

# ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΓΝΩΣΗΣ ΣΤΟΝ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΙΣΤΟ

Γλώσσα Οντολογιών Ιστού:  
OWL

Ι. Χατζηλυγερούδης

# Γλώσσες Οντολογιών Ιστού

- RDF και RDFS έχουν περιορισμένη εκφραστικότητα
  - Η RDF περιορίζεται σε δυαδικά κατηγορήματα
  - Η RDFS περιορίζεται σε μια ιεραρχία κλάσεων και ιδιοτήτων
- Η ομάδα εργασίας οντολογιών ιστού της W3C διαπίστωσε ανεπάρκεια στην εκφραστικότητα των RDF και RDFS → Ανάγκη για γλώσσες οντολογιών ιστού
- Πρωτοβουλία Ευρώπης και Αμερικής → DAML+OIL
- DAML+OIL → OWL (υποψήφια για πρότυπο W3C)

# Ανεπάρκεια RDFS

- Τοπική εμβέλεια ιδιοτήτων
  - Το `rdf:range` ορίζει το σύνολο τιμών μιας ιδιότητας (π.χ. `eats`) για όλες τις κλάσεις-δεν υπάρχει δυνατότητα διαφοροποίησης (π.χ. οι αγελάδες τρώνε μόνο φυτά, ενώ άλλα μπορεί να τρώνε και κρέας)
- Μη επικάλυψη κλάσεων
  - Δεν είναι δυνατή η δήλωση κλάσεων ξένων μεταξύ τους (π.χ. ότι οι κλάσεις `male` και `female` είναι ξένες μεταξύ τους). Μπορούμε να δηλώσουμε μόνο σχέσεις υποκλάσεων.
- Λογικοί συνδυασμοί κλάσεων
  - Δεν είναι δυνατή δημιουργία νέων κλάσεων από συνδυασμό υπαρχουσών δεν είναι δυνατή (π.χ. η δήλωση ότι η κλάση `person` είναι η μη συμβιβαστή ένωση των κλάσεων `male` και `female`).

# Ανεπάρκεια RDFS

- Περιορισμοί πληθικότητας
  - Δεν είναι δυνατή η επιβολή περιορισμών στο πλήθος των διακριτών τιμών μιας ιδιότητας (π.χ. η δήλωση ότι ένα άτομο έχει ακριβώς δύο γονείς ή ότι ένα μάθημα διδάσκεται από τουλάχιστον ένα διδάσκοντα).
- Ειδικά χαρακτηριστικά ιδιοτήτων
  - Δεν μπορούμε να δηλώσουμε ειδικά χαρακτηριστικά για τις ιδιότητες, π.χ. ότι μια ιδιότητα είναι μεταβατική, μοναδική ή αντίστροφη μιας άλλης-greaterthan, motherof, eats/iseatenby.

# Γλώσσες Οντολογιών Ιστού

- Επιτρέπουν τη συγγραφή ρητών, αυστηρών εννοιολογικοποιήσεων (conceptualizations) για μοντέλα πεδίων
- Απαιτήσεις
  - Καλά ορισμένη σύνταξη
  - Αποδοτική υποστήριξη συλλογισμών
  - Αυστηρή σημασιολογία
  - Εκφραστική επάρκεια
  - Ευκολία έκφρασης

# Γλώσσες Οντολογιών Ιστού- Συλλογισμοί

- Συμμετοχή σε κλάσεις
  - Αν  $x$  στιγμιότυπο της  $C$  και η  $C$  υποκλάση της  $D$ , τότε  $x$  στιγμιότυπο της  $D$
- Ισοδυναμία κλάσεων
  - Αν η κλάση  $A$  είναι ισοδύναμη με την  $B$  και η  $B$  με την  $C$ , τότε η  $A$  είναι ισοδύναμη με την  $C$
- Συνέπεια
  - Αν  $x$  στιγμιότυπο της  $A$ ,  $A$  υποκλάση της  $B \cap C$ ,  $A$  υποκλάση της  $D$  και  $B$  και  $D$  ξένες μεταξύ τους, τότε έχουμε ασυνέπεια (που πρέπει να ανιχνεύεται)
- Ταξινόμηση
  - Αν συγκεκριμένα ζεύγη ιδιότητας-τιμής αποτελούν ικανή συνθήκη για συμμετοχή σε μια κλάση  $A$ , τότε αν ένα μεμονωμένο στοιχείο  $x$  τις ικανοποιεί είναι στιγμιότυπο της  $A$

