

Redes Neurais

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Introdução

- As redes neurais são um tema da computação altamente inspirada na natureza que nos cerca.
- Durante anos e anos os homens trabalharam para fazer computadores mais rápidos e mais potentes
- Apesar do seu incrível poder computacional estes computadores falhavam em fazer tarefas que uma criança de 3 anos faria imediatamente
- Exemplo: reconhecer uma pessoa ou aprender algo novo só com a experiência.

Introdução

- Baseado nisto, resolveu-se então buscar criar um modelo computacional que emulasse o comportamento do cérebro humano.
- Criaram-se neurônios artificiais extremamente similares aos humanos e interligaram-nos para formar redes que mostraram poder fazer tarefas antes restritas aos cérebros
- Quem sabe assim, poderíamos criar computadores tão inteligentes quanto uma criança de 3 anos de idade?

Introdução

- Além disso, os pesquisadores encontraram nas redes neurais outras características semelhantes às do cérebro :
 - robustez e tolerância a falhas
 - flexibilidade
 - capacidade para lidar com informações ruidosas, probabilísticas ou inconsistentes
 - processamento paralelo
 - arquitetura compacta e com pouca dissipação de energia

Introdução

- Encontrou-se uma arquitetura capaz não só de aprender como também generalizar.
- É importante que se entenda que as redes neurais não são a solução dos problemas computacionais da humanidade.
- Elas nunca superarão as arquiteturas tradicionais no campo da computação numérica, por exemplo.
- Mas em alguns campos elas estão se tornando ferramentas valiosas.

Quando as redes neurais são úteis

- Quando não pudermos ou não soubermos criar uma solução algorítmica
- Quando tivermos muitos exemplos do comportamento que desejamos.
 - Isto é, quando quisermos aprender a partir da experiência existente!
- Quando quisermos aprender uma estrutura escondida nos dados.

Histórico das Redes Neurais

- McCulloch & Pitts (1943) são conhecidos como os projetistas da primeira rede neural.
- Muitas de suas ideias ainda são usadas hoje em dia.
- Por exemplo, ainda combinamos muitas unidades simples para obter um grande poder computacional além de nos basearmos também em um threshold de ativação
- A primeira regra de aprendizado foi desenvolvida por Hebb (1949)

Histórico das Redes Neurais

- Durante as décadas de 50 e 60 muitos pesquisadores trabalharam no perceptron com grande afinco e excitação.
- Em 1969, a área sofreu grande impacto e praticamente sumiu devido às descobertas de Minsky & Papert
- Somente nos anos 80, com o algoritmo de aprendizado para treinamento de redes multi-camada (descoberto de forma independente por Parker e LeCun em 1982 e Werbos em 1974) as redes neurais voltaram à moda.
- Hoje em dia, muitos consideram-nas o campo mais importante da IA

O neurônio

- um volumoso corpo central denominado pericário no qual são produzidos os impulsos nervosos
- prolongamentos finos e delgados através dos quais estes impulsos são transmitidos e recebidos.
- Fundamentalmente existem dois tipos de prolongamentos:
 - os dendritos (ou dendrônios) : mais curtos e ramificados, através dos quais são recebidos os impulsos nervosos provenientes de outros neurônios e que se destinam ao corpo central.
 - o axônio (ou cilindro eixo): através do qual a célula nervosa transmite os impulsos nela originados. Em geral os axônios são muito longos (alcançando às vezes o tamanho de 1m de comprimento) e são únicos para cada célula. Nele os dendritos de outros neurônios se ligarão de forma a obter o impulso correspondente ao "resultado de saída" desta célula.

As sinapses

- Em condições normais, duas células nervosas se associam estabelecendo contato entre o dendrito de uma e o axônio de outra
- Esta modalidade de associação recíproca é chamada de sinapse.
- Existem basicamente dois tipos de sinapse no mundo animal:
 - as sinapses elétricas
 - as sinapses químicas.
- As sinapses químicas conduzem a informação em somente uma direção, ou seja, do neurônio que secreta o transmissor, denominado pré-sináptico para o neurônio que recebe a ação do neurotransmissor, denominado pós-sináptico

