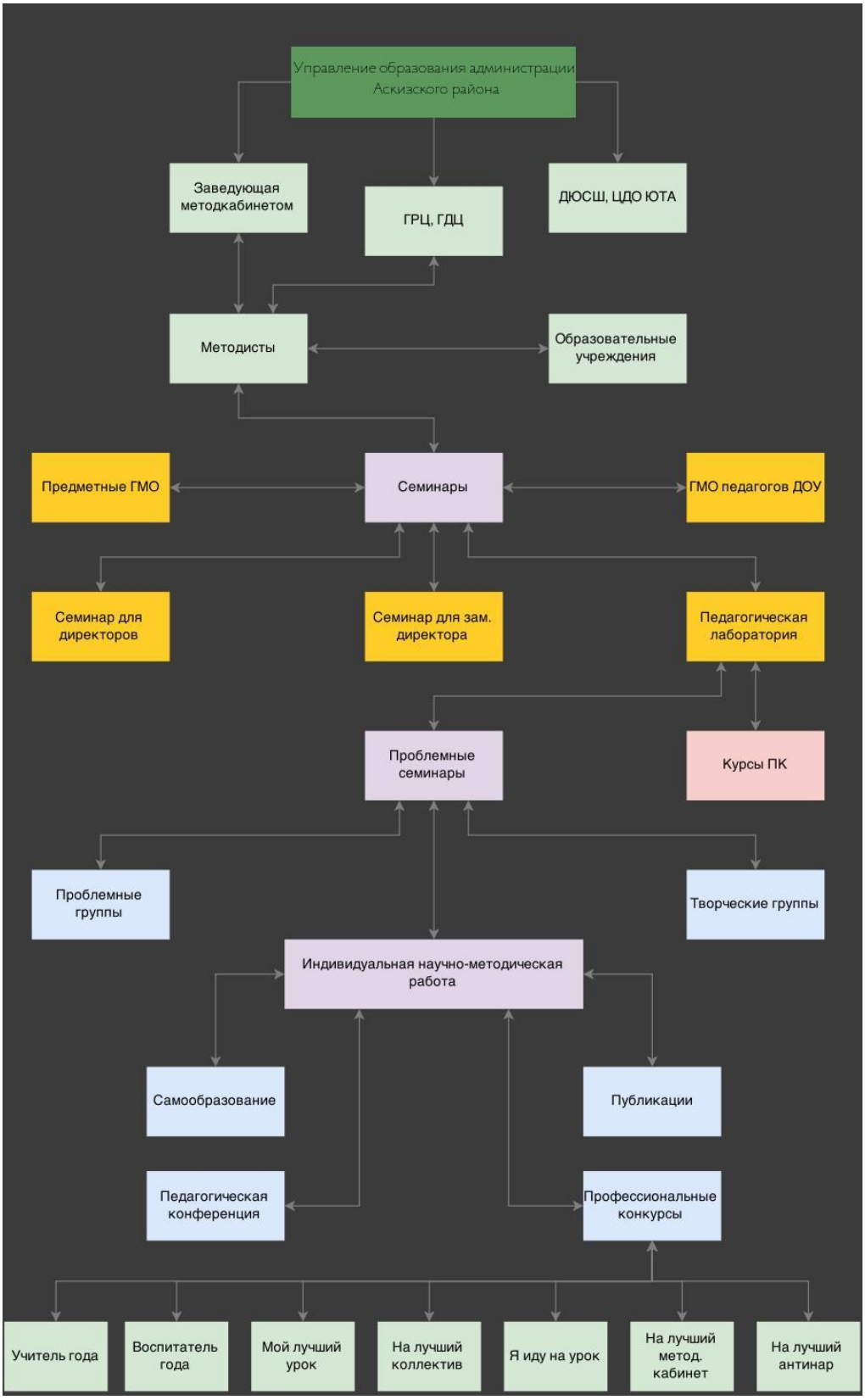

Рисунок 2 – Схема работы управления образования Аскизского района

Учетная политика управления: осуществляет изучение, анализ и оценку состояния системы образования на территории муниципального образования; осуществляет координацию и методическое сопровождение деятельности своих структурных единиц; участвует в разработке и реализации программ социально-экономического развития муниципального образования; участвует в организации мероприятий по оздоровлению, отдыху и занятости детей в оздоровительных лагерях и трудовых отрядах; координирует в подведомственных учреждениях подготовку документов на лицензирование образовательной деятельности и государственную аккредитацию; осуществляет учет детей, подлежащих обучению по образовательным программам дошкольного, начального общего, основного общего и среднего общего образования; выдает направления для зачисления детей в муниципальные дошкольные образовательные учреждения в порядке, определенном положением о комплектовании муниципальных дошкольных образовательных учреждений муниципального образования; организует и проводит аттестацию руководителей подведомственных учреждений в соответствии с действующим законодательством в области образования; осуществляет контроль организации питания учащихся и воспитанников в подведомственных учреждениях в соответствии с санитарно-эпидемиологическими правилами и нормами; осуществляет инспектирование образовательной деятельности подведомственных учреждений; организует и координирует методическую, диагностическую и консультативную помощь семьям, воспитывающим детей на дому.

В организации установлены компьютеры средней мощности. На всех компьютерах управления образования администрации Аскизского района, установлена операционная система Windows XP. Все компьютеры в организации соединены локальной сетью.

Управление образования администрации Аскизского района использует следующее программное обеспечения для выполнения задач:

1. для видеосвязи, служба мгновенных сообщений – Skype;

2. для управления базами данных – MySQL;

3. для работы с различными типами документов (текстами, электронными таблицами, базами данных и др.) – Microsoft Office;

4. для автоматизации деятельности на предприятии – 1С: Предприятие.

Анализируя деятельность управления образования администрации Аскизского района можно сделать вывод, что деятельность учреждения направлена на решение многочисленных первоочередных задач и отвлекать персонал на процесс разработки 3D-модели нецелесообразно, кроме того необходимо программное обеспечение и профессиональные компетенции в сфере компьютерного моделирования, в связи с чем данный вид деятельности был поручен практиканту с условием соблюдения минимизации затрат на разработку.

Цифровая копия 3D-модели каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас может быть использована творческими коллектива для визуального сопровождения танцевальных номеров, представляющих национальные обряды и ритуалы хакасского народа, который особо чтит данное изваяние.

Помимо этого, 3D-модель каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас может использоваться и в МАУК «Анхаковский музей-заповедник Хуртуях Тас» для рекламной, культурно-просветительской деятельности, для создания виртуальных экскурсий и путешествий, может быть размещена на туристических сайтах республики Хакасии для привлечения интереса туристов к региону.

Актуальность разработки каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас обусловлена и проблемой сохранения культурного наследия хакасского этноса, и интересом к объекту широкого круга пользователей, находящихся далеко за пределами Хакасии. Создание положительного образа хакасского народа посредством представления объектов его культуры привлечет туристов в Аскизский район (в чем заинтересованы и государственные учреждения, представителя бизнеса и все население района).

1.2 Анализ современных трендов в разработке виртуальных реконструкций и обоснование выбора программных средств

Для сохранения текстов, рисунков, объектов и т. д. используются разнообразные способы фиксации информации на различных носителях. Значительный шаг вперед был сделан с изобретением фотографии, которая обеспечила возможность объективной фиксации изображения и фонографа, позволившего зафиксировать звук.

Дальнейшее развитие техники привело к появлению киносъемки, динамической фотографии с синхронным звуком. Массовое использование фотографии, звукозаписи и киносъемки для сохранения информации привело к появлению понятий фото-, фоно- и кинодокументов.

Следующий важный переход произошел с развитием компьютерной техники: массовое создание, хранение и использование информации в оцифрованном виде.

Очередное качественное продвижения оцифровки связано с применением технологий фиксации информации об объектах в виде виртуальных (цифровых) 3D-моделей. К таким технологиям относятся:

1. лазерное сканирование;
2. фотограмметрия;
3. различные виды томографии;
4. 3D-моделирование.

Виртуальная 3D-модель сохраняет пространственные характеристики объекта (геометрию, текстуру, структуру и другие) в некоторой трехмерной системе координат, связанной с объектом. В этом состоит ее качественное отличие от фото и киносъемки, сохраняющих двумерные изображения объекта [5].

В настоящее время в историко-культурной среде сформировалось понятие «Digital (virtual) heritage» («цифровое и/или виртуальное наследие»), которое включает в себя различные арт-объекты и произведения искусства.

Цифровые технологии позволяют оцифровать объекты и предметы реального историко-культурного наследия, такие как скульптура, живопись, архитектура, памятники в разнообразные форматы, двумерные и трехмерные изображения.

1.2.1 Программные средства для 3D-моделирования

Прежде чем приступить к созданию какой-либо 3D-модели, нужно выбрать программное обеспечение. На современном рынке информационных продуктов ведущими являются следующие программы:

1. Agisoft PhotoScan (разработчик – российская группа компаний «Геоскан», занимающаяся разработкой и производством беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), а также разработкой программного обеспечения для фотограмметрической обработки данных и трехмерной визуализации [6]).

2. 3DF Zephyr (разработчик – итальянская частная консалтинговая компания «3Dflow»и разработчик программного обеспечения в области компьютерного зрения и обработки изображений [7]).

3. ZBrush (разработчик – компания «Pixologic Inc» разрабатывающая, продающая инновационное программное обеспечение для творческого самовыражения в области моделирования [8]).

4. TopoGun (приложение для нанесения покрытий и выпечки карт, которое позволяет создавать 3D-модели с текстурами высокого разрешения [9]).

5. Luxology MODO (компания «Foundry» разрабатывающая программное обеспечение для индустрии цифрового дизайна, медиа и развлечений, продукты компании используются для создания

последовательностей визуальных эффектов в широком спектре художественных фильмов, телевизионных и рекламных роликов[10]).

6. Cinema 4D (разработчик «Maxon Computer» создает программное обеспечение для индустрии Cinema 4D, трёхмерного моделирования, рисования, рендеринга и анимации [11]).

7. Substance Designer (американская компания«Adobe Inc.» — разработчик программного обеспечения[12]).

8. The Foundry MARI (компания «Foundry» разрабатывающая программное обеспечение для индустрии цифрового дизайна, медиа и развлечений, продукты компании используются для создания последовательностей визуальных эффектов в широком спектре художественных фильмов, телевизионных и рекламных роликов [10]).

9. 3DS Max (компания «Autodesk» – разрабатывает программное обеспечение для промышленного производства, архитектурного проектирования, строительство и СМИ [14]).

10. Adobe Photoshop (американская компания «Adobe Inc.» — разработчик программного обеспечения [15]).

Охарактеризуем кратко каждую из названых программ.

Agisoft PhotoScan – программное обеспечение для фотограмметрии, предназначенное для обработки материалов фотосъемки и получения ортофотопланов и цифровых моделей местности. При работе с PhotoScan необходимо иметь общее представление о базовых геодезических и фотограмметрических понятиях – таких как система координат, типы проекций, точность привязки и т.п.

3DF Zephyr – программное обеспечение для фотограмметрии и 3D-моделирования, позволяет автоматически создавать трехмерные модели из фотографий. Данный процесс полностью автоматизирован и не требуют навыков программирования, редактирования вручную или специализированного оборудования.

TopoGun – программное обеспечение для ретопологии, предназначено для построения низко полигональной модели по поверхности. Позволяет создавать новую сетку путем добавления вершин, либо методом рисования при помощи специального инструмента.

ZBrush – программное обеспечение для 3D-моделирования. Отличительной особенностью данного программного обеспечения является имитация процесса «лепки» трёхмерной скульптуры, усиленного движком трёхмерного рендеринга в реальном времени, что существенно упрощает процедуру создания требуемого трёхмерного объекта.

