



Inteligência Artificial
Prof. Luiz Antonio Ferraro Mathias

Conceito de SI

Os Sistemas Especialistas (SE) podem ser caracterizados como sistemas que reproduzem o conhecimento de um especialista adquirido ao longo dos anos de trabalho (KANDELL, 1992). São sistemas que solucionam problemas que são resolvíveis apenas por pessoas especialistas (que acumularam conhecimento exigido) na resolução destes problemas (FEI, 1977).

Também são identificados como programas de computador que tentam resolver problemas que os seres humanos resolveriam emulando o raciocínio de um especialista, aplicando conhecimentos específicos e inferências são ditos Sistemas Especialistas (ROL, 1988).

O desenvolvimento de um SE incorpora, para além de uma vertente técnica, uma vertente humana complexa, visto haver a necessidade do estabelecimento de um relacionamento de confiança entre quem especifica e desenvolve o sistema e quem possui o conhecimento.

Conceito de SI

Um Sistema Especialista é aquele que:

- a. É projetado e desenvolvido para atender a uma aplicação determinada e limitada do conhecimento humano;
- b. É capaz de emitir uma decisão, apoiado em conhecimento justificado, a partir de uma base de informações, tal qual um especialista de determinada área do conhecimento humano;
- c. Além de inferir conclusões, deve ter capacidade de aprender novos conhecimentos (melhorando o seu desempenho de raciocínio, e a qualidade de suas decisões).

Um Sistema Especialista é apropriado quando:

- a. Existe escassez de especialistas;
- b. A informação disponível é pobre, parcial ou incompleta, ou quando o problema é incompletamente definido;
- c. O conhecimento é baseado em regras que somente podem ser aprendidas através da experiência;
- d. O problema está sujeito a rápidas mudanças de regras e códigos.



Atributos dos Sistemas Especialistas

Atributos dos Sistemas Especialistas segundo CASTILHO, 1998.

- a. O sistema tem separado o conhecimento específico do especialista e a metodologia de solução de problemas;
- b. A transferência interativa de conhecimento pode minimizar o tempo necessário para transferir o conhecimento do especialista para uma base de conhecimento;
- c. A estratégia de controle pode ser, simples e transparente, ao usuário, isto é, o usuário capaz de compreender e prever os efeitos de adição, alteração e deleção de itens na base de conhecimento.



Sistemas especialistas x conhecimento

Os Sistemas Especialistas são construídos a partir da experiência e do conhecimento de um especialista humano (adquirido ao longo dos anos), o qual fornecerá a base das informações necessárias.

Os especialistas têm a capacidade de resolver problemas difíceis, explicar os resultados obtidos, aprender, reestruturar o conhecimento e determinar as suas características relevantes, porém muitas vezes têm dificuldade em explicar o seu modo de raciocínio de uma maneira analítica (FERNANDES, 1996).



Sistemas especialistas x sistemas convencionais

A diferença básica entre um Sistema Convencional (SC) e um Sistema Especialista (SE) reside no fato de que o primeiro é baseado em um algoritmo, processa um conjunto de dados e instruções de forma repetitiva para emitir determinados resultados enquanto um SE trabalha com situações e problemas para os quais não existe uma solução convencional.

Um sistema convencional, fundamentalmente, é baseado em um algoritmo, emite um resultado correto ao final do seu processamento, e processa um volume de dados de maneira repetitiva. Já um sistema especialista, é baseado em uma busca heurística, trabalha com problemas para os quais não existe uma solução convencional organizada de forma algorítmica disponível ou é muito demorada.



Sistemas especialistas x sistemas convencionais

Os Sistemas Especialistas possuem algumas facilidades em relação aos Sistemas Convencionais:

- a. Possibilidade para construção de regras
- b. Tomada lógica de decisões sob imprecisão ou na ausência de informações
- c. Nas aplicações (programas) tradicionais, o método de busca é baseado no conhecimento e nas regras codificadas previamente, havendo a necessidade de reescrita do código no caso do surgimento de novos conhecimentos. Já os SE's podem recuperar novos fatos e regras e usá-los sem modificar a estratégia de busca (SABBATINI, 1993).



