Lecture 11

Density-Based Clustering

Mercoledì, 24 novembre 2004

Giuseppe Manco

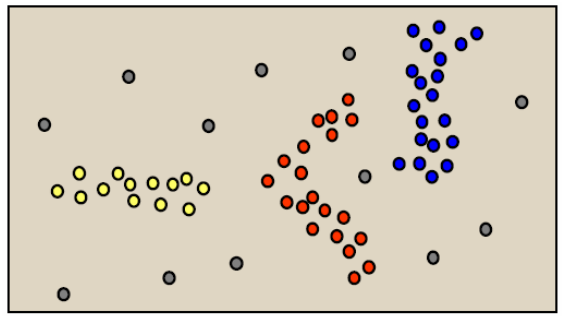
Readings:

Chapter 8, Han and Kamber

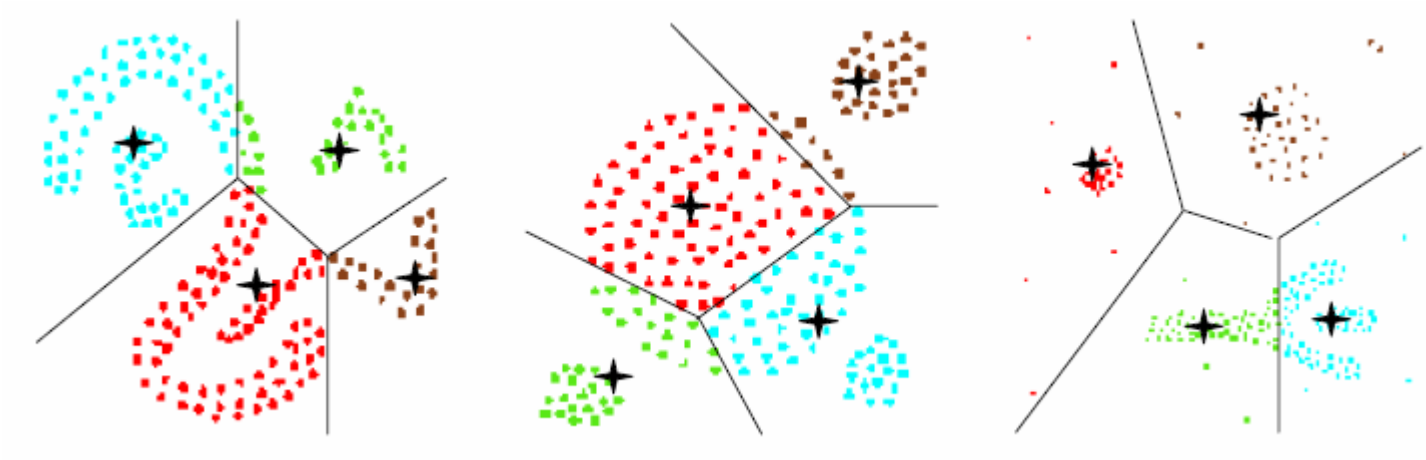
Chapter 14, Hastie , Tibshirani and Friedman

Clustering basato su densità

- **Idea di base:**
  - I cluster sono regioni ad alta densità
  - I cluster sono separati da regioni a bassa densità



- **Perché clustering basato su densità?**
  - Algoritmo k-means e varianti inadeguati con clusters strutturati diversamente



Concetti di base

- **Idea**
  - **Ogni punto in un cluster è caratterizzato da una densità locale**
  - **L'insieme dei punti in un cluster è connesso spazialmente**
- **Densità locale**
  - **Intorno ε**

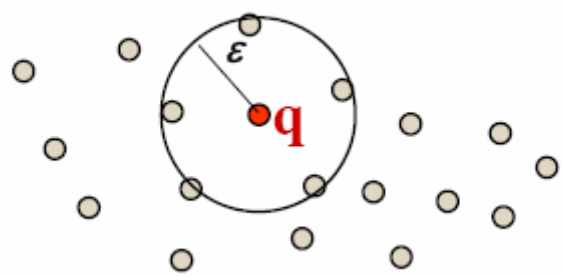
$$N_{\varepsilon}(x) = \{y \in D \mid dist(x, y) \leq \varepsilon\}$$

