



PALAVRAS CHAVES/KEY WORDS

AUTORES/AUTHORS

PREVISÃO DE SAFRAS
SISTEMAS ESPECIALISTAS

AUTORIZADA POR/AUTHORIZED BY

Mário Antônio Rolapp
Diretor Geral

AUTOR RESPONSÁVEL
RESPONSIBLE AUTHOR

Acioli Antonio de Olivo
Acioli Antonio de Olivo

DISTRIBUIÇÃO/DISTRIBUTION

INTERNA / INTERNAL
 EXTERNA / EXTERNAL
 RESTRITA / RESTRICTED

REVISADA POR / REVISED BY

Valter Rodrigues
Valter Rodrigues

CDU/UDC

519.8

DATA / DATE

Junho/87

TÍTULO/TITLE	PUBLICAÇÃO Nº PUBLICATION NO	
	INPE-4184-PRE/1073	
A ASSOCIAÇÃO PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL		
AUTORES/AUTHORSHIP	Acioli Antonio de Olivo Edson Luiz Franca Senne	

ORIGEM
ORIGIN

LAC

PROJETO
PROJECT

POPES/INTAL

Nº DE PAG.
NO OF PAGES

12

ULTIMA PAG.
LAST PAGE

09

VERSÃO
VERSION

Nº DE MAPAS
NO OF MAPS

RESUMO - NOTAS / ABSTRACT - NOTES

Um tema de Inteligência Artificial que tem despertado bastante interesse atualmente, é o desenvolvimento de sistemas especialistas. Encontra-se na literatura algumas aplicações destes sistemas a problemas de Pesquisa Operacional e Administração. Neste trabalho procura-se mostrar que sistemas especialistas podem constituir auxílio importante aos profissionais de P.O. Formula-se também uma proposta de sistema especialista para a previsão de safras agrícolas.

OBSERVAÇÕES/REMARKS

Trabalho submetido a apresentação no XX Simposio Brasileiro de Pesquisa Operacional, a realizar-se de 4 a 6 de novembro de 1987, em Salvador, Bahia.



SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2. <u>SISTEMAS ESPECIALISTAS</u>	4
3. <u>SISTEMA ESPECIALISTA PARA PREVISÃO DE SAFRAS</u>	6
4. <u>CONCLUSÃO</u>	7
5. <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	8

A ASSOCIAÇÃO PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Acioli Antonio de Olivo - INPE/MCT

Edson Luiz França Senne - INPE/MCT

RESUMO

Um tema de Inteligência Artificial que tem despertado bastante interesse atualmente, é o desenvolvimento de sistemas especialistas. Encontram-se na literatura algumas aplicações destes sistemas a problemas de Pesquisa Operacional e Administração. Neste trabalho procura-se mostrar que sistemas especialistas podem constituir auxílio importante aos profissionais de P.O. Formula-se também uma proposta de sistema especialista para a previsão de safras agrícolas.

ABSTRACT

Currently, expert systems development is a theme in Artificial Intelligence that has been receiving considerable publicity. A growing number of applications of expert systems to problems in Management Sciences and Operation Research has been developed. In this paper we show that expert systems can make OR practice more efficient. A proposal of an expert system to crop-yields is also presented.

1. INTRODUÇÃO

Em artigo recente, Hendry [3] analisa o impacto da Inteligência Artificial (IA) na área de Pesquisa Operacional (PO) e conclui que técnicas de IA podem tornar a prática de PO mais eficiente.

Neste seu artigo entretanto, Hendry utiliza extensivamente temas do livro "Computer power and human reason - from judgement to calculation" de Weizenbaum [10], no qual, com base em argumentos humanísticos e na estreiteza do paradigma de IA, é colocado como impossível a tarefa de fazer o computador raciocinar como um ser humano.

A questão de se as máquinas poderão exibir algum dia todas as qualidades da mente humana, incluindo emoções, criatividade, senso estético, autoconsciência e mesmo distúrbios como paranóia e esquizofrenia, é comentada por Souza [8]: "o ponto torna-se quase que um de fé, ou falta dela. Embora aceitando facilmente a substituição da força humana por um guindaste ou trator, de suas pernas por automóveis e outros veículos, da potência de sua voz pela telefonia e outros meios de comunicação, muitas pessoas ainda não conseguem aceitar a idéia de que seus cérebros talvez possam também ser imitados e, quem sabe até, melhorados".

