

Визуализация мышечных сокращений

Выполнил: Кузин Антон Андреевич группа ИУ7-52Б

Научный руководитель: Строганов Юрий Владимирович

Цель и задачи работы

Цель – разработать программу, моделирующую мышечные сокращения.

Задачи:

1. Выбрать алгоритмы машинной графики, с помощью которых будет визуализирована трёхмерная сцена и построена анимация.
2. Выбрать метод для визуализации мышц.
3. Спроектировать архитектуру программы и структуры данных для хранения модели.
4. Реализовать выбранные алгоритмы.

Выбор метода моделирования мышц

Метод	Преимущества	Недостатки
Использование деформируемых эллипсоидов	<ul style="list-style-type: none"> • позволяет симулировать и изометрическое и изотоническое сокращение • параметры регулируются простыми математическими соотношениями • возможно моделирование сложных мышц 	<ul style="list-style-type: none"> • при полигональном представлении необходимо аппроксимировать эллипсоиды • не учитывает физическую составляющую сокращения
Обобщенная цилиндрическая модель	<ul style="list-style-type: none"> • представляет возможность регулировать каждый отдельный участок мышцы • изменение формы регулируется простым соотношением 	<ul style="list-style-type: none"> • моделируется только изометрическое сокращение • не учитывает физическую составляющую сокращения
Mass-spring system	<ul style="list-style-type: none"> • позволяет рассчитать силу сокращений • учитывает физический фактор 	<ul style="list-style-type: none"> • моделирует только мышцы, обладающие вытянутой формой
Метод конечных элементов	<ul style="list-style-type: none"> • учитывает силу сокращения • мышцы аппроксимируются отдельными упругими элементами 	<ul style="list-style-type: none"> • требует интерполирования между вершинами модели и блоков • требует расчёта динамических уравнений равновесия для каждой вершины блоков

Выбор метода моделирования

Метод	Преимущества	Недостатки
Каркасный	<ul style="list-style-type: none">• низкие вычислительные затраты для представления• небольшой объём затрачиваемой памяти для хранения	<ul style="list-style-type: none">• низкая информативность
Граничная	<ul style="list-style-type: none">• удобство масштабирования объектов• небольшой объем данных для описания поверхностей, аппроксимируемых плоскими гранями• при применении преобразований вычисляются только координаты вершин	<ul style="list-style-type: none">• аппроксимация плоскими гранями приводит к погрешности моделирования• сложности с топологическими операциями
Сплошная	<ul style="list-style-type: none">• простое выполнение топологических операций• позволяет просто описывать сложные объекты и сцены	<ul style="list-style-type: none">• большое количество информации, необходимой для представления объёмных данных• сложности при уменьшении и увеличении объектов

Выбор алгоритма удаления невидимых граней

Алгоритм	Преимущества	Недостатки
Алгоритм Робертса	<ul style="list-style-type: none"> относительная простота 	<ul style="list-style-type: none"> теоретическая трудоёмкость растёт как квадрат числа объектов
Алгоритм Варнока	<ul style="list-style-type: none"> затрачивается мало времени на обработку областей, содержащих малое количество информации 	<ul style="list-style-type: none"> необходимость производить большое количество разбиений
Алгоритм, использующий Z-буфер	<ul style="list-style-type: none"> обладает не более чем линейной вычислительной трудоёмкостью простота реализации пересечение поверхностей тривиально 	<ul style="list-style-type: none"> необходимость хранить буфер глубины
Алгоритм трассировки лучей	<ul style="list-style-type: none"> возможность изображения гладких объектов без аппроксимации их примитивами вычислительная сложность метода линейно зависит от сложности сцены высокая реалистичность изображения 	<ul style="list-style-type: none"> большие вычислительные затраты на поиск пересечений

Выбор метода закрашки

Метод	Преимущества	Недостатки
Метод простой закрашки	<ul style="list-style-type: none">• простота реализации• низкая вычислительная трудоёмкость	<ul style="list-style-type: none">• одна интенсивность для всей грани
Метод Гуро	<ul style="list-style-type: none">• устраняет дискретность изменения интенсивности	<ul style="list-style-type: none">• появление полос Маха• некоторые рёбра могут казаться сглаженными
Метод Фонга	<ul style="list-style-type: none">• устраняет дискретность изменения интенсивности• отсутствует проблема полос Маха	<ul style="list-style-type: none">• более высокие вычислительные затраты по сравнению с методом Гуро



