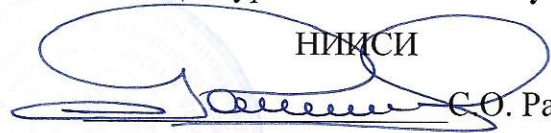


«УТВЕРЖДАЮ»

Директор

НИЦ «Курчатовский институт» –

НИИСИ


С.О. Ранчин

"22" мая 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федеральное государственное автономное учреждение «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ)

Диссертация «Методы и алгоритмы анализа и воспроизведения динамики движений конечности человека» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика выполнена в Сургутском филиале НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ.

В период подготовки диссертации соискатель Горбунов Дмитрий Владимирович работал в Бюджетном учреждении высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет» в должности: инженер кафедры биофизики и нейрокибернетики с 2014 по 2017, инженер кафедры безопасности жизнедеятельности с 2017 по 2018, преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности с 2018 по 2019, преподаватель кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления с 2018 по 2020, старший преподаватель кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления с 2020 по настоящее время. С февраля 2025 работает младшим научным сотрудником в Сургутском филиале НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ.

В 2014 г. окончил Государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования «Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа – Югры» по специальности «Математик, системный программист».

В 2018 г. окончил с отличием магистратуру Бюджетного учреждения высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет» по специальности «Менеджмент».

В 2018 г. окончил Бюджетное учреждение высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет» по специальности «Биофизика» (физико-математические науки).

15 июня 2021 года прикреплен путем зачисления (приказ от 15 июня 2021 года № 1381-с) в аспирантуру Сургутского государственного университета для сдачи кандидатских экзаменов без освоения профессиональной программы высшего образования подготовки научно-педагогических кадров по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов № 08-01-04-13/2312 от 25 июня 2021 г. выдана Бюджетным учреждением высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет».

Научный руководитель – Гавриленко Тарас Владимирович, кандидат технических наук, доцент, заместитель директора Сургутского филиала НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ.

По результатам рассмотрения диссертации «Методы и алгоритмы анализа и воспроизведения динамики движений конечности человека» принято следующее заключение:

Актуальность темы исследования

Исследование и анализ биомеханической системы человека имеет важное прикладное значение в задачах, связанных с управлением высокоточным оборудованием (манипуляторы, носимые устройства против тремора и т.д.), а также при диагностике здоровья человека как в повседневной жизни (медицинские осмотры, персонифицированная медицина, диагностика болезни Паркинсона, болезни Альцгеймера, эссенциальный тремор и др.), так и при работе человека в тяжелых условиях трудовой деятельности (работа при низких температурах, в космосе и т.д.). При решении подобных задач важным этапом является реализация

симуляционной модели.

С учетом хаотической динамики и сложности изучаемой биомеханической системы наиболее подходящим вариантом для решения задачи по воспроизведению динамики движений конечности человека является разработка математического и алгоритмического обеспечений для биомеханической системы человека на основе дифференциальных уравнений с разрывной правой частью. Преимущество разрабатываемого метода заключается в том, что симуляционную модель можно существенно упростить, но при этом добиться максимальной точности воспроизведения динамики как произвольных, так и непроизвольных движений человека.

Разработка математического и алгоритмического обеспечений, реализация симуляционной модели для воспроизведения динамики движений конечности человека, а также разработка метода оценки эффективности на основе математической статистики и теории хаоса-самоорганизации позволят расширить набор существующих решений прикладных задач персонифицированной медицины, которые можно использовать при диагностике патологических процессов биомеханической системы человека, а также для тонкой настройки технических систем в контуре человеко-машинных систем.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации

Автор самостоятельно осуществлял сбор экспериментальных данных, работал с группами испытуемых, им был выполнен первичный анализ данных методами математической статистики для проверки закономерностей в динамике поведения параметров произвольных и непроизвольных движений человека. На основе результатов первичной обработки данных разработал теоретические положения, самостоятельно сформулировал цель и задачи исследования. Горбунов Д.В. провел оценку выборок на однородность с помощью различных методов. С учетом установленных закономерностей разработал метод построения математического обеспечения на основе теории дифференциальных уравнений с разрывной правой частью, а также математическое и алгоритмическое обеспечения, на базе которых разработана и реализована симуляционная модель. Систематически участвовал в

написании научных статей. Данный вид работы включал подготовку данных, обработку данных, интерпретацию результатов. Неоднократно выступал на конференциях различного уровня. Разработанная модель реализована Горбуновым Д.В. на языке программирования C#.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность полученных результатов работы Горбунова Д.В. подтверждена экспериментальными данными, полученными в ходе проведения натурного эксперимента, и основана на анализе и оценке с помощью апробированных научных положений и методов исследования. Использование теории дифференциальных уравнений с разрывной правой частью позволило корректно применить математический аппарат при разработке математического и алгоритмического обеспечений. Достоверность результатов также подтверждена согласованностью теоретических и прикладных исследований с известными теоретическими положениями, соответствием полученных результатов выводам, которые были сформированы за время проведения диссертационного исследования.