Luxology MODO – программное обеспечение для 3D-моделирования, рисования и рендеринга в единой рабочей среде. Особенностью программы является мощный, но при этом интуитивно понятный инструментарий для конструирования сложных геометрических форм.

Cinema 4D – программное обеспечение для 3D-моделирования, является универсальным комплексным решением для создания и редактирования трехмерных эффектов и объектов. Имеет поддержку анимации и высококачественного рендеринга. Отличается более простым интерфейсом, чем у аналогов, и встроенной поддержкой русского языка, что делает её популярной среди русскоязычной аудитории.

Substance Designer – программное обеспечение для профессионального текстурирования. Программа содержит обширную библиотеку инструментов, материалов и процедурных эффектов, которые помогут достичь поставленных целей.

The Foundry MARI – программное обеспечение для быстрого и профессионального текстурирования 3D-моделей, которое может обрабатывать экстремальные проекты, и использоваться для работы с текстурами высокого разрешения. Набор инструментов MARI, оставляет далеко позади многие автономные 2D-системы, поскольку позволяет рисовать прямо на модели и просматривать результаты сразу.

3DS Max –программное обеспечение для 3D-моделирования. В 3DS Max есть большое количество инструментов, необходимых при моделировании самых разных объектов виртуальной реальности –от простых геометрических фигур до профессиональных фантастических персонажей (моделирование человека, места, объекта).

Adobe Photoshop — многофункциональный графический редактор, разработанный и распространяемый фирмой Adobe Inc. Работает с растровыми изображениями и векторными инструментами. Продукт является лидером рынка в области коммерческих средств редактирования растровых изображений.

При выборе программных средств учтем, пожелание заказчика минимизировать затраты, т.е. его стоимость, а так же опыт разработчика и возможности компьютера, в связи с чем сделаем вывод, что Agisoft PhotoScan, ZBrush, 3DS Max и Adobe Photoshop наиболее подходят для реализации проекта создания виртуальной 3D-реконструкции каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас.

1.2.2Выбор игрового движка для создания виртуального музея одного экспоната

Для создания виртуальных музеев используют игровые движки, так как на современном этапе только они позволяют осуществить технологию «облета камеры» вокруг 3Dобъекта. С каждым годом игровая индустрия развивается все быстрее. На данный момент существует огромное количество игровых движков, выделим популярные:

1. Unity (компания «Unity Technologies»,разрабатывающая видеоигры, которая известная разработкой Unity, лицензированного игрового движка16]).

2. Unreal Engine (компания «Epic Games», занимающаяся разработкой компьютерных игр. Компания известна по игровым сериям Gears of War и

Unreal Tournament, а также как создатели игрового движка Unreal Engine [17]).

3. Cry Engine (частная компания «Crytek Corp.» разрабатывает компьютерные игры, игровые движки и компьютерные графические технологии [18]).

Приведем краткую характеристику названых движков.

Unity – межплатформенная среда разработки компьютерных игр. Unity позволяет создавать приложения, работающие под более чем 20 различными операционными системами, включающими персональные компьютеры, игровые консоли, мобильные устройства, интернет – приложения и другие. Основными преимуществами Unity являются наличие визуальной среды разработки, межплатформенной поддержки и модульной системы компонентов. К недостаткам относят появление сложностей при работе с многокомпонентными схемами и затруднения при подключении внешних библиотек.

Cry Engine 3 – игровой движок, разработанный немецкой компанией с ограниченной ответственностью Crytek и являющийся преемником движка Cry Engine 2. Cry Engine 3 изначально является кроссплатформенным движком — он изначально ориентирован на IBM PC-совместимые компьютеры и игровые консоли Microsoft Xbox 360 и Sony PlayStation 3. Кроме того, движок ориентирован на разработку массовых многопользовательских онлайновых игр. Движок Cry Engine 3 является полностью коммерческим, но есть и Free SDK версия.

Unreal Engine – игровой движок, разрабатываемый и поддерживаемый компанией Epic Games. Первой игрой на этом движке был шутер от первого лица Unreal, выпущенный в 1998 году. Хотя движок первоначально был предназначен для разработки шутеров от первого лица, его последующие версии успешно применялись в играх самых различных жанров, в том числе стелс-играх, файтингах и массовых многопользовательских ролевых онлайн-играх. В прошлом движок распространялся на условиях оплаты ежемесячной

подписки; с 2015 года Unreal Engine бесплатен, но разработчики использующих его игр обязаны перечислять 5% роялти от продаж.

Выбор игрового движка напрямую зависит от цены, сложности разработки и качества готового проекта. По всем параметрам в этом списке лидирует игровой движок Unreal Engine. Главное преимущество его над конкурентами Unity и CryEngine, это –наличие Blueprints (уникальная система программирования, в которой не нужно писать код). Код написан за нас и объединён в разного рода Nodes (узлы), которые выполняют определённые функции (переместить объект, определить его координаты, установить размер, обозначить условия события и т.п.).

1.3 Источниковая база об объекте моделирования

Знаменитый историко-культурный комплекс Хакасии, каменное изваяние Улуг Хуртуях Тас – одна из самых почитаемых и известных достопримечательностей Хакасии.

Изваяние поступило в фонды Хакасского республиканского краеведческого музея в 1954 году, вывоз организовал археолог Хакасского краеведческого музея Альберт Николаевич Липский. Причиной перемещения изваяния в музей была попытка уберечь памятник историко-культурного наследия от актов вандализма. Изваяние Хуртуях Тас, известное науке с 1722 года, пользуется среди местных жителей особым почитанием, как объект женского культа и покровительница материнства. А. Н. Липский описывает обряд поклонения Хуртуях Тас уже после ее перемещения в музей: «…Во дворе Абаканского музея, в собрании древних изваяний, стоит скульптура Хуртуях тас — каменной старухи, вывезенная мною в 1954 году от улуса Онхакова на Среднем Абакане. Это песчаниковый обелиск, тщательно обработанный, содержащий изваяние лица головы, не выделенной из камня, и хорошо оформленный живот беременной женщины, с вырезанной на нем

личиной… так вот, перед этим изваянием стояла молодая хакаска, держа мисочку с аракой — молочной водкой у рта каменной старухи» [18].

После перемещения изваяния со стороны местных жителей в органы государственной власти стали поступать просьбы о возвращении изваяния на первоначальное место. Но прошло почти пятьдесят лет, прежде чем возвращение местной святыни стало возможным [3, 18].

По разным данным, изваяние было вкопано в землю 4-6 тысяч лет назад, на месте геологического разлома земной коры, где отмечено мощное излучение особой энергии. Официальная наука пока так и не смогла разгадать ее тайны.

Особенно примечательно, что в переводе с хакасского Улуг Хуртуях Тас означает Великая каменная старуха. Значение этого каменного изваяния местные жители, связывают с материнством и часто называют Мать Хакасии, Аскизская Бабушка, Мать Матерей, Степная Богиня. Этого идола в женском обличье бездетные женщины молят о появлении детей. С незапамятных времен обитатели степей с поклоном подходили к «каменной старухе» и молили исцелить от бесплодия.

По преданию, изваяние обладает особой исцеляющей силой для бесплодных женщин, а по свидетельству очевидцев, обращения к Матери Хакасии приносили порой гораздо больше пользы, чем лечение у специалистов.

На сегодняшний день стела Улуг Хуртуях Тас является местом паломничества и считается одним из самых почитаемых каменных изваяний. В 2003 году была построена стеклянная юрта над стелой для ее сохранения.

Кроме изваяния, на территории музея имеется настоящая хакасская юрта 19 века со всеми предметами быта, юрта для отдыха, место для проведения шаманских обрядов.

Для решения задач моделирования об объекте необходимы качественные фотографии с разных ракурсов. На рисунках 3 – 9 представлены фотографии, которые были использованы в процессе

моделирования.

В процессе работы над созданием модели Улуг Хуртуях Тас выяснилось, что полученная первично источниковая база не позволяет создать высококачественную модель и ее текстуры, необходимы дополнительные фотографии задней части объекта.

Кроме того, анализ исторических фотоснимком, рисунков художников и свидетельств местных жителей, определил необходимость дополнительной съемки и использования для разработки рисунков художников.

Требуется реконструкция отдельных областей модели в связи с утратой отчетливого рельефа оригиналом.

На рисунках 10 – 11 представленырисунки художников, которые были использованы в процессе моделирования для реконструкции утраченных деталей.

На рисунке 10 представлена прорисовка фотографий Л.А. Евтюховой 1947 г.[19].

На рисунке 11 представлен обряд поклонения изваянию, автор картины неизвестен [20].

Рисунок 3 – Фотография объекта, вид спереди

Рисунок 4 – Фотография объекта, лицевая часть

Рисунок 5 – Фотография объекта, вид сбоку

Рисунок 6 – Фотография объекта, вид сзади

Рисунок 7 – Фотография объекта, общий вид

Рисунок 8 – Фотография личины на «животе» изваяния

Рисунок 9 – Фотография личины на «животе» изваяния, вид сбоку

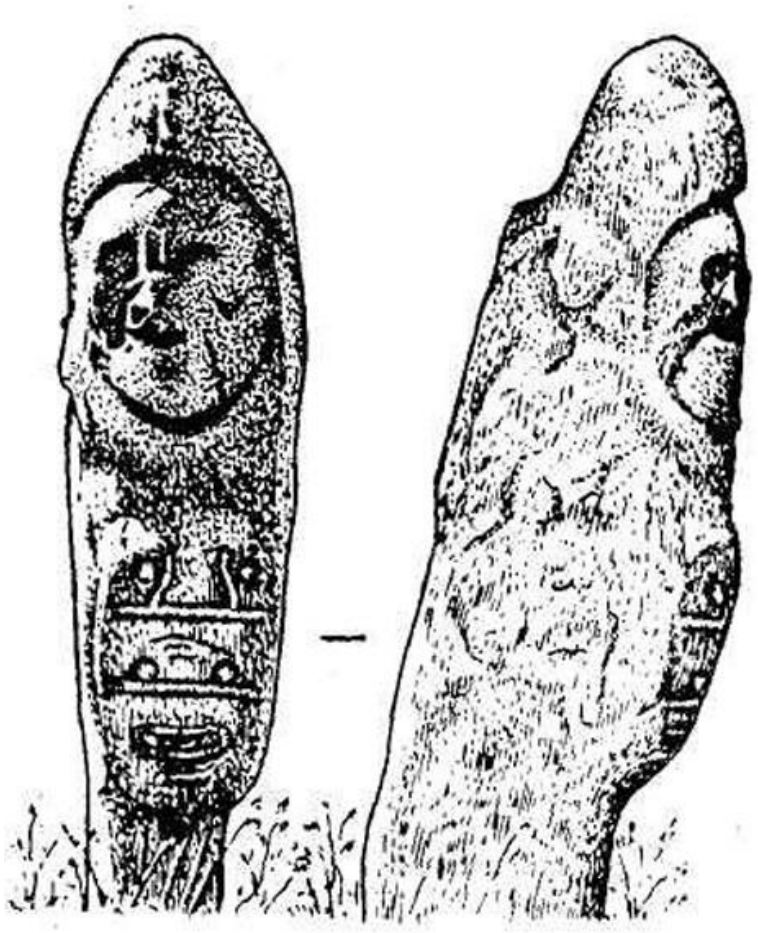

Рисунок 10 – Прорисовка фотографий Л.А. Евтюховой 1947 г.

Рисунок 11 – Обряд поклонения, автор неизвестен

Выводы по разделу «Компьютерное моделирование как способ сохранения объектов историко-культурного наследия»

Использование компьютерного моделирования становится важной частью по сохранению, использованию и популяризации объектов историко-культурного наследия. Возможности современных информационных технологий позволяют создать и сохранить цифровые копии уникальных объектов историко-культурного наследия в трехмерном и полностью фотореалистичном изображении позволит сохранить для следующих поколений его первозданность и при необходимости восстановить ее точную модель при утере реального объекта.

