

ТЕХНОЛОГИИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Захарова Галина Борисовна,

кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник,
ФГБОУ ВО «Уральский государственный архитектурно-художественный университет»,
Екатеринбург, Россия, e-mail: zgb555@gmail.com

УДК 004 (72)
ББК 32.973

Аннотация

В статье представлены технологии виртуальной реконструкции объектов на примере исторических зданий старого Екатеринбурга. Это такие технологии, как: интерактивный виртуальный 3D-тур на основе панорамных фотографий; 3D-моделирование объектов методом фотограмметрии на основе множественных фотографий; технология 3D-реконструкции зданий по историческим источникам с формированием достоверного рельефа; технологии интерактивного 3D в реальном времени: виртуальная реальность. Приведены примеры работ, выполненных в процессе дипломного проектирования студентами кафедры прикладной информатики Уральского государственного архитектурно-художественного университета.

Ключевые слова:

3D-визуализация, виртуальная реконструкция, виртуальный тур, фотограмметрия, интерактивная 3D-графика, виртуальная реальность

Введение

Современные технологии трехмерной визуализации в последнее десятилетие находят все большее применение для виртуальной реконструкции объектов культурно-исторического наследия. Это определяется, во-первых, непрерывным совершенствованием программного обеспечения, что позволяет качественно воспроизводить достаточно сложные композиции, в том числе с интерактивным управлением и возможностью погружения в виртуальную реальность. Во-вторых, настороженное отношение исследователей гуманитарной сферы – историков, археологов, культурологов изменилось в сторону не только полного приятия трехмерного моделирования, но и его активного применения как инструмента научных исследований в сотрудничестве с IT-специалистами [1–4].

В то же время справедливы и опасения некоторых специалистов [5] по поводу активного увлечения 3D-реконструкциями памятников истории и архитектуры, что может привести к стиранию границ между реальным культурным наследием и его виртуальными представлениями. Нарушается целостность восприятия, научно-исследовательский аспект подменяется игровым, что создает иллюзию другой реальности, способной заменить подлинную. Поэтому важно сохранять историческую достоверность при 3D-реконструкции, пользоваться максимально возможным количеством документов.

Большое количество исследователей в разных странах занимаются разработкой трехмерных моделей культурно-исторических объектов. Визуальные реконструкции позволяют провести комплексный анализ с учетом исторического контекста, при этом построение модели становится само по себе источниковедческим исследованием. Трёхмерное представление памятников древности, особенно не дошедших до наших времён или, к великому сожалению, разрушаемых в современных войнах, имеет большое значение для сохранения культурно-исторического наследия.

Одним из лучших образцов виртуального восстановления является крупномасштабный проект по исторической реконструкции Древнего Рима IV века н.э., выполненный специалистами шести университетов Италии, США и Франции [6, 7]. Помимо создания впечатляющей панорамы с детальной проработкой объектов в этом проекте трехмерные модели применялись для проверки научных гипотез о технологиях постройки и назначении различных сооружений.

Первым масштабным проектом по исторической реконструкции была модель Ватиканского дворца эпохи Высокого Возрождения 1503–1534 г.г., выполненная в 1998 г. группой немецких исследователей на кафедре истории искусств Дармштадского университета. В то время это был самый большой и самый сложный проект реконструкции в архитектуре [8].

В настоящее время подобных примеров множество, так как в последние десятилетия визуальное моделирование исторических объектов получило активное развитие. Многочисленны исследовательские группы в различных странах; примеры исторических реконструкций описаны в работах [3]. На сайте исторического факультета МГУ представлена библиотека электронных публикаций по виртуальной исторической реконструкции [4]. На сайте «История цивилизаций» [9] можно ознакомиться с многочисленными 3D реконструкциями городов и сооружений древнего мира. Выходят журналы по данной тематике, например «International Journal of Humanities and Arts Computing», «Историческая информатика»; проводятся научные конференции, такие как «Digital Resources in the Humanities and Arts» (DRHA) [10], конференции Ассоциации «История и компьютер» и др. В ряде российских университетов над трехмерными моделями памятников прошлого работают кафедра исторической информатики Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, кафедра информационных систем в искусстве и гуманитарных науках Санкт-Петербургского государственного университета, кафедра русской истории Тамбовского госуниверситета им. Г.Р. Державина и др.

Визуализации исторических объектов посвящены отдельные работы ряда компьютерных компаний. Компания Vizerra [11] выполняет крупные российские и международные проекты по созданию интерактивных 3D-решений для архитектурных и промышленных проектов, в том числе по исторической тематике. Компанией Nautilus выполнена одна из лучших визуализаций старых храмов Екатеринбурга [12] (рис. 1), в большинстве своем разрушенных в годы воинствующего атеизма.



