



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИКТИ РАН

С.А. Шептунов
«17» января 2024 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на выполнение научно-исследовательских работ по теме:
**«Разработка системы считывания и распознавания сигналов датчиков
контроля сердечной деятельности»**

1. Цели выполнения

Целью выполнения работы является разработка методов и алгоритмов обработки информации, получаемой с кардиодатчиков с использованием специального математического и алгоритмического обеспечения.

2. Задачи НИР:

2.1 Разработать алгоритмические и программные средства, предназначенные для выявления искаженных участков ЭКС и автоматического исключения участков, содержащих искажения из процесса дальнейшего анализа ЭКС, с учетом ограничений на быстродействие и производительность вычислительных средств.

2.2 Исследовать структурные решения, применяемые в существующих и перспективных телекоммуникационных системах длительного мониторинга, для определения оптимальных решений по критериям автономности и надежности системы мониторинга.

2.3 Разработать алгоритм управления автономной системой длительного телемониторинга сердечной деятельности, позволяющей обеспечить контроль качества получаемых физиологических сигналов, определение отклонений контролируемых параметров от заданных по медицинским показаниям и ориентированный на реализацию вычислительными средствами с ограниченным быстродействием и производительностью.

2.4 Разработать алгоритмические и программные средства, повышающие эффективность сжатия последовательности отсчетов ЭКС, учитывающие ограничения при реализации вычислительными средствами с ограниченным быстродействием и производительностью.

2.5 Исследовать механизмы формирования электроимпедансных сигналов прекардиальной области грудной клетки и разработка модели формирования сигналов, приемлемой для решения обратной задачи электроимпедансометрии.

2.6 Разработать электродных систем для метода многоканального электроимпедансного прекардиального картирования.

2.7 Разработать программно-алгоритмического обеспечения регистрации сигналов, построения электроимпедансных карт и выделения контуров проекции сердца.

2.8 Провести анализ проблемы сегментации рынка медицинских услуг по медико-экономическим группам и обоснование подхода к оптимизации затрат на оказание медицинской помощи кардиологическим больным.

2.9 Разработать структуру распределенной кардиодиагностической системы с повышенной надежностью и отказоустойчивостью на основании анализа проблемы доступности информационных ресурсов в информационно-измерительных и управляющих системах неинвазивной кардиодиагностики.

2.10 Разработать и исследовать способ доступа к данным пациента медицинского учреждения для решения проблемы целостности данных при многопользовательском режиме доступа в распределенных информационно-измерительных и управляющих системах неинвазивной кардиодиагностики.

2.11 Разработать и исследовать способ выделения R-зубцов электрокардио-сигнала и начала реполяризации желудочков сердца на основании обзора существующих способов автоматизированной обработки ЭКС и анализа проблемы достоверного выделения характерных элементов ЭКС.

2.12 Разработать и исследовать способ прогнозирования атриовентрикулярных (АВ) блокад на основании анализа существующих способов прогнозирования аритмий для оценки тренированности сердца.

2.13 Разработать и экспериментально исследовать распределенную кардиодиагностическую систему.

2.14 Разработать новый метод преобразования сигнала акселерометра в сигнал, характеризующий изменение регистрируемого ускорения с течением времени и позволяющий сформировать ряд показателей двигательной активности.

2.15 Разработать методы и алгоритмы автоматизированного обнаружения отклонений в сигнале variability сердечного ритма под влиянием контролируемого физического воздействия.

2.16 Разработать методы и алгоритмы автоматизированного анализа влияния двигательной активности на динамику сердечного ритма и возникновение аритмий в ходе длительного кардиомониторинга.

2.17 Разработать концепцию электрокардиологического скрининга и на ее основе методологию проведения электрокардиологического скрининга при регистрации множественных отведений электрокардиосигналов, отличающиеся оригинальными методами регистрации и обработки электрокардиосигналов в множественных отведениях, совместным использованием эквивалентных электрических генераторов сердца поверхностного и дипольного типов и позволяющие получить новые диагностические возможности, а также контролировать лечение заболеваний сердца.

