

Análise da Complexidade de Tempo e Espaço em Algoritmos para Classificação de Padrões em sinais de ECG

Eduardo Luz David Menotti

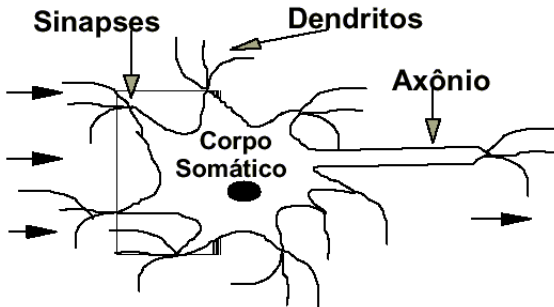
Universidade Federal de Ouro Preto

05/07/2011

Summary

Rede Neuronal Artificial (ANN)

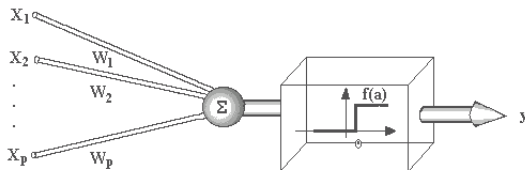
- Modelo matemático inspirado em um neurônio biológico.
- Dendrito - terminais de entrada.
- Axônios - terminais de saída.



(a) Neurônio

Modelo matemático

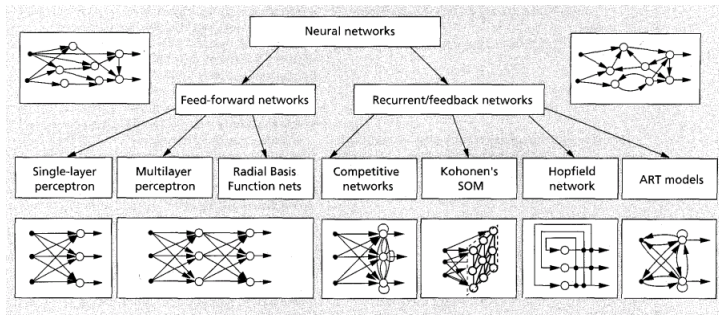
- Proposto por McCullock e Pitts em 1943.



(c) Modelo

$$y = \Theta \left(\sum_{j=1}^n w_j x_j - u \right) \quad (1)$$

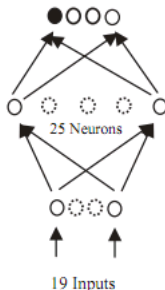
Tipos de ANN



(d) Topoloias de ANN

Multilayer Perceptron

- Rede neuronal *feedforward*.
- Técnica de aprendizado supervisionado: *backpropagation*.
- Capacidade de distinguir dados não separáveis linearmente.
- Preceptron com função de ativação não linear.



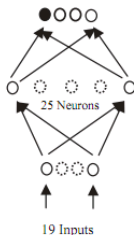
(e) MLP

Aprendizado : *Backpropagation*

- Atualização dos pesos a cada iteração, baseado no erro entre o valor esperado(d) e produzido pela rede(y).

$$e_j = d_j(n) - y_j(n), \quad (2)$$

$$MIN(E) \Rightarrow E(n) = \sum_j e_j(n) \quad (3)$$

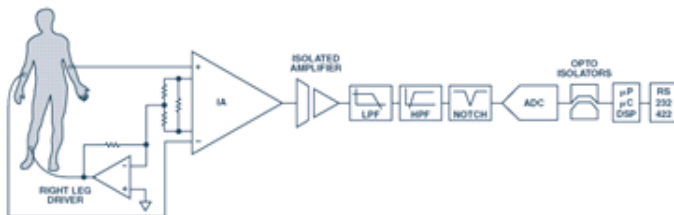


(f) MLP

O problema : Detecção de arritmias no sinal de ECG

- O ECG representa a atividade elétrica do coração, registrada por eletrôdos posicionados em pontos específicos do corpo de uma pessoa.
- Como detectar e classificar arritmias automaticamente ?

Esquema de aquisição



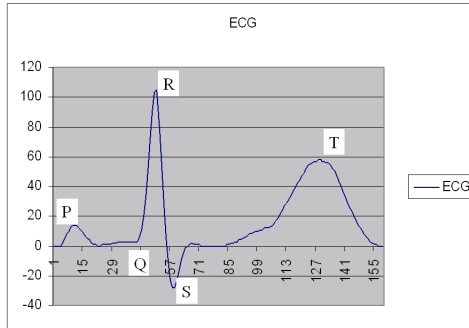
(g)

Sinal amostrado

0 0 0 0 2 5 8 10 13 14 14 14 12 11 9 7 5 4 2 1 1 0 0 1 1 1 1 1 2 2
2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 6 11 20 33 51 72 91 103 105 96 77 53 27 5
-11 -23 -28 -28 -23 -17 -10 -5 -1 0 1 2 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 1 1 2 2 3 3 4 4 5 6 7 8 8 9 10 10 11 11 12 12 12 13 14 16 18
20 22 24 27 29 31 34 37 39 42 44 47 49 52 54 55 56 57 57 58 58
57 57 56 56 54 52 50 47 43 40 36 33 29 26 23 20 17 14 12 10 8 7
5 3 2 1 1 0 0 0 0 0 0 0 2 5 8 10 13 14 14 14 12 11 9 7 5 4 2 1 1 0
0 1 1 1 1 1 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 6 11 20 33 51 72 91 103 105
96 77 53 27 5 -11 -23 -28 -28 -23 -17 -10 -5 -1 0 1 2 1 1 1 1 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 2 2 3 3 4 4 5 6 7 8 8 9 10 10 11 11 12 12 12
13 14 16 18 20 22 24 27 29 31 34 37 39 42 44 47 49 52 54 55 56
57 57 58 58 57 57 56 56 54 52 50 47 43 40 36 33 29 26 23 20 17
14 12 10 8 7 5 3 2 1 1 0 0 0

O que podemos fazer com estes dados ???