Рис. 1. Кадр из анимационного ролика по реконструкции облика центра Екатеринбурга

Далее приведены некоторые результаты исследований и проектных решений, выполненных на кафедре прикладной информатики УрГАХУ (кафедра реорганизована в декабре 2017 г.) в процессе дипломного проектирования студентами междисциплинарных направлений «Прикладная информатика в архитектуре» и «Прикладная информатика в социальных коммуникациях (мультимедиа технологии)». Реализованы такие технологии, как интерактивный виртуальный 3D-тур, позволяющий по панорамным фотографиям составлять маршруты с перемещением и сферическим обзором в выбранных точках; моделирование объектов в технологии фотограмметрии, в которой для формирования объемной модели вместо дорогостоящих сканеров применяется фотоаппарат; технология 3D-реконструкции зданий по планам, рисункам, фотографиям, описаниям, в том числе картам для работы с рельефом; технологии виртуальной реальности – интерактивное 3D в реальном времени.

С точки зрения объектов визуализации, особое внимание уделяется культурно-историческим памятникам Урала, в частности старого Екатеринбурга, имеющим различную сохранность. Утраченные объекты воссоздаются в виртуальной среде и становятся доступными для просмотра и изучения.

Технология «Виртуальный 3D-тур»

Виртуальный 3D-тур – это интерактивный способ презентации, композиция панорамных фотографий (сферических или цилиндрических), связанных между собой точками перехода через активные зоны (точки привязки), указанные на плане и размещаемые непосредственно на изображениях. Тур может дополняться звуком, обычными фотографиями, графикой, видеороликами и др. Фотопанорамы, лежащие в основе виртуальных туров, отличаются от обычных фотографий наличием интерактивной навигации – при просмотре пользователь может перемещаться в разные стороны, приблизить или удалить отдельные детали изображения. Данная технология имеет как положительные стороны, так и недостатки. Преимущества связаны с реалистичностью изображения и доступностью объекта для наблюдения в любое время, минусы – это фиксированный взгляд автора.

Наиболее мощной, невероятно объемной и самой известной реализацией интерактивных виртуальных туров на основе 3D-панорам является GoogleStreetView [13], который позволяет осуществлять прогулки по различным городам земного шара.

Техника панорамной съемки прошла эволюцию от использования сверхширокоугольных объективов с неизбежным искажением получаемой картинки, размещения обычного фотоаппарата на штативе со специальной поворотной головкой вокруг вертикальной оси с определенным шагом и последующим склеиванием кадров в одну панораму до применения специальной оптической системы с вращающимся объективом, при которой получаемый панорамный снимок занимает один длинный кадр. Современные цифровые камеры имеют встроенную функцию панорамной съемки.

Создание виртуального тура проходит в 4 этапа: съемка, самый трудоемкий и ответственный процесс, от его результатов зависит качество панорамы; обработка, цветокоррекция; сборка (сшивание) фотографий в единую 3D-панораму и завершающий этап – программирование виртуального тура.

Количество программ для сборки панорам составляет несколько десятков. В их основе алгоритмы автоматического сшивания с распознаванием контрастных элементов на исходных снимках. Некоторые программы осуществляют сшивание по маркерам, расставляемым пользователем на смежных изображениях. Программы позволяют задавать тип будущей панорамы – плоская, цилиндрическая, сферическая. Большинство программ одновременно генерируют HTML-код для непосредственного размещения панорамы на странице сайта и ее воспроизведения с помощью здесь же размещаемой программы-просмотрщика или обращения к соот-

ветствующему подключаемому плагину браузера. Готовые панорамные снимки сохраняются в форматах JPEG, TIFF, PSD, PNG, HDR, EXR и могут быть экспортированы в виртуальные панорамы в форматах QTVR, IVR, MOV, Flash.

Примерами программ-сшивателей являются PTGui, Autopano, The Panorama Factory, PanaVue ImageAssembler. PTGui – одна из самых распространенных программ, т.к. имеет дружелюбный интерфейс, корректное склеивание снимков с применением сглаживания освещенности и стыков, а также возможность склеивания фотографий большого разрешения.

Далее приложения для программирования виртуальных туров интегрируют панорамы в единый продукт, содержащий обычные изображения, музыку, ссылки, точки перехода, интерактивные карты и планы, слайд-шоу, текст. Точки перехода могут устанавливаться не только при перемещении от одной панорамы на другую, но и для открытия статичного изображения (например, карты или плана), для перехода по ссылке, для проигрывания музыкального файла или анимации, для обращения к виртуальному компасу, облегчающему ориентацию по туру. К программам данного типа относятся: Tourweaver, Developer Suite, SP VTB. Приложение Developer Suite считается одним из лучших в данном классе.

Примеры виртуальных туров, выполненных в процессе дипломного проектирования студентами кафедры прикладной информатики, относятся к знаковым объектам Екатеринбурга и Уральского региона. Виртуальный тур «Храм-на-Крови» (рис. 2, Анастасия Абрамова, Диана Букулова) воспроизводит интерьеры верхнего и нижнего храмов собора, построенного в 2003 г. на месте уничтоженного в 1977 г. дома инженера Н.Н. Ипатьева, в подвале которого в июле 1918 г. была расстреляна семья последнего царя династии Романовых Николая II. Виртуальный тур «Усадьба Харитоновна – Расторгуева» (рис. 3, Ксения Лысова) посвящен самому знаменитому и загадочному в Екатеринбурге памятнику усадебной архитектуры XIX в.



