



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИКТИ РАН

С.А. Шептунов
«17» января 2024 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на выполнение научно-исследовательских работ по теме:
**«Разработка методов и алгоритмов обработки электрокардиосигналов
нейронными сетями для диагностики инфаркта миокарда»**

1. Цели выполнения

Целью выполнения работы является повышение качества обработки кардиографической информации с использованием нейронных сетей для диагностики инфаркта миокарда.

2. Задачи НИР:

2.1 Провести критический анализ существующих методик и средств обработки кардиографической информации для диагностики инфаркта миокарда, обнаружение их недостатков и обоснование разработки новых методик обработки кардиографической информации и нейросетевого анализа электрокардиосигнала (ЭКС).

2.2 Разработать новую методику определения электрофизиологических характеристик сердца для диагностики инфаркта миокарда.

2.3 Разработать новую методику нейросетевого анализа электрокардиосигнала для диагностики инфаркта миокарда на основе совместного анализа прямых и рецепторных признаков инфаркта миокарда отдельных элементов кардиоцикла.

2.4 Разработать новые методики выделения отдельных элементов кардиоцикла.

2.5 Исследовать научные подходы для описания и анализа параметров биосистем, на примере временных рядов кардиоинтервалов, полученных при помощи специализированных медицинских приборов.

2.6 Определить ограничения и новые возможности применения методов математической статистики для исследования хаотической динамики поведения кардиоинтервалов на этапе первичной обработки данных.

2.7 Выявить особенный тип хаоса в динамике поведения временных рядов кардиоинтервалов и его математическое описание.

2.8 Разработать способ количественного описания хаотической динамики поведения временных рядов кардиоинтервалов для идентификации функциональных (в том числе патологических) состояний организма человека.

2.9 Разработать структуры, математическое и алгоритмическое обеспечение информационно-аналитической системы функциональной кардиодиагностики.

2.10 Проанализировать и систематизировать помехи, возникающие при получении кардиографической информации; определить перспективы совершенствования систем помехозащищенной обработки кардиографической информации.

2.11 Провести сравнительный анализ алгоритмов декомпозиции на эмпирические моды, привести обоснование предлагаемого технологического процесса, разработать

экспериментальную базу данных и методик помехозащищенной обработки кардиографической информации.

2.12 Разработать алгоритмы и подсистемы подавления интенсивных помех различного вида в электрокардиосигналах на основе декомпозиции сигналов на эмпирические моды и спектрального анализа Гильберта.

2.13 Разработать алгоритмы и подсистемы эффективного обнаружения и выделения информативных участков электрокардиосигналов с использованием многоканальной записи сигналов и преобразования Гильберта - Хуанга.

2.14 Разработать алгоритмы и подсистемы подавления помех и выделения контура сердца на флюорографических изображениях сердечной тени на основе декомпозиции на двумерные эмпирические моды, текстурного и контурного анализа.

2.15 Исследовать возможности и особенности применения нейронных сетей для обработки многомерных данных.

2.16 Рассмотреть детерминированные, статистические и нейросетевые методы распознавания образов и распознавания изображений.

2.17 Рассмотреть статистические и нейросетевые алгоритмы обнаружения сигналов.

2.18 Разработать программное обеспечение на основе рассмотренных алгоритмов для решения задач распознавания зашумленных изображений и обнаружения сигнала.

2.19 Изучить задачи диагностики с использованием нейронных сетей на примере диагностики инфаркта миокарда и разработать математическое и программное обеспечение процедуры диагностики.

3. Методы и средства исследований.

При выполнении задач Технического задания должны использоваться методы теории систем и системного анализа, кардиологии и диагностики ИМ, теории искусственных нейронных сетей, теории цифровой обработки сигналов; основы системного анализа, методы теории вероятности и математической статистики; методы цифровой фильтрации сигнала, теории хаоса-самоорганизации, преобразование Гильберта - Хуанга, методы цифровой обработки сигналов и изображений, методы спектрального и статистического анализа, теоретические основы электрокардиографии.