Анализ источниковой базы каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас подтвердил актуальность создания цифровых копий, в связи с тем, что уже сейчас поколение молодых людей видит изваяние иначе, чем их предшественники – рельефность лица каменного изваяния и личины на ее животе стала заметно меньше.

Для решения задач моделирования было сделано 60 фотографий и использованы картины и рисунки художников Хакасии.

Выполнен анализ программного обеспечения для 3D-моделирования и определены программные средства разработки.

При выборе программных средств учли, пожелание заказчика минимизировать затраты, т.е. его стоимость, а также опыт разработчика, возможности компьютера. Для реализации проекта создания виртуальной 3D-реконструкции каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас выбрали следующее программное обеспечение для фотограмметрии и 3D-моделирования: Agisoft PhotoScan, ZBrush и 3DS Max.

При выборе игрового движка Unreal Engine, учли стоимость, и наличие Blueprints в котором Nodes выполняют необходимые функции (переместить объект, определить его координаты, установить размер, обозначить условия события и т.п.) без временных затрат на программирование.

2. Описание процесса создания 3D-реконструкции каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас

До начала процесса моделирования, была проведена фотосъемка моделируемого объекта, часть фотографий представлены в параграфе 1.3 об источниковой базе объекта моделирования.

В общей сложности, количество фотографий составило 60 фотографий объекта и 15 фотографий мелких деталей объекта.

2.1 Фотограмметрия, скульпинг и исправление искажений модели

В программе Agisoft PhotoScan, выполнена фотограмметрическая обработка фотографий с последующей генерацией трехмерных пространственных данных, после преобразования в первичную высоко-детализированную 3D-модель. Полученный результат изображен на рисунке 12.

Рисунок 12 – Одно из изображений первичной модели

Поскольку первичная модель имеет ряд ошибок, полученный результат экспортируем для дальнейшего редактирования в трехмерном редакторе ZBrush. В данном программном обеспечении выполняем корректировку размеров и положения модели, выполняем исправление геометрии модели. Изображение модели до и после экспорта в программу в Zbrush показано на рисунке 13.

Рисунок 13 – Изображение модели до (слева) и после (справа) экспорта из Agisoft PhotoScan в Zbrush

На рисунке 14 представлены основные два фрагмента изображения до исправления и после:

1. на фрагменте *a* в процессе скульпинга выполнено увеличение объема контура живота объекта – результат представлен на рисунке фрагментом *a'*;

2. на фрагменте *b* в процессе скульпинга устранены искажения, появившиеся в процессе создания геометрии модели, в связи с погрешностью

моделирования программой Photoscan – результат представлен на рисунке фрагментом *b’*;

3. на фрагменте *c* в процессе скульпинга выполнено более четкая проработка деталей лица модели – результат представлен на рисунке фрагментом *c’*.

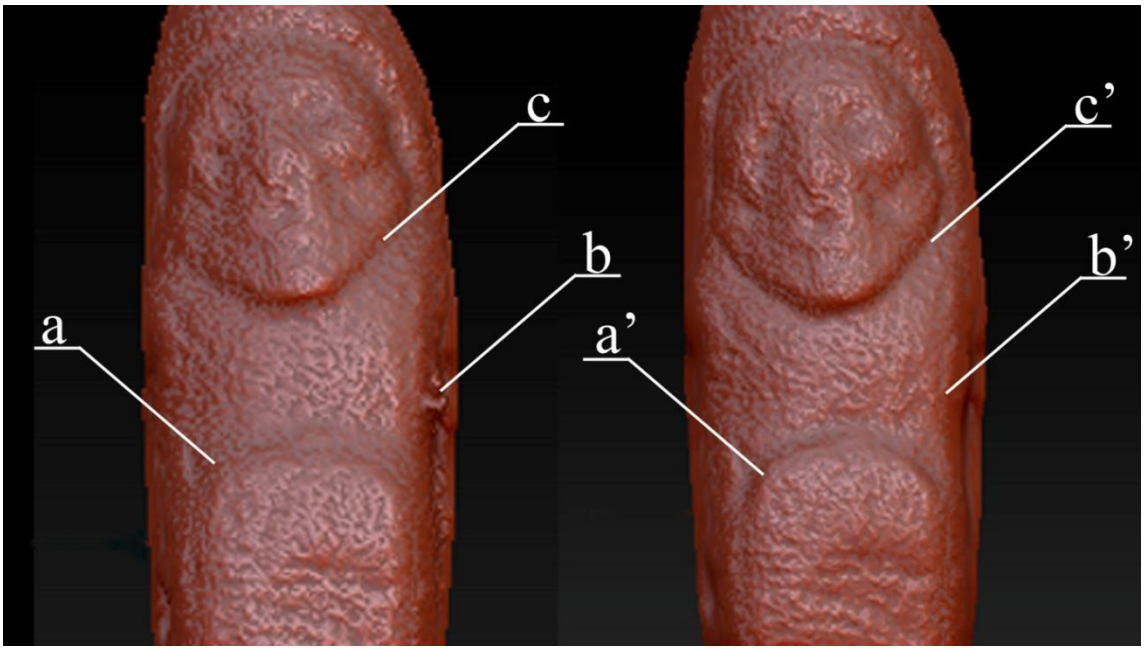

Рисунок 14 – Изображение фрагментов до и после исправления неточностей

2.2 Создание текстуры каменного изваяния

Очень важной составляющей в этапе создания трехмерных моделей является создание текстур для трехмерных моделей. Текстурирование позволяет придать поверхности 3D модели реалистичности и схожести с реальным объектом.

2.2.1 Создание текстур в Agisoft PhotoScan и ZBrush

Для создания текстур используем программу Agisoft PhotoScan. Созданную текстуру сохранили в формате JPEG (рисунок 15).

Автоматически созданная текстура в Agisoft PhotoScan совершенно не редактируема, из-за не правильной развертки.

Для создания развертки, которую мы можем редактировать, воспользуемся ZBrush.

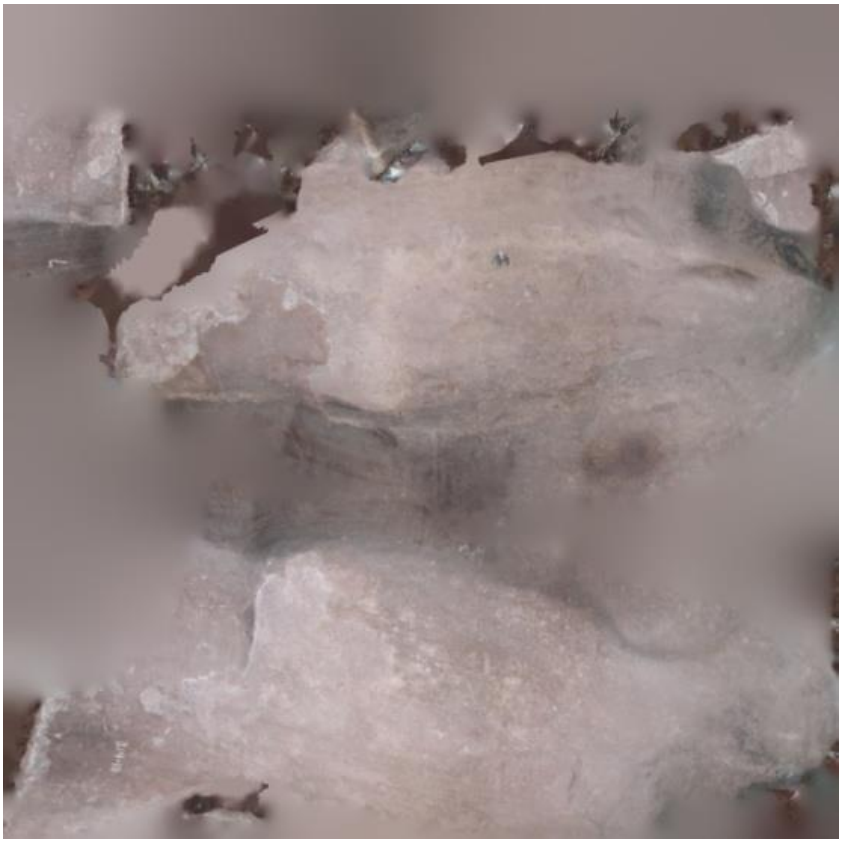

Рисунок 15 – Готовая текстура объекта

После импорта модели в ZBrush, используем инструментом развертки. Синей линией выделена ось разреза, красной линией защищённая часть модели, которая останется единой (рисунок 16).

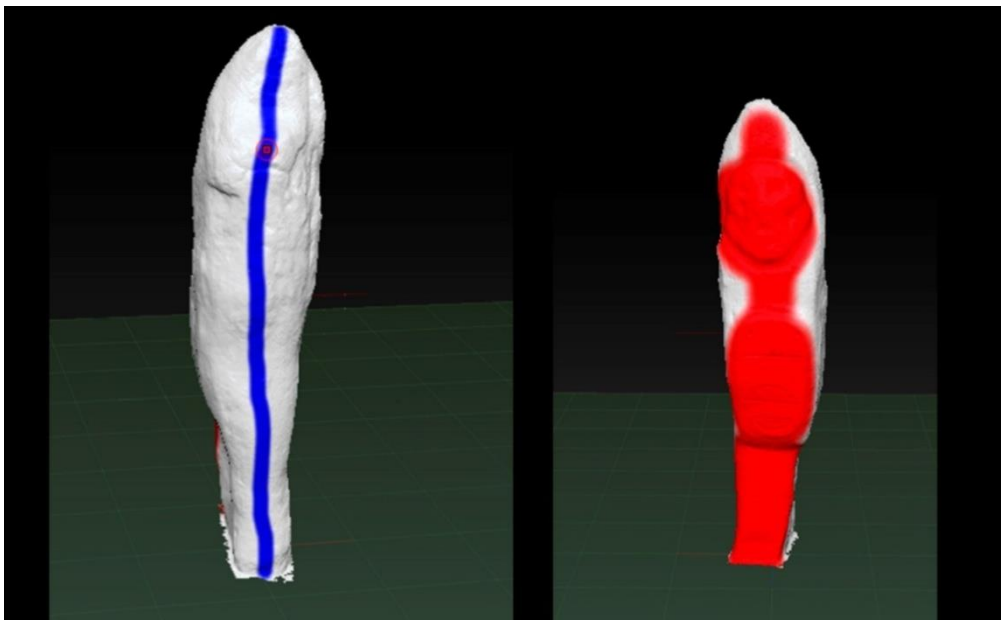

Рисунок 16 – Исправление развертки в ZBrush

После создания развертки, экспортируем модель обратно в Agisoft PhotoScan и создаем текстуру по новой развертке (рисунок 17).

Рисунок 17 – Текстура, созданная по новой развертке

Полученная текстура соответствует требованиям качества, и полностью редактируема, однако в верхней части каменного изваяния стали видны дефекты, которые нужно исправить в Photoshop.

2.2.2 Исправление текстуры в Photoshop

Импортируем текстуру в Photoshop и с помощью кисти «заплатка», исправляем ошибки текстуры (рисунок 18): на фрагменте рисунка *а* изображен дефект текстуры – фрагментом рисунка *а'* представлен результат устранения искажения.

На этом процесс создания текстуры завершен.

