

Wissensbasierte Systeme: Prüfungsfragen

Prof. Beierle:

Assoziationsregeln erklären (Itemmenge, Transaktionen, support + confidence)

- Ø durch Data Mining ermittelte Zusammenhänge zwischen Merkmalen
- Ø nicht notwendig kausal
- Ø z. B. bei Verkaufsdatenanalyse
- Ø Form: $X \rightarrow Y$ (X und Y disjunkte Itemmengen); Transaktion erfüllt Regel, wenn $X \cap Y$ Teilmenge der Transaktion
- Ø Items: die Dinge, deren Beziehungen zueinander beschrieben werden
- Ø Transaktion: Itemmenge
- Ø Datenbasis: Menge von Transaktionen
- Ø einer Assoziationsregel zugeordnete Größen (minsupp, minconf):
 - Ø support (einer Itemmenge): relativer Anteil aller Transaktionen aus der Datenbasis, die die Itemmenge enthalten
 - Ø confidence $X \rightarrow Y$: relativer Anteil derjenigen X enthaltenden Transaktionen, die auch Y enthalten

Default: Was ist das?

- Ø Regel mit Ausnahmen; die im Allgemeinen gilt; solange das Gegenteil nicht bewiesen ist

Default: Wie sieht er aus?

- Ø Voraussetzung (prerequisite) : Begründungen (justifications)
Konsequenz (consequence)
- Ø Voraussetzung muss Teil der Wissensbasis sein und Begründung mit ihr konsistent
- Ø aktuelle Wissensbasis = Fakten und Konsequenzen angewandter Defaults = Extension

Default: Wozu braucht man ihn?

- Ø ersetzt die Angabe von Ausnahmen (meist nicht endlich, Qualifikations- und Entscheidbarkeitsproblem)

Entscheidungsbaum: Was ist das?

- Ø Wissensrepräsentationsform
- Ø liefert zu Objekten (beschrieben durch Mengen von Attribut/Wert-Paaren) jeweils eine Entscheidung, welcher Klasse das Objekt zuzuordnen ist
- Ø ein kleiner kompakter Baum, der konsistent mit allen Beispielen ist, ist eher korrekt als ein großer komplexer (aufgebaut durch Trainingsmenge und getestet mit Testmenge)

Entscheidungsbaumverfahren: Algorithmus zum Aufbau

- Ø Form induktiven Lernens
- Ø ordnet Objekte Klassen zu
- Ø Bestandteile:
 - Ø Blätter (Klasse, Wahrheitswert (falls boolesch))
 - Ø Knoten (Attribute)
 - Ø Kanten (Attributwerte)
- Ø Regelerzeugung

- Ø Generierung:
 - Ø Trainingsmenge, Beispiele
 - Ø Occam's Razor (bevorzuge die einfachste Hypothese, die konsistent mit allen Beobachtungen ist)
 - Ø Attributauswahl nach Wichtigkeit (möglichst endgültige Klassifizierung vieler Beispiele, Informationsgewinn, möglichst kleiner Baum)
 - Ø Eingabe: Beispiele, Attribute, Default-Klassifikation
 - Ø Ausgabe: Baum
 - Ø nach Attributauswahl 4 Fälle:
 - Ø Beispielmenge leer ($\text{MajorityVal}(E)$)
 - Ø alle Beispiele gleiche Klassifikation (endgültig klassifiziert)
 - Ø Attributmenge leer, Beispielmenge nicht leer -> Fehler; zusätzliche Attribute einführen
 - Ø Attributmenge und Beispielmenge nicht leer -> rekursiv nächstes Attribut wählen

Entscheidungsbäume: Attributauswahl

- Ø Informationsgehalt: eines Attributes; in bits; = Entropie der Antwortmenge
- Ø $I(E)$: mittlerer Informationsgehalt der Antwort, ob positives oder negatives Beispiel
- Ø bedingte mittlere Information: mittlerer Informationsgehalt der Antwort, ob positives oder negatives Beispiel, nachdem Attribut getestet wurde
- Ø Informationsgewinn: $\text{gain}(a) = I(E) - I(E|a \text{ bekannt})$
- Ø normierter Informationsgewinn: $\text{gain ratio}(a) = \text{gain}(a) / \text{split info}(a)$

Fallbasiertes Schließen: Was ist das?

