

# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων  
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

**Κατεύθυνση:** Ηλεκτρονική Μάθηση

## ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**"Διαδραστική αναζήτηση εκπαιδευτικού υλικού με  
τεχνολογίες σημασιολογικού ιστού."**

Μήτσιος Αθανάσιος

A.M. ΜΕ 11029

**Επιβλέπων:** Βούρος Γεώργιος

---

*Πειραιάς, 2016*

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές μου στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών που παρακολούθησα για την βοήθεια και τις γνώσεις που μου προσέφεραν καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Ιδιαίτερως θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Κύριο Βούρο Γεώργιο για τις πολύτιμες συμβουλές του, την ενθάρρυνση του, την υπομονή του και την ουσιαστική καθοδήγηση που μου παρείχε σε όλη την διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την αμέριστη συμπαράσταση και υποστήριξη που μου προσέφερε σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

## Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	2
Περιεχόμενα.....	3
Πίνακας Εικόνων.....	4
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	5
Κεφάλαιο 2: Σημασιολογικός Ιστός.....	10
2.1 Περιγραφή.....	10
2.2 Ιστορικό.....	11
2.3 Τεχνολογίες του Σημασιολογικού Ιστού.....	13
2.3.1 XML.....	13
2.3.2 Resource Description Framework.....	14
2.3.3 Ontology Web Language.....	21
2.3.4 Simple Knowledge Organization System.....	26
2.3.5 Simple Protocol and RDF Query Language (SPARQL).....	27
2.3.6 SPARQL-DL.....	31
2.4 Αναζήτηση στον σημασιολογικό ιστό.....	34
Κεφάλαιο 3: Ψηφιακό Εκπαιδευτικό Λογισμικό.....	36
3.1 Περιγραφή.....	36
3.2 Αναζήτηση.....	39
Κεφάλαιο 4: Ανάπτυξη Εφαρμογής Αναζήτησης Ψηφιακών Εκπαιδευτικών Αντικειμένων.....	46
4.1 Σχεδίαση.....	46
4.2 Υλοποίηση.....	54
4.2.1 Επίπεδο Δεδομένων.....	54
4.2.1.1 Ανάπτυξη Οντολογίας.....	54
4.2.1.2 Ερωτήματα SPARQL-DL.....	58
4.2.2 Επίπεδο Λειτουργικότητας.....	64
4.2.2.1 Η βιβλιοθήκη JOWL.....	64
4.2.3 Επίπεδο Διεπαφών.....	65
Κεφάλαιο 5: Χρήση.....	68
Σενάρια Χρήσης.....	74
Σενάριο 1.....	74
Σενάριο 2.....	75
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα.....	78
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Βασικές Εκφράσεις Βιβλιοθήκης JOWL.....	82
Αναφορές.....	93

## Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Λειτουργία Μηχανών Αναζήτησης.....	7
Εικόνα 2: Συσχέτιση πόρων.....	11
Εικόνα 3: Παράδειγμα XML εγγράφου ( <a href="http://www.perfectxml.com/mspress/xmlstep.asp">http://www.perfectxml.com/mspress/xmlstep.asp</a> ).....	14
Εικόνα 4: Γραφική αναπαράσταση πρότασης οντολογίας ( <a href="http://dublincore.org/documents/dc-rdf/">http://dublincore.org/documents/dc-rdf/</a> ).....	16
Εικόνα 5: RDF με αναπαράσταση γράφου ( <a href="http://www.hpl.hp.com/techreports/2003/HPL-2003-10files/HPL-2003-10html.html">http://www.hpl.hp.com/techreports/2003/HPL-2003-10files/HPL-2003-10html.html</a> ).....	17
Εικόνα 6: Παράδειγμα rdf:bag ( <a href="http://www.slideshare.net/SergeLinckels/semantic-web-rdf-15726393">http://www.slideshare.net/SergeLinckels/semantic-web-rdf-15726393</a> ).....	19
Εικόνα 7: Παράδειγμα rdf:seq ( <a href="http://www.slideshare.net/pdeleenh/open-standards-for-the-semantic-web-xml-rdfs-owl-soap">http://www.slideshare.net/pdeleenh/open-standards-for-the-semantic-web-xml-rdfs-owl-soap</a> ).....	19
Εικόνα 8: Παράδειγμα rdf:seq ( <a href="http://www.slideshare.net/onlyjiny/the-semantic-web-4-rdf-2">http://www.slideshare.net/onlyjiny/the-semantic-web-4-rdf-2</a> ).....	20
Εικόνα 9: Εκδόσεις της OWL και η σχέση τους.....	24
Εικόνα 10: Παράδειγμα SKOS ( <a href="http://www.w3.org/2005/Talks/1214-Trento-IH">http://www.w3.org/2005/Talks/1214-Trento-IH</a> ) .....	27
Εικόνα 11: Οντολογία.....	54
Εικόνα 12: Protege(1).....	55
Εικόνα 13: Protege (2).....	55
Εικόνα 14: Protege (3).....	56
Εικόνα 15: Protege (4).....	56
Εικόνα 16: Κατηγορίες κριτηρίων αναζήτησης στο photodentro.....	57
Εικόνα 17: Protege (5).....	57
Εικόνα 18: Έξοδος του protégé.....	58
Εικόνα 19: Σχεδίαση Διεπαφών.....	65
Εικόνα 20: SPARQL-DL ερωτήματα για την δημιουργία των drop down menu των κριτηρίων αναζήτησης.....	68
Εικόνα 21: Αρχική Οθόνη Εφαρμογής.....	69
Εικόνα 22: SPARQL-DL ερωτήματα για αναζήτηση πόρων στην οντολογία..	70
Εικόνα 23: Εισαγωγή κριτηρίων αναζήτησης.....	70
Εικόνα 24: Εμφάνιση Αποτελεσμάτων Αναζήτησης.....	71
Εικόνα 25: Παρουσίαση στοιχείων πόρου και το αντίστοιχο SPARQL-DL ερώτημα.....	72
Εικόνα 26: Παρουσίαση Πληροφοριών Πόρου.....	73
Εικόνα 27: Αναζήτηση με λέξη κλειδί.....	74

## Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Το Internet (International Network) αναπτύχθηκε ως δίκτυο υπολογιστών και διασυνδεδεμένων δικτύων. Σήμερα καλύπτει ολόκληρο τον πλανήτη. Οι χρήστες που συνδέονται σε αυτό έχουν την δυνατότητα να επικοινωνούν και να μεταδίδουν δεδομένα σε άλλους χρήστες. Με τον όρο «χρήστης» νοείται κάθε οντότητα που μπορεί να διασυνδεθεί σε αυτό, όπως φυσικό πρόσωπο, υπηρεσία ή εφαρμογή. Το Internet είναι εξέλιξη του ARPANET, ενός δικτύου που άρχισε να αναπτύσσεται πειραματικά και για αμυντικούς σκοπούς στα τέλη της δεκαετίας του 1960 στις ΗΠΑ. Το ARPANET σκόπευε την διασύνδεση του Υπουργείου Άμυνας των ΗΠΑ με στρατιωτικούς ερευνητικούς οργανισμούς. Λειτουργούσε με την μέθοδο της μεταγωγής πακέτων που επέτρεπε σε πολλές συνδέσεις να χρησιμοποιούν τις ίδιες τηλεπικοινωνιακές γραμμές ταυτόχρονα. Έτσι αναπτυσσόταν ένα διαδίκτυο που εξασφάλιζε την επικοινωνία μεταξύ απομακρυσμένων δικτύων, ακόμα και όταν κάποιοι από τους ενδιάμεσους επικοινωνιακούς κόμβους ήταν εκτός λειτουργίας.

Το 1973 στα πλαίσια ενός ερευνητικού προγράμματος με την ονομασία Interneting Project επιχειρήθηκε η διασύνδεση ανομοιογενών δικτύων και η μεταξύ τους ανταλλαγή δεδομένων. Το πρόγραμμα αυτό οδήγησε στην θεμελίωση του Internet Protocol και την ανάπτυξη του ελέγχου μετάδοσης με το Transmission Control Protocol (TCP). Στη δεκαετία του 1970 – 1980 αρκετά δίκτυα συνδέθηκαν στο ARPANET.

