

# "SISTEMA DE MONITORAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE VÁLVULA MOTO-OPERADA, UTILIZANDO LÓGICA NEBULOSA"

Alvaro Luiz G. Carneiro\* e Aucyone A. da Silva\*  
Marco Túlio C. de Andrade\*\*

\*Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP  
Caixa Postal 11049  
05422-970, São Paulo, Brasil

\*\*Escola Politécnica / USP  
Cidade Universitária – Butantã  
São Paulo, Brasil

## RESUMO

Métodos de diagnósticos não intrusivos fornecem informações das condições operacionais de componentes durante operação normal de uma determinada planta. Tomando como exemplo uma usina nuclear de potência, a questão de confiabilidade dos componentes, mais especificamente das válvulas moto-operadas relacionadas aos sistemas de segurança, tornou-se um dos fatores mais importantes a serem investigados nas centrais nucleares. A monitoração, manutenção e confiabilidade dos equipamentos da planta são fatores preponderantes no que diz respeito a segurança e extensão de vida útil. Um dos componentes de grande importância trata-se das válvulas moto-operadas que desempenham funções relevantes em sistemas de segurança. Este trabalho apresenta um sistema de diagnóstico utilizando "Lógica Nebulosa" baseado na monitoração das assinaturas de potência do motor durante a operação de abertura e fechamento da válvula. As assinaturas são levantadas através das medidas de tensão e corrente das fases do motor chegando portanto às assinaturas de potência. O diagnóstico é feito segundo a análise de eventos característicos durante a movimentação da válvula.

**Key Words:** fuzzy logic, MOV, signatures analysis.

## I. INTRODUÇÃO

Métodos de diagnósticos não intrusivos fornecem informações das condições operacionais de componentes durante operação normal de uma determinada planta.

Tomando como exemplo uma usina nuclear de potência, a questão de confiabilidade dos componentes, mais especificamente das válvulas moto-operadas relacionadas aos sistemas de segurança, tornou-se um dos fatores mais importantes a serem investigados nas centrais nucleares. A monitoração, manutenção e confiabilidade dos equipamentos da planta são fatores preponderantes no que diz respeito a segurança e extensão de vida útil da planta.

Além disso, sobre o ponto de vista econômico, os métodos de diagnóstico tem um papel importante contribuindo significativamente no planejamento do programa de manutenção, reduzindo custos com componentes sobressalentes, evitando paradas não programadas e conseqüentemente maior disponibilidade da planta para geração de energia elétrica.

Com o advento da requisição normativa G.L. 89-10<sup>4/</sup> ("Generic Letter") baixada pelo órgão regulador N.R.C. ("Nuclear Regulatory Commission"), a necessidade da melhoria das metodologias de testes e diagnósticos dos componentes vem sendo um dos pontos mais importantes na área de manutenção preditiva.

## II. OBJETIVO

Este projeto tem como objetivo a utilização da Lógica Nebulosa<sup>5/</sup> como um sistema especialista atuando como uma ferramenta importante na tomada de decisão do diagnóstico da ocorrência de uma possível anomalia elétrica ou mecânica durante operação de uma válvula moto-operada.

### III. SISTEMA DE MEDIDA

O trabalho foi desenvolvido e aplicado a válvulas moto-operadas tipo gaveta conforme exemplo na figura 1.

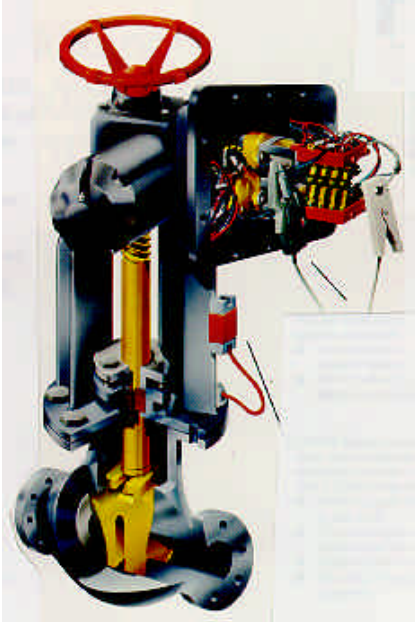


Figura 1. Válvula Moto Operada Tipo Gaveta.

