

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертацию Гергет Ольги Михайловны на тему «Модель и инструментальные средства анализа информационных процессов биологической системы Мать-плод», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики.

### **Актуальность темы**

Значительный научный и практический интерес к созданию систем информационного сопровождения беременных женщин связан прежде всего с сохранением здоровья матери, плода и рождением здорового поколения. При этом особое внимание уделяется поиску новых методов комплексной оценки состояния биологической системы Мать-плод и выявлению закономерностей во взаимодействии элементов системы между собой. Поэтому актуальность темы исследования определяется важностью задачи создания новых методов, моделей, алгоритмов с целью увеличения эффективности использования информационных технологий в медицинских информационных системах.

Научное исследование направлено на решение важной практической проблемы повышения качества мониторинга и прогнозирования состояния биосистемы Мать-плод, упреждения заболевания и сохранения здоровья матери, плода, ребенка. Для этого предлагается новая концепция организации мониторинга, прогнозирования и выбора управляющих воздействий, в рамках которой поставлены и решены задачи разработки методических основ информационного анализа данных и обнаружения в них закономерностей, методов обобщенной оценки состояния развивающихся систем, бионической модели выбора последовательности управляющих воздействий, методов обучения глубоких нейронных сетей и алгоритмов разделения сигналов. Разработанные методы, модель и алгоритмы были научно и экспериментально обоснованы, а задачи мониторинга, прогнозирования и выбора управляющих воздействий решены на высоком качественном уровне, что позволяет констатировать факт актуальности и важности темы диссертационного исследования Гергет О.М.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Все научные положения, выводы, рекомендации логичны, основаны на комплексном подходе к решению задачи, подкреплены разнообразными видами экспериментов и сопоставлением данных, полученных автором с помощью различных методов исследований, с результатами расчётов в аттестованных программных средах, проведением статистического анализа,

использованием в качестве исходных данных научно доказанных зависимостей. Так, например, обоснованность результатов работы алгоритма разделения источников ЭКГ-сигнала определена совпадением результатов, полученных с помощью собственного модуля программного обеспечения и в математическом пакете Matlab, поэтапным иллюстрированием влияния на точность выделения R-R интервалов изменений параметров нейронных сетей, путем использования методов статистического анализа доказано, что различия между RR-интервалами реальной электрокардиограммы плода и полученной в качестве выхода нейронной сети не являются статистически значимыми.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается использованной библиографией научных работ российских и зарубежных учёных. Библиография насчитывает 349 источников, включая 59 иностранных источников.

### **Достоверность и новизна, полученных результатов диссертационного исследования**

Достоверность результатов подтверждена аргументированностью научных положений и выводов, практической реализацией научных положений, получением патента на способ антенатального прогнозирования, публикацией в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, индексируемых в базах Scopus и WoS, которые используются для обоснования научных положений диссертационного исследования, что подтверждает актуальность и новизну выполненного исследования.

Новизну диссертационного исследования представляет решение научной проблемы, имеющей важное хозяйственное значение – совершенствование методологии анализа информационных потоков, характеризующих состояние биосистемы, и инструментальных средств обнаружения закономерностей в них с целью снижения временных затрат на обработку информации и минимизации возникновения критических состояний биосистемы. При решении проблемы были сформулированы новые научные положения:

- метод вычисления обобщенного показателя биосистемы Мать-плод (МиП), который позволяет получить количественную оценку состояния развивающейся биосистемы, отличающийся от существующих применением динамических параметров формирования признаков. Данный метод подробно изложен во второй главе диссертации, сформулирован и обобщен на страницах 65 – 67, 90 – 95. При разработке метода исследовано несколько интегральных критериев, базирующихся на: информационной мере Кульбака; метрики Махаланобиса; энтропийном критерии реакции организма на нагрузку; расчете среднегеометрического показателя, предложен способ вычисления динамических параметров биосистемы. Работа метода позволяет решить задачи комплексной оценки состояния сложной биологической системы

Мать-плод, учета динамики изменения жизненно важных показателей системы и выявления закономерностей в изменении этих показателей за некоторый временной период.

