

L. F. J. Maia - IFGW/UNICAMP

P. C. Bezerra - DEE-FEC/UNICAMP

SUMÁRIO

O trabalho propõe um método de reconhecimento de conceitos a partir de observações. Os conceitos são representados em um espaço conceitual, cujas coordenadas são parâmetros de livre definição pelo usuário. Cada conceito é caracterizado como uma região difusa no espaço conceitual; o conjunto de conceitos assim caracterizados se constitui em uma base de conhecimentos, e um processador de similaridade mede os graus de pertinência de cada observação aos conceitos presentes na base de conhecimentos.

O sistema forma a base de um projeto de pesquisa em desenvolvimento na Unicamp. Um protótipo foi implementado em um VAX-11/780, e uma versão operacional encontra-se em desenvolvimento para operar em micro-computador.

ABSTRACT

The paper proposes a method of concept recognition from observations. The concepts are represented in a conceptual space whose coordinates are parameters of free definition by the user. Each concept is characterized as a fuzzy region in the conceptual space; the set of concepts thus characterized forms a knowledge base, and a similarity processor measures the membership degrees of a given observation to the concepts in the knowledge base.

The system is a research project in development at Unicamp. A prototype was implemented in a VAX-11/780 and an operational version is being developed to operate in a micro-computer.

Universidade Estadual de Campinas

Cidade Universitária "Zeferino Vaz" - Barão Geraldo

13.100 - Campinas, SP

INTRODUÇÃO

Um processo de decisão consiste em definir ações que devem ser exercidas sobre um mundo físico, no sentido de modificá-lo de acordo com um dado objetivo.

O processo global de decisão pode ser decomposto em um processo de observação, através de sensores, que produz uma imagem mental do mundo real; um processo mental que produz, a partir da imagem mental, do objetivo e de uma base de conhecimentos armazenados em memória, uma prescrição de ação, e um processo de atuação que traduz a prescrição, através de atuadores, em uma ação sobre o mundo real.

O processo mental é, por sua complexidade, de difícil descrição formal e algorítmica, pois raramente é inteiramente consciente, e usa conceitos e processos vagos e incompletos. O mundo formal convencional, com variáveis precisas e algoritmos categóricos, não parece adequado para reproduzir os processos realizados no mundo mental.

Grande parte dos processos mentais podem ser modelados como operações de reconhecimento, onde uma observação é comparada com um conjunto de conceitos estruturados e armazenados em uma memória, sendo a observação reconhecida como representativa do conceito ou conceitos que lhe são mais similares.

O trabalho propõe um sistema especializável de reconhecimento de conceitos $S(X, Y, Z, O, C, R)$, constituído por um conjunto de objetos X , um espaço conceitual Y que tem por coordenadas os conceitos atômicos que podem ser definidos sobre os objetos, um conjunto de conceitos Z onde são classificados os objetos, uma operação de observação $O: X \rightarrow Y$ que associa cada objeto a um ponto no espaço Y , uma base de conhecimentos $C: Z \rightarrow Y$ que associa uma região difusa no espaço Y a cada conceito, e um processador de reconhecimento $R: X \rightarrow Z$ que determina um índice de similaridade do objeto aos conceitos definidos na base de conhecimentos.

CARACTERIZAÇÃO DE CONCEITOS

Um atributo é definido como uma função de variáveis ou aspectos mensuráveis ou avaliáveis do mundo real. Um atributo pode ser a altura de uma pessoa (medida em centímetros), o índice de esbeltez de um pilar (medido pelo quociente de sua altura pela seção transversal) ou a credibilidade de um político (avaliado por um grau de zero a dez).

Um conceito atômico j sobre um atributo i é uma função $y_j = F_j(x_i): R \rightarrow [0, 1]$, que associa cada valor $x_i \in R$ do atributo i a um valor $y_j \in [0, 1]$. $F_j(x_i)$ é a função de pertinência do atributo i ao conceito j , e y_j o índice de pertinência do atributo i , de valor x_i , ao conceito j .

