

Δεύτερη αμερικανική έκδοση

Εισαγωγή στο Σημασιολογικό Ιστό

Grigoris Antoniou & Frank van Harmelen

Επιστημονική επιμέλεια ελληνικής έκδοσης:
Γρηγόρης Αντωνίου, Πανεπιστήμιο Κρήτης



Περιεχόμενα

Κατάλογος εικόνων	13
-------------------	----

Πρόλογος	15
----------	----

1 Το όραμα του Σημασιολογικού Ιστού	19
-------------------------------------	----

1.1 Ο σημερινός Ιστός	19
1.2 Από το σημερινό Ιστό στο Σημασιολογικό Ιστό: παραδείγματα	22
1.3 Τεχνολογίες Σημασιολογικού Ιστού	27
1.4 Μια διαστρωματωμένη προσέγγιση	37
1.5 Επισκόπηση βιβλίου	41
1.6 Σύνοψη	41
Προτεινόμενη βιβλιογραφία	42

2 Δομημένα έγγραφα Ιστού: XML	45
-------------------------------	----

2.1 Εισαγωγή	45
2.2 Η γλώσσα XML	49
2.3 Δόμηση	54
2.4 Χώροι ονομάτων	67
2.5 Αναφορά σε έγγραφα XML και υποβολή ερωτημάτων	68
2.6 Επεξεργασία	74
2.7 Σύνοψη	80
Προτεινόμενη βιβλιογραφία	80
Ασκήσεις και εργασίες	83

3	Περιγραφή πόρων Ιστού: RDF	85
3.1	Εισαγωγή	85
3.2	RDF: βασικές ιδέες	88
3.3	RDF: σύνταξη βασισμένη σε XML	94
3.4	RDF Schema: βασικές ιδέες	105
3.5	RDF Schema: η γλώσσα	108
3.6	Ορισμός των γλωσσών RDF και RDF Schema με χρήση της RDF Schema	115
3.7	Αξιωματική σημασιολογία των RDF και RDF Schema	117
3.8	Σύστημα άμεσου συμπερασμού για RDF και RDFS	123
3.9	Ερωτήματα στη SPARQL	124
3.10	Σύνοψη	130
	Προτεινόμενη βιβλιογραφία	131
	Ασκήσεις και εργασίες	132
4	Γλώσσα Οντολογιών Ιστού: OWL	135
4.1	Εισαγωγή	135
4.2	OWL και RDF/RDFS	136
4.3	Τρεις υπογλώσσες της OWL	139
4.4	Περιγραφή της γλώσσας OWL	142
4.5	Διαστρωμάτωση της OWL	154
4.6	Παραδείγματα	158
4.7	Ορισμός της γλώσσας OWL με χρήση της OWL	167
4.8	Μελλοντικές επεκτάσεις	173
4.9	Σύνοψη	175
	Προτεινόμενη βιβλιογραφία	175
	Ασκήσεις και εργασίες	177
5	Λογική και συμπερασμός: κανόνες	179
5.1	Εισαγωγή	179
5.2	Παράδειγμα μονοτονικών κανόνων: οικογενειακές σχέσεις	183
5.3	Μονοτονικοί κανόνες: σύνταξη	184
5.4	Μονοτονικοί κανόνες: σημασιολογία	186
5.5	Προγράμματα Περιγραφικής Λογικής	189
5.6	Γλώσσα Κανόνων Σημασιολογικού Ιστού	192
5.7	Μη μονοτονικοί κανόνες: κίνητρο και σύνταξη	193
5.8	Παράδειγμα μη μονοτονικών κανόνων: μεσιτείες	196
5.9	Γλώσσα Σήμανσης Κανόνων	200
5.10	Σύνοψη	202

Προτεινόμενη βιβλιογραφία	202
Ασκήσεις και εργασίες	204
6 Εφαρμογές	207
6.1 Εισαγωγή	207
6.2 Οριζόντια προϊόντα πληροφοριών του εκδοτικού οίκου Elsevier	208
6.3 Openacademia: κατανεμημένη διαχείριση εκδόσεων	212
6.4 Bibster: ανταλλαγή δεδομένων σε ομότιμο σύστημα	218
6.5 Ενοποίηση δεδομένων στην Audi	220
6.6 Ανεύρεση δεξιοτήτων στη Swiss Life	224
6.7 Πύλη δεξαμενής σκέψης στην EnerSearch	227
6.8 Τηλεκπαίδευση	231
6.9 Υπηρεσίες Ιστού	234
6.10 Λοιπά σενάρια	243
Προτεινόμενη βιβλιογραφία	246
7 Τεχνολογία οντολογιών	249
7.1 Εισαγωγή	249
7.2 Κατασκευή οντολογιών με μη αυτόματο τρόπο	250
7.3 Επαναχρησιμοποίηση υφιστάμενων οντολογιών	253
7.4 Ημιαυτόματη απόκτηση οντολογιών	256
7.5 Αντιστοίχιση οντολογιών	259
7.6 Η αρχιτεκτονική Σημασιολογικού Ιστού του προγράμματος On-To-Knowledge	261
Προτεινόμενη βιβλιογραφία	264
Ομαδική εργασία	264
8 Συμπεράσματα και προοπτικές	269
8.1 Εισαγωγή	269
8.2 Ποιος Σημασιολογικός Ιστός;	269
8.3 Τέσσερις διαδεδομένες εσφαλμένες αντιλήψεις	270
8.4 Τρέχουσα κατάσταση	272
8.5 Επιλεγμένες βασικές ερευνητικές προκλήσεις	276
Προτεινόμενη βιβλιογραφία	276
A Αφηρημένη σύνταξη OWL	279
Ευρετήριο	287

