

Kapitel 9: Unsicherheit und Vagheit

Quellen:

- Die Folien stammen vorwiegend von Dr. Knut Hinkelmann, FH Solothurn, CH
- Socher-Ambrosius / Heinsohn geben eine nette Einführung in Fuzzy-Logik, Bayes-Theorie, Sicherheitsfaktoren, etc.
- M.M. Richter: Prinzipien der Künstlichen Intelligenz. Teubner-Verlag, Stuttgart. Gibt einen umfassenden Einblick in existierende Ansätze zur Verarbeitung von Unsicherheit & Vagheit.

Arten von Unsicherheit & Vagheit

Subjektive Unschärfe

- Vagheit
 - Fuzzy-Logik
 - grobe Mengen
- Meinung
 - epistemische Logik

Gerade bei mathematisch fundierten Modellen muß man beachten, ob die theoretischen (zB Unabhängigkeitsannahmen) und praktischen Voraussetzungen (zB relative Häufigkeiten als Schätzung für bedingte Häufigkeiten) jeweils gegeben sind .

Objektive Unsicherheit

- Unwissenheit
 - gewisse Fakten nicht bekannt
 - Default-Reasoning
 - Häufigkeitsverteilung der möglichen Werte kann bekannt sein
 - Stochastik, z.B. Bayes-Theorem
 - Häufigkeitsverteilung kann auch unbekannt sein
 - **Sicherheitsfaktoren**
 - Evidenztheorie
- Ungenauigkeit, z.B. Meßungenauigkeiten
 - Intervallarithmetik
 - Qualitative Abstraktion
 - Fuzzy-Logik

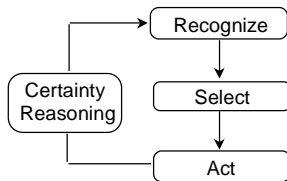
Beispiel: MYCIN [XPS zur Diagnose bakterieller Infektionskrankheiten] - zur Entstehung der Sicherheitsfaktoren

- IF** (1) the infection is primary_bacteria, and
(2) the site of the culture is one of the sterile sites, and
(3) the suspected portal of entry is the gastrointestinal tract
- THEN** there is a suggestive evidence (0.7)
that the entity of the organism is bacteroides

Grundlagen der quantitative Repräsentation von Unsicherheit in der Certainty Theorie von MYCIN

- MYCIN ist ein regelbasiertes Expertensystem, das Therapien für Patienten mit bakteriellen Infektionskrankheiten vorschlägt
- MYCIN verwendet eine zielorientierte Strategie (Rückwärtsverkettung)
- In MYCIN ist jeder Regel ein Sicherheitsfaktor zugeordnet
- Jedem Eintrag im Working Memory ist ein Sicherheitsfaktor (certainty factor) zugeordnet, der sich aus zwei Werten zwischen 0 und 1 berechnet
 - MB: measure of belief
 - MD: measure of disbelief
- Der Sicherheitsfaktor (certainty factor - CF) eines Elements h errechnet sich aus MB und MD:
$$CF[h] = MB[h] - MD[h]$$
- CF ist positiv, falls mehr Evidenz für eine Hypothese spricht, ansonsten ist CF negativ.
 - $CF[h] = 1$ bedeutet, daß h sicher wahr ist,
 - $CF[h] = -1$ bedeutet, daß h sicher falsch ist.

Anwendung einer Regel mit Certainty Factors



- Die Anwendung einer Regel mit Certainty Factors entspricht dem üblichen Recognize-Select-Act-Zyklus mit folgenden Ergänzungen:
- Für eine anzuwendende Regel muß der Certainty Factor der Konklusion (Aktionsteil) berechnet werden: Sei

$$R = \text{Wenn } B \text{ dann } K \text{ mit Sicherheitsfaktor } CF$$

eine Regel, dann sind folgende Berechnungen durchzuführen:

- Berechne den Certainty Factor $CF(B)$ der Bedingung B
- Berechne den Certainty Factor $CF(R,B)$ der Regelinstanz aus $CF(B)$ und CF
- Berechne den Certainty Factor $CF(K/B)$ der Konklusion K aus $CF(R,B)$ und dem bereits bekannten Certainty Factor von $CF(K)$, falls K bereits im Working Memory enthalten ist.

