

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

**Сырямкина Владимира Ивановича**

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

### **Актуальность темы диссертации**

Недостатки современных математических методов формализации процессов и явлений, сопровождающих развитие биологических систем, определяют актуальность построения инструментальных средств анализа информационных процессов систем, основанных на применении биоинспирированных алгоритмов. В представленной на оппонирование работе сделан акцент на искусственные нейронные сети и генетические алгоритмы, а также модели, обеспечивающие их взаимодействие при структурном отражении функционирования объекта исследования. Развитие машинного обучения и эволюционных методов оптимизации является актуальным научным трендом, однако их развитие во многих аспектах происходит обособленно. В то же время поиск моделей и алгоритмов, органично сочетающих в себе вышеперечисленные подходы, несомненно приводит к значительному повышению адекватности моделирования состояния биосистем.

Отраслью народного хозяйства, остро нуждающейся в информационных системах, интегрирующих мощные методы математического моделирования и системного анализа, является здравоохранение. Объемы гетерогенной информации и ее неструктурированность порождают врачебные ошибки и ограничивают время, отведенное на принятие решения, что в целом снижает качество медицинского обслуживания. Несмотря на принятие программы «Цифровая экономика Российской Федерации», сквозное направление «нейротехнологии и искусственный интеллект» пока не находят применение в медицине, ограничиваясь лишь созданием хранилищ данных. Таким образом, задача разработки и реализации информационной системы для интеллектуальной аналитики медицинских данных, в основе которой заложены математические модели, методы и алгоритмы, является актуальной и требует детального изучения.

## Анализ содержания диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка сокращений и определений, списка литературы и 3-х приложений. Работа изложена на 316 страницах текста, включая 64 таблицы и проиллюстрирована 82 рисунками, библиография содержит 349 наименований.

**Во введении** обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель, определены основные задачи, которые необходимо выполнить для создания информационной системы мониторинга и прогнозирования состояния биосистемы. Показана научная новизна, практическая значимость, представлены положения, выносимые на защиту.

**Первая глава** посвящена вопросам анализа существующих математических методов и моделей оценивания и прогнозирования состояния развивающихся биологических систем. Организм человека представлен с позиции сложной развивающейся биосистемы. Автор обосновывает данный подход, приводя в качестве доказательства наличие у системы свойств необратимости, направленности и закономерности процесса развития. Особое внимание уделяется устойчивости такой системы и способам ее формализации, в связи с чем вводятся понятия «магистралей развития», «динамический гомеостаз», «управляющие воздействия». Проведены исследования корреляции гомеостатических свойств биосистем с качеством информационных процессов. Приведен обзор и обоснован выбор методов для решения задач: прогнозирования состояния биологической системы Мать-плод на основе глубоких нейронных сетей; формирования эффективного плана корректирующих мероприятий с помощью комплекса взаимосвязанных средств обработки информации, объединяющего генетические и нейросетевые алгоритмы. Сформированы методологические основы мониторинга состояния беременной женщины и плода на базе методов оценки информационных потоков, характеризующих состояние биосистем с учетом влияния внутренних и внешних факторов, и методов машинного обучения. Ключевыми этапами в методологии информационного анализа биосистемы Мать-плод являются: формирование системных показателей; расчет динамических параметров; построение магистральной траектории на основе обобщенных оценок; моделирование изменения состояния системы в зависимости от внешних воздействий; формирование совокупности эффективных воздействий.

**Во второй главе** описаны результаты исследования функциональных зависимостей биосистемы, определяемых информационными процессами. Получены аналитические выражения для оценки динамики показателей гомеостаза и уровней, характеризующих взаимные динамические связи между показателями состояния биологической системы. В ходе эксперимента получены пороговые значения для динамических параметров. Произведены исследования методов, которые позволяют получать интегральную оценку состояния биосистемы и разработан метод вычисления обобщенного показателя биосистемы Мать-плод. В качестве обобщения приведена информационная структура мониторинга состояния биосистемы, элементами которой являются: информационный метод получения обобщенной оценки; расчет динамических параметров; построение магистральных и оптимальных траекторий, алгоритм классификации состояний с предопределенными классами норма, предкризис и кризис. Предложенный Гергет О.М. метод вычисления обобщенного показателя биосистемы Мать-плод показал лучшие в плане чувствительности и специфичности результаты вычислительных экспериментов, выполненных на основе реальных биомедицинских данных.

