

ES - III - 1

## Terceiro Capítulo

### Sistemas Periciais

#### Definições de Sistema Pericial (ES)

ES - III - 2

- Sistema informático que utiliza conhecimento na resolução de problemas normalmente resolvidos por humanos (Turban, 1988)
- Programa de computador que utiliza conhecimento de perito(s) para atingir elevado desempenho na resolução de um problema limitado (Waterman, 1986)

## A Natureza do Conhecimento Humano

ES - 01 - 3

- Deriva de estudo, treino e experiência
  
- Resulta em capacidades específicas:
  - Resolução de problemas;
  - Explicação de resultados;
  - Aprendizagem;
  - Adaptação de regras;
  - Ajustamento de conhecimento.

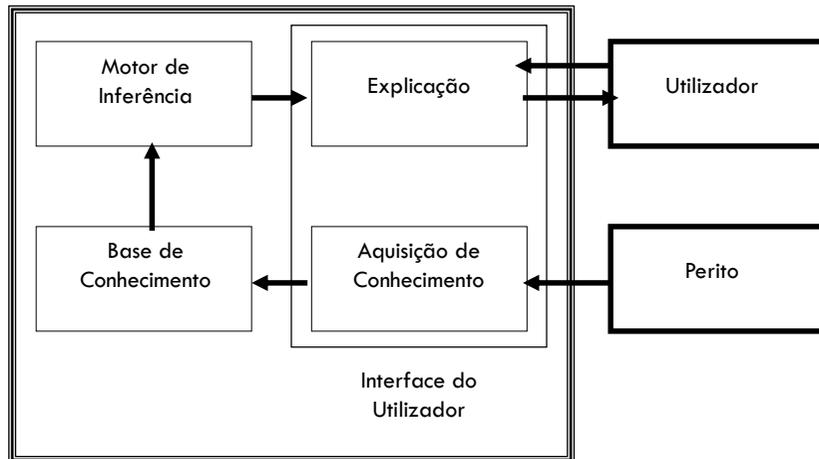
## Problemas com o Conhecimento Humano

ES - 01 - 4

- Caro (vencimento apropriado)
- Pouco fiável (desempenho de múltiplas tarefas)
- Etéreo (mudança de gerações)
- Pode ser perdido (mudança de emprego)
- Difícil de documentar (terminologia própria, raciocínios invulgares)
- Difícil de transferir (tem a ver com a dif. em interiorizar)
- Difícil de replicar

## Componentes de um Sistema Pericial

ES - III - 5



## Componentes dos ES

ES - III - 6

- ○ Perito
  - ▣ Fonte de conhecimento do sistema;
  - ▣ Já tomaram as decisões diversas vezes;
  - ▣ Deve desejar colaborar;
  - ▣ Para sistemas complexos poderão ser vários.

# Componentes dos ES

ES - II - 7

## □ O interface do utilizador

Possui duas componentes importantes:

- Aquisição de conhecimento:
  - Utilizado pelo perito quando está a ensinar o sistema;
  - Deverá ser adequado ao perito (ou a quem introduz a informação).
- Explicação:
  - Interage com o utilizador;
  - Não necessita de ser muito complexo (a interação entre os sistemas periciais e os utilizadores é menor que no caso dos sistemas de suporte à decisão)
  - Em geral, propõe uma decisão e só se o utilizador quiser é que vê os detalhes

# Componentes dos ES

ES - II - 8

## □ A base de conhecimento

- Armazena o conhecimento necessário à tomada de decisão
  
- O armazenamento do conhecimento pode ser feito de diversas formas:
  - Regras;
  - Redes semânticas;
  - Estruturas de objectos;
  - Descrições de procedimentos.

