RECONHECIMENTO E APLICAÇÃO DE CONJUNTOS VAGOS E PROXIMIDADES

Prof. A. GOUVÊA PORTELA (1)

RESUMO

Trata-se duma função primordial que todos os seres vivos dispõem em grau diverso.
Procura-se distinguir as principais fases desta função.
Faz-se uma referência ao emprego de conjuntos vagos para descrever certas operações na função de reconhecimento.

ABSTRACT

Recognition is a primordial function and all living beeings are able to recognise.
The most relevant fases of the recognition function are described.
A reference is made to the use of fuzzy - mathematics to describe certain operations of the recognition function.

I. RECONHECIMENTO

1. Enceta-se a apresentação do tema pela definição de alguns vocábulos e respectivos símbolos.

A cada vocábulo fazem-se corresponder outros que são usados na literatura com sentido próximo e semelhante.

W — é o símbolo do espaço onde se projectam as imagens das *excitações*. Outras designações correntemente usadas são: experiências, sinais, input, entradas, interacções externas, etc., etc.

U — simboliza o espaço onde se projectam as *sensações*. A sensação é a imagem de uma excitação feita por intermédio dum operador pertencente a uma família Ω de operadores.

V — é o espaço onde se confrontam imagens de «sensações passadas» com imagens de «novas sensações». As «sensações passadas» são colhidas numa memória (Banco de Dados M).

Ora nem sempre são directamente comparáveis as imagens em M com as imagens em U e assim, em geral, é necessário escolher um espaço V onde se possam «confrontar» as «sensações novas» com as «sensações passadas» memorizadas.

θ_α — é um operador da família θ que realiza a correspondência entre U e V.

τ_β — é um operador da família τ que realiza a correspondência entre M e V.

M — é um Banco de Dados de «sensações passadas», que é domínio de τ que projecta imagens de M em V.

H — é o espaço onde se forma a imagem de confronto entre uma «sensação nova» e «sensação memorizada» e dum modo geral entre duas «sensações» que é necessário confrontar.

φ_δ — é um operador pertence à classe φ cujo domínio está contido em V^2 e contradomínio é H.

(1) Prof. Catedrático IST

L — é o espaço onde se projecta uma «figura de mérito» que fornece um juízo de valor sobre a imagem da confrontação projectada em H.

ψ_p — é um operador da família ψ que desempenha essa função.

Δ — é um operador em geral hierarquicamente elevado, que estabelece uma correspondência entre L e M (memória estructurada).

Γ — é um operador tutor, hierarquicamente mais elevado e cuja funcionalidade se explica adiante.

Antes de expor o funcionamento Δ e Γ convém precisar mais alguns termos:

excitação — é o resultado da interacção do Sistema de Reconhecimento com o exterior; é um sinal «bruto».

sensação — é o resultado dum tratamento feito à excitação pelo oprador Ω, assim já o observador influi na sensação que toma a forma do $\Omega_\alpha \subseteq \Omega$ que for escolhido.

conhecimento — é essencialmente um conjunto de sensações onde uma qualquer regra de *semelhança* foi imposta. Esse conjunto pode ter um número finito ou ∞ de termos, mas todos os elementos satisfazem ao meta-axioma da especificação.

Os conhecimentos podem ser agrupados em classes e assim sucessivamente.

É por esta razão que um dos grafos fundamentais é uma arborescência classificativa.

Reconhecimento será a operação de classificar uma *sensação*. Porque o número de informações são numerosas, e dispendioso o seu tratamento, o objectivo é realizar esta operação «economicamente».

2. Apresentados os principais símbolos e explicadas as funções dos operadores Ω, θ, φ e ψ, resta esclarecer o modo como se inserem Δ e Γ.

A imagem em L tem apenas por fim fornecer um juízo de valor sobre a semelhança das duas imagens projectadas em V e depois de processadas por φ.

Assim se esse juízo for *bom* dá-se o reconhecimento por bem sucedido, as imagens confrontadas pertencem ao mesmo «conhecimento».

Se o juízo não for bom, ou se fica por aqui, ou o operador Δ tem a «faculdade de escolher» em M novo conhecimento para realizar novo confronto ou sucessão de confontos.