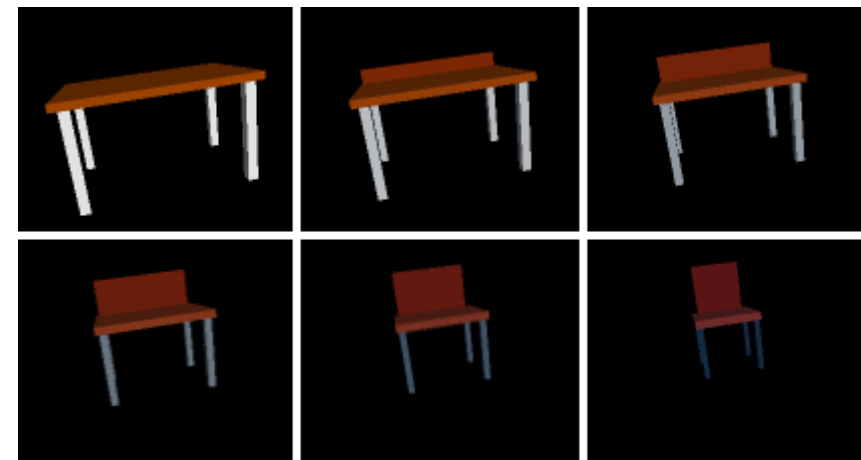
Простая

Гуро

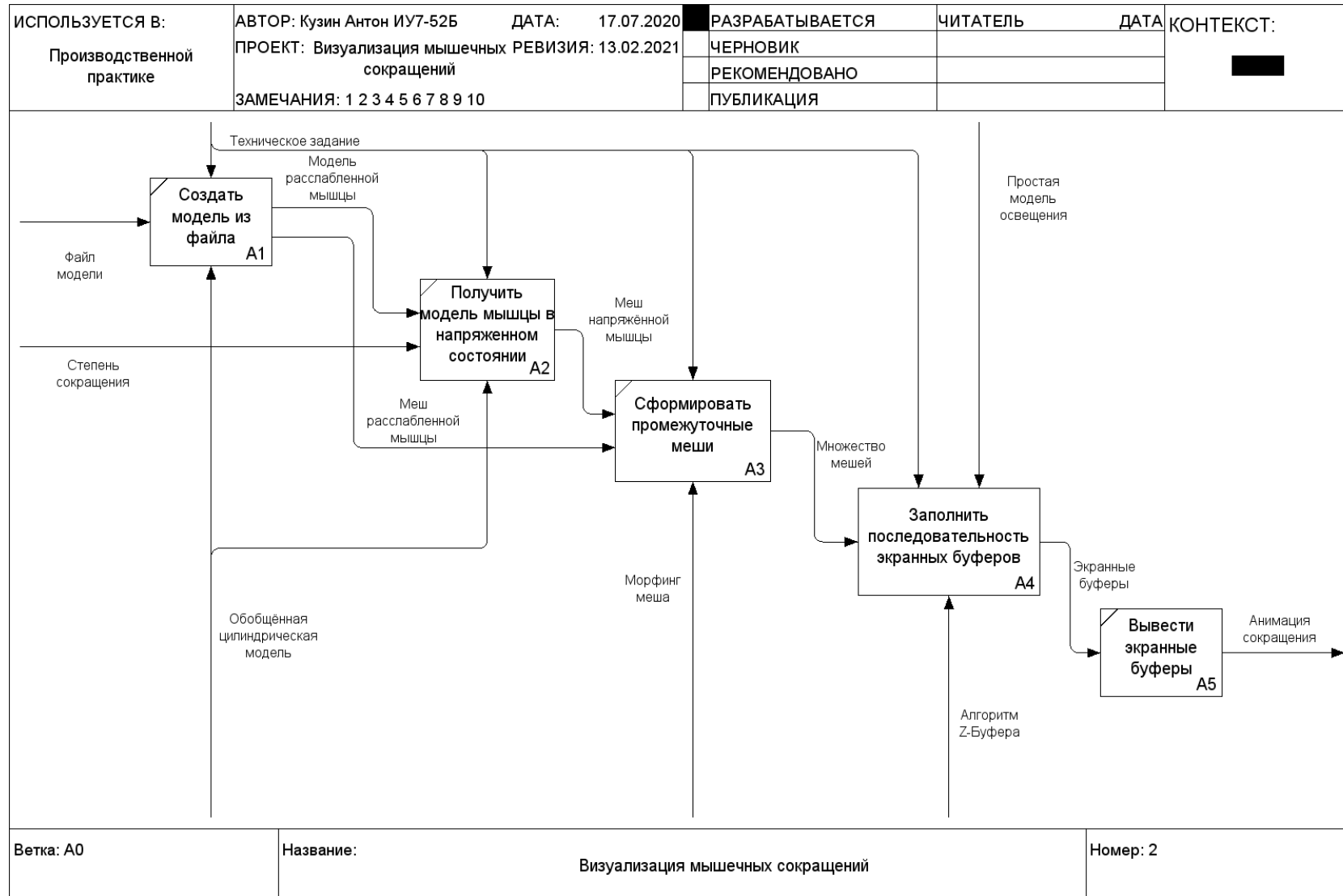
Фонга

Выбор метода морфинга

Метод	Преимущества	Недостатки
Двумерный морфинг	<ul style="list-style-type: none"> меньшие временные затраты на отрисовку, так как преобразовывается изображение, а не трёхмерная модель 	<ul style="list-style-type: none"> необходимо выделить основные точки и установить соответствие между ними проблемы с изменением видимости
Трёхмерный морфинг	<ul style="list-style-type: none"> учитывает источники освещения и положения камеры промежуточные формы не зависят от точки обзора и освещения 	<ul style="list-style-type: none"> затраты на установление соответствия вершин необходимость обрабатывать каждую трёхмерную форму



Общий алгоритм работы программы



Модель скелетных мышц с использованием деформируемых эллипсоидов

