Ludwig Maximilians Universität München
Institut für Informatik
Lehr- und Forschungseinheit für Datenbanksysteme

Skript zur Vorlesung

Datenbanksysteme II

Sommersemester 2007

Kapitel 5: Einführung in Multimedia-Datenbanken

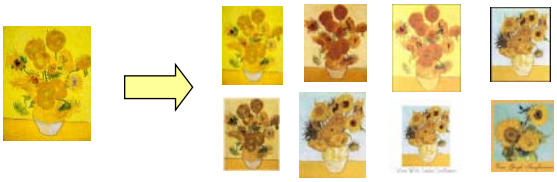
Vorlesung: Christian Böhm

http://www.dbs.informatik.uni-muenchen.de/Lehre/DBSII

Multimedia-Datenbanken

- **Persistente Speicherung** von Mediendaten, z.B.
  - Text-Dokumente
  - Vektorgraphik, CAD
  - Bilder, Audio, Video
- Unterstützung von effizientem **Information-Retrieval**

  Beispiel Bildsuche
  „Finde alle zum Anfrageobjekt ähnlichen Bilder“

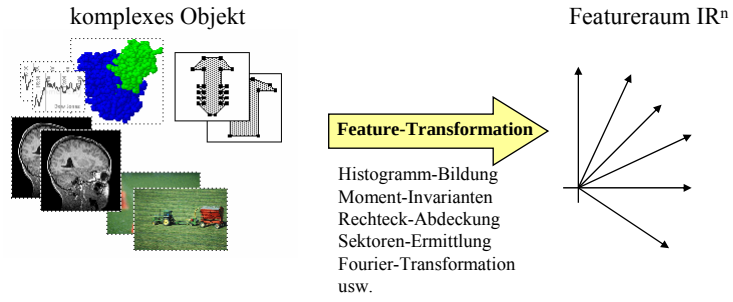


Was genau zeichnet diese Bilder aus?

Featurebasierte Ähnlichkeit (1)

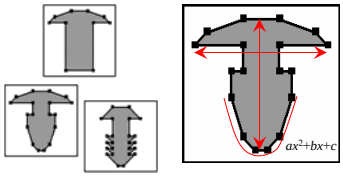
Feature-Transformation

- Definition bzw. Auswahl geeigneter numerischer Merkmale (*Features*), die für die Unterscheidung (Klassifikation, Ähnlichkeit) der Multimedia-Objekte relevant sind
- Wichtigste Eigenschaft: Ähnlichkeit der Objekte entspricht geringem Abstand der Feature-Vektoren

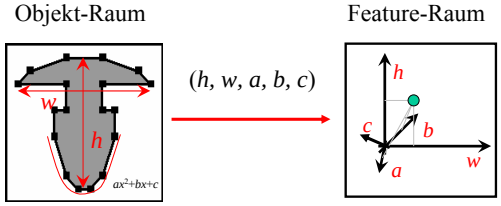


Featurebasierte Ähnlichkeit (2)

- Beispiel: CAD-Zeichnungen
  - Mögliche Merkmale:
    - Höhe *h*
    - Breite *w*
    - Kurvatur-Parameter (*a*,*b*,*c*)

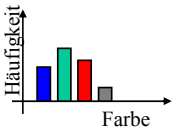


  - Zusammenfassen der ausgewählten Merkmale zu Feature-Vektoren:

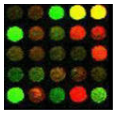


Featurebasierte Ähnlichkeit (3)

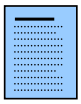
- Weitere Beispiele für Features
  - Bilddatenbanken: Farbhistogramme



  - Gen-Datenbanken: Expressionslevel



  - Text-Datenbanken: Begriffs-Häufigkeiten

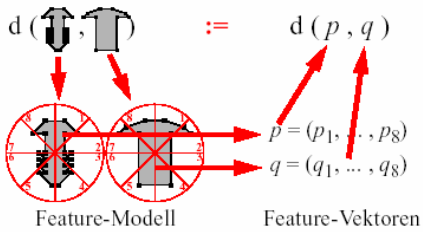


Data	25
Mining	15
Feature	12
Object	7
...	