## Componentes dos ES

ES - M - 9

- O motor de inferência
  - Utiliza o conhecimento existente na base de conhecimento para a resolução de problemas ou tomada de decisão.
  - Terá que seleccionar qual o conhecimento aplicável à situação de decisão (que regras se aplicam)

## Componentes dos ES

ES - M - 11

- O utilizador
  - Introduce no sistema a descrição do problema e recebe a resposta;
  - Se for linear, a tarefa do utilizador é fácil;
  - Utilizadores humanos vs. equipamentos

## Diferenças tendenciais entre ESs e sistemas convencionais

ES - M - 12

- Ênfase na representação e uso do conhecimento
- Manipulação simbólica
- Lógica difusa
- Uso do processo inferencial
- Capacidade de obter decisões com informação incompleta (com risco)
- A falibilidade

## Diferenças entre ESs e sistemas convencionais

ES - M - 13

- Ênfase na representação e uso do conhecimento
  - ▣ Os ESs colocam a ênfase na representação e uso do conhecimento;
  - ▣ Os sistemas convencionais podem suportar representação e uso do conhecimento, mas através de longos programas sem destaque ao conhecimento;
  - ▣ Os ESs permitem que o conhecimento seja mais facilmente actualizado.

## Diferenças entre ESs e sistemas convencionais

ES - M - 14

### □ Manipulação simbólica

- Os ESs manipulam símbolos enquanto os convencionais manipulam variáveis;
- O conceito de orientação a objectos (classes) aproxima-se do conceito dos símbolos.

## Diferenças entre ESs e sistemas convencionais

ES - M - 15

### □ Lógica difusa

- Os sistemas convencionais usam a lógica binária (verdadeiro ou falso);
- Os ESs usam a lógica difusa que estabelece graus ou proporções de verdade ou fiabilidade de conceitos;
- Tanto a natureza das variáveis como a incerteza, favorecem a utilização da lógica difusa;
- Os vários graus de um determinado atributo ou acontecimento são estabelecidos com base na probabilidade de esse atributo ou acontecimento se verificar ou no grau de pertença a cada um dos extremos da escala.

## Diferenças entre ESs e sistemas convencionais

ES - M - 16

### □ Uso do processo inferencial

- Nos ESs são utilizadas as regras da Base de Conhecimento para inferir qual a decisão mais adequada;
- Podem ser usados métodos formais (dedução lógica, raciocínio heurístico, regras tipo se  $X \rightarrow Y$ , analogias) ou outros processos de inferência

## Diferenças entre ESs e sistemas convencionais

ES - M - 17

### □ Capacidade de obter decisões com informação incompleta

- O ES pode tomar decisões tendo informação incompleta uma vez que toma essas decisões com base numa multiplicidade de regras, associadas a diversos mecanismos de encadeamento das mesmas
- No entanto, tomar decisões com informação incompleta resulta num nível de risco acrescido.

## Diferenças entre ESs e sistemas convencionais

ES - M - 18

- A falibilidade
  - A flexibilidade atrás referida torna estes sistemas... falíveis!

## Aplicações genéricas de ESs

ES - M - 19

- **Diagnóstico** → O MYCIN da Stanford Medical School (regras “SENTÃO”)
- **Monitorização** → O STEAMER dá instruções ao pessoal em relação à operação do propulsor de um navio, corrigindo as acções
- **Controlo** → Vigilância automática de tráfego aéreo, ou avisos à navegação pela análise de radar, gps ou sonda de profundidade
- **Reparação** → O XCON da DEC (configuração de computadores VAX)
- **Instrução**
- **Previsão**

## Limitações dos ESs (índice)

ES - II - 20

- Incapacidade de representar conhecimento limitado no tempo
- Falta de senso comum
- Falta de reconhecimento de limitações

## Limitações dos ESs

ES - II - 21

- Incapacidade de representar conhecimento limitado no tempo
  - ▣ Os valores incluídos no ES estão limitados no tempo, uma vez que a alteração dos valores reais obriga a uma actualização explícita das regras ou dos parâmetros do ES

## Limitações dos ESs

ES - II - 22

### □ Falta de senso comum

- Quando um algoritmo ou conjunto de regras propuser algo de humanamente estranho, o ES aceitará a decisão, excepto se existir alguma regra em contrário;
- Validade de regras:
  - Externa (domínio do sistema) – regras aplicáveis à decisão em questão
  - Interna – regras correctas (em termos sintácticos e lógicos)

