

SCC0270/SCC5809 - Redes Neurais

Aula 1 - Sistemas de aprendizado

Profa. Dra. Roseli Aparecida Francelin Romero
SCC - ICMC - USP

2018

Sumário

- 1 Sistemas de aprendizado
 - Aprendizado indutivo
- 2 Aprendizado em RNA
- 3 Tipos de aprendizado em RNA
- 4 Tarefas de aprendizado

Sistemas de aprendizado

- Os diversos sistemas de aprendizado possuem características particulares e comuns que permitem sua classificação:
 - Linguagem de descrição
 - Modo
 - Paradigma
 - Forma de aprendizado utilizado

Sistemas de aprendizado

- Ainda que aprendizado de máquina (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.
- 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.

Sumário

- 1 Sistemas de aprendizado
 - Aprendizado indutivo
- 2 Aprendizado em RNA
- 3 Tipos de aprendizado em RNA
- 4 Tarefas de aprendizado

Indução

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

Indução

- **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.

Tipos de aprendizado indutivo

- O aprendizado indutivo pode ser:
 - **Aprendizado supervisionado.**
 - **Aprendizado não-supervisionado.**

Aprendizado indutivo

- **Aprendizado 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 \rightarrow classe a que pertence um novo exemplo ainda não rotulado.

Aprendizado indutivo

- **Aprendizado 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.

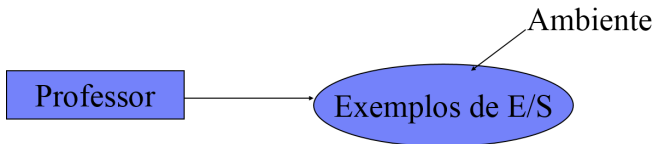
Aprendizado indutivo



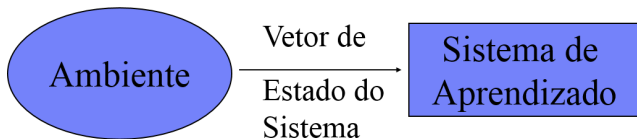
Figura 1: Tipos de aprendizado indutivo.

Paradigmas de aprendizado

- Aprendizado supervisionado**



- Aprendizado não-supervisionado**



Paradigmas de aprendizado

- **Aprendizado por reforço:** é um aprendizado *online* de um mapeamento de E/S através de um processo de tentativa e erro.



Figura 2: Aprendizado por reforço;

Sumário

- 1 Sistemas de aprendizado
- 2 Aprendizado em RNA**
- 3 Tipos de aprendizado em RNA
- 4 Tarefas de aprendizado

Modelo de um neurônio simples

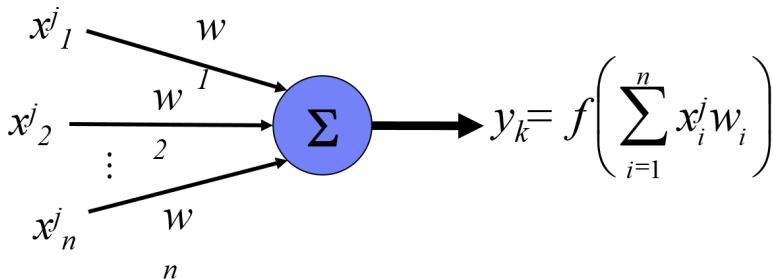


Figura 3: Modelo de neurônio simples.

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".

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.

Aprendizado em RNA

- $w_{kj}(n)$: 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.

Sumário

- 1 Sistemas de aprendizado
- 2 Aprendizado em RNA
- 3 Tipos de aprendizado em RNA
 - Regra Delta
 - Aprendizado Hebbiano
 - Aprendizado competitivo
 - Aprendizado de Boltzmann
 - Aprendizado supervisionado
 - Aprendizado não supervisionado
- 4 Tarefas de aprendizado

Tipos de aprendizado em RNA

- Regra de correção do Erro ou Regra Delta.
- Aprendizado Boltzmann.
- Regra Hebbiana ou regra de Hebb.
- Aprendizado competitivo.

Sumário

- 1 Sistemas de aprendizado
- 2 Aprendizado em RNA
- 3 Tipos de aprendizado em RNA
 - Regra Delta
 - Aprendizado Hebbiano
 - Aprendizado competitivo
 - Aprendizado de Boltzmann
 - Aprendizado supervisionado
 - Aprendizado não supervisionado
- 4 Tarefas de aprendizado

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 isso, é preciso definir uma função custo a ser minimizada.

