António Abelha – Hugo Peixoto

Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Classificação para Extração de Conhecimento

Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

O que é Classificação?

- Um sistema de Classificação **mapeia** cada **objeto** em uma **classe**;
- Classificar significa **atribuir** uma **classe** a um **objeto**;
- As classes:
  - são discretas;
  - existem em número finito;
  - não têm ordem;
  - são identificadas por um nome (*label* ou *tag*).

Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

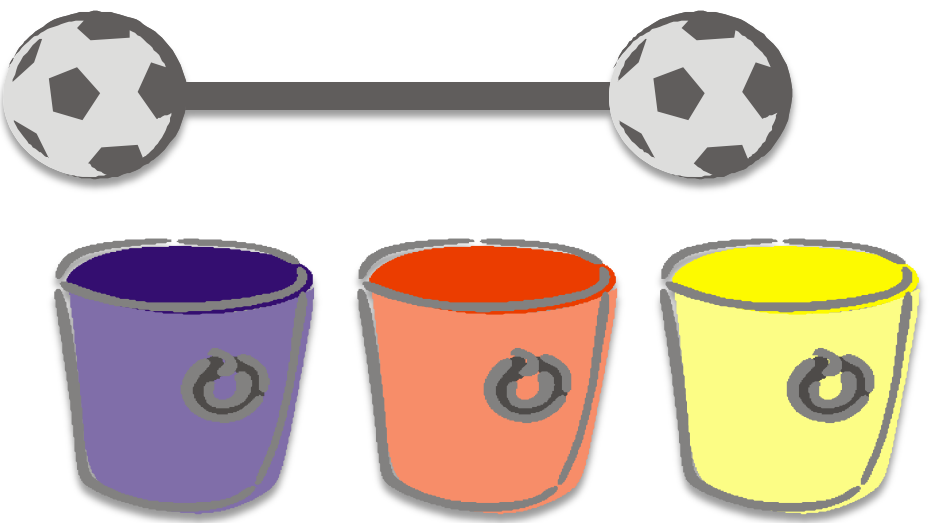
O que é Classificação?

- O objetivo da Classificação é o de **organizar e categorizar dados** em classes distintas;
- Com a Classificação, pode-se **prever em que balde colocar** as bolas.

Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

O que é Previsão?

- O objetivo da Previsão é o de prognosticar ou **deduzir o valor de um atributo**, **baseado no valor de outros atributos**;
- Com a Previsão pode-se **prever o peso** da bola.



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

O que é Previsão?

- Modelação através de técnicas estatísticas:
  - Regressão Linear: $Y = \alpha + \beta * X + \varepsilon$
  - Regressão Múltipla: $Y = \alpha + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \varepsilon$
  - Regressão Polinomial: $Y = \alpha + \beta_1 * X + \beta_2 * X^2 + \ldots$
  - Regressão de Poisson; (análise de variáveis que exprimem contagens)
  - Log-linear : $Ln(Y) = \alpha + \beta * Ln(X) + \varepsilon$
  - etc.

Classificação para Extração de Conhecimento

Classificação *versus* Previsão?

- Classificação:
  - Cria-se um modelo, baseado na distribuição dos dados;
  - O modelo é usado para classificar novos dados;
  - Dado um modelo, pode-se prever uma nova classe para mapear novos dados;
- **Utiliza-se a Classificação para prognosticar valores discretos.**

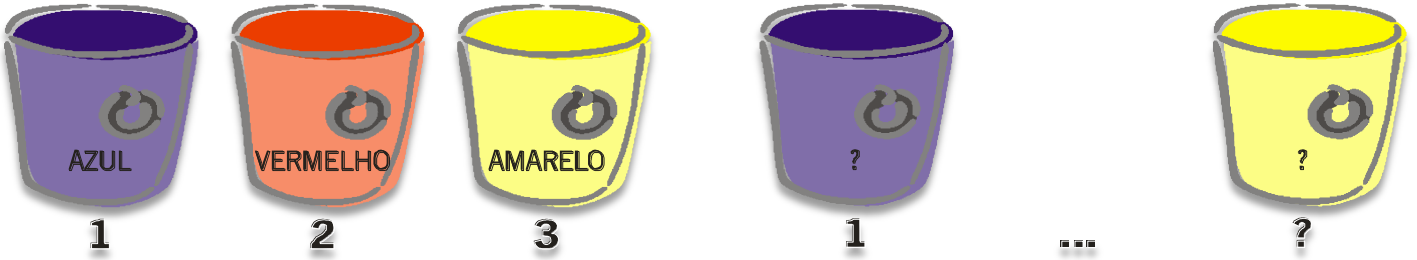
- Previsão:
  - Cria-se um modelo, baseado na distribuição dos dados;
  - O modelo é usado para prever valores futuros dos dados ou, até, valores desconhecidos;
- **Utiliza-se a Previsão para prognosticar valores contínuos.**

Classificação é **Previsão** de valores discretos ou nominais.

