

ОТЗЫВ
ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
ПЕТРУНИНОЙ ЕЛЕНЫ ВАЛЕРЬЕВНЫ

на кандидатскую диссертацию **Стадниченко Никиты Сергеевича**
на тему «Биоимпедансная спектроскопия в классификаторах риска панкреатита,
построенных на основе гибридных технологий искусственного интеллекта»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.2.12 – Приборы, системы и изделия медицинского назначения
(технические науки)

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Одной из важных задач современной медицины является повышение эффективности решения задач прогнозирования, ранней и дифференциальной диагностики, включая оценку динамики развития заболеваний. Своевременное и качественное решение этого класса задач позволяет выбирать адекватные схемы профилактики и лечения.

Методы машинного обучения (МО) показали потенциал для создания прогностических моделей медицинского риска (МР), которые можно применять в системах поддержки принятия врачебных решений (СППВР) для широкого спектра клинических задач, в частности, и связанных с диагностикой заболеваний поджелудочной железы (ПЖ). Однако, хотя некоторые модели прогнозирования и пытаются предсказать МР, но большинство этих исследований имеют существенные недостатки (высокая систематическая ошибка, низкая чувствительность), которые делают их непригодными для принятия клинических решений.

Спектроскопия биоимпеданса (СБИ) — это метод, который используется во многих медицинских приложениях, в том числе и в системах МО для диагностики заболеваний поджелудочной железы (ПЖ). Сдерживающим фактором развития этой технологии в биотехнических системах являлось отсутствие программно-аппаратных средств проведения СБИ в широком диапазоне частот с приемлемыми для практики временными затратами. Однако современный уровень развития технических средств и их программной поддержки позволяет преодолеть эту проблему. Результаты таких исследований могут быть использованы для разработки СППВР, которые позволяют адекватно идентифицировать МР пациента в настоящем и прогнозировать его в будущем.

Таким образом, современные требования к медицинским информационным системам и, в частности, к СППВР, показывают, что технологии искусственного интеллекта в области диагностики и дифференциальной диагностики заболеваний ПЖ нуждаются, как в разработке новых методов формирования предикторов этих заболеваний, так и совершенствовании математических моделей МР этих заболеваний.

2. НАУЧНАЯ НОВИЗНА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве основной цели исследования автор видит повышение качества прогнозирования и ранней диагностики заболеваний ПЖ на основе гибридных правил принятия решений, учитывающих результаты СБИ.

Для достижения поставленной цели автором решены ряд задач и получены результаты, обладающие несомненной научной новизной:

1. Гибридный классификатор медицинского риска, построенный на основе спектроскопии биоимпеданса, включающий два автономных агента на нижнем иерархическом уровне, в первом из которых дескрипторы сформированы на основе локальной аппроксимации графика Коула посредством цепочкой двухполюсников, представленных модифицированной моделью Войта, а во втором – на основе глобальной аппроксимации графика Коула, позволяющий осуществлять классификацию риска заболеваний поджелудочной железы.

2. Гибридная нейронная сеть с макрослоями, выполненными на основе вероятностной нейронной сети и моделей нечеткого логического вывода, предназначенная для интеллектуальной поддержки дифференциальной диагностики заболеваний поджелудочной железы.

3. Метод синтеза модулей второго макро-слоя гибридной нейронной сети, основанный на байесовской логико-вероятностной модели решающих правил, позволяющий повысить качество дифференциальной диагностики риска заболеваний поджелудочной железы не менее чем на 10% по сравнению с гибридной нечеткой сетью, второй макро-слой которой построен на моделях нечеткого логического вывода.

Последовательность рассуждений автора при решении поставленных задач отражена в содержании диссертационной работы.

В первом разделе очерчены проблемы диагностики заболеваний, связанных с патологиями ПЖ, и проведен анализ методов их диагностики с учетом СБИ. Из анализа научно-технической литературы по этому направлению установлено, что проблемы диагностики заболеваний ПЖ могут быть решены посредством синтеза гибридных классификаторов, построенных на основе СБИ.

Во втором разделе излагаются вопросы развития технологии биоимпедансной спектроскопии для СПИВР. Предложено модифицировать звено Войта в модели импедансной диаграммы путем включения дополнительного резистора последовательно конденсатору. На основе этой модели построена структурная схема гибридного классификатора.

Новыми техническими решениями при этом являются:

1. Модификация модели Войта графика Коула, заключающаяся в том, что в звенья Войта введен дополнительный резистор, включенный последовательно конденсатору. Использование модифицированной модели позволяет повысить точность аппроксимации модели экспериментальных графиков Коула.

2. Гибридный классификатор функционального состояния живых систем, основанный на дескрипторах, включающий классификаторы, построенные на локальных и глобальных моделях графика Коула.

3. Алгоритм формирования агрегатора для гибридного классификатора риска заболеваний поджелудочной железы, отличающийся двухэтапной процедурой формирования дата сет для нейронной сети, выполняющей функции агрегатора решений классификаторов нижнего иерархического уровня.

4. Методика формирования дескрипторов для гибридного классификатора риска заболеваний поджелудочной железы, основанная на локальной и глобальной аппроксимациях графика Коула, что позволило синтезировать классификатор риска заболеваний поджелудочной железы с иерархической структурой.

В третьем разделе разработана гибридная нейронная сеть (ГНС) для дифференциальной диагностики заболеваний ПЖ.

Новыми техническими решениями являются:

1. Гибридная нейронная сеть в качестве классификатора по дифференциальной диагностике заболеваний поджелудочной железы, построенный на основе модели вероятностной нейронной сети с макро-слоями и моделей нечеткого логического вывода, дифференцирующий риск панкреатит и рак поджелудочной железы. Первый макро-слой гибридного классификатора включает 24 вероятностные нейронные сети. Второй макро-слой выполнен на основе теории нечеткой логики принятия решений и состоит из 12 нечетких нейронных сетей. Каждый модуль макро-слоя состоит из двух нейронных слоев и имеет четыре входных и два выходных нейрона. Третий макро-слой осуществляет операции нечеткое «ИЛИ» и нечеткое «И» над выходами второго макро-слоя и состоит из шести модулей. Четвертый макро-слой определяет уверенности трех дифференцируемых классов, а пятый – класс-победитель.

2. Метод синтеза модулей второго макро-слоя гибридной нейронной сети, заключающийся в формировании байесовской логико-вероятностной модели нечетких решающих правил, представлении их в виде ортогональной дизъюнктивной нормальной формы и последующим формальным переходом от функции алгебры логики, заданной в ортогональной дизъюнктивной нормальной форме, к соответствующей функции вероятностной логики.

В четвертом разделе разработаны основные элементы СППВР по анализу состояния ПЖ, приводятся результаты экспериментальных исследований на репрезентативных контрольных выборках.

Новыми техническими решениями являются:

1. Структурная схема мультиагентной интеллектуальной системы для диагностики заболеваний поджелудочной железы, включающая четыре автономных агента для классификации медицинского риска, отличающаяся возможностью управления её структурой и включением в структуру автономного интеллектуального агента, использующего дескрипторы, полученные на основе спектроскопии биоимпеданса.

2. Программно-аппаратные средства для боимпедансных исследований функционального состояния поджелудочной железы, включающие устройство для спектроскопии биоимпеданса и программный модуль построения импедансных диаграмм.

Экспериментальные исследования системы поддержки принятия врачебных решений, построенной на основе предложенных гибридных классификаторов, показали, что по показателям качества классификации риска заболеваний поджелудочной железы они сопоставимы с известными, что показывает целесообразность практического использования разработанных методов. На их основе могут быть сформулированы новые правила, позволяющие модифицировать интеллектуальные системы принятия врачебных решений по классификации рисков заболеваний поджелудочной железы.

3. СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ, РЕКОМЕНДАЦИЙ И ЗАКЛЮЧЕНИЙ

Все новые решения автор подробно аргументирует, обосновывает свои предложения исходя из недостатков существующих методов и моделей МО для диагностики и дифференциальной диагностики заболеваний ПЖ.

Достоверность представленных автором результатов исследований обосновывается их воспроизводимостью в различных условиях, непротиворечивостью концепциям системного анализа, теории распознавания образов и нейро-нечеткого моделирования, теории синтеза биотехнических систем, а также аналогичным результатам, полученным другими исследователями по разрабатываемой теме. Проведенный анализ диссертации позволяет сделать вывод о достаточно полной обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Содержание автореферата полностью отражает основные идеи, методы и результаты, полученные в диссертации.

