

Asupra fundamentelor logice ale Web-ului semantic

Dorel Lucanu

`{dlucanu}@info.uaic.ro`

Universitatea “Alexandru Ioan Cuza”, Iași

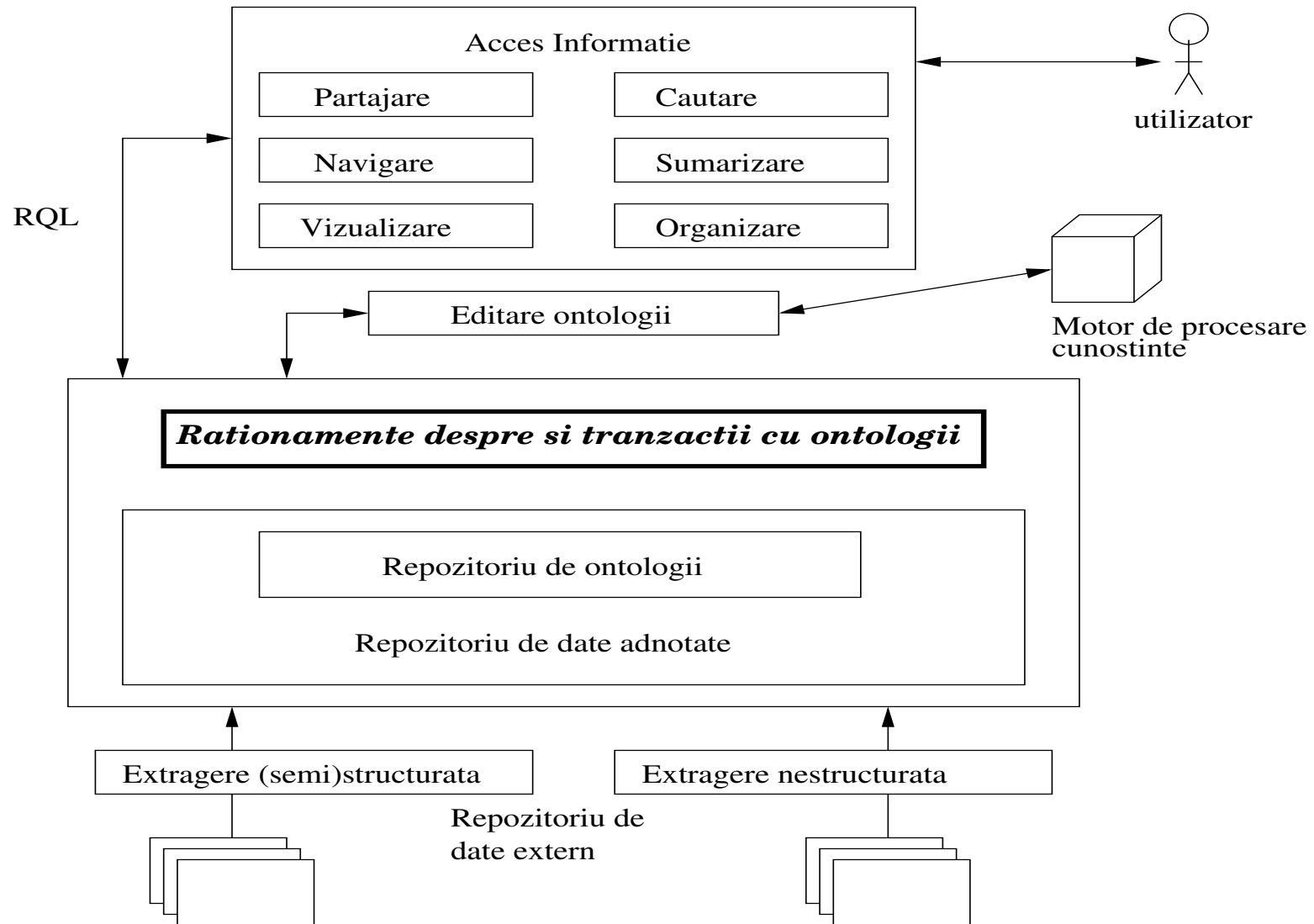
Planul prezentării

- motivație
- Web-ul semantic și limbajele sale
- instituții în general
- instituții în Web-ul semantic
- corectitudinea împrumutului de demonstratoare Z pentru analiza ontologiilor

