Email:

conference@houghtonstreetreview.com

Website:

www.houghtonstreetreview.com/index.php/conference

© 2026 International Online Conference on Multidisciplinary Academic Research. All Rights Reserved.

Editor-in-Chief:

Dr. Ewelum Johnson Nnadi

Managing Editors:

1.Harold Jan R. Terano

2.Dr. Mandakini Singla

3.Massoud Kaykhaii







ГИБРИДНЫЙ КВАНТОВО-КЛАССИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ КЛАССИФИКАЦИИ НАРУШЕНИЙ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПО ДАННЫМ ЭКГ-СЕНСОРОВ: ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ И ГРАНИЦ

Хамидов Максуд
Самаркандский государственный университет имени Шарофа Рашидова
Базовая докторантура (PhD)
Специальность 05.01.02 — Системный анализ, управление и обработка информации
https://doi.org/10.5281/zenodo.23220046

Аннотация

Предлагается гибридный алгоритм выявления нарушений сердечного ритма, в котором классический блок выполняет фильтрацию ЭКГ, выделение кардиоциклов и формирование компактного вектора признаков, а вариационная квантовая схема реализует нелинейное отображение признаков и классификацию. Центральный вопрос работы: при каких числе кубитов, объёме обучающей выборки и уровне шума гибридная модель сопоставима с классическими моделями или превосходит их при одинаковом числе входных признаков. Оценка проводится на базе MIT-BIH Arrhythmia Database с разбиением по пациентам, устойчивость к шуму — на MIT-BIH Noise Stress Test Database.

Актуальность

– Носимые ЭКГ-сенсоры обеспечивают непрерывный поток данных, но качество сигнала нестабильно (движение, контакт электрода), а межпациентная вариативность снижает обобщающую способность моделей.

– Современные квантовые устройства (эпоха NISQ) ограничены числом кубитов и уровнем шума, поэтому квантовый классификатор способен работать лишь с компактным вектором признаков. Это превращает сжатие признакового пространства в самостоятельную научную задачу и определяет роль классической части.

– Квантовые ядра и вариационные схемы рассматриваются как альтернативный класс моделей для задач с малым числом признаков и ограниченной выборкой. Для ЭКГ их преимущества требуют проверки при корректной межпациентной валидации и сравнении с сильными классическими базовыми моделями.

Цель и гипотеза

Цель: разработать гибридный квантово-классический алгоритм классификации нарушений ритма по ЭКГ и определить условия, при которых его применение обосновано.

Гипотеза: при ограниченном числе признаков (до 12) и малых обучающих выборках гибридная модель достигает качества, сопоставимого с классическими моделями с близким числом параметров, и/или проявляет большую устойчивость к шуму. Нулевая гипотеза: преимущества нет. Результат,

Email:

conference@houghtonstreetreview.com

Website:

www.houghtonstreetreview.com/index.php/conference

© 2026 International Online Conference on Multidisciplinary Academic Research. All Rights Reserved.

Editor-in-Chief:

Dr. Ewelum Johnson Nnadi

Managing Editors:

1.Harold Jan R. Terano

2.Dr. Mandakini Singla

3.Massoud Kaykhaii







подтверждающий любую из гипотез, имеет научную ценность, поскольку устанавливает границы применимости подхода.

Задачи

– Разработать конвейер предобработки ЭКГ: фильтрация шумов и дрейфа изолинии, обнаружение R-зубцов, сегментация кардиоциклов.

– Сформировать признаковое пространство (интервалы RR и QRS, амплитудные и морфологические признаки, показатели вариабельности ритма) и метод его сжатия до n кубитов с учётом информативности признаков.

– Исследовать схемы кодирования признаков в квантовое состояние (угловое, амплитудное, на основе feature map).

– Разработать вариационную квантовую схему и процедуру её обучения; изучить влияние глубины схемы и числа кубитов.

– Выполнить сравнение с классическими моделями (SVM, ансамбли деревьев, MLP, 1D-CNN) при одинаковом числе входных признаков.

– Оценить устойчивость моделей к уровню шума и к объёму обучающей выборки, в том числе в условиях шумовой модели квантового устройства.

