



## SISTEMAS INTELIGENTES

### Prática 3 – Implementação do Perceptron

Ivan Nunes da Silva

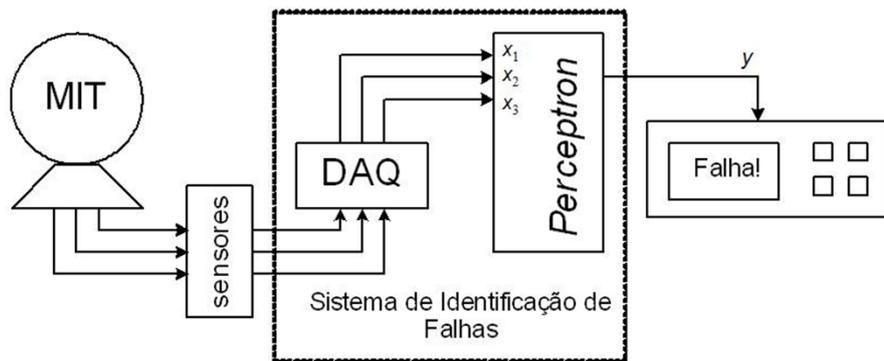


### Problema de Aplicação Prática

- Uma equipe de engenheiros determinou que um tipo de falha, comumente encontrado em motores de indução trifásicos de uma indústria, pode ser pré-identificada (antes que a mesma ocorra) mediante análises de três grandezas físicas  $\{x_1, x_2, x_3\}$ .
- Desta forma, a partir de tais grandezas, a equipe pretende aplicar um **Perceptron** para classificar a operação do motor em duas classes, ou seja, “Operação Normal (Classe  $C_1$ )” ou “Iminência de Falha (Classe  $C_2$ )”, tendo o intuito de se efetuar manutenção preventiva e minimizar o custo operacional da indústria.
- O esquema ilustrativo do processo é mostrado a seguir.



## Esquema Ilustrativo do Processo

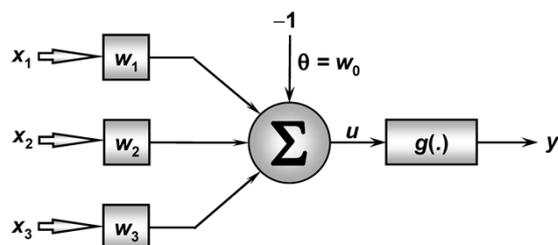


3



## Configuração do Perceptron

- Como existe três grandezas físicas que estão sendo medidas, o neurônio constituinte do **Perceptron** terá então três entradas  $\{x_1, x_2, x_3\}$ .
- Conseqüentemente, a saída  $\{y\}$  do **Perceptron** estará então classificando, baseado em suas três entradas, o status da operação do motor em duas classes, ou sejam:
  - ◆ Classe  $C_1 \rightarrow$  "Operação Normal"  $\rightarrow \{y = 1\}$
  - ◆ Classe  $C_2 \rightarrow$  "Iminência de Falha"  $\rightarrow \{y = -1\}$
- A figura seguinte ilustra o **Perceptron** a ser implementado.



4



## Configuração da Base de Treinamento

➤ A base de dados de treinamento do **Perceptron**, disponibilizada no arquivo {treinamento.txt}, foi levantada por meio de sucessivos ensaios experimentais e contém o seguinte formato.

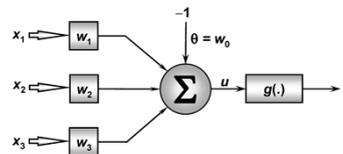
|     | $x_1$  | $x_2$  | $x_3$  | $d$   |
|-----|--------|--------|--------|-------|
| 01  | 1.4715 | 0.8996 | 1.1509 | -1    |
| 02  | 4.6315 | 0.3409 | 2.4209 | -1    |
| 03  | 2.9055 | 3.1858 | 3.1770 | 1     |
| 04  | 3.2563 | 4.3231 | 3.8009 | 1     |
| 05  | 0.2798 | 4.0843 | 2.2521 | 1     |
| 06  | 2.6446 | 3.4718 | 3.2715 | 1     |
| 07  | 1.0620 | 2.7164 | 1.7854 | -1    |
| 08  | 3.5126 | 4.7822 | 4.1947 | 1     |
| 09  | 2.2227 | 0.427  | 1.2697 | -1    |
| 10  | 0.2867 | 3.1473 | 1.8032 | 1     |
| ... | (...)  | (...)  | (...)  | (...) |



## Implementação do Treinamento (I)

a) Carregar a matriz de treinamento **M** usando a seguinte instrução:

**M** = load('nome\_do\_arquivo'); {Mostre **M** para conferência}

$$M = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & d \\ 1.4715 & 0.8996 & 1.1509 & -1 \\ 4.6315 & 0.3409 & 2.4209 & -1 \\ 2.9055 & 3.1858 & 3.1770 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}$$


b) Implementar as seguintes instruções a partir da matriz **M**:

- ❖ Definir a matriz **T**, referentes aos sinais de entrada do **Perceptron**, que seja composta pelas três primeiras colunas de **M**, inserindo ainda o elemento -1 (relativo ao termo  $\theta$ ) em sua primeira coluna.
- ❖ Definir o vetor **d**, referente aos sinais de saída do **Perceptron**, que seja composto pela última coluna de **M**. {Mostre **T** e **d** para conferência}

$$T = \begin{bmatrix} -1 & 1.4715 & 0.8996 & 1.1509 \\ -1 & 4.6315 & 0.3409 & 2.4209 \\ -1 & 2.9055 & 3.1858 & 3.1770 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad d = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \\ \dots \end{bmatrix}$$



