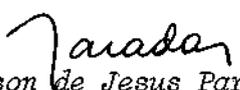


1. Publicação nº <i>INPE-2784-PRE/350</i>	2. Versão <i>3ª*</i>	3. Data <i>Dez., 1983</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DIN/DPD</i>	Programa <i>INFORMÁTICA</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>REDES ASSOCIATIVAS</i> <i>ANÁLISE DE CENAS</i>			
7. C.D.U.: <i>681.3.019</i>			
8. Título <i>ANÁLISE DE CENAS ATRAVÉS DE CONHECIMENTO</i> <i>ARMAZENADO EM REDES ASSOCIATIVAS</i>		10. Páginas: <i>15</i>	
		11. Última página: <i>13</i>	
9. Autoria <i>Paulo Ouverá Simoni</i> <i>Celso de Renna e Souza</i>		12. Revisada por  <i>Flávio R.D. Velasco</i>	
Assinatura responsável 		13. Autorizada por  <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor Geral	
14. Resumo/Notas <i>Apresenta-se, neste trabalho, uma abordagem por Inteligência Artificial para o problema de análise de cenas por computadores, sob o aspecto de utilização de conhecimento disponível sobre o universo de aplicação. Apresentam-se, inicialmente, detalhes de um modelo de representação de conhecimento, cujos elementos básicos são conceitos, que podem ser estruturados segundo suas partes e particularizações, e relacionados entre si por proposições e regras de decisão organizadas em forma de rede. Discutem-se problemas de economia de representação, de acesso às informações e de inferência de informações relativas a uma aplicação. A seguir, apresentam-se as características do modelo de análise, tais como o emprego de informações contidas na rede e a análise de consistência de novas informações geradas. Segue-se uma descrição dos programas sendo desenvolvidos.</i>			
15. Observações <i>*Versão revisada em dezembro de 1983.</i> <i>Trabalho apresentado no 10º Seminário Integrado de Software e Hardware - SEMISH realizado em Campinas de 25 a 29/07/1983.</i>			

ANÁLISE DE CENAS ATRAVÉS DE CONHECIMENTO ARMAZENADO EM REDES ASSOCIATIVAS

P.O. SIMONI*; C.R. SOUZA**

SUMÁRIO

Apresenta-se, neste trabalho, uma abordagem por Inteligência Artificial para o problema de análise de cenas por computadores, sob o aspecto de utilização de conhecimento disponível sobre um universo de aplicação. Apresentam-se, inicialmente, detalhes de um modelo de representação de conhecimento, cujos elementos básicos são conceitos, que podem ser estruturados segundo suas partes e particularizações, e relacionados entre si por proposições e regras de decisão organizadas em forma de rede. Discutem-se problemas de economia de representação, de acesso às informações e de inferência de informações relativas a uma aplicação. A seguir, apresentam-se as características do modelo de análise, tais como o emprego de informações contidas na rede e a análise de consistência de novas informações geradas. Segue-se uma descrição dos programas sendo desenvolvidos.

ABSTRACT

This paper describes an approach, from Artificial Intelligence, for the problem of scene analysis by computers, through the use of available knowledge about an application's universe. Initially, details are given about a knowledge representation model, the basic elements of which are concepts, that may be arranged according to their parts and particularizations, and related by propositions and decision rules organized as a network. Problems of representation efficiency, of access to the information and of making information inferences for a given application, are discussed. Next, peculiarities of the analysis model, such as the utilization of network information and the consistency analysis of newly generated information, are presented. Following this, a description of some programs currently being developed is given.

*Engenheiro de Eletrônica (ITA, 1971), MSc, Análise de Sistemas e Aplicações, INPE, 1974, Inteligência Artificial, Teor. de Grafos, Líder do Grupo de Inteligência Artificial e Linguagens; Divisão de Pesquisa e Desenvolvimento, Deptº de Informática, INPE/CNPq.

**Engenheiro Industrial Mecânico, FEIPUCSP, 1958, PhD Engineering Science, University of Notre Dame, 1964; Inteligência Artificial, Ciência de Computação, Ciência de Sistemas. Chefe do Deptº de Informática, INPE/CNPq, Caixa Postal 515, CEP 12200, São José dos Campos, S.P., Tel.: (0123) 22 9977.

INTRODUÇÃO

O problema de análise de cenas por computador tem merecido a atenção de muitos pesquisadores nos últimos anos, e suas aplicações potenciais são diversas: interpretação de radiografias, de fotos aéreas e de satélites, e em robótica. O presente trabalho relata algumas características de um sistema que está sendo desenvolvido no INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais, utilizando técnicas de Inteligência Artificial.

