

# Ferramenta para o Desenvolvimento de Sistemas Híbridos NeuroFuzzy

Niria Borges Ferreira<sup>1</sup>, Merisandra Côrtes de Mattos<sup>2</sup>, Evelise Chemale Zancan<sup>3</sup>,  
Priscyla Waleska Targino de Azevedo Simões<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Curso de Ciência da Computação – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
(UNESC) – Criciúma – SC – Brasil

<sup>2</sup>Grupo de Pesquisa em Informática Médica e Telemedicina, Grupo de Pesquisa em  
Inteligência Computacional Aplicada, Curso de Ciência da Computação – Universidade  
do Extremo Sul Catarinense (UNESC) – Criciúma – SC – Brasil

<sup>3</sup>Curso de Engenharia Civil – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) –  
Criciúma – SC – Brasil

<sup>4</sup>Grupo de Pesquisa em Informática Médica e Telemedicina, Grupo de Pesquisa em  
Inteligência Computacional Aplicada, Curso de Ciência da Computação, Curso de  
Medicina – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) Criciúma – SC – Brasil

niriaborges@hotmail.com, {mem,evelise,pri}@unesc.net

***Abstract.** This article presents the development of a neurofuzzy shell prototype, called IDEA, which can be applied in the solution of problems that deal the uncertainty arose from imprecision, as for example in the civil engineering area. The neurofuzzy system developed by this shell results in a hybrid architecture system that employs neural networks and fuzzy logic.*

***Resumo.** Este artigo apresenta o desenvolvimento do protótipo de uma shell neurofuzzy, denominada IDEA, que pode ser aplicada na solução de diversos tipos de problemas no tratamento da incerteza por imprecisão, como por exemplo na área de engenharia civil. O sistema neurofuzzy desenvolvido por meio desta shell resulta em um sistema de arquitetura híbrida com a utilização de técnicas das redes neurais com a lógica fuzzy.*

## 1. Introdução

O principal objetivo da utilização das redes neurofuzzy é o desenvolvimento de sistemas onde o conhecimento é representado e processado de forma explícita com fácil interpretação e que possuam a capacidade de aprendizado das redes neurais.

Este artigo relata o desenvolvimento do protótipo de uma shell neurofuzzy que pode ser aplicada na solução de diversos tipos de problemas. O sistema neurofuzzy desenvolvido por meio desta shell tem o objetivo de auxiliar na avaliação de imóveis do tipo apartamento devido o alto grau de incerteza por imprecisão presente nesta área.

A avaliação de imóveis é uma atividade realizada para determinar o valor de moradia e outros tipos de propriedade por meio da comparação de venda com a de propriedade similar, com ajuste dos respectivos preços [Zancan 1996].

## 2. Redes Neurofuzzy

As Redes Neurais Artificiais (RNA) são sistemas paralelos distribuídos capazes de solucionar problemas complexos, sendo composta por unidades de processamento simples, utilizadas para computar funções matemáticas, dispostas em uma ou mais camadas e interligadas. A principal característica das RNA é a capacidade de aprendizado, onde o conhecimento é adquirido por meio de um algoritmo de treinamento [Haykin 2001].

As redes neurais artificiais e a lógica fuzzy podem ser combinadas para formar sistemas de arquitetura híbrida, os quais absorvem características de ambas as técnicas provendo dois modos complementares de modelagem do conhecimento humano [Azevedo, Brasil e Oliveira 2000].

A lógica fuzzy é uma teoria que permite dar forma matemática a expressões da linguagem natural, por meio da qual é possível realizar operações com palavras onde os conjuntos são seus valores. Estes valores são obtidos por uma função e representam a imprecisão por meio de um grau de pertinência [Azevedo, Brasil e Oliveira 2000].

A arquitetura de uma rede neurofuzzy é composta por n camadas de neurônios onde cada camada constitui-se de uma etapa de raciocínio fuzzy. Basicamente, a rede neurofuzzy pode ser vista como redes multilayer de três camadas, onde processamento dos neurônios de cada camada, calculam os resultados da seguinte forma [Velasco 2006]:

- a) camada de fuzzyficação: cada neurônio recebe os valores de entrada no sistema e, por meio de uma função, calcula o grau de pertinência das entradas fornecendo o valor do antecedente das regras fuzzy para próxima camada;
- b) camada de regras fuzzy: representa a base de regras do sistema. Desta forma, cada neurônio desta camada corresponde à uma regra fuzzy. Sua função é calcular o valor do conseqüente da regra a qual representa por meio de uma t-norma;
- c) camada de defuzzyficação: fornece a saída ao sistema calculando o produto entre as somas dos níveis de disparo de cada neurônio da camada anterior e os valores dos conseqüentes das regras.

No caso desta pesquisa, desenvolveu-se o protótipo de uma shell para implementação de sistemas de arquitetura híbrida onde a lógica fuzzy é incorporada a estrutura de uma RNA tendo-se assim, uma rede neurofuzzy.

## 3. Protótipo da Shell Neurofuzzy IDEA

Esta pesquisa consistiu no desenvolvimento do protótipo de uma shell para criação de sistemas híbridos neurofuzzy, ou seja, uma ferramenta para realizar a implementações onde a modelagem das variáveis fosse obtida por meio de conjuntos fuzzy aplicados a uma rede neural.

Na implementação do protótipo pretendia-se utilizar uma shell neurofuzzy integrada a um ambiente de desenvolvimento. Porém, no decorrer da pesquisa observou-se que, para o tipo de problema proposto, as ferramentas gratuitas encontradas para integração com o ambiente de desenvolvimento eram de difícil compreensão e haviam

sido implementadas no ano de 1993 em formato MS-DOS, o que tornava a probabilidade de sucesso na integração muito baixa.

