

Expresivní deskripční logiky

Petr Křemen

FEL ČVUT

Co nás čeká

1 Inference v deskripčních logikách

2 Inferenční algoritmy

- Tablový algoritmus pro \mathcal{ALC}

Od jazyka deskripční logiky \mathcal{ALC} k OWL(2)-DL

... \mathcal{ALC} , a co dál ?

- Představili jsme si jazyk \mathcal{ALC} , spolu s rozhodovací procedurou. Jeho expresivita je však jen o málo větší, než výroková logika.
- Podíváme se, jak lze jazyk \mathcal{ALC} obohatit při zachování rozhodnutelnosti.

... \mathcal{ALC} , a co dál ?

\mathcal{N} (Kardinality) slouží k omezení počtu následníků v dané relaci pro daný koncept.

syntax (koncept)	sémantika
$(\geq n R)$	$\left. \begin{array}{l} \left\{ a \mid \left \{ b \mid (a, b) \in R^{\mathcal{I}} \} \right \geq n \right\} \\ \left\{ a \mid \left \{ b \mid (a, b) \in R^{\mathcal{I}} \} \right \leq n \right\} \\ \left\{ a \mid \left \{ b \mid (a, b) \in R^{\mathcal{I}} \} \right = n \right\} \end{array} \right\}$
$(\leq n R)$	
$(= n R)$	

Příklad

- Koncept $Zena \sqcap (\leq 3 \text{ maDite})$ označuje ženy, které mají nejvýše 3 děti.
- Co říká axiom $Auto \sqsubseteq (\geq 4 \text{ maKolo})$?
- A co říká axiom $Bicykl \equiv (= 2 \text{ maKolo})$? Jaký je rozdíl proti předchozímu.

... \mathcal{ALC} , a co dál ? (2)

\mathcal{Q} (Kvalifikované kardinality) slouží k omezení počtu následníků daného typu v dané relaci pro daný koncept.

syntax (koncept)	sémantika
$(\geq n R C)$	$\left\{ a \mid \left \{ b \mid (a, b) \in R^I \wedge b^I \in C^I \} \right \geq n \right\}$
$(\leq n R C)$	$\left\{ a \mid \left \{ b \mid (a, b) \in R^I \wedge b^I \in C^I \} \right \leq n \right\}$
$(= n R C)$	$\left\{ a \mid \left \{ b \mid (a, b) \in R^I \wedge b^I \in C^I \} \right = n \right\}$

Příklad

- Koncept $Zena \sqcap (\geq 3 \text{ maDite Muz})$ označuje ženy, které mají alespoň 3 syny.
- Co říká axiom $Auto \sqsubseteq (\geq 4 \text{ maSoucast Kolo})$?
- Zamyslete se, zda (a pro jaké případy) je možné vyjádřit (kvalifikované) kardinality v jazyku \mathcal{ALC} ?

... \mathcal{ALC} , a co dál ? (3)

- (Nominály) slouží k explicitnímu vyjmenování prvků dané třídy.

syntax (koncept)	sémantika
$\{a_1, \dots, a_n\}$	$\{a_1^I, \dots, a_n^I\}$

Příklad

- Koncept $\{MUZSKE, ZENSKE\}$ označuje koncept pohlaví, které musí být interpretováno nejvýše dvěma prvky. Proč nejvýše ? Kolika nejméně ?
- Co říká axiom *Svetadil* \equiv $\{EVROPA, ASIE, AMERIKA, AUSTRALIE, AFRIKA, ANTARKTIDA\}$?

... \mathcal{ALC} , a co dál ? (4)

\mathcal{I} (Inverzní role) slouží k definici běžné inverze relací.

$$\frac{\text{syntax (role)} \quad \text{sémantika}}{R^{-} \quad (R^{\mathcal{I}})^{-1}}$$

Příklad

- Role $maDite^{-}$ označuje vztah $maRodice$.
- Co říká axiom $Person \sqsubseteq (= 2 maDite^{-})$?
- Co říká axiom $Person \sqsubseteq \exists maDite^{-} \cdot \exists maDite \cdot \top$?

... \mathcal{ALC} , a co dál ? (5)

.trans (Tranzitivní role) slouží k vyjadřování tranzitivity rolí. Pozor, nejedná se o možnost vytvořit tranzitivní uzávěr dané role.

syntax (axiom)	sémantika
$trans(R)$	$R^{\mathcal{I}}$ je tranzitivní

Příklad

- Roli *jeCasti* je vhodné definovat jako tranzitivní, zatímco roli *maRodice* nikoliv. Jak byste se rozhodli u rolí *maCast*, *maCast⁻*, *maDedecka⁻* ?
- Co je to tranzitivní uzávěr relace ? Jaký je vztah mezi tranzitivním uzávěrem relace *maPrimehoNadrizeneho^{\mathcal{I}}* a relací *maNadrizeneho^{\mathcal{I}}*.

