

MSX Article

MARMSX

*Reconhecimento
das cores do MSX
por Lógica Fuzzy*

Resumo

O objetivo deste artigo é demonstrar como é possível reconhecer as cores nativas do MSX 1 a partir de imagens de 24 bits do PC.

1- Introdução

A redução do número de cores de uma imagem de 16 milhões de cores do PC para as cores nativas do MSX é uma tarefa delicada, pois consiste em adaptar as cores originais da imagem para uma das 15 cores do MSX.

Uma técnica empregada para isso é a da quantização através da Distância Euclidiana [1], que nem sempre fornece os melhores resultados. Dessa forma, o principal objetivo dessa pesquisa é a utilização de técnicas de inteligência artificial, de forma a auxiliar o reconhecimento das cores do MSX em imagens digitais do PC em busca de melhores resultados.

2- Lógica Fuzzy

A Lógica Booleana ou tradicional admite somente os valores 0 ou 1 (falso ou verdadeiro). Apesar de ser largamente utilizada na ciência, ela apresenta problemas para o tratamento de incertezas, como por exemplo, a altura de um indivíduo. Por exemplo, a figura 1a apresenta um gráfico que representa o conjunto de indivíduos altos, no qual começa a partir de 1,80 m de altura. Assim, uma pessoa com 1,79 m seria considerada não-alta e outra com 1,80 seria considerada alta.

Diferente da lógica tradicional, a Lógica Fuzzy ou difusa admite valores reais entre 0 e 1 como um grau de pertinência a um determinado conjunto, segundo um dado valor de entrada. A figura 1b apresenta um conjunto fuzzy de indivíduos altos. Observe, que para a altura de 1,80 m, o indivíduo possui grau de pertinência ao conjunto *alto* de 0,5.

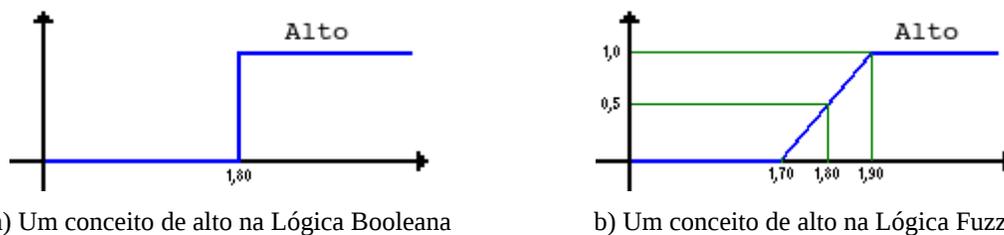


Figura 1. Diferença entre a Lógica Booleana e a Lógica Fuzzy.

Analisando o gráfico da figura 1b, concluímos que indivíduos com altura inferior a 1,70 possuem grau de pertinência ao conjunto *alto* igual a 0, enquanto que aqueles com mais de 1,90 possuem grau de pertinência igual a 1. Entre 1,70 e 1,90, há um grau de pertinência variando de 0 a 1.

2.1- Termos Fuzzy

Ao longo de nossas vidas, utilizamos termos fuzzy sem nos perceber, tais como [3]:

- A água está *quente*.
- Aquele homem é *baixo*.
- O carro é *veloz*.
- A economia está *estável*.

Os termos destacados em itálico não são precisos, sendo difíceis de serem tratados na lógica tradicional.

2.2- Conjuntos Fuzzy

Na teoria clássica, os conjuntos são denominados “crisp” e um determinado elemento pertence ou não pertence ao conjunto. Na teoria dos conjuntos fuzzy, um elemento possui grau de pertinência a um determinado conjunto.

O conjunto fuzzy pode ser representado por uma função qualquer que varie o grau de pertinência entre 0 e 1. A esta função dá-se o nome de função de pertinência. A figura 2 apresenta alguns tipos de funções de pertinência.

