

Резюме проекта, выполняемого/выполненного

в рамках ФЦП

«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

по этапу № 2

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.576.21.0083

Тема: «Разработка мобильной медицинской системы для индивидуальной электрофизиологической диагностики сердечно-сосудистых заболеваний, основанной на использовании современных алгоритмов цифровой обработки сигналов и распознавания образов.»

Приоритетное направление: Информационно-телекоммуникационные системы

Критическая технология: Технологии информационных, управляющих, навигационных систем

Период выполнения: 28.11.2014 - 31.12.2016

Плановое финансирование проекта: 32.43 млн. руб.

Бюджетные средства 14.46 млн. руб.,

Внебюджетные средства 17.97 млн. руб.

Получатель: Общество с ограниченной ответственностью «Нордавинд-Дубна»

Индустриальный партнер:

Ключевые слова: ХОЛТЕР, АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДИАГНОСТИКИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ, БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, АВТОМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ, ВЫЯВЛЕНИЕ НАРУШЕНИЙ РИТМА, ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПАТОЛОГИЙ, АЛГОРИТМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ, ЦИФРОВАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ, ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА, СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ СМЕРТНОСТИ ОТ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ.

1. Цель проекта

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) – это заболевания, развивающиеся скрыто на протяжении всей жизни и прогрессирующие в хроническую стадию к тому времени, когда появятся симптомы. Всемирная организация здравоохранения заявила, что более трех четвертей случаев смерти от ССЗ можно предотвратить с помощью соответствующих изменений в образе жизни. Профилактика ССЗ, оставаясь основной проблемой для населения в целом, а также для политиков и работников здравоохранения, определяется как скоординированный набор действий на общественном и индивидуальном уровне, направленный на устранение и минимизацию случаев возникновения ССЗ и связанной с ними инвалидности.

Низкая эффективность существующих медицинских услуг, снижение количества лечебно-профилактических учреждений и их недостаточная оснащённость, с одной стороны, и высокая заинтересованность населения в повышении качества и доступности медицинских услуг для профилактики и лечения ССЗ – с другой, делают актуальным постановку задачи внедрения систем персональной диагностики ССЗ.

Научная цель проекта состоит в разработке, исследовании и программной реализации алгоритмов выявления патологий сердечно-сосудистой системы, связанных с различными нарушениями сердечного ритма, основанных на использовании современных способов цифровой обработки сигналов и распознавания образов. Отдельную область исследований представляет собой изучение variability сердечного ритма, разработка ее математической модели с целью прогнозирования появления и развития патологий.

Технологическая цель проекта состоит в обеспечении максимального использования существующих и доступных массовому потребителю технологий, в т. ч. технологий мобильных вычислений и беспроводных технологий передачи данных.

Социальная цель проекта заключается в повышении эффективности лечения и снижении уровня смертности от сердечно-сосудистых заболеваний за счет обеспечения их доврачебной индивидуальной диагностики на ранней стадии, в т. ч. среди людей со средним и низким достатком.

Цели выполнения ПНИ:

- 1) Создание экспериментального образца программного обеспечения (далее – ЭО ПО) на основе полученных результатов исследований по направлениям, соответствующим мировым трендам развития области информационных технологий, а именно программного обеспечения (ПО) для индивидуальной электрофизиологической диагностики сердечно-сосудистых заболеваний в автоматическом режиме для персонального компьютера и мобильных платформ iOS и Android.
- 2) Разработка математической модели патологий сердечно-сосудистой системы и нарушений сердечного ритма.
- 3) Разработка алгоритма автоматического анализа электрокардиограмм (ЭКГ) на предмет определения основных физиологических параметров и нарушений сердечного ритма, основанного на математическом аппарате распознавания образов.

Целями второго этапа являются:

- а) разработка новых методов автоматического анализа ЭКГ, основанных на методах и подходах распознавания образов в системах компьютерного зрения;
- б) разработка математической модели патологий сердечно-сосудистой системы и нарушений сердечного ритма.

2. Основные результаты проекта

Краткое описание основных полученных результатов

Разработаны новые методы автоматического анализа ЭКГ, основанные на методах и подходах распознавания образов в системах компьютерного зрения, математическая модель патологий сердечно-сосудистой системы и нарушений сердечного ритма.