No caso de Δ ter a faculdade referida ou é bem sucedido, e o reconhecimento foi efectuado, ou depois de vasculhar toda a Memória M não encontra conhecimento adequado e então novamente se verifica uma alternativa:

ou dispõe da «faculdade de aprender» que pode tomar várias formas tais como: acrescentar novos ramos ao grafo que estrutura M. ou reclassificar sensações. e então prossegue nas suas actividades de reconhecimento.

ou não dispõe da «faculdade de aprender» e declara a excitação *inclassificável*.

Γ — Este operador, muitas vezes designado por *Tutor*, tem uma função hierárquica muito elevada.

As funções correspondentes ao aprendizado são lhe conferidas além de outras, preferindo-se esta solução a tornar ainda mais complexa a função de Δ.

A Γ atribuem-se as funções seguintes:

— Alterar o Grafo que estructura M

— escolher novos operadores:

Ω_α , θ_β , τ_γ , φ_δ , ψ_ρ dentro das classes respectivamente Ω , θ , τ , φ e ψ .

— escolher Δ_μ numa dada classe de Δ .

Em resumo, Γ pode alterar o Sistema de Reconhecimento e assim deve considerar-se um Tutor do *aprendizado.*

Nota final:

A estruturação hierárquica pode prosseguir indefinidamente, assim o próximo nível seria ligar o «sistema de reconhecimento» atrás descrito a um «Sistema de Comando» e criar, um «INSPECTOR» que apreciará o sistema conjunto e eventualmente promovendo as alterações nos 2 sub-sistemas atrás referidos.

Na fig. 1 está descrito um «Sistema de Comando» típico e com a faculdade de aprendizado.

3. Sistema de reconhecimento Strictu Sensu:

Na fig. 2 está representado «um sistema de reconhecimento» Strictu Sensu, no diagrama referido só são incluídos os operadores estritamente necessários para realizar um reconhecimento elementar, e que são o 5-uplo seguinte:

$$\{\Omega , \theta , \tau , \varphi , \psi\}$$

Na verdade a operação elementar de reconhecimento envolve apenas estes 5 operadores.

Dos 5 operadores só dois (φ , ψ) realizam o reconhecimento e Ω , θ e τ destinam-se a tornar confrontáveis as imagens, daí que poder-se-ia considerar essenciais apenas o par (φ , ψ).

4. Exemplo:

Reconhecimento de um símbolo como uma letra do alfabeto.

[D] — símbolo real a reconhecer e projectado em W , $\omega \in W$

[D] — imagem u_i de $\omega \in W$, por Ω , em U, $(Z_1, Z_2, \ldots, Z_n)$ imagem σ_i de $u_i \in U$, por θ, em V .

[D] imagem m_j da sensação ou (conhecimento) existentes na memória M.

$(m_1, m_2, \ldots, m_n)$ imagem v_j de $m_j \in M$, por τ, em V.

$(h_1, \ldots, h_k)$ imagem h_{ij} do confronto de v_i com v_j, feito por φ, em H.

(l) imagem de h_{ij}, por ψ, em L.

No final, se L for um conjunto com três elementos apenas, por exemplo,

l_1 = pertence à família dos D (ou é suficientemente próximo de um certo D).

l_2 = não pertence claramente à família.

l_3 = é duvidosa a forma.

Repetindo a operação atrás descrita mas usado como imagem de confronto, por exemplo, o ○ será possível ao termo deste 2.° confronto declarar que o símbolo:

ou pertence aos D
ou pertence aos ○
ou é dubitativo que pertença a D ou ○.

Trata-se de uma lógica *triádica* que dava origem a 3^2 saídas.

Se o objectivo for evitar erros de identificação então o operador será tal, que a identificação de pertença a uma família só será feita se o grau de semelhança for muito grande.
Se o objectivo for se possível identificar, então respostas como:

{ (é possível que pertença a D). $\vee$ (não pertece claramente a ○) }

Será interpretado como pertence a D.

No exemplo, em V as imagens tomam a forma de multiplicidades isto é, θ e τ não são operadores analógicos, ora esta condição não é necessária ou até a mais conveniente e foi usada no exemplo para mostrar a variedade de operadores a que pode lançar-se mão.

Também no exemplo escolheu-se para L um conjunto não estructurado possuindo três elementos.