Regra Delta

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

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):
 - $\Delta w_{kj} = \eta e_k(n) x_j(n)$
 - onde η é uma constante positiva que determina a **velocidade de aprendizado**.

Correção do erro

- η tem um impacto grande no desempenho do aprendizado.
- Se η é pequeno \rightarrow o processo de aprendizado caminho de forma suave, mas o tempo aumenta.
- Se η é grande \rightarrow a velocidade de aprendizado é acelerada, mas o existe o perigo de o processo divergir.

Sumário

- 1 Sistemas de aprendizado
- 2 Aprendizado em RNA
- 3 Tipos de aprendizado em RNA
 - Regra Delta
 - **Aprendizado Hebbiano**
 - Aprendizado competitivo
 - Aprendizado de Boltzmann
 - Aprendizado supervisionado
 - Aprendizado não supervisionado
- 4 Tarefas de aprendizado

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”.
- Não-supervisionado.

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 sinapse de Hebb.

Aprendizado Hebbiano

- Quatro mecanismos:
 - **Dependente do tempo:** Tempo exato de ocorrência das atividades pré e pós-sinápticas.
 - **Local:** sinapse e o local de transmissão onde os sinais de informação entre as unidades pre e pós-sinápticas são trocadas. (não-supervisionado).
 - **Iterativo:** A ocorrência de uma mudança depende dos níveis de atividade em ambos os lados da sinapse. Depende de uma interação verdadeira entre as atividades pré e pós-sinápticas.
 - **Correlacional:** Um condição para mudança na eficiência sináptica e a conjunção das atividades pré e pós-sinápticas.

Aprendizado Hebbiano

- Modelos matemáticos:
 - $\Delta w_{kj}(n) = F(y_k(n), x_j(n))$, onde F é uma função de atividades pré e pós-sinápticas e y e x são variáveis dimensionáveis.
 - $\Delta w_{kj}(n) = \eta y_k(n) x_j(n)$: produto de atividade, onde η é uma constante positiva - velocidade.
 - Para evitar saturação dos pesos w_{kj} , devida à aplicações repetidas do sinal x_j , um limite no crescimento dos pesos é imposto.
 - $\Delta w_{kj}(n) = \eta y_k(n) x_j(n) - y_k(n) x_j(n) \rightarrow$ produto de atividade generalizada.

Sumário

- 1 Sistemas de aprendizado
- 2 Aprendizado em RNA
- 3 Tipos de aprendizado em RNA
 - Regra Delta
 - Aprendizado Hebbiano
 - **Aprendizado competitivo**
 - Aprendizado de Boltzmann
 - Aprendizado supervisionado
 - Aprendizado não supervisionado
- 4 Tarefas de aprendizado

Aprendizado competitivo

- As saídas dos neurônios competem entre si para ser aquele neurônios que será ativado.
- Na regra de Hebb, vários neurônios podem simultaneamente ser ativados. Neste tipo de aprendizado, 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 inter-regionais do cérebro humano.

Aprendizado competitivo

- Existem 3 elementos básicos:
 - Um conjunto de neurônios (pesos aleatórios).
 - Um limite sobre o comprimento de cada neurônio (=1)
 - Um mecanismo que permite os neurônios competirem para responder a um dado conjunto de entrada, tal que apenas um neurônio de saída seja ativado. O neurônio ganhador é chamado de **winner-takes-all**.
- Os neurônios individuais aprendem a se especializar sobre conjuntos de padrões similares - **detectores de características importantes**.

Aprendizado competitivo

- $\Delta w_{kj}(n) = \eta(x_i - w_{kj})$, se o neurônio ganha a competição.
- 0, se o neurônio perde a competição.
onde η é o parâmetro de velocidade.
- **Efeito:** mover o peso sináptico w_j em direção a entrada x .
- Quando os pesos sinápticos são propriamente escalonados, eles formam um conjunto de vetores que caem na mesma esfera unitária n -dimensional.

Sumário

- 1 Sistemas de aprendizado
- 2 Aprendizado em RNA
- 3 Tipos de aprendizado em RNA
 - Regra Delta
 - Aprendizado Hebbiano
 - Aprendizado competitivo
 - **Aprendizado de Boltzmann**
 - Aprendizado supervisionado
 - Aprendizado não supervisionado
- 4 Tarefas de aprendizado

Aprendizado de Boltzmann

- Homenagem a L. Boltzmann - aprendizado estocástico derivado de informações teóricas e considerações termodinâmicas.
- **Máquina de Boltzmann:** os neurônios constituem uma rede recorrente e operam em modo binário.
 - Ativos: estado +1
 - Não ativos: estado -1
- Função energia E dada por:
 - $E = -0.5 \sum_i \sum_j w_{ij} S_j S_i, i \neq j$

Aprendizado de Boltzmann

- A máquina 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 for aplicada sucessivamente, a máquina atingirá o equilíbrio térmico.