- Ø Schließen/Inferenz nicht auf der Basis von Regeln/generischem Wissen, sondern auf der Basis von Erfahrungswissen/konkreten Beispielen und Situationen/Fällen
- Ø erinnerungsbasierter Prozess, keine Zuordnung zu Folgerungsarten nach Peirce
- Ø Komponenten eines Falles:
 - Ø Problem- bzw. Situationsbeschreibung
 - Ø Lösung
 - Ø Resultat
- Ø Wissensbasis: previous cases and general knowledge (Regeln)
- Ø CBR-Zyklus:
 - Ø Retrieve (Selektierung des oder der ähnlichsten Fälle)
 - Ø Reuse (Wiederverwendung -> suggested solution)
 - Ø Revise (Überprüfung und Adaption -> confirmed solution)
 - Ø Retain (Aufnahme)
- Ø Indexvokabular:
 - Ø zur Klassifizierung der Fälle
 - Ø jeder Fall hat Indexkombination
 - Ø hinreichend abstrakt und hinreichend konkret

Inferenz: Charakterisierung nach Peirce

- Ø Deduktion (allgemein -> Einzelfall; einziger sicherer Schluss)
- Ø Abduktion (nach Ursachen suchend)
- Ø Induktion (viele Einzelfälle -> allgemein)

Inferenz im regelbasierten System: Wie läuft sie?

- Ø Vorwärtsverkettung (datengetrieben)
 - Ø Überblick über Gesamtzustand

- Ø Eingabe: Wissensbasis und Fakten
- Ø Ausgabe: alle gefolgerten Fakten
- Ø Rückwärtsverkettung
 - Ø Interesse am Zustand bestimmter Knoten
 - Ø Eingabe: Wissensbasis, Fakten und Ziele
 - Ø Ausgabe: yes or no (je nachdem, ob alle Ziele ableitbar)

Kalkül: Eigenschaften und Nutzen (Folgerungsrelation)

- Ø Menge von Inferenzregeln (modus ponens, modus tollens, und-Einführung, und-Elimination)
- Ø Zweck: Menge von syntaktischen Ableitungsregeln zwischen Formeln definieren und damit semantische Folgerungsrelationen nachbilden
- Ø korrekt und vollständig

Konzepte erklären

- Ø ein Konzept beschreibt eine Teilmenge von Objekten oder Ereignissen über einer größeren Menge (z.B. Säugetier)
- Ø können mit booleschen Funktionen identifiziert werden:
Definition: einstellige Funktion $c: M \rightarrow \{0, 1\}$ (M = Grundmenge, Beispiele)
- Ø Extension: alle m aus M mit $c(m) = 1$
- Ø allgemeine Definition wird generiert aus positiven und negativen Beispielen
- Ø Konzeptlernen: Suchvorgang im Raum aller möglichen Hypothesen
- Ø Strukturierung des Konzeptraums anhand der spezieller-als-Relation
- Ø ein Konzept muss vollständig + korrekt = konsistent sein

Logik: Wie ist sie aufgebaut (Syntax/Semantik, Interpretation, Erfüllungsrelation)?

1. Signaturen (Vokabular, Namen)
2. Erfüllungsrelationen (wahrheitsfunktionale Beziehung zwischen Interpretation und Formel oder Formel und Formel (logische Folgerung))
3. Interpretationen (Aussage, Wahrheitswert, Belegung)
4. Formeln (Junktoren, Verknüpfung, Dinge ausdrücken)

Maschinelles Lernen: Definition

- Ø Oberbegriff für die „künstliche“ Generierung von Wissen aus Erfahrung: Ein künstliches System lernt aus Beispielen und kann nach Beendigung der Lernphase verallgemeinern. D.h. es lernt nicht einfach die Beispiele auswendig, sondern es „erkennt“ Gesetzmäßigkeiten in den Lerndaten. So kann das System auch unbekannte Daten beurteilen.

Modell

- Ø I ist ein Modell von F , wenn die Interpretation I die Formel F erfüllt
- Ø Eigenschaften: fundiert und abgeschlossen (Kurstext?)

MYCIN: was können Sie mir darüber sagen?

