ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

###### Факультет информатики, математики и компьютерных наук

Власов Артём Дмитриевич

**Классификация аритмий по ЭКГ на основе глубинного обучения**

КУРСОВАЯ РАБОТА

по направлению подготовки 09.03.04 «Программная инженерия»

образовательная программа

«Компьютерные науки и технологии»

|  |  |
| --- | --- |
| Нижний Новгород 2025 | Научный руководитель  Приглашённый преподаватель  НИУ ВШЭ  Бурашников Е.П. |

# **Оглавление**

1. Введение

2. Теоретическая часть

2.1 Сигнал ЭКГ

2.2 Компьютеризированная интерпретация записей ЭКГ

2.3. Набор данных для диагностики ЭКГ

3. Интерпретируемое машинное обучение

3.1 SHapley Additive exPlanations

3.2 Attention Mechanism

3.3 Gradient-weighted Class Activation Mapping

4. Модели глубинного обучения

4.1 SHapley Additive exPlanations модель

4.2 MultIlevel kNowledge-guided Attention networks

4.3 Gradient-weighted Class Activation Mapping модель

5. Вычислительные эксперименты

5.1. Результаты эксперимента

5.2. Анализ полученных результатов

Заключение

Список литературы

1. **Введение**

В течение многих лет сердечно-сосудистые заболевания являются одним из распространённых причин смертности в мире, однако своевременная диагностика нарушений сердечного ритма (аритмий) играет существенную роль в профилактике и лечении осложнений. Врачи диагностирую сердечно-сосудистые заболевания с помощью различных методов, среди которых электрокардиограмма (ЭКГ) является наиболее распространённой, недорогой и неинвазивной процедурой, позволяющая регистрировать электрическую активность сердца с последующей интерпретацией результата для оценки состояния сердечной мышцы. Однако с ростом населения и числа людей, страдающих от сердечно-сосудистых заболеваний, появилась необходимость в автоматизации процесса анализа ЭКГ.

Несмотря на первые попытки автоматизировать анализ ЭКГ относятся к середине 1950-х годов [1], только в последние годы с развитием методов глубинного обучения, а также введением компьютеризированной интерпретации записей ЭКГ (CIE) [2], стало возможным создавать модели на основе глубинного обучения, демонстрирующие высокую точность и эффективность в задачах классификации медицинских данных, в том числе, ЭКГ.

Однако сложность интерпретации модели машинного обучения мешает врачам быть уверенными в результатах диагностики, основанной на моделях машинного обучения [3]. Методы интерпретации моделей машинного обучения предоставляют доказательства правильности результатов конкретной модели [3]. Более того, эти методы интерпретации позволяют экспертам-людям доверять результатам модели, отлаживать и устранять неполадки в модели. Однако область объяснимого ИИ ещё на стадии формирования, и исследователи сосредоточены на внедрении методов, которые могут объяснить, как модель определяет или классифицирует аномалии в сфере здравоохранения [3]. Поэтому актуальной задачей становится не только внедрение интерпретируемых методов машинного обучения, позволяющих врачу понимать, на основании каких признаков модель принимает решения, но и создание нейросетевых моделей с высокой точностью распознавания аритмий.

В данной работе рассматриваются 3 модели нейронных сетей, основанные на трёх наиболее распространённых интерпретируемых метода машинного обучения для классификации аритмий по ЭКГ. Кроме того, проводится вычислительный эксперимент, показывающий эффективность этих интерпретируемых методов, а также интерпретируемость и точность моделей глубинного обучения в задаче классификации с использованием базы данных открытого доступа для оценки алгоритмов определения ритма электрокардиограммы и выявления морфологических нарушений [4].

**Список литературы**

1. Taback L., Marden E., Mason H.L. and Pipberger H.V. : "Digital recording of electrocardiographic data for analysis by a digital computer". IRE Trans Med Electro 1959; **6**: 167.
2. Schläpfer, J, Wellens, H. Computer-Interpreted Electrocardiograms: Benefits and Limitations. JACC. 2017 Aug, 70 (9) 1183–1192. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.07.723>
3. Abdullah, T.A.A.; Zahid, M.S.M.; Ali, W. A Review of Interpretable ML in Healthcare: Taxonomy, Applications, Challenges, and Future Directions. *Symmetry* **2021**, *13*, 2439.  <https://doi.org/10.3390/sym13122439>
4. F. F. Liu, C. Y. Liu\*, L. N. Zhao, X. Y. Zhang, X. L. Wu, X. Y. Xu, Y. L. Liu, C. Y. Ma, S. S. Wei, Z. Q. He, J. Q. Li and N. Y. Kwee. An open access database for evaluating the algorithms of ECG rhythm and morphology abnormal detection. Journal of Medical Imaging and Health Informatics, 2018, 8(7): 1368–1373. <http://2018.icbeb.org/file/2018X_Feifei_An%20Open%20Access%20Database%20for%20Evaluating%20ECG%20abnormal%20classificaition%20algorithm.pdf>