Το 1983 ο συνδυασμός των TCP και IP αναγνωρίστηκε ως πρότυπο από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ ενώ ένας μεγάλος αριθμός από εκπαιδευτικά ιδρύματα συνδέθηκαν στο ARPANET. Επειδή το διαδίκτυο επιβαρύνθηκε σε μεγάλο βαθμό διαιρέθηκε σε δύο τμήματα. Το πρώτο αφορούσε στρατιωτικές επικοινωνίες και το άλλο εκπαιδευτικές. Το 1985, το National Science Foundation (NSF) δημιούργησε ένα νέο γρήγορο δίκτυο, το NSFNET βασισμένο στο TCP/IP, για την διασύνδεση της υπόλοιπης αμερικανικής επιστημονικής κοινότητας [1][2].

Στην συνέχεια εκπαιδευτικά ιδρύματα δημιούργησαν δίκτυα τα οποία συνδεθήκαν στο παγκόσμιο δίκτυο συνθέτοντας με τον τρόπο αυτό μία αρχική

μορφή του internet, γεγονός που οδήγησε στην απαξίωση και την εγκατάλειψη του ARPANET. Το 1993, το εργαστήριο CERN παρουσίασε το World Wide Web (WWW). Αναπτύχθηκε από τον Tim Berners-Lee και αποτελεί έναν μηχανισμό διασύνδεσης κόμβων με σκοπό την ανταλλαγή δεδομένων με την μορφή πολυμέσων μέσω του διαδικτύου. Το WWW αποτέλεσε την αφορμή της έκρηξης της χρήσης του διαδικτύου αφού μπόρεσε και προσαρμόστηκε σε ένα μεγάλο πλήθος εφαρμογών που εξυπηρετούσαν πολλές ανάγκες των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων. Στην συνέχεια τις τελευταίες δύο δεκαετίες διαδοχικές αναβαθμίσεις στις τεχνολογίες της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών οδήγησε σταδιακά στην εφαρμογή της ευρυζωνικότητας σε μεγάλο τμήμα του πλανήτη και έτσι η πρόσβαση στο διαδίκτυο και τις εφαρμογές του έγινε προσιτή.

Αν και όπως έχει ήδη αναφερθεί η ανάπτυξη του διαδικτύου υπήρξε αλματώδης (ιδίως τις τελευταίες δύο δεκαετίες), παρουσιάζει αδυναμίες που δημιουργούν ανασχεση στην ήδη υψηλή δυναμική του. Βασική του αδυναμία αποτελεί η ανάγκη της ανθρώπινης παρέμβασης για την ολοκλήρωση των λειτουργιών που εκτελούν οι διαδικτυακές εφαρμογές. Το περιεχόμενο που δημιουργούν και δημοσιεύουν οι διαδικτυακές εφαρμογές είναι έτσι δομημένο που ο εντοπισμός της απορρέουσας σημασίας του απαιτεί την ανθρώπινη παρέμβαση. Η αδυναμία αυτή γίνεται εντονότερη στο σύγχρονο διαμορφωθέν διαδικτυακό περιβάλλον όπου έχει δημιουργηθεί μία υπερπληθώρα διαθέσιμων δεδομένων η οποία από την μία πλευρά αυξάνει τις πιθανότητες ύπαρξης του περιεχομένου το οποίο προσδοκά να εντοπίσει ένας χρήστης αλλά από την άλλη δυσχεραίνει τον εντοπισμό του αφού η διαλογή των αποτελεσμάτων των αναζητήσεων απαιτεί τον δικό του έλεγχο. Η αναζήτηση περιεχομένου συγκεκριμένης σημασίας είναι ο συνηθέστερος λόγος χρήσης του διαδικτύου. Το περιεχόμενο μπορεί να σχετίζεται με πληροφορίες για συγκεκριμένες οντότητες, τον εντοπισμό στοιχείων επικοινωνίας ατόμων, το είδος υπηρεσιών και αγαθών που προσφέρει μία επιχείρηση, την ειδησιογραφία κ.α. Οι μηχανές αναζήτησης είναι σήμερα η απάντηση στην απαίτηση αυτή. Πρόκειται για λογισμικό το οποίο λειτουργεί στο διαδίκτυο. Δέχεται ως είσοδο μία σειρά από λέξεις-κριτήρια και επιστρέφει μία λίστα με περιεχόμενο το οποίο εντοπίστηκε

στο διαδίκτυο και το οποίο κατά κάποιο τρόπο σχετίζεται με την είσοδο. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η λειτουργικότητα των μηχανών αναζήτησης.



