

***Социология, психология, культурология традиционного
прикладного искусства***

Терехова Н.Ю., доцент кафедры «Промышленный дизайн» Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана, *terehova_n_u@mail.ru*

Спасская Д.Д., ассистент кафедры «Промышленный дизайн» Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана, *spasskaydd@mail.ru*

Савкин С.А., ассистент кафедры «Промышленный дизайн» Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана, *savkin@mail.ru*

Terekhova N. Yu., docent of the Industrial Design Department of the Bauman Moscow State Technical University, *terehova_n_u@mail.ru*

Spasskaya D.D., assistant of the Industrial Design Department of the Bauman Moscow State Technical University, *spasskaydd@mail.ru*

Savkin S.A., assistant of the Industrial Design Department of the Bauman Moscow State Technical University, *savkin@mail.ru*

**Применение цифровых технологий для сохранения исторических
артефактов**

The use of digital technologies to preserve historical artifacts

Аннотация. В статье рассматриваются инновационные возможности цифровых технологий и их применение для сохранения исторических артефактов. Целью применения инновационных технологий для сложных исторических объектов является сохранение наиболее полных и достоверных данных об их форме, структуре, внешних параметрах, цветовых характеристиках и т.д. Проведено 3D-моделирование кубинской статуэтки Хиральдилья с использованием четырех методов 3D-сканирования. Сделан вывод о том, что задача сохранения исторических ценностей на данных сканерах может быть выполнена.

Ключевые слова: Инновационные технологии, цифровые технологии, исторические объекты, компьютерное трехмерное моделирование, прототипирование.

Abstract. The article deals with the innovative possibilities of digital technologies and their application for the preservation of historical artifacts. The purpose of applying innovative technologies for complex historical objects is to preserve the most complete and reliable data on their form, structure, external parameters, color characteristics, etc. 3D modeling of the Cuban statuette of Hiraldilla was carried out using four methods of 3D scanning. It is concluded that the task of preserving historical values on these scanners can be performed.

Key words Innovative technologies, digital technologies, historical objects, computer three-dimensional modeling, prototyping.

Применение цифровых технологий с целью сохранения исторической ценности художественных и культурных объектов становится актуальной задачей для музеиных экспонатов, работы реставраторов, изучения предметов искусства [8]. В современном мире большую популярность получили инновационные технологии виртуальной и дополненной реальности, хранения и анализа больших данных информации, а также 3D-печати, 3D-сканирования, компьютерного трехмерного моделирования и прототипирования [2], которые могут применяться и для объектов, имеющих историческую ценность.

Для исторических сложных объектов главным является сохранение наиболее полных и достоверных данных об их форме, структуре, внешних параметрах, цветовых характеристиках и т.д. Внедрение новых 3D-решений позволяет в более короткие сроки и на более качественном уровне решить эргономические, пользовательские и экономические вопросы [3]. К полученным копиям-прототипам предъявляются, как правило, достаточно высокие требования вплоть до сохранения полной картины карты глубины полученных объемных 3D-изображений.

Достаточно легкий и быстрый доступ к современному оборудованию для 3D-печати, 3D-сканированию, компьютерному проектированию, прототипированию изменили привычные методы получения, изучения и отображения информации, в том числе исторического характера [1, 4].

В данной работе проведено моделирование исторического объекта – кубинской статуэтки Хиральдилья (La Giraldilla), которая является официальным символом Старой Гаваны, и была подарена послу СССР на Кубе. Статуэтка, высота которой не превышает 15 сантиметров, является копией флюгера, установленного на башне замка Ла-Реаль-Фуэрса (Castillo de la Real Fuerza, «Замок королевской мощи»).

В результате исследования были использованы четыре метода 3D-сканирования, которые могут успешно применяться для объектов, имеющих историческую ценность, с целью дальнейшего компьютерного трехмерного моделирования, возможности 3D-печати, финального прототипирования и дальнейшего хранения полученной информации.

