



Previsão de Pressão Arterial Utilizando Métodos de Aprendizagem de Máquina

Palavras-chave: Aprendizagem de Máquina, pressão arterial, Lesão Medular.

Autores(as):

Tiago Almeida Zanett, IMECC – UNICAMP
Profa. Dra. Petra Maria Bartmeyer, IMECC – UNICAMP

Resumo

Este projeto propõe o desenvolvimento de um modelo de aprendizagem de máquina capaz de prever a pressão arterial média (MAP) de indivíduos com lesão medular, utilizando sinais fisiológicos extraídos de sensores vestíveis. A proposta visa contornar limitações dos métodos convencionais de aferição, que podem interferir diretamente na pressão arterial desses pacientes. Para isso, são exploradas abordagens como KNN e LSTM, além de técnicas de engenharia de atributos, com o objetivo de viabilizar um sistema não invasivo, de baixo custo e aplicável em dispositivos como smartwatches.

1 Introdução

Indivíduos com lesão medular enfrentam disfunções autonômicas que afetam a regulação da pressão arterial. Métodos tradicionais de aferição, como esfigmomanômetros, além de serem invasivos ou pouco práticos para uso contínuo, podem provocar variações nos valores de pressão medidos, especialmente neste público. Assim, há um crescente interesse por soluções baseadas em sinais fisiológicos obtidos de forma contínua e não invasiva.

Neste contexto, sensores vestíveis tornam-se alternativas promissoras para monitoramento contínuo. Este projeto insere-se na interseção entre matemática aplicada, ciência de dados e saúde digital, com o objetivo de modelar matematicamente os padrões fisiológicos para prever a pressão arterial a partir de dados temporais.

2 Objetivo

Desenvolver um modelo preditivo, baseado em aprendizagem de máquina, para estimar a pressão arterial média (MAP) de indivíduos com lesão medular, com base em variáveis fisiológicas captadas por sensores vestíveis, de forma contínua e não invasiva.

3 Metodologia

3.1 Dados e Pré-processamento

Os dados utilizados foram coletados de 8 macacos, em diferentes sessões experimentais, totalizando quatro bases distintas. Contendo medidas de pressão (MAP, sistólica e diastólica), bem como variáveis como frequência cardíaca, saturação de oxigênio (SpO2), respiração e perfusion index (PI), além de um registro temporal de quando foram coletadas.

Devido ao desalinhamento temporal entre os conjuntos, utilizamos o método de *Dynamic Time Warping* (DTW) para alinhar as séries com base na frequência cardíaca.

Após o alinhamento, foi consolidado um único conjunto de dados contendo:

- Mediana da SpO2, PI e frequência cardíaca.
- Frequência respiratória.
- Variáveis de identificação (macaco, lesão, etc.).

3.2 Modelagem

A modelagem foi estruturada em quatro etapas: definição da variável alvo, ajuste, previsão e avaliação. A variável-alvo escolhida foi a pressão arterial média (MAP), pela sua menor variabilidade e melhor robustez estatística. A pressão sistólica e diastólica serão derivadas posteriormente, com base na diferença média entre elas, individual por paciente.

Inicialmente, foi utilizado o modelo K-Nearest Neighbors (KNN), adequado para padrões locais e fácil de interpretar. Para dados sequenciais, pretende-se aplicar modelos como Long Short-Term Memory (LSTM), eficazes em aprender dependências temporais.

3.3 Engenharia de Atributos

Foram testadas técnicas como:

- Normalização por janelas móveis (Z-normalização).
- Componentes senoidais e cossenoidais para capturar sazonalidades.
- Normalização temporal (MinMax e StandardScaler).

As métricas de avaliação utilizadas foram RMSE, MAE, MRE e R^2 , com validação cruzada do tipo *TimeSeriesSplit*, respeitando a dependência temporal dos dados.

4 Resultados e Discussão

Os primeiros testes com KNN revelaram desempenho insatisfatório, mesmo após Grid Search e engenharia de atributos. Isso sugere que a variabilidade dos dados e a complexidade da fisiologia individual dos macacos exigem maior volume de dados ou modelos mais robustos.

A inclusão de dados de todos os macacos em um único conjunto é o próximo passo, buscando aumentar a capacidade de generalização do modelo. Há também a expectativa de que, com mais dados e melhor engenharia de atributos, modelos como LSTM apresentem melhores resultados.

5 Conclusão

Este projeto busca oferecer uma alternativa tecnológica viável para estimar a pressão arterial de forma não invasiva em pacientes com lesão medular. Embora os resultados iniciais com KNN não tenham sido ideais, o pipeline construído e os métodos testados fornecem uma base sólida para avanços futuros.

A continuidade da pesquisa está centrada em aprimorar a qualidade dos dados, incluir mais indivíduos na base, e testar modelos com maior capacidade de aprendizado, como redes neurais.

Além da contribuição técnica, o projeto promove uma interface relevante entre matemática aplicada e saúde digital, reforçando o papel da modelagem em contextos clínicos reais.

Referências

- [1] Tazarv, Ali and Levorato, Marco. A deep learning approach to predict blood pressure from PPG signals. *2021 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)*, pp. 5658–5662, IEEE, 2021.
- [2] Martínez, Francisco; Frías, María Pilar; Pérez-Godoy, María Dolores; Rivera, Antonio Jesús. Dealing with seasonality by narrowing the training set in time series forecasting with kNN. *Expert Systems with Applications*, vol. 103, pp. 38–48, Elsevier, 2018.
- [3] Li, Hailin. Time works well: Dynamic time warping based on time weighting for time series data mining. *Information Sciences*, vol. 547, pp. 592–608, Elsevier, 2021.
- [4] Aziz, Rabia; Jawed, Firdaus; Khan, Sohrab Ahmad; Sundus, Habiba. Wearable IoT Devices in Rehabilitation: Enabling Personalized Precision Medicine. In: *Medical Robotics and AI-Assisted Diagnostics for a High-Tech Healthcare Industry*, pp. 281–308, IGI Global, 2024.
- [5] Slapničar, Gašper; Mlakar, Nejc; Luštrek, Mitja. Blood pressure estimation from photoplethysmogram using a spectro-temporal deep neural network. *Sensors*, vol. 19, no. 15, p. 3420, MDPI, 2019.
- [6] Kachuee, Mohammad; Kiani, M. M.; Mohammadzade, Hoda; Shabany, Mahdi. Cuff-less blood pressure estimation algorithms for continuous health-care monitoring. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 64, no. 4, pp. 859–869, IEEE, 2017.
- [7] Jeong, Da Un; Lim, Ki Moo. Combined deep CNN-LSTM network-based multitasking learning architecture for noninvasive continuous blood pressure estimation using difference in ECG-PPG features. *Scientific Reports*, vol. 11, no. 1, p. 13539, Nature Publishing Group, 2021.