

# Multimedia-Datenbanken im SS 2010

## “Ähnlichkeitsmaße II”

Dr.-Ing. Marcin Grzegorzek

22.06.2010

6.4 Konkrete

6.5  
Aggregation

6.6  
Umwandlung

6.7 Partielle

## 1. Einführung in MMDB

1.1 Grundlegende Begriffe

1.2 Suche in einem MMDBS

1.3 MMDBMS-Anwendungen

27.04.2010

---

## 2. Prinzipien des Information Retrievals

2.1 Einführung

2.2 Information-Retrieval-Modelle

2.3 Relevance Feedback

2.4 Bewertung von Retrieval-Systemen

2.5 Nutzerprofile

03.05.2010

---

## 3. Einführung in Multimedia-Retrieval

3.1 Besonderheiten der Verwaltung und des Retrievals

3.2 Ablauf des Multimedia-Information-Retrievals

3.3 Daten eines Multimedia-Retrieval-Systems

3.4 Feature

3.5 Eignung verschiedener Retrieval-Modelle

3.6 Multimedia-Ähnlichkeitsmodell 10.05.2010

---

## 4. Feature-Transformationsverfahren

4.1 Diskrete Fourier-Transformation 11.05.2010

---

4.2 Diskrete Wavelet-Transformation 17.05.2010

---

4.3 Karhunen-Loeve-Transformation

4.4 Latent Semantic Indexing und Singulärwertzerlegung 31.05.2010

---

6.4 Konkrete

6.5

Aggregation

6.6

Umwandlung

6.7 Partielle

# Inhalte und Termine

## 5. Distanzfunktionen

5.1 Eigenschaften und Klassifikation

5.2 Distanzfunktionen auf Punkten

07.06.2010

---

5.3 Distanzfunktionen auf Binärdaten

5.4 Distanzfunktionen auf Sequenzen

5.5 Distanzfunktionen auf allgemeinen Mengen

08.06.2010

---

## 6. Ähnlichkeitsmaße

6.1 Einführung

6.2 Distanz versus Ähnlichkeit

6.3 Grenzen von Ähnlichkeitsmaßen

21.06.2010

---

6.4 Konkrete Ähnlichkeitsmaße

6.5 Aggregation von Ähnlichkeitswerten

6.6 Umwandlung von Distanzen in Ähnlichkeitswerte und Normierung

6.7 Partielle Ähnlichkeit

22.06.2010

---

6.4 Konkrete

6.5  
Aggregation

6.6  
Umwandlung

6.7 Partielle

6.4 Konkrete

6.5

Aggregation

6.6

Umwandlung

6.7 Partielle

## **7. Effiziente Algorithmen und Datenstrukturen**

7.1 Hochdimensionale Indexstrukturen

7.2 Algorithmen zur Aggregation von Ähnlichkeitswerten

## **8. Anfragebehandlung**

8.1 Einführung

8.2 Konzepte der Anfragebehandlung

8.3 Datenbankmodell

8.4 Sprachen

## **9. Zusammenfassung**

# Overview

6.4 Konkrete

6.5

Aggregation

6.6

Umwandlung

6.7 Partielle

6.4 Konkrete Ähnlichkeitsmaße

6.5 Aggregation von Ähnlichkeitsmaßen

6.6 Umwandlung von Distanzen in Ähnlichkeitswerte

6.7 Partielle Ähnlichkeit

# Overview

6.4 Konkrete

6.5  
Aggregation

6.6  
Umwandlung

6.7 Partielle

## 6.4 Konkrete Ähnlichkeitsmaße

## 6.5 Aggregation von Ähnlichkeitsmaßen

## 6.6 Umwandlung von Distanzen in Ähnlichkeitswerte

## 6.7 Partielle Ähnlichkeit

# Eine Auswahl von Ähnlichkeitsmaßen

6.4 Konkrete

6.5

Aggregation

6.6

Umwandlung

6.7 Partielle

- ▶ Feature-Kontrast-Modell nach Tversky
- ▶ Fuzzy-Feature-Kontrast-Modell von Santini und Jain
- ▶ **Histogrammschnitt**
- ▶ **Kosinusmaß**
- ▶ Ähnlichkeitsmaße aus der Taxonomie



