

Sistema FuzzyGen: Manual do Usuário



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Informática Agropecuária
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 96

Sistema FuzzyGen: manual do usuário

*Helano Póvoas de Lima
Sílvia Maria Fonseca da Silveira Massruhá*

Embrapa Informática Agropecuária
Campinas, SP
2009

Embrapa Informática Agropecuária

Av. André Tosello, 209 - Barão Geraldo
Caixa Postal 6041 - 13083-886 - Campinas, SP
Fone: (19) 3211-5700 - Fax: (19) 3211-5754
www.cnptia.embrapa.br
sac@cnptia.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Sílvia Maria Fonseca Silveira Massruhá*

Membros: *Poliana Fernanda Giachetto, Roberto Hiroshi Higa, Stanley Robson de Medeiros Oliveira, Marcia Izabel Fugisawa Souza, Adriana Farah Gonzalez, Neide Makiko Furukawa, Suzilei Almeida Carneiro*

Membros suplentes: *Alexandre de Castro, Fernando Attique Máximo, Paula Regina Kuser Falcão, Maria Goretti Gurgel Praxedes*

Supervisor editorial: *Neide Makiko Furukawa, Suzilei Almeida Carneiro*

Revisor de texto: *Adriana Farah Gonzalez*

Normalização bibliográfica: *Maria Goretti Gurgel Praxedes*

Editoração eletrônica: *Neide Makiko Furukawa*

Secretária: *Suzilei Almeida Carneiro*

1ª edição on-line 2009

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Embrapa Informática Agropecuária

Lima, Helano Póvoas de

Sistema FuzzyGen: manual do usuário / Helano Póvoas de Lima, Sílvia Maria Fonseca da Silveira Massruhá. - Campinas : Embrapa Informática Agropecuária, 2009.

20 p. il. - (Documentos / Embrapa Informática Agropecuária, ISSN 1677-9274; 96).

1. Construtor de Sistemas de inferências. 2. Lógica fuzzy. 3. Lógica difusa . 4. Lógica nebulosa. 5. Inteligência artificial. 6. Software livre. I. Massruhá, Sílvia Maria Fonseca da Silveira. II. Título. III. Série.

CDD: 006.3
(21.ed.)

Autores

Helano Póvoas de Lima

Especialista em Sistemas de Banco de dados
Analista da Embrapa Informática Agropecuária
Caixa Postal 6041, Barão Geraldo
13083-886 - Campinas, SP
Fone: 19 3211-5816
e-mail: helano@cnptia.embrapa.br

Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá

Doutora em Computação Aplicada
Pesquisadora da Embrapa Informática Agropecuária
Caixa Postal 6041, Barão Geraldo
13083-886 - Campinas, SP
Fone: 19 3211-5750
e-mail: silvia@cnptia.embrapa.br

Apresentação

O sistema FuzzyGen é um ambiente interativo para a construção de sistemas de inferência, que se utiliza de conceitos de lógica nebulosa (Difusa ou *Fuzzy*) e padrões definidos pela IEC (*INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION*) para descrição e intercâmbio desse tipo de sistema.

Este documento tem por objetivo orientar o usuário do sistema FuzzyGen no procedimento para sua utilização, visando obter resultados corretos com menor esforço.

Através do FuzzyGen, é possível a criação de sistemas especialistas para uso na solução dos mais diversos problemas, que podem ser embutidos em aplicações externas ou utilizados por outras ferramentas de lógica nebulosa.

O documento aborda ambos os processos contemplados no sistema, que são a descrição e geração do sistema no padrão FCL (*Fuzzy Control Language*) e a inferência de resultados do sistema gerado.

Kleber Xavier Sampaio de Souza

Chefe-Geral

Embrapa Informática Agropecuária

Sumário

Introdução	9
Construção do Modelo	11
Fase de Inferência	18
Referências	20

Sistema FuzzyGen: manual do usuário

Helano Póvoas de Lima

Silvia Maria Fonseca da Silveira Massruhá

Introdução

O FuzzyGen é um sistema genérico para a construção de sistemas de inferência que se utiliza de lógica nebulosa.

O sistema é distribuído como software livre e tem como proposta ser uma alternativa para soluções proprietárias de alto custo e pouca flexibilidade existentes no mercado.

