

УДК 004.946

Интеграция фотограмметрических 3D-моделей экспонатов в интерактивную среду виртуального музея МГТУ им. Н.Э. Баумана

Базанчук Галина Алексеевна

bga@bmstu.ru

Кривоносова Анжела Юрьевна

krivonosova@student.bmstu.ru

Мамаева Софья Михайловна

msm24u339@student.bmstu.ru

Посевин Данила Павлович

posevin@bmstu.ru

Агаркова Анна Викторовна

agarkovaav@student.bmstu.ru

Винокурова Екатерина Сергеевна

vinokurovae@student.bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. В работе описаны результаты интеграции высокодетализированных 3D-моделей экспонатов в интерактивный цифровой двойник музея МГТУ им. Н.Э. Баумана. Для создания моделей использовался метод фотограмметрии. Основной целью проекта являлось повышение реалистичности и информативности виртуальной экспозиции, что обеспечивает удаленный доступ к культурному и историческому наследию университета. Выполнена полная технологическая цепочка: от сканирования реальных объектов до их размещения в виртуальной сцене, разработанной на базе веб-фреймворка A-Frame. Реализована бесшовная интеграция моделей с существующей системой навигации, включающей как традиционное управление, так и инновационное взаимодействие с помощью жестов рук на основе машинного зрения. Разработанное решение позволяет пользователям из любой точки мира детально изучать трехмерные копии экспонатов, что значительно повышает вовлеченность виртуальных посетителей музея и качество образовательного процесса.

Ключевые слова: виртуальный музей, цифровой двойник, фотограмметрия, 3D-моделирование, A-Frame, интерактивная среда, образовательные технологии

Integration of photogrammetric 3D models of exhibits into the interactive environment of the Bauman Moscow State Technical University virtual museum

Bazanchuk Galina Alekseevna

bga@bmstu.ru

Krivonosova Angela Yuryevna

krivonosova@student.bmstu.ru

Mamaeva Sofya Mikhailovna

msm24u339@student.bmstu.ru

Posevin Danila Pavlovich

posevin@bmstu.ru

Agarkova Anna Viktorovna

agarkovaav@student.bmstu.ru

Vinokurova Ekaterina Sergeevna

vinokurovae@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Abstract. This paper presents the results of integrating high-detail 3D models of exhibits, obtained through photogrammetry, into the existing interactive digital twin of the Bauman

Moscow State Technical University museum. The primary goal was to enhance the realism and informational value of the virtual exposition to provide remote access to the university's cultural and historical heritage. The complete technological pipeline was executed: from scanning real objects to their placement in a virtual scene developed using the A-Frame web framework. Seamless integration of the models with the existing navigation system, which includes both traditional control and innovative hand-gesture interaction based on computer vision, has been implemented. The developed solution allows users from anywhere in the world to study three-dimensional copies of exhibits in detail, significantly increasing engagement and the quality of the educational process.

Keywords: virtual museum, digital twin, photogrammetry, 3D modeling, A-Frame, interactive environment, educational technologies

Виртуальный музей МГТУ им. Н.Э. Баумана, разрабатываемый в рамках инициативного проекта [1] изначально создавался как цифровой двойник для образовательных целей. Базовая версия информационной системы [2] предоставляла возможность навигации по цифровым копиям залов музея и взаимодействия с информационными панелями. Однако ключевым ограничением первоначальной реализации являлось использование двумерных изображений для представления экспонатов, что не позволяло в полной мере оценить их объем, детали и историческую ценность. Решение этой проблемы было определено как приоритетная задача дальнейшего развития проекта.

В рамках данной работы было выполнено исследование возможности интеграции трехмерных моделей экспонатов в виртуальную среду музея. Процесс включал в себя несколько этапов. На первом этапе было проведено профессиональное фотограмметрическое сканирование [3] ключевых объектов музейной коллекции, позволившее получить облака точек и текстуры высокого разрешения. Результатом сканирования стали файлы в формате OBJ, содержащие точную геометрию и фотореалистичные текстуры каждого экспоната.