  - **MinPoints**
    - **Numero minimo di punti richiesti in $N_{\varepsilon}(x)$**

- **Un oggetto q è un core-object se, dati ε e MinPts,**

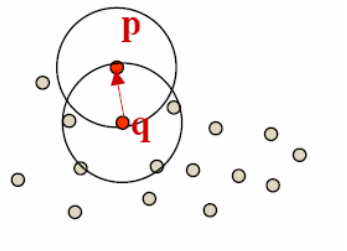
$$\left|N_{\varepsilon(q)}\right| \geq MinPts$$

MinPts=5

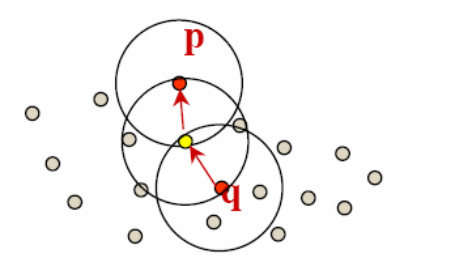


Concetti di base [2]

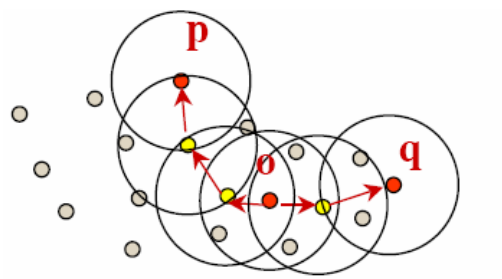
- **p è raggiungibile da q se**
  - **q è un core-object**
  - **P $\in N_\varepsilon(x)$**



- **Chiusura transitiva**



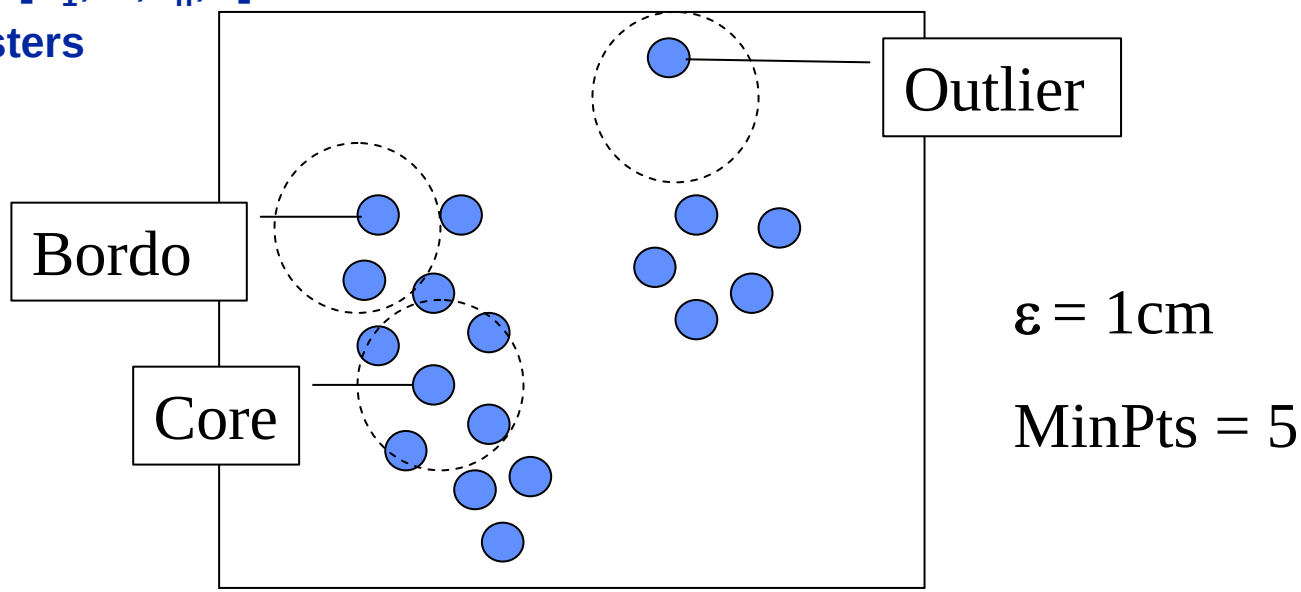
- **p connesso a q se**
  - **Esiste o**
  - **p e q sono raggiungibili da o**



