

# Logiki opisowe

## Description Logics (DL)

Grażyna Paliwoda-Pękosz

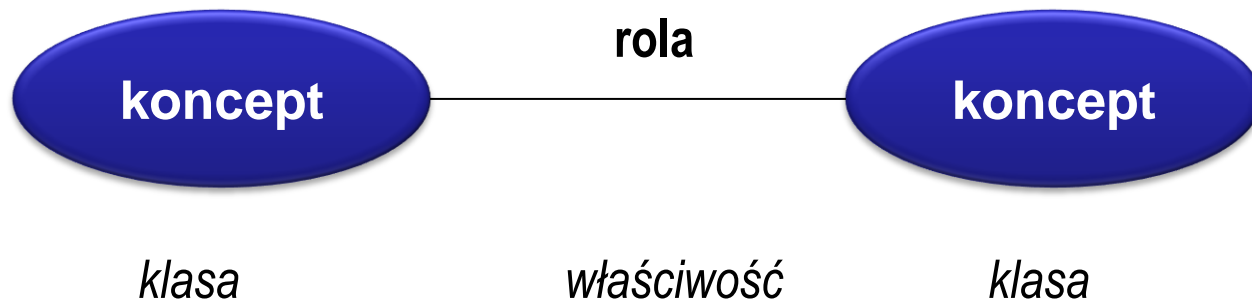
# Plan wykładu

- Logiki opisowe – co to jest?
- Języki atrybutów
- Formalna semantyka DL
- Baza wiedzy DL
- Wnioskowanie
- Zastosowania i narzędzia

# Logiki opisowe

- Rodzina języków reprezentacji wiedzy bazujących na logice
  - Opisują dziedzinę w terminologii conceptów (klas), roli (właściwości, związki) i instancji (individuals)
- Formalna semantyka
- Wnioskowanie

# Terminologia



# Podstawy

- Koncepty – zbiory jednostek  
Person, Animal  
(Doctor  $\sqcup$  Lawyer)
- Role  
hasChild
- Jednostki (stałe)  
Jan, Polska
- Operatory

# JĘZYK ATRYBUTÓW AL

# $\mathcal{AL}$ - przykłady

Oznaczenia: atomic concepts (A), atomic roles (R),  
C, D – koncepty

Koncepty złożone tworzymy przy pomocy:  $\sqcap$ ,  $\sqcup$ ,  $\neg$ ,  $\exists$ ,  $\forall$

A      koncept atomowy

Person, Female

T      górny koncept (cała dziedzina)

$\perp$       dolny koncept (zbiór pusty)

$\neg A$       negacja (atomic negation!)

$\neg$  Female

$C \sqcap D$  przecięcie

$\text{Person} \sqcap \text{Female}$

$\text{Person} \sqcap \neg \text{Female}$

$R$  atomowa rola

$\text{hasChild}$

$\forall R.C$  ograniczenie wartości

$\text{hasChild}.T$

$\text{Person} \sqcap \forall \text{hasChild}.\text{Female}$

$\text{Person} \sqcap \forall \text{hasChild}.\perp$

$\exists R.T$

$\text{Person} \sqcap \exists \text{hasChild}.T$



# RODZINA JĘZYKÓW

$ALC - AL + C$  możliwość negacji złożonych  
konceptów

$\neg(\text{Person} \sqcap \text{Female})$

$\neg(\forall \text{ hasChild.}(\text{Female} \sqcap \text{Student}))$

$\mathcal{S}$  –  $\mathcal{ALC}$  z właściwością przechodniości ról

$\mathcal{H}$  hierarchia ról

$\text{hasDaughter} \sqsubseteq \text{hasChild}$  (rdfs: subpropertyOf)

$\mathcal{O}$  wartości nominalne

$\{\text{Polska}\}$  (owl:hasValue, owl:oneOf)

