

ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

Факультет компьютерных наук
Департамент программной инженерии

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Доцент департамента больших данных и
информационного поиска факультета
компьютерных наук

Академический руководитель
образовательной программы
«Программная инженерия» профессор
департамента программной инженерии,
канд. техн. наук

_____ Е. О. Кантонистова
« ____ » _____ 2024 г.

_____ В. В. Шилов
« ____ » _____ 2024 г.

БИБЛИОТЕКА ДЛЯ 3D-РЕНДЕРИНГА «CPR_RENDER»

Техническое задание

ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ

RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1-ЛУ

Исполнитель: Студент группы БПИ 216
_____ Г. А. Сабаев
« ____ » _____ 2024 г.

УТВЕРЖДЁН
RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1-ЛУ

БИБЛИОТЕКА ДЛЯ 3D-РЕНДЕРИНГА «СРР_RENDER»

Техническое задание

RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1

Листов 12

Инв. № подл	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Содержание

1	Введение	3
1.1	Наименование программы	3
1.2	Краткая характеристика области применения	3
1.3	Основание для разработки	3
2	Назначение разработки	4
2.1	Функциональное назначение	4
2.2	Эксплуатационное назначение	4
3	Требования к программе	5
3.1	Требования к функциональным характеристикам	5
3.2	Требования к интерфейсу	6
3.3	Требования к формату входных и выходных данных	7
3.4	Условия эксплуатации	7
3.5	Требования к составу и параметрам технических средств	7
3.6	Требования к информационной и программной совместимости	7
3.7	Требования к составу сетевых средств	8
3.8	Требования к программной документации	8
3.9	Требования к маркировке и упаковке	8
4	Стадии и этапы разработки	9
5	Порядок контроля и приемки	10
6	Технико-экономические показатели	11

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

1. Введение

1.1. Наименование программы

1.1.1. Наименование программы на русском языке

Библиотека для 3D-рендеринга «cpp_rend»

1.1.2. Наименование программы на английском языке

«cpp_rend» 3D-rendering library.

1.2. Краткая характеристика области применения

Стандартной практикой для приложений, работающих с 3D, является использование видеокарты. Такой подход имеет, как главное преимущество, исключительно быструю скорость работы, что крайне важно для крайне ресурсоемких приложений, отрисовывающих десятки кадров в секунду в режиме реального времени.

Популярные драйверы для видеокарт поддерживают API, такие как OpenGL или Vulkan, которые заключаются в передаче видеокарте шейдерного кода, который будет скомпилирован и выполнен самой видеокартой. Этот подход увеличивает производительность и предоставляет высокоуровневый фреймворк пользователю API, но также делает модификацию основных алгоритмов рендеринга затруднительной.

Библиотека для 3D-рендеринга «cpp_rend» (далее - cpp_rend) не использует видеокарту для рендеринга, открывая весь алгоритм для расширения и модификации конечным пользователем взамен на резкую потерю производительности в случаях когда она является менее критичной, и без значительных потерь на устройствах без видеокарты.

1.3. Основание для разработки

Приказ декана факультета компьютерных наук Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» № 2.3-02/1212-01 от 12.12.2017 «Об утверждении тем, руководителей курсовых работ студентов образовательной программы Программная инженерия факультета компьютерных наук».

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

2. Назначение разработки

2.1. Функциональное назначение

Функциональным назначением приложения является обеспечение процесса создания, редактирования и сохранения векторных изображений с возможностью просмотра созданного изображения на поверхностях реальных объектов посредством дополненной реальности. Редактирование изображения производится методами, спроектированными с учетом особенностей взаимодействия с мобильными устройствами, позволяющими способом работать напрямую с кривыми Безье, не абстрагируясь от них, сохраняя простую модель взаимодействия с пользователем.

2.2. Эксплуатационное назначение

Данное приложение может быть использовано дизайнером или разработчиком для создания собственных элементов графического интерфейса или любым человеком, имеющим необходимость в создании простых иллюстраций. Просмотр изображений в дополненной реальности ориентирован на создание графики для печати, например создание изображения для печати на футболке или логотип, предназначенный для печати на вывеске.