O espaço conceitual Y é o espaço definido pelos conceitos atômicos y_j , onde serão caracterizados os conceitos complexos que completarão a base de conhecimentos.

Na implantação inicial do sistema foi colocada a restrição de permitir, na caracterização de conceitos atômicos, as funções:

$$C(x,a,b) = (2^{**w}) / (1+2^{**w}) \quad e$$

$$P(x,a,b) = 1 / 2^{** (w**2)} \quad , \text{ com } w = (x-a)/b$$

Como exemplo, sobre o atributo "altura medida em centímetros" podemos definir o conceito atômico "ALTO" com a função C (crescente) como $\langle \text{alto} \rangle = C(x, 170, 5)$, e o conceito atômico "MEDIANO" com a função P (pico) como $\langle \text{mediano} \rangle = P(x, 170, 10)$.

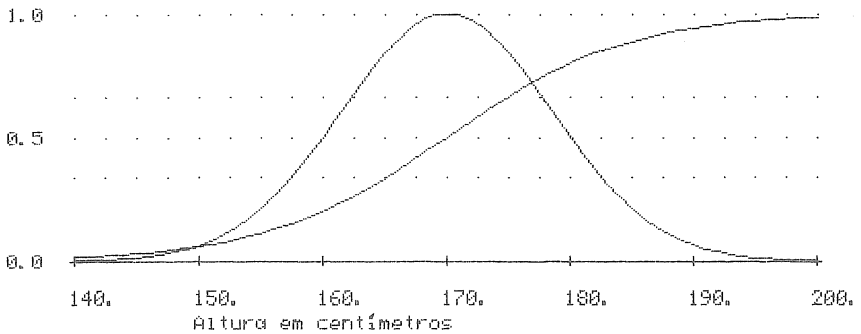


Fig. 1 - Conceitos "ALTO" e "MEDIANO"

Os parâmetros a e b definem, respectivamente, a posição e a largura da função, observando-se:

$$\begin{array}{ll} C(a-b) = 1/3 & P(a-b) = 1/2 \\ C(a) = 1/2 & P(a) = 1 \\ C(a+b) = 2/3 & P(a+b) = 1/2 \end{array}$$

Definindo o operador $\langle \text{não} \rangle$ como:

$$\langle \text{não} \rangle X = 1 - x$$

podemos definir as funções complementares das duas anteriores como:

$$D(x,a,b) = 1 - C(x,a,b) \quad e$$

$$V(x,a,b) = 1 - P(x,a,b)$$

Com essas funções D (decrecente) e V (vale) podemos representar os conceitos atômicos "NÃO ALTO" e "NÃO MEDIANO" como, respectivamente, $\langle \text{não} \rangle \langle \text{alto} \rangle$ e $\langle \text{não} \rangle \langle \text{mediano} \rangle$.

Para a caracterização de conceitos complexos é utilizado, principalmente, o operador $\langle e \rangle$, definido como:

$$A \langle e \rangle B = (a*b)^{**0.5}$$

O operador $\langle \text{ou} \rangle$ é definido como:

$$\langle \text{não} \rangle (A \langle \text{ou} \rangle B) = (\langle \text{não} \rangle A) \langle e \rangle (\langle \text{não} \rangle B)$$

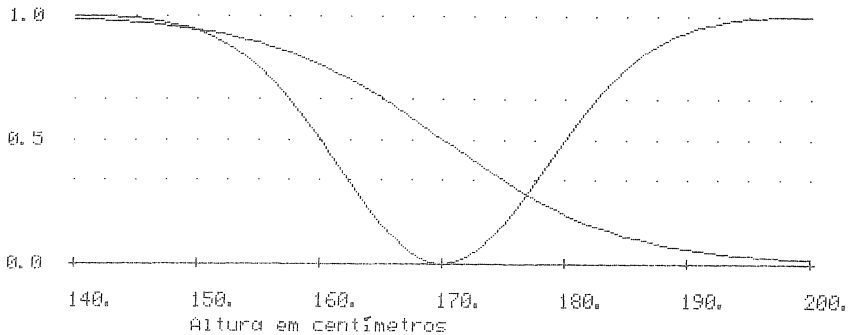


Fig. 2 - "NÃO ALTO" e "NÃO MEDIANO"

Os operadores $\langle e \rangle$ e $\langle ou \rangle$ satisfazem:

$$\begin{aligned} A \langle e \rangle B &= B \langle e \rangle A & A \langle ou \rangle B &= B \langle ou \rangle A \\ A \langle e \rangle A &= A & A \langle ou \rangle A &= A \\ A \langle e \rangle 0 &= 0 & A \langle ou \rangle 1 &= 1 \end{aligned}$$

Com mais de dois operandos, o operador $\langle e \rangle$ é definido como:

$$X_1 \langle e \rangle X_2 \langle e \rangle \dots \langle e \rangle X_n = (X_1 * X_2 * \dots * X_n) ** (1/n)$$

Deve-se notar que o operador $\langle e \rangle$, como definido, não é associativo, pois expressões de tipo:

$$\begin{aligned} A \langle e \rangle B \langle e \rangle C \\ (A \langle e \rangle B) \langle e \rangle C \\ A \langle e \rangle (B \langle e \rangle C) \end{aligned}$$

conduzem, em geral, a resultados diferentes, o mesmo ocorrendo, evidentemente, com o operador $\langle ou \rangle$. Essa propriedade encontra correspondência na interpretação de expressões linguísticas e possibilita, de forma simples, a representação de tais expressões.

Uma propriedade importante dos operadores definidos é que, se os operandos são restritos aos valores 0 e 1, os resultados obtidos coincidem com os da álgebra booleana.

Como exemplo, se definimos o atributo "peso medido em Kg" e os conceitos atômicos "PESADO" e "NORMAL" como, respectivamente,

$$\begin{aligned} \langle pesado \rangle &= C(x, 70, 10) \\ \langle normal \rangle &= P(x, 70, 10) \end{aligned}$$

podemos definir conceitos complexos como:

$$\begin{aligned} \langle grande \rangle &= \langle alto \rangle \langle e \rangle \langle pesado \rangle \\ \langle gordo \rangle &= \langle pesado \rangle \langle e \rangle \langle não \rangle \langle alto \rangle \end{aligned}$$

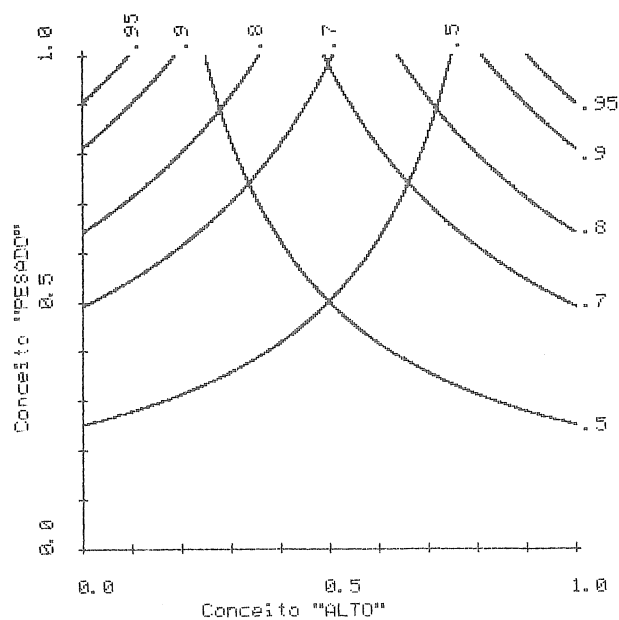


Fig. 3 - Conceitos "GRANDE" e "GORDO"

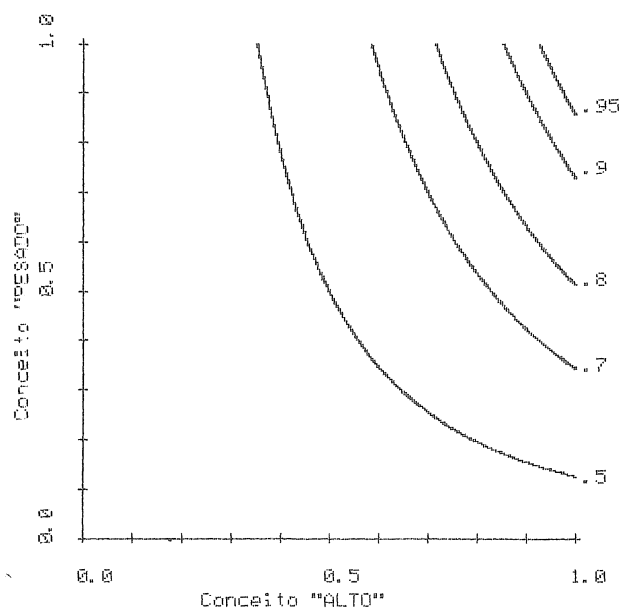


Fig. 4 - ALTO e ALTO e PESADO

$\langle \text{grande1} \rangle = \langle \text{alto} \rangle \langle \text{e} \rangle \langle \text{alto} \rangle \langle \text{e} \rangle \langle \text{pesado} \rangle$ ou
 $\langle \text{grande2} \rangle = \langle \text{alto} \rangle \langle \text{e} \rangle (\langle \text{alto} \rangle \langle \text{e} \rangle \langle \text{pesado} \rangle) =$
 $= \langle \text{alto} \rangle \langle \text{e} \rangle \langle \text{grande} \rangle$

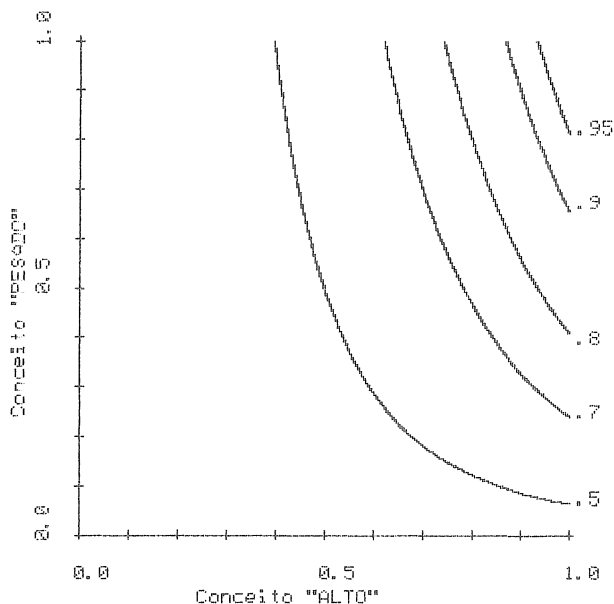


Fig. 5 - ALTO e [ALTO e PESADO]

PROCESSADOR DE SIMILARIDADE

Uma observação é caracterizada por um conjunto de valores correspondentes aos atributos que lhe são aplicáveis. Essa situação define um ponto no espaço conceitual ou em um sub-espaco, pois alguns atributos podem não ser aplicáveis ou observáveis.

O processador de similaridade verifica o grau de inclusão do ponto representativo da observação em cada uma das regiões correspondentes aos conceitos, produzindo como resultado uma lista dos conceitos ordenados segundo aqueles graus de inclusão.

A similaridade de uma observação com um conceito é medida, por definição, pelo próprio valor da função que define o conceito, tomando como valores dos atributos aqueles que caracterizam a observação.

A eficiência do processo depende fortemente da estruturação imposta sobre os conceitos, no sentido de ser evitada a avaliação exaustiva dos índices de relevância do objeto observado com cada um dos conceitos presentes na base de conhecimentos.

IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA

Um protótipo do sistema em desenvolvimento foi implementado no VAX-11/780 do Instituto de Física da Universidade Estadual de Campinas, como base experimental para a definição detalhada dos requisitos funcionais para o desenvolvimento de uma versão operacional em micro-computador.

