UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI ROMA

TorVergata Università

RDF

Resource Description Framework

Andrea Turbati

turbati@info.uniroma2.it

Caratteristiche

- Independenza
- Condivisibilità
- Scalabilità

- Ogni cosa è una risorsa
  - Le proprietà sono risorse
  - I valori possono essere risorse
  - Le asserzioni possono essere risorse

RDF Data Model

- Un modello è un insieme di asserzioni (statements, in inglese)
- **Asserzione: = (*soggetto*, *predicato*, *oggetto*)**
- Il predicato è una *proprietà* del soggetto
- Il soggetto è una risorsa
- L'oggetto è una valore (o una risorsa a sua volta)

RDF Data Model

- RDF può essere visto come un grafo diretto etichettato, in cui ogni asserzione assume la seguente forma:

- Sia i nodi/entità che gli archi/proprietà possono essere identificate tramite degli URI
- Il significato di un grafo RDF è la *congiunzione* di tutte le sue asserzioni

RDF: potere espressivo

- RDF corrisponde al sottoinsieme esistenziale-congiuntivo (EC) della logica del primo ordine
  - Non ammette la negazione (NOT)
  - Non ammette la disgiunzione (OR)

- Cosa inusuale per un linguaggio che rappresenti una restrizione della logica del primo ordine, RDF permette asserzioni riguardanti relazioni:

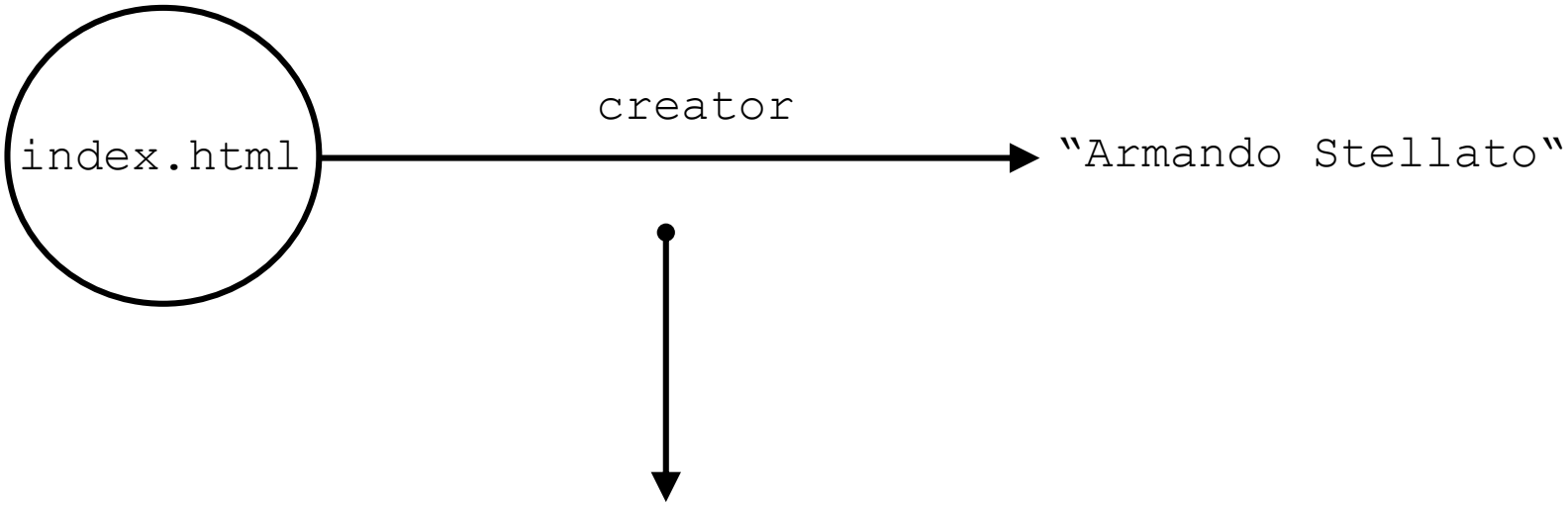
  es:

```
type(loves, social_relationship)
loves(Tom, Mary)
```