- Ø interaktiv und entscheidungsunterstützend
- Ø Verarbeitung von im interaktiven Dialog eingegebenen subjektiven Beurteilungen und Labordaten
- Ø Erklärungskomponente für Wissen und Schlussfolgerungen
- Ø Wissensakquisition zur Leistungssteigerung
- Ø modulare Wissensrepräsentation

- Ø Inferenzregeln mit Sicherheitsfaktoren für Propagation

MYCIN: Wie läuft die Verkettung/Inferenz?

- Ø Verarbeitung unsicheren Wissens
- Ø Sicherheitsfaktoren zur Quantifizierung der Gültigkeit von Regeln
- Ø reelle Zahlen zwischen -1 und +1
- Ø Propagationsregeln:
 - Ø Konjunktion: $CF(A \text{ und } B) = \min \{ CF(A), CF(B) \}$
 - Ø Disjunktion: $CF(A \text{ oder } B) = \max \{ CF(A), CF(B) \}$
 - Ø serielle Kombination: $CF(B, \{A\}) = CF(A \rightarrow B) * \max \{ 0, CF(A) \}$

Nicht-monotones Schließen: was ist das?

- Ø Schließen auf der Basis unvollständiger Information
- Ø Schließen auf der Basis von Regeln mit Ausnahmen
- Ø Konflikte zwischen altem und neuem Wissen
- Ø revidierbares Schließen
- Ø Menge der Schlussfolgerungen wächst nicht nur weiter an; Wissen muss ggf. zurückgenommen werden

PL1: Wie ist sie aufgebaut?

- Ø 4 Hauptbestandteile s. Logik allgemein
- Ø Universum, Objekte
- Ø

Signatur/Syntax:	Interpretation/Semantik:
nullstellige Funktionssymbole	Konstanten
ein- oder mehrstellige Funkt.symb.	Funktionen
nullstellige Prädikatensymbole	Aussagen mit Wahrheitswert
einstellige Prädikatensymbole	Teilmengen des Universums
mehrstellige Prädikatensymbole	Relationen zw. Objekten

Prädikatenlogik: Jeder liebt jemanden

$\forall x \exists y \text{ liebt}(x, y)$

Regeln: Was ist das?

- Ø formalisierte Konditionalsätze der Form: wenn A wahr, schließe auf B
- Ø Prämisse \rightarrow Konklusion
- Ø deterministisch (gilt immer)
- Ø Bedingungen für syntaktisch einfache Regeln:
 - Ø kein „oder“ in Prämisse, Konklusion nur ein Literal (negiert oder nicht)
- Ø können durch Umformung syntaktisch vereinfacht werden
- Ø Repräsentationsform des Wissens im regelbasierten System (Inferenz durch modus ponens und evtl. modus tollens)

Regeln: Was ist das Besondere daran?

- Ø sind gerichtet (im Unterschied zur klassischen Implikation)
- Ø können durch Umformung syntaktisch sehr vereinfacht werden
- Ø können verkettet werden
- Ø können mit Sicherheitsfaktoren belegt werden

Regelnetzwerk

- Ø Schaubild zur Veranschaulichung der Inferenz in einem regelbasierten System
- Ø kann instantiiert sein (mit Wahrheitswerten belegt)

- Ø enthält Objekte und disjunktive bzw. konjunktive (Kreisbögen) Verknüpfungen

Syntax und Semantik: Was ist das?

- Ø Syntax: Aufbau der Sätze einer Wissensrepräsentationssprache
- Ø Semantik: Begriffe der repräsentierten Welt, Bedeutung, Wahrheitswert

TMS erklären

- Ø stellt die Konsistenz einer Wissensbasis nach einer Modifikation wieder her
- Ø notwendig beim nicht-monotonen Schließen
 - Ø Rücknahme der Aussagen, die mit der neuen Information in Konflikt stehen
 - Ø Rücknahme der Konsequenzen der Regeln, die mit der neuen Information in Konflikt stehen
 - Ø Feuern der Regeln, die mit der neuen Information konsistent sind
- Ø Justification-based (ohne Begründung darf nichts akzeptiert werden)
- Ø Assumption-based (berechnet und verwaltet Menge von Annahmen, unter denen Aussagen ableitbar sind)
- Ø Kopplung mit Inferenzkomponente, die klassisch-deduktive Schlussfolgerungen zieht

