

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе и
инновационной деятельности

ФГБОУ ВО «Пензенский
государственный университет»,

Васин С.М.

« 26 » 10 2023 г.



О Т З Ы В

ведущей организации ФГБОУ ВО «Пензенский государственный
технический университет» о диссертации

**Бутусова Андрея Владимировича на тему «Разработка
интеллектуальной системы по диагностике степени тяжести
внебольничной пневмонии на основе нейронечетких моделей
классификаторов», представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности**

**2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения
(технические науки)»**

Актуальность темы исследования

Острые и хронические респираторные заболевания остаются самыми распространёнными в ряду всех болезней человека, вносят существенный вклад в структуру инвалидности и смертности населения. Среди респираторных заболеваний одно из лидирующих положений в плане инвалидизации и смертности населения имеет внебольничная пневмония (ВБП). Диагностика степени тяжести ВБП является важным этапом лечения заболевания. Степень тяжести ВБП может быть легкой, средней или тяжелой. Диагностика степени тяжести ВБП, как правило, осуществляется на основе клинических симптомов, анамнеза заболевания, результатов обследования и лабораторных исследований. Однако актуальным является ранняя диагностика заболевания, в том числе с

использованием искусственного интеллекта, как перспективного метода исследования.

Избыточная информационная нагрузка в клинической медицине, необходимость постоянного контроля разноплановой информации способствуют увеличению вероятности ошибок и принятий неверных решений. Наиболее перспективным и эффективным методом предотвращения таких ситуаций, является внедрение в клиническую практику эффективных информационно-технологических решений и разработка информационных платформ, поддерживающих деятельность врача.

Таким образом, научно-технической задачей исследования является поиск новых технологий получения данных и новых компьютерных методов их обработки для интеллектуальной поддержки диагностики степени тяжести ВБП и прогнозирования эффективности ее лечения.

Структура и содержание диссертации

Диссертация Бутусова Андрея Владимировича состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературных источников.

Список литературы состоит из 123 наименования на русском и английском языках, что позволяет говорить о достаточной полноте проведенного в диссертации анализа состояния проблемы, в частности, вопросы изучения методов диагностики и контроля эффективности лечения ВБП, и основных подходов к моделированию систем интеллектуальной поддержки принятия решений в медицинской практике. Итогом анализа является обоснование целесообразности решаемых задач диссертационного исследования.

В ходе проведенных исследований была исследована роль защитных функций организма в противодействии различным внутренним и внешним факторам риска, мониторинг состояния здоровья пациента в процессе терапевтических или реабилитационных мероприятий предложено осуществлять посредством контроля адаптационного потенциала. Разработан метод локализации кластеров адаптационного потенциала в пространстве суррогатных маркеров, включающий четыре этапа, отличающийся тем, что

первый этап выявляет релевантные маркеры, характеризующие изменение адаптационного потенциала живой системы при воздействии экзогенного фактора; на втором этапе осуществляется доказательство надежности кластеризации уровней адаптационного потенциала; на третьем этапе анализируются результаты классификации на динамических обучающих выборках, а на четвертом этапе осуществляется анализ статистической неоднородности и/или гетерогенности выделяемых кластеров. В качестве модели адаптационного потенциала живой системы предложена импедансная модель в виде цепочки звеньев Войта. Контроль такой латентной переменной, как адаптационный потенциал, позволяет определить динамику изменения функционального состояния больного в процессе, как в процессе течения болезни, так и в процессе терапевтических процедур.

На примере предикторов, полученных по результатам клинического анализа крови, разработан комплект алгоритмов для компьютерной системы мониторинга эффективности лекарственных назначений по результатам клинического анализа крови. Предложена структура дистанционного мониторинга функционального состояния пациента, основанная на телекоммуникационной связи врача и пациента посредством интернет-технологий, апробированы конструкции носимых устройств для мониторинга функционального состояния пациента.

В работе выполнен анализ релевантных факторов риска на выживаемость больных ВБП и анализ факторов риска основных заболеваний, сопутствующих ВБП, что позволило построить сегменты факторов риска для классификаторов риска ВБП. Для оценки степени тяжести ВБП и определения эффективности ее плана лечения предложена гибридная нейронная сеть, в которой были использованы технологии вероятностных нейронных сетей и нечеткой логики принятия решений. Предложенная структура гибридной нейронной сети, использующей как вероятностные нейронные сети, так и нечеткую логику принятия решений содержит три макрослоя и позволяет учитывать риск сопутствующих заболеваний при оценке степени тяжести ВБП. Для контроля

степени тяжести ВБП на основе интернет технологий разработан нейронечеткий классификатор, основанный на модели нечеткого логического вывода Мамдани-Ларсена.