4. При выполнении НИР должны быть получены следующие результаты:

4.1 Будет проведен критический анализ существующих методик и средств обработки кардиографической информации для диагностики инфаркта миокарда, обнаружение их недостатков и обоснование разработки новых методик обработки кардиографической информации и нейросетевого анализа ЭКС.

4.2 Будет разработана новая методика определения электрофизиологических характеристик сердца для диагностики инфаркта миокарда.

4.3 Будет разработана новая методика нейросетевого анализа электрокардиосигнала для диагностики инфаркта миокарда на основе совместного анализа прямых и реципрокных признаков инфаркта миокарда отдельных элементов кардиоцикла.

4.4 Будут разработаны новые методики выделения отдельных элементов кардиоцикла.

4.5 Методика определения электрофизиологических характеристик сердца для диагностики инфаркта миокарда должна позволять на основе анализа и моделирования

кардиографической информации наглядно представить на трехмерной модели электрическую активность сердца.

4.6 Методика обработки кардиографической информации должна отличаться совместным применением статистического анализа, нейросетевого анализа ЭКС, неинвазивным определением электрофизиологических характеристик сердца, моделированием электрической активности сердца и визуализацией распространения возбуждения по энкардиальной поверхности миокарда, позволяющая точнее локализовать инфаркт миокарда и наглядно представить на трехмерной модели сердца пациента место повреждения миокарда.

4.7 Методика нейросетевого анализа ЭКС должна расширять функциональные возможности за счет последовательного нейросетевого анализа инфаркта миокарда и сегментов кардиоцикла и синтеза логической функции о наличии инфаркта миокарда, позволяющая формировать диагностическое заключение независимо от количества проявившихся прямых и реципрокных признаков инфаркта миокарда (ИМ).

4.8 Методика статистической обработки временных отсчетов ЭКС за счет построения фазовой траектории ЭКС должна позволять достоверно выделить амплитудно-временные параметры Q, R, S, T-зубцов ST-сегмента.

4.9 Методика диагностики ИМ на основе нейросетевого анализа сегментов кардиоцикла, выделения прямых и рецепторных признаков инфаркта миокарда сегментов кардиоцикла и последовательно-параллельного соединения нейронных сетей, должна обеспечивать принципиальную возможность в условиях массового обследования с вероятностью до 98 % определения трансмуральности, вида и локализации ИМ.

4.10 Будут исследованы научные подходы для описания и анализа параметров биосистем, на примере временных рядов кардиоинтервалов, полученных при помощи специализированных медицинских приборов.

4.11 Будут определены ограничения и новые возможности применения методов математической статистики для исследования хаотической динамики поведения кардиоинтервалов на этапе первичной обработки данных.

4.12 Будет выявлен особый тип хаоса в динамике поведения временных рядов кардиоинтервалов и его математическое описание.

4.13 Будет разработан способ количественного описания хаотической динамики поведения временных рядов кардиоинтервалов для идентификации функциональных (в том числе патологических) состояний организма человека.

4.14 Будут разработаны структуры, математическое и алгоритмическое обеспечение информационно-аналитической системы функциональной кардиодиагностики.

4.15 Способ количественного описания хаотической динамики поведения кардиоинтервалов на основе расчета параметров квазиаттракторов и анализа матриц парных сравнений должен обеспечивать получение объективной оценки состояния функциональных систем организма человека.

4.16 Методика выявления особого типа хаоса динамики поведения параметров биосистем на примере кардиоинтервалов должна обеспечивать доказание с точностью

более 99% особой нестационарности, нелинейности и хаотичности процесса работы параметров биосистемы.

4.17 Структура, математическое и алгоритмическое обеспечение информационно-аналитической системы функциональной кардиодиагностики должна позволять увеличить количество функций (на 60%) обработки и анализа кардиоинтервалограмм, а, следовательно, и объем количественной и качественной кардиографической информации (более чем в 2 раза).

4.18 Будут проанализированы и систематизированы помехи, возникающие при получении кардиографической информации; определены перспективы совершенствования систем помехозащищенной обработки кардиографической информации.