## Limitações dos ESs

ES - II - 23

### □ Falta de reconhecimento de limitações

- Associada à dificuldade em definir o domínio do sistema, ou validade externa do conjunto de regras
- O ES deve verificar periodicamente se o ambiente de decisão mantém os valores de todas as variáveis descritoras do ambiente relevantes para o sistema
- Definição pouco clara → decisões menos adequadas

## Obtenção e Organização de Conhecimento em ESs Requisitos para o Desenvolvimento de um ES

ES - II - 23

- Fontes de Informação
  - ▣ Existem peritos disponíveis
  - ▣ Com capacidades de resolução do problema
  - ▣ Que concordam entre si
  
- Desenvolvimento
  - ▣ Os peritos especificam o processo de solução/ decisão
  - ▣ O processo pode ser programado / especificado

## Aquisição de Conhecimento

ES - II - 24

- É o processo de identificar, obter, e organizar o conhecimento a incorporar no ES (Kim, 1988, Mallach, 1994)
  
- Identificação do(s) perito(s)
  - ▣ Competência, cooperação, disponibilidade
  - ▣ Único vs. Múltiplos
    - 1 Perito → Vantagem: maior consistência das regras;  
Desvantagem: parcialidade do conhecimento.
    - Múltiplos Peritos → negação da vantagem e desvantagens anteriores

## Aquisição de Conhecimento (cont.)

ES - II - 27

- **Dedução seguida de prototipagem**
  - O perito indica as regras, constroi-se um protótipo que será avaliado pelo perito;
  - A utilização de vários peritos neste processo pode corresponder à situação ideal.
  
- **Indução**
  - O perito toma um conjunto de decisões que proporcionam o conhecimento através de análise (pelo engenheiro do conhecimento)

O processo de indução pode originar regras que não são boas para decisões futuras (porque as regras poderão ter resultado de associações ocasionais)

## Técnicas de Obtenção de Conhecimento

ES - II - 28

- **Entrevistas (estruturadas e não estruturadas)**
  
- **Análise de tarefa**
  - Decomposição de tarefa
  - Análise do fluxo de informação
  
- **Simulação**
  
- **Automação de obtenção de conhecimento**
  - Ferramentas de knowledge acquisition (KA) – Data mining

## Características do Engenheiro de Conhecimento

ES - II - 29

- Inteligência, lógica, versatilidade e espírito inventivo
- Capacidade de comunicação
- Tacto, diplomacia, empatia e paciência
- Persistência, auto-confiança e maturidade
- Conhecimento do domínio
- Conhecimento de programação

## Representação de Conhecimento

ES - II - 30

- A representação do conhecimento deve permitir a aplicabilidade a uma variedade de problemas
- A representação de conhecimentos envolve representação de conhecimentos declarativos, procedimentos e mecanismos de controlo
- Forma de armazenar conhecimento que permita a aplicação do mesmo a uma variedade de problemas:
  - Formalismo lógico
  - Regras de produção
  - Redes semânticas
  - Estruturas de objectos
  - Descrições de procedimentos

## Formas de Armazenar Conhecimento (1/2)

ES - M - 31

### □ Formalismo lógico

(Pedido Razoável  $\wedge$  Justificado)  $\Rightarrow$  Pedido Aceite

### □ Regras de produção

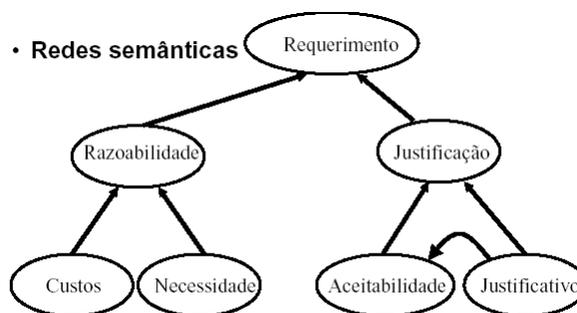
If (Pedido Razoável AND Justificado)

