

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу  
Гергет Ольги Михайловны  
«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

Анализ Государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения», утвержденной постановлением Правительства РФ от 26 декабря 2017 г. № 1640 и федерального проекта «Цифровое здравоохранение», показывает, что вектор развития отрасли установлен на внедрение цифровых технологий и платформенных решений. В том числе, одним из ожидаемых результатов является разработка и внедрение интеллектуальных систем поддержки принятия врачебных решений по раннему прогнозированию и выявлению заболеваний, с применением технологий анализа больших данных и машинного обучения в не менее 70% медицинских организаций к 2024 году.

Актуальность диссертационной работы Гергет Ольги Михайловны не вызывает сомнений и определяется важностью разработки теоретических положений, которые являются решением фундаментальной проблемы - совершенствование методологии анализа информационных потоков, характеризующих состояние здоровья, и инструментальных средств обнаружения закономерностей в них с целью снижения временных затрат на анализ данных и минимизации возникновения критических состояний биосистемы.

В современных интеллектуальных системах, поддерживающих процесс принятия врачебного решения, активно применяются нечеткая логика, интеллектуальный анализ данных, ситуационный и статистический анализ. Однако, несмотря на заметные достижения в данной области, сохраняется необходимость в разработке эффективных методов, повышающих качество мониторинга и прогнозирования состояния сложной биосистемы человека. Таким образом, актуальность диссертации заключается в том, что подобные исследования направлены на повышение качества принятия врачебных решений, связанных с рождением здорового поколения и направленных на снижение материнской и младенческой смертности.

### Содержание работы

Диссертационная работа общим объемом 316 страниц, содержит 82 рисунка и 64 таблицы. Состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы из 349 наименований и 3 приложений.

**Во введении** обоснована актуальность темы исследования, поставлена цель и решаемые задачи, сформулированы научная новизна и практическая значимость, приведены положения, выносимые на защиту.

**Первая глава** посвящена анализу существующих математических моделей и методов, на основе которых был осуществлен мониторинг и прогнозирование состояния развивающихся систем. Рассмотрены основные методы оптимизации, приведено их сравнение. Показана особенность оценивания функционального состояния сложной развивающейся системы Мать-плод. Обосновано исследование этой биосистемы на основе информационных подходов, глубоких нейронных сетей и эволюционных методов.

**Во второй главе** сформулирована методология оценивания функционального состояния биосистемы. Предложен метод вычисления обобщенного показателя биосистемы Мать-плод. Особое внимание уделено формированию интегральной оценки, которая позволила сформировать комплексную оценку поведения динамической биосистемы в условиях, когда все внутренние ресурсы направлены на поддержание равновесия в условиях нестабильной внешней и внутренней среды. Проведена апробация методов мониторинга функционального состояния детей в раннем возрасте.

**В третьей главе** предложена общая концепция информационного анализа данных и выбора последовательности управляющих воздействий. Описана разработанная бионическая модель выбора управляющих воздействий. Особое внимание уделено новому принципу представления информации в явном и неявном виде. Обозначена проблема обучения динамических нейронных сетей и предложена модификация алгоритма обучения нейросетевой модели, за счет чего была снижена зависимость величины коррекции весового коэффициента от значений производных активационной функции. Подробно рассмотрены основные этапы и результаты вычислительного эксперимента.

**В четвертой главе** проиллюстрирована возможность применения глубоких нейронных сетей с перекрестными связями в качестве основы для нелинейной динамической модели электрокардиограммы плода. Показаны преимущества применения глубоких нейронных сетей для выделения плодового сигнала из материнской электрокардиограммы по сравнению с методами анализа независимых компонент (ICA, JADE, Infomax). Обоснована необходимость модификации алгоритма обучения нейронных сетей Resilient propagation. Приведено экспериментальное исследование предложенного алгоритма обучения динамических нейронных сетей.

**В пятой главе** подробно описана информационная система. Проведена апробация созданного программного обеспечения для формирования управляющих воздействий и минимизации возможности перехода в неблагоприятные состояния, на основе которой можно судить о корректности программной реализации. Описаны результаты внедрения информационной системы в оздоровительные центры. Приведен расчет экономического эффекта применения управляющих воздействий у беременных женщин и их детей.

**В заключении** сформулированы основные результаты выполненного исследования и выводы по работе.

**Приложение** содержит копии актов о внедрении, патента на изобретение, свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, исходные данные и результаты исследований.