История статуэтки берет свое начало с седьмого по счету губернатора на Кубе дона Эрнандо де Сото (Hernando de Soto), который родился в 1500 году в Испании, был опытным мореплавателем и завоевателем, в 1537 году женился на Изабель де Бобадилья (Isabel de Bobadilla), дочери Педрариас Давила (Pedrarias Davila), губернатора Панамы. 18 мая 1539 года из порта Каренас (Carenas) по направлению к Флориде вышла экспедиция, возглавляемая адмиралом Эрнандо де Сото. Начиная с этого момента, и согласно приказу губернатора, его жена донья Изабель, была назначена ответственной за управление страной. С 1539 по 1543 года донья Изабель исполняла обязанности капитана-генерала Кубы, что зафиксировано в исторических летописях, причем она до сих пор является единственной женшиной-губернатором, занимавшей когда-либо такой важный пост на Кубе. Известно, что в течение многих лет, она часами высматривала с башни замка Кастильо-

де-ла-Фуэрса в море корабли в надежде на скорое возвращение мужа из экспедиции, но Эрнандо де Сото так и не вернулся. Рассказывают, что в поисках источника вечной молодости на берегах Миссисипи он заболел желтой лихорадкой и умер в июне 1542 года. Донья Исабель умерла в 1543 году, спустя некоторое время после того, как получила известие о смерти мужа.

На рисунке 1 показана фотография статуэтки, созданной гаванским скульптором Херонимо Мартином Пинсоном, вдохновленным историей доньи Исабель – женщины, которая стала символом супружеской верности и надежды. Губернатор города дон Хуан Битриан Виамонте (Juan Bitrián Viamonte), который правил Гаваной с 1630 по 1634 год, приказал выпить скульптуру из бронзы и поместить ее, подобно флюгеру, на башне, пристроенной позже к Замку Королевской моши. Губернатор окрестил флюгер именем

Хиральдилья, в память о статуе Хиральда, которая и до сих пор венчает минарет Кафедрального собора в Севилье, его родном городе. Высота Хиральдильи – 107 сантиметров. На ее груди висит медальон с именем скульптора-создателя. Главные атрибуты – прилегающая к бедрам юбка, подобранный в складки с одной стороны; ствол пальмовой ветки в правой руке; в левой руке крест рыцарского ордена Калатрава, к которому принадлежал губернатор Битриан; гордо поднятая голова, украшенная короной.



Рис. 1. Статуя, созданная скульптором Херонимо Мартином Пинсоном



Рис. 2. Флюгер Замка Королевской моши на Кубе

После сильного шторма оригинальную статую-флюгер повредило сильным ветром, и сейчас она хранится в музее. После этого, было принято решение сделать копию флюгера и установить ее на привычное место. Фотография флюгера Замка Королевской моши на Кубе показана на рисунке 2.

Так как целью применения инновационных технологий в данном случае является получение и сохранение наиболее полных и достоверных данных об историческом объекте, к базе данных с файлами фотографий, полученным копиям-прототипам, конечному изображению с точной детализацией всех его частей, предъявляются достаточно высокие требования вплоть до сохранения полной картины и глубины полученных объемных 3D-изображений, что

позволит пользователю наиболее реалистично ощутить, оценить, запомнить вид, форму, структуру объекта [5].

Процессу сканирования предшествует подготовительный процесс объекта исследования – системный подход к дизайн-проектированию [6, 7]. Для сохранения текстуры материалов исторического объекта при необходимости проведения реставрационных работ, а также для возможности изучения истории культуры и искусства большим числом пользователей оптимально применить метод полного 3D-сканирования. Оцифрованные модели можно детально рассмотреть со всех сторон и при желании изготовить с помощью 3D-печати копии объекта.

3D-сканер представляет собой специальное устройство, которое анализирует заданный физический объект и/или пространство в котором он представлен, чтобы получить данные о форме, виде, цвете, материале и других его характеристиках, то есть цифровую копию объекта. Собранные данные в дальнейшем применяются для создания цифровой трехмерной модели этого объекта. Существующие 3D-сканеры различаются технологиями сканирования, скоростью работы, типом (контактные и бесконтактные), отношением к группе (активные и пассивные), видами (планшетные, ручные, листопротяжные, протяжные, планетарные, книжные и т.д.), принципом действия, стоимостью и т.д.