4.19 Будет проведен сравнительный анализ алгоритмов декомпозиции на эмпирические моды, приведено обоснование предлагаемого технологического процесса, разработана экспериментальная база данных и методик помехозащищенной обработки кардиографической информации.

4.20 Будут разработаны алгоритмы и подсистемы подавления интенсивных помех различного вида в электрокардиосигналах на основе декомпозиции сигналов на эмпирические моды и спектрального анализа Гильберта.

4.21 Будут разработаны алгоритмы и подсистемы эффективного обнаружения и выделения информативных участков электрокардиосигналов с использованием многоканальной записи сигналов и преобразования Гильберта - Хуанга.

4.22 Будут разработаны алгоритмы и подсистемы подавления помех и выделения контура сердца на флюорографических изображениях сердечной тени на основе декомпозиции на двумерные эмпирические моды, текстурного и контурного анализа.

4.23 Алгоритмы и подсистема, обеспечивающие анализ и эффективное подавление интенсивных помех различного вида в электрокардиосигналах, должны позволять снизить уровень всех помех в электрокардиосигналах за счет адаптивной объемной пороговой обработки поверхностей энергетической плотности, фрактального анализа определенных эмпирических мод и введения обратной связи.

4.24 Алгоритмы и подсистема подавления помех и выделения контура сердца на флюорографических изображениях сердечной тени должно обеспечивать высокую вероятность правильного выделения контура сердца даже в условиях повышенной зашумленности флюорографических изображений сердечной тени.

4.25 Алгоритмы и подсистемы помехозащищенной обработки электрокардиосигналов на основе преобразования Гильберта – Хуанга должны обеспечивать снижение в два раза уровня наиболее характерных интенсивных помех различного вида, на 5 и 8 % повышение соответственно чувствительности и специфичности обнаружения R зубцов электрокардиосигналов.

4.26 Алгоритмы и подсистемы помехозащищенной обработки флюорографических изображений сердечной тени на основе усовершенствованного алгоритма многомерно-ансамблевой декомпозиции изображения на двумерные эмпирические моды, должны обеспечить повышение в 10 раз быстродействие работы алгоритма и обеспечить повышение на 6 % вероятность правильного выделения контура

сердца далее в условиях повышенной зашумленности флюорографических изображений сердечной тени.

4.27 Будут исследованы возможности и особенности применения нейронных сетей для обработки многомерных данных.

4.28 Будут рассмотрены детерминированные, статистические и нейросетевые методы распознавания образов и распознавания изображений.

4.29 Будут рассмотрены статистические и нейросетевые алгоритмы обнаружения сигналов.

4.30 Будет разработано программное обеспечение на основе рассмотренных алгоритмов для решения задач распознавания зашумленных изображений и обнаружения сигнала.

4.31 Будут изучены задачи диагностики с использованием нейронных сетей на примере диагностики инфаркта миокарда и разработано математическое и программное обеспечение процедуры диагностики.

4.32 Программное обеспечение процессов распознавания изображений и обнаружения сигналов должно обеспечивать полную интерактивную и диалоговую поддержку программных средств.

4.33 Специальное математическое и программное обеспечение методов обработки многомерных данных должно отличаться возможностью применения, как в технических, так и в медицинских целях.

4.34 Нейросетевой алгоритм сети Хеминга должен обеспечивать коэффициент достоверности 0,87, карт Кохонена 0,83, РБФ сеть 0,9.

5. Требования к разрабатываемой документации

5.1 В результате выполнения работ должна быть разработана следующая документация:

- научно-технический отчет по результатам НИР по теме «Разработка методов и алгоритмов обработки электрокардиосигналов нейронными сетями для диагностики инфаркта миокарда».

5.2 Результаты работ, отражающие требования, установленные в разделах настоящего Технического задания должны быть разработаны в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32 – 2017.

Научный руководитель,
Директор НЦМУ «ЦБиПЗ»
вед. науч. сотр., д-ра техн. наук, проф.



Червяков Л.М.