**В третьей главе** рассматриваются вопросы построения нейросетевой модели влияния управляющих воздействий на функциональное состояние биосистемы. Приведена концепция нового представления информации в бионической модели выбора последовательности управляющих воздействий. Рассмотрена проблема обучения глубоких нейронных сетей и обоснован выбор в качестве целевой функции кросс-энтропии, это в свою очередь позволило решить проблему зависимости коррекции веса от значения производной активационной функции. Подробно рассмотрено взаимодействие нейронных сетей и генетического алгоритма, которое осуществляется в двух направлениях: поиск значений всех свойств модели, не изменяющихся в процессе обучения; определение последовательности управляющих воздействий, применяемых к биосистеме. Предложены методологические основы информационного анализа данных и выбора последовательности управляющих воздействий. Приведены результаты применения бионического моделирования функционального состояний на основе экспериментальных данных.

**В четвертой главе** произведен сравнительный анализ методов разделения ЭКГ-сигналов и описан разработанный алгоритм функционального оценивания сердечной активности плода, в котором матрица разделяющих

коэффициентов выступает в качестве весовых коэффициентов нейросетевой модели. В отличие от метода анализа независимых компонент, коэффициенты разделяющей матрицы определяются не через максимизацию негэнтропии, а с помощью алгоритма машинного обучения, определяющего коэффициент приращения к весу в зависимости от динамики знака суммы производных целевой функции. Показано решение проблемы чрезмерно большой коррекции независимых компонент искусственной нейронной сети при ее многократном развертывании из рекуррентной формы. Представлены результаты вычислительных экспериментов, которые показали высокую точность выделения электрокардиограммы плода из материнского сигнала, не зависящую от выбора точки отсчета и длительности анализируемой смеси сигналов.

**В пятой главе** описываются концепция, структура и функциональные возможности информационной системы «Формула жизни», а также полученные с ее помощью результаты вычислительных экспериментов и апробации в медицинских учреждениях. В частности, представлены стратегии адаптации для детей на клиноортостатическую пробу. Приведены результаты моделирования динамики состояния беременных женщин в зависимости от комплекса управляющих воздействий. Информационная система сочетает в себе как известные инструменты для обработки данных, так и собственные разработки. Собственные разработки положены в основу программных решений: обеспечивающих аналитику данных с позиции информационного подхода; слепого разделения источников абдоминальной электрокардиограммы; выделения RR-интервалов и электрокардиограммы.

**В заключении** приведены основные результаты и выводы по проделанной работе.

По теме диссертации опубликованы 63 печатных работы, в том числе 18 в изданиях, рекомендованных ВАК, 16 работ в изданиях, входящих в международные базы цитирования SCOPUS и Web of Science, 1 монография, 2 учебных пособия. Получено 4 свидетельства о государственной регистрации программ на ЭВМ, 1 патент на изобретение.

**Содержание автореферата** в полной мере отражает основное содержание диссертационной работы и полученные в ходе научных исследований результаты и выводы.

### **Новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе**

Наиболее важными результатами, обладающими признаками новизны, являются:

1. Метод вычисления обобщенного показателя развивающейся биосистемы Мать-плод.
2. Магистральный подход представления закономерностей функционирования и получения доказательных оценок индивидуального состояния.
3. Новые принципы представления данных в бионических моделях и алгоритмы определения значений параметров нейросетевых моделей, которые не изменяются в процессе машинного обучения.
4. Алгоритм слепого разделения источников абдоминальной электрокардиограммы, зарегистрированной с нескольких отведений.
5. Алгоритм обучения динамической нейронной сети, определяющий приращение весовых коэффициентов в зависимости от динамики знака суммы производных целевой функции по весу для всех обучающих итераций.
6. Структура информационной системы предобработки и анализа информации, поступающей из разнородных источников, и ее программная реализация, которая интегрирует модули информационного анализа функционального поведения биосистем, слепого разделения источников, визуализации данных и результатов аналитики, машинного обучения.

### **Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Цель и задачи диссертационного исследования изложены корректно, являются логически связаны, целостны, значимыми для науки и практически реализуемы. Обоснованность разработанных научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается строгими математическими выводами, соблюдением принципов проведения научного исследования, теоретической проработанностью, комплексным использованием общепринятых теоретических и эмпирических методов исследования. Обоснованность практических результатов подтверждается актами внедрения информационной системы в лечебно-оздоровительные учреждения и организации, которые занимаются разработкой и внедрением

автоматизированных систем хранения и обработки данных в медицинских организациях.

