

**Резюме проекта, выполняемого
в рамках ФЦП
«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-
технологического комплекса России на 2014–2020 годы»
по этапу № 1**

Номер Соглашения о предоставлении субсидии/ государственного контракта: 14.576.21.0083.

Тема: «Разработка программного обеспечения 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 – 31.12.2014

Плановое финансирование проекта: 12,22 млн. руб.

Бюджетные средства 5,5 млн. руб.,

Внебюджетные средства 6,72 млн. руб.

Получатель/Исполнитель: ООО «Нордавинд – Дубна»

Ключевые слова: АВТОМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ, АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫЯВЛЕНИЯ НАРУШЕНИЙ СЕРДЕЧНОГО РИТМА, АЛГОРИТМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПАТОЛОГИЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ, РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ НА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЕ, ОЦЕНКА ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА.

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 оснащенность, с одной стороны, и высокая заинтересованность населения в повышении качества и доступности медицинских услуг для профилактики и лечения ССЗ – с другой, делают актуальной 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 первого этапа являются:

1) отбор наиболее эффективных научно-технических достижений (изобретений) в области методов и алгоритмов цифровой обработки сигналов и распознавания образов;

2) подтверждение новизны и ближайших существующих аналогов разрабатываемой мобильной медицинской системы для индивидуальной электрофизиологической диагностики сердечно-сосудистых заболеваний, основанной на использовании современных алгоритмов цифровой обработки сигналов и распознавания образов.

3) выбор оптимального варианта решения задачи разработки мобильной медицинской системы для индивидуальной электрофизиологической диагностики сердечно-сосудистых заболеваний.

2 Основные результаты проекта

Краткое описание основных полученных результатов

Определены основные показатели фрагментов сигналов, характеризующие признаки сердечно-сосудистых патологий. Проведен отбор наиболее эффективных научно-технических достижений (изобретений) в области методов и алгоритмов цифровой обработки сигналов и распознавания образов, а также подтверждена новизна и выявлены ближайшие существующие аналоги разрабатываемых программных средств обеспечения мобильной медицинской системы для индивидуальной электрофизиологической диагностики сердечно-сосудистых заболеваний, основанной на использовании современных алгоритмов цифровой обработки сигналов и распознавания образов.

Основные характеристики полученных результатов

В ходе анализа были определены основные характеристики фрагментов сигналов сердечно-сосудистых патологий, рассмотрены следующие методы анализа ЭКГ: статистические, геометрические, спектральные, время-частотные, временные, на основе автокорреляции, корреляционной ритмографии-стенографии, представлены основные выражения для реализации алгоритмов подавления шума, сделан обзор математических методов автоматического анализа сигналов ЭКГ. Приведено математическое моделирование возможных вариантов решения задачи автоматического анализа сигналов ЭКГ и сравнительная оценка вариантов решения. В связи с тем, что ряд методов являются сложно реализуемыми и требующими больших вычислительных затрат для решения задачи выделения полезного сигнала на фоне действия шумовой составляющей в электрокардиограмме, в качестве оптимального метода обработки сигналов будут использоваться статические методы, основанные на одновременной минимизации по нескольким критериям фильтрации. В качестве алгоритмов распознавания образов будут применяться комбинированные методы на основе пороговой обработки совместно со статистическими подходами. Анализ методов оценки variability сердечного ритма показал, что с точки зрения вычислительных мощностей и возможности использования методов для выполнения операций с данными в масштабе реального времени, а также в связи с распространенностью и широким спектром исследований оптимальным направлением будет использование подходов, основанных на комбинированном критерии, включающем статистические и временных методиках оценки ЭКГ. В случае применения в качестве алгоритмов подавления шумовой составляющей методов на основе частотного анализа, оптимальным будет использование частотных методов оценки variability сердечного ритма.

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

В рамках ПНИ впервые применяются алгоритмы компьютерного зрения для решения задачи автоматического анализа ЭКГ. Впервые планируются к разработке следующие алгоритмы:

а) алгоритм фильтрации сигналов на основе многокритериальной функции для уменьшения действия шумовой составляющей на сигналах получаемых с помощью аппарата ЭКГ. Разрабатываемая многокритериальная целевая функция позволяет выполнять автоматическое изменение параметров сглаживания в зависимости от изменения входного воздействия. Обработка производится в скользящем окне. В качестве объединенных критериев будут выступать среднеквадратическое отклонение и сумма квадратов конечных разностей первого и/или второго порядка входной реализации от ее оценки. Выбор критериев обусловлен возможностью хорошего сглаживания при применении первого критерия и сохранением резких пиков при использовании второго.

б) алгоритм поиска и выделения изолинии, обеспечивающий работу в условиях ограниченного объема данных по анализу сигналов получаемых с помощью аппарата ЭКГ. Под ограниченностью данных понимается отсутствие точной информации о сигнале в каждый момент времени, а также информации о статистических характеристиках шумовой составляющей;

в) алгоритм анализа цифровых последовательностей получаемых с помощью аппарата ЭКГ с возможностью классификации сигналов на основе комбинированных подходов. В качестве алгоритма классификации будет применяться комбинированный подход, включающий в себя машинное обучение и корреляционный анализ позволяющий производить простейшую быструю диагностику по мере поступления данных.

В рамках ПНИ предполагается использовать новые подходы для решения проблемы автоматической обработки и анализа ЭКС, заимствованные из области видеоанализа 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 методов и алгоритмов цифровой обработки сигналов, заимствованных из области видеоанализа и распознавания образов, получившей значительное развитие в последние годы. Внедрение разработанных методов и алгоритмов 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.

Полученные результаты данного этапа соответствуют поставленным для данного этапа целям, а именно выполнен отбор наиболее эффективных научно-технических достижений (изобретений) в области методов и алгоритмов цифровой обработки сигналов и распознавания образов и выявлена новизна и ближайшие существующие аналоги разрабатываемой мобильной медицинской системы для индивидуальной электрофизиологической диагностики сердечно-сосудистых заболеваний, основанной на использовании современных алгоритмов цифровой обработки сигналов и распознавания образов. Определен оптимальный вариант решения задачи разработки мобильной медицинской системы для индивидуальной электрофизиологической диагностики сердечно-сосудистых заболеваний, основанной на использовании современных алгоритмов цифровой обработки сигналов и распознавания образов.

Сопоставление с результатами аналогичных работ, определяющими мировой уровень

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 измене-

ние 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.

Решаемые в ходе ПНИ задачи направлены на 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. Можно утверждать, 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 Andriod.
- 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

На данном этапе не предусмотрено.

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 г.

НИТУ «МИСиС» – 2014 г.

ООО «Нордавинд–Дубна»
Генеральный директор

Руководитель работ по проекту
Директор по науке

М. П.

Н. В. Набильская

И. С. Свирин

