Wissensrepräsentation

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

Sommersemester 2003

Wissensrepräsentation
–

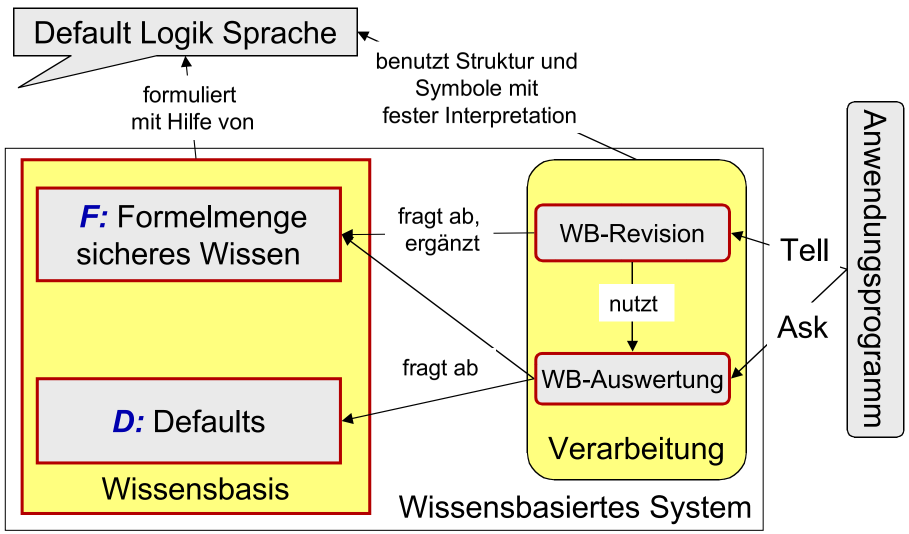
Christopher Habel, Carola Eschenbach

Sommersemester 2003

Sitzung 18: Default Logik

- Das Basis-System von Reiter
- Schliessen mit Defaults
- Extensionen
- Beziehung zu Vererbungsnetzen

Wissensbasiertes System mit Default Logik



Literatur

Zur **Default Logik**

David Poole. Default Logic. In *D. Gabbay, C. Hogger, and J. Robinson (eds.), Handbook of Logic in Artificial Intelligence and Logic Programming, Volume 3: Nonmonotonic Reasoning and Uncertain Reasoning,* Oxford University Press (1994), pp. 189 – 215.

Raymond Reiter (1980). A Logic for Default Reasoning. *Artificial Intelligence, 13.* 81-132.

James Delgrande & Torsten Schaub. (2001). The Role of Default Logic in Knowledge Representation. In J. Minker (ed.), *Logic-Based Artificial Intelligence*, (pp. 107-126), Kluwer: Dordrecht

Reiters Default Logik $(\mathcal{RDL})$

Nicht-monotone Erweiterung klassischer Theorien

Definition: Eine Default Theorie ist ein Paar
$\Delta = \langle F, D \rangle$, mit

- ***F*** ist eine Menge geschlossener Formeln der Prädikatenlogik erster Stufe $(\mathcal{PL}1)$, ($F \approx$ facts)
- ***D*** ist eine Menge von „defaults“ . Defaults sind Ausdrücke einer Spracherweiterung über der $\mathcal{PL}1$

Andere Bezeichnungsweisen

- Statt ***F*** wird auch ***W*** (≈ facts)
- Statt $\Delta = \langle F, D \rangle$ auch $\Delta = \langle D, W \rangle$
- Statt *default* auch *Defaultregel* / *default rule*

Die Syntax von Defaults

Definition
Ein Default δ hat die Form, $\dfrac{\alpha : \beta_1,\ldots,\beta_m}{w}$
wobei α, β_i ($m \geq 1$) und *w* offene Formeln aus $\mathcal{PL}1$.

- α wird als Vorbedingung / precondition (kann leer sein)
- β_i wird als Rechtfertigung / justification ($m \geq 1$)
- *w* wird als Konsequenz / consequence

des Defaults bezeichnet.

