

INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL

SISTEMAS ESPECIALISTAS

Prof. Ronaldo R. Goldschmidt

rribeiro@univercidade.br

ronaldo_goldschmidt@yahoo.com.br

PROGRAMA

- 1. INTRODUÇÃO E CONCEITOS BÁSICOS**
- 2. REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO**
- 3. SISTEMAS ESPECIALISTAS**
- 4. LÓGICA NEBULOSA**
- 5. REDES NEURAIIS**
- 6. ALGORITMOS GENÉTICOS**
- 7. OUTROS MODELOS E APLICAÇÕES**

3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

O que são ?

São **sistemas inteligentes** que **armazenam e processam conhecimento** adquirido de **especialistas** em uma **área de conhecimento**.

São **sistemas de apoio à decisão** que **reúnem conhecimentos** acerca de **áreas específicas** e que são capazes de **simular o comportamento humano** diante de situações a eles apresentadas.

São **programas inteligentes** que **usam conhecimentos e procedimentos inferenciais** para resolver **problemas não triviais** que requerem para sua solução **alguma ou muita perícia humana**.

3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

O que são ?

São **sistemas inteligentes** que **armazenam e processam conhecimento** adquirido de **especialistas** em uma **área de conhecimento**.

Exemplos de áreas de aplicação de SE's:

- Diagnose médicas
- Reparo de equipamentos
- Tomada de decisões financeiras
- Interpretação de sinais
- Compreensão de voz e imagens
- Estratégias militares
- Etc...

3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Requisitos para desenvolver um Sistema Especialista

- A definição de uma **área do conhecimento humano**
- A existência de um ou mais **especialistas na referida área**
- A existência de um **analista de conhecimento** (pessoa responsável pelo processo de aquisição e formalização do conhecimento)

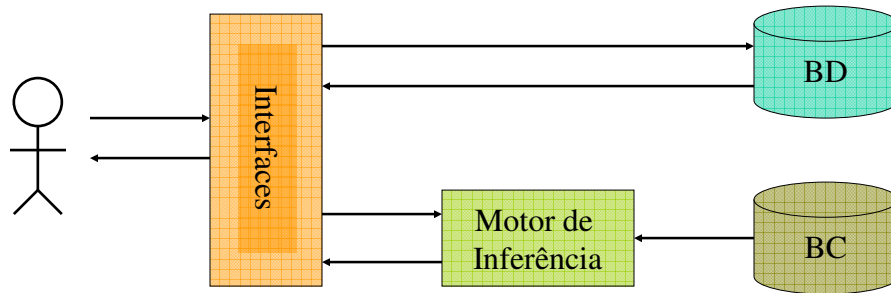
3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Principais Características

- **Utilizam raciocínio inferencial**
- **Possuem capacidade de explicação** (como chegaram a um resultado)
- **Manipulam conhecimento aplicado aos dados (fatos)**
- **São tolerantes a erros**
- **Armazenam conhecimentos de forma permanente**
- **São de fácil manutenção**
- **São de fácil documentação**
- **Agem sem influência de fatores emocionais, “stress” ou pressões**
- **Baixo custo operacional**
- **Oferecem segurança**
- **São estáveis**
- **Evita/reduz necessidade de interpretação humana durante o processo**
- **Requerem um número reduzido de pessoas para interação**

3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Estrutura Geral



3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

O que é uma Base de Conhecimento ?

É um **conjunto de regras** (**Regras de Produção**) que **representam** o conhecimento de especialistas em uma área.

Exemplos de **Regras de Produção**:

Se Capacidade Mensal de Endividamento > 60% Então Crédito = Sim

Se Febre = Sim e Tosse=Sim Então Doença = Gripe

Se Nº Dias em Atraso <= 10 Então Tipo_Cobrança = Carta Amigável

3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Etapas do Processo de Desenvolvimento de um SE

- Reconhecimento do Problema
 - Estudo de Viabilidade
 - Análise
 - Aquisição do Conhecimento
 - Formalização
 - Validação
 - Projeto
 - Implementação
 - Testes e validação
 - Treinamento
 - Implantação
- } Modelagem do Conhecimento