В работе предложена структура системы поддержки принятия врачебных решений, предназначенная для мониторинга степени тяжести ВБП, учитывающая наличие коморбидности. Проведен ретроспективный анализ историй болезни пациентов лечебных учреждений г. Курска с диагнозом «внебольничная пневмония», в результате которого сформирована экспериментальная группа в количестве 300 пациентов больных ВБП различной степени тяжести. Проведены исследования эффективности мониторинга степени тяжести ВБП на основе нейронечеткой модели. Проведено сравнение показателей качества классификации степени тяжести пневмонии на основе модели логистической регрессии. Проведенные исследования показали, что эту модель классификатора можно рекомендовать для телекоммуникационных систем дистанционного мониторинга степени тяжести ВБП. Разработан гибридный классификатор степени тяжести заболевания (ишемической болезни сердца), сопутствующего заболеванию ВБП. Апробация гибридного классификатора риска ишемической болезни сердца осуществлена на экспериментальной группе постинфарктных больных. Показатели качества классификации синтезированного гибридного классификатора позволяют рекомендовать его для системы поддержки принятия решений для определения степени тяжести ВБП. Проведены экспериментальные исследования показателей качества нейронечетких классификаторов в системе поддержки принятия врачебных решений по госпитализации пациентов с ВБП. Использование классификатора риска сопутствующего заболевания в гибридном нейронечетком классификаторе позволило повысить его качество классификации. Апробация модуля мониторинга эффективности лечения внебольничной пневмонии показала возможность контроля динамики заболевания на примере больных затяжной внебольничной пневмонией.

Заключение диссертации содержит формулировки основных результатов и выводов, которые отражают достижение основной цели работы на основе решения задач диссертационного исследования, а также рекомендации по использованию результатов и перспективы дальнейшей разработки темы исследования.

Таким образом, содержание диссертации позволяет судить о завершенности и необходимой полноте проведенных исследований, а также содержит достаточно материала, свидетельствующего о достоверности и обоснованности полученных выводов. Автореферат отражает основные аспекты диссертационного исследования.

Научная новизна полученных результатов, выводов и рекомендаций

В работе получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной:

1. Метод локализации кластеров адаптационного потенциала в биотехнических системах мониторинга состояния здоровья пациента, включающие четыре этапа, отличающиеся тем, что первый этап выявляет релевантные маркеры, характеризующие изменение адаптационного потенциала живой системы при воздействии экзогенного фактора; на втором этапе осуществляется доказательство надежности кластеризации уровней адаптационного потенциала; на третьем этапе анализируются результаты классификации на динамических обучающих выборках, а на четвертом этапе осуществляется анализ статистической неоднородности и/или гетерогенности выделяемых кластеров.

2. Гибридный нейросетевой классификатор с гибридной нейронной сетью, отличающихся тем, что вначале осуществляется агрегации свидетельств за и против выбора данного кластера, а затем осуществляется нечеткая операция, по схеме Шортлиффа.

3. Нейронечеткий классификатор, основанный на модели нечеткого логического вывода Мамдани-Ларсена, отличающийся использованием

макрослоев, основанных, как на нечетком логическом выводе, так и на моделях полностью связанных нейронных сетей прямого распространения сигнала.

4. Модуль контроля эффективности лечения ВБП, основанный на шкале PSI, отличающийся наличием двух линейных моделей динамики риска ВПБ, по которым построено двумерное кластерное пространство, отражающее процесс эффективности лечения внебольничной пневмонией.

5. Система поддержки принятия врачебных решений, предназначенная для оценки степени тяжести ВПБ, отличающаяся тем, что модуль контроля степени тяжести ВБП работает совместно с модулем оценки риска коморбидного заболевания, что позволило повысить качество оценки степени тяжести ВБП более чем на 10% по всем показателям качества.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Обоснованность авторского подхода к разработке и исследованию различных моделей и алгоритмов принятия решений в компьютерных системах оценки степени тяжести ВБП базируется на всестороннем анализе существующих достижений в данной области, логичности проводимых теоретических рассуждений. Достоверность полученных в диссертации результатов подтверждается корректным использованием математического аппарата, полным соответствием теоретических положений и результатов экспериментальных исследований.

Основные результаты диссертационного исследования изложены в 3 статьях в журналах, рекомендованных ВАК РФ. Сделаны доклады на 10 научных конференциях всероссийского и международного уровня.

