



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИКТИ РАН

С.А. Шептунов
«17» января 2024 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на выполнение научно-исследовательских работ по теме:
«Разработка нейросетевой автоматизированной системы поддержки принятия решений по идентификации ишемической болезни сердца»

1. Цели выполнения

Целью выполнения работы является повышение точности диагностики и прогнозирования развития ишемической болезни сердца на основании математической оценки и сетевых моделей.

2. Задачи НИР:

2.1 Выбрать и обосновать информативные признаки для прогнозирования ишемической болезни сердца.

2.2 Разработать математические модели ишемических рисков для частных решающих правил по вычислению коэффициентов уверенности для формирования решений в дублирующих классификаторах.

2.3 Разработать структурно-функциональные схемы принятия решений по прогнозу ишемических рисков с дублированием решений и ассоциативным их выбором.

2.4 Разработать метод синтеза пространства информативных признаков, предназначенный для прогнозирования ранней и дифференциальной диагностики ишемической болезни сердца (ИБС) на основе частотного и частотно - временного анализа ЭКС.

2.5 Получить структурные решения нечетких нейронных сетей для систем поддержки принятия решений по прогнозированию ранней и дифференциальной диагностики ИБС.

2.6 Разработать структуру, алгоритмические и программные средства для автоматизированной системы диагностики ИБС.

2.7 Провести обзор и анализ алгоритмов, методов, систем обработки и анализа кардиологических данных для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний ССЗ.

2.8 Разработать и реализовать новые методики диагностики заболеваний сердца, позволяющие максимально использовать кардиологические данные системы кардиовизора для обеспечения повышения вероятности правильного определения ССЗ.

2.9 Провести выбор, реализацию и исследование методов предварительной обработки и выделения множества признаков, сформировать наиболее значимые параметры портрета сердца и других кардиологических данных путем уменьшения их количества.

2.10 Построить математические модели заболеваний сердечно сосудистой системы ССС для различных групп населения, предназначенных для описания заболеваний сердца и их использования при создании индивидуальных моделей прогноза изменений в работе сердца.

2.11 Построить индивидуальные математические модели прогноза будущих состояний ССС пациента на основе анализа динамики изменения кардиологических данных в процессе лечения.

2.12 Создать систему диагностики и прогноза ССЗ, провести экспериментальные исследования на тестовых результатах обследований пациентов (с известными диагнозами).

2.13 Провести анализ литературы, посвященной методам и алгоритмам раннего выявления ИБС для обоснованного выбора наиболее эффективных методов обработки, анализа и классификации ЭКГ-сигнала.

2.14 Обосновать и сформировать необходимые объемы обучающих и тестовых ЭКГ – данных в норме и при наличии ИБС для исследования качества разрабатываемых алгоритмов и оценки информативных параметров ЭКГ-сигнала используемых для раннего выявления ИБС.

2.15 Исследовать методы предварительной обработки ЭКГ.

2.16 Исследовать возможности применения ИНС для выявления ИБС по одноканальной ЭКГ и разработать структуры системы экспресс-оценки ее наличия, а также провести экспериментальные исследования для оценки эффективности функционирования разработанной системы на основе общепризнанных критериев.

3. Методы и средства исследований.

При выполнении задач Технического задания должны использоваться методы теории биотехнических систем медицинского назначения, математической статистики, теории управления, математического моделирования, теории нейронных сетей, теории нечетких множеств; методы системного анализа, спектрального анализа, вейвлет-анализа, теории нечетких нейронных сетей и распознавания образов, экспертного оценивания и принятия решений теории вероятности; теории принятия решений, цифровой обработки изображений, дискретной математики и распознавания образов; методы цифровой обработки сигналов, методы классификации данных, машинного обучения, в том числе искусственные нейронные сети.

4. При выполнении НИР должны быть получены следующие результаты:

4.1 Будут выбраны и обоснованы информативные признаки для прогнозирования ишемической болезни сердца.

4.2 Будут разработаны математические модели ишемических рисков для частных решающих правил по вычислению коэффициентов уверенности для формирования решений в дублирующих классификаторах.

4.3 Будут разработаны структурно-функциональные схемы принятия решений по прогнозу ишемических рисков с дублированием решений и их ассоциативным выбором.

4.4 Разведочный анализ должен обеспечивать пространство информативных признаков, состав которого будет минимизирован с использованием методов экспертного оценивания, статистической меры Кульбака в сочетании с моделью Г. Раша теории измерения латентных переменных и методом группового учета аргументов, отличающееся использованием трех групп предикторов, оценивающих различные уровни регулирования сердечно-сосудистой системы, что позволит синтезировать надежно работающие решающие правила с минимальным набором исходных данных.

4.5 Пространство информативных признаков для прогнозирования ишемической болезни сердца должно включать три информационных блока, построенных на традиционных факторах риска, на предикторах, характеризующих энергетические характеристики биоактивных точек, и на основе анализа ишемических окон и ишемических эпизодов в электрокардиосигнале.

4.6 В составе математических моделей ишемических рисков для частных решающих правил по вычислению коэффициентов уверенности для формирования решений в дублирующих классификаторах будет реализована структурно-функциональная модель принятия решений по прогнозу ишемического риска, включающая два канала дублирующих решений канал ассоциативного выбора решений, позволяющий выбрать лучший вариант из двух классификаторов риска, построенных на различных парадигмах.

