

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Горбунова Дмитрия Владимировича
**«Методы и алгоритмы анализа и воспроизведения динамики движений
конечности человека»**,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка
информации, статистика» (технические науки)

Проблематика диссертационной работы

В работе Горбунова Д.В. решается задача по воспроизведению динамики движения конечности человека. Сформулирована постановка решаемой задачи, которая решена с помощью нового метода построения математического обеспечения и разработанного на его основе математического и алгоритмического обеспечения.

Актуальность диссертационной работы

Анализ и воспроизведение биомеханики движения человека является актуальным направлением исследования, что обусловлено широким спектром прикладных задач в робототехнике, медицине, спорте. Например, сфера реабилитационной медицины и бионического протезирования нуждается в создании интеллектуальных систем, способных не просто фиксировать движения, но и глубоко анализировать биомеханику пациента. Точное воспроизведение динамики движения для управления сложными протезами является критически важным аспектом для восстановления двигательной функции, которая будет максимально приближена к естественным, координированным и привычным движениям. Не менее значимой задачей является развитие антропоморфных роботов, которые способны осуществлять плавное и человекоподобное взаимодействие с окружающей средой. Решение таких задач требует не просто копирования траектории движения, но и понимания его динамики.

Следует отметить, что несмотря на значительный прогресс в этой области, существующие методы и алгоритмы имеют ряд взаимосвязанных проблем,

решение которых составляет основную цель диссертационного исследования. Традиционные подходы часто оказываются неадекватными для высокоточной оценки динамики движений из-за хаотической природы этих движений. Таким образом, достижение поставленной цели диссертационного исследования с помощью новых методов системного анализа, обработки информации и синтеза представляет собой актуальную научную проблему, решение которой будет иметь значительный мультидисциплинарный эффект.

Основное содержание диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и 2 приложения. Объем диссертации 164 страницы текста.

Введение диссертационной работы включает в себя обоснование актуальности исследования, описания новизны работы, цели и задач исследования, теоретическую и практическую значимость работы, личный вклад, апробацию работы, публикации по теме диссертации.

В первой главе описаны теоретические аспекты в области исследований функциональных систем организма человека. Изложены методы оценки состояний сложной в рамках теории хаоса-самоорганизации и проведен аналитический обзор традиционных моделей биомеханических систем и определены их недостатки. Уделено достаточно внимания биологическим аспектам биомеханической системы, а также представлены основные положения теории дифференциальных уравнений с разрывной правой частью с обоснование ее применения для разработки метода построения математического обеспечения.

Во второй главе представлены методы сбора, обработки и анализа динамики движений биомеханической системы человека. Представлена методика обработки и анализа данных, полученных при проведении натурных экспериментов. В достаточной мере раскрыты методы обработки данных на основе математической статистики, расчета значений энтропии и расчета параметров квазиаттракторов в рамках теории хаоса-самоорганизации. Далее в главе представлены результаты анализа данных на основе представленных методов. Выявленные закономерности на основе проведенного анализа данных

по параметрам движений конечности позволяют их использовать для дальнейшей проверки симуляционной модели на адекватность.

Третья глава посвящена методу построения математического обеспечения на основе теории дифференциальных уравнений с разрывной правой частью. Подчеркивается, что разработанный метод построения математического обеспечения может быть использован и для других функциональных систем организма человека и приводятся формулы в общем виде. Также в главе представлено математическое и алгоритмическое обеспечение для биомеханической системы человека, созданного на основе разработанного метода. Представленные алгоритмы работы симуляционной модели в полной мере описывают биологические принципы работы мышечных пучков с тремя типами мышечных волокон. Следует подчеркнуть, что представленный алгоритм учитывает процесс утомления и самоорганизации. Автор представил интерфейс программ для ЭВМ, что наглядно демонстрирует настраиваемые параметры модели, которые можно использовать в качестве инструмента по управлению воспроизводимым сигналом.

В четвертой главе представлены результаты визуализации и анализа данных, полученных на симуляционной модели, а также их сравнительный анализ с данными натурных экспериментов. Применение теории дифференциальных уравнений с разрывной правой частью позволило эффективно воспроизвести хаотическую динамику движения биомеханической системы человека, что подтверждается результатами математической статистики, расчета значений энтропии и расчета параметров квазиаттракторов.

В заключении сделаны основные выводы по диссертационной работе.

Основные результаты и их научная новизна

Полученные соискателем Горбуновым Д.В. результаты являются новыми и актуальными.

Основные результаты и их новизна состоит в следующем:

1. Разработан метод построения математического обеспечения на основе теории дифференциальных уравнений с разрывной правой частью;

2. Разработано математическое и алгоритмическое обеспечение на основе метода построения математического обеспечения и реализована симуляционная модель динамики движений конечности человека;

3. Предложен метод оценки эффективности разработанной симуляционной модели для биомеханической системы человека на основе математической статистики и теории хаоса-самоорганизации

Достоверность полученных результатов

Степень достоверности результатов подтверждается проработкой литературы по теме диссертационного исследования, использованием признанных и надежных методов анализа и обработки данных, математических методов, а также внедрением в научное и образовательное учреждения. Основные положения, сформулированные в работе Горбунова Д.В. апробированы на конференциях различного уровня. Основные результаты изложены в 17 работах, опубликованных в рецензируемых научных изданиях.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Основные положения представленной диссертационной работы, полученные выводы и рекомендации в достаточной мере обоснованы и подтверждены экспериментальными данными, которые основаны на апробируемых научных положениях и методах исследований. Полученные результаты согласованы с известными теоретическими положениями.

Основные выводы исследования логически вытекают из основного содержания работы.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней»

Диссертация является самостоятельным исследованием, содержащим совокупность новых научных результатов и положений, выдвигаемых автором для защиты. Работа соответствует пунктам 2, 3, 4, 5 и 7 паспорта специальности 2.3.1. – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на достаточно высоком научном уровне.

Апробация работы и публикации

Основные результаты диссертации Горбунова Д.В. докладывались на российских и международных конференциях и были опубликованы в 17 рецензируемых научных изданиях, в том числе 8 публикаций в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России и в изданиях, включенных в международные реферативные базы.

Замечания

1. Модель описывает произвольные и непроизвольные движения. Произвольные движения реализуются с помощью управляющих воздействий - в диссертации это не указано.

2. Симуляционная модель описывает динамику на относительно коротких интервалах. В диссертации не указано, проводились ли эксперименты на более длительных интервалах. Не происходит ли накопление ошибок.

3. В третьей главе формулы 47, 51, 53 и 57 имеют громоздкий вид, что затрудняет их восприятие, следовало бы продумать более компактный вид.

Указанные замечания носят рекомендательный характер, не являются принципиальными и не влияют на основные теоретические и практические результаты работы Горбунова Д.В.

Заключительная оценка

Представленная диссертационная работа Горбунова Д.В. «Методы и алгоритмы анализа и воспроизведения динамики движений конечности человека» представляет собой законченное научное исследование, выполненное на высоком уровне и оформленное в виде научно-квалификационной работы. В работе представлен ряд новых научных результатов, имеющих теоретическую и практическую значимость. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации и дает представление о полученных результатах.

Диссертационная работа «Методы и алгоритмы анализа и воспроизведения динамики движений конечности человека» соответствует требованиям п.9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. №842, а ее автор, Горбунов Дмитрий Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени

кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Официальный оппонент - кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств Института радиоэлектроники и информатики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА - Российский технологический университет» (РТУ МИРЭА)

Адрес: 119454, ЦФО, г. Москва, Проспект Вернадского, д. 78, каб. Б-414

Телефон: 89165074382

Эл. почта: v_chernoverskaya@mail.ru


Черноверская Виктория Владимировна
12.11.2025

Подпись В.В. Черноверской удостоверяю

Начальник
Управления кадров