O posibilă motivație

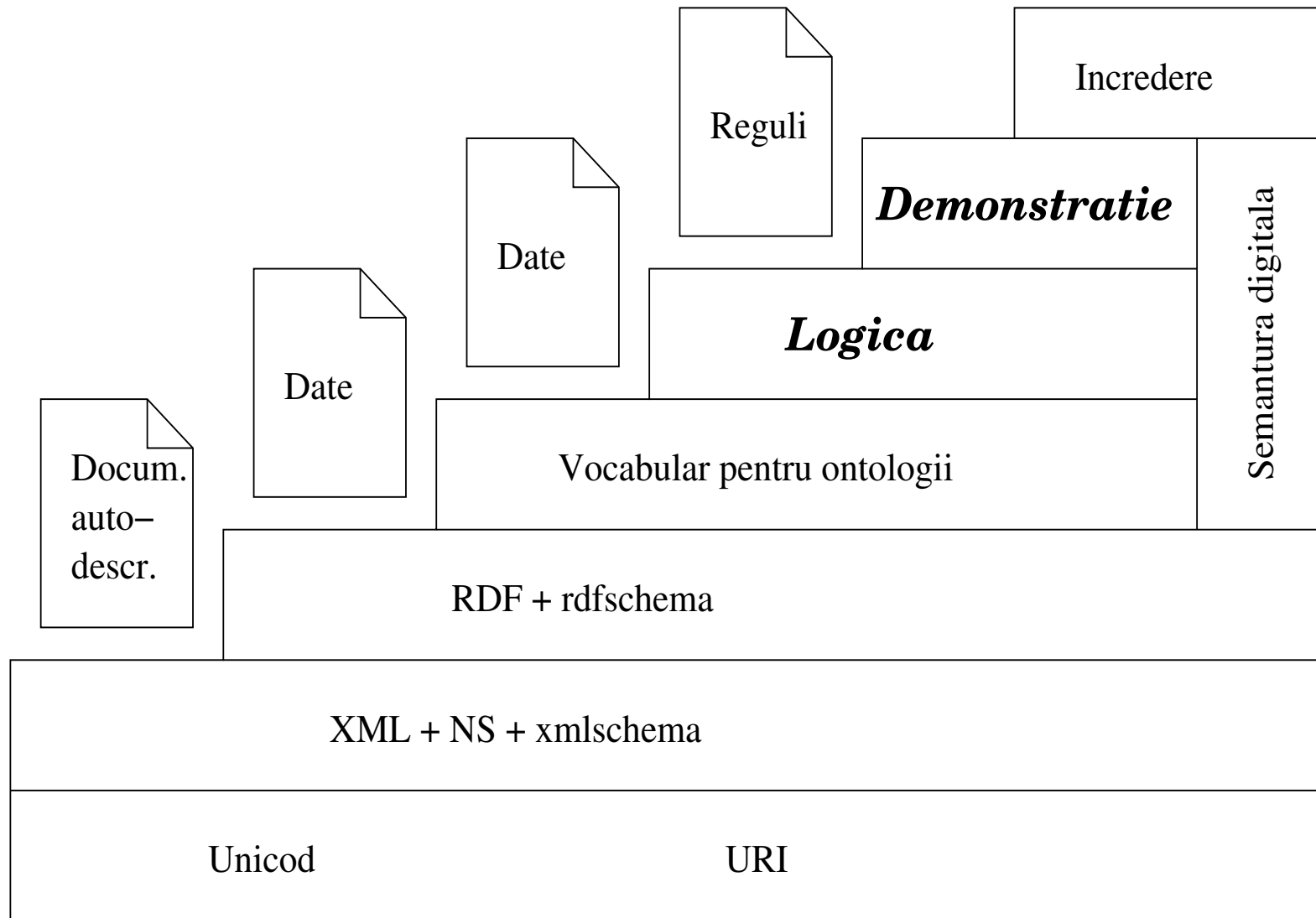
- construcția de analizoare (reasoners) pentru ontologiile Web
- translatarea ontologiilor în alte formalisme
- “NOTE: There is a strong correspondence between the semantics for OWL DL defined in this section and the Direct Model-Theoretic Semantics defined in Section 3 (see Theorem 1 and Theorem 2 in Section 5.4). **If, however, any conflict should ever arise between these two forms, then the Direct Model-Theoretic Semantics takes precedence.**” (OWL Web Ontology Language Semantics and Abstract Syntax Section 5. RDF-Compatible Model-Theoretic Semantics, <http://www.w3.org/TR/owl-semantics/rdfs.html>)