Um crescente interesse por aplicações práticas advindas de pesquisas na área de Inteligência Artificial tem sido observado recentemente. A proposta de construção de computadores de 5ª geração, tendo como uma de suas características a utilização de técnicas desta área, poderá causar grandes alterações nos conceitos atuais de desenvolvimento de computadores. (Treleaven and Lima, 1982)

As técnicas desenvolvidas para tratamento de textos de linguagem natural e para representação de conhecimento, por exemplo, foram objeto de aplicações experimentais em que os resultados são atraentes (Duda et alii, 1977). Dentre as técnicas para representação de conhecimento, pode se mencionar as fundamentadas em regras de decisão e em redes associativas. (Shortliffe, 1976; Findler, 1979).

Observa-se, por outro lado, na pesquisa sobre análise de cenas, a existência de muitas abordagens diferentes, tais como as que são voltadas para cenas simples de blocos e as que se baseiam na suposição da existência, na mente humana, de módulos independentes, que operam sem o envolvimento de processos cognitivos.

A abordagem descrita neste trabalho faz uso da suposição de que as informações sobre um domínio de aplicação podem direcionar, parcialmente, o processo de análise. Descreve-se, inicialmente, um modelo de representação de conhecimento e, posteriormente, uma maneira pela qual o conhecimento armazenado pode ser utilizado, a partir de um modelo de percepção em que são alteradas ou criadas hipóteses sobre as entidades associadas a uma cena.

MODELO DE REPRESENTAÇÃO

O modelo de representação que será descrito possui diversas características que o tornam diferente de outros propostos na literatura; ao final desta seção serão comentadas estas características e será feita uma comparação com outros modelos.

A forma de representação de conhecimento empregada é do tipo rede associativa, baseada na estruturação e nas referências de conceitos. A noção de "conceito" é de natureza vaga, podendo designar propriedades, atributos, etc., desde que com conteúdo cognitivo. Supõe-se que o conhecimento disponível a respeito dos conceitos está associado a essa representação pelas proposições nas quais eles participam e supõe-se, também, que é possível estruturá-los.

Os detalhes que serão apresentados a seguir referem-se ao conhecimento fornecido a priori, antes de uma aplicação específica.

Emprega-se o termo *propriedade* com significado de fórmulas sem variáveis livres ou, então, regras de decisão; este significado é diferente daquele empregado em textos de Lógica (propriedades qualitativas - "azul", relacionais - "tio de alguém", ...).

É possível existir dois conceitos para o mesmo objeto do universo, desde que se tenha duas intensões diferentes (por exemplo, "estrela matutina" e "estrela vespertina"); o fato da extensão ser a mesma pode ser representado por uma propriedade.

A *hierarquia de partes* reflete a capacidade de expressar um conceito em função de ou tros; utiliza-se a relação estrutural PARTE-DE. A noção de parte, aqui empregada, tem relação com a de papel ("role"), mostrada por Brachman (1979), podendo designar partes conceituais, atributos (cor, tamanho, etc.), casos verbais, etc.; restrições diversas, tais como o número de instâncias, são colocadas como propriedades. Dado um conceito, ele pode ser parte de um ou mais conceitos, que podem estar ou não numa hierarquia de particularizações.

Exemplo 1:

CORACAO PARTE-DE TORAX

CORACAO PARTE-DE SISTEMA.CIRCULATORIO

A *hierarquia de particularizações* reflete a capacidade de dizer que um conceito é caso particular de outro; utiliza-se a relação PARTICULARIZAÇÃO-DE. Faz-se a restrição de que um conceito pode ser particularização de somente um outro (esta restrição facilita a transferência de partes entre conceitos e a análise de compatibilidade entre valores, a serem comentados adiante). Esta hierarquia é considerada como estática.

O termo *instância* de um conceito refere-se, neste trabalho, a entidades representadas, pictorialmente, pelos elementos de uma cena. Em outras aplicações, principalmente linguísticas, ele pode se referir a conceitos individuais ("João", "Rio de Janeiro", etc.). É possível atribuir um referente fictício a uma instância, para o caso de conceitos que não possuam ocorrência, ou aqueles tais que somente suas partes sejam identificadas.

A *lista de propriedades* abrange, segundo uma sintaxe semelhante à do cálculo de predicados, caracterização ou definição de partes, de particularizações ou de predicados em geral, conhecimentos empíricos, fatos associados a conceitos, etc. As propriedades podem ser formadas por operadores lógicos, operador que indica regra de decisão, atributos (associados a conceitos ou não), valores, intervalos numéricos e predicados (conceitos usados como predicados, relação de parte ou predicado simples). As propriedades são fõmulas quantificadas fechadas, podendo ser utilizado, também, o quantificador numérico (que especifica os números mínimo e máximo de ocorrências). O operador unário NÃO sô pode ser aplicado diretamente a um símbolo de predicado.

