

Multimedia Retrieval im WS 2011/2012

6. Ähnlichkeitsmaße

Prof. Dr.-Ing. Marcin Grzegorzek
Juniorprofessur für Mustererkennung
Institut für Bildinformatik im Department ETI
Fakultät IV der Universität Siegen

12. und 19. Dezember 2011



6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5
Aggregation

6.6
Umwandlung

6.7 Partielle

1. Einführung

1.1 Grundlegende Begriffe

1.2 Suche in einem MMDBS

1.3 MMDBMS-Anwendungen

11.10.2011

2. Prinzipien des Information Retrieval

2.1 Einführung

2.2 Information-Retrieval-Modelle

2.3 Relevance Feedback

2.4 Bewertung von Retrieval-Systemen

17.10.2011

2.5 Nutzerprofile

3. Prinzipien des Multimedia Retrieval

3.1 Besonderheiten der Verwaltung und des Retrievals

3.2 Ablauf des Multimedia-Information-Retrievals

3.3 Daten eines Multimedia-Retrieval-Systems 24.10.2011

3.4 Feature

3.5 Eignung verschiedener Retrieval-Modelle

3.6 Multimedia-Ähnlichkeitsmodell 25.10.2011

4. Feature-Transformationsverfahren

4.1 Diskrete Fourier-Transformation 08.11.2011

4.2 Diskrete Wavelet-Transformation 14.11.2011

4.3 Karhunen-Loeve-Transformation 21.11.2011

4.4 Latent Semantic Indexing und Singulärwertzerlegung 22.11.2011

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

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

5.3 Distanzfunktionen auf Binärdaten

05.12.2011

5.4 Distanzfunktionen auf Sequenzen

5.5 Distanzfunktionen auf allgemeinen Mengen

06.12.2011

6. Ähnlichkeitsmaße

6.1 Einführung

6.2 Distanz versus Ähnlichkeit

6.3 Grenzen von Ähnlichkeitsmaßen

12.12.2011

6.4 Konkrete Ähnlichkeitsmaße

6.5 Aggregation von Ähnlichkeitswerten

6.6 Umwandlung von Distanzen in Ähnlichkeitswerte und Normierung

6.7 Partielle Ähnlichkeit

19.12.2011

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5
Aggregation

6.6
Umwandlung

6.7 Partielle

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

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

Überblick

6.1 Einführung

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.2 Distanz versus Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.3 Grenzen von Ähnlichkeitsmaßen

6.4 Konkrete

6.4 Konkrete Ähnlichkeitsmaße

6.5
Aggregation

6.5 Aggregation von Ähnlichkeitsmaßen

6.6
Umwandlung

6.6 Umwandlung von Distanzen in Ähnlichkeitswerte

6.7 Partielle

6.7 Partielle Ähnlichkeit

Vorlesung fällt aus.

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5
Aggregation

6.6
Umwandlung

6.7 Partielle

Vorlesung am 20.12.2011 fällt aus.

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs. Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5 Aggregation

6.6 Umwandlung

6.7 Partielle

6.1 Einführung

6.2 Distanz versus Ähnlichkeit

6.3 Grenzen von Ähnlichkeitsmaßen

6.4 Konkrete Ähnlichkeitsmaße

6.5 Aggregation von Ähnlichkeitsmaßen

6.6 Umwandlung von Distanzen in Ähnlichkeitswerte

6.7 Partielle Ähnlichkeit

Allgemeines

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs. Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5 Aggregation

6.6 Umwandlung

6.7 Partielle

- ▶ Objekte werden von Menschen als ähnlich wahrgenommen, wenn sie bei Menschen zu ähnlichen Reizen führen.
- ▶ Wir gehen hier davon aus, dass die relevanten Reize den extrahierten und aufbereiteten Feature-Werten entsprechen.
- ▶ Eine allgemein akzeptierte und exakte Definition des Begriffs Ähnlichkeit gibt es nicht.
- ▶ In Gebieten wie z. B. Psychologie, Mathematik, Statistik, Bildverarbeitung, und Mustererkennung wird zu diesem Thema geforscht und es wurden viele unterschiedliche Ähnlichkeitsmodelle entwickelt.

