

OWL

Μανόλης Γεργατσούλης

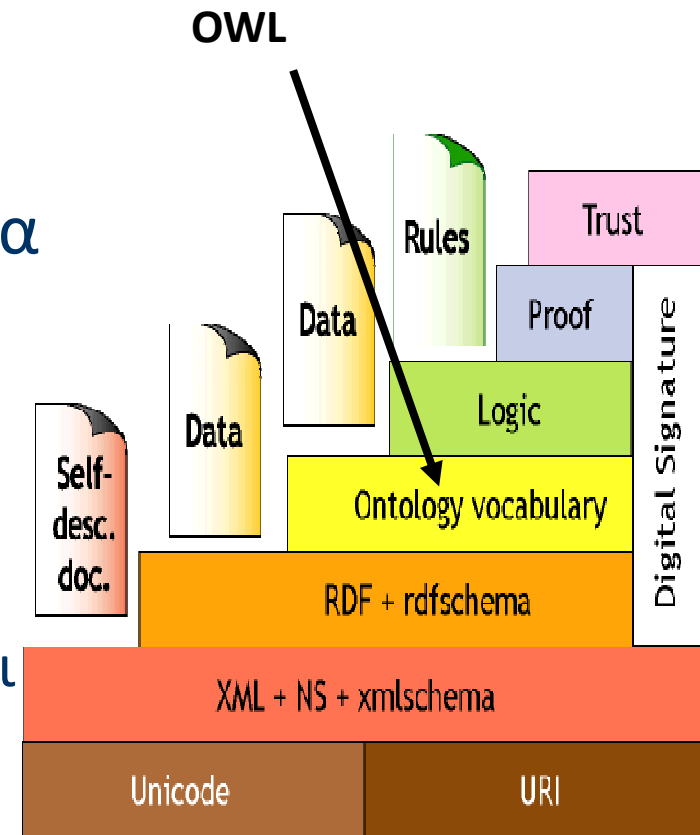
Χρήστος Παπαθεοδώρου

Ομάδα Βάσεων Δεδομένων και Πληροφοριακών
Συστημάτων, Τμήμα Αρχιονομίας – Βιβλιοθηκονομίας

Ιόνιο Πανεπιστήμιο

W3C's Web Ontology Language (OWL)

- Η DAML+OIL εξελίχθηκε στην OWL.
- OWL δόθηκε ως W3C recommendation στις 2/10/04
- Στην OWL ορίζονται τρία επίπεδα με μειούμενο βαθμό πολυπλοκότητας και εκφραστικότητας
 - Η **OWL Full** αποτελεί την πλήρη γλώσσα
 - **OWL DL** (Description Logic) εισάγει περιορισμούς
 - **OWL Lite** αποτελεί ένα αρχικό επίπεδο της γλώσσας που στοχεύει στο να είναι εύκολα κατανοητό και υλοποιήσιμο



Η OWL και τα πρότυπα της W3C

- Η **OWL** έχει σχεδιαστεί για να ικανοποιεί της απαιτήσεις μιας γλώσσας οντολογιών στον Παγκόσμιο Ιστό. Αποτελεί μέρος των προτύπων που έχουν προταθεί από την W3C όσον αφορά τον Σημασιολογικό Παγκόσμιο Ιστό.
- Η **XML** αποτελεί ένα πρότυπο για τη σύνταξη δομημένων τεκμηρίων αλλά δεν παρέχει σημασιολογικούς περιορισμούς που αφορούν τη σημασία του τεκμηρίου.
- Η **XML Schema** είναι μια γλώσσα που περιγράφει περιορισμούς που αφορούν τη δομή των XML τεκμηρίων.
- Η **RDF** είναι ένα μοντέλο δεδομένων για αντικείμενα ("πόρους") και σχέσεις ανάμεσα τους. Παρέχει απλή σημασιολογία για αυτό το μοντέλο δεδομένων, το οποίο μπορεί να παρασταθεί με τη βοήθεια της σύνταξης της XML.
- Η **RDF Schema** είναι ένα λεξιλόγιο για την περιγραφή ιδιοτήτων και κλάσεων των πόρων της RDF, και παρέχει σημασιολογία για ιεραρχίες γενίκευσης των ιδιοτήτων και των κλάσεων.
- Η **OWL** προσθέτει επιπλέον λεξιλόγιο για την περιγραφή ιδιοτήτων και κλάσεων: μεταξύ άλλων σχέσεων ανάμεσα σε κλάσεις (e.g. disjointness), cardinality (e.g. "exactly one"), ισότητα, πλουσιότερους τύπους ιδιοτήτων, χαρακτηριστικά ιδιοτήτων (e.g. symmetry), και απαριθμήσιμες κλάσεις.