Для представления сокращения параметры эллипсоида задаются с помощью математических уравнений, что позволяет сохранять объем и соотношение между высотой и шириной мышцы. Объем рассчитывается по формуле:

$$v = \frac{4\pi abc}{3}$$

Полагая l' новой длиной мышцы, $r = a/b$, то

$$c' = \frac{l'}{2}, b' = \sqrt{\frac{3v}{4\pi r c'}}, a' = b' r$$

Для визуализации изометрического сокращения мышцы соотношения r пересчитывается по формуле:

$$r = (1 - t + kt)r_n$$

Простая модель освещения

В простой модели освещения интенсивность рассчитывается по формуле Ламберта

$$I = I_a k_a + I_l k_d \cos \theta, 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2},$$

Где I - интенсивность отражённого света,

I_l - интенсивность точечного источника,

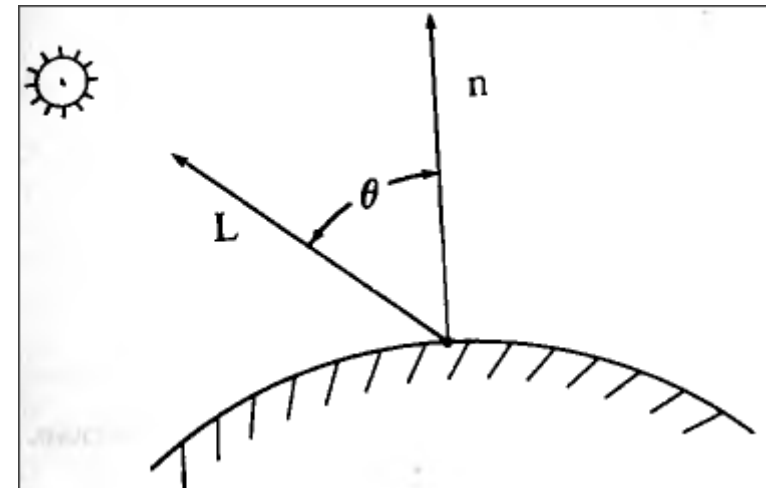
k_d - коэффициент диффузного отражения ($0 \leq k_d \leq 1$),

θ - угол между направлением света и нормалью к поверхности,

I_a - интенсивность рассеянного света,

k_a - коэффициент диффузного отражения рассеянного света

($0 \leq k_a \leq 1$).