Para a análise são levantadas as medidas de corrente e tensão das três fases do motor que aciona a válvula durante a abertura e fechamento da mesma. Basicamente o sistema de medida está apresentado na figura 2.

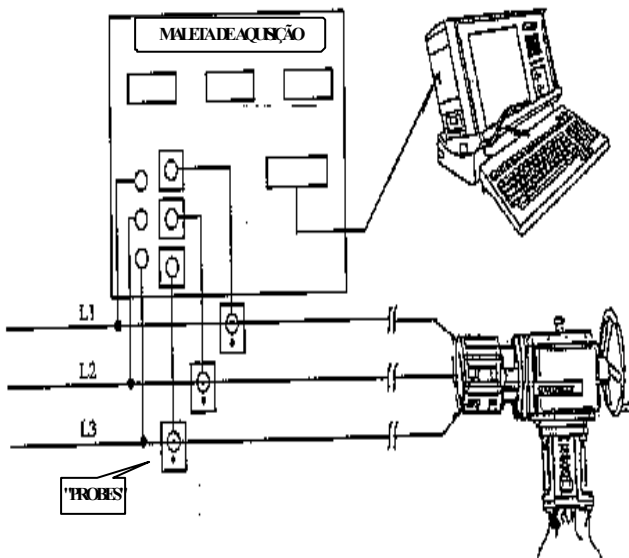


Figura 2. Sistema de Medida.

Com os sinais de corrente e tensão são calculadas as assinaturas de potência as quais serão utilizadas para análise e diagnóstico das condições operacionais da válvula. As medidas são feitas via transdutores de sinais,

conversores analógicos digitais e armazenadas em disco rígido. Todas as medidas são realizadas durante a abertura e fechamento total da válvula, não sendo aplicada para a condição de modulação.

Para este projeto será utilizada somente a assinatura de potência durante a movimentação de fechamento da válvula, conforme apresentada na figura 3.

Na figura estão evidenciados os eventos característicos durante a operação de fechamento da válvula.

Para a condição de abertura o procedimento de análise e diagnóstico é o mesmo.

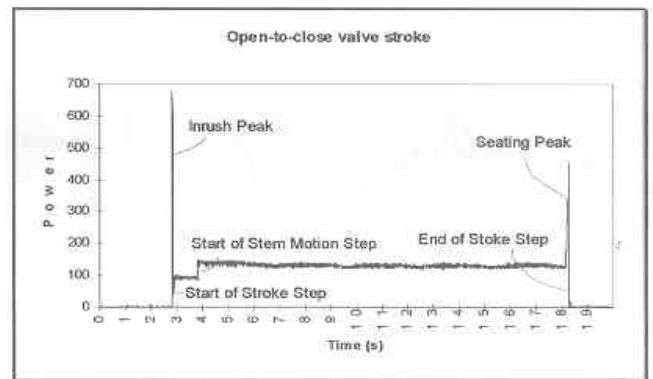
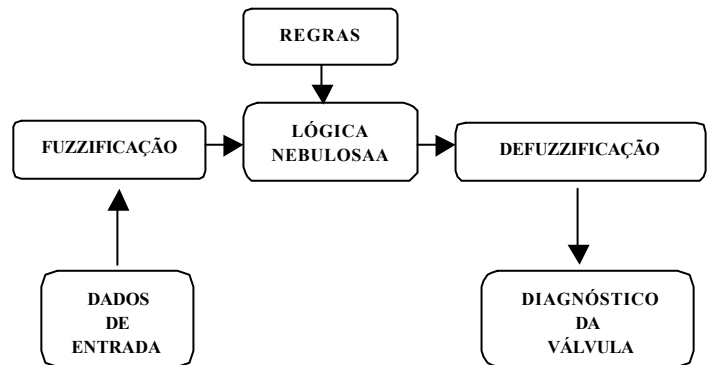


Figura 3. Assinatura de potência durante o fechamento.

### IV. SISTEMA DE DIAGNÓSTICO UTILIZANDO LÓGICA NEBULOSA:



O trabalho foi desenvolvido considerando a assinatura de potência apresentada na Figura 3, utilizando **MATLAB Fuzzy Logic TOOLBOX**.