На втором этапе решалась задача оптимизации и интеграции полученных моделей в существующую виртуальную сцену, разработанную на базе веб-фреймворка A-Frame [4] и библиотеки Three.js [5]. Архитектура информационной системы (см. рис. 1) включает в себя как серверную часть — реализованную на Flask и отвечающую за обслуживание статических файлов, так и клиентскую часть — реализующую визуализацию и логику взаимодействия с пользователем. После проведения фотограмметрического сканирования 3D-модели экспонатов были обработаны для обеспечения оптимальной производительности при загрузке в веб-интерфейс и размещены в соответствующих локациях виртуального пространства цифрового двойника музея.

Ключевым результатом данной работы стало то, что 3D-модели были не просто добавлены в виртуальную сцену, а органично вписаны в существующую систему навигации и взаимодействия с пользователем. Пользователь в свою очередь, перемещаясь по виртуальным залам с помощью мыши или бесконтактного жестового интерфейса [6], может не только активировать информационные панели, но и детально со всех сторон рассматривать трехмерную копию экспоната, что, например, позволяет оценить конструктивные

особенности представленных в музее механизмов, увидеть текстуру материалов и разглядеть мелкие детали, которые невозможно передать посредством двухмерных изображений. Так на рис. 2 можно увидеть 3D-модель бюста Н.Е. Жуковского, который был подарен университету известным советским скульптором Л.Е. Кербелем, а на рис. 3 представлена модель зубчатого механизма (вариатора) с переменным передаточным числом из русской коллекции кинематических моделей, основанной директором Московского ремесленного учебного заведения (МРУЗ, с 1868 г. ИМТУ) А.С. Ершовым и созданной по чертежам Ф. Редтенбахера.