RDF: notazione

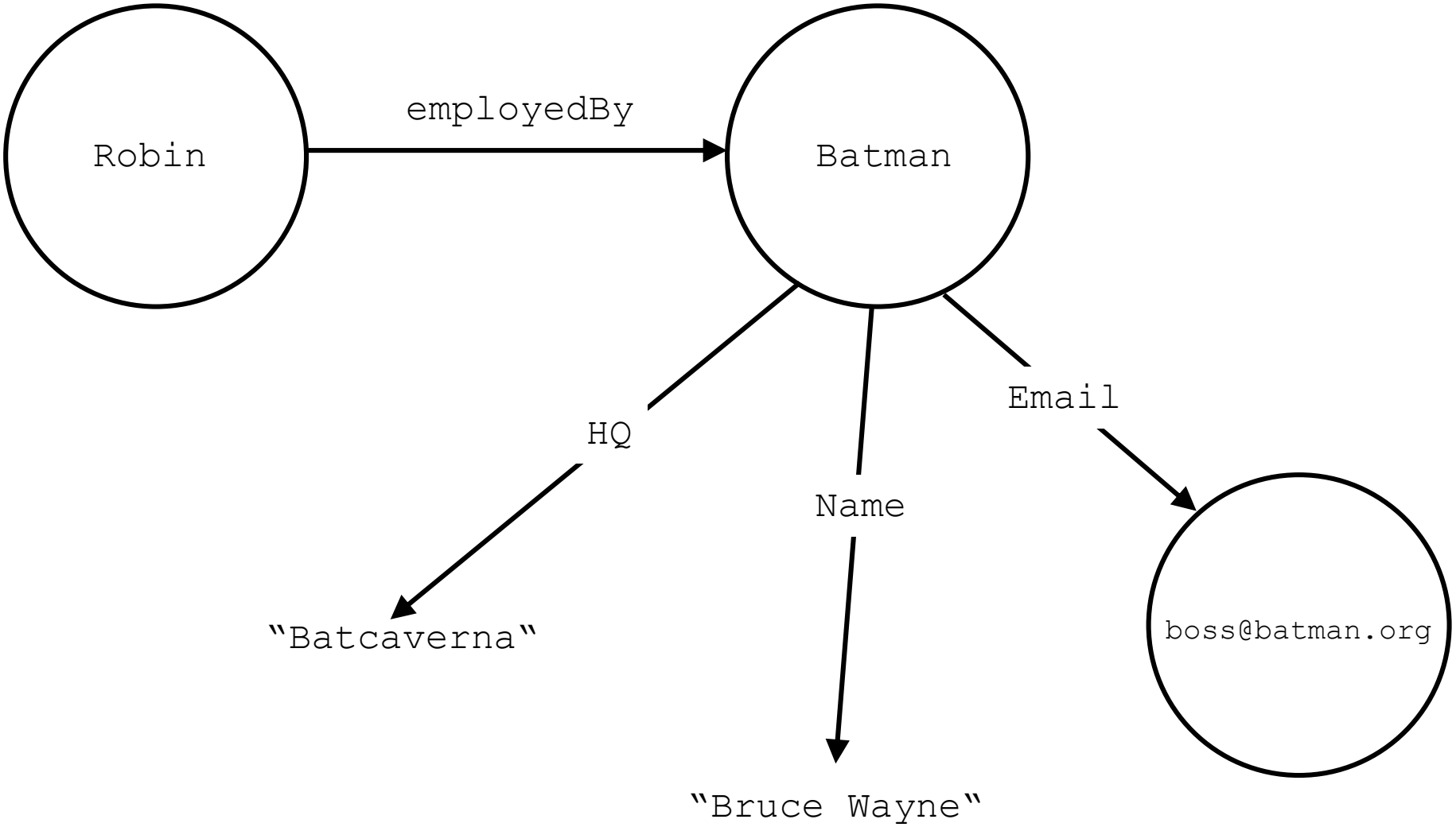
- Esistono diverse sintassi per rappresentare dei grafi RDF:
  - N-Triples
    - La notazione più prossima alla forma astratta, una serie di triple del tipo soggetto-predicato-oggetto, identificate da URI
  - Notation 3 (N3)
    - Contiene numerose abbreviazioni sintattiche che agevolano la lettura mascherando la rigorosa struttura a triple che contraddistingue ogni documento RDF. Questa caratteristica unita a forme sintattiche elementari molto semplici (diverse dal pesante XML) ne fa il tipo di serializzazione più compatta tra quelli esistenti. Come XML, fa utilizzo dei namespace per aumentare la modularità.
  - RDF/XML
    - È un tipo di notazione completamente XML compliant. Come per N3, la struttura a triple può essere mascherata attraverso costrutti sintattici più complessi.

RDF/XML : Un piccolo esempio




```
<rdf:rdf xmlns:rdf = "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
         xmlns:dc = "http://purl.oclc.org/DC">

  <rdf:description rdf:about
                        = "http://art.uniroma2.it/stellato/index.html">
    <dc:creator>Armando Stellato</dc:creator>
  </rdf:description>

</rdf:rdf>
```