Engenharia do conhecimento

O processo de construção de um Sistema Especialista é chamado de Engenharia do Conhecimento e envolve a interação entre:

Especialista humano: toma decisões sobre determinado assunto a partir de fatos que encontra e hipóteses que formula, buscando em sua memória um conhecimento prévio armazenado durante anos, no período de sua formação e no decorrer de sua vida profissional, sobre esses fatos e hipóteses. E o faz de acordo com sua experiência, isto é, com seu conhecimento acumulado sobre o assunto e, com esses fatos e hipóteses, emite a decisão (SCHWABE e CARVALHO, 1987).

Para tomar uma decisão sobre um determinado assunto, um especialista humano o faz a partir de fatos que encontra; de hipóteses que formula, buscando em sua memória um conhecimento prévio armazenado durante anos, no período de sua formação e no decorrer de sua vida profissional, sobre esses fatos e hipóteses; e o faz de acordo com a sua experiência e o seu conhecimento acumulado sobre o assunto e, com esses fato e hipóteses.



Engenharia do conhecimento

Durante o processo de raciocínio, o especialista humano vai verificando qual a importância dos fatos que encontra, comparando-os com as informações já contidas no seu conhecimento acumulado sobre esses fatos e hipóteses. Com esse processo de raciocínio, o especialista humano pode não chegar a uma decisão se os fatos de que dispõe para aplicar o seu conhecimento prévio não forem suficientes.

O construtor do Sistema: chamado também de Engenheiro do Conhecimento, cujo papel é o de “extrair” procedimentos, estratégias e de um especialista humano para a solução de determinado problema (WATERMAN, 1986).



Engenharia do conhecimento

Um Engenheiro do conhecimento entrevista especialistas em um determinado domínio e tenta incorporar seu conhecimento em um programa de computador para realizar alguma tarefa. O quão bem isso funciona depende se os mecanismos intelectuais necessários para a tarefa estão dentro do estado atual da IA. Quando isso não aconteceu, houve muitos resultados decepcionantes. Um dos primeiros sistemas especialistas foi o MYCIN em 1974, que diagnosticou infecções bacterianas do sangue e sugeriu tratamentos. Ele se saiu melhor do que estudantes de medicina ou médicos praticantes, desde que suas limitações fossem observadas. Ou seja, sua ontologia incluía bactérias, sintomas e tratamentos e não incluía pacientes, médicos, hospitais, morte, recuperação e eventos que ocorriam no tempo. Suas interações dependiam da consideração de um único paciente. Como os especialistas consultados pelos engenheiros do conhecimento sabiam sobre pacientes, médicos, morte, recuperação etc., é claro que os engenheiros do conhecimento forçaram o que os especialistas disseram a eles em uma estrutura predeterminada. No estado atual da IA, isso tem que ser verdade.



Engenharia do conhecimento

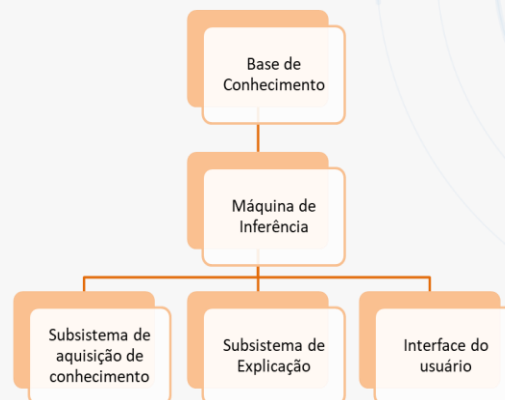
O Engenheiro do conhecimento é responsável pelo processo de aquisição do conhecimento; poderá ser o implementador do Sistema; deve ser capaz de lidar com incertezas sobre o conhecimento em causa; deve conhecer os métodos de representação e estruturação do conhecimento; deve ser alguém com capacidades humanas e sociais adequadas à motivação do especialista, e deve saber quais as necessidades dos usuários finais do sistema.