Выбор языка программирования и среды разработки

Язык программирования Python

- Ознакомился с этим языком во время обучения
- Поддержка ООП

Среда разработки PyCharm Community Edition

Для создания графического интерфейса использую PyQt5

Интерфейс программы

Источники света

Передвинуть источник

↶

↑

↷

←

→

↓

Добавить источник света

Интенсивность

X

Y

Z

Добавить

Модель

Загрузить модель

Передвинуть

↑

←

→

↓

Повернуть

↑

←

→

↓

Запустить анимацию

☐ Изотоническое ☒ Изометрическое

Параметр

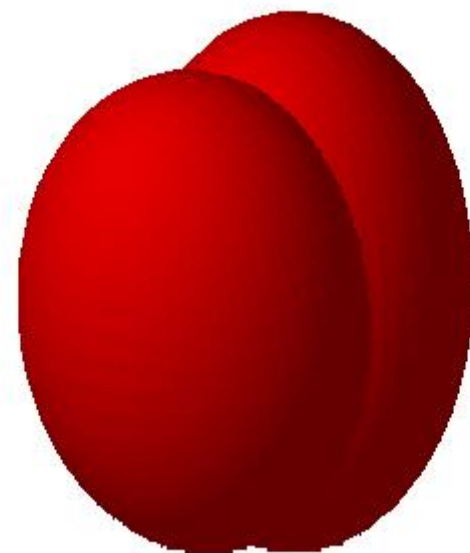
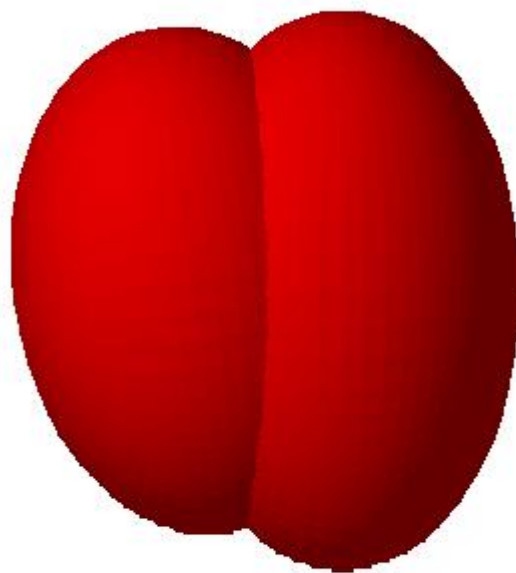
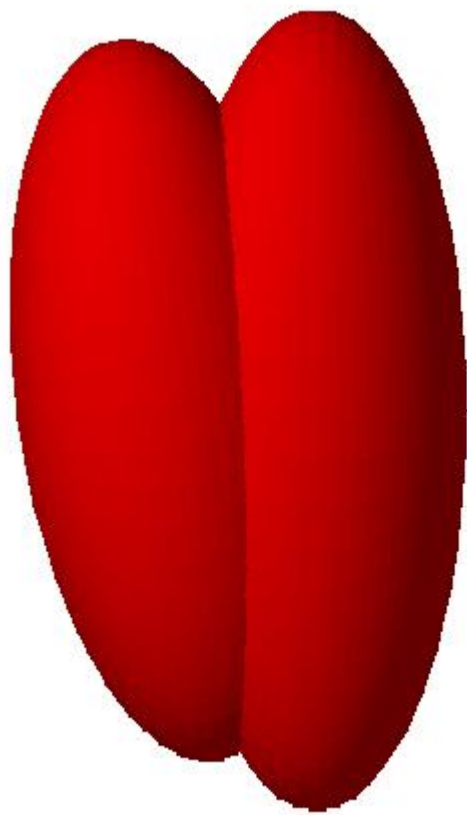
Всего кадров