RDF : Un esempio più complesso…



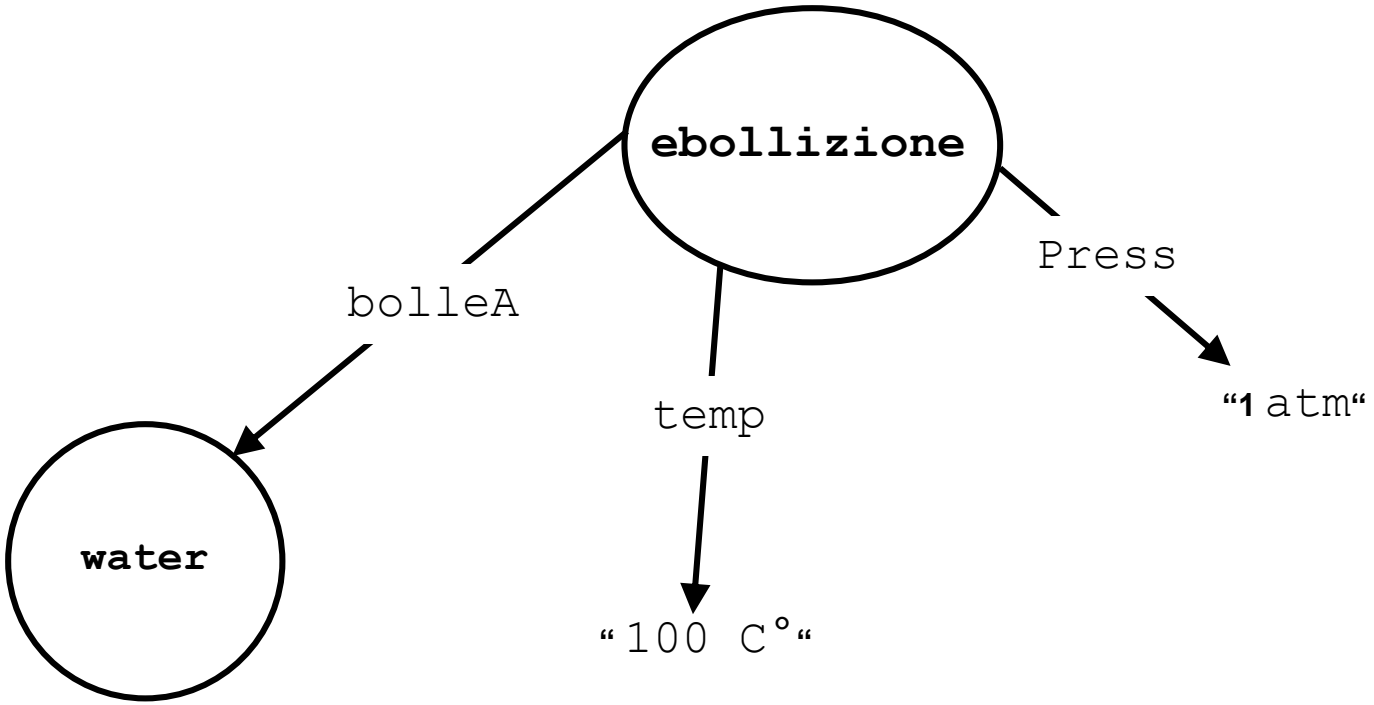
RDF : Un esempio più complesso…

E la relativa serializzazione RDF/XML…

```
<rdf:rdf
        xmlns:rdf = "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
        xmlns:mySchema = "http://www.Batman.org/mySchema/">

  <rdf:description rdf:about = "http://www.Batman.org/Robin/">
    <mySchema:employedBy rdf:resource = "#Batman"/>
  </rdf:description>

  <rdf:description id = "Batman">
    <mySchema:HQ>Batcave</mySchema:HQ>
    <mySchema:Name>Bruce Wayne</mySchema:Name>
    <mySchema:Email rdf:resource = "mailto:boss@batman.org" />
  </rdf:description>

</rdf:rdf>
```

Relazioni n-arie

- La sola presenza di sole relazioni binarie esplicite non impedisce la rappresentazione di relazioni di arità arbitraria.
- Es: **`bolleA(water,100C,1atm`**)



Andrea Turbati
turbati@info.uniroma2.it art.uniroma2.it/turbati

XML vs RDF

- I detrattori di RDF hanno spesso sostenuto la sua inutilità rispetto a quanto già fornito da XML e XML Schema

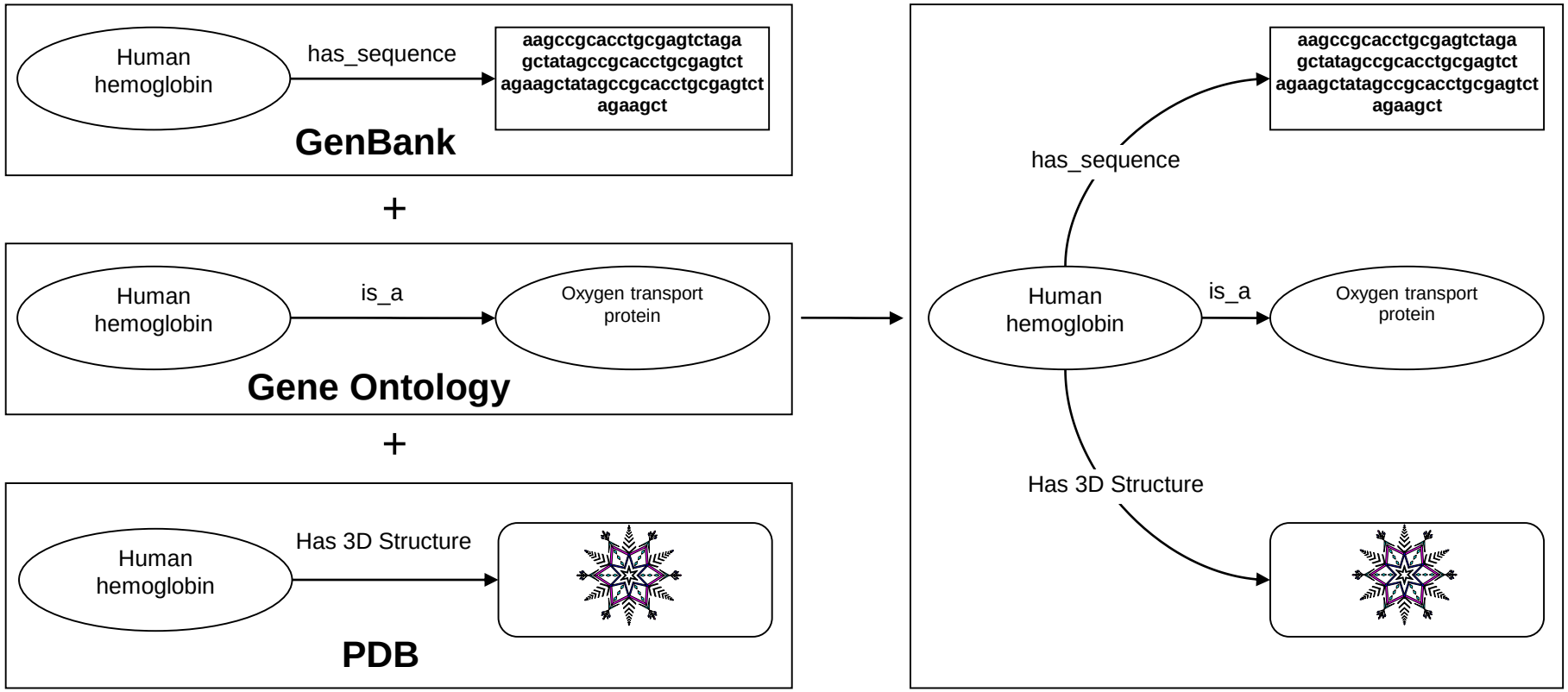
  "RDF is seen by some as an overly complex technology, trying to solve a problem XML and HTTP already solve" (Van Dijck, 2003)

