



USO DE REDES NEURAIIS PARA APRIMORAMENTO DE CONTROLADORES SEMAFÓRICOS FUZZY

Michelle Andrade¹

Maria Alice Prudêncio Jacques²

Universidade de Brasília

Mestrado em Transportes

RESUMO

A associação de lógica *fuzzy* e redes neurais artificiais (RNA) vem sendo estudada e aplicada com sucesso em diferentes áreas. Vários estudos sobre aplicações de controladores semafórico *fuzzy* mostram que o controle por eles promovido é vantajoso para diferentes situações. No entanto, os controladores *fuzzy* existentes mantêm constantes os parâmetros inicialmente definidos, diante de diferentes situações de tráfego. Para situações que apresentam grandes flutuações de tráfego vê-se a necessidade de ajustar estes parâmetros *fuzzy* visando o melhor desempenho do controlador. A presente dissertação tem como objetivo determinar um procedimento para o ajuste “on-line” dos parâmetros dos conjuntos *fuzzy* utilizados no projeto de um controlador semafórico, empregando redes neurais artificiais; ou seja, a concepção de um controlador *neurofuzzy*. Inicialmente, será feito um estudo teórico sobre a utilização de redes neurais artificiais e lógica *fuzzy*. Na sequência, será realizada uma revisão dos principais trabalhos relacionados a sistemas *neurofuzzy* em geral e a controladores semafóricos *fuzzy*. Com base nestes estudos serão determinadas as variáveis de controle, a rede neural mais adequada para a concepção do controlador semafórico *neurofuzzy*, e o tempo máximo de resposta da rede para realizar a atualização dos parâmetros *fuzzy* utilizados no controle. Finalmente, deve ser definido um esquema geral de operação do controlador semafórico *neurofuzzy*. O esquema de operação do controlador semafórico, e o procedimento para o ajuste dos parâmetros dos conjuntos *fuzzy* deverão permitir que a resposta do controlador atenda continuamente aos objetivos pré-definidos para o controle do tráfego.

ABSTRACT

The interlinking of fuzzy logic and artificial neural networks (ANN) has been successfully studied and applied for different purposes. Several studies related to fuzzy signal controllers' applications indicate that the control provided by this type of controller is advantageous for different situations. All the same, existing fuzzy signal controllers keep parameters initially defined constant so that they are not able to provide on-line responses to different traffic situations and this is highly necessary given that traffic volumes are usually time dependent. This paper aims therefore to define a procedure for on-line adjustment of fuzzy sets' parameters used in a traffic signal controller project by using artificial neural networks. In other words, it seeks to develop a neurofuzzy traffic signal controller. Initially, a theoretical study on the use of artificial neural networks and fuzzy logic will be carried out. Then, a literature review on the main works related to general neurofuzzy systems and fuzzy signal controllers will be made. Based on these studies, the control variables, the ANN most suitable for the neurofuzzy traffic signal controller as well as the maximum response time of the neural network for updating the fuzzy parameters used in the control will be selected. Finally, a general framework for the neurofuzzy traffic signal controller's operation should be defined. The operation scheme and the procedure to perform the on-line adjustments of the controller's fuzzy sets' parameters should lead to a controller response that continuously reflects predefined traffic control objectives.

1. INTRODUÇÃO

Existem no sistema de tráfego freqüentes situações que exigem a presença de algum dispositivo de controle para o gerenciamento dos conflitos entre veículos e/ou veículos e pedestres. Dentre os dispositivos de controle utilizados em áreas urbanas, os semáforos são uns dos mais empregados.

Estudos têm mostrado que o uso da lógica *fuzzy* para o controle semafórico atuado pelo tráfego é vantajoso em diversas situações (Jacques *et al*, 2002). Em geral, os controladores *fuzzy* apresentados na literatura mantêm as suas condições de controle inalteradas, especificamente no que diz respeito às definições dos conjuntos *fuzzy* da base de regras empregados na definição da duração das extensões do tempo de verde. Estas extensões a serem concedidas pelo controlador à corrente de tráfego que está sendo servida, são definidas



a partir das variáveis lingüísticas de entrada e saída e das regras que definem as relações entre as mesmas (Nittymäki, 1998).

São conhecidas diversas aplicações da associação da lógica *fuzzy* com redes neurais para o desenvolvimento de equipamentos. No que diz respeito aos controladores semafóricos *fuzzy*, os estudos para o uso associado da lógica *fuzzy* às redes neurais estão apenas começando. Assim, a realização de trabalhos voltados a este estudo, para o desenvolvimento de controladores semafóricos, poderá contribuir para a evolução dos atuais sistemas de controle de tráfego.