Esta meta, é claro, está longe de ser alcançada. Convém lembrar, entretanto, que esta área de pesquisa é ainda muito nova: a primeira conferência internacional sobre IA ocorreu há menos de 20 anos, em 1969. De fato, a pesquisa em IA precisa avançar muito para permitir um melhor entendimento do comportamento humano, somente após o que, um computador talvez possa exercer atividades intelectuais e tomar decisões que sejam socialmente aceitáveis. No estágio atual de desenvolvimento, funções cognitivas como entendimento de linguagem natural e aprendizado ou mesmo capacidades sensoriais executadas sem esforço por seres humanos - como a visão, por exemplo - são ainda parcialmente modeladas em computadores.

Existem contudo, muitas tarefas, consideradas até há pouco tempo como essencialmente humanas, que são atualmente executadas, muito bem, por computadores. Pode-se citar, por exemplo, a análise de compostos orgânicos para descobrir sua estrutura molecular, o diagnóstico de infecções bacterianas, a formação de conceitos matemáticos, a manipulação algébrica de problemas, a análise de circuitos elétricos, a prospecção geológica, dentre muitas outras.

Estas tarefas são executadas por sistemas especialistas, programas de IA que baseiam seu comportamento no conhecimento de especialistas humanos no domínio específico dos problemas. Como o próprio Hendry reconhece, o envolvimento em trabalhos de IA - em especial com os sistemas especialistas - poderá ser muito profícuo para a comunidade de PO, como aliás tem sido - os exemplos acima o demonstram - em muitas áreas de conhecimento.

Os estágios de um problema de PO são, basicamente, os seguintes:

- formulação do problema;
- construção de um modelo;
- desenvolvimento de um método de solução adequado ao modelo construído;
- teste e validação do modelo, através da implementação do método de solução desenvolvido;
- manutenção da solução, isto é, controle da qualidade da solução obtida.

A abordagem clássica de um problema de PO é a programação matemática. Formula-se o problema, obtém-se o modelo ou modelos adequados e desenvolve-se um algoritmo que busca encontrar dentre as soluções que satisfaçam as restrições, aquelas que otimizam a função objetivo. Este enfoque algorítmico usa,

por exemplo, programação linear, programação inteira, programação não linear, programação dinâmica, técnicas de estatística e simulação, métodos heurísticos e outros métodos. Nesta abordagem, o ótimo nem sempre é alcançado, pois em muitos casos, uma "boa" solução pode ser aceitável.

Kanet e Adelsberg [4] apontam um novo enfoque para solucionar problemas de planejamento e controle da produção, que pode ser facilmente estendido a outros problemas de PO. Denominam de abordagem reformulativa a um enfoque que se caracteriza por:

- os problemas serem formulados de maneira a objetivarem soluções "aceitáveis";
- os problemas poderem ser continuamente reformulados quando não se obtém "facilmente" uma solução aceitável.

Na medida que estas duas fases sejam realizadas e repetidas, o modelo pode ser enriquecido com novas informações, até que uma solução satisfatória seja obtida, podendo ser a solução otimizada.

Este enfoque reformulativo parece facilitar o uso de sistemas especialistas como suporte na solução de problemas de PO, já que enriquecer um modelo pode significar adicionar conhecimento ao sistema, e que utilizado, produz melhores soluções. Este enfoque pode ainda facilitar geração de modelos alternativos ou técnicas alternativas de solução, como também hierarquizar formas diferentes de resolver um mesmo problema.

