



LABIC

SCE 550 REDES NEURAIS

Profa. Roseli Ap. Francelin Romero

RAFR

Redes Neurais

1



LABIC

Sistemas de Aprendizado

- Os diversos sistemas de Aprendizado possuem características particulares e comuns que permitem sua classif.:
- linguagem de descrição
- modo
- paradigma
- e forma de aprendizado utilizado

RAFR

Redes Neurais

2



LABIC

- Ainda que AM seja uma ferramenta poderosa para a aquisição automática de conhecimento, deve ser observado que não existe um único algoritmo que apresente o melhor desempenho para todos os problemas.

RAFR

Redes Neurais

3



LABIC

- É importante compreender o poder e a limitação dos diversos algoritmos de AM utilizando alguma metodologia que permita avaliar os conceitos induzidos por esses algoritmos em determinados problemas.

RAFR

Redes Neurais

4



LABIC

Hierarquia do Aprendizado

- A indução é a forma de inferência lógica que permite obter conclusões genéricas sobre um conjunto particular de exemplos.
- Na indução, um conceito é aprendido efetuando-se inferência indutiva sobre os exemplos apresentados. Portanto, as hipóteses geradas podem ou não preservar a verdade.

RAFR

Redes Neurais

5



LABIC

- Apesar disto, ela é um dos met. mais utilizados para derivar conhecimento novo e prever eventos futuros.
- Exemplos:
- Arquimedes descobriu a 1a. Lei da hidrostática e o princípio da alavanca
- Kepler descobriu as leis do mov. Planetário
- Darwin: as leis da seleção natural das espécies.

RAFR

Redes Neurais

6



LABIC

- **Cuidado:** apesar de ser o recurso mais utilizado pelo cérebro humano para obter conhecimento novo, se o no. de exemplos for insuficiente, se os exemplos não forem bem escolhidos, não refletirem as características do domínio ==> as hipóteses obtidas podem ser de muito pouco valor

RAFR

Redes Neurais

7



LABIC

Tipos de Aprendizado Indutivo

- O aprendizado indutivo pode ser:
Aprendizado Supervisionado
Aprendizado Não-supervisionado

RAFR

Redes Neurais

8



LABIC

Aprendizado Indutivo

- **Supervisionado:** conjunto de exemplos de treinamento para os quais o rótulo da classe associada é conhecido.
Cada exemplo: vetor de características ou atributos e o rótulo da classe associada.
Objetivo: construir um classificador ==> classe a que pertence um novo exemplo ainda não rotulado.

RAFR

Redes Neurais

9



LABIC

- **Não-supervisionado:** o indutor analisa os exemplos de treinamento e tenta determinar se alguns deles podem ser agrupados de algum modo formando **agrupamentos ou clusters**
Após isto é necessária uma análise para determinar o que cada agrupamento significa.

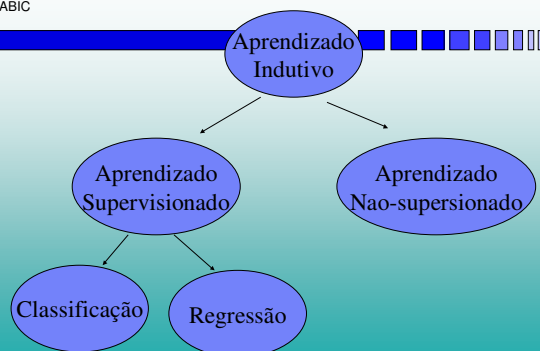
RAFR

Redes Neurais

10



LABIC



RAFR

Redes Neurais

11



LABIC

Paradigmas de Aprendizado

- **SUPERVISIONADO**

O diagrama mostra um retângulo rotulado 'Professor' com uma seta apontando para um oval rotulado 'Exemplos de E/S'. Um rótulo 'Ambiente' com uma seta aponta para o oval 'Exemplos de E/S'.
- **NAO-SUPERVISIONADO**

O diagrama mostra um oval rotulado 'Ambiente' com uma seta apontando para um retângulo rotulado 'Sistema de Aprendizado'. A seta é rotulada 'Vetor de Estado do Sistema'.