Рис 2. Фрагмент 3D-тура «Храм-на Крови»



Рис 3. Фрагмент 3D-тура «Усадьба Харитоновна – Расторгуева»

Виртуальный тур «Путешествие по Свято-Николаевскому мужскому монастырю» в Верхотурье (рис. 4, Павел Курманов) реализован в виде экскурсии по всему комплексу зданий монастыря, содержит сопроводительный текст и детальные исторические справки об объектах. Центром композиции является Преображенский собор, построенный в первой половине XIX в. Его архитектура сочетает в себе черты барокко и классицизма.



Рис 4. Фрагмент 3D-тура «Путешествие по Свято-Николаевскому мужскому монастырю»

3D-реконструкция скульптурных изображений на основе фотограмметрии

Фотограмметрия – научно-техническая дисциплина, занимающаяся определением формы, размеров, положения и иных характеристик объектов по их изображениям. В настоящее время технология применима для решения прикладных задач в архитектуре, проектировании и строительстве, в охране окружающей среды и др. Можно создать точную трехмерную модель улиц и городов или проектную документацию для осуществления реконструкций реальных объектов. Далее мы приведем работы, в которых применяется обычный цифровой фотоаппарат и специальное программное обеспечение для получения 3D-моделей скульптурных изображений. Работы посвящены творчеству профессора УрГАХУ, члена союза художников России, заслуженного художника РФ Геворка Арутюновича Геворкяна и профессора УрГАХУ, члена союза художников России Валентины Степановны Соколовой.

Просмотр скульптур на фотографиях не позволяет оценить их главное средство выражения – объем, поэтому презентация в виде интерактивной 3D-реконструкции имеет большие преимущества. Полученные 3D-модели использованы для создания мультимедиа-продуктов и веб-ресурсов, презентующих работы скульпторов, что позволяет ознакомиться с их творчеством широкой аудиторией.

Для моделирования скульптур Г. Геворкяна был использован программный продукт компании Autodesk 123D Catch (с 2017 г. не поддерживается). Было выбрано 5 скульптур для визуализации, по каждой отснято около 30 фотографий по кругу на одном уровне; отснятый материал обрабатывался на облачном сервисе, предоставленном в программном продукте, в результате сгенерированы полноценные трехмерные модели. Далее разработан мультимедиа продукт с веб-интерфейсом «Виртуальный каталог скульптур Г.А. Геворкяна» (рис. 5–6, Егор Крестьянников).



Рис 5. Страница с биографией скульптора в виртуальном каталоге Г.А. Геворкяна

Наряду с интерактивными 3D-моделями, которые можно поворачивать и приближать, каталог включает информацию о скульпторе, описание работ, фотогалерею.

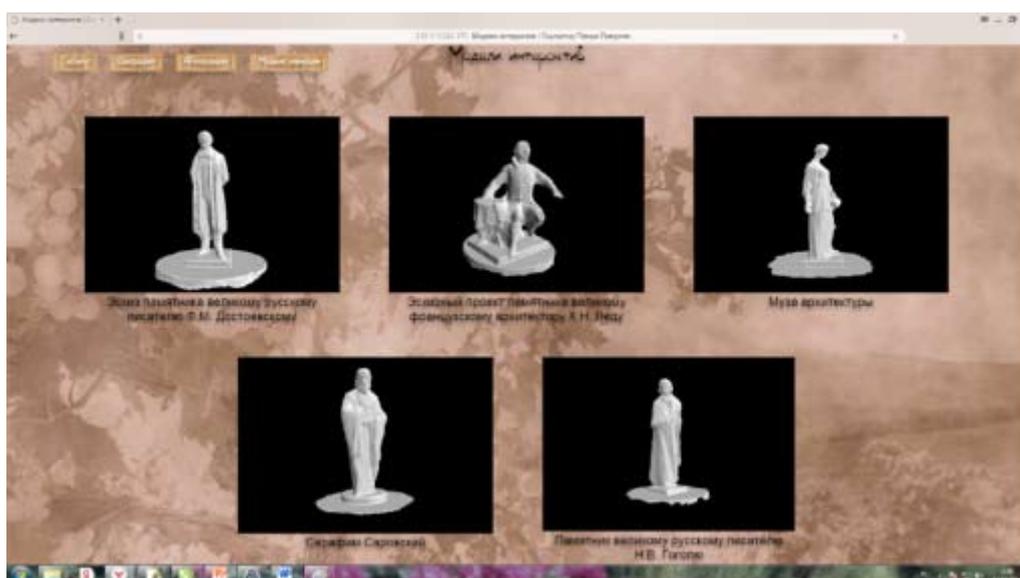


Рис 6. Интерактивные 3D-модели скульптур

Для разработки и реализации второго проекта (Анастасия Стяжкина), посвященного творчеству В.С. Соколовой, применялась другая технологическая основа с применением программы Agisoft PhotoScan. Проект направлен на создание веб-ресурса, а также мобильного приложения на платформе Android. Блок-схема взаимодействия программных продуктов приведена на рис. 7.

