

Результаты публичной защиты

Дата защиты: 13 мая 2021 г.

Соискатель: **Кислицын Алексей Алексеевич.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему: «Моделирование индикаторов разрядки в нестационарных временных рядах электроэнцефалограмм».

Специальность 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Отрасль наук: физико-математические науки.

На заседании председательствует – Заместитель председателя диссертационного совета член-корреспондент РАН, д.ф.-м.н., профессор В.Ф.ТИШКИН

Ученый секретарь – к.ф.-м.н. М.А. КОРНИЛИНА.

На заседании из 24 членов диссертационного совета присутствовали 17 докторов по профилю рассматриваемой диссертации - 5.

1.	ТИШКИН В.Ф.	д.ф.-м.н.	01.01.07
2.	КОРНИЛИНА М.А.	к.ф.-м.н.	05.13.18
3.	АНДРЕЕВ В.Б.	д.ф.-м.н.	01.01.07
4.	ВАСИЛЕВСКИЙ Ю.В.	д.ф.-м.н.	01.01.07
5.	ГОЛОВИЗНИН В.М.	д.ф.-м.н.	01.02.05
6.	ЕЛИЗАРОВА Т.Г.	д.ф.-м.н.	01.01.07
7.	ЗМИТРЕНКО Н.В.	д.ф.-м.н.	01.02.05
8.	КОВАЛЕВ В.Ф.	д.ф.-м.н.	05.13.18
9.	КОЗЛОВ А.Н.	д.ф.-м.н.	01.02.05
10.	КОЛЕСНИЧЕНКО А.В.	д.ф.-м.н.	01.02.05
11.	КУЛЕШОВ А.А.	д.ф.-м.н.	05.13.18
12.	ЛУЦКИЙ А.Е.	д.ф.-м.н.	01.02.05
13.	МАЖУКИН В.И.	д.ф.-м.н.	05.13.18
14.	ОРЛОВ Ю.Н.	д.ф.-м.н.	01.01.07
15.	ПОЛЯКОВ С.В.	д.ф.-м.н.	01.01.07
16.	ШПАТАКОВСКАЯ Г.В.	д.ф.-м.н.	05.13.18
17.	ЯКОВОВСКИЙ М.В.	д.ф.-м.н.	05.13.18

По результатам публичной защиты диссертационный совет принял решение: присудить Кислицыну Алексею Алексеевичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Заключение диссертационного совета приведено ниже:

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.024.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ИНСТИТУТ
ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ ИМ. М.В. КЕЛДЫША РАН»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 13.05.2021 № 1

О присуждении **Кислицыну Алексею Алексеевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Моделирование индикатора разладки в нестационарных временных рядах электроэнцефалограмм», представленная на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите 3 марта 2021 года (протокол заседания №1/пз) диссертационным советом Д002.024.03 на базе Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук», 125047, Москва, Миусская пл., д. 4. Диссертационный совет утвержден приказом Минобрнауки России №105/нк от 11 апреля 2012 года.

Соискатель **Кислицын Алексей Алексеевич** 1994 года рождения, в 2015 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский

государственный университет имени М.В.Ломоносова» по специальности «Прикладная математика и информатика» с присвоением квалификации математик-системный программист.

В 2020 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного учреждения "Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук" по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». В настоящее время соискатель работает в должности научного сотрудника в лаборатории Больших данных и интеллектуальных систем Федерального государственного учреждения "Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук".

Диссертация выполнена в Федеральном государственном учреждении "Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук".

Научный руководитель – Орлов Юрий Николаевич, доктор физико-математических наук, доцент; зав. отделом «Вычислительная физика и кинетические уравнения» ФГУ ФИЦ «ИПМ им. М.В. Келдыша РАН».

Официальные оппоненты:

Шамаров Николай Николаевич, доктор физико-математических наук, доцент (уч. звание); доцент кафедры высшей математики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»;

Кочеткова (Гудкова) Ирина Андреевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладной информатики и теории вероятностей Российского университета дружбы народов (РУДН) дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теории прогноза землетрясений и

математической геофизики Российской академии наук, в своем **положительном** отзыве, составленном **Михаилом Владимировичем Родкиным**, доктором физико-математических наук, заведующим лаборатории №2 регистрации и интерпретации волновых полей, и утвержденным **Петром Николаевичем Шебалиным**, доктором физико-математических наук, чл.-корр. РАН, директором ИТПЗ РАН, указала, что диссертация Кислицына А.А. представляет собой целостное научное исследование на актуальную тему, в котором получен ряд новых результатов по теории аппроксимации выборочных статистик нестационарных временных рядов электроэнцефалограмм и построены предикторы разрядки, имеющие более высокую точность срабатывания, чем критерии, традиционно используемые в этой области. Результаты, полученные в диссертации Кислицына Алексея Алексеевича, несомненно, являются результатами высокого научного уровня и имеют значительную научную и практическую ценность. Разработанная математическая модель и программный продукт могут быть использованы в научной работе в ИТПЗ РАН, МГУ, МИ РАИ, МФТИ, ВШЭ и других научных организациях, а также в практической работе специалистами в различных прикладных областях, таких как финансовая аналитика, медицина, математическая лингвистика.

Диссертационная работа Кислицына Алексея Алексеевича «Моделирование индикаторов разрядки в нестационарных временных рядах электроэнцефалограмм» удовлетворяет всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Соискатель имеет 22 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 13 работ, входящих в перечень ВАК, из них 9 статей входят в базы данных WoS и SCOPUS. Получены 1 патент на изобретение и 1 свидетельство государственной регистрации на программу

для ЭВМ. К числу наиболее значительных публикаций соискателя можно отнести следующие:

1. Kislitsyn A., Savinkov R., Novkovic M., Onder L., Bocharov G. Computational Approach to 3D Modeling of the Lymph Node Geometry // *Computation*. 2015. 3(2): 222 – 234. (Q2)
2. Топтыгина А.П., Азиатцева В.В., Савкин И.А., Кислицын А.А., Семикина Е.Л., Гребенников Д.С., Алешкин А.В., Сулимов А.В., Сулимов В.Б., Бочаров Г.А. Прогнозирование специфического гуморального иммунного ответа на основании исходных параметров иммунного статуса детей, привитых против кори, краснухи и эпидемического паротита // *Иммунология*, 2015. Т. 36. № 1. С. 22 – 30. (Q4)
3. Savinkov R., Kislitsyn A., Watson D., Loon R., Novkovic M., Onder L., Bocharov G. Data-driven modelling of the FRC network for studying the fluid flow in the conduit system // *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2016, V. 62. DOI: 10.1016/j.engappai.2016.10.007 (Q1)
4. Кислицын А.А., Козлова А.Б., Корсакова М.Б., Орлов Ю.Н. Индикатор разладки для нестационарных случайных процессов // *Доклады РАН, сер. математическая*, 2019. Т. 484. № 4. С. 393-396. (Q2)
5. Kislitsyn A.A, Orlov Yu.N. Chernoff approximation for non-stationary random walk modeling // *Lobachevsky Journal of Mathematics*, 2019. Vol. 40. No 12. P. 2095-2102. (Q2)
6. Кислицын А.А., Орлов Ю.Н. Моделирование эволюции выборочных распределений случайных величин с помощью уравнения Лиувилля // *Математическое моделирование*, 2020. Т. 32. №1. С. 111-128. (Q3)
7. Кислицын А.А. Программный комплекс для анализа статистики согласованного уровня стационарности временных рядов // *Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша*. 2020. № 26. 22 с.

Общий объем опубликованных работ 15.43 печ.л., авторский вклад 9.89

печ.л.

В работах [1, 2, 3] соискателем проведены работы по созданию трехмерной визуализации результатов расчетов статистических характеристик применительно к задачам математического моделирования в медицине. В работах [4, 5, 6] соискателю принадлежит модель разладки и доказательства теорем, относящихся к аппроксимации решения уравнения Лиувилля и к аппроксимации стационарной точки эмпирического уровня значимости распределений изучаемых статистик. Работа [7], посвященная описанию разработанного программного комплекса, подготовлена лично автором.

Научные статьи отражают основные результаты диссертационного исследования. Недостоверных сведений в тексте диссертации об опубликованных соискателем работах нет.

На автореферат и диссертацию поступили отзывы ведущей организации, отзывы оппонентов, также поступило 2 отзыва на автореферат. Отзывы содержат ряд замечаний:

В отзыве ведущей организации ФГБУ «Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН»:

1. В диссертации рассматривается индикатор, построенный по анализу статистики расстояний между соседними выборками. Однако не рассматривались выборки со сдвигом на произвольное окно наблюдения, хотя такой анализ напрашивается и соответствует развитой методике. Было бы полезно продолжить работу в этом направлении.
2. Недостаточно убедительно выглядит аналогия приближенного вычисления статистики расстояний между выборками и эквивалентной по Чернову полугруппой. Следовало бы сделать акцент не на полугруппе, а на доказанной сходимости итерационного процесса к стационарной точке распределения, что как раз и соответствует области применения этой теоремы.

3. При описании программного комплекса большое внимание уделено блок-схемам алгоритмов, но недостаточно полно описан интерфейс пользователя и возможности управления решаемыми задачами.

В отзыве официального оппонента д.ф.-м.н. Шамарова Н.Н.:

1. В работе довольно подробно изложены различные аспекты распознавания приступа эпилепсии, проблемы и предлагаемые многочисленные варианты их решений. Однако собственно математическая сторона существующего положения дел в области распознавания разрядки изложена весьма конспективно. Также хотелось бы более развернутого перечня существующих направлений работ в области применения теоремы Чернова. То есть в диссертации, на мой взгляд, недостаточно внимания уделено обзорной части.
2. При описании результатов тестирования алгоритмов приведены несколько графиков с иллюстрацией положений гипотезы о разрядке. Хотелось бы более полного визуального представления функционирования индикатора разрядки для разных пациентов.
3. После построения вычислительной схемы для аппроксимации решения уравнения Лиувилля ожидается применение этого алгоритма для моделирования эволюции электроэнцефалограмм в состоянии до или после приступа. Однако практического применения данного алгоритма в диссертации не приведено.

В отзыве официального оппонента к.ф.-м.н. Кочетковой И.А.:

1. Работа представляет собой большой задел в задаче практического распознавания приближения приступа эпилепсии. Представляется естественным внедрение этого результата в практическую среду или хотя бы проведение валидационных расчетов в режиме реального времени. Насколько можно понять из главы IV диссертации, такой работы проведено не было.
2. Хотелось бы видеть более подробное описание результатов тестирования. Насколько различаются индикаторы для разных пациентов

и в разные моменты для одного и того же пациента, каково распределение времен горизонтов прогнозирования приступа при срабатывании предиктора, какие электроды наиболее эффективны для индикации приступа.

3. Из текста диссертации не совсем ясно, почему в качестве окна, в котором вычисляется разладка, выбран промежуток времени в 2 минуты. Почему не 3 минуты, не 1 минута? Можно ли выбрать другой промежуток и не будет ли в нем срабатывание более достоверным?

В положительном отзыве на автореферат к.ф.-м.н. Виноградова А.Н., и.о. руководителя исследовательского центра искусственного интеллекта, ФГУП «Институт программных систем им. А.К. Айламазяна Российской академии наук»:

1. В части практической апробации работы на задаче индикации приступа эпилепсии представлено недостаточно иллюстративного материала, кроме того – используемый датасет, содержащий ЭЭГ 10 пациентов, представляется не в полной мере репрезентативным для того, чтобы показывать определенную общность подхода

В положительном отзыве на автореферат к.мед.н. Данилова Г.В., ученого секретаря ФГБУН «МИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко – Главная» замечаний не содержится.

В целом в присланных отзывах отмечается, что основные результаты работы в достаточной мере отражены в публикациях и изданиях, рекомендованных ВАК для публикации научных результатов, прошли апробацию на международных и всероссийских конференциях и семинарах. По актуальности решаемой проблемы, научной новизне, практической значимости, а также достоверности научных результатов диссертация удовлетворяет требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата наук.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью и высоким уровнем компетентности по всем основным вопросам, рассмотренным в диссертации, включая разработку новых математических моделей функционирования различных систем, разработку и анализ новых вычислительных алгоритмов, применение методов и средств математического моделирования для решения сложных научно-практических задач. Это подтверждается списком публикаций официальных оппонентов и сотрудников ведущей организации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- 1) **Предложена и исследована** математическая модель индикатора разрядки нестационарного временного ряда на основе статистики согласованного уровня стационарности;
- 2) **Разработан** метод приближенного вычисления значений индикатора разрядки на основе использования формул Фейнмана-Чернова конечнократной аппроксимации полугрупп и численный алгоритм для определения многомерного индикатора разрядки в реальном времени;
- 3) **Создан** программный комплекс с пользовательским интерфейсом;
- 4) **Проведены численные эксперименты** по индикации разрядки применительно к рядам электроэнцефалограмм для пациентов с приступами эпилепсии и показано, что построенный индикатор имеет стационарное распределение, а его применение характеризуется ошибкой первого рода, равной значению индикатора разрядки, и нулевой эмпирической ошибкой второго рода.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке математической модели непараметрического индикатора–предиктора разрядки в нестационарном временном ряде. Был проведен статистический анализ выборочных функций распределения этого индикатора, доказаны

теоремы о свойствах его аппроксимации, позволяющие значительно сократить время расчетов.

Практическое значение результатов исследования подтверждается тем, что на основе построенной соискателем математической модели, разработан программный комплекс с пользовательский интерфейс, реализующий предложенную методику. Применение разработанной модели к рядам электроэнцефалограмм, позволило улучшить распознавание приближения приступа эпилепсии.

Достоверность научных положений и практических результатов, полученных в диссертационной работе, подтверждена использованием строгих математических доказательств и рассуждений и апробированных в научной практике методов численного анализа.

Личный вклад соискателя состоит в создании теоретических утверждений для модели разладки нестационарного временного ряда на основе статистики согласованного уровня стационарности, разработке и реализации численного алгоритма для приближенного вычисления этого индикатора разладки, создании программного комплекса с пользовательским интерфейсом для расчета и изучения индикатора в нестационарных временных рядах, разработке всех компьютерных моделей, проведении расчетов и анализа численных экспериментов.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация соискателя Кислицына Алексея Алексеевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую решение актуальных практических задач, связанных с индикацией разладки в нестационарных временных рядах на основе использования современных методов прикладной математики и информационных технологий и вносящую существенный вклад в развитие методов анализа нестационарных временных ряда. По актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости диссертация соответствует требованиям Положения «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на

соискание ученой степени кандидата наук. По своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

На заседании 13 мая 2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Кислицыну Алексею Алексеевичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них - 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета Д 002.024.03

Б.Н. Четверушкин

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 002.024.03

М.А. Корнилина

13 мая 2021 года