2.18 Разработать методологию получения диагностической информации на основе оригинальной реконструкции и визуализации пространственно-временных распределений эквивалентных электрических генераторов сердца поверхностного и дипольного типов.

2.19 Сформулировать принципы построения информационной скрининговой системы электрокардиодиагностики для количественной оценки пространственного разрешения электрической активности сердца по сигналам многоэлектродных кардиоотведений.

2.20 Разработать цифровой двойник сердца, обеспечивающий:

– расширение функциональных возможностей автоматизированного рабочего места (АРМ) врача-кардиолога, включая возможности картирования электрической активности сердца при скрининговых обследованиях;

– переход от ЭКГ-карт на поверхности торса к картам ЭЭГС на поверхности сердца для оценки пространственно-временной динамики проведения возбуждения в миокарде;

– переход к пространственно-временным характеристикам ЭЭГС дипольного типа в объеме сердца для диагностики ишемии;

– диагностику и контроль лечения заболеваний сердца на основе совместного использования эквивалентных электрических генераторов сердца поверхностного и дипольного типов.

2.21 Разработать методы и технические средства информационного и метрологического обеспечения процессов определения новых диагностических признаков сердечно-сосудистых заболеваний на основе совместного использования современных информационных и медицинских технологий при регистрации множественных отведений электрокардиосигнала.

2.22 Разработать информационную скрининговую систему электрокардиодиагностики по сигналам многоэлектродных кардиоотведений на основе мультиагентной технологии и облачных вычислений для поддержки принятия решения врачом-кардиологом.

2.23 Разработать методику установки режимов регуляризации при реконструкции эквивалентных электрических генераторов сердца поверхностного и дипольного типа.

2.24 Разработать блок регистрации электрокардиосигналов множественных отведений.

3. Методы и средства исследований.

При выполнении задач Технического задания должны использоваться методы проектирования информационно-измерительных систем и теории баз данных, методы цифровой обработки сигналов и исследования электрической активности сердца, теории измерений и статистической обработки данных, системный подход к изучению медицинских процессов и систем, методы математической статистики, регрессионного, корреляционного анализа, методы нелинейного анализа, включающие в себя методы адаптивной обработки сигналов, методы теории измерений, методы обработки сигналов, методы электрофизиологического исследования деятельности сердца в норме и патологии, математическое моделирование, методы решения некорректных задач, методы обработки изображений.

4. При выполнении НИР должны быть получены следующие результаты:

4.1 Будут разработаны алгоритмические и программные средства, предназначенные для выявления искаженных участков ЭКС и автоматического исключения участков, содержащих искажения из процесса дальнейшего анализа ЭКС, с учетом ограничений на быстродействие и производительность вычислительных средств.

4.2 Будут исследованы структурные решения, применяемые в существующих и перспективных телекоммуникационных системах длительного мониторинга, для определения оптимальных решений по критериям автономности и надежности системы мониторинга.

4.3 Будет разработан алгоритм управления автономной системой длительного телемониторинга сердечной деятельности позволяющий обеспечить контроль качества получаемых физиологических сигналов, определение отклонений контролируемых параметров от заданных по медицинским показаниям и ориентированный на реализацию вычислительными средствами с ограниченным быстродействием и производительностью.

4.4 Будут разработаны алгоритмические и программные средства, повышающие эффективность сжатия последовательности отсчетов ЭКС, учитывающие ограничения при реализации вычислительными средствами с ограниченным быстродействием и производительностью.

4.5 В рамках разработки алгоритмических и программных средств, предназначенных для выявления искаженных участков ЭКС и автоматического исключения участков, содержащих искажения из процесса дальнейшего анализа ЭКС будет предложена система выявления искажений ЭКС, основанная на методе опорных векторов, критериях качества сигнала и методе адаптивного формирования обучающей выборки.