RAFR

Redes Neurais

12



Paradigmas de Aprendizado

■ *Aprendizado por REFORÇO*

É um aprendizado on-line de um mapeamento de E/S através de processo de Tentativa e Erro.



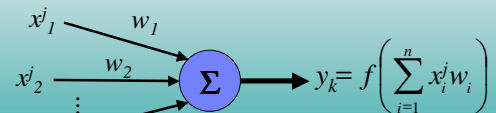
RAFR

Redes Neurais

13



Modelo de um neurônio simples



RAFR

Redes Neurais

14



O que é Aprendizado?

Depende do ponto de vista que está sendo levado em consideração.

“Aprendizado é um processo pelo qual os parâmetros livres de uma rede neural são adaptados através de um processo contínuo de estímulos pelo ambiente no qual a rede está incorporada”.

RAFR

Redes Neurais

15



Aprendizado em RNA

- Durante o processo de aprendizado:
 - 1- A rede neural é estimulada por um ambiente.
 - 2 - A rede muda com o resultado deste estímulo
 - 3 - A rede responde de um novo modo ao ambiente, em função das mudanças que ocorreram na sua estrutura interna.

RAFR

Redes Neurais

16



- $w_{kj}(n)$: peso sináptico no tempo n
- $\Delta w_{kj}(n)$: ajuste no peso
- $w_{kj}(n+1) = w_{kj}(n) + \Delta w_{kj}(n)$
- **Algoritmo de Aprendizado**: conjunto de regras bem definidas para a solução de um problema de Aprendizado.
- **OBS**: Não existe um único algoritmo. Eles diferem pela forma na qual $\Delta w_{kj}(n)$ é formulada.

RAFR

Redes Neurais

17




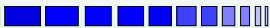
Tipos de Aprendizado

- Regra Correção do Erro ou Regra Delta
- Aprendizado Boltzmann
- Regra Hebbiana ou Regra de Hebb
- Aprendizado Competitivo

RAFR

Redes Neurais



18

Regra Delta

- $d_k(n)$ – saída desejada do neurônio k no tempo n
- $y_k(n)$ – resposta atual deste neurônio, produzida por um estímulo $x(n)$ aplicado à entrada da rede.
- Certamente a resposta atual do neurônio k , $y_k(n)$ é diferente da resposta desejada $d_k(n)$.
- Erro: $e_k(n) = d_k(n) - y_k(n)$
- O objetivo desta regra é minimizar este erro. Para isto é preciso definir uma função custo a ser minimizada



RAFR
Redes Neurais
19

Regra Delta

- Função custo: critério erro-quadrático-médio, definido por:
- $J = E [0.5 \sum e_k(n)^2]$; E : operador esperança estat.
- Método do gradiente descent
- Requer conhec. das caract. estatísticas dos processos fundamentais . Então, considera-se o valor inst. da soma dos quadrados dos erros:
- $e(n) = 0.5 \sum e_k(n)^2$

RAFR
Redes Neurais
20






Regra Delta

- A rede é otimizada minimizando $e(n)$ em relação aos pesos sinápticos.
- Regra de Correção do Erro ou Regra Delta (Widrow and Hoff, 1960)
- $\Delta w_{kj}(n) = \eta e_k(n) x_j(n)$

onde η é uma constante positiva que determina a **velocidade de aprendizado**

RAFR
Redes Neurais
21


Correção do Erro

η tem um impacto grande no desempenho do aprendizado

Se η é pequeno \rightarrow o processo de aprendizado caminha de forma suave, mas o tempo aumenta.

Se η é grande \rightarrow a velocidade de aprendizado é acelerada, mas o existe o perigo do processo divergir.

