

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра математической теории упругости и биомеханики

**Проектирование и частичная реализация приложения предоперационного
планирования на основе технологии виртуальной реальности**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 442 группы

направления 09.03.03 Прикладная информатика

механико-математического факультета

Маслова Ивана Андреевича

Научный руководитель
доцент, к. ф.-м. н.

подпись, дата

Л.В. Бессонов

Зав. кафедрой
зав.каф., д.ф. – м.н., профессор

подпись, дата

Л.Ю. Коссович

Саратов 2024

Введение. Предоперационное планирование один из важнейших этапов подготовки хирургической операции. Успех самой операции во многом зависит от предоперационного планирования. Сложность хирургической операции напрямую зависит от точности и успеха предоперационного планирования. Цифровое предоперационное планирование может позволить с высокой точностью определить необходимые параметры и компоненты для успешного предоперационного планирования.

Целью настоящей работы является анализ возможностей применения технологий дополненной реальности в процессе предоперационного планирования.

В качестве объекта фокусировки будет использована классическая область хирургии, в которой предоперационное планирование напрямую связано с дальнейшим качеством жизни пациента – травматология-ортопедия.

Структура работы. Основная часть состоит из 3 разделов:

- Обзор истории развития технологии AR и VR
- Предоперационное планирование
- Проектирование и частичная реализация прототипа приложения

В первом разделе собрана информация и проведен анализ технологии виртуальной и дополненной реальности.

Дополненная реальность – технология позволяющая, добавлять на экран цифровые элементы, такие как текст, изображения, видео и аудио. При эффективном использовании создается иллюзия, что голографический контент является частью физического мира, окружающего пользователя. Несмотря на схожесть принципа с виртуальной реальностью (VR), при использовании AR пользователь не погружается в искусственную среду. AR изменяет восприятие реальности пользователем, добавляя трехмерные объекты, звуки, видео и графику в его представление о реальности.

Технология AR развивалась параллельно с конкурирующей технологией VR. VR – это комплексная технология, позволяющая погрузить человека в

иммерсивный виртуальный мир при использовании специализированных устройств.

При всей своей схожести, VR и AR всё же серьезно отличаются тем, как их воспринимает человек относительно реального мира. Виртуальная реальность перекрывает внешнюю, как будто закрывая дверь между ними. Дополненная же не уводит пользователя из реального мира, но дополняет воспринимаемую им картину (таблица 1).

Чтобы лучше понять разницы двух технологий, мы сформируем критерии, с целью выявления сходств и различий между ними. Данными критериями являются:

- устройства и оборудование;
- стоимость устройств и оборудования;
- удобство использования.

Таблица 1 – Сравнение технологий виртуальной и дополненной реальности

Технология/критерии	Виртуальная реальность	Дополненная реальность
Устройства и оборудование	Шлем, контроллер, очки, перчатки, костюмы и комнаты виртуальной реальности	Очки, смартфон, планшет
Стоимость устройств и оборудования	Стоимость достаточно вариативна. От нескольких сотен до миллионов рублей	В основном, стоимость очков варьируется от 10 до 300 тысяч рублей. В настоящий момент перечень смартфонов и планшетов, поддерживающих AR-технологии достаточно обширен. Минимальная стоимость таких устройства находится в районе 10 тысяч рублей

Продолжение таблицы 1

Удобство использования	От продолжительного использования VR-устройств сильно устают глаза и шея (шлемы и громоздкие очки). Возможно головокружение. Требуется определенная физическая подготовка	Использование смартфонов и планшетов в качестве AR устройства создает минимальные неудобства для пользователя. AR-очки, обычно, гораздо комфортнее в использовании чем VR очки. В первую очередь, это связано с тем, что они значительно меньше весят
------------------------	---	---

Вывод:

Сравнивая эти две технологии VR более предпочтительная технология на данный момент. На нее написано огромное количество библиотек (физические движки, поддержка разных контроллеров). Сфера применения VR больше, чем у AR. Также у VR огромное комьюнити, которое широко использует эту технологию и развивает её.