Разработана математическая модель электрокардиограммы, в основе которой лежит представление сигнала в виде суммы симметричных гауссовых функций. Разработанная математическая модель частично основывается на интерполяции реальных сигналов, для воспроизведения ЭКГ с патологиями используются методы имитационного моделирования. В модели учитывается наличие шумов и дрейф изолинии.

Основные характеристики полученных результатов

Разработаны многокритериальные методы сглаживания сигналов измерительных комплексов и систем автоматического управления, область использования которых обусловлена ограниченным объёмом априорной информации о функциях полезной и статистических характеристиках шумовой составляющих; получено аналитическое выражение для определения отклика на бета - функцию устройства, основанного на многокритериальном способе сглаживания; предложено решение разработанных подходов на основе метода наискорейшего спуска и не итерационного решения. Разработаны алгоритмы вычисления оценок многокритериальными способами сглаживания сигналов. На основе предложенного алгоритма разработан программный комплекс первичной обработки цифровых сигналов. Разработан алгоритм сглаживания сигналов по мере поступления данных, в окне k с последующим скольжением на шаг l по всем значениям входного сигнала, с возможностью изменения параметров способа сглаживания в зависимости от появления в входной реализации участков нестационарности. Разработаны структурные схемы последовательно-параллельного и параллельного устройства сглаживания многокритериальными способами. Произведён расчёт требуемых элементарных действий для их реализации в виде цифрового фильтра. Даны рекомендации по выбору параметров разработанных способов (a,b,e), при которых значение среднеквадратической погрешности является минимальным. Произведён расчёт количества итераций, требуемых для достижения минимального значения среднеквадратической погрешности в зависимости от изменения параметров сглаживания a, b и e. Показаны области доверительных интервалов, лежащие в пределах от 5,1% до 16,2% величины аддитивной шумовой составляющей и зависящие от формы полезной и среднеквадратического отклонения шумовой составляющих. Разработан алгоритм обработки цифровых сигналов по мере поступления данных. Показано что при использовании такого алгоритма, удалось снизить значение среднеквадратической погрешности, в среднем, на 30%. Для разработанного алгоритма выработаны требования к выбору ширины окна сглаживания и шагу его перемещения. Разработан подход к поиску изолинии основанный на использовании алгоритма производящего параллельную обработку данных подходам основанным на размножении оценок и алгоритме с применением сумм квадратов конечных разностей первого и

(или) второго порядков. Разработан метод поиска патологий сердца и сердечно-сосудистой системы проводимый по анализу электрокардиограмм, который основан на исследовании трёх критериев производящий поиск заболевания. Выработаны рекомендации к использованию коэффициентов разработанного метода обнаружения патологий. Величина скользящего окна не должна превышать 100 отчётов. В качестве полиномиальной функции, при построении огибающей предложено использовать функцию полинома не превышающую четвёртую степень. Определены размеры областей исследований, ограниченные 5 зубцами P, Q, R, S, T, а также сегментами ST и R-R и комплексом QRS. Разработана методика анализа и нормировки электрокардиограммы. Были разработаны и описаны следующие модели ЭКГ нормальной сердечно-сосудистой системы и следующих патологий: синусовой тахикардии; синусовой брадикардии; синусовой аритмии; нижнепредсердного ритма; атриовентрикулярного ритма, идиовентрикулярного ритма; предсердной экстрасистолии; атриовентрикулярной экстрасистолии; желудочковой экстрасистолии; фибрилляции предсердий; трепетания предсердий, трепетания желудочков; фибрилляции желудочков.

Сформулированы основные принципы построения моделей гипертрофий.

Оценка элементов новизны научных (технологических) решений, применявших методик и решений

Новизна технического решения в первую очередь связана с патентными исследованиями. Проведенный патентный поиск не выявил патентов в области передачи, анализа ЭКС на мобильный телефон, что позволяет сделать выводы о новизне разрабатываемого решения. Рассмотренные структуры аналогов не позволяют произвести реализацию устройства в виде приложения для мобильного устройства, без изменения внутренней структуры самого аппарата. Использование данных устройств для реализации автоматизированного устройства снятия и диагностики сердечно-сосудистых заболеваний по анализу ЭКГ в автоматическом режиме требует изменение структуры с внесением новых блоков автоматической предварительной обработки с изменяющимися параметрами, в зависимости от состояния и нагрузки организма, блока принятия решения о выявлении патологии, а также устройства коммуникации аппарата с человеком. Рассмотренные способы не позволяют производить автоматический мониторинг с функцией диагностики. Применение автоматического блока диагностики с записанными основными патологиями, ограничивает области их применения. Отсутствие возможности вносить изменения в алгоритмы выявления заболеваний и добавления новых признаков также ограничивает области применения и функции аппаратов. В связи с чем, разработка нового устройства обработки учитывающего данные ограничения, является актуальной задачей.