Υπογλώσσες της **OWL**

- Η OWL παρέχει τρεις υπο-γλώσσες σχεδιασμένες για να χρησιμοποιούνται από εξειδικευμένες κοινότητες χρηστών. Οι υπογλώσσες αυτές (κατά σειρά αυξανόμενης εκφραστικότητας και πολυπλοκότητας) είναι:
 - **OWL Lite** προσφέρει ταξινομικές ιεραρχίες και απλούς περιορισμούς.
 - Απλούστερα τα εργαλεία για υποστήριξη της OWL Lite από ότι των εκφραστικότερων υπογλωσσών.
 - **OWL DL** υποστηρίζει τη μέγιστη δυνατή εκφραστικότητα σε συνδυασμό με την υπολογιστική πληρότητα (completeness) και αποφασισιμότητα (decidability) (υπολογισμό όλων των δυνατών λύσεων σε πεπερασμένο χρόνο). Περιλαμβάνει όλα τα δομικά στοιχεία της OWL, αλλά επιβάλλει συγκεκριμένους περιορισμούς στη χρήση τους. (π.χ. Μια κλάση μπορεί να είναι υποκλάση άλλων κλάσεων, όμως δεν μπορεί να είναι στιγμιότυπο άλλης κλάσης).
 - Η ονομασία της οφείλεται στην αντιστοιχία με τις description logics.
 - **OWL Full** παρέχει τη μέγιστη εκφραστικότητα και τη συντακτική ελευθερία της RDF χωρίς όμως τις εγγυήσεις όσον αφορά τους υπολογισμούς.
 - Κάθε υπογλώσσα επεκτείνει την προηγούμενη της από εκφραστική και από υπολογιστική άποψη. Τα παρακάτω ισχύουν, όχι όμως και τα αντίστροφα:
 - Κάθε έγκυρη OWL Lite οντολογία είναι και έγκυρη OWL DL οντολογία.
 - Κάθε έγκυρη OWL DL οντολογία είναι και έγκυρη OWL οντολογία.
 - Κάθε έγκυρο OWL Lite συμπέρασμα είναι έγκυρο OWL DL συμπέρασμα.
 - Κάθε έγκυρο OWL DL συμπέρασμα είναι έγκυρο OWL Full συμπέρασμα.

Υπογλώσσες της **OWL** (συνέχεια)

- Οι κατασκευαστές οντολογιών που χρησιμοποιούν OWL θα πρέπει να εξετάσουν ποια υπογλώσσα ικανοποιεί καλύτερα τις ανάγκες τους.
- Η επιλογή ανάμεσα στην OWL Lite και την OWL DL εξαρτάται από τις απαιτήσεις σε πιο εκφραστικά δομικά στοιχεία όπως αυτά που παρέχουν η OWL DL και η OWL Full.
- Η επιλογή ανάμεσα στην OWL DL και την OWL Full εξαρτάται κυρίως από τις απαιτήσεις σε meta-modeling δυνατότητες όπως αυτές που παρέχει το RDF Schema (π.χ. Ορισμός κλάσεις από άλλες κλάσεις, ή η επισύναψη ιδιοτήτων σε κλάσεις).
- Η χρήση της OWL Full αντί της OWL DL, μειονεκτεί στις δυνατότητες συλλογισμού αφού δεν παρέχονται ακόμη πλήρεις υλοποιήσεις της OWL Full.
- Η OWL Full μπορεί να θεωρηθεί ως επέκταση της RDF, ενώ η OWL Lite και η OWL DL μπορούν να θεωρηθούν ως επεκτάσεις περιορισμένων τμημάτων της RDF.
- Κάθε OWL (Lite, DL, Full) τεκμήριο είναι ένα RDF τεκμήριο, και κάθε RDF τεκμήριο είναι ένα OWL Full τεκμήριο, όμως μόνο μερικά RDF τεκμήρια είναι έγκυρα OWL Lite ή OWL DL τεκμήρια.

Λίστα δομικών στοιχείων της **OWL Lite**

- RDF Schema Features:
 - Class
 - rdf:Property
 - rdfs:subClassOf
 - rdfs:subPropertyOf
 - rdfs:domain
 - rdfs:range
 - Individual
- (In)Equality:
 - equivalentClass
 - equivalentProperty
 - sameAs
 - differentFrom
 - allDifferent
- Property Characteristics:
 - inverseOf
 - TransitiveProperty
 - SymmetricProperty
 - FunctionalProperty
 - InverseFunctionalProperty
- Property Type Restrictions:
 - allValuesFrom
 - someValuesFrom
 - Restricted Cardinality:
 - minCardinality (only 0 or 1)
 - maxCardinality (only 0 or 1)
 - cardinality (only 0 or 1)
- Annotation Properties:
 - rdfs:label
 - rdfs:comment
 - rdfs:seeAlso
 - rdfs:isDefinedBy
- Class Intersection:
 - intersectionOf

Λίστα δομικών στοιχείων της **OWL Lite** (συνέχεια)

- Datatypes
 - DatatypeProperty
- Class Intersection:
 - intersectionOf
- Annotation Properties:
 - rdfs:label
 - rdfs:comment
 - rdfs:seeAlso
 - rdfs:isDefinedBy
- Header Information:
 - ontology
 - imports
- Versioning:
 - versionInfo
 - priorVersion
 - backwardCompatibleWith
 - incompatibleWith
 - DeprecatedClass
 - DeprecatedProperty

Λίστα δομικών στοιχείων της **OWL DL** και της **OWL Full**

Η λίστα των δομικών στοιχείων των γλωσσών OWL DL και OWL Full τα οποία προστίθεται σε αυτά της OWL Lite δίνονται παρακάτω:

- Class Axioms:
 - oneOf, dataRange
 - disjointWith
 - equivalentClass
(applied to class expressions)
 - rdfs:subClassOf
(applied to class expressions)
- Boolean Combinations of Class Expressions:
 - unionOf
 - intersectionOf
 - complementOf
- Arbitrary Cardinality:
 - minCardinality
 - maxCardinality
 - cardinality
- Filler Information:
 - hasValue