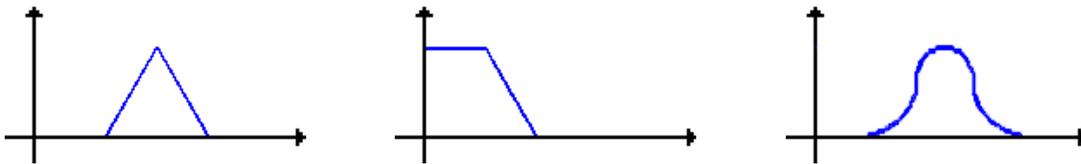


Figura 2. Funções de pertinência.

A variável lingüística é uma variável cujos valores são nomes de conjuntos fuzzy. Na figura 3, há dois conjuntos fuzzy *baixo* e *alto*, onde a variável lingüística é a *altura*.

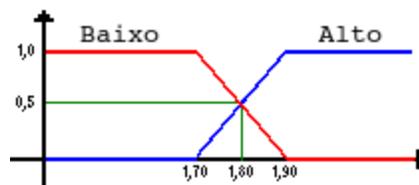


Figura 3. Conjuntos fuzzy *baixo* e *alto* para a variável *altura*.

2.3- Aplicações dos conceitos fuzzy

A Lógica Fuzzy é empregada na indústria, geralmente associada a controladores. Um bom exemplo disso são as máquinas de lavar que utilizam controladores fuzzy para verificar o peso, tipo de tecido e sensores de sujeira, determinando automaticamente os ciclos de lavagem para o uso otimizado de potência, água e detergente [2].

Na área da Cartografia, a Lógica Fuzzy é geralmente empregada para a classificação temática de mapas.

2.4- O Sistema Fuzzy

O Sistema Fuzzy é um sistema não-linear de mapeamento de um vetor de entrada em uma saída escalar, capaz de incorporar tanto o conhecimento objetivo quanto o conhecimento subjetivo. A figura 4 apresenta o Sistema Fuzzy completo.

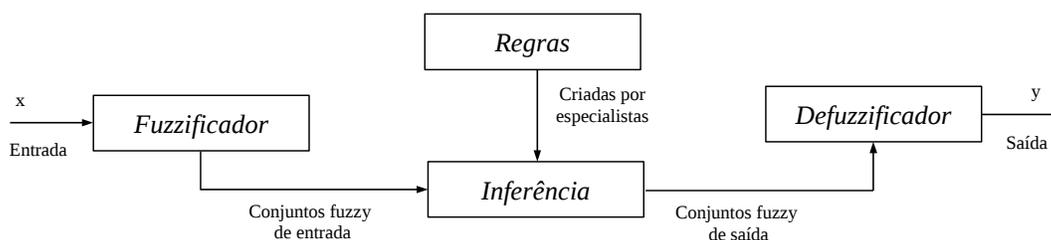


Figura 4. O sistema Fuzzy completo.

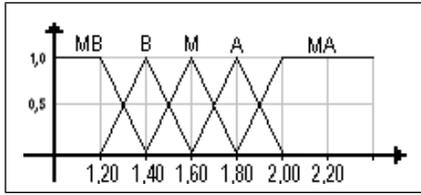
Um Sistema Fuzzy possui N variáveis de entrada, onde a cada uma delas estão associados conjuntos fuzzy. O fuzzificador tem como objetivo receber valores precisos das variáveis de entrada e determinar o grau de pertinência de cada conjunto fuzzy. Por exemplo, para a variável *altura* da figura 3, uma pessoa com 1,85 metros de altura seria ao mesmo tempo *baixa*, com grau de pertinência igual a 0,25, e *alta*, com grau de pertinência igual a 0,75.

De forma a entender os conceitos seguintes, será formulada a máquina fuzzy de exemplo, com as variáveis de entrada *altura* e *peso* e a variável de saída *físico*. Além disso, serão utilizados quantificadores aos nomes dos conjuntos fuzzy, como muito, pouco etc. Assim, temos:

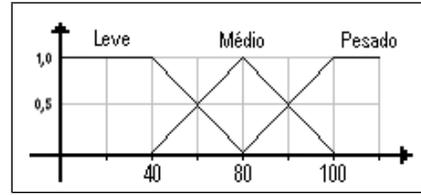
| Variável | Conjuntos Fuzzy |
|----------|---|
| altura | muito baixo, baixo, mediano, alto e muito alto. |
| peso | leve, médio e pesado. |
| físico | muito magro, magro, normal, gordo e muito gordo |

O número de conjuntos fuzzy depende de como o especialista achar que deva dividir o universo de discurso.