Говоря про AR, эта технология более бюджетная, так как оборудование может стоить на порядок дешевле чем у VR. Также для использования оборудования AR не требуется доп. подготовка. Но при этом сама технология сырая и требует доработок.

Рассмотренные в первом разделе технологии имеют как плюсы, так и минусы, использовать данные решения для работы над проектом осуществимая задачи ввиду того, что технологии получили широкое распространение и множество различных библиотек для работы и их подключения

В втором разделе рассматривается процесс предоперационного планирования, и возможность применения технологий виртуальной или дополненной реальности в предоперационном планировании.

Хирургическая операция – важнейший этап в лечении больного. Однако для того, чтобы эффект операции был максимальным, необходимы соответствующая предоперационное планирование и квалифицированное лечение в послеоперационном периоде. Таким образом, основные этапы лечения хирургического больного, следующие:

1. Предоперационное планирование;
2. Хирургическая операция;
3. Лечение в послеоперационном периоде.

Цель предоперационного планирования – снижение риска развития интра и послеоперационных осложнений.

Предоперационная подготовка начинается с момента постановки диагноза, требующего операции, и принятия решения о выполнении оперативного вмешательства. Заканчивается же она подачей больного в операционную.

Весь предоперационный период условно делят на два этапа: диагностический и подготовительный, во время которых решают основные задачи и предоперационной подготовки.

В процессе геометрического планирования врач выбирает место, над которым будет проводиться операция: возможность пометки для швов, установка точек или линий привязки для имплантов. Эту плоскость можно масштабировать (вращать в различных плоскостях, приближать или отдалять и т.д.). У врача есть возможность оставлять пометки на модели с комментариями. Можно выбирать имплант и редактировать его 3Д модель (размер, положение и т.д.) и заниматься ее масштабированием по аналогии с местом установки импланта, а также осуществлять наложение шаблона импланта на заранее размеченную область. После наложения импланта программа может оценить, насколько удачно имплант был установлен, а также риски для пациента.

Геометрическое планирование позволяет на основе 2D изображения построить трехмерное, чтобы более детально и точно представлять анатомические структуры, проводить манипуляции с ними.

Альтернативная реальность открывает гигантские возможности для здравоохранения. Дополненная реальность (AR), виртуальная реальность (VR) – это действенные решения в образовании, визуализации вен или хирургических операций, расслаблении пациентов, лечении посттравматического стрессового расстройства, ускорении восстановления в физиотерапии - или даже поддержке медицинских презентаций.

Другими словами, традиционные методы наведения изображений направлены на замену реального мира, в то время как AR дополняет. Поскольку системы AR проецируют информацию непосредственно на место операции для навигации, внимание не нужно чередовать между местом операции и монитором.

Ключевой проблемой для любой хирургической навигации является регистрация виртуального изображения с реальной моделью, и AR технология может в большей степени решить эту проблему. Точная регистрация имеет решающее значение, поскольку она оказывает непосредственное влияние на точность всех последующих задач навигации.

Сама же AR технология в отличие от VR уже активно применяется в га этапе предоперационного планирования. Эта технология еще относительно продолжительное время будет лидировать в данной сфере. Врачу проще надеть AR-очки и начать процесс изучения модели, используя свои руки в качестве контроллера, чем пробовать разобраться в интерфейсе программы VR. Тем более, разработка технологии и оборудование дешевле в изготовлении.

В третьем разделе проводится анализ и подбор технологий разработки приложение, проектирование самого приложения и его частичная реализация.

Данное приложение будет актуально для хирургов на этапе предоперационного планирования, так как позволит произвести предварительный разрез кости для дальнейшего наложения швов или других манипуляций.

Исходя из всего вышесказанного, приложение должно позволять:

1. Импортировать 3D-модель кости, полученную по результатам КТ.
2. Перемещать, вращать и масштабировать модель.
3. Выбирать один из двух инструментом: пила, шеврон.
4. Совмещать в пространстве выбранный инструмент и модель кости.
5. Настраивать и регулировать параметры длины и угла инструмента «Пила».