### **Новизна исследований и полученных результатов**

- Разработан и реализован метод вычисления обобщенного показателя биосистемы Мать-плод (МиП), который позволяет получить количественную оценку состояния развивающейся биосистемы. Его отличительной особенностью от существующих методов расчета обобщенных и интегральных оценок является учет динамических параметров формирования признаков, способ вычисления которых предложен автором диссертационной работы.
- Предложена и апробирована бионическая модель, основанная на интеграции метода вычисления обобщенного показателя МиП, искусственных нейронных сетей и генетического алгоритма, при явной и неявной форме представления информации, позволяющая повысить эффективность выбора управляющих воздействий.
- Сформирован и обоснован новый принцип представления данных в бионических моделях и предложен алгоритм выбора гиперпараметров бионической модели, отличающийся от существующих возможностью явного или неявного представления информации.
- Разработан и реализован алгоритм разделения источников ЭКГ-сигнала, который позволяет выявить информационные взаимодействия между плодовой и материнской составляющими и разделить взаимодействующие сигналы. В алгоритме заложен принцип интеграции метода слепого разделения источников и нейронных сетей. Суть алгоритма заключается в том, что коэффициентами разделяющей матрицы являются весовые коэффициенты нейронной сети, что дало возможность повысить точность разделения сигналов по сравнению с методами анализа независимых компонентов.
- Выполнено развитие алгоритма обучения нейронной сети, которое позволило решить проблему зависимости коррекции весовых коэффициентов от количества развертываний рекуррентной нейронной сети за счет определения коррекции весовых коэффициентов в зависимости от динамики знака суммы производных целевой функции по весу.
- Спроектирована новая структура информационной системы предобработки и анализа информации, поступающей из разнородных источников, и создан программный комплекс, который выступает каркасом систем мониторинга, прогнозирования, выбора управляющих воздействий, отличающийся от существующих наличием авторских модулей, в которых реализованы новые предложенные в работе алгоритмы, модели и методы.

Можно утверждать, что результаты, полученные автором, относятся к новому научно-техническому направлению, позволяющему создавать основу для проектирования современных инструментальных средств анализа информационных процессов, протекающих в биосистеме Мать-плод.

### **Степень обоснованности и достоверности научных положений и выводов, сформулированных в диссертации**

В работе изучены и проанализированы труды отечественных и зарубежных ученых, связанные с научной методологией выбора показателей, влияющих на здоровье системы мать-плод; новыми подходами к оцениванию, прогнозированию функционального состояния организма; возможностями машинного обучения; проектированием информационных систем.

Проведенный автором анализ подтвердил недостаточную изученность проблем оценки гомеостатических свойств биообъектов и указал на востребованность в новых подходах к информационному моделированию объектов с развивающейся структурой.

Корректно используя научные методы исследования и математический аппарат, Гергет О.М. систематизирует знания о существующих математических моделях и методах анализа данных, обосновывает поведение биосистемы Мать-плод, как сложной развивающейся системы, классифицирует и разрабатывает критерии оценки ее функционального состояния и алгоритмы для обучения динамических нейронных сетей, моделирует и аргументирует полученные результаты и выводы.

Достоверность сформулированных в работе выводов подтверждается использованием методов, проверенных на практике, результатами экспериментов, проверкой статистических гипотез, соответствием основным теоретическим положениям диссертации.

Для практического подтверждения выдвинутых в работе положений автором выполнена успешная адаптация предложенных ею алгоритмов и методов на базе ряда лечебных учреждений и научно-исследовательских медицинских центров регионов России и Казахстана. Получены 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и один патент на изобретение.

Результаты диссертационного исследования использованы при выполнении проектов РФФИ, РГНФ, совместного проекта с КарГТУ (Республика Казахстан) и ряда других.

Основные публикации по теме диссертационной работы отражены в 63 печатных работах, представленных в 18 рецензируемых журналах из перечня ВАК, 16 проиндексированы в библиографических базах Scopus и WoS. Опубликовано 1 монография, 2 учебных пособия и 26 статей в научно-технических журналах и сборниках. Результаты исследований по теме диссертации представлялись автором на различных международных и российских конференциях, в том числе посвященных интеллектуальному анализу данных, новейшим информационным технологиям.

### **Значимость результатов исследования**

Полученные в диссертационной работе результаты являются значимыми как в научном, так и практическом аспектах.

Научную ценность результатов исследования составляют:

- метод вычисления обобщенного показателя биосистемы Мать-плод, позволяющий получить количественную оценку состояния с учетом динамических параметров формирования признаков, обеспечивающий увеличение точности оценки состояния развивающихся биосистем;
- бионическая модель выбора управляющих воздействий, основанная на синтезе метода вычисления обобщенного показателя МиП, искусственных нейронных сетей и генетического алгоритма;
- алгоритм выбора гиперпараметров бионической модели;
- алгоритм выделения электрокардиограммы плода из абдоминального ЭКГ-сигнала, основанный на синтезе метода слепого разделения источников, обратного распространения ошибки во времени и правила коррекции веса в зависимости от динамики знака суммы производных целевой функции по весу.

