

# Introdução às Redes Neurais

## Redes SOM: Parte I

Prof. Ricardo J. G. B. Campello

## Redes Auto-Organizáveis

- ◆ Redes neurais **auto-organizáveis** são redes que aprendem apenas através de padrões de entrada:
  - Seguem o paradigma de **aprendizado não supervisionado**
  - Não precisam de um “professor” (padrões de saída desejados)
- ◆ São úteis em muitas aplicações nas quais, por natureza, não se conhece saídas desejadas
  - Por exemplo, compactação de dados / imagens

## Redes Auto-Organizáveis

- ◆ A ideia é aprender de forma autônoma a reconhecer estímulos (padrões de entrada) similares e distintos
  - Por exemplo, para **reconhecimento de voz**
    - Você é capaz de ouvir um conjunto de diferentes frases, cada uma delas falada por um grupo de diferentes pessoas que você não conhece, e reconhecer o conjunto de falas de cada pessoa
    - Sem que ninguém lhe ensinasse antes como é a voz das pessoas!
- ◆ **Córtex cerebral:**
  - Neurônios respondem de forma similar a estímulos similares

3

## Redes SOM

- ◆ A mais popular dentre as redes que podem ser denominadas auto-organizáveis é a **SOM**:
  - *Self-Organizing Map*
  - Proposta por Teuvo Kohonen nos anos 80
  - Também denominada:
    - **Mapa Auto-Organizável**, ou
    - **Mapa de Kohonen**

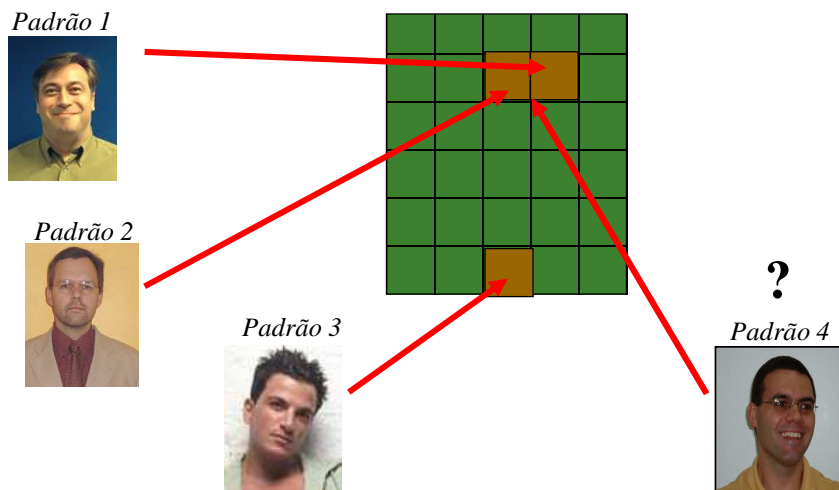
4

## Redes SOM

- Forte inspiração neurofisiológica:
  - baseadas no mapa topológico presente no córtex cerebral
    - cérebro dos animais mais sofisticados possui áreas responsáveis por funções específicas:
      - visão (córtex visual), audição (córtex auditivo), etc
  - rede biologicamente plausível
- Neurônios topologicamente próximos tendem a responder a padrões de estímulos semelhantes
- Organização topológica é fruto da interação (*feedback*) lateral entre células do córtex cerebral

Slide cedido pelo Prof. Eduardo Raul Hruschka

### Redes SOM: Noção Intuitiva



Fonte: Ken McGarry, <http://osiris.sunderland.ac.uk/~cs0kmc/>

## Redes SOM

- ◆ Redes SOM objetivam uma organização automática de uma malha de neurônios de forma que neurônios próximos na malha apresentem respostas a padrões similares
  - Organização Topológica
- ◆ Usualmente são utilizadas como etapa de pré-processamento para outros algoritmos
  - P. exemplo, classificação supervisionada