Χαρακτηριστικά της **OWL Lite** που σχετίζονται με την **RDF**

- **Class:** Μια κλάση ορίζει ένα σύνολο ατόμων που την απαρτίζουν από κοινού επειδή μοιράζονται κάποιες ιδιότητες.
 - Οι κλάσεις μπορούν να οργανώνονται σε ιεραρχίες εξειδίκευσης με τη βοήθεια της **subClassOf**. Υπάρχει μια ενσωματωμένη πιο γενική κλάση που ονομάζεται **Thing** και είναι υπερκλάση όλων των κλάσεων της OWL, καθώς και μια ενσωματωμένη πιο ειδική κλάση που ονομάζεται **Nothing**, δε διαθέτει στιγμιότυπα και είναι υποκλάση όλων των κλάσεων της OWL.
 - Παράδειγμα: ο **John** και η **Mary** ανήκουν και οι δύο στην κλάση **Person**.
- **rdfs:subClassOf:** Δηλώνοντας ότι μια κλάση είναι υποκλάση μιας άλλης μπορούμε να δημιουργήσουμε ιεραρχίες κλάσεων.
 - Παράδειγμα: η κλάση **Person** μπορεί να δηλωθεί ότι αποτελεί υποκλάση της κλάσης **Mammal**. Από αυτό ένα σύστημα συλλογισμού μπορεί να συμπεράνει ότι αν κάποιος είναι **Person**, τότε είναι και **Mammal**.
- **rdfs:Property:** Χρησιμοποιείται για να δηλώσει σχέσεις ανάμεσα σε άτομα (στιγμιότυπα κλάσεων) η ανάμεσα σε άτομα και τιμές.
 - Παραδείγματα ιδιοτήτων: **hasChild**, **hasRelative**, **hasSibling**: συσχετίζουν στιγμιότυπα της κλάσης **Person**, (and are thus **ObjectProperties**),
 - **hasAge**: συσχετίζει ένα στιγμιότυπο της κλάσης **Person** με ένα στιγμιότυπο του τύπου δεδομένων **Integer** (and is thus a **Datatype property**).
- **rdfs:subPropertyOf:** Δηλώνοντας ότι μια ιδιότητα είναι υποιδιότητα μιας άλλης μπορούμε να δημιουργήσουμε ιεραρχίες ιδιοτήτων.
 - Παράδειγμα: η **hasSibling** μπορεί να δηλωθεί σαν **subproperty** της **hasRelative**. Από αυτό ένα σύστημα συλλογισμού μπορεί να εξαγάγει το συμπέρασμα ότι αν ένα άτομο σχετίζεται με κάποιο άλλο με την ιδιότητα **hasSibling**, τότε σχετίζεται και με την ιδιότητα **hasRelative**.

Χαρακτηριστικά της **OWL Lite** που σχετίζονται με την **RDF** (συνέχεια)

- **rdfs:domain**: Το **πεδίο ορισμού** (domain) μιας ιδιότητας περιορίζει τα στιγμιότυπα στα οποία μπορεί να εφαρμοστεί η ιδιότητα.
 - Παράδειγμα: Η ιδιότητα **hasChild** μπορεί να έχει σαν πεδίο ορισμού το **Mammal**. Από αυτό ένα σύστημα συλλογισμού μπορεί να εξαγάγει το συμπέρασμα ότι αν ισχύει το **Frank hasChild Anna**, τότε ο **Frank** πρέπει να είναι **Mammal**.
 - Η **rdfs:domain** ονομάζεται **καθολικός περιορισμός (global restriction)** επειδή επιβάλλεται στην ιδιότητα και όχι μόνο στην περίπτωση που η ιδιότητα σχετίζεται με συγκεκριμένες κλάσεις.
- **rdfs:range**: Το **πεδίο τιμών** (range) μιας ιδιότητας περιορίζει τις τιμές που μπορεί να πάρει μια ιδιότητα. Αν μια ιδιότητα συσχετίζει ένα άτομο με ένα άλλο άτομο και η ιδιότητα έχει σαν πεδίο τιμών μια κλάση, τότε το δεύτερο άτομο πρέπει να ανήκει στην κλάση αυτή.
 - Παράδειγμα: σαν πεδίο τιμών της ιδιότητας **hasChild** μπορεί να δηλωθεί η κλάση **Mammal**. Από αυτό ένα σύστημα συλλογισμού μπορεί να εξαγάγει το συμπέρασμα ότι αν η **Louise** σχετίζεται με την **Deborah** με την ιδιότητα **hasChild**, δηλ., η **Deborah** είναι παιδί της **Louise**, τότε η **Deborah** είναι **Mammal**.
 - Η **rdfs:range** είναι επίσης καθολικός περιορισμός.
- **Individual**: τα άτομα (individuals) είναι στιγμιότυπα των κλάσεων, και οι ιδιότητες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να συσχετιστεί ένα άτομο με ένα άλλο.
 - Παράδειγμα: ένα άτομο με την ονομασία **Deborah** μπορεί να περιγραφεί σαν ένα στιγμιότυπο της κλάσης **Person** ενώ η ιδιότητα **hasEmployer** μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συσχετιστεί το άτομο **Deborah** με το άτομο **StanfordUniversity**.