Usuário: é a pessoa que vai determinar as principais restrições de projeto. As habilidades e necessidades do usuário devem ser consideradas ao longo de todo o ciclo do projeto, pois se o usuário não ficar satisfeito, o esforço de desenvolvimento será um desperdício.



Estrutura de um sistema especialista

Os Sistemas Especialistas apresentam 5 componentes:



Base de conhecimento

A base de Conhecimento é o local onde estão armazenados os fatos e as regras. Alguns Sistemas Especialistas utilizam regras como base para seu processamento e operação e por isso são chamados de Sistemas Baseados em Regras, outros representam o conhecimento através de Redes Semânticas ou frames. O conhecimento armazenado nesta Base pode facilmente ser modificado e quando isto ocorre basta a inserção, modificação ou exclusão de regras antigas. Uma das formas de representação do conhecimento em um Sistema Especialista é através regras de produção, ou simplesmente regras que são definidas pelo par: condição – ação, na forma de regras do tipo “IF – THEN”. O resultado do teste da condição depende do estado atual da Base de Conhecimento.

O emprego de regras traz consigo um conjunto de vantagens: fácil de entender (forma natural do conhecimento); fácil de derivar inferências e explicações; fácil modificar e manter; fácil combinar com incertezas; são frequentemente independentes.



Base de conhecimento



Base de conhecimento

Exemplo de Regras de produção

REGRA 1

SE amanhã pode chover = Não
E tenho dinheiro suficiente = Sim
E tenho tempo suficiente = Sim
ENTÃO devo ir à praia = Sim

REGRA 2

SE o serviço de meteorologia disse que vai chover amanhã = Sim
ENTÃO amanhã pode chover = Não



Base de conhecimento

REGRA 3

SE não vou sair hoje = Sim
E nenhuma emergência ocorrer = Sim
ENTÃO tenho dinheiro suficiente = Sim

REGRA 4

SE meu orientador passar trabalho extra = Sim
ENTÃO tenho tempo suficiente = Não



Base de conhecimento

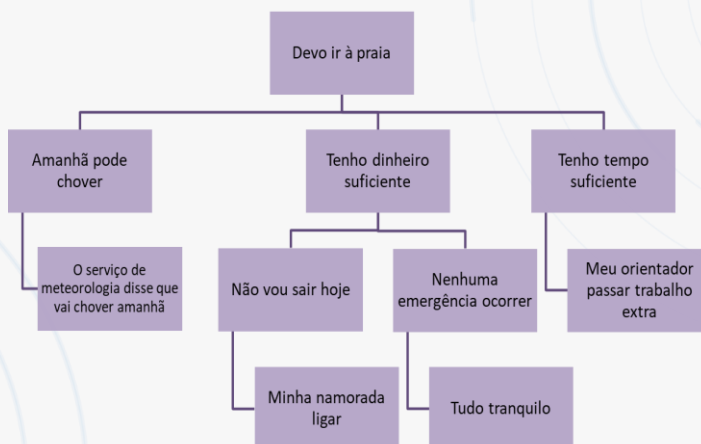
As regras podem ser avaliadas através do:

- a. **Forward Chaining** (Encadeamento para Frente), onde se partindo de um ponto inicial, chega-se a uma conclusão;
- b. **Backward Chaining** (Encadeamento para Trás), que se inicia com uma previsão (hipótese) e procura valores para confirmá-la.



Base de conhecimento

Exemplo de “encadeamento para trás”



Base de conhecimento

Memória de trabalho

A memória de trabalho é parte de um sistema especialista que contém os fatos do problema que são descobertos durante a sessão de consulta e contém todas as informações sobre o problema que são fornecidas pelo usuário ou inferidas pelo sistema. Toda informação obtida durante uma consulta é frequentemente chamada de contexto da sessão.

