Wissensrepräsentation

–

Christopher Habel, Özgür Özçep

Sommersemester 2005

Sitzung 9: Beschreibungslogiken (3)

- Die Beschreibungslogik $\mathcal{DL}$ (B & L, 2004) – Fortsetzung
  - Semantik und Verarbeitung
- Die Sprachfamilie der Beschreibungslogiken: Übersicht

➲ 8–15

$\mathcal{DL}$: Berechnung von Folgerung: Struktureller Ansatz

Grundannahmen

- Auf der linken Seite von $(d_1 \sqsubseteq d_2)$ bzw. $(d_1 \doteq d_2)$ Formeln in der Wissensbasis stehen nur (freie) atomare Konzepte.
- Kein atomares Konzept taucht mehr als einmal auf der linken Seite so einer Formel auf.
- Die Wissensbasis enthält keinen Zyklus.
  - Die Formeln lassen sich so ordnen, dass kein atomares Konzept auf einer linken Seite auftritt, nachdem es schon auf einer rechten Seite verwendet wurde.

➢ sind nicht aus semantischen Gründen erforderlich

➢ für effiziente Verarbeitung wichtig

➢ beeinträchtigen die Ausdrucksmächtigkeit

➲ 8–17

Berechnung von Folgerung: Struktureller Ansatz

Aufgabe

gegeben KB (wie eben eingeschränkt) und zwei beliebige (komplexe) Beschreibungen d_1 und d_2

bestimme, ob KB $\models (d_1 \sqsubseteq d_2)$.

Vorgehen

1) Äquivalenzaussagen werden genutzt, um normalisierte Formen von d_1 und d_2 zu bilden (d_1' und d_2').
   - Es gilt dann: KB $\models (d_1 \doteq d_1')$ und KB $\models (d_2 \doteq d_2')$
2) Subsumptionsaussagen und Strukturähnlichkeit werden genutzt, um KB $\models (d_1' \sqsubseteq d_2')$ zu bestimmen
   - Semantik sichert dann dasselbe Ergebnis für KB $\models (d_1 \sqsubseteq d_2)$ zu

➲ 8–20

$\mathcal{DL}$: Resultat der Normalisierung einer Beschreibung

Thing oder eine Beschreibung der Form

[AND $a_1 \ldots a_m$
  [FILLS $r_1\ c_1$] … **[FILLS** $r_{m'}\ c_{m'}$]
  [EXISTS $n_1\ s_1$] … **[EXISTS** $n_{m''}\ s_{m''}$]
  [ALL $t_1\ e_1$] … **[ALL** $t_{m'''}\ e_{m'''}$]]

wobei

$a_1 \ldots a_m$ verschiedene, atomare, nicht-definierte Konzepte sind

$s_1 \ldots s_{m''}$ verschiedene Rollen sind und

$t_1 \ldots t_{m'''}$ verschiedene Rollen sind

Strukturvergleich – Structure Matching

Grundidee

- KB ⊨ (d ⊑ e) gilt genau dann, wenn e = Thing oder es zu jeder Bedingung in der Konjunktion e eine Bedingung in d gibt, die gleich oder stärker einschränkt.
- Die Normalisierung erleichtert das Finden korrespondierender Bedingungen

Achtung:

- Strukturvergleich funktioniert für die hier vorgestellte Sprache $\mathcal{DL}$.
  Bei anderen Beschreibungslogiken können Interaktionen zwischen Bedingungen weitere Einschränkungen hervorrufen.

$\mathcal{DL}$: Strukturvergleich: Vorgehen

Eingabe

- zwei normalisierte Beschreibungen d = [**AND** d_1 … d_m] und e = [**AND** e_1 … $e_{m'}$] und eine Wissensbasis KB.

Aufgabe: Bestimmung, ob KB ⊨ (d ⊑ e)

Ausgabe: Ja, falls es für jedes e_j (j := 1 bis m') eine bzgl. KB spezialisierende Bedingung d_i (i := 1 bis m) existiert.

Verfahren:

Sukzessive Prüfung der e_j

$\mathcal{DL}$: Strukturvergleich: spezialisierende Bedingungen

d_i spezialisiert Bedingung e_j bzgl. KB falls

- d_i = e_j ist

oder

- e_j = [**EXISTS** n r] und d_i = [**EXISTS** n' r] mit n' > n
- e_j = [**EXISTS** 1 r] und d_i = [**FILLS** r c] für eine Konstante c
- e_j = [**ALL** r e'] und d_i = [**ALL** r d'] und KB ⊨ (d' ⊑ e')
  - einfacher zu prüfen, da d' und e' schon normalisiert sind und einfacher als d_i und e_j.

oder

- d_i atomar ist, (d_i ⊑ d') ∈ KB und KB ⊨ (d' ⊑ e_j)
  - erfordert Normalisierung von d'

$\mathcal{DL}$: Beispiel: Strukturvergleich

KB = { Mensch ⊑ Lebewesen, weiblich ⊑ Lebewesen, …, Großmutter ⊑ [**AND** Frau [**EXISTS** 1 hatKind]] }