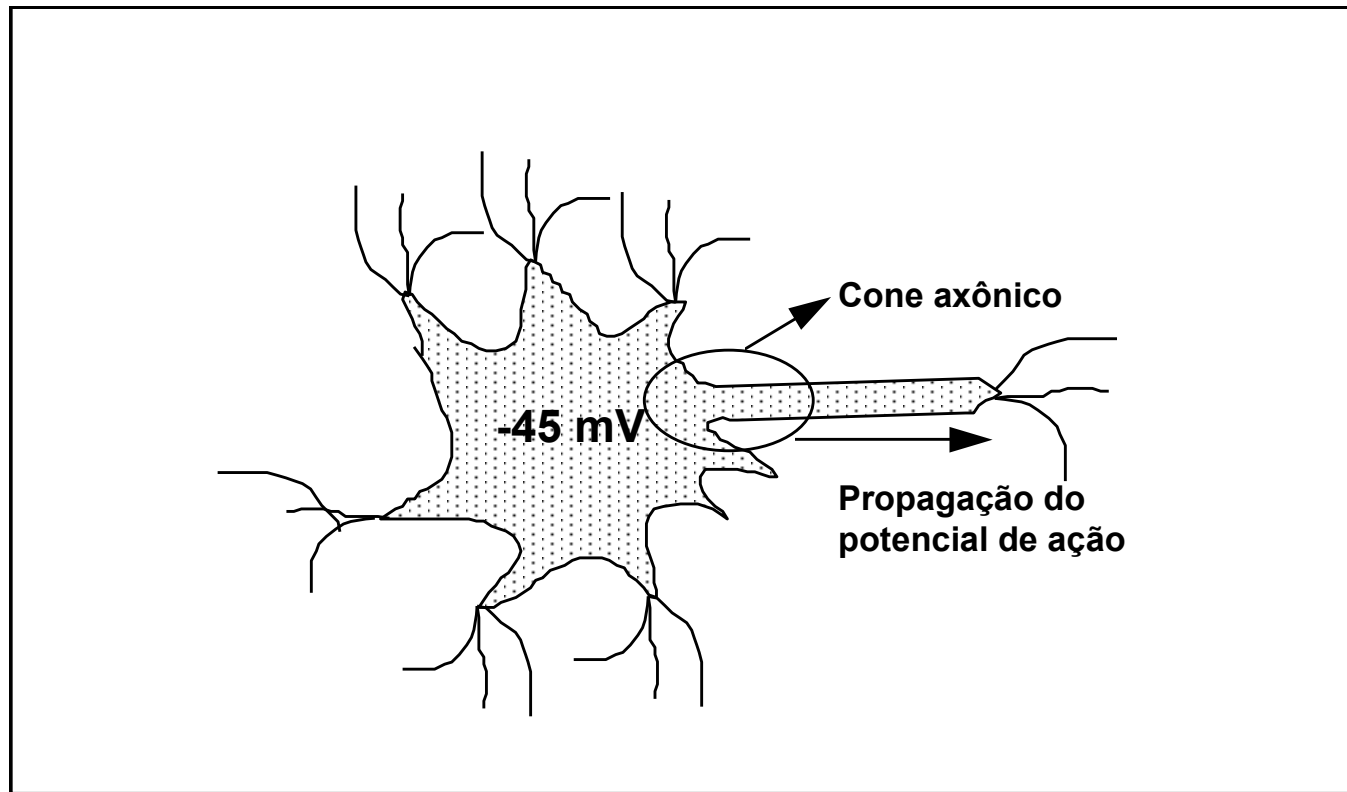
Sinapses

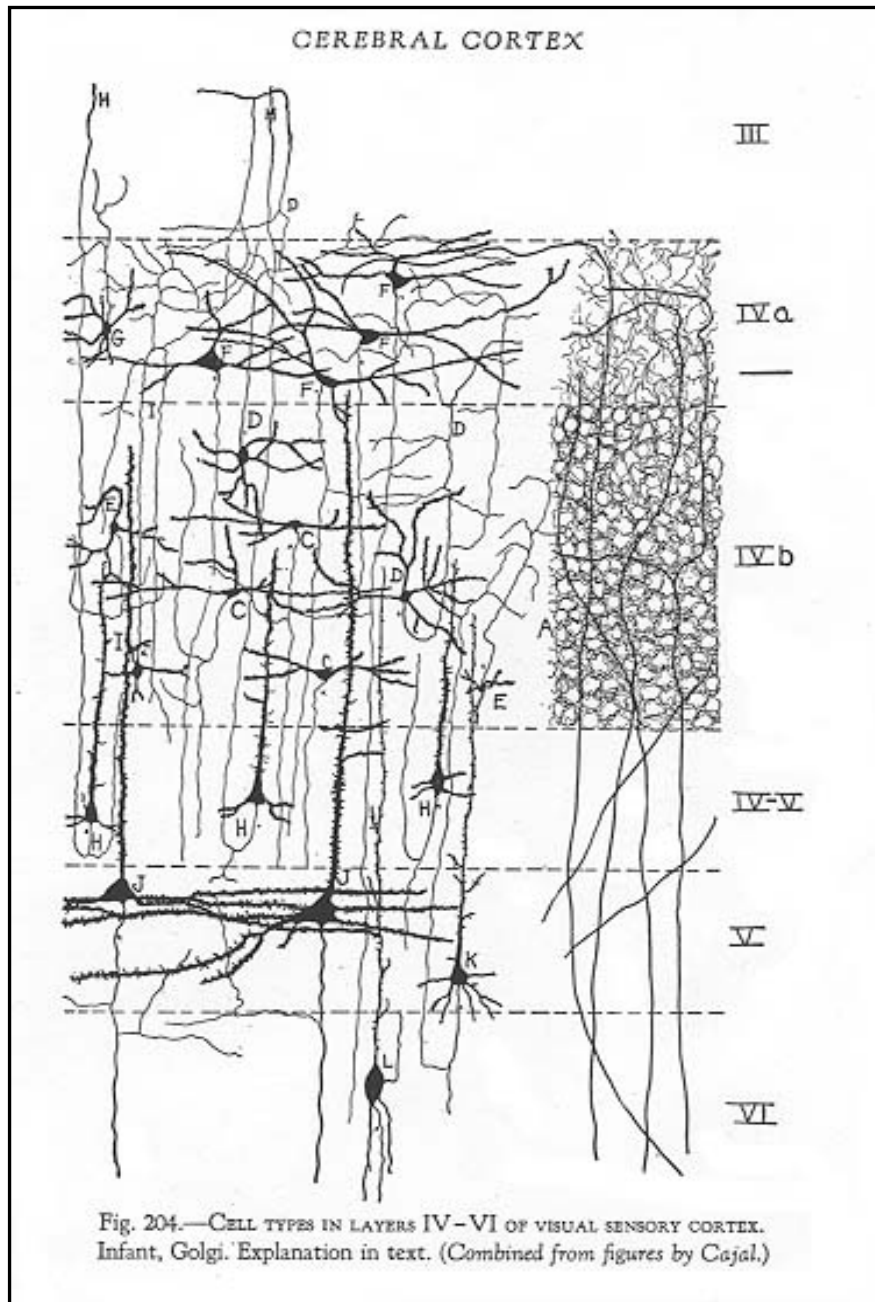
- O armazenamento da informação é o processo que chamamos memória e é também função da sinapse.
- Isto é, cada vez que um impulso sensorial particular passa através de uma sequência de sinapses, estas sinapses tornam-se mais capazes de transmitir o mesmo impulso da próxima vez
- Este processo é conhecido como facilitação
- É o que o treinamento das redes neurais gostaria de imitar.

Neurônios trabalhando...

- Todo neurônio tem um pequeno potencial elétrico de repouso na sua membrana, da ordem de -65mV .
- A ação dos neurônios anteriores pode inibir ou excitar um neurônio pós-sináptico respectivamente diminuindo (inibindo, ou tornando mais negativo) ou aumentando (excitando, ou tornando menos negativo) o valor de seu potencial.
- A ação dos neurônios pré-sinápticos se soma em um neurônio e altera seu potencial elétrico.
- Quando este atinge a marca de -45mV , o neurônio atinge o que se chama potencial de ação.
- Para atingir este estado é necessária a atuação de vários neurônio pré-sinápticos (cerca de 70 para o neurônio motor típico)

Neurônios trabalhando...