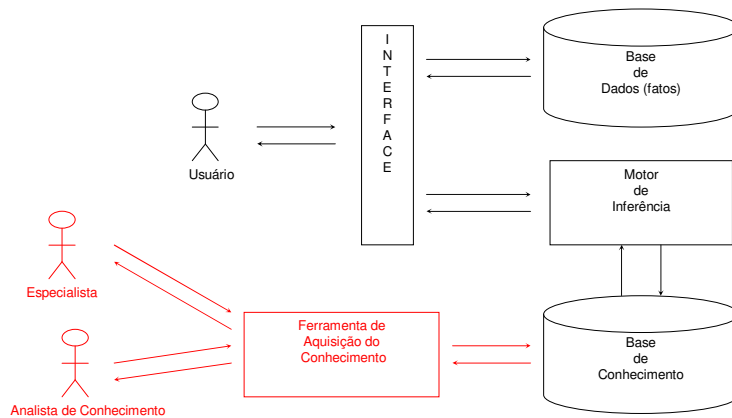
3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Tecnicas para Aquisição de Conhecimento

- *Entrevista com especialistas*: recomenda-se dois Analistas de Conhecimento (um conversa, o outro toma anotações)
- *Observação de especialista em ação*:
 - a) No dia a dia
 - b) Com explicações sobre casos anteriores
- *Leitura de bibliografia recomendada* (manuais, livros, tutoriais, artigos, etc...)
- *Utilização de ferramentas de aquisição*. Ex.: KESQA, PATERAQ, SGSE, etc...

3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Estrutura Geral Expandida



3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Ferramentas para Construção de Sistemas Especialistas

- **Sinta**: Shell que permite a montagem e o processamento de bases de conhecimento. Não trata aspectos relacionados a interfaces e bases de dados.

Exemplo de Aplicação: Utilizando o Sinta, construa uma base de conhecimento com as seguintes regras:

Renda	Despesa	Resposta (AP, NG, ES)
Alta	Baixa	AP
Alta	Alta	ES
Baixa	Baixa	NG
Baixa	Alta	NG

3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Ferramentas para Construção de Sistemas Especialistas

- **KesAQ**: Shell que permite a montagem otimizada de bases de conhecimento. Também não trata aspectos relacionados a interfaces e bases de dados.

Exemplo de Aplicação: Utilizando o KesAQ, construa uma base de conhecimento com as seguintes regras:

Renda	Despesa	Resposta (AP, NG, ES)
Alta	Baixa	AP
Alta	Alta	ES
Baixa	Baixa	NG
Baixa	Alta	NG

*Qual o resultado ?
Quantas regras
foram geradas ? Por
que ?*

3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

O Algoritmo ID – Atual C4.5

- **Baseado no Cálculo de Entropia**: Medida da Teoria da Informação.

Seja $S(A_1, A_2, \dots, A_n, C)$ um conjunto de dados, sendo C o atributo objetivo do problema. $C_1, C_2, \dots, C_k$ são valores de C .

Exemplo:

Renda	Despesa	Resposta (AP, NG, ES)
Alta	Baixa	AP
Alta	Alta	ES
Baixa	Baixa	NG
Baixa	Alta	NG

*A_1 – Renda
 A_2 – Despesa
 C – Resposta
 C_1 – AP
 C_2 – ES
 C_3 – NG*

3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

O Algoritmo ID3 – Atual C4.5

- **Baseado no Cálculo de Entropia:** Medida da Teoria da Informação.

Seja $S(A_1, A_2, \dots, A_n, C)$ um conjunto de dados, sendo C o atributo objetivo do problema. $C_1, C_2, \dots, C_k$ são valores de C .

$$info(S) = - \sum_{j=1}^k \frac{freq(C_j, S)}{|S|} \times \log_2 \left(\frac{freq(C_j, S)}{|S|} \right) bits$$

$$info_x(T) = \sum_{i=1}^n \frac{|T_i|}{|T|} \times info(T_i) \quad gain(X) = info(T) - info_x(T)$$

3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

O Algoritmo ID – Atual C4.5

No exemplo:

Renda	Despesa	Resposta (AP, NG, ES)
Alta	Baixa	AP
Alta	Alta	ES
Baixa	Baixa	NG
Baixa	Alta	NG

$$info(S) = - \sum_{j=1}^k \frac{freq(C_j, S)}{|S|} \times \log_2 \left(\frac{freq(C_j, S)}{|S|} \right) bits$$

$$info(S) = - (1/4 \log_2 1/4) - (1/4 \log_2 1/4) - (2/4 \log_2 2/4)$$

$$info(S) = - (0.25 * - 2) - (0.25 * - 2) - (0.5 * - 1)$$

$$info(S) = 1.5$$

3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

O Algoritmo ID – Atual C4.5

No exemplo:

Renda	Despesa	Resposta (AP, NG, ES)
Alta	Baixa	AP
Alta	Alta	ES
Baixa	Baixa	NG
Baixa	Alta	NG

$$info_x(T) = \sum_{i=1}^n \frac{|T_i|}{|T|} \times info(T_i)$$

$$info_{Renda}(T) = \frac{2}{4} * [- (\frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2}) - (\frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2}) - (\frac{0}{2} \log_2 \frac{0}{2})]$$

$$+ \frac{2}{4} * [- (\frac{2}{2} \log_2 \frac{2}{2}) - (\frac{0}{2} \log_2 \frac{0}{2}) - (\frac{0}{2} \log_2 \frac{0}{2})]$$

$$info_{Renda}(T) = 0.5$$

3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

O Algoritmo ID – Atual C4.5

No exemplo:

Renda	Despesa	Resposta (AP, NG, ES)
Alta	Baixa	AP
Alta	Alta	ES
Baixa	Baixa	NG
Baixa	Alta	NG

$$info_x(T) = \sum_{i=1}^n \frac{|T_i|}{|T|} \times info(T_i)$$

$$info_{Despesa}(T) = \frac{2}{4} * [- (\frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2}) - (\frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2}) - (\frac{0}{2} \log_2 \frac{0}{2})]$$

$$+ \frac{2}{4} * [- (\frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2}) - (\frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2}) - (\frac{0}{2} \log_2 \frac{0}{2})]$$

$$info_{Despesa}(T) = 1.0$$

3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

O Algoritmo ID – Atual C4.5

No exemplo:

Renda	Despesa	Resposta (AP, NG, ES)
Alta	Baixa	AP
Alta	Alta	ES
Baixa	Baixa	NG
Baixa	Alta	NG

$$gain(X) = info(T) - info_x(T)$$

$$info(S) = 1.5$$

Considere $S = T$

$$info(T) = 1.5$$

$$info_{Renda}(T) = 0.5$$

$$info_{Despesa}(T) = 1.0$$

$$gain(Renda) = 1.0$$

$$gain(Despesa) = 0.5$$

O atributo Renda possui mais informação → deve ser considerado primeiro

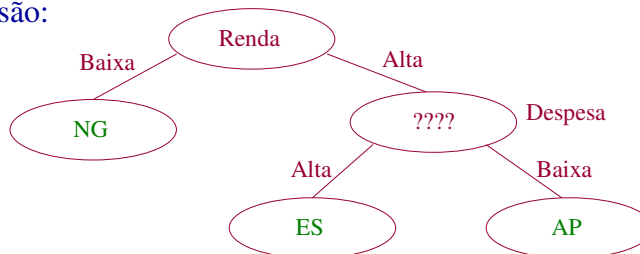
3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

O Algoritmo ID – Atual C4.5

No exemplo:

Renda	Despesa	Resposta (AP, NG, ES)
Alta	Baixa	AP
Alta	Alta	ES
Baixa	Baixa	NG
Baixa	Alta	NG

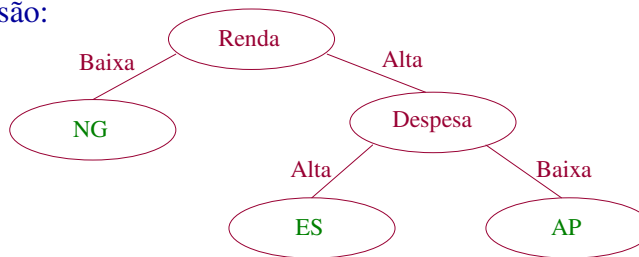
Árvore de Decisão:



3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

O Algoritmo ID – Atual C4.5

Árvore de Decisão:



Regras de Produção:

- 1) Se Renda = Baixa Então Resultado = NG
- 2) Se Renda = Alta E Despesa = Alta Então Resultado = ES
- 3) Se Renda = Alta E Despesa = Baixa Então Resultado = AP

3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Encadeamento para Trás – Backward Chaining

Processo de inferência que parte do atributo objetivo e busca apenas os valores das variáveis necessárias para alguma dedução sobre tal objetivo.

Processa somente aquilo que é necessário para obter alguma conclusão sobre o atributo objetivo.

