

## Основные результаты проекта, полученные на 1 этапе

В результате проведения анализа литературы и проведения патентных исследований было установлено, что в мире очень быстро развивается методология диагностического прогнозирования, которая на основе знания закономерностей патологических процессов и течения болезней обеспечивает возможность заблаговременного определения степени толерантности организма человека к воздействию различных факторов с целью уточнения его предрасположенности к тому или иному заболеванию, а если оно уже возникло, то предсказание особенностей его течения в будущем и исход.

Диагностическое прогнозирование включает следующие процедуры: анализ анамнестических данных, мониторинг больного, тестирование, распознавание клинических признаков, корреляционный анализ факторов, анализ рисков, выявление предикторов риска, прогноз возникновения (течения, исхода) болезни, расчет вероятности заболевания (обострения болезни, летального исхода).

Новые подходы основаны на применении методов искусственного интеллекта: нейронных сетей, алгоритмов распознавания образов, нечетких множеств, генетических алгоритмов, семантических сетей, ассоциативных сетей, фреймов, Байесовский подход, кластеризация и стратификация данных, регрессионный анализ, факторный анализ, алгоритм восстановления дерева решений, фреймы и др.

В настоящее время применение данных методов в медицинской практике приносит существенный экономический выигрыш, однако далеко не всегда обеспечивает получение достоверных диагностических прогнозов без вмешательства человека ввиду сложностей формального описания предметной области.

Из предварительного анализа и патентных исследований вырисовываются следующие области научных изысканий, где могут быть применены новые подходы:

а) Разработка медицинских датчиков глюкозы/лактата для получения детальной информации о состоянии функциональных систем организма пациента.

Будет проведено исследование каталитических свойств новых ферментов, в частности, глюкозооксидаз: создание глюкозного биосенсора на основе двух ферментов – из *Aspergillus niger*, и глюкозооксидазы из штамма *Penicillium adametzii* и сравнительное изучение их свойств.

Важным также является изучение каталитических характеристик новых биологических материалов, представленных мембранными фракциями бактерий, высокоактивных в отношении окисления глюкозы. Новым элементом, рассматриваемом в проекте, будет являться сравнительная оценка каталитических свойств биосенсора для детекции глюкозы на основе фермента и на основе бактериальных клеток рода *Gluconobacter*.

Также важная задача - исследования способов детекции лактата с выделением главных компонентов процесса регистрации и разработки способов снижения внешних помех, препятствующих измерениям с помощью биосенсоров. В частности, новым будет исследование измерения высоких концентраций лактата без снижения чувствительности рецепторного элемента биосенсора.

б) Прогноз динамики состояния функциональных систем организма методами нейросетевого прогнозирования временных рядов.

В предлагаемом проекте текущие значения жизненных показателей пациента будут поступать на уровень обработки в режиме реального времени и на основании этих данных предполагается формирование прогноза поведения этих показателей. В силу многомерности пространства значений прогнозируемого временного ряда, как правило, растет и необходимое число базовых значений (длительности) временного ряда. Такое поведение может на практике привести к необходимости неприемлемо продолжительного периода накопления исходных данных. В следующем пункте предлагается один из вариантов решения этой проблемы. Применительно к данным ЭО АКП ССТ и построению временного ряда возникает техническая проблема – различная периодичность измерения

физиологических параметров. Например, для измерения пульса требуется несколько секунд, а для определения уровня физической активности нужно несколько десятков секунд. При выполнении проекта необходимо будет построить оптимальный алгоритм формирования кадров мониторинга (одновременных значений всех параметров) измеряемых показателей. Еще одной из ожидаемых проблем, которые предстоит решить в предлагаемом проекте является выбор топологии искусственной нейронной сети. Как известно, качество нейросети, как инструмента прогноза, а также сложность ее обучения зависят от топологии сети и, в частности, от набора входных параметров и степени предварительной обработки сырых сигналов. В случае АКП ССТ имеются признаки такой проблемы – различный семантический уровень поступающих сигналов. От изменения положения тела, до биохимических показателей состава крови (глюкоза, лактат). Выразительным примером предварительной обработки кардиограмм, является использование в целях диагностики тахометрического спектра, а не исходного ряда значений сигналов отводов. Для разработки эффективной топологии нейросети предстоит провести корреляционный анализ поступающих параметров и провести исследовательские эксперименты.

в) Разработка индивидуальных нейронных сетей для пациента на основе поступающих онлайн индивидуальных значений медицинских показателей.

Одной из задач, которые предстоит решить в проекте, является классификация пациентов по физиологическим группам, которая может строиться с учетом: возрастных, гендерных, весовых и др. параметров. В связи с применением ЭО АКП ССТ возможен альтернативный вариант классификации, основанный на начальном участке временного ряда измерений. Перспективность такого метода заключается в том, что и целью классификации является прогноз временного ряда измеряемых параметров и критерием классификации является схожесть начального участка измеряемых параметров. Предлагаемый комбинированный подход - использование в качестве исходной уже готовой сети с последующим обучением ее на индивидуальных данных, позволит как сэкономить вычислительные ресурсы, так и сократить время готовности нейросети для прогноза. В начальный период прогноз будет основываться на статистических данных соответствующей физиологической группы, а по мере проведения наблюдения (обследования), индивидуальная сеть будет все в большей мере учитывать индивидуальные особенности поведения организма. Учет именно индивидуальных данных позволит увеличить как глубину прогноза, так и его точность.

г) Раздельный прогноз динамики состояния функциональных систем организма при различных уровнях физической активности пациента.

Для классификации индивидуальных данных по уровню физической активности пациента предлагается применять корреляционный анализ между фактическим уровнем активности и наблюдаемыми показателями функциональных систем организма. Такой раздельный прогноз позволит предупреждать нежелательные физические нагрузки, чтобы избежать выхода показателей из области индивидуальных допустимых значений или наоборот, рекомендовать такие нагрузки, для приведения наблюдаемых показателей в норму.

д) Распознавание признаков деградации состояния функциональных систем организма на основе сравнения прогноза и фактических значений жизненных показателей.

В медицинских применениях важно определять не только текущее состояние организма, но и динамику развития этого состояния. На основании сравнения прогноза и полученных в последующем фактических значений жизненных показателей в предлагаемом проекте можно будет методами статистического анализа отделять тренды в отклонениях от случайных отклонений и выделять признаки деградации состояния функциональных систем организма.

В процессе исследования необходимо будет определить значимые параметры поведения временного ряда, такие как параметры тренда, величины дисперсии. Такие наблюдения

позволят назначать профилактические процедуры для компенсации нежелательной динамики наблюдаемых показателей.