THEN Pedido Aceite

Nota: Este tipo de raciocínio está disponível numa variedade de linguagens de programação e ambientes de desenvolvimento

## Formas de Armazenar Conhecimento (2/2)

ES - M - 32



## Métodos de Inferência – Encadeamento de Regras

ES - M - 23

- Backward Chaining
  - Seleciona regras que produzem o output desejado
  - “WhichGive”
  
- Forward Chaining
  - Aplica as regras aos dados disponíveis
  - “WhichUse”
  - Pode preencher “nulos”, ajustar confiança, e detectar incoerência

## Backward Chaining: “WhichGive”

ES - M - 24

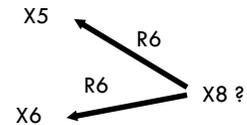
R1:  $f(X1, X2) \rightarrow X5$   
R2:  $f(X2, X4) \rightarrow X6$   
R3:  $f(X1, X2, X3) \rightarrow X6$   
R4:  $f(X2, X3) \rightarrow X7$   
R5:  $f(X2, X4) \rightarrow X7$       X1  
R6:  $f(X5, X6) \rightarrow X8$   
R7:  $f(X6, X7) \rightarrow X8$       X2      X8 ?  
X4

## Backward Chaining: "WhichGive"

ES - W - 25

R1:  $f(X1, X2) \rightarrow X5$   
R2:  $f(X2, X4) \rightarrow X6$   
R3:  $f(X1, X2, X3) \rightarrow X6$   
R4:  $f(X2, X3) \rightarrow X7$   
R5:  $f(X2, X4) \rightarrow X7$   
**R6:  $f(X5, X6) \rightarrow X8$**   
R7:  $f(X6, X7) \rightarrow X8$

X1  
X2  
X4

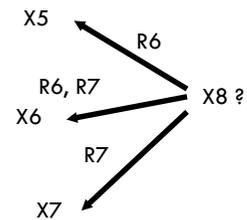


## Backward Chaining: "WhichGive"

ES - W - 26

R1:  $f(X1, X2) \rightarrow X5$   
R2:  $f(X2, X4) \rightarrow X6$   
R3:  $f(X1, X2, X3) \rightarrow X6$   
R4:  $f(X2, X3) \rightarrow X7$   
R5:  $f(X2, X4) \rightarrow X7$   
R6:  $f(X5, X6) \rightarrow X8$   
**R7:  $f(X6, X7) \rightarrow X8$**

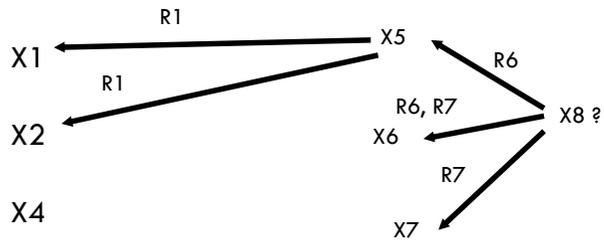
X1  
X2  
X4



## Backward Chaining: "WhichGive"

ES - 10 - 27

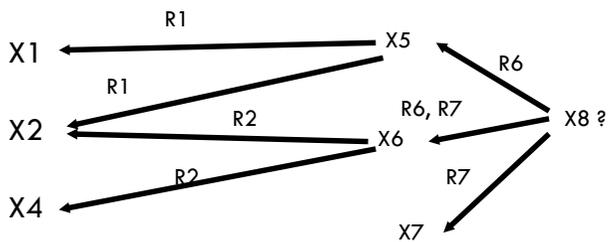
- R1:  $f(X1, X2) \rightarrow X5$
- R2:  $f(X2, X4) \rightarrow X6$
- R3:  $f(X1, X2, X3) \rightarrow X6$
- R4:  $f(X2, X3) \rightarrow X7$
- R5:  $f(X2, X4) \rightarrow X7$
- R6:  $f(X5, X6) \rightarrow X8$
- R7:  $f(X6, X7) \rightarrow X8$