Web semantic



Arhitectura pentru managementul cunostintelor bazate pe Web semantic

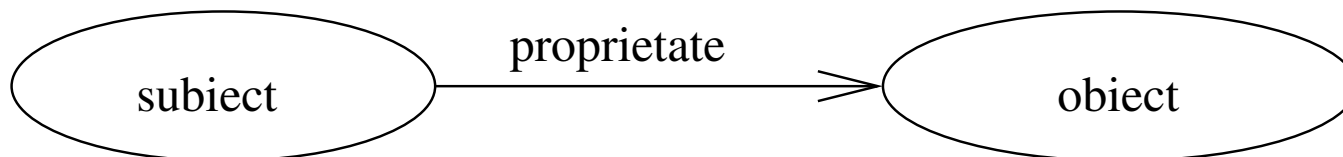
Web semantic



Piramida limbajelor din Web-ul semantic

RDF

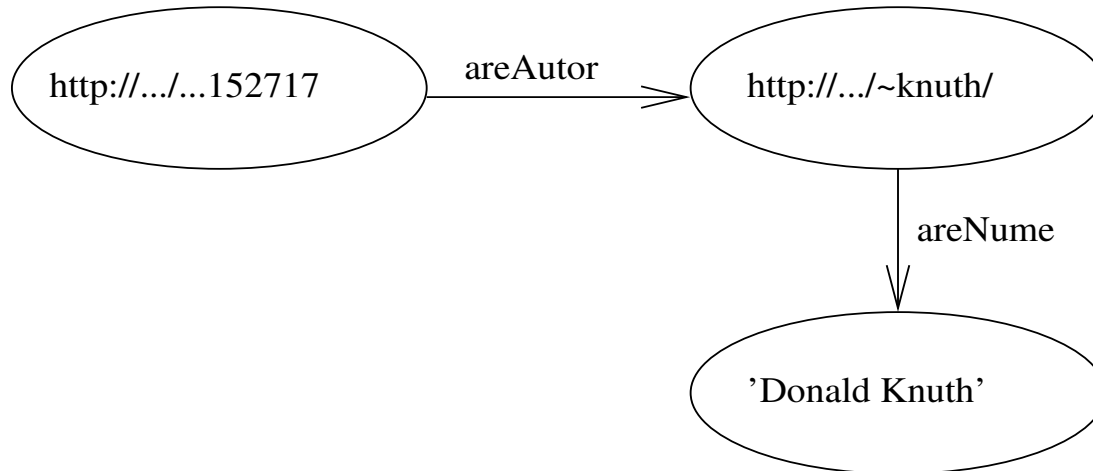
- propus in octombrie 1997
- in februarie 1999 este publicat ca recomandare a consortiuului W3
- standardizeaza definitia si utilizarea descrierii resurselor Web ca meta-date
- constructia de baza: triplet de forma (subiect, proprietate, obiect)



RDF - exemplu

```
<rdf:Description rdf:about=  
  ''http://www-cs-faculty.stanford.edu/~knuth/''>  
  <areNume rdf:resource=''Donald Knuth'' />  
</rdf:Description>
```

```
<rdf:Description rdf:about=  
  ''http://www.amazon.com/exec/.../104-3442396-7552717''>  
  <areAutor rdf:resource=  
    ''http://www-cs-faculty.stanford.edu/~knuth/'' />  
</rdf:Description>
```



Schema RDF

- propus in martie 1999
- introduce primitivele de baza in modelarea ontologica: clase, subclase, subproprietate, domeniu, codomeniu, tipuri de date, containere

```
<rdfs:Class rdf:about="" Carte'' />
```

```
<rdfs:Class rdf:about="" Persoana'' />
```

```
<rdfs:Class rdf:about="" Autor''>
```

```
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="" #Persoana'' />
```

```
</rdfs:Class>
```

```
<rdfs:Property rdf:about="" areAutor''>
```

```
  <rdfs:domain rdf:resource="" Carte'' />
```

```
  <rdfs:range rdf:resource="" Autor'' />
```

```
</rdfs:Property>
```