Ισότητα και ανισότητα στην **OWL Lite**

- **equivalentClass**: Δυο κλάσεις μπορούν να δηλωθούν σαν **ισοδύναμες** (equivalent) και επομένως να έχουν τα ίδια στιγμιότυπα. Η δυνατότητα αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργηθούν **συνώνυμες κλάσεις**.
 - Παράδειγμα: Η **Car** μπορεί να δηλωθεί σαν **equivalentClass** της **Automobile**. Από αυτό ένα σύστημα συλλογισμού μπορεί να εξαγάγει το συμπέρασμα ότι αν κάτι είναι στιγμιότυπο της **Car** τότε είναι επίσης και στιγμιότυπο της **Automobile** και αντίστροφα.
- **equivalentProperty**: Δυο ιδιότητες μπορούν να δηλωθούν σαν **ισοδύναμες**. Οι ισοδύναμες ιδιότητες συσχετίζουν ένα άτομο με το ίδιο σύνολο ατόμων. Η δυνατότητα αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργηθούν **συνώνυμες ιδιότητες**.
 - Παράδειγμα: **hasLeader** μπορεί να δηλωθεί σαν **equivalentProperty** με την **hasHead**. Από αυτό ένα σύστημα συλλογισμού μπορεί να εξαγάγει το συμπέρασμα ότι αν το X σχετίζεται με το Y μέσω της ιδιότητας **hasLeader**, το X επίσης σχετίζεται με το Y μέσω της ιδιότητας **hasHead** και αντίστροφα. Επίσης μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η **hasLeader** είναι υπο-ιδιότητα (subProperty) της **hasHead** και η **hasHead** είναι υπο-ιδιότητα της **hasLeader**.
- **sameAs**: Δύο άτομα μπορούν να δηλωθούν ότι είναι ταυτόσημα. Αυτό δίνει τη δυνατότητα να δημιουργηθεί ένα σύνολο από διαφορετικά ονόματα τα αναφέρονται στο ίδιο άτομο.
 - Παράδειγμα: Το άτομο **Deborah** μπορεί να δηλωθεί ότι είναι το ίδιο με το **DeborahMcGuinness**.

Ισότητα και ανισότητα στην **OWL Lite** (συνέχεια)

- **differentFrom**: Ένα άτομο μπορεί να δηλωθεί ότι είναι διαφορετικό από άλλα άτομα.
 - Παράδειγμα: Ο **Frank** μπορεί να δηλωθεί ότι είναι διαφορετικό άτομο από τα άτομα **Deborah** και **Jim**. Επομένως, αν τα άτομα **Frank** και **Deborah** είναι και τα δύο τιμές μιας ιδιότητας η οποία έχει δηλωθεί σαν συναρτησιακή (επομένως η ιδιότητα αυτή οφείλει να έχει το πολύ μια τιμή), τότε υπάρχει αντίφαση. Η άμεση δήλωση ότι κάποια άτομα είναι διαφορετικά μπορεί να είναι χρήσιμη σε γλώσσες όπως η OWL (και η RDF) οι οποίες δεν στηρίζονται στην υπόθεση ότι να άτομα έχουν ένα μοναδικό όνομα. Για παράδειγμα, χωρίς επιπλέον πληροφορία, ένα σύστημα συλλογισμού δεν μπορεί να εξαγάγει το συμπέρασμα ότι το **Frank** και το **Deborah** αναφέρονται σε διαφορετικά άτομα.
- **allDifferent**: Ένας αριθμός ατόμων μπορεί να δηλωθεί (με μια μόνο **allDifferent** δήλωση) ότι είναι διαφορετικά μεταξύ τους. Η **allDifferent** είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν υπάρχουν σύνολα διακριτών αντικειμένων και όταν ενδιαφερόμαστε να επιβάλουμε την παραδοχή των μοναδικών ονομάτων σε αυτά τα σύνολα αντικειμένων.

Χαρακτηριστικά ιδιοτήτων της **OWL Lite**

- **inverseOf**: Μια ιδιότητα μπορεί να δηλωθεί ως η **ανάστροφη** μιας άλλης. Αν η P1 δηλωθεί σαν η ανάστροφη της P2, τότε αν το X σχετίζεται με το Y μέσω της P2, τότε το Y σχετίζεται με το X μέσω της P1.
 - Παράδειγμα: αν η **hasChild** είναι ανάστροφη της **hasParent** τότε από το **Deborah hasParent Louise**, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι **Louise hasChild Deborah**.
- **TransitiveProperty**: Μια ιδιότητα μπορεί να δηλωθεί ως **μεταβατική** (transitive). Τότε αν το ζεύγος (x,y) είναι στιγμιότυπο της μεταβατικής ιδιότητας P, και το ζεύγος (y,z) είναι επίσης στιγμιότυπο της P, τότε και το (x,z) είναι επίσης στιγμιότυπο της P.
 - Παράδειγμα: Αν η **ancestor** θεωρηθεί μεταβατική, και αν η **Sara** είναι **ancestor** της **Louise** (δηλ., το (Sara,Louise) είναι στιγμιότυπο της **ancestor**) και η **Louise** είναι **ancestor** της **Deborah** (δηλ., το (Louise,Deborah) είναι στιγμιότυπο της **ancestor**), τότε το σύστημα συλλογισμού συμπεραίνει ότι η **Sara** είναι **ancestor** της **Deborah** (δηλ., το (Sara,Deborah) είναι στιγμιότυπο της **ancestor**).
- **SymmetricProperty**: Μια ιδιότητα μπορεί να δηλωθεί ως **συμμετρική** (symmetric). Τότε αν το ζεύγος (x,y) είναι στιγμιότυπο της συμμετρικής ιδιότητας P, και το (y,x) είναι επίσης στιγμιότυπο της P.
- **FunctionalProperty**: Μια ιδιότητα μπορεί να δηλωθεί ότι έχει **μοναδική τιμή**. Στην περίπτωση αυτή για κάθε άτομο έχει το πολύ μια τιμή.
- **InverseFunctionalProperty**: Αν μια ιδιότητα δηλωθεί σαν inverse functional τότε η ανάστροφη της είναι functional.
 - Παράδειγμα: η ιδιότητα **hasUSSocialSecurityNumber** (μοναδικός αριθμός για κάθε κάτοικο των ΗΠΑ) μπορεί να δηλωθεί σαν inverse functional. Η ανάστροφη ιδιότητα (που μπορεί να ονομαστεί **isTheSocialSecurityNumberFor**) έχει το πολύ μια τιμή για κάθε μέλος της κλάσης που περιλαμβάνει τους αριθμούς ασφαλιστικού μητρώου.