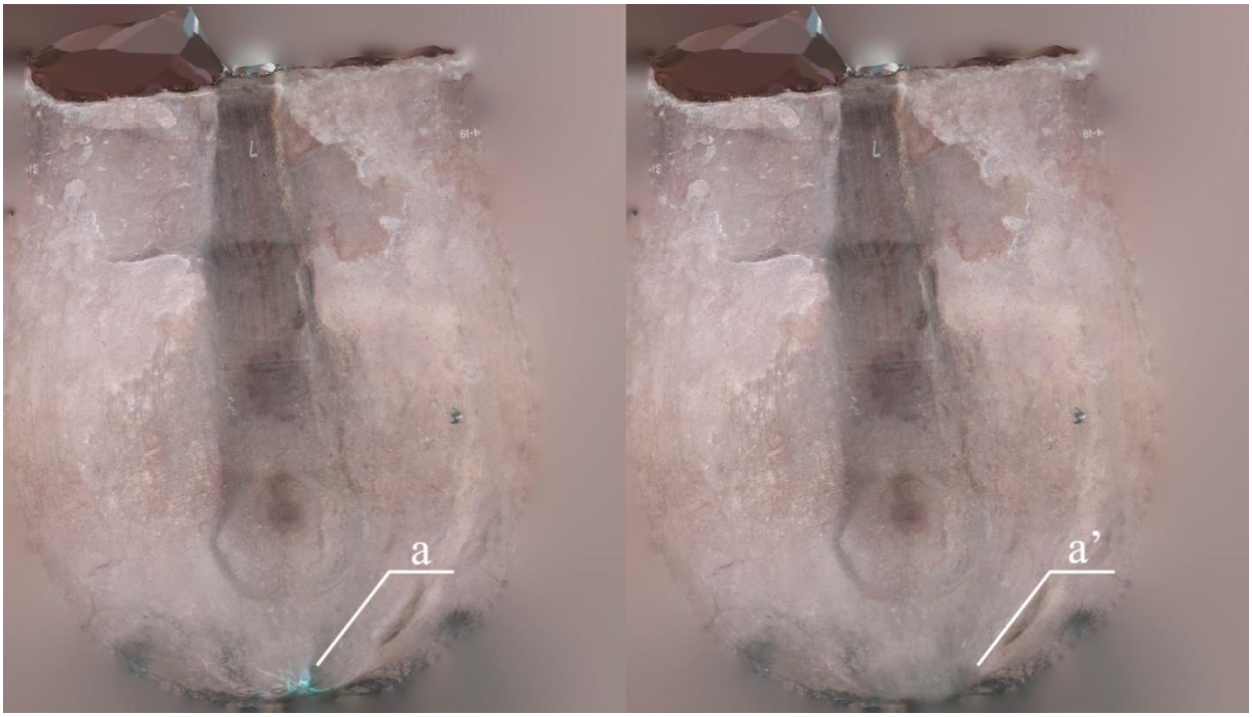

Рисунок 18 – Текстура до (слева) и после (справа) исправления в Photoshop

2.3 Создание сцены в 3DS Max

Для создания сцены в 3DS Max используются стандартные инструменты, такие как «box» и «triangle».

Для создания нужных элементов требуется инструмент «boolean», с его помощью вырезаем нужные объекты.

Вокруг 3D-модели Улуг Хуртуях Тас создали пол в форме восьмиугольника. Создали стены юрты (рамы).

После создания основания юрты, сделали крышу, используя все те же инструменты.

На рисунках 19, 20 изображена часть (основание, стены, крыша) стеклянной юрты, под куполом которой находится 3D-модель.

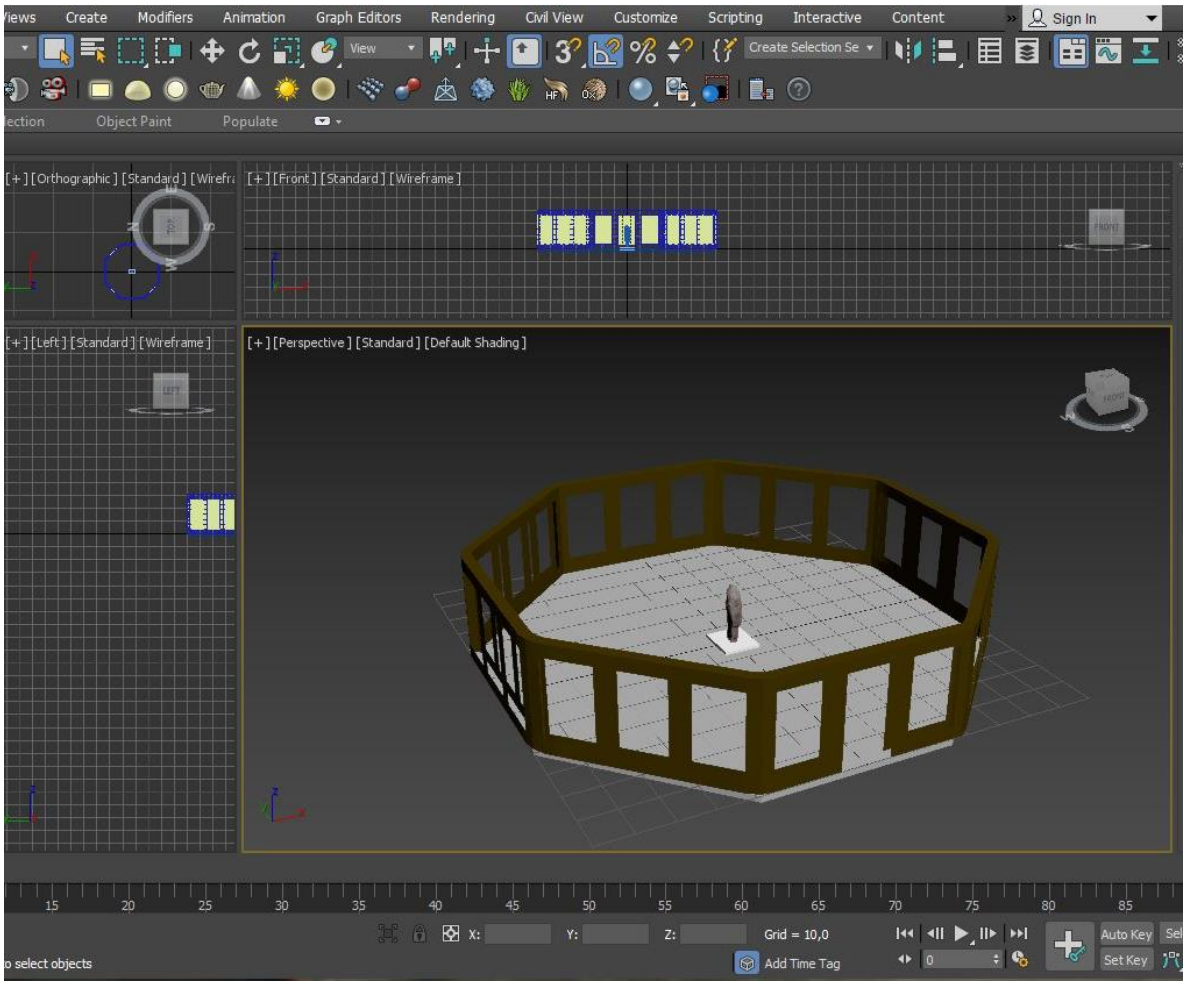

Рисунок 19 – Основание юрты

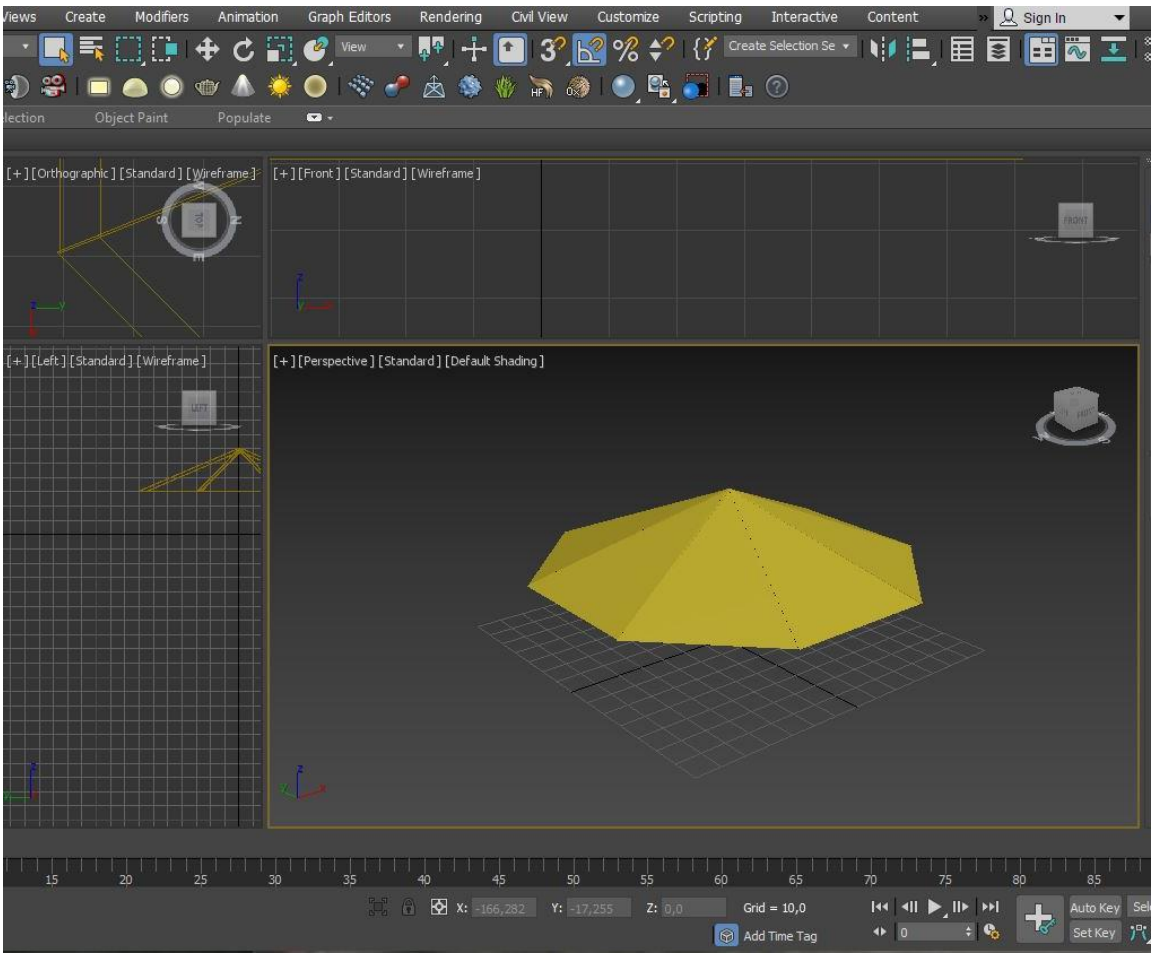

Рисунок 20 – Крыша юрты

2.4 Создание прототипа виртуального музея на движке Unreal Engine 4

После создания всех 3D-объектов в 3DS Max, импортируем их в игровой движок Unreal Engine 4.

В первую очередь добавим все объекты на сцену и расставим их.

На добавленные объекты наложим текстуры и материалы, входящие в стандартный набор UE4 для этого воспользуемся системой визуального скриптинга «Blueprints» (рисунок 21). Вместо построчного написания кода всё делается блочным программированием: перетаскивая ноды (узлы), задавая им свойства в интерфейсе и соединяя между собой «проводами», а также настраивать их. После наложения текстур, создадим рельеф и наложим аудиосопровождение (Исполнитель – Ивакин Руслан, музыка – Г.

Челбораков, слова – Е. Тыгдымаева), для создания благоприятной атмосферы. Готовая сцена изображена на рисунке 22.