- бионическая модель, основанная на синтезе метода вычисления обобщенного показателя биосистемы Мать-плод, искусственных нейронных сетей и генетического алгоритма, позволяющая повысить эффективность выбора управляющих воздействий. Разработанная модель изложена в третьей главе диссертационной работы, сформулирована на стр. 105 – 107, методологические основы информационного анализа данных и выбора последовательности управляющих воздействий на основе бионической модели приведены стр. 126 – 127. Предложенная модель, позволяет выполнить прогнозирование состояния здоровья матери и плода без –, при –, после – проведения комплекса оздоровительных мероприятий (в контексте диссертации – управляющих воздействий) по статическим и динамическим данным, что позволяет решить задачу эффективного выбора управляющих воздействий.
- новый принцип представления данных в бионических моделях и алгоритм выбора гиперпараметров бионической модели, отличающийся от существующих возможностью явного или неявного представления информации. Принцип явного и неявного представления информации изложен на страницах 109 – 110, 115 – 116. Предложенная схема выбора гиперпараметров бионической модели приведена на стр. 117– 118. При этом решались задачи поиска принципа представления информации для повышения эффективности выбора последовательности управляющих воздействий, регулирования интенсивности воздействий, расширения функциональных возможностей алгоритма за счет инкапсуляции информации в гене.
- алгоритм разделения источников ЭКГ-сигнала, адекватно отражающий информационные взаимодействия между элементами развивающейся биосистемы Мать-плод, основанный на синтезе метода слепого разделения источников и нейронных сетей, отличающийся от существующих тем, что коэффициентами разделяющей матрицы являются весовые коэффициенты нейронной сети. Данный алгоритм изложен в четвертой главе диссертационной работы и сформулирован на страницах 131 – 132, 135 – 140, приведены результаты экспериментов. Принципиально новой методикой является взаимодействие концепции слепого разделения источников и глубоких нейронных сетей, которая позволяет разделить источники сигналов вне зависимости от характера смешивания (линейный, нелинейный), количества источников (один, несколько), выбора точки отсчета и длительности сигнала.
- алгоритм минимизации целевой функции обучения нейронной сети, позволяющий решить проблему зависимости коррекции веса от количества развертываний рекуррентной нейронной сети, отличающийся от существующих определением коррекции веса в зависимости от динамики знака суммы производных целевой функции по весу. Данный

- алгоритм изложен в четвертой главе диссертации и сформулирован на страницах 143 – 146. При разработке алгоритма решалась задача обучения параллельно развернутых нейронных сетей на основе знака производной целевой функции по весу;
- структура информационной системы предобработки и анализа информации, поступающей из разнородных источников, и ее программная реализация, которая выступает каркасом систем мониторинга, прогнозирования, выбора управляющих воздействий, отличающаяся от существующих наличием новых предложенных в работе алгоритмов, моделей и методов. Описание информационной системы и программной реализации изложены в пятой главе, структура системы представлена на стр. 316. С помощью разработанного программного обеспечения решены задачи информационного сопровождения беременных женщин, автоматизации процесса разделения ЭКГ-сигналов, выбора последовательности управляющих воздействий, обработки и хранения анамнестической и лабораторно-инструментальной информации.

#### **Теоретическая и практическая значимость, результатов диссертационного исследования**

Результаты диссертационного исследования реализованы в виде информационной системы, что подтверждается наличием 4 свидетельств государственной регистрации программ для ЭВМ. Значимость для науки и практики результатов диссертационного исследования подтверждается тем, что они направлены на увеличение эффективности использования информационных технологий в медицинских информационных системах, повышение качества мониторинга и прогнозирования состояния биосистемы Мать-плод, минимизацию возможности перехода в критическое состояние биосистемы Мать-плод, о чем свидетельствуют результаты экспериментов. С практической точки зрения значимость разработанных модулей информационной системы, методов и алгоритмов подтверждается наличием 7 актов о внедрении в научно-исследовательские, лечебно-оздоровительные центры, клиники и организации, основная деятельность которых связана с разработкой ПО для медицинских учреждений.