# Histogrammschnitt

6.4 Konkrete

6.5  
Aggregation

6.6  
Umwandlung

6.7 Partielle

- ▶ Der Histogrammschnitt berechnet einen Ähnlichkeitswert zwischen zwei Histogrammen. Wir gehen von einem normalisierten Histogramm aus:

$$\sum_{i=1}^n h_a[i] = 1$$

- ▶ Der Histogrammschnitt zwischen zwei Histogrammen  $h_a$  und  $h_b$  berechnet sich nach folgender Formel:

$$S_{nH}(h_a, h_b) = \sum_{i=1}^n \min(h_a[i], h_b[i])$$

# Histogrammschnitt

6.4 Konkrete

6.5  
Aggregation

6.6  
Umwandlung

6.7 Partielle

- ▶ Aufgrund der Normierung der Histogramme ist garantiert, dass die Ähnlichkeitswerte auf das Intervall  $[0, 1]$  abgebildet werden.
- ▶ Eine Umwandlung zu einem Ähnlichkeitsabstand erfolgt mit folgender Formel:

$$d_{S_{nH}}(h_a, h_b) = 1 - S_{nH}(h_a, h_b)$$

- ▶ Der Histogrammschnitt als Ähnlichkeitsabstand ist eine Distanzfunktion.

# Kosinusmaß

## 6.4 Konkrete

### 6.5 Aggregation

### 6.6 Umwandlung

### 6.7 Partielle

- ▶ Das Kosinusmaß ist auf Vektoren eines Vektorraums definiert und beschreibt den Kosinus des eingeschlossenen Winkels zwischen zwei Vektoren.
- ▶ Der Name dieses Ähnlichkeitsmaßes ergibt sich aus der Tatsache, dass über den Skalarprodukt der Kosinus des Winkels berechnet wird.

# Kosinusmaß

- ▶ Wenn  $a$  und  $b$  zwei Vektoren darstellen, dann berechnet sich das Kosinusmaß folgendermaßen:

$$S_{\cos}(a, b) = \frac{\langle a, b \rangle}{\|a\| * \|b\|}$$

$$\langle a, b \rangle = a^T * b - \text{Skalarprodukt}$$

$$\|a\| = \sqrt{a^T * a} - \text{Betrag}$$

- ▶ Das Kosinusmaß ermittelt zwischen zwei beliebigen Vektoren einen Wert aus dem Intervall  $[-1, 1]$ . Eine Abbildung auf das Ähnlichkeitsintervall  $[0, 1]$  erhält man durch eine Halbierung gefolgt von der Addition mit  $\frac{1}{2}$ .

6.4 Konkrete

6.5

Aggregation

6.6

Umwandlung

6.7 Partielle

# Kosinusmaß

6.4 Konkrete

6.5  
Aggregation

6.6  
Umwandlung

6.7 Partielle

- ▶ Um aus einem Ähnlichkeitswert aus dem Intervall  $[0, 1]$  einen Ähnlichkeitsabstand zu erzeugen, wird dieser Wert von 1 abgezogen:

$$d_{\cos}(a, b) = 1 - S_{\cos}(a, b) = 1 - \frac{\langle a, b \rangle}{\|a\| * \|b\|}$$

- ▶ Diese Abstandsfunktion ist eine Semi-Pseudo-Distanzfunktion bzw. eine Semi-Distanzfunktion, wenn von längennormierten Vektoren ausgegangen wird.

# Overview

6.4 Konkrete

**6.5  
Aggregation**

6.6  
Umwandlung

6.7 Partielle

6.4 Konkrete Ähnlichkeitsmaße

**6.5 Aggregation von Ähnlichkeitsmaßen**

6.6 Umwandlung von Distanzen in Ähnlichkeitswerte

6.7 Partielle Ähnlichkeit

# Beispiel

6.4 Konkrete

6.5  
Aggregation

6.6  
Umwandlung

6.7 Partielle

- ▶ In einer Bilddatenbank, die Abbildungen von Stoffen für die Produktion von Kleidungsstücken enthält, soll nach einem bestimmten Stoff gesucht werden.
- ▶ Vorgabe dabei ist ein bestimmtes Muster und eine bestimmte Farbe.
- ▶ Diese beiden Eigenschaften führen pro Stoffabbildung der Datenbank zu zwei Ähnlichkeitswerten, die zu einem endgültigen Ähnlichkeitswert kombiniert werden müssen.