RAFR
Redes Neurais
22

Regra Delta



- Sobre o gráfico da função custo **J x pesos**:

1. Se as unidades de processamento são unidades lineares a superfície é exatamente uma função quadrática dos pesos da rede \rightarrow Único mínimo.
2. Se as unidades de processamento são não lineares a superfície de erro tem um mínimo global bem como mínimos locais.

No caso 1 \rightarrow o objetivo é atingido

No caso 2 \rightarrow nem sempre!

RAFR
Redes Neurais
23

Aprendizado Hebbiano

- O postulado de Hebb para aprendizado é o mais antigo e famoso. Ele foi nomeado em homenagem ao neuropsicologista Hebb(1949):

“Quando o axônio da célula A está suficientemente próximo para excitar a célula B e repetidamente tenta excitá-la, algum processo crescente ou mudanças metabólicas ocorrem em ambas as células”

- Nao-supervisionado

RAFR
Redes Neurais
24

LABIC

Aprendizado Hebbiano

1. Se dois neurônios ligados por uma sinapse (conexão) são ativados simultaneamente (i.é., sincronicamente), então o comprimento daquela sinapse é aumentado.
2. Se dois neurônios ligados por uma sinapse são ativados assincronicamente, então aquela sinapse é enfraquecida ou eliminada.

Tal sinapse é chamada de sinápsse de Hebb.

RAFR Redes Neurais 25

LABIC

Aprendizado Hebbiano

Quatro mecanismos:

- Dependente do tempo. Tempo exato de ocorrência das ativ. Pre e pos-sinapticas
- Local: sinapse e o local de transmissao onde os sinais de info. entre as unidades pre e pos-sinapticas sao trocadas. (nao-supervisionado).
- Interativo. A ocorrencia de uma mudanca depende dos niveis de ativdade em ambos os lados da sinapse. Depende de uma interacao verdadeira entre as ativ. Pre e pos-sinapticas
- Correlacional. Um condicao para mudanca na eficiencia sinaptica e a conjuncao das atividades pre e pos-sinaptica

RAFR Redes Neurais 26

LABIC

Aprendizado Hebbiano

- Modelos Matematicos
- $\Delta w_{kj}(n) = F(y_k(n), x_j(n))$ onde $F(.,.)$ e uma funcao de pre e pos-sinapticas e y e x sao var. dimensionaveis
- $\Delta w_{kj}(n) = \eta y_k(n) x_j(n)$ produto de ativ. onde η e uma constante positiva - velocidade.
- Para evitar saturacao dos pesos w_{kj} devido a aplicacoes repetidas do sinal x_j um limite no crescimento dos pesos e imposto
- $\Delta w_{kj}(n) = \eta y_k(n) x_j(n) - \alpha y_k(n) x_j(n) \rightarrow$ prod. de ativ. generalizada

RAFR Redes Neurais 27

LABIC

Aprendizado Competitivo

- As saidas dos neurônios competem entre si para ser aquele neurônios que sera ativado.
- Na regra de Hebb vários neurônios podem simultaneamente ser ativados. Neste tipo de aprend. apenas um neurônio é ativado por vez.
- Propicia descobrir aquelas características estatísticas importantes que podem ser usadas para classificar um conjunto de dados.
- Durbin, 1989 - tem um papel importante na formação de mapas topográficos presentes nos circuitos interregionais do nosso cérebro.

RAFR Redes Neurais 28

LABIC

Aprendizado Competitivo

Existem 3 elementos básicos:

- Um conjunto de neurônios (pesos aleator.)
- Um limite sobre o compr. de cada neurônio (=1)
- Um mecanismo que permite os neurônios competirem para responder a um dado conj. de entrada, tal que apenas um neurônio de saída seja ativado. O neurônio ganhador e chamado de **winner-takes-all**.
- Os neurônios individuais aprendem a se especializar sobre conj. de padrões similares - **detetores de características importantes**.