Featurebasierte Ähnlichkeit (4)

Distanzbasiertes Ähnlichkeitsmaß

- Ähnlichkeit der Objekte ist durch die Distanz der zugeordneten Feature-Vektoren definiert
- Distanz im Feature-Raum steht für Unähnlichkeit der Objekte



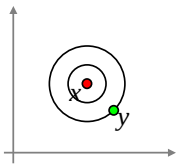
Klassen von Distanzmaßen

$d: \Re^n \times \Re^n \to \Re_0^+$, $x, y, z \in \Re^n$	**Distanz-funktion**	**Semi-Metrik**	**Metrik**
reflexiv $x = y \Rightarrow d(x,y) = 0$	x	x	x
symmetrisch $d(x,y) = d(y,x)$	x	x	x
strikt $d(x,y) = 0 \Rightarrow x = y$		x	x
Dreiecksungleichung $d(x,z) \le d(x,y) + d(y,z)$			x

Beispiele für Distanzfunktionen (1)

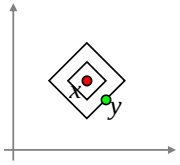
- **Euklidische Distanz** (L_2-Metrik):
  Natürliches Distanzmaß

$$d(x,y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_i - y_i)^2}$$



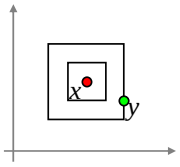
- **Manhattan-Distanz** (L_1-Metrik):
  Die Unähnlichkeiten der einzelnen Merkmale werden direkt addiert

$$d(x,y) = \sum_{i=1}^{n} |x_i - y_i|$$



- **Maximums-Distanz** (L_∞-Metrik):
  Die Unähnlichkeit des am wenigsten ähnlichen Merkmals zählt

$$d(x,y) = \max\{|x_i - y_i|, i = 1 \ldots n\}$$



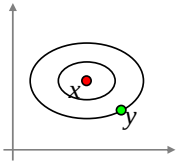
Beispiele für Distanzfunktionen (2)

- Verallgemeinerung: **Allgemeine L_p-Metrik**

$$d(x,y) = \sqrt[p]{\sum_{i=1}^{n} |x_i - y_i|^p}$$

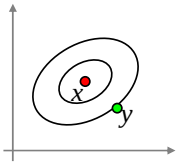
- **Gewichtete Euklidische-Distanz**
  Benutzer kann Gewichte für einzelne Dimensionen vorgeben

$$d(x,y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} w_i \cdot (x_i - y_i)^2}$$



- **Quadratische Formen**
  Gewichtungsmatrix *A* erlaubt gemeinsame Gewichtung der verschiedener Merkmale

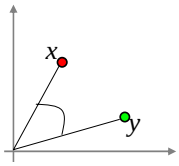
$$d(x,y) = \sqrt{(x-y) \cdot A \cdot (x-y)^T}$$



Beispiele für Distanzfunktionen (3)

- **Cosinus-Distanz**

$$d(x,y) = 1 - \frac{\langle x,y \rangle}{\|x\| \cdot \|y\|}$$

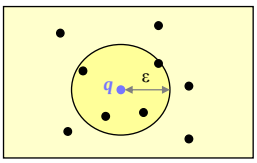


  - Misst den Cosinus des Winkels zwischen *x* und *y*
  - **Keine** (Semi-)Metrik im IR^n
  - Repräsentiert strukturelle Unähnlichkeit oder strukturelle Distanz
  - Sinnvoll z.B. für den Abstand von Wortvektoren im Textmining , dann gilt: $d(x,y) \in [0,1]$ (nur positive Anzahl von Wörtern)

Typen von Ähnlichkeitsanfragen (1)