O uso de sistemas especialistas em problemas de PO ainda é bastante raro. Pode-se entretanto, apontar alguns trabalhos que abordam o assunto, alguns deles, ainda em desenvolvimento. Murphy [7] descreve uma metodologia para formulação de problemas de programação linear usando um sistema inteligente. Segundo o autor este sistema permite, entre outras facilidades, a simplificação do processo de formulação e de definição de restrições, como também permite dividir sistemas de grande porte em sub-unidades compreensíveis. Inicialmente projetado para utilização por especialistas de PO, o autor espera adequar o sistema para usuários leigos. O sistema desenvolvido por Murphy pode ainda ser acoplado a sistemas de resolução e análise de problemas de programação linear, tais como o MPSX ou o MPS-TEMPO. A revista R & D Management dedica a edição de abril de 1985 ao estudo de sistemas especialistas para PO e Administração. Destaque para

o "survey" de D'Agapayeff [1] abordando principais sistemas especialistas desenvolvidos na Inglaterra.

Em artigo sobre o estado atual de desenvolvimento de "software" para programação não linear, Waren, Hung e Lasdon [9] manifestam sua expectativa no papel importante que técnicas de inteligência artificial venham a desempenhar, principalmente em áreas como detecção de linearidades e não-linearidades, classificação automática de problemas e seleção automática dos melhores algoritmos. Em [3] e [4] também se encontram sistemas especialistas aplicados a PO.

Este trabalho apresenta na Seção 2 uma visão geral de sistemas especialistas, na Seção 3, uma proposta de um sistema especialista para o auxílio na previsão de safras, em desenvolvimento no Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), e finalmente na Seção 4, conclui-se com comentários acerca de características desejáveis a um programa "assistente" de um profissional de PO.

2. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Sistemas especialistas são programas de computador que armazenam o conhecimento e a experiência de especialistas humanos em uma área de aplicação específica e são capazes de utilizar essas informações para fazer decisões inteligentes.

O que distingue um sistema especialista de programas de aplicação tradicionais é que num sistema especialista o conhecimento específico para resolução de problemas é estabelecido como uma entidade separada - o banco de conhecimento - e manipulado por uma estrutura de controle claramente identificável: o motor de inferência. A Figura 1 mostra a estrutura geral de um sistema especialista [2].

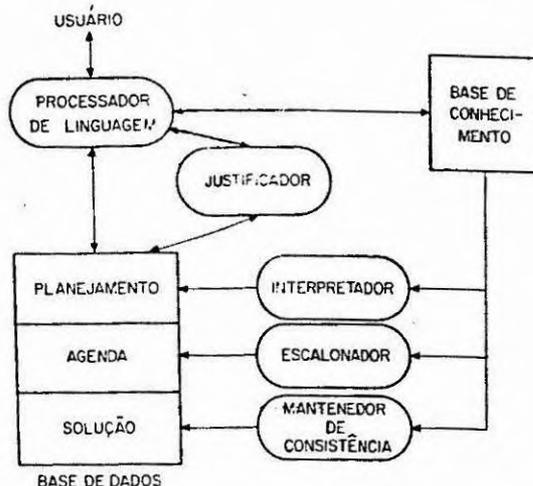


Fig. 1 - Estrutura geral de sistema especialista.

Estes módulos têm as seguintes funções:

PROCESSADOR DE LINGUAGEM - comunicação entre o usuário e o sistema;

BANCO DE CONHECIMENTO - armazenar o conhecimento de resolução de problemas específicos do domínio de aplicação;

BASE DE DADOS - armazenar hipóteses e decisões intermediárias que o sistema manipula durante o processo de resolução de problema. Contém:

- *elementos de planejamento* que descrevem a estratégia global que o sistema irá empregar, incluindo planos, objetivos e contextos;
- *elementos de agenda* que correspondem a ações que esperam por execução;
- *elementos de solução* que representam partes da solução do problema, decisões feitas até o momento e relações de dependência com decisões anteriores.

MOTOR DE INFERÊNCIA - aplicar o conhecimento disponível para resolução de problemas. Contém:

- um *justificador*, que explica o comportamento do sistema para que o usuário possa se convencer da validade das decisões tomadas;
- um *interpretador*, que aplica propriamente o conhecimento disponível;
- um *escalador*, que controla a ordem com que o conhecimento deve ser aplicado;
- um *mantenedor de consistência*, que mantém sempre verdadeiras as razões que fundamentam as decisões do sistema.