# Anforderungen

An eine Aggregation  $\text{agg}$ , die Ähnlichkeitswerte für ein Objekt aggregiert, werden bestimmte Forderungen gestellt:

6.4 Konkrete

6.5

Aggregation

6.6

Umwandlung

6.7 Partielle

1. *Ähnlichkeitswerte*. Die Funktion muss mehrere Ähnlichkeitswerte aus dem Intervall  $[0, 1]$  auf einen Wert aus dem Intervall  $[0, 1]$  abbilden:

$$\text{agg} : [0, 1]^n \rightarrow [0, 1]$$

2. *Monotonie*. Wenn die Eingangswerte nicht sinken, dann sinkt auch der aggregierte Ähnlichkeitswert nicht:

$$x_1 \leq y_1 \wedge \dots \wedge x_n \leq y_n \Rightarrow \text{agg}(x_1, \dots, x_n) \leq \text{agg}(y_1, \dots, y_n)$$



# Anforderungen

6.4 Konkrete

6.5  
Aggregation

6.6  
Umwandlung

6.7 Partielle

3. *Strikte Monotonie*. Wenn alle Eingangswerte wachsen, dann muss auch der entsprechende, aggregierte Ähnlichkeitswert wachsen:

$$x_1 < y_1 \wedge \dots \wedge x_n < y_n \Rightarrow \text{agg}(x_1, \dots, x_n) < \text{agg}(y_1, \dots, y_n)$$

4. *Stetigkeit*. Die Aggregatfunktion soll bezüglich der Eingangswerte stetig sein, also keine abrupten Sprünge aufweisen.

# Anforderungen

6.4 Konkrete

6.5

Aggregation

6.6

Umwandlung

6.7 Partielle

5. *Idempotenz*. Eine Aggregation derselben Werte muss diesen Wert selbst ergeben:

$$\text{agg}(a, \dots, a) = a$$

6. *Unabhängigkeit von der Reihenfolge*. Das Resultat einer Aggregation ist unabhängig von der Reihenfolge der zu aggregierenden Ähnlichkeitswerte:

$$\text{agg}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \text{agg}(x_{p_1}, x_{p_2}, \dots, x_{p_n})$$

wobei  $[p_i]$  eine beliebige Permutation der Werte  $[i]$  darstellt.

# Generalisiertes Mittel

6.4 Konkrete

6.5

Aggregation

6.6

Umwandlung

6.7 Partielle

- ▶ Das generalisierte Mittel ist definiert wie folgt:

$$\text{agg}_{gm}^{\alpha}(x_1, \dots, x_n) = \left( \frac{x_1^{\alpha} + \dots + x_n^{\alpha}}{n} \right)^{\frac{1}{\alpha}}$$

- ▶ Der Parameterwert  $\alpha$  muss ungleich 0 sein.
- ▶ Folgende Spezialfälle ergeben sich:
  - ▶  $\alpha = 1$  : arithmetisches Mittel
  - ▶  $\alpha = \infty$  : maximaler Ähnlichkeitswert
  - ▶  $\alpha = -\infty$  : minimaler Ähnlichkeitswert

# Overview

6.4 Konkrete

6.5

Aggregation

6.6

**Umwandlung**

6.7 Partielle

6.4 Konkrete Ähnlichkeitsmaße

6.5 Aggregation von Ähnlichkeitsmaßen

6.6 Umwandlung von Distanzen in Ähnlichkeitswerte

6.7 Partielle Ähnlichkeit

- ▶ Hier beschäftigen wir uns kurz mit der Umwandlung von Distanzen in Ähnlichkeitswerte.
- ▶ Eine Umwandlungsfunktion ist eine Funktion  $f$ , die nichtnegative, reelle Werte auf das Intervall  $[0, 1]$  abbildet und eine Reihe von Eigenschaften erfüllen muss.