Для создания 3D-моделей была произведена фотосъемка скульптур по 5 сессиям на каждую фотоаппаратом Canon EOS 650D в пяти следующих режимах камеры: AV – режим регулируемой настройки диафрагмы; M – все настройки устанавливаются вручную; P – автоматические настройки скорости затвора и диафрагмы, остальные параметры устанавливались вручную; TV – регулируемая скорость затвора и режим «без вспышки» с автоматическими настройками камеры. Для получения одинакового освещения на снимках объекты были зафиксированы на вращающейся стойке и снимались с неподвижного штатива. Важный фактор фотосъемки – фиксированное фокусное расстояние фотоаппарата для каждой фотографии, иначе программа

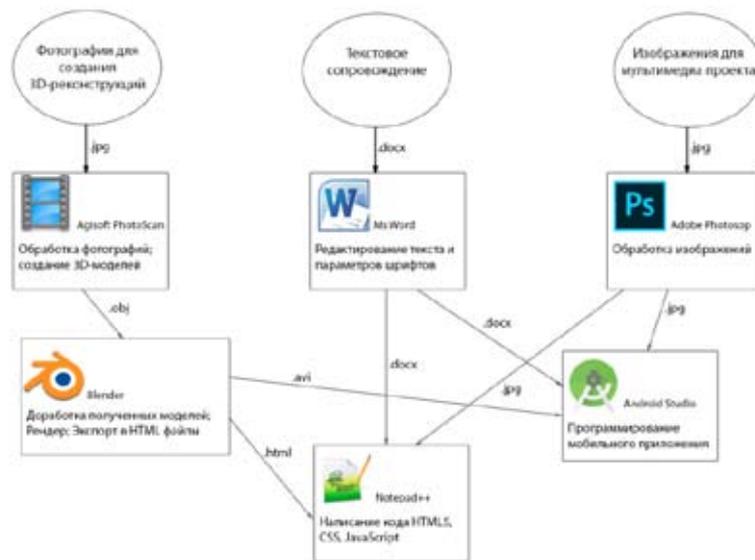


Рис. 7. Блок-схема взаимодействия программных продуктов

не может обработать фотографии и построить по ним модель. На каждую сессию в среднем пришлось по 30–50 фотографий, всего было получено около 2000 снимков. Были отобраны наиболее удачные сессии для каждой из скульптур, позволяющие рассмотреть мельчайшие детали объектов.

Далее каждая отобранная серия фотоснимков загружалась в программу Agisoft PhotoScan. С помощью встроенного редактора на всех фотографиях был выделен объект, модель которого необходимо получить. После обработки фотографий программа находит на них общие точки объекта и на их основе определяет положение и ориентацию камер, затем строится разреженное облако общих точек, которое служит для оценки качества выравнивания фотографий. На основании полученных положений камер строится плотное облако точек, используя которое, программа реализует трехмерную полигональную модель. Среднее время создания модели с учетом обработки фотографий – 7–8 часов. Готовые 3D-модели экспортируются из Agisoft PhotoScan в формате .obj для дальнейшей работы.

Далее модели экспортируются в программу Blender. Это свободный профессиональный пакет для создания трехмерной графики. С его помощью полученные модели были доработаны. Затем происходит рендер реконструкций в видеодемонстрацию для добавления в презентационный ролик. Также модели экспортируются в html-файл для последующего добавления на Интернет-ресурс (рис. 8). Экспорт осуществляется благодаря открытому фреймворку Blend4Web, который предназначен для создания и отображения 3D-графики в браузерах на основе технологии WebGL.

Презентационный видеоролик реализован с помощью программы Adobe After Effects CC 2017, предназначенной для разработки композиций, анимации с различными эффектами. Интернет-ресурс верстался с помощью языка разметки HTML5 и был реализован в Notepad++ по введенному стандарту организации W3 Consortium. Оформление сайта выполнено с помощью каскадных таблиц стилей CSS. Мобильное приложение разработано с помощью интегрированной среды разработки Android Studio.