Aufgabe: KB ⊨ (Mutter ⊑ Lebewesen)

- Mutter ⇝ [**AND** weiblich Mensch [**EXISTS** 1 hatKind]]
- Lebewesen ⇝ [**AND** Lebewesen]
- weiblich und Mensch spezialisieren beide Lebewesen

Aufgabe: KB ⊨ (Großmutter ⊑ Mutter)

- Großmutter ⇝ [**AND** Großmutter]
- Großmutter ⊑ [**AND** Frau [**EXISTS** 1 hatKind]]
- [**AND** Frau [**EXISTS** 1 hatKind]]
  ⇝ [**AND** weiblich Mensch [**EXISTS** 1 hatKind]]

$\mathcal{DL}$: Beispiel: Strukturvergleich (2)

Neues Konzept:

e $\doteq$ **[AND** Company
[ALL manager B-SchoolGrade]
[EXISTS 1 Exchange]]

Konzept aus dem Normalisierungsbeispiel (2)

[AND WellRoundedCo HighTechCo]

$\rightarrow$ **[AND** Company **[ALL** manager **[AND** B-SchoolGrade
[EXISTS 2 techDegree]]] **[FILLS** exchange Nasdaq]]

Frage: **[AND** WellRoundedCo HighTechCo] $\sqsubseteq$ e

$\mathcal{DL}$: Klassifikation und Äquivalenzberechnung

Klassifikation

- Bestimme, ob KB $\models$ (c $\rightarrow$ e)
- Es sei d = **[AND** $d_1 \ldots d_m$], wobei die d_i genau die Beschreibungen sind, für die (c $\rightarrow$ d_i) $\in$ KB. Dann gilt:
- KB $\models$ (c $\rightarrow$ e) gdw. KB $\models$ (d $\sqsubseteq$ e)

Äquivalenz

- Bestimme ob KB $\models$ (d $\doteq$ e)
- KB $\models$ (d $\doteq$ e) gdw. KB $\models$ (d $\sqsubseteq$ e) und KB $\models$ (e $\sqsubseteq$ d)

Der Strukturvergleich

- kann auch zur Berechnung von Klassifikation und Äquivalenz eingesetzt werden

$\mathcal{DL}$: Korrektheit (und Vollständigkeit) der Strukturbasierten Berechnung

Normalisierung

- Jeder Schritt ist eine Äquivalenzumformung.
  - Ersetzungstheorem gilt.
  - Basisäquivalenzen ergeben sich aus der Festlegung der Interpretation.

Strukturvergleich

- Wenn eine Bedingung d eine Bedingung e bzgl. einer Wissensbasis spezialisiert, dann gilt auch KB $\models$ (d $\sqsubseteq$ e)
  - Ergibt sich für die Einzelbedingungen (über strukturelle Induktion) aus der Festlegung der Interpretation.
- Für $\mathcal{DL}$ gilt: Wenn es eine Teil-Bedingung von e gibt, zu der es keine sie bzgl. KB spezialisierende Teil-Bedingung von d gibt, dann gilt KB $\models$ (d $\sqsubseteq$ e) nicht.$\rightarrow$ [B & L, 2004]

$\mathcal{DL}$: Vollständigkeit der Strukturbasierten Berechnung

Strukturvergleich (Vollständigkeit)

zu zeigen ist:

- Wenn für eine Bedingung e_j keine Bedingung d_i bzgl. der Wissensbasis spezialisiert, (d.h. es liegt der NEIN-Fall vor), dann gilt nicht KB $\models$ (d $\sqsubseteq$ e)
  - Hierzu ist eine Interpretation zu konstruieren, so dass für mindestens ein $x \in \mathcal{D}$ gilt: $x \in \mathcal{I}$(d) aber $x \notin \mathcal{I}$(e)
  - Hierbei sind die verschiedenen Fälle der „spezialisierenden Bedingungen“ (entsprechend 9–7) zu berücksichtigen.

$\rightarrow$ [B & L, 2004]

Grenzen des Strukturvergleichs

Spracherweiterung

- [**AT-MOST** n r]: Intendierte Bedeutung: trifft auf x zu, wenn x höchstens zu n Objekten in der Relation r steht.

Beispiel

- [**ALL** r d] subsummiert
  [**AND** [**FILLS** r c] [**AT-MOST** 1 r] [**ALL** s d] [**FILLS** s c]]
- dies ist aber durch einen einfachen Strukturvergleich nicht ersichtlich.