Máquina de inferência

Também conhecido como mecanismo de inferência, este processo procura as respostas na Base de Conhecimento, encontrando as regras necessárias a serem avaliadas e ordena-as de forma lógica. É o processador em um sistema especialista que confronta os fatos contidos na memória de trabalho com os conhecimentos de domínio contidos na base de conhecimento para tirar conclusões sobre o problema.



Base de conhecimento

Uma máquina de inferência opera como um “supervisor”, tomando decisões e julgamentos baseados em dados simbólicos contidos na Base de Conhecimento. Uma vez iniciado o Sistema, cabe a Máquina de Inferência buscar na Base de Conhecimento, fatos e regras que serão comparados com as informações fornecidas pelos usuários e buscando “combinações”.

A máquina de inferência, a partir da análise de uma determinada regra, trabalha com um mecanismo e uma estratégia de inferência:

- a. **Se** as premissas estão contidas na memória de trabalho;
- b. **Então** aplica-se a regra, adicionando as conclusões memória de trabalho;
- c. **Senão** passa para a próxima regra;
- d. **Quando** se detecta que um objetivo foi atingido ou que mais nenhuma regra se aplica, o processo de raciocínio é encerrado.



Base de conhecimento

Exemplo:

Os pais de Carlos são Paulo e Rose. Os pais de Sandra são Paulo e Rose.

SE uma pessoa do sexo masculino e uma pessoa do sexo feminino têm os mesmos pais, **ENTÃO** eles são irmãos. Esta dedução é conseguida através de um mecanismo chamado PODA que concentra uma regra guardada em nosso cérebro.

A parte da inteligência que nos permitiu deduzir que Carlos e Sandra são irmãos (novo fato) é chamada de mecanismo de inferência. Este é fundamental em nossa capacidade de aprender com a experiência porque nos permite gerar novos fatos a partir dos já existentes e, também, colabora para a detecção de falhas em nosso pensamento.



Base de conhecimento

Subsistema de aquisição do conhecimento

Através deste mecanismo podemos inserir, alterar ou excluir conhecimentos armazenados na Base de Conhecimento.

Subsistema de explicações

Empregado para explicar aos usuários a linha de raciocínio que o Sistema Especialista empregou para alcançar determinada conclusão. Tais subsistemas são importantes para o “*debugging*” do sistema durante o seu desenvolvimento.



Base de conhecimento

Um sistema especialista emite resposta utilizando três modos de técnicas diferentes:

- a. O sistema determina um universo onde a resposta poderá ser encontrada. Por exemplo: pode determinar, de maneira geral, onde o petróleo poderá ser encontrado, sem, no entanto, afirmar de maneira precisa em que regiões se encontrará o petróleo;
- b. O sistema é mais preciso e determina um resultado;
- c. O sistema não emite resultado nenhum, apenas interage com o profissional que o está usando.

Interface com usuário

Estabelece um meio de comunicação entre o usuário e o Sistema, podendo utilizar menus, perguntas e representações gráficas.



Benefícios da utilização de sistemas especialistas

- Velocidade na determinação dos problemas;
- A decisão está fundamentada em uma base de conhecimento;
- Segurança;
- Exige pequeno número de pessoas para interagir com o sistema;
- Estabilidade;
- Dependência decrescente de pessoal específico;
- Flexibilidade;
- Integração de ferramentas;
- Evita interpretação humana de regras operacionais.



Problemas enfrentados por sistemas especialistas

- **Fragilidade** - Como os Sistemas Especialistas somente têm acesso a conhecimento altamente específicos do seu domínio não possuem conhecimentos mais genéricos quando a necessidade surge;
- **Falta de metaconhecimento** - Geralmente não possuem conhecimentos sofisticados sobre sua própria operação, portanto não conseguem raciocinar sobre seu próprio escopo e restrições (dificuldade em explicitar o conhecimento que utiliza). A aquisição do conhecimento continua sendo um dos maiores obstáculos a aplicação de tecnologia dos Sistemas Especialistas a novos domínios.
- **Validação** - A medição do desempenho de Sistemas Especialistas é muito difícil porque não sabemos quantificar o uso de conhecimento.