#### Variáveis de Entrada:

"**RunningPower**": Potência média do motor durante movimentação da válvula,

"**StrokeTime**": Tempo total decorrido durante o acionamento de abertura da válvula,

#### Variáveis de Saída:

"**Packing**": Encapsulamento da válvula,

"**LimitSwitch**": Chave de fim de curso durante o fechamento da válvula.

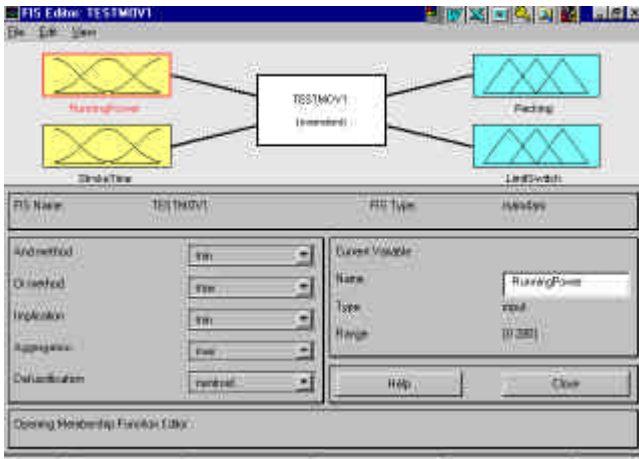


Figura 4. Blocos das variáveis de entrada e saída.

As figuras 5 e 6 apresentam as variáveis de entrada e as respectivas funções de pertinências.

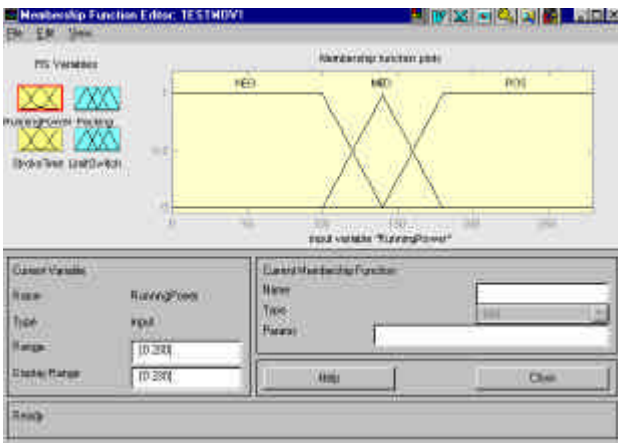


Figura 5. "RunningPower".

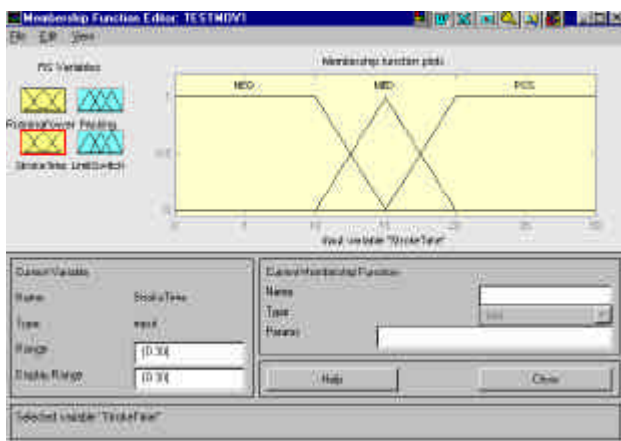


Figura 6. "StrokeTime".

As figuras 7 e 8 apresentam as variáveis de saída e as respectivas funções de pertinências.

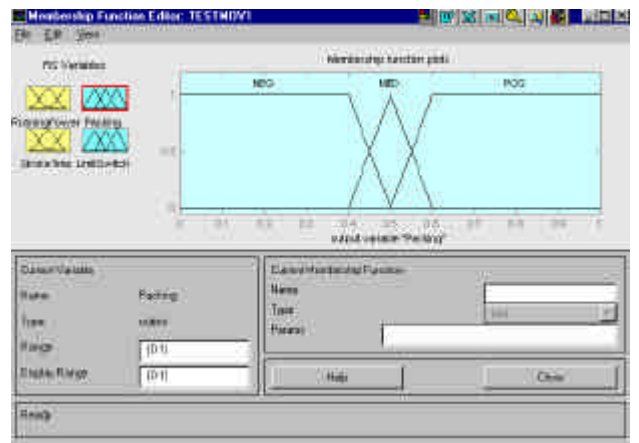


Figura 7. "Packing".