Работа прошла апробацию в печати и на различных конференциях. Автору принадлежит 22 печатных работ по теме исследования (в том числе 6 статей в рецензируемых научных журналах и изданиях, 1 статья в SCOPUS, один патент на изобретение). Результаты диссертационной работы докладывались и получили поддержку на 14 научно-технических конференциях высокого уровня. Приведенные факты указывают на хорошую апробацию материалов диссертации.

Таким образом, можно сделать вывод, что теоретические положения, вынесенные на защиту, полученные выводы и заключения достоверны.

4. ЗНАЧИМОСТЬ ДЛЯ НАУКИ И ПРАКТИКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Автор предложил методы синтеза гибридных классификаторов риска заболеваний ПЖ с учетом СБИ, обеспечивающие повышение качества обслуживания пациентов за счет разработки нового направления в проектировании систем поддержки принятия решений (СППР) медицинского назначения.

Разработанные гибридные модели позволяют определять риск заболеваний ПЖ, а также дифференцировать заболевания ПЖ. Полученные в работе методы, модели и алгоритм составляют основу СППР, применение которой в медицинской практике позволит повысить качество оказания медицинской помощи пациентам с заболеваниями ПЖ.

Работа выполнена в рамках реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» и в соответствии с научным направлением Юго-Западного государственного университета «Разработка медико-экологических информационных технологий».

Результаты работы внедрены в образовательный процесс Юго-Западного государственного университета при подготовке магистров по направлению 12.04.04 «Биотехнические системы и технологии» и прошли испытания в Клиническом Научно-Медицинском центре «Авиценна» г. Курска. Испытания показали целесообразность их использования в системах поддержки принятия решений при диагностике заболеваний ПЖ.

5. ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

В качестве замечаний считаю необходимым и целесообразным отметить следующее.

1. В первом разделе диссертации не достаточно место уделено анализу биоимпедансных моделей медицинского риска.

2. Не достаточно четко объясняется, почему система уравнений (2.8) отличается от системы уравнений (2.2) в последнем уравнении, которое определяет сопротивление модели на постоянном токе.

3. На странице 68 диссертации читаем: «После исследования АФЧХ биоимпеданса было установлено, что амплитудный диапазон компонент биоимпеданса целесообразно разбить на шесть поддиапазонов». Целесообразно было бы более подробно описать проведенные исследования АФЧХ, показывающие целесообразность деления амплитудного диапазона биоимпеданса на шесть поддиапазонов.

4. При описании гибридной нейронной сети (раздел 3.2 диссертации) соискатель, по существу предлагает две модели второго макрослоя. Структура первой модели подробно иллюстрирована рисунком 3.3. Было бы целесообразно представить и структуру второй модели.

Отмеченные замечания носят частный и рекомендательный характер и не снижают высокой положительной оценки и общей ценности диссертационной работы.

6. ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Стадниченко Никиты Сергеевича на тему «Биоимпедансная спектроскопия в классификаторах риска панкреатита, построенных на основе гибридных технологий искусственного интеллекта» является законченной научно-квалификационной работой, обладает внутренним

единством, содержит новые научные результаты и положения, свидетельствующие о личном вкладе автора в науку.

По теме, содержанию и полученным результатам и выводам, диссертация соответствует паспорту специальности 2.2.12 – Приборы, системы и изделия медицинского назначения.

Полученные в работе теоретические и практические результаты будут способствовать созданию научно обоснованных систем поддержки принятия решений для диагностики и дифференциальной диагностики заболеваний поджелудочной железы, имеющих существенное значение для повышения качества медицинского обслуживания населения.

Оценивая результаты соискателя в целом, считаю, что представленная диссертационная работа удовлетворяет требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842), предъявляемым Высшей аттестационной комиссией Министерства науки и высшего образования Российской Федерации к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Стадниченко Никита Сергеевич, заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук.

16 ноября 2023г.

Петрунина Елена Валерьевна,
официальный оппонент, заведующий
кафедрой «СМАРТ-технологии» ФГАОУ ВО
«Московский политехнический
университет», кандидат технических наук,
доцент

127247, г. Москва, Бескудниковский б-р, д.
48, к.4., кв.10

Телефон: +7 -926-706-32-86

E-mail: petrulinaelenav@gmail.com

Научная специальность:

05.13.01 – «Системный анализ, управление и
обработка информации»



ПОДПИСЬ Петруниной Е.В. заверяю

ДЕЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬ
ПОГОРЕЛОВА А.В.