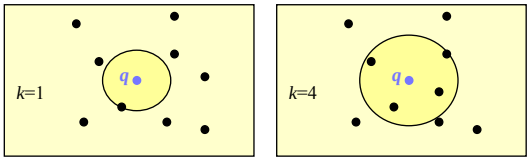
Basis: Objektmenge O, Distanzfunktion $dist: O \times O \rightarrow \Re_0^+$, Datenbank $DB \subseteq O$

- **Bereichsanfrage**
  - Anfrageparameter: Anfrageobjekt q, max. Ähnlichkeitsabstand ε
  - Ergebnismenge: $sim_\varepsilon(q) = \{o \in DB \mid d(o,q) \leq \varepsilon\}$
  - Anzahl Ergebnisse: im vorhinein unbekannt, zwischen 0 und $|DB|$
  - Ergebnisbereich: spezifizierter Bereich ε



Typen von Ähnlichkeitsanfragen (2)

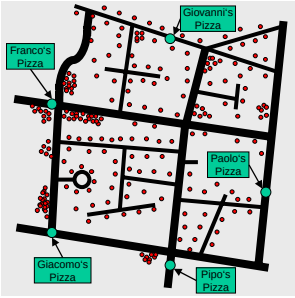
- **Nächste-Nachbarn-Anfrage**
  - Anfrageparameter: Anfrageobjekt q
  - Ergebnismenge: $NN(q) = \{o \mid \forall o' \in DB: d(o,q) \leq d(o',q)\}$
  - Anzahl Ergebnisse: mind. 1
  - Ergebnisbereich: im vorhinein unbekannt, $\varepsilon_1 = \min\{d(o,q) \mid o \in DB\}$
- ***k*-Nächste-Nachbarn-Anfrage**
  - Anfrageparameter: Anfrageobjekt q,
    Anzahl gewünschter Ergebnisse k
  - Ergebnismenge: kleinste Menge $NN_k(q) \subseteq DB$ mit $|NN_k(q)| \geq k$ für die gilt:
    $\forall o \in NN_k(q): \forall o' \in DB - NN_k(q): d(o,q) < d(o',q)$
  - Anzahl Ergebnisse: mind. k
  - Ergebnisbereich: im vorhinein unbekannt, $\varepsilon_k = \max\{d(o,q) \mid o \in NN_k(q)\}$



Typen von Ähnlichkeitsanfragen (3)

- **Reverse *k*-Nächste-Nachbarn-Anfrage**
  - Anfrageparameter: Anfrageobjekt q, Parameter k
  - Ergebnismenge: $RNN_k(q) = \{o \in DB \mid q \in NN_k(o)\}$
  - Anzahl Ergebnisse: unbekannt, max. $|DB|$
  - Anwendungen der Reverse k-Nächste-Nachbarn-Anfrage:

Planung von Spielzügen

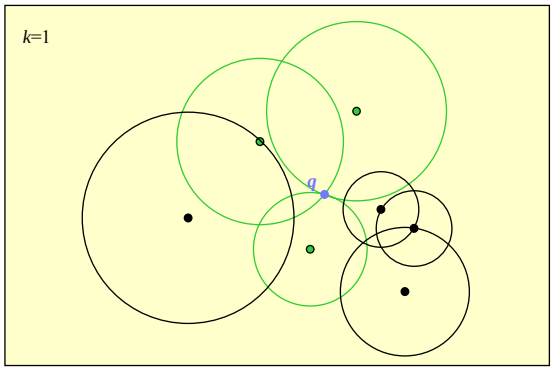


Werbung

Typen von Ähnlichkeitsanfragen (4)

- Zusammenhang zwischen NN und RNN
  - NN ist keine symmetrische Relation
    - $y \in NN(x) \not\Leftrightarrow x \in NN(y)$
    - $y \in NN(x) \not\Leftrightarrow y \in RNN(x)$
  - RNN ist ein „eigenständiges“ Problem

	NN	RNN
p_1	$\{p_2\}$	$\{\}$
p_2	$\{p_3\}$	$\{p_3, p_1\}$
p_3	$\{p_2\}$	$\{p_2\}$



Typen von Ähnlichkeitsanfragen (5)

