
Wissensrepräsentation

Christopher Habel, Carola Eschenbach
Universität Hamburg, FB Informatik
AB Wissens- und Sprachverarbeitung (WSV)

Sommersemester 2003

Wissensrepräsentation

—
Christopher Habel, Carola Eschenbach
Sommersemester 2003

Sitzung 17: Defaults

- Closed-world assumption
 - (In-)Konsistenz und (Un-)Vollständigkeit von Wissensbasen
 - Kompletierung von Wissensbeständen
-

Generische vs. universale Zuschreibungen

In Prädikatenlogik erster Stufe

- $\forall x (P(x) \supset Q(x))$
 - Autos haben vier Räder.
 - $\forall x (\text{auto}(x) \supset \text{vier_rädig}(x))$
- betrifft alle Instanzen
- erlaubt keine Ausnahmen

Ziel

Es ist vernünftig $Q(a)$ zu erschliessen, wenn $P(a)$, falls es nicht gute Gründe gibt, es nicht zu tun.

➤ **Default**
≈ Unterlassung, Nichterfüllung

Stellung von Default-Schlüssen im Bereich des nicht-deduktiven Schliessens

Default-Schlüsse

- sind ein wichtiger Typ des praktischen Schliessens und daher auch des nicht-deduktiven Schliessens
- werden in verschiedenen formalen Ansätzen des nicht-monotonen Schliessens behandelt, z.B.
 - Vererbungsnetze
 - Default-Logiken
- spielen auch in Datenbankanwendungen und der logischen Programmierung eine zentrale Rolle
 - negation as failure
 - **Closed-world assumption**

Arten von Defaults

Generalisierende Aussagen

- Statistische: Die meisten P's sind Q's.
- "Normalität": Normale P's sind Q's.
- Prototypikalität: Typische P's sind Q's.

Repräsentationelle Defaults

- Konversationell: Falls nicht etwas anderes gesagt wird, ist ein P auch ein Q.

Epistemisch

Closed world assumption

- Falls es ein P gäbe, das nicht Q ist, so wüsste ich dies.
- Alle bekannten P's sind Q's.

Persistenz

- Ein P ist ein Q, wenn es bisher ein Q war.

Literatur

Zur Closed-world assumption

Reiter, Raymond (1978). On closed world data bases. In H. Gallaire & J. Minker (eds.), *Logic and Data Bases*. (pp. 55–76). New York: Plenum.

Reiter, Raymond (1984). Towards a logical reconstruction of relational database theory. In M. Brodie, J. Mylopoulos & J. Schmidt (eds.), *On Conceptual Modelling*. (pp. 191–233). New York: Springer.

Ronald J. Brachman & Hector J. Levesgue, Knowledge Representation and Reasoning, (to be published 2003/04), Chapter 11.2

Motivation für Closed-world assumption (CWA)

Beobachtung (nicht nur für Datenbanken)

- Wissensbestände werden überwiegend positiv, seltener negativ formuliert.

Beispiel: Flugpläne (Datenbank)

DirectConnect(cleveland,toronto)
DirectConnect(toronto,northBay)
DirectConnect(toronto,winnipeg)

aber nicht

¬ DirectConnect(cleveland,northBay)

Maxime des Informierens

- Es werden (bzgl. des KB-Vokabulars) nur positive Fakten (+facts) gegeben. Negative Fakten (–facts) bleiben implizit.
- Prinzip: Minimiere den expliziten Wissensbestand!

Frage-Beantwortung ohne CWA

KB enthält ausschliesslich positive Fakten

- Spezialfall, KB enthält ausschliesslich atomare Formeln, ist z.B. eine relationale Datenbank

Und es gilt für ein atomares Faktum p : $KB \neq p$

Unter Standardverarbeitung müsste

wegen $KB \neq \neg p$,

das Wissensbasierte System auf die Frage
 $ASK(\neg p)$ antworten: „Weiss nicht.“

Die Konzeption der CWA wird in einer logischen Sprache formuliert.

Frage-Beantwortung mit CWA

Closed-world assumption (als Annahme des Schliessens)

Falls eine atomare Formel nicht als wahr bekannt ist, kann angenommen werden, dass sie falsch ist.

$$KB^+ = KB \cup \{\neg p \mid p \text{ ist atomar und } KB \not\models p\}$$

CWA-Erschliessbarkeit:

$$KB \models_{cwa} \alpha \text{ gdw. } KB^+ \models \alpha \quad (\alpha \text{ nicht atomar})$$

- CWA ist verwandt zu *Negation as Failure*
- Allgemeines Muster: $KB^* = KB \cup \Delta(KB)$
wobei Δ eine Menge von „Default-Annahmen“ (mit Bezug auf die Wissensbasis KB) ist.

Domänenabschluss – Beispiel

DB: Flugverbindungen der *Hamburg Economic Airline*

DirectConnect(Hamburg, Frankfurt)

DirectConnect(Hamburg, Kopenhagen)

DirectConnect(Hamburg, London)

Was sollte ergänzt werden?

¬ DirectConnect(Frankfurt, Kopenhagen)

¬ DirectConnect(London, Kopenhagen)

¬ DirectConnect(London, Frankfurt)

Aber auch

¬ DirectConnect(Hamburg, New York)

...

Literaturdatenbank

Gruppen- diskussion

Themenbereich

- Datenbank für wissenschaftliche Literatur
- Anwendung: Recherchemöglichkeiten für einen (wohldefinierten) Benutzerkreis

Welche Arten von Vollständigkeit können Benutzer erwarten?

Inwieweit sind closed-world-Annahmen gerechtfertigt?

- Generelle closed-world-Annahmen
- Spezielle Annahmen (aber welcher Art?)

Konsistenz und Vollständigkeit von Wissensbasen

KB ist konsistent, falls für keine Wissensentität α (über dem Vokabular der Wissensbasis) gilt:

$$KB \models \alpha \text{ und } KB \models \neg\alpha$$

KB ist vollständig, falls für jede Wissensentität α (über dem Vokabular der Wissensbasis) gilt:

$$KB \models \alpha \text{ oder } KB \models \neg\alpha$$

Konsistenz und Vollständigkeit einer Wissensbasis bezieht sich immer auf gewisse Arten des Schliessens (z.B. spezifiziert durch \models oder \models_{cwa}).

Unvollständige Wissensbasen

Die meisten Wissensbestände sind unvollständig.
Insbesondere tragen Disjunktionen zur Unvollständigkeit bei.

Sei $KB = \{ p \vee q \}$,
dann $KB \models p \vee q$,

aber: $KB \not\models p$, $KB \not\models q$, $KB \not\models \neg p$, $KB \not\models \neg q$

Eigenschaften von CWA

Sei α eine Formel ohne Quantoren, dann gilt:

$$KB \models_{cwa} \alpha \text{ oder } KB \models_{cwa} \neg \alpha$$

- Beweis über die Struktur der Formeln.

➤ CWA liefert eine Kompletterung der Wissensbasis KB.

➤ Falls $KB \models_{cwa} p \vee q$, dann $KB \models_{cwa} p$ und $KB \models_{cwa} q$

Ungehemmtes Kompletterieren kann zu Problemen führen.

Inkonsistenzprobleme mit CWA

Sei $KB = \{ p \vee q \}$,

dann $KB \not\models p$, $KB \not\models q$

$KB^+ = KB \cup \{\neg p, \neg q\} = \{p \vee q, \neg p, \neg q\}$ ist inkonsistent

Daher ist jedes α aus KB^+ erschliessbar: $KB^+ \models \alpha$

Also ist jedes α unter Verwendung der CWA aus KB erschliessbar: $KB \models_{cwa} \alpha$

Dies ist ein Beispiel aus einer Klasse von für die CWA-Kompletterung „problematischen“ Wissensbasen.

Anfragenauswertung unter CWA (1)

Direkte Beantwortungsverfahren sind möglich, nämlich solche, die auf Basisanfragen, die die Literale der Anfrage betreffen, reduzieren.

Grundlage sind

Eigenschaften der Folgerbarkeit

$$KB \models (\alpha \wedge \beta) \text{ gdw. } KB \models \alpha \text{ und } KB \models \beta$$

$$KB \models \neg \neg \alpha \text{ gdw. } KB \models \alpha$$

$$KB \models \neg(\alpha \vee \beta) \text{ gdw. } KB \models \neg \alpha \text{ und } KB \models \neg \beta$$

Ausserdem wegen CWA-Vervollständigung

$$KB \models (\alpha \vee \beta) \text{ gdw. } KB \models \alpha \text{ oder } KB \models \beta$$

$$KB \models \neg(\alpha \wedge \beta) \text{ gdw. } KB \models \neg \alpha \text{ oder } KB \models \neg \beta$$

Anfragensauswertung unter CWA (2): Beispiel

$KB \models_{cwa} (p \wedge q) \vee \neg(r \wedge \neg s)$

gdw. [$KB \models_{cwa} p$ und $KB \models_{cwa} q$]
oder [$KB \models_{cwa} \neg r$ oder $KB \models_{cwa} s$]

$KB \models (\alpha \wedge \beta)$ gdw. $KB \models \alpha$ und $KB \models \beta$

$KB \models \neg\neg\alpha$ gdw. $KB \models \alpha$

$KB \models \neg(\alpha \vee \beta)$ gdw. $KB \models \neg\alpha$ und $KB \models \neg\beta$

$KB \models_{cwa} (\alpha \vee \beta)$ gdw. $KB \models_{cwa} \alpha$ oder $KB \models_{cwa} \beta$

$KB \models_{cwa} \neg(\alpha \wedge \beta)$ gdw. $KB \models_{cwa} \neg\alpha$ oder $KB \models_{cwa} \neg\beta$

Anfragensauswertung unter CWA (3): Konsistenzannahme für KB^+

Falls KB^+ konsistent ist, gilt:

$KB \models_{cwa} \neg\alpha$ gdw. $KB \not\models_{cwa} \alpha$

Beantwortungsverfahren können auf Basisanfragen, die die Atome der Anfrage betreffen, reduziert werden.

$KB \models_{cwa} (p \wedge q) \vee \neg(r \wedge \neg s)$

gdw. [$KB \models_{cwa} p$ und $KB \models_{cwa} q$]

oder [$KB \not\models_{cwa} r$ oder $KB \models_{cwa} s$]

➤ Bedingungen für die CWA-Erschliessbarkeit verhalten sich – bei Konsistenz von KB^+ – wie Wahrheitsbedingungen.

Konsistenz

KB ist Menge von Atomen

➤ KB^+ ist konsistent

KB ist konsistente Menge von Literalen (+facts und -facts)

➤ KB^+ ist konsistent

KB enthält Konjunktionen oder Disjunktionen von -facts

➤ KB^+ ist konsistent; mit $(\neg p \vee \neg q) \in KB$ sind $\neg p$ und $\neg q$ in KB^+ aufzunehmen.

Probleme, wenn $KB \models p \vee q$, aber $KB \not\models p$ und $KB \not\models q$

➤ KB^+ ist inkonsistent, und daher $KB \models_{cwa} \alpha$ für alle α

➤ **CWA darf nur für „nicht kontroverse“ Atome angewendet werden.**

Generalized closed world assumption (GCWA)

GCWA

$\Delta = \{\neg p \mid \text{Wenn für alle } q_1, \dots, q_n \text{ für die}$

$KB \models (p \vee q_1 \vee \dots \vee q_n)$ gilt,

auch $KB \models (q_1 \vee \dots \vee q_n)$ gilt}

Wenn KB konsistent ist, dann ist $KB^* = KB \cup \Delta$ konsistent.

Beispiel: $KB = \{p \vee q\}$

Wegen $KB \not\models p$ gilt: $\neg p \in \Delta$; entsprechend $\neg q \in \Delta$.

Für beliebiges anderes Atom r : Wegen $KB \models (r \vee p \vee q)$ und $KB \models (p \vee q)$ gilt, $r \in \Delta$.

Die Beziehung GCWA – CWA

GCWA-Erschliessbarkeit

$KB \models_{GCWA} \alpha$ gdw. $KB^* \models \alpha$

Bei KBs, die nur aus Literalen bestehen, ist GCWA gleich CWA. Da für konsistente KB auch $KB^* = KB \cup \Delta$ konsistent ist, bürgt GCWA-Erschliessbarkeit – bei konsistenten Wissensbasen – keine Inkonsistenzgefahr.

- Dies steht im Gegensatz zu CWA-Erschliessbarkeit.
- Dies ist keine Garantie dafür, dass die GCWA-Komplettierung „korrekt“ (im Hinblick auf die Welt) ist.
- Konsistente Wissensbasen (bzw. Datenbasen) sind die *wünschenswerte* Voraussetzung für jegliche Wissensverarbeitung.

GCWA sichert nicht die Vollständigkeit der KB.

Domänenabschluss und Quantoren

Beispiel: Flugverbindungen der *Hamburg Economic Airline*

Anfrage 1: DirectConnect(Hamburg, Lüneburg)?

CWA liefert \neg DirectConnect(Hamburg, Lüneburg)

Antwort: Keine direkte Verbindung.

Anfrage 2: Gibt es einen Ort, den ich von Lüneburg aus direkt per Flug erreichen kann?

$\exists x$ DirectConnect(x, Lüneburg) ?

CWA liefert keine Information im Hinblick auf die Orte, die nicht in der WB aufgeführt sind.

Antwort: Keine Information.

Domain closure assumption

Domain Closure Axiom

$\Delta_{DC} = \{ \forall x (x = c_1 \vee \dots \vee x = c_n) \}$, wobei $c_1 \dots c_n$ alle Konstantensymbole der KB-Sprache sind.

CWA+DC-Erschliessbarkeit

$KB \models_{CD} \alpha$ gdw. $KB^\diamond \models \alpha$,
wobei $KB^\diamond = KB^+ \cup \Delta_{DC}$

Eigenschaften von CWA+DC-Erschliessbarkeit

$KB \models_{CD} \forall x \alpha$ gdw. $KB \models_{CD} \alpha[x/c]$ für alle c aus KB

$KB \models_{CD} \exists x \alpha$ gdw. $KB \models_{CD} \alpha[x/c]$ für ein c aus KB

➤ Konsistenz unter CWA+DC ist nicht garantiert.

Unique Name Assumption

Prädikatenlogik mit Identität als WR-Sprache:

Unique Name Axioms

$\Delta_{UN} = \{ c_i \neq c_j \mid$
 $c_1 \dots c_n$ alle Konstantensymbole der WB-Sprache und $i \neq j \}$

Aber

- Unique name assumption bezieht sich nur auf Konstantensymbole, nicht auf Identitäten, bei den Funktionssymbole im Spiel sind.
- Unique name assumption kann zu Inkonsistenz führen.

Closed-world assumption: Zusammenfassung

Closed-world assumption

- Ist eine Annahme zur Kompletterung von Wissensbasen
- Erweiterungen
 - Generalized CWA
 - Domain closure assumption
 - Unique name assumption
- Erlaubt für extensionale Datenbasen die Beantwortung aller Fragen (kein „weiss nicht“)
- Basiert auf Defaults
- Erfordert gegebenenfalls die Rücknahme von Schlüssen bzw. Revision der Wissensbestände.

Default-Schliessen: Zwischenstand

Vor der 17. Vorlesung

- Allgemeine Prinzipien
- **17. Vorlesung: Closed-world assumption**
 - Beispiel für ein System des Default-Schliessens
 - Deduktive Datenbanken
 - ‘Intelligentes’ Information Retrieval
- **18. Vorlesung: Default-Logik**
 - Das Basis-System von Reiter
 - Weiterentwicklungen der Default-Logik: Priorisierungen
- **Danach**
 - Andere Ansätze für Default-Schlüsse (im Allgemeinen).