**Слайд 1:**

Уважаемые председатель и члены выпускной аттестационной комиссии.

Вашему вниманию предоставляется работа на тему «Исследование и разработка математической модели и алгоритма движения человека».

**Слайд 2:**

Данная тема сопровождается проблемной ситуацией, которая заключается в низкой точности моделирования движений антропоморфных структур. Основные причины сложившейся ситуации представлены на слайде.

**Слайд 3:**

Цель исследования заключается в увеличении точности кинематических траекторий при моделировании движений человека. Для ее достижения были поставлены задачи, представленные на слайде.

**Слайд 4:**

На защиту выносятся положения, представленные на слайде.

**Слайд 5:**

При анализе существующих методов и средств выявлены такие недостатки, как неспособность учитывать физические ограничения суставов и динамические параметры системы, высокая чувствительность к входным данным, неустойчивость при работе вблизи сингулярных точек, а также проблемы с поиском оптимальных решений в условиях избыточных степеней свободы и медленная сходимость вычислительных алгоритмов.

**Слайд 6:**

Для плавного и стабильного вращения суставов используются кватернионы, позволяющие избежать проблемы гимбальной блокировки, которая заключается в совпадении двух осей вращения, что приводит к потере одной степени свободы и невозможности корректного описания ориентации. Для применения кватернионов необходимо определить угол поворота и ось, вокруг которой выполняется поворот.

**Слайд 7:**

Для нахождения угла поворота суставов решается задача инверсной кинематики, которая позволяет определить параметры сочленений, обеспечивающих перемещение манипулятора в требуемую позицию.

**Слайд 8:**

Математическая модель движения человека включает в себя разбиение суставов на взаимосвязанные группы для рекурсивного расчета координат суставов всего тела, определение ограничений поворота суставов, решение задачи инверсной кинематики с использованием псевдообратной матрицы Якоби и метода экспоненциального сглаживания для поиска углов поворота суставов группы и поворота суставов на найденный угол с использованием кватернионов.

**Слайд 9:**

На слайде продемонстрирован алгоритм моделирования движений человека. Для упрощения вычислений и удобства управления движениями тела суставы организованы во взаимосвязанные группы. Поэтому при смещении манипулятора, происходит рекурсивный перерасчет их углов и координат.

**Слайд 10:**

На слайде представлено моделирование движения шага, когда левая рука и нога выносятся вперед, а правая рука - назад. Можно заметить, что при отведении руки назад и ее выпрямлении, локтевой сустав сохраняет анатомически допустимую траекторию движения. Это достигается за счёт заданных ограничений на углы поворота суставов.

**Слайд 11:**

На данном слайде представлено вращательное движение руки. Вы можете заметить, что вращение левой руки также влияет на правую руку.

**Слайд 12:**

Для оценки точности траектории выбраны безреференсные метрики, которые основаны на анализе изменений координат между последовательными точками траектории. Анализ метрик подтвердил их соответствие допустимым пределам: отклонения не превышают критических значений. Также сравнивались траектории быстрого и медленного движения. Общая точность модели составила 99,68%.

**Слайд 13:**

Все задачи, поставленные для достижения цели, выполнены в процессе написания магистерской диссертации.

**Слайд 14:**

Разработанная методика и алгоритмы прошли апробацию путем участия в конференции.

**При вопросах:**

Под сингулярностью понимается особое состояние кинематической цепи, при котором происходит потеря ранга якобиана системы, что приводит к неустойчивости решения обратной задачи кинематики.

-> Потеря ранга якобиана указывает на то, что матрица Якоби, связывающая скорости входных и выходных звеньев механизма, становится вырожденной (необратимой), то есть теряет полный ранг.

- > Матрица Якоби становится вырожденной (необратимой) в тех случаях, когда её определитель равен нулю, и соответственно, она не имеет обратной матрицы.

-> Используем Псевдообратную матрицу Якоби

- > При использовании псевдообратной матрицы Якоби шум возникает из-за численной нестабильности, вызванной близкими к нулю сингулярными значениями и высокой чувствительностью к малым изменениям входных данных, что приводит к резким и нестабильным движениям, недопустимым в задачах плавной анимации и точного управления.

-> Используем экспоненциальное сглаживание для уменьшения шумов

**Перспективы развития:**

Разработанная модель может использоваться в системах управления человекоподобными механизмами. Одной из сфер использования может является реабилитация, а именно телереабилитация, позволяющая пациентам выполнять упражнения под удалённым контролем специалистов с демонстрацией движений. Разработанная модель позволяет настроить ограничения поворота суставов, а также другие параметры тела.