# Γλώσσες Οντολογιών- Συλλογισμοί

- Η υποστήριξη συλλογισμών επιτρέπει
  - Τον έλεγχο συνέπειας της οντολογίας
  - Τον έλεγχο ανεπιθύμητων σχέσεων ανάμεσα σε κλάσεις
  - Την αυτόματη ταξινόμηση στιγμιοτύπων σε κλάσεις
- Η αυστηρή σημασιολογία και η υποστήριξη συλλογισμών εξασφαλίζεται συνήθως με την αντιστοίχιση σε γνωστούς αυστηρούς φορμαλισμούς (π.χ. ΚΛ) και χρήση αντίστοιχων μεθόδων/εργαλείων αυτόματου συλλογισμού (automated reasoning).
- Στην περίπτωση της OWL ο αντίστοιχος αυστηρός φορμαλισμός είναι μια περιγραφική λογική (description logic-DL) και ο αντίστοιχος μηχανισμός συλλογισμού ένας εκ των π.χ. FaCT, RACER κλπ.
- Οι περιγραφικές λογικές είναι υποσύνολα της πλήρους ΚΛ πρώτης τάξεως (ΚΛΠΤ) που εξασφαλίζουν αποδοτική υποστήριξη συλλογισμών.

# OWL-Σύνταξη

- Χρησιμοποιεί τη σύνταξη της RDF που στηρίζεται στην XML (RDF/XML)
- Υπάρχουν και άλλες συντακτικές μορφές για την OWL:
  - Βασισμένη στην XML, ανεξάρτητη της RDF/XML
  - Μια αφηρημένη σύνταξη πιο συμπαγής και ευανάγνωστη από τις αντίστοιχες XML και RDF/XML
  - Μια γραφική σύνταξη που στηρίζεται στην UML
- Ένα έγγραφο OWL είναι ένα έγγραφο RDF και αποκαλείται συνήθως *οντολογία OWL*.



# OWL-Κεφαλίδα

## ■ Στοιχείο-ρίζα

```
<rdf:RDF
```

```
  xmlns:owl = "http://www.w3.org/2002/07/owl#"
```

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

```
  xmlns:rdfs = "http://www.w3.org/2001/01/rdf-schema#"
```

```
  xmlns:xsd = "http://www.w3.org/2001/02/XMLSchema#">
```

## ■ Ισχυρισμοί (assertions)

```
<owl:Ontology rdf:about = "">
```

```
<rdfs:comment>παράδειγμα οντολογίας OWL</rdfs:comment>
```

```
<owl:priorVersion rdf:resource=http://www.mydomain.org/  
  uni-ns-old"/>
```

```
<owl:imports rdf:resource=http://www.mydomain.org/persons"/>
```

```
<rdfs:label>University Ontology</rdfs:label>
```

```
</owl:Ontology>
```

Το owl:imports έχει συνέπειες στο λογικό νόημα της οντολογίας: εισάγει άλλες οντολογίες.

Το owl:imports έχει μεταβατική ιδιότητα.