Berechnung des Sicherheitsfaktors einer Regelinstanz

- Sei $R = \text{Wenn } B \text{ dann } K \text{ mit Sicherheitsfaktor } CF$ eine Regel.
- Besteht der Bedingungsteil nur aus einem Ausdruck, dann ist der Sicherheitsfaktor $CF(B)$ des Bedingungsteil gleich dem Sicherheitsfaktor des die Bedingung erfüllenden Elements.
- Ist der Bedingungsteil B der Regel ein komplexer Ausdruck aus Konjunktion, Disjunktion und Negation, dann berechnet sich der Sicherheitswert $CF(B)$ der Bedingung nach folgenden Regeln.
 - Konjunktion: $CF(e1 \ \& \ e2) = \min[CF(e1), CF(e2)]$
 - Disjunktion: $CF(e1 \ \vee \ e2) = \max[CF(e1), CF(e2)]$
 - Negation: $CF(\neg e) = 1 - CF(e)$
- Sei $CF(B)$ der Sicherheitswert der Bedingung, dann berechnet sich der Sicherheitswert $CF(R,B)$ der Regelinstanz wie folgt:
 - Falls $CF(B) \leq 0$, dann ist die Regel nicht anwendbar
 - Falls $CF(B) > 0$, dann gilt $CF(R,B) = CF(B) * CF$

Berechnung von Sicherheitsfaktoren abgeleiteter Fakten

- Sei $R = \text{Wenn } B \text{ dann } K \text{ mit Sicherheitsfaktor } CF$ eine Regel
- Sei $CF(B)$ der Sicherheitsfaktor des Bedingungssteils und $CF(R,B)$ der Sicherheitsfaktor der Regelinstanz.
- Ist K bereits im Working Memory mit Sicherheitswert $CF(K)$, dann errechnet sich der neue Sicherheitswert $CF(K/B)$ wie folgt:
 - Seien $CF(K)$ und CF beide positiv, dann gilt:
 $CF(K/B) = CF(K) + CF(R,B) * (1 - CF(K))$
 - Seien $CF(K)$ und CF beide negativ, dann gilt:
 $CF(K/B) = CF(K) + CF(R,B) * (1 + CF(K))$
 - Ansonsten gilt:

$$CF(K/B) = \frac{CF(K) + CF(R,B)}{1 - \min[CF(K), CF(R,B)]}$$

- Aus den Formeln ergibt sich, daß $CF(K/B) = CF(R,B)$, falls keine Aussage über K im Working Memory steht, d.h. $CF(K) = 0$

Beispiel für Certainty Factors

Production Memory:

- $R_1: (\forall x) \text{ husten}(x) \rightarrow \text{erkaeltet}(x) \text{ mit } CF = 0.8$
- $R_2: (\forall x) \text{ schnupfen}(x) \rightarrow \text{erkaeltet}(x) \text{ mit } CF = 0.5$
- $R_3: (\forall x) \text{ erkaeltet}(x) \ \& \ \text{ fieber}(x) \rightarrow \text{grippe}(x) \text{ mit } CF = 0.8$

Working Memory:

- $F_1: \text{husten}(\text{peter}) \text{ mit } CF = 1$
 - $F_2: \text{schnupfen}(\text{peter}) \text{ mit } CF = 1$
 - $F_3: \text{ fieber}(\text{peter}) \text{ mit } CF = 1$
- $\text{erkaeltet}(\text{peter})$ und $\text{grippe}(\text{peter})$ haben jeweils den $CF = 0$, da keine Information dazu im Working Memory

- Aus $R_1: CF(\text{erkaeltet}(\text{peter}) / \text{husten}(\text{peter})) = 0 + [0.8 * [1-0]] = 0.8$
d.h. $CF(\text{erkaeltet}(\text{peter}))$ ist nun 0.8
- Aus $R_2: CF(\text{erkaeltet}(\text{peter}) / \text{ schnupfen}(\text{peter})) = 0.8 + [0.5 * [1-0.8]] = 0.9$
d.h. $CF(\text{erkaeltet}(\text{peter}))$ ist nun 0.9
- $CF(\text{erkaeltet}(\text{peter}) \ \& \ \text{ fieber}(\text{peter})) = \min[0.9, 1] = 0.9$
d.h. der CF der Regelinstanz für R_3 ist $0.8 * 0.9 = 0.72$
- Aus $R_3: CF(\text{grippe}(\text{peter}) / \text{erkaeltet}(\text{peter}) \ \& \ \text{ fieber}(\text{peter})) = 0 + [0.72 * [1-0]] = 0.72$
d.h. der revidierte $CF(\text{grippe}(\text{peter}))$ ist 0.72