As regras de decisão, em particular, são de forma:

(c)
Qx [< antecedente > → < consequente >],

onde Qx indica um conjunto de quantificadores, sendo o primeiro universal, e $c \in (0,1]$ é o grau de certeza.

Exemplo 2:

$$\forall x \forall y \forall z [[CASA(x) \text{ E } JANELA(x, y) \text{ E } TELHADO(x, z)] \rightarrow ACIMA(z, y)]$$

onde $JANELA(x, y)$ é uma proposição verdadeira se existir um caminho, que use relações de parte (fornecidas ou inferidas) entre CASA e JANELA e se \tilde{a} y puder ser a atribuída a interpretação JANELA. A estrutura interna que é montada para esta propriedade é mostrada na Figura 1 (a), refletindo a natureza proposicional de propriedades.

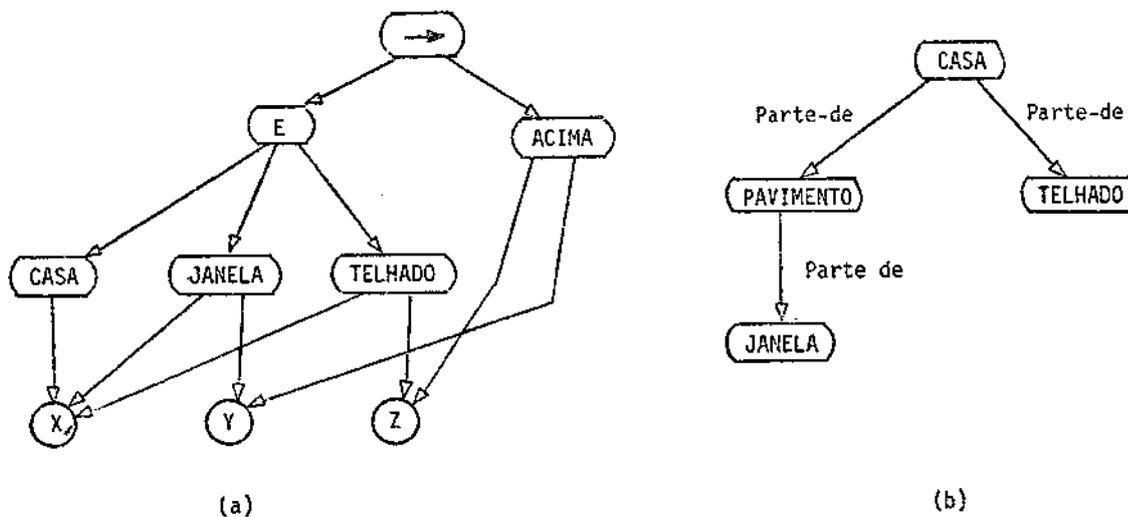


Figura 1: (a) estrutura interna de propriedade; (b) hierarquia de partes.

O conceito CASA é usado como predicado unário; os conceitos JANELA e TELHADO são usados no sentido de predicados unários e de existir um encadeamento de relações de parte entre x e y (ou z). A maneira como se pode realizar inferências de relações de parte é mostrada mais adiante; em particular, a partir da hierarquia da Figura 1 (b), pode-se concluir que existe um caminho, através do não intermediário PAVIMENTO. O predicado ACIMA, no caso de uma aplicação em análise de cenas, pode ser considerado do tipo calculável, ou seja, existe um procedimento associado a ele que permite que seu valor-verdade seja calculado, a partir de referentes para z e y (verificando na imagem correspondente se a relação é válida ou não).

Além dessas estruturas, são montadas listas de referência de uso de conceitos e predicados, o que permite, por exemplo, acessar todas as propriedades que fazem uso de um conceito. Estas listas são particularmente úteis quando se quer efetuar a propagação de valores de rede.

Um aspecto que deve ser observado é o da *compatibilidade* entre parcelas antigas e novas de conhecimento. No caso do presente modelo, supor-se-á que é possível, em certos casos, introduzir propositalmente propriedades que sejam conflitantes com outras já armazenadas, sendo um eventual conflito de valores-verdade resolvido durante a fase de utilização do conhecimento armazenado. Os casos permitidos são aqueles em que uma propriedade que vale para um conceito não vale para uma de suas particularizações.

Exemplo 3:

PINGUIM PARTICULARIZAÇÃO-DE PASSARO

$\forall x$ [PASSARO (x) \rightarrow VOA(x)]

$\forall x$ [PINGUIM (x) \rightarrow NAO VOA(x)]

Tais casos poderiam ser evitados, se se dispusesse a subdividir exaustivamente as hierarquias para considerar todos os casos possíveis. Outra possibilidade seria acrescentar, nas propriedades, condições que evitassem existência de conflitos, o que pode levar a propriedades muito extensas. Ainda outra maneira (Fox, 1979) é adicionar, na própria representação, condições de exceção.