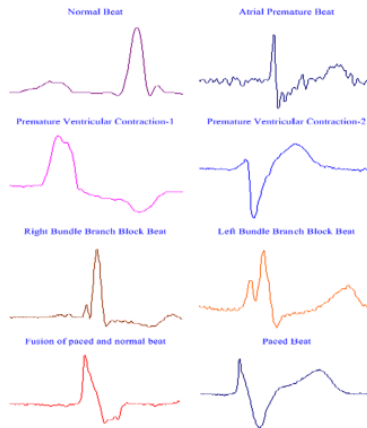
Plotando o Sinal



(h)

Arritmias

- Um único batimento cardíaco irregular
- Conjunto irregular de batimentos
- Podemos ter vários tipos de arritmias
 - Taquicardia
 - Bradicardia
 - Assitolia
 - R-sobre-T
 - Bigeminismo
 - Trigeminismo
 - PVC
 - APB



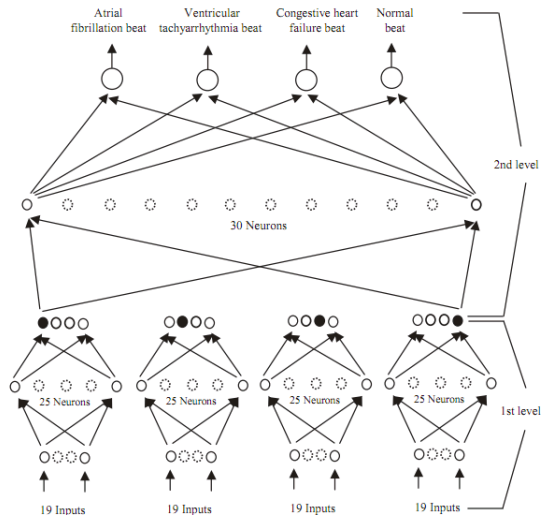
Vários métodos utilizados para classificação de arritmias, com destaque para:

- Modelos estatísticos (LDA)
- Transformada Wavelet e SMV
- Redes neurais artificiais

Método proposto por Guler e Ubeyli(2005)

- Transformada Wavelet para extração de características.
- Redes MLPs combinadas.
- *Standalone* : 25 neurônios da camada escondida.
- Combinada : 30 neurônios da camada escondida.
- Classificação de 4 tipos de batimentos
 - Normal
 - Falha congestiva de batimento cardíaco
 - Taquiarritmia ventricular
 - Fibrilação atrial

Guler e Ubeyli(2005) : Arquitetura



(i) MLP combinada

Análise da complexidade : Algoritmos para o aprendizado

- *Gradient descent backpropagation*
- *BFGS quasi-Newton backpropagation*
- *Levenberg-Marquardt backpropagation*

Gradient descent backpropagation

- Valor dos pesos é atualizado na direção negativa do gradiente
- Ordem de complexidade de tempo : $O(n * e)$
- Ordem de complexidade de espaço : $O(n)$

$$X_{k+1} = X_k - \alpha_k g_k, \quad (4)$$

BFGS quasi-Newton backpropagation

- Valor dos pesos é atualizado com auxílio da matriz Hessiana
- Ordem de complexidade de tempo : $O(n * e)$
- Ordem de complexidade de espaço : $O(n * c)$

$$X_{k+1} = X_k - A_k^{-1} g_k, \quad (5)$$

Levenberg-Marquardt backpropagation

- Valor dos pesos é atualizado com auxílio da matriz Jacobiana
- Ordem de complexidade de tempo : $O(n * e)$
- Ordem de complexidade de espaço : $O(n * c)$

$$X_{k+1} = X_k - [J^T J + \mu I]^{-1} J^T e, \quad (6)$$

Experimentos (1)

- Implementação em Matlab, com uso do Toolbox de redes neurais
- Base de dados de arritmia do MIT-BIH
- 7200 batimentos selecionados aleatoriamente
- 1800 batimentos de cada classe

Experimentos (2)

Tabela: Resultados dos experimentos.

Métodos	Memória (Mb)	Tempo total gasto (s)	Acurácia (%)
<i>Gradient descent</i>	20	864	81.26
<i>BFGS quasi-Newton</i>	26	892	91.47
<i>Levenberg-Marquardt</i>	265	2352	95.83

Considerações finais

- O algoritmo de *Levenberg-Marquardt* gastou 10 vezes mais memória (265Mb)
- O algoritmo de *Levenberg-Marquardt* gastou 3 vezes mais tempo (40 minutos)
- O uso do algoritmo de *Levenberg-Marquardt* é justificável pelo ganho em acurácia

Bibliografias