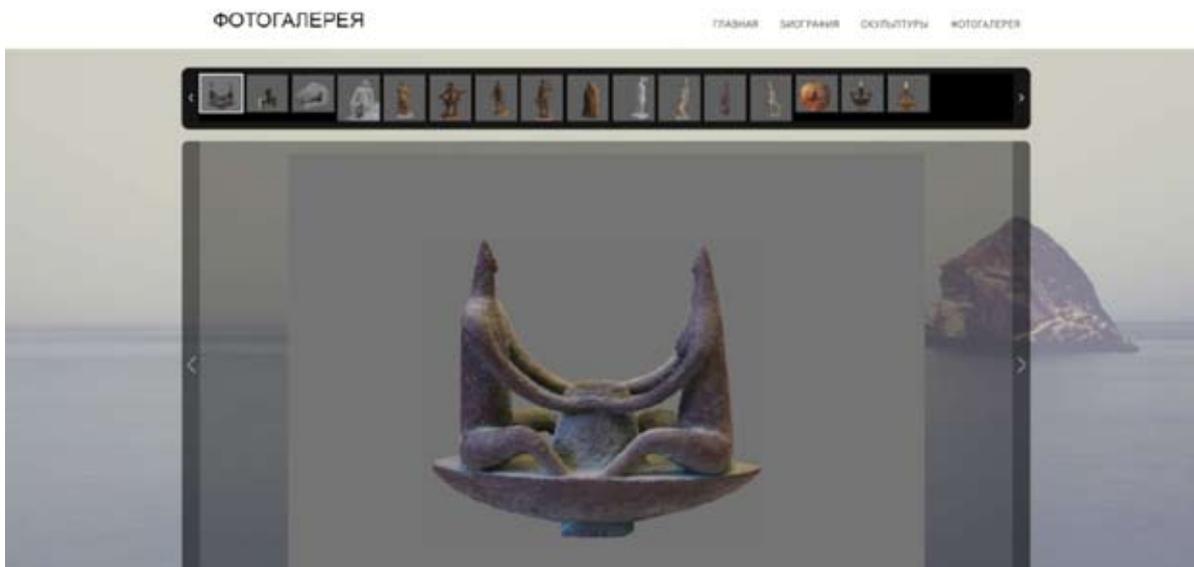


Рис. 8. Веб-страница с фотогалереей

Технологии трехмерной реконструкции культурно-исторических объектов

В год 130-летия первой в Екатеринбурге научно-промышленной выставки и предстоящего в 2023 г. 300-летия города была выполнена виртуальная реконструкция Сибирско-Уральской научно-промышленной выставки 1887 г. в Екатеринбурге (рис. 9–10, Ксения Лобановская).



Рис. 9. Общий вид павильонов выставки 1887 г. в Екатеринбурге



Рис. 10. – Фотография и 3D-модель фрагмента выставочного пространства

Создание модели объектов выставки и рельефа выполнялось в программах: Sas Planet, Global Mapper, Photoshop, Civil 3D, Revit Architecture, Infra Works. В ходе проведения аналитического обзора существующих технологий построения виртуальных реконструкций, программного обеспечения, используемого в этой области визуализации, выявлены наиболее перспективные программы для построения достоверного рельефа, моделирования 3D-объектов и общей сборки модели. В результате разработана сложная интегрированная технология, обеспечившая реалистичную сборку крупномасштабной виртуальной модели (рис. 11), новизна которой заключается в том, что используются наиболее сильные программные средства в комплексе.