Quanto às hierarquias, não devem existir ciclos, quer através de relações originais (de parte ou de particularização), quer através de relações inferidas (de parte).

Introduz-se, neste modelo, a possibilidade de se efetuar a *inferência* de relações de parte, de acordo com outras relações de parte ou de particularização existentes; ela é possível nos casos a seguir, desde que não exista relação inversa fornecida explicitamente (caso em que a inferência é inibida).

a) se B PARTE-DE A e C PARTE-DE B, ENTÃO C PARTE-DE A;

Exemplo 4:

Se CABEÇA PARTE-DE CORPO e BOCA PARTE-DE CABEÇA, então BOCA PARTE-DE CORPO

b) se B PARTICULARIZAÇÃO-DE A, C PARTE-DE A e B \neq C, então C PARTE-DE B;

Exemplo 5:

Se MAMÍFERO PARTICULARIZAÇÃO-DE ANIMAL e CORPO PARTE-DE ANIMAL, então CORPO PARTE-DE MAMÍFERO

c) se B PARTE-DE A e C PARTICULARIZAÇÃO-DE B, então C PARTE-DE A.

Exemplo 6:

Se DEDO PARTE-DE SER.HUMANO e DEDO. PÉ PARTICULARIZAÇÃO-DE DEDO, então DEDO.PÉ PARTE-DE SER.HUMANO.

Deve ser evitada, também, a inferência de uma relação e de sua inversa, o que constitui um conflito; isto pode ocorrer, por exemplo, pela aplicação de (b) duas vezes. Estas in

ferências permitem que se introduzam características de senso comum ("common sense"); são conclusões que são supostas serem válidas, a menos de casos em que geram conflitos ou podem ser inibidas.

Pode se conseguir uma representação mais compacta, utilizando as inferências (b)-(c) e observando as condições de conflito.

Durante uma aplicação específica, o conhecimento armazenado na rede é utilizado, como se rá visto na secção de Análise de Cenas, para montar listas de hipóteses sobre elementos estudados. Estas listas estão organizadas no que será chamado *banco de hipóteses*.

Sua estrutura é bastante semelhante àquela já exibida: contém listas de propriedades avaliadas, de hipóteses, de partes e particularizações instanciadas. Além disso, contém uma *lista de alterações* ainda não propagadas; o processo de análise efetua constantes propagações de valores obtidos, acessando propriedades para responder a alguma pergunta ou concluir algo a partir de valores dados (pergunta ou valores conhecidos, obtidos a partir de alguma alteração não-propagada).

Não se utiliza, na presente abordagem, um mecanismo de prova automática de teoremas para responder a pergunta ou utilizar valores dados. Embora exista a possibilidade de entender os mecanismos de prova para englobar hierarquias como as definidas neste trabalho (McSkimin and Minker, 1979; Chouraqui, 1981), outros fatores impedem esta utilização. Deve-se considerar a eventual presença de propriedades conflitantes, o uso de regras de decisão, a compactação na representação de propriedades e o emprego de valores-verdade no intervalo $[-1, 1]$, em vez de ter apenas valores V ou F.

A utilização de propriedades pode resultar tanto na verificação se as informações disponíveis, até um certo instante, são consistentes, como na atribuição de valores-verdade a hipóteses ou criação de referentes fictícios para variáveis. Os quantificadores presentes numa propriedade determinam a realização de buscas no banco de hipóteses, a fim de executar as ações descritas acima. A criação de referentes fictícios pode ocorrer, por exemplo, num caso em que $P(X)$ é verdadeiro e, pela utilização de $\forall x [P(x) \rightarrow \exists y [Q(x,y)]]$, não se observa a existência de nenhum $Q(X,Y)$. Deve-se observar que é possível atribuir tentativamente valores-verdade a hipóteses (num processo de reconhecimento) e, mesmo que o conjunto de propriedades seja destituído de inconsistências, obter conflitos entre valores.

O acesso a propriedades é feito utilizando as perguntas ou dados fornecidos e as listas de referências para determinar as propriedades-candidatas a serem usadas. Para cada uma das propriedades, devem-se fazer mapeamentos entre seus nós e elementos fornecidos, gerar caminhos entre nós de conceito e de parte (relações originais ou inferidas) e determinar referentes de variáveis universais que estarão fixados na avaliação (os demais ocasionarão processos de busca).