OWL

- propus in martie 2002
- limbaj de descriere a ontologiilor Web
- are trei nivele: OWL LITE, OWL DL, OWL Full
- include schema RDF
- elemente noi:
 - distinge intre proprietati cu valori de tip obiect si cele cu valori de tip date
 - restrictii privind cardinalitatea
 - operatii cu clase (reuniune, intersectie, ...)
 - restrictii ale proprietatilor
 - caracteristici ale proprietatilor (functie, simetrica, tranzitiva, ...)
 - importul de ontologii
 - ...

OWL - exemplu

- orice carte are cel puțin un autor

Carte \sqsubseteq (≥ 1 areAutor)

```
<owl:Class rdf:ID=' 'Autor' '>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource=
                            ' '#areAutor' ' />
      <owl:minCardinality rdf:datatype=
                            ' '#&xsd;nonNegativeInteger' '>1
    </owl:minCardinality>
  </owl:Restriction>
</rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

SWRL

- propus in noiembrie 2004
- extinde OWL cu reguli de tip Horn:

$$\text{scrisDe}(x_1, x_2) \wedge \text{citatDe}(x_1, x_3) \rightarrow x_2 \neq x_3.$$

```
<ruleml:imp>
  <ruleml:_body>
    <swrlx:individualPropertyAtom   swrlx:property=''scrisDe''>
      <ruleml:var>x1</ruleml:var>
      <ruleml:var>x2</ruleml:var>
    </swrlx:individualPropertyAtom>
    ...
  </ruleml:_body>
  <ruleml:_head>
    ...
  </ruleml:_head>
</ruleml:imp>
```

SWRL FOL

- propus in noiembrie 2004
- extinde OWL cu formule logice de ordinul I:

$$(\forall x_1)\text{AutorCitat}(x_1) \rightarrow (\exists x_2, x_3)\text{scrisDe}(x_2, x_1) \wedge \text{citatDe}(x_2, x_3)$$

```
<Assertion owl:name=''Exemplu''>
  <Forall>
    <ruleml:var>x1</ruleml:var>
    <Implies>
      <swrlx:classAtom owl:name=''AutorCitat''>
        <Exists>
          ...
        </Exists>
      </Implies>
    </Forall>
  </Assertion>
```

Instituții

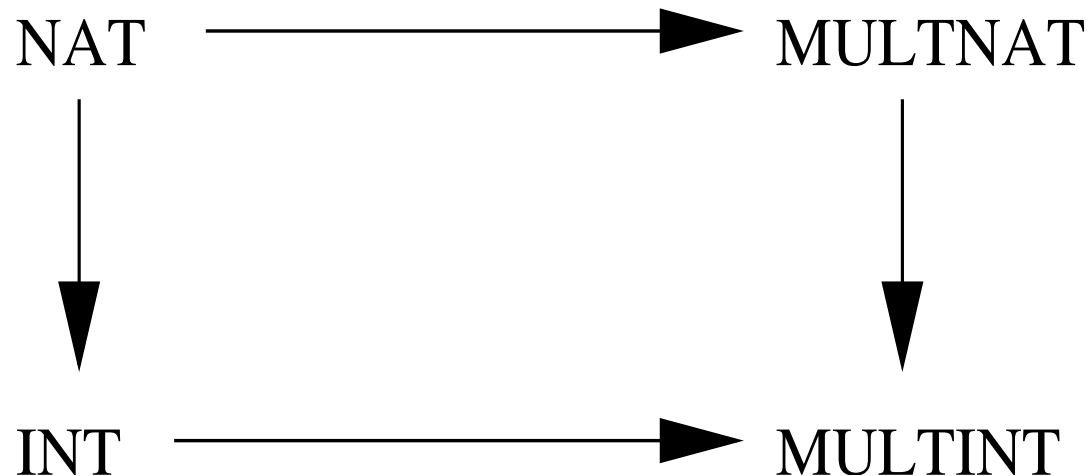
- introduse de J. Goguen & R. Burstal, 1984
- formalizează noțiunea de sistem logic
- au ca element de inspirație limbajele de de specificare algebrică: CLEAR, OBJ3, Maude, CafeOBJ, CASL, CoCASL
- oferă un cadru de lucru pentru teoria modelelor abstracte
- J. Meseguer (1989) a arătat cum un sistem de inferență (entailment system) poate defini o instituție

Instituții - ingrediente

- **signaturi** Σ : descriu vocabularul utilizat la construcțiile sintactice;
signaturile formează o categorie **Sign**
- **afirmații** (sentences): proprietăți descrise cu ajutorul elementelor incluse în signatură;
functor de la **Sign** la categoria mulțimilor
- **modele**: universurile peste care sunt interpretate construcțiile sintactice
functor de la **Sign** la categoria categoriilor mici
- **relația de satisfacere**: când o Σ -afirmație are loc într-un Σ -model
condiția de satisfacere: valoarea de adevăr este invariabilă la schimbarea notației
- **specificație** = (Σ, \mathcal{S}) , unde \mathcal{S} = mulț. de Σ -afirmații
- **teorie** = (Σ, \mathcal{S}) , unde \mathcal{S} = mulțime închisă

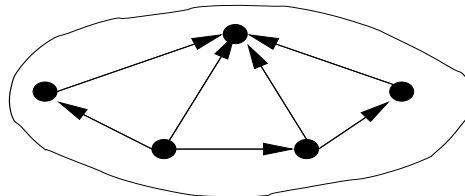
Instituții - proprietăți bune

- **colimate de teorii:** evaluarea expresiilor de module
- **liberalitate:** posibilitatea construcțiilor libere (generalizează semantica inițială)
- **exactitate:** posibilitatea de amalgamare a modelelor pentru diferite specificații



Relații între instituții

- migrarea de la un sistem logic la altul este modelată cu **morfisme** și **comorfisme** de instituții
 - morfisme: instituții mai bogate peste altele mai simple
 - comorfisme: scufundarea unei instituții mai simple în una mai bogată
 - **codificarea** unei instituții în alta: (co)morfisme teoroidale (J. Goguen, Gr. Roșu), “maps” (J. Meseguer, M. Cerioli), reprezentări (A. Tarlecki)
- **instituții Grothendieck** - formalizează noțiunea de sistem logic multi-paradigm



Instituția OWL

(Lucanu, ISoLA 2004)

- signaturi: $(\mathbb{C}, \mathbb{R}, \mathbb{U}, \mathbb{I})$
- expresii: $\dots, \forall \mathcal{R}. \mathcal{C}, \dots, \leq n \mathcal{R} \dots$
- afirmații: $C_1 \sqsubseteq C_2, \dots, \text{Tr}(R), \dots, U_1 \equiv U_2, \dots, o : C$
- modele: $A = (Res_A, \Delta_A, res_A, \llbracket - \rrbracket_A)$
- tipurile de date considerate ca parametru \rightsquigarrow instituție Grothendieck
- are proprietățile bune (colimita teoriilor, exactitate, liberalitate)
- importul de ontologii \rightsquigarrow morfisme de teorii
- ontologii structurate
- constrângerile (constraints) fac distincția dintre OWL DL și OWL FULL

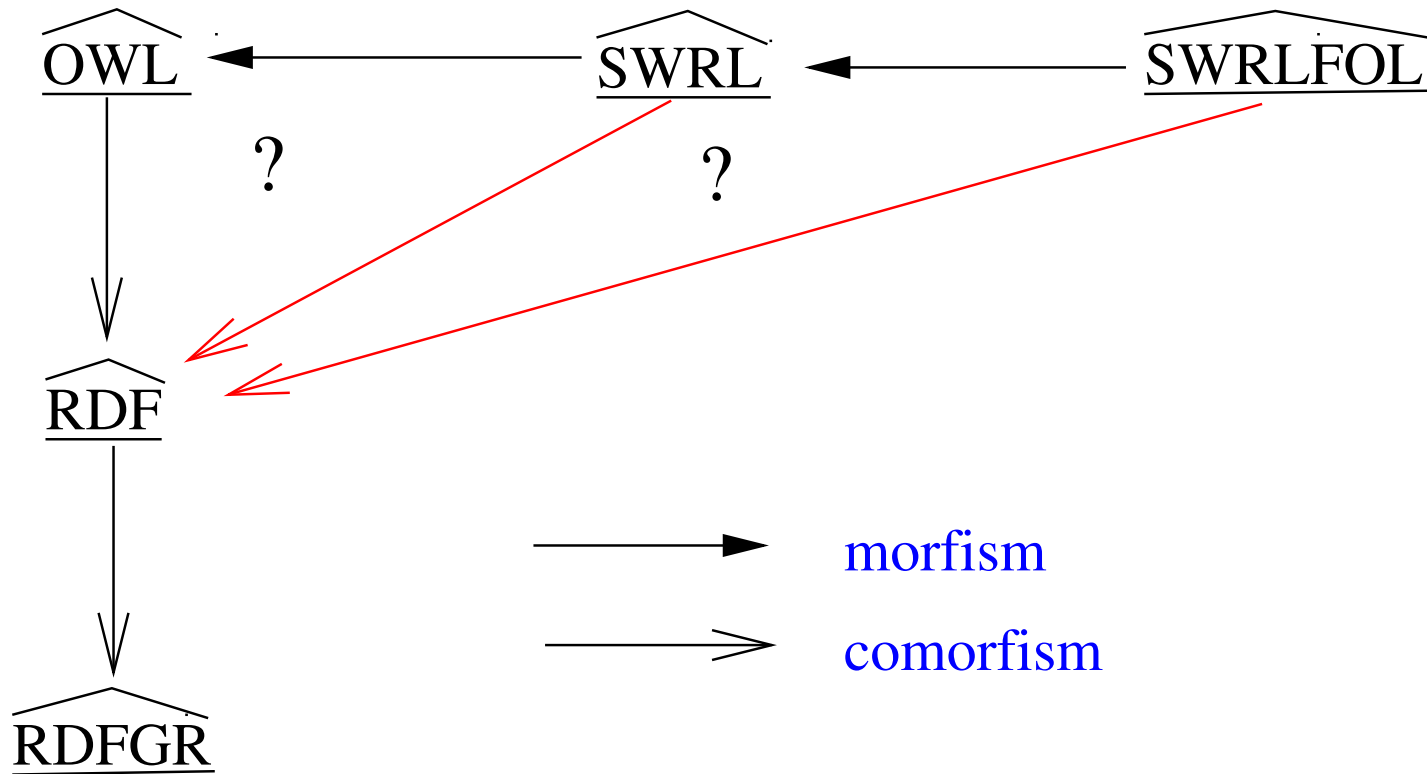
Corectitudinea codificării OWL DL-ului în Z

- codificarea OWL DL-ului în Z – J. S. Dong, C. H. Lee, Y. F. Li, H. Wang, 2004
- corectitudinea codificării – D. Lucanu, Y. F. Li, J. S. Dong, 2005 (“short paper” la WWW’05)
instituția Z – Bumeister, 1999
- comorfism teoroidal
- sunt îndeplinite condițiile care asigură corectitudinea utilizării demonstratoarelor Z
- corectitudinea utilizării tipurilor de date “built-in” în locul tipurilor de date XML

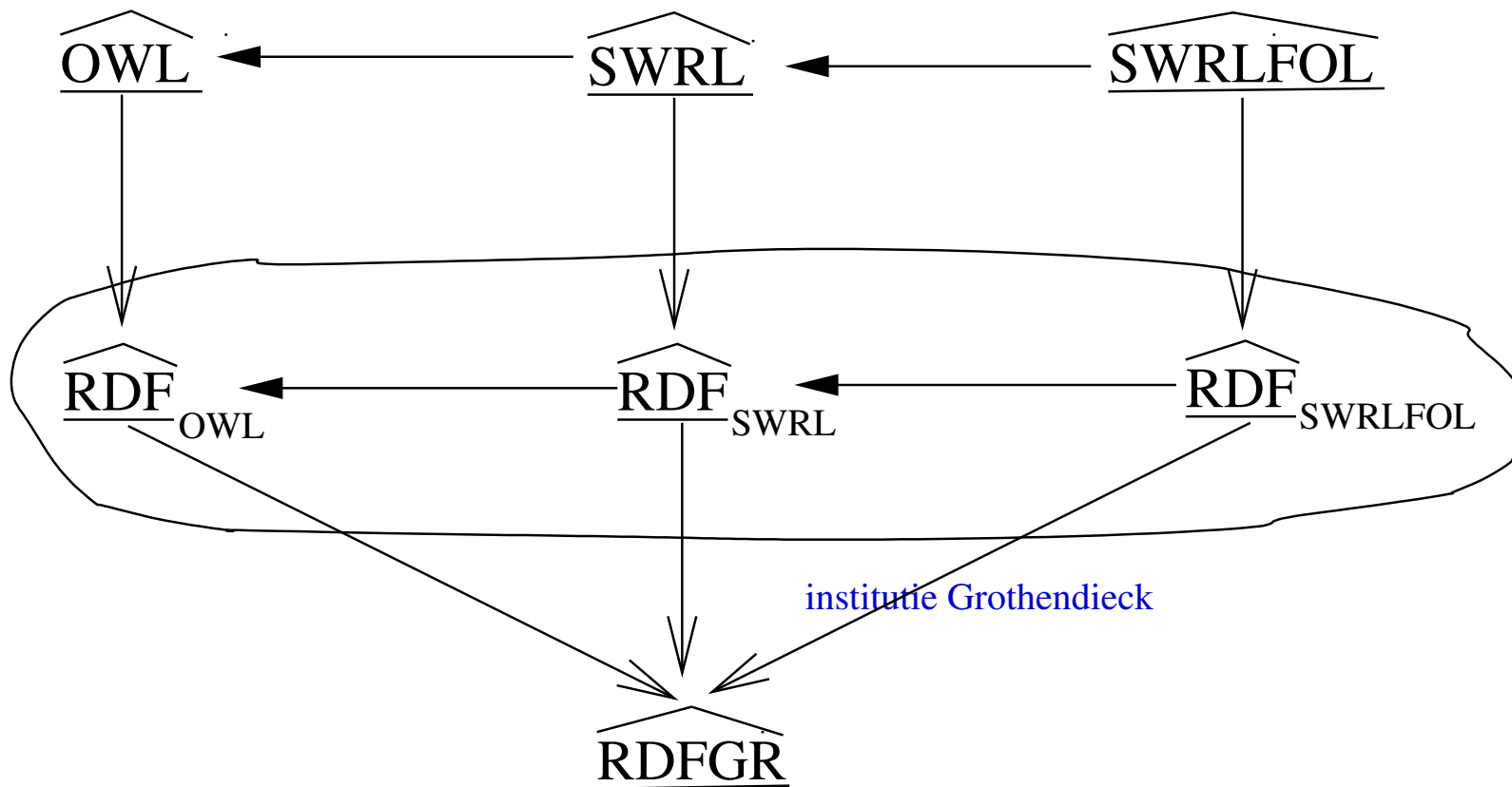
Instituția RDFGR

- signaturi: $(\mathbb{R}\mathbb{R}, \mathbb{B}\mathbb{N})$
- afirmații:
 - triplete: (s, p, o)
 - reguli: $C_1 \rightarrow C_2$
 - formule de ordinul întâi?
- modele: $A = (Res_A, Prop_A, res_A, \llbracket - \rrbracket_A)$
- relația de satisfacere: $A \models (s, p, o) \Leftrightarrow res_A(p) \in Prop_A \wedge (res_A(s), res_A(o)) \in \llbracket res_A(p) \rrbracket_A$
- tipurile de date considerate ca parametru \rightsquigarrow instituție Grothendieck
- are proprietățile bune

Instituții în Web-ul semantic



Instituții în Web-ul semantic



Concluzii

- o mai bună înțelegere a logicii care stă la baza Web-ului semantic
- oferă posibilitatea utilizării instrumentelor matematice existente pentru a studia relația Web-ului semantic cu alte formalisme
- creează o bază solidă pentru dezvoltarea de sisteme de inferență (reasoners)
- construcția unui fundament logic solid, coerent și uniform pentru studierea Web-ului semantic