# OWL-Κλάσεις

- Ορίζονται με τη χρήση του στοιχείου owl:Class.

```
<owl:Class rdf:ID="associateProfessor">  
  <rdf:subClassOf rdf:resource="#academicStaffMember"/>  
</owl:Class>
```

Υπερκλάση όλων  
owl:Thing

```
<owl:Class rdf:about="#associateProfessor">  
  <owl:disjointWith rdf:resource="#professor"/>  
  <owl:disjointWith rdf:resource="#assistantProfessor"/>  
</owl:Class>
```

Υποκλάση όλων-κενή κλάση  
owl:Nothing

```
<owl:Class rdf:ID="faculty">  
  <owl:equivalentClass rdf:resource="#academicStaffMember"/>  
</owl:Class>
```

# OWL-ιδιότητες

- Ιδιότητες αντικειμένου
  - Συσχετίζουν αντικείμενα μεταξύ τους (π.χ. isTaughtBy, supervises)
- Ιδιότητες τύπου δεδομένων
  - Συσχετίζουν αντικείμενα με τιμές ενός τύπου δεδομένων (π.χ. phone, title, age).
  - Η OWL δεν έχει προκαθορισμένους τύπους δεδομένων
  - Επιτρέπει τη χρήση τύπων δεδομένων της XML

# OWL-ιδιότητες

## ■ Παραδείγματα

Ιδιότητα αντικειμένου

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="isTaughtBy" >  
  <rdf:domain rdf:resource="#course"/>  
  <rdf:range rdf:resource="#academicStaffMember"/>  
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#involves"/>  
</owl:ObjectProperty>
```

Μπορούν να δηλωθούν περισσότερα του ενός πεδία ορισμού και τιμών, οπότε παίρνουμε την τομή τους.

Ιδιότητα τύπου δεδομένων

```
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="age" >  
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema  
    #nonNegativeInteger"/>  
</owl:DatatypeProperty>
```

Οι τύποι δεδομένων χρήστη συλλέγονται σ' ένα σχήμα XML και κατόπιν χρησιμοποιούνται σε μια οντολογία OWL.

# OWL-ιδιότητες

Συσχέτιση αντίστροφων ιδιοτήτων

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="teaches" >  
  <rdf:domain rdf:resource="#course"/>  
  <rdf:range rdf:resource="#academicStaffMember"/>  
  <owl:inverseOf rdf:resource="#isTaughtBy"/>  
</owl:ObjectProperty>
```

Ισοδυναμία ιδιοτήτων

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="lecturesIn" >  
  <owl:equivalentProperty rdf:resource="#teaches"/>  
</owl:ObjectProperty>
```

# OWL-ιδιότητες

## ■ Περιορισμοί ιδιοτήτων

```
<owl:Class rdf:about="#firstYearCourse">
```

```
  <rdfs:subClassOf>
```

```
    <owl:Restriction>
```

```
      <owl:onProperty rdf:resource="#isTaughtBy"/>
```

```
      <owl:allValuesFrom rdf:resource="#Professor"/>
```

```
    </owl:Restriction>
```

```
  </rdfs:subClassOf>
```

```
</owl:Class>
```

ανώνυμη  
υπερκλάση

(Τα μαθήματα του πρώτου έτους διδάσκονται μόνο από καθηγητές)

# OWL-ιδιότητες

```
<owl:Class rdf:about="#mathCourse">  
  <rdfs:subClassOf>  
    <owl:Restriction>  
      <owl:onProperty rdf:resource="#isTaughtBy"/>  
      <owl:hasValue rdf:resource="#949318"/>  
    </owl:Restriction>  
  </rdfs:subClassOf>  
</owl:Class>
```

(Όλα τα μαθήματα μαθηματικών διδάσκονται από τον διδάσκοντα με κωδικό 949318-π.χ. John Hatzis)

# OWL-ιδιότητες

```
<owl:Class rdf:about="#academicStaffMember">  
  <rdfs:subClassOf>  
    <owl:Restriction>  
      <owl:onProperty rdf:resource="#teaches"/>  
      <owl:someValuesFrom rdf:resource="#undergradCourse"/>  
    </owl:Restriction>  
  </rdfs:subClassOf>  
</owl:Class>
```

(Όλα τα μέλη του ακαδημαϊκού προσωπικού πρέπει να διδάσκουν τουλάχιστον ένα προπτυχιακό μάθημα)

owl:allValuesFrom → καθολική ποσοτικοποίηση (universal quantification)

owl:someValuesFrom → υπαρξιακή ποσοτικοποίηση (existential quantification)



# OWL-ιδιότητες