При сканировании существуют некоторые ограничения по объектам, которые могут быть оцифрованы, а именно, возникают трудности при сканировании очень мелких или наоборот крупногабаритных объектов, а также блестящих, прозрачных или обладающих зеркальными поверхностями.

В данном проекте предъявляются требования к сохранению исторической ценности объекта, в том числе в контексте сохранения первичной текстуры материала, поэтому контактные сканеры не применяются.

Копия статуэтки Хиральдильи, с которой было получено цифровое изображение, показана на рисунке 3.

Из бесконтактных сканеров в эксперименте был задействован один времяпролетный сканер и три триангуляционных сканера. Для получения максимально хорошего качества цифровой модели объекта 3D-сканером необходимо убрать глянцевые, зеркальные, прозрачные, а также темные поверхности. Эти особенности вызваны принципом работы оптических сканеров, и для этого обычно применяют матирующие спреи. Также существуют определенные сложности при сканировании объектов с острыми гранями, с глубокими пазами или отверстиями; тонкостенных объектов; объектов, содержащих участки



Рис. 3. Статуэтка Хиральдильи

большой контрастности (например, черная надпись на белой бумаге), так как в местах с сильным контрастом возможны геометрические искажения.

Первый из используемых триангуляционных сканеров имеет бесконтактный оптический инфракрасный сенсор глубины и встроенный акселерометр для отслеживания перемещения. Процесс сканирования представляет собой плавное перемещение сканера вокруг модели, при этом компьютер отслеживает контрольные точки и сопоставляет полученные результаты. Стоит отметить достаточно высокую скорость работы такого сканера. Процесс подготовки программы занимает несколько секунд, и нет необходимости проводить какие-либо калибровки. Сама программа имеет минимум настроек и максимально дружелюбна к пользователю. Во время сканирования камера 30 раз в секунду получает снимки. Из-за низкого разрешения сканер получает весьма неточные данные глубины на маленьких объектах, и качество текстур получается низкого разрешения. Итоговая модель, полученная на данном сканере, показана на рисунке 4. Максимальное разрешение полученной модели не может превысить 0,9 мм, поэтому дальнейшие работы с этим сканером признаны нецелесообразными.

Следующий используемый времяпролетный сканер относится к закрытым лазерным сканерам. В нем установлена поворотная платформа для размещения сканируемой модели и сканирующая головка с красным лазерным дальномером. Итоговая работа сканера показана на рисунке 5. Из особенностей сканера стоит отметить достаточно большое время процесса сканирования. Сканирование на максимальной точности занимает около 6 часов.