Podiam ter sido usados os *reais* e assim $l \in R$
e a escolha poderia ser feita, por exemplo, pelo critério seguinte:

Se $/l/ \leqslant l_0$ então pertence.

Se $l_0 < /l/ < l_1$ então talvez pertença.

Se $/l/ \geqslant l_1$ não pertence.

II. MODELO DE RECONHECIMENTO

1. No capítulo I foram apresentados dois modelos, um relativamente geral e outro que se designou de reconhecimento Strictu Sensu.

— O modelo geral, fig. 1, serviu para expor o processo do reconhecimento enquadrado num sistema dispondo de outros operadores que conferem propriedades de aprendizado ao Sub-Sistema de reconhecimento propriamente dito.

— O modelo Strictu Sensu, fig. 2, descreve a operação de reconhecimento isolada das restantes e que só necessita da intervenção de 5 operadores

$$\{\Omega, \theta, \tau, \varphi, \psi\}$$

— Neste capítulo precisa-se formalmente o sistema dos 5 operadores a fim de tornar possível a introdução dos conceitos de Proximidades e Conjuntos Vagos, que é o objectivo visado, neste texto.

2. Sejam dados:

— 5 conjuntos Universais de operadores:

$$\Omega, \theta, \tau, \varphi, \psi$$

— e um 5-uplo ordenado de operadores

$$\Omega_\alpha, \theta_\beta, \tau_\gamma, \varphi_\delta, \psi_\rho$$

satisfazendo as seguintes condições:

a) $\forall \alpha, \Omega_\alpha \in \Omega$, dom $\Omega_\alpha \equiv W' \subseteq W$, cont. dom. $\Omega_\alpha \equiv U' \subseteq U$

$\forall \beta, \theta_\beta \in \theta$, dom. $\theta_\beta \equiv U' \subseteq U$ cont. dom. $\theta_\beta \equiv V' \subseteq V$

$\forall \gamma, \tau_\gamma \in \tau$, dom. $\tau_\gamma \equiv M' \subseteq M$ cont. dom. $\tau_\gamma \equiv V' \subseteq V$

$\forall \delta, \varphi_\delta \in \varphi$, dom. $\varphi_\delta \equiv V' \times V'' \in V^2$, cont. dom. $\varphi_\delta \equiv H' \subseteq H$

$\forall \rho, \psi_\rho \in \psi$, dom. $\psi_\rho \equiv H' \subseteq H$, cont. dom. $\psi_\rho \equiv L' \subseteq L$

b) Todos os operadores são unívocos e, em geral, não biunívocos.

c) No caso de se projectar imagens de «Conhecimentos» que são «conjuntos de sensações», há três modos típicos de proceder em relação ao conhecimento

$$M_l' \equiv \{m_{lk} : \forall k \in Q\} \in M'$$

— ou M_l' é substituído por uma sensação paradigmática m_{lp} com $p \in Q$

— ou M_l' é substituído por todas ou parte das sensações, isto é, pelos elementos do conjunto $\{m_{lk} : \forall k \in Q' \subseteq Q\}$

— ou usa-se um misturador de «sensações» m_{lk} com $K \in Q'' \supset Q$ e projecta-se essa mistura em V'' por meio τ_γ.

No 2.º caso tratam-se as várias imagens v_{lk} separadamente, donde resulta que, em todos os casos, o procedimento reduz-se ao uso do operador τ como se de uma «sensação» se tratasse.

Assim as operações são:

$$\left(w_z \in W'\right) \xrightarrow{\Omega_\alpha} \left(\underset{\alpha}{u_z \in U'}\right)$$

$$\left(\underset{\alpha}{u_z \in U'}\right) \xrightarrow{\varnothing_\beta} \left(\underset{\alpha\beta}{v_z \in V'}\right)$$

$$\left(m_{lk} \in M'_l \in M'\right) \xrightarrow{\tau_\gamma} \left(\underset{\gamma}{v_{lk} \in V''}\right)$$

$$\begin{array}{c} \left(\underset{\alpha\beta}{v_z \in V'}\right) \\ \left(\underset{\gamma}{v_{lk} \in V''}\right) \end{array} \xrightarrow{\varphi_\delta} \left(\underset{\alpha\beta\gamma\delta}{h_{z,lk} \in H'}\right)$$

$$\left(\underset{\alpha\beta\gamma\delta}{hz,lk \in H'}\right) \xrightarrow{\Psi_\rho} \left(\underset{\alpha\beta\gamma\delta\rho}{l_{z,lv} \in L'}\right)$$

