

Вх. № 2/24

от 26.02.2024г.

Отзыв

официального оппонента доктора физико-математических наук
Пяткова Сергея Григорьевича на диссертационную работу
Горбунова Дмитрия Владимировича
«Математическое моделирование динамики движений биомеханической
системы человека»,

представленную на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое
моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность темы диссертационной работы

Математическое моделирование динамики движений биомеханической системы человека имеет высокую актуальность в настоящее время. С развитием технологий, возможности вычислительных методов и технологий моделирования значительно увеличились, что позволяет создавать все более точные и реалистичные модели биологических систем.

В рамках данной диссертационной работы целью является разработка математической модели и метода математического моделирования динамики движений биомеханической системы человека на примере произвольных и непроизвольных движений конечности, а также реализация комплекса проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента.

Такое исследование имеет важное практическое значение для различных областей, связанных с биомеханикой человека, включая медицину, спортивную индустрию, производство протезов и эргономику рабочих мест. Создание математических моделей и методов моделирования динамики движений биомеханической системы человека позволяет проводить исследования в условиях, когда проведение натуральных экспериментов невозможно или затруднительно. Также это позволяет сократить время и затраты на проведение экспериментов, что имеет важное значение в медицинских и промышленных исследованиях.

Научная новизна полученных результатов

В области математического моделирования. В работе представлен метод математического моделирования динамики движений человека на основе теории дифференциальных уравнений с разрывной правой частью, что позволяет учитывать в моделируемых движениях хаотическую динамику, которая присутствует во всех движениях человека.

В области численных методов. Получено численное решение на основе дискретной формы разработанной модели, которое позволило провести вычислительный эксперимент. Эффективность полученных результатов подтверждена качественным и количественным сравнением результатов математического моделирования с данными натуральных экспериментов

В области комплексов программ. На основе разработанных алгоритмов и методов создан комплекс проблемно-ориентированных программ для проведения расчета траектории движения и самого движения конечности. Созданный комплекс программ позволяет осуществить сравнительный анализ полученных результатов с данными натуральных экспериментов.

Таким образом, автором диссертации получены новые результаты в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ.

Обоснованность и достоверность результатов

Обоснованность и достоверность результатов, полученных в работе, следует из корректно поставленных цели и задач. Положения, утверждения и выводы базируются на основных фундаментальных теориях и всесторонней верификации результатов математического моделирования с данными натуральных экспериментов.

Анализ структуры и содержания диссертационной работы

Диссертации изложена на 166 страницах, состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений, списка литературы, содержит 65 рисунков и 25 таблиц.

Во введении представлена актуальность работы; сформулированы цели и задачи исследования; приведены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы; положения, выносимые на защиту; представлен личный вклад автора.

В первой главе представлен литературный обзор, определены проблемные направления предметной области; представлены существующие модели биомеханических систем с акцентом на их недостатки; приведена теоретическая часть дифференциальных уравнений с разрывной правой частью, на основе которой может быть разработан метод математического моделирования.

Во второй главе представлена методика проведения натуральных экспериментов; методы математической статистики; расчет энтропии Шеннона как метод анализа данных; методы теории хаоса-самоорганизации.

В третьей главе приведены результаты анализа данных, полученных на основе натуральных экспериментов; расчет энтропии Шеннона для разных состояний испытуемых; сравнительный анализ разных состояний испытуемых методами теории хаоса-самоорганизации; анализ данных на основе математической статистики.

В четвертой главе представлен метод математического моделирования в общем виде для функциональных систем организма человека; частный случай в виде метода математического моделирования динамики движений биомеханической системы человека; численное решение в виде реализации алгоритмов моделирования и комплекса программ.

Пятая глава посвящена результатам проведения вычислительных экспериментов и их сравнительному анализу с данными, полученными при проведении натуральных экспериментов. Сравнительный анализ осуществлялся методами, представленными в главе 2 и сопоставлялись с результатами полученных в главе 3.

В заключении сформулированы выводы по диссертационной работе.