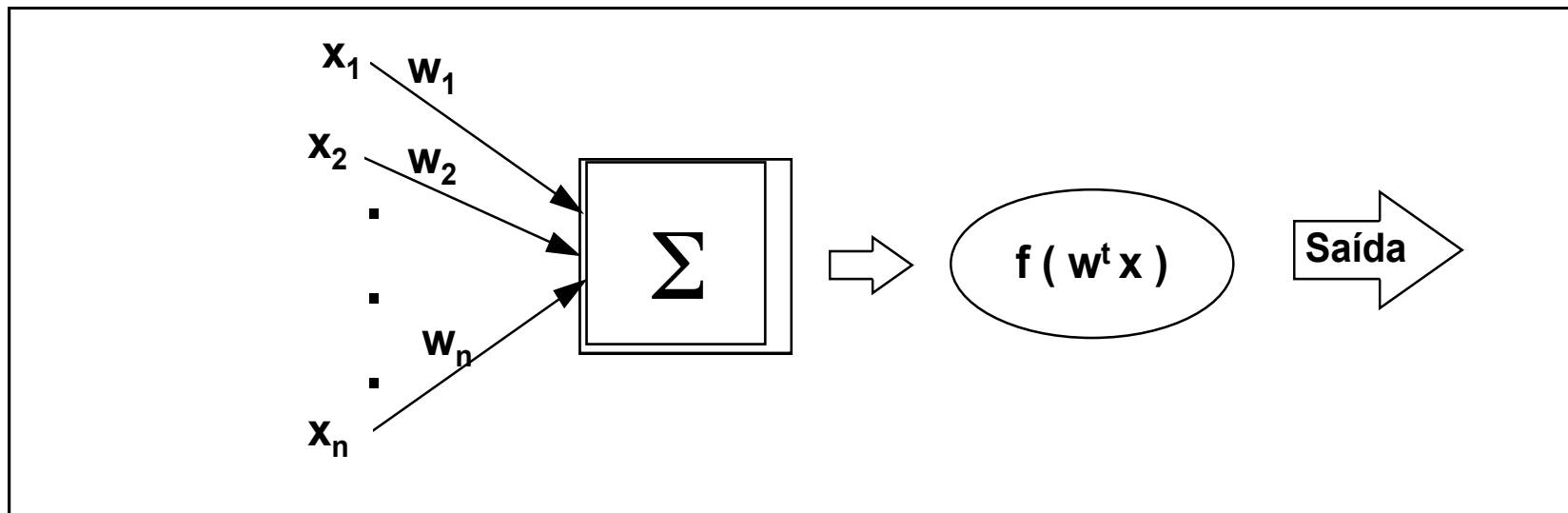


Redes Neurais Naturais

Redes Neurais naturais

- Nós nascemos com cerca de 100 bilhões de neurônios
- Um neurônio pode se conectar com até 100.000 outros neurônios.
- Um neurônio demora cerca de 10^{-3} s para processar uma informação.
- Um chip de um computador doméstico demora um tempo da ordem 10^{-9} s.
- Entretanto, graças à grande conectividade e o processamento em paralelo, muitas vezes o cérebro humano é mais eficiente e eficaz que um computador.

O neurônio artificial

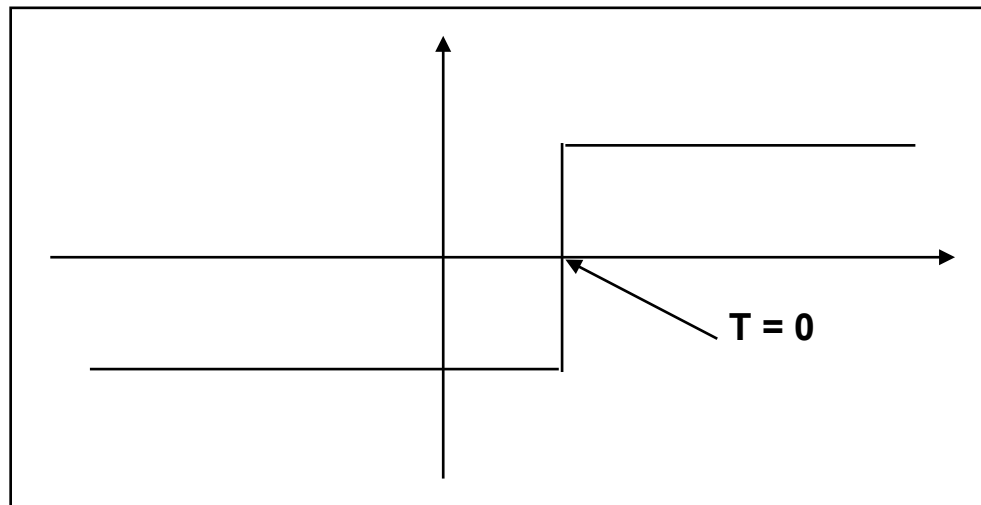


O neurônio artificial

- A operação deste neurônio é muito simples : as entradas são apresentadas ao neurônio e são multiplicadas cada um por um peso.
- O resultado desta operação é chamado net.
- A seguir é aplicada uma função não linear (denominada função de ativação) a net, resultando no resultado de saída do neurônio (também denominado out).
- Existem várias opções de funções não lineares que têm comportamentos extremamente interessantes.