Текущий кадр

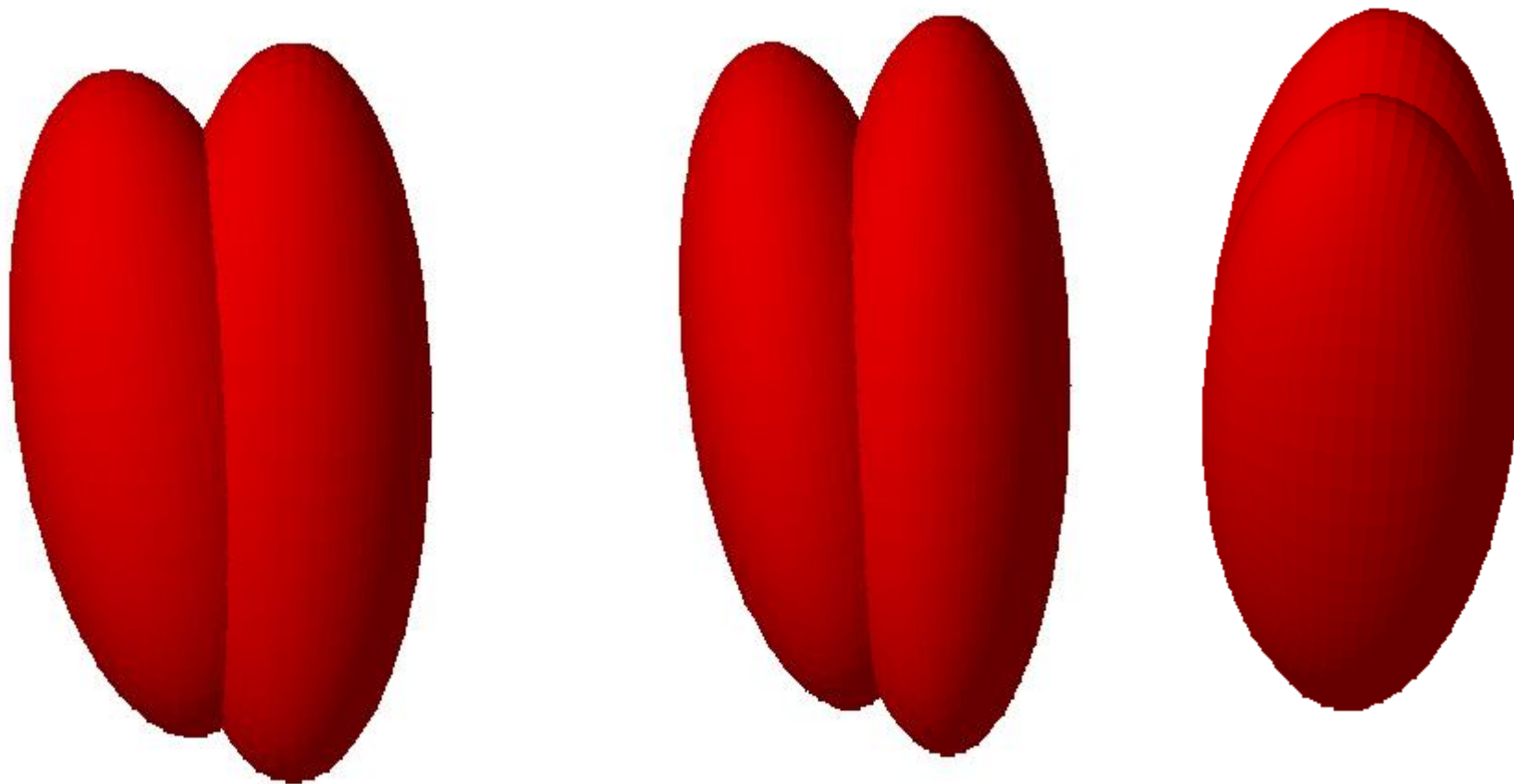
Показать кадр

Показать анимацию

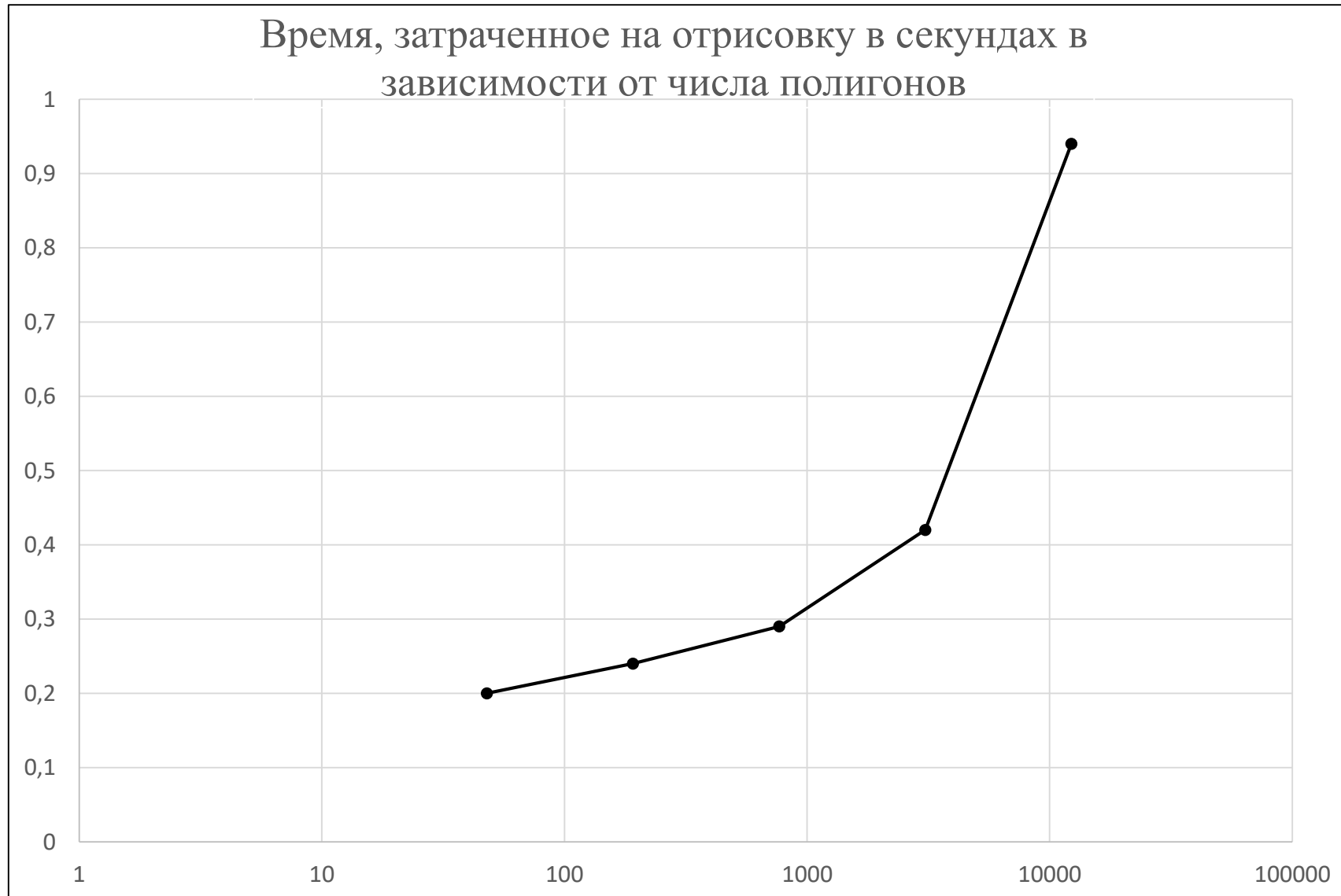
Изотоническое сокращение



Изометрическое сокращение



Результаты исследования



Заключение

В результате выполнения данной работы цель была достигнута и решены поставленные задачи:

1. Выбраны алгоритмы машинной графики, с помощью которых была визуализирована трёхмерная сцена и построена анимация сокращения.
2. Выбран метод для визуализации мышц.
3. Спроектированы архитектура программы и структуры данных для хранения модели.
4. Реализованы выбранные алгоритмы.