**Εικόνα 1: Λειτουργία Μηχανών Αναζήτησης**

Η λειτουργικότητα αυτή αν και είναι η βασική αιτία της ευρείας διεισδυτικότητας του διαδικτύου, παρουσιάζει τις εξής αδυναμίες:

- Δεν υφίστανται λειτουργίες αποθήκευσης προηγούμενων αναζητήσεων και συμπεριφορών του χρήστη στα αποτελέσματα αυτών. Έστω ότι ένας χρήστης πραγματοποιεί μία αναζήτηση με συγκεκριμένα κριτήρια και επιλέγει να προβάλλει ένα υποσύνολο των αποτελεσμάτων. Όταν στο μέλλον πραγματοποιήσει την ίδια αναζήτηση θα επαναληφθεί η ίδια διαδικασία και θα πρέπει εκ νέου να εντοπίσει το υποσύνολο ενδιαφέροντος από όλο το σύνολο των αποτελεσμάτων καθώς δεν προβλέπεται κάποια λειτουργία απομνημόνευσης των προηγούμενων προτιμήσεων του χρήστη.
- Η σύνθεση της λίστας αποτελεσμάτων που επιστρέφεται εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το λεξικό που αποτελεί την πηγή των λέξεων κλειδιών. Έτσι το αποτέλεσμα αναζήτησης ενός όρου αναμένεται να είναι διαφορετικό αν αυτός δοθεί στα Ελληνικά ή τα Αγγλικά ή αν αποδοθεί με διαφορετικό τρόπο ή ανορθόγραφα.
- Τα αποτελέσματα επιστρέφονται με την μορφή απλών ιστοσελίδων που γενικά είναι δύσκολο να υποστούν επεξεργασία.
- Η μορφή των αποτελεσμάτων καθιστά δυσχερή την αυτοματοποιημένη επεξεργασία τους. Συνέπεια αυτού είναι η

σημασιολογική τους ερμηνεία να μπορεί να γίνει μόνο από τον άνθρωπο.

Ένας τρόπος άρσης των δυσχερειών αυτών είναι η χρήση εξειδικευμένων τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης για την επεξεργασία των λέξεων προκειμένου να τους αποδοθεί το σωστό νόημα. Οι τεχνικές αυτές απαιτούν την δέσμευση υπολογιστικών πόρων και επεξεργαστικής ισχύος για να ανταποκριθούνε στον όγκο των δεδομένων ενώ και το επίπεδο της αποτελεσματικότητας τους δεν είναι πάντα δεδομένο. Ένας άλλος τρόπος είναι η απόδοση νοήματος στα δεδομένα που διατίθενται στο διαδίκτυο. Προτείνεται δηλαδή η διαμόρφωση του περιεχομένου με τρόπο τέτοιο κατά τον οποίο οι όροι θα περιλαμβάνουν εγγενώς το νόημα τους και παράλληλα, το περιεχόμενο αυτό θα είναι επεξεργάσιμο με αυτόματο τρόπο από κατάλληλο λογισμικό. Αυτή την προσέγγιση ακολουθεί ο σημασιολογικός ιστός.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούνται τεχνολογίες του σημασιολογικού ιστού προκειμένου να αναπτυχθεί μία εφαρμογή αναζήτησης μαθησιακών αντικειμένων. Μέσω της σχεδίασης και της υλοποίησης της εφαρμογής μελετάται ο τρόπος ικανοποίησης ιδιαίτερων απαιτήσεων αναζήτησης χρησιμοποιώντας στοιχεία του σημασιολογικού ιστού για την παραγωγή ακριβέστερων αποτελεσμάτων. Μέσα από την μελέτη της λειτουργίας του τελικού αποτελέσματος προκύπτουν συμπεράσματα για την αποδοτικότητα ως προς την ποιότητα των αποτελεσμάτων αλλά και για την ευελιξία που παρέχεται σε σχέση με κλασσικές διαδικτυακές εφαρμογές για την αναζήτηση μαθησιακών πόρων.