## Backward Chaining: "WhichGive"

ES - 10 - 28

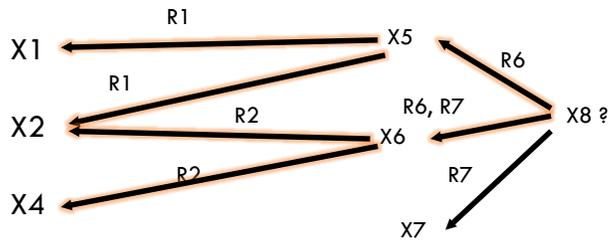
- R1:  $f(X1, X2) \rightarrow X5$
- R2:  $f(X2, X4) \rightarrow X6$**
- R3:  $f(X1, X2, X3) \rightarrow X6$
- R4:  $f(X2, X3) \rightarrow X7$
- R5:  $f(X2, X4) \rightarrow X7$
- R6:  $f(X5, X6) \rightarrow X8$
- R7:  $f(X6, X7) \rightarrow X8$



## Backward Chaining: "WhichGive"

ES - 18 - 29

R1:  $f(X1, X2) \rightarrow X5$   
**R2:  $f(X2, X4) \rightarrow X6$**   
R3:  $f(X1, X2, X3) \rightarrow X6$   
R4:  $f(X2, X3) \rightarrow X7$   
R5:  $f(X2, X4) \rightarrow X7$   
R6:  $f(X5, X6) \rightarrow X8$   
R7:  $f(X6, X7) \rightarrow X8$



## Forward Chaining: "WhichUse"

ES - 18 - 40

R1:  $f(X1, X2) \rightarrow X5$   
R2:  $f(X2, X4) \rightarrow X6$   
R3:  $f(X1, X2, X3) \rightarrow X6$   
R4:  $f(X2, X3) \rightarrow X7$   
R5:  $f(X2, X4) \rightarrow X7$   
R6:  $f(X5, X6) \rightarrow X8$   
R7:  $f(X6, X7) \rightarrow X8$

X1

X2

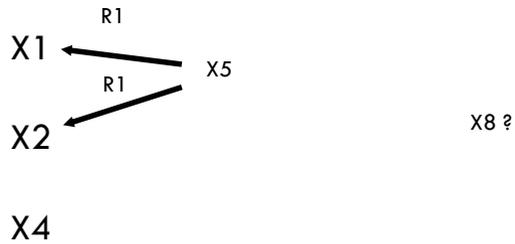
X4

X8 ?

## Forward Chaining: "WhichUse"

ES - 10 - 43

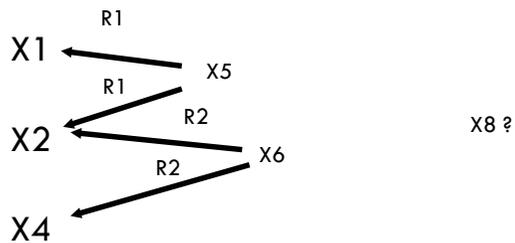
- R1:  $f(X1, X2) \rightarrow X5$
- R2:  $f(X2, X4) \rightarrow X6$
- R3:  $f(X1, X2, X3) \rightarrow X6$
- R4:  $f(X2, X3) \rightarrow X7$
- R5:  $f(X2, X4) \rightarrow X7$
- R6:  $f(X5, X6) \rightarrow X8$
- R7:  $f(X6, X7) \rightarrow X8$



## Forward Chaining: "WhichUse"

ES - 10 - 42

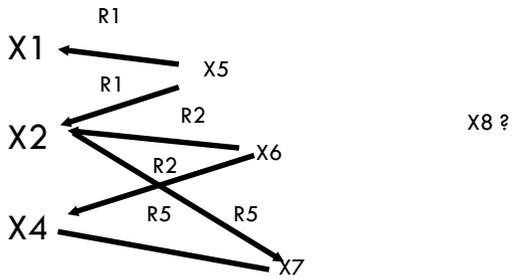
- R1:  $f(X1, X2) \rightarrow X5$
- R2:  $f(X2, X4) \rightarrow X6$**
- R3:  $f(X1, X2, X3) \rightarrow X6$
- R4:  $f(X2, X3) \rightarrow X7$
- R5:  $f(X2, X4) \rightarrow X7$
- R6:  $f(X5, X6) \rightarrow X8$
- R7:  $f(X6, X7) \rightarrow X8$