Concetti di Base [3]

- **Cluster**
  - **Sottoinsieme $S \subseteq D$**
    - **Massimale: se $p \in S$ e q è raggiungibile da p allora $q \in S$**
    - **Connesso: ogni oggetto in S è connesso agli altri oggetti in S**

- **Clustering**
  - **Partizione di $D = [S_1;\ldots,S_n;N]$**
    - **$S_1;\ldots,S_n$ clusters**
    - **N outliers**



L'algoritmo DBScan

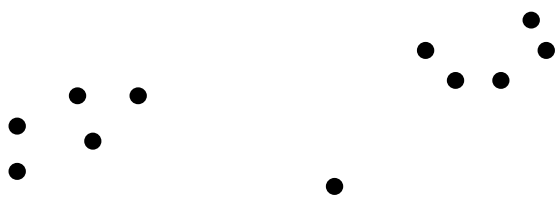
- **Assunzione fondamentale**
  - **Ogni oggetto in un cluster S è raggiungibile da un qualsiasi core-object**
  - **Gli outliers non sono raggiungibili dai core-objects**

```
1.FOR EACH x∈D
2.          IF x non appartiene a nessun cluster
3.                    IF x è un core-object
4.                              S_x = {y| y raggiungibile da x}
                      ELSE
5.                              N = N ∪{x}
```