Intendierte Interpretation (informell)

Falls α(c) eine Instanz von α zum Faktenwissen der KB gehört, und alle β_i(c) konsistent mit der KB sind, dann kann auf *w*(c) geschlossen werden.

Defaults: Einführendes Beispiel

$$\dfrac{\textit{elephant(x)} : \textit{gray (x)}}{\textit{gray (x)}}$$

Falls *x* ein Elefant ist (KB),
und es konsistent zur KB ist, dass x grau ist,
dann kann darauf geschlossen werden, dass x grau ist.

1. *elephant (Clyde)*: solange *gray(Clyde)* konsistent zur KB ist, kann *gray(Clyde)* erschlossen werden.
2. zusätzlich: *royal_elephant (Clyde)* und
   $\forall$ x *royal_elephant (x)* $\Rightarrow \neg$*gray(x)*

- Es ist nicht konsistent zur KB, *gray(Clyde)* anzunehmen, also kann *gray(Clyde)* nicht erschlossen werden.
  [¬*gray(Clyde)* ist erschliessbar, via Modus Ponens.]

Defaults: Ein weiteres Beispiel

Falls *x* und y Geschwister sind,
und nichts gegenteiliges über ihre Eltern bekannt ist,
dann kann darauf geschlossen werden, dass x und y die gleichen Eltern haben.

$$\dfrac{\textit{geschwister(x,y)} : \textit{mutter(x)=mutter(y)} \wedge \textit{vater(x)=vater(y)}}{\textit{mutter(x)=mutter(y)} \wedge \textit{vater(x)=vater(y)}}$$

- Diese Interpretation von *geschwister* kann als gemeinsamer Oberbegriff für „leibliche Geschwister“, „Halbgeschwister“ und „Stiefgeschwister“ verwendet werden.

Schliessen mit Defaults: Gerechtfertigte Konsequenzen

Gegeben eine Default Theorie $\Delta = \langle F, D \rangle$.

Vernünftige Mengen von impliziten, d.h. ableitbaren, Wissensentitäten:

1. **Das sichere Wissen aus *F*.** $[\, \alpha \in F \,]$
2. **Das aus *F* mit klassischen logischen Verfahren ableitbare Wissen.** $[\, F \vdash \alpha \,]$
3. **Das in Bezug auf *F* unter Verwendung von Defaults aus *D* plausible Wissen.** $[\, F \vdash_{\Delta L} \alpha \,]$
4. Zu klären: Inwieweit soll unter Verwendung von Defaults erschlossenes Wissen für weitere Schlüsse herangezogen werden?

Typen von Defaults

- **Ein Default δ heisst geschlossen, wenn er keine freien Variablen enthält. Anderenfalls heisst er offen.**
- **Eine Instanz eines Defaults ist das Resultat einer uniformen Substitution aller freien Variablen des Defaults durch geschlossene Terme.**
- **Ein Default ist normal, falls er die Form $\frac{\alpha : w}{w}$ hat.**
- **Ein Default ist semi-normal, falls er die Form $\frac{\alpha : \beta}{w}$ hat, und $\beta \vdash w$ in $\mathcal{PL}1$ bzgl. des Faktenwissens *F*.**

Rechtfertigungen mit Defaults: Nicht-normale Defaults

D $\delta = \dfrac{bird(x) : flies(x) \wedge \neg baby(x)}{flies(x)}$

F *bird(Tweety), bird (Polly), baby(Polly), ¬ flies(Fred)*

Rechtfertigung existiert für

- *flies(Tweety)* wg. Konsistenz mit F bzgl. δ

Keine Rechtfertigung existiert für

- *¬ baby(Tweety)* wg. Inkonsistenz mit F bzgl. δ
- *flies(Polly)* wg. Inkonsistenz mit F bzgl. δ
- *¬ bird(Fred)* wg. Inkonsistenz mit F bzgl. δ