2. OBJETIVO

O objetivo geral do trabalho é determinar um procedimento para o ajuste “*on-line*” dos parâmetros dos conjuntos *fuzzy* utilizados no projeto de um controlador semafórico para interseções isoladas, empregando redes neurais artificiais (RNA).

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Os conceitos envolvidos na pesquisa proposta podem ser divididos em dois tópicos principais: o controle do tráfego em interseções isoladas; e as ferramentas a serem empregadas no desenvolvimento do procedimento de ajuste dos parâmetros dos conjuntos *fuzzy* (lógica *fuzzy*, redes neurais e sistemas *neurofuzzy*).

3.1 Controle de Tráfego

Nos centros urbanos o número de veículos em circulação vem crescendo ano após ano, dado que pode ser verificado nos controles de órgãos como o DENATRAN. Este é um fato que contribui para situações de risco e desconforto dos habitantes desses centros, tais como congestionamentos, poluição sonora e atmosférica, acidentes, dentre outros. Assim, faz-se necessário a busca de mecanismos que otimizem o controle do tráfego. Os semáforos atuam neste sentido de diferentes maneiras, dependendo das características do tráfego e da via. Isto é, ele pode ser programado para operar de forma isolada ou em rede com os semáforos das interseções adjacentes. Este controle pode também responder às condições reais do tráfego – operação atuada – ou ser programado a partir de dados históricos das condições de tráfego no local – operação em tempo fixo (DENATRAN, 1994). A importância de um controle atuado pelo tráfego é verificada, em especial, para locais onde existe brusca variação temporal do fluxo de tráfego – horas de pico e entre-picos e flutuações acentuadas do volume de tráfego nas horas de entre-picos.

Para atender às diferentes estratégias de operações definidas, existem diferentes tipos de controladores semafóricos: controlador de tempo fixo, semi-atuado, e totalmente atuado. O presente trabalho é relacionado com o controle totalmente atuado em interseções isoladas (DENATRAN, 1994).

O controlador semafórico *fuzzy* é um controlador automático atuado pelo tráfego com algumas características específicas, ou seja, em sua estrutura há elementos componentes de um sistema *fuzzy*: interface de fuzzificação, base de conhecimento, lógica de tomada de decisão, interface de defuzzificação (Nittymäki, 1998).



3.2 Ferramentas

Para a concepção de um sistema *neurofuzzy* é necessário o suporte teórico das ferramentas que o compõem, ou seja, sistemas *fuzzy* e redes neurais artificiais.

3.2.1 Lógica Fuzzy

O termo *fuzzy* foi introduzido pelo professor Lofti A. Zadeh no início da década de 60, em Berkeley, Califórnia, como uma forma de modelar a incerteza da linguagem natural observada no pensamento e julgamento humano. Ela fornece meios de representação e de manipulação de conhecimentos imperfeitamente descritos, vagos ou imprecisos; tais como os conceitos de “um pouco mais” ou mesmo de “grande” e “pequeno”, estabelecendo uma interface entre os dados descritos simbolicamente (variáveis lingüísticas) e numericamente (Galvão e Valença, 1999).

Os conjuntos *fuzzy* são definidos como conjuntos de objetos que podem ser representados tanto por números reais (p.ex: fila de 4, 10 ou 28 veículos) quanto por variáveis lingüísticas (p.ex: fila pequena, fila média ou fila grande) e que não apresentam contornos bem definidos. Os conjuntos *fuzzy* são formados pelos elementos propriamente ditos associados ao grau de pertinência de cada elemento no respectivo conjunto (Zadeh, 1965).

3.2.2 Redes Neurais Artificiais

Redes Neurais são sistemas paralelos e distribuídos, dotados de capacidade de armazenamento de conhecimento experimental. Estes sistemas são compostos por unidades de processamento simples denominadas neurônios, onde são computadas determinadas funções matemáticas (Wasserman, 1989 *apud* Queiroz, 2001). Tais unidades são dispostas em uma ou mais camadas e interligadas por conexões, e são responsáveis por receber informações, processá-las e repassá-las.

O processo de aprendizagem de uma rede é realizado através de um algoritmo de aprendizagem ou de treinamento, cuja função é modificar os pesos sinápticos da rede de uma forma ordenada para alcançar um objetivo de projeto desejado (Haykin, 2001). O algoritmo de aprendizado neural mais utilizado é baseado nos erros de saída, isto é, a diferença entre os dados de saída da rede neural e os dados esperados.