A figura 5 apresenta as variáveis de entrada do sistema do exemplo e seus respectivos conjuntos fuzzy.



a) altura



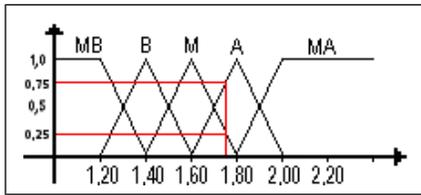
b) peso

Figura 5. Conjuntos fuzzy do sistema de exemplo.

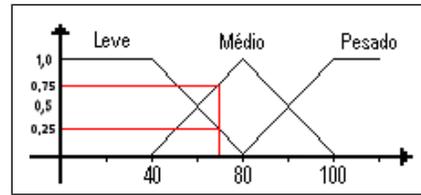
Para esse sistema, suponha uma altura de 1,75 e um peso de 70 quilos. Para cada entrada, o fuzzificador irá obter os seguintes graus de pertinência para os conjuntos fuzzy:

| Variável de entrada | Conjuntos Fuzzy | | | | |
|---------------------|----------------------|----------------|------------------|---------------|---------------------|
| altura | muito baixo | baixo | mediano | alto | muito alto |
| | 0 | 0 | 0,25 | 0,75 | 0 |
| peso | leve | | médio | | pesado |
| | 0,25 | | 0,75 | | 0 |

A figura 6 ilustra como os conjuntos fuzzy são avaliados.



a) altura



b) peso

Figura 6. Fuzzificador

Observe na figura 6a, que a linha vermelha, correspondente a *altura* igual a 1,75, intercepta os conjuntos fuzzy *mediano* e *alto*, com os graus de pertinência igual a 0,25 e 0,75, respectivamente. Para o *peso*, a linha vermelha, correspondente ao valor igual a 75 Kg, intercepta os conjuntos fuzzy *leve* em 0,25 e *médio* em 0,75.

Para cada variável de entrada, será escolhido o conjunto fuzzy que tiver o maior grau de pertinência. No exemplo, o conjunto *alto* é o vencedor para *altura* e *médio* é o vencedor para *peso*.

O próximo passo do Sistema Fuzzy é a inferência das regras. O conjunto de regras define que decisão tomar, de acordo com a combinação dos conjuntos fuzzy de entrada vencedores. Elas são expressas como implicações lógicas, como por exemplo, se x_1 é *A* e x_2 é *B*, então y é *C*. Em outras palavras, as regras determinam qual é o conjunto fuzzy de saída, de acordo com os conjuntos fuzzy de entrada.

No exemplo utilizado, a variável de saída *físico* possui cinco conjuntos fuzzy: *muito magro*, *magro*, *normal*, *gordo* e *muito gordo*. A tabela 1 apresenta as regras para o sistema fuzzy do exemplo.

| Altura ↓ | Peso → | Leve | Médio | Pesado |
|-------------|--------|-------------|--------|-------------|
| Muito baixo | | Magro | Gordo | Muito Gordo |
| Baixo | | Magro | Gordo | Muito gordo |
| Mediano | | Magro | Normal | Gordo |
| Alto | | Muito magro | Magro | Gordo |
| Muito alto | | Muito magro | Magro | Gordo |

Tabela 1. Regras criadas para o exemplo.

As regras são criadas por um especialista, de acordo com a sua experiência.

O número total de regras é o produto do número de conjuntos fuzzy de cada entrada. Assim, para o exemplo temos:

$$\text{num_regras} = 5 \times 3 = 15$$

Por exemplo, de acordo com a tabela 1, o conjunto fuzzy *alto* da variável de entrada *altura*, combinado com o conjunto *médio* de *peso*, corresponde ao conjunto fuzzy *magro* da variável de saída *físico*. Essa regra está marcada na tabela com a cor azul.