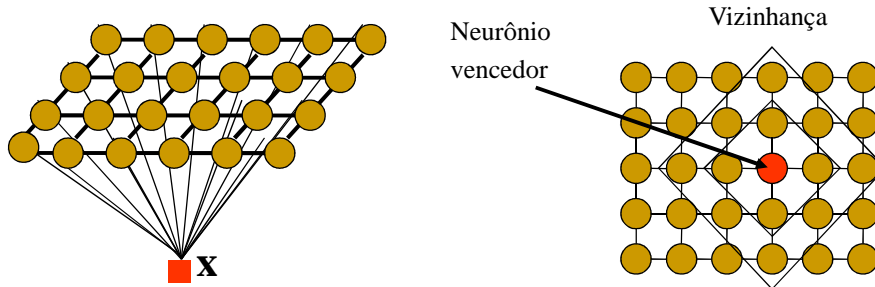
7

## Redes SOM

- Funcionamento Básico:
  - **Competição:**
    - Quando um padrão de entrada  $\mathbf{x}$  é apresentado, a rede procura pela sua unidade mais parecida com  $\mathbf{x}$ , denominada **neurônio vencedor**
  - **Treinamento:**
    - A rede então aumenta a semelhança do neurônio vencedor com  $\mathbf{x}$
  - **Cooperação:**
    - A rede também aumenta, mas em intensidade menor, a semelhança dos **neurônios vizinhos** ao vencedor com o padrão  $\mathbf{x}$
- Desta forma, a rede constrói um **mapa** sobre a malha de neurônios em que unidades próximas respondem de forma semelhante a padrões de entrada similares

Slide adaptado do original cedido pelo Prof. Eduardo Raul Hruschka

## Rede SOM (Malha de Neurônios):



- Pode-se dizer que uma rede SOM é um modelo do córtex cerebral, pois seus neurônios (unidades) estão localmente conectados e o processo de adaptação está restrito ao neurônio vencedor e possivelmente a seus vizinhos

Fonte: Ken McGarry, <http://osiris.sunderland.ac.uk/~cs0kmc/>

## Rede SOM (Processo Competitivo)

Considere um padrão de entrada descrito por  $n$  variáveis:

$$\mathbf{x} = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n]^T$$

Como cada neurônio possui um peso associado a cada variável de entrada, o vetor de pesos do  $j$ -ésimo neurônio da malha tem a mesma dimensão que  $\mathbf{x}$ :

$$\mathbf{w}_j = [w_{j1} \ w_{j2} \ \dots \ w_{jn}]^T \quad ; \quad j = 1, \dots, m$$

onde  $m$  é o número de neurônios da malha.

O **neurônio vencedor**, com vetor de pesos  $\mathbf{w}_i$ , é aquele tal que:

$$i = \arg \min_{j=1, \dots, m} \|\mathbf{x} - \mathbf{w}_j\|$$

Slide adaptado do original cedido pelo Prof. Eduardo Raul Hruschka

## Rede SOM (Algoritmo Básico)

1. Inicializar os vetores de pesos  $w_j$  para  $j = 1, \dots, m$
2. Selecionar um padrão  $x$  do conjunto de padrões de entrada
3. Encontrar o neurônio vencedor para esse padrão
4. Ajustar os vetores de pesos ( $j = 1, \dots, m$ ) de acordo com:

$$w_j = w_j + \eta \cdot h_{ij} \cdot [x - w_j]$$

5. Voltar para 2 enquanto houver mudança significativa na rede

**Nota (sobre a vizinhança na malha):**

- $h_{ij}$  é a proximidade relativa entre o neurônio  $j$ , cujos pesos estão sendo atualizados, e o neurônio  $i$ , vencedor para o padrão  $x$
- Se **não há cooperação**, então:  $h_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se } j = i \\ 0 & \text{se } j \neq i \end{cases}$  “winner takes all”