Rechtfertigungen mit Defaults: Arbeitsteilung zwischen Vorbedingung und Rechtfertigung

D $\delta = \dfrac{bird(x) : flies(x) \wedge \neg baby(x)}{flies(x) \wedge \neg baby(x)}$

F *bird(Tweety), bird (Polly), baby(Polly), ¬ flies(Fred)*

Rechtfertigung existiert für

- *flies(Tweety), ¬ baby(Tweety)* wg. Konsistenz mit F bzgl. δ

Keine Rechtfertigung existiert für

- *flies(Polly)* wg. Inkonsistenz mit F bzgl. δ
- *¬ bird(Fred)* wg. Inkonsistenz mit F bzgl. δ

Rechtfertigungen mit Defaults: Leere Vorbedingung

D $\delta = \dfrac{:\ bird(x) \Rightarrow flies(x) \wedge \neg\, baby(x)}{bird(x) \Rightarrow flies(x) \wedge \neg\, baby(x)}$

F *bird(Tweety), bird (Polly), baby(Polly), ¬ flies(Fred)*

Rechtfertigung existiert für

- *flies(Tweety), ¬ baby(Tweety)* wg. Konsistenz mit F bzgl. δ
- *¬ bird(Fred)* wg. Konsistenz mit F bzgl. δ

Keine Rechtfertigung existiert für

- *flies(Polly)* wg. Inkonsistenz mit F bzgl. δ

Die Arbeitsteilung zwischen
Vorbedingung und Rechtfertigung bestimmt das Schlussverhalten.

Rechtfertigungen mit Defaults: Disjunktionen

D $\delta = \dfrac{bird(x)\ :\ flies(x) \wedge \neg\, baby(x)}{flies(x)}$

F *bird(Tweety), bird (Polly), baby(Polly), ¬ flies(Fred)*
bird(Pete), bird (Mary), baby(Pete) ∨ baby(Mary)

Rechtfertigung existiert für

- *flies(Pete), flies(Mary)*
  Disjunktion ist nicht stark genug, um den Schluss zu blockieren.

Keine Rechtfertigung existiert für

- *flies(Polly)*

Rechtfertigungen mit Defaults: Disjunktionen (2)

D $\delta = \dfrac{employed(x)\ :\ get\_paid(x) \wedge worked(x)}{get\_paid(x)}$

F *employed(Pete), employed(Mary),*
¬ worked (Pete) ∨ ¬worked (Mary)

Rechtfertigung existiert für

- *get_paid(Pete), get_paid(Mary)*

Der Default wird nur für die Individuen blockiert, für die bekannt ist, dass sie eine Ausnahme von der Defaultannahme sind.

Sinnvoll, wenn Wissen um die Ausnahmen „wichtig“ ist.

Reiseplanung

Gruppen-diskussion

Sie fahren zu einer Tagung (5 Tage) nach Stanford, CA., auf der Sie einen Vortrag halten.

Die Aufgabe: (Flug- und Hotelbuchung ist schon erledigt.)

- **Gepäck: Wahl der Gepäckstücke und des Inhalts**
  - Kriterien für die Planung / Entscheidung
  - Wo spielen Standardannahmen eine Rolle?
  - Wie können derartige Standardannahmen in Defaults formuliert werden?

Schliessen mit Defaults: Gerechtfertigte Konsequenzen (noch einmal)

Gegeben eine Default Theorie $\Delta = \langle F, D\rangle$.

Vernünftige Mengen von impliziten, d.h. ableitbaren, Wissensentitäten, sollte enthalten:

1. **Das sichere Wissen aus *F*.** $[\alpha \in F]$
2. **Das aus *F* mit klassischen logischen Verfahren ableitbare Wissen.** $[F \vdash \alpha]$
3. **Das in Bezug auf *F* unter Verwendung von Defaults aus *D* plausible Wissen.** $[F \vdash_{\Delta L} \alpha]$
4. **Aber keine Formeln, die sich nicht aus *F* zusammen mit den Konsequenzen ‚anwendbarer' Defaults herleiten lassen.**

Extensionen einer Default Theorie: Reiters Originalcharakterisierung

Gegeben eine Default Theorie $\Delta = \langle F, D\rangle$.