3.4 RDF Schema: βασικές ιδέες

Η RDF είναι μια καθολική γλώσσα που επιτρέπει στους χρήστες να περιγράφουν πόρους, χρησιμοποιώντας τα δικά τους λεξιλόγια. Η RDF δεν κάνει υποθέσεις σχετικά με κάποιο συγκεκριμένο πεδίο εφαρμογής, ούτε και καθορίζει τη σημασιολογία κάποιου πεδίου. Αυτό μπορεί να γίνει από το χρήστη με τη γλώσσα RDF Schema (RDFS).

3.4.1 Κλάσεις και ιδιότητες

Πώς περιγράφεται ένα συγκεκριμένο πεδίο; Ας θεωρήσουμε το πεδίο των μαθημάτων και των διδασκόντων του Πανεπιστημίου Griffith. Πρώτα, πρέπει να καθορίσουμε τα «πράγματα» για τα οποία θέλουμε να μιλήσουμε. Εδώ, θα κάνουμε και μια πρώτη, βασική διάκριση. Από τη μία πλευρά, θέλουμε να αναφερθούμε σε συγκεκριμένους διδάσκοντες, όπως είναι ο David Billington, και σε συγκεκριμένα μαθήματα, όπως είναι τα Διακριτά Μαθηματικά (Discrete Mathematics)· αυτό το κάναμε ήδη με χρήση της RDF. Αλλά θέλουμε να αναφερθούμε και στα μαθήματα γενικά, τα μαθήματα του πρώτου έτους, τους λέκτορες, τους καθηγητές, κ.ο.κ. Ποια είναι η διαφορά; Στην πρώτη περίπτωση, μιλάμε για *μεμονωμένα αντικείμενα* (πόρους), ενώ στη δεύτερη μιλάμε για *κλάσεις* που ορίζουν τύπους αντικειμένων.

Μια κλάση μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι ένα σύνολο στοιχείων. Αναφερόμαστε στα μεμονωμένα αντικείμενα που ανήκουν σε μια κλάση ως *στιγμιότυπα* της συγκεκριμένης κλάσης. Έχουμε ήδη ορίσει τη σχέση ανάμεσα στα στιγμιότυπα και τις κλάσεις στην RDF, χρησιμοποιώντας το στοιχείο `rdf:type`.

Μια σημαντική χρήση των κλάσεων αφορά την επιβολή περιορισμών σχετικά με το τι μπορεί να δηλωθεί σε ένα έγγραφο RDF με χρήση του σχήματος (schema). Στις γλώσσες προγραμματισμού, η *τυποποίηση* ή *δήλωση τύπων* χρησιμοποιείται ώστε να αποτραπεί η γραφή ανούσιων πραγμάτων (όπως η παράσταση $A + 1$, όπου A είναι ένας πίνακας· δηλώνουμε ότι τα ορίσματα του $+$ πρέπει να είναι αριθμοί). Το ίδιο χρειάζεται και στην RDF. Εξάλλου, προτάσεις όπως η παρακάτω δεν πρέπει να επιτρέπονται

Τα «Διακριτά Μαθηματικά» διδάσκονται από τα «Συνεχή και Διακριτά Μαθηματικά».

Η αίθουσα MZH5760 διδάσκεται από τον David Billington.

Η πρώτη πρόταση δεν έχει νόημα, γιατί θέλουμε τα μαθήματα να διδάσκονται μόνο από διδάσκοντες. Αυτό επιβάλει έναν περιορισμό στις τιμές της ιδιότητας «διδάσκεται από» (is taught by). Με μαθηματικούς όρους, περιορίζουμε το *σύνολο τιμών* (range) της ιδιότητας.

Η δεύτερη πρόταση στερείται επίσης νοήματος, επειδή μόνο τα μαθήματα μπορούν να διδαχθούν. Αυτό επιβάλει έναν περιορισμό στα αντικείμενα, για τα οποία μπορεί να ισχύει η ιδιότητα. Με μαθηματικούς όρους, περιορίζουμε το *πεδίο ορισμού* (domain) της ιδιότητας.



Εικόνα 3.5 Μια ιεραρχία κλάσεων

3.4.2 Ιεραρχίες κλάσεων και κληρονομικότητα

Αφού έχουμε τις κλάσεις, θα θέλαμε να δημιουργήσουμε και σχέσεις ανάμεσά τους. Έστω ότι έχουμε κλάσεις για

