

ОТЗЫВ

ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

АЛЕКСАНЯНА ГРАЙРА КАРЕНОВИЧА

на диссертацию **Алавси Хайдера Али Хуссейна** «Мультимодальный классификатор риска кардиореспираторных заболеваний с учетом сопутствующих заболеваний и эффекта синергии», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Кардиореспираторная система, состоящая из сердечно-сосудистой системы и системы дыхания, является наиболее чутким индикатором физиологического состояния организма. Структуры мозга, отвечающие за ритмогенез дыхания и сердца, связаны друг с другом. Координация ритмогенеза дыхания и ритма сердца столь значима, что эти структуры образуют функциональное единство. На ранних стадиях заболевания или в состоянии предболезни (в преморбидном состоянии) это единство нарушается, что в первую очередь отражается на изменении спектральных характеристик системных ритмов и их корреляционных показателей. Анализ кардиоритма используется для контроля адаптационного потенциала человека, который может быть отнесен к суррогатному маркеру иммунитета человека. Анализ ритма дыхания менее освещен в научной литературе. Тем не менее, известно ряд экспериментальных работ, в которых показано, что электромиограмма дыхательных мышц является индикатором состояния дыхательной системы. Указывается, что электрическая активность дыхательных мышц является информативным параметром при диагностике нарушений функционального состояния системы дыхания. Однако имеющиеся в настоящее время инструментальные средства контроля функционального состояния

кардиореспираторной системы не удовлетворяют требованиям дифференциальной диагностики сердечно-сосудистых заболеваний и заболеваний системы дыхания (СД), которые часто встречаются в сочетанном виде. Поэтому поиск новых технологий получения данных и новых компьютерных методов их обработки для интеллектуальной поддержки диагностики кардиореспираторных заболеваний с учетом коморбидности является актуальной и важной для практики задачей.

2. НАУЧНАЯ НОВИЗНА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве основной цели исследования автор видит повышение качества медицинского обслуживания больных с высоким риском появления и развития пневмонии в сочетании с артериальной гипертензией путем разработки мультимодальных классификаторов, построенных на дескрипторах, полученных на основе анализа синхронизма кардиореспираторной системы.

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

1. Разработан метод оценки синхронизма кардиореспираторной системы, основанный на сравнении мощностей спектров ритма дыхания, полученных из поверхностной электромиограммы дыхательных мышц и кардиосигнала, позволяющий формировать дескрипторы для классификаторов риска кардиореспираторных заболеваний.

2. Разработан метод классификации функционального состояния системы дыхания, основанный на одномоментном анализе записей электромиосигнала дыхательных мышц и кардиосигнала, позволяющий классифицировать функциональное состояние системы дыхания посредством логистической модели машинного обучения, в которой коэффициенты синхронизма используются в качестве дескрипторов.

3. Разработан классификатор медицинского риска с учетом коморбидности, основанный на методе ввода в классификационную модель

дополнительного фактора риска (виртуального потока), и полносвязной нейронной сети Хопфилда, с алгоритмом обучения, позволяющим обеспечить заданные показатели качества классификации и заданные показатели устойчивости нейронной сети.

4. Разработана базовая структура мультимодального классификатора риска кардиореспираторных заболеваний, учитывающая влияние на их риски показателей синхронизма кардиореспираторной системы и синергию, обусловленную наличием коморбидности, позволяющая формировать различные модели мультимодальных классификаторов кардиореспираторного риска в зависимости от функционального состояния пациента и доступности его медико-биологических показателей.

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

В первом разделе очерчены проблемы диагностики заболеваний, связанных с коморбидностью кардиореспираторной системы, и проведен анализ методов диагностики заболеваний системы дыхания. Из анализа научно-технической литературы по этому направлению установлено, что проблемы коморбидности заболеваний системы дыхания могут быть решены посредством анализа синхронизма в дыхательной и сердечно-сосудистой системах.

Во втором разделе излагаются вопросы построения классификатора функционального состояния системы дыхания. Для построения дескрипторов этих классификаторов используются кардиосигналы и электромиосигналы, снимаемые с дыхательных мышц. Это достигается посредством вейвлет-анализа в области частот, соответствующих определенному в результате разведочного анализа частотному диапазону ритма дыхания пациента. Компоненты релевантных строк вейвлет-плоскости этих сигналов используются для вычисления дескрипторов обучаемой нейронной сети, принимающей решение по отнесению текущего состояния системы дыхания к тестируемому состоянию.

Новыми техническими решениями при этом являются:

1. Метод оценки синхронизма кардиореспираторной системы, основанный на сравнении мощностей спектров ритма дыхания, полученных из поверхностной электромиограммы дыхательных мышц и кардиосигнала. Метод позволяет формировать дескрипторы для обучаемых классификаторов функционального состояния системы дыхания путем оценки распределения векторов, полученных в пространстве вейвлет-коэффициентов поверхностной электромиограммы дыхательных мышц и кардиосигнала, дислоцируемых на вейвлет-плоскостях в области частот ритма дыхания.

2 Метод классификации функционального состояния системы дыхания, заключающийся в параллельной записи электромиосигнала дыхательных мышц $x(t)$ и кардиосигнала $y(t)$ на апертуре 60...120 секунд и определения их дискретных оконных преобразований Фурье, отличающийся тем, что дискретные оконные преобразования Фурье определяются в $N-m1$ окнах этих сигналов, где N -число дискретных отсчетов на апертуре наблюдения сигналов, $m1$ -число отсчетов в окне, амплитудные спектры X_i и Y_i дискриминируется по частоте путем удаления из спектров отсчетов частот, которые лежат ниже или выше полосы частот, занимаемой ритмом дыхания. Над селектированными частотными отсчетами оконного преобразования Фурье осуществляют амплитудная дискриминация, заключающуюся в том, что спектральные коэффициенты, величина которых ниже заданного порога, обнуляются, а затем для каждой пары отсчетов оконного преобразования Фурье с номером n определяется коэффициент синхронизма, после чего определяют функциональное состояние системы дыхания посредством классификатора, построенного на основе логистической модели, в котором коэффициенты синхронизма используются в качестве дескрипторов.

Исследования, проведенные в третьем разделе, показали, что при учете влияния коморбидных заболеваний на степень тяжести заболеваний СД целесообразно определять, как степень тяжести (кластер) заболевания СД, так и риск коморбидного заболевания. Эта процедура может быть реализована посредством мультимодального классификатора в, в основе которого положена

гибридная нейронечеткая сеть, содержащая три макрослоя, построенных на парадигме вероятностных нейронных сетей и на парадигме нечеткого логического вывода. осуществлена разработка мультимодального классификатора, в основе которого положена гибридная нейронечеткая сеть, содержащая три макрослоя, построенных на парадигме вероятностных нейронных сетей и на парадигме нечеткого логического вывода.

Новыми техническими решениями являются:

1. Мультимодальный классификатор риска АГ с иерархической структурой, на нижнем иерархическом уровне которого включены четыре «слабых» классификатора, построенных на основе нечеткого логического вывода. На верхнем иерархическом уровне мультимодального классификатора включена полносвязная нейронная сеть с дополнительным входом, полученным посредством модели виртуального потока.

2. Мультимодальный классификатор риска заболеваний системы дыхания, который учитывает взаимное влияние коморбидных заболеваний на суммарный риск. Для построения слабых классификаторов предложено использовать полносвязную нейронную сеть Хопфилда, отличающуюся многосвязной структурой и двумя задержками на один такт, управляемыми парафазным генератором (с противофазными выходами), обеспечивающими запись в регистры задержек рисков с выходов нейронной сети Хопфилда со сдвигами на один такт.

В четвертом разделе описаны аппаратно-программная реализация предложенных методов и алгоритмов для построения мультимодальных классификаторов и представлены результаты экспериментов по определению их диагностической эффективности.

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 прогнозирования, возникновения и развития коморбидных заболеваний.

Достоверность представленных автором результатов исследований обосновывается их воспроизводимостью в различных условиях, непротиворечивостью концепциям системного анализа, теории распознавания образов и нейросетевого моделирования, теории синтеза биотехнических систем, а также аналогичным результатам, полученными 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 16 печатных работ по теме исследования (в том числе 5 статей в рецензируемых научных журналах и изданиях, 1 статьи в SCOPUS). Результаты диссертационной работы докладывались и получили поддержку на 11 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 автономных интеллектуальных агентов для диагностики кардиореспираторных заболеваний при наличии коморбидности. Изложенные методы и алгоритмы формирования дескрипторов на основе вейвлет-анализа кардиосигналов и спектрального анализа детектированных электромиосигналов позволили обеспечить функционирование интеллектуальной системы поддержки принятия решений при дифференциальной диагностике коморбидных заболеваний кардиореспираторной системы.

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

Разработано программное обеспечение для интерактивного создания модели нейронной сети - NetModel (Свидетельство о государственной регистрации №2023685902 от 30.11.2023 г.).

Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс Юго-Западного государственного университета при подготовке магистров по направлению подготовки 12.04.04 – Биотехнические системы и технологии.

5. ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

В качестве замечаний считаю необходимым и целесообразным отметить следующее.

1. Для поиска дескрипторов соискатель использовал непосредственно трансформанты отсчетов кардиосигнала. Возможно, алгоритмы поиска дескрипторов также, как и их реализация были бы менее сложны и трудоемки,

если в качестве сырых данных использовались бы не дискретные отсчеты кардиосигнала, а величины кардиоинтервалов.

2. Если внимательно посмотреть рисунок 2.2 диссертации и аналогичный рисунок 1 автореферата, то в сигнале RMS мы наблюдаем отрицательные отсчеты. Но внимательное рассмотрение формулы (2.3) диссертации и аналогичной формулы (2) автореферата показывает, что отрицательных значений в сигнале RMS не может быть по определению.

3. На рисунке 3.2 диссертации не ясно, какие информативные признаки соискатель собирается включить в блок «ППП многометочного классификатора»?

4. Не совсем ясен принцип мультипликации выборок, изложенный в подразделе 4.2 диссертации. Целесообразно было бы его проиллюстрировать в виде схемы алгоритма.

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

6. ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Алавси Хайдера Али Хуссейна на тему «Мультимодальный классификатор риска кардиореспираторных заболеваний с учетом сопутствующих заболеваний и эффекта синергии» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача по разработке мультимодального классификатора риска для систем интеллектуальной поддержки диагностики сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний, позволяющего повысить качество медицинского обслуживания коморбидных больных, имеющее существенное значение для развития медицины.

Работа 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.

Оценивая результаты соискателя в целом, считаю, что представленная диссертационная работа удовлетворяет критериям пунктов 9 - 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней (Постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Алавси Хайдер Али Хуссейн, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.



20.08.2024 г.

Алексанян Грайр Каренович,
официальный оппонент, доцент кафедры
«Информационные и измерительные
системы и технологии» ЮРГПУ (НПИ),
кандидат технических наук (научная
специальность 05.11.17. Приборы,
системы и изделия медицинского
назначения)

Сведения об организации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (ЮРГПУ (НПИ)).

346428, Ростовская область., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132.

E-mail: iimt-srstu@mail.ru.

Телефон: 8(863)525-52-40.

Подпись Алексаняна Г.К. заверяю

Ученый секретарь ученого совета ЮРГПУ (НПИ)



Н.Н. Холодкова
20.08.2024 г.