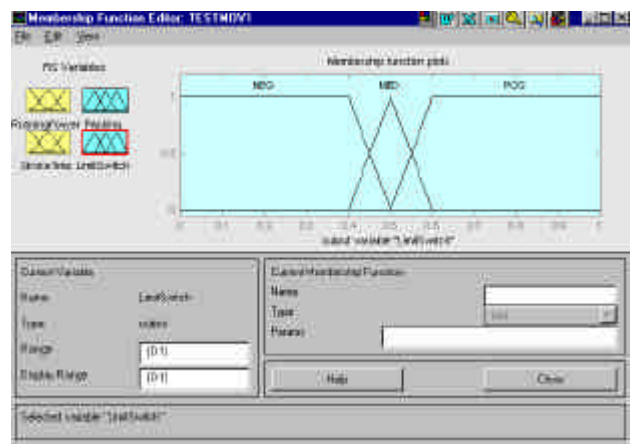


Figura 8. "LimitSwitch".

A figura 9 apresenta as regras que correlacionam as variáveis de entrada com as variáveis de saída.

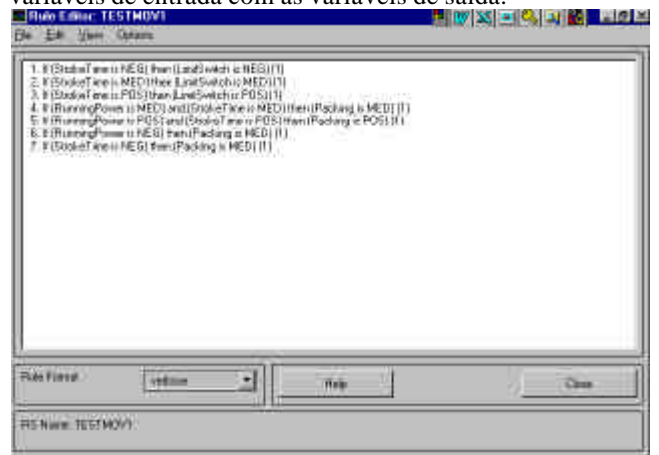


Figura 9. Regras

Como primeiro resultado (Figura 10), tem-se a condição na qual não é diagnosticado nenhum tipo de anomalia na válvula, condição esta dada pelos valores de entrada de 140W para a potência média do motor durante a movimentação da válvula e o tempo total decorrido de 15 segundos. A saída apresenta o resultado MED = 0.5 que é a condição normal. Os resultados menores que 0.4 e maiores que 0.6 apresentam a suspeita de uma anomalia. Portanto

resultado de saída MED equivale à condição NORMAL de operação da válvula.

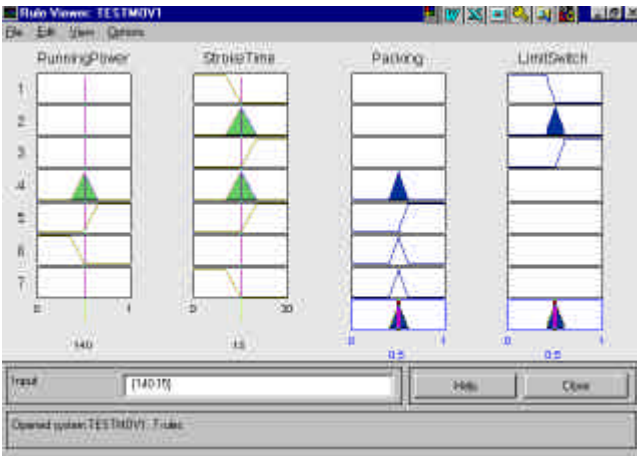


Figura 10. Resultados para a condição de entrada, potência=140W e tempo=15seg.

Já as figuras 11 e 12 apresentam a simulação de condições onde se tem a presença de anomalias na válvula detectada durante o acionamento e movimentação da válvula na condição do sentido de abertura para fechamento. Sendo o seguinte:

Figura 11: Apresenta como dados de entrada potência de 140W (valor normal de operação) e tempo total decorrido de 18,6 seg., dando como resultado o valor da variável de saída "Packing" 0,5 (MED) caracterizando um valor normal, já a variável de saída "LimitSwitch" teve um resultado de 0,747 (POS) caracterizando um desajuste do "LimitSwitch", ou seja ocorreu o desligamento do motor após o instante pré estabelecido do "set point".

