

9º Trabalho de Redes Neurais

Péricles Lopes Machado

Resumo—Neste trabalho, algumas rede neurais RBF são treinadas para simular a equação de recorrência:

$$x_k = x_{k-1} + \frac{ax_{k-s}}{1 + x_{i-s}^c} - bx_{k-1} + 0.1N, \quad (1)$$

onde N é uma variável aleatória de distribuição normal com $\mu = 0$ e $\sigma^2 = 1$, $a = 0.2$, $b = 0.1$, $c = 10$ e $s = 17$. Além disso, é realizado um estudo para se tentar obter a melhor escolha de parâmetros anteriores da série para minimizar o erro quadrático associado a rede.

1 AS REDE NEURAIAS

As redes neurais possuem 7 neurônios, cujos centros associados foram escolhidos de forma aleatória dentro da base de dados filtrada contendo 3 mil amostras da série x_k . A distância D , utilizada para avaliar a distância entre uma entrada e o centro associado ao neurônio, foi a euclidiana. A função de ativação utilizada foi $u_i(\vec{x}) = e^{-\beta D(\vec{x} - \vec{c}_i)}$, onde c_i é o centro associado ao neurônio i e o parâmetro livre β , nos testes realizados, foi 0, 1.

2 O TIPOS DE ENTRADA DA REDE

Foram definidos cinco tipos de entradas para a rede:

- $I_1 = \{x(k-1)\}$
- $I_2 = \{x(k-1), x(k-2)\}$
- $I_3 = \{x(k-1), \dots, x(k-3)\}$
- $I_4 = \{x(k-1), \dots, x(k-4)\}$
- $I_5 = \{x(k-a), x(k-b)\}$

No caso do I_5 , tenta-se definir uma escolha de a e b que minimiza o erro quadrático.

Para cada tipo de entrada foi gerado um banco de dados de treino e teste utilizando-se o mesmo algoritmo de filtragem apresentado nos trabalhos 7 e 8. O tipo de entrada, a partir de agora identificará a rede neural associada.

3 O TREINAMENTO

Como no trabalho 8, o método de mínimos quadrados foi utilizado para o ajuste dos pesos de cada rede, usando o mesmo *database* mas variando a configuração da entrada conforme foi descrito na seção anterior.

No caso da rede de tipo I_5 , foi adotada a seguinte heurística:

- São geradas NR séries $(x_i)_k$, com $i = 1, 2, \dots, M$ e $k = 1, 2, \dots, NR$, como definida na Eq. (1).

- Para cada sequência $(x_i)_k$, define-se uma variável

$$dP_k = \frac{1}{N_{pícos}} \sum_{n=2}^{N_{pícos}} |p_n - p_{n-1}|, \text{ onde } p_n \text{ é a posição do } n\text{-ésimo pico da série } (x_i)_k.$$

- Calcula-se o valor de $P = \frac{1}{NR} \sum_{n=1}^{NR} dP_n$.

A variável aleatória dP_k é uma estimativa para o período da série $(x_i)_k$ que utiliza a distância entre picos da série para se obter o valor do período. A posição de um pico na série $(x_i)_k$ é um valor p tal que $(x_p)_k > (x_{p-1})_k$ e $(x_p)_k > (x_{p+1})_k$.

Neste trabalho foram geradas $NR = 5000$ séries com $M = 5000$ elementos cada uma. A distribuição de dP_k pode ser observada na Fig. 1.

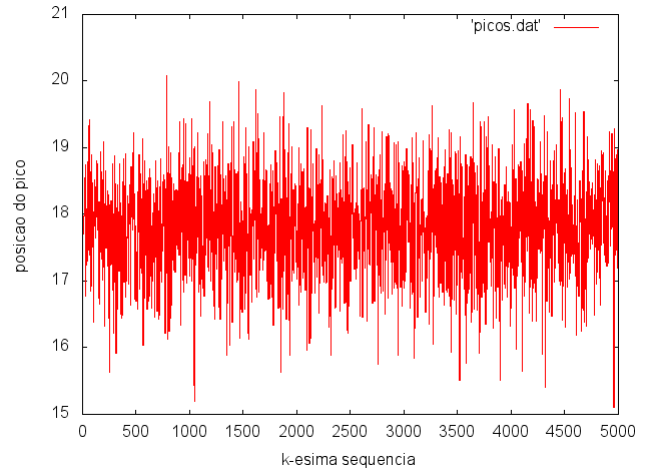


Figura 1. Distribuição de dP em 5000 séries.