Научная новизна диссертации

Основные научные результаты, полученные автором, заключаются в следующем:

1. Разработан метод построения математического обеспечения динамики произвольных и непроизвольных движений биомеханической системы человека. Отличие от существующих методов в том, что разработанный метод реализован на основе теории дифференциальных уравнений с разрывной правой частью и позволяет повысить эффективность воспроизведения динамики движений биомеханической системы человека за счет учета установленных закономерностей в динамике движений биомеханической системы, зафиксированных в натурных экспериментах.

2. Разработаны математическое и алгоритмическое обеспечения, и реализована симуляционная модель произвольных и непроизвольных движений биомеханической системы человека. В отличие от известных алгоритмов, метод базируется на задаче удержания градиента состояния биомеханической системы, что

значительно повышает эффективность моделирования динамики двигательных актов конечности человека с характерным проявлением тремора.

3. Предложен метод оценки эффективности разработанной симуляционной модели для биомеханической системы человека на основе математической статистики и теории хаоса-самоорганизации. В отличие от существующих методов оценки эффективности и сравнительного анализа, интерпретация результатов осуществляется на основе установленных закономерностей в динамике движений человека.

Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в разработке метода построения математического обеспечения для биомеханической системы человека, который в дальнейшем может быть использован и в задачах моделирования динамики поведения других подсистем организма человека. Практическая значимость диссертационной работы заключается в том, что полученные в диссертационном исследовании результаты могут быть применены в прикладных задачах настройки управления человеко-машинных систем, использованы при тестировании носимых устройств против тремора и в исследованиях паталогических процессов, таких как болезнь Паркинсона, болезнь Альцгеймера, эссенциальный тремор и т.д.

Апробация работы соискателя

Основные результаты и положения диссертации представлены и обсуждены на 15 международных и российских конференциях: Всероссийской научно-практической конференции «Север России: стратегии и перспективы развития» (г. Сургут, 2015 г.); IV Всероссийской конференции (г. Нижний Новгород, 2015 г.); V Съезде биофизиков России (г. Ростов-на-Дону, 2015 г.); Russian conference with international participation in memory of professor Vladimir S. Markhasin «Experimental and Computational Biomedicine» (г. Екатеринбург, 2016 г.); 20 Международной Пущинской школе-конференции молодых ученых «Биология – наука XXI века» (г. Пущино, 2016 г.); XII Международном междисциплинарном конгрессе «Нейронаука для медицины и психологии» (г. Судак, 2016 г.); XI Международной школе-конференции «Хаотические автоколебания и образование структур»

(г. Саратов, 2016 г.); VI Всероссийском симпозиуме с международным участием, посвященном 85-летию образования Удмуртского государственного университета (г. Ижевск, 2016 г.); XIII Международном междисциплинарном конгрессе «Нейронаука для медицины и психологии» (г. Судак, 2017 г.); XXIII Съезде Физиологического общества имени И.П. Павлова (г. Воронеж, 2017 г.); V Всероссийской конференции «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях» (г. Нижний Новгород, 2017 г.).

Ценность научных работ

Диссертационное исследование является законченной научно-квалификационной работой, в которой исследуется модель биомеханической системы человека; подтверждены закономерности хаотической динамики движений конечности человека; разработан метод построения математического обеспечения на основе дифференциальных уравнений с разрывной правой частью для биомеханической системы человека; разработаны математическое и алгоритмическое обеспечения и реализована симуляционная модель динамики движений конечности человека; проведена оценка эффективности полученных результатов по воспроизведению динамики движений биомеханической системы человека; выполнен сравнительный анализ полученных данных.

Научная специальность, которой соответствует диссертация

Представленная Горбуновым Дмитрием Владимировичем диссертационная работа является законченным научным исследованием. Диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки), а именно п. 2 «Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта», п. 3 «Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта», п. 4 «Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта», п. 5 «Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного

интеллекта», п. 7 «Методы и алгоритмы структурно-параметрического синтеза и идентификации сложных систем».

**Полнота изложения материалов диссертации в работах,
опубликованных соискателем по теме диссертации**

По теме диссертации опубликовано 17 работ, из них: 8 публикаций в журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, 2 статьи в других рецензируемых журналах, 4 публикации в сборниках трудов и тезисах докладов конференций, 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Опубликовано 5 статей в других научных журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России.