6. Настраивать и регулировать параметры длины и угла инструмента «Шеврон».

7. Выполнять разделение модели на отдельные фрагменты по настройкам инструмента.

8. Выполнять виртуальную репозицию костных фрагментов.

На основе списка требований к приложению был составлен перечень технологий:

1. JavaScript
2. Three.js
3. Mesh UI
4. Ammo.js
5. GLB модели
6. GLTFLoader
7. OrbitControls
8. CanvasTexture.js
9. Web Storm

Архитектура системы

В основе проекта будет лежать веб архитектура, а именно SPA (single page application).

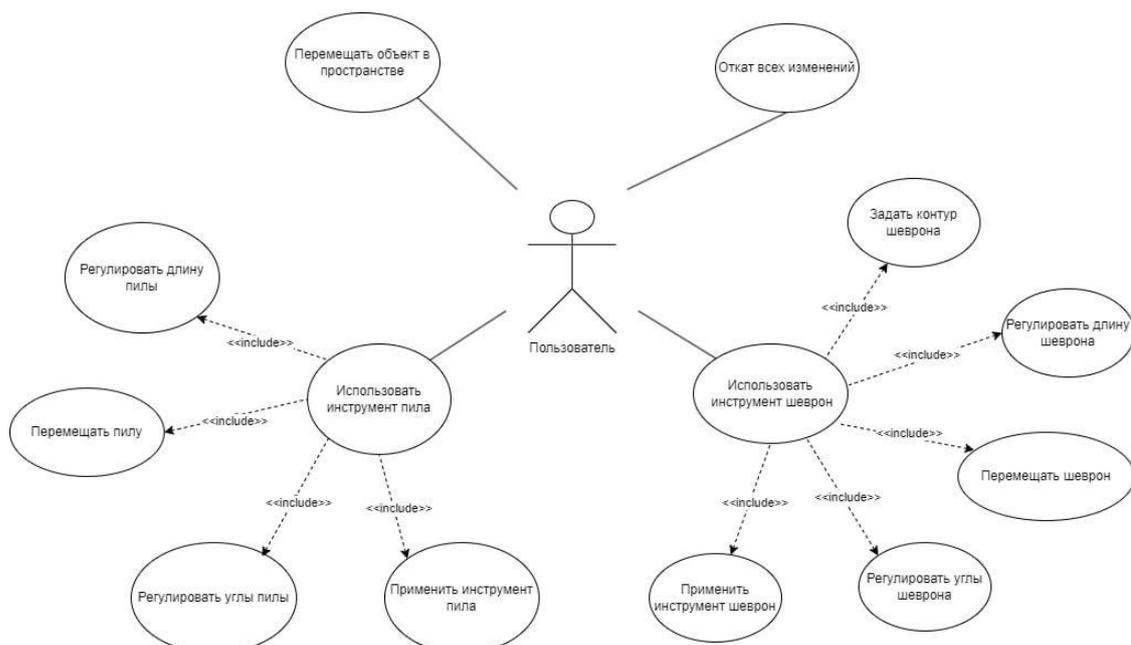


Рисунок 1 - Диаграмма прецедентов

Основной функционал данного приложения (рисунок 1):

Актеры: основной актер системы — это сам пользователь.

Прецеденты:

- Перемещение объекта в пространстве
- Откат всех изменений
- Инструмент пила
 - Регулирование длины пилы
 - Перемещение пилы
 - Регулирование угла пилы
 - Применение инструмента пилы
- Инструмент шеврон
 - Применение инструмента шеврона
 - Регулирование угла шеврона
 - Перемещение шеврона
 - Задать контур шеврона

Все приложение будет написано на программной платформе Node.js.

Node.js имеет огромную экосистему пакетов благодаря npm (Node Package Manager) – крупнейшему репозиторию библиотек и инструментов для Node.js.