Также, отсутствие абстракции от кривых Безье с постоянной возможностью редактирования точек созданной или создаваемой кривой без их скрытия позволяет пользователю быстрее овладеть интуитивным понимаем принципа работы кривых Безье, что делает приложение пригодным для обучения в сфере векторной графики.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

3. Требования к программе

3.1. Требования к функциональным характеристикам

Библиотека должна предоставлять пользователю возможность собирать и модифицировать сцену, содержащую иерархию объектов в 3d-пространстве, некоторые из которых имеют 3d-модели из треугольных полигонов, и производить рендер в 2D-изображение с учетом перспективы и заданной позиции камеры с помощью матриц проективного предопределения пространства и z-буфера.

Библиотека должна сопровождаться интерактивным демо-приложением (далее - демо), демонстрирующим функционал библиотеки и являющимся прикладным примером ее использования.

Разрабатываемая библиотека должна:

1) предоставлять интерфейс работы со сценой:

- возможность создания сцены;
- возможность задания параметров глобального освещения сцены;
- возможность добавления объекта в иерархию объектов сцены;
- возможность итерирования по иерархии объектов сцены;
- возможность изменения положения объекта иерархии в пространстве;
- возможность добавления 3D-модели к объекту иерархии;
- возможность добавления шейдера к объекту иерархии;

2) кешировать матрицы позиций объектов сцены в глобальных координатах;

3) предоставлять пользователю возможность создавать собственные шейдеры как пользовательские классы;

4) предоставлять пользователю класс, реализующий минималистичный шейдер по модели Блинна-Фонга;

5) предоставлять интерфейс работы со 3D-моделями:

- возможность загрузки модели из файла формата .obj;
- возможность изменения данных модели напрямую с помощью кода;

6) предоставлять интерфейс работы с камерой:

- возможность задания разрешения;
- возможность задания угла обзора (field of view);
- возможность задания положения в пространстве;
- функцию перевода точки из глобальных координат в NDC (Normalized Device Coordinates) конкретной камеры;

7) предоставлять класс-функтор рендерера, который должен:

- принимать сцену и камеру;

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

- переводить все объекты в NDC с помощью камеры;
 - для каждого пикселя определять ближайший к камере полигон (если он есть) путем отрисовки всех полигонов с помощью z-буфера.
 - для каждого пикселя получать информацию о его позиции на полигоне (uv-координаты).
 - для каждого пикселя получать информацию о его освещенности.
 - передавать информацию о каждом пикселе и данных о нем в соответствующий шейдер;
 - окрашивать каждый пиксель изображения в цвет, возвращаемый шейдером;
 - возвращать изображение сцены с точки зрения камеры в формате RGBA32;
- 8) хранить все внутренние буферы рендерера как поля класса (во избежание множества выделений памяти каждый кадр);

Разрабатываемое демо должно:

- 9) выводить на экран результат рендеринга сцены с точки зрения камеры;
- 10) предоставлять возможность пользователю управлять вращением камеры посредством захвата курсора мыши;
- 11) предоставлять возможность пользователю передвигать камеру с помощью клавиш клавиатуры;
- 12) обновлять изображение сцены на экране в соответствии с движением камеры и/или объектов сцены.
- 13) использовать максимально полный набор возможностей библиотеки (включая реализованный доп. функционал) для наилучшей демонстрации.

В качестве дополнительного функционала библиотеки выступает:

- 14) возможность создания точечных источников света;
- 15) возможность рендеринга в HDR (High Dynamic Range);
- 16) возможность перевода изображения из HDR в RGBA32 с помощью приближенной реализации ACES за авторством Krzysztof Narkowicz;
- 17) возможность применения эффекта Bloom к изображению;

В качестве дополнительного функционала демо выступает:

- 18) возможность загрузки произвольной сцены из файла;

3.2. Требования к интерфейсу

Пользовательский интерфейс для библиотеки не предусмотрен.

Интерфейс демо-приложения должен:

- 1) выводить на экран результат рендеринга сцены с точки зрения камеры;

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

- 2) предоставлять возможность пользователю управлять вращением камеры посредством захвата курсора мыши;
- 3) предоставлять возможность пользователю передвигать камеру с помощью клавиатуры;
- 4) обновлять изображение сцены на экране в соответствии с движением камеры и/или объектов сцены.