Esse software possui a característica de ser capaz de gerar um sistema especialista. É pressuposto que o usuário possua um conhecimento geral sobre os conceitos de lógica nebulosa, embora nenhum conhecimento técnico sobre programação de computadores seja requerido.

Além da construção do sistema especialista, é possível gravar a descrição do sistema em padrão predefinido para o intercâmbio e aplicá-lo em ferramentas proprietárias como o *Fuzzy Logic Toolbox* do *Matlab*TM.

De posse do sistema gerado, também é possível fornecer valores para as variáveis de entrada e inferir o resultado das variáveis de saída e gerar texto explicativo desse processo e gráficos das variáveis.

Para a construção de um sistema no FuzzyGen, é preciso definir cada elemento que compõe um sistema de inferência nebuloso. São eles:

1 **Nome do modelo;**

2 **Variáveis de entrada:** aqui são definidas as variáveis de entrada, sendo cada uma composta por:

- Nome;
- Termos linguísticos que a descrevem (Ex: Bom, Razoável, Ruim, ...), contendo:
 - Função que descreve a pertinência;
 - Valores do intervalo;

3 **Variáveis de saída:** aqui são definidas as variáveis de saída, sendo cada uma composta por:

- Nome;
- Termos linguísticos que a descrevem (Ex: Bom, Razoável, Ruim, ...), contendo:
 - Função que descreve a pertinência;
 - Valores do intervalo;
- Método de agregação;
- Método de implicação (Acumulador);
- Valor padrão (opcional);
- Intervalo geral (opcional);

4 **Conjunto de regras:** aqui são definidas as regras que descrevem a lógica da relação entre as variáveis de entrada e de saída na forma: Se “*variável de entrada*” é “*termo linguístico*” Então “*variável de saída*” é “*termo linguístico*” (ex: Se tempo é ruim então viajar é perigoso).

5. **Método de ativação das regras;**

6. **Operador das regras.**

O sistema está organizado em três abas sequenciais: a primeira, Modelagem, é onde se define o modelo, conforme descrito acima; a segunda é a de inferência, sendo possível alimentar valores para as variáveis de entrada e inferir as variáveis de saída; e a terceira, Gráfico, mostra os gráficos das variáveis, resultantes da inferência.

Construção do Modelo

Para utilizar o FuzzyGen, é necessário possuir uma máquina virtual Java instalada no computador. A mesma pode ser baixada diretamente do site do fabricante no endereço: http://www.java.com/pt_BR/download/

Para iniciar o sistema, basta um duplo clique no arquivo FuzzyGen.jar. Caso o sistema não inicie, utilize a seguinte instrução na linha de comando (no mesmo diretório do arquivo):

```
> java -jar FuzzyGen.jar
```

Será mostrada então a tela inicial do sistema (Figura 1). Para efeito ilustrativo, será abordado um problema exemplo clássico: “Baseado na qualidade da comida e do serviço, quanto deve ser a gorjeta?”

Clique no botão “*Construir novo modelo*”.



Figura 1. Tela inicial.

Será então mostrada a aba de modelagem, onde construiremos o modelo.



Figura 2. Aba “Modelagem”.

Preencha um *nome* para o modelo e clique no botão *adicionar* na seção *variáveis de entrada*. Será então mostrada a tela para descrição da variável.

Assim que uma variável for descrita, ela aparecerá na listagem *variáveis de entrada* (Figura 3). É possível removê-la, bastando, para isso, selecioná-la na listagem e clicar no botão *remover*.

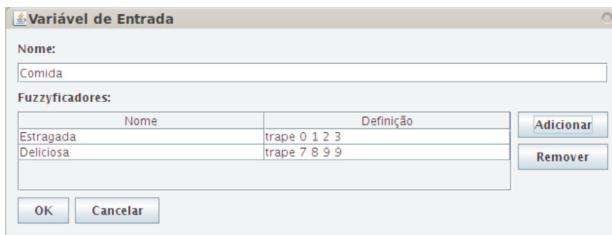


Figura 3. Tela para descrição de variável de entrada.

Preencha o *nome* da variável e em seguida adicione um termo linguístico para ela, clicando *adicionar*. Será então mostrada a tela para descrição do termo.

Assim que um termo for descrito, ele aparecerá na listagem *fuzzyficadores*. É possível removê-lo, bastando, para isso, selecioná-lo na listagem e clicar no botão *remover*.