Структура пакетов для данного приложения будет выглядеть так:

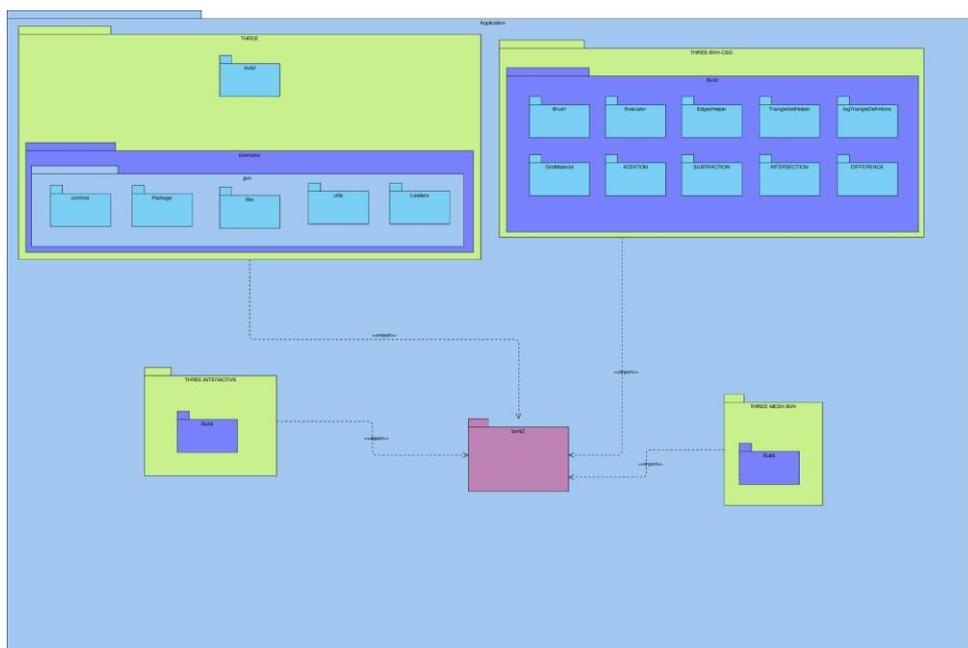


Рисунок 2 - Диаграмма пакетов

В структуре нашего проекта представлены 5 основных пакетов (рисунок 2).

Диаграмма классов

Из-за того, что в проекте фигурирует множество классов, нам требуется знать, как они будут взаимодействовать между собой, для этого необходима диаграмма классов.

Диаграмма классов – это структурная диаграмма, которая отображает классы, их атрибуты, методы и взаимосвязи между ними. На диаграмме классов классы представляются в виде прямоугольников, где указываются название класса, его атрибуты и методы. Связи между классами обозначаются стрелками, указывающими на направление взаимодействия (рисунок 3).

