

# SPARQL

Χρήστος Παπαθεοδώρου (paratheodor@ionio.gr)

Αναπληρωτής Καθηγητής

Ομάδα Βάσεων Δεδομένων και Πληροφοριακών Συστημάτων,  
Τμήμα Αρχειονομίας – Βιβλιοθηκονομίας, Ιόνιο Πανεπιστήμιο

και

Μονάδα Ψηφιακής Επιμέλειας,

Ινστιτούτο Πληροφοριακών Συστημάτων και Προσομοίωσης  
Ερευνητικό Κέντρο «Αθηνά»



# Εισαγωγή

- RDF γράφοι: (υποκείμενο, κατηγορημα, αντικείμενο) που προέρχονται από RDF τεκμήρια, XML ή σχεσιακές βάσεις δεδομένων
- SPARQL: γλώσσα ερωτήσεων και πρωτόκολλο για την ανάκτηση πληροφορίας από RDF γράφους
  - με μορφή URI, κενών κόμβων και τιμών (literals)
  - εξαγωγή RDF υπογράφων
  - δημιουργία νέων RDF γράφων που βασίζονται στην πληροφορία των ερωτώμενων γράφων
- Βασική τεχνική η δημιουργία υποδείγματος γράφου (graph pattern) για το οποίο γίνεται αναζήτηση/ταίριασμα σε ένα RDF γράφο

# Χρήσεις

- Εύρεση τιμών από μερικώς γνωστούς γράφους
- Ανάκτηση πληροφορίας για ένα αντικείμενο με μη γνωστές ιδιότητες (properties)
- Εκτέλεση ερωτήσεων σε RDF γράφους
- Εκτέλεση ερωτήσεων με περιορισμούς σύμφωνα με τον τύπο των δεδομένων
- Ερώτηση σε απομακρυσμένους RDF servers
- Χρήση RDF query service σε Web Services

# Παράδειγμα

- Data:

`<http://example.org/book/book1> <http://purl.org/dc/elements/1.1/title> "SPARQL Tutorial"`

- Query:

- χρησιμοποιούμε μια μεταβλητή στη θέση του υποκειμένου, κατηγορήματος, αντικειμένου
- δύο μέρη SELECT clause, WHERE clause

```
SELECT ?title
```

```
WHERE
```

```
{
```

```
  <http://example.org/book/book1> <http://purl.org/dc/elements/1.1/title> ?title
```

```
}
```

- Query Result: ένας RDF γράφος  $\Rightarrow$  (που επαληθεύει το) γράφο επερώτησης (query graph)

title
SPAQL Tutorial

# Σύνταξη (1/2)

- IRI: περικλείονται σε <>
  - τα IRI μπορεί να είναι URI, Qnames (ζεύγος "x:p" {URI, local-name}, π.χ. {"http://example.com/ns/foo", "p"}.)
  - PREFIX: δεσμεύει ένα πρόθεμα σε ένα namespace IRI.  
PREFIX foaf: http://xmlns.com/foaf/0.1/
  - BASE: δηλώνει ένα βασικό IRI, που χρησιμοποιείται για την ανάλυση – δήλωση σχετικών IRI  
BASE <http://example.org/book/>  
PREFIX dc: <http://purl.org/dc/elements/1.1/>  
SELECT ?title  
WHERE { <book1> dc:title ?title }
- Μεταβλητές: δηλώνονται με πρώτο χαρακτήρα τα «?» ή «\$». Το \$abc και το ?abc είναι η ίδια μεταβλητή.
- Απλοί όροι (literals): δηλώνονται με "" ή ". Μπορούν να φέρουν ετικέτα της γλώσσας που ανήκουν ("Literal"@language) ή τον τύπο δεδομένων που ανήκουν ("10"^^xsd:integer)
- Υποδείγματα (patterns) RDF τριάδων: περικλείονται από {}. Οι τελείες «.» διαχωρίζουν τα υποδείγματα τριάδων
  - Στα υποδείγματα τριάδων με κοινό υποκείμενο βάζουμε (;) έτσι ώστε το υποκείμενο στο ερώτημα να γράφεται μόνο μία φορά. Π.χ  
?x foaf:name ?name ; = ?x foaf:name ?name .  
foaf:mbox ?mbox . ?x foaf:mbox ?mbox
  - Στα υποδείγματα τριάδων με κοινό υποκείμενο και κατηγορήμα, τα αντικείμενα διαχωρίζονται με (,)  
?x foaf:nick "Alice", "Alice\_" = ?x foaf:nick "Alice" .  
?x foaf:nick "Alice\_"