Методика

– Архитектура: ЭКГ-сигнал → фильтрация → выделение кардиоциклов → признаки → отбор/сжатие до n признаков → квантовое кодирование → вариационная схема → классификация.

– Параметры схемы оптимизируются классическим оптимизатором по функции потерь; градиенты вычисляются методом сдвига параметров или применяются градиентно-свободные методы.

– Метрики: чувствительность (recall) по классам патологий, precision, F1, ROC-AUC. Приоритет отдаётся recall для патологических классов, так как пропуск опасного состояния дороже ложного срабатывания. Дополнительно учитываются число параметров и время обучения и вывода.

Экспериментальная база

– MIT-BIH Arrhythmia Database: 48 получасовых двухканальных записей от 47 пациентов с экспертной разметкой ударов. Используется классификация по стандарту AAMI и межпациентное разбиение (протокол de Chazal: обучающий и тестовый наборы не содержат записей одних и тех же пациентов), что исключает утечку данных.

– MIT-BIH Noise Stress Test Database: добавление реалистичных шумов в контролируемых соотношениях сигнал/шум для оценки устойчивости.

– Этапы: квантовый симулятор без шума → симулятор с шумовой моделью → при доступности реальное квантовое оборудование. Учитывается дисбаланс классов (взвешивание, перебалансировка выборки).

Научная новизна

– Систематическое сравнение схем кодирования, глубины схемы и числа кубитов при межпациентной валидации и в одинаковых условиях с классическими моделями.

Email:

conference@houghtonstreetreview.com

Website:

www.houghtonstreetreview.com/index.php/conference

© 2026 International Online Conference on Multidisciplinary Academic Research. All Rights Reserved.

Editor-in-Chief:

Dr. Ewelum Johnson Nnadi

Managing Editors:

1.Harold Jan R. Terano

2.Dr. Mandakini Singla

3.Massoud Kaykhaii







– Классический блок формирования признаков, согласованный с ограничением по числу кубитов: критерий отбора учитывает и информативность признаков, и ресурсы квантовой схемы.

– Количественная оценка границ применимости гибридного подхода: зависимость качества от объёма выборки, уровня шума и размерности входа.

Практическая значимость

– Воспроизводимый программный прототип и протокол сравнения классических и гибридных моделей на открытых данных.

– Практические рекомендации о том, при каких условиях квантовый компонент оправдан. Предполагаемое применение: серверная или облачная часть системы мониторинга при предварительной обработке сигнала на стороне носимого устройства.

Заключение

Работа не декларирует превосходство квантовых методов, а строит строгую экспериментальную процедуру, позволяющую установить, при каких условиях гибридный подход к анализу ЭКГ даёт практическую пользу. Классический и квантовый блоки рассматриваются как взаимодополняющие уровни обработки.

Ключевые слова

квантовое машинное обучение, ЭКГ, аритмия, вариационная квантовая схема, гибридный алгоритм, носимые сенсоры, межпациентная валидация, устойчивость к шуму

Литература

1. Moody G.B., Mark R.G. The impact of the MIT-BIH Arrhythmia Database // IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine. 2001. Vol. 20, No. 3. P. 45–50.
2. Goldberger A.L. et al. PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet // Circulation. 2000. Vol. 101, No. 23. P. e215–e220.
3. de Chazal P., O'Dwyer M., Reilly R.B. Automatic classification of heartbeats using ECG morphology and heartbeat interval features // IEEE Trans. Biomed. Eng. 2004. Vol. 51, No. 7. P. 1196–1206.
4. Moody G.B., Muldrow W.E., Mark R.G. A noise stress test for arrhythmia detectors // Computers in Cardiology. 1984. Vol. 11. P. 381–384.
5. Havlíček V. et al. Supervised learning with quantum-enhanced feature spaces // Nature. 2019. Vol. 567. P. 209–212.
6. Schuld M., Killoran N. Quantum machine learning in feature Hilbert spaces // Physical Review Letters. 2019. Vol. 122. Art. 040504.
7. Preskill J. Quantum computing in the NISQ era and beyond // Quantum. 2018. Vol. 2. P. 79.
8. Cerezo M. et al. Variational quantum algorithms // Nature Reviews Physics. 2021. Vol. 3. P. 625–644.