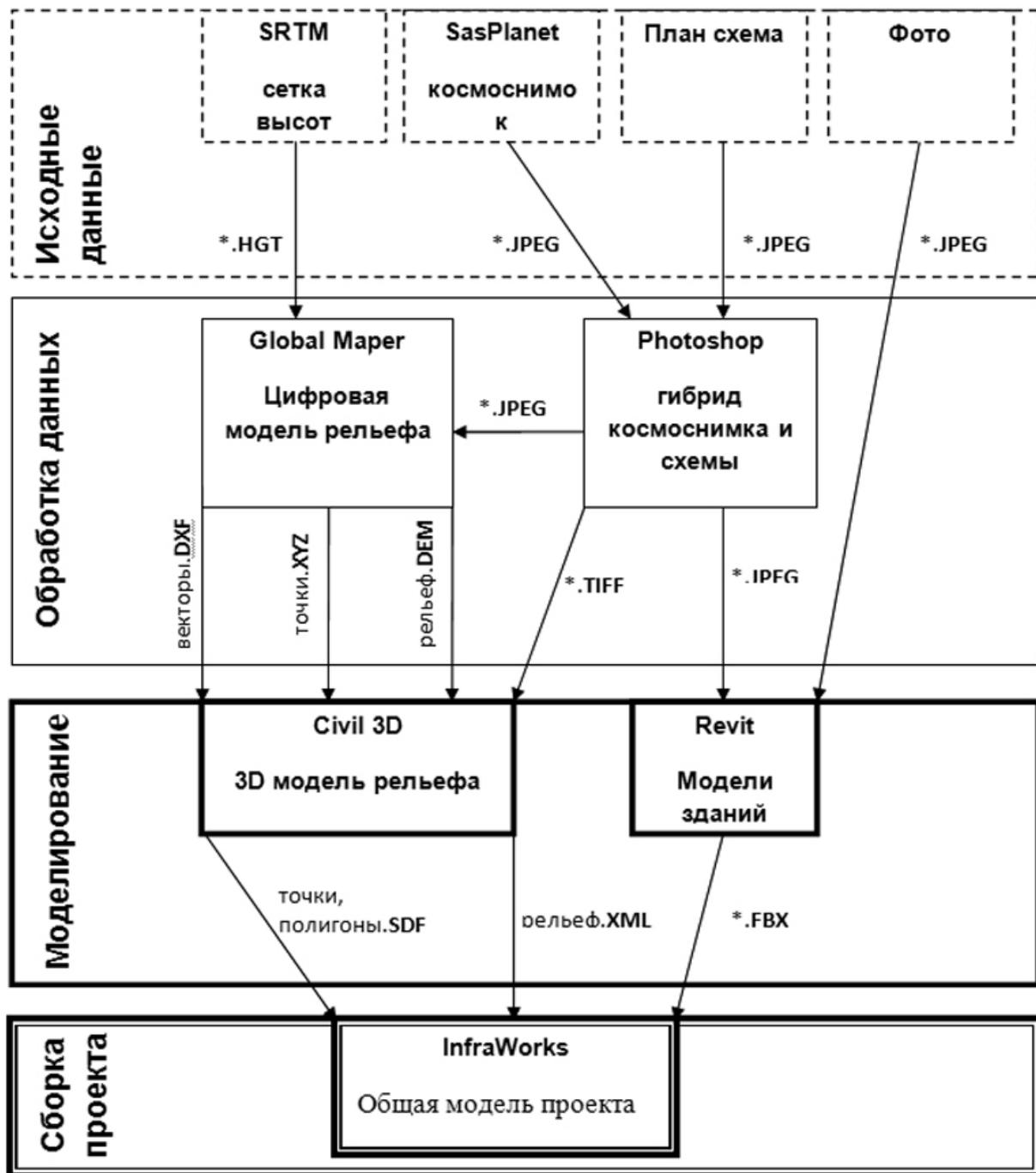


Рис. 11. Схема построения трехмерной реконструкции сложного архитектурного объекта

В данной технологии была построена 3D-реконструкция крепости-завода Екатеринбург на основе документов, описывающих развитие города в первой половине XVIII в. (рис. 12–13, Наталья Акиншева, Мария Накх).

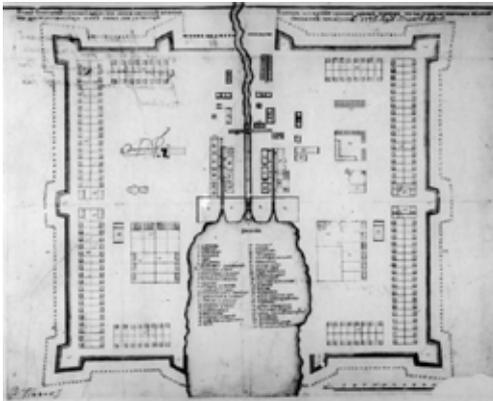


Рис. 12. План Екатеринбургской крепости 1726 г. и элемент 3D-модели

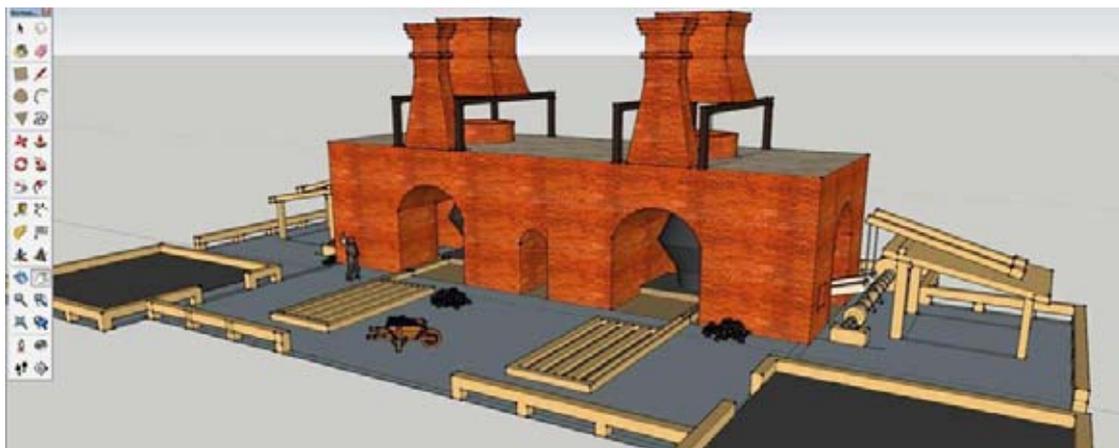
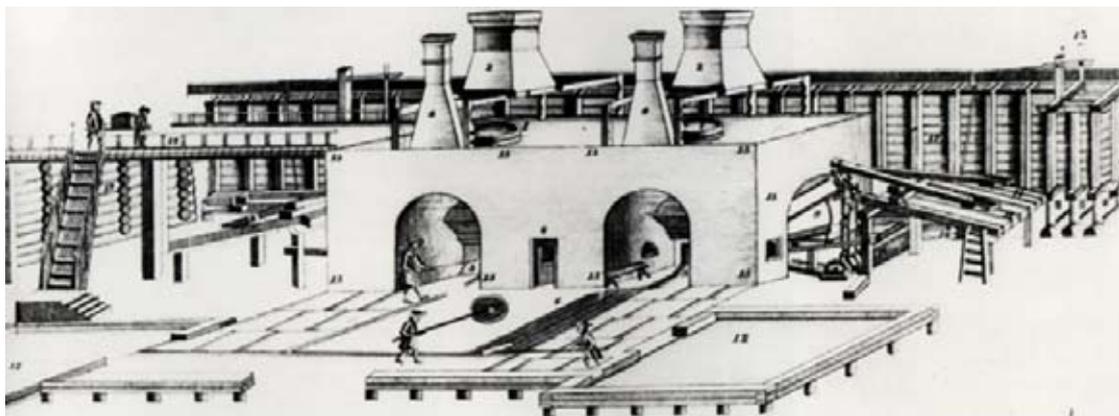


Рис. 13. Исходное изображение и модель доменной печи

Интерактивная 3D-визуализация в реальном времени

Трёхмерная графика визуализации объектов с интерактивным управлением в режиме реального времени является одной из наиболее эффективных современных технологий демонстрации объектов. Интерактивная 3D-презентация даёт возможность рассматривать объекты с любого ракурса в свободном режиме обзорного маршрута. Современные программные продукты и

вычислительные мощности позволяют формировать большие сцены с фотореалистичным отображением. Подобные управляемые модели могут быть программно привязаны к оборудованию виртуальной реальности (шлем, очки), что создает пользователю возможность погружения в сгенерированный 3D-мир.

