

Отзыв

официального оппонента Кознова Дмитрия Владимировича на диссертацию Новикова Романа Сергеевича «Методы машинного обучения по спектрам кардиологических данных для проблемно-ориентированных цифровых продуктов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 – математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей

Актуальность исследования

Телемедицинские системы дистанционного мониторинга кардиологических данных предоставляют услуги удаленного сбора и обработки данных пациентов. С появлением портативных кардиографов (например, «умных» часов с функцией снятия ЭКГ) кардиологические данные стало удобно автоматически обрабатывать (в т.ч. методами машинного обучения). При разработке подобных систем на основе машинного обучения возникает сложность в эффективной разработке модулей классификации разных состояний пациента. В связи с этим требуется подходящий инструмент, который ускорит разработку данных модулей для рассматриваемых систем.

Таким образом, представленная диссертационная работа, предлагающая новые средства разработки телемедицинских систем дистанционного мониторинга кардиологических данных на основе машинного обучения, использующих модели классификации на основе амплитудно-частотных спектров, является актуальной.

Краткий обзор диссертационной работы

Диссертационная работа включает введение, четыре главы, заключение, список литературы из 65 наименований и одно приложение. Общий объем работы составляет 138 страниц, включая 15 рисунков и 9 таблиц. Автореферат диссертации представлен на 24 страницах и адекватно отражает основное содержание работы.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, определены её цели и задачи, обоснована практическая значимость полученных результатов, а также приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассматривается общая архитектура телемедицинских систем дистанционного мониторинга кардиологических данных и обосновывается актуальность разработки и использования для них модулей классификации состояния здоровья пациента на основе машинного обучения. Также в главе обосновывается эффективность применения в данных системах спектрального анализа кардиологических сигналов.

Во второй главе содержится описание разработанных методов построения моделей бинарной и порядковой классификации объектов по амплитудно-частотным спектрам кардиологических данных и методики формирования выборки данных для создания моделей классификации.

В третьей главе приведены результаты экспериментов для построенных моделей классификации в соответствии с разработанными методом и методикой.

В четвертой главе представлено описание архитектуры технологии (framework) для разработки модулей классификации по спектрам кардиологических данных в виде цифровых продуктов. Также в этой главе приведены результаты использования данной технологии для разработки телемедицинских систем дистанционного мониторинга кардиологических данных, позволяющей человеку самостоятельно управлять здоровьем за счет скрининга своего состояния по кардиологическим данным.

В заключении представлены основные результаты и выводы проведенной работы.

Степень обоснованности и достоверности научных положений

Автор диссертационной работы выполнил обзор телемедицинских систем дистанционного биомониторинга кардиологических данных и обозначил необходимость построения для них, используя машинное обучение, модулей классификации состояния здоровья пациента (в частности, модулей классификации на основе спектров кардиологических данных). Также были проведены эксперименты, показавшие эффективность предложенных методов, а предложенная технология была успешно использована для реализации ряда конкретных телемедицинских систем. Эти системы были успешно внедрены, о чём имеются соответствующие акты.

Результаты, выносимые на защиту

На защиту были представлены следующие результаты.

- Метод построения моделей машинного обучения с учителем для бинарной классификации кардиоданных в контексте телемедицинских систем дистанционного мониторинга кардиологических данных.
- Метод построения моделей порядковой классификации объектов.
- Методика формирования выборки данных для создания моделей классификации по спектрам кардиологических данных.
- Программная модель (архитектура) технологии для разработки программных модулей классификации в контексте кардиологических систем дистанционного мониторинга.

Оценка научной новизны

Основной новизной предлагаемых результатов является технология разработки модулей классификации для телемедицинских систем дистанционного мониторинга кардиологических данных, которые работают с амплитудно-частотным представлением, либо их сериями. Для телемедицинских систем требуется учитывать особенности кардиологических данных, вследствие чего оказываются неэффективными универсальные технологии машинного обучения (например, Tensorflow или PyTorch).

Также впервые был предложен метод построения моделей машинного обучения с учителем для бинарной классификации кардиоданных, основываясь на анализе амплитудно-частотного спектра, и метод построения моделей порядковой классификации,

который основывается на бинарной классификации и необходим в тех случаях, когда доступна выборка данных с малым количеством объектов.

Также стоит отметить, что в предложенную архитектуру включён настраиваемый модуль формирования выборки спектров кардиологических данных, работающий по предложенной автором методике; модуль учитывает различные требования к данным (длительность, частота дискретизации исходного сигнала, ширина полосы спектра сигнала и пр.) и позволяет существенно снизить затраты на реализацию функциональности по выборке и анализу кардиоданных в телеметрических системах.

Практическая значимость работы

Предложенные технология, методы и методика обладают существенной практической значимостью, поскольку их возможно применять при разработке целого класса телемедицинских систем дистанционного мониторинга, где ведется обработка кардиологических данных, в части построения модулей классификации состояния пользователя.

Реализованная в рамках работы телемедицинская система дистанционного мониторинга прошла валидацию в ходе двух клинических исследований

Общая характеристика публикаций автора

В рамках подготовки диссертации было опубликовано достаточное количество статей в журналах из списка ВАК по специальности 2.3.5 – в журнале «Труды ИСП РАН» (2 публикации), в журнале «Программная инженерия» (1 публикация), а также было получено два патента на изобретение.

Недостатки и замечания

При всей высокой научной значимости работы стоит указать на следующие замечания.

- 1) Технология, разработанная автором в соответствии с предложенной им архитектурой, имеет ограничения в применении, поскольку связана с определенными инструментами. В тексте работы стоило бы подробнее описать область применимости технологии.
- 2) В качестве практического результата работы автор приводит реализованную медицинскую систему самостоятельного управления здоровьем за счет скрининга состояния пациента по последовательности ЭКГ. Однако, учитывая, что внедрение данной системы ведется в рамках одного из федеральных проектов, в тексте работы было бы целесообразно указать технические характеристики, а также выполнить анализ вклада предложенной технологии в разработку данной системы (на сколько удалось повысить эффективность разработки, на сколько повысилась эффективность целевой системы и пр.).

Приведенные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение

Диссертационная работа Новикова Романа Сергеевича представляет собой законченное научное исследование, содержащее значимые научные и практические результаты.

Диссертация удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 – математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей, а Новиков Роман Сергеевич заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук.

Профессор кафедры системного
программирования Санкт-Петербургского
государственного университета, доктор
технических наук

/Кознов Дмитрий Владимирович/

27.03.2025