Tipos genéricos de emprego de sistemas especialistas

Interpretação

inferem descrições de situações a partir da observação de fatos, fazem a análise de dados e procuram determinar as relações e seus significados. Envolve sistemas que vão desde a compreensão de voz, compreensão de texto e compreensão de imagem;

Diagnósticos

inferem mal funcionamentos de sistemas a partir de observações, prescrevem “remédios” para o mal funcionamento. São frequentemente utilizados por sistemas que também tratam a Interpretação.

Monitoramento

aparecem muitas vezes associados ao diagnóstico. Trata-se, no fundo, de acompanhar a evolução de um sistema através de medições de grandezas que possam indicar o modo como o sistema evolui;

Previsão

a partir da modelagem de dados do passado e do presente, este sistema permite uma determinada previsão do futuro;

Planejamento

desenvolvem-se sistemas capazes de responder à questão de como gerar um plano para resolver um dado problema;



Tipos genéricos de emprego de sistemas especialistas

Projeto

possui características parecidas com as do planejamento, sendo capaz de justificar a alternativa tomada para o projeto final, e de fazer uso desta para alternativas futuras;

Depuração

possui mecanismos para fornecerem soluções para o mau funcionamento provocado por distorções de dados;

Reparo

desenvolve e executa planos para administrar os reparos verificados na etapa de diagnóstico;

Instrução

trata-se de proporcionar uma ferramenta de ensino e treino por computador;

Controle

governa o comportamento geral de outros sistemas com o objetivo de “dar ordens” a um conjunto de entradas de modo a que um dispositivo ou sistema consiga cumprir adequadamente as suas funções.



Exemplos de sucesso de sistemas especialistas

- MYCIN - Sistema Especialista mais conhecido com conhecimento sobre parâmetros de análises sanguíneas para diagnosticar automaticamente problemas relacionados com infecções bacterianas. A base de conhecimento do MYCIN desenvolvida ao longo de vários anos com conhecimento oriundo de vários especialistas (450 regras);
- DENDRAL - Primeiro Sistema Especialista que tratava espectros de massa e respostas magnéticas ao nível nuclear de modo a fornecer informação sobre a estrutura molecular de compostos desconhecidos, sendo desenvolvido em meados dos anos 60 e melhorado por vários investigadores;
- INTERNIST - Sistema Especialista aplicado à Medicina Interna, com foco no diagnóstico de problemas individuais. Capaz de combinar problemas separados que ocorram simultaneamente num mesmo paciente. Um dos sistemas especialistas mais completos no âmbito da medicina



Expectativas em relação a um sistemas especialistas

- i. Resolução de problemas para o domínio para o qual foi concebido;
- ii. Facilidade de manutenção incremental da sua base de conhecimento;
- iii. Conhecimento apresentado de forma atraente e legível (alguns geradores de sistemas especialistas permitem a inclusão do conhecimento numa língua quase natural);
- iv. Desempenho semelhante a um especialista (capacidade de explicar como chegou a uma dada conclusão, porque qual razão não foi possível chegar a uma dada conclusão ou porque está a pôr uma dada questão ao usuário);
- v. Mecanismo de raciocínio eficiente em domínios nos quais a quantidade de conhecimento seja elevada;
- vi. Interface que se adapte ao tipo de utilizador (especialista ou novato) e à situação em causa (normal ou crítica);
- vii. Capacidade de efetuar raciocínios considerando o raciocínio com incertezas;
- viii. Assistência nas fases de aquisição, estruturação e transferência de conhecimento, ou nas fases de verificação e validação do conhecimento.



Vantagens dos sistemas especialistas

- Explicação;
- Rapidez de resposta;
- Completude das respostas (estáveis, completas e não emocionais);
- Tutor inteligente;
- Base de dados inteligente;
- Boa confiabilidade;
- Flexibilidade;
- Capacidade de treinamento (estagiários em uma atividade, Pessoas sobre uma organização).