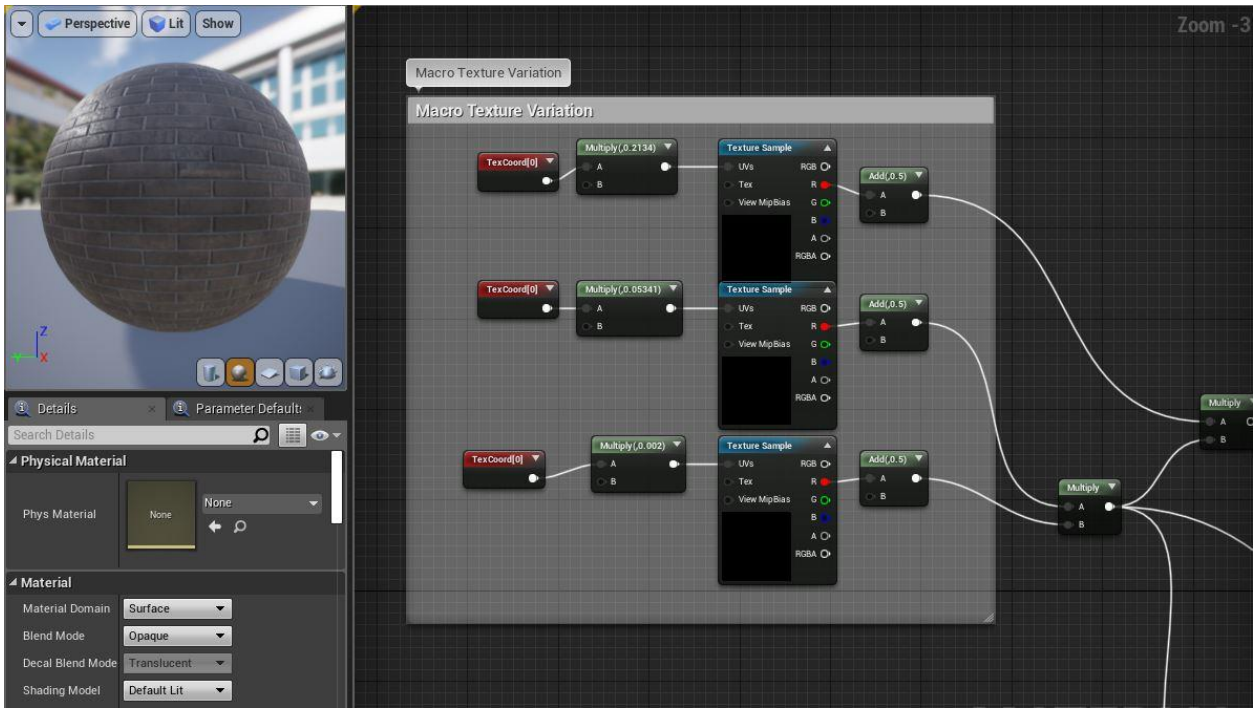

Рисунок 21 – Наложение текстуры камня

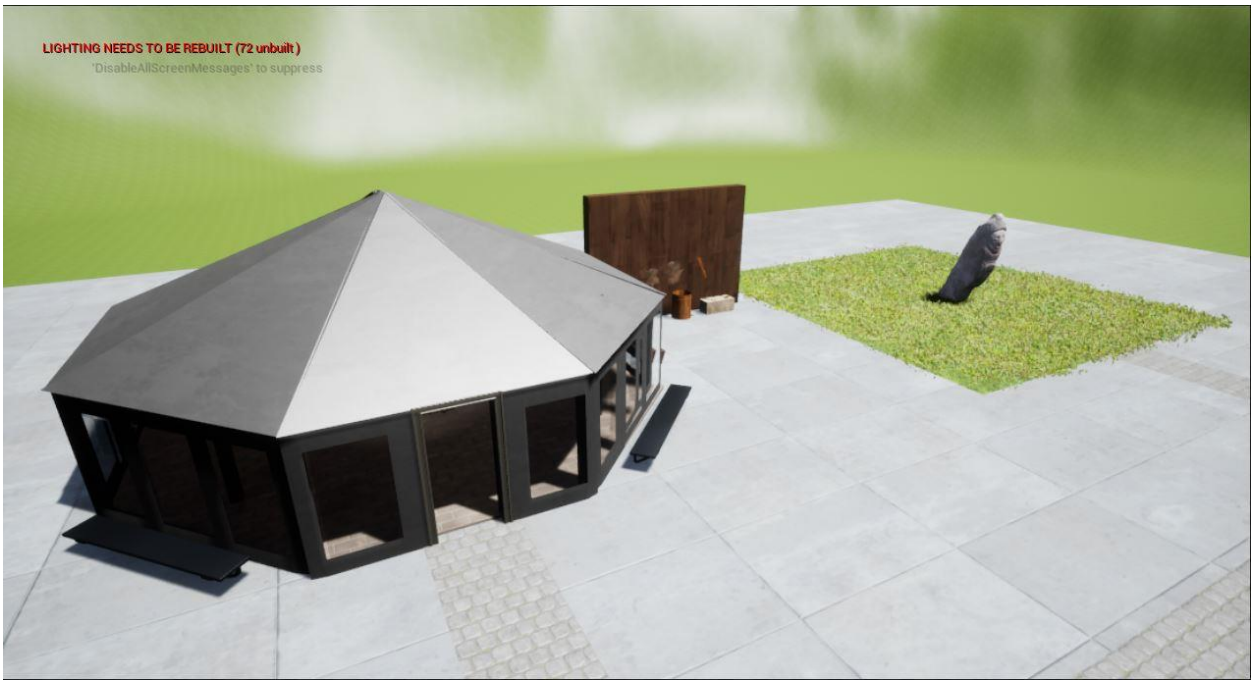

Рисунок 22 – Готовая сцена

В прототипе виртуального музея представлено три основные сцены:

1. каменное изваяние в юрте;

2. каменное изваяние в природе;

3. стена с предметами хакасского быта.

Первый вид представляет собой 3D-модель каменного изваяния в таком виде, какая она есть в настоящее время, в окружении стеклянной юрты (рисунки 23 – 26): на модели из-за длительного времени стали плохо заметны очертания лица и рельеф рисунков (личина) в области «живота».

Рисунок 23 – 3D-модель в виртуальном окружении «как есть», вид спереди

Рисунок 24 – 3D-модель в виртуальном окружении «как есть», вид сбоку 1

Рисунок 25 – 3D-модель в виртуальном окружении «как есть», вид сбоку 2

Рисунок 26 – 3D-модель в виртуальном окружении «как есть», вид сзади

Второй вид показывает то, как выглядело бы изваяние Улуг Хуртуях Тас в природном ландшафте по рисункам хакасских художников и свидетельств очевидцев.

На второй сцене у 3D-модели более выделены очертания лица и восстановлена личина на животе (рисунки 27 – 30).

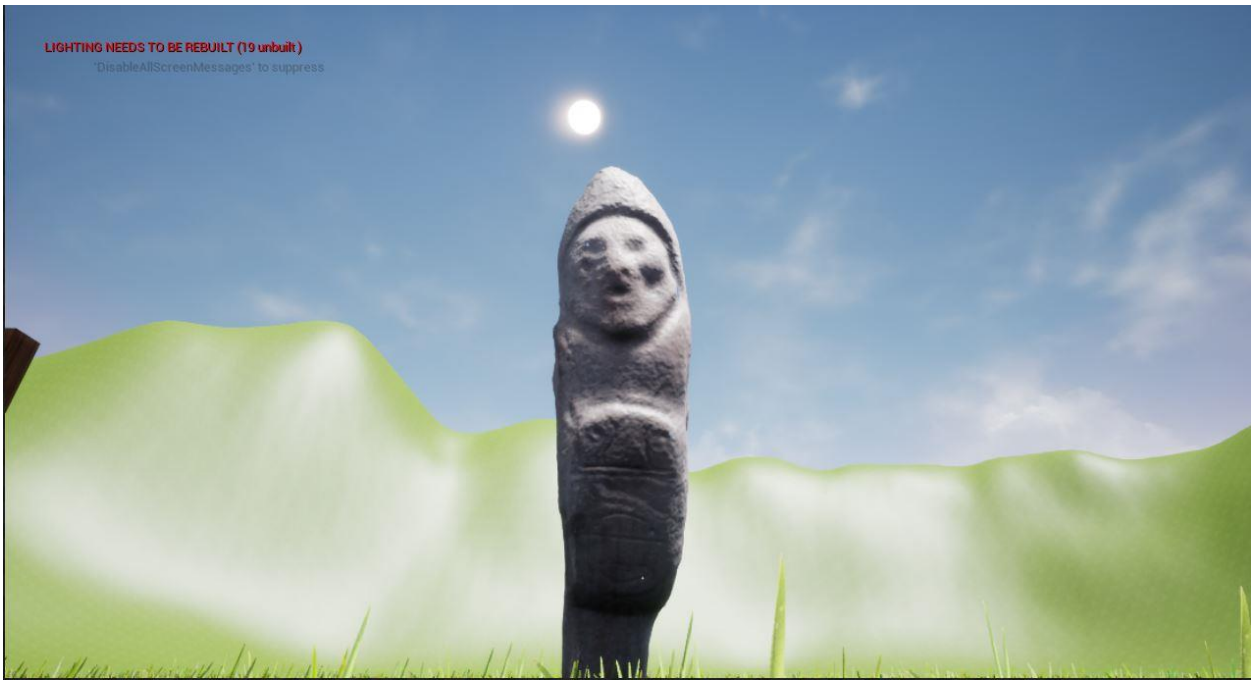

Рисунок 27 – 3D-модель в виртуальном окружении «как было», вид спереди

Рисунок 28 – 3D-модель в виртуальном окружении «как было», вид сбоку 1

Рисунок 29 – 3D-модель в виртуальном окружении «как было», вид сбоку 2

Рисунок 30 – 3D-модель в виртуальном окружении «как было», вид сзади

Между двумя представлениями 3D-модели изваяния создан фрагмент стены с 3D моделями предметов хакасского быта, предоставленными инженером-программистом Денисом Береженко, сотрудником ГАУ РХ "ЦИНТ Хакасии" (рисунки 31 – 32).

Рисунок 31 – 3D-модели хакасского быта в виртуальном окружении, отдаленный вид

Рисунок 32 – 3D-модели хакасского быта в виртуальном окружении, приближенный вид

2.5 Внедрение 3D модели каменного изваяния на сайт

Предполагалось, что 3D-модель будет передана управлением образования администрации Аскизского района в МАУК «Анхаковский музей-заповедник Хуртуях Тас» для размещения на сайте, однако выяснилось, что сайт находится в разработке из-за чего внедрение модели на данный момент невозможно.

Для внедрения 3D-модели воспользуемся сайтом Sketchfab [22]. Для добавления модели на сервис, нужно пройти регистрацию.

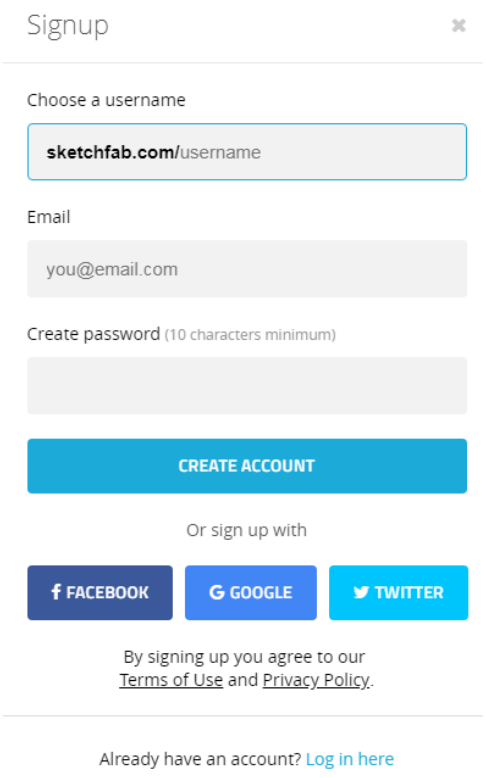

Рисунок 33 – Окно регистрации на сайте

После регистрации появляется возможность выбора учетной записи и покупки подписки. Обычная учетная запись (BASIC) бесплатная, позволяет добавлять один звук и пять аннотаций, размер модели не должен превышать 50MB.