$\mathcal{I}$  odwrotne role

$\text{isChildOf}$ ,  $\text{hasChild}$

$\mathcal{N}$  ograniczenia na liczby  $\geq nR$ ,  $\leq nR$

$\geq 2\text{hasChild}$ ,  $\leq 3\text{hasChild}$  (owl:Cardinality, owl:MaxCardinality)

$\text{Person} \sqcap (\geq 2\text{hasChild.T})$

$\text{Person} \sqcap (\leq 1\text{hasChild} \sqcup (\geq 4\text{hasChild} \sqcap \exists\text{hasChild.Female}))$

$\mathcal{Q}$  kwalifikowane ograniczenia liczebnościowe (Qualified Number Restrictions, Qualified Cardinality Restrictions (OWL 1.1))

$\geq 2\text{hasChild.Doctor}$

$\mathcal{F}$  ograniczenia na role funkcjonalne

$\leq 1\text{hasMother}$

$\leq R$  role zwrotne i niezwrotne, rozłączność ról

$(\mathcal{D})$  typy danych

Zachodzi równoważność

$$A \sqcup B \equiv \neg(\neg A \sqcap \neg B)$$

$$\exists R.A \equiv \forall \neg R. \neg A$$

$$\mathcal{S} + \mathcal{H} + \mathcal{I} + \text{QNR}(\mathcal{Q}) = \mathcal{SHIQ}$$

$\mathcal{SHIQ}$  podstawa W3C's OWL Web Ontology Language

- OWL DL  $\mathcal{SHIQ}$  poszerzony o wartości nominalne ( $\mathcal{SHOIQ}$ )
- OWL Lite  $\mathcal{SHIQ}$  z funkcjonalnymi ograniczeniami ( $\mathcal{SHIF}$ )

# SEMANTYKA DL

Semantyka bazuje na logice pierwszego rzędu, definiowana przez **interpretacje**

$$\mathcal{I} = (\Delta^{\mathcal{I}}, \mathcal{I})$$

$\Delta^{\mathcal{I}}$  - **dziedzina** (niepusty zbiór)

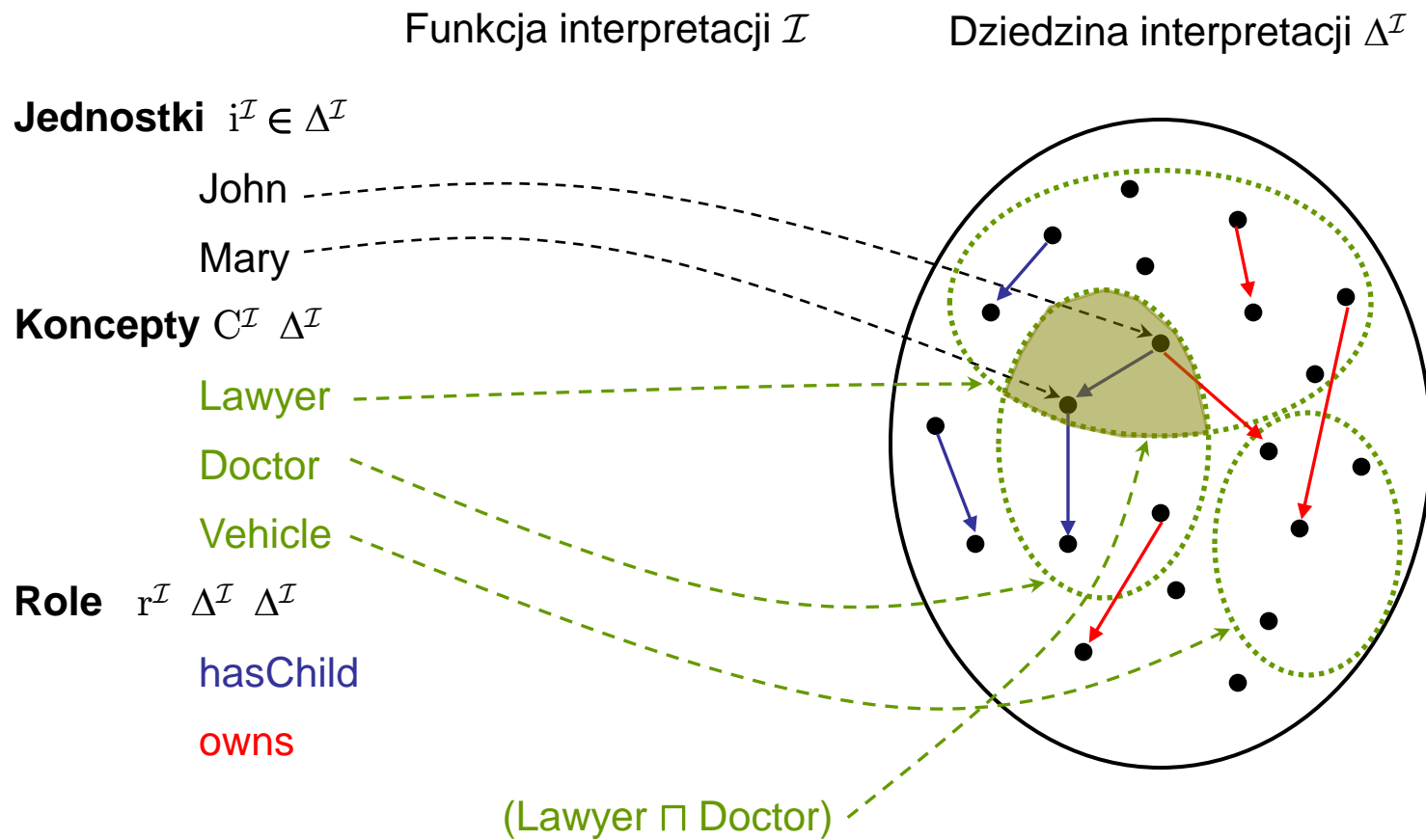
$\mathcal{I}$  - **funkcje interpretacji**, które mapują:

- klasy do podzbioru obiektów dziedziny

$$A \rightarrow A^{\mathcal{I}} \subseteq \Delta^{\mathcal{I}}$$

- właściwości do zbioru par obiektów dziedziny

$$R \rightarrow R^{\mathcal{I}}$$



Źródło: (Horrocks, 2006)





$$\top^{\mathcal{I}} = \Delta^{\mathcal{I}}$$

$$\perp^{\mathcal{I}} = \emptyset$$

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

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

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

$$\{x\}^{\mathcal{I}} = \{x^{\mathcal{I}}\}$$

$$(\exists R.C)^{\mathcal{I}} = \{x \mid \exists y. \langle x, y \rangle \in R^{\mathcal{I}} \wedge y \in C^{\mathcal{I}}\}$$

$$(\forall R.C)^{\mathcal{I}} = \{x \mid \forall y. (x, y) \in R^{\mathcal{I}} \Rightarrow y \in C^{\mathcal{I}}\}$$

$$(\leq_n R)^{\mathcal{I}} = \{x \mid \#\{y \mid \langle x, y \rangle \in R^{\mathcal{I}}\} \leq n\}$$

$$(\geq_n R)^{\mathcal{I}} = \{x \mid \#\{y \mid \langle x, y \rangle \in R^{\mathcal{I}}\} \geq n\}$$

$$(R^{-})^{\mathcal{I}} = \{(x, y) \mid (y, x) \in R^{\mathcal{I}}\}$$

# Równoważność konceptów

$$C \equiv D \Leftrightarrow \forall I \ C^I = D^I$$

Np.