O resultado do reconhecimento é um elemento $\underset{\alpha\beta\gamma\delta\rho}{l_{z,lk} \in L'}$ que vai depender:

— Das entradas: W_z e m_{lk}

— e dos operadores usados: α, β, γ, δ e ρ

3. A escolha dos operadores α, β, γ, δ e ρ é uma operação que envolve aprendizado e tem interesse, nesta altura da exposição, referir alguns critérios gerais a que essa escolha deve ser sujeita.

R_1) Se $v_z = v_{lk}$ então lz,lk deve representar um reconhecimento completo e total.

R_2) Se $v_{lk} = v_{mj}$ então: $l_{z,lk} = l_{z,mj}$

R_3) Se $v_z = v_y$ então: $l_{z,lk} = l_{y,lk}$

R_4) Se $v_{lk} \equiv v_{mj}$ a classificação das «sensações» m_{lk} e m_{mj} é imperfeita.

Neste caso o defeito está no operador Δ e tal situação significa que os conhecimentos se intersectam.

O risco está em que $\{\Omega\alpha, \theta\beta, \tau\gamma, \varphi\delta, \psi\rho\}$ poderá classificar um dado ω_z quer em l quer em m, o que lhe retira propriedades de univocidade.

Outras regras podem ser introduzidas como por exemlpo:

— Estructurar os espaços W, U, V, H, L

— impor uma relação de ordem em L

— Por último chama-se a atenção para a importância dos operadores neste processo e daí a necessidade de realizar uma escolha judiciosa do 5-uplo $\{\Omega_\alpha, \theta_\beta, \tau_\gamma, \varphi_\delta, \psi_\rho\}$, contudo as imagens $w_z \in W'$ e $m_j \in M'$ são igualmente importantes, a primeira depende do modo como for recebida a excitação e processada (Ω_α), a segunda depende da forma como as sensações foram memorizadas em M e como se construiram os conhecimentos, isto é, do hipergrafo que estructura o Banco de Dados. M.

III. INTRODUÇÃO DOS CONCEITOS DE PROXIMIDADE E DE CONJUNTOS VAGOS NA CONSTITUIÇÃO DE UM SISTEMA DE RECONHECIMENTO.

1. Os operadores Ω, θ e τ não oferecem dificuldades especiais; processam informação, em geral, filtrando-a, sendo o objectivo final produzir em V imagens confrontáveis.

O reconhecimento será feito a partir do par de imagens em V^2 por meio dos operadores φ e ψ.

φ produz o resultado da confrontação de duas imagens (v_1, v_2).
ψ fornecece uma figura de mérito l a respeito do confronto efectuado.

O par (φ, ψ) deve ser tal que o decisor Δ possa declarar se a imagem v_z da «excitação» ω_z foi ou não reconhecida e, no caso de reconhecimento, habilitar Δ a incluí-la num «Conhecimento», isto é, classificá-la.

«O conhecimento» — conjunto de sensações — ficará enriquecido com mais uma sensação.

2. Cabe agora descrever as classes de operadores φ e ψ e de introduzir os conceitos de Proximidades e Conjuntos Vagos.

Seja então: v_z a imagem de w_z
v_p a imagem de m_{pl}

onde

w_z é uma «excitação»

m_{pl} é uma «sensação» l, registada na memória M' como pertencendo ao «conhecimento» ρ, ou seja:

$$m_{pl} \leqslant M\rho' \in M' \subseteq M$$

$v_z \in V' \subseteq V$

$v_{pl} \in V_{pl} \subseteq V, \ \forall l \in (1, \ldots, K)$

Formem-se todos os produtos Cartesianos seguintes:

$$V' x V_{pl}, \ \forall l \in (1, \ldots, k)$$

e será:

$$(v_z, v_{pl}) \in V' x V_{pl}, \ \forall l \in (1, \ldots, k)$$

O Domínio de φ será sucessivamente cada um dos produtos Cartesianos formados.