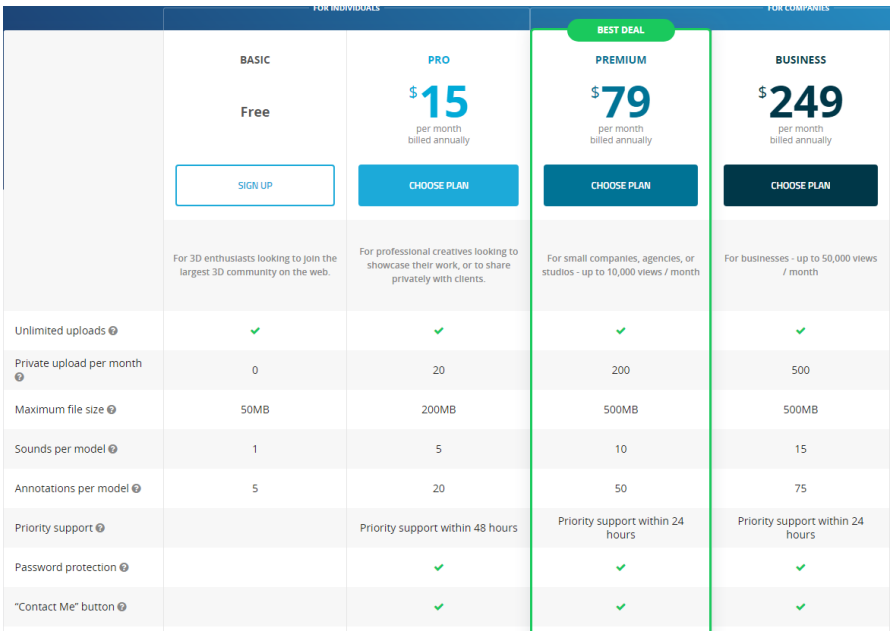

Рисунок 34 – Типы учетных записей

Другие учетные записи платные и имеют коммерческие цели, а именно продажу готовых моделей. На данный момент это не является приоритетной целью, поэтому воспользуемся бесплатной подпиской.

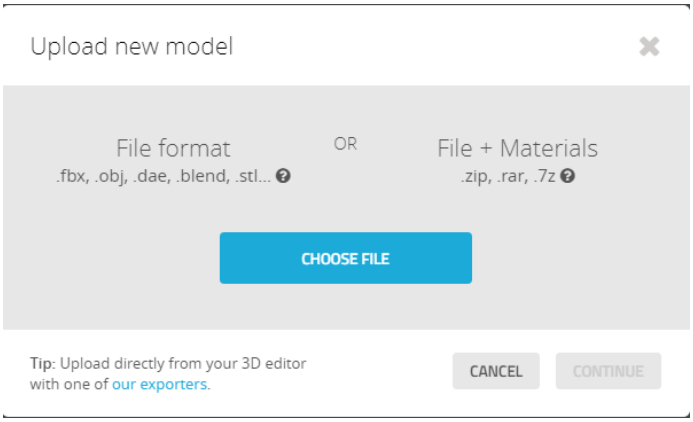

Рисунок 35 – Окно загрузки модели на сайт

После прохождения регистрации и авторизации загружаем модель на сайт, в данном случае использовалась модель сохраненная в формате «obj».

Перед публикацией модели, нужно установить 3D настройки.

Рисунок 36 – Управление 3D-настройками

На первой вкладке настраиваем параметры отображения по трем осям X, Y, Z.

Помимо встроенной текстуры, можно добавить новую текстуру и настроить ее отображение на сайте (рисунок 37).

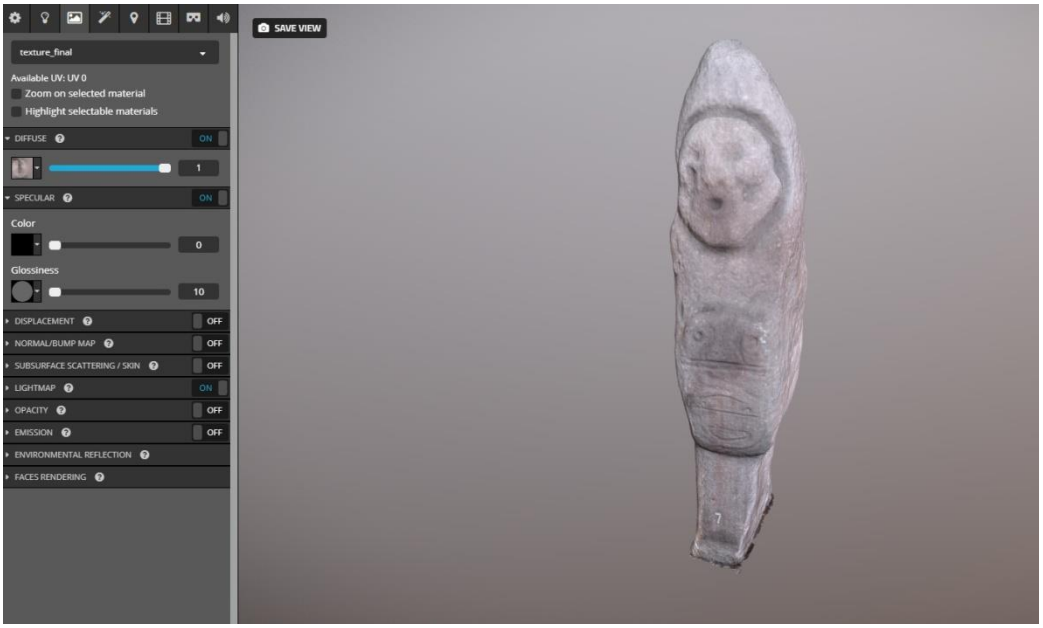

Рисунок 37 – Настройки текстуры

После завершения настройки, нужно добавить описание, аннотацию модели и звук.

Готовая модель на сайте изображена на рисунке 38.

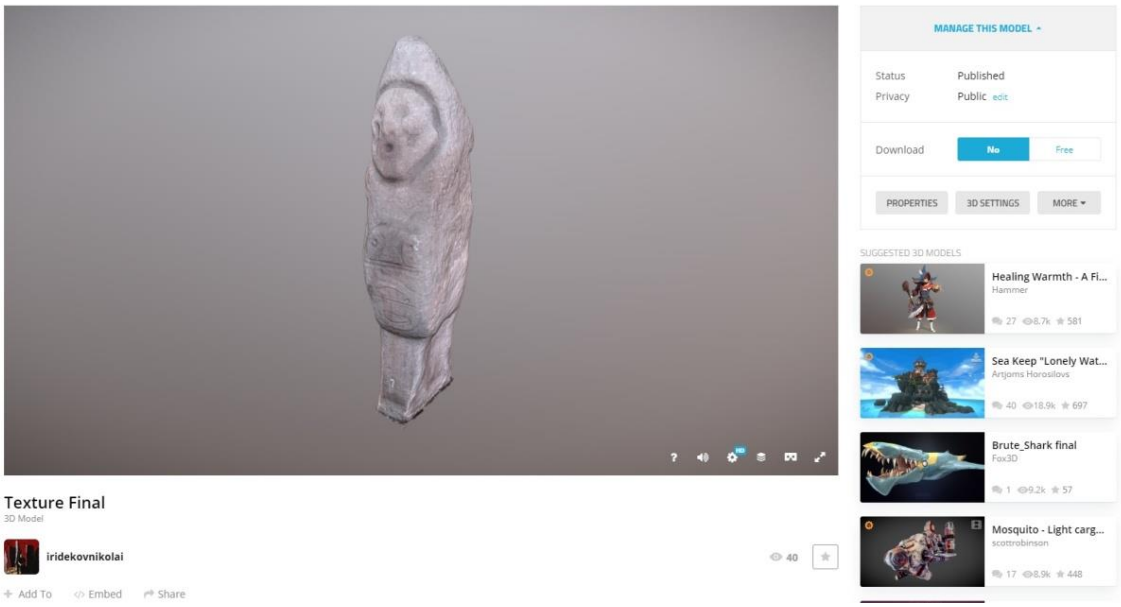

Рисунок 38 – Изображение модели на сайте

К модели добавлено описание на двух языках (рисунок 39), на русском, а также на английском, так как сайт международный и большинство пользователей англоговорящие.

Рисунок39 – Изображение модели на сайте

Текст описания: «Ulug Hurtuyakh Tas – a stone statue, one of the famous sights of Khakassia, the main object of the MAUK «Ankhakov Museum-Reserve Hurtuyakh Tas».The Ankhakov Museum-Reserve Hurtuyakh Tas – the only one

stone museum in the world, being a symbol of the concentration of vitality and well-being of the entire Khakass people, attracts the largest number of tourists and residents of the republic.

Улуг Хуртуях Тас – каменное изваяние, одна из известных достопримечательностей Хакасии, основной объект МАУК «Анхаковский музей-заповедник Хуртуях Тас». Анхаковский музей-заповедник Хуртуях Тас – единственный в мире музей одного камня, являясь символом сосредоточения жизненной силы и благосостояния всего хакасского народа, привлекает наибольшее число туристов и жителей республики»

Добавлено аудиосопровождение (исполнитель – Ивакин Руслан, музыка – Г. Челбораков, слова – Е. Тыгдымаева).

2.6 Создание твердой копии на -ринтере

Для 3D печати модели использовался 3D-принтер «WANHAO Duplicator 6».

Wanhao Duplicator 6 – это китайский FDM 3D-принтер, используемый мейкерами и инженерами. Его успешно используют для печати прототипов и бытовых изделий.

Для создания модели использовался материал полилактид (PLA) синего цвета. PLA имеет хорошие физико-механические свойства, что позволяет использовать его для декоративных моделей и прототипирования.

Для импорта в программное обеспечение 3D-печати использовался файл в формате «stl», размеры которого 200 мм в высоту и около 50 мм в ширину. Фотографии модели представлены на рисунках 40 – 43.

Рисунок 40 – 3D-Модель Улуг Хуртуях Тас напечатанная на 3D-принтере, вид спереди

Рисунок 41 – 3D-Модель Улуг Хуртуях Тас напечатанная на 3D-принтере, вид сбоку 1

Рисунок 42 – 3D-Модель Улуг Хуртуях Тас напечатанная на 3D-принтере, вид сбоку 2

Рисунок 43 – 3D-Модель Улуг Хуртуях Тас напечатанная на 3D-принтере, вид сзади

Выводы по разделу «Описание процесса создания 3D-реконструкции каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас»

В практической части работы достигнуты следующие результаты:

1. описан процесс создания первичной 3D-модели каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас и процесс ее доработки;

2. представлен процесс создания текстуры, а также ее наложение на объект и последующая настройка;

3. представлен процесс и результат реконструкции в соответствии с требованием восстановления утраченных деталей рельефа лица и личины на животе 3D модели каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас (для реконструкции использовались картины и русинки хакасских художников);

4. при создании текстур учтены требования реалистичности 3D-модели каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас;

5. для демонстрации 3D-реконструкция каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас размещена на интернет-ресурсе, обеспечивающим онлайн просмотр модели, а так же 3D-настройку и добавление музыкального сопровождения;

6. для презентации 3D-реконструкции каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас в окружающей среде («как было» и «как сейчас») создана трехмерная сцена с минималистическим 3D-контентом, состоящем из 3D-моделей предметов быта хакасского народа;

7. создан прототип виртуального музея одного экспоната на движке Unreal Engine 4 и напечатана твердая копия каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас на 3D-принтере.

3. Экономическая эффективность проекта

Совокупная стоимость владения (ТСО) — это общая величина целевых затрат, которые вынужден нести владелец с момента начала реализации вступления в состояние владения до момента выхода из состояния владения и исполнения владельцем полного объёма обязательств, связанных с владением.