4.7 В составе метода дублирования решений с ассоциативным выбором, предназначенный для автоматизированной системы прогнозирования ишемической болезни сердца, будут реализованы:

- математические модели для определения ишемических рисков по трем группам информативных признаков на нижнем иерархическом уровне принятия решений;
- алгоритмическое обеспечение для синтеза нейросетевых моделей и для нечеткого логического вывода;
- алгоритм ассоциативного выбора решений, позволяющий синтезировать классификатор дублирующих каналов;
- классификатор дублирующих каналов, позволяющий осуществить ассоциативный выбор дублирующих решений.

4.8 Структурно-функциональная схема принятия решений по прогнозу ишемических рисков с дублированием решений и ассоциативным их выбором должна обеспечивать диагностическую эффективность автоматизированную диагностику ишемических рисков на 10...16% по сравнению с известными методами.

4.9 Математические модели прогнозирования возникновения и оценки степени тяжести ишемической болезни сердца должны отличаться агрегацией специфических признаков и интегральных показателей, характеризующих различные стороны функционирования сердечно-сосудистой системы, позволяющие обеспечивать уверенность в принимаемых решениях при их совместном использовании на уровне 0,9.

4.10 Будет разработан метод синтеза пространства информативных признаков, предназначенный для прогнозирования, ранней и дифференциальной диагностики ишемической болезни сердца (ИБС) на основе частотного и временного анализа ЭКС.

4.11 Будут получены структурные решения нечетких нейронных сетей для систем поддержки принятия решений по прогнозированию ранней и дифференциальной диагностики ИБС.

4.12 Будут разработаны структура, алгоритмические и программные средства для автоматизированной системы диагностики ИБС.

4.13 Структура нечеткой нейронной сети для прогнозирования, ранней и дифференциальной диагностики ИБС, должна отличаться представлением дискретизированного электрокардиосигнала в различных признаковых пространствах и многоуровневой схемой агрегаторов и дефuzziфикаторов, позволяющих агрегировать частные решения по четырем признаковым подпространствам.

4.14 Алгоритм работы дефuzziфикатора для нечеткой нейронной сети должен позволять интегрировать решения четырех нечетких решающих модулей, отличающихся включением модуля дискриминантного анализа в итерационный процесс получения окончательного решения.

4.15 Автоматизированная система для прогнозирования, ранней и дифференциальной диагностики ИБС, должна обеспечивать диагностическую эффективность принятия решений 95 %.

4.16 Будет проведен обзор и анализ алгоритмов, методов, систем обработки и анализа кардиологических данных для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний ССЗ.

4.17 Будет разработана и реализована новая методика диагностики заболеваний сердца, позволяющая максимально использовать кардиологические данные системы кардиовизора для обеспечения повышения вероятности правильного определения ССЗ.

4.18 Будет проведен выбор, реализация и исследование методов предварительной обработки и выделения множества признаков, сформировать наиболее значимые параметры портрета сердца и других кардиологических данных путем уменьшения их количества.

4.19 Будут построены математические модели заболеваний сердечно-сосудистой системы ССС для различных групп населения, предназначенных для описания заболеваний сердца и их использования при создании индивидуальных моделей прогноза изменений в работе сердца.

4.20 Буду построены индивидуальные математические модели прогноза будущих состояний ССС пациента на основе анализа динамики изменения кардиологических данных в процессе лечения.

4.21 Будут созданы системы диагностики и прогноза ССЗ.

4.22 Методика диагностики и прогноза сердечно-сосудистых заболеваний, на основе статистических характеристик портретов сердца и индивидуальных параметров пациентов должна обеспечить повышение вероятности правильного диагноза основных заболеваний сердца более чем на 15%.

4.23 Математические модели заболеваний ССС для различных групп населения должны обеспечивать определение наличия заболевания с достоверностью 94%.

4.24 Автоматизированная система диагностики и прогноза сердечно-сосудистых заболеваний должна обеспечить вероятность правильного диагноза основных заболеваний сердца от 0,88 до 0,98.

2.17 Будет проведен анализа литературы, посвященной методам и алгоритмам раннего выявления ИБС для обоснованного выбора наиболее эффективных методов обработки, анализа и классификации ЭКГ-сигнала.

2.18 Будут обоснованы и сформированы необходимые объемы обучающих и тестовых ЭКГ – данных в норме и при наличии ИБС для исследования качества разрабатываемых алгоритмов и оценки информативных параметров ЭКГ-сигнала используемых для раннего выявления ИБС.

2.19 Будут исследованы методы предварительной обработки ЭКГ.

2.20 Будут исследованы возможности применения ИНС для выявления ИБС по одноканальной ЭКГ и разработаны структуры системы экспресс-оценки ее наличия, а также проведены экспериментальные исследования для оценки эффективности функционирования разработанной системы на основе общепризнанных критериев.

4.25 Система экспресс - оценки наличия ИБС должна обеспечиваться одноканальной электрокардиографией.

4.26 Обеспечение высокой достоверности выявления эпизодов ИБС и обоснования выбора исходных данных должны подтверждаться экспериментальными исследованиями информативности одноканальных записей ЭКГ и их производных: ритмограмм и усредненных кардиоциклов.

4.27 Обнаружение ИБС и классификации ЭКГ сигнала на предмет наличия ИБС, должны подтверждаться исследованиями методов предварительной обработки ЭКГ для извлечения диагностических признаков ИБС, а именно, быстротой преобразования Фурье, непрерывным вейвлет-преобразованием и сингулярным разложением.

4.28 Нейросетевой системы экспресс – оценки наличия ИБС по одноканальной ЭКГ должны обеспечивать следующие результаты: чувствительность (77.33%), специфичность (78%) и точность (78%).

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 нейросетевой автоматизированной системы поддержки принятия решений по идентификации ишемической болезни сердца».

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.