Devido a esse fato, optou-se pelo desenvolvimento do protótipo de uma shell neurofuzzy implementando-se inicialmente somente um modo de inferência e de aprendizado, havendo assim, a possibilidade da modelagem de outros tipos de problemas além dos referentes à avaliação de imóveis. Desta forma, o protótipo de shell neurofuzzy implementado poderá ser concluído em trabalhos futuros até que se obtenha um sistema completo e gratuito para utilização em outras pesquisas, universidades e instituições.

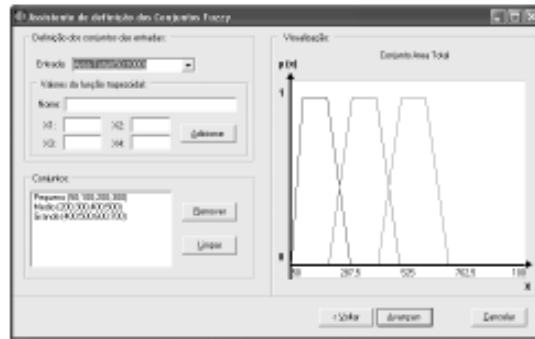
O desenvolvimento do protótipo da shell IDEA foi realizado em ambiente de programação Delphi por meio da linguagem Object Pascal. Os testes foram realizados por meio de um conjunto de dados pesquisados no Trabalho de Conclusão de Curso da acadêmica Graziela Olivo Fermo do curso de Engenharia Civil da UNESC.

Os dados utilizados para testes na IDEA são referentes ao valor de imóveis do tipo apartamento, em oferta no mercado imobiliário do município de Criciúma, em conjunto com as variáveis que influenciam a geração de valores na avaliação de imóveis.

### **3.1. Metodologia**

Na implementação foi utilizada a estrutura de uma rede multilayer perceptron para desenvolvimento da rede. A partir dos conjuntos de entrada e saída fornecidos pelo usuário, o sistema gera uma rede com seis camadas que possui a seguinte estrutura:

- a) camada de entradas: recebe os valores fornecidos pelo usuário para treinamento, teste ou utilização enviando para próxima camada sem processar dados (Figura 1);
- b) camada de conjuntos: cada neurônio calcula o grau de pertinência dos valores recebidos para que sejam enviados à próxima como antecedente das regras. O grau de pertinência é calculado no sistema por meio da função trapezoidal;
- c) camada de regras: cada neurônio desta camada corresponde a uma regra fuzzy. A avaliação das regras é calculada por meio da intersecção dos valores dos antecedentes, que neste caso, são os valores recebidos da camada anterior;
- d) camada de normalização: os neurônios desta camada realizam o processo de normalização dos valores tal que,  $S'n = S_n / (S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n)$ , onde  $S_n$  são os valores provenientes de todos os neurônios da camada anterior;
- e) camada de conjuntos da saída: é executada uma operação de união entre os valores da camada anterior para que seja calculado o produto entre o maior valor e o valor do conseqüente da regra, tal que:  $h_n = S'n * C_n$ , onde  $S'$  é o maior valor recebido da camada de normalização e  $C$  o conseqüente da regra;
- f) camada de saída: esta camada possui apenas um neurônio e fornece a saída por meio da soma dos valores de saída da camada anterior, tal que:  $z = h_1 + h_2 + \dots + h_n$ .



**Figura 1 - Valores fuzzy de entrada na IDEA**

#### 4. Resultados

Os testes da rede neurofuzzy na shell IDEA foram realizados pela utilização da base de dados referentes a valores reais de apartamentos em oferta no município de Criciúma. Os dados obtidos foram separados em duas partes: 150 dados para realização do treinamento e 55 dados para realização dos testes.

O treinamento da rede neurofuzzy para avaliação de apartamentos na shell IDEA foi realizado de forma supervisionada por meio do algoritmo backpropagation. Ao receber o valor de saída da rede no processo de propagação dos valores é calculado o erro por meio da equação:  $e_j(n) = d_j(n) - y_j(n)$ , onde  $d_j$  representa o valor desejado e  $y_j$  o valor obtido.

O sinal de erro é utilizado no ajuste do valor dos conseqüentes da camada dos conjuntos de saída tal que:  $\Delta C_j = \eta \cdot (e_j(n) \cdot y_j(n))$ , onde  $\Delta C$  representa o delta correção e  $\eta$  é determina a taxa de aprendizagem definida pelo usuário. A modificação nos valores dos conseqüentes é realizada tal que:  $C_j = C_j + \Delta C_j$ , onde  $C$  é o valor do conseqüente.

Após a realização dos testes constatou-se que a melhor taxa de aprendizado a ser utilizada na rede para os dados adquiridos é de 0,4 com uma margem de erro de 40%.

#### 5. Conclusões

Esta pesquisa compreendeu o desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à engenharia civil, como uma alternativa que pode se mostrar válida para minimizar o grau de imprecisão e subjetividade presente no domínio de aplicação, sendo possível sua utilização em outras áreas.

#### Referências

- Azevedo, F. M., Brasil, L. M., Oliveira, R.C. L. (2000) Redes Neurais com Aplicações em Controle e em Sistemas Especialistas, Visualbooks, Florianópolis.
- Haykin, S. (2001) Redes Neurais: Princípios e Prática, Bookman, Porto Alegre.
- Velasco, M.M.B.R. (1999) Lógica Nebulosa, Núcleo de Pesquisa em Inteligência Computacional Aplicada, Curso de Engenharia Elétrica, PUC, Rio de Janeiro.
- Zancan, E. C. (1996) Avaliação de Imóveis em Massa para Efeitos de Tributos Municipais, Rocha, Florianópolis.