## Σύνταξη (2/2)

- Κενοί κόμβοι
  - Το υπόδειγμα  $:a :b [ :c :d ]$  είναι ίσο με  $:a :b \_ :x . \_ :x :c :d .$
  - για τον κενό κόμβο  $\_ :x$
- RDF Collections
  - $:a :b ( :c :d :e :f )$  που αποτελούν σύντμηση πολλών τριάδων

# Αναζήτηση

- Προσδιορισμός ενός συνόλου από αντικαταστάσεις μεταβλητών με τιμές έτσι ώστε να δημιουργείται ένα υποσύνολο τριάδων ενός RDF γράφου

- **Data**

```
@prefix foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/> .
_:a foaf:name "Alice" .
_:a foaf:mbox <mailto:alice@example.net> .
_:b foaf:name "Bob" .
```

- **Query 1**

```
PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/>
SELECT ?name
WHERE { ?x foaf:name ?name }
ORDER BY ASC[?name]
```

- **Query 2**

```
PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/>
SELECT ?name
WHERE {
    ?person foaf:mbox <mailto:alice@example.net> .
    ?person foaf:name ?name .
}
```

- **Results 1**

name
Alice
Bob

- **Results 2**

name
Alice

# Περιορισμοί τιμών

- Περιορίζουν τις τιμές στις λύσεις των ερωτήσεων
  - `FILTER ?x < 3` .
- Βασίζονται στα XQuery 1.0 and XPath 2.0 Function and Operators
- Εφαρμόζονται στους τύπους δεδομένων
  - XSD boolean, string, integer, decimal, float, double, dateTime
  - BOUND, isURI, isBLANK, isLITERAL, REGEX, LANG, DATATYPE, STR (lexical form)
- Τελεστές σύγκρισης τιμών: `<`, `>`, `=`, `<=`, `>=` και `!=`



# Παράδειγμα

```
@prefix dc:      <http://purl.org/dc/elements/1.1/> .
@prefix stock:  <http://example.org/stock#> .
@prefix inv:    <http://example.org/inventory#> .
```

```
stock:book1  dc:title  "SPARQL Query Language Tutorial" .
stock:book1  inv:price  10 .
stock:book1  inv:quantity 3 .
```

```
stock:book2  dc:title  "SPARQL Query Language (2nd ed)" .
stock:book2  inv:price  20 ; inv:quantity 5 .
```

```
stock:book3  dc:title  "Moving from SQL to SPARQL" .
stock:book3  inv:price  5 ; inv:quantity 0 .
```

```
stock:book4  dc:title  "Applying XQuery" .
stock:book4  inv:price  20 ; inv:quantity 8 .
```

book	title
stock:book1	"SPARQL Query Language Tutorial"

```
PREFIX dc:      <http://purl.org/dc/elements/1.1/>
PREFIX stock:   <http://example.org/stock#>
PREFIX inv:     <http://example.org/inventory#>
```

```
SELECT ?book ?title
WHERE {
  ?book dc:title ?title .
  ?book inv:price ?price . FILTER ?price < 15 .
  ?book inv:quantity ?num . FILTER ?num > 0 . }
```

# OPTIONAL

- Η RDF αφορά σε ημιδομημένα δεδομένα (semi structured)
- Δεν προβλέπει περιορισμούς ακεραιότητας δεδομένων (integrity constraints)
- Με δεδομένο ότι η ποιότητα των πηγών μεταδεδομένων μπορεί να ποικίλει, μια γλώσσα ερωτήσεων πρέπει να προσθέτει πληροφορία, προκειμένου να μην αποτύχουν οι ερωτήσεις λόγω ελλειπούς πληροφορίας
- Η έκφραση  $\text{OPTIONAL}\{pattern\}$  είναι ίση με  $\{pattern\} \text{ OR } \{ \text{NOT}(pattern) \}$

# Παράδειγμα 1

- Το κατηγορήμα `nick` δεν έχει τιμή όταν το κατηγορήμα `name` έχει τιμή "Bob" γιατί δεν υπάρχει αντίστοιχη τριάδα `_:b` με κατηγορήμα `nick`

```
@prefix foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/> .
```

```
_:a foaf:name "Alice" .  
_:a foaf:nick "A-online" .
```

```
_:b foaf:name "Bob" .
```

```
PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/>  
SELECT ?name ?nick  
WHERE {  
  ?x foaf:name ?name .  
  OPTIONAL { ?x foaf:nick ?nick }  
}
```

name	nick
Alice	A-online
Bob	

# Φωλιασμένα OPTIONAL

```
@prefix foaf:      <http://xmlns.com/foaf/0.1/> .
@prefix vcard:    <http://www.w3.org/2001/vcard-rdf/3.0#> .
_:a foaf:name     "Alice" .
_:a foaf:mbox     <mailto:alice@work.example> .
_:a vcard:N       _:x .

_:x vcard:Family  "Hacker" .
_:x vcard:Given  "Alice" .

_:b foaf:name     "Bob" .
_:b foaf:mbox     <mailto:bob@work.example> .
_:b foaf:N       _:z .

_:z vcard:Family  "Hacker" .

_:e foaf:name     "Ella" .
_:e vcard:N       _:y .

_:y vcard:Given  "Eleanor" .
```

# Φωλιασμένα OPTIONAL (query)

```
PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/>
PREFIX vcard: <http://www.w3.org/2001/vcard-rdf/3.0#>
SELECT ?foafName ?mbox ?gname ?fname
WHERE
{
  ?x foaf:name ?foafName .
  OPTIONAL { ?x foaf:mbox ?mbox } .
  OPTIONAL { ?x vcard:N ?vc .
             ?vc vcard:Given ?gname .
             OPTIONAL { ?vc vcard:Family ?fname }
           }
}
```

# Φωλιασμένα OPTIONAL (results)

<b>foafName</b>	<b>mbox</b>	<b>gname</b>	<b>fname</b>
"Alice"	<mailto:alice@work.example>	"Alice"	"Hacker"
"Bob"	<mailto:bob@work.example>		
"Ella"		"Eleanor"	

- Ανακτά το name και αν υπάρχουν τα mbox, το vCard given name και το vCard Family name
- Φωλιάζοντας το υπόδειγμα που περιέχει το vcard:Family, η επερώτηση ανακτά δεδομένα μόνο αν υπάρχει το κατηγορήμα vcard:N

# OPTIONAL με περιορισμούς

```
@prefix dc: <http://purl.org/dc/elements/1.1/> .  
@prefix : <http://example.org/book/> .  
@prefix ns: <http://example.org/ns#> .
```

```
:book1 dc:title "SPARQL Tutorial" .  
:book1 ns:price 42 .  
:book2 dc:title "The Semantic Web" .  
:book2 ns:price 23 .
```

```
PREFIX dc: <http://purl.org/dc/elements/1.1/>  
PREFIX ns: <http://example.org/ns#>  
SELECT ?title ?price  
WHERE {  
  ?x dc:title ?title .  
  OPTIONAL { ?x ns:price ?price . FILTER (?price < 30) }
```

title	price
"SPARQL Tutorial"	
"The Semantic Web"	23

# UNION

- Η SPARQL παρέχει τη δυνατότητα συνδυασμού των υποδειγμάτων RDF γράφων έτσι ώστε να ανακτώνται περισσότερα από ένα εναλλακτικά υποδείγματα σε ένα RDF γράφο
- Η δυνατότητα αυτή παρέχεται από τη δήλωση UNION



# Παράδειγμα UNION

```
@prefix dc10: <http://purl.org/dc/elements/1.0/> .
@prefix dc11: <http://purl.org/dc/elements/1.1/> .

_:a dc10:title "SPARQL Query Language Tutorial" .
_:b dc11:title "SPARQL Protocol Tutorial" .
_:c dc10:title "SPARQL" .
_:c dc11:title "SPARQL" .
```

Query:

```
PREFIX dc10: <http://purl.org/dc/elements/1.0/>
PREFIX dc11: <http://purl.org/dc/elements/1.1/>
```

```
SELECT DISTINCT ?title
WHERE { { ?book dc10:title ?title } UNION { ?book dc11:title ?title } }
```

- Ανακτά τους τίτλους των βιβλίων που έχουν περιγραφεί είτε με την έκδοση 1.0 είτε με την έκδοση 1.1. του Dublin Core
- Η SELECT DISTINCT εξασφαλίζει μοναδικές τιμές στους τίτλους

title
"SPARQL Protocol Tutorial"
"SPARQL Query Language Tutorial"
"SPARQL"

# Εναλλακτικά

```
PREFIX dc10: <http://purl.org/dc/elements/1.0/>
```

```
PREFIX dc11: <http://purl.org/dc/elements/1.1/>
```

```
SELECT ?x ?y
```

```
WHERE { { ?book dc10:title ?x } UNION { ?book  
dc11:title ?y } }
```