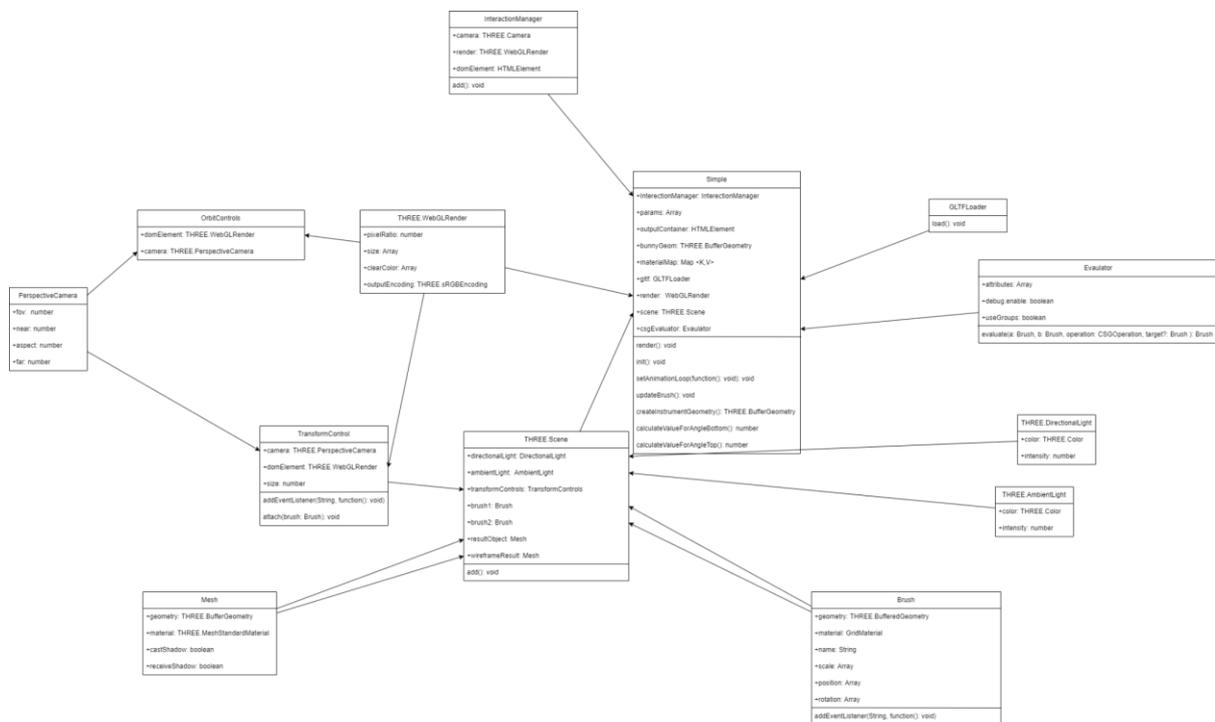


Рисунок 3 – Диаграмма классов

Пользовательский интерфейс

Интерфейс будет разрабатываться в графическом редакторе Figma. Так как это один из самых удобных редакторов, и к тому же позволяет сохранять работу в облаке.

В рамках приложения уже было реализовано: подключены необходимые библиотеки, создана трехмерная сцена и настроено освещение, модуль загрузки 3D моделей, настроены контроллеры для управления моделями, подключены

контроллеры для управления сценой, загружена и подключена модель кости, прототип геометрии пилы, функционал разделения модели кости.

Основными задачи были: реализация геометрии инструмента пила, портирование приложения на Android.

Одной из основных задач была реализация геометрии инструмента “Пила”. Сам инструмент “Пила” будет представлен в виде г-образной фигуры, состоящей из множества граней, соединенных между собой. Модель инструмента состоит из двух параллелепипедов большого верхнего и маленького нижнего (рисунок 4). У обоих параллелепипедов регулируются углы наклона.

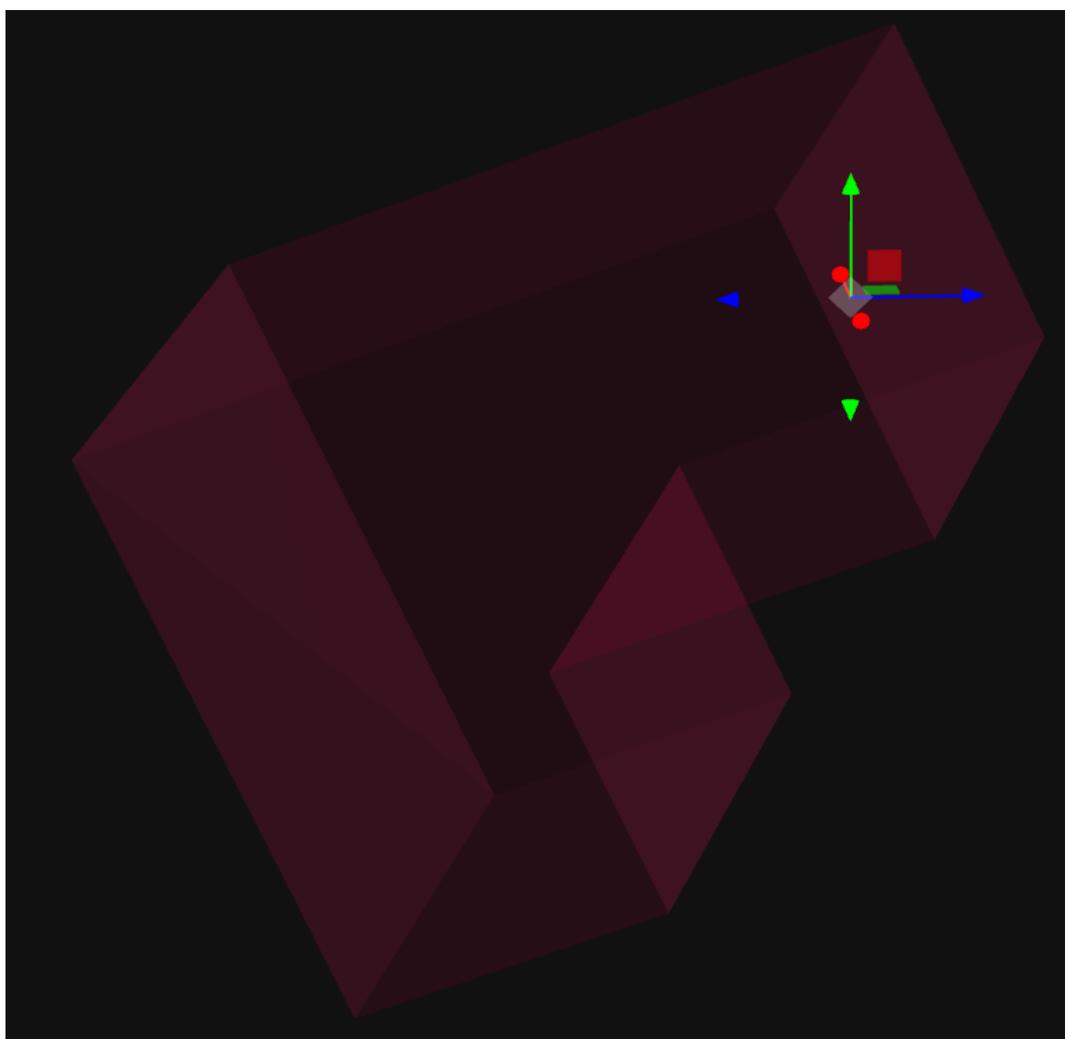


Рисунок 4 – Инструмент “Пила”

Портирование приложение на андроид.

Дополнительным требованием было портирование данного приложения на андроид структуру, так как это еще и кроссплатформенно. Для этого обычно переделывают приложение под андроид практически полностью с нуля. В этом

случае стоит использовать Apache Cordova – мобильная среда разработки приложений. Apache Cordova позволяет программистам создавать приложения для мобильных устройств с помощью CSS3, HTML5 и JavaScript вместо того, чтобы использовать конкретные платформы API, такие как Android, IOS или Windows Phone. Apache Cordova позволит портировать веб приложение без серьезных переписываний кода, но для работы данного фреймворка требуется целый пакет ПО.

Заключение. В рамках данной работы была спроектировано и реализовано приложения для предоперационного планирования, которые очень востребованы в мире, так как тема технологии получает закономерное развитие что облегчит процесс планирования для врачей.

В результате проделанной работы составлен обзор развития технологий дополненной реальность, текущего уровня развития этой технологии, а также сфер деятельности, где эта технология уже имеет историю успешного применения, проанализирована сущность процесса предоперационного планирования и выявлены особенности этого процесса, определены возможности технологии дополненной реальности, которые могут быть успешно применены в предоперационном планировании

Разработан прототип программного продукта на базе технологии дополненной реальности, позволяющий сканировать ландшафт и определять наличие плоскости, и в дальнейшем позволяющий размещать на нем 3D модель для дальнейшей манипуляции над ней.