Für eine Menge S geschlossener Formeln sei $\Gamma(S)$ die kleinste Menge, die die folgenden Bedingungen erfüllt:

1. $F \subseteq \Gamma(S)$
2. $Th_{\mathcal{PL}1}(\Gamma(S)) = \Gamma(S)$
3. **Wenn** $\frac{\alpha : \beta_1,\ldots,\beta_m}{w} \in D$, $\alpha(c) \in \Gamma(S)$ **und alle** $\neg\beta_j(c) \notin S$, **dann** $\boxed{w(c)} \in \Gamma(S)$. Konsequenzen auf der Basis von Defaults

- **Eine Menge der geschlossener Formeln E ist eine Extension von Δ gdw. $\Gamma(E) = E$, d.h. E ist ein Fixpunkt unter Γ.**

Extensionen einer Default Theorie: „Quasi-induktive" Charakterisierung

Gegeben eine Default Theorie $\Delta = \langle F, D\rangle$.

Sei $S_0, S_1, \ldots$ eine Sequenz von Formelmengen, für die gilt:

1. $S_0 = F$
2. $\boxed{S} = \bigcup_i S_i$
3. $\boxed{S_{i+1}} = S_i \cup \{ w(c) \mid \frac{\alpha(c) : \beta_1(c),\ldots,\beta_m(c)}{w(c)}$ ist eine Instanz eines Defaults aus *D*, $S_i \vdash \alpha(c)$. $\beta_j(c)$ ist konsistent zu S, für alle j, $1 \leq j \leq m$ }

Nicht konstruktiv !!

- Die Menge der logischen Konsequenzen aus **S** ist eine Extension von Δ.

Berechnung von Extensionen (1)

$$D \qquad \delta = \frac{bird(x) : flies(x) \wedge \neg baby(x)}{flies(x)}$$

$F = S_0 = \{ bird(Tweety), bird(Polly), baby(Polly), \neg flies(Fred) \}$

$S_1 = S_0 \cup \{flies(Tweety)\}$

$S_2 = S_1 \cup \{flies(Tweety)\}$

$S = S_2 = S_1$

Hier kommen nur *flies(c)*-Formeln in Frage.

$E = Th_{\mathcal{PL}1}(S)$

Berechnung von Extensionen (2)

D $\delta = \dfrac{bird(x) : flies(x) \wedge \neg baby(x)}{flies(x) \wedge \neg baby(x)}$

$\boldsymbol{F} = \mathbf{S_0} = \{ bird(Tweety), bird(Polly), baby(Polly), \neg flies(Fred) \}$

$\mathbf{S_1} = \mathbf{S_0} \cup \{flies(Tweety) \wedge \neg baby(Tweety)\}$

$\mathbf{S_2} = \mathbf{S_1} \cup \{flies(Tweety) \wedge \neg baby(Tweety)\}$

$\mathbf{S} = \mathbf{S_2} = \mathbf{S_1}$

$\mathbf{E} = \mathbf{Th}_{\mathcal{PL}1}(\mathbf{S})$

Berechnung von Extensionen (3)

D $\delta = \dfrac{: bird(x) \Rightarrow flies(x) \wedge \neg baby(x)}{bird(x) \Rightarrow flies(x) \wedge \neg baby(x)}$

$\boldsymbol{F} = \mathbf{S_0} = \{ bird(Tweety), bird(Polly), baby(Polly), \neg flies(Fred) \}$

$\mathbf{S_1} = \mathbf{S_0} \cup \{bird(Tweety) \Rightarrow flies(Tweety) \wedge \neg baby(Tweety)\}$

$\mathbf{S_2} = \mathbf{S_1} \cup \{bird(Fred) \Rightarrow flies(Fred) \wedge \neg baby(Fred)\}$

