IS Lab

Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Segmentação para Extração de Conhecimento

Cesar Analide, Paulo Novais, José Neves

Segmentação para Extração de Conhecimento

O que é Segmentação?

- A Segmentação/ *Clustering* de dados é um processo através do qual se **particiona** um conjunto de **dados em segmentos**/ *clusters* de menor dimensão, que agrupam conjuntos de dados **similares**.

Segmentação para Extração de Conhecimento

O que é Segmentação?

- Um Segmento/*Cluster* é uma coleção de valores/objetos que:
  - são similares entre si, dentro de um mesmo segmento;
  - são diferentes dos valores/objetos de outros segmentos:

- Medidas de similaridade:
  - distância Euclidiana, para atributos contínuos.

Segmentação para Extração de Conhecimento

Aplicações da Segmentação?

- Como uma ferramenta *per si*, para pesquisar "dentro" dos dados, sobre a distribuição dos seus valores;
- Como uma das fases do pré-processamento, por forma a organizar os dados a submeter a outros algoritmos;
- Em problemas de reconhecimento de padrões (*pattern matching*);
- No processamento de imagem;
- Na pesquisa em mercados económicos;
- etc.

Segmentação para Extração de Conhecimento

Utilização da Segmentação?

- A deteção de segmentos é útil:
  - quando se suspeita da **existência de agrupamentos** "naturais", que podem representar grupos de clientes, de produtos ou de bens que partilhem (muita) informação;
  - quando existam **muitos padrões diferentes** nos dados, dificultando a tarefa de identificar um determinado padrão; a criação de segmentos semelhantes reduz a complexidade do problema.

Segmentação para Extração de Conhecimento

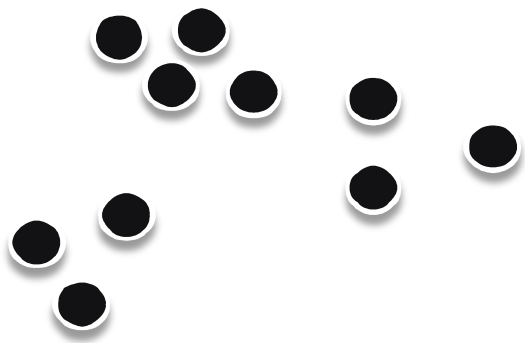
Exemplos de aplicação

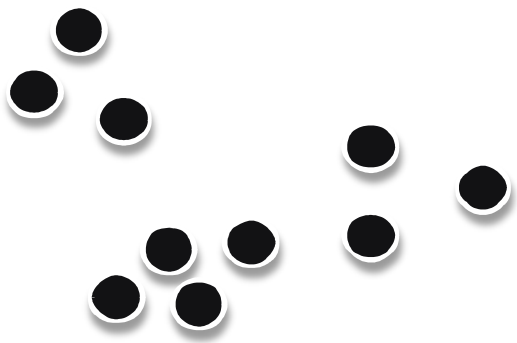
- *Marketing*:
  - ajuda na descoberta de grupos de clientes para desenvolver estratégias de comercialização;
- Previsão de sismos:
  - a observação de epicentros sismológicos permite identificar segmentos comuns de falhas continentais;
- Seguradoras:
  - identificação de grupos de utentes que representam maior risco de contratação;
- Banca:
  - identificação de categorias de clientes (económicas, sociais, etc.).

Segmentação para Extração de Conhecimento

Ambiguosidade

- A noção de segmento é ambígua:



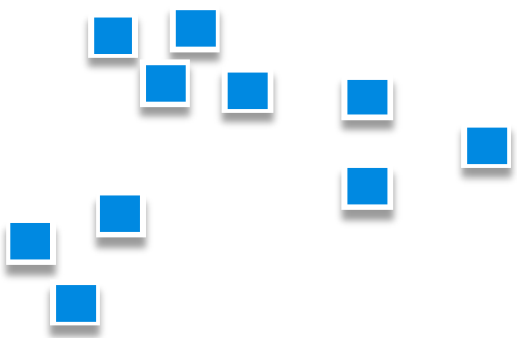


Pontos iniciais

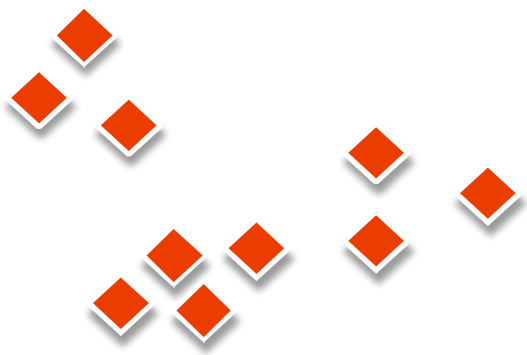
Segmentação para Extração de Conhecimento

Ambiguosidade

- A noção de segmento é ambígua:



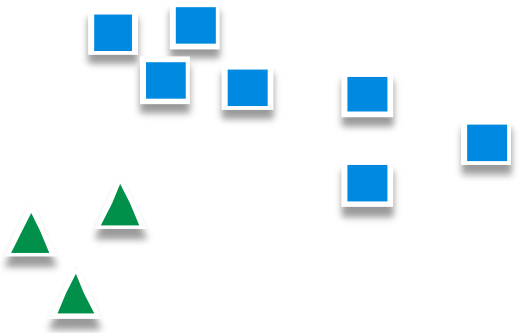
Dois segmentos



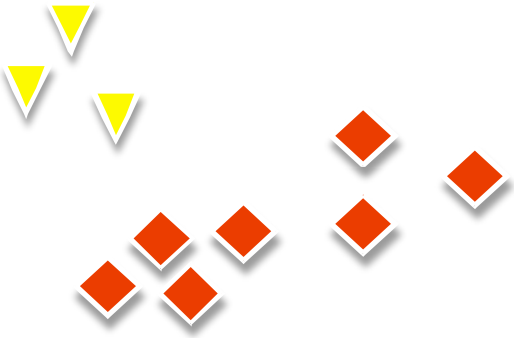
Segmentação para Extração de Conhecimento

Ambiguosidade

- A noção de segmento é ambígua:



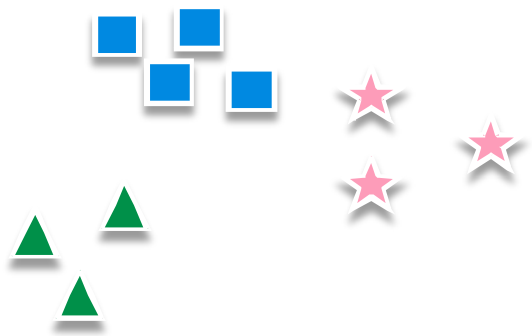
Quatro segmentos



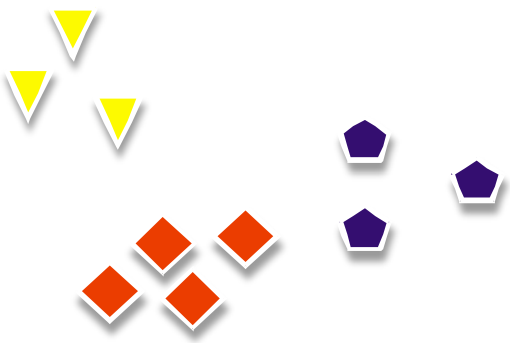
Segmentação para Extração de Conhecimento

Ambiguosidade

- A noção de segmento é ambígua:



Seis segmentos



Segmentação para Extração de Conhecimento

Tipos de dados para análise

- Matriz de dados: representa ‘n’ objetos com ‘p’ atributos;

$$\begin{bmatrix} X_{11} & \dots & X_{1j} & \dots & X_{1p} \\ \dots & & \dots & & \dots \\ X_{i1} & \dots & X_{ij} & \dots & X_{ip} \\ \dots & & \dots & & \dots \\ X_{n1} & \dots & X_{nj} & \dots & X_{np} \end{bmatrix}$$

- Matriz de distâncias: mede a proximidade entre pares de objetos;
- Tanto mais similar quanto mais próximo de 0 (zero).

$$\begin{bmatrix} 0 & & & & \\ d(2,1) & 0 & & & \\ d(3,1) & \dots & 0 & & \\ \dots & \dots & \dots & 0 & \\ d(n,1) & d(n,2) & \dots & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

Segmentação para Extração de Conhecimento

Tipos de dados para análise

- Atributos contínuos;
- Atributos binários;
- Atributos nominais;
- Atributos ordinais;
- Atributos mistos.

Segmentação para Extração de Conhecimento

Tipos de dados para análise

- Atributos contínuos:
  - normalizar os dados: evita que os resultados dependam das unidades de medida;
  - normalmente, utilizam-se medidas de distância para calcular a proximidade (similaridade) entre objetos:
    - distância Euclidiana: é a medida de distância mais utilizada, calculando a distância geométrica no espaço;
    - distância *Manhatan*: mede a distância pela diferença entre os pontos (função não quadrática);
    - distância *Minkowski*: mede o peso progressivo em função da distância dos pontos; permite atribuir "importância" a atributos.

Segmentação para Extração de Conhecimento

Tipos de dados para análise

- Atributos binários:
  - são classificados em:
    - **Simétricos**: significado de ser 0 é o mesmo de ser 1;
    - **Assimétricos**: significado de ser 0 é diferente de ser 1;
  - a similaridade calculada com base em atributos simétricos é designada **similaridade invariante**; caso contrário diz-se **similaridade não-invariante**;
  - tabela de contingência para os dados binários:
    - coeficiente simples (simétricos):

      $d(i,j) = (b+c)/(a+b+c+d)$
    - coeficiente Jaccard (assimétricos):

      $d(i,j) = (b+c)/(a+b+c)$

	Sexo	Febre	Tosse	Dor
João	M	Sim	Não	Não
Maria	F	Sim	Não	Sim
José	M	Sim	Sim	Não

Segmentação para Extração de Conhecimento

Tipos de dados para análise

- Atributos binários:
  - são classificados em:
    - **Simétricos**: significado de ser 0 é o mesmo de ser 1;
    - Assimétricos: significado de ser 0 é diferente de ser 1;
  - a similaridade calculada com base em atributos simétricos é designada **similaridade invariante**; caso contrário diz-se similaridade não-invariante;
  - tabela de contingência para os dados binários:
    - coeficiente simples (**simétricos**):

      $d(i,j) = (b+c)/(a+b+c+d)$
    - coeficiente Jaccard (assimétricos):

      $d(i,j) = (b+c)/(a+b+c)$

João \ Maria	M	F	Soma
M	a = 0	b = 1	a+b
F	c = 0	d = 0	c+d
Soma	a+c	b+d	

Segmentação para Extração de Conhecimento

Tipos de dados para análise

- Atributos binários:
  - são classificados em:
    - Simétricos: significado de ser 0 é o mesmo de ser 1;
    - **Assimétricos**: significado de ser 0 é diferente de ser 1;
  - a similaridade calculada com base em atributos simétricos é designada similaridade invariante; caso contrário diz-se **similaridade não-invariante**;
  - tabela de contingência para os dados binários:
    - coeficiente simples (simétricos):

      $d(i,j) = (b+c)/(a+b+c+d)$
    - coeficiente Jaccard (**assimétricos**):

      $d(i,j) = (b+c)/(a+b+c)$

João \ Maria	S	N	Soma
S	a = 1	b = 0	a+b
N	c = 1	d = 1	c+d
Soma	a+c	b+d	

Segmentação para Extração de Conhecimento

Tipos de dados para análise

- Atributos nominais:
  - trata-se de uma generalização dos atributos binários, em que os dados podem assumir mais do que 2 valores;
  - Método *matching* simples:
    - d(i,j) = (nºvariáveis – nºmatches)/(nºvariáveis)
  - Método 2:
    - Utilizar variáveis binárias, criando uma variável deste tipo para cada valor nominal.

Segmentação para Extração de Conhecimento

Tipos de dados para análise

- Atributos ordinais:
  - a ordem é relevante: primeiro, segundo, terceiro, ..., penúltimo, último;
  - podem ser tratados como atributos contínuos, sendo que a ordenação dos valores define uma classificação: 1, 2, 3, ..., Máx;
  - as similaridades devem ser calculadas utilizando os mesmos métodos que para os atributos contínuos.

Segmentação para Extração de Conhecimento

Tipos de dados para análise

- Atributos contínuos;
- Atributos binários;
- Atributos nominais;
- Atributos ordinais;
- Atributos mistos:
  - o conjunto de dados pode conter diversos tipos de atributos;
  - tipicamente, utiliza-se uma função pesada para ponderar e medir os efeitos de cada atributo.

Segmentação para Extração de Conhecimento

Principais Métodos de Segmentação

- Particionamento:
  - criar várias partições e adotar um critério de avaliação;
- Hierarquização:
  - decompor hierarquicamente o conjunto de dados;
- Baseados na Densidade:
  - aumentar o segmento enquanto a densidade de pontos estiver num determinado limite (utilizam-se funções de conectividade e densidade);
- Baseados no Modelo:
  - criar modelos hipotéticos para cada segmento e testar a capacidade de adequação de cada ponto ao segmento.

Segmentação para Extração de Conhecimento

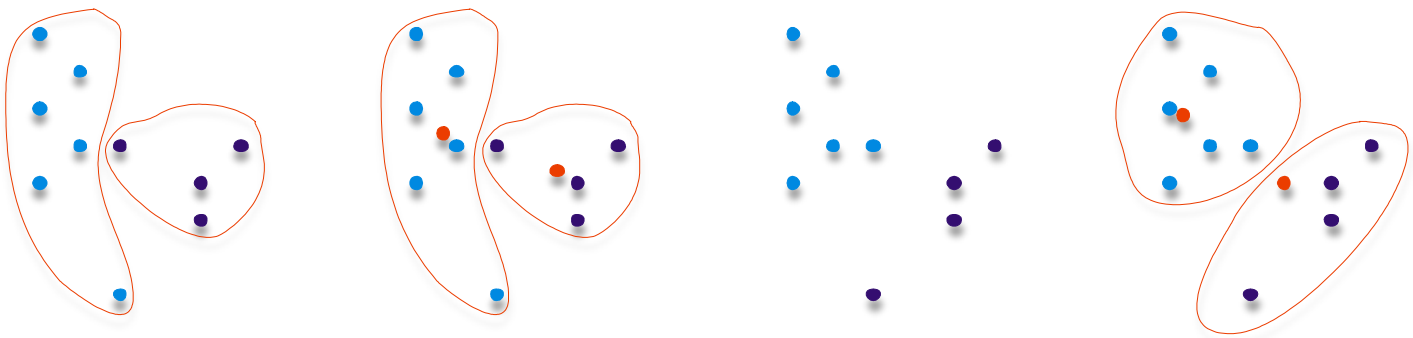
Algoritmos de Particionamento

- Particionar um conjunto de dados 'D' contendo 'n' objetos num conjunto de 'k' segmentos/ *clusters*;
- Sendo dado 'k', particionar 'D' em 'k' segmentos de forma a otimizar o critério de particionamento:
  - Ótimo Global: enumeração exaustiva de todas as partições;
  - Métodos heurísticos:
    - k-means: cada segmento é representado pelo centro do segmento (centroid);
    - k-medoids: cada segmento é representado por um dos elementos do segmento (medoid).

Segmentação para Extração de Conhecimento

Método k-means

- Sendo dado ‘k’ (número de segmentos), seguir os 4 passos:
  1. Dividir os objetos em ‘k’ subconjuntos não vazios;
  2. Calcular o centro de cada segmento (centroid);
  3. Atribuir cada objeto ao centroid mais próximo;
  4. Voltar ao ponto 2.;
     parar quando não houver mais possibilidades de atribuição.



Segmentação para Extração de Conhecimento

Método k-means

- Vantagens:
  - Relativamente eficiente:
    sendo ‘n’ o número de objetos, ‘k’ o número de segmentos e ‘i’ o número de iterações, normalmente acontece k,i << n;
  - Termina com ótimos locais.
- Desvantagens:
  - Aplicável, apenas, quando é possível calcular a média (mean);
  - É necessário determinar o número de segmentos *a priori* ;
  - Incapacidade de lidar com ruído nos dados;
  - Inadequado para determinar segmentos côncavos.

Segmentação para Extração de Conhecimento

Método k-medoids

- Medoids são objetos **representativos** do conjunto de dados;
- Inicia-se com um conjunto de medoids que, iterativamente, vão sendo substituídos por outros não-medoids desde que a distância do segmento resultante seja melhorada.

Método k-medoids

- Vantagens e Desvantagens:
  - É mais robusto do que o método k-means na presença de dados ruidosos, uma vez que os objetos selecionados são menos influenciáveis por valores extremos do que a média (*mean*);
  - Produz bons resultados para conjuntos de dados de pequenas dimensões;
  - Não se comporta tão bem quando se pretende a sua aplicação em conjuntos de dados de grandes dimensões.

Segmentação para Extração de Conhecimento

Principais Métodos de Segmentação

- Particionamento:
  - criar várias partições e adotar um critério de avaliação;
- Hierarquização:
  - decompor hierarquicamente o conjunto de dados;
- Baseados na Densidade:
  - aumentar o segmento enquanto a densidade de pontos estiver num determinado limite (utilizam-se funções de conectividade e densidade);
- Baseados no Modelo:
  - criar modelos hipotéticos para cada segmento e testar a capacidade de adequação de cada ponto ao segmento.

Segmentação para Extração de Conhecimento

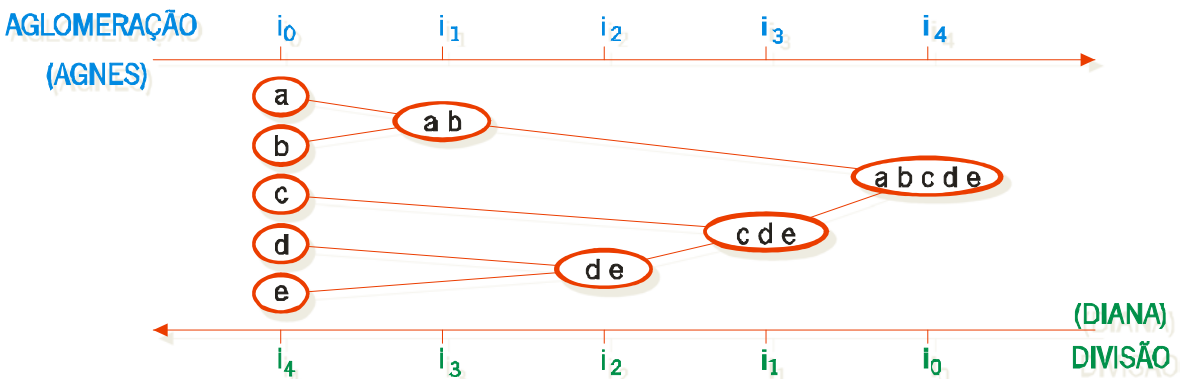
Algoritmos de Hierarquização

- Utilizam a matriz de distâncias como critério de segmentação;
- Os dados são agrupados em árvores de segmentos;
- Não requerem a definição do número de segmentos a procurar;
- Exigem a definição de uma condição de paragem:
  - quantidade de segmentos;
  - distância mínima entre objetos;
  - etc.
- Existem dois tipos de algoritmos de hierarquização:
  - Aglomeração: estratégia *bottom-up*;
  - Divisão: estratégia *top-down*.

Segmentação para Extração de Conhecimento

Algoritmos de Hierarquização

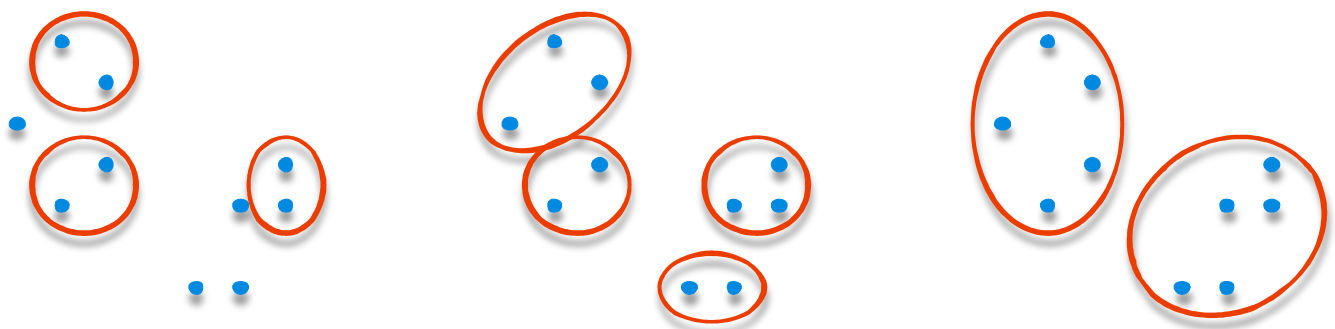
- Aglomeração:
  - Inicia-se formando segmentos com um objeto, para todos os objetos;
  - Prossegue juntando segmentos atómicos em segmentos cada vez mais amplos.
- Divisão:
  - Inicia-se com todos os objetos em um só segmento que se vai subdividindo em segmentos de menor dimensão;
  - Aplicação prática muito rara.



Segmentação para Extração de Conhecimento

AGNES: Agglomerative Nesting

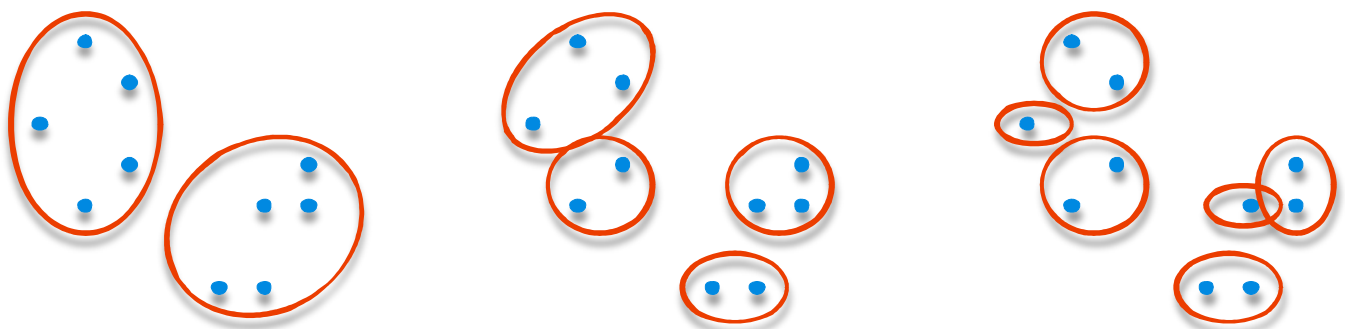
- Iterativamente, vai juntando objetos que apresentam menores valores de dissemelhança: os conjuntos C1 e C2 são juntos se os objetos de C1 e de C2 produzem o menor valor de distância Euclidiana entre quaisquer dois objetos de segmentos distintos.



Segmentação para Extração de Conhecimento

DIANA:
Divisive Analysis

- Iterativamente e partindo de um segmento composto por todos os objetos, dividir em segmentos menores que maximizam a distância Euclidiana entre objetos vizinhos de segmentos diferentes.



Segmentação para Extração de Conhecimento

Segmentação Hierárquica

- Dificuldades com o aumento de atributos ou de objetos: à medida que aumentam os objetos a agrupar, aumenta o tempo necessário para procurar tais grupos;
- Não é necessário especificar o número de segmentos ‘k’;
  basta “cortar” a árvore no nível ‘k-1’;
- Produz melhores resultados do que os algoritmos k-means;
- Uma hierarquia traduz alguma organização dos segmentos, ao contrário de um simples conjunto de segmentos.

Segmentação para Extração de Conhecimento

Outros Algoritmos

- BIRCH: *Balanced Iterative Reducing and Clustering using Hierarchies*;
- Usa árvores com características sobre os segmentos e ajusta, iterativamente, a qualidade dos segmentos;
- É construída uma árvore que captura informação necessária para realizar as operações de segmentação:
  - Clustering Feature: contém informação sobre o segmento;
  - Clustering Feature Tree: contém informação sobre a organização arbórea da hierarquia.

Segmentação para Extração de Conhecimento

Outros Algoritmos

- CURe: *Clustering Using Representatives*;
- Seleciona pontos dispersos do segmento e vai reduzindo o tamanho do segmento em direção ao seu centro;
- Usa múltiplos pontos representativos;
- Em cada iteração, dois segmentos com o par de pontos representativos mais próximos são juntos.

Segmentação para Extração de Conhecimento

Outros Algoritmos

- DBSCAN: *Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise*;
- Algoritmo baseado no cálculo de valores de densidade e de conectividade locais;
- Características assinaláveis:
  - capaz de descobrir segmentos de formas não regulares;
  - capaz de lidar com ruído nos dados;
  - algoritmo de um só passo (scan);
  - obriga à definição de parâmetros de densidade como condição de paragem.

Segmentação para Extração de Conhecimento

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

Intelligent Systems Lab

Contactos

- Universidade do Minho
- Escola de Engenharia
- Departamento de Informática
- http://islab.di.uminho.pt
- DI-3.22