

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу Добровольского Ильи Игоревича «Автоматизированная система прогнозирования и профилактики венозного тромбоза при эндопротезировании крупных суставов» представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.17-Приборы, системы и изделия медицинского назначения

### **1. Актуальность темы диссертации**

Возникновение и развитие тромбоза в до и после операционные периоды влечет за собой как риск его инвалидности, так и смерть пациента. Негативные результаты тромбоза затрагивают более 45% в структуре смертности у населения трудоспособного возраста. Следует отметить, что в 60% случаев тромбоза наблюдается у людей, перенесших эндопротезирование. К настоящему времени в клинической практике существует различные методы и системы диагностики тромбоза, включая применение экспертных систем на этапах скрининга, экспресс-диагностики и дифференциальной диагностики населения. Между тем, актуальной остается проблема прогнозирования возможности возникновения и развития тромбоза на начальной стадии, решение которой позволит существенно повысить эффективность и качество терапевтических и профилактических мероприятий. Для решения указанной проблемы врачу необходимо одновременно анализировать большое количество признаков, характеризующих текущее состояние пациента (включая результаты лабораторных анализов и маркерного тестирования) и его анамнез, предрасположенность к определенным заболеваниям и реакциям организма на определенные терапевтические воздействия. Таким образом, возникает актуальная научно-техническая задача разработки и исследования различных методов и алгоритмов, позволяющих в составе автоматизированных систем

поддержки принятия решения обрабатывать многомерную и гетерогенную информацию, прогнозируя возможность развития тромбоэмболии и ее исходов.

В процессе диссертационного исследования соискателем выделена проблемная ситуация, заключающаяся в противоречии между требуемым уровнем и оперативностью прогноза тромбоэмболии при эндопротезировании крупных суставов и возможностями существующих методов искусственного интеллекта и компьютерными технологиями обработки слабоструктурированных данных. Рассматриваемая диссертация посвящена решению актуальной задачи – повышению качества прогнозирования и развития различных форм тромбоэмболии и их исходов путем разработки методов, моделей, алгоритмов и программного обеспечения автоматизированной системы поддержки принятия решений врача-хирурга (при эндопротезировании крупных суставов).

## **2. Краткое содержание работы**

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, включающего 136 отечественных и 44 зарубежных наименований. Работа изложена на 191 страницах машинописного текста, содержит 17 рисунков и 22 таблицы.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи работы, определены степень разработанности темы, предмет и объект исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, используемая методология и методы исследований, степень достоверности и апробации результатов, указаны основные, выносимые на защиту положения.

**В первой главе** приведен аналитический обзор отечественных и зарубежных информационных источников, посвященных принципам построения и эксплуатации существующих систем поддержки принятия



диагностических решений в клинических условиях, ориентированным на прогнозирование тромбозов.

Особое внимание уделено способам формирования множества информативных признаков и методам синтеза различных структур решающих правил. Проанализированы алгоритмические и технические решения в предметной области.

На основе проведенного анализа сформулированы цель и задачи исследования.

**Глава 2** посвящена описанию материалов, методов и моделей принятия решений прогнозирования различных форм тромбозов и их исходов в условиях эндопротезирования крупных суставов:

- Определены: область применения систем поддержки принятия решений в до и после операционный периоды; типовые формы тромбозов и их исходов, возникающие в процессе тромбозов; путем экспертного анализа сформирован первичный набор признаков, характеризующих состояние пациента.

- Разработан метод формирования множества информативных признаков, основанных на интеграции методологически различных способов количественной оценки информативности с помощью применения коэффициентов конкордации Кендалла, вычисленных на обучающих и экзаменационных выборках.

- Для синтеза правил активации в продукционных решающих правилах предложено использовать логическую бинарную нейронную сеть. В главе рассматриваются: структуры, алгоритмы обучения и функционирование сети.

- Разработана структура опросника, характеризующего состояние здоровья пациента согласно данным истории болезни, анамнеза.