Classificação para Extração de Conhecimento

Classificação *versus* Segmentação?

- A **Classificação** é um processo supervisionado:
  - Conhecem-se as classes (nome/*label*) e a sua quantidade.
- A **Segmentação** é um processo de classificação não-supervisionado:
  - Nem se conhecem as classes nem a quantidade de classes existentes.



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Exemplos de Classificação

- Determinar se uma aplicação financeira apresenta risco **baixo**, **médio** ou **alto**;
  (mas não determinar o montante do investimento)
- Determinar se um cliente é um **bom** candidato à concessão de um empréstimo **ou não**;
  (mas não determinar o valor do empréstimo)
- Determinar se um produto **é ou não** cancerígeno;
- Determinar se um indivíduo **é ou não** portador de doença grave.
  (importante a medida do erro e o custo do erro!)

Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Construção de um Classificador

- A construção de um modelo de Classificação desenvolve-se em três etapas:
  - Construção do modelo;
    (aprendizagem)
  - Avaliação do modelo;
    (correção ou precisão)
  - Utilização do modelo;
    (classificação ou previsão)

Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

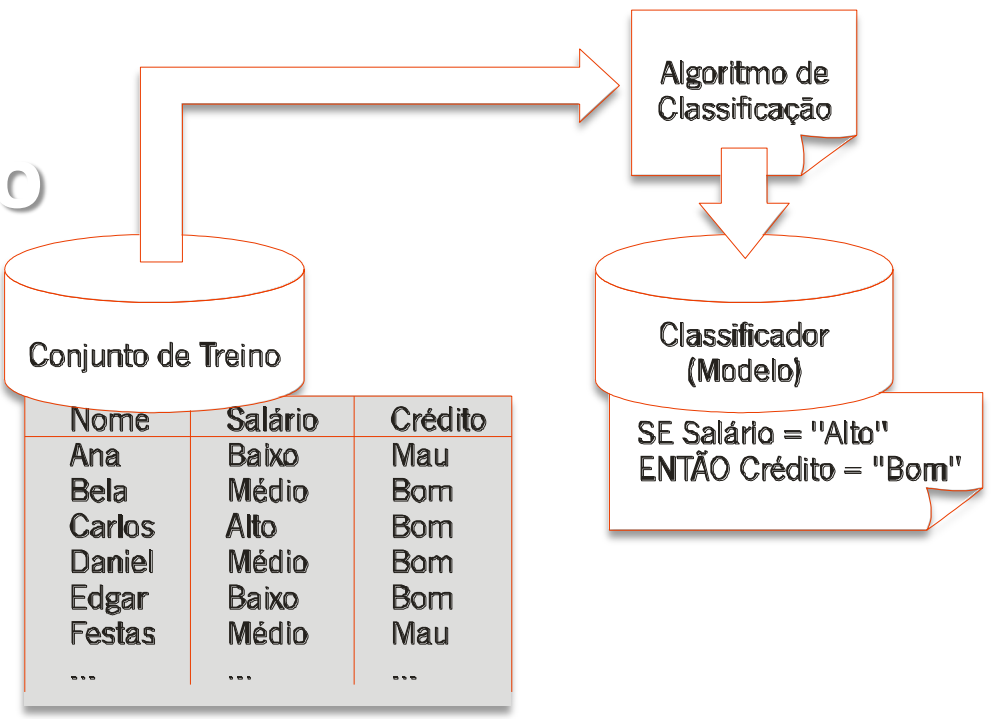
Construção do Modelo

- Aprendizagem:
  - Cada objeto é atribuído a uma classe pré-definida, de acordo com o determinado por um dos atributos, designado o **identificador da classe**;
  - O conjunto de todos os objetos usados para a construção do modelo denomina-se **conjunto de treino**;
  - O modelo pode assumir representações baseadas em:
    - Regras de Classificação (regras de produção na forma Se-Então);
    - Árvores de Decisão;
    - Fórmulas matemáticas.

Classificação para Extração de Conhecimento

Construção do Modelo

- Aprendizagem:



Nome	Salário	Crédito
Ana	Baixo	Mau
Bela	Médio	Bom
Carlos	Alto	Bom
Daniel	Médio	Bom
Edgar	Baixo	Bom
Festas	Médio	Mau
...	...	...

Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

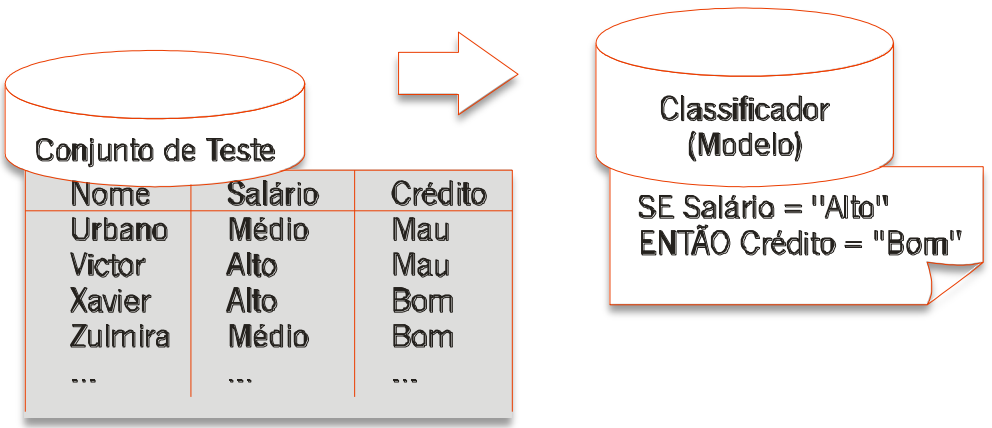
Avaliação do Modelo

- Correção ou previsão:
  - Estimar a taxa de correção do modelo, baseada num conjunto de objetos de teste;
    - Comparar as classes do conjunto de teste com os resultados da classificação feita pelo modelo;
    - A taxa de correção é a percentagem dos casos de teste corretamente classificados pelo modelo;
    - O conjunto de objetos de teste deve ser independente do conjunto dos objetos de treino, para evitar o sobreajustamento do modelo.

Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Avaliação do Modelo

- Correção ou previsão:
  - Qual a correção deste modelo?



Classificação para Extração de Conhecimento

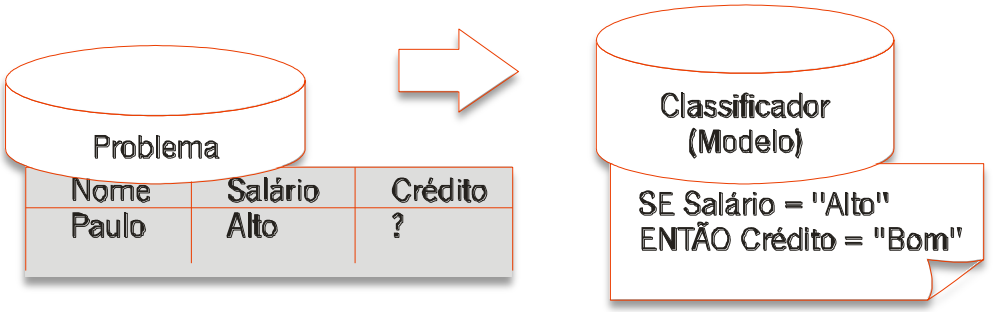
- Classificação:
  - O modelo deve ser utilizado para classificar objetos desconhecidos (ausentes do conjunto de objetos de treino):
    - Atribuir o nome de uma classe a um objeto novo;
    - Prognosticar o valor de um determinado atributo.

Utilização do Modelo

Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Utilização do Modelo

- Classificação:
  - Qual o nível de crédito do Paulo?
  - Resposta: “Bom”.



Classificação para Extração de Conhecimento

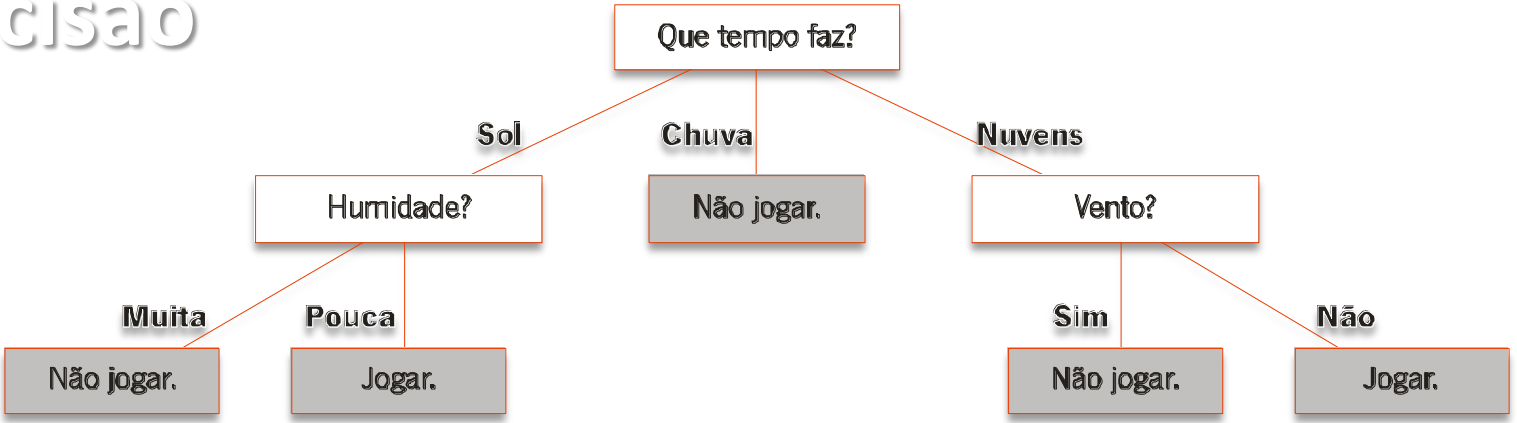
Métodos de Classificação

- Árvores de Decisão;
- Redes Neuronais Artificiais;
- Classificação Bayesiana;
- Vizinho mais próximo (*k-Nearest Neighbour*);
- Raciocínio Baseado em Casos;
- Algoritmos Genéticos;
- Conjuntos Difusos (*Fuzzy Sets*);
- etc.

Classificação para Extração de Conhecimento

Árvores de Decisão

- Cada **nó da árvore** implementa um teste a um atributo;
- Cada **ramo da árvore** respeita a um valor para o atributo testado;
- Cada **folha da árvore** atribui uma classificação.



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Árvores de Decisão

- A geração de **Árvores de Decisão** segue, normalmente, uma abordagem *top-down* em duas fases:
  - Construção da Árvore:
    - No início, todos os exemplos de treino fazem parte da raiz;
    - Os exemplos são divididos recursivamente, em função do atributo selecionado.
  - Poda da Árvore (*prunning*):
    - O objetivo é remover (alguns) ramos para evitar o uso de dados que representem lixo ou ruído, de modo a aumentar a correção e precisão da classificação.

Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Árvores de Decisão

- Geração de Árvores de Decisão:
  - A Árvore começa com **um nó representando todos os dados**;
  - Se a **amostra pertence toda à mesma classe**, então esse **nó** torna-se uma **folha** à qual é atribuído o nome da classe;
  - Caso contrário, selecionar o atributo que **melhor divide** a amostra em classes individuais (como selecionar o atributo?);
  - A recursividade termina quando:
    - A amostra no nó pertence toda à mesma classe;
    - Não há mais atributos para dividir.

Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Árvores de Decisão

- Decisões importantes na geração de Árvores de Decisão:
  - Critério de divisão:
    - Como selecionar o atributo pelo qual dividir a árvore;
    - Diferentes funções:
      ganho de informação;
      gini index (medida estatística de desigualdade: [0;1], 0 = igual, 1 = diferente);
      etc.
  - Critério de paragem:
    - Quando terminar a divisão de nodos (medidas de impureza, ...);
  - Regras de identificação:
    - O nome a dar ao nodo será o da classe à qual pertencem a maior parte dos elementos da amostra.

Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Árvores de Decisão

- Exemplos de algoritmos de Árvores de Decisão:
  - ID3, ID4, ID6;
  - C4.5, C5;
  - J48;
  - CHAID, CART.

- **Árvores de Decisão são algoritmos de classificação especialmente adequados para problemas com muitas dimensões.**

Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Redes Neuronais Artificiais – Vantagens:
  - Problemas sem solução algorítmica conhecida ou de difícil implementação;
  - Problemas com dados incompletos;
  - Problemas sem soluções conhecidas (influencia a aprendizagem);
  - Implementação simples;
  - A correção dos resultados é “normalmente” alta;
  - O resultado produzido pode ser representado por valores discretos, por valores contínuos ou por vetores de valores.

Redes Neuronais Artificiais

- Redes Neuronais Artificiais – Desvantagens:
  - Dificuldade de classificação quando o problema é caracterizado por um vasto conjunto de padrões;
  - O treino pode ser um processo muito demorado;
  - O treino é um processo computacionalmente pesado;
  - A estratégia de treino pode não ser de fácil identificação/implementação;
  - Difícil compreensão do significado da função de aprendizagem (métodos de alteração dos pesos das ligações).

Redes Neuronais Artificiais

Classificação para Extração de Conhecimento

Redes Neuronais Artificiais

- Exemplos de algoritmos de Redes Neuronais Artificiais:
  - ***Back propagation***:
    - estratégia de aprendizagem baseada na propagação do erro;
  - ***Kohonen***:
    - organização dos neurónios com vista a manter vizinhos aqueles em que predomina a mesma capacidade (variação idêntica da ativação);
  - ***Hopfield***:
    - arquitetura totalmente ligada, onde todos os neurónios são de *input* e de *output* e cuja ativação é assíncrona (de valores +1/-1 ou 0/1);
  - etc.

Classificação para Extração de Conhecimento

- Construção da RNA:
  - O número de **nodos de entrada** corresponde ao número de dimensões (atributos) do problema;
  - O número de nodos nas **camadas intermédias** é determinado durante as fases de treino;
  - O número de **nodos de saída** corresponde ao número de classes.

Redes Neuronais Artificiais

- Treino da RNA:
  - O **objetivo** final do **treino** de uma RNA é o de **calibrar os pesos** das ligações, de modo a obter-se a manifestação do comportamento pretendido;
  - Adoção de regras de aprendizagem para atualização dos pesos das ligações.

Redes Neuronais Artificiais

Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Outros Métodos de Classificação

- Classificação Bayesiana:
  - São classificadores estatísticos;
  - Conseguem prognosticar a pertença de um objeto a uma classe em termos de valores probabilísticos;
  - Um classificador *Naïve Bayesian* assume total independência entre os atributos;
  - Apresenta bom desempenho em grandes conjuntos de dados e demonstra boa precisão;
  - Aprendizagem incremental.

Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Outros Métodos de Classificação

- Vizinho mais próximo (*k-Nearest Neighbour*):
  - Algoritmo de classificação baseado na aprendizagem por analogia;
  - Os objetos de treino são descritos por atributos numéricos de 'n' dimensões;
  - Cada objeto representa um ponto no espaço de 'n' dimensões;
  - A resolução de um problema procura o vizinho mais próximo de entre os objetos de treino no espaço 'n'-dimensional.

Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Outros Métodos de Classificação

- Raciocínio Baseado em Casos:
  - Os objetos são representados através de descrições simbólicas complexas;
  - Baseia-se no cálculo de **similaridades** para fundar a resolução do problema na adaptação da solução anterior.

Outros Métodos de Classificação

- Algoritmos Genéticos:
  - Incorporam conceitos relacionados com a evolução natural das espécies;
  - Existam dois valores lógicos A e B, e duas classes X e Y:
    - A regra "se A e não B então X" pode ser representada pelo cromossoma 100;
    - A regra "se não A e B então Y" pode ser representada pelo cromossoma 011;
  - São utilizados, por exemplo, para avaliar a adequação (*fitness*) de outros algoritmos.

Outros Métodos de Classificação

- Conjuntos Difusos (*Fuzzy Sets*):
  - Lógica multivalor, para lidar com esquemas de raciocínio aproximado (não preciso);
  - A manipulação de regras tem a desvantagem de estabelecer limites muito rígidos:
    - se SALÁRIO > 50K então CRÉDITO = "Aprovar"
  - Pode ser usada a lógica difusa (*fuzzy logic*) para "tornear" esta desvantagem, atribuindo valores de verdade entre 0 e 1 à noção de pertença de um objeto a uma classe.

Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Referências bibliográficas

- Data Mining: Concepts and Techniques
  Jiawei Han, Micheline Kamber
- Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques with JAVA Implementations
  Ian Witten, Eibe Frank