- RDF aggiunge però, pur attraverso un modello estremamente semplice, una semantica condivisa per interpretare i dati

- Vantaggi:
  - Minore ambiguità sintattica (e.g. attributo o elemento annidato?): una volta definito un grafo RDF, la sua serializzazione XML è univoca
  - La presenza di semantica esplicita implica un più immediato processo di integrazione di diverse risorse

XML vs RDF (2)

- Esempio: unione di due frammenti RDF



Andrea Turbati
turbati@info.uniroma2.it art.uniroma2.it/turbati

XML vs RDF (3)

- Esempio: unione di due frammenti XML

<sequence id="abc123">atagccgtacctgcgagtct
</sequence>

Generic Sequence XML

+

<is-a><object>human-hemoglobin</object><type>oxygen-transfer-protein</type></is-a>

Generic Gene Ontology XML

+

<structure><protein name="hh434"/><atom x="-30" y="40" elem="H"/>…</structure>

Generic protein structure xml

→

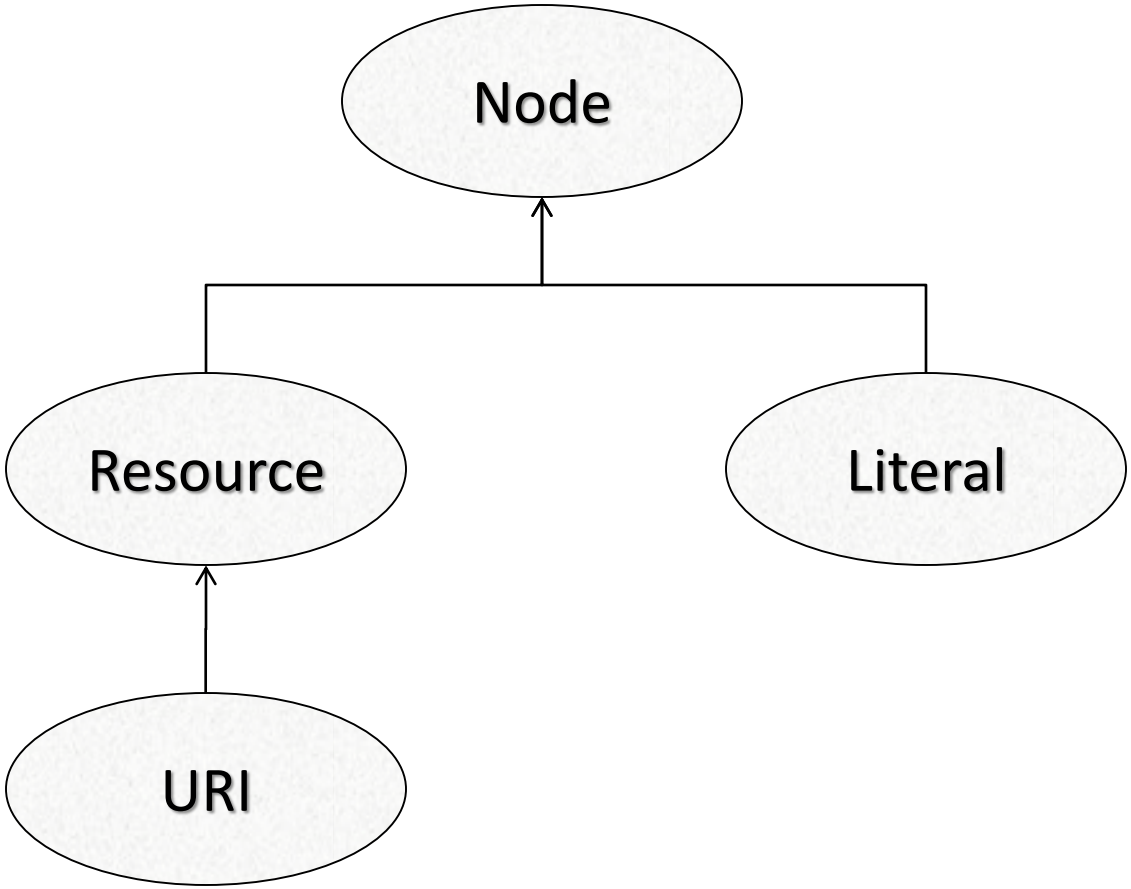
La integrazione richiede una profonda conoscenza degli schemi sorgenti, al fine di produrre delle complesse trasformazioni XSLT verso uno schema comune.