μέλη προσωπικού

επίκουρους καθηγητές

μέλη ακαδημαϊκού προσωπικού

μέλη διοικητικού προσωπικού

καθηγητές

μέλη προσωπικού τεχνικής υποστήριξης

αναπληρωτές καθηγητές

Οι κλάσεις αυτές δεν είναι άσχετες μεταξύ τους. Για παράδειγμα, κάθε καθηγητής είναι και μέλος του ακαδημαϊκού προσωπικού. Σε αυτή την περίπτωση, λέμε ότι η κλάση «καθηγητής» (professor) είναι *υποκλάση* της κλάσης «μέλος ακαδημαϊκού προσωπικού» (academic staff member), ή ισοδύναμα, ότι η δεύτερη είναι *υπερκλάση* της πρώτης. Η σχέση υποκλάσης ορίζει μια ιεραρχία κλάσεων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.5. Γενικά, η A είναι υποκλάση της B , αν κάθε στιγμιότυπο της A είναι και στιγμιότυπο της B . Στην RDF Schema, δεν υπάρχει απαίτηση να σχηματίζεται μια αυστηρή ιεραρχία από τις κλάσεις. Με άλλα λόγια, ένας γράφος υποκλάσεων, όπως αυτός της Εικόνας 3.5, δεν χρειάζεται να είναι δένδρο. Μια κλάση μπορεί να έχει πολλές υπερκλάσεις. Αν η κλάση A είναι υποκλάση της B_1 και της B_2 , αυτό σημαίνει απλώς ότι κάθε στιγμιότυπο της A είναι ταυτόχρονα στιγμιότυπο της B_1 και στιγμιότυπο της B_2 .

Η ιεραρχική οργάνωση των κλάσεων έχει πολύ σπουδαία πρακτική σημασία, την οποία θα περιγράψουμε αμέσως. Θεωρήστε τον περιορισμό του πεδίου τιμών

Τα μαθήματα πρέπει να διδάσκονται μόνο από μέλη του ακαδημαϊκού προσωπικού.

Έστω ότι ο Michael Maher είχε οριστεί ως καθηγητής. Τότε, σύμφωνα με τον προηγούμενο περιορισμό, δεν επιτρέπεται να διδάσκει μαθήματα. Ο λόγος είναι ότι δεν υπάρχει πρόταση που να καθορίζει ότι ο Michael Maher είναι και μέλος του ακαδημαϊκού προσωπικού. Η καλύτερη λύση δεν θα ήταν να ξεπεράσουμε αυτή τη δυσκολία με την προσθήκη της συγκεκριμένης πρότασης στην περιγραφή μας. Αντιθέτως, θα θέλαμε ο Michael Maher να *κληρονομεί* τη δυνατότητα να διδάσκει από την κλάση των μελών του ακαδημαϊκού προσωπικού. Αυτό ακριβώς επιτυγχάνεται με τη γλώσσα RDF Schema.

Ακολουθώντας αυτή την πρακτική, η RDF Schema *καθορίζει τη σημασιολογία* της φράσης «είναι υποκλάση» (is a subclass of). Πλέον, η ερμηνεία της φράσης αυτής δεν εξαρτάται από την εφαρμογή. Αντιθέτως, το επιδιωκόμενο νόημα πρέπει να χρησιμοποιηθεί από όλα τα προγράμματα επεξεργασίας RDF. Μέσω τέτοιων σημασιολογικών ορισμών, η RDFS γίνεται μια (περιορισμένη) γλώσσα για τον ορισμό της σημασιολογίας συγκεκριμένων πεδίων. Αν το διατυπώσουμε διαφορετικά, η RDF Schema είναι μια στοιχειώδης γλώσσα *οντολογιών*.

Φυσικά, οι κλάσεις, η κληρονομικότητα, και οι ιδιότητες είναι γνωστές και σε άλλα πεδία της επιστήμης των υπολογιστών, όπως στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό. Αλλά παρόλο που υπάρχουν πολλές ομοιότητες, υπάρχουν ταυτόχρονα και διαφορές. Στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό, μια κλάση αντικειμένου ορίζει τις ιδιότητες που ισχύουν γι' αυτήν. Η προσθήκη νέων ιδιοτήτων σε μια κλάση συνεπάγεται την τροποποίηση της κλάσης.

Ωστόσο, οι ιδιότητες στην RDFS ορίζονται καθολικά, δηλαδή δεν ενθυλακώνονται ως χαρακτηριστικά στους ορισμούς των κλάσεων. Είναι δυνατός ο ορισμός νέων ιδιοτήτων που ισχύουν για μια υπάρχουσα κλάση χωρίς αλλαγή της κλάσης.

Από τη μία πλευρά, αυτός είναι ένας ισχυρός μηχανισμός με εκτεταμένες συνέπειες: μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε κλάσεις που ορίζονται από άλλους και να τις προσαρμόσουμε στις δικές μας απαιτήσεις μέσω καινούριων ιδιοτήτων. Από την άλλη πλευρά, αυτός ο χειρισμός των ιδιοτήτων παρεκκλίνει από την καθιερωμένη προσέγγιση που χρησιμοποιείται στους τομείς της μοντελοποίησης και του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού. Αυτό είναι ένα ακόμα χαρακτηριστικό της «ιδιοσυγκρασίας» των RDF/RDFS.

3.4.3 Ιεραρχίες ιδιοτήτων

Αναφέραμε ότι μπορούν να οριστούν ιεραρχικές σχέσεις μεταξύ κλάσεων. Το ίδιο μπορεί να γίνει και για τις ιδιότητες. Π.χ., η ιδιότητα «διδάσκεται από» (is taught by) είναι υποϊδιότητα της ιδιότητας «περιλαμβάνει» (involves). Αν ένα μάθημα *c* διδάσκεται από ένα μέλος *a* του ακαδημαϊκού προσωπικού, τότε το *c* περιλαμβάνει επίσης και το διδάσκοντα *a*. Το αντίστροφο δεν είναι απαραίτητα αληθές. Για παράδειγμα, ο *a* μπορεί να είναι ο υπεύθυνος του μαθήματος ή ένας βοηθός που βαθμολογεί τις εργασίες των φοιτητών αλλά δεν διδάσκει το *c*.