  - **Passo 4: gli y raccolti tramite una serie di queries di neighborhood**

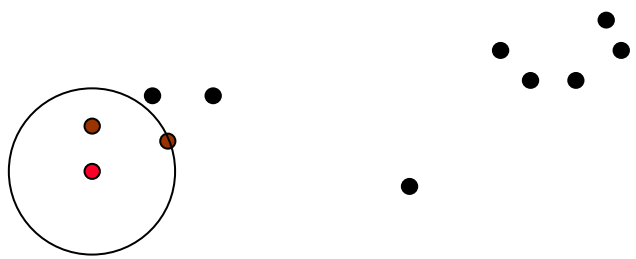
DBScan: esempio

- ε=2cm
- MinPts =3



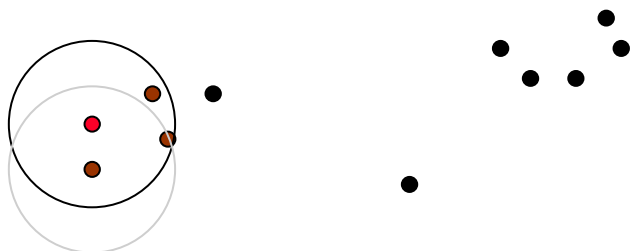
DBScan: esempio

- ε=2cm
- MinPts =3



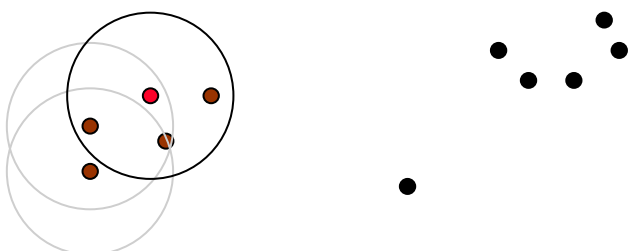
DBScan: esempio

- ε=2cm
- MinPts =3



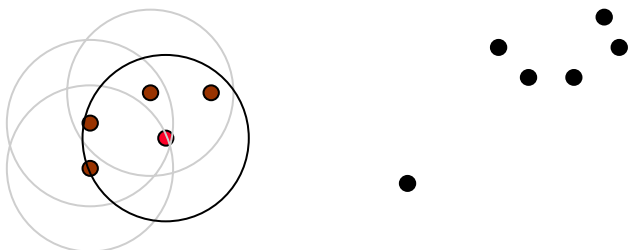
DBScan: esempio

- ε=2cm
- MinPts =3



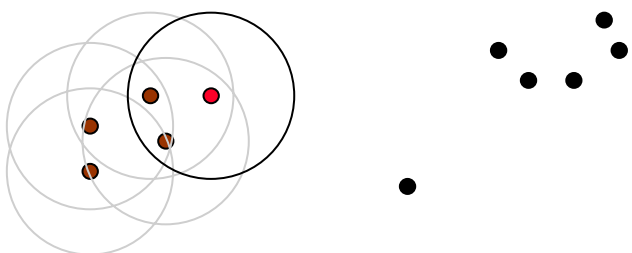
DBScan: esempio

- ε=2cm
- MinPts =3



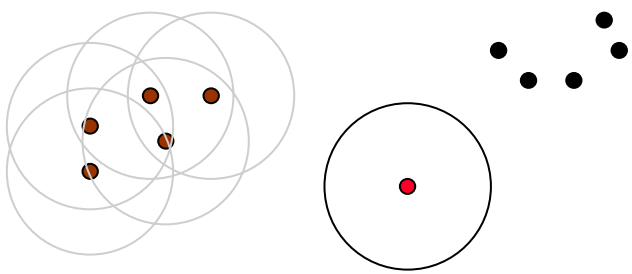
DBScan: esempio

- ε=2cm
- MinPts =3



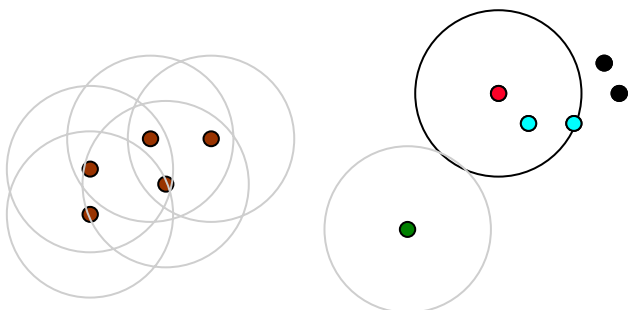
DBScan: esempio

- ε=2cm
- MinPts =3



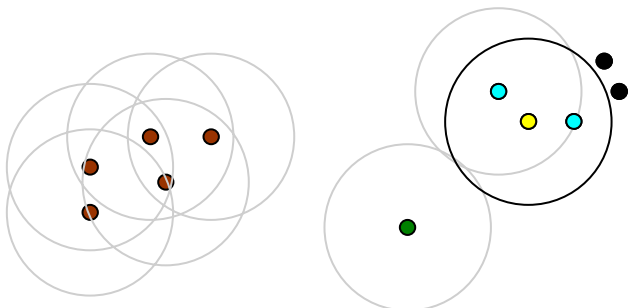
DBScan: esempio

- ε=2cm
- MinPts =3



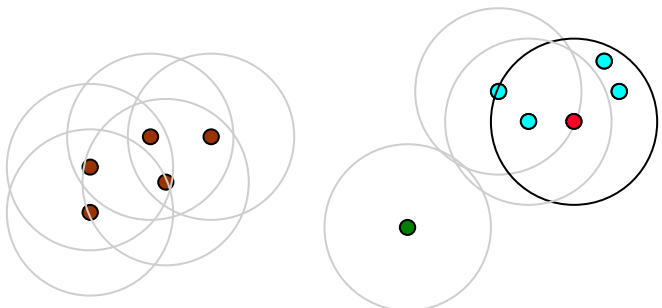
DBScan: esempio

- ε=2cm
- MinPts =3



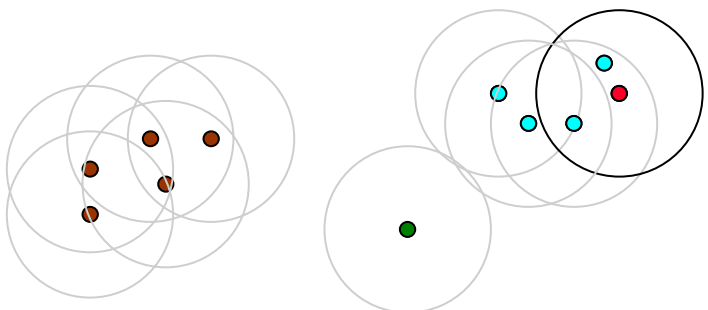
DBScan: esempio

- ε=2cm
- MinPts =3



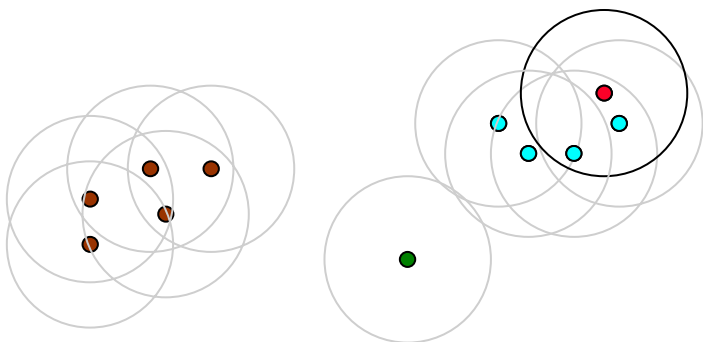
DBScan: esempio

- ε=2cm
- MinPts =3

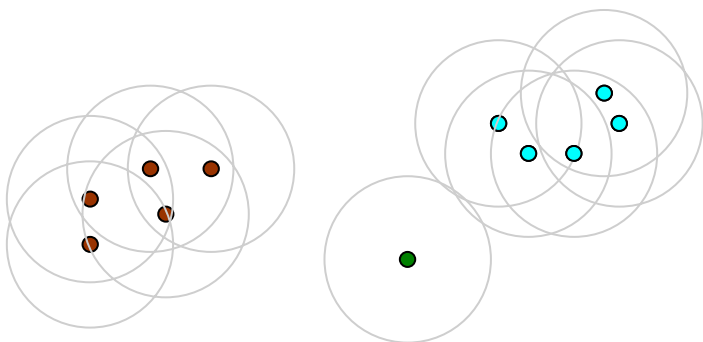


DBScan: esempio

- ε=2cm
- MinPts =3



DBScan: esempio



DBScan: Proprietà

- **Complessità computazionale**
  - **Senza supporto alle queries di neighborhood: $O(n^2)$**
    - **O(n) per ogni query**