Το υπόλοιπο της παρούσας εργασίας είναι δομημένο ως εξής:

- Στο 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο περιγράφεται ο Σημασιολογικός ιστός ως συνέχεια της εξέλιξης του Παγκοσμίου Ιστού. Παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του καθώς και οι τεχνολογίες και μεθοδολογίες που ενυπάρχουν σε αυτόν.
- Στο 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο γίνεται μία συνοπτική αναφορά στο Ψηφιακό Εκπαιδευτικό Υλικό προκειμένου να εντοπιστούν οι απαιτήσεις για την αποδοτική του αναζήτηση με τεχνολογίες σημασιολογικού ιστού.



- Στο 4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο αναπτύσσεται ο τρόπος που σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε διαδικτυακή εφαρμογή αναζήτησης εκπαιδευτικού υλικού στα πρότυπα των τεχνολογιών και των μεθοδολογιών του σημασιολογικού ιστού.
- Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο ο τελικός χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή που σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε εστιάζοντας στο πως οι τεχνολογίες του σημασιολογικού ιστού αναβαθμίζουν την αποδοτικότητα της.
- Η εργασία κλείνει με την παράθεση των συμπερασμάτων που προκύπτουν από την υιοθέτηση των τεχνολογιών του σημασιολογικού ιστού σε εφαρμογές αναζήτησης διαδικτυακού περιεχομένου.