```
<owl:Class rdf:about="#department">  
  <rdfs:subClassOf>  
    <owl:Restriction>  
      <owl:onProperty rdf:resource="#hasMember"/>  
      <owl:minCardinality rdf:datatype="&xsd;nonNegativeInteger"/>  
        10  
      </owl:minCardinality>  
    </owl:Restriction>  
  </rdfs:subClassOf>  
  <rdfs:subClassOf>  
    <owl:Restriction>  
      <owl:onProperty rdf:resource="#hasMember"/>  
      <owl:maxCardinality rdf:datatype="&xsd;nonNegativeInteger"/>  
        30  
      </owl:maxCardinality>  
    </owl:Restriction>  
  </rdfs:subClassOf>  
</owl:Class>
```

# OWL-ιδιότητες

- Το owl:Restriction ορίζει μια ανώνυμη κλάση, που δεν έχει ID και έχει τοπική εμβέλεια.
- Υπάρχουν εν γένει δύο είδη κλάσεων, οι κανονικές που ορίζονται μέσω του owl:Class και έχουν ID και οι τοπικές *ανώνυμες* κλάσεις (ως συλλογές αντικειμένων που ικανοποιούν περιορισμούς ή συνδυασμοί κλάσεων), όπως παραπάνω, που ονομάζονται και *εκφράσεις/παραστάσεις κλάσεων* (class expressions).
- Ένα στοιχείο owl:Restriction περιέχει ένα στοιχείο owl:onProperty και μια ή περισσότερες δηλώσεις περιορισμών (owl:allValuesFrom, owl:someValuesFrom, owl:hasValue, owl:minCardinality, owl:maxCardinality)

# OWL-ιδιότητες

## ■ Ειδικές ιδιότητες

- owl:TransitiveProperty (ορίζει μια μεταβατική ιδιότητα: "is taller than", "is ancestor of")
- owl:SymmetricProperty (ορίζει μια συμμετρική ιδιότητα: "has same grade as", "is sibling of")
- owl:FunctionalProperty (ορίζει μια ιδιότητα με το πολύ μια τιμή για κάθε αντικείμενο: "age", "height")
- owl:InverseFunctionalProperty (ορίζει μια ιδιότητα για την οποία δύο διαφορετικά αντικείμενα δεν μπορούν να έχουν την ίδια τιμή: "isTheSocialSecurityNumber")

# OWL-ιδιότητες

## Παράδειγμα

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hasSameGradeAs" >  
  <rdf:type rdf:resource="&owl;TransitiveProperty"/>  
  <rdf:type rdf:resource="&owl;SymmetricProperty"/>  
  <rdfs:domain rdf:resource="#student"/>  
  <rdfs:range rdf:resource="#student"/>  
</owl:ObjectProperty>
```

# OWL-λογικοί συνδυασμοί

Λογικοί συνδυασμοί κλάσεων (ένωση, τομή, συμπλήρωμα)

```
<owl:Class rdf:about="#course">  
  <rdfs:subClassOf>  
    <owl:Class>  
      <owl:complementOf rdf:resource="#staffMember"/>  
    </owl:Class>  
  </rdfs:subClassOf>  
</owl:Class>
```

(Κάθε μάθημα είναι στιγμιότυπο του συμπληρώματος των μελών προσωπικού, δηλ. κανένα μάθημα δεν είναι μέλος του προσωπικού)

(Θα μπορούσε εναλλακτικά να χρησιμοποιηθεί το στοιχείο owl:disjointWith)

# OWL-λογικοί συνδυασμοί

```
<owl:Class rdf:ID="peopleAtUni" >  
  <owl:unionOf rdf:parseType = "Collection" >  
    <owl:Class rdf:about = "#staffMember"/>  
    <owl:Class rdf:about = "#student"/>  
  </owl:unionOf >  
</owl:Class >
```

(Η νέα κλάση είναι ίση με την ένωση-ισοδυναμία κλάσεων.  
Επίσης δεν δηλώνεται ότι οι δύο κλάσεις πρέπει να είναι ξένες  
μεταξύ τους).