Exemplo 7:

Através da pergunta CASA (C)?, pode ser acessada a propriedade do Exemplo 1, recebendo a variável x o referente C. Se, além da pergunta, nada mais for especificado para o acesso, as variáveis y e z não terão, de início, seus referentes determinados. Existem duas opções de ação, conforme pode ser determinado por um comando de controle: efetuar a adição, para efeito de acesso, de outros elementos ainda não propagados (que poderão determinar os referentes para y e z ou eliminar o mapeamento) ou, então, considerar que as variáveis irão gerar processos de busca no banco de hipóteses, durante a utilização da propriedade, para a determinação de possíveis referentes. Se outros elementos são especificados além da pergunta, deve ser testada a consistência entre diversos referentes, vindos de elementos diferentes, para as variáveis sob análise.

A decisão sobre que nós da propriedade terão seu valor-verdade atribuído ou utilizado depende do tipo de nó e do tipo de elemento fornecido. A utilização da propriedade, no caso de existirem variáveis que exijam busca, é semelhante à verificação se os elementos definidos no banco de hipóteses satisfazem a expressão quantificada em cada nó da propriedade. Deve-se verificar as condições de existência ou não de referentes para as variáveis e tomar as ações correspondentes, conforme o valor seja utilizado ou atribuído.

Com relação a outros modelos de representação por rede, pode-se diferenciar o modelo proposto, a partir de características como: a introdução de regras de decisão neste tipo de representação, em que quantificadores podem gerar processos de busca em um banco de hipóteses; as inferências que possam ser feitas a partir das hierarquias de partes e de particularizações; a possibilidade de se ter um caminho implícito entre um conceito e uma relação de parte, usados predicativamente numa propriedade; a possibilidade de se ter propriedades conflitantes em alguns casos; o processo de acesso a propriedades, que permite a realização de processos de buscas associados aos quantificadores, durante a fase de utilização de propriedades.

Existe semelhança, quanto à forma com que é montada a rede, com o trabalho de Schubert et alii (1979), embora não se representem funções de ordem superior, mas introduzindo-se regras de decisão e hierarquias separadas para particularizações e partes. A quantificação é tratada de modo semelhante, embora não sejam empregados operadores modais; não se força o emprego de compartilhamento de variáveis em formas normais, nem se empregam hierarquias de tópicos.

Quanto ao trabalho de Brachman (1979), já foi mencionada a semelhança da hierarquia de partes com os papéis ("roles"); as relações estruturais podem ser representadas diretamente por propriedades. Aquilo que é diferente entre um conceito e suas particularizações pode ser encontrado pesquisando as estruturas correspondentes e as propriedades para cada uma delas, não se mentendo implícitas as diferenças.

Embora com base em noções diferentes (espaços e super-nós), existe equivalência entre o poder de expressão da representação exposta neste trabalho e o de Hendrix (1979), com relação ao cálculo de primeira ordem; não se dispõe de facilidades para representação de estruturas de ordem superior ou entidades sintáticas.

Não se observa, nos trabalhos citados, preocupação com a verificação de consistência entre informações novas e antigas.

A sintaxe das regras de decisão é uma forma estendida daquela encontrada em alguns textos, como de Shotliffe (1976). A característica da representação proposta para regras, de se poder ter diversos quantificadores envolvidos, torna a aplicação das regras mais abrangente. As regras possuem poder de expressão semelhante às aquelas do sistema PROSPECTOR (Duda et alii, 1977), embora não existam algumas das facilidades de programação de OPS5 (Forgy, 1981).

ANÁLISE DE CENAS

Não se tentará fornecer uma exposição sobre as diversas abordagens existentes para o problema de análise de cenas; algumas são encontradas em Hanson e Riseman (1978); ao fim desta seção será feita uma comparação com alguns trabalhos mais diretamente relacionados com este.

O processo de análise exposto baseia-se na utilização das estruturas de armazenamento de conhecimento e na forma com que as hipóteses são propagadas através das estruturas (podendo confirmar, negar ou gerar novas hipóteses).

Utilizam-se informações sobre um domínio de aplicação para direcionar o processo de análise. Um dos objetivos deste trabalho é estudar o efeito de um grau de independência entre o processamento simbólico e o processamento diretamente voltado para cenas.

O processamento simbólico efetua um processo de propagação de alterações na rede, acessando propriedades a serem utilizadas, que, por sua vez, irão gerar novas alterações; o resultado é a formação de uma "esfera" de resultados obtidos a partir de um original. É possível associar, a cada elemento, diversas hipóteses, tanto a partir de valores já conhecidos, como de modo provisório (hipóteses estas que podem vir a ser rejeitadas no decorrer da análise).

O processamento voltado para cenas compõe-se de um conjunto de operações que são efetuadas sobre uma imagem. Estas operações são as que elaboram descrições de regiões (cor, forma) e de bordas, as que geram novas regiões (separação ou fusão) e as que verificam relações geométricas. Algumas destas operações podem ser efetuadas em decorrência da utilização de alguma propriedade; outras podem ser consideradas intrínsecas ao processamento de imagens.