Περιορισμοί τύπου ιδιοτήτων της OWL Lite

- **allValuesFrom**: Ο περιορισμός αυτός αναφέρεται σε μια ιδιότητα ως προς συγκεκριμένη κλάση και δηλώνει ότι η ιδιότητα αναφορικά με τη συγκεκριμένη κλάση έχει ένα τοπικό περιορισμό του πεδίου τιμών της. Έτσι αν ένα στιγμιότυπο της κλάσης σχετίζεται μέσω της ιδιότητας με ένα άλλο στιγμιότυπο, τότε μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το δεύτερο στιγμιότυπο ανήκει στη κλάση που υποδηλώνεται από την **allValuesFrom**.
 - Παράδειγμα: η κλάση **Person** μπορεί να έχει την ιδιότητα **hasDaughter** με τον περιορισμό **allValuesFrom** την κλάση **Woman**. Επομένως αν το άτομο **Louise** της κλάσης **Person** σχετίζεται μέσω της ιδιότητας **hasDaughter** με το άτομο **Deborah**, τότε μπορεί να εξαχθεί σαν συμπέρασμα ότι η **Deborah** είναι στιγμιότυπο της κλάσης **Woman**. Αυτός ο περιορισμός επιτρέπει στην ιδιότητα **hasDaughter** να χρησιμοποιηθεί με άλλες κλάσεις, όπως η κλάση **Cat**, και να συνδεθεί με αυτήν ένας κατάλληλος περιορισμός τιμών όταν η ιδιότητα χρησιμοποιείται με τη συγκεκριμένη κλάση. Έτσι μια ιδιότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διαφορετικές κλάσεις και με διαφορετικούς κάθε φορά περιορισμούς τύπου.
- **someValuesFrom**: Ο περιορισμός αυτός δηλώνει ότι μια ιδιότητα αναφορικά με μια συγκεκριμένη κλάση έχει ένα τοπικό περιορισμό κατά τον οποίο τουλάχιστον μια από τις τιμές της είναι συγκεκριμένου τύπου.
 - Παράδειγμα: Η κλάση **SemanticWebPaper** μπορεί να έχει έναν περιορισμό **someValuesFrom** πάνω στην ιδιότητα **hasKeyword** ο οποίος δηλώνει ότι κάποια τιμή της ιδιότητας **hasKeyword** πρέπει να είναι στιγμιότυπο της κλάσης **SemanticWebTopic**. Αυτό επιτρέπει να έχουμε πολλαπλές λέξεις κλειδιά και εφόσον ένα τουλάχιστον από αυτά είναι στιγμιότυπο της **SemanticWebTopic**, τότε το paper είναι συνεπές με τον περιορισμό **someValuesFrom**.

OWL Lite Restricted Cardinality

- **minCardinality**: Αν δηλωθεί σαν **minCardinality** μιας ιδιότητας ως προς μια κλάση η 1, τότε κάθε στιγμιότυπο της κλάσης θα σχετίζεται με μια τουλάχιστο τιμή δια μέσου της ιδιότητας. Αυτό είναι ένας άλλος τρόπος να πούμε ότι η ιδιότητα έχει μια τιμή για όλα τα στιγμιότυπα της κλάσης.
 - Στην OWL Lite επιτρεπτές τιμές της **minCardinality** είναι μόνο οι 0 ή 1.
 - Παράδειγμα: η κλάση **Person** δεν μπορεί να έχει περιορισμό ελάχιστης cardinality ως προς την ιδιότητα **hasOffspring** αφού δεν έχουν όλοι οι άνθρωποι απογόνους (offsprings). Αντίθετα, η κλάση **Parent** μπορεί να έχει ελάχιστη cardinality 1 ως προς την **hasOffspring**. Αν το σύστημα συλλογισμού γνωρίζει ότι η **Louise** ανήκει στην **Person**, δεν μπορεί να συμπεράνει τίποτα σχετικά με την ελάχιστη cardinality της ιδιότητας **hasOffspring**. Αν όμως ανακαλύψει ότι η **Louise** είναι (και) στιγμιότυπο της **Parent**, τότε μπορεί να συμπεράνει ότι η **Louise** σχετίζεται με ένα τουλάχιστο άτομο μέσω της **hasOffspring**.
- **maxCardinality**: Αν δηλωθεί **maxCardinality** με τιμή 1 για μια ιδιότητα ως προς μια κλάση, τότε κάθε στιγμιότυπο της κλάσης θα συσχετίζεται με το πολύ ένα άτομο δια μέσου αυτής της ιδιότητας.
 - Παράδειγμα: η ιδιότητα **hasRegisteredVotingState** της κλάσης **UnitedStatesCitizens** μπορεί να έχει μέγιστη cardinality 1 (οι πολίτες επιτρέπεται να ψηφίζουν μόνο σε μια πολιτεία).
- **cardinality**: Με την Cardinality μπορούμε να δηλώσουμε ότι μια ιδιότητα έχει ταυτόχρονα και τις δύο **minCardinality** και **maxCardinality** 1 ή και τις δύο 0.
 - Παράδειγμα: η κλάση **Person** έχει ακριβώς μια τιμή για την ιδιότητα **hasBirthMother**.

Η σύνταξη της OWL

- Μια OWL οντολογία είναι ένας RDF γράφος. Όπως κάθε RDF γράφος, ο γράφος μιας OWL οντολογίας μπορεί να πάρει πολλές διαφορετικές συντακτικές μορφές. Μια από αυτές τις μορφές είναι η χρήση της RDF/XML για την αναπαράσταση των τριάδων του γράφου.
- Σαν παράδειγμα εναλλακτικής συντακτικής αναπαράστασης που αντιστοιχεί στις ίδιες τριάδες RDF, μπορούμε να θεωρήσουμε την ακόλουθη RDF/XML σύνταξη:

```
<owl:Class rdf:ID="Continent"/>
```

Η σύνταξη που ακολουθεί (επίσης σε RDF/XML μορφή):

```
<rdf:Description rdf:about="#Continent">
```

```
<rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Class"/>
```

```
</rdf:Description>
```

κωδικοποιεί τις ίδιες τριάδες RDF, και επομένως έχει την ίδια σημασία.

Περιγραφή κλάσεων στην **OWL**

- Έξι τρόποι περιγραφής κλάσεων στην OWL:
 - Δίνοντας ένα συγκεκριμένο URI.
 - Το URI παίζει το ρόλο ονόματος της κλάσης.
 - Με εξαντλητική απαρίθμηση των στιγμιοτύπων που την απαρτίζουν.
 - Μέσω περιορισμού ιδιότητας.
 - Σαν τομή δύο ή περισσότερων περιγραφών κλάσεων.
 - Σαν ένωση δύο ή περισσότερων περιγραφών κλάσεων.
 - Σαν συμπλήρωμα μιας περιγραφής κλάσεων.

Περιγραφή κλάσης με **απαρίθμηση** των στοιχείων της: Παράδειγμα

```
<owl:Class>  
  <owl:oneOf rdf:parseType="Collection">  
    <owl:Thing rdf:about="#Eurasia"/>  
    <owl:Thing rdf:about="#Africa"/>  
    <owl:Thing rdf:about="#NorthAmerica"/>  
    <owl:Thing rdf:about="#SouthAmerica"/>  
    <owl:Thing rdf:about="#Australia"/>  
    <owl:Thing rdf:about="#Antarctica"/>  
  </owl:oneOf>  
</owl:Class>
```

Κλάση με
στοιχεία:
{Eurasia,
Africa,
NorthAmerica,
SouthAmerica,
Australia,
Antarctica}

Περιγραφή κλάσης με τη βοήθεια **περιορισμού**:

Παράδειγμα

- Περιορισμοί τιμών:

- *Παράδειγμα 1:*

```
<owl:Restriction>  
  <owl:onProperty rdf:resource="#hasParent" />  
  <owl:allValuesFrom rdf:resource="#Human" />  
</owl:Restriction>
```

Περιγράφει μια ανώνυμη OWL κλάση που περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία για τα οποία η ιδιότητα `hasParent` παίρνει τιμές από την κλάση `Human`.

- *Παράδειγμα 2:*

```
<owl:Restriction>  
  <owl:onProperty rdf:resource="#hasParent" />  
  <owl:hasValue rdf:resource="#Zeus" />  
</owl:Restriction>
```

Περιγράφει την κλάση που περιλαμβάνει τα στοιχεία που έχουν τον `Zeus` για γονιό.

Περιγραφή κλάσης σαν **τομή** περιγραφών κλάσεων: Παράδειγμα

```
<owl:Class>
  <owl:intersectionOf rdf:parseType="Collection">
    <owl:Class>
      <owl:oneOf rdf:parseType="Collection">
        <owl:Thing rdf:about="#Tosca" />
        <owl:Thing rdf:about="#Salome" />
      </owl:oneOf>
    </owl:Class>
    <owl:Class>
      <owl:oneOf rdf:parseType="Collection">
        <owl:Thing rdf:about="#Turandot" />
        <owl:Thing rdf:about="#Tosca" />
      </owl:oneOf>
    </owl:Class>
  </owl:intersectionOf>
</owl:Class>
```