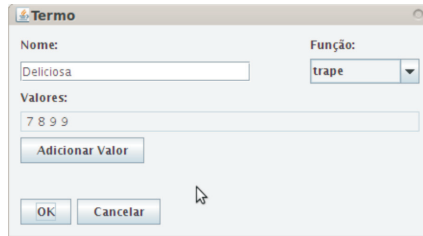


Figura 4. Tela para descrição de termo linguístico.

Preencha o *nome* do termo, selecione a *função* de pertinência na caixa ao lado e em seguida clique no botão *adicionar valor* para indicar os valores que irão compor o intervalo desse termo. Será então mostrada uma sequência de telas solicitando tais valores.

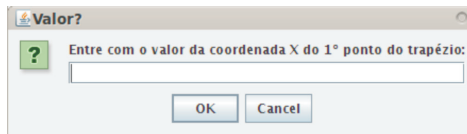


Figura 5. Tela para informar valor de ponto do intervalo.

Repita os passos descritos acima para quantas forem as variáveis de entrada do sistema, bem como seus termos linguísticos.

O próximo passo é descrever as variáveis de saída do sistema, Para isso, clique no botão *adicionar* na seção *variáveis de saída*. Será então mostrada a tela para descrição da variável.

Assim que uma variável for descrita, ela aparecerá na listagem *variáveis de saída* (Figura 2). É possível removê-la, bastando, para isso, selecioná-la na listagem e clicar no botão *remover*.

Variável de Saída

Nome:

Defuzzyficadores:

Nome	Definição
Barata	trape 0 5 5 10
Razoavel	trape 10 15 15 20
Generosa	trape 20 25 25 30

Método:

Método: Acumulador: Valor Padrão: Nenhum Literal Intervalo: à

Figura 6. Tela para descrição de variável de saída.

Preencha o *nome* da variável e em seguida adicione um termo linguístico para esta variável clicando *adicionar*. Será então mostrada a tela para descrição do termo.

Assim que um termo for descrito, ele aparecerá na listagem *defuzzyficadores*. É possível removê-lo, bastando, para isso, selecioná-lo na listagem e clicar no botão *remover*.

Termo

Nome: Função:

Valores:

Figura 7. Tela para descrição de termo linguístico.

Preencha o *nome* do termo, selecione a *função* de pertinência na caixa ao lado e em seguida clique no botão *adicionar valor* para indicar os valores que irão compor o intervalo deste termo. Será então mostrada uma sequência de telas solicitando tais valores.

Ainda na tela de variáveis de saída (Figura 6), é necessário indicar, através de seleção nas respectivas caixas, o *método* de agregação e o método de implicação (*acumulador*). Caso não saiba o que escolher, deixe o valor padrão, que é o que geralmente obtém o melhor resultado.

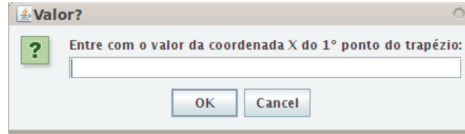


Figura 8. Tela para informar valor de ponto do intervalo.

Opcionalmente ainda podem ser indicados um valor padrão e um intervalo geral. Novamente, caso não saiba ou não seja necessário, deixe o padrão.

Repita os passos descritos acima para quantas forem as variáveis de saída do sistema, bem como seus termos linguísticos.

A seguir, é necessário descrever as regras que demonstram a lógica da relação entre as variáveis de entrada e de saída, para isso, clique no botão *adicionar* na seção *conjunto de regras*. Será então mostrada a tela para descrição da regra.

Assim que uma regra for descrita, ela aparecerá na listagem *conjunto de regras* (Figura 2). É possível removê-la, bastando, para isso, selecioná-la na listagem e clicar no botão *remover*.