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs. Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5 Aggregation

6.6 Umwandlung

6.7 Partielle

Definition

Ein Ähnlichkeitsmaß ist eine Funktion, die einem Paar von Objekten eine Zahl aus dem reellen Intervall $[0, 1]$ zuordnet. Dabei korrespondiert der Wert 1 zur maximalen Ähnlichkeit und der Wert 0 zur maximalen Unähnlichkeit.

Überblick

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5
Aggregation

6.6
Umwandlung

6.7 Partielle

6.1 Einführung

6.2 Distanz versus Ähnlichkeit

6.3 Grenzen von Ähnlichkeitsmaßen

6.4 Konkrete Ähnlichkeitsmaße

6.5 Aggregation von Ähnlichkeitsmaßen

6.6 Umwandlung von Distanzen in Ähnlichkeitswerte

6.7 Partielle Ähnlichkeit

Probleme mit den Distanzfunktionen

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs. Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5 Aggregation

6.6 Umwandlung

6.7 Partielle

- ▶ In der Psychologie wurden Untersuchungen durchgeführt, die belegen, dass die Distanzeigenschaften im Allgemeinen für das menschliche Ähnlichkeitsempfinden zu restriktiv sind.
- ▶ *Selbstidentität*. Diese Eigenschaft, formuliert als $d(A, A) = 0$, gilt für das menschliche Empfinden nicht grundsätzlich.
- ▶ *Positivität*. Diese Eigenschaft wurde für Menschen widerlegt.
- ▶ *Symmetrie*. Beim Ähnlichkeitsempfinden zwischen einem Suchbild und einem Datenbild macht es einen Unterschied, wenn die beiden Bilder ihre Rollen tauschen.
- ▶ *Dreiecksungleichung*. Menschen neigen oft dazu, Unterschiede zwischen Vergleichsobjekten zu hoch zu bewerten, wenn kein drittes Referenzobjekt zum Vergleich erfahrbar ist.

Beispiel 1

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5
Aggregation

6.6
Umwandlung

6.7 Partielle

- ▶ Sucht man in einer Bilddatenbank ein Bild A mit einem Haus, dann akzeptiert man in der Regel ein Datenbankbild B, das neben dem Haus weitere Objekte zeigt (z. B. ein Baum).
- ▶ Sucht man jedoch anhand des Datenbankbildes B und erhält das ursprüngliche Suchbild A, wird der Baum vermisst.

Beispiel 2

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5
Aggregation

6.6
Umwandlung

6.7 Partielle

- ▶ Vergleicht man ein Kreis (Objekt A) mit einem Kreuz (Objekt B), stellt man kaum Gemeinsamkeiten fest.
- ▶ Beide Objekte haben aber Gemeinsamkeiten zum dritten Objekt - einem Kreuz in einem Kreis (Objekt C)
- ▶ Der Mensch neigt zu der Bewertung:
 $d(A, B) > d(A, C) + d(B, C)$

Distanz vs. Ähnlichkeit - Schlussfolgerung

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs. Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5 Aggregation

6.6 Umwandlung

6.7 Partielle

- ▶ Die geschilderten Probleme zeigen, dass Distanzeigenschaften nicht generell auf Ähnlichkeitsmaße übertragbar sind.
- ▶ In vielen Anwendungen wurden trotzdem gute Erfahrungen mit Ähnlichkeitsberechnungen auf der Grundlage von Distanzfunktionen gemacht.
- ▶ Da die Distanzeigenschaften im Allgemeinen als zu restriktiv erachtet werden, wird im Folgenden statt einer Distanz der Begriff des Ähnlichkeitsabstandes verwendet.

Ähnlichkeitsabstand nach Tversky und Gati

- ▶ *Dominanz.* Der Ähnlichkeitsabstand, der mehrere Dimensionen berücksichtigt, kann nicht kleiner als der maximale Ähnlichkeitsabstand aller einzelner Dimensionen sein.
- ▶ *Konsistenz.* Die einzelnen Dimensionswerte wirken unabhängig voneinander.
- ▶ *Transitivität.* Mögliche Reihenfolgen von Objekten müssen pro Dimension transitiv wirken. Eine Reihenfolge von drei Objekten $x_1|x_2|x_3$ gilt, wenn x_2 zwischen x_1 und x_3 liegt. Die Transitivität fordert, dass wenn $x_1|x_2|x_3$ und $x_2|x_3|x_4$ gelten, dass dann auch $x_1|x_2|x_4$ und $x_1|x_3|x_4$ erfüllt sein müssen.