Практическая ценность результатов исследования заключается в разработке информационной системы нового поколения, реализующей совокупность разработанных моделей, методов и алгоритмов мониторинга, прогнозирования состояния биосистемы и выбора управляющих воздействий, что позволило:

- повысить эффективность выбора управляющих воздействий и, как следствие, снизить возможность перехода в критическое состояние в среднем на 14 %.
- повысить точность прогнозирования обобщенной оценки состояния биосистемы (на 10–12 %) в отличие от линейной регрессии.

Полученные результаты подтверждены 7 актами внедрения результатов диссертационного исследования.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы**

Полученные результаты и выводы диссертационной работы могут быть использованы:

- при проектировании комплексных интеллектуальных систем поддержки принятия врачебных решений по раннему прогнозированию, выявлению заболеваний и формированию схемы лечения, с применением технологий анализа больших данных и машинного обучения, на основе разработанных автором моделей и методов;

- в учебном процессе ВУЗов для подготовки студентов по новым (смешанным) направлениям подготовки специалистов-кибернетиков, способных к самостоятельной работе на должностях врача-кибернетика, биолога, лаборанта-исследователя, инженера-исследователя в медицинских учреждениях, а также при подготовке научных сотрудников в научно-исследовательских и научно-производственных учреждениях.

### **Достоинства работы**

К достоинствам работы относятся:

- глубокий анализ и обширная проработка источников информации по теме исследования;
- целостность и логическая взаимосвязь теоретических и практических разделов работы;
- высокий уровень компетентности автора в предметной области исследования;
- широкий и научно обоснованный набор использованных математических методов исследования;
- понятный и грамотный научный язык изложения материала;
- качественный иллюстрированный материал;
- достаточность исследований для достижения поставленной цели.

Вышеперечисленные доводы свидетельствуют о достаточно высоком научном уровне и практической значимости диссертационной работы.

### **Общие замечания по диссертационной работе**

По работе имеются следующие замечания:

1. Указано, что "Целью работы является повышение качества мониторинга и прогнозирования...", но в задачах и результатах этот пункт явно не приводится и не оценивается.

2. Представляется, что целью диссертационного исследования должна была стать разработка методологии информационного анализа данных. Причем автором проведена большая работа и, по сути дела, в тексте диссертации приведена разработанная методология анализа информационных потоков, характеризующих состояние биосистемы. Однако автор не счел нужным включить это в цель диссертации.

3. Неоднократно указывается, что предложенные методы, модель и алгоритмы могут быть применимы в разных предметных областях, но в каких именно, автором не раскрывается.

4. Представленные в работе новый принцип представления данных в бионических моделях и алгоритм выбора гиперпараметров бионической модели не объединены в систему, в тексте диссертации явно не указано, как именно авторская методология объединяет эти подходы.

5. Для описания архитектуры информационной системы, следовало бы использовать общепринятые в системной инженерии стандарты (ISO, IEC, OMG и т.п.).

В то же время, отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку основных теоретических и практических результатов выполнения диссертационного исследования.

### Заключение

Диссертация является завершенной научно-квалифицированной работой, выполненной ее автором на высоком научном уровне. В работе приведены результаты исследования, позволяющие квалифицировать их как научно обоснованные методологические и технические решения, предназначенные для проведения высокоэффективного мониторинга и прогнозирования биосистемы Мать-плод. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы.

Диссертация написана понятным научным языком, грамотно и аккуратно оформлена.

Автореферат оформлен в соответствии с требованиями ВАК, полностью отражает содержание диссертации, соответствует основным положениям диссертации.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.13.17 (пп. 1, 3, 5, 12, 13), что обосновано в автореферате.

Диссертационная работа «Модель и инструментальные средства анализа информационных процессов биологической системы Мать-плод» отвечает требованиям 9-11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 №842), предъявляемым ВАК при Минобрнауки РФ к докторским диссертациям, а ее автор Гергет Ольга Михайловна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики».

Официальный оппонент,  
доктор технических наук, профессор,  
главный научный сотрудник,  
Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева  
Сибирского отделения РАН

  
Массель Людмила Васильевна

664003, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 130  
Телефон: (3952) 500-646 (441)  
e-mail: massel@isem.irk.ru