O desempenho de um sistema especialista depende da quantidade e da qualidade das informações que compõem seu banco de conhecimento. Estas informações, tipicamente, estão representadas como *regras de decisão* da forma:

SE: <premissa>
ENTÃO: <conclusão> (<fator de crença>)

onde <fator de crença> indica o quanto o especialista acredita na <conclusão> da regra, caso as condições de <premissa> forem verdadeiras.

Como o banco de conhecimento é uma entidade separada e as informações que o compõem são também modulares, é muito fácil estender ou modificar o conhecimento do sistema e dessa forma, melhorar seu desempenho na resolução de problemas. Esta característica "evolutiva" dos sistemas especialistas é particularmente interessante porque para muitos problemas, que se originam em contextos complexos para os quais não é possível uma descrição precisa e uma análise rigorosa, não se conhece uma solução algorítmica tratável.

3. SISTEMA ESPECIALISTA PARA PREVISÃO DE SAFRAS

A agricultura é uma das atividades econômicas de maior importância para uma nação. Seu desempenho pode afetar desde a balança de pagamentos até a própria sobrevivência da população. Entretanto, a atividade agrícola é bastante sensível às condições climato-meteorológicas, principalmente a fatores chamados anomalias do tempo, como secas, enchentes, geadas, ventos e outros. Estas anomalias podem causar variações na produção, cujos reflexos são de ordem política, social e econômico-financeira. No mundo inteiro, órgãos interdisciplinares tem conjugado seus esforços com o objetivo de monitorar informações relativas ao desempenho da produção agrícola, de modo a ter previsões sobre a colheita com acertos significativos. Exemplo de sistema deste tipo é o JAWF, descrito por Motha e Heddinghaus [6].

Atualmente no INPE, estão sendo desenvolvidos trabalhos relativos a previsão de safras utilizando modelos estatísticos [5]. Pretende-se no momento, desenvolver um sistema especialista cujo objetivo seja integrar informações de estações agrometeorológicas terrestres, fotos de satélite (NOAA) e informações de campo, aos modelos de previsão de produtividade já desenvolvidos por estatísticos, agrônomos e meteorologistas.

O sistema a ser desenvolvido pretende trabalhar com informações do tipo "stress" hídrico, temperaturas médias e quantidade de brilho solar nos períodos críticos do desenvolvimento de uma dada cultura, além de informações colhidas junto a órgãos especializados. Estas informações serão usadas tanto para calibrar modelos de previsão de produtividade como para escolher os modelos mais adequados. Dessa forma, no banco de conhecimento do sistema especialista existirão regras tais como:

SE: o "stress" hídrico durante o período de polinização do milho for de 6 a 8 dias,

ENTÃO: a produtividade pode decrescer até 50% (0.7)

SE: 1) houve anomalia de tempo, &
2) a anomalia ocorreu no período de germinação do trigo, &
3) a duração da anomalia foi maior que X dias,

ENTÃO: ajuste o coeficiente da variável V no modelo M usando regressão Ridge.

SE: 1) o índice vegetativo no período de outubro a novembro estiver no intervalo [3,5], &
2) a cultura de soja foi semeada na segunda semana de setembro,

ENTÃO: existe forte evidência (0.9) de que o modelo de foto-sensibilidade é o mais adequado.

O desenvolvimento deste sistema especialista envolverá vários grupos de pesquisa, tais como: meteorologia, economia, sensoriamento remoto, além dos grupos de PO e IA. No estágio atual, procura-se levantar informações para a construção do banco de conhecimento do sistema.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho procurou-se mostrar que técnicas de IA - em especial, sistemas especialistas - podem dar suporte à prática de PO. De fato, algumas características apontadas por Hendry [3] como necessárias para que um programa de computador venha a ser um "assistente" de um profissional de PO, tais como:

- capacidade de interagir com o especialista para adquirir dados,
- habilidade para determinar qual técnica é mais relevante para uma determinada tarefa;
- capacidade de olhar um problema sob diversas perspectivas de forma que várias decisões possam ser tomadas;

- capacidade de comunicar suas decisões;
- capacidade de aprender com a experiência,

podem ser encontradas em sistemas especialistas já desenvolvidos.