Наиболее значимые работы автора

Статьи в изданиях, индексируемых в базе Scopus, MathSciNet, zbMATH

1. Энтропия Шеннона в изучении стационарных режимов и эволюции complexity

/ В. М. Еськов, В. В. Еськов, Д. В. Горбунов [и др.] // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия. – 2017. – № 3. – С. 90–98. **Scopus (Q4)**

2. Хаотическая динамика параметров нервно-мышечной системы и проблема эволюции complexity / В. В. Еськов, О. Е. Филатова, Т. В. Гавриленко, Д. В. Горбунов // Биофизика. – 2017. – Т. 62. – № 6. – С. 1167-1173. **Scopus (Q4)**

3. Горбунов, Д. В. Симуляционное моделирование произвольных движений человека / Д. В. Горбунов, Т. В. Гавриленко // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. – 2019. – Т. 29. – № 4. – С. 67–76. – DOI: 10.26117/2079-6641-2019-29-4-67-76. **MathSciNet, zbMATH**

Статьи в научных журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России

4. Горбунов, Д. В. Математическое моделирование динамических процессов организма человека на основе дифференциальных уравнений с разрывной правой частью / Д. В. Горбунов, Т. В. Гавриленко // Успехи кибернетики. – 2023. – № 1. – С. 15–20. – DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-1-02. **(К3)**

5. Горбунов, Д. В. Математическое моделирование движений конечности человека с хаотической динамикой / Д. В. Горбунов, Т. В. Гавриленко // Успехи кибернетики. – 2022. – № 4. – С. 24–32. – DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-4-03. **(К3)**

6. Однородность треморограмм в рамках термодинамики неравновесных систем

I. R. Prigogine и неоднородность в рамках теории хаоса-самоорганизации / Т. В. Гавриленко, Д. В. Горбунов, Д. В. Белощенко, М. Н. Горбунова // Вестник кибернетики. – 2018. – № 4(32). – С. 95–99. (К3)

7. Расчет квазиаттракторов для параметров движений человека / Т. В. Гавриленко, Д. В. Горбунов, Д. В. Белощенко, Ю. В. Башкатова // Вестник кибернетики. – 2018. – № 3(31). – С. 195–199. (К3)

8. Теория Н. А. Бернштейна об организации движений и кибернетические механизмы регуляции / О. Е. Филатова, В. А. Галкин, Т. В. Гавриленко, Д. В. Горбунов // Вестник кибернетики. – 2018. – № 3(31). – С. 217–221. (К3)

Статьи в других научных журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России

9. Горбунов, Д. В. Симуляционное моделирование движения конечности человека / Д. В. Горбунов // Математическая физика и компьютерное моделирование. – 2020. – Т. 23. – № 1. – С. 32–43. – DOI: 10.15688/mpcm.jvolsu.2020.1.4. MathSciNet (K1)

10. Граница применимости теоремы Гленсдорфа-Пригожина в описании биомеханических систем / Т. В. Гавриленко, Д. В. Горбунов, Б. Р. Гимадиев, А. А. Чертищев // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2017. – № 1. – С. 68–73. – URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-1/1-9.pdf> (дата обращения: 16.10.2019). (K2)

11. Теорема Гленсдорфа-Пригожина в оценке параметров треморограмм / Т. В. Гавриленко, Д. В. Горбунов, Д. В. Белощенко, А. А. Чертищев // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24. – № 2. – С. 16–21. – DOI: 10.12737/article_5947ca1ae38667.30772161. (K2)

12. Энтропии в оценке параметров тремора с позиции теории хаоса и самоорганизации / Д. В. Горбунов, Д. К. Берестин, Н. А. Черников, Т. В. Стрельцова // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2016. – № 1. – С. 206–211. – DOI: 10.12737/18451. – URL:

<http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-1/3-2.pdf> (дата обращения 15.04.2019). (К2)

13. Эффект Еськова-Зинченко в оценке параметров теппинга / Т. В. Гавриленко, Е. В. Якунин, Д. В. Горбунов [и др.] // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24. – № 1. – С. 9-14. (К2)

Государственная регистрация программ для ЭВМ

14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023615959 Российская Федерация. Моделирование динамики движений биомеханической системы человека : № 2023614686 : заявл. 03.03.2023 : опубл. 21.03.2023 / Д. В. Горбунов, Т. В. Гавриленко, С. А. Смородинов.

15. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016617594 Российская Федерация. Программа расчета матриц парных сравнений условно одинаковых выборок в идентификации гомеостаза : № 2016614814 : заявл. 12.05.2016 : опубл. 07.07.2016 / В. М. Еськов, Т. В. Гавриленко, Д. В. Горбунов [и др.].

16. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016617606 Российская Федерация. Программа проверки равномерного распределения хаотических выборок : № 2016615292 : заявл. 12.05.2016 : опубл. 08.07.2016 / В. М. Еськов, Т. В. Гавриленко, Д. В. Горбунов [и др.].

Статьи в других рецензируемых научных журналах

17. Горбунов, Д. В. Расчет параметров квазиаттракторов в рамках проверки выборок треморограмм на однородность / Д. В. Горбунов // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2019. – № 4. – С. 75–84. – DOI: 10.12737/2306-174X-2019-85-92.

18. Горбунов, Д. В. Однородность и неоднородность параметров движений человека / Д. В. Горбунов // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2018. – № 4. – С. 68–75. – DOI: 10.12737/article_5c2201c82feb71.88457170.

Статьи в материалах конференций

19. Limit of applicability the theorem of Glansdorf–Prigogine in the describing homeostatic system / G. R. Garaeva, D. V. Gorbunov, D. V. Sinenko, V. V. Grigorenko // Russian conference with international participation in memory of professor Vladimir S.

Markhasin «Experimental and Computational Biomedicine». – Ekaterinburg : Издательство Уральского университета, 2016. – С. 54.

20. Теорема Гленсдорфа–Пригожина в описании треморограмм при физических возмущениях / Д. В. Горбунов, Т. В. Стрельцова, А. А. Пахомов, И. Н. Самсонов // Хаотические автоколебания и образование структур: материалы XI Международной школы-конференции. – Саратов : ООО «Издательский центр «Наука», 2016. – С. 145–146.

21. Энтропийный подход в оценке параметров тремора и теппинга / Д. В. Горбунов, К. А. Эльман, Д. С. Горбунова, М. А. Срыбник // Современные проблемы развития фундаментальных и прикладных наук : II международная научно-практическая конференция, Praha, 25 февраля 2016 года. Том 1. – Praha: Publishing House, 2016. – С. 100–106.

22. Справедливость теоремы Гленсдорфа–Пригожина в описании параметров произвольных движений при холодовом воздействии / Д. В. Горбунов, Т. В. Гавриленко, И. Н. Самсонов, Т. В. Стрельцова // Север России: стратегии и перспективы развития : материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Сургут, 27 мая 2016 года. Том 4. – Сургут: Сургутский государственный университет, 2016. – С. 85–89.

Личный вклад автора в работах, опубликованных в соавторстве, составляют следующие результаты:

1. Сбор и анализ статистических данных по произвольным и непроизвольным движениям конечности человека.

2. Расчет параметров энтропии Шеннона, статистический анализ данных, интерпретация результатов.

3. Расчет параметров квазиаттракторов, построение матриц парных сравнений, статистический анализ исходных данных и интерпретация результатов.

4. Разработка математического и алгоритмического обеспечений, симуляционной модели, проведение вычислительного эксперимента, сбор экспериментальных данных, статистический анализ данных, расчет параметров квазиаттракторов, построение матриц парных сравнений.

Публикации полностью соответствуют теме диссертационного исследования и раскрывают ее основные положения. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Диссертация «Методы и алгоритмы анализа и воспроизведения динамики движений конечности человека» Горбунова Дмитрия Владимировича соответствует требованиям

пп. 9-11, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, а также паспорту специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Диссертация «Методы и алгоритмы анализа и воспроизведения динамики движений конечности человека» Горбунова Дмитрия Владимировича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Заключение принято на расширенном заседании постоянно действующего научного семинара Сургутского филиала НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ и НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ.

Присутствовало на расширенном семинаре 14 человек, из них 2 доктора физико-математических наук, 1 доктор технических наук, 5 кандидатов физико-математических наук, 1 кандидат технических наук, 1 кандидат биологических наук.

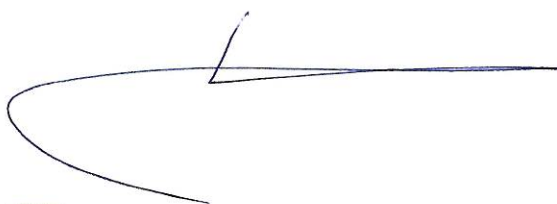
Результаты голосования: «за» – 14, «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол № 1 от 20 мая 2025 г.

Заключение подготовил:

Научный руководитель

НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ,

академик РАН, д-р физ.-мат. наук



Бетелин Владимир Борисович

Подпись руки В.Б. Бетелин заверяю
Начальник отдела кадров Татьяна Алексеевна