RDF: triples triples everywhere…

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI ROMA TorVergata Università

- Al di là dei costrutti complessi che possiamo definire per descrivere dei pattern di rappresentazione evoluti, il modello RDF è completamente basato su **triple**.
- Esistono dei vincoli sulla struttura di una tripla RDF
  - rdf_triple(Resource, URI, Node)
  - Il ***subject*** di una tripla è sempre una *risorsa*, può essere o meno identificata da un URI, ma non può essere un tipo di dati primitivo
  - Il ***predicate*** di una tripla è una risorsa sempre caratterizzata da un URI
  - L'***object*** non ha particolari restrizioni, e può contenere sia risorse che tipi primitivi (literals)

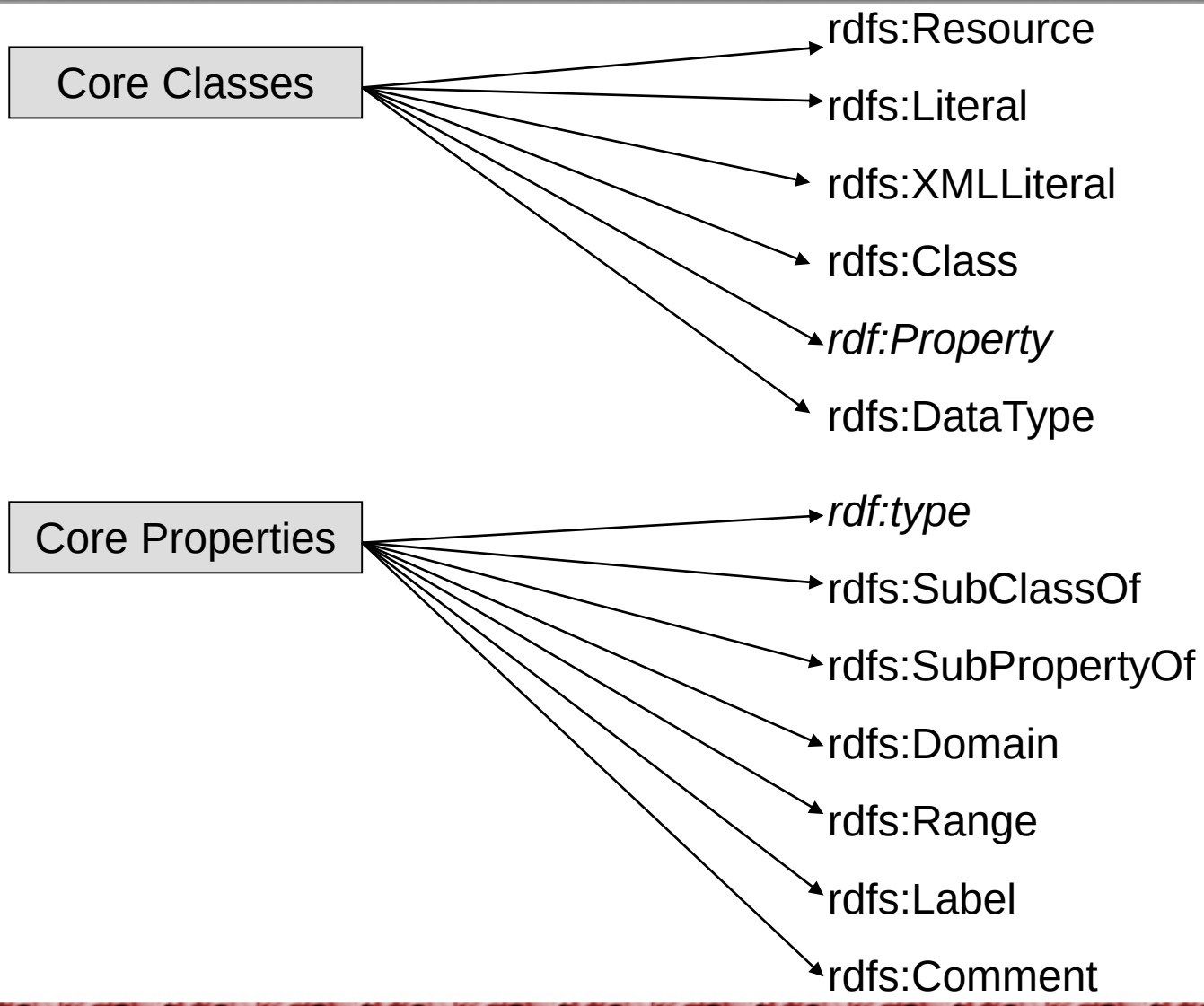
Gerarchia dei tipi di nodo in un grafo RDF



RDFS: RDF Schema

- RDF manca di:
  - Possibilità di specificare differenti livelli di astrazione
  - Organizzazione delle risorse in categorie esplicite
  - Restrizioni sulle proprietà
- RDFS estende RDF con un vocabolario per definire schemi, e.g.:
  - Class, Property
  - type, subClassOf, subPropertyOf
  - range, domain
- Con tale estensione, RDF(S) può essere considerato a tutti gli effetti un linguaggio per la rappresentazione della conoscenza