  - **Supporto basato su strutture ad albero (alberi metrici, R-tree, ecc): O(n log n)**
    - **O(log n) per ogni query**
  - **Accesso diretto ai Neighbors: O(n)**
    - **O(1) per ogni query**

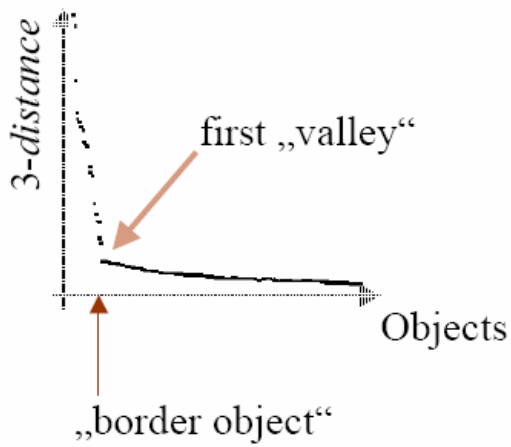
- **Confronti Run-time**

	Time (sec.)									
No. of Points	1,252	2,503	3,910	5,213	6,256	7,820	8,937	10,426	12,512	62,584
DBSCAN	3	7	11	16	18	25	28	33	42	233
CLARANS	758	3,026	6,845	11,745	18,029	29,826	39,265	60,540	80,638	?????

Come si determinano i parametri ottimali?

- **Cluster**
  - **Insieme di oggetti di densità alta**
  - **Dipende da ε e MinPts**
- **Idea: Stimiamo i parametri con la densità di ogni oggetto**
- **k-distance(x): la distanza dal suo k-esimo neighbor**

- **Euristica: fissiamo MinPts, scegliamo ε come punto di "taglio"**



Sommario

- **Clustering basato su densità**
  - **Vantaggi**
    - **Clusters di dimensione e forma arbitraria**
    - **Numero di clusters non predeterminato**
    - **Ben supportato da indici spaziali**
    - **Determina automaticamente il rumore e gli outliers**
  - **Svantaggi**
    - **Difficile determinare i parametri giusti**
    - **In alcuni casi molto sensitivo ai parametri**