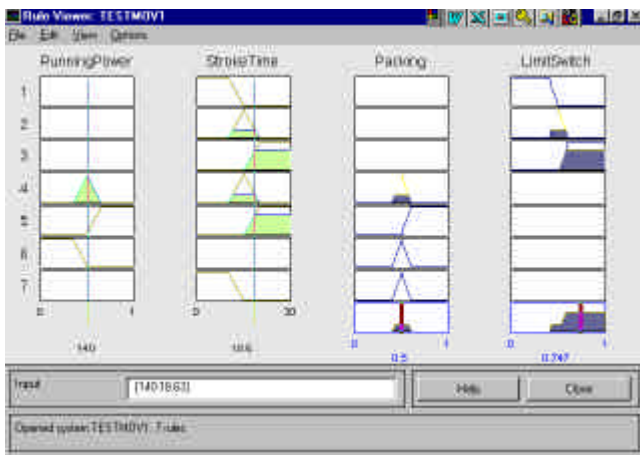


Figura 11. Potência=140W , Tempo = 18,6 Seg.

A figura 12 apresenta o tempo de 18,6 segundos e a potência 170W.

Os resultados são: "Packing"=0,749 (POS) e "LimitSwitch" = 0,747(POS), caracterizando uma resistência contrária à movimentação da válvula acima dos valores normais, devido a elevação na potência e além disso o acréscimo no tempo médio necessário para a movimentação

de todo o percurso de fechamento, caracterizando emperramento na movimentação da válvula.

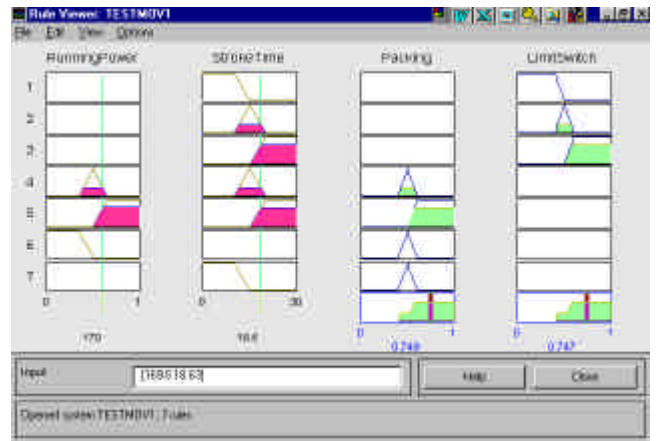


Figura 12. Potência 170W e tempo 18,6 Seg.

As figuras 13 e 14 apresentam os resultados em superfície considerando primeiramente as variáveis de entrada "RunningPower" e "StrokeTime" com a variável de saída "LimitSwitch" e posteriormente com a variável de saída "Packing".

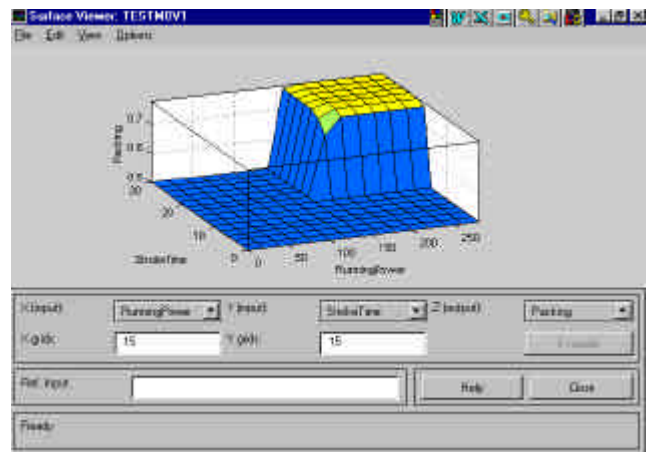


Figura 13. Variável de saída "LimitSwitch".