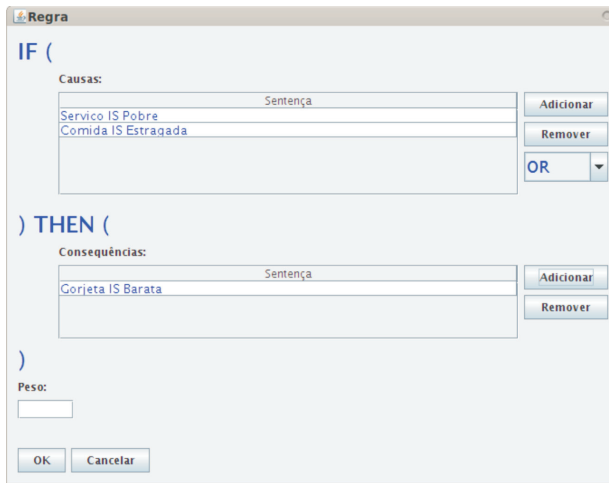


Figura 9. Tela para descrição de regra.

Uma regra é descrita por uma (ou mais) causa e uma (ou mais) consequência, na forma: Se (*if*) “*variável de entrada*” é (*is*) “*termo linguístico*” Então (*then*) “*variável de saída*” é (*is*) “*termo linguístico*”.

Para adicionar uma causa, clique no botão *adicionar* na seção *causas*. Será então mostrada a tela para escolha da sentença.

Assim que uma causa for descrita, ela aparecerá na listagem *causas* (Figura 9). É possível removê-la, bastando, para isso, selecioná-la na listagem e clicar no botão *remover*.



Figura 10. Tela para escolha de sentença de causa.

Além da escolha das sentenças que comporão as causas, é preciso informar como as sentenças se relacionam, escolhendo um operador lógico na caixa imediatamente abaixo do botão *remover*.

Em seguida deve-se descrever as consequências. Para adicionar uma consequência, clique no botão *adicionar* na seção *consequências*. Será então mostrada a tela para escolha da sentença.

Assim que uma consequência for descrita, ela aparecerá na listagem *consequências* conforme Figura 9. É possível removê-la, bastando, para isso, selecioná-la na listagem e clicar no botão *remover*.



Figura 11. Tela para escolha de sentença de consequência.

Opcionalmente, pode-se atribuir um peso para cada regra (entre 0 e 1) pelo preenchimento do campo *peso*, para que este seja levado em conta na inferência.

Retornando à tela inicial (aba modelo), ainda existe a opção de modificar o *método de ativação* e o *operador de defuzzyficação* das regras, com a seleção dos valores nas caixas localizados abaixo do conjunto de regras.

A mesma máxima já mencionada é válida aqui. Caso não saiba o que preencher, deixe no valor padrão.

Finalmente, após todo esse processo, o modelo está construído e pode-se avançar à fase de inferência clicando-se no botão *continuar*, então a aplicação será levada à aba seguinte (inferência).

Entretanto, é indicado neste ponto, antes de prosseguir, que se grave o modelo para um uso posterior, pois toda a informação fornecida encontra-se somente armazenada na memória do computador. Para isso, clique no botão gerar arquivo e escolha, no diálogo seguinte, um nome e caminho para esse arquivo a ser gravado.

Fase de Inferência

Na aba Inferência, é possível carregar um arquivo de modelo previamente gravado. Basta indicar o seu caminho na caixa de texto ou visualizar o sistema de arquivos através do botão “...” que, em seguida, abrirá um diálogo para seleção e, finalmente, deve-se clicar no botão *carregar*. Esse passo será desnecessário se houver modelo em memória e o botão *continuar*, na tela anterior, tiver sido clicado. É possível gerar imagens em disco dos gráficos gerados pelo mecanismo de inferência, ao marcar a caixa “Gerar arquivos de imagem dos gráficos”.

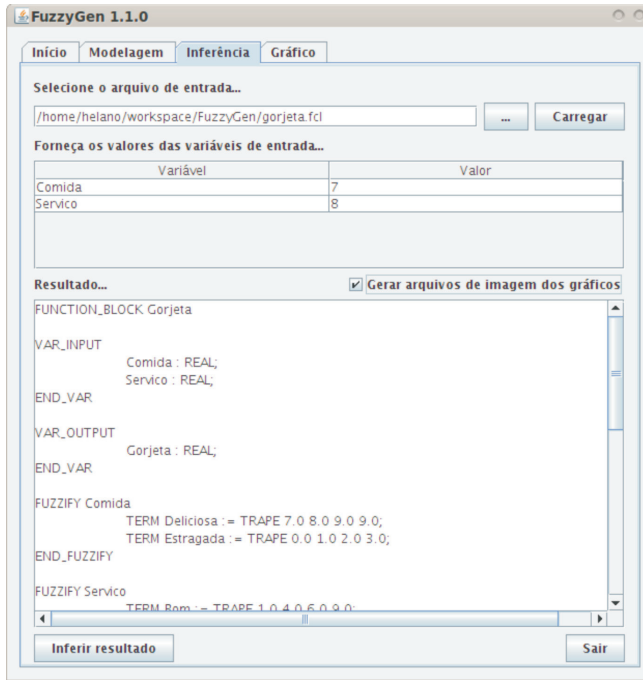


Figura 12. Tela para inferência de modelo.

