

Projeto de Renovação de Bolsa Iniciação Científica - Ano de 2013 -

Modelagem de Funções Cerebrais Simples a partir de Redes Neurais Artificiais

Aluno: João Vitor Schilacci
Orientador: Prof. Fabiano Ribeiro

November 12, 2012

Redes Neurais Artificiais são arquiteturas computacionais inspiradas no neurônio biológico e possuem a capacidade de aquisição e manutenção de informação. Essas redes são usadas para desenvolvimentos tecnológicos nas áreas de previsão, classificação, entre outros. Elas podem ser usadas também para modelagem e estudo de sistemas biológicos e de algumas funções cerebrais simples. Nesse trabalho de iniciação científica, o estudante irá estudar duas redes neurais específicas: i) a rede de Hopfield e a ii) rede de Kohonen. Enquanto a primeira permite o estudo do processo de memorização, a segunda possibilita o estudo da organização neural de informação. Dessa forma, será realizado um estudo na tentativa de se estabelecer analogias entre comportamentos cerebrais simples com as redes neurais artificiais. A partir dessas analogias será possível a simulação computacional de alguns aspectos simples do funcionamento cerebral.

1 Introdução

As Redes Neurais Artificiais (RNA) fazem parte do conjunto de técnicas de Inteligência Artificial [1]. As RNA foram desenvolvidas na década de 40 pelo matemático Walter Pitts e o neurofisiologista McCulloch [8]. A ideia inicial foi reproduzir o neurônio biológico por meio de circuitos eletrônicos, o que deu origem a um modelo computacional para o neurônio, chamado de *perceptron* (veja projeto 2012).

As RNA têm sido aplicadas em uma vasta quantidade de áreas do conhecimento, tais como economia, biologia, neurociência, inteligência artificial, engenharia, etc.. Podemos destacar a sua aplicação como classificadores; na predição e reconhecimento de padrões; previsões em séries temporais; codificação e decodificação de informação; e mesmo na representação e modelagem de sistemas biológicos.

Nesse trabalho de iniciação científica daremos continuação a um trabalho que já dura 2 semestres, no qual iniciou-se com o aprendizado de técnicas computacionais por parte do aluno e também de implementações iniciais de redes de neurônio simples. Por exemplo, foram implementados alguns algoritmos de aprendizado que envolvem apenas um neurônio, como o algoritmo de *Hebb* [10] e o algoritmo *Adaline* (veja relatório de atividades). Além disso, o estudante implementou um algoritmo de aprendizado para redes de vários neurônios e dispostos em multicamadas. Nesse caso, o algoritmo de treinamento implementado foi o *backpropagation*[1]. O estudante desenvolveu uma vasta pesquisa bibliográfica sobre o funcionamento do cérebro e da evolução biológicas de sistemas neurais.

Gostaríamos então de prosseguir com esse estudo. Dado a bagagem técnica adquirida nos últimos semestres, gostaríamos agora de iniciar a modelagem computacional de sistemas biológicos

reais mais simples por meio das RNA. Como ponto de partida, propomos o estudo de duas RNA bastante difundidas na literatura. São elas: a *Rede de Hopfield*, que nos permitirá o estudo do processo de memorização; e a *Rede de Kohonen*, que nos permitirá o estudo da organização cerebral da informação. Nas próximas seções iremos descrever brevemente essas duas redes.

2 Rede de Hopfield

A Rede de Hopfield é uma RNA desenvolvida por John Hopfield em 1982, formada por uma única camada de neurônios [3, 2, 12]. Esses neurônios estão totalmente interconectados, isto é, todos os neurônios da rede são conectados a todos os outros e a si próprio.

As respostas da rede de Hopfield são dinâmicas, ou seja:

1. Aplica-se um conjunto de entradas;
2. As saídas são calculadas ¹ e retroalimentadas às entradas;
3. A saída é então recalculada e o processo é repetido iterativamente;
4. Essas iterações produzem mudanças nas saídas cada vez menores até que todas as saídas tornam-se constantes.

Entre diversas utilidades das redes de Hopfield, como por exemplo a otimização linear e não-linear e a programação dinâmica, estamos particularmente interessados na sua propriedade de memorização associativa.