# Eigenschaften der Umwandlungsfunktion

6.4 Konkrete

6.5

Aggregation

6.6

Umwandlung

6.7 Partielle

1. *Grenzbedingung maximale Ähnlichkeit.* Eine maximale Ähnlichkeit entspricht dem Ähnlichkeitswert 1 und einem Distanzwert 0:

$$f(0) = 1$$

2. *Grenzbedingung minimale Ähnlichkeit.* Eine minimale Ähnlichkeit entspricht dem Ähnlichkeitswert 0 und einem maximalen Distanzwert. Häufig existiert zu einer Distanzfunktion ein maximaler Distanzwert  $d_{\max}$

$$f(d_{\max}) = 0;$$

Ansonsten fordern wir:

$$\lim_{d \rightarrow \infty} f(d) = 0$$

# Eigenschaften der Umwandlungsfunktion

6.4 Konkrete

6.5  
Aggregation

6.6  
Umwandlung

6.7 Partielle

3. *Streng monoton fallend.* Eine korrekte Abbildung erfordert eine streng monoton fallende Umwandlungsfunktion:

$$x_1 > x_2 \Rightarrow f(x_1) < f(x_2)$$

4. *Stetigkeit.* Stetigkeit der Funktion  $f$  ist gefordert, um unerwünschte Sprünge zu vermeiden.

# Linearkombination

6.4 Konkrete

6.5  
Aggregation

6.6  
Umwandlung

6.7 Partielle

- ▶ Die einfachste Variante ergibt sich aus der linearen Kombination beider Grenzbedingungen:

$$f(x) = 1 - \frac{x}{d_{\max}}$$

- ▶ Die Sensibilität (der absolute Betrag des Anstiegs) ist hier konstant hinsichtlich variierender Distanzwerte  $x$ .



# Dynamische Sensibilität

6.4 Konkrete

6.5

Aggregation

6.6

Umwandlung

6.7 Partielle

- ▶ Eine Distanzfunktion, die sensibler bei geringeren Distanzen als bei hohen Distanzen reagiert kann folgendermaßen definiert werden:

$$f(x) = e^{-x}$$

- ▶ Diese Funktion ist nicht an einen maximalen Distanzwert gebunden, da sie sich asymptotisch dem Ähnlichkeitswert 0 nähert.

# Overview

6.4 Konkrete

6.5

Aggregation

6.6

Umwandlung

**6.7 Partielle**

6.4 Konkrete Ähnlichkeitsmaße

6.5 Aggregation von Ähnlichkeitsmaßen

6.6 Umwandlung von Distanzen in Ähnlichkeitswerte

**6.7 Partielle Ähnlichkeit**

# Partielle Ähnlichkeit - Allgemeines

6.4 Konkrete

6.5  
Aggregation

6.6  
Umwandlung

6.7 Partielle

- ▶ Bis jetzt sind wir davon ausgegangen, dass zwei Medienobjekte als jeweils zwei ganze Einheiten miteinander verglichen werden sollen.
- ▶ Es gibt jedoch Anwendungen, bei denen die Grundannahme nicht zutrifft.
- ▶ Einige Feature-Werte des “größeren” Medienobjekts gehen in die Berechnung der Ähnlichkeit nicht ein.

# Beispiel

6.4 Konkrete

6.5

Aggregation

6.6

Umwandlung

6.7 Partielle

- ▶ In einer Anwendung verwaltet ein Bilddatenbanksystem Rasterbilder von Landschaftsaufnahmen.
- ▶ Eine partielle Ähnlichkeitsanfrage liegt hier vor, wenn nach Bildern gesucht wird, bei denen die Farbe rot möglichst stark vertreten ist.
- ▶ Die Häufigkeiten anderer Farben sollen ignoriert werden.
- ▶ Die Anfrage wird also durch einen Vektor repräsentiert, der weniger Dimensionen aufweist als die Medienobjekte in der Datenbank.