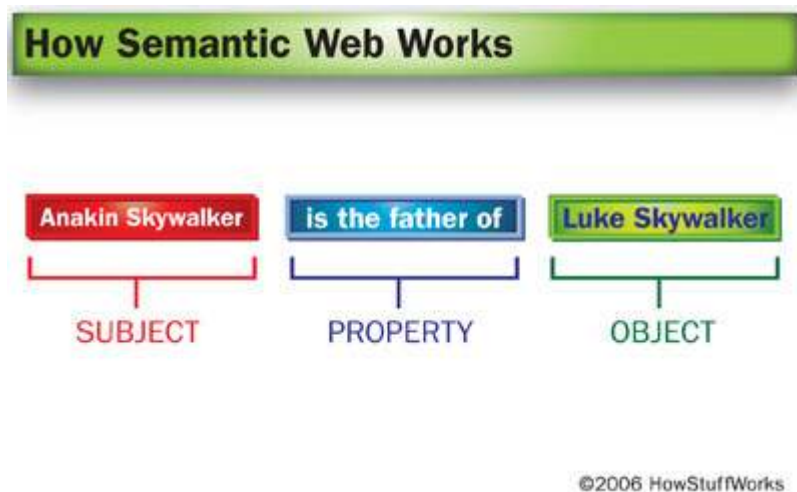
## Κεφάλαιο 2: Σημασιολογικός Ιστός

### 2.1 Περιγραφή

Ο Σημασιολογικός Ιστός, αποτελεί εξέλιξη του Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web) ως αποτέλεσμα της δυνατότητας πρόσβασης των ανθρώπων στο διαδίκτυο και στο περιεχόμενο που δημοσιεύεται σε αυτό. Ταυτόχρονα δημιουργήθηκε κατάσταση πληροφοριακής υπερφόρτισης η οποία χαρακτηρίζεται από την διάθεση μεγάλου όγκου δεδομένων και τη δυσκολία εντοπισμού του ωφέλιμου φόρτου αυτών σε συγκεκριμένες αναζητήσεις. Έτσι ο νέος αυτός προσανατολισμός της έρευνας περιλαμβάνει τη σαφή αναπαράσταση του νοήματος των πληροφοριών και των εγγράφων που τις περιλαμβάνουν και την αυτοματοποίηση της επεξεργασίας τους με την παράλληλη συσχέτιση των διαδικτυακών πόρων από προγράμματα-πράκτορες. Ο Σημασιολογικός Ιστός διευκολύνει τον ταχύ εντοπισμό πληροφοριών στον παγκόσμιο ιστό με ακρίβεια καθώς επίσης και την συνεργασία ετερογενών συστημάτων που συνδέονται στο διαδίκτυο μέσω ευφυών διαδικτυακών πρακτόρων. Η φιλοσοφία που στηρίζεται επιδιώκει την μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας των αναζητήσεων περιεχομένου, την αυτοματοποίηση των διαδικασιών αναζήτησης, συσχέτισης, επεξεργασίας, συνένωσης και εκμετάλλευσης του. Χαρακτηριστικό της φιλοσοφίας αυτής είναι η ελαχιστοποίηση της ανάγκης για ανθρώπινη παρέμβαση.

Ο Σημασιολογικός ιστός χαρακτηρίζεται από τους πόρους και τις μεταξύ τους συσχετίσεις. Οι πόροι αντανakλούν σε έγγραφα υπερμέσων, ιστοσελίδες, αντικείμενα και οντότητες (φυσικά πρόσωπα, οργανισμοί, συστήματα, γεγονότα κτλ.) ενώ οι μεταξύ τους σχέσεις εκπορεύονται από τα κοινά στοιχεία των περιγραφών τους τα οποία συνήθως έχουν διαφορετική σημασία για κάθε μέρος της συσχέτισης. Οι πόροι αναγνωρίζονται με μοναδικό τρόπο με την χρήση κατάλληλου συστήματος διάκρισής τους και έτσι μπορούν να ορίζονται με ακρίβεια τόσο οι ίδιοι όσο και οι μεταξύ τους σχέσεις όπως επίσης και η εφαρμογή λογικών κανόνων στην επεξεργασία τους και την εκμετάλλευση τους προς την δημιουργία συμπερασμάτων. Ένα απλουστευμένο παράδειγμα για το

πώς λειτουργεί ο σημασιολογικός ιστός όσον αφορά τις συσχετίσεις μεταξύ πόρων φαίνεται στην επόμενη εικόνα [3].



Εικόνα 2: Συσχέτιση πόρων

## 2.2 Ιστορικό

Ο παγκόσμιος ιστός αποτέλεσε όραμα και δημιούργημα του Tim Barnes Lee ως ένα μέσο το οποίο χρησιμοποιούταν από τους χρήστες του διαδικτύου για την άμεση ανταλλαγή ιδεών και πληροφοριών. Πρωτοεμφανίστηκε το 1989 και είναι πλέον η δημοφιλέστερη εφαρμογή του διαδικτύου. Συντίθεται από ένα μεγάλο πλήθος διασυνδεδεμένων υπερκειμένων. Στα χρόνια που ακολούθησαν μέχρι και σήμερα εξελίχθηκε βαθμό και τρόπο τέτοιο που σήμερα αποτελεί – σχεδόν καθολικά – το συνηθέστερο μέσο αναζήτησης περιεχομένου [3].

Εξέλιξη του παγκοσμίου ιστού αποτέλεσε το WEB 2.0 ως αποτέλεσμα της ευρείας χρήσης των εφαρμογών του διαδικτύου από πολλούς ανθρώπους σε όλον τον κόσμο. Καθώς η πρόσβαση στις διαδικτυακές εφαρμογές γινόταν ολοένα και πιο προσιτή, είτε λόγω της ανάπτυξη της τεχνολογίας (δυνατότητα πρόσβασης από κινητές συσκευές, αύξηση της ταχύτητας μετάδοσης δεδομένων), είτε λόγω της μείωσης του κόστους απόκτησης και συντήρησης του απαραίτητου υλικού και λογισμικού, η χρήση του διαδικτύου επεκτάθηκε και σε εφαρμογές διαφορετικές από τις επιστημονικές ή τις επαγγελματικές. Οι διαδικτυακές εφαρμογές έγιναν ένα μέσο για ψυχαγωγία, έκφραση και