RDFS : Vocabolario principale



RDFS : Vocabolario principale

- ***rdfs:Resource*** – Tutte le cose descritte da espressioni RDF sono risorse e sono considerate *istanze* della classe *rdfs:Resource*

- ***rdfs:Class*** – rappresenta il generico concetto di tipo o categoria. Può quindi essere definito per rappresentare qualsiasi cosa, e.g. pagine Web, persone, tipi di documento…

- ***rdf:type*** – Questo elemento esiste già nel vocabolario RDF, ma in RDFS lega delle risorse alle categorie (Classi) cui appartengono. È analogo al costrutto instance-of dell'*OO design*

RDFS : Vocabolario principale

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI ROMA TorVergata Università

- ***rdf:Property*** – anche questo proviene dal vocabolario RDF, e rappresenta il sottoinsieme di tutte le risorse RDF che sono proprietà

- ***rdfs:subClassOf*** – questa proprietà definisce una relazione di super/sottoinsieme tra classi. Questa proprietà è transitiva

- ***rdfs:SubPropertyOf*** – Questa proprietà è usata per indicare che una proprietà è una specializzazione di un'altra proprietà

RDFS : Vocabolario principale

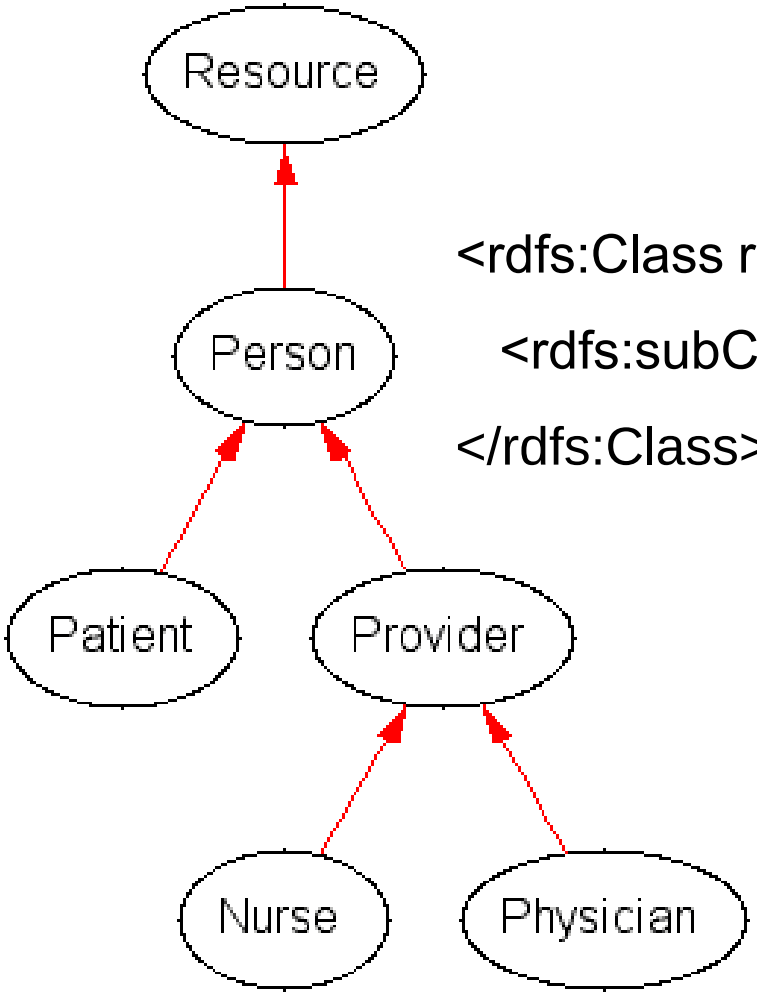
UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI ROMA TorVergata Università

- ***rdfs:Range*** – definisce da a quale classe appartengono i valori che una determninata proprietà può assumere

- ***rdfs:Domain*** – specifica che ogni risorsa che possiede una certa proprietà è istanza di una o più classi