Ausdrucksstärke und Berechnungsaufwand

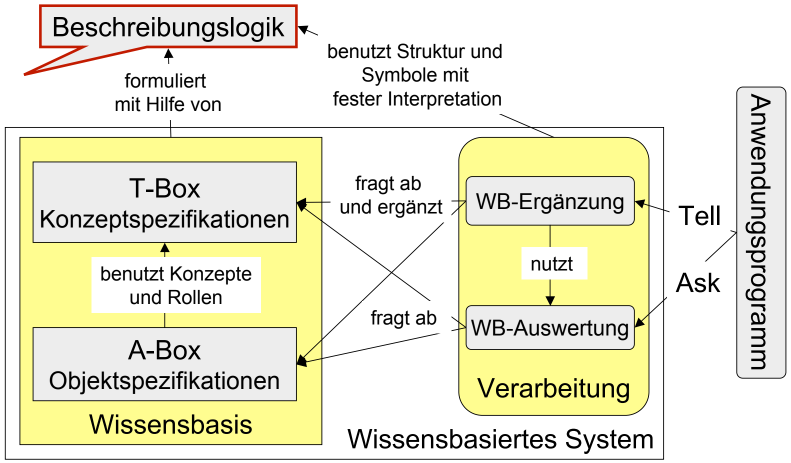
Beschreibungslogiken

- unterscheiden sich in der Menge der Konzeptbildungsoperatoren
- sind ein Beispiel für eine Sprachfamilie, für die die Abhängigkeit zwischen Ausdrucksstärke und Berechnungsaufwand sehr detailliert untersucht ist

Die nächsten Themen (innerhalb der Beschreibungslogiken)

- Mehr technische Details
- Mehr Konzeptbildungsoperatoren
- Überblick über die Sprachfamilie

Wissensbasiertes System mit Beschreibungslogiken



Konzeptbildungsoperatoren (Concept constructors)

Standardnotation der Konstruktoren

$\top$	: das universelle Konzept (Thing)
$C \sqcap D$	: Durchschnitt, Bedingungskonjunktion ([**AND** C D])
$C \sqcup D$	: Vereinigung, Bedingungsdisjunktion
$\neg A$	: Komplement, Negation nur atomarer Konzepte
$\neg C$	: Komplement, Negation nur beliebige Konzepte
$\bot$	: das leere Konzept
$\forall R.C$	: Werterestriktion ([**ALL** r d])
$\exists R.\top$	: eingeschränkte Existenzrestriktion ([**EXISTS** 1 r])
$\exists R.D$	: freie Existenzrestriktion
$(\geq n\ R)$	: Anzahlrestriktion mindestens ([**EXISTS** n r])
$(\leq n\ R)$	: Anzahlrestriktion höchstens

Interpretation der Konstruktoren

Interpretationen sind Paare $\mathfrak{I} = \langle \mathcal{D}, \mathcal{I} \rangle$

$\mathcal{I}(\top) = \mathcal{D}$

$\mathcal{I}(C \sqcap D) = \mathcal{I}(C) \cap \mathcal{I}(D)$

$\mathcal{I}(C \sqcup D) = \mathcal{I}(C) \cup \mathcal{I}(D)$

$\mathcal{I}(\neg C) = \mathcal{D} \setminus \mathcal{I}(C)$

$\mathcal{I}(\bot) = \varnothing$

$\mathcal{I}(\forall R.C) = \{a \in \mathcal{D} \mid \forall b\ [(a, b) \in \mathcal{I}(R) \Rightarrow b \in \mathcal{I}(C)]\}$

$\mathcal{I}(\exists R.\top) = \{a \in \mathcal{D} \mid \exists b\ [(a, b) \in \mathcal{I}(R)]\}$

$\mathcal{I}(\exists R.D) = \{a \in \mathcal{D} \mid \exists b\ [(a, b) \in \mathcal{I}(R) \wedge b \in \mathcal{I}(D)]\}$

$\mathcal{I}((\geq n\ R)) = \{a \in \mathcal{D} \mid\ |\{b \in \mathcal{D} \mid (a, b) \in \mathcal{I}(R)\}| \geq n\}$

$\mathcal{I}((\leq n\ R)) = \{a \in \mathcal{D} \mid\ |\{b \in \mathcal{D} \mid (a, b) \in \mathcal{I}(R)\}| \leq n\}$

Die Basissprache $\mathcal{AL}$ und Erweiterungen

	$\mathcal{DL}$	$\mathcal{AL}$	$\mathcal{FL}^-$	$\mathcal{FL}_0$	$\mathcal{ALU}$	$\mathcal{ALE}$	$\mathcal{ALN}$	$\mathcal{ALC}$
$\top$	+	+	+	+	+	+	+	+
$C \sqcap D$	+	+	+	+	+	+	+	+
$C \sqcup D$	–	–	–	–	+	–	–	–
$\neg A$	–	+	–	–	+	+	+	+
$\neg C$	–	–	–	–	–	–	–	+
$\bot$	–	+	–	–	+	+	+	+
$\forall R.C$	+	+	+	+	+	+	+	+
$\exists R.\top$	+	+	+	–	+	+	+	+
$\exists R.D$	–	–	–	–	–	+	–	–
$(\geq n\ R)$	+	–	–	–	–	–	+	–
$(\leq n\ R)$	–	–	–	–	–	–	+	–

$\mathcal{AL}$-Sprachfamilie (Ausdrucksmächtigkeit)