O Contradomínio de φ é sempre o mesmo e consiste num Produto de l, finito, de classes de Sub-conjuntos Vagos.

Deste modo φ é uma proximidade e o grafo G que define φ terá de ser escolhido adequadamente.

Quanto às classes de Sub-conjuntos Vagos, cada uma delas tem um conjunto referencial π_i e um reticulado R_i, onde $i \in (1, \ldots, l)$.

A cada Sub-conjunto Vago corresponderá um caracterizante $C_i, \ldots \in \pi_i$ x R_i.

Assim, ao par $(v_z, v_{pl}) \in V x' V_{pl}$ vai corresponder um certo sub-conjunto Vago cujo caracterizante é

$$C_{i,z,pl} \in \pi_i \, x \, R_i$$

As seguintes condições mínimas têm de ser satisfeitas:

— O número de «conhecimentos» e o número de elementos de L têm de ser ajustados.

— Terá de ser definida uma regra de inclusão de uma nova «sensação», num determinado «conhecimento».

— Haverá que implementar um método de reconstruir L, à medida, que o Grafo do hiper-grafo que estructura M, vai sendo desenvolvido.

— Finalmente não esquecer de incluir um elemento em L, com correspondência com M, para nele arrumar todas as «sensações» não identificadas, porque é nessa classe de «irreconhecidos» que se vai mais tarde buscar material para criar novos «conhecimentos».

4. Exemplificação:

Para melhor interpretar o modo de operar do par (φ, ψ), segue-se a apresentação dum exemplo:

A imagem de excitação ω_z projectada em V é v_z

Na memória estruturada M existe um «Conhecimento» $M_p \in M$, com a seguinte especificação:

$$M_p \equiv \{m_{p1}, m_{p2}, m_{p3}\}$$

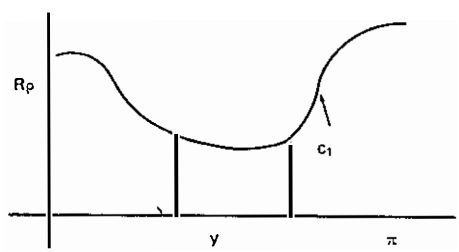
onde m_{pi}, $i \in (1, 2, 3)$ são as três sensações que formam o conjunto M_p.
as imagens respectivas em V são:

$$v_{p1}, v_{p2}, v_{p3}$$

e as imagens em H das confrontações com v_z são dadas pela caracterizantes seguintes:

$$\begin{matrix} C_{1,z,p1} & C_{1,zp2} & C_{1,zp3} \\ C_{2,z,p1} & C_{2,zp2} & C_{2,zp3} \end{matrix}$$

Para concretizar esta simbologia, admita-se que C_1 é o espectro de Potência normalizado da radiação da interferência electromagnética das imagens de v_z e v_{pk} $k \in (1, 2, 3)$



Espectro da Potência Normado

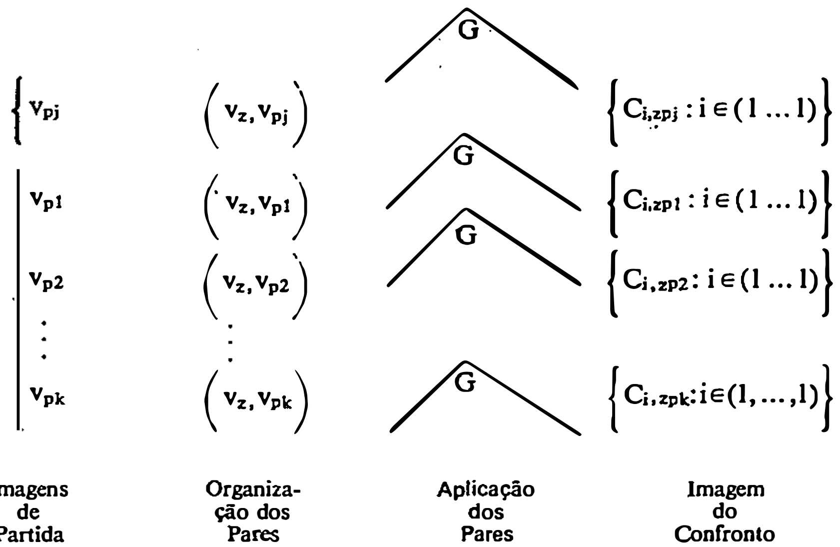
Quanto mais próximos os espectros mais interferentes são, e é usual estudar essa interferência numa certa região do espaço de frequências seja Y essa região.