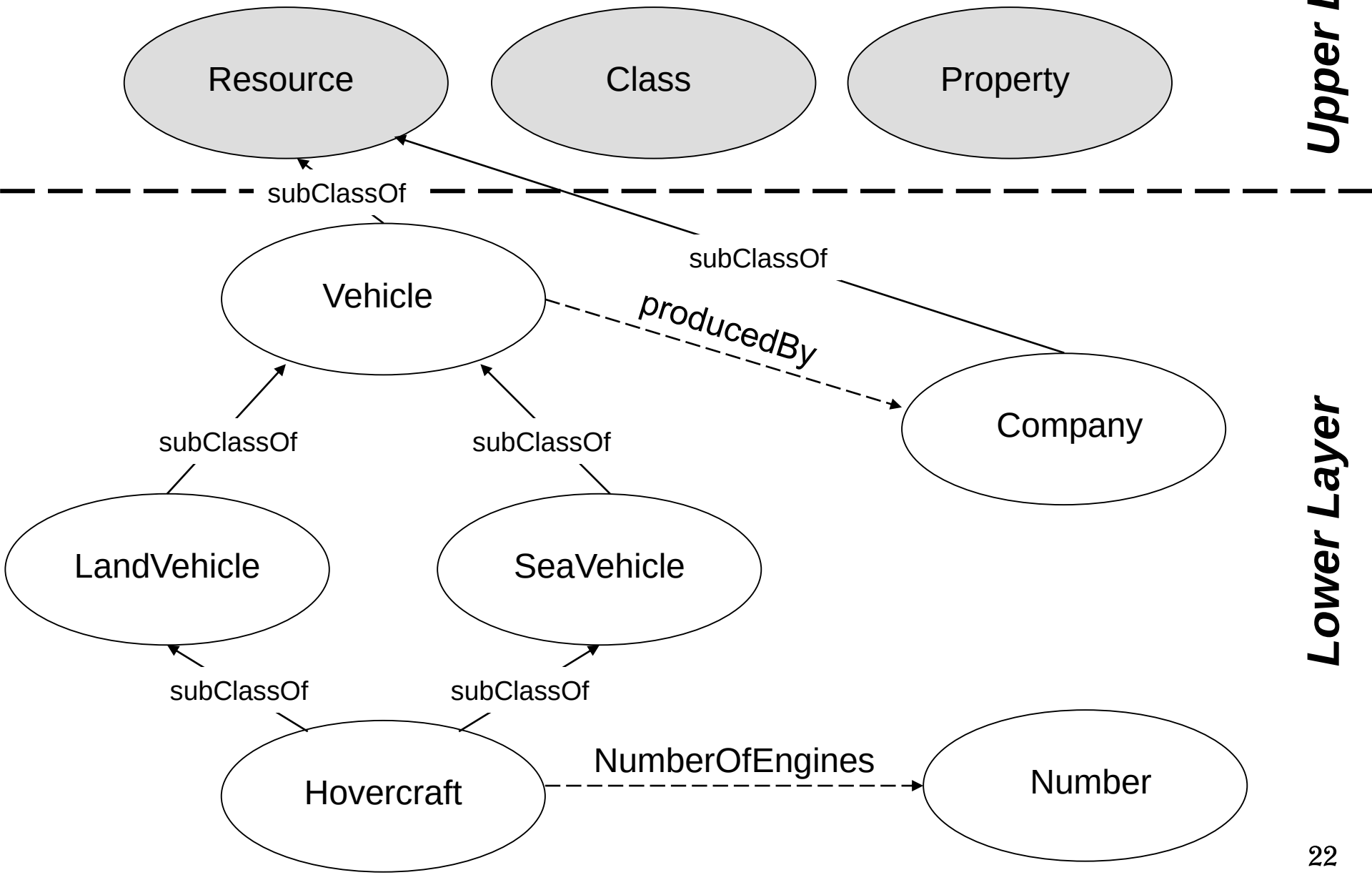
- ***Annotation properties*** – non giocano alcun ruole nella semantica del linguaggio ma forniscono un utile mezzo per commentare un repository di dati
  - *rdfs:comment*: la proprietà di comment più generale. In genere fornisce una descrizione in linguaggio naturale della risorsa che la contiene
  - *rdfs:label*: fornisce nomi alternativi per indicare una risorsa. Con l'attributo xml:lang è possibile specificare il linguaggio in cui tale commento è inserito
  - *rdfs:seeAlso*: contiene un puntatore ad un'altra risorsa che contiene ulteriori informazioni circa il soggetto di tale proprietà
  - *rdfs:isDefinedBy*: è una sottoproprietà di *rdfs:seeAlso* e indica la risorsa che definisce la risorsa soggetto,

Esempio di Schema RDF




```
<rdfs:Class rdf:ID="Provider">
   <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Person"/>
</rdfs:Class>
```

RDF-Schema : Esempio di Schema



RDF-Schema : Esempio di Schema

```
<rdf:rdf
        xmlns:rdf = "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
        xmlns:rdfs = "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"

<rdf:description id="Vehicle">
  <rdf:type resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Resource"/>
</rdf:description>

<rdf:description id="LandVehicle">
  <rdf:type resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Vehicle"/>
</rdf:description>

<rdf:description id="SeaVehicle">
  <rdf:type resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Vehicle"/>
</rdf:description>

<rdf:description id="Hovercraft">
  <rdf:type resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#LandVehicle"/>
 <rdfs:subClassOf rdf:resource="#SeaVehicle"/>
</rdf:description>
```

RDF-Schema : Esempio di Schema

…Continua dalla pagine precedente…

```
<rdf:description id="Company">
  <rdf:type resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Resource"/>
</rdf:description>

<rdf:description id="producedBy">
  <rdf:type resource=""http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="#Vehicle"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#Company"/>
  <rdfs:label xml:lang="en">Vehicle Producer</rdfs:label>
</rdf:description>

<rdf:description id="NumberOfEngines">
  <rdf:type resource=""http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="#Hovercraft"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-nx#Number"/>
  <rdfs:comment xml:lang="en">This property states how many engines the
                              hovercraft has</rdfs:comment>
</rdf:description>

</rdf:rdf>
```


Andrea Turbati
turbati@info.uniroma2.it art.uniroma2.it/turbati

Limiti di RDFS

- RDFS troppo debole per descrivere risorse con sufficiente dettaglio
  - Nessun vincolo di range e/o domain contestualizzato
    - Non si può limitare il range di `hasChild` a `person` quando è applicato a persone e a `elephant` quando applicato a elefanti
  - Nessun vincolo di esistenza/cardinalità
    - Non si può dire che tutte le *istanze* di `person` hanno una madre che è anche una `person`, o che le persone hanno esattamente 2 genitori
  - Nessuna proprietà transitiva, inversa or simmetrica
    - Non si può affermare che `isPartOf` è una proprietà transitiva, che `hasPart` è l'inversa di `isPartOf` o che `touches` è simmetrica
  - …