В данной технологии продолжена работа по реконструкции Екатеринбурга первой четверти XVIII в. В результате анализа программного обеспечения (игровых движков) для реализации интерактивного управления проектом выявлена как наиболее перспективная на тот момент программа Unreal Engine 4. На рис. 13, 14 показаны интерактивные 3D-модели крепости-завода (Иван Смолочуров).



Рис. 14. Общий вид крепости-завода Екатеринбург в интерактивной среде

В подобной технологии интерактивного 3D был выполнен проект 3D реконструкции (экстерьера и интерьера) одного из самых известных исторических объектов Екатеринбурга – дома Н.Н. Ипатьева, в подвале которого в июле 1918 г. были расстреляны последний русский царь Николай II и его семья (рис. 15, 16, Анастасия Шаропова). Дом был снесен в 1977 г., что делает задачу виртуальной реконструкции еще более актуальной.

Данный проект был разработан по следующей технологии: 3D модель реализована в 3DS Max, далее импортирована в систему Unity 3D (игровой движок) и запрограммирована на языке C#.

Заключение

В данной работе отражено применение информационных технологий в части визуализации объектов культурно-исторического наследия. Реализуя междисциплинарные профили «Прикладная информатика в архитектуре» и «Прикладная информатика в социальных коммуникациях (мультимедиа технологии)» направления «Прикладная информатика», кафедра прикладной информатики непрерывно совершенствовала методы и инновационные технологии применительно к предметной области. В данной работе отражены созданные методики, технологические схемы, комплексы современных программных средств и результаты их применения в многочисленных мультимедийных проектах.



Рис. 15. Дом Н.Н. Ипатьева: фотография сноса и 3D модель



Рис. 16. Пример реконструкции интерьера: исходные данные и 3D модель

Библиография:

1. Косенкова, К. Б. Современные тенденции использования 3D-реконструкций памятников историко-культурного наследия / К. Б. Косенкова // Вестн. Ленингр. гос. ун-та им. А.С. Пушкина № 2 / Т. 2 / 2014 Научная библиотека КиберЛенинка – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-tendentsii-ispolzovaniya-3d-rekonstruktsiy-pamyatnikov-istoriko-kulturnogo-naslediya#ixzz3jI25OBP2>
2. Кончаков, Р.Б., Жеребятъев, Д.И. Технологии трехмерного моделирования в ракурсе исторической информатики / Р.Б. Кончаков, Д.И. Жеребятъев // Круг идей: Модели и технологии исторических реконструкций: Тр. XI конференции ассоциации «История и компьютер» /

- Под ред. Л.И. Бородкина, В.Н. Владимирова, Г.В. Можяевой. – М.; Барнаул; Томск, 2010. – С. 145–175.
3. Бородкин, Л. И., Жеребятъев, Д.И. Технологии 3D-моделирования в исторических исследованиях: от визуализации к аналитике [Электронный ресурс] / Л. И. Бородкин, Д.И. Жеребятъев // Историческая информатика. – 2012. – № 2.– URL: http://kleio.asu.ru/2012/2/hcsj-22012_49-63.pdf
 4. Библиотека кафедры исторической информатики МГУ электронных публикаций по виртуальной исторической реконструкции URL: <http://hist.msu.ru/Departments/Inf/3D/3DLibrary-1.htm>
 5. Никонова, А.А. Визуальные технологии и сохранение культурного наследия России / А.А. Никонова // Вестн. Санкт-Петербургского гос. ун-та культуры и искусств. – 2014. – № 1 (18) – Научная библиотека КиберЛенинка – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/vizualnye-tehnologii-i-sohranenie-kulturnogo-naslediya-rossii#ixzz3jI1Sc690>
 6. Frischer, B. Cultural and Digital Memory: Case Studies from the Virtual World Heritage Laboratory / B. Frischer // Memoria Romana, ed. by G. Karl Galinsky, Memoirs of the American Academy in Rome (University of Michigan Press, Ann Arbor 2014) 151–164 – URL: <https://www.romereborn.org/content/project-publications>.
 7. Виртуальная реконструкция городов Древнего мира [Электронный ресурс]. – URL: <http://hist.msu.ru/Labs/HisLab/3D/3DLibrary-3.htm> – Города Древнего Мира.
 8. Von Thomas Thelen. Auf den Spuren von Bramante & Co-Ausstellung in Bonn ladet zum virtuellen Spaziergang durch die pдpstlichen Paldste ein // Aachener Zeitung. 05.12.1998 – URL: http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/d_projects/index.html
 9. История цивилизаций. 3D реконструкция городов и сооружений древнего мира <http://www.historie.ru/3d-rekonstrukcii/>
 10. The 22d annual Digital Research Conference “Creative Legacies: Collaborative Practices for Digital Cultural Heritage”, 9–12 September 2018. URL: <http://https://drha2018.org/>
 11. Виртуальная реальность: старожилы индустрии – VIZERRA – самое честное интервью – URL: <https://vrgeek.ru/intervyu-s-vizerra/>
 12. Архитектурная реконструкция дореволюционного Екатеринбурга. – URL: <http://ammonit.org/3D-animacziya/xramyi-ekaterinburga.html>
 13. Google Карты. Просмотр улиц GoogleStreetView. – URL: <https://www.google.com/intl/ru/streetview/understand/>

Статья поступила в редакцию 27.11.2018

Лицензия Creative Commons

Это произведение доступно по лицензии Creative Commons «Attribution-ShareAlike» («Атрибуция – На тех же условиях») 4.0 Всемирная.



VISUALIZATION TECHNOLOGIES FOR CULTURAL AND HISTORICAL OBJECTS

Zakharova, Galina B.

PhD. (Engineering), Associate Professor,
Ural State University of Architecture and Art,
Ekaterinburg, Russia, e-mail: zgb555@gmail.com

Abstract

The article presents technologies of virtual reconstruction of objects using as examples historical buildings of old Yekaterinburg. These technologies include: interactive virtual 3D tour based on panoramic photos; 3D modeling of objects by photogrammetry based on multiple photos; technology of 3D reconstruction of buildings according to historical sources with the formation of true-to-life relief terrain; real-time interactive 3D technology: virtual reality. All examples are student degree projects from the Department of Applied Informatics of the Ural State University of Architecture and Art.

Keywords:

3D visualization, virtual reconstruction, virtual tour, photogrammetry, interactive 3D graphics, virtual reality

References:

1. Kosenkova, K.B. (2014) Contemporary trends in the use of 3d-reconstructions of historical and cultural heritage. In: Bulletin of A.S.Pushkin State University in Leningrad, No. 2, vol. 2. Available from: <http://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-ispolzovaniya-3d-rekonstruktsiy-pamyatnikov-istoriko-kulturnogo-naslediya#ixzz3jI25OBP2> (in Russian)
2. Konchakov, R.B., Zheryatyev, D.I. (2010) Three-dimensional modeling technologies from the perspective of historical informatics. In: A Circle of Ideas: Models and Technologies of Historical Reconstruction. Proceedings of the 11th Conference of the 'History and Computer' Association. Moscow, Barnaul, Tomsk, p. 14 –175. (in Russian)
3. Borodkin, L.I., Zheryatyev, D.I. (2012) 3D modeling technologies in historical studies: from visualization to analysis. Historical Informatics, No.2 (December) [Online]. Available from: http://kleio.asu.ru/2012/2/hcsj-22012_49-63.pdf (accessed on: 10.06.2018) (in Russian)
4. Library of the Department of Historical Informatics, Moscow State University, online publications on virtual historical reconstructions. [Online]. Available from: <http://hist.msu.ru/Departments/Inf/3D/3DLibrary-1.htm> (in Russian)
5. Nikonova, A.A. (2014) Visual technologies and conservation of Russia's cultural heritage. Bulletin of Saint-Petersburg, No. 1(18). [Online]. Available from: <http://cyberleninka.ru/article/n/vizualnye-tehnologii-i-sohranenie-kulturnogo-naslediya-rossii#ixzz3jI1Sc690> (in Russian)
6. Frischer, B. (2014) Cultural and Digital Memory: Case Studies from the Virtual World Heritage Laboratory. In: G. Karl Galinsky (ed.) Memoria Romana. Memoirs of the American Academy in Rome. University of Michigan Press, Ann Arbor, p. 151–164. <https://www.romereborn.org/content/project-publications>.
7. Virtual reconstruction of the cities of the Ancient World [Online]. Available from: <http://hist.msu.ru/Labs/HisLab/3D/3DLibrary-3.htm> – Города Древнего Мира. (in Russian)

8. Von Thomas Thelen. Auf den Spuren von Bramante & Co-Ausstellung in Bonn ladet zum virtuellen Spaziergang durch die päpstlichen Paläste ein. Aachener Zeitung. 05.12.1998 Available from: http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/d_projects/index.html.
9. History of Civilizations. 3D reconstruction of cities and structure of the Ancient World <http://www.historie.ru/3d-rekonstrukcii/> (in Russian)
10. The 22d Annual Digital Research Conference “Creative Legacies: Collaborative Practices for Digital Cultural Heritage”, 9–12 September 2018. Available from: <https://drha2018.org/>
11. The 22d Annual Digital Research Conference “Creative Legacies: Collaborative Practices for Digital Cultural Heritage”, 9–12 September 2018. Available from: <https://drha2018.org/>
12. Virtual reality: veterans of the industry – VIZERRA – the most honest interview. Available from: <https://vrgeek.ru/intervyu-s-vizerra/> (in Russian)
13. Architectural reconstruction of pre-revolution Ekaterinburg. Available from: <http://ammonit.org/3D-animacziya/xramyi-ekaterinburga.html> Google Maps. GoogleStreetView. Available from: <https://www.google.com/intl/ru/streetview/understand/> (in Russian)