O sistema implementado opera sobre quatro arquivos:

ATRIBUTOS: contem os atributos definidos no universo de discurso, suas características e unidades de medida.

CONCEITOS ATÔMICOS: contem os conceitos atômicos e suas funções de pertinência definidas sobre os atributos. Deve ser definido pelo menos um conceito atômico sobre cada atributo.

CONCEITOS COMPLEXOS: contem os conceitos complexos e suas funções de pertinência definidas sobre os outros atributos.

OBSERVAÇÕES: contem a identificação dos objetos, a medida de seus atributos e os índices de pertinência dos conceitos mais similares ao objeto.

Sobre esses arquivos operam quatro procedimentos, que são os módulos de instrução, de observação, de reconhecimento e de explanação.

O módulo de instrução funciona como um editor de conceitos e de atributos, permitindo a inclusão, alteração ou exclusão de atributos, conceitos atômicos e conceitos complexos, garantindo a integridade da estrutura.

O módulo de observação estabelece um diálogo com o operador, visando a identificação do objeto observado e o registro da medida ou avaliação de cada um de seus atributos.

O módulo de reconhecimento avalia os índices de pertinência dos objetos aos conceitos atômicos e complexos, podendo operar com informação incompleta.

O módulo de explanação exhibe os conceitos mais pertinentes ao objeto, em ordem decrescente de seus índices, e outras informações complementares relevantes.

CONCLUSÃO

As aplicações potenciais do sistema proposto são variadas e capazes de abranger um amplo universo, pois é função exclusiva do usuário a definição do caráter mais generalista ou especialista do sistema, bem como os resultados obtidos dependem, fundamentalmente, do conteúdo da memória de conceitos, que é criada pelo usuário.

O sistema pode ser hierarquizado, de forma a que em um dado ambiente de memória a observação de um objeto conduz ao seu reconhecimento, por hipótese, como um animal; um sistema subordinado (novo ambiente de memória) pode ser invocado, requisitadas observações de novos parâmetros, e o objeto em observação reconhecido como um mamífero. Outro ambiente de memória, mais especializado, e a observação de novos parâmetros, mais específicos, podem conduzir ao reconhecimento do objeto como um cão. A especialização dos ambientes pode continuar no sentido de, por exemplo, reconhecer a raça do cão ou seu estado de saúde.

Um aspecto fundamental do sistema é a sua capacidade potencial de aprendizagem. Se houver acumulação de experiência pelo colecionamento dos reconhecimentos efetuados pelo sistema, enriquecido pela informação prestada pelo usuário do conceito correto ou confirmado relacionado a cada observação, essa informação pode ser utilizada para corrigir e/ou ajustar o banco de conhecimentos através da caracterização dos conceitos.

As idéias e resultados aqui relatados fazem parte de um projeto de pesquisa em desenvolvimento no Departamento de Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia de Campinas, com apoio do Instituto de Física "Gleb Wataghin" da Universidade Estadual de Campinas.

BIBLIOGRAFIA

- Findler, N.V. *Associative networks: representation and use of knowledge by computers*. New York, Academic Press, 1979.
- Lindsay, P.H. & Norman, D.A. *Human information systems: an introduction to psychology*, 2. ed. New York, Academic Press, 1977.
- Moon, R.E. et alii. *Human-like reasoning capability in a medical diagnostic system: the application of fuzzy set theory to computerized diagnosis*. Working paper 78-001, Canada, University of Toronto/dep. of Industrial Engineering, 1978.
- Shortliffe, E.H. & Buchanan, B.G. A model of inexact reasoning in medicine. *Mathematical Biosciences*, 23:135-73, 1975.
- Stefik, M. et alii. The organization of expert systems: a tutorial. *Artificial Intelligence*, 18:135-76, 1982.
- Szolovits, P. & Pauker, S.G. Categorical and probabilistic reasoning in medical diagnosis. *Artificial Intelligence*, 11:115-44, 1978.
- Zadeh, L.A. *Fuzzy sets and their applications to cognitive and decision processes*. New York, Academic Press, 1975.