- Предложен метод синтеза продукционных правил в рассматриваемой предметной области прогноза различных форм тромбозов на основе как

раздельного, так и совместного анализа информации, содержащейся в опросниках и результатах обследования (текущего состояния) пациента.

**Глава 3** посвящена изложению вопросов проектирования и эксплуатации специализированной системы поддержки принятия решений прогноза тромбоземболии (СППР ПТ). Разработана информационно-аналитическая структура СППР ПТ, использование прямых и обратных решающих правил в которой позволяет как прогнозировать возможность возникновения различных форм тромбоземболии, так и верифицировать присутствие определенных признаков по выдвинутой гипотезе о развитии определенного заболевания (форм тромбоземболии) и их исходов. В главе рассматривается обобщенная структура и схемы применения СППР ПТ в клинических условиях и учебном процессе при повышении уровня квалификации медицинских работников. Функционирование СППР ПТ в тезаурусе предметной области поддерживается предложенным многооконным интерфейсом и разработанным программным обеспечением на различных платформах.

**Глава 4** посвящена описанию полученных решающих правил и их апробации на контрольных репрезентативных выборках (по анализу истории болезни более 600 человек). Автором приводятся содержания итогового множества информативных признаков и результаты их частотного анализа при различных формах тромбоземболии. Анализ вычисленных значений показателей качества диагностического процесса с применением разработанной СППР ПТ позволяет рекомендовать полученные решающие правила для использования в клинической практике.

### **3. Основные научные результаты, степень их новизны и значимость.**

- Разработан метод формирования множества информативных признаков, представленных логическими значениями, в котором применяется интегральная оценка информативности, определяемая путем агрегации



частных показателей, вычисляемых различными методиками с использованием в качестве весов значения коэффициентов Кендалла. Метод позволяет формировать адекватное признаковое пространство в условиях статистически небольших объемов обучающих и экзаменационных выборок и гетерогенности структуры данных.

- Разработаны структура и режим обучения искусственной логической нейронной сети на основе самоорганизационной технологии метода группового учета аргументов (МГУА). Это позволяет получать логические функции активации при большом количестве признаков и небольшом количестве объектов в обучающей выборке.

- Для учета информации о состоянии пациента и истории болезни, представленной бинарными и порядковыми шкалами, предлагается соответствующий метод синтеза решающих продукционных правил для базы знаний СППР ПТ.

- Получены математические модели продукционных решающих правил возникновения и развития 8 форм тромбозмболии с диагностической эффективностью не менее 0,85.

#### **4. Обоснованность и достоверность основных результатов диссертации**

Обоснованность и достоверность полученных результатов обеспечивается корректным использованием методов теории распознавания образов, прикладной математической статистики и соответствующего инструментария (Excel, Statistica, авторские специализированные программные средства). Результаты экспериментальных исследований полученных решающих правил по прогнозированию возможности возникновения и развития различных форм тромбозмболии и их исходов не противоречат ранее опубликованным экспериментальным данным по тематике диссертации. Методологические положения и практические

результаты диссертационного исследования успешно апробированы на 7 международных научно-практических конференциях (2015-2017 годы) и семинарах, где соискатель выступал с докладами. Используемое программное обеспечение зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ.

### **5. Теоретическая и практическая значимость работы.**

- предложены методы формирования множества информативных признаков, позволяющие интегрировать различные методики оценки информативности признаков, представленных в различных метриках.
- предложена структура и описание функционирования логической нейронной сети для идентификации условий активации решающих правил на основе методологии МГУА для признаков, значения которых представлены логической метрикой;
- синтезированные решающие правила позволяют проектировать базы знаний в системах поддержки принятия решений по прогнозу возникновения основных форм тромбозов и их исходов в процессе эндопротезирования крупных суставов в до и после операционный периоды;
- разработанная СППР ПТ предполагает функционирование на различных программных и аппаратных платформах и позволяет оперативно анализировать уверенность в возникновении и последствиях тромбозов, уменьшая тем самым негативные последствия операции и повышая качество лечебно-профилактической помощи.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы» («Проведение прикладных научных исследований в области биоинформационных технологий», уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI57614X0071) и в соответствии с