Até esse ponto, o Sistema Fuzzy funciona como um classificador. A partir das informações de entrada *peso* e *altura*, é possível determinar o *físico* de uma pessoa.

O defuzzificador tem como objetivo determinar um valor de saída preciso para classificação encontrada. Ele é importante para sistemas de controle, entretanto, ele é irrelevante para o classificador fuzzy utilizado no MSX.

3- O Classificador Fuzzy para o MSX

Uma vez compreendido o conceito de Lógica Fuzzy, será apresentado o classificador fuzzy criado inicialmente no projeto A.I. [4] e atualmente presente no projeto MSX Viewer 5 [5].

As entradas do Sistema Fuzzy são as componentes de cor vermelho, verde e azul de uma imagem, onde o universo de discurso de cada uma varia de 0 a 255. Os conjuntos fuzzy de cada entrada possuem os seguintes nomes: *cor nula* (CN), *cor escura* (CE), *cor média* (CM), *cor clara* (CC) e *cor máxima* (CX). A figura 7 apresenta os conjuntos fuzzy de entrada.

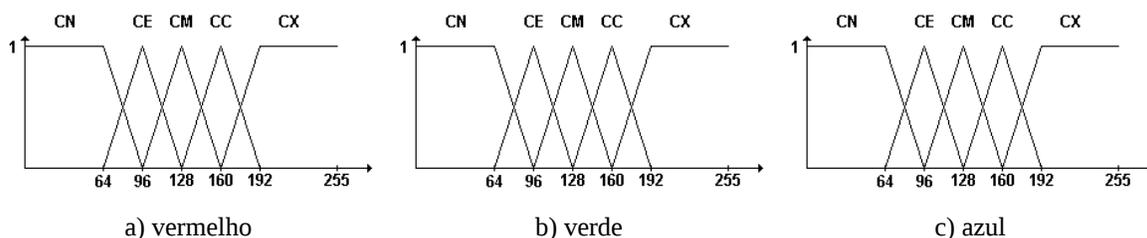


Figura 7. Conjuntos fuzzy utilizados no classificador.

O total de regras para as três entradas são:

$$\text{num_regras} = 5 \times 5 \times 5 = 125$$

De modo a auxiliar o estabelecimento das regras, foi criado um programa (figura 8) para gerar uma cor a partir da combinação de cada conjunto fuzzy de entrada. Os valores utilizados para representar cada conjunto na geração das cores foram: CN=0, CE=96, CM=128, CC=160 e CX=255.

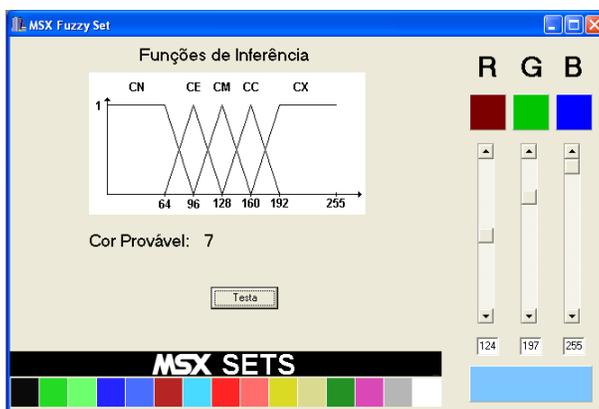


Figura 8. Programa para criação das regras.

Conforme pode ser visto na figura 8, a cor do retângulo à direita e embaixo é gerada pela combinação das componentes RGB controladas pelos *sliders* logo acima desse retângulo. Então, compara-se a cor gerada com uma das cores da paleta do MSX, colocadas à esquerda desse retângulo, anotando-se a regra. As 125 regras obtidas estão na tabela 2.