Apresentou-se uma proposta para desenvolvimento de um sistema especialista em previsão de safras como tentativa de associar os trabalhos de PO aos de IA. Espera-se que a incorporação, num sistema, de conhecimento de vários especialistas, resulte numa ferramenta adequada para a previsão de produtividade de safras agrícolas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D'AGAPAYEFF, A. A short survey of expert systems in UK business. *R & D Management*, 15(2):89-99, 1985.
- [2] HAYES-ROTH, F.; WATERMAN, D.A.; LENAT, D.B., ed. *Building expert systems*, Reading, MA, Addison-Wesley, 1983.
- [3] HENDRY, L.C. The potential impact of artificial intelligence on the practice of OR. *European Journal of Operational Research*, 28:218-225, 1987.
- [4] KANET, J.J.; ADELSBERG, H.H. Expert systems in production scheduling. *European Journal of Operational Research*, 29:51-59, 1987.
- [5] KRUG, T.; YANASSE, C.C.F. *Estimativa de safras agrícolas utilizando dados coletados por satélites de sensoriamento remoto e dados terrestres através de amostras de substratos geográficos*. São José dos Campos, SP, INPE, Jan. 1986. (INPE-4102-RPE/534).
- [6] MOTHA, R.P.; HEDDINGHAUS, T.R. The joint agricultural weather facility's Operational Assessment Program. *Bulletin American Meteorological Society*, 67(9):1114-1122, 1986.
- [7] MURPHY, F.H.; STOHR, E.A. *An intelligent system for formulation linear programs*. Center for Research on Information System, New York University, Aug. 1985.
- [8] SOUZA, C.R. *Inteligência Artificial: promessas ou resultados?* São José dos Campos, SP, INPE, Jul. 1980. (INPE-1834-RPE/196).

- [9] WARREN, A.D.; HUNG, M.S.; LASDON, L.S. *The status on nonlinear programming software: an update*. Technical report, Department of Computer and Information Science, Cleveland State University, Jun. 1986.
- [10] WEIZENBAUM, J. *Computer power and human reason - from judgement to calculation*, San Francisco, CA, W.H. Freeman, 1976.



- DISSERTAÇÃO
- TESE
- RELATÓRIO
- OUTROS

TÍTULO A ASSOCIAÇÃO PESQUISA OPERACIONAL E INT. ARTIFICIAL

IDENTIFICAÇÃO	AUTOR(ES)				ORIENTADOR				
	ACIOLI ANTONIO DE OLIVO ECON LUIS FRANÇA SENNE								
	CO-ORIENTADOR								
	DIVULGAÇÃO								
LIMITE		DEFESA		CURSO		ORGÃO		<input type="checkbox"/> EXTERNA <input type="checkbox"/> INTERNA <input type="checkbox"/> RESTRITA	
_ / _ / _		_ / _ / _						EVENTO/MEIO	
								<input checked="" type="checkbox"/> CONGRESSO <input type="checkbox"/> REVISTA <input type="checkbox"/> OUTROS	

REV. TÉCNICA	NOME DO REVISOR				NOME DO RESPONSÁVEL						
	VALTER RODRIGUES				Valter Rodrigues						
RECEBIDO		DEVOLVIDO		ASSINATURA		APROVADO		DATA		ASSINATURA	
27/05/87		27/05/87		[Signature]		<input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO		27/05/87		VALTER RODRIGUES	

REV. LINGUAGEM	Nº		PRIOR.		RECEBIDO		NOME DO REVISOR							
					_ / _ / _									
PÁG.		DEVOLVIDO		ASSINATURA		RECEBIDO					DEVOLVIDO		NOME DA DATILÓGRAFA	
		_ / _ / _				27/5/87					27,5/87		[Signature]	

Nº DA PUBLICAÇÃO:				PÁG.:				AUTORIZO A PUBLICAÇÃO			
CÓPIAS:				Nº DISCO:				LOCAL:			
								<input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO _ / _ / _			

OBSERVAÇÕES E NOTAS

SUBMETIDO AO XX SBPO

SOLICITAMOS DISPENSA DE REVISÃO DE LINGUAGEM

Data limite: 27/5/87 (18:00h.)