

Detecção de Anomalias em Robôs Industriais

1st Andre

Centro de Informática - UFPE
Recife, Brazil
@cin.ufpe.br

2nd Bianca

Centro de Informática - UFPE
Recife, Brazil
@cin.ufpe.br

3rd Caio

Centro de Informática - UFPE
Recife, Brazil
@cin.ufpe.br

4rd Rodrigo

Centro de Informática - UFPE
Recife, Brazil
@cin.ufpe.br

Abstract—Breve apresentação do contexto do trabalho, problema/tema a ser abordado, soluções existentes, método proposto e resultados obtidos.

I. INTRODUÇÃO

Deverá abordar a motivação, justificativa e principais contribuições do trabalho em questão. Alguns pontos que devem ser abordados de forma **breve**, são:

- **Contextualização do problema:** Qual o problema/tema que está sendo investigado?
- **Relevância prática do problema:** Por que ele é interessante?

Os dados analisados neste trabalho são provenientes de sensores inerciais responsáveis por capturar diferentes aspectos do movimento do braço robótico. O acelerômetro mede tanto a aceleração linear quanto a influência da gravidade, sendo sensível a vibrações e impactos abruptos, que podem indicar colisões ou perturbações externas. O giroscópio fornece informações sobre a velocidade angular das articulações, sendo particularmente útil para identificar variações na agilidade do movimento, como atrasos ou oscilações decorrentes de cargas adicionais. O magnetômetro, por sua vez, mede a orientação do sistema em relação ao campo magnético terrestre, apresentando variações mais lentas e sendo sensível a interferências magnéticas inesperadas.

Como o robô executa tarefas de forma sequencial e repetitiva, os sinais dos sensores apresentam um comportamento aproximadamente periódico, refletindo os ciclos de movimento do manipulador. Alterações nesse padrão, como mudanças na forma de onda, atrasos temporais ou picos abruptos, podem estar associadas a condições anômalas de operação.

O conjunto de dados utilizado neste trabalho é proveniente de experimentos realizados com um braço robótico industrial Universal Robot UR3e, em um ambiente de manufatura controlado. Os dados foram coletados com o objetivo de estudar o comportamento do manipulador durante a execução de tarefas típicas da indústria, incluindo aparafusamento, pintura e operações de *pick-and-place*. O dataset é disponibilizado publicamente e foi obtido a partir do repositório associado ao projeto de pesquisa apresentado no IEEE PerCom 2023, sendo

amplamente utilizado em estudos relacionados à detecção de anomalias em sistemas robóticos.

As amostras do conjunto de dados consistem em séries temporais de sensores inerciais (IMU), incluindo sinais de acelerômetro, giroscópio e magnetômetro, coletados a uma frequência nominal de 10 Hz. O dataset contempla tanto condições normais de operação quanto cenários de falha mecânica simulada, como colisões com a plataforma, impactos externos e variações artificiais de carga, permitindo a análise comparativa entre padrões normais e anômalos de funcionamento do robô. A diversidade de tarefas, aliada à presença de diferentes tipos de anomalias, torna o conjunto de dados adequado para a avaliação de técnicas de análise exploratória, pré-processamento e aprendizado de máquina aplicadas à detecção de anomalias.

II. ANÁLISE DE DADOS E FEATURE ENGINEERING

A. Análise Exploratória dos Dados

1) *Análise Exploratória Estrutural:* A análise exploratória estrutural foi conduzida com o objetivo de compreender a organização e os tipos de atributos presentes no conjunto de dados. O dataset é composto por séries temporais de sensores inerciais, contendo variáveis numéricas contínuas associadas às medições de acelerômetro, giroscópio e magnetômetro, além de uma coluna temporal que representa o instante de coleta de cada amostra.

Cada observação corresponde a uma leitura dos sensores em um determinado instante de tempo, sendo os dados organizados de forma sequencial. A variável temporal é representada por valores inteiros de alta resolução, indicando registros em escala de nanosegundos, o que reforça o caráter temporal do problema. No entanto, com o objetivo de facilitar a interpretação e a análise de integridade temporal, os valores foram convertidos para milissegundos, mantendo a proporcionalidade entre as amostras e reduzindo a magnitude numérica dos registros. Adicionalmente, o conjunto de dados inclui uma variável indicativa da condição de operação do robô, utilizada como rótulo para diferenciar entre comportamento normal e anômalo.

Durante essa etapa, também foi identificada a presença de uma coluna textual associada à identificação do sensor, a qual

apresentou valor constante ao longo das amostras analisadas. Por não agregar informação discriminativa ao problema de detecção de anomalias, essa variável foi considerada candidata à remoção nas etapas subsequentes de pré-processamento.

2) *Análise de Valores Faltantes e Outliers*: Deverá conter a identificação de valores faltantes e outliers, visualizações de apoio caso necessário, além de análises dos mecanismos.

3) *Análise Univariada*: Executar análises entre atributos e alvo de forma univariada com descrição estatística e visualizações de apoio.

4) *Análise Bivariada*: Executar análises semelhantes a II-A3 considerando também a correlação entre atributos.

5) *Análise Multivariada*: Aplicar técnicas de análise multivariada como *pairplots*, análise de grupos de interesse e criação de variáveis derivadas além de visualizações para apoio.

