

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора технических наук **Дегтярёва Александра Борисовича**

на диссертационную работу **Лебедева Дмитрия Юрьевича** на тему
«Исследование свойств мгновенного сердечного ритма на основе модели мультифрактальной динамики», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

1. Актуальность.

Актуальность диссертации автор обосновывает тем, что сердечно-сосудистые заболевания занимают лидирующее положение и составляют 31% по данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ). Эксперты ВОЗ прогнозируют увеличение темпов роста смертности в результате заболеваний сердца, которые обусловлены особенностями образа жизни населения и их старением. Поэтому остро стоит вопрос о разработке новых высокоточных и эффективных математических методов исследования сердечных ритмов на основе математического моделирования с целью выявления новых маркеров неблагоприятных сердечно-сосудистых эпизодов. В данной работе предлагается использовать метод мультифрактальной динамики, основанный на положениях теории катастроф, который призван описывать переходные и кризисные состояния сложных систем, а именно, быстро протекающие внезапные нарушения сердечного ритма. Актуальным на современном этапе также является совершенствование методов исследования динамики сердечного ритма, применяемых при разработке критериев для автоматизированных систем прогнозирования и оценки риска внезапной сердечной смерти или имеющих диагностическую значимость.

Диссертация посвящена развитию и анализу методов математического моделирования мгновенного сердечного ритма (МСР) на основе модели мультифрактальной динамики (МФД) с целью исследования свойств его динамики с использованием больших массивов данных, полученных в результате холтеровского мониторинга (ХМ). В рамках данной диссертации показан фрактальный (самоподобный) характер мгновенного сердечного ритма и проведено с помощью построенных математических моделей исследование скачков МСР, которые с математической точки зрения представляют собой катастрофы.

2. Структура работы.

Работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. В самом начале, до оглавления работы приведены используемые в работе сокращения. К сожалению, в оглавлении отсутствует перечисление пунктов введения и списка обозначений, из-за чего нумерация в оглавлении начинается с 20 страницы.

Во введении рассматриваемой работы сформулирована цель работы и определены основные задачи, которые необходимо решить. Приведена формальная информация о работе.

В первой главе приведены базовые сведения о предмете исследований, принятые в кардиологии методы описания и регистрации сердечного ритма. Приведено краткое описание понятия фракталов и связанных с ним характеристик. Показана возможность описания сердечного ритма такой математической моделью.

Во второй главе приведена заимствованная математическая модель мультифрактальной динамики, применявшаяся ранее в другой предметной области, и рассмотрена применительно к процессам сердечного ритма. На ее основе предложена классификация типов динамики.

В третьей главе на основе математической модели, предложенной в предыдущей главе, проведен анализ мгновенного сердечного ритма. Результаты получены в соответствии с введенной ранее классификацией типов динамики.

В четвертой главе мгновенный сердечный ритм рассмотрен с точки зрения теории катастроф. Параметры рассмотренной ранее модели исследуются в области появляющихся скачков. Приводится численная схема их анализа для всех введенных классифицированных типов. Приведены тестовые сравнения с имеющимися клиническими случаями.

Пятая глава посвящена анализу двумерных и трехмерных скаттерограмм мгновенного сердечного ритма. На примере двух пациентов показано, что для различных диагнозов получаются принципиально разные скаттерограммы.

3. Научная новизна.

В диссертации рассмотрен и впервые решен ряд сложных и актуальных задач:

- На основании опытных данных показан самоподобный характер кривых МСР с погрешностью до 5%. Показано самоподобие скаттерограмм МСР с погрешностью не выше 1%;
- Получены системы уравнений, описывающие поведение МСР, решение которых определяет параметры построенной модели МФД;
- Выявлен критерий возникновения скачков МСР, связанный с поведением его фрактальной размерности и на его основе показано, что скачки имеют бифуркационную природу. На конкретных примерах показана возможность использования фрактальной размерности МСР в качестве флага катастрофы МСР;
- Составлен и реализован алгоритм вычисления фрактальной размерности скаттерограмм МСР, основанный на использовании

фрактальных решеток в R^2 и на порядок улучшающий точность вычислений этого параметра. Продемонстрирована эффективность визуализации различных форм нарушений сердечного ритма на основе использования цветных трехмерных скаттерограмм МСР.

4. Обоснованность, значимость и достоверность научных положений и выводов.

Обоснованность и достоверность научных положений обеспечивается использованием математических моделей, построенных на основе модели мультифрактальной динамики, успешность применения которых подтверждена соответствием рассчитанных параметров этих моделей и клинических особенностей состояния исследуемых пациентов. Не маловажным фактом в этом направлении является использование реальных экспериментальных данных МСР, полученных в результате ХМ пациентов ГБУЗ Тверской области «Областной клинический кардиологический диспансер».

Значимость полученных результатов определяется как значимостью самой проблемы достоверного математического моделирования мгновенного сердечного ритма, так и использованием для решения этой проблемы в диссертации адекватного математического аппарата и соответствующих методов, предназначенных для решения уравнений, описывающих динамику мгновенного сердечного ритма с учетом специфики его свойств.

5. Соответствие специальности.

Диссертация основывается на создании оригинальных математических моделей, разработке и реализации комплекса программ для численного решения соответствующих систем уравнений, использованных в математических моделях, то соответствие ее паспорту специальности

05.13.18 не вызывает сомнений. В качестве пунктов паспорта специальности можно отметить 1, 5, 8.

6. Стиль изложения и оформления.

В целом стиль и логичность изложения текста диссертационной работы соответствует необходимому уровню для понимания ее содержания, в частности, поставленной цели, задач и полученных результатов, а графические материалы и таблицы в полной мере дополняют ее содержание. Однако в работе графики не приведены к единому стилю (размеры линий и подписей, соотношения сторон и т.п.), что незначительно затрудняет их чтение. Кроме того в тексте диссертации имеется ряд опечаток (см., например, стр.31 последний абзац) .

7. Замечания по работе.

По диссертационной работе в дополнение, к сделанным уже замечаниям, можно отметить ряд недостатков.

1. В работе недостаточно подробно изложены преимущества предлагаемых математических моделей и методов исследования по сравнению с ранее предложенными методами и подходами.
2. Рамки пределов применимости построенных в работе математических моделей МСР обозначены недостаточно четко.
3. Модули разработанного программного комплекса, реализующие описанные в диссертации математические методы и алгоритмы, не представлены подробным описанием в соответствующих разделах работы.
4. В качестве замечания, соизмеримого с пожеланием, необходимо отметить малый объем приведенного экспериментального материала. Так, например, в пятой главе приведен анализ скаттерограмм двух

различных пациентов. Показано, что при различных диагнозах форма скаттерограмм разная. Правильнее было бы провести классификацию репрезентативной статистики скаттерограмм пациентов, а если бы кластеризация коррелировала с поставленными диагнозами и их классификацией, то этот результат был бы ярким подтверждением преимуществ предлагаемого метода.

5. На мой взгляд, положения, выносимые на защиту, имеют не форму «положений»/«утверждений», которые отстаивает автор в работе, а формулируются как некоторые вольные действия: «реализация разработанного комплекса...», «построение математической модели....» и т. п.

8. Подтверждение опубликования основных результатов диссертации.

Все представленные результаты диссертации в полной мере и достаточно подробно изложены в 8 работах, 7 из которых опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Из них 3 входят в индекс Scopus. На модули программного комплекса получены 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ в федеральной службе по интеллектуальной собственности.

9. Заключение.

Сделанные замечания не снижают ценности полученных в работе результатов, которая выполнена на высоком научном уровне, содержит необходимые элементы новизны, имеет научное и практическое значение.

Диссертация Д.Ю. Лебедева «Исследование свойств мгновенного сердечного ритма на основе модели мультифрактальной динамики» соответствует всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор Лебедев Дмитрий Юрьевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-

математических наук по специальности 05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Профессор кафедры компьютерного
моделирования и многопроцессорных систем
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный университет» (СПбГУ), д.т.н.



А.Б. Дегтярёв

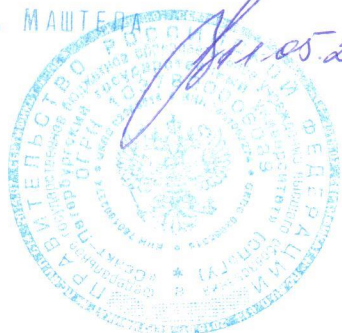
« 8 » мая 2018 г.

198504, Санкт-Петербург, Петергоф, Университетский просп., 35, комн. 234,
тел.: +7 (812) 428-47-83, e-mail: a.degtyarev@spbu.ru

Подпись Дегтярёва Александра Борисовича
заверяю

Личную подпись заверяю
НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА КАДРОВ №3

Н. И. МАШТЕВА



Документ подготовлен
в порядке исполнения
трудовых обязанностей