# OWL-λογικοί συνδυασμοί

```
<owl:Class rdf:ID="facultyInCS">  
  <owl:intersectionOf rdf:parseType = "Collection">  
    <owl:Class rdf:about = "#faculty"/>  
    <owl:Restriction>  
      <owl:onProperty rdf:about = "#belongsTo"/>  
      <owl:hasValue rdf:about = "#CSDepartment"/>  
    </owl:Restriction>  
  </owl:intersectionOf>  
</owl:Class>
```

ανώνυμη  
κλάση

(Δημιουργείται η τομή δύο κλάσεων εκ των οποίων η μία είναι ανώνυμη-αντικείμενα που ανήκουν στο Τμήμα Υπολογιστών)

# OWL-απαριθμήσεις

```
<owl:Class rdf:ID="weekdays">  
  <owl:oneOf rdf:parseType = "Collection">  
    <owl:Thing rdf:about = "#Monday"/>  
    <owl:Thing rdf:about = "#Tuesday"/>  
    <owl:Thing rdf:about = "#Wednesday"/>  
    <owl:Thing rdf:about = "#Thursday"/>  
    <owl:Thing rdf:about = "#Friday"/>  
    <owl:Thing rdf:about = "#Saturday"/>  
    <owl:Thing rdf:about = "#Sunday"/>  
  <owl:oneOf>  
</owl:Class>
```



# OWL-στιγμιότυπα

Όπως και στην RDF

```
<rdf:Description rdf:ID="949352">  
  <rdf:type rdf:resource = "#academicStaffMember"/>  
</rdf:Description>
```

ή ισοδύναμα

```
<academicStaffMember rdf:ID = "949352"/>
```

ή με περισσότερες λεπτομέρειες

```
<academicStaffMember rdf:ID = "949352"/>  
  <uni:age rdf:datatype = "&xsd;integer">39</uni:age>  
</academicStaffMember>
```

# OWL-στιγμιότυπα

- Η owl δεν υιοθετεί την υπόθεση μοναδικών ονομάτων  
Π.χ.

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="isTaughtBy" >  
  <owl:equivalentProperty rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>  
</owl:ObjectProperty>
```

(Κάθε μάθημα διδάσκεται από το πολύ ένα μέλος προσωπικού)

```
<course rdf:ID="CS4553" >  
  <isTaughtBy rdf:resource="#949318"/>  
  <isTaughtBy rdf:resource="#949352"/>  
</course>
```

(Το μάθημα CS4553 διδάσκεται από τους 949318 και 949352)

Η owl δεν δημιουργεί σφάλμα συλλογιστικής. Τα 949318 και 949352 θεωρούνται ως μη διαφορετικά.

# OWL-στιγμιότυπα

- Για να εξασφαλίσουμε τη διαφορετικότητα πρέπει να το δηλώσουμε:

```
<lecturer rdf:ID="949318">  
  <owl:differentFrom rdf:resource="#949352"/>  
</lecturer>
```

Ή ομαδικά