From RDF to OWL

- Two languages developed by extending (part of) RDF
  - OIL: developed by group of (largely) European researchers (several from EU OntoKnowledge project)
  - DAML-ONT: developed by group of (largely) US researchers (in DARPA DAML programme)
- Efforts merged to produce DAML+OIL
  - Development was carried out by “Joint EU/US Committee on Agent Markup Languages”
  - Extends (“DL subset” of) RDF
- DAML+OIL submitted to W3C as basis for standardisation
  - Web-Ontology (WebOnt) Working Group formed
  - WebOnt group developed OWL language based on DAML+OIL
  - OWL language now a W3C Proposed Recommendation

RDFS/OWL: Semantica

- La semantica di RDFS/OWL, contrariamente a precedenti approcci nella rappresentazione della conoscenza, come i frame, basati su controllo di vincoli (*constraint checking*), è di tipo **inferenziale**.
- Data quindi una *teoria del mondo*, invece di verificare esclusivamente che gli oggetti della nostra base di conoscenza (*instance data*) soddisfino i vincoli imposti da tale teoria, sarà possibile aggiungere (*inferire*) nuova informazione (in modo rigorosamente **monotono**, cioè senza contraddire asserzioni precedenti) alla teoria e/o alla descrizione degli oggetti per far sì che questi siano ancora un modello per la *teoria*
- Caratteristiche della semantica RDFS/OWL:
  - **Open World Assumption** (OWA)
  - **No Unique Name Assumption**

CWA e NF

- La CWA (**Closed World Assumption**), tipica delle basi di dati tradizionali e la NF (**negation-as-failure**) che caratterizza linguaggi di programmazione logica come il prolog, sono intimamente legate
- Data la formula atomica ground A, la CWA ci dice che:
  - Se una base di conoscenza KB non ha come conseguenza logica *A*, allora *A* è falsa
- Data la formula atomica ground A, la NF ci dice che:
  - Se non è possibile dimostrare A in una base di conoscenza KB, allora *A* è falsa in quella KB

Non Monotonicità di CWA e NF

- CWA e NF sono naturalmente connesse ad una visione non-monotonica del mondo
- Es: abbiamo un DB con il solo fatto: donna(MarilynMonroe) ed eseguo delle query in prolog
  - Query: ?- donna(MarilynMonroe).
    - Answer:yes
  - Query: ?- uomo(MarilynManson)
    - Answer:no (usando la CWA/NF).
  - Aggiorniamo quindi il DB con uomo(MarlynManson).
  - Query: ?- uomo(MarlynManson)
    - Answer:yes

OWL Reasoning

- L'interpretazione di OWL, contrariamente a precedenti approcci nella rappresentazione della conoscenza, come i frame, basati su controllo di vincoli (*constraint checking*), è di tipo **inferenziale**.
- Qualche esempio:

```
eg:Document rdf:type owl:Class;
            rdfs:subClassOf [ a  owl:Restriction;
                              owl:onProperty dc:author;
                              owl:minCardinality 1^^xsd:integer].

eg:myDoc rdf:type eg:Document .
```

La descrizione di myDoc non è incompleta anche se la mincard per author è 1, perchè l'autore potrebbe essere definito "somewhere else in the world" (Open World Assumption)

Andrea Turbati
turbati@info.uniroma2.it art.uniroma2.it/turbati

OWL Reasoning

- L'interpretazione di OWL, contrariamente a precedenti approcci nella rappresentazione della conoscenza, come i frame, basati su controllo di vincoli (*constraint checking*), è di tipo **inferenziale**.
- Qualche esempio:

```
eg:Document rdf:type owl:Class;
        rdfs:subClassOf [ a  owl:Restriction;
                          owl:onProperty eg:copyrightHolder;
                          owl:maxCardinality 1^^xsd:integer].
eg:myDoc rdf:type eg:Document ; eg:copyrightHolder eg:institute1 ;
eg:copyrightHolder eg:institute2 .
```

I due valori su for eg:copyrightHoder destano problemi? No, potrebbero esistere due nomi per indicare la stessa cosa, quindi si suppone che institute1 e institute2 denotino la stessa cosa

OWL Reasoning

- L'interpretazione di OWL, contrariamente a precedenti approcci nella rappresentazione della conoscenza, come i frame, basati su controllo di vincoli (*constraint checking*), è di tipo **inferenziale**.
- Qualche esempio:

```
eg:Document rdf:type owl:Class;
        owl:equivalentClass [a owl:Restriction;
                owl:onProperty eg:author ;
                owl:allValuesFrom eg:Person ].

eg:myDoc rdf:type eg:Document ;
eg:author eg:Daffy. eg:Daffy rdf:type eg:Duck.

eg:myDoc2 eg:author eg:Dave . eg:Dave rdf:type eg:Person.
```

Duffy è inferita essere ANCHE una Person (a causa dell'asserzione di equivalentClass sulla restriction allValuesFrom Person)

myDoc2 è un Document? Non possiamo saperlo, perché nel mondo potrebbero esserci altri autori di questi libro che non di tipo Person