Diagnóstico Automático de Doenças Cardíacas a partir de Eletrocardiogramas usando Redes Neurais Profundas

Gabriel Henrique Vianna Braum

RA: 10401421

E-mail: gabrielhenriquevb@gmail.com

Link GITHUB: <https://github.com/godines51/INTELIG-NCIA-ARTIFICIAL.git>

***Resumo.*** *Este projeto tem como objetivo desenvolver um modelo de Inteligência Artificial para a detecção de arritmias cardíacas a partir de imagens de eletrocardiogramas (ECG) por meio do uso de redes neurais profundas – combinando arquiteturas do tipo Convolutional Neural Networks (CNN) e, quando pertinente, Recurrent Neural Networks (RNN) para capturar eventuais relações temporais extraídas de sequências de imagens. A proposta busca oferecer aos profissionais de saúde uma ferramenta de apoio que possibilite diagnósticos mais precisos e ágeis, reduzindo a intervenção manual e otimizando a análise das imagens. O sistema será validado por meio de métricas de desempenho, como acurácia, sensibilidade, recall e F1-score, utilizando dados oriundos de um dataset público disponível no Kaggle, devidamente preparado e anonymizado para respeitar a privacidade dos pacientes.*

**1. Introdução**

**a. Contextualização**

A crescente incidência de doenças cardíacas, e em especial das arritmias, coloca desafios significativos para os sistemas de saúde em termos de diagnóstico rápido e preciso. Embora os eletrocardiogramas (ECG) sejam amplamente utilizados, sua interpretação manual pode ser demorada e propensa a erros. Estudos recentes sugerem que técnicas de Deep Learning, especialmente as redes neurais convulsionais, podem melhorar a análise de imagens de ECG, possibilitando a extração automatizada de padrões relevantes.

**B. Justificativa**

A necessidade de diagnósticos precoces e confiáveis frente à elevada demanda nos serviços de saúde reforça a importância de métodos automatizados. O uso de IA para a análise de imagens de ECG pode auxiliar na redução de erros humanos e no aprimoramento do processo diagnóstico, garantindo que cardiologistas disponham de uma segunda opinião fundamentada e rápida. Essa abordagem, além de oferecer eficiência, pode ser escalada para múltiplas instituições de saúde, contribuindo para a democratização do acesso a diagnósticos de alta qualidade.

**c. Objetivo**

Desenvolver um protótipo de sistema de Inteligência Artificial, baseado na combinação de CNNs e, se necessário, RNNs, para identificar arritmias a partir de imagens de ECG. O sistema deverá apresentar alta precisão na detecção de padrões e ser rigorosamente validado por meio de métodos estatísticos, oferecendo suporte confiável para a tomada de decisão clínica.

**d. Opção do Projeto**

Optou-se pela integração de técnicas de Deep Learning no diagnóstico médico, com foco na análise de imagens de ECG. Essa escolha alia o avanço tecnológico das redes neurais à necessidade de aprimoramento dos diagnósticos cardiológicos, servindo como base para o desenvolvimento do TCC e aplicação em disciplinas correlatas.

**Descrição do Problema**

Os métodos tradicionais de interpretação de ECG, baseados em análise manual ou em algoritmos convencionais, apresentam limitações em termos de precisão e rapidez. A dificuldade para identificar nuances e variações sutis nas imagens dos sinais pode levar a diagnósticos equivocados ou tardios. Assim, o principal desafio é desenvolver um sistema robusto que extraia automaticamente as características importantes das imagens de ECG e classifique com alta confiabilidade as possíveis arritmias, superando as barreiras dos métodos tradicionais.

**Aspectos Éticos e Responsabilidade no Uso da IA**

O desenvolvimento e aplicação de Inteligência Artificial na área da saúde implicam em desafios éticos importantes. Entre os pontos a serem observados, destaca-se a responsabilidade pelo uso dos algoritmos na tomada de decisão, a necessidade de transparência e interpretabilidade dos modelos e a garantia de que os dados dos pacientes estejam devidamente anonimizados e protegidos conforme as normas legais (por exemplo, a LGPD no Brasil). Adicionalmente, é crucial assegurar que os profissionais de saúde continuem a exercer o julgamento clínico, utilizando a ferramenta de IA como um auxílio, e não como substituição do diagnóstico humano. Dessa forma, o projeto deve incorporar mecanismos que promovam a supervisão ética e a validação contínua dos resultados produzidos pelo sistema.

**Dataset**

O projeto utilizará um dataset disponível no Kaggle (disponível em: <https://www.kaggle.com/datasets/analiviafr/ecg-images/data>) que contém imagens de eletrocardiogramas. Esse dataset, composto por registros visuais dos sinais de ECG, permitirá a aplicação de técnicas de processamento de imagens para a extração de características relevantes.