Ex: $R3 \leftarrow R1 \text{ e } R2$

- 1) Se VRenda ≥ 15000 Então Renda = Alta
- 2) Se VDespesa ≤ 2000 Então Despesa = Baixa
- 3) Se Renda = Alta E Despesa = Baixa Então Resultado = AP

3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Encadeamento para Frente – Forward Chaining

Processo de inferência que parte dos valores disponíveis inferindo todas as conclusões possíveis.

Não há objetivo definido. Conclui tudo o que é possível a partir dos dados disponíveis.

Ex: R1 e R2 → R3

- 1) Se VRenda $\geq$ 15000 Então Renda = Alta
- 2) Se VDespesa $\leq$ 2000 Então Despesa = Baixa
- 3) Se Renda = Alta E Despesa = Baixa Então Resultado = AP

3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Ilustração de Encadeamento para Frente e para Trás

Considere a seguinte KB na área de crédito como exemplo:

R1) Se Renda = Alta e Despesa = Alta
Então Cadastro = Regular
R2) Se Renda = Alta e Despesa = Baixa
Então Cadastro = Bom
R3) Se Renda = Baixa e Despesa = Alta
Então Cadastro = Ruim
R4) Se Renda = Baixa e Despesa = Baixa
Então Cadastro = Regular
R5) Se nPrest = Baixo e valPrest = Baixo
Então Operação = Boa
R6) Se nPrest = Alto e valPrest = Baixo
Então Operação = Boa
R7) Se nPrest = Baixo e valPrest = Alto
Então Operação = Boa
R8) Se nPrest = Alto e valPrest = Alto
Então Operação = Ruim

R9) Se valRenda $\geq$ 10.00
Então Renda = Alta
Senão Renda = Baixa
R10) Se valDespesa $\geq$ 6.000
Então Despesa = Alta
Senão Despesa = Baixa
R11) Se Qtde_Prest $\geq$ 12
Então nPrest = Alto
Senão nPrest = Baixo
R12) Se Prestação $\geq$ 1000
Então valPrest = Alto
Senão valPrest = Baixo
R13) Se Cadastro = Ruim
Então Crédito = Não
R14) Se Operação = Ruim
Então Crédito = Não
R15) Se Cadastro = Bom e Operação = Boa
Então Crédito = Sim
R16) Se Cadastro = Regular e Operação = Boa
Então Crédito = Analista

3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Ilustração de Encadeamento para Frente e para Trás

Atributos	Exemplo 1	Exemplo 2
valRenda valDespesa Qtde_Prest Prestação	3.000 6.000 6 500	11.000 4.000 6 800
BC	Objetivo: Crédito $R13 \leftarrow R3 \leftarrow R9 \text{ e } R10$ Renda = Baixa (R4) Despesa = Alta (R10) Cadastro = Ruim (R3) Crédito = Não (R13)	Objetivo: Crédito $R13 \leftarrow R3 \leftarrow R9$ Renda = Alta (R9) $R14 \leftarrow R8 \leftarrow R11$ nPrest = Baixo $R15 \leftarrow R2 \leftarrow R10$ $R5 \leftarrow R12$ Despesa = Baixa Cadastro = Bom valPrest = Baixo Operação = Boa Crédito = Sim
FC	R9 → Renda = Baixa R10 → Despesa = Alta R11 → nPrest = Baixo R12 → valPrest = Baixo R3 → Cadastro = Ruim R5 → Operação = Boa R13 → Crédito = Não	

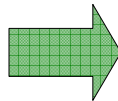
3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Exemplos de Aplicações:

Área Financeira – Análise e Concessão de Crédito

Atributos:

- Renda
- Despesas
- Residência
- etc...



Parecer:

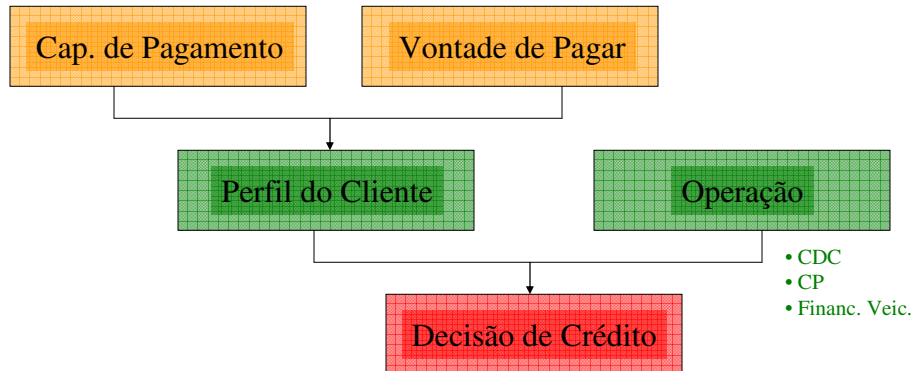
- Aprovado
- Analista
- Negado
- etc...