... \mathcal{ALC} , a co dál ? (6)

\mathcal{H} (Hierarchie rolí) slouží k vyjadřování hierarchie rolí (podobné taxonomii konceptů).

syntax (axiom)	sémantika
$R \sqsubseteq S$	$R^I \subseteq S^I$

Příklad

- Role *maMatku* je vhodné definovat jako speciální případ role *maRodice*.
- Ujasněte si rozdíl mezi hierarchií konceptů $Matka \sqsubseteq Rodic$ a hierarchií rolí $maMatku \sqsubseteq maRodice$.

... \mathcal{ALC} , a co dál ? (7)

\mathcal{R} (rozšíření rolí) slouží k definici expresivní konstruktů na rolích.
Zejména pak skládání rolí, definice disjunktnosti rolí, apod.

syntax	sémantika
$R \circ S \sqsubseteq P$	$R^{\mathcal{I}} \circ S^{\mathcal{I}} \sqsubseteq P^{\mathcal{I}}$
$Dis(R, R)$	$R^{\mathcal{I}} \cap S^{\mathcal{I}} = \emptyset$
$\exists R \cdot Self$	$\{a \mid (a, a) \in R^{\mathcal{I}}\}$

Příklad

- Jak byste definovali roli *maStryce* ?
- Jak vyjádřit pomocí kompozice rolí, že je role *R* tranzitivní ?
- Koho označuje koncept $Person \sqcap \exists likes \cdot Self$?

... \mathcal{ALC} , a co dál ? – OWL-DL a OWL2-DL

- Z těchto konstruktů lze sestavit dvě prominentní a rozhodnutelné nadmnožiny jazyku \mathcal{ALC} :
 - \mathcal{SHOIN} je deskripční logika, která je základem jazyka OWL-DL.
 - \mathcal{SROIQ} je deskripční logika, která je základem jazyka OWL2-DL.
 - Jak OWL-DL, tak OWL2-DL jsou jazyky pro sémantický web. Jako takové mají navíc:
 - syntaktický cukr – axiomy NegativeObjectPropertyAssertion, AllDisjoint, apod.
 - mimologické konstrukty – importy, anotace
 - datové typy – viz. dále

Rozšíření \mathcal{ALC} – inference

- Jaké dopady mají tato rozšíření na odvozovací algoritmus ?
Představený tablový algoritmus pro \mathcal{ALC} již samozřejmě není úplný (co to znamená ?) a je třeba jej upravit:
 - přidání inferenčních pravidel zohledňující sémantiku nových konstruktů ($\mathcal{O}, \mathcal{N}, \mathcal{Q}$)
 - definice tzv. *R-okolí* vrcholu v grafu zúplnění. Tato nová relace “býti v R-okolí” nám nahradí relaci jednoduché testy na přítomnosti hrany (např. v \exists -pravidle) - díky $\mathcal{H}, \mathcal{R}, \mathcal{I}$
 - přidání podmínek pro detekci přímého sporu
 - zpřísnění blokovacích podmínek (blokování přes části struktur grafů).
- To má za následek posun od EXPTIME (\mathcal{ALC}) k
 - NEXPTIME pro \mathcal{SHOIN}
 - N2EXPTIME pro \mathcal{SROIQ}

Další rozšíření

O co dále lze tyto logiky obohatit ?

Modální rozšíření zavádějí *modální operátory* – možnost/nutnost, hojně využívané např. v multiagentních technologiích.

Example

- (\Box reprezentuje např. operátor "believe" agenta)

$$\Box (Man \sqsubseteq Person \sqcap \forall hasFather \cdot Man) \quad (1)$$

- Protože \mathcal{ALC} je syntaktická varianta multi-modální výrokové logiky, kde každá role reprezentuje relaci přístupnosti mezi světy v Kripkeho struktuře, lze předchozí příklad přeložit do modální logiky :

-

$$\Box (Man \Rightarrow Person \wedge \Box_{hasFather} Man) \quad (2)$$

Vágní znalost - fuzzy, pravděpodobnostní a posibilistická rozšíření (viz. [HPS05]).

datové typy (\mathcal{D}) umožňují zaintegrovat konkrétní datovou doménu (čísla, řetězce), jako $Person \sqcap \exists hasAge \cdot 23$ reprezentuje "23-letá osobu".

DL nástroje a reasonery

RacerPro (<http://www.racer-systems.com>) je komerční LISP systém pro OWL-Lite, OWL-DL a SWRL, též klient/server verze.

Pellet (<http://www.mindswap.org>) je open-source Java OWL-DL (dokonce *SRIOQ*) engine.

Jena <http://jena.sourceforge.net/> je open-source Java framework a API pro OWL a RDF(S).

FaCT++ <http://owl.man.ac.uk/factplusplus/> je C++ reasoner pro *SHOIQ*

a další ... KAON2, FOWL, Kris

Závěrečné poznámky

- Většina DL jsou syntaktické varianty podmnožin FOL. Hlavní úsilí bylo věnováno trade-off mezi expresivitou a výpočetní zvládnutelností DL.
- DL umožňuje pouze binární relace (ale existují snahy o nebinární rozšíření, viz. [BCM⁺03])
- DL jsou základem pro dnešní sémantický web
- hybridní jazyky, učení v DL