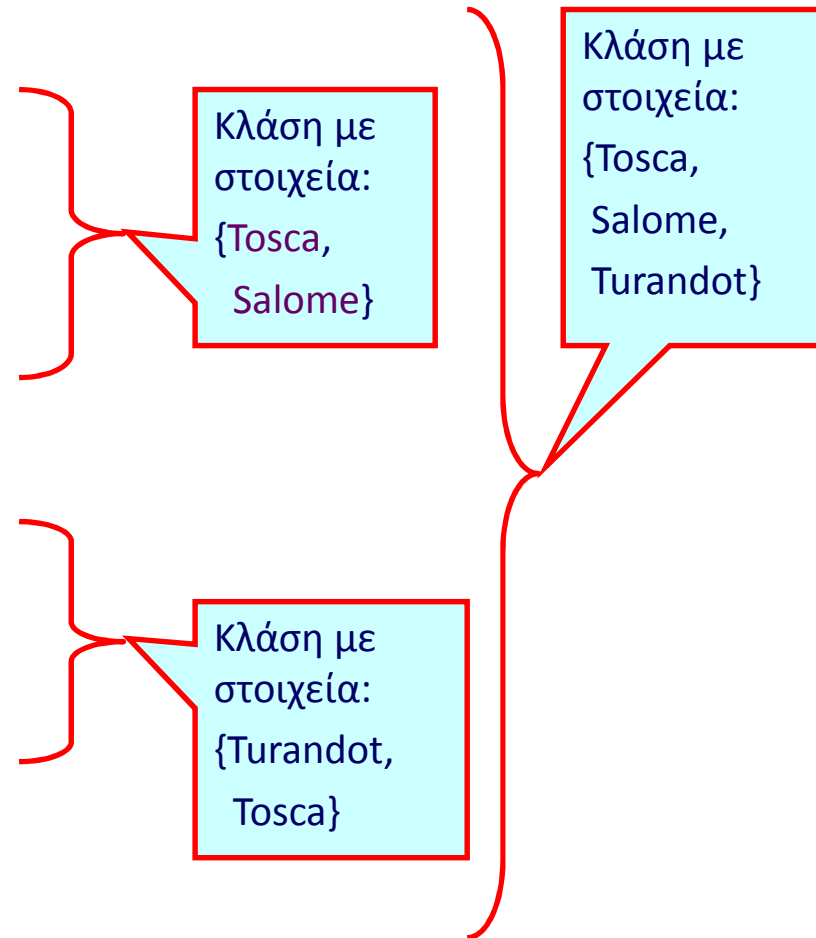
Κλάση με
στοιχεία:
{Tosca,
Salome}

Κλάση με
στοιχεία:
{Turandot,
Tosca}

Κλάση με
στοιχεία:
{Tosca}

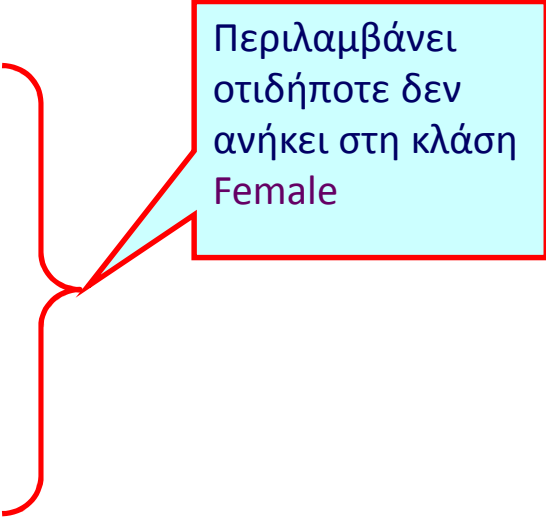
Περιγραφή κλάσης σαν ένωση περιγραφών κλάσεων: Παράδειγμα

```
<owl:Class>
  <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
    <owl:Class>
      <owl:oneOf rdf:parseType="Collection">
        <owl:Thing rdf:about="#Tosca" />
        <owl:Thing rdf:about="#Salome" />
      </owl:oneOf>
    </owl:Class>
    <owl:Class>
      <owl:oneOf rdf:parseType="Collection">
        <owl:Thing rdf:about="#Turandot" />
        <owl:Thing rdf:about="#Tosca" />
      </owl:oneOf>
    </owl:Class>
  </owl:unionOf>
</owl:Class>
```



Περιγραφή κλάσης ως συμπλήρωμα: Παράδειγμα

```
<owl:Class>  
  <owl:complementOf>  
    <owl:Class rdf:about="#Female"/>  
  </owl:complementOf>  
</owl:Class>
```



Περιλαμβάνει
οτιδήποτε δεν
ανήκει στη κλάση
Female

Αξιώματα κλάσεων

- Οι περιγραφές των κλάσεων αποτελούν τα δομικά στοιχεία για τον ορισμό κλάσεων μέσω αξιωμάτων κλάσεων.
 - Παράδειγμα: Το παρακάτω αξίωμα δηλώνει ότι η αναφορά URI **#Human** αποτελεί το όνομα μιας κλάσης της OWL:
`<owl:Class rdf:ID="Human"/>`
- Τα αξιώματα κλάσεων συνήθως περιλαμβάνουν επιπλέον συστατικά τα οποία προσδιορίζουν αναγκαία και/ή ικανά χαρακτηριστικά των κλάσεων.
- Δομικά στοιχεία της OWL για το συνδυασμό των περιγραφών κλάσεων και τη δημιουργία αξιωμάτων κλάσεων είναι τα `rdfs:subClassOf`, `owl:equivalentClass` και `owl:disjointWith`

Αξιώματα κλάσεων (συνέχεια)

- Παράδειγμα 1:

```
<owl:Class rdf:ID="Opera">  
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#MusicalWork" />  
</owl:Class>
```

- Στην OWL Lite το υποκείμενο μιας δήλωσης `rdfs:subClassOf` πρέπει να είναι όνομα κλάσης ενώ το αντικείμενο μπορεί να είναι είτε όνομα κλάσης είτε περιορισμός ιδιότητας.