Sumário

- 1 Sistemas de aprendizado
- 2 Aprendizado em RNA
- 3 Tipos de aprendizado em RNA
 - Regra Delta
 - Aprendizado Hebbiano
 - Aprendizado competitivo
 - Aprendizado de Boltzmann
 - **Aprendizado supervisionado**
 - Aprendizado não supervisionado
- 4 Tarefas de aprendizado

Aprendizado supervisionado

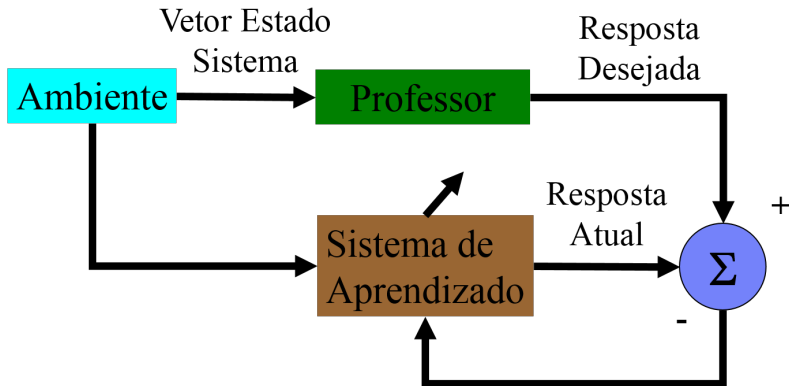


Figura 4: Aprendizado supervisionado.

Aprendizado supervisionado

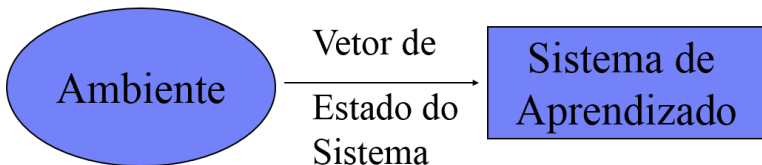
- *Offline*: uma vez que a resposta desejada é obtida, o projeto é congelado. A rede opera no modo estático.
- *Online*: o aprendizado é executado em tempo real. A rede neural é dinâmica.

Sumário

- 1 Sistemas de aprendizado
- 2 Aprendizado em RNA
- 3 Tipos de aprendizado em RNA
 - Regra Delta
 - Aprendizado Hebbiano
 - Aprendizado competitivo
 - Aprendizado de Boltzmann
 - Aprendizado supervisionado
 - Aprendizado não supervisionado
- 4 Tarefas de aprendizado

Aprendizado não supervisionado

- Aprendizado competitivo
 - Camada de entrada
 - Camada competitiva



Sumário

- 1 Sistemas de aprendizado
- 2 Aprendizado em RNA
- 3 Tipos de aprendizado em RNA
- 4 Tarefas de aprendizado**

Tarefas de aprendizado

- Aproximação:
 - $d = g(x)$
 - x : entrada.
 - d : saída (escalar).
 - g : desconhecida.
 - Projetar uma rede neural para **aproximar** a função não-linear $g(\cdot)$.
- Associação
 - Rede armazena os padrões apresentados de forma repetitiva.
 - uma versão distorcida é apresentada à rede e ela **recupera** este particular padrão.

Tarefas de aprendizado

- Classificação de padrões:
 - Diferentes classes de padrões são apresentadas à rede (treinamento).
 - Uma nova amostra (padrão) é classificada como pertencente a uma das classes.
- Previsão:
 - $x(n-1), x(n-2), \dots, x(n-M) \rightarrow x(n)$

Tarefas de aprendizado

- Neuro-controlador:
 - Modelo $\{u(t), y(t)\}$
 - $u(t)$: entrada
 - $Y(t)$: saída
 - Modelo referência: $\{r(t), d(t)\}$
 - Modelo referência de controle adaptativo: determinar uma entrada de controle $u(t)$, $t \geq 0$, tal que:
 - $\lim |d(t) - y(t)| = 0, t \rightarrow \infty$