RAFR Redes Neurais 29

LABIC

Aprendizado Competitivo

- $\Delta w_{kj}(n) = \eta (y_i - w_{kj})$, se o neurônio ganha a competicao
- 0, se o neurônio perde a competição

onde η e o parâmetro de velocidade.

Efeito: mover o peso sináptico w_j em direcao a entrada x

Quando os pesos sinápticos sao propriamente escalonados, eles formam um conj. de vet. que caem na mesma esfera unitária n-dimensional.

RAFR Redes Neurais 30



Aprendizado de Boltzmann

- Homenagem a L. Boltzmann - aprendizado estocástico derivado de info. Teóricas e considerações termodinâmicas
- Máquina de Boltzmann OS neurônios constituem uma rede recorrente e eles operam num modo binário.
 - Ativos: estado +1
 - Não ativos: estado -1

Função Energia E dada por: $E = -0.5 \sum_i \sum_j w_{ji} s_j s_i (i \neq j)$

RAFR

Redes Neurais

31



Aprendizado de Boltzmann

- A maq. opera escolhendo um neurônio aleatoriamente, por exemplo neurônio j, em algum passo do aprendizado e move lentamente o estado s_j para o estado $-s_j$ em alguma temperatura T com probabilidade:

$$P(s_j \rightarrow -s_j) = \frac{1}{1 + \exp(-\Delta E_j / T)}$$

- Se a regra é aplicada sucessiv. a máquina atingirá o equilíbrio térmico.

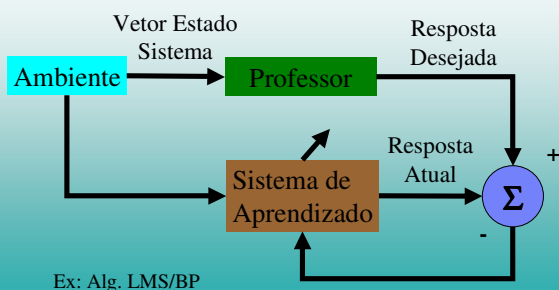
RAFR

Redes Neurais

32



Aprendizado Supervisionado



RAFR

Redes Neurais

33



Aprendizado Supervisionado

- Off-line: uma vez que a resposta desejada é obtida, o projeto é congelado. A rede opera no modo estático.
- On-line: o aprendizado é executado em tempo real. A rede neural é dinâmica.

RAFR

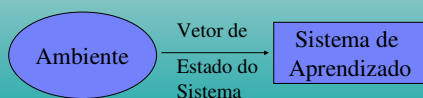
Redes Neurais

34



Aprendizado Não Supervisionado

- *Aprendizado Competitivo*
 - camada de entrada
 - camada competitiva



RAFR

Redes Neurais

35



Tarefas de Aprendizado

- Aproximação
 - $d = g(x)$ x- entrada; d- saída (escalar)
 - g - desconhecida
- Projetar uma rede neural para **APROXIMAR** a função não-linear $g(\cdot)$

RAFR

Redes Neurais

36



Tarefas de Aprendizado

- Associação
rede armazena os padrões apresentados de forma repetitiva
uma versão distorcida é apresentada à rede e ela **RECUPERA** este particular padrão.

RAFR

Redes Neurais

37



Tarefas de Aprendizado

- Classificação de Padrões
diferentes classes de padrões são apresentados à rede (treinamento)
uma nova amostra (padrão) é classificada como pertencente a uma das classes
- Previsão
 $x(n-1), x(n-2), \dots, x(n-M) \longrightarrow x(n)$

RAFR

Redes Neurais

38



Tarefas de Aprendizado

- Neuro-controlador
Modelo: $\{ u(t), y(t) \}$ - $u(t)$ - entr; $y(t)$ - saída
- Modelo Referencia: $\{ r(t), d(t) \}$
- Modelo Referencia de Controle Adaptativo:
determinar uma entrada de controle $u(t)$,
 $t \geq 0$ tal que
 $\lim_{t \rightarrow \infty} |d(t) - y(t)| = 0$

RAFR

Redes Neurais

39