

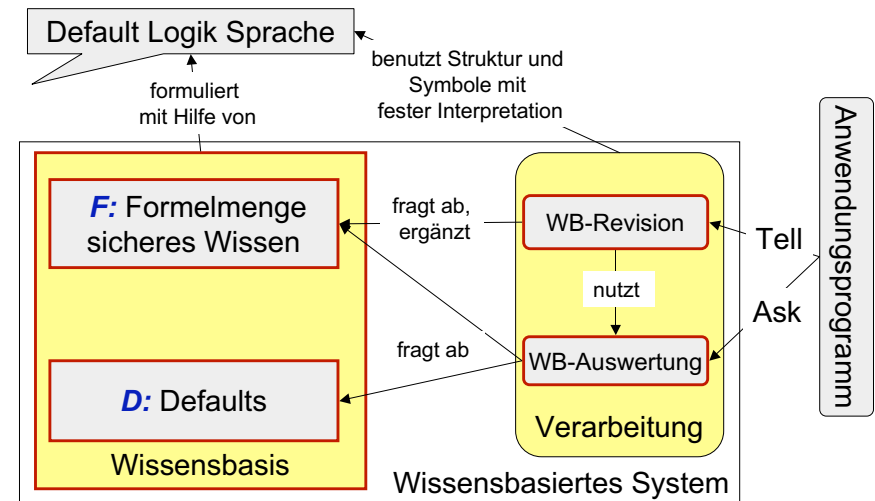
Wissensrepräsentation

Christopher Habel, Hedda Schmidtke
Sommersemester 2004

Sitzung 18: Default Logik

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

Wissensbasiertes System mit Default Logik



Wissensrepräsentation, SoSe 2004
Ch. Habel / C. Eschenbach / H. Schmidtke

18 – 2

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

Wissensrepräsentation, SoSe 2004
Ch. Habel / C. Eschenbach / H. Schmidtke

18 – 3

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 Bezeichnungen

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

Wissensrepräsentation, SoSe 2004
Ch. Habel / C. Eschenbach / H. Schmidtke

18 – 4

Die Syntax von Defaults

Definition

Ein Default δ hat die Form,
$$\frac{\alpha : \beta_1, \dots, \beta_m}{w}$$
wobei α, β_i ($m \geq 1$) und w offene Formeln aus $\mathcal{PL1}$.

- 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 $\alpha(c)$ eine Instanz von α zum Faktenwissen der KB gehört, und alle $\beta_i(c)$ konsistent mit der KB sind, dann kann auf $w(c)$ geschlossen werden.

Defaults: Einführendes Beispiel

$$\frac{\text{elephant}(x) : \text{gray}(x)}{\text{gray}(x)}$$

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 $\forall x \text{ royal_elephant}(x) \Rightarrow \neg \text{gray}(x)$
- Es ist nicht konsistent zur KB, *gray(Clyde)* anzunehmen, also kann *gray(Clyde)* nicht erschlossen werden. [$\neg \text{gray}(Clyde)$ 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.

$$\frac{\text{geschwister}(x,y) : \text{mutter}(x)=\text{mutter}(y) \wedge \text{vater}(x)=\text{vater}(y)}{\text{mutter}(x)=\text{mutter}(y) \wedge \text{vater}(x)=\text{vater}(y)}$$

- 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. $[F \vdash_{\Delta} \alpha]$
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 hat.

$$\frac{\alpha : w}{w}$$

• Ein Default ist **semi-normal**, falls er die Form hat, und $\beta \vdash w$ in $\mathcal{PL1}$ bzgl. des Faktenwissens F .

$$\frac{\alpha : \beta}{w}$$

Rechtfertigungen mit Defaults: Arbeitsteilung zwischen Vorbedingung und Rechtfertigung

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

$$F \quad bird(Tweety), bird(Polly), baby(Polly), \neg flies(Fred)$$

Rechtfertigung existiert für

- $flies(Tweety), \neg baby(Tweety)$ wg. Konsistenz mit F bzgl. δ

Keine Rechtfertigung existiert für

- $flies(Polly)$ wg. Inkonsistenz mit F bzgl. δ
- $\neg bird(Fred)$

Rechtfertigungen mit Defaults: Nicht-normale Defaults

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

$$F \quad bird(Tweety), bird(Polly), baby(Polly), \neg flies(Fred)$$

Rechtfertigung existiert für

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

Keine Rechtfertigung existiert für

- $\neg baby(Tweety)$
- $flies(Polly)$ wg. Inkonsistenz mit F bzgl. δ
- $\neg bird(Fred)$

Rechtfertigungen mit Defaults: Leere Vorbedingung

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

$$F \quad bird(Tweety), bird(Polly), baby(Polly), \neg flies(Fred)$$

Rechtfertigung existiert für

- $flies(Tweety), \neg baby(Tweety)$ wg. Konsistenz mit F bzgl. δ
- $\neg bird(Fred)$ 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

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

F $\text{bird}(\text{Tweety}), \text{bird}(\text{Polly}), \text{baby}(\text{Polly}), \neg \text{flies}(\text{Fred})$
 $\text{bird}(\text{Pete}), \text{bird}(\text{Mary}), \text{baby}(\text{Pete}) \vee \text{baby}(\text{Mary})$

Rechtfertigung existiert für

- $\text{flies}(\text{Pete}), \text{flies}(\text{Mary})$
- Disjunktion ist nicht stark genug, um den Schluss zu blockieren.

Keine Rechtfertigung existiert für

- $\text{flies}(\text{Polly})$

Rechtfertigungen mit Defaults: Disjunktionen (2)

$$D \quad \delta = \frac{\text{employed}(x) : \text{get_paid}(x) \wedge \text{worked}(x)}{\text{get_paid}(x)}$$

F $\text{employed}(\text{Pete}), \text{employed}(\text{Mary}),$
 $\neg \text{worked}(\text{Pete}) \vee \neg \text{worked}(\text{Mary})$

Rechtfertigung existiert für

- $\text{get_paid}(\text{Pete}), \text{get_paid}(\text{Mary})$

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.

Schließen mit Defaults: Gerechtfertigte Konsequenzen (noch einmal)

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

Vernünftige Menge 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. $[F \vdash_{\Delta} \alpha]$
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. $\text{Th}_{\mathcal{PL}_1}(\Gamma(S)) = \Gamma(S)$
 3. Wenn $\frac{\alpha : \beta_1, \dots, \beta_m}{w} \in D$, $\alpha(c) \in \Gamma(S)$ und alle $\neg \beta_j(c) \notin S$, dann $w(c) \in \Gamma(S)$. 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, \dots eine Sequenz von Formelmengen, für die gilt:

1. $S_0 = F$
2. $S_i \leftarrow S_{i-1} \cup S_i$
3. $S_{i+1} \leftarrow S_i \cup \{ w(c) \mid \frac{\alpha(c) : \beta_1(c), \dots, \beta_m(c)}{w(c)}$

Nicht konstruktiv !!

ist eine Instanz eines Defaults aus D ,
 $S_i \vdash \alpha(c)$.
 $\beta_j(c)$ ist konsistent zu S , für alle $j, 1 \leq j \leq m$

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

Berechnung von Extensionen (2)

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

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

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

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

$$S = S_2 = S_1$$

$$E = Th_{\mathcal{PL}_1}(S)$$

Berechnung von Extensionen (1)

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

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

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

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

$$S = S_2 = S_1$$

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

$$E = Th_{\mathcal{PL}_1}(S)$$

Berechnung von Extensionen (3)

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

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

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

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

$$S = S_3 = S_2$$

sukzessiver Aufbau von S

$$E = Th_{\mathcal{PL}_1}(S)$$

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

Berechnung von Extensionen (4)

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

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

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

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

$$S = S_2 = S_1$$

$$E = Th_{\mathcal{PL}_1}(S)$$

Berechnung von Extensionen (5)

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

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

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

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

$$S = S_2 = S_1$$

$$E = Th_{\mathcal{PL}_1}(S)$$

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

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

$$S' = S'_2 = S'_1$$

$$E' = Th_{\mathcal{PL}_1}(S')$$

Zwei alternative Extensionen

Extensionen für den Nixon-Diamond

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

$$F = S_0 = \{green(Pete), ADACmember(Pete)\}$$

$$S_1 = S_0 \cup \{likesCars(Pete)\}$$

$$S_2 = S_1 \cup \{likesCars(Pete)\}$$

$$S = S_2 = S_1$$

$$E = Th_{\mathcal{PL}_1}(S)$$

$$S'_1 = S_0 \cup \{\neg likesCars(Pete)\}$$

$$S'_2 = S'_1 \cup \{\neg likesCars(Pete)\}$$

$$S' = S'_2 = S'_1$$

$$E' = Th_{\mathcal{PL}_1}(S')$$

Zwei alternative Extensionen

Extensionen für den Nixon-Diamond (2)

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

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

$$F = S_0 = \{green(Pete), ADACmember(Pete)\}$$

$$S_1 = S_0 \cup \{likesCars(Pete), discussCars(Pete)\}$$

$$S = S_2 = S_1$$

$$E = Th_{\mathcal{PL}_1}(S)$$

$$S'_1 = S_0 \cup \{\neg likesCars(Pete), discussCars(Pete)\}$$

$$S' = S'_2 = S'_1$$

$$E' = Th_{\mathcal{PL}_1}(S')$$

Zwei Extensionen

Argumentieren mit Defaults

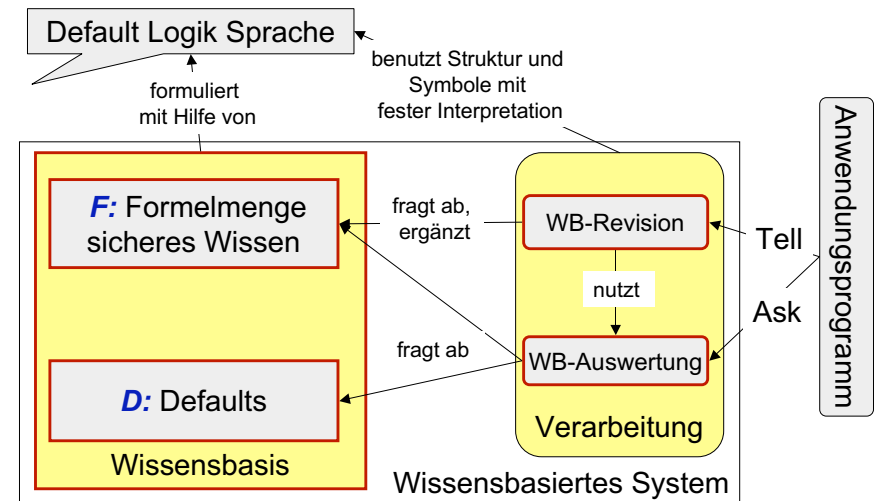
Skeptische Argumentation (sceptical argumentation)

- 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



Default-Schließen: Zwischenstand

• 18. Vorlesung: Default-Logik

- Das Basis-System von Reiter
- Arten von Defaults
- Extensionen: Fixpunkt-basierte Charakterisierung
- Default-basierte Argumentation: skeptisch vs. mutig

• 19. Vorlesung: Default-Logik

- Beweis- / Ableitungsverfahren für Default-Logik: Verfahren zur Extensionsberechnung.
- Weiterentwicklungen der Default-Logik: Priorisierungen