- **Inkrementelles Ranking (*Give-me-more* Query)**
  - Ablauf
    - Spezifikation eines Anfrageobjektes q beim Start.
    - Wiederholte Aufrufe der Funktion *getnext*(k_i), die jeweils die nächsten k_i Ergebnisse liefern, bis die gewünschte Ergebnismenge erreicht ist.
    - Der Inhalt der DB wird also (partiell) aufgezählt, und zwar aufsteigend nach dem Abstand zum Anfrageobjekt, d.h. für zwei Objekte o_i und o_j gilt:
      $$\forall i, j \in \{1,\ldots N\} : i < j \Rightarrow d(o_i, q) \leq d(o_j, q)\}$$
  - Anfrageparameter: Anfrageobjekt q, Aufrufe von *getnext*(k_i)
  - Ergebnismenge: $NN_q(k)$ mit $k = \sum_{i=1}^{n} k_i$ für n Aufrufe von *getnext*(k_i)
  - Anzahl Ergebnisse: $k = \sum_{i=1}^{n} k_i$ für n Aufrufe von *getnext*(k_i)
  - Ergebnisbereich: im vorhinein unbekannt, $\varepsilon_k = \max\{d(o,q) \mid o \in NN_q(k)\}$

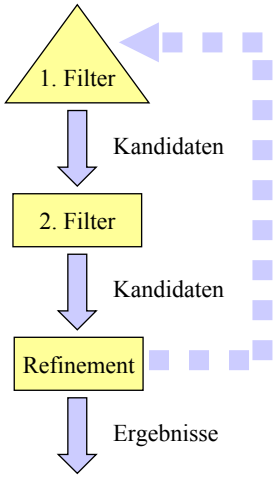
Bewertung von Methoden zur Ähnlichkeitssuche

	erwünscht	**unerwünscht**
gefunden	richtig positive	falsch positive
nicht gefunden	falsch negative	richtig negative

- **Recall***:* Wie viele der erwünschten Objekte wurden gefunden?
$$\frac{rp}{rp + fn} = \frac{\text{gefundene erwünschte Objekte}}{\text{alle erwünschten Objekte}}$$
- **Precision***:* Wie viele der gefundenen Objekte sind erwünscht?
$$\frac{rp}{rp + fp} = \frac{\text{gefundene erwünschte Objekte}}{\text{alle gefundenen Objekte}}$$
- **Sensitivität***:* WS, dass Test für gewünschtes Objekt positiv verläuft (=Recall)
$$\frac{rp}{rp + fn} = \frac{\text{richtig positiv}}{\text{alle erwünschten Objekte}}$$
- **Spezifität***:* WS, dass Test für unerwünschtes Objekt negativ verläuft
$$\frac{rn}{rn + fp} = \frac{\text{richtig negativ}}{\text{alle unerwünschten Objekte}}$$

Mehrstufige Anfragebearbeitung (1)

- **Filterschritt(e)**:
  - Filter ermittelt Kandidatenmenge (*mögliche* Ergebnisse) mit Hilfe einer *Filterdistanz*
  - Filterdistanz sollte billiger sein als exakte Distanz
  - Weitere Filter schränken Kandidatenmenge möglichst weiter ein
- **Verfeinerungsschritt (Refinement)**
  - Ermittelt korrektes Ergebnis aus der Kandidatenmenge
  - Berechnet eigentliches Distanzmaß für die Kandidaten



Mehrstufige Anfragebearbeitung (2)

Qualitätskriterien für Filter

- **Effizienz**
  - Indextauglichkeit
  - schnelle Auswertung
- **Vollständigkeit**
  - Kandidaten müssen alle Ergebnisse enthalten
  - Beweis durch Lower-Bounding-Lemma: $d_{filter}(p,q) \leq d_{exact}(p,q)$
  - Analog gilt bei mehreren Filtern: $d_{filter1}(p,q) \leq d_{filter2}(p,q) \leq \ldots$
- **Gute Selektivität**
  - Möglichste wenig Kandidaten für Verfeinerung
  - datenabhängig → empirischer Nachweis