Slide adaptado do original cedido pelo Prof. Eduardo Raul Hruschka

## Algoritmo SOM (Interpretação Geométrica)

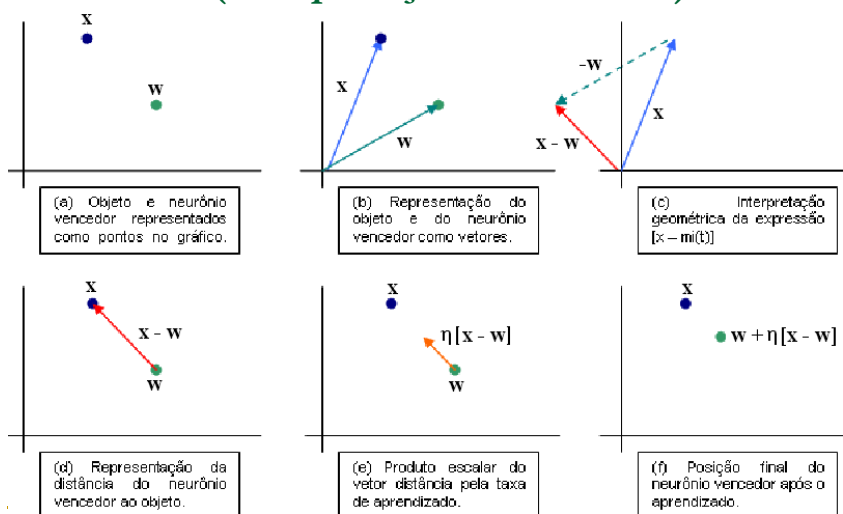
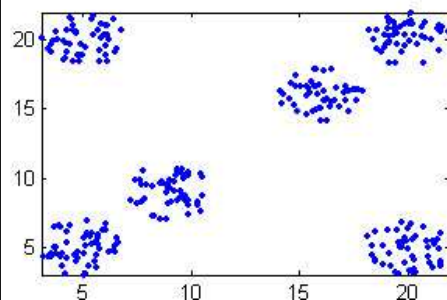


Figura por André Fontana

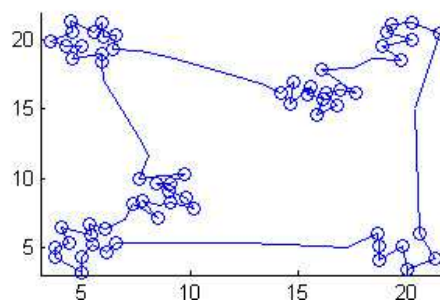
## Heurísticas Básicas

- Os vetores de peso são usualmente inicializados aleatoriamente com valores pequenos e próximos
  - ou com valores de padrões sorteados aleatoriamente
- A seleção de padrões para apresentação à rede é usualmente feita de forma aleatória (como em MLPs)
- Dependendo do domínio de aplicação, pode-se melhorar o desempenho da rede mantendo normalizados cada padrão e cada vetor de pesos com módulo unitário
  - despreza-se as magnitudes, toma-se apenas as direções
- Em outras aplicações pode ser melhor normalizar de maneira independente as vars. que descrevem os padrões

## Exemplo de Simulação (compressão de base de dados)



padrões



pesos

Slide cedido por André Fontana

## Exercício

Seja uma rede SOM hipotética com apenas 2 neurônios (pesos iniciais  $\mathbf{w}_1 = [0.2 \ 0.3]$  e  $\mathbf{w}_2 = [0.7 \ 0.8]$ ). Considere que dois padrões de entrada  $\mathbf{x}$ , dados por  $[0 \ 0]$  e  $[1 \ 1]$ , serão usados para treinar a rede. Considere ainda que a rede não é colaborativa (função de vizinhança  $h_{ij}$  do tipo *winner takes all*). Por fim, assuma que a taxa de aprendizado  $\eta$  é igual a 0,5. Então apresente o valor dos pesos atualizados de ambos os neurônios após a apresentação dos padrões para o algoritmo de treinamento.

## Bibliografia

- ◆ Braga, et al., "Redes Neurais Artificiais: Teoria e Aplicações", LTC, 2ª Edição, 2007
- ◆ Haykin, "Neural Networks", Prentice Hall, 2<sup>nd</sup> Edition, 1999