- Παράδειγμα 2:

```
<owl:Class rdf:about="MusicDrama">  
  <owl:equivalentClass>  
    <owl:Class>  
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">  
        <owl:Class rdf:about="#Opera"/>  
        <owl:Class rdf:about="#Operetta"/>  
        <owl:Class rdf:about="#Musical"/>  
      </owl:unionOf>  
    </owl:Class>  
  </owl:equivalentClass>  
</owl:Class>
```


Σύνοψη

Constructor	DL Syntax	Example	Modal Syntax
intersectionOf	$C_1 \sqcap \dots \sqcap C_n$	Human \sqcap Male	$C_1 \wedge \dots \wedge C_n$
unionOf	$C_1 \sqcup \dots \sqcup C_n$	Doctor \sqcup Lawyer	$C_1 \vee \dots \vee C_n$
complementOf	$\neg C$	\neg Male	$\neg C$
oneOf	$\{x_1\} \sqcup \dots \sqcup \{x_n\}$	{john} \sqcup {mary}	$x_1 \vee \dots \vee x_n$
allValuesFrom	$\forall P.C$	\forall hasChild.Doctor	$[P]C$
someValuesFrom	$\exists P.C$	\exists hasChild.Lawyer	$\langle P \rangle C$
maxCardinality	$\leq nP$	≤ 1 hasChild	$[P]_{n+1}$
minCardinality	$\geq nP$	≥ 2 hasChild	$\langle P \rangle_n$

OWL Axioms

Axiom	DL Syntax	Example
subClassOf	$C_1 \sqsubseteq C_2$	Human \sqsubseteq Animal \sqcap Biped
equivalentClass	$C_1 \equiv C_2$	Man \equiv Human \sqcap Male
disjointWith	$C_1 \sqsubseteq \neg C_2$	Male $\sqsubseteq \neg$ Female
sameIndividualAs	$\{x_1\} \equiv \{x_2\}$	{President_Bush} \equiv {G_W_Bush}
differentFrom	$\{x_1\} \sqsubseteq \neg\{x_2\}$	{john} $\sqsubseteq \neg$ {peter}
subPropertyOf	$P_1 \sqsubseteq P_2$	hasDaughter \sqsubseteq hasChild
equivalentProperty	$P_1 \equiv P_2$	cost \equiv price
inverseOf	$P_1 \equiv P_2^-$	hasChild \equiv hasParent ⁻
transitiveProperty	$P^+ \sqsubseteq P$	ancestor ⁺ \sqsubseteq ancestor
functionalProperty	$T \sqsubseteq \leq 1P$	T $\sqsubseteq \leq 1$ hasMother
inverseFunctionalProperty	$T \sqsubseteq \leq 1P^-$	T $\sqsubseteq \leq 1$ hasSSN ⁻

Ιδιότητες

- Δύο τύποι ιδιοτήτων στην OWL:
 - **Ιδιότητες αντικειμένων** (Object properties): συνδέουν στιγμιότυπα με άλλα στιγμιότυπα.
 - **Ιδιότητες τύπου δεδομένων** (Datatype properties): συνδέουν στιγμιότυπα με τύπους δεδομένων.
 - Μια ιδιότητα αντικειμένων ορίζεται σαν στιγμιότυπο της ενσωματωμένης κλάσης της OWL `owl:ObjectProperty`. Μια ιδιότητα τύπου δεδομένων ορίζεται σαν στιγμιότυπο της ενσωματωμένης κλάσης της OWL `owl:DatatypeProperty`.
- Ένα **αξίωμα ιδιότητας** (Property axiom) προσδιορίζει χαρακτηριστικά μιας ιδιότητας.
 - Παράδειγμα (ιδιότητας αντικειμένων): Το παρακάτω αξίωμα δηλώνει της ύπαρξη μιας ιδιότητας με τον περιορισμό ότι η τιμές της είναι απλά στιγμιότυπα.
`<owl:ObjectProperty rdf:ID="hasParent"/>`

XML Schema Datatypes

- Η OWL υποστηρίζει τους βασικούς τύπους δεδομένων της XML Schema
 - π.χ. integer, real, string, ...
- Αυστηρή διάκριση μεταξύ “object” classes και datatypes
 - Για φιλοσοφικούς λόγους: οι datatypes δομούνται από build-in predicates. Δεν είναι κατάλληλη η δημιουργία τύπων δεδομένων από γλώσσες οντολογιών
 - Για πρακτικούς λόγους: η γλώσσα οντολογιών παραμένει απλή και «συμπαγής». Διαφυλάσσεται η σημασιολογική ακεραιότητα της γλώσσας

Στιγμιότυπα

- Ορίζονται μέσω αξιωμάτων τα οποία συχνά ονομάζονται γεγονότα (facts). Ενδιαφέρον έχουν δύο κατηγορίες αξιωμάτων:
 - Γεγονότα σχετικά με μέλη μιας κλάσης και τιμές ιδιοτήτων
 - Γεγονότα σχετικά με ισότητα στιγμιότυπων

- Παράδειγμα

```
<Opera rdf:ID="Tosca">  
  <hasComposer rdf:resource="#Giacomo_Puccini"/>  
  <hasLibrettist rdf:resource="#Victorien_Sardou"/>  
  <hasLibrettist rdf:resource="#Giuseppe_Giacosa"/>  
  <hasLibrettist rdf:resource="#Luigi_Illica"/>  
  <premiereDate rdf:datatype="&xsd;date">1900-01-14</premiereDate>  
  <premierePlace rdf:resource="#Roma"/>  
  <numberOfActs rdf:datatype="&xsd;positiveInteger">3</numberOfActs>
```

Αναφέρεται σε ένα σύνολο γεγονότων που αφορούν το *Tosca* που είναι ένα στιγμιότυπο της κλάσης *Opera*.