O processo de análise é descrito, esquematicamente, a seguir. A existência de alterações não-propagadas na rede pode ocasionar o acesso a propriedades a serem utilizadas. Caso não existam alterações, tenta-se realizar medidas (solicitadas, pela utilização de alguma propriedade anterior e ainda não realizadas, ou geradas independentemente) sobre a imagem e, então, executar ações de inicialização (em que hipóteses podem ser atribuídas tentativamente a elementos); o processo pára quando nenhuma destas ações é possível.

Se existir alguma propriedade a ser utilizada, ele o será, a menos que se simule a atuação independente do processamento relativo à imagem e o controle seja passado a ele.

Após a utilização da propriedade, deve ser efetuada uma análise dos resultados obtidos. Se o referente de alguma variável existencial ou numérica não foi determinado, cria-se um fictício determinado pelo referente de alguma hipótese que seja parte de outras (sempre que a hipótese para a qual se procura o referente é parte de outra, e desde que a hipótese que a possua como parte tenha referente fictício).

Se foi detectada alguma condição de falha durante a utilização da propriedade, é feita uma análise de compatibilidade (que pode fazer uso de critérios heurísticos), em que podem ser eliminados referentes fictícios, pode ser atribuído um valor desconhecido a elementos do banco de hipóteses, e pode-se reavaliar alguma propriedade.

Se não houve condição de falha, verifica-se a existência de incompatibilidade entre valores novos e antigos e, se houve alteração do valor-verdade de hipóteses pela utilização de propriedade, introduzem-se alterações nos valores-verdade de elementos da hierarquia de particularização.

A introdução de informações contextuais no processo permite resolver ambiguidades e atribuir hipóteses a elementos, fazendo uso de heurísticas quando se procuram alterações a propagar.

Os algoritmos relativos ao processo de análise estão desenvolvidos em detalhe, mas ainda não implementados. Alguns exemplos de aplicação foram elaborados, testados "manualmente" e servirão para os primeiros testes do programa.

No caso dos dois primeiros exemplos, conseguiu-se "embutir", no processo de análise proposto e exposto, o processo de segmentação controlada pela interpretação (Barrow and Tenenbaum, 1976) e o processo de propagação de rótulos (Waltz, 1975), a partir de condições de alterações de valores-verdade de hipóteses dadas por propriedades (regras de decisão são utilizadas para se propagar inconsistências entre interpretações), ou seja, utilizando-se as características da representação declarativa e as do processo de percepção (que é especificado a priori). Outro exemplo elaborado pelos autores trata de um tipo de cena com figuras simplificadas bidimensionais, representando brinquedos e com propriedades que exprimem condições contextuais; o manuseio de referentes fictícios mostrou-se importante neste caso.

Uma comparação pode ser feita com outras abordagens que, embora diferentes, possuem pontos em comum com a apresentada neste trabalho. O processo de segmentação guiada pela interpretação (Barrow and Tenenbaum, 1976) pode ser reproduzido utilizando o processo de análise exposto, com a representação declarativa.

O esquema de análise por "schemata" (Havens and Macwoth, 1980,1983; Havens, 1978) utiliza um ciclo recursivo de percepção, em que as buscas direcionadas por hipóteses ("top-down") são integradas às direcionadas por dados ("bottom-up"), num modelo procedural. O modelo apresentado difere deste, por ser o tipo declarativo, o que pressupõe os passos de um ciclo de percepção já compilados (evitando a sua reprogramação, em geral bastante longa, para cada exemplo específico); o uso de heurísticas na seleção da alteração a ser propagada, na seleção de ações de inicialização ou na análise de inconsistências permite, no presente modelo, que se tenha a possibilidade de direcionar mais o processo de acordo com cada universo de aplicação específico. Além disso, não é necessário que se complete o reconhecimento de uma instância do equivalente a um "schema" para utilizá-lo como evidência.

No modelo de Ohta (1980) são utilizadas regras de decisão para orientar o "merge" de regiões e extrair informações; as regras, do tipo consequente e antecedente, ocasionam a formação de planos ou descrições da cena. As ações, no caso, são explícitas, de acordo com o tipo de regra, e a sua capacidade de expressão é mais limitada.

Não se considera, nestes modelos citados, a possibilidade do processo de percepção não ser controlável, ou seja, não se tem um domínio sobre a ordem com que o processo efetua suas operações (Navon, 1977).

IMPLEMENTAÇÃO

Alguns detalhes da implementação sendo realizada serão dados a seguir. O tamanho do conjunto de programas já desenvolvidos é da ordem de 12.000 linhas de comandos, em EXTENDED ALGOL, para o computador Burroughs B-6800, com indentação; estima-se que ainda serão necessárias outras 5.000 linhas de comandos para o término da implementação.