CRED – Sistema Especialista de Análise de Crédito

3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Exemplos de Aplicações:

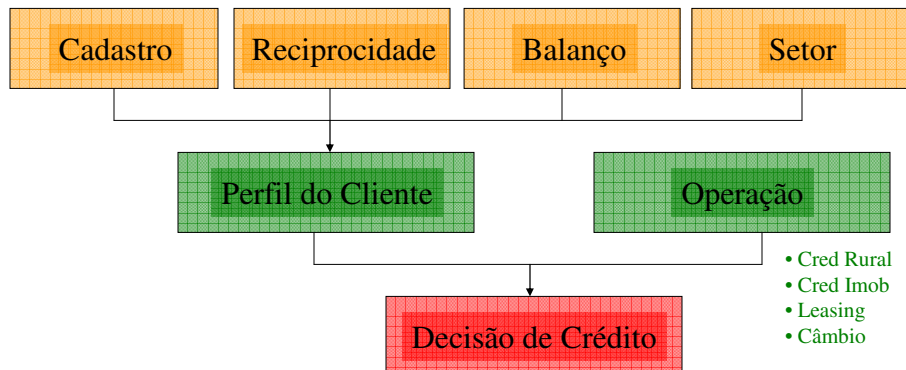
Área Financeira – Análise e Concessão de Crédito - PF



3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Exemplos de Aplicações:

Área Financeira – Análise e Concessão de Crédito - PJ



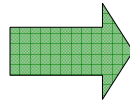
3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Exemplos de Aplicações:

Área Financeira – Cobrança de Clientes em Atraso

Atributos:

- Média Dias Atraso
- Qtde Parc. Atraso
- Qtde Parc. Dia
- etc...



Parecer:

- Risco Baixo
- Risco Médio
- Risco Alto
- etc...

CRED Cobrança – Sistema Especialista em Cobrança

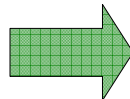
3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Exemplos de Aplicações:

Área de Seguros – Detecção de Fraudes

Atributos:

- Valor Prêmio
- Situação Veículo
- Antecedentes
- etc...



Sinistro:

- Não Fraude
- Fraude

SAF – Sistema de Apoio à Detecção de Fraudes

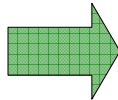
3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Exemplos de Aplicações:

Área Médica – Diagnóstico e Prevenção de Doenças

Sintomas:

- Febre
- Vômito
- Diarréia
- etc...



Doenças:

- Dengue
- Gripe
- Catapora
- etc...

+ Tratamento

SEAM – Sistema Especialista na Área Médica

3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Ferramentas para Construção de Sistemas Especialistas

- **SEGSE**: Sistema especialista que orienta na geração de sistemas especialistas. Trata aspectos relacionados a interfaces.

Exemplo de Aplicação: Utilizando o SEGSE, construa um sistema especialista:

Quais os tipos de assistência oferecidos pela ferramenta ?

3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Exercícios

- 1) Considere a planilha abaixo. Calcule o ganho de cada atributo, indicando qual deve ser a raiz da árvore de decisão.

Sexo	País	Idade	Comprar
M	França	25	Sim
M	Inglaterra	21	Sim
F	França	23	Sim
F	Inglaterra	34	Sim
F	França	30	Não
M	Alemanha	21	Não
M	Alemanha	20	Não
F	Alemanha	18	Não
F	França	34	Não
M	França	55	Não

3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Exercícios

- 2) Construa um Sistema Especialista para alguma área do conhecimento humano. Utilize as ferramentas estudadas. Sua base de conhecimento deverá conter mais de 60 regras. Você deverá utilizar o SEGSE para gerar o código de sua aplicação. Apresente a árvore de decisão correspondente. Elabore uma massa de casos de teste que comprovem o funcionamento do seu sistema.

Atenção: Esta tarefa corresponde a 2,0 pontos na segunda avaliação. Pode ser desenvolvida em dupla.