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs. Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5 Aggregation

6.6 Umwandlung

6.7 Partielle

Ähnlichkeitsabstand nach Tversky und Gati

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5
Aggregation

6.6
Umwandlung

6.7 Partielle

- ▶ Man kann nachweisen, dass diese Eigenschaften allgemeiner als die Distanzeigenschaften sind.
- ▶ Die Symmetrieeigenschaft wird für einen Ähnlichkeitsabstand nicht gefordert.
- ▶ Die drei Eigenschaften besitzen eine wichtige Eigenart. Wendet man auf den Werten eines solchen Abstandmaßes eine monoton steigende Funktion an, bleiben dadurch die Eigenschaften erhalten.

Überblick

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5
Aggregation

6.6
Umwandlung

6.7 Partielle

6.1 Einführung

6.2 Distanz versus Ähnlichkeit

6.3 Grenzen von Ähnlichkeitsmaßen

6.4 Konkrete Ähnlichkeitsmaße

6.5 Aggregation von Ähnlichkeitsmaßen

6.6 Umwandlung von Distanzen in Ähnlichkeitswerte

6.7 Partielle Ähnlichkeit

- ▶ Maschinell berechenbaren Ähnlichkeitswerten sind im Vergleich zum menschlichen Ähnlichkeitsempfinden enge Grenzen gesetzt. Diese Grenzen sollen hier diskutiert werden.
- ▶ Ähnlichkeitswerte werden automatisch aus Feature-Werten berechnet.
- ▶ Semantische Eigenschaften in Feature-Daten sind oft holistischer Natur. Dies bedeutet, dass die interessierenden Eigenschaften nicht exakt bestimmten Feature-Werten zugeordnet werden können, sondern durch die Gesamtheit der Daten ausgedrückt werden.

Beispiel 3

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5
Aggregation

6.6
Umwandlung

6.7 Partielle

- ▶ Ein MM-System soll auf beliebigen Rasterbildern Hunde erkennen. Dies ist jedoch nicht zuverlässig möglich, da die Eigenschaft “Hund” weder an einzelne Pixel noch an bestimmte Feature-Werte exakt gebunden werden kann, sondern durch die Gesamtheit der Daten ausgedrückt wird.
- ▶ Bei der menschlichen Ähnlichkeitsempfindung spielt bewusst oder unbewusst immer ein bestimmtes Weltwissen eine Rolle.

Beispiel 4

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5
Aggregation

6.6
Umwandlung

6.7 Partielle

- ▶ Wird einem geschichteinteressierten Deutschen ein Photo von Erich Honecker und eine Abbildung von einem Trabi präsentiert, ergibt sich für ihn eine gewisse Ähnlichkeit aufgrund der DDR-Zugehörigkeit.
- ▶ Ohne Weltwissen ist ein solcher Zusammenhang nicht erkennbar.
- ▶ Ein großes Problem ist daher die Subjektivität menschlich wahrgenommener Ähnlichkeit.

Beispiel 5

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5
Aggregation

6.6
Umwandlung

6.7 Partielle

- ▶ Ein weit verbreiteter “Volkssport” ist das Vergleichen von Gesichtszügen eines Kindes mit denen der Eltern. Kommt das Kind mehr nach dem Vater oder nach der Mutter?
- ▶ Dabei stellt sich heraus, dass die Meinungen weit auseinanderliegen.
- ▶ Oft ist das Ergebnis solcher Ähnlichkeitstests abhängig davon, wie gut derjenige die Elternteile kennt.
- ▶ Weiterhin werden oft unterschiedliche Merkmale für den Vergleich herangezogen und unterschiedliche gewichtet.

Drei Ebenen der Inhaltsverarbeitung

Bezüglich der Verwendung von Weltwissen unterscheidet man drei Ebenen, wie der Inhalt von Medienobjekten verwaltet und eine Ähnlichkeit berechnet werden könnte:

- ▶ *Syntaktische Ebene*: Hier erfolgt die Verarbeitung rein syntaktisch, ohne dass die Bedeutung der Medienobjekte berücksichtigt wird.
- ▶ *Semantische Ebene*: Auf dieser Ebene wird die Bedeutung von Medienobjekten verwaltet und für den Ähnlichkeitsvergleich verwendet.
- ▶ *Pragmatische Ebene*: Auf der pragmatischen Ebene werden Medienobjekte interpretiert und thematisch Kategorien zugeordnet.