Γενικά, η ιδιότητα P είναι υποϊδιότητα της Q , αν ισχύει $Q(x, y)$ όποτε ισχύει $P(x, y)$.

3.4.4 Επίπεδα RDF και επίπεδα RDFS

Ένα τελευταίο θέμα που θα διευκρινίσουμε με τη χρήση ενός απλού παραδείγματος είναι τα διαφορετικά επίπεδα που εμπλέκονται στις γλώσσες RDF και RDFS. Θεωρήστε την πρόταση RDF

Τα Διακριτά Μαθηματικά διδάσκονται από τον David Billington.

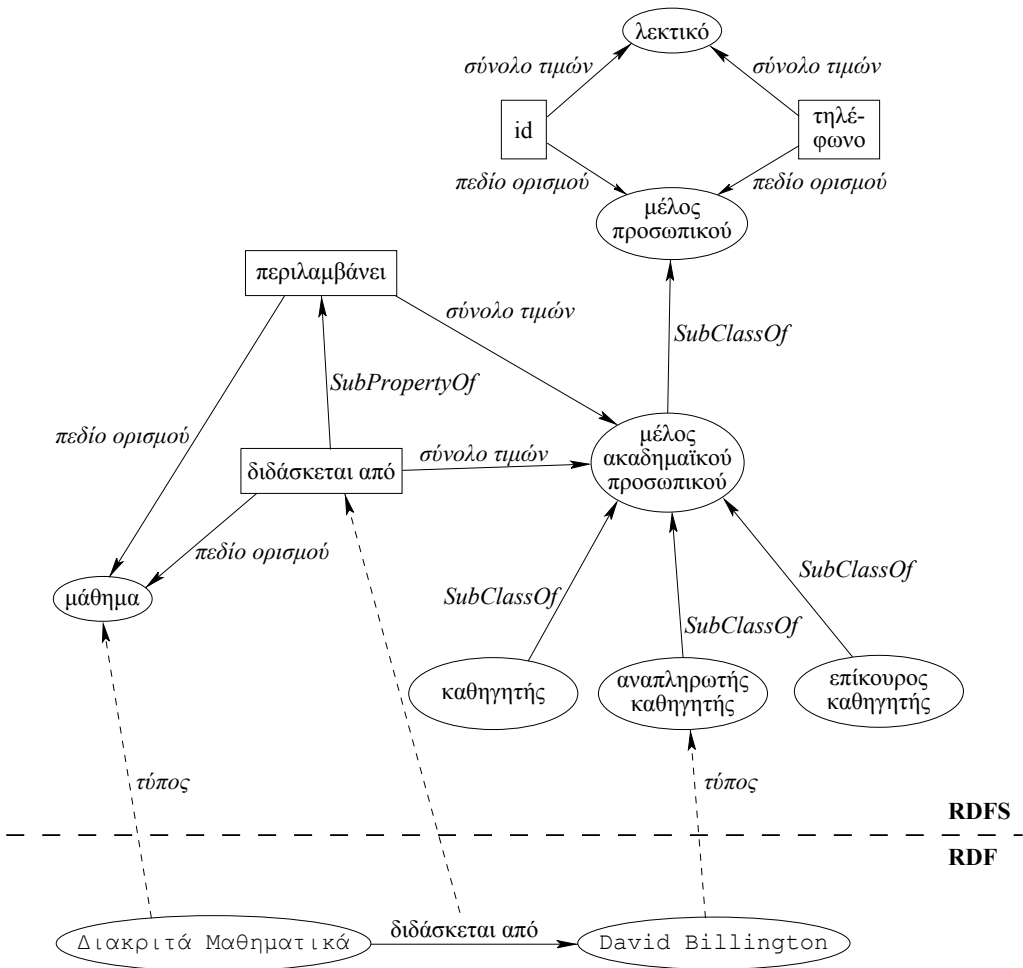
Το schema για την πρόταση αυτή μπορεί να περιέχει κλάσεις όπως διδάσκοντες, μέλη ακαδημαϊκού προσωπικού, μέλη προσωπικού (staff members), μαθήματα πρώτου έτους (first-year courses), καθώς και ιδιότητες όπως διδάσκεται από, περιλαμβάνει, τηλέφωνο (phone), κωδικός εργαζομένου (employee ID). Στην Εικόνα 3.6 απεικονίζονται τα επίπεδα των RDF και RDF Schema για το παράδειγμα αυτό. Στην εικόνα αυτή, τα παραλληλόγραμμα είναι ιδιότητες, οι ελλείψεις πάνω από τη διακεκομμένη γραμμή είναι κλάσεις, και οι ελλείψεις κάτω από τη γραμμή είναι στιγμιότυπα.

Το schema της Εικόνας 3.6 είναι το ίδιο γραμμένο σε μια τυπική γλώσσα, την RDF Schema, που μπορεί να περιγράψει τα συστατικά του: `subClassOf` (υποκλάση), `Class` (κλάση), `Property` (ιδιότητα), `subPropertyOf` (υποϊδιότητα), `Resource` (πόρος), κ.ο.κ. Στη συνέχεια, θα περιγράψουμε λεπτομερέστερα τη γλώσσα RDF Schema.