3.3. Требования к формату входных и выходных данных

3.3.1. Входные данные

Библиотека по своей природе входных данных от пользователя принимать не может.

Демо в качестве входных данных получает нажатия клавиш клавиатуры пользователя и движения курсора.

3.3.2. Выходные данные

Библиотека по своей природе выходных данных пользователю выводить не может.

Демо в качестве выходных данных выводит на экран изображение сцены с точки зрения камеры пользователя.

3.4. Условия эксплуатации

3.4.1. Климатические условия

Климатические условия сопадают с климатическими условиями эксплуатации устройства.

3.4.2. Требования к пользователю

Пользователь библиотеки должен иметь базовое представление об основных принципах 3D-графики и программирования на C++. Пользователь демо должен иметь понимание того как работать с операционной системой и устройством на которых запущена программа.

3.5. Требования к составу и параметрам технических средств

Для корректной работы демо необходимо устройство с не менее чем 2 ГБ оперативной памяти и наличием дисплея, мыши и клавиатуры. При условии выполнения Требований к информационной и программной совместимости других ограничений не присутствует; однако для повышения частоты кадров в демо рекомендуется устройство с процессором, по производительности эквивалентном или превосходящем Intel® Core™ i7-5500U.

3.6. Требования к информационной и программной совместимости

Требования к совместимости библиотеки требует соблюдения аналогичных требований для библиотеки Eigen3, а также поддержки стандартных библиотек C++20 в операционной системе.

Требования к совместимости демо также требует соблюдения аналогичных требований для библиотеки SFML.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

3.7. Требования к составу сетевых средств

У устройства должен быть доступ к сети интернет для скачивания и установки как библиотеки, так и демо.

3.8. Требования к программной документации

В состав программной документации должны входить следующие компоненты:

- 1) Техническое задание (ГОСТ 19.201-78)
- 2) Программа и методика испытаний (ГОСТ 19.301-78)
- 3) Пояснительная записка (ГОСТ 19.404-79)
- 4) Руководство оператора (ГОСТ 19.505-79)
- 5) Текст программы (ГОСТ 19.401-78)

3.9. Требования к маркировке и упаковке

Библиотека должна размещаться на платформе GitHub и иметь возможность быть загруженной оттуда потенциальным пользователем. Демо должно размещаться на платформе GitHub и иметь возможность быть загруженным оттуда потенциальным пользователем.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

4. Стадии и этапы разработки

1) техническое задание:

- этапы разработки:
 - а) обоснование необходимости разработки программы;
 - б) постановка задачи;
 - в) сбор исходных материалов;
 - г) выбор и обоснование критериев эффективности и качества разрабатываемой программы;
 - д) обоснование необходимости проведения научно-исследовательских работ;
- разработка и утверждение технического задания:
 - а) определение требований к программе;
 - б) определение стадий, этапов и сроков разработки программы и документации на неё;
 - в) согласование и утверждение технического задания;

2) технический проект:

- разработка технического проекта:
 - а) уточнение структуры входных и выходных данных;
 - б) разработка алгоритма решения задачи;
 - в) определение формы представления входных и выходных данных;
 - г) разработка структуры программы;
 - д) окончательное определение конфигурации технических средств.
- утверждение технического проекта:
 - а) разработка пояснительной записки;
 - б) согласование и утверждение технического проекта.

3) рабочий проект:

- разработка программы:
 - а) программирование и отладка программы.
- разработка программной документации:
 - а) разработка программных документов в соответствии с требованиями гост 19.101-77.
- испытания программы:
 - а) разработка, согласование и утверждение порядка и методики испытаний;
 - б) корректировка программы и программной документации по результатам испытаний.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

5. Порядок контроля и приемки

Контроль и приемка разработки осуществляются в соответствии с документом «Программа и методика испытаний».

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

6. Технико-экономические показатели

Экономическая эффективность в рамках курсового проекта не предусмотрена.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.05.01-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Лист регистрации изменений

[illegible]