<b>x</b>	<b>y</b>
	"SPARQL"
	"SPARQL Protocol Tutorial"
"SPARQL"	
"SPARQL Query Language Tutorial"	

# Ανακεφαλαίωση

- Ένα υπόδειγμα (pattern) αναζητά RDF δεδομένα (δηλ. Εξετάζεται αν ταιριάζει σε ένα μέρος ενός RDF γράφου)
- Κάθε φορά που ένα υπόδειγμα ταιριάζει σε ένα RDF υπό-γράφο τότε υπάρχει λύση
- Η ακολουθία των λύσεων μπορεί να περιορισθεί από: Project, distinct, order, limit/offset
  - Limit: ακέραιος που προσδιορίζει το πλήθος των απαντήσεων
  - Offset: ακέραιος που ορίζει από που να αρχίσει η παράθεση των απαντήσεων
- Μορφές αποτελεσμάτων:
  - SELECT: αποδίδει τιμές σε μεταβλητές (bindings)
  - CONSTRUCT: δημιουργεί ένα RDF υπό-γράφο με τις τιμές που αποδίδονται στις μεταβλητές
  - DESCRIBE: δημιουργεί RDF γράφο που περιγράφει τους πόρους που ανακτώνται
  - ASK: απαντά με μια true ή false τιμή

# Εισαγωγή γράφων

- Για καλύτερη διαχείριση των δεδομένων δίνεται δυνατότητα εισαγωγής γράφων:

- **aliceFoaf.ttl:**

```
_:a foaf:name "Alice" .  
_:a foaf:mbox <mailto:alice@work.example.com> .  
_:a foaf:mbox <mailto:alice@home.example.org> .  
...
```

- **bobFoaf.ttl:**

```
_:c foaf:mbox <mailto:bob@work.example.com> .  
_:c foaf:name "Robert" .  
_:c foaf:nick "bob" .  
...
```

# Τύποι RDF δεδομένων

- Υπάρχουν δύο μορφές RDF datasets: η προκαθορισμένη (default) και οι named graphs.
  - FROM <http://example.org/base.rdf>
  - FROM NAMED <http://example.org/data1.rdf>
  - FROM NAMED <http://example.org/data2.rdf>
  - ...
- Η λέξη GRAPH δίνει πρόσβαση σε named graphs

# Αναζήτηση σε πολλούς γράφους

```
PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/>
SELECT ?graph
WHERE GRAPH ?graph {
    ?x foaf:name "Alice" .
}
```

- Επιστρέφει τα URIs των γράφων που περιέχουν τριάδες για το όνομα της Alice

# Αναζήτηση σε συγκεκριμένο γράφο

```
PREFIX foaf:  
  <http://xmlns.com/foaf/0.1/>  
SELECT ?name  
WHERE GRAPH ex:aliceFoaf.ttl {  
  ?x foaf:name ?name  
}
```

# Παράδειγμα 1

```
BASE <http://www.w3.org/2004/Talks/17Dec-sparql/data/>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/>
```

```
SELECT ?person ?name ?mbox
```

```
FROM NAMED <aliceFoaf.ttl>
FROM NAMED <bobFoaf.ttl>
FROM NAMED <celineFoaf.ttl>
FROM NAMED <danFoaf.ttl>
FROM NAMED <eveFoaf.ttl>
```

```
WHERE {
  GRAPH ?g { ?person rdf:type foaf:Person;
              foaf:name ?name; foaf:mbox ?mbox
            } .
}
```

- Ανάκτηση των name και των mbox όλων των ανθρώπων



# Παράδειγμα 2

```
BASE <http://www.w3.org/2004/Talks/17Dec-sparql/data/>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/>
```

```
SELECT DISTINCT ?name ?mbox
```

```
FROM NAMED <aliceFoaf.ttl>
FROM NAMED <bobFoaf.ttl>
FROM NAMED <celineFoaf.ttl>
FROM NAMED <danFoaf.ttl>
FROM NAMED <eveFoaf.ttl>
```

```
WHERE {
  GRAPH ?g { ?person rdf:type foaf:Person .
             OPTIONAL { ?person foaf:name ?name } .
             OPTIONAL { ?person foaf:mbox ?mbox }
           } .
}
```

```
ORDER BY ASC[?name]
```

- Ανάκτηση όλων των ανθρώπων, αν υπάρχουν τα ονόματά τους ή τα mboxes, χωρίς επαναλήψεις και ταξινομημένα κατά αύξουσα τάξη