В диссертации получены следующие результаты:

1. Установлены закономерности в динамике поведения биомеханической системы, которые были использованы при разработке метода математического моделирования и алгоритмов динамики движений конечности.

2. Разработан метод математического моделирования и алгоритмы расчета динамики движений биомеханической системы на основе теории дифференциальных уравнений с разрывной правой частью на примере произвольных и непроизвольных движений конечности человека.

3. Создан комплекс проблемно-ориентированных программ для численного решения задачи воспроизведения динамики произвольных и непроизвольных движений конечности человека, учитывающий закономерности динамики движений биомеханической системы человека.

4. Сравнительный анализ численных расчетов динамики движений конечности человека и данных натуральных экспериментов показал высокую эффективность работы комплекса проблемно-ориентированных программ. Эффективность подтверждена как качественным, так и количественным анализом полученных результатов моделирования и натуральных экспериментов.

5. Получены предварительные результаты моделирования патологических процессов опорно-двигательного аппарата человека на примере болезни Паркинсона. Качественный анализ подтверждает высокую эффективность комплекса проблемно-ориентированных программ и для моделирования динамики движений с патологией.

Основные положения диссертации с достаточной полнотой отражены в автореферате, а также в 15 опубликованных работах, из которых 9 включены в перечень ВАК. Имеется 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Результаты работы докладывались и обсуждались на многочисленных международных и российских научно-технических конференциях.

В целом, оформление диссертации на хорошем уровне. К недостаткам оформления можно отнести лишь совсем небольшое количество грамматических ошибок и опечаток.

К недостаткам работы следует отнести следующее:

1. Имеется ряд опечаток и стилистических ошибок в тексте. Например, в формуле (5) по всей видимости не те верхние индексы, Слово основополагающий на стр. 45 следует заменить на основополагающим. Стр. 50 4-я строчка перед формулой (28): слово условия надо заменить на словом условиям.
2. Во второй главе следовало уделить больше внимания и более подробно описать методы проведения натурального эксперимента и получения данных а также используемые статистические методы для их анализа. Можно сказать, что многие описания методов и подходов недостаточно подробны.
3. То же замечание можно отнести к 4-й главе, где описаны используемые математические модели на основе систем обыкновенных дифференциальных с разрывной правой частью. Приводятся несколько определений решений систем. Однако, все приведенные модели имеют достаточно общий характер, специфика моделей в применении к данной предметной области не выявлена. Непонятно, какие конкретно функции берутся в качестве правых частей в системах, и почему, собственно говоря, рассматриваются системы именно такого вида. Конкретных примеров не имеется. Поэтому воспроизведение полученных результатов затруднительно. Приводятся результаты численных экспериментов, однако, для каких конкретно систем и данных они получены описано не полностью.
4. В работе слабо акцентировано внимание на рекомендации по дальнейшему развитию и улучшению модели и программного комплекса.

Отмеченные недостатки носят в основном характер пожеланий и не снижают ценность полученных теоретических и практических результатов диссертации.

Заключение

Представленная диссертационная работа Горбунова Д.В. «Математическое моделирование динамики движений биомеханической системы человека» является законченной научно-квалификационной работой, обладает актуальностью и новизной. Диссертация написана ясным языком, все результаты строго обоснованы. Стоит отметить большой объем работы проделанной автором. В работе изложены новые научно обоснованные решения проблем, внедрение которых вносит существенный вклад в развитие соответствующей отрасли наук. Основные результаты опубликованы, автореферат полностью отражает содержание диссертации.

На мой взгляд, диссертационная работа Горбунова Дмитрия Владимировича «Математическое моделирование динамики движений биомеханической системы человека» соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. №842.

Считаю, что Горбунов Дмитрий Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент

Профессор инженерной школы цифровых технологий
ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»
профессор, доктор физико-математических наук
по специальности
01.01.02 – дифференциальные уравнения
628012, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, д. 16
Тел. +7(912)901-04-71
S_pyatkov@ugrasu.ru

«19» февраля 2024г.

Подпись С.Г. Пяткова заверяю

Ученый секретарь ученого совета ЮГУ



С.Г. Пятков

Долгих Н.Н