

UMA ANÁLISE DE RELAÇÕES ENTRE A PESQUISA OPERACIONAL
E SISTEMAS ESPECIALISTASRenato V. Belhot & João V. Moccellin
Escola de Engenharia de São Carlos, USPRESUMO

Este artigo trata de algumas relações importantes que existem entre Pesquisa Operacional (P.O.) e Sistemas Especialistas. Procura-se mostrar que o conhecimento de P.O. em termos de Formulação de Problemas, Modelagem e Métodos de Solução podem auxiliar o desenvolvimento de Sistemas Especialistas. Por sua vez, Sistemas Especialistas podem contribuir na escolha ou construção do melhor modelo para um problema, como também na solução eficiente de diversos problemas típicos da Pesquisa Operacional.

ABSTRACT

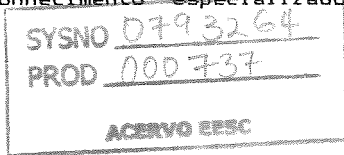
This paper deals with some important links between Operational Research (O. R.) and Expert Systems. It intends to show that O. R. knowledge on Problem Formulation, Model - Building, and Solution Methods can aid the development of Expert Systems. On the other hand, Expert Systems can contribute for selecting an appropriate model for a problem, and also solve efficiently a number of O.R. typical problems.

1. CARACTERIZAÇÃO

Nos últimos anos, diversos artigos que discutem as relações entre Pesquisa Operacional e Sistemas Especialistas têm sido publicados, por exemplo, O'Keefe et alii [1986], Hendry [1987], Grant [1986], Phelps [1986], O'Keefe [1985], Barton [1987], Assad e Golden [1986].

Através da identificação das principais fontes de interação entre Pesquisa Operacional (P. O.) e Sistemas Especialistas (S. E.s) pode-se discutir as formas pelas quais ocorre essa interação, bem como analisar os benefícios mútuos que podem advir da proximidade entre as duas áreas. A partir da figura 1, a seguir, procurar-se-á estabelecer as principais relações entre elas.

Além de interagirem, as duas áreas apresentam algumas afinidades ou características comuns. Ambas dependem do conhecimento especializado,



empregam equipes interdisciplinares e fazem uso de modelos e regras heurísticas na solução de problemas. Fordyce et alii [1987], através de um paralelo com a cronologia de desenvolvimento da P.O., apontam outras semelhanças entre as áreas.

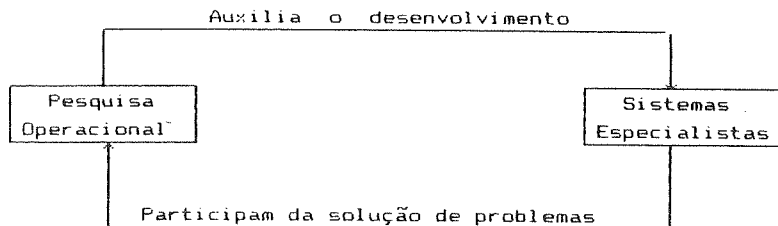


Figura 1 - Relações entre P. O. e S. E.s

Essas similaridades destacadas pelos autores referem-se a questionamentos feitos a P. O., que hoje são apresentados para os S. E.s, por exemplo:

a) O que é? Uma pergunta comum para S. E.s que muitas vezes foi feita para a P. O., na década de 50.

b) O que determina se um certo sistema é um S. E.? O que faz? Estas perguntas frequentemente feitas para S. E.s, nos anos 50 também foram dirigidas à P. O.

Além disso, um argumento muito lembrado prende-se às poucas aplicações de sucesso de Sistemas Especialistas, publicadas na literatura especializada. Essa mesma reclamação foi registrada nos anos 50, quando surgiu uma nova ferramenta da Pesquisa Operacional denominada Simulação.

Assim como a P. O. moveu-se dos problemas teóricos (artificiais), eventualmente de pequeno impacto, para abordar uma ampla variedade de problemas práticos (reais), também os S. E.s passam a registrar esse sucesso.

2. A P. O. AUXILIANDO O DESENVOLVIMENTO DE S. E.S

Um Sistema Especialista é um conjunto integrado de programas de computador que coloca conhecimentos especializados à disposição do usuário, para a aplicação em algum aspecto de um problema, cuja solução

seja de interesse a esse usuário.

Os Sistemas Especialistas diferem dos sistemas de processamento convencionais em dois aspectos básicos: no processamento de símbolos e na sua estrutura peculiar de organização, segundo a qual o conhecimento está separado do restante do programa.

A estrutura básica de um S. E. envolve, no mínimo, três componentes: a Base de Conhecimento, a Máquina de Inferência e a Interface com o Usuário.