```
<owl:AllDifferent>  
  <owl:distinctMembers rdf:parseType="Collection"/>  
    <lecturer rdf:about = "#949318"/>  
    <lecturer rdf:about = "#949352"/>  
    <lecturer rdf:about = "#949311"/>  
  </owl:distinctMembers>  
</owl:AllDifferent>
```

# Υπογλώσσες OWL

## ■ OWL Full

- Χρησιμοποιεί όλα τα θεμελιώδη στοιχεία («κατασκευαστές») της OWL και επιτρέπει το συνδυασμό τους καθ' οιονδήποτε αυθαίρετο τρόπο, μέσω των RDF και RDFS.
- Δυνατότητα αλλαγής νοήματος των θεμελιωδών στοιχείων των RDF και OWL.
- Πλήρως συμβατή με RDF.
  - Κάθε έγκυρο έγγραφο RDF είναι και έγκυρο έγγραφο OWL Full.
  - Κάθε έγκυρο συμπέρασμα σε RDF είναι και έγκυρο συμπέρασμα σε OWL full.
- Προβλήματα αποδοτικότητας συλλογισμών.

# Υπογλώσσες OWL

## ■ OWL DL

### – Περιορισμοί οντολογίας OWL DL

- **Διαμέριση λεξιλογίου (vocabulary partitioning)**. Κάθε πόρος είναι μόνο: κλάση, τύπος δεδομένων, ιδιότητα τύπου δεδομένων, ιδιότητα αντικειμένου, μεμονωμένο στοιχείο, τιμή δεδομένων, τμήμα ενσωματωμένου λεξιλογίου. Π.χ. μια κλάση δεν μπορεί ταυτόχρονα να είναι και μεμονωμένο στοιχείο ή μια ιδιότητα δεν μπορεί να είναι ταυτόχρονα ιδιότητα τύπου και ιδιότητα αντικειμένου.
- **Ρητή τυποποίηση (explicit typing)**. Η διαμέριση πρέπει να δηλώνεται ρητά. Π.χ. αν και  

```
<owl:Class rdf:ID="C1"> <rdf:subClassOf rdf:about="#C2"/> </owl:Class>
```

εν τούτοις πρέπει να δηλωθεί ρητά  