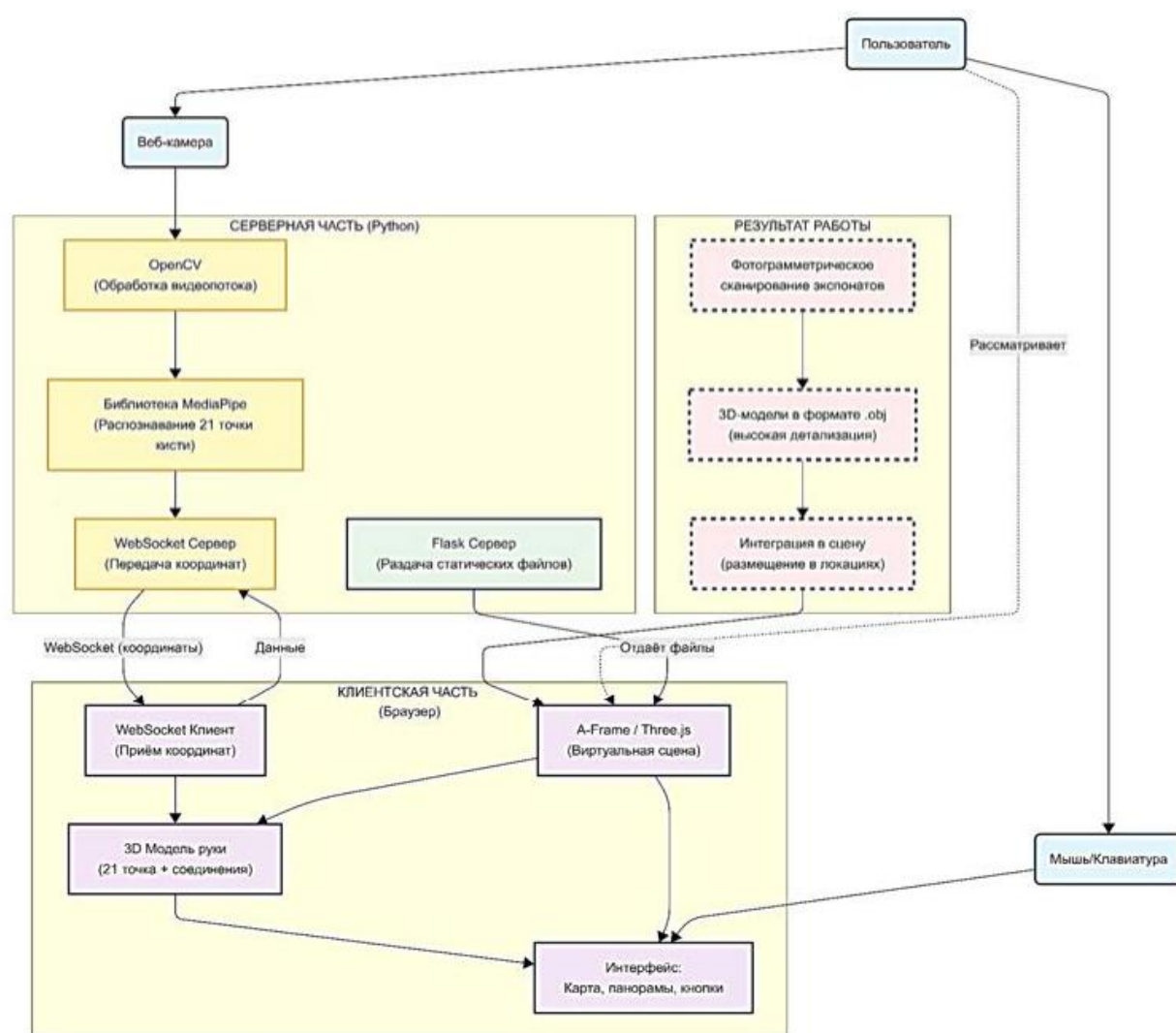


Рис. 1. Архитектура программного комплекса виртуального музея

Таким образом, разработанное решение позволит преодолеть главный недостаток первоначальной версии виртуального музея — перейти от демонстрации плоских изображений к представлению полноценных трехмерных экспонатов в формате WebVR. Прделанная работа является следующим этапом, реализующим вклад в создание уникального образовательного и культурного ресурса. Виртуальный музей МГТУ им. Н.Э. Баумана станет доступным ин-

струментом для всех желающих погрузиться в историю инженерного дела в России, позволит удаленно изучать культурное наследие нашего университета в цифровом формате и будет способствовать воспитанию патриотизма.



Рис. 2. Бюст Н.Е. Жуковского



Рис. 3. Модель зубчатого механизма с переменным передаточным числом

Дальнейшее развитие проекта предполагает расширение коллекции 3D-моделей и внедрение более сложных сценариев взаимодействия с ними, в том числе посредством бесконтактного жестового интерфейса.

Список источников

- [1] Агаркова А.В., Винокурова Е.С. Опыт разработки прототипа виртуального музея МГТУ им. Н.Э. Баумана на базе WEBVR-технологий. *Цифровые технологии: настоящее и будущее. III Нац. науч.-практ. конф. с междунар. уч.: сб. ст.* Тольятти, Тольяттинская академия управления, 2024, с. 46–51.
- [2] Агаркова А.В., Скороходов И.А., Винокурова Е.С. и др. Об идее разработки интерактивного WebVR-музея МГТУ им. Н.Э. Баумана. *Технологии дополненной и виртуальной реальности. I науч.-практ. конф.: сб. ст.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025, с. 73–77.
- [3] Коханчук Е.Д., Лозинская А.А. Создание 3D-моделей музейных предметов с помощью фотограмметрии для их использования в системах учета экспонатов и визуального моделирования экспозиций. *Фотография. Изображение. Документ*, 2021, № 10(10), с. 123–126.
- [4] Документация A-Frame. URL: <https://aframe.io/aframe/> (дата обращения 15.02.2026).
- [5] Документация Three.js. URL: <https://threejs.org/> (accessed 15.02.2026).
- [6] Костиков К.О., Исмаилов А.Н., Зайковская Е.В. и др. Применение жестовых интерфейсов для управления объектами виртуальной реальности. *Навигация и управление движением. XXVI конф. молодых ученых с междунар. уч.: матер.* Санкт-Петербург, Концерн ЦНИИ «Электроприбор», 2024, с. 195–197.