Pode-se explorar a contribuição da P. O. no desenvolvimento de S. E.s identificando o que ela oferece de subsídios para a montagem da Base de Conhecimento e da Máquina de Inferência.

2.1 ESQUEMAS DE FORMULAÇÃO E MODELAGEM

A Base de Conhecimento contém as informações (fatos, eventos, objetos, etc.) básicas sobre o problema (domínio), estruturadas de uma forma específica. A montagem da base envolve duas atividades fundamentais: a aquisição do conhecimento (reunião das informações, relações entre as variáveis, valores das variáveis, restrições, etc.) e a representação do conhecimento (como essas informações serão codificadas - Regras, Frames, Redes Semânticas, etc.).

Nestas duas atividades, a experiência acumulada pela P. O. fornece um significativo subsídio. Seja na questão da especificação das características do problema, identificando as informações relevantes (conhecimento seletivo), seja na escolha da estrutura apropriada para organizar essas informações (partes do conhecimento), via um modelo.

O desenvolvimento de um S. E. envolve essas atividades.

2.2 TÉCNICAS DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Seguindo as etapas da metodologia da P. O., após a Formulação do Problema e Construção do Modelo, escolhe-se uma técnica ou método apropriado para processar as informações reunidas no modelo, objetivando a obtenção de uma solução para o problema.

À semelhança desse processo, após a aquisição e representação do conhecimento em um S. E., define-se a estrutura básica da Máquina de

Inferência, que em termos simples é a responsável pelo processo de derivar conclusões, através de mecanismos de raciocínio, utilizando a base de conhecimento. Esses mecanismos envolvem a utilização de métodos analíticos, regras heurísticas, busca, ramificação e limitação (branching and bounding), raciocínio hierarquizado, etc.

Além disso, os S. E.s têm uma característica peculiar que é a possibilidade de lidar com conhecimento incompleto ou com incertezas, onde se faz necessário o uso de probabilidades para gerar as conclusões. Nesta situação, o arsenal de técnicas utilizadas no contexto da P. O. pode ser novamente útil. É o caso da teoria dos jogos, da teoria dos conjuntos nebulosos, para citar alguns exemplos.

2.3 CONSTRUÇÃO DE S. E.S HÍBRIDOS

Algumas técnicas de P. O. têm sido incorporadas a S. E.s, com o propósito de torná-los mais poderosos e flexíveis, estendendo a sua aplicação a uma classe mais ampla de problemas. É o caso dos S. E.s híbridos, que incorporam técnicas de P. O., ou que interagem externamente com tais técnicas através de pacotes ou outros programas. Já foram desenvolvidos S. E.s combinados com programas de Simulação e Programação Linear, entre outros.

3. S. E.S PARTICIPANDO DA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO CONTEXTO DA P. O.

A tecnologia de S. E.s também participa do processo de solução dos problemas normalmente abordados pela P. O. Essa participação ocorre na medida em que se incorpora à computação numérica, utilizada na solução de problemas, uma parcela de computação simbólica, permitindo que determinados aspectos de um problema, que normalmente são abordados por especialistas humanos, sejam tratados pelo computador.

3.1 SELEÇÃO DE MODELOS E TÉCNICAS

Um S. E. pode auxiliar o profissional de P. O. na tarefa de definir os modelos ou técnicas apropriadas para o seu problema, transferindo para o computador o seu conhecimento especializado.

Situações em que esse contexto se aplica referem-se a:

• escolha ou construção do modelo - através da identificação e composi-

ção das características principais do problema que orientam a escolha ou mesmo, se necessário, a construção do modelo [Kusiak / Chen, 1988];

- . busca e análise de soluções - em certas aplicações da P. O. as soluções geradas através do modelo devem satisfazer algumas restrições adicionais de caráter subjetivo ou que não são facilmente quantificáveis, cuja consideração explícita no modelo dificultaria sobremaneira a solução.

Nestes casos, um S. E. poderia ocupar-se do tratamento desses aspectos subjetivos, ou mesmo da realização de análises (do tipo pós-otimização) para melhorar a qualidade da solução como, por exemplo, uma análise das rotas geradas para o Problema de Roteamento de Veículos, quando se consideram restrições práticas ou critérios subjetivos da área de tráfego.

- . Modelagem de problemas complexos - Sistemas Especialistas também podem ser usados para auxiliar a P. O. na solução de problemas gerenciais complexos. As aplicações iniciais foram feitas na área de Simulação e as mais recentes resultam da integração com os Sistemas de Apoio à Decisão, uma vez que os problemas abordados são mais estratégicos que táticos [O'Keefe, 1985; O'Keefe et alii, 1986].

3.2 SOLUÇÃO DE PROBLEMAS TÍPICOS

Os S. E.s têm sido aplicados na solução de alguns problemas típicos de P. O. Um levantamento na literatura especializada salienta as seguintes aplicações:

- . Scheduling [Grant, 1986; Kusiak/ Chen, 1988];
- . Simulação [Doukidis e Paul, 1985; Rao e Lingaraj, 1988];
- . Roteamento de Veículos [Duchesi et alii, 1988];
- . Gerenciamento de Projetos [Badiru, 1988].

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem motivos suficientes para crer na progressiva aproximação entre Pesquisa Operacional e Sistemas Especialistas e que essa aproximação resultará em benefícios mútuos cada vez mais significativos.

A experiência e a prática acumulada em P. O. contribuirão para o desenvolvimento de S. E.s nas questões de:

- . aquisição do conhecimento;
- . organização do conhecimento enquanto um modelo (base de conhecimento);
- . geração de conclusões através da base de conhecimento;
- . incorporação de técnicas de problemas.

Por outro lado, é de se esperar que mais problemas típicos venham a ser abordados através de S. E.s. Dentro desta expectativa, os S. E.s poderão ser utilizados como consultores, participando das várias etapas da metodologia da P. O., ou eventualmente, como um assistente efetivo ao analista de P. O., dando suporte às decisões que repousem entre o qualitativo e o quantitativo e em problemas gerenciais que envolvam a organização como um todo.

Essas evidências também estão fundamentadas no fato de que a comunidade de P. O. está bem estruturada tecnicamente para conhecer e dominar a tecnologia de S. E.s, bem como para, posteriormente a esses estágios, estabelecer referenciais críticos sobre os benefícios da incorporação de S. E.s no " kit " das ferramentas disponíveis. A divulgação da tecnologia de S. E.s, na comunidade científica, ocorrerá a partir do momento que forem estabelecidos os referenciais críticos, que poderão incentivar ou desestimular o emprego dessa nova tecnologia.

S. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Assad, A. A. e Golden, B. L. Expert systems, microcomputers and operations research. Comput. and Ops. Res., 13(2/3):301-321, 1986.
- Badiru, A. B. Expert systems and industrial engineers: a practical guide to a successful partnership. Computers and Ind. Engng., 14(1): 1-13, 1988.
- Barton, A. Experiences in expert systems. J. Opl. Res. Soc., 38(10): 965-974, 1987.
- Doukidis, G. I. e Paul, R. J. Research into expert systems to aid simulation model formulation. J. Opl. Res. Soc., 36(4): 319-325, 1985.
- Duchesi, P.; Belardo, S.; Seagle, J. P. Artificial intelligence and the management science practitioner: knowledge enhancements to a decision support system for vehicle routing. Interfaces, 18(2): 85-933, 1988.

Fordyce, K.; Norden, P.; Sullivan, G. Artificial intelligence and the management science practitioner: links between operations research and expert systems. *Interfaces*, 17(4): 34-40, 1987.

Grant, T. J. Lessons for O. R. from A. I.: a scheduling case study. *J. Opl. Res. Soc.*, 37(1): 41-57, 1986.

Hendry, L. C. The potential impact of artificial intelligence on the practice of OR. *European Journal of Operational Research*, 28(2): 218-225, 1987.

Kusiak, A. e Chen, M. Expert systems for planning and scheduling manufacturing systems. *European Journal of Operational Research*, 34(2): 113-130, 1988.

O'Keefe, R. M. Expert systems and operational research - mutual benefits. *J. Opl. Res. Soc.*, 36(2): 125-129, 1985.

O'Keefe, R. M.; Belton, V.; Ball, T. Experiences with using expert systems in O. R. *J. Opl. Res. Soc.*, 37(7): 657-668, 1986.

Phelps, R. I. Artificial intelligence - an overview of similarities with O. R. *J. Opl. Res. Soc.*, 37(1): 13-20, 1986.

Rao, H. R. e Lingaraj, B. P. Expert systems in production and operations management: classification and prospects. *Interfaces*, 18(6): 80-91, 1988.

RELACIONAMENTO ENTRE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA: APLICAÇÃO A UM PROBLEMA DE "SCHEDULING" - PARTE I

Raul Fonseca Neto

Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE

RESUMO

É um dos objetivos deste trabalho mostrar algumas relações entre técnicas de Programação Matemática e Inteligência Artificial na solução de problemas. Em particular, descrevemos um modelo de programação multi-objetiva "fuzzy" para um problema de "scheduling" aplicado ao