3.5 RDF Schema: η γλώσσα

Η RDF Schema παρέχει θεμελιώδη στοιχεία μοντελοποίησης για την έκφραση των πληροφοριών που περιγράφονται στην Ενότητα 3.4. Μια απόφαση που πρέπει να ληφθεί αφορά την τυπική γλώσσα που θα χρησιμοποιηθεί. Δεν θα έπρεπε να προκαλεί έκπληξη το γεγονός ότι θα χρησιμοποιηθεί η ίδια η RDF: τα θεμελιώδη στοιχεία μοντελοποίησης της RDF Schema ορίζονται με τη χρήση πόρων και ιδιοτήτων. Η επιλογή αυτή δικαιολογείται αν δείτε την Εικόνα 3.6. Η εικόνα αυτή παρουσιάστηκε να απεικονίζει μια ιεραρχία κλάσεων/ιδιοτήτων μαζί με στιγμιότυπα, αλλά είναι φυσικά και ένας γράφος με ετικέτες, ο οποίος μπορεί να κωδικοποιηθεί σε RDF. Θυμηθείτε ότι η RDF επιτρέπει την έκφραση προτάσεων για οποιονδήποτε πόρο. Επίσης, οτιδήποτε διαθέτει διεύθυνση URI μπορεί να είναι πόρος. Επομένως, αν θέλουμε να διατυπώσουμε ότι η κλάση «λέκτορας» (lecturer) είναι υποκλάση της κλάσης «μέλος ακαδημαϊκού προσωπικού» (academic staff member), μπορούμε

1. να ορίσουμε τους απαιτούμενους πόρους για τα `lecturer`, `academicStaffMember`, και `subClassOf`.
2. να ορίσουμε το `subClassOf` ως ιδιότητα.



Εικόνα 3.6 Επίπεδα RDF και RDFS

3. να γράψουμε την τριάδα (lecturer, subClassOf, academicStaffMember).

Όλα αυτά τα βήματα βρίσκονται μέσα στις δυνατότητες της RDF. Άρα, ένα έγγραφο RDFS (ένα σχήμα RDF) είναι απλά ένα έγγραφο RDF, και χρησιμοποιούμε τη βασισμένη σε XML σύνταξη της RDF. Συγκεκριμένα, όλοι οι συντακτικοί ορισμοί της Ενότητας 3.3 πρέπει να ακολουθηθούν.

Θα ορίσουμε τώρα τα θεμελιώδη στοιχεία μοντελοποίησης της RDF Schema.

3.5.1 Βασικές κλάσεις

Οι βασικές κλάσεις είναι οι εξής:

`rdfs:Resource`, η κλάση όλων των πόρων

`rdfs:Class`, η κλάση όλων των κλάσεων

`rdfs:Literal`, η κλάση όλων των λεκτικών (αλφαριθμητικών)

`rdf:Property`, η κλάση όλων των ιδιοτήτων

`rdf:Statement`, η κλάση όλων των υποστασιοποιημένων προτάσεων

Για παράδειγμα, μια κλάση `lecturer` μπορεί να οριστεί ως εξής:

```
<rdfs:Class rdf:ID="lecturer">
  ...
</rdfs:Class>
```

3.5.2 Βασικές ιδιότητες για τον ορισμό σχέσεων

Οι βασικές ιδιότητες για τον ορισμό σχέσεων είναι οι παρακάτω:

`rdf:type`, που συνδέει έναν πόρο με την κλάση του (δείτε την Ενότητα 3.3.3). Ο πόρος δηλώνεται ότι είναι στιγμιότυπο της συγκεκριμένης κλάσης.

`rdfs:subClassOf`, που συσχετίζει μια κλάση με μία από τις υπερκλάσεις της. Όλα τα στιγμιότυπα μιας κλάσης είναι στιγμιότυπα και της υπερκλάσης. Παρατηρήστε ότι μια κλάση ενδέχεται να είναι υποκλάση περισσότερων από μίας κλάσεων. Π.χ., η κλάση `femaleProfessor` (καθηγήτρια) μπορεί να είναι υποκλάση των κλάσεων `female` (γυναίκα) και `professor`.

`rdfs:subPropertyOf`, που συσχετίζει μια ιδιότητα με μια από τις υπεριδιότητές της.

Ακολουθεί ένα παράδειγμα, το οποίο δηλώνει ότι όλοι οι λέκτορες (`lecturers`) είναι μέλη του προσωπικού (`staff members`):

```
<rdfs:Class rdf:about="lecturer">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="staffMember"/>
</rdfs:Class>
```

Προσέξτε ότι οι ιδιότητες `rdfs:subClassOf` και `rdfs:subPropertyOf` είναι μεταβατικές εξ ορισμού. Επίσης, είναι ενδιαφέρον ότι η κλάση `rdfs:Class` είναι υποκλάση της `rdfs:Resource` (κάθε κλάση είναι και πόρος), και η κλάση `rdfs:Resource` είναι στιγμιότυπο της `rdfs:Class` (η `rdfs:Resource` είναι η κλάση όλων των πόρων, άρα είναι κλάση!). Για τον ίδιο λόγο, κάθε κλάση είναι στιγμιότυπο της `rdfs:Class`.