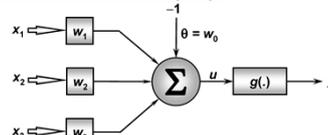
## Implementação do Treinamento (II)

c) Inicializar as seguintes variáveis:

- Taxa de aprendizagem em 0.01;  $\{\eta \leftarrow 0.01\}$
- Contador de épocas em 0;  $\{\text{época} \leftarrow 0\}$
- Vetor de pesos  $\{\mathbf{w}\}$  com valores aleatórios

uniformemente distribuídos entre 0 e 1, sendo que cada um de seus elementos estará representando os seguintes parâmetros:

$$\mathbf{w} = [\theta \ w_1 \ w_2 \ w_3]^T; \quad \{\text{Mostre } \mathbf{w} \text{ para conferência}\}$$



d) Implementar a instrução que, dada uma linha  $k$  da matriz  $\mathbf{T}$ , obtenha o potencial de ativação do neurônio, ou seja:

$$\mathbf{x} \leftarrow \mathbf{T}(k, :)^T \quad \{\text{onde } \mathbf{x} \text{ conterá a } k\text{-ésima linha da matriz } \mathbf{T}\}$$

$$u \leftarrow \mathbf{w}^T * \mathbf{x} \quad \{\text{realize eventuais transposições que sejam necessárias}\}$$

Teste a sua instrução para  $k = 2$ , verificando se o valor de retorno está correto.

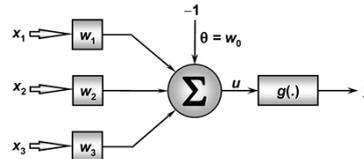
$$\mathbf{T} = \begin{bmatrix} -1 & 1.4715 & 0.8996 & 1.1509 \\ -1 & 4.6315 & 0.3409 & 2.4209 \\ -1 & 2.9055 & 3.1858 & 3.1770 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix} \quad \leftarrow k = 2$$



## Implementação do Treinamento (III)

e) Implementar o processo de treinamento do **Perceptron** inspirado no algoritmo apresentado na aula teórica, também conhecida como regra de **Hebb**, ou seja:

```
(...)
erro ← "existe"
época ← 0
Enquanto (erro = "existe"), faça:
  erro ← "não existe";
  época ← época + 1;
  Para k variando de 1 até a quantidade total de amostras em T, faça:
    x ← T(k, :)^T; {atribua amostra k de T ao vetor x // Use instruções do item "d"}
    u ← w^T * x; {realize as eventuais transposições que sejam necessárias}
    y ← sinal(u);
    Se y ≠ d(k) então
      w ← w + η * (d(k) - y) * x;
      erro ← "existe";
    Fim_se
  Fim_Para
Fim_Enquanto
```

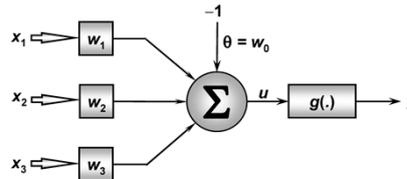


{Execute a rede pelo menos três vezes e analise os números de épocas e os valores finais para o vetor  $\mathbf{w}$  imprimir o número de épocas e o valor final do vetor  $\mathbf{w}$ }



## Implementação do Treinamento (IV)

f) Após o treinamento do **Perceptron**, aplique-o para efetuar a identificação de falhas para algumas situações coletadas pelos sensores situados na planta industrial. Carregue numa matriz **V** o arquivo {teste.txt} que contém a relação completa destas situações representadas por medições de  $x_1$ ,  $x_2$  e  $x_3$ .

$$V = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ 4.0736 & 4.5290 & 4.2580 \\ 0.6349 & 4.5669 & 2.4343 \\ 3.1618 & 0.4877 & 1.8373 \\ 1.3925 & 2.7344 & 2.0922 \\ 4.7875 & 4.8244 & 4.6913 \\ \dots & \dots & \dots \end{bmatrix};$$


g) Prepare esta matriz **V**, adicionando os elementos -1 em sua primeira coluna, a fim de ser inserida nas entradas do **Perceptron** já treinado.



## Implementação do Treinamento (V)

h) Implemente as instruções que permita a classificação, após a realização do processo de treinamento, usando o algoritmo seguinte. Forneça também os resultados da classificação.

(...)

Para  $k$  variando de 1 até a quantidade total de amostras em **V**, faça:

$$\begin{cases} \mathbf{x} \leftarrow \mathbf{V}(k, :)^T; & \{ \text{atribua a amostra } k \text{ de } \mathbf{V} \text{ ao vetor } \mathbf{x} \} \\ u \leftarrow \mathbf{w}^T * \mathbf{x}; & \{ \text{realize as transposições que sejam necessárias} \} \\ y \leftarrow \text{sinal}(u); \\ \text{Imprima}(y); \end{cases}$$

Fim\_Para

(...)

- ♦ Se  $\{y = 1\} \rightarrow$  "Operação Normal"  $\rightarrow$  Classe  $C_1$
- ♦ Se  $\{y = -1\} \rightarrow$  "Iminência de Falha"  $\rightarrow$  Classe  $C_2$