B. Pré-processamento dos dados

Apresentar ações referentes ao pré-processamento de dados a exemplo de:

1) *Tratamento de Valores Faltantes*: Em caso de valores faltantes, descrever o tratamento executado para sanar os problemas com justificativas bem fundamentadas.

2) *Tratamento de Outliers*: Em caso de *outliers*, apresentar o tratamento executado com devidas justificativas.

3) *Deteção e Tratamento de Duplicadas*: Avaliar se há presença de duplicadas no dataset utilizado e tratá-las de acordo.

4) *Feature Scaling*: Utilizar ferramentas de normalização como StandardScaler ou MinMaxScaler para normalizar os atributos.

5) *Encoding de Variáveis Categóricas*: Utilizar ferramentas adequadas para tratamento de variáveis. Indicar qual técnica foi utilizada e a motivação.

C. Divisão dos Dados

Justificar e apresentar a divisão de dados entre Treino, Validação e Teste com justificativas a respeito da técnica utilizada.

D. Feature Engineering

Deverá abordar a seleção e extração de *features* caso cabível. Em caso de utilização de técnicas de redução de dimensionalidade, justificar a escolha do método e configurações.

III. MODELAGEM

Nesta seção deverá ser feita uma breve revisão dos algoritmos selecionados. Além disso, justificar a escolha do algoritmo juntamente com hiperparâmetros a serem testados. Importante explicitar qual(is) foi(ram) o(s) espaço(s) de busca utilizado, bem como a técnica escolhida para tunagem de hiperparâmetros.

A. Modelo A

- 1) *Conceitos Básicos*:
- 2) *Justificativa*:

3) *Espaço de Busca*:

4) *Hiperparâmetros Selecionados*:

B. Modelo B

1) *Conceitos Básicos*:

2) *Justificativa*:

3) *Espaço de Busca*:

4) *Hiperparâmetros Selecionados*:

C. Modelo C

1) *Conceitos Básicos*:

2) *Justificativa*:

3) *Espaço de Busca*:

4) *Hiperparâmetros Selecionados*:

IV. ANÁLISE E COMPARAÇÃO DE RESULTADOS

Deverá conter as métricas que foram utilizadas para a análise juntamente com revisão de conceito e justificativas. É fundamental comparar os resultados obtidos entre os diferentes modelos treinados. Além disso, é interessante utilizar ferramentas estatísticas e/ou testes de hipótese quando cabível.

V. CONCLUSÃO E DISCUSSÃO

Explicar os principais achados ao longo do trabalho bem como vantagens e limitações de métodos e/ou algoritmos selecionados. Além disso, apresentar principais *insights* extraídos e potenciais trabalhos futuros.

MATERIAL DE APOIO

TABLE I
EXEMPLO DE TABELA

Trabalhos	Método	Vantagens	Desvantagens
Trabalho A	Método X	A	D
Trabalho B	Método Y	G	J

VI. MODELO DE AMEAÇA (SE APLICÁVEL)

Utilizar figuras e/ou algoritmos e/ou equações para descrever os comportamentos da análise.

Na Eq. (1) é apresentado um exemplo de equação com a equação de uma reta.

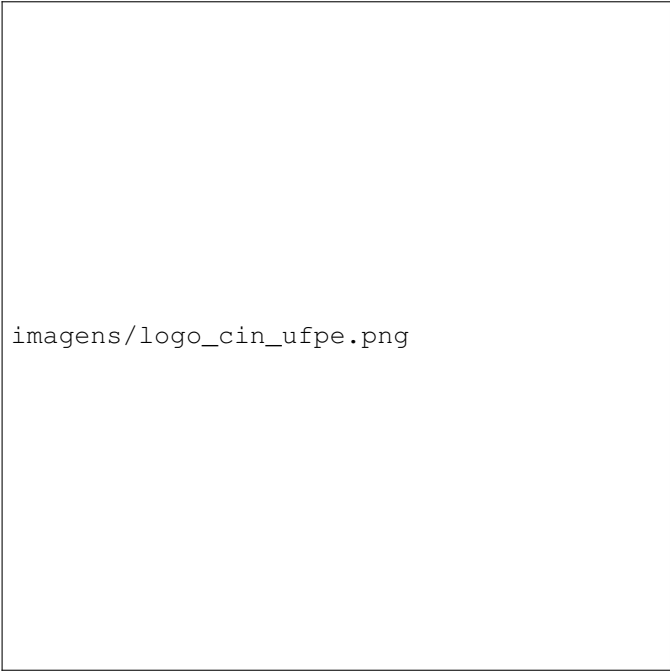
$$y = ax + b \quad (1)$$

Na Fig. 1 é apresentado um exemplo de figura com a logo do centro de informática.

No Alg. 1 é apresentado um exemplo de algoritmo.

REFERÊNCIAS

- [1] H. Kopka and P. W. Daly, *A Guide to L^AT_EX*, 3rd ed. Harlow, England: Addison-Wesley, 1999.



imagens/logo_cin_ufpe.png

Fig. 1. Logo do centro de informática.

Algorithm 1 Algoritmo com legenda

Require: $n \geq 0$

Ensure: $y = x^n$

$y \leftarrow 1$

$X \leftarrow x$

$N \leftarrow n$

while $N \neq 0$ **do**

if N is even **then**

$X \leftarrow X \times X$

$N \leftarrow \frac{N}{2}$

▷ Exemplo de comentário

else if N is odd **then**

$y \leftarrow y \times X$

$N \leftarrow N - 1$

end if

end while