## Forward Chaining: "WhichUse"

ES - W - 43

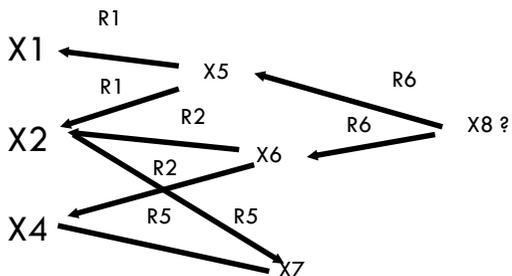
- R1:  $f(X1, X2) \rightarrow X5$
- R2:  $f(X2, X4) \rightarrow X6$
- R3:  $f(X1, X2, X3) \rightarrow X6$
- R4:  $f(X2, X3) \rightarrow X7$
- R5:  $f(X2, X4) \rightarrow X7$**
- R6:  $f(X5, X6) \rightarrow X8$
- R7:  $f(X6, X7) \rightarrow X8$



## Forward Chaining: "WhichUse"

ES - W - 44

- R1:  $f(X1, X2) \rightarrow X5$
- R2:  $f(X2, X4) \rightarrow X6$
- R3:  $f(X1, X2, X3) \rightarrow X6$
- R4:  $f(X2, X3) \rightarrow X7$
- R5:  $f(X2, X4) \rightarrow X7$
- R6:  $f(X5, X6) \rightarrow X8$**
- R7:  $f(X6, X7) \rightarrow X8$



## Necessidade de Representar

ES - II - 43

- Conhecimentos declarativos
  - ▣ Factos, lógica; Redes Semânticas; Objectos
- Procedimentos
  - ▣ Regras de produção
  - ▣ Mecanismos de “herança”
  - ▣ Programação lógica
- Conhecimento de controlo
  - ▣ Selecção de regras
  - ▣ Resolução de conflitos
  - ▣ Manutenção do conhecimento

## Formas de Sistemas Periciais

ES - II - 44

- Baseados em regras (regras de produção)
- Baseados em objectos (herança, polimorfismo, protecção)
- Baseados em programação lógica (linguagens de programação)

## Linguagens para os ESs

ES - 10 - 47

- Processamento simbólico (LISP)
- Processamento lógico (Prolog, Parlog, Level 5, etc.)
- Orientadas por Objectos (SmallTalk, Actor, Eiffel, Level 5 Object, etc.)

## Validação de ESs

ES - 10 - 48

- Testes de execução (exaustivos, selectivos, ou aleatórios) – simulam-se situações de decisão e verifica-se se a decisão do sistema é a mais adequada.
- Teste de estrutura – valida a coerência dos vários componentes do ES e a coerência lógica de cada um deles.
- Teste de semântica – visa assegurar consistência na representação de variáveis ou objectos no sistema.
- Teste de sintaxe – visa assegurar que não existem palavras ou expressões com erros ortográficos.

## Fontes de erro

ES - M - 49

- Desconhecimento do domínio/omissões
- Conhecimento limitado
- Deficiências de manutenção
  - Ajustamentos
  - Melhoramentos
- Deficiências na representação ou utilização do conhecimento
- Sabotagem

## Conclusão da Matéria Sobre ES

ES - M - 50

- Apresentação de um ES
- Apresentação e Discussão de Projetos sobre ESs
- A utilização de ESs (Discussão)

## Questões sobre a aplicabilidade de ESs

ES - M - 53

- Quais os pressupostos para a aplicabilidade dos ESs?
- Que funções ou áreas da organização podem beneficiar de ESs? Como?
- Quais as dificuldades ou riscos de desenvolvimento, implementação e uso de ESs?