4.6 В составе исследования структурных решений, применяемых в существующих и перспективных телекоммуникационных системах длительного мониторинга, а также разработки алгоритма управления автономной системой длительного телемониторинга сердечной деятельности будет разработан способ телемониторинга сердечной деятельности пациента, основанный на оценке качества сигналов, полученных одновременно от датчика ЭКГ, датчика пульса и сенсора физической активности, за счет определения по оригинальному алгоритму принадлежности уровня искажений ЭКС и частоты пульса пациента к интервалам допустимых значений, определяемых медицинским персоналом с учетом показаний сенсора физической активности.

4.7 В составе разработки алгоритмических и программных средств, повышающих эффективность сжатия последовательности отсчетов ЭКС, будет разработан способ сжатия электро кардио сигнала (ЭКС) бинарного представления ЭКС, основанный на масштабировании и побитном кодировании позиций ненулевых коэффициентов вейвлет преобразования ЭКС.

4.8 Алгоритм сжатия ЭКС бинарного представления ЭКС должен обеспечивать коэффициент сжатия в пределах 3 – 4.

4.9 Алгоритм сжатия ЭКС бинарного представления ЭКС должен обеспечивать выполнение только тривиальных преобразований, таких как операции умножение и сложение, что позволяет повысить скорость выполнения сжатия и увеличить время автономной работы системы мониторинга.

4.10 Система выявления искажений ЭКС, основанная на методе опорных векторов, критериях качества сигнала и предложенном методе адаптивного формирования обучающей выборки должен обеспечивать параметрами, в основе которых лежит применение трех и более критериев качества – специфичностью $Sp = 0.88$, чувствительностью $Se = 0.86$.

4.11 Примененные критерии качества сигнала должны отличаться требованием к существенно меньшему количеству (более чем в три раза) вычислительных операций по сравнению с другими известными критериями качества сигнала.

4.12 Способ мониторинга сердечной деятельности человека, основанный на накоплении и обработке последовательных выборок физиологических сигналов полученных от датчиков пульса, ЭКГ и сенсора физической активности, включающей определение по предложенному алгоритму уровня допустимых искажений ЭКС, принадлежности частоты пульса и уровня физической активности пациента к интервалам допустимых значений, определяемых медицинским персоналом с учетом показаний сенсора физической активности, должен обеспечивать повышение достоверности получаемых данных, обеспечение оповещения пациента и передачу на оперативную станцию наблюдения данных об отклонении контролируемых параметров физиологических сигналов от заданных или о необходимости коррекции положения регистрирующих датчиков.

4.13 Будут исследованы механизмы формирования электроимпедансных сигналов прекардиальной области грудной клетки и разработка модели формирования сигналов, приемлемой для решения обратной задачи электроимпедансометрии.

4.14 Будут разработаны электродные системы для метода многоканального электроимпедансного прекардиального картирования.

4.15 Будет разработано программно-алгоритмическое обеспечение регистрации сигналов, построения электроимпедансных карт и выделения контуров проекции сердца.

4.16 Будет проведен анализ проблемы сегментации рынка медицинских услуг по медико-экономическим группам и обоснование подхода к оптимизации затрат на оказание медицинской помощи кардиологическим больным.

4.17 Будет разработана структура распределенной кардиодиагностической системы с повышенной надежностью и отказоустойчивостью на основании анализа проблемы доступности информационных ресурсов в информационно-измерительных и управляющих системах неинвазивной кардиодиагностики.

4.18 Будет разработан и исследован способ доступа к данным пациента медицинского учреждения для решения проблемы целостности данных при многопользовательском режиме доступа в распределенных информационно-измерительных и управляющих системах неинвазивной кардиодиагностики.

4.19 Будет разработан и исследован способ выделения R-зубцов электрокардио-сигнала и начала реполяризации желудочков сердца на основании обзора существующих способов автоматизированной обработки ЭКС и анализа проблемы достоверного выделения характерных элементов ЭКС.

4.20 Будет разработан и исследован способ прогнозирования атриовентрикулярных (АВ) блокад на основании анализа существующих способов прогнозирования аритмий для оценки тренированности сердца.

4.21 Будет разработана и экспериментально исследована распределенная кардиодиагностическая система.