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs. Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5 Aggregation

6.6 Umwandlung

6.7 Partielle

Pre-Attentive vs. attentive Wahrnehmung

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5
Aggregation

6.6
Umwandlung

6.7 Partielle

- ▶ Bei der menschlichen Wahrnehmung von Reizen wird die sog. pre-attentive von der attentiven Wahrnehmung unterschieden (nur visuelle Reize).
- ▶ Die pre-attentive Wahrnehmung erfolgt in den ersten 250ms. In dieser Zeit ist ein Mensch noch nicht in der Lage, sein Weltwissen zur Interpretation zu nutzen.
- ▶ Dies erfolgt in der attentiven Phase.

Nachbildung der pre-attentiven Wahrnehmung

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs. Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5 Aggregation

6.6 Umwandlung

6.7 Partielle

Ein Ziel der Feature-Extraktion und beim Ähnlichkeitsvergleich ist es, die pre-attentive Phase nachzubilden. Es handelt sich um folgende Features:

- ▶ Linienorientierung,
- ▶ Länge, Breite, Größe von Objekten,
- ▶ Krümmung,
- ▶ Anzahl von Objekten, und
- ▶ Farbe und Intensität von Objekten.

Leider sind solche Features nicht immer leicht algorithmisch berechenbar.

Überblick

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5
Aggregation

6.6
Umwandlung

6.7 Partielle

6.1 Einführung

6.2 Distanz versus Ähnlichkeit

6.3 Grenzen von Ähnlichkeitsmaßen

6.4 Konkrete Ähnlichkeitsmaße

6.5 Aggregation von Ähnlichkeitsmaßen

6.6 Umwandlung von Distanzen in Ähnlichkeitswerte

6.7 Partielle Ähnlichkeit

Eine Auswahl von Ähnlichkeitsmaßen

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

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

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs. Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

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

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs. Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

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

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

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 $\frac{1}{2}$.

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs. Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5 Aggregation

6.6 Umwandlung

6.7 Partielle

Kosinusmaß

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs. Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

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.

Überblick

6.1 Einführung

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.2 Distanz versus Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.3 Grenzen von Ähnlichkeitsmaßen

6.4 Konkrete

6.4 Konkrete Ähnlichkeitsmaße

**6.5
Aggregation**

6.5 Aggregation von Ähnlichkeitsmaßen

6.6
Umwandlung

6.6 Umwandlung von Distanzen in Ähnlichkeitswerte

6.7 Partielle

6.7 Partielle Ähnlichkeit

Beispiel

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

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 agg , die Ähnlichkeitswerte für ein Objekt aggregiert, werden bestimmte Forderungen gestellt:

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:

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

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5
Aggregation

6.6
Umwandlung

6.7 Partielle

Anforderungen

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs. Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

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

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

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

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

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

Überblick

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5
Aggregation

**6.6
Umwandlung**

6.7 Partielle

6.1 Einführung

6.2 Distanz versus Ähnlichkeit

6.3 Grenzen von Ähnlichkeitsmaßen

6.4 Konkrete Ähnlichkeitsmaße

6.5 Aggregation von Ähnlichkeitsmaßen

6.6 Umwandlung von Distanzen in Ähnlichkeitswerte

6.7 Partielle Ähnlichkeit

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5
Aggregation

6.6
Umwandlung

6.7 Partielle

- ▶ 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

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:

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

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs. Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5 Aggregation

6.6 Umwandlung

6.7 Partielle

Eigenschaften der Umwandlungsfunktion

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs. Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

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

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

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

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

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.

Überblick

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

6.4 Konkrete

6.5
Aggregation

6.6
Umwandlung

6.7 Partielle

6.1 Einführung

6.2 Distanz versus Ähnlichkeit

6.3 Grenzen von Ähnlichkeitsmaßen

6.4 Konkrete Ähnlichkeitsmaße

6.5 Aggregation von Ähnlichkeitsmaßen

6.6 Umwandlung von Distanzen in Ähnlichkeitswerte

6.7 Partielle Ähnlichkeit

Partielle Ähnlichkeit - Allgemeines

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs. Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

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

6.1 Einführung

6.2 Dist. vs.
Ähnlichkeit

6.3 Grenzen

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.