ТСО рассчитывается по формуле:

$$TCO = DE + IC_1 + IC_2, \quad (1)$$

где DE – прямые затраты;

$IC_{1,2}$ – косвенные расходы первой и второй группы, но в данном проекте они отсутствуют.

3.1 Расчет капитальных затрат

Капитальные затраты вычисляются по следующей формуле:

$$К = К_{пр} + К_{тс} + К_{лс} + К_{пс} + К_{ио} + К_{об} + К_{оэ}, \quad (2)$$

где $К_{пр}$ – затраты на проектирование ИС;

$К_{тс}$ – затраты на технические средства управления;

$К_{лс}$ – затраты на создание линий связи;

$К_{пс}$ – затраты на программные средства;

$К_{ио}$ – затраты на формирование информационной базы;

$К_{об}$ – затраты на обучение персонала;

$К_{оэ}$ – затраты на опытную эксплуатацию.

Затраты на проектирование информационной системы.

$$К_{пр}=К_{зп} + К_{по} + К_{свт} + К_{проч}, \quad (3)$$

где $К_{зп}$ – затраты на заработную плату проектировщика;

$К_{по}$– на ПО для проектировщика;

$К_{свт}$ – на средства вычислительной техники для проектирования;

$К_{проч}$ – прочие затраты.

Затраты на заработную плату проектировщика.

Поручить штатному сотруднику разработку модели, в рамках его трудовых функций (в этом случае при расчете необходимо учесть оклад).

Для расчета необходимо учесть районный и северный коэффициенты, которые для республики Хакасия составляют 30% каждый. По данным интерактивного портала Министерства труда и занятости республики Хакасия, графического дизайнера равна от 18048 до 30000 руб., на момент поиска найдены реальные вакансии с предлагаемой зарплатой 25000 руб. [2].

В таблице 1 приведен расчет заработной платы графического дизайнера с учетом реальной предлагаемой заработной платы исходя из оклада 15600 руб. и расчет заработной платы программиста, внедряющего готовую модель в информационную систему оклад которого составляет 11280 руб.

Учитывая, что на разработку модели, дизайнеру понадобится 1 месяц, программисту потребуется, примерно 5 рабочих дней [2], рассчитаем заработную плату (таблица 1).

Таблица 1 – Расчет заработной платы сотрудников

Код	Начисление/удержание	Расчет заработной платы графического дизайнера		Расчет заработной платы программиста	
		Начислено, руб.	Удержано, руб.	Начислено, руб.	Удержано, руб.
003	Оклад	15600		11280	
181	Районный коэффициент + северный коэффициент	9360		6768	
202	НДФЛ (13%)		3244,8		2346
	Итого	24960	3244,8	18048	2346
	Всего	21715		15701	

Таким образом фонд оплаты труда $ФОТ_1$ для графического дизайнера и $ФОТ_2$ для программиста составляет:

$$ФОТ_1 = 24960 \cdot 1{,}302 = 32497 \text{ руб.}$$

$$ФОТ_2 = 18048 \cdot 1{,}302 = 23498 \text{ руб.}$$

ФОТ на период разработки составит:

$$ФОТ = ФОТ_1 \cdot 1 + ФОТ_2 \cdot (5/21) = 32497 \cdot 1 + 23498 \cdot (5/21) = 38092 \text{руб.}$$

Рассчитаем заработную плату сотрудников:

1. Кзп1 = 32497· 1 = 32497 руб. (заработная плата графического дизайнера за 1 рабочий месяц).
2. Кзп2 = 23498 / 21· 5 = 5595 руб. (заработная плата программиста за 5 рабочих дней).

$$Кзп = 32497 + 5595 = 38092 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты для ПО. В таблице 2 приведены программные и системные средства, необходимы для разработки ИС, и их стоимости, при этом использовались официальные источники [3,4,5].

Таблица 2 – Стоимость программного обеспечения.

Программное средство	Стоимость, руб.
Windows10home edition	8699
ZBrush (1 месяц)	2 589
3ds max (1 месяц)	5 182
Photoshop (1 месяц)	648
Всего	17118

Таким образом, общая стоимость ПО проектирования ИС:

Кипс = 8699 + 2589,42 + 5182,13 + 648,20= 17119 руб. (за 1 рабочий месяц).

Затраты на ПО для компьютера составят:

Кипс=171189 руб.

Для создания системы использовался следующий компьютер для моделирования:

1. Системный блок со следующими техническими характеристиками: процессор – Intel i7, память – 8ГБ видеокарта – nVidia GeForce 1080. Стоимость такого компьютера 33690 рублей [3].

2. Монитор стоимостью 4290 рублей ЖК PHILIPS 193V5LSB2 (10/62) 18.5», черный; размер экрана: 18.5», широкоформатная матрица TN+film с разрешением 1366×768, отношением сторон 16:9, яркостью 200кд/м^2, временем отклика 5мс, разъем D-SUB (VGA) [3].

3. Клавиатура стоимостью 320 рублей OKLICK 180M, черный;интерфейс: PS/2, стандартная, классической формы[3].

4. Мышь стоимостью 160 рублей Oklick 275M черная оптическая (1000dpi) USB (2but) [3].

Балансовая стоимость компьютера:

$C_б = 33690 + 4290 + 320 + 160 = 38460$ *руб.*

Таблица 3 – Стоимость оборудования

Наименование	Стоимость, руб.	Срок экспуатации
Системный блок	33690	(1 год)
Монитор	4290	
Клавиатура	320	
Мышь	160	
Всего	38460	

Вычислим амортизацию по следующей формуле:

$$A_р = C_б \cdot H_{ам} \quad (4)$$

где $Н_{ам}$ – норма амортизации, %

Норма амортизации за 5 лет:

$$Н_{ам} = 1/5 \cdot 100\% = 20\%.$$

При стоимости компьютера 38450 рублей амортизация за 1 год будет равна 38450·0,2 = 7690 руб., что составляет 641 руб. в месяц.

Рассчитаем затраты на средства вычислительной техники и ПО:

$$К_{свт} = 641 \text{ руб.}$$

Амортизация за 1 месяц.

Резерв на непредусмотренные расходы 3%, тогда:

$$Резерв = (38092 + 641 + 17118) \cdot 0,03 = 1676 \text{ руб.}$$

Таким образом затраты на проектирование ИС составят:

$$К_{пр} = 38092 + 641 + 17119 + 1676 = 57528 \text{ руб.}$$

Для создания системы понадобится высокоскоростной интернет.

По данным мониторинга стоимости подключения интернета провайдеров «Ростелеком» и «ТТК», которые являются ведущими,

подключение интернета обойдется в среднем в 350 рублей в месяц и покупка роутера стоимостью 1000 рублей, а также оплата хостинга 200 рублей в месяц:

$$К_{лс} = 350 + 1000 + 200 = 1550 \text{ руб.}$$

$К_{тс}$ – затраты на технические средства управления;

Затраты на технические средства управления будут равны нулю, так как будет использоваться стационарный компьютер.

$$К_{тс} = 0$$

Затраты на наем профессионального фотографа, обучение персонала, опытную эксплуатацию отсутствуют.

Для данной системы не нужно тестирование, т.к. его произведет графический дизайнер, который создает модель.

Таким образом, в сумме капитальные затраты составляют:

$$К = 57528 + 1550 = 59076 \text{ руб.}$$

Таблица 4 –Затраты на проектирование

Наименование	Состав затрат	Планируемая сумма, руб.
Затраты на проектирование	Затраты на ЗП	38092
	Затраты на ПО	17119
	Затраты на обеспечение связи	1550
	Амортизация оборудования	641
	Прочие затраты	1676
	Всего	59076

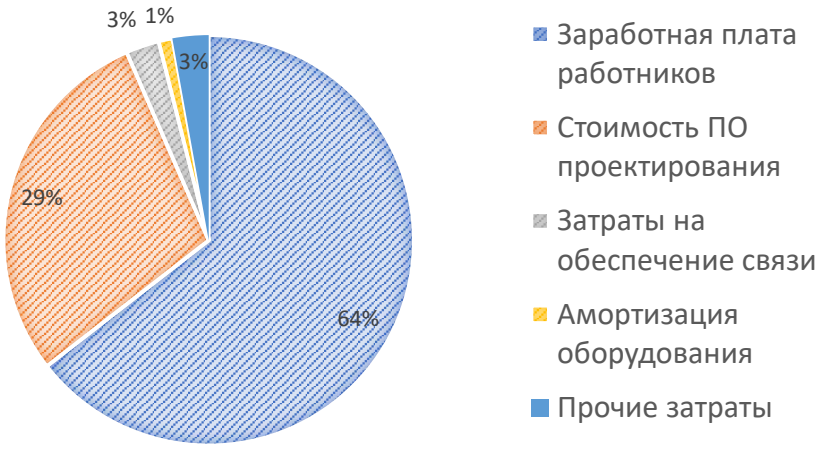

Рисунок 43 – Капитальные затраты

3.2 Эксплуатационные затраты

Эксплуатационные затраты рассчитываются по формуле:

$$C = C_{зп} + C_{ао} + C_{то} + C_{лс} + C_{ни} + C_{проч}, \quad (5)$$

где $C_{зп}$ – зарплата персонала, работающей ИС;

$C_{ао}$ – амортизационные отчисления;

$C_{то}$ – затраты на техническое обслуживание;

$C_{лс}$ – затраты на использование глобальных сетей;

$C_{ни}$ – затраты на носители информации;

$C_{проч}$ – прочие затраты.

Затраты на техническое обслуживание: поддерживать ИС в рабочем состоянии может, административный работник музея, навыки 3Dмоделирования здесь не обязательны. Из этого следует, что дополнительная заработная плата не требуется ($C_{то}$ = 0 руб.)

Для того, чтобы поддерживать ИС в рабочей форме будет использоваться компьютер, который установлен в музее, тогда годовое амортизационное отчисление:

При стоимости компьютера 38450 рублей амортизация за 1 год будет равна:

38450·0,2 = 7690 руб. в год.

$C_{ао} = 38450 \cdot 0,2 = 7690$ *руб.*

В связи с тем, что обслуживание будет входить в заработную плату работника музея, то $C_{зп} = 0$ руб.

Затраты на использование глобальных сетей: для того чтобы поддерживать сайт в сети интернет нужно оплачивать место на сервере для сайта. В среднем стоимость хостинга стоит 200 руб. в месяц. В год стоимость

$C_{лс} = 200 \cdot 12 = 2400$ *руб. в год.*

Затраты на носители информации: для данной ИС внешние носители информации не нужны.

Прочими эксплуатационными затратами может быть, увеличение числа пользователей, в связи с чем потребуется увеличить плату за хостинг, чтобы избежать проблем с работой сайта с 2400 рублей в год до 3000 рублей в год

Таким образом, в сумме эксплуатационные затраты равны:

$C = 7690 + 3000 = 10690$ *руб.*

3.3 Прямые затраты

Прямые затраты рассчитываются по формуле:

$$DE = DE1 + DE2 + DE3 + DE4 + DE5 + DE6 + DE7 + DE8, \quad (6)$$

где DE 1 – капитальные затраты. DE1 = 59076 руб.;

DE 2 – расходы на управление информационными технологиями. DE2 = 0 руб.;

DE 3 – расходы на техническую поддержку. DE3 = 0 руб.;

DE 4 – расходы на разработку прикладного ПО внутренними силами. DE 4 = 0 руб.;

DE 5 – расходы на аутсорсинг. DE 5 = 0 руб.;

DE 6 – командировочные расходы. DE 6 = 0 руб.;

DE 7 – расходы на услуги связи. DE 7 = 3000 руб.;

DE 8 – прочие расходы. DE 8 = 0 руб.;

DE = 59076 + 10690 = 69766руб.

Дальше нужно рассчитать экономическую эффективность проекта, чтобы подчеркнуть преимущества разрабатываемого проекта.