3.2.3 Sistemas Neurofuzzy

A combinação entre RNA e sistemas *fuzzy* se popularizou nos últimos anos (Kartalopoulos, 1996). Em geral, encontra-se na literatura dois tipos desta combinação, que têm por objetivo otimizar um sistema *fuzzy*. Na primeira abordagem, RNA e sistemas *fuzzy* trabalham de forma independentes, tendo como objetivo principal a determinação de parâmetros de sistemas *fuzzy*. O segundo tipo de combinação define uma arquitetura homogênea, usualmente similar à estrutura de uma RNA; esta combinação é normalmente denominada de Sistema *Neurofuzzy* Híbrido (Azevedo *et al.*, 2000). Nos sistemas *fuzzy* representados na forma de redes neurais é possível que os parâmetros sejam atualizados usando os mesmos métodos do aprendizado neural. Nestes, os parâmetros de argumentação *fuzzy* são expressos como os pesos das conexões da rede neural. Os sistemas *neurofuzzy* híbridos diferem da rede neural tradicional no aspecto de que seus dados de entrada, de saída e seus coeficientes são números *fuzzy* e não números reais. As funções de ativação não usam a soma dos coeficientes/pesos dos dados de entrada; os operadores *fuzzy* usam a combinação destes dados (Bingham, 1998).



4. METODOLOGIA A SER UTILIZADA

O desenvolvimento do trabalho está estruturado em basicamente quatro etapas. Este tem início com uma revisão bibliográfica sobre os princípios de redes neurais artificiais e lógica *fuzzy*, os controladores semafóricos *fuzzy* e os sistemas *neurofuzzy*, buscando localizar aplicações destes sistemas de forma geral e em controle semafórico. Em seguida, será realizada a seleção do modelo de rede mais apropriado para o problema, bem como a definição das variáveis de controle. Deve ser definido o tempo máximo aceitável de resposta da rede para a atualização dos parâmetros dos conjuntos *fuzzy*. Esta variável deverá ser avaliada com a utilização do software MATLAB® (Jang e Gulley, 1995) operando sobre dados hipotéticos. Na etapa seguinte, será definido o esquema geral de operação do controlador semafórico *fuzzy*, ou seja, a conclusão do projeto de concepção do controlador semafórico *neurofuzzy*. E finalmente, a ultima etapa consistirá na avaliação da viabilidade do controlador proposto.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho encontra-se na fase de conclusão da etapa de revisão bibliográfica e, conseqüentemente, análise das propriedades e aplicações dos tipos de redes neurais empregadas em diferentes tipos de controle. Está sendo elaborado um material resumindo este estudo com o objetivo de facilitar o processo de escolha da rede neural que será utilizada na concepção do controlador *neurofuzzy*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azevedo, F. M.; L. M. Brasil, e R. C. L. Oliveira (2000) *Redes Neurais com Aplicações em Controle e em Sistemas Especialistas*. Ed. Bookstore, Florianópolis-SC.
- Bingham, E. (1998) *Neurofuzzy Traffic Signal Control, Thesis*. Departmente of Engineering Physics and Mathematics. Helsinki Univerity of Tecnology.
- DENATRAN (1994) *Manual de Semáforos*. Brasília: DENATRAN.
- Galvão, C. de O. e M. J. S. VALENÇA (1999) *Sistemas Inteligentes: Aplicações em Recursos Hídricos e Ciências Ambientais*. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1999. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos;7).
- Haykin, S. (2001) *Redes Neurais Princípios e Práticas*. 2ª edição, Bookman.
- Jacques, M. A. P.; J. Nittymäki e M. Pursula (2002) *Analyzing Different Fuzzy Traffic Signal Controllers for Isolated Intersections*. In: TRB 81 ST ANNUAL MEETING, 2002. CD Rom. Washington, DC.
- Jang, J. -S., N. Gulley (1995) *Fuzzy Logic Toolbox – For use MATLAB*. Natick, Mauss.: the MathWorks, Inc.
- Kartalopoulos, S. V. (1996) *Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic, Basic Concepts and Applications*. IEEE – Institute of Eletrical and Eletronics Engineers, Inc. New York. 1996.
- Nittimäki, J. (1998) *Isolated Traffic Signals – Vehicle Dynamics and Fuzzy Contro, Thesis*. Department of Civil and Environmentel Engineering. Helsinki Univerity of Tecnology.
- Queiroz, I. N. F. (2001) *Estimativa do Fluxo de Saturação com o Auxílio de Redes Neurais, Dissertação de Mestrado*. Publicação TU.DM-04 A/2001, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília. P. 100-103.
- Zadeh, L. A. (1965) *Fuzzy Sets, Information and Control*. v.8, p.338-353.

¹ michelleandrade@unb.br

² mapj@unb.br