Рис. 4. Итоговая модель первого триангуляционного сканера

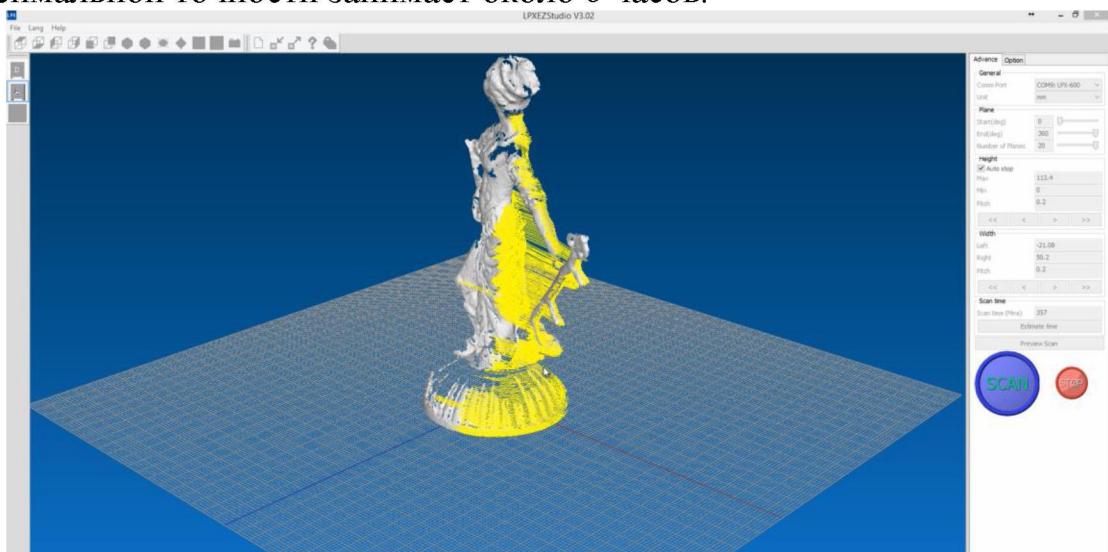


Рис. 5. Итоговая работа времяпролетного сканера

Итоговый вариант полученной модели показан на рисунке 6. На итоговой модели видны характерные дефекты темных и зеркальных

поверхностей. К недостаткам сканера можно отнести отсутствие захвата текстур, к достоинствам – хорошее качество точных поверхностей.

Второй триангуляционный сканер использует принцип структурированного подсвета. Перед началом работы сканер требует долгой и сложной калибровки сенсоров. Сама процедура калибровки занимает примерно 30 минут, но требуется проводить такую процедуру только один раз, а в дальнейшем – короткую калибровку при каждом переносе сканера на новое место. Сам процесс сканирования облегчается наличием поворотного стола и занимает не более 10 минут. Очень важным моментом для сканера является влияние внешнего освещения и предварительных настроек на качество получаемых данных. Самую удачную комбинацию внешнего освещения и настроек программы удалось получить только на 7 раз. Также работа постобработки полученных данных требует некоторой сноровки и опыта.

Модель статуэтки, полученная на этом сканере, представлена на рисунке 7. Видны небольшие погрешности в сложных местах, но модель получилась очень качественной. Есть нарекания по несоответствию текстуры и реальной модели, но это устраняется отдельной настройкой захвата текстуры. К недостаткам следует отнести то, что итоговый файл с моделью имеет более 13 миллионов полигонов, и представляет сложность для обработки такого файла на маломощных компьютерах.

Третий используемый триангуляционный сканер представляет собой поворотный стол с фотоаппаратом. Все вычисление геометрии выполняется с помощью специальных алгоритмов в графической программе. Сам процесс сканирования представляет собой фотографирование модели с разных сторон с определенным шагом угла. В данном случае шаг между фотографиями был выбран 3 градуса. Полученный массив фотографий проходит очень долгую обработку на компьютере. При высокой точности обработки фотографий на современном 8-ми ядерном компьютере с мощной видеокартой, время, уходящее на обработку одной модели с 120 снимками, может занимать до 45 часов. Здесь существенным является объем оперативной памяти. Кроме того, фотографирование требует дополнительного внешнего освещения.

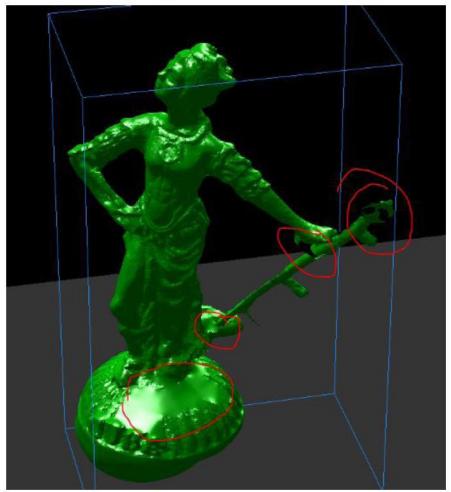


Рис. 6. Итоговая модель времеполетного сканера

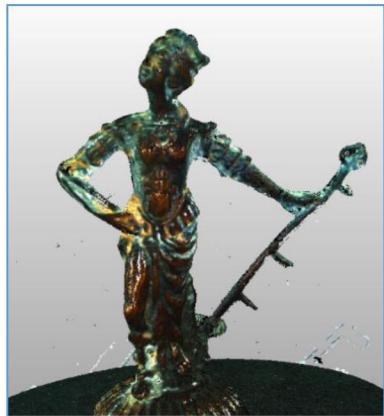


Рис. 7. Итоговая модель второго триангуляционного сканера

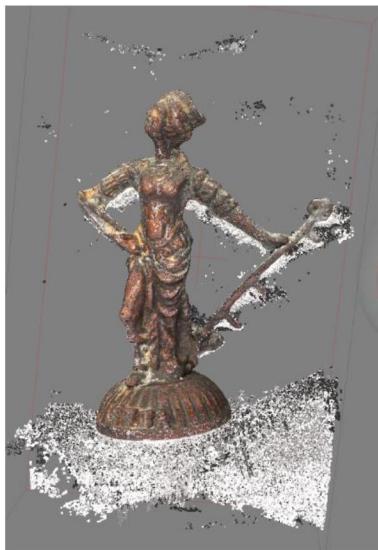


Рис. 8. Недостатки сканирования, которые удаляются вручную

Математический алгоритм выделения объектов работает не идеально и создает шумы и псевдоэлементы. Работа по удалению лишних элементов производится вручную и в несколько этапов. На рисунке 8 представлены недостатки сканирования.

Финальная модель после обработки показана на рисунке 9. Очевидным достоинством модели является очень качественное изображение и наибольшая схожесть с оригиналом. Недостатками такого сканирования являются: невозможность загрузки большого количества файлов, длительность обработки изображений, сложность регулировки параметров и необходимость ручной доработки модели.

В процессе работы было проведено сравнение результатов сканирования разных видов и типов сканеров. Модель времяпролетного сканера представляет собой самое качественное изображение, но имеет дефекты темных и глянцевых поверхностей. Модель второго триангуляционного сканера имеет слишком сильную детализацию и большое количество шумов. Такие модели нуждаются в дополнительной пост обработке. Модель третьего триангуляционного сканера требует длительных затрат времени, большого объема оперативной памяти и ручной доработки изображения.

Полученные модели можно отправить на печать на полноцветный 3D-принтер, но качество полученной модели будет в ряде случаев отличаться от исходной. Однако, задача сохранения исторических ценностей на данных сканерах может быть выполнена.

Литература

1. Брекалов В.Г., Терехова Н.Ю., Сафин Д.Ю. Применение технологии трёхмерного прототипирования в образовательном процессе // Дизайн и технологии. – 2012. – № 29. – С. 118-123.
2. Брекалов В.Г., Терехова Н.Ю. Технология пропотипирования при создании физических моделей из полимерных материалов // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2015. – № 4. – С. 6-9.
3. Власов М.Э., Спасская Д.Д., Терехова Н.Ю. Управление эффективностью предпринимательского проекта в сфере дизайна // Будущее



Рис. 9. Итоговая модель третьего триангуляционного сканера

машиностроения России. Сборник докладов Десятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов. 2017. – С. 146-150.

4. Egorova O., Samsonov K., Sevryukova A. New trends in learning through 3d modeling of historical mechanism's model // History of Mechanism and Machine Science. – 2016. – Т. 32. – С. 137-150.

5. Новикова Е.Ю. «Эмоциональный дизайн» и личность // Дизайн и технологии. – 2014. – № 39 (81). – С. 95-100.

6. Сафин Д.Ю., Алымова А.Е. Использование системного подхода в промышленном дизайне // Интернет-журнал Науковедение. – 2015. – Т. 7. – № 6 (31). – С. 130.

7. Спасская Д.Д., Терехова Н.Ю. Интеграция методов системного дизайн-проектирования в научно-исследовательские работы // Будущее машиностроения России. Сборник докладов Восьмой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов. 2015. – С. 335-339.

8. Терехова Н.Ю., Цибизова Т.Ю., Егорова О.В. Инновационные технологии трехмерного моделирования при изучении исторических инженерно-технических объектов // Будущее машиностроения России. Девятая Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов. 2016. – С. 241-245.