Os programas destinados a implementar o modelo descrito neste trabalho estão divididos em dois grupos:

a) no primeiro grupo, estão os programas que efetuem a análise de informações a serem inseridas na rede, de acordo com a sintaxe própria. Estas informações (conhecimento sobre o universo) devem ser fornecidas antes de se iniciar a utilização das mesmas, numa aplicação específica. As funções destes programas, que já estão implementados, são as seguintes:

- análise da expressão que descreve uma propriedade: efetua análise sintática da expressão, gerando estrutura em árvore (a menos de nós de predicado repetidos), para os operadores e elementos usados como predicados. Monta listas de referência

de uso de conceitos, predicados, funções e atributos; efetua também montagem de funções de Skolem.

- retirada de propriedade: elimina propriedade e todas as referências a nós da mesma nas listas de referência.
- entrada de elementos das hierarquias: insere relações nas hierarquias de partes e de particularizações, observando a existência de ciclos a partir das relações existentes. (o programa destinado à inferência de relações de parte será adaptado para tornar os testes mais completos.)
- retirada ou modificação de elementos de hierarquias.
- associação de variáveis a nós: uma variável é associada a um nó, desde que o nó seja terminal e a variável entre como argumento do nó ou da função de Skolem de alguma variável que seja argumento, ou que o nó seja não terminal e mais de um argumento tenha a variável associada a ele. Este tipo de associação é útil quando se efetuam processos de busca devido a variáveis quantificadas.

b) ao segundo grupo pertencem os programas que realizam o processo de análise de cenas a partir de informações armazenadas na rede; eles efetuam:

- acesso a propriedades: um programa, em fase final de implementação, realiza mapeamentos entre elementos usados como predicados numa propriedade e elementos que são pergunta ou dados a propagar; os mapeamentos são realizados também entre nós de caminhos implícitos por relações de parte e elementos a propagar (para os caminhos, podem existir relações que são inferidas). Sempre que se realiza um mapeamento entre um nó e um elemento a propagar, este elemento irá fornecer os referentes para as variáveis universais que são argumentos do nó, desde que não haja conflito entre referentes vindos de elementos distintos. Pode-se permitir, também, a inclusão de elementos da hierarquia de particularizações de um conceito, para efeito de mapeamento, quando de tem uma pergunta ou um dado a propagar que é uma hipótese.
- determinação de caminhos envolvendo relações de parte: a partir de nós de conceito e nós que representam relações de parte, são determinados eventuais nós intermediários de conceito, assim como relações de parte adicionais, tais que se formem caminhos entre os nós mencionados. O algoritmo, já implementado, faz uso das condições de inferências (a)-(c) mencionadas, encontrando uma relação sempre que ela possa ser inferida.
- determinação de condições de utilização de valores associados a elementos: os elementos a propagar, associados a nós (ou fictícios, quando nó não tem elemento mapeado) podem ter seu valor-verdade utilizado ou atribuído, de acordo com convenções que consideram a necessidade de se responder a uma pergunta ou propagar va

lores conhecidos; o programa, já implementado, procura propagar estas condições pelos diversos nós.

- utilização de propriedade escolhida a partir de mapeamento: através de um programa (em fase final de implementação), é efetuado um percorrimto, em que são procurados referentes para variáveis que determinam busca, e elementos que tem seu valor atribuído são colocados numa lista provisória (não havendo condições de falha, são transportados para o banco de hipóteses). Pode haver o caso de haver conflito entre valores antigos e novos ou de não se encontrar referente para alguma variável existencial (caso em que pode ser criado referente fictício).
- propagação de valores: um procedimento, já elaborado em detalhes, executa a propagação de alterações introduzidas no banco de hipóteses. A cada entidade podem ser associadas diversas hipóteses, tanto a partir de valores já conhecidos como também tentativamente (que podem vir a ser rejeitadas). O comportamento semi-independente entre processos simbólico e de medidas pode ser simulado, numa abordagem inicial, através de controles que especificam a divisão de tempo de processamento entre propagação de valores, realização de medidas solicitadas durante a utilização de propriedades e medidas de caráter independente. Após cada utilização de propriedade, devem ser introduzidas alterações adicionais no banco de hipóteses, correspondentes a elementos de hierarquias de parte ou de particularizações de uma hipótese que teve seu valor-verdade alterado.
- operações sobre imagem: os programas, parcialmente implementados, executam as operações já citadas anteriormente; novas operações podem ser adicionadas, desde que se especifique a interface com o resto do processamento.

CONCLUSÕES

Foram apresentadas características de um processo de análise de cenas, atualmente pesquisado, e mencionadas suas capacidades e limitações.

Inicialmente, foram descritas características de um modelo de representação de conhecimento do tipo rede associativa, em que se ressaltou a utilização de regras de decisão, os tipos específicos de inferência para relações de parte, a compactação na representação e os mecanismos de acesso, utilização de valores e uso de propriedades empregadas em inferências. A seguir, foram delineados os passos de um processo de análise de cenas, em que um modelo de percepção pré-estabelecido permite que diversos exemplos sejam fornecidos, com as vantagens dados por uma representação do tipo declarativa.

Pretende-se, após o término da implementação do modelo exposto, efetuar algumas expansões e modificações que possam torná-lo mais apropriado para outros tipos de aplicação, como em medicina, prospecção geológica, análise de linguagem natural etc.

Além dos exemplos já montados para um teste inicial do programa, outros serão desenvolvidos a seguir, procurando-se explorar as capacidades de direcionamento do processo atra

vés de heurísticas.

BIBLIOGRAFIA

- BARROW, H.G.; TENENBAUM, J.M. *MSYS: a system for reasoning about scenes*. Menlo Park, CA, Stanford Research Institute, 1976. (Tech. Note 121).
- BRACHMAN, R.J. On the epistemological status of semantic networks. In: FINDLER, N. V., ed. *Associative networks; representation and use of knowledge by computers*. New York, NY, Academic, 1979. p. 3-50.
- CHOURAQUI, E. *Contribution a l'étude théorique de la représentation des connaissances; le système symbolique ARCHES*. These de Docteur d'Etat. s.l. Institut National Polytechnique de Lorraine. Oct. 1981.
- DUDA, R.O.; HART, P.E.; NILSSON, N.J.; REBOH, R.; SLOCUM, J.; SUTHERLAND, G.L. *Development of a computer-based consultant for mineral exploration; annual report*. Menlo Park, CA, Stanford Research Institute, 1977.
- FINDLER, N.V. ed. *Associative networks; representation and use of knowledge by computers*. New York, NY, Academic, 1979.
- FORGY, C.L. *OPS5 user's manual*. Pittsburgh, PA, Dept. of Comp. Sci., Carnegie-Mellon Univ., 1981.
- FOX, M.S. On inheritance in knowledge representation. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 6., Tokio, 1979. *Proceedings*. s.l., IJCAI, 1979, p. 282-289.
- HANSON, A.R.; RISEMAN, E.M., ed. *Computer vision systems*. New York, NY, Academic, 1978.
- HAVENS, W.S. A procedural model of recognition for machine perception. In: BIENNIAL CONFERENCE OF THE CANADIAN SOCIETY FOR COMPUTATIONAL STUDIES ON INTELLIGENCE, 2., Ontario, ON, 1978. *Proceedings*. Ontario, ON, CSCSI, 1978, p. 244-253.
- HAVENS, W.S.; MACWORTH, A.K. Schemata-based understanding of hand-drawn sketch maps. In: BIENNIAL CONFERENCE OF THE CANADIAN SOCIETY FOR COMPUTATIONAL STUDIES ON INTELLIGENCE, 3., Victoria, BC, 1980. *Proceedings*. Victoria, BC, CSCSI, 1980, p. 172-178.
- Representing knowledge of the visual world. *Computer*, 16(10):90-98, Oct. 1983.
- HENDRIX, G.G. Encoding knowledge in partitioned networks. In: FINDLER, N.V., ed. *Associative networks; representation and use of knowledge by computers*. New York, NY, Academic, 1979. p. 51-92.

- McSKIMIN, J.R.; MINKER, J. A predicate-calculus based semantic network for deductive searching. In: FINDLER, N.V., ed. *Associative networks; representation and use of knowledge by computers*. New York, NY, Academic, 1979. p. 205-238.
- NAVON, D. Forest before trees: the precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, 9:353-383, 1977.
- OHYA, Y. *A region-oriented image-analysis system by computer*. Dr. Eng. Thesis. Kyoto, Dept. of Info. Sci., Kyoto Univ., Mar. 1980.
- SCHUBERT, L.K.; GOEBEL, R.C.; CERCONE, R.J. The structure and organization of a semantic net for comprehension and inference. In: FINDLER, N.V., ed. *Associative networks; representation and use of knowledge by computers*. New York, NY, Academic, 1979. p. 122-175.
- SHORTLIFFE, E.H. *Computer-based medical consultations: MYCIN*. New York, NY, American Elsevier, 1976.
- TRELEAVEN, P.C.; LIMA, I.G. Japan fifth-generation computer systems. *Computer*, 15(8):79-88, 1982.
- WALTZ, D. Understanding line drawings of scenes with shadows. In: WINSTON, P.H., ed. *The psychology of computer vision*. New York, NY, Mc Graw, 1975, p. 19-91.