научным направлением Юго-Западного государственного университета «Разработка медико-экологических информационных технологий»

Практическое применение результатов исследования подтверждается актами внедрения. Результаты исследования внедрены в клинические учреждения (ГБУЗ «Сузская центральная районная больница» и НУЗ Отделенческой больницы на ст. Курск ОАО «РЖД») и в учебном процессе Юго-Западного государственного университета при подготовке магистров по направлению 12.04.04 «Биотехнические системы и технологии». Интеллектуальная собственность по четырем программным защищена свидетельствами о государственной регистрации программы для ЭВМ.

#### **6. Замечания по работе**

1. Приведенные в главах 2 и 4 наборы признаков, характеризующих состояние пациентов (Таблицы 2.1, 2.2 и 4.1) , несколько перегружают изложение текста и без ущерба к его пониманию могут быть помещены в приложения к работе.
2. На рисунке 2.5 приведена базовая структура интерактивной логической нейронной сети на основе бинарного нейрона. Далее по тексту приводится ее описание (включая функционирование). Здесь, целесообразно было бы привести пример ее функционирования на определенном наборе экспериментальных или гипотетических данных. Этот же недостаток присущ и п.3.2 – «Обобщенная структура автоматизированной системы поддержки принятия решений при эндопротезировании крупных сосудов».
3. В тексте диссертации встречаются стилистические неточности, например, «Рисунок 2.6 Поведение переменных  $P$  в диапазоне  $[a, b]$ ».

Указанные недостатки не носят принципиального характера и не влияют на общую положительную оценку работы.

## **7. Общая характеристика работы**

В целом диссертационная работа Добровольского Ильи Игоревича хорошо структурирована, текст логически связан, рассматриваемые положения хорошо аргументируются и проиллюстрированы. Соискателем решена актуальная научно-техническая задача разработки и исследования методов и алгоритмов формирования базы знаний функционирования автоматизированной системы поддержки принятия решений по прогнозированию возможности возникновения и развития различных форм тромбоэмболии и их исходов в до и после операционный периоды эндопротезирования крупных суставов.

Работа имеет четкую структуру, содержание рисунков и таблиц, не дублируя друг друга, достаточно полно иллюстрируют текст. Результаты диссертации докладывались на 12 научно-технических конференциях и семинарах и опубликованы в 18 печатных работах, из них 4 статьи - в ведущих рецензируемых научных журналах.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

## **Выводы**

Диссертация Добровольского Ильи Игоревича «Автоматизированная система прогнозирования и профилактики венозного тромбоэмболизма при эндопротезировании крупных суставов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, представляет собой актуальный законченный научный труд, который характеризуется научной новизной, практической значимостью, достоверностью и соответствует всем требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским



диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.17 – «Приборы, системы и изделия медицинского назначения (технические науки)» и п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» от 24 сентября 2013 г., а Добровольский Илья Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент,  
Профессор кафедры автоматизации технологических процессов  
Тверского государственного технического университета  
доктор технических наук, профессор  
Дмитриев Геннадий Андреевич



Домашний адрес:  
170100 г. Тверь, Студенческий пер., д.42, кв.12  
e-mail: dmitrievtstu@mail.ru  
моб.тел. 8-920-681-83-38  
раб.тел. 78-93-38

Шифр научной специальности 05.13.06 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный технический университет» (ТвГТУ)

Тел. (4822) 78-63-35, факс (4822) 52-62-92  
Наб. А.Никитина, д.22, г. Тверь, 170026  
E-mail: common@tstu.tver.ru  
<http://www.tstu.tver.ru>

Подпись Дмитриев Г.А.  
УДОТОВЕРЯЮ

секретарь Совета  
Тверского государственного  
технического университета