* **Origem:** Kaggle, contribuído pela comunidade de pesquisadores e entusiastas da área de análise de imagens médicas.
* **Conteúdo e Preparação:** As imagens serão submetidas a um processo de pré-processamento em Python, incluindo redimensionamento, normalização e, possivelmente, técnicas de data augmentation para aumentar a robustez do modelo. Uma análise exploratória descritiva e visual (através de gráficos e estatísticas) será conduzida para garantir que os dados estejam limpos e adequados para o treinamento da rede neural.

**Metodologia e Resultados Esperados**

A abordagem metodológica para a resolução do problema segue as etapas abaixo:

* **Coleta e Preparação dos Dados:** Importação das imagens de ECG do dataset do Kaggle e aplicação de técnicas de pré-processamento (redimensionamento, normalização e data augmentation) para adequação ao treinamento do modelo.
* **Desenvolvimento do Modelo:** Implementação de uma rede neural convolucional (CNN) para a extração de características de imagens. Dependendo da necessidade, pode-se incluir componentes recorrentes (RNN) para analisar sequências temporais extraídas, quando a temporalidade for relevante.
* **Treinamento e Validação:** Divisão dos dados em conjuntos de treinamento, validação e teste. A utilização de validação cruzada garantirá a robustez do modelo e sua capacidade de generalização.
* **Avaliação dos Resultados:** O desempenho do sistema será medido por meio de métricas como acurácia, sensibilidade, recall e F1-score. A análise estatística dos resultados permitirá ajustar a arquitetura do modelo para otimização do diagnóstico.

*Resultados Esperados:*  
Espera-se que o sistema desenvolvido seja capaz de identificar arritmias de forma precisa e rápida, oferecendo um suporte decisório confiável aos profissionais de saúde. A implementação eficaz desta ferramenta de IA pode reduzir o tempo de diagnóstico e diminuir a taxa de erros, contribuindo significativamente para a melhora no atendimento clínico.

**Referências (citadas dentro do texto do projeto)**

* Golande, A. L. & Pavankumar, T. (2023). Optical electrocardiogram based heart disease prediction using hybrid deep learning.
* Joshi, R. C. et al. (2022). AI-CardioCare: artificial intelligence based device for cardiac health monitoring.
* Tiwari, J. & Gautam, C. (2020). Heart disease prediction using data mining technique.
* Wei, X. et al. (2024). Automatic multi-label diagnosis of single-lead ECG using novel hybrid residual recurrent convolutional neural networks.

**Bibliografia**

* ALAMATSAZ, N. et al. (2024). A lightweight hybrid CNN-LSTM explainable model for ECG-based arrhythmia detection. Biomedical Signal Processing and Control, 90, 105884.
* AVANZATO, R. & BERITELLI, F. (2020). Automatic ECG diagnosis using convolutional neural network. Electronics, 9(6), 951.
* GOLANDE, A. L. & PAVANKUMAR, T. (2023). Optical electrocardiogram based heart disease prediction using hybrid deep learning. J Big Data, 10, 139.
* HASBULLAH, S. et al. (2023). Detection of myocardial infarction using hybrid models of convolutional neural network and recurrent neural network. BioMedInformatics, 3(2), 478-492.
* JOSHI, R. C. et al. (2022). AI-CardioCare: artificial intelligence based device for cardiac health monitoring. IEEE Transactions on Human-Machine Systems, 52(6), 1292-1302.
* MIDANI, W. et al. (2023). DeepArr: an investigative tool for arrhythmia detection using a contextual deep neural network from ECG signals. Biomedical Signal Processing and Control, 85, 104954.
* MORAN, I. et al. (2023). Deep transfer learning for chronic obstructive pulmonary disease detection utilizing ECG signals. IEEE Access, 11.
* OMAROV, B. & MOMYNKULOV, Z. (2024). Hybrid deep learning model for heart disease detection on 12-lead electrocardiograms. Procedia Computer Science, 241, 439-444.
* RATH, A. et al. (2021). Heart disease detection using deep learning methods from imbalanced ECG samples. Biomedical Signal Processing and Control, 68, 102820.
* TIWARI, J. & GAUTAM, C. (2020). Heart disease prediction using data mining technique. Journal of Emerging Technologies and Innovative Research, 7(3).
* VIVEK, K. et al. (2021). Automatic detection of heart disease using hybrid deep learning model. Webology, 18(1), 1-15.
* WEI, X. et al. (2024). Automatic multi-label diagnosis of single-lead ECG using novel hybrid residual recurrent convolutional neural networks. Biomedical Signal Processing and Control, 95, 106422.