A média da variável dP nas 5000 séries geradas foi de 17,8154, a variância foi de 0,5028 e o desvio padrão foi de 0,709. Isso indica que o período de uma série $(x_i)_k$ tem grande probabilidade de está contido no intervalo [17,18]. Por isso, neste trabalho foram testados duas configurações de I_5 , uma com $a = 1$ e $b = 17$ e outra com $a = 1$ e $b = 18$.

4 RESULTADOS

Foi utilizado o mesmo algoritmo de treinamento do trabalho 8, o mínimos quadrados, para ajustar os pesos de cada tipo de rede. A seguir, temos o erro obtido para cada configuração:

Tabela 1
 Erro quadrático para cada tipo de rede treinada para o mesmo conjunto de teste do trabalho 7 e 8.

Tipo de rede	Erro quadrático
I_1	1.545211
I_2	0.3560334
I_3	0.2470221
I_4	0.5016882
I_5 com $a = 1$ e $b = 18$	0.2042160
I_5 com $a = 1$ e $b = 17$	0.099801

Os testes foram realizados usando uma série diferente da usada no treinamento.

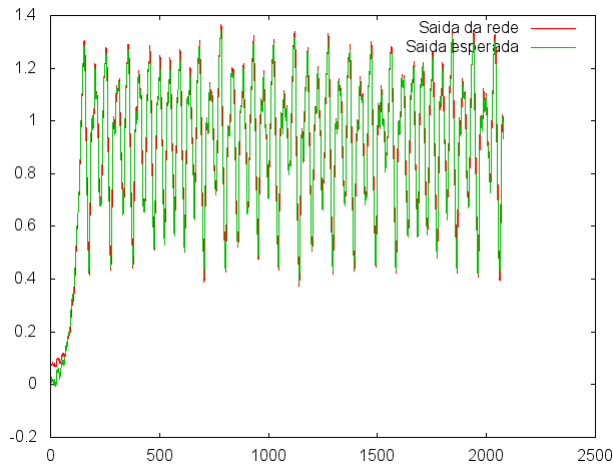


Figura 2. Saída gerada pela rede neural I_1 para o conjunto de teste do trabalho 7 e 8.

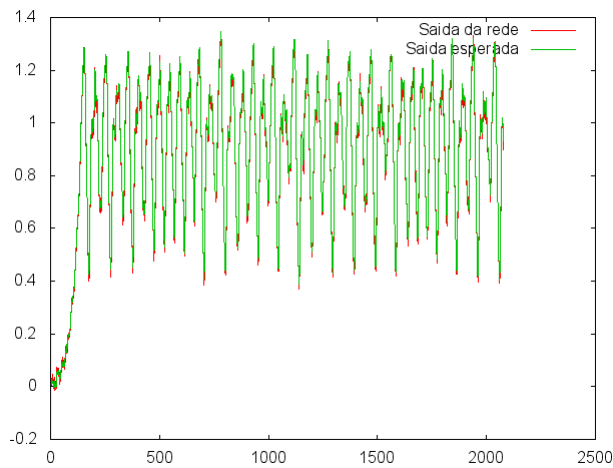


Figura 3. Saída gerada pela rede neural I_2 para o conjunto de teste do trabalho 7 e 8.

As Fig. 2 a 7 mostram as aproximações geradas pelas redes neurais deste trabalho.

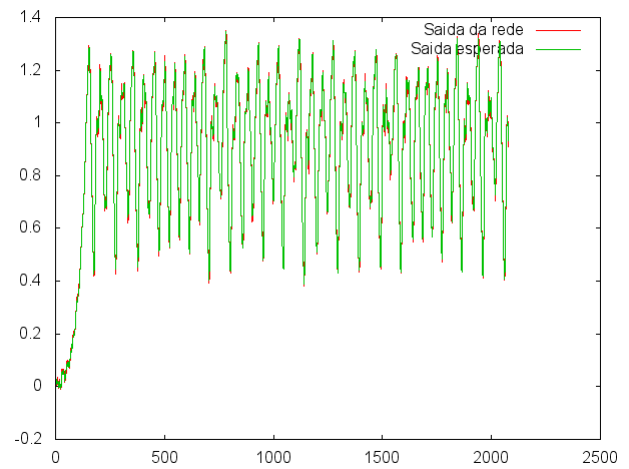


Figura 4. Saída gerada pela rede neural I_3 para o conjunto de teste do trabalho 7 e 8.