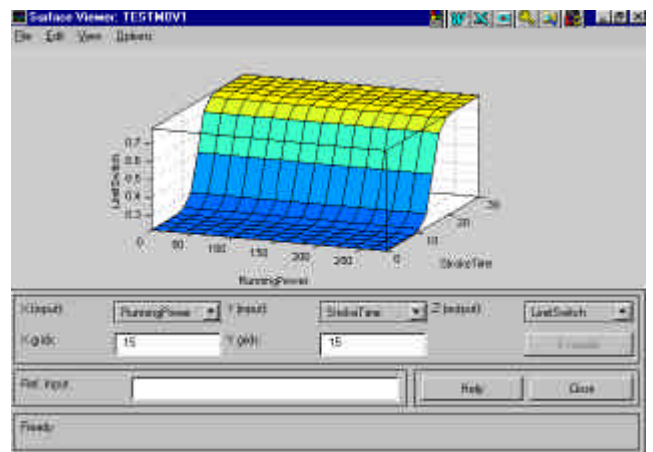


Figura 14. Variável de saída "Packing".

O programa editado via comandos do MATLAB está apresentado a seguir.

```
[System]
Name='TESTMOV1'
Type='mamdani'
NumInputs=2
NumOutputs=2
NumRules=7
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'
```

```
[Input1]
Name='RunningPower'
Range=[0 280]
NumMFs=3
MF1='NEG': 'trapmf',[0 0 100 140]
MF2='MED': 'trimf',[100 140 180]
MF3='POS': 'trapmf',[140 180 280 280]
```

```
[Input2]
Name='StrokeTime'
Range=[0 30]
NumMFs=3
MF1='NEG': 'trapmf',[0 0 10 15]
MF2='MED': 'trimf',[10 15 20]
MF3='POS': 'trapmf',[15 20 30 30]
```

```
[Output1]
Name='Packing'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='NEG': 'trapmf',[0 0 0.4 0.5]
MF2='MED': 'trimf',[0.4 0.5 0.6]
MF3='POS': 'trapmf',[0.5 0.6 1 1]
```

```
[Output2]
Name='LimitSwitch'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='NEG': 'trapmf',[0 0 0.4 0.5]
MF2='MED': 'trimf',[0.4 0.5 0.6]
MF3='POS': 'trapmf',[0.5 0.6 1 1]
```

```
[Rules]
0 1, 0 1 (1) : 1
0 2, 0 2 (1) : 1
0 3, 0 3 (1) : 1
2 2, 2 0 (1) : 1
3 3, 3 0 (1) : 1
1 0, 2 0 (1) : 1
0 1, 2 0 (1) : 1
```

## V. Conclusão:

A utilização da lógica nebulosa como uma ferramenta na tomada de decisão para um sistema de monitoração e diagnóstico voltado para manutenção preditiva de válvulas moto-operadas mostrou resultados consistentes, possibilitando seu uso em todo o sistema a ser desenvolvido englobando todas as variáveis de entrada e saída pertinentes ao problema. Este trabalho apresenta uma aplicação direta (mesmo em caráter preliminar devido a complexidade do problema) da lógica nebulosa em sistemas de monitoração e diagnóstico de válvulas moto-operadas utilizadas nos sistemas de segurança de centrais nucleares de potência. A continuidade deste projeto consiste no desenvolvimento aprimorado do banco de conhecimento e do sistema de inferência, de maneira a abranger um maior número de anomalias conhecidas com seus respectivos diagnósticos.

## REFERÊNCIAS

- [1] "Advances in safety related diagnostics and early failure detection systems" Report of a Technical Committee Meeting Organised by International Atomic Energy Agency - IAEA-JÁ-TC698-Nov/95.
- [2] Snowden S.A. and Upadhyaya B.R.-"Automatic diagnosis of motor-operated valves", Maintenance and Reliability Conference - MARCON, Knoxville, TN, may/97.
- [3] Glumac M., "Automated diagnosis of motor-operated valves using motor signatures analysis", University of Tennessee, UTNE/DUKE/93-08; dec/95.
- [4] Generic Letter 89-10, "Safety-Related Motor - Operated Valves Testing and Surveillance", N.R.C. Nuclear Regulatory Commission, jun/89.
- [5] Tsoukalas L.H. and Uhrig R.E., "Fuzzy and Neural Approaches in Engineering", John Wiley, New York,1997.
- [6] Ned Gulley J., Roger Jang S."Fuzzy Logic TOOLBOX for use with MATLAB", The Math Works Inc.; jan/95.