Достоверность полученных результатов подтверждается математическим обоснованием созданных моделей и инструментальных средств. Проверкой теоретических положений, предлагаемых решений и рекомендаций в ходе математического моделирования в математических пакетах Matlab, SPSS Statistics. Правомерность основных положений и выводов доказывается практическими разработками программных модулей информационного анализа, алгоритмов машинного обучения и системного анализа сложных развивающихся биосистем. Результаты теоретических исследований подтверждаются проведением значительного числа вычислительных экспериментов на реальных данных.

### **Значимость для науки и практики результатов работы**

Значимость диссертационных исследований прежде всего связана с разработкой новых: методов вычисления обобщенных оценок состояния биосистемы и построения индивидуальных адаптационных траекторий; бионической модели выбора последовательности управляющих воздействий; принципов представления информации в системе; алгоритмов разделения источников ЭКГ-сигналов и минимизации целевой функции обучения нейронной сети, предназначенных для решения 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.

Научные положения и выводы имеют практическую значимость, которая заключается в том, что они способствуют повышению эффективности первичной реабилитации, увеличению точности диагностики, снижению ошибки прогноза состояния биологической системы, минимизации временных затрат на обработку информации, а также более адекватному и достоверному анализу данных в слабо формализованных областях.

### Замечания по диссертационной работе

При изучении материалов диссертации отмечены следующие недостатки и замечания:

1. В описании разработанной бионической модели выбора последовательности управляющих воздействий на стр. 116 диссертации сказано, что «хромосома определяется генами, характеризующими определенные свойства модели (количество слоев, нейронов в них, емкость краткосрочной памяти, степень связности сети, тип активационной функции, тип развертывания динамической сети и др.)». В таком случае возникает задача скрещивания генов разной длины. В тексте диссертации не приведено сведений о способе скрещивания.

2. В описании алгоритма разделения источников ЭКГ-сигнала, автором представлены структура алгоритма, схема и результаты экспериментов (Таблицы 11-13), в которых приведены результаты распознавания R – пиков. Однако из текста диссертации не ясно, как и когда происходит выделение R – пика электрокардосигнала.

3. Проведенные эксперименты указывают на наличие статистически значимой взаимосвязи между состоянием здоровья матери и новорожденного и слабо отмечено влияние факторов матери на состояние здоровья плода. По моему мнению, следовало бы больше внимания уделить данной взаимосвязи.

4. Так как структура информационной системы является одним из пунктов научной новизны, поэтому следовало бы визуальное представление структуры и описание разместить в текст главы диссертации, а не размещать в приложение.

5. Имеются опечатки в тексте диссертации (стр. 69, 121, 183) и автореферате (стр. 7, 9, 10, 15).

Отмеченные недостатки не снижают общую положительную оценку диссертационной работы Гергет О.М.

### Заключение

Диссертационная работа Гергет Ольги Михайловны «Модель и инструментальные средства анализа информационных процессов биологической системы Мать-плод» является научно-квалификационной работой, в которой предложены новые и несомненно значимые в области информационных технологий теоретические положения и практические результаты. Диссертационная работа выполнена на актуальную тему, в

которой решена важная научно-техническая и социальная задача мониторинга и прогнозирования функционального состояния биосистемы Мать-плод. По своей актуальности, объему выполненных экспериментов, научной новизне и практической значимости представленная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор, Гергет Ольга Михайловна, несомненно заслуживает присуждения ей искомой ученой степени по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики».

Официальный оппонент  
 заведующий кафедрой управления качеством,  
 факультет инновационных технологий  
 Федерального государственного автономного  
 образовательного учреждения высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский  
 государственный университет»,  
 доктор технических наук, профессор,  
 Заслуженный работник Высшей школы РФ,  
 Лауреат Премии Правительства РФ  
 в области образования

*В. Соколов -*  
*17.10.2018 г.*

Сырямкин Владимир Иванович

Адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36  
 Телефон: (3822) 52-98-23, +79059908625  
 Адрес электронной почты: [egs@sibmail.com](mailto:egs@sibmail.com)  
 Специальность по которой была защищена  
 докторская диссертация:  
 05.13.05. – Элементы и устройства вычислительной  
 техники и систем управления



Подпись  
 удостоверяю  
 УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ТГУ

*Н.А. Сазонтова*

Н. А. САЗОНТОВА