επικοινωνία. Εμφανίστηκαν οι εφαρμογές κοινωνικής δικτύωσης (που παρουσίασαν έντονη διεισδυτικότητα στον πληθυσμό παγκοσμίως), ιστολόγια (blogs), σύνθεση διαδικτυακών κοινοτήτων και η προσθήκη στις διαδικτυακές εφαρμογές δυνατοτήτων προσθήκης σχολίων και αξιολογήσεων εκ μέρους των χρηστών. Έτσι η δημιουργία του περιεχομένου μετατοπίστηκε ως ένα βαθμό στην πλευρά του χρήστη (user generated content). Από την περίοδο αυτή άρχισε η στροφή προς τις εφαρμογές ανοικτού κώδικα αλλά και κάθε άλλη μεθοδολογία καθιστά τον απλό χρήστη (αυτόν που δεν έχει εξειδικευμένες γνώσεις προγραμματισμού) ενεργό συμμετέχοντα στην διαμόρφωση του περιεχομένου (πχ open source content management systems). Εμφανίστηκαν επίσης μεθοδολογίες εξατομίκευσης του περιεχομένου που επιτρέπουν στον τελικό χρήστη να διαμορφώνει την δομή και την εμφάνιση των διεπαφών του όπως επιθυμεί ενώ καταγράφεται η συμπεριφορά του κατά την χρήση των εφαρμογών ώστε η μελλοντικές τους διαδράσεις με αυτήν να προσαρμόζονται ανάλογα. Μία ακόμα καινοτομία ήταν η δυνατότητα ένταξης των περιεχομένων σε πολλαπλές κατηγορίες, κάτι που διευκόλυνε τις διαδικασίες εντοπισμού τους (tagging). Παράλληλα αναπτύχθηκαν τεχνικές που κάνουν τις διαδικτυακές εφαρμογές να δίνουν την εντύπωση στον τελικό χρήστη ότι χειρίζεται εφαρμογές εγκατεστημένες στον υπολογιστή του (Rich Internet Application). Οι διασυνδεδεμένοι διαδικτυακοί πόροι συνθέτουν μία κοινή πλατφόρμα από υπηρεσίες και δεδομένα που μπορεί να επαναχρησιμοποιηθούν. [4].

Το επόμενο βήμα είναι ο παγκόσμιος ιστός να γίνει εξυπνότερος. Το WEB 3.0 αποτελεί μία προσπάθεια εν εξελίξει προς την κατεύθυνση αυτή. Το διαδικτυακό περιεχόμενο τείνει να αποκτήσει μορφή τέτοια που να είναι επεξεργάσιμο χωρίς να είναι απαραίτητη η ανθρώπινη επέμβαση [5]. Στην προσπάθεια αυτή εντάσσεται και ο σημασιολογικός ιστός, η κεντρική ιδέα του οποίου θέλει τις διαδικτυακές εφαρμογές να είναι σε θέση όχι μόνο να κατανοούν την δομή και το είδος του περιεχομένου αλλά και την ουσία του. Ο σημασιολογικός ιστός επιδιώκει την εκπαίδευση του λογισμικού ώστε να είναι σε θέση να προσομοιώσει την ανθρώπινη συμπεριφορά και σκέψη και να καταστεί ικανό να υποκαταστήσει με αυξημένη ακρίβεια την επεξεργασία και την αξιολόγηση που γίνεται στο διαδικτυακό περιεχόμενο από τον άνθρωπο [6]. Στον σημασιολογικό ιστό τα δεδομένα θα διασυνδέονται μεταξύ τους με σχέσης

της μορφής Υποκείμενο-Ρήμα-Κατηγορημα με τρόπο τέτοιο που να είναι εφικτή η μηχανική απόδοση νοήματος σε αυτά. Τα νοήματα θα απορρέουν από την εκμετάλλευση οντολογιών που θα χρησιμοποιούνται για την οργάνωση και ιεράρχηση της σημασίας τους. Η σχετική τεχνολογία που αναπτύσσεται για τον σκοπό αυτό είναι γνωστή ως Διