

Renato Vairo Belhot e João Vitor Moccellin
Departamento de Engenharia Mecânica
Área de Engenharia de Produção
Escola de Engenharia de São Carlos - USP
CAIXA POSTAL 359 - SÃO CARLOS-SP - 13560.

I. INTRODUÇÃO

Se a inteligência for entendida como a habilidade de se compreender situações novas, e se essa capacidade puder ser extrapolada para um computador, via algum esquema de programação, então o computador poderia receber o adjetivo de inteligente, mas sem dúvida refletindo uma inteligência artificial.

A Inteligência Artificial (I.A.), um novo campo de pesquisa, ocupa-se do estudo e aplicação do processo básico de aprendizado humano, o qual absorve novas informações e torna-as disponíveis para referências futuras. A mente humana pode incorporar novos eventos e fatos sem modificar seu funcionamento e sem prejudicar outros conhecimentos que já possua. A I.A. procura desenvolver programas de computador que operem de uma forma similar.

Em função de ser relativamente recente e significativamente complexa, as fronteiras da I.A. ainda não estão bem delineadas e o seu entendimento ainda não é único, o que dá margem a várias definições e interpretações. Para citar uma definição, entre as diversas propostas, pode-se utilizar o conceito de RICH [13], que define Inteligência Artificial como "o estudo de como fazer os computadores realizarem tarefas em que, no momento, as pessoas são melhores".

Independentemente da definição que seja adotada, a I.A. estrutura-se em torno da compreensão dos processos humanos de aprendizagem e da aplicação do conhecimento, através da modelagem desses processos via programas para computador.

As pesquisas na área de I.A. enfatizam, basicamente, o processamento de linguagem natural, visão e robótica, e sistemas especialistas.

Desde o seu primórdio, os pesquisadores de I.A. buscam construir programas inteligentes, porém as estratégias adotadas por esses pesquisadores alteraram-se ao longo do tempo. Inicialmente, tentaram desenvolver métodos gerais, que poderiam ser aplicados a diferentes problemas, em diferentes áreas do conhecimento. Apesar de alguns progressos, esta estratégia não frutificou, principalmente devido às dificuldades encontradas, cedendo lugar a outra orientação.

A nova estratégia enfatizava a investigação do papel do conhecimento na solução de problemas reais (práticos), para certos campos do conhecimento (domínio), retratando a percepção de que o conhecimento e as regras heurísticas não são intercambiáveis entre domínios.

O significado dessa percepção era que os sistemas baseados no conhecimento (programas inteligentes) deveriam buscar soluções para

0793263

problemas específicos, restritos, em outras palavras, problemas da alçada de especialistas humanos.

Dentro desse contexto, começaram a ser desenvolvidos programas de computador com um propósito específico, sistemas que eram especialistas (inteligentes) em alguma área limitada do conhecimento. Esses programas foram chamados Sistemas Especialistas.

II. UMA VISÃO GERAL DE SISTEMAS ESPECIALISTAS

Os sistemas especialistas indicavam um efetivo canal de comunicação da teoria com a prática. Os esforços dos pesquisadores concentraram-se em formas eficientes de representação do conhecimento especializado e em esquemas de como operacionalizar esse conhecimento em um programa de computador, diferente da estrutura dos programas convencionais.

Algumas premissas nortearam os progressos obtidos no desenvolvimento de sistemas especialistas, entre elas:

- seu desempenho deve ser comparável ao de um especialista humano, em termos da confiabilidade e acuracidade das recomendações que gera.
- deve ser capaz de verificar a consistência da descrição do problema e dos dados de entrada e fornecer ao usuário alguma indicação de inconsistência.
- deve ser capaz de aceitar a descrição de um problema em termos de fatos, objetos ou eventos e transformá-la em esquemas próprios de representação.

Neste particular, sistemas especialistas utilizam-se de símbolos (caracteres relacionados a algum conceito real) para resolver problemas e é neste aspecto que eles diferem dos sistemas de processamento convencionais. Enquanto os softwares convencionais empregam linguagens procedurais utilizando computação numérica, os sistemas especialistas utilizam-se de computação simbólica.

Outra característica que diferencia os sistemas especialistas é a sua estrutura particular de organização.

No processamento convencional as relações entre os dados e o algoritmo são expressas nos procedimentos de programação, de modo que qualquer alteração ou mesmo a manutenção do programa pode exigir uma completa revisão do mesmo.

Os sistemas especialistas, por sua vez, apresentam uma estrutura diferenciada de organização, segundo a qual o conhecimento está separado do restante do programa.

Consoante com as premissas estabelecidas, a estrutura básica de um sistema especialista envolve, no mínimo, três componentes: a Base de Conhecimento, a Máquina de Inferência e a Interface com o Usuário.

SYSNO	0793263
PROD	000747
ACERVO EESC	



1) A Base de Conhecimento.

Contém o conhecimento adquirido sobre um certo domínio, que é representado de uma forma específica. Esse conhecimento está separado dos outros conhecimentos e procedimentos (heurísticas, busca e ordenação e demais controles) do sistema especialista.

Diferentes tipos de conhecimento podem ser incorporados a essa base, por exemplo, conhecimento sobre como resolver o problema, conhecimento sobre objetos ou eventos do domínio e suas relações, e fatos sobre o domínio onde o problema se manifesta.

A Base de Conhecimento é um componente vital de um sistema especialista por envolver duas atividades cruciais, ou seja, a aquisição do conhecimento e a representação formal desse conhecimento no programa (sistema).

A aquisição do conhecimento pressupõe a habilidade de perceber o campo de ação (identificação do domínio), de selecionar o conhecimento relevante (para o problema) e de extraí-lo de alguma fonte (livros, dados empíricos, estudo de casos ou de especialistas humanos).

A representação do conhecimento ocupa-se de como sistematizar esse conhecimento em um processo lógico, que conduza à solução do problema. Os esquemas mais usuais para a representação do conhecimento são: Regras (de Produção), "Frames", Redes Semânticas e Lógica de Predicados. Essas técnicas ou esquemas podem ser usadas isoladamente ou combinadas e cada uma delas tem características que as tornam mais ou menos apropriadas a certos tipos de problemas, podendo tornar o sistema especialista mais eficiente, mais compreensível ou mais fácil de ser modificado.

2. A Máquina de Inferência.

O processo de derivar conclusões através de um mecanismo de raciocínio, utilizando a base de conhecimento, é chamado de inferência. Os mecanismos básicos utilizados nesse processo de geração de conclusões (busca heurística, métodos analíticos, raciocínio hierarquizado, etc) compõem a máquina de inferência. Em termos gerais, a máquina de inferência é responsável pela busca e organização das informações junto à base de conhecimento.

A combinação (ou tipos) de mecanismos utilizados e o princípio de raciocínio caracterizam diferentes abordagens que podem ser dadas à questão da máquina de inferência, entre elas:

- Encadeamento para Frente
- Encadeamento para Trás
- Blackboard
- Raciocínio por hipóteses
- Outros.

Vale a pena ser salientado, que sistemas especialistas podem incorporar incertezas ao conhecimento e às conclusões, isto é, eles podem tratar de conhecimento incompleto ou incerto.

3. Interface com o Usuário.

A interface com o usuário é o componente do sistema que é responsável pela comunicação entre o usuário e o sistema. É através desse diálogo que o sistema solicita as informações necessárias (dados de entrada) e é através dele também que o usuário pode ter acesso ao processo de raciocínio empregado pelo sistema.

Esse diálogo permite ao usuário inquirir o sistema sobre porque são necessárias determinadas informações - mecanismos de explicação - ou solicitar que o mesmo explique suas afirmações/recomendações - mecanismos de justificativa.

A interface com o usuário deve ser projetada de forma a ser simples e de fácil entendimento. A utilização de mecanismos de ajuda ao usuário ("Help") - que fornecem explicações sobre determinados tópicos - e de "menu", contribuem para tornar a interface mais objetiva.

Vários outros recursos poderiam ser citados, como a possibilidade do sistema aceitar respostas múltiplas do usuário, inclusive com a incorporação de fatores de certeza, aspectos que aumentam a flexibilidade do sistema.

A flexibilidade de um sistema especialista também pode ser melhorada através da incorporação de outros componentes, por exemplo, um módulo de integração com outros programas externos.

Essas considerações sobre flexibilidade conduzem à questão da forma de desenvolvimento de um sistema especialista, que pode ocorrer de duas formas básicas. A primeira via linguagens de programação e a segunda através de softwares específicos para sistemas especialistas chamados "Shells".

O desenvolvimento através de linguagens de programação (LISP, PROLOG, C, etc) é mais flexível, porém exige o projeto e programação de todos os componentes de um sistema especialista.

Um "shell" - um sistema especialista onde só o compartimento da base de conhecimento está vazio - é menos flexível devido à previa estruturação, contudo torna o desenvolvimento de um sistema especialista mais rápido, mais barato e relativamente mais simples.

A escolha de uma ou outra forma de desenvolvimento depende da natureza do problema a resolver, dos objetivos de quem desenvolve o sistema, da experiência em sistemas especialistas, dos recursos disponíveis, entre outros parâmetros.

Detalhes adicionais sobre a conceituação e ferramentas de desenvolvimento de sistemas especialistas podem ser encontrados em ASSAD & GOLDEN [1]; TURBAN [14]; KASTNER & HONG [8] e POLLITZER & JENKINS [11].

III. APLICAÇÕES DE SISTEMAS ESPECIALISTAS NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Após a breve caracterização de sistemas especialistas, pretende-se estender a análise sobre esse contexto, através de um levantamento das aplicações realizadas dentro da área de Engenharia de

Produção, identificando os tipos de problemas que têm sido abordados pela tecnologia de sistemas especialistas.

Para a elaboração deste levantamento, serviram de fonte de consulta os artigos que discutem especificamente uma aplicação realizada e os artigos que procuram relacionar diversas aplicações desenvolvidas dentro do mesmo domínio.

Será adotada como uma dimensão para o enquadramento das aplicações em Engenharia de Produção, a Resolução No. 10/77 do Conselho Federal de Educação - MEC, que estabelece um elenco de cinco matérias de Formação Profissional Específica para a habilitação em Engenharia de Produção.

Adotando esse critério perde-se em generalidade, na medida em que não se consideram outras matérias como Engenharia Econômica, Higiene e Segurança do Trabalho e Organização do Trabalho, e nem o potencial de aplicação de sistemas especialistas nas interfaces da Engenharia de Produção com outras áreas do conhecimento, como é o caso de Gerência de Manutenção.

Contudo, ganha-se em especificidade, uma vez que essas cinco matérias caracterizam a habilitação e representam o cerne da Engenharia de Produção. Abre-se também com essa classificação, possibilidade para a realização de outros trabalhos que explorem esses aspectos.

Outra dimensão, que compõe a estrutura de classificação, refere-se à orientação da aplicação, expressa em termos de atividades orientadas para o planejamento de um sistema ou tarefa e as orientadas para a operacionalização. Em termos bem simples, as atividades orientadas para o planejamento são as que procuram definir, organizar ou estruturar um sistema, tarefa ou operação (o que) e as atividades orientadas para a operacionalização refletem uma forma pela qual as operações ou atividades devem ser executadas (como).

A terceira dimensão explora a extensão da aplicação, em termos dos setores ou áreas de um sistema ou organização que são envolvidas pela aplicação desenvolvida. As aplicações serão classificadas como restritas (quando limitarem-se a uma área) ou integradoras (quando guardarem relações diretas com outras áreas ou setores).

O propósito desta classificação é retratar quais assuntos, dentro das cinco matérias, foram objeto de aplicação de sistemas especialistas (ou eventualmente sistemas baseados no conhecimento). Portanto, o interesse reside em explicitar as aplicações por tipo e matéria para averiguar o potencial de outras aplicações e não contabilizar o número de aplicações realizadas.

A combinação dessas três dimensões resulta em uma estrutura de classificação, que não tem a pretensão de ser universal, nem tão pouco exaustiva.

No quadro 1, fornecido a seguir, estão sintetizadas as aplicações referenciadas na bibliografia pesquisada.

		EXTENSAO DA APLICACAO			
		RESTRITA	INTEGRADORA		
SISTEMAS ESPECIALIZADOS DE PRODUCAO	CONTROLE DE QUALIDADE	• Controle Estatístico Processo		OPERAC.	SISTEMAS ESPECIALIZADOS DE PRODUCAO
		• Selecao de Graficos de Controle		PLANEJ.	
	METODOS DE PESQUISA OPERACIONAL	• Roteamento de Veiculos • Scheduling • Simulacao	• Programacao Linear • Formulacao de Modelos de Simulacao • Gerenciamento de Projetos	OPERAC.	
				PLANEJ.	
	ESTUDO DE TEMPOS E METODOS			OPERAC.	
				PLANEJ.	
	PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUCAO	• Programacao da Producao	• Replanejamento da Producao	OPERAC.	
		• Modelos de Controle de Estoques (Escolha)	• Planejamento da Capacidade • Planejamento (Agregado) da Producao • Gerenciamento da Producao (SFM, IG)	PLANEJ.	
	PROJETO DO PRODUTO E DA FABRICA	• Movimentacao de Materiais • Projeto do Produto (Especificacoes)		OPERAC.	
			• Layout	PLANEJ.	

Quadro 1 - Aplicacoes de Sistemas Especialistas na Engenharia de Producao

Pode-se depreender do quadro 1 que a grande maioria das aplicações trata da solução de problemas específicos e relativamente bem conhecidos (estruturados). Com exceção do Planejamento e Controle de Produção que foi objeto de aplicações nas quatro células (da estrutura de classificação), nas demais áreas a ênfase repousa em aplicações de cunho operacional.

Considerando a recente introdução da tecnologia de sistemas especialistas nas várias áreas do conhecimento, inclusive na Engenharia de Produção, como uma alternativa de solução de determinados problemas, é de se esperar que, até que se atinja a sua plena utilização, alguns estágios devem ser superados. Esses estágios caracterizam-se por: (1) pioneiros apresentam uma tecnologia, através de sua publicação nos meios científicos; (2) há um sentimento coletivo de reserva em aceitá-la, até que algum evento significativo ocorra que motive os pioneiros e incentive outros; (3) as contingências favoráveis motivam a utilização desta tecnologia em vários campos do conhecimento, a princípio em aplicações restritas, (4) a experiência prática e a sedimentação teórica, impulsionadas por novos desenvolvimentos teóricos, motivam a realização de aplicações mais abrangentes e (5) um estágio, que se manifesta inclusive nos anteriores, de crítica, de consequências imprevisíveis.

Através desta proposta de estágios de evolução, podem ser realizadas algumas inferências sobre as aplicações de sistemas especialistas na Engenharia de Produção.

Em termos do estágio (2), muitos artigos foram escritos sobre a possibilidade (potencial) de utilização de sistemas especialistas pela Engenharia de Produção, inclusive nas suas sub-áreas.

Aplicações específicas foram desenvolvidas, a princípio mais modestas, como que verificando o benefício de tal desenvolvimento - consoante com o estágio (3). O sucesso de determinadas aplicações gerou o interesse para outras, abordando uma gama maior de problemas. Até que, a integração de sistemas especialistas com outros programas ou pacotes ampliou a classe de problemas que poderiam ser abordados - estágio (4).

Dentro desse contexto, observa-se no quadro 1 que a matéria Planejamento e Controle de Produção evidencia uma passagem por todos esses estágios, trajetória que está sendo seguida por Métodos de Pesquisa Operacional, talvez porque evidenciem mais claramente os benefícios ou possibilidades imediatas de aplicação.

As matérias Controle de Qualidade e Projeto do Produto e da Fábrica já evidenciam a sua movimentação em alguns desses estágios.

Especificamente Estudo de Tempos e Métodos não iniciou a sua caminhada. Porém, os profissionais que atuam nesta área devem empenhar-se pelo menos em verificar, através da experiência prática, a viabilidade e os benefícios de se utilizar a tecnologia de sistemas especialistas.

IV. CONCLUSÕES

Em termos gerais, as direções viáveis para o desenvolvimento de sistemas especialistas na área de Engenharia de Produção apontam para:

Atividades de Projeto e/ou Planejamento.

Sistemas especialistas podem contribuir na questão da escolha do modelo e na sua formulação. Um sistema especialista pode auxiliar o usuário na definição ou concepção dos modelos apropriados para o seu problema, identificando as características principais do problema que afetam a escolha do modelo. Características que são extraídas da interação entre o sistema e o usuário. Considerando na matéria Projeto do Produto e da Fábrica, por exemplo, a questão de Análise de Localização (Macro Localização da Fábrica), onde vários parâmetros ou fatores conhecidos como, por exemplo, a proximidade do mercado consumidor e fornecedor de matérias-primas, facilidade de transporte, disponibilidade de mão-de-obra, condições do clima, infra-estrutura necessária e incentivos fiscais, influenciam a determinação dos objetivos a serem fixados (econômicos ou não-econômicos). Neste caso, um sistema especialista pode ajudar na seleção do subconjunto de parâmetros relevantes para a modelagem do problema (condições de contorno).

O desenvolvimento de um sistema especialista também pode ser útil na formulação de um modelo. Retomando a questão da localização da fábrica, uma vez identificados os parâmetros relevantes, um sistema especialista pode auxiliar na montagem do modelo, identificando as variáveis e o relacionamento entre elas, no estabelecimento do objetivo, ou mesmo na indicação do modelo mais apropriado, entre os modelos teóricos disponíveis.

Assim como para a matéria Projeto do Produto e da Fábrica foi apontada uma aplicação não referenciada na literatura pesquisada, outras aplicações podem ser aventadas nas demais matérias, sobre assuntos não explorados.

Atividades de Operação e Controle.

Enquadram-se nesta categoria as aplicações voltadas para a Geração de Soluções - onde o sistema especialista pode se ocupar da busca de soluções, de seu melhoramento ou da análise das consequências de cada alternativa, como no caso de programação de produção, roteamento de veículos ou na simulação de um modelo; na Interpretação de Dados - como na aplicação referente à análise dos gráficos de controle; ou em atividades de Controle ou Acompanhamento - que podem exigir uma análise das consequências de cada alternativa, quando forem necessárias ações compensatórias, por exemplo, a quebra de uma máquina no contexto da programação da produção.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSAD, A.A. & GOLDEN, B.L. Expert Systems, Microcomputers, and Operations Research. Comput. & Ops. Res., 13(2/3): 301-321, 1986.
2. BADIRU, A.B. Expert Systems and Industrial Engineers: a practical guide to a successful partnership. Computers & Ind. Engng., 14(1): 1-13, 1988.
3. DAGLI, C.H. & STACEY, R. A Prototype Expert System for Selecting Control Charts. Int. J. Prod. Res., 26(5): 987-996, 1988.

4. DOUKIDIS, G.I. & PAUL, R.J. Research into Expert Systems to aid Simulation Model Formulation. J. Opl. Res. Soc., 36(4): 319-325, 1985.
5. 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):85-93, 1988.
6. EVANS, J.R. & LINDSAY, W.M. A Framework for Expert System Development in Statistical Quality Control. Computers & Ind. Engng, 14(3): 335-343, 1988.
7. GRANT, T.J. Lessons for O.R. from A.I.: a scheduling case study. J. Opl. Res. Soc., 37(1): 41-57, 1986.
8. KASTNER, J.K. & HONG, S.J. A Review of Expert System. European Journal of Operational Research, 18(3): 285-292, 1984.
9. KUMARA, S.R.T. et alli. Expert Systems in Industrial Engineering. Int. J. Prod. Res., 24(5): 1107-1125, 1986.
10. KUSIAK, A. & CHEN, M. Expert Systems for Planning and Scheduling Manufacturing Systems. European Journal of Operational Research, 34(2): 113-130, 1988.
11. POLLITZER, E. & JENKINS, J. Expert Knowledge, Expert Systems and commercial interests. Omega, 13(5): 407-418, 1985.
12. RAO, H.R. & LINGARAJ, B.P. Expert Systems in Production and Operations Management: classification and prospects. Interfaces, 18(6): 80-91, 1988.
13. RICH, E. Inteligência Artificial. Editora McGraw-Hill Ltda, 1988.
14. TURBAN, E. Expert Systems - another frontier for industrial engineering. Computers & Ind. Engng., 10(3): 227-238, 1986.

ANÁLISE ERGONÔMICA DE UM SISTEMA INFORMATIZADO O PROJETO SIGO DA RFFSA

Autores:

Fausto Leopoldo Mascia , M. Eng.
Universidade de São Paulo
Escola Politécnica
Departamento de Engenharia de Produção

Neri dos Santos, Dr. Ing.
Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico
Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas
Campus Universitário - Trindade - Florianópolis - SC
Telefone: (0482) 33-1255

RESUMO

A informatização dos sistemas produtivos, se por um lado tem permitido uma maior agilização no tratamento das informações, por outro lado tem gerado novas situações de trabalho, afetando diretamente a repartição de funções entre o homem e o sistema informatizado.

Todavia, os métodos de análise do trabalho, baseados apenas na observação das atividades motoras do indivíduo, negligenciando as atividades perceptivas e mentais, não permitem evidenciar os aspectos cognitivos de atividade humana e, consequentemente, não se prestam para o estudo de sistemas produtivos informatizados.

Neste sentido, a análise ergonômica do trabalho, que busca a geração de parâmetros para uma nova forma de organização, principalmente em processos nos quais a ótica taylorista de mostra inadequada, pode contribuir para melhor interação entre o homem e os sistemas produtivos informatizados.

Assim sendo, o presente artigo, a partir da análise ergonômica do trabalho, dos operadores do sistema informatizado de gerenciamento operacional, da Rede Ferroviária Federal S.A., procura estabelecer um diagnóstico desta situação, em vista de uma melhor repartição de funções entre o homem e o sistema informatizado.

PALAVRAS CHAVES:

Ergonomia, Estudo do Trabalho, Sistema homem-máquina, Informatização dos Sistemas Produtivos, SIGO.