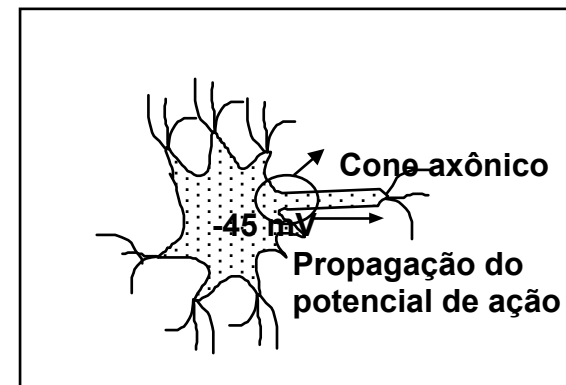
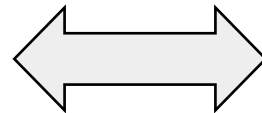
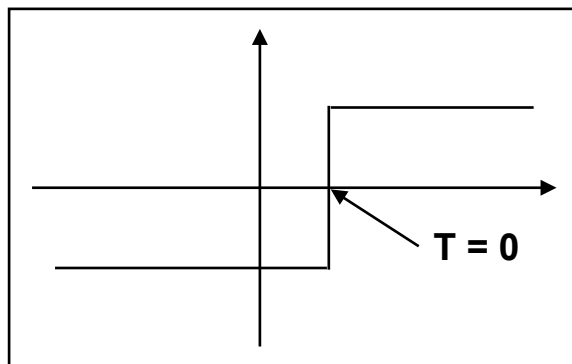
Função de Ativação

- Por enquanto, a função de ativação que vamos usar é a mais simples possível:
 - Se não atingirmos um determinado limite (threshold), a saída é zero.
 - Se atingirmos este threshold, a saída é 1.



O neurônio artificial

- A ativação do neurônio é então binária: ou ele ativa ou não ativa.
- Isto é: ou ele dispara (ativação de 1) ou não dispara (ativação de zero).
- Isto é extremamente similar ao neurônio biológico



As primeiras redes neurais

- Neurônios de uma rede de McCulloch-Pitts estão ligados por caminhos direcionados e com pesos.
- Cada um dos pesos pode ser positivo ou negativo, emulando as sinapses inibitórias ou excitatórias existentes no neurônio real.
- Cada neurônio tem o seu próprio threshold
- Se a soma ponderada das entradas exceder este limite, o neurônio disparará.

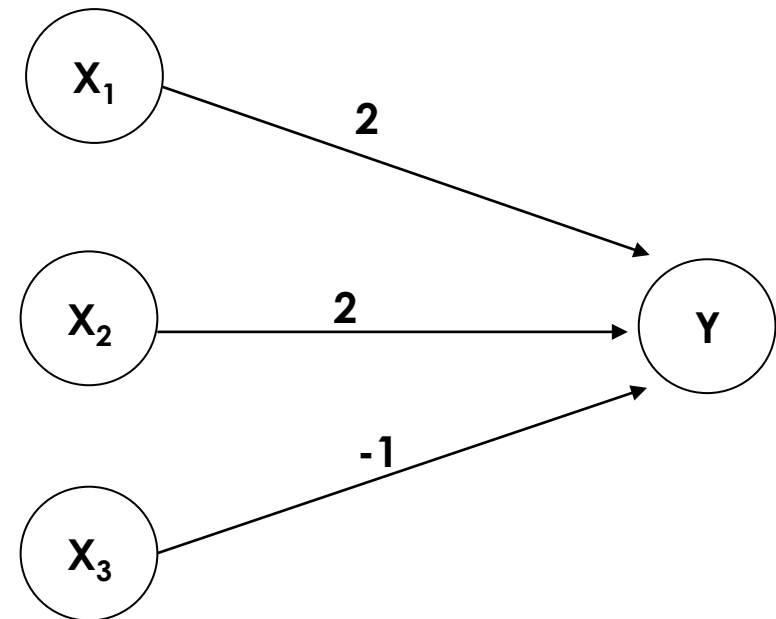
As primeiras redes neurais

- O valor de y_{net} é dado pela seguinte fórmula:

$$y_{\text{net}} = \sum w_i X_i$$

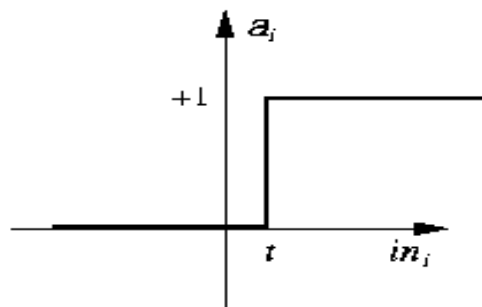
- No caso da rede ao lado:

$$y_{\text{net}} = 2 * X_1 + 2 * X_2 - 1 * X_3$$

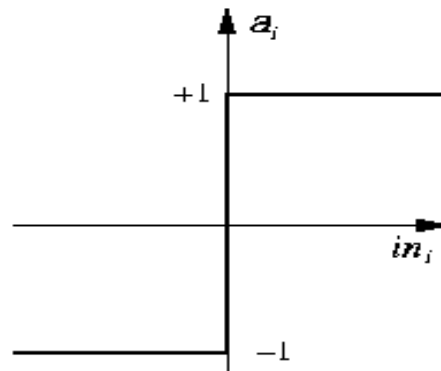


Funções de ativação

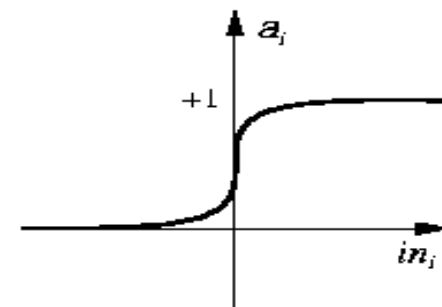
- Degrau(x) = 1 se $x \geq t$, senão 0
- Sinal(x) = +1 se $x \geq 0$, senão -1
- Sigmóide(x) = $1/(1+e^{-sx})$



(a) Step function



(b) Sign function



(c) Sigmoid function

Termos usados no algoritmo

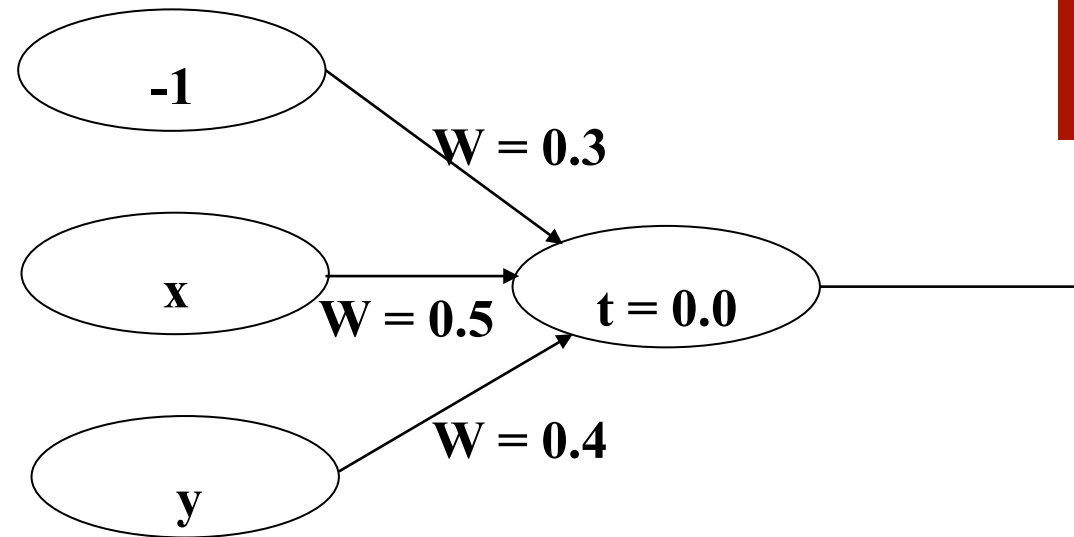
- Época :
apresentação de todo o conjunto de treinamento para a rede neural.
- Valor de treinamento, T
Quando estamos treinando uma rede apresentamos as entradas e as saídas desejadas (aprendizado é dito supervisionado).
- Erro
Diferença entre o valor calculado pela rede e o valor desejado. Por exemplo, se quiséssemos uma saída de valor 0 e ela gerasse 1, então o Erro = -1

Termos usados no algoritmo

- **Saída do Neurônio, O :** O valor da saída do neurônio sendo treinado
- **I_j :** As entradas oferecidas para o neurônio
- **W_j** Peso ligando a entrada I_j ao neurônio de saída.
- **LR :** A taxa de aprendizado. Determina quão rápido o algoritmo converge. Normalmente é definida com um valor em torno de 0.1

Treinando um perceptron

25



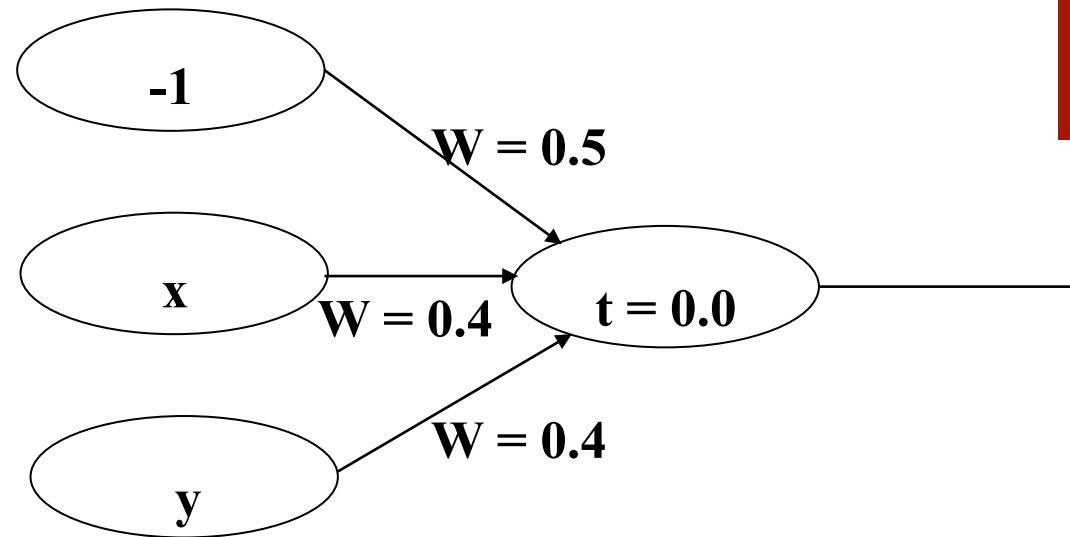
I₁	I₂	I₃	Soma	Saída
-1	0	0	$(-1*0.3) + (0*0.5) + (0*0.4) = -0.3$	0
-1	0	1	$(-1*0.3) + (0*0.5) + (1*0.4) = 0.1$	1
-1	1	0	$(-1*0.3) + (1*0.5) + (0*-0.4) = 0.2$	1
-1	1	1	$(-1*0.3) + (1*0.5) + (1*0.4) = 0.6$	1

Treinando nossa rede

- Para a primeira entrada, o erro é zero, logo não afeta nossos pesos.
- Para a segunda entrada temos $T=1$ e $O=0$. Logo, $\text{Erro}=-1$
- Logo, temos:
 - $W_1 = 0,3 + 0,1 * -1 * -1 = 0,4$
 - $W_2 = 0,5 + 0,1 * 0 * -1 = 0,5$
 - $W_3 = 0,4 + 0,1 * 1 * -1 = 0,4$
- Para a terceira entrada temos o mesmo erro e para a quarta entrada temos o erro igual a 0.
- Para a terceira entrada, temos:
 - $W_1 = 0,4 + 0,1 * -1 * -1 = 0,5$
 - $W_2 = 0,5 + 0,1 * 1 * -1 = 0,4$
 - $W_3 = 0,4 + 0,1 * 0 * -1 = 0,4$

Treinando um perceptron

27



I₁	I₂	I₃	Soma	Saída
-1	0	0	$(-1 * 0.5) + (0 * 0.4) + (0 * 0.4) = -0.5$	0
-1	0	1	$(-1 * 0.5) + (0 * 0.4) + (1 * 0.4) = -0.1$	0
-1	1	0	$(-1 * 0.5) + (1 * 0.4) + (0 * 0.4) = -0.1$	0
-1	1	1	$(-1 * 0.5) + (1 * 0.4) + (1 * 0.4) = 0.3$	1