

## A CALIBRAÇÃO DE PARÂMETROS PARA UM SISTEMA DE RECONHECIMENTO

Eng. Thomas de Araujo Buck  
 Prof. Dr. Márcio Luiz de Andrade Netto

UNICAMP - FEE - DCA  
 Cidade Universitária Zeferino Vaz  
 Caixa Postal 6101  
 13081 Campinas - SP

### RESUMO

Para o reconhecimento *preciso* de padrões, os algoritmos de reconhecimento devem possuir parâmetros adequados que otimizem o número de imagens corretamente classificadas. Este artigo mostra como fazer a *calibração* de um sistema de reconhecimento que utiliza técnicas de Lógica Nebulosa.

### 1. INTRODUÇÃO

A área de reconhecimento de padrões em imagens bidimensionais visa a interpretação dos pixels que a formam, em busca de formas determinadas comumente denominadas de *padrões*. Extraíndo-se das imagens algumas características importantes que tenham poder de discriminação, estas são analisadas e é escolhido o melhor dos resultados da comparação com cada classe à qual a imagem poderá ser classificada. O sistema de reconhecimento de padrões implementado consiste de duas etapas: (1) a *extração* das primitivas para utilização no processo de reconhecimento, e (2) a *análise* estrutural das primitivas extraídas. Apenas o primeiro item será tratado no presente trabalho.

### 2. APLICAÇÃO DA LÓGICA NEBULOSA EM RECONHECIMENTO DE PADRÕES

Como definida originalmente por Zadeh [4], a lógica nebulosa trata do raciocínio incerto ou aproximado. Para o caso de reconhecimento de padrões aplica-se às incertezas nas definições de cada classe de padrões, às semelhanças entre diversos tipos de aparência do mesmo padrão, etc. Como exemplos, no primeiro caso basta notar a incerteza que existe nas definições das fronteiras dos caracteres O, D e Q e no segundo caso note-se a variedade de letras A existentes, desde as tipográficas até as manuscritas.

Chatterji [3] formulou algumas características baseadas no conceito de distância Euclideana (*nebulosa*) para obter uma equação nebulosa que representasse a distância entre duas imagens através do conceito de *proximidade*. Este conceito é uma relação de similaridade nebulosa, onde X é o conjunto de imagens das diversas classes de padrões, Y representa o conjunto de imagens a serem analisadas e  $\psi$  é a quantidade de características, dadas pelas expressões a seguir, caracterizadas por uma *relação nebulosa*:

$$\tilde{R} = \left\{ (X_i, Y_j) / \mu_{\tilde{R}}(X_i, Y_j) \right\}, \text{ onde}$$

$$\mu_{\bar{X}}(X_i, Y_j) = 1 - \frac{1}{\text{fator}} \cdot \sqrt{\sum_{k=1}^{\psi} [\text{PAD}_i^k - \text{IMG}_j^k]^2}$$

É possível provar que esta relação nebulosa é reflexiva, simétrica e transitiva, ou seja, é de equivalência. Maiores detalhes podem ser obtidos em Buck [2].

### 3. CASAMENTO COM GABARITO NEBULOSO

A fase de extração é feita por meio de uma máscara para casamento com gabarito nebuloso, mostrada na figura 1, que foi utilizada com o seguinte critério:

- utilizou-se a máscara com 38 primitivas especiais, que simulam todas as letras maiúsculas do alfabeto. Na fase de experimentação viu-se que, dentro de um certo limite de tolerância para a qualidade das imagens, o sistema apresenta, para  $\psi=38$ , 100% de eficiência em acertos e 0% em erros e/ou rejeições, conforme observações de Buck [1].

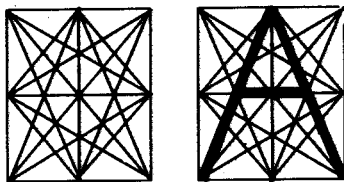


Figura 1 - Máscaras Nebulosas

Pode-se fazer uma abstração das máscaras nebulosas e interpretar o índice de presença de pixels em cada uma das  $\psi$  primitivas como o grau de existência das primitivas. Por exemplo, se o índice for de 50 %, diz-se que a primitiva existe "um pouco", e assim por diante. O motivo da escolha desta máscara deve-se ao fato de que as primitivas que se encontram na máscara são extremamente úteis no reconhecimento de determinadas letras que possuem apenas retas, tais como as letras A, L, I, etc, e relativamente úteis para o caso de caracteres alfanuméricos curvos, como S, B, O, etc.

### 4. CALIBRAÇÃO

A calibração do sistema objetiva a elevação do índice de reconhecimento, através da variação dos parâmetros de entrada do sistema, conforme a figura 2 a seguir. A calibração tem a intenção de tornar o sistema o mais especializado possível para uma determinada aplicação, tornando-o capaz de realizar a tarefa de reconhecer caracteres alfanuméricos bastante específicos, tornando o sistema poderoso e confiável.

Na fase de experimentação do sistema, foram levantados 2 gráficos, ilustrados nas figuras 3 e 4, que mostra para o limiar de 0,75 e 0,90 da lógica nebulosa, a quantidade de acertos, erros e rejeições das imagens quando as porcentagens de presença de pixels das  $\psi$  primitivas poligonais são 66, 71, 76, 81, 86 e 91 %.

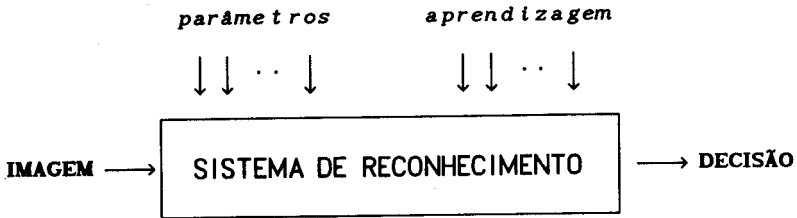


Figura 2 - Configuração final

Para o gráfico de 0,75, pode-se ver que a região ótima de trabalho é bastante ampla, variando de 66 até 86 %, enquanto que no gráfico de 0,90, o melhor ponto de trabalho ocorre com 66 %, pois o número de erros é nulo e o de rejeição é mínimo. Como resultado do processo de calibração, passam a ocorrer mais rejeições de imagens do que erros, o que pode ser considerado vantajoso.

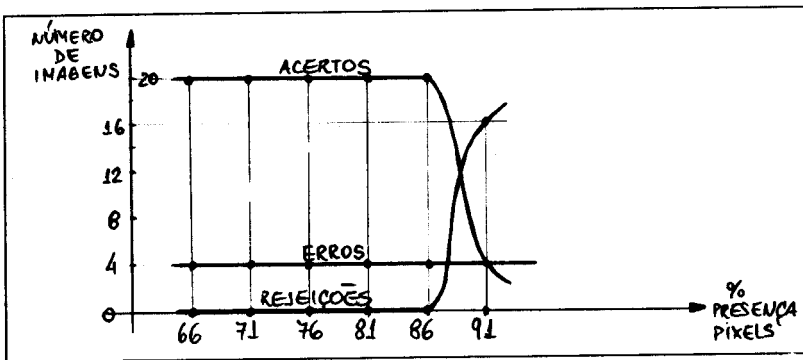


Figura 3 - Gráfico de calibração para 0.75

## 5. CONCLUSÕES

Após experiências com a utilização da equação de Chatterji como forma de análise, viu-se que é possível a utilização com sucesso da lógica nebulosa para o problema da decisão na área de reconhecimento de padrões. Nestes experimentos foram utilizadas 38 primitivas para se alcançar a discriminação das diversas classes de padrões, porém pode-se conseguir esta mesma capacidade com um número menor de características, a depender da máscara nebulosa usada no reconhecimento.

Ao se fazer o gráfico de calibração para todos os limiares mínimos que se queira, notar-se-á que os resultados dos comportamentos terão diferenças entre si, levando à conclusão que a escolha final fica a cargo do usuário do sistema de reconhecimento de padrões.

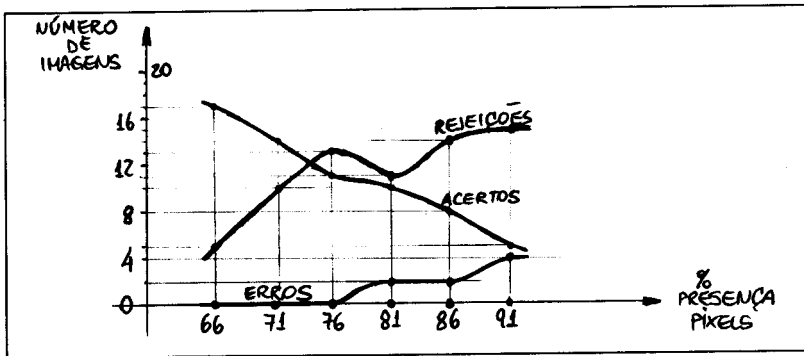


Figura 4 - Gráfico de calibração para 0.90

## BIBLIOGRAFIA

- [1] BUCK, T.; *O Uso de Lógica Nebulosa em Reconhecimento de Padrões*; Summer Workshop Aspectos Matemáticos de Visão Computacional e Processamento de Imagens; IMPA, Rio de Janeiro RJ, 24 de Janeiro de 1990
- [2] BUCK, T.; *Reconhecimento de Caracteres Alfanuméricos, Através de Técnicas de Lógica Nebulosa*; Tese de Mestrado, DCA - FEE - UNICAMP, 26 de Janeiro de 1990
- [3] CHATTERJI, B. N.; *Character Recognition using Fuzzy Similarity Relations*; Approximate Reasoning in Decision Analysis, Madam M. Gupta e E. Sanchez; Amsterdam, New York, Oxford, 1982, páginas 131 até 138
- [4] ZADEH, L. A.; *Fuzzy Sets*; Information and Control, Vol. 8, 1965, páginas 338 até 353

COMUNICAÇÕES TÉCNICAS