



Instituto Politécnico, Nova Friburgo  
August 30<sup>th</sup>- September 3<sup>rd</sup>, 2004

Paper CRE04 – MC16

## Identificação de um Sistema Dinâmico Não-Linear usando Redes Neurais

**Miguel Cesar Souza de Assis**

Universidade Federal de São João del Rei , UFSJ  
DEMEC – Departamento de Mecânica  
LASID – Laboratório de Sistemas Dinâmicos  
CEP : 36307-352 , São João del Rei, MG, Brasil  
miguelcsassis@estudante.ufsj.edu.br

**Evaldo Khater**

Universidade Federal de São João Del Rei , UFSJ  
DEMEC – Departamento de Mecânica  
LASID – Laboratório de Sistemas Dinâmicos  
CEP: 36307-352 , São João del Rei , MG , Brasil  
khater@ufsj.edu.br

**Introdução:** O potencial apresentado pelas redes neurais artificiais na aproximação de mapeamentos não-lineares estáticos e dinâmicos representa a principal motivação para sua aplicação a problemas de identificação de sistemas dinâmicos. Para este tipo de aplicação, redes neurais multicamadas e algoritmos de treinamento supervisionado são geralmente utilizados. Identificação de sistemas dinâmicos baseada em técnicas lineares impõe fortes restrições quanto à natureza do sistema a ser identificado, além de considerar uma dependência linear com relação às variáveis básicas do sistema e seus respectivos retardos no tempo. Métodos conexionistas de identificação, por sua vez, operam em sistemas de diferentes graus de complexidade, através da utilização de representações de dimensão maior que a dimensão intrínseca do sistema e da utilização de um grande número de operadores não-lineares similares entre si. Este tipo de flexibilidade de representação, muitas vezes atribuída à analogia com propriedades presentes em sistemas neurais biológicos, é uma das principais características dos sistemas conexionistas.

Redes Neurais Artificiais têm aplicações em problemas práticos de engenharia, em áreas como reconhecimento de padrões, processamento de sinais, e sistemas de controle, sendo possível usá-las para resolver problemas industriais complexos.

**Metodologia:** O método aplicado foi o emprego de Redes Neurais com a retropropagação do erro na identificação do sistema dinâmico, utilizando o algoritmo de Levenberg-Marquadt. Foram desenvolvidos programas computacionais em ambiente MATLAB para a análise do sistema dinâmico, visando encontrar soluções para os problemas apresentados através da identificação dos parâmetros. Foi feita a identificação da seguinte função não linear:

$$y_p(k+1) = f(y_p(k), y_p(k-1)) + u(k)$$

Onde :

$$f(y_p(k), y_p(k-1)) = \frac{(y_p(k)y_p(k-1)(y_p(k)+2.5))}{(1+y_p^2(k)+y_p^2(k-1))}$$

e

$$u(k) = \sin(2\pi (k/25))$$

A arquitetura da rede usada para treinar a função foi a seguinte: 2 vetores de entrada (1x100) com valores distribuídos no intervalo  $[-2, 2]$ , 20 neurônios na camada de entrada, 10 neurônios na camada oculta, 1 neurônio na camada de saída. Como critério de parada usou-se um erro de  $1e-005$  ou 200000 iterações.

**Resultados:** O método de Levenberg-Marquadt na identificação da função não linear apresentou resultados satisfatórios. O método de Levenberg-Marquadt apresentou um erro de  $9,882683e-006$ , ou seja, um erro menor que o erro estipulado. O número de iterações foi bastante reduzido em relação ao critério de parada.

**Conclusão:** Os detalhes específicos envolvidos no projeto de uma rede neural multicamadas depende da aplicação de interesse. Com relação às funções de ativação, observou-se que as funções sigmóides são as formas mais utilizadas na construção de redes neurais por serem funções crescentes, diferenciáveis e com propriedades assintóticas. O algoritmo de aprendizagem por retropropagação do erro baseia-se no processo de aprendizagem por correção do erro. Quando deseja-se implementar uma função mais complexa, não-linear, deve-se utilizar métodos mais robustos, dentre eles o método de Levenberg-Marquadt.

## REFERÊNCIAS

- [1] Haykin, Simon. **Redes Neurais : Princípios e Prática. Bookman, 2001.**
- [2] Narendra, S. K. , Parthasaraty, K. . **Identification and Control of Dynamical Systems Using Neural Networks. IEEE Trans. on Neural Networks , v.1 , n.1 , march 1990.**
- [3] Khater, Evaldo. **Controle de Vibração Torcional em Sistemas Rotativos usando Redes Neurais Multicamadas. Campinas : Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 1998. Tese (doutorado).**
- [4] Kovács, L. Z. . **Redes Neurais Artificiais : Fundamentos e Aplicações. 2ª edição. Collegium Cognition, 1996.**