Será mostrada, então, uma listagem de variáveis de entrada que deverão ter seus valores fornecido diretamente na tabela, no campo *valor*. Lembre-se que esses valores de entrada devem ter sido contemplados em algum dos intervalos dos termos da referida variável, caso contrário, haverá falha na inferência.

Com todos os valores devidamente preenchidos, para acionar o mecanismo de inferência, basta clicar no botão *inferir resultado*. Será então mostrado o modelo construído na caixa de texto de *resultado*.

Existe ainda a opção de gerar um arquivo de imagem para cada variável do modelo, para uso posterior. Faz-se isso marcando a opção *gerar arquivos de imagens dos gráficos*. Esses arquivos serão gravados no mesmo diretório de onde carregou-se o modelo.

Para a visualização dos gráficos dos intervalos dos termos das variáveis de entrada, dos gráficos dos intervalos resultantes da defuzzyficação das variáveis de saída, bem como dos respectivos valores de saída, deve-se selecionar a aba *gráfico*. Serão então mostrados os gráficos, conforme os exemplos a seguir:

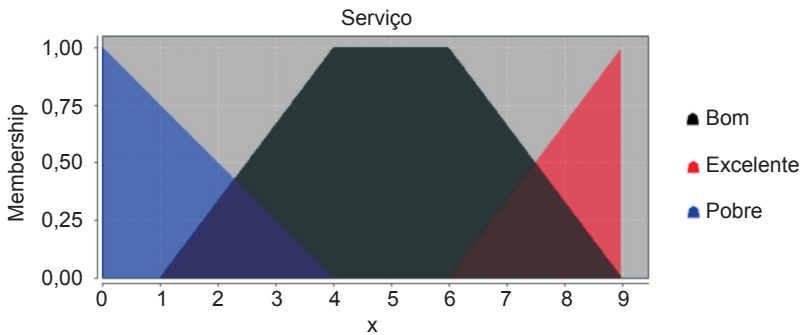


Figura 13. Exemplo de gráfico de variável de entrada.

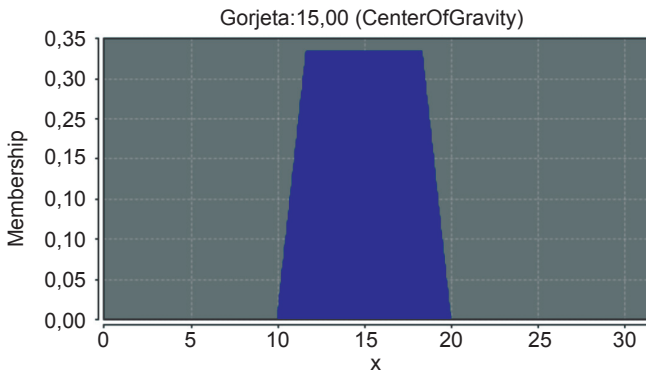


Figura 14. Exemplo de gráfico de variável de saída.

Podemos observar, na figura acima que o valor de saída inferido pelo sistema para uma variável de saída é mostrado junto ao seu nome no cabeçalho do gráfico.

Bom trabalho!

Referências

ZADEH, L. A. Fuzzy Sets. Information and Control, v.8. p.338-353, 1965.

THE MATHWORKS INC. Fuzzy Logic Toolbox® User's Guide. 1995. Disponível em: <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/pdf_doc/fuzzy/fuzzy.pdf>. Acesso em jan. 2008.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC 1131 - Programmable Controllers , Part 7 - Fuzzy Control Programming , 1997. Disponível em: <<http://www.fuzzytech.com/binaries/ieccd1.pdf>>. Acesso em fev. 2008.



Informática Agropecuária

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