$C = \forall \text{ hasChild.Female} \sqcap \forall \text{ hasChild.Student}$

$D = \forall \text{ hasChild.}(\text{Female} \sqcap \text{Student})$

# Baza wiedzy DL

- Tbox – terminologia - zbiór aksjomatów natury ogólnej

$\{\text{Doctor} \sqsubseteq \text{Person},$

$\text{HappyParent} \sqsubset \text{Person} \sqcap \forall \text{hasChild}.(\text{Doctor} \sqcup \exists \text{hasChild}.\text{Doctor})\}$

Ogólnie:  $C \sqsubseteq D, C \sqsubset D, R \sqsubseteq S, R \sqsubset S, R^+ \sqsubseteq R$

gdzie:  $C, D$  - koncepty,  $R, S$  - role,

$R^+$  - zbiór przechodnich ról

- Abox – zbiór aksjomatów dotyczących danych

$\{\text{John}:\text{HappyParent}, \text{John hasChild Mary}\}$

Ogólnie:  $x:D, \langle x,y \rangle:R$  gdzie:  $x,y$  nazwy obiektów

- Baza wiedzy =  $\langle T, A \rangle$



# Terminologia (Tbox)

Woman  $\equiv$  Person  $\sqcap$  Female

Man  $\equiv$  Person  $\sqcap$   $\neg$ Woman

Mother  $\equiv$  Women  $\sqcap$   $\exists$ hasChild.Person

Father  $\equiv$  Man  $\sqcap$   $\exists$ hasChild.Person

Parent  $\equiv$  Mother  $\sqcup$  Father

Wife  $\equiv$  Woman  $\sqcap$   $\exists$ hasHusband.Man

GrandMother  $\equiv$  Mother  $\sqcap$   $\exists$ hasChild.Parent

MotherWithManyChildren  $\equiv$  Mother  $\sqcap$   $\geq 3$ hasChild

MotherWithoutDaughter  $\equiv$  Mother  $\sqcap$   $\forall$ hasChild.  $\neg$ Woman



# Terminologia (Abox)

## **C(a)**

MotherWithoutDaughter(ANNA)

Father(PAWEŁ) lub PAWEŁ:Father

## **R(b, c)**

hasChild(ANNA, PAWEŁ)

hasChild(PAWEŁ, PIOTR)

lub  $\langle \text{ANNA}, \text{PAWEŁ} \rangle : \text{hasChild}$

# Wnioskowanie

## TBox

Mother  $\equiv$  Woman  $\sqcap$

$\exists$ hasChild.Person

Parent  $\equiv$  Mother  $\sqcup$  Father

GrandMother  $\equiv$  Mother  $\sqcap$

$\exists$ hasChild.Parent

MotherWithoutDaughter ...

## ABox

MotherWithoutDaughter(ANNA)

Father(PAWEŁ)

hasChild(ANNA, PAWEŁ)

=> ANNA jest babcią

=> Paweł nie ma siostry



# Zastosowania i narzędzia

- Bazy danych
  - Sprawdzanie spójności strukturalnej baz danych
  - Integracja schematów danych
- Ontologie, e-Science
  - Inżynieria ontologii (schema design, utrzymanie, integracja)
  - Wnioskowanie z wykorzystaniem ontologii
- Implementacje systemów
  - FaCT, FaCT++, Cerebra, Racer, Pellet, ...

# Literatura

- Goczyła K. (2011), Ontologie w systemach informatycznych, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa.
- Baader F., Nutt W. (2002) Basic Description Logics. In the Description Logic Handbook, edited by F. Baader, D. Calvanese, D.L. McGuinness, D. Nardi, P.F. Patel-Schneider, Cambridge University Press, pages 47-100.  
[www.inf.unibz.it/~franconi/dl/course/dlhb/dlhb-02.pdf](http://www.inf.unibz.it/~franconi/dl/course/dlhb/dlhb-02.pdf)
- Horrocks I. (2006) OWL: A Description Logic Based Ontology Language, Description Logic Reasoning  
<http://www.cs.man.ac.uk/~horrocks/Slides/>



# Dziękuję za uwagę.

Materiały przygotowane w ramach projektu „Uruchomienie unikatowego kierunku studiów Informatyka Stosowana odpowiedzią na zapotrzebowanie rynku pracy” ze środków Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego nr umowy UDA – POKL.04.01.01-00-011/09-00