4.22 Способ доступа к данным, относящимся к пациентам медицинского учреждения должен позволять предоставить пользователю соответствующие его полномочиям данные и обеспечить пользователям одновременный доступ без коллизий.

4.23 Способ выделения начала реполяризации желудочков сердца должен обеспечивать выделение R-зубцов электрокардиосигнала с чувствительностью 99,8 % и точку начала реполяризации с чувствительностью 93 %.

4.24 Будет разработан метод преобразования сигнала акселерометра в сигнал, характеризующий изменение регистрируемого ускорения с течением времени и позволяющий сформировать ряд показателей двигательной активности.

4.25 Будут разработаны методы и алгоритмы автоматизированного обнаружения отклонений в сигнале вариабельности сердечного ритма под влиянием контролируемого физического воздействия.

2.25 Будут разработаны метод и алгоритмы автоматизированного анализа влияния двигательной активности на динамику сердечного ритма и возникновение аритмий в ходе длительного кардиомониторинга.

4.26 Будет разработана концепция электрокардиологического скрининга и на ее основе методология проведения электрокардиологического скрининга при регистрации множественных отведений электрокардиосигналов, отличающиеся оригинальными методами регистрации и обработки электрокардиосигналов в множественных отведениях, совместным использованием эквивалентных электрических генераторов сердца поверхностного и дипольного типов и позволяющие получить новые диагностические возможности, а также контролировать лечение заболеваний сердца.

4.27 Будет разработана методология получения диагностической информации на основе оригинальной реконструкции и визуализации пространственно-временных распределений эквивалентных электрических генераторов сердца поверхностного и дипольного типов.

4.28 Будут сформулированы принципы построения информационной скрининговой системы электрокардиодиагностики для количественной оценки пространственного разрешения электрической активности сердца по сигналам многоэлектродных кардиоотведений.

4.29 Будет разработана цифровой двойник сердца, обеспечивающий:

– расширение функциональных возможностей автоматизированного рабочего места (АРМ) врача-кардиолога, включая возможности картирования электрической активности сердца при скрининговых обследованиях;

– переход от ЭКГ-карт на поверхности торса к картам ЭЭГС на поверхности сердца для оценки пространственно-временной динамики проведения возбуждения в миокарде;

– переход к пространственно-временным характеристикам ЭЭГС дипольного типа в объеме сердца для диагностики ишемии;

– диагностику и контроль лечения заболеваний сердца на основе совместного использования эквивалентных электрических генераторов сердца поверхностного и дипольного типов.

4.30 Будут разработаны методы и технические средства информационного и метрологического обеспечения процессов определения новых диагностических признаков сердечно-сосудистых заболеваний на основе совместного использования современных информационных и медицинских технологий при регистрации множественных отведений электрокардиосигнала.

4.31 Будет разработана информационная скрининговая система электрокардиодиагностики по сигналам многоэлектродных кардиоотведений на основе

мультиагентной технологии и облачных вычислений для поддержки принятия решения врачом-кардиологом.

4.32 Будет разработана методика установки режимов регуляризации при реконструкции эквивалентных электрических генераторов сердца поверхностного и дипольного типа.

4.33 Будет разработан блок регистрации электрокардиосигналов множественных отведений.

4.34 Способ выбора числа используемых электродов должен обеспечивать пространственное разрешение на эпикарде 2,5 см.

4.35 Метод реконструкции ЭЭГС дипольного типа должен отличаться способами расчета потенциалов на поверхности модели торса в виде кругового и эллиптического цилиндра конечной длины с электрической изоляцией торса, способом обоснования выбора электрической модели грудной клетки для реконструкции ЭЭГС, способом выбора коэффициента регуляризации, способом оценки чувствительности электродов.

4.36 Погрешность измерения координат при использовании однородной модели торса с его электрической изоляцией при неучете внутренних неоднородностей должна составлять 1-1,5 см, погрешность определения направления вектора дипольного момента при тех же условиях должна составлять около 10 %.

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 системы считывания и распознавания сигналов датчиков контроля сердечной деятельности».

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.