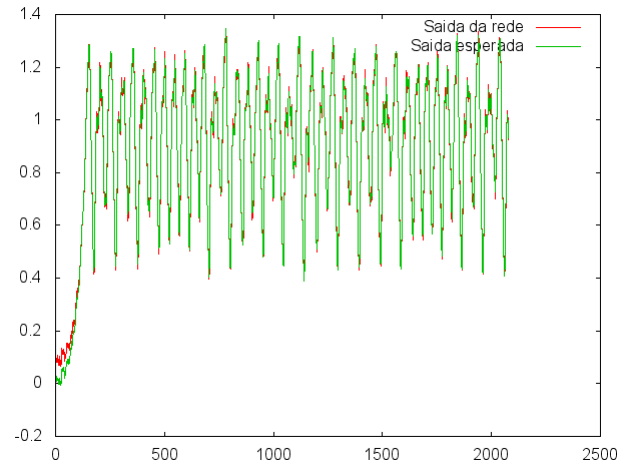


Figura 5. Saída gerada pela rede neural I_4 para o conjunto de teste do trabalho 7 e 8.

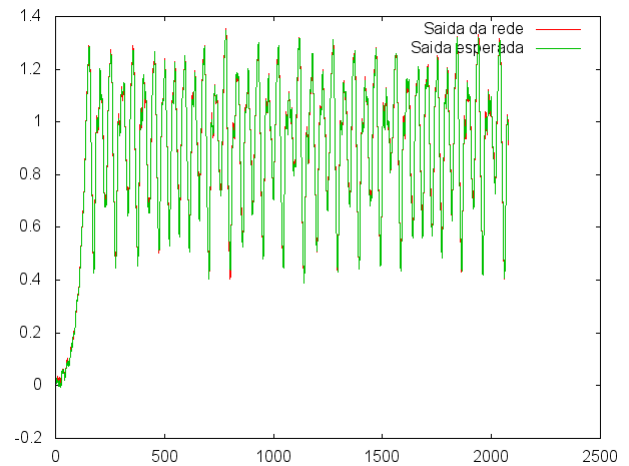


Figura 6. Saída gerada pela rede neural I_5 com $a = 1$ e $b = 18$ para o conjunto de teste do trabalho 7 e 8.

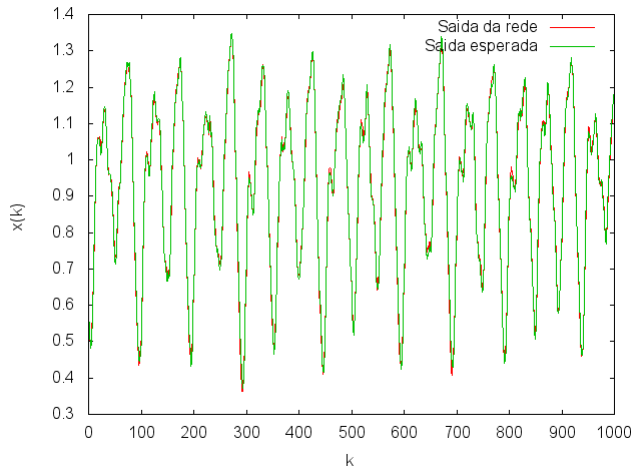


Figura 7. Saída gerada pela rede neural I_5 com $a = 1$ e $b = 17$ para o conjunto de teste do trabalho 7 e 8.

5 CONCLUSÃO

Conforme pode-se observar na Tabela 1, as redes neurais que utilizam a 17^a ou a 18^a amostra anterior foram as que obtiveram o menor erro quadrático. Isso mostra que a heurística apresentada na seção 3 nos fornece uma boa estimativa para o período de uma série temporal e a utilização de um atraso igual a esse período permite obtermos uma rede neural com baixo erro quadrático.

Além disso, a utilização da rede RBF permitiu reduzir significativamente o tempo de treinamento. Basicamente, utilizando-se esse tipo de rede as principais tarefas se concentram no pré-processamento da base de dados e na definição da entrada mais apropriada. Neste trabalho, não houve grandes problemas para se determinar os centros associados a cada neurônio, mas sabe-se que esse pode ser um problema em situações mais gerais. A heurística mostrada no trabalho 7 do autor permitiu um bom método para se definir os centros dos neurônios.