Значимость результатов исследования для науки и практики

Значимость полученных в диссертации результатов для науки заключается в развитии теории многоагентных классификаторов, нечеткой логики принятия решений и нейросетевого моделирования, включая гибридные и нейронечеткие структуры, позволяющей синтезировать классификаторы степени тяжести внебольничной пневмонии для телекоммуникационных систем поддержки принятия врачебных решений.

Разработанные гибридные нейронечеткие модели классификаторов позволяют осуществлять дистанционный мониторинг степени тяжести и эффективности лечения ВБП. Полученные в работе метод, модели и алгоритм составляют основу систем поддержки принятия врачебных решений, применение которой в медицинской практике позволит повысить качество оказания медицинской помощи пациентам с внебольничной пневмонией и находящимся на амбулаторном лечении.

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».

Результаты работы прошли испытания в Клиническом Научно-Медицинском центре «Авиценна» г. Курска. Испытания показали целесообразность их использования в системах поддержки принятия врачебных решений для диагностики ВБП.

Рекомендации по использованию результатов диссертационного исследования

Результаты диссертационного исследования рекомендуются к использованию в образовательных, научно-исследовательских и лечебно-профилактических учреждениях, занимающихся вопросами систем поддержки принятия решений для диагностики и прогнозирования респираторных заболеваний, в том числе в системах домашнего мониторинга состояния здоровья.

Замечания по диссертационной работе

В качестве замечаний можно отметить следующие:

1. В первой главе диссертации недостаточно уделено анализу математических моделей оценки риска заболевания ВБП, которые описывали бы процесс адаптации системы противомикробной защиты к циркулирующему в популяции патогену.

2. Во второй главе не достаточно полно выполнен сравнительный анализ и обоснование выбора импедансной модели в виде цепочки звеньев Войта в качестве модели адаптационного потенциала живой системы.

3. В третьей главе диссертационной работы не в полной мере раскрыты преимущества и/или недостатки применения MATLAB 2018b со встроенным пакетом Fuzzy Logic Toolbox для разработки гибридных нечетких моделей принятия решений. Не проведен сравнительный анализ других известных пакетов математического моделирования гибридных нечетких моделей, например Fuzzy logic systems, Anytime Systems, LAD, TILS и другие.

4. В четвертой главе не достаточно подробно обоснован выбор шкалы PSI для контроля эффективности лечения внебольничной пневмонии, в сравнении с другими известными, например CAGE, SAGE и другие.

5. Большинство иллюстраций в диссертационной работе представлены разного качества и степени проработки, ряд рисунков не имеет обозначений осей координат, что затрудняло изучение материала.

Приведенные недостатки не носят принципиального характера и не снижают научной и практической ценности приведенных исследований.

Заключение

Диссертация Бутусова Андрея Владимировича «Разработка интеллектуальной системы по диагностике степени тяжести внебольничной пневмонии на основе нейронечетких моделей классификаторов» является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи разработки и внедрения в практическое здравоохранение высокоэффективных средств интеллектуальной поддержки принятия решений при определении степени тяжести внебольничной пневмонии с учетом адаптационного потенциала организма. Предложенные методы, модели и алгоритмы актуальны для построения систем управления, прогнозирования, принятия решений в условиях неопределенности и использования нечеткой исходной информации.

Сформулированные выводы достаточно обоснованы, основные полученные результаты в полной мере отражены в имеющихся авторских публикациях, в том числе в журналах, рекомендованных ВАК РФ и изданиях Scopus. Работа отвечает требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. и требованиям паспорта специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения (технические науки)

Автор диссертации, Бутусов Андрей Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Отзыв подготовлен д.т.н. (05.11.17), доцентом, заведующим кафедрой «Радиотехника и радиоэлектронные системы» ФГБОУ ВО ПГУ Александром Юрьевичем Тычковым (440026, г. Пенза, ул. Красная, дом 40, тел. +79374274617, e-mail: tychkov-a@mail.ru).

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Радиотехника и радиоэлектронные системы» ФГБОУ ВО ПГУ 24.10.2023 года, протокол № 3.

Заведующий кафедрой «Радиотехника
и радиоэлектронные системы»

ФГБОУ ВО «ПГУ»,

доктор технических наук, доцент



Александр Юрьевич Тычков

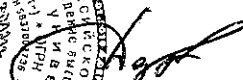
Адрес ведущей организации

440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, дом 40. Тел. +7 (8412) 66-64-19, e-mail: cnit@pnzgu.ru

Подпись заведующего кафедрой «Радиотехника и радиоэлектронные системы» ФГБОУ ВО ПГУ, доктор технических наук, доцента А.Ю. Тычкова заверяю

Ученый секретарь ученого совета университета

к.т.н., доцент



О.С. Дорофеева