3.5.3 Βασικές ιδιότητες για τον περιορισμό ιδιοτήτων

Οι βασικές ιδιότητες για τον περιορισμό των ιδιοτήτων είναι οι εξής:

`rdfs:domain`, που καθορίζει το πεδίο ορισμού μιας ιδιότητας P και δηλώνει ότι όλοι οι πόροι που έχουν μια δεδομένη ιδιότητα είναι στιγμιότυπα των κλάσεων του πεδίου ορισμού.

`rdfs:range`, που καθορίζει το σύνολο τιμών μιας ιδιότητας P και δηλώνει ότι οι τιμές μιας ιδιότητας είναι στιγμιότυπα των κλάσεων του συνόλου τιμών.

Το παρακάτω παράδειγμα δηλώνει ότι, όποτε ένας πόρος έχει τηλεφωνικό αριθμό (phone number), τότε είναι (μέσω συμπερασμού) μέλος του προσωπικού και η τιμή του είναι ένα λεκτικό:

```
<rdf:Property rdf:ID="phone">  
  <rdfs:domain rdf:resource="#staffMember"/>  
  <rdfs:range rdf:resource="&rdf;Literal"/>  
</rdf:Property>
```

3.5.4 Χρήσιμες ιδιότητες για την υποστασιοποίηση

Οι ακόλουθες είναι μερικές χρήσιμες ιδιότητες για την υποστασιοποίηση (δείτε την Ενότητα 3.3.6):

`rdf:subject`, που συνδέει μια υποστασιοποιημένη πρόταση με το υποκείμενό της

`rdf:predicate`, που συνδέει μια υποστασιοποιημένη πρόταση με το κατηγορημά της

`rdf:object`, που συνδέει μια υποστασιοποιημένη πρόταση με το αντικείμενό της

3.5.5 Κλάσεις-υποδοχείς

Όπως αναφέρθηκε στην Ενότητα 3.3.5, τα στοιχεία-υποδοχείς είναι τα

`rdf:Bag`, η κλάση των πολυσυνόλων (bags),

`rdf:Seq`, η κλάση των ακολουθιών (sequences),

`rdf:Alt`, η κλάση των εναλλακτικών (alternatives),

`rdfs:Container`, μια υπερκλάση όλων των κλάσεων-υποδοχέων, συμπεριλαμβανομένων των τριών προηγούμενων κλάσεων.

3.5.6 Βοηθητικές ιδιότητες

Ένας πόρος μπορεί να οριστεί και να περιγραφεί σε πολλά σημεία (διευθύνσεις) στον Παγκόσμιο Ιστό. Οι ακόλουθες ιδιότητες μας επιτρέπουν να ορίσουμε συνδέσμους προς τις διευθύνσεις αυτές:

`rdfs:seeAlso`, που συνδέει έναν πόρο με έναν άλλο πόρο που τον περιγράφει.

`rdfs:isDefinedBy`, η οποία είναι υποιδιότητα της `rdfs:seeAlso` και συνδέει έναν πόρο με το σημείο όπου μπορεί να βρεθεί ο ορισμός του, συνήθως ένα σχήμα RDF.

Είναι συχνά χρήσιμο να παρέχονται περισσότερες πληροφορίες που απευθύνονται στους ανθρώπους-αναγνώστες. Αυτό μπορεί να γίνει με τις παρακάτω ιδιότητες:

`rdfs:comment`. Σχόλια, συνήθως μακροσκελές κείμενο, που μπορεί να συσχετιστεί με κάποιον πόρο.

`rdfs:label`. Μια φιλική προς το χρήστη ετικέτα (όνομα) που συσχετίζεται με έναν πόρο. Μεταξύ άλλων, μπορεί να χρησιμεύσει και ως όνομα κόμβου σε μια γραφική αναπαράσταση του εγγράφου RDF.

3.5.7 Παράδειγμα: ένα πανεπιστήμιο

Αναφερόμαστε στο παράδειγμα των μαθημάτων και των διδασκόντων και παρουσιάζουμε ένα εννοιολογικό μοντέλο του πεδίου, δηλαδή μια οντολογία (Σ.τ.Μ.: τα σχόλια στον κώδικα των παραδειγμάτων στα Κεφάλαια 3, 4, και στο Παράρτημα Α έχουν μεταφραστεί για λόγους κατανόησης).

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

  <rdfs:Class rdf:ID="lecturer">
    <rdfs:comment>
      Η κλάση των λεκτόρων
      Οι λέκτορες (διδάσκοντες) είναι μέλη του ακαδημαϊκού προσωπικού.
    </rdfs:comment>
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#academicStaffMember"/>
  </rdfs:Class>

  <rdfs:Class rdf:ID="academicStaffMember">
    <rdfs:comment>
      Η κλάση των μελών του ακαδημαϊκού προσωπικού
    </rdfs:comment>
```

```

<rdfs:subClassOf rdf:resource="#staffMember"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="staffMember">
  <rdfs:comment>Η κλάση των μελών του προσωπικού</rdfs:comment>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="course">
  <rdfs:comment>Η κλάση των μαθημάτων</rdfs:comment>
</rdfs:Class>

<rdf:Property rdf:ID="involves">
  <rdfs:comment>
    Συσχετίζει μόνο μαθήματα με λέκτορες (διδάσκοντες).
  </rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="#course"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#lecturer"/>
</rdf:Property>