Versionenraumverfahren erklären

- Ø induktives Verfahren zum Lernen von Konzepten, bei dem immer die Menge aller noch möglichen Hypothesen repräsentiert wird
- Ø Versionenraum: Menge aller Hypothesen, die korrekt und vollständig bezüglich der Beispielmengen sind
- Ø Kandidateneliminationsmethode
- Ø Begrenzungsmengen S und G (der speziellsten bzw. allgemeinsten Generalisierungen)
- Ø inkrementell (für jedes neue Beispiel S und G ggf. anpassen):
 1. e für s fälschlicherweise positiv -> s aus S entfernen
 2. e für s fälschlicherweise negativ -> s verallgemeinern
 3. e für g fälschlicherweise positiv -> g spezialisieren
 4. e für g fälschlicherweise negativ -> g aus G entfernen
- Ø S muss immer spezieller als oder gleich G sein
- Ø Hypothesen in S und G müssen alle „gleich speziell“ bzw. „gleich allgemein“ sein
- Ø Terminierung:
 1. $S=G=\text{leer}$ -> keine konsistente Hypothese für die Beispiele
 - Ø Fehler in Beispielmengen
 - Ø oder nicht ausreichend mächtige Konzeptsprache
 2. $S=G=\{h\}$ -> nur eine konsistente Hypothese für die Beispiele
 3. S ungleich G und beide nicht leer -> alle Hypothesen im Versionenraum konsistent
- Ø spezielles Verfahren: Konzeptlernen mit Merkmalsbäumen

Wissensbasiertes System: Definition und Unterscheidung von anderer Software

- Ø System, das Wissen über ein spezifisches Gebiet enthält, daraus Schlußfolgerungen ziehen kann und zu konkreten Problemen des jeweiligen Gebiets Lösungen anbietet. Trennt also zwischen dem Wissen über sein Spezialgebiet und der Problemlösungs- und Verarbeitungskomponente.
- Ø Wissen direkt repräsentieren (z.B. durch Regeln; ohne Kontrollflussinformation!)

Wissensbasiertes System: Aufbau

1. Wissensbasis <-> Wissensverarbeitung
2. Art des Wissens:
 - Ø fallspezifisches
 - Ø regelhaftes
 - Ø bereichsbezogenes
 - Ø Allgemeinwissen
3. detaillierter Aufbau:
 - Ø Benutzerschnittstelle
 - Ø Dialogkomponente
 - Ø fallspezifisches Wissen (Arbeitsspeicher)
 - Ø Erklärungskomponente
 - Ø Expertenschnittstelle
 - Ø Dialogkomponente
 - Ø regelhaftes Wissen (Wissensbasis)
 - Ø Wissenserwerbskomponente
 - Ø Wissensverarbeitungskomponente

Wissensdarstellung: Welche Formen kennen Sie?

- Ø Logiken (Aussagenlogik, PL1)
- Ø Regeln
 - Ø evtl. mit Sicherheitsfaktoren
 - Ø Defaults
- Ø Entscheidungsbäume
- Ø Konzepte in Hypothesensprache
- Ø Fälle
- Ø Wahrscheinlichkeit-Netze (probabilistische Netzwerke, z.B. Bayes-Netze (Beispiel Holmes & Watson))

Dr. Kern-Isbener:

Entscheidungsbaum: Wie wird er durchlaufen?

- Ø von oben nach unten (Wurzel zum Blatt)
- Ø in jedem Knoten (Attribut) Abfrage, dann weiter über die Kante des Wertes des Attributes für das Objekt

Fallbasierte Systeme: Was passiert, wenn die vorgeschlagene Lösung nicht richtig ist?

- Ø Revise Näherungslösung (Adaption):
 - Ø Neues in alte Lösung einfügen
 - Ø etwas aus alter Lösung entfernen
 - Ø Komponenten austauschen
 - Ø Teil der alten Lösung transformieren
- Ø gesamten Vorgang wiederholen
- Ø Erklärung, Korrektur, Vermeidung
- Ø Änderung der Indizierung
- Ø Änderung der Gewichte bei der Suche im Indexvokabular
- Ø Hamming-Distanz

Fuzzy-Begriffe: Wie werden Schnitt und Vereinigung definiert?

- Ø Schnitt:

- Ø T-Norm
- Ø $(y \cap y')(x)$
- Ø $= T(y(x), y'(x))$
- Ø $= 1 - T^*(1 - y(x), 1 - y'(x))$
- Ø $= T_{\min}(y(x), y'(x))$
- Ø $= \min\{y(x), y'(x)\}$
- Ø Vereinigung:
- Ø T-Conorm
- Ø $(y \cup y')(x)$
- Ø $= T^*(y(x), y'(x))$
- Ø $= 1 - T(1 - y(x), 1 - y'(x))$
- Ø $= T^*_{\min}(y(x), y'(x))$
- Ø $= \max\{y(x), y'(x)\}$

Fuzzy-Menge: Was ist das?

- Ø unscharfe Menge
- Ø Abbildung einer Grundmenge X in das Einheitsintervall
- Ø $y: X \rightarrow [0, 1]$
- Ø eine Repräsentation von Zugehörigkeitsgraden, mit denen Elemente einem vagen Konzept zugeordnet werden
- Ø eine Repräsentation eines Möglichkeitsgrades, nach dem Elemente einem tatsächlich existierenden aber unbekannten Wert entsprechen (Possibilitätsverteilung)

Fuzzy-Mengen: Nennen Sie Beispiele

- Ø groß
- Ø ungefähr a (Fuzzy-Zahl)
- Ø ungefähr zwischen a und b (Fuzzy-Intervall)

Fuzzy-Menge: Was ist das Extensionsprinzip?

- Ø ein Mittel zum fuzzyfizieren von Abbildungen

Lernverfahren: Welche gibt es?

- Ø s. Wissensgewinnung

Logik: Unterschied klassische Logik zum menschlichen Folgern

- Ø Mensch:
 - Ø zieht automatisch Schlussfolgerungen aus vorhandenem Wissen
 - Ø kein Qualifikationsproblem
- Ø System:
 - Ø Wissensbasis im System repräsentieren (Syntax und Semantik)
 - Ø Inferenzrelationen formalisieren (alle Regeln syntaktisch repräsentieren)
 - Ø Sachverhalte des Weltausschnitts darstellen

Logiken: Was gibt es außer der klassischen noch für weniger sichere?

- Ø Default-Logik

Logisches System: Was ist das?

- Ø Rahmen zum Formalisieren von Inferenzrelationen
- Ø Syntax und Semantik genau definiert
- Ø z.B. Aussagenlogik, PL1

Ø besteht aus 4 Hauptkomponenten (s.o.)

Modus Ponens: Definition

Ø Inferenzregel/Ableitungsregel

Ø
$$\frac{F, F \Rightarrow G}{G}$$

Modus Tollens: Definition

Ø Inferenzregel/Ableitungsregel

Ø
$$\frac{F \Rightarrow G, \text{nicht } G}{\text{nicht } F}$$

PL1: formalisieren Sie „Alle Menschen sind sterblich.“

Ø $\forall x \text{ Mensch}(x) \rightarrow \text{sterblich}(x)$

Regelbasiertes System: Wie ist es aufgebaut?

Ø abstraktes Wissen (Basis):

Ø Objekte

Ø Werte der Objekte (Fakten)

Ø syntaktisch einfache Regeln (s.o.) auf den Objekten

Ø konkretes Wissen (Arbeitsspeicher):

Ø fallspezifisch

Ø unmittelbare Beobachtungen und daraus folgende Ableitungen

Ø Wissensverarbeitung:

Ø Inferenzregel Modus Ponens u. evtl. Modus Tollens

Ø Vorwärts- und Rückwärtsverkettung

Ø weitere Komponenten s. Aufbau WBS allgemein

Regelnetzwerk zeichnen für die Regeln: $A \rightarrow B$, $B \rightarrow D$, $C \rightarrow B$; wofür stehen die Buchstaben?

Ø mit Werten belegte Objekte, Aussagen (Aussagenlogik)

Rückwärtsverkettung: wie funktioniert sie?

Ø Zielorientierte Inferenz

Ø Eingabe: Regelbasis, Faktenmenge, Zielmenge

Ø Ausgabe: Yes, falls alle Ziele ableitbar, sonst No

Ø prüfe für jedes Ziel, ob es Element der Faktenmenge ist

Ø für die Ziele, die nicht in Faktenmenge, prüfe, ob sie als Konklusion einer Regel auftreten, deren Prämissen alle erfüllt sind (Zwischenziele)

Ø rekursiv bis alle Möglichkeiten geprüft wurden

Syntax einer Logik: woraus besteht sie?

Ø Menge von Signaturen

Ø für jede Signatur eine Menge von Formeln

Ø Aufbau komplexer Formeln mit Verknüpfungsoperatoren

Ø Aussagenlogik:

Ø nullstellige Namen/Aussagenvariablen (= atomare Formeln)

Ø Junktoren: Negation, Konjunktion, Disjunktion, Implikation, Äquivalenz

Ø PL1:

Ø null- und mehrstellige Funktions- und Prädikatensymbole

- Ø Quantifizierungen über Individuenvariablen (= Variablen für nullstellige Funktionssymbole bzw. Elemente des Universums)
- Ø Terme

T-Normen und T-Conormen: Beispiele

- Ø T-Normen:
 - Ø $T_{\min}(a,b) = \min\{a,b\}$; Fuzzy-Schnitt
 - Ø $T_{\text{prod}}(a,b) = a \cdot b$
 - Ø $T_{\text{luka}}(a,b)$
- Ø T-Conormen:
 - Ø $T^*_{\min}(a,b) = \max\{a,b\}$, Fuzzy-Vereinigung
 - Ø $T^*_{\text{prod}}(a,b) = a + b - ab$
 - Ø $T^*_{\text{luka}}(a,b)$

Unschärfe Regeln: Beispiele

- Ø große Leute sind meistens schwer

Unschärfe Regeln: Wie werden sie abgebildet?

- Ø verallgemeinerter Modus Ponens mit Hilfe der Extension
- Ø R: wenn mü dann nü
- Ø Übertragung des Modus Ponens in die Fuzzy-Theorie
- Ø $\Phi R: O_1 \times O_2 \rightarrow [0,1]$ (Regel)
- Ø $\Phi 1: O_1 \rightarrow [0,1]$ (Faktum)
- Ø $\Phi 2: O_2 \rightarrow [0,1]$ (Schlussfolgerung)

Versionenraum und Entscheidungsbaum: wichtigster Unterschied?

- Ø Entscheidungsbaum:
 - Ø abgeschlossene Beispielmenge
 - Ø Klassifizierung von Objekten in beliebig viele Klassen
 - Ø Regelerzeugung möglich
- Ø Versionenraum:
 - Ø allgemeinere logische Beschreibungen, komplexere Darstellungen
 - Ø Konzept: Teilmenge über Obermenge
 - Ø nur ja (zugehörig zum Konzept) oder nein (nicht zugehörig)
 - Ø zu jedem Zeitpunkt Menge aller noch möglichen Hypothesen
 - Ø kompakte Repräsentation zwischen Begrenzungsmengen

Wissensbasierte Systeme: Wieso werden sie entwickelt?

- Ø um Problembeschreibung und Lösung trennen zu können
- Ø um Wissen über Anwendungsbereich direkt auszudrücken
- Ø um neue Probleme automatisiert lösen zu können
- Ø um heuristisches, unvollständiges und unsicheres Wissen verarbeiten zu können
 - Ø Heuristik:
 - Ø kein mit Sicherheit zum Erfolg führender Algorithmus bekannt
 - Ø Faustregeln
 - Ø vorläufige Annahmen der Forschung
- Ø um Allgemeinwissen speichern und nutzbar machen zu können
- Ø um seltene und teure Experten teilweise zu ersetzen
- Ø um Expertenwissen zu speichern und weiterzugeben
- Ø um Wissen in verwandten Problembereichen wiederverwenden zu können

Wissensbasis: genauer ausführen

- Ø direkte Darstellung des Wissens über den Problembereich
- Ø fallspezifisch und regelhaft
- Ø Problembeschreibung

Wissensgewinnung: Welche weniger direkte Möglichkeit gibt es abgesehen von Experten?

- Ø maschinelles Lernen
 - Ø Entscheidungsbäume
 - Ø Konzepte
 - Ø Versionenraum
 - Ø Merkmalsbaum
- Ø Knowledge Discovery in Databases
 - Ø Data Mining

Wissensverarbeitung: genauer ausführen

- Ø anwendungsunabhängige Problemlösungskomponente