Значимость для науки подтверждается поддержкой грантами РФФИ, РГНФ, областной администрации г. Томска, президента Российской Федерации по государственной поддержке ведущих научных школ РФ, ГЗ «Наука».

#### **Оценка содержания диссертации и ее завершенность**

Разработанные теоретические положения и результаты исследования имеют несомненную значимость для развития науки в области применения новых методов, алгоритмов и моделей для обработки и анализа

медицинских данных. Повышение точности и достоверности мониторинга и прогноза состояния организма позволит предупредить заболевание и сохранить здоровье матери и плода.

Диссертационная работа представляет собой единое и завершенное научное исследование. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики.

Основные результаты диссертации отражены в 63 печатных работах, из которых: 17 статей в журналах, рекомендованных ВАК; 16 публикаций из источников, индексируемых в базе SCOPUS и WoS; 1 монография; 26 статей в научно-технических журналах и сборниках; 2 учебных пособия. Опубликованные работы всесторонне освещают результаты научных исследований.

### **Соответствие автореферата основному содержанию диссертации**

Автореферат соответствует содержанию диссертации и полностью удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней.

### **Недостатки и замечания по диссертационной работе**

1. Приведенные в диссертации записи электрокардиограмм, выбранные для разделения на источники, всегда соответствовали ряду требований: наличие одного плода; соотношение амплитуд отношений материнских и плодов R-пиков в диапазоне от 1.4 до 6; длительность сигнала, используемого для обучения ограничивалась 10-ю секундами. В работе недостаточно внимания уделено выбору таких ограничений.

2. При построении обобщенной оценки состояния здоровья системы Мать-плод были рассмотрены ряд интегральных критериев (стр. 80 – 90 диссертационной работы). Следовало привести их сравнительный анализ, а также области, в которых полученные обобщенные оценки биосистемы Мать-плод показали наилучшие результаты.

3. В главе 3 диссертации приведены методологические основы информационного анализа данных и выбора последовательности управляющих воздействий, однако нет подробного описания взаимодействия используемых методов. Например, хотелось бы увидеть каким образом происходит взаимодействие нейронных сетей и обобщенных оценок.

4. В автореферате на рисунке 6 сложно отличить кривые друг от друга, соответствующие различным алгоритмам обучения. Следовало выделить не цветом, а штриховкой разные кривые.

В целом отмеченные замечания не влияют на ценность полученных теоретических и практических результатов работы и не снижают качество проведенных исследований.

## Заключение

Диссертационная работа Гергет Ольги Михайловны является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема, имеющая важное хозяйственное значение – совершенствование методологии анализа информационных потоков, характеризующих состояние биосистемы, и инструментальных средств обнаружения закономерностей в них с целью снижения временных затрат на обработку информации и минимизации возникновения критических состояний биосистемы. Предлагаемые теоретические положения и методы разработаны до практических методик, алгоритмов и программ, а выводы подтверждаются экспериментальными исследованиями.

Результаты диссертационного исследования соответствуют специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики.

Диссертационная работа «Модель и инструментальные средства анализа информационных процессов биологической системы Мать-плод» отвечает требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор, Гергет Ольга Михайловна, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики.

Официальный оппонент  
доктор технических наук,  
директор научно-исследовательского института  
медицинской инженерии  
Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Новосибирский государственный технический  
университет», Заслуженный конструктор РФ

  
25.10.2018г.

Белик Дмитрий Васильевич

Почтовый адрес: 6300073, г. Новосибирск, проспект Карла Маркса, 20

Телефон: +79139150973

Адрес электронной почты: [belik@corp.nstu.ru](mailto:belik@corp.nstu.ru)

  
Белик



алова