$\mathbf{S} = \mathbf{S_3} = \mathbf{S_2}$

sukzessiver Aufbau von **S**

$\mathbf{E} = \mathbf{Th}_{\mathcal{PL}1}(\mathbf{S})$

enthält. u.a. $flies(Tweety)$, $\neg baby(Tweety)$

$\neg bird(Fred)$

Berechnung von Extensionen (4)

D $\delta = \dfrac{bird(x) : flies(x) \wedge \neg baby(x)}{flies(x)}$

$\boldsymbol{F} = \mathbf{S_0} = \{bird(Pete), bird(Mary), baby(Pete) \vee baby(Mary) \}$

$\mathbf{S_1} = \mathbf{S_0} \cup \{flies(Pete), flies(Mary)\}$

$\mathbf{S_2} = \mathbf{S_1} \cup \{flies(Pete), flies(Mary)\}$

$\mathbf{S} = \mathbf{S_2} = \mathbf{S_1}$

$\mathbf{E} = \mathbf{Th}_{\mathcal{PL}1}(\mathbf{S})$

Berechnung von Extensionen (5)

D $\delta = \dfrac{bird(x) : flies(x) \wedge \neg baby(x)}{flies(x) \wedge \neg baby(x)}$

$\boldsymbol{F} = \mathbf{S_0} = \{bird(Pete), bird(Mary), baby(Pete) \vee baby(Mary) \}$

$\mathbf{S_1} = \mathbf{S_0} \cup \{flies(Pete) \wedge \neg baby(Pete)\}$

$\mathbf{S_2} = \mathbf{S_1} \cup \{flies(Pete) \wedge \neg baby(Pete)\}$

$\mathbf{S} = \mathbf{S_2} = \mathbf{S_1}$

$\mathbf{E} = \mathbf{Th}_{\mathcal{PL}1}(\mathbf{S})$

$\mathbf{S'_1} = \mathbf{S_0} \cup \{flies(Mary) \wedge \neg baby(Mary)\}$

$\mathbf{S'_2} = \mathbf{S'_1} \cup \{flies(Mary) \wedge \neg baby(Mary)\}$

$\mathbf{S'} = \mathbf{S'_2} = \mathbf{S'_1}$

$\mathbf{E'} = \mathbf{Th}_{\mathcal{PL}1}(\mathbf{S'})$

Zwei alternative Extensionen

Extensionen für den Nixon-Diamond

$D \quad \delta_1 = \frac{green(x) : \neg likesCars(x)}{\neg likesCars(x)} \quad \delta_2 = \frac{ADACmemb(x) : likesCars(x)}{likesCars(x)}$

$F = S_0 = \{green(Pete), ADACmember(Pete)\}$
$S_1 = S_0 \cup \{likesCars(Pete)\}$
$S_2 = S_1 \cup \{likesCars(Pete)\}$
$S = S_2 = S_1$
$E = Th_{\mathcal{PL}1}(S)$
$S'_1 = S_0 \cup \{\neg likesCars(Pete)\}$
$S'_2 = S'_1 \cup \{\neg likesCars(Pete)\}$
$S' = S'_2 = S'_1$
$E' = Th_{\mathcal{PL}1}(S')$

δ_1 Zwei alternative Extensionen δ_2

Extensionen für den Nixon-Diamond (2)

$D \quad \delta_1 = \frac{green(x) : \neg likesCars(x)}{\neg likesCars(x)} \quad \delta_2 = \frac{ADACmemb(x) : likesCars(x)}{likesCars(x)}$

$\delta_3 = \frac{green(x) : discussCars(x)}{discussCars(x)} \quad \delta_4 = \frac{ADACmemb(x) : discussCars(x)}{discussCars(x)}$

$F = S_0 = \{green(Pete), ADACmember(Pete)\}$
$S_1 = S_0 \cup \{likesCars(Pete), discussCars(Pete)\}$
$S = S_2 = S_1$
$E = Th_{\mathcal{PL}1}(S)$
$S'_1 = S_0 \cup \{\neg likesCars(Pete), discussCars(Pete)\}$
$S' = S'_2 = S'_1$
$E' = Th_{\mathcal{PL}1}(S')$

δ_1 Zwei Extensionen δ_2

Argumentieren mit Defaults

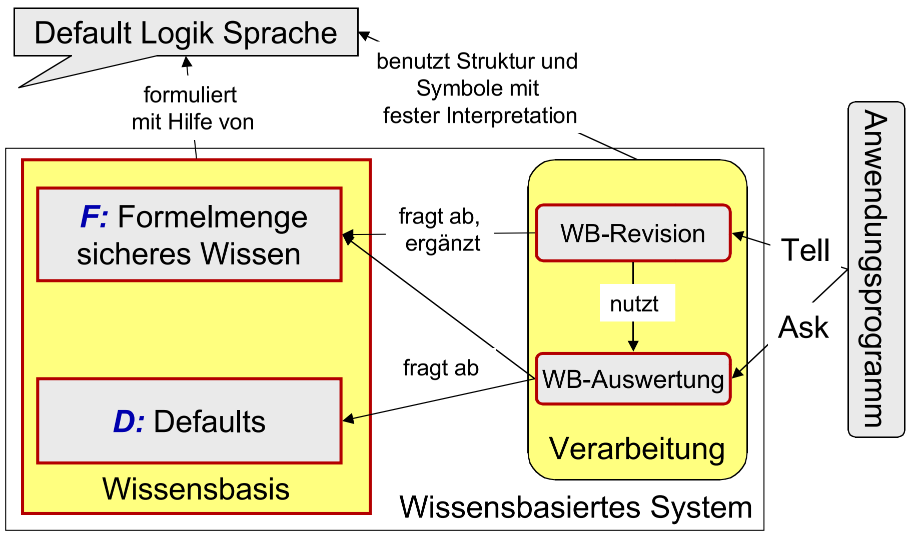
Skeptische Argumentation (sceptical argumentation)

- Die Default-Theorie $\Delta = \langle F, D\rangle$ liefert eine skeptische Rechtfertigung einer Formel α, wenn α in allen Extensionen zu Δ enthalten ist.
- Beispiel Auto-Diamond: *discussCar(Pete)*

Mutige Argumentation (brave argumentation)

- Die Default-Theorie $\Delta = \langle F, D\rangle$ liefert eine mutige Rechtfertigung einer Formel α, wenn α in einer Extension zu Δ enthalten ist.
- Beispiel Auto-Diamond: *discussCar(Pete), likesCar(Pete)*

Wissensbasiertes System mit Default Logik



Wissensverarbeitung mit Default-Logik

Δ-Ableitbarkeit (erste Charakterisierung)

Sei $\Delta = \langle F, D \rangle$ eine Default Theorie und α eine Formel.
$F \vdash_\Delta \alpha$, wenn α in allen Extensionen zu Δ enthalten ist.

- Defaults sind domänenspezifische Inferenzregeln.
  - im Gegensatz zu Inferenzregeln der klassischen Logik, die generell (domänenunabhängig) sind.
  - Die Wissensbasis von default-basierten WBS umfasst also, Fakten und echte Inferenzregeln.
- Eine Definition von Δ-Ableitbarkeit setzt ein Ableitungsverfahren voraus.

Default-Schliessen: Zwischenstand

- **18. Vorlesung: Default-Logik**
  - Das Basis-System von Reiter
  - Arten von Defaults
  - Extensionen: Fixpunktbasierte Charakterisierung
  - Default-basierte Argumentation: skeptisch vs. mutig
- **19. Vorlesung: Default-Logik**
  - Beweis- / Ableitungsverfahren für Default-Logik: Verfahren zur Extensionsberechnung.
  - Weiterentwicklungen der Default-Logik: Priorisierungen