```
<owl:Class rdf:ID="C2"/>
```
- **Διαχωρισμός ιδιοτήτων**. Τα παρακάτω δεν μπορούν να οριστούν ως ιδιότητες τύπου δεδομένων: `owl:inverseOf`, `owl:FunctionalProperty`, `owl:InverseFunctionalProperty`, `owl:SymmetricProperty`

# Υπογλώσσες OWL

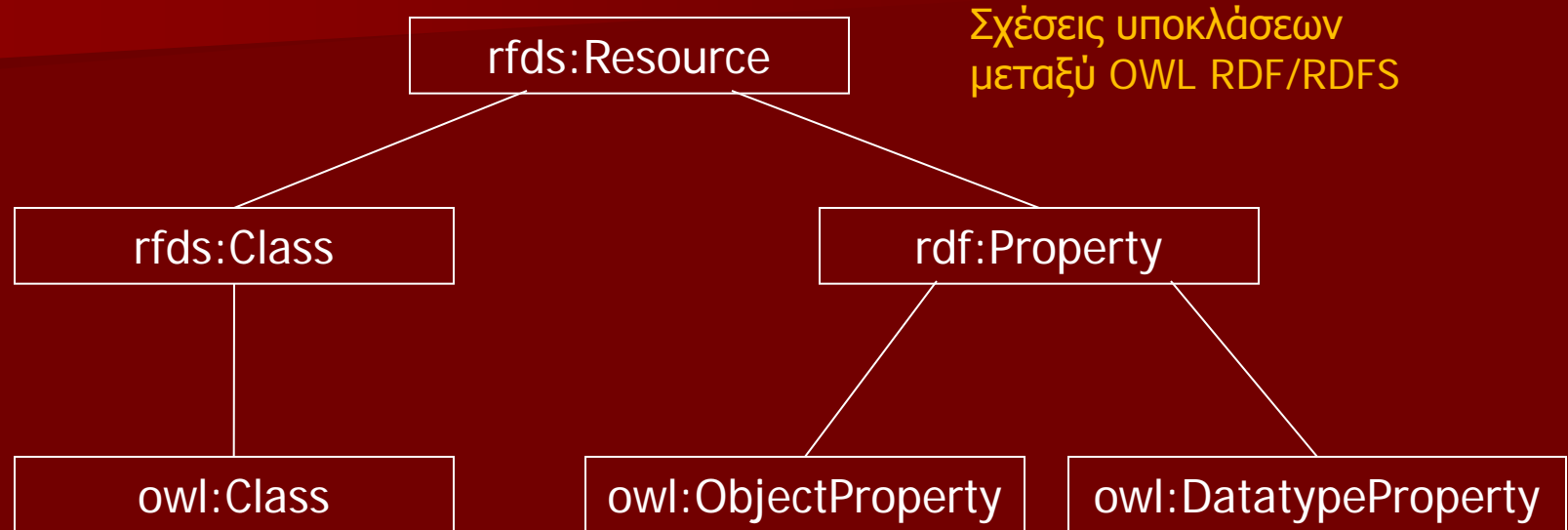
- Περιορισμοί οντολογίας OWL DL (συν.)
  - Απουσία μεταβατικών περιορισμών πληθικότητας. Περιορισμοί πληθικότητας δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε μεταβατικές ιδιότητες (ή τις υπεριδιότητές τους που είναι και αυτές μεταβατικές)
  - Περιορισμένες ανώνυμες κλάσεις. Οι ανώνυμες κλάσεις επιτρέπεται να εμφανίζονται μόνο ως πεδίο ορισμού και σύνολο τιμών είτε του στοιχείου `owl:equivalentClass` ή του `owl:disjointWith`, καθώς και ως σύνολο τιμών (αλλά όχι ως πεδίο ορισμού) της ιδιότητας `rdfs:subClassOf`.
- Χάνεται η πλήρης συμβατότητα με την RDF.
  - Ένα έγγραφο RDF θα πρέπει να επεκταθεί με ορισμένους τρόπους και να περιοριστεί με άλλους για να θεωρηθεί έγγραφο OWL DL.
  - Κάθε έγκυρο έγγραφο OWL DL είναι έγκυρο έγγραφο RDF.

# Υπογλώσσες OWL

## ■ OWL Lite

- Περιορισμοί οντολογίας OWL Lite (επί πλέον αυτών της OWL DL)
  - Τα στοιχεία («κατασκευαστές») `owl:one of`, `owl:disjointWith`, `owl:unionOf`, `owl:complementOf` και `owl:hasValue` δεν επιτρέπονται.
  - Οι προτάσεις πληθικότητας (ελάχιστο, μέγιστο και ακριβές πλήθος) μπορούν να διατυπώνονται μόνο για τις τιμές 0 ή 1 και όχι για αυθαίρετους μη αρνητικούς ακεραίους.
  - Οι προτάσεις `owl:equivalentClass` δεν μπορούν πλέον να διατυπώνονται μεταξύ ανώνυμων κλάσεων, αλλά μόνο ανάμεσα σε αναγνωριστικά κλάσεων.
  - Κάθε έγκυρη οντολογία OWL Lite είναι έγκυρη οντολογία OWL DL.
  - Κάθε έγκυρο συμπέρασμα σε OWL Lite είναι έγκυρο συμπέρασμα σε OWL DL.

# Υπογλώσσες OWL



- Η OWL χρησιμοποιεί σε μεγάλο βαθμό τις RDF και RDF Schema:
  - Όλες οι παραλλαγές της OWL χρησιμοποιούν RDF για τη σύνταξή τους.
  - Τα στιγμιότυπα δηλώνονται όπως και στην RDF, με τη χρήση περιγραφών RDF και πληροφοριών τυποποίησης.
  - Οι «κατασκευαστές» της OWL, όπως οι `owl:Class`, `owl:DatatypeProperty` και `owl:ObjectProperty`, είναι εξειδικεύσεις των αντίστοιχων κατασκευαστών RDF (βλ. παραπάνω διάγραμμα).