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| CN | CN | CE | CM | CC | CX |
| CN | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 |
| CE | 12 | 12 | 5 | 5 | 5 |
| CM | 12 | 12 | 12 | 5 | 5 |
| CC | 12 | 12 | 12 | 7 | 7 |
| CX | 2 | 2 | 3 | 3 | 7 |
| CE | CN | CE | CM | CC | CX |
| CN | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 |
| CE | 12 | 14 | 14 | 4 | 4 |
| CM | 12 | 12 | 14 | 5 | 5 |
| CC | 12 | 12 | 2 | 7 | 7 |
| CX | 2 | 3 | 3 | 3 | 7 |
| CM | CN | CE | CM | CC | CX |
| CN | 6 | 13 | 13 | 4 | 4 |
| CE | 6 | 14 | 14 | 5 | 5 |
| CM | 12 | 14 | 14 | 4 | 5 |
| CC | 2 | 2 | 14 | 14 | 7 |
| CX | 2 | 3 | 3 | 3 | 7 |
| CC | CN | CE | CM | CC | CX |
| CN | 6 | 6 | 13 | 13 | 5 |
| CE | 6 | 9 | 13 | 13 | 5 |
| CM | 11 | 11 | 14 | 13 | 5 |
| CC | 11 | 11 | 14 | 14 | 5 |
| CX | 3 | 3 | 3 | 3 | 7 |
| CX | CN | CE | CM | CC | CX |
| CN | 8 | 8 | 13 | 13 | 13 |
| CE | 8 | 9 | 9 | 9 | 13 |
| CM | 8 | 9 | 9 | 9 | 13 |
| CC | 10 | 9 | 9 | 9 | 13 |
| CX | 10 | 10 | 10 | 11 | 15 |

Tabela 2. Regras para o classificador fuzzy do MSX.

As cores de cada conjunto fuzzy na tabela representam a variável de entrada correspondente: vermelho, verde e azul. Assim, cada quadro da tabela representa um conjunto fuzzy do vermelho, as linhas de cada quadro os conjuntos fuzzy do verde e as colunas de cada quadro os conjuntos fuzzy do azul. Os valores de cada regra criada correspondem ao índice da cor nativa do MSX.

4- Resultados

O MSX Viewer 5 foi utilizado nas experiências, no qual foram geradas imagens com as 15 cores nativas do MSX através de duas abordagens: quantização através de Distância Euclidiana e Lógica Fuzzy. A tabela 3 apresenta os resultados.

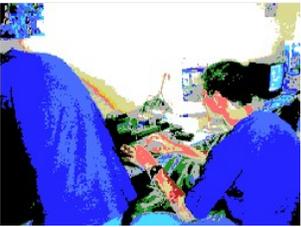
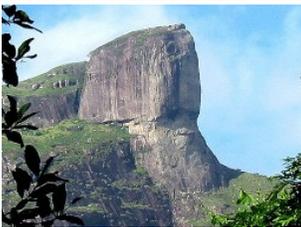
| Original | Distância Euclidiana | Fuzzy |
|---|---|---|
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

Tabela 3. Resultados obtidos para o classificador fuzzy.

5- Créditos e referências

O artigo foi escrito por Marcelo Teixeira Silveira, Engenheiro de Sistemas e computação, formado pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Escrito em: Setembro de 2004

Revisado em: Julho de 2017 e Maio de 2018

E-mail: flamar98@hotmail.com

Homepage: <http://marmsx.msxall.com>

Referências:

[1] – Error Diffusion, artigo de Marcelo Siveira, em <http://marmsx.msxall.com>.

[2] – Revista Eletrônica de Sistemas de Informação e Gestão de Tecnologia, vol 1, número 1 de 2011.

[3] – Klir, Yuan e Clair. Fuzzy Set Theory: Foundations and Applications. Ed. Prentice Hall 1997.

[4] – Projeto A.I., Marcelo Silveira, MarMSX Development, em <http://marmsx.msxall.com>.

[5] – MSX Viewer 5, Marcelo Silveira, MarMSX Development, em <http://marmsx.msxall.com>.