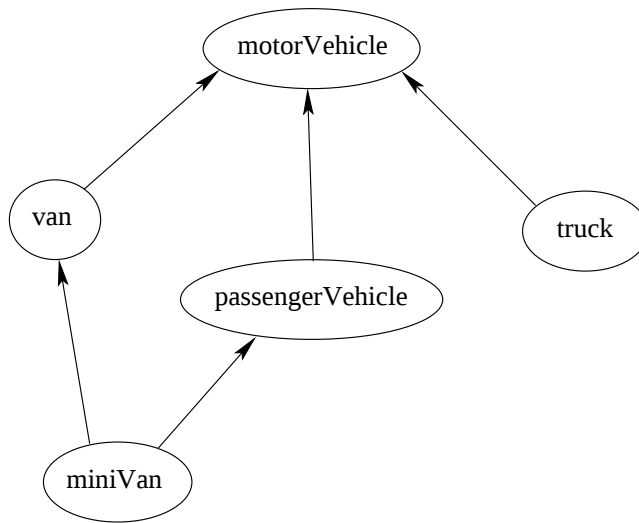
<rdf:Property rdf:ID="isTaughtBy">
  <rdfs:comment>
    Κληρονομεί το πεδίο ορισμού ("course") και το σύνολο τιμών ("lecturer")
    από την υπερδιότητα "involves"
  </rdfs:comment>
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#involves"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="phone">
  <rdfs:comment>
    Είναι ιδιότητα των μελών του προσωπικού
    και παίρνει λεκτικά ως τιμές.
  </rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="#staffMember"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&rdf;Literal"/>
</rdf:Property>
</rdf:RDF>

```

3.5.8 Παράδειγμα: μηχανοκίνητα οχήματα

Παρουσιάζουμε εδώ μια απλή οντολογία μηχανοκίνητων οχημάτων με τις εξής κλάσεις: motorVehicle (μηχανοκίνητο όχημα), van (ημιφορτηγό), truck (φορτηγό), passengerVe-



Εικόνα 3.7 Ιεραρχία κλάσεων για το παράδειγμα των μηχανοκίνητων οχημάτων

hicle (επιβατικό όχημα), miniVan (μικρό λεωφορείο). Οι σχέσεις τους φαίνονται στην Εικόνα 3.7.

```

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

  <rdfs:Class rdf:ID="motorVehicle"/>

  <rdfs:Class rdf:ID="van">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#motorVehicle"/>
  </rdfs:Class>

  <rdfs:Class rdf:ID="truck">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#motorVehicle"/>
  </rdfs:Class>

  <rdfs:Class rdf:ID="passengerVehicle">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#motorVehicle"/>
  </rdfs:Class>

  <rdfs:Class rdf:ID="miniVan">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#passengerVehicle"/>
  </rdfs:Class>

```

```

<rdfs:subClassOf rdf:resource="#van"/>
</rdfs:Class>
</rdf:RDF>

```

3.6 Ορισμός των γλωσσών RDF και RDF Schema με χρήση της RDF Schema

Αφού γνωρίζουμε πλέον τα κύρια συστατικά στοιχεία των γλωσσών RDF και RDFS, θα ήταν πιθανώς διδακτικό να μελετήσουμε τους ορισμούς των RDF και RDFS. Οι ορισμοί αυτοί εκφράζονται στη γλώσσα RDF Schema. Πρέπει να δούμε πόσο εύκολα μπορούν να διαβαστούν, τώρα που το νόημα κάθε συστατικού στοιχείου έχει αποσαφηνιστεί.

Οι παρακάτω ορισμοί αποτελούν απλά τμήμα των προδιαγραφών της πλήρους γλώσσας. Τα υπόλοιπα τμήματα βρίσκονται στους χώρους ονομάτων που καθορίζονται στο στοιχείο `rdf:RDF`.

3.6.1 RDF

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-16"?>
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#">

  <rdfs:Class rdf:ID="Statement"
    rdfs:comment="Η κλάση των τριάδων που αποτελούνται από
                  κατηγορημα, υποκείμενο και αντικείμενο
                  (οι υποστασιοποιημένες προτάσεις)"/>

  <rdfs:Class rdf:ID="Property"
    rdfs:comment="Η κλάση των ιδιοτήτων"/>

  <rdfs:Class rdf:ID="Bag"
    rdfs:comment="Η κλάση των μη διατεταγμένων συλλογών"/>

  <rdfs:Class rdf:ID="Seq"
    rdfs:comment="Η κλάση των διατεταγμένων συλλογών"/>

  <rdfs:Class rdf:ID="Alt"
    rdfs:comment="Η κλάση των συλλογών των εναλλακτικών"/>

```

Εισαγωγή στο Σημασιολογικό Ιστό

Δεύτερη αμερικανική έκδοση

Grigoris Antoniou & Frank van Harmelen

Η ανάπτυξη του Σημασιολογικού Ιστού με περιεχόμενο αναγνώσιμο από υπολογιστές αναμένεται να φέρει επανάσταση στον Παγκόσμιο Ιστό και τη χρήση του. Το βιβλίο *Εισαγωγή στο Σημασιολογικό Ιστό* έχει στόχο να αποτελέσει σημείο εκκίνησης και ταυτόχρονα οδηγό σε αυτόν το νεοσύστατο επιστημονικό τομέα, παρέχοντας μια περιγραφή των βασικών ιδεών, γλωσσών, και τεχνολογιών. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο ως διδακτικό βιβλίο σε προπτυχιακό επίπεδο όσο και για αυτοδιδασκαλία από επαγγελματίες, και περιλαμβάνει ασκήσεις, περιγραφές εργασιών, καθώς και παραπομπές σε σχετικό διαδικτυακό υλικό. Η εστίαση στις βασικές έννοιες και τεχνικές επιτρέπει στους αναγνώστες να προχωρήσουν σύντομα στη δημιουργία δικών τους εφαρμογών.