O espectro de interferência referido pode ser assimilado ao caracterizante C_1 (1)

(1) Neste exemplo só vai interessar o troço de C, correspondente à «janela» J

No caso de se tratar de uma sensação apenas, K reduz-se a 1. O que é equivalente a tratar as «sensações» isoladas como «Conhecimentos», de cardinal igual a 1.

Desenvolve-se a seguir, em pormenor, o modo de operar de φ definido como Proximidade:



Operador φ

Os conjuntos de caracterizantes $\{C_{i,zpj} : i \in (1 \dots l)\}$ podem tomar múltiplas formas.

Dada a enorme versatilidade da conjugação de Conjuntos Vagos e Proximidades, é possível que os caracterizantes C_i sejam distribuições de densidades de probabilidades, intervalos de incerteza, conjuntos vulgares e até um inteiro, um real, etc.

A forma dada ao φ — Proximidades e Conjuntos Vagos — permite, praticamente cobrir todas as situações de Reconhecimento.

Quanto ao Grafo G, operador importante na definição de φ, terá de ter certas propriedades para constituir uma proximidade.

As regras são as indicadas no Cap. III.3 e podem traduzir-se em linguagem de Sub-Conjuntos Vagos da forma seguinte:

Quanto mais «semelhantes» forem v_z e v_{pk} tanto mais alto deverá ser o grau de pertença. Assim não haverá mais que traduzir as regras referidas em II.3, graus de pertença.

Os graus de pertença das «sensações» dum mesmo «Conhecimento» devem ser altos (próximos de 1, no caso do reticulado de Zadeh).

Formando pares de «sensações» sendo uma escolhida no «conhecimento» p e outra no «conhecimento» q, os graus de pertença desses pares devem ser baixos (próximos de zero, no caso do reticulado de Zadeh.

3. Finalmente há que descrever o operador ψ:

O Domínio de ψ terá de incluir o Contradomínio de φ, donde:

$$\text{Dom } \psi \supseteq \underset{i \in (1 \dots l)}{X} (\pi_i \times R_i)$$

o Contradomínio de ψ será $L' \subseteq L$

o Conjunto L' terá de ser afeiçoado aos objectivos genéricos da operação de Reconhecimento, e são típicos os seguintes:

— v_z *é reconhecido* — então L pode reduzir-se a um conjunto com dois elementos $L \equiv (0,1)$. O mesmo sucede se a pergunta for *não é reconhecido*

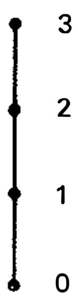
— v_z *é reconhecido* mas atribuindo um certo nível de reconhecimento, como por exemplo,

Muito bem reconhecido (3)
Bem reconhecido (2)
Suficientemente reconhecido (1)

Neste caso pode construir-se L com 4 elementos e uma relação de ordem:

$$L \equiv \{0,\ 1,\ 2,\ 3;\ >\}$$

será assimilado a um recticulado da forma:



— No caso de $l > 1$, haverá que misturar a informação contida em mais de um caracterizante C_i $(i \in (1, \ldots l))$.

ψ poderá ser construído usando uma sucessão de filtros em série e paralelo até ao apuramento final.

Por exemplo:

A *regra* ρ_o terá de ser satisfeita por todos os C_i.
A *regra* ρ_i terá de ser satisfeita apenas por alguns caracterizantes e assim sucessivamente até extrair um resultado, isto é, escolher um elemento de L.

— Pode, tal como aconteceu para φ, definir-se o contradonínio de ψ como uma classe de conjuntos Vagos construída sobre um conjunto referencial comum L_o e um recticulado R_o também comum.

O Caracterizante respeitante a um dado «confronto», vai fornecer um grau de pertença aos elementos de L_o.

— No caso onde M é um Banco de Dados devidamente estruturado é necessário que a imagem em L' permita classificar a nova «sensação».

A condição óbvia é que exista uma harmonia entre L' e o classificador adoptado por Δ para construir o Banco de Dados M.

Em relação a C_2, pode, por exemplo, entender-se como um julgamento subjectivo efectuado por um painel de especialistas que deverão escolher, entre A B C D e E, a natureza do confronto fazendo corresponder a cada letra um dos 4 valores:

1 = são concerteza semelhantes

2 = têm semelhanças

3 = nada se pode dizer

4 = são dissemelhantes

Assim uma resposta do painel terá a forma:

$$L \equiv \pi_2 = \{A, B, C, D, E\}$$

$$R_2 = [\{1, 2, 3, 4\}, >], \quad \text{é um reticulado}$$

Um resultado do painel é representado pelo caracterizante C_2:

$A \rightarrow 1$
$B \rightarrow 3$
$C \rightarrow 3$
$D \rightarrow 4$
$E \rightarrow 3$

O resultado final do operador φ é uma imagem em H da forma:

(C_1, C_2)

onde

$$C_1 = \gamma(\pi), \quad \pi \in y \subseteq \pi_1$$

$$C_2 = (A, 1; B, 3; C, 3; D, 4; E, 3)$$

— O operador ψ parte desta imagem (C_1, C_2) e vai tentar escolher um elemento de L.
Admitindo que o operador Δ deverá classificar a imagem da excitação em uma das três classes seguintes:

α — [É verde e útil]

β — [(É verde e inútil) ou (não é verde e útil)]

γ — [Nem é verde nem útil]

Assim os elementos de L serão:

$$L \equiv \{ l\alpha, l\beta, l\gamma \}$$

Declara-se *verde* se:

$$\int_4 \gamma(\pi) d\pi \leqslant \rho \quad (^2)$$

(2) (Retirado do caracterizante C_1)

Declara-se *útil* se for:

$$C_2(A) < 2$$
$$C_2(B) > 2$$
$$C_2(C) > 2$$
$$C_2(D) \leqslant 4$$
$$C_2(E) > 4$$

(Retirado do Caracterizante C_2)

Porque

$$C_2(A) = 1 < 2$$
$$C_2(B) = 3 > 2$$
$$C_2(C) = 3 > 2$$
$$C_2(D) = 4 \leqslant 4$$
$$C_2(E) = 5 > 4$$

o operador ψ estabeleceu a correspondência de (C_1, C_2), com $l\alpha \in L$

o Reconhecimento está concluído e o operador Δ arquivará a imagem de w_z no «Conhecimento» α, isto é, [verde e útil].

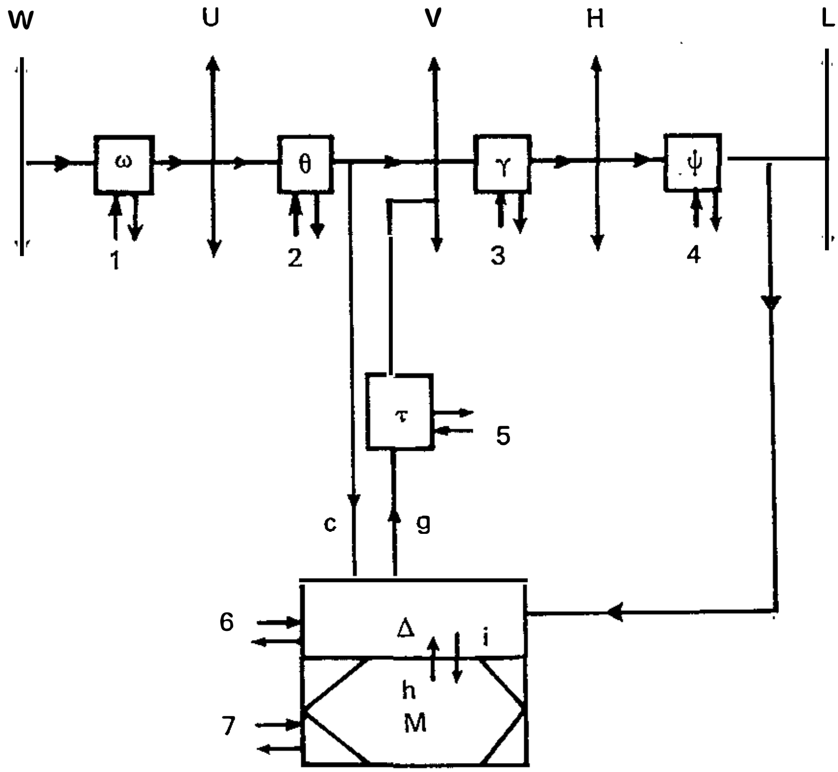
5. Comentários finais:

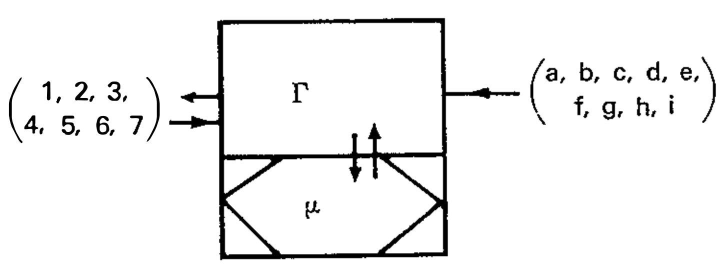
Uma vez criado um sistema de reconhecimento é essencial experimentá-lo, para demonstrar duas propriedades fundamentais

— univocidade
— poder de holonisação (Resolução)

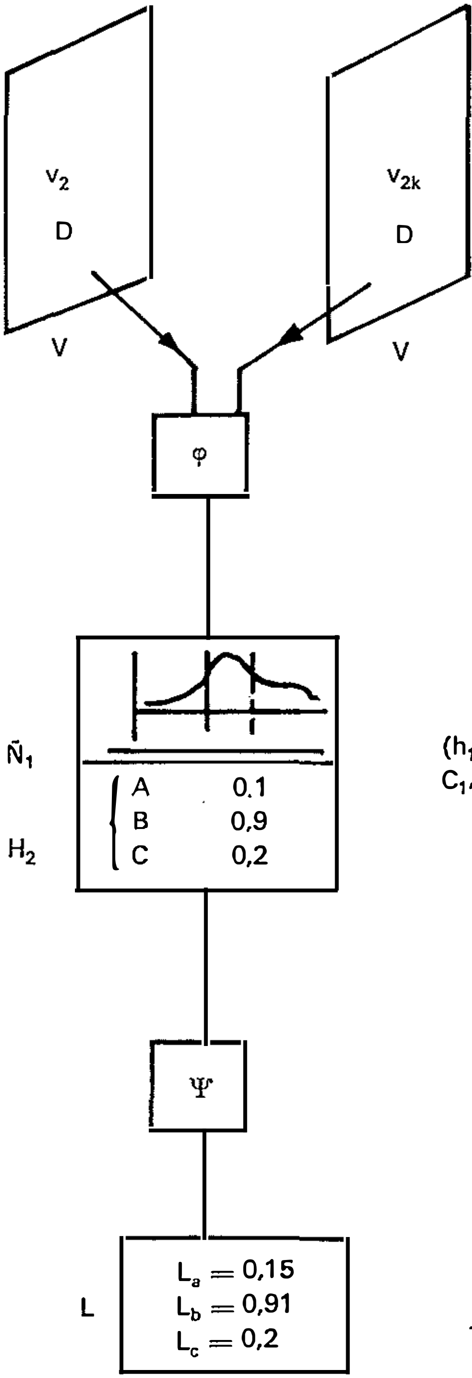
A primeira é relativamente pacífica e evitando singularidades essenciais nos operaderes intervenientes é em geral fácil de conseguir.
A segunda é a mais difícil de atingir, porque o aumento do «poder de resolução» do Sistema de Reconhecimento implica operadores muito mais pesados e caros, mais informação a processar e daí um aumento, mais que exponencial, do tempo de resposta.
Há que fazer um «Trade off» entre o tempo de resposta, volume e preço dos instrumentos a empregar e poder de resolução desejado.

DIAGRAMAS





etc.
etc.



PROXIMIDADES

e

C. VAGOS

$(h_1, h_2) \equiv (C_1, C_2)$

$C_1, = (C_1, z, lk, C_2\ z, lk)$

Donde $\boxed{L_b}$

$L_b = v_1\ E\ v^L$