В рамках ПНИ разработана новая математическая модель электрокардиограммы, в основе которой лежит представление сигнала в виде суммы симметричных гауссовых функций. Разработанная математическая модель также частично основывается на интерполяции реальных сигналов, для воспроизведения ЭКГ с патологиями используются методы имитационного моделирования. В модели учитывается наличие шумов и дрейф изолинии. Данная модель оптимальна для решения поставленных в исследовании задач.

В рамках ПНИ предполагается использовать новые подходы для решения проблемы автоматической обработки и анализа ЭКС, заимствованные из области видеонализа и распознавания образов, получившей значительное развитие в последние годы.

Применение алгоритмов распознавания образов не является традиционным для задач автоматического анализа электрокардиограмм, что позволяет прогнозировать получение качественно и принципиально новых результатов в этой области. При этом разработка алгоритмов анализа будет осуществляться с учетом существенной производительности современных смартфонов.

Подтверждение соответствия полученных результатов требованиям к выполняемому проекту

Полученные результаты будут использованы при автоматической обработке и анализе электрокардиограмм человека, с использованием разработанных и предложенных в исследовании новых методов автоматического анализа ЭКГ, основанных на методах и подходах распознавания образов в системах компьютерного зрения, новых математических моделей патологий сердечно-сосудистой системы и нарушений сердечного ритма.

Внедрение разработанных методов в приборы и системы медицинского назначения позволит обеспечить повышение точности и надежности формируемых диагностических заключений, также упростит процедуру проведения ЭКГ как врачу, так и пациенту. Применение данных методов не является традиционным для задач автоматического анализа электрокардиограмм, что позволяет прогнозировать получение качественно и принципиально новых результатов в этой области.

Сопоставление с результатами аналогичных работ, определяющими мировой уровень

Решаемые в ходе ПНИ задачи направлены разработку новых методов автоматической интерпретации результатов ЭКГ, основанных на распознавании образов. Это позволит повысить достоверности программного обеспечения автоматического анализа ЭКГ и откроет новые перспективные пути для развития дистанционного медицинского обслуживания в мире в области кардиологии. Проведенный патентный поиск на первом этапе исследования показал, что тема программного обеспечения, основанного на использовании современных алгоритмов цифровой обработки сигналов и распознавания образов, в области систем индивидуальной электрофизиологической диагностики сердечно-сосудистых заболеваний практически не разработана, и новые технические решения, не требующие создания сложных устройств, но позволяющие при этом существенно увеличивать качество и функционал, представляют большой интерес.

3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

На текущем этапе выполнения проекта не предусмотрено получение охраняемых результатов интеллектуальной деятельности. На следующих этапах ПНИ планируется создание интеллектуальной собственности, защиту которой планируется обеспечить получением соответствующих патентов РФ, а именно:

- 1) Полезной модели на устройство диагностирования состояния сердечно-сосудистой системы с использованием вычислителя на базе мобильного телефона.
- 2) Программы для ЭВМ на базе операционной системы Android.
- 3) Программы для ЭВМ на базе операционной системы IOS.
- 4) Программы для ЭВМ на базе операционной системы Windows.

4. Назначение и область применения результатов проекта

Полученные результаты будут использованы при разработке программного обеспечения мобильной медицинской системы для индивидуальной электрофизиологической диагностики сердечно-сосудистых заболеваний, основанной на использовании современных алгоритмов цифровой обработки сигналов и распознавания образов, получившей значительное развитие в последние годы.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

На данном этапе не предусмотрено.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

На данном этапе не предусмотрено.

7. Наличие соисполнителей

ООО «Научное предприятие «Цезис» – 2014 - 2016 г.
ФГАОУ ВПО «НИТУ «МИСиС» - 2014 г.

Общество с ограниченной ответственностью «Нордавинд-Дубна»

_____ генеральный директор

(должность)

_____ *(подпись)*

_____ Набильская Н.В.

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель работ по проекту

_____ Директор по науке

(должность)

_____ *(подпись)*

_____ Свирин И.С.

(фамилия, имя, отчество)

М.П.