Στο βιβλίο *Εισαγωγή στο Σημασιολογικό Ιστό* εξετάζονται με συστηματικό τρόπο οι διαφορετικές γλώσσες (XML, RDF, OWL, κανόνες) και οι τεχνολογίες (ρητά μετα-δεδομένα, οντολογίες, και λογική-συμπερασμός) που έχουν πρωταρχική σημασία για την ανάπτυξη του Σημασιολογικού Ιστού, καθώς επίσης και ορισμένα καίρια συναφή θέματα, όπως η τεχνολογία οντολογιών και τα σενάρια εφαρμογών. Αυτή η δεύτερη έκδοση του βιβλίου έχει αναθεωρηθεί και ενημερωθεί σε σημαντικό βαθμό ώστε να αντικατοπτρίζει τις πρόσφατες εξελίξεις στο συγκεκριμένο πεδίο, και καλύπτει νέες περιοχές εφαρμογών και εργαλεία. Στο υλικό που έχει προστεθεί αναλύονται η SPARQL ως γλώσσα ερωτημάτων RDF, η γλώσσα OWL DLP και οι ενδιαφέρουσες πρακτικές και θεωρητικές ιδιότητές της, η γλώσσα SWRL (στο κεφάλαιο για τους κανόνες), και η οντολογία OWL-S (στην οποία βασίζεται πλέον η ανάλυση των υπηρεσιών του Ιστού). Το τελευταίο κεφάλαιο του βιβλίου, που προστέθηκε στη νέα έκδοση, έχει γραφεί έτσι ώστε να απεικονίζει τη σημερινή τεχνολογία αιχμής, να αποτυπώνει τις έρευνες που βρίσκονται σε εξέλιξη, και να παρουσιάζει τις μεγαλύτερες προκλήσεις που θα αντιμετωπίσει στο μέλλον ο Σημασιολογικός Ιστός. Στον ιστότοπο <http://www.semanticwebprimer.org> υπάρχει συμπληρωματικό υλικό (στα Αγγλικά) που περιλαμβάνει διαφάνειες, ηλεκτρονικές εκδόσεις πολλών τμημάτων του κώδικα του βιβλίου, καθώς και συνδέσμους προς υλικό για επιπλέον μελέτη.

Ο Γρηγόρης Αντωνίου είναι καθηγητής στο Ινστιτούτο Πληροφορικής του Ιδρύματος Έρευνας και Τεχνολογίας (ITE) στο Ηράκλειο Κρήτης. Ο Frank van Harmelen είναι καθηγητής του Τμήματος Τεχνητής Νοημοσύνης στο Πανεπιστήμιο Vrije του Άμστερνταμ.

«Το βιβλίο αυτό είναι απαραίτητο σε όλους όσους επιθυμούν να μάθουν για το Σημασιολογικό Ιστό. Οι αρχάριοι αναγνώστες δεν χρειάζεται να διαβάσουν δεκάδες πυκνογραμμένα κείμενα τεχνικών προδιαγραφών, αφού όλα τα βασικά θέματα έχουν συγκεντρωθεί σε ένα βιβλίο. Χρησιμοποίησα με μεγάλη επιτυχία την πρώτη έκδοση του βιβλίου στο μάθημα του Σημασιολογικού Ιστού που διδάσκω.»

— Jeff Heflin, Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος Επιστήμης των Υπολογιστών και Μηχανικών Η/Υ, Πανεπιστήμιο Lehigh

«Σε αυτό το βιβλίο παρέχεται μια συμπαγής επισκόπηση για τα ποικίλα βασικά θέματα που απαρτίζουν τον ταχύτατα αναπτυσσόμενο κλάδο του Σημασιολογικού Ιστού. Σε αυτήν τη δεύτερη έκδοση, εκτός από τις θεμελιώδεις έννοιες, περιλαμβάνονται και πολύτιμες ενημερωμένες πληροφορίες για τον τομέα των γλωσσών, όπως είναι η κάλυψη των SPARQL, OWL DLP, SWRL, και OWL-S. Στο βιβλίο παρέχεται πραγματικά μια διεξοδική θεώρηση του Σημασιολογικού Ιστού, και περιλαμβάνονται όλα εκείνα τα συστατικά που θα βοηθήσουν τους διδάσκοντες στον προγραμματισμό, το σχεδιασμό, και τις παραδόσεις ενός σχετικού μεταπτυχιακού μαθήματος.»

— Isabel Cruz, Τμήμα Επιστήμης των Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο του Ιλλινόις, Σικάγο



εκδόσεις
ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ

Λεωφόρος 4, Στέφανος Λαρίσης, 10440 ΑΘΗΝΑ, Τηλ. 210-5237635

Επισκεφθείτε μας στο Internet:
www.klidarithmos.gr

ISBN 978-960-461-234-5



9 789604 612345