3.4 Расчет экономической эффективности проекта

Проект создается с целью увеличения числа посетителей музея. Виртуальная модель Улуг Хуртуях Тас даст возможность дистанционно увидеть экспонат всем пользователям на сайте. Также, появляется возможность проведения удаленных экскурсий с помощью созданного прототипа виртуального музея.

После размещения готовой 3D-модели на сайте sketchfab, можно выставить ее на продажу, средние цены на модели в разделе «культурное наследие и история» варьируются от 15$ до 25$ за одну модель. Каталог моделей представлен на рисунке

Сравнив модели конкурентов, сделаем вывод, что стоимость созданной нами модели составит 20$ или 1300 руб. за одну модель.

Из этого сделаем вывод, что модель может приносить пассивный доход, так как ее могут покупать различные виртуальные музеи и разработчики, использующие существующие культурные объекты.

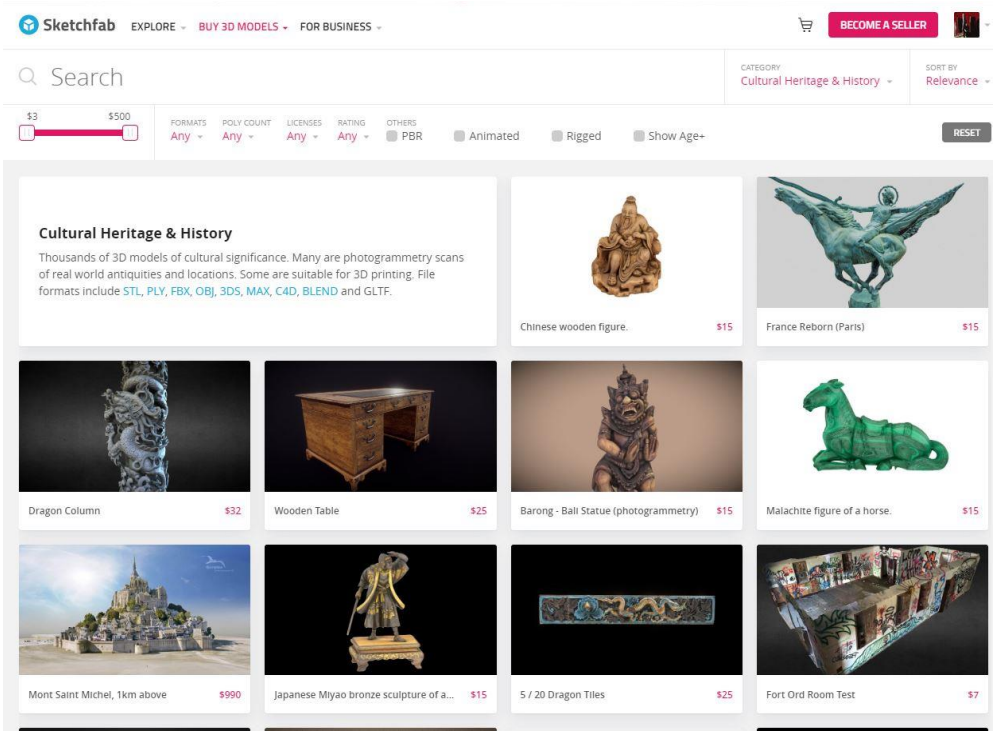

Рисунок 44 – Каталог 3D-моделей

Таблица 5 – Возможное доходы

Наименование возможных доходов	Цена за ед., руб.	Возможное количество за год	Планируемый доход за год, руб.
Продажа модели на сайте	1300	8–10 моделей	13000
Дополнительные средства от экскурсий с использованием ИС	150	500 билетов	75000

Выяснить точное количество моделей, которые будут проданы невозможно. Примерное их количество может варьироваться от 5 до 10 моделей, доход от которых составит, примерно, 13000 рублей в год.

Виртуальный музей дает возможность проведения экскурсий в разных музеях. Цена билета при виртуальной экскурсии составит 150 рублей за

билет, согласно статистическим данным, посетить такие экскурсии в среднем могут 500 человек в год, доход составит 75000 рублей.

Доходы в год от продажи моделей и виртуальных экскурсий составят 88000 руб. Таким образом, разработанная модель имеет потенциальную возможность приносить доход заказчику.

Дальше нужно рассчитать риски при реализации проекта, чтобы по максимуму сократить шансы аспектов, негативно влияющих на создание проекта.

3.5 Оценки риска при реализации проекта создания ИС

Реализационный и операционный риски находятся на среднем уровне т.к. вероятность, что возникнут непредвиденные расходы, есть.

Риски, связанные с характеристиками проект, а именно лимитированное время разработки, имеются т.к., еще не были даны четкие установки.

Риски, связанные с несоответствием виртуальной модели, с реальным объектом. В таблице 9 приведены данные о рисках данного проекта

Таблица 9 – Возможные риски

№	Группы рисков	Перечень рисков проектов	Уровень влияния	Вероятность	Возможные решения риска
1	Риск соответствия	Несоответствие виртуальной модели с реальной	Средняя	Средняя	Использовать исходные материалы высокого качества
2	Реализационный риск	Непредвиденные расходы	Средняя	Низкая	Дополнительное соглашение к договору
4	Риски, связанные с характеристиками проекта	Лимитированное время разработки	Низкая	Средняя	Нанять 3D дизайнера

Возможные решения минимизации рисков:

1. Риск соответствия. Постоянные обсуждения с заказчиком всех деталей проекта, а также высоко качественные текстуры и фотографии объекта моделирования.

2. Риски реализационный и операционный. Создать дополнительное соглашение к договору, где будут максимально расписаны, возможные непредвиденные расходы.

3. Риск, связанные с характеристиками проекта. Чтобы успеть к сроку завершению проекта, нужно сначала по возможности уменьшить риск соответствия и по надобности нанять еще одного или несколько 3D дизайнеров.

Изучив выше представленные риски, установлено, что создание 3D модели полностью оправдано, так как вероятность рисков низкая и сведена к минимуму.

Выводы по разделу "Экономическая эффективность проекта"

В процессе оценки экономической эффективности установлено, что разрабатываемый проект имеет капитальные затраты 59076 рублей и эксплуатационные затраты 10690 рублей. совокупная стоимость владения составляют 69766 рублей.

В разделе расчета экономической эффективности было установлено, что за год примерный доход от реализации проекта составит 88 000 рублей, из этого следует, что проект окупит затраты менее чем через год. Результаты расчета представлены на диаграмме (рисунок 46).

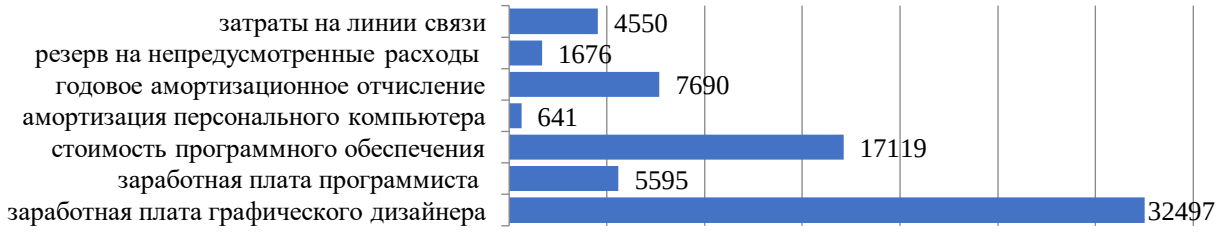

Рисунок 46– Распределение затрат

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы на теоретическом уровне решены задачи: выполнен анализ современных трендов в разработке 3D-моделей и реконструкции объектов историко-культурного наследия; осуществлен поиск и систематизация источниковой базы об объекте реконструкции; определены детали объекта, требующие виртуальной реконструкции.

В практической части работы описан процесс создания первичной 3D-модели каменного изваяния и процесс ее доработки, создания текстур; представлен процесс и результат реконструкции. При создании текстур учтены требования реалистичности модели. Выполнена реконструкции утраченных деталей рельефа лица и личины на животе 3D-модели каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас.

Для презентации моделируемого объекта в окружающей среде («как было» и «как сейчас») создан прототип виртуального музея на движке Unreal Engine 4 включающий в себя следующие сцены: каменное изваяние в юрте «как есть»; каменное изваяние в природе «как было»; стена с предметами хакасского быта.

3D-реконструкция каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас размещена на интернет-ресурсе, обеспечивающим он-лайн просмотр модели и напечатана твердая копия каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас на 3D-принтере.

В экономическом разделе выполнена оценка экономической эффективности проекта, было установлено, что при коммерческой направленности, проект окупиться менее чем через год.

Результаты ВКР опубликованы. Библиографическая ссылка на статью: Иридеков Н. В., Янченко И. В. Виртуальная 3D-реконструкция каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас // Дневник науки. 2019. №5 [Электронный ресурс]. URL: http://www.dnevniknauki.ru/images/publications/2019/5/technics/Iridekov_Yanchenko.pdf.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Виртуальная реконструкция историко-культурного наследия в форматах научного исследования и образовательного процесса: сб. науч. ст. / под ред. Л.И. Бородкина, М.В. Румянцева, Р.А. Барышева. – Красноярск: Сибирский федеральный университет. – 2012.– 196 с.

2. Окольникова, С. А. Проблемы государственной охраны объектов археологического наследия, расположенных на территории республики Хакасия, в условиях современной законодательной системы / С. А. Окольникова // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2010. – №. 4.

3. Бурнаков, В. А. Духи Среднего мира в традиционном мировоззрении хакасов. / В. А. Бурнаков // Ин-т археологии и этнографии СО РАН. – 2006. – 208 с.

4. Сайт управления образования администрации Аскизского района http://askizuo.edusite.ru/.

5. Леонов, А. В., Батурин, Ю. М. 3D документ – новый тип научно-технической документации // Вестник архивиста. – 2013. – №. 2. – С. 192-205.

6. Программное обеспечение «Agisoft PhotoScan» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.geoscan.aero/photoscan#intro.

7. Программное обеспечение «3DF Zephyr»[Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.3dflow.net/3df-zephyr-pro-3d-models-from-photos/.

8. Программное обеспечение «ZBrush» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://pixologic.com/features/.

9. Программное обеспечение «TopoGun» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.topogun.com/download/topogun.html.

10. Программное обеспечение «Luxology MODO» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.foundry.com/products/modo.

11. Программное обеспечение «Cinema 4D» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.maxon.net/ru/produkty/cinema-4d/obzor/.

12. Программное обеспечение «Substance Designer» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.substance3d.com/products/substance-designer.

13. Программное обеспечение «The Foundry MARI» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.foundry.com/products/mari.

14. Программное обеспечение «3DS Max» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.autodesk.ru/products/3ds-max/overview.

15. Программное обеспечение «Adobe Photoshop» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.adobe.com/ru/products/photoshopfamily.html.

16. Игровой движок «Unity» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://unity.com/ru.

17. Игровой движок «Unreal Engine»[Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.unrealengine.com/en-US/feed.

18. Игровой движок «Cry Engine» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.cryengine.com/.

19. Хуртуйах тас – мать матерей / Сост. В. К. Татарова. — Абакан, 2004. – С. 8-15.

20. Справочник – каталог "Megalithica"[Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://megalithica.ru/mengir-ulug-xurtuyax-tas.html.

21. Тур – оператор "Sayanyeco" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://sayanyeco.com/khakasia/excursions/item/112-hurtuyah-tas.html.

22. Универсальный 3D / VR просмотрщик [Электронный ресурс]. –Режим доступа: https://sketchfab.com/.

Выпускная квалификационная работа выполнена мной самостоятельно. Использованные в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

Отпечатано в одном экземпляре.

Библиография 22 наименований.

Один экземпляр сдан на кафедру.

«___» июня 2019 г.
(дата)

_____ Иридеков Николай Владимирович
(подпись) (ФИО)