A função das memórias associativas é recuperar um padrão previamente armazenado nela, dado uma apresentação incompleta ou ruidosa do padrão. Gostaríamos, dessa forma, de utilizar essa característica dessas redes artificiais para o estudo e modelagem de redes biológicas. Seria possível estabelecer um processo de memorização análogo entre as redes de Hopfield e de redes neuronais reais? Gostaríamos de investigar questões como essa por meio de simulações computacionais e de comparação dos resultados com alguns dados experimentais.

3 Rede de Kohonen

Uma outra arquitetura de RNA foi desenvolvida por Teuvo Kohonen no início da década de 80. Essa RNA, conhecida hoje por *rede de Kohonen*, é um tipo de rede com treinamento não supervisionado, ou seja, não se utiliza entradas e saídas ideais para seu treinamento [1].

Um característica importante da rede de Kohonen é que os neurônios que constituem a rede se auto-organizam. Ou seja, com o passar do tempo a rede, através de um algoritmo de competição, vai criando grupos de neurônios especializados em certos estímulos. A elaboração dessa RNA, assim como a rede de Hopfield, foi feita com forte inspiração no funcionamento de nosso cérebro. O cérebro humano, assim como o de outros animais, possui grupos de neurônios especializados em diversas atividades. Podemos destacar, por exemplo, a região neural responsável pela fala (Região de Brocca), visão (lobo occipital, localizados na parte pósterio-inferior do cérebro), atividade motora (cortex-motor), etc. [5, 6]. Teuvo Kohonen, quando desenvolveu sua arquitetura de rede, estava particularmente interessado na identificação de padrões locais da fala humana. Durante o treinamento, cada grupo de neurônios se especializava em um tipo de som, e assim o identificava quando recebia seu estímulo [4].

¹Veja processo de resposta do neurônio artificial simples - o perceptron, descrito no projeto anterior.

4 Plano de Trabalho de Iniciação Científica para 2013

O trabalho de iniciação científica que se refere esse projeto terá por prioridade a implementação computacional das RNA descritas no projeto. Lista-se a seguir as etapas de trabalho que serão desenvolvidas ao longo do ano de 2013:

1. Estudo da literatura. Estudo dos Livros textos sobre RNA [1, 3, 2]; livros textos sobre neurociência [5, 6]; e demais textos e artigos presentes na bibliografia desse projeto - 3 meses;
2. Implementação computacional e testes da rede de Hopfield - 2 meses;
3. Investigação do processo de memorização de sistemas neurais biológicos e analogias com a rede de Hopfield - 2 meses;
4. Implementação computacional e testes da rede de Kohonen - 2 meses;
5. Investigação do processo de auto-organização neural em sistemas biológicos e analogias com a rede de Kohonen - 2 meses;
6. Redação do relatório de atividades usando Latex - 1 mês;

References

- [1] Simon Haykin. *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*. Prentice Hall; 2 edition (July 16, 1998)
- [2] D. J. Amit. *Modeling Brain Function - The World of Attractor Neural Networks*. Cambridge University Press, 1989.
- [3] J.Hertz and R. G. Palmer. *Introduction to the theory of neural computation*. Addison-Wesley, 1991.
- [4] T. Kohonen. *Self-Organizing Maps*. 2.ed Berlin: Springer, 1997.
- [5] J. Allman. *Evolving Brains*. Scientific American Library (2000).
- [6] Bear Mark. *Neurociencias*. Artmed (2002).
- [7] F. Rosenblatt. *Principles of neurodynamics, Spartan, New York* (1962).
- [8] W. S. McCulloch and W. Pitts. *A logical calculus of ideas immanent in nervous activity*, *Bull. Math. Biophys.*, **5**, 115 (1943).
- [9] E. R. Caianiello. *Outline of a theory of thought processes and thinking machines*, *J. Theor. Biol.*, **1**, 204 (1961).
- [10] D. O. Hebb. *The organization of behavior: A neurophysiological theory*, *J. Wiley, New York* (1949).
- [11] M. Oppen and W. Kinzel. *Statistical mechanics of generalization*. Physics of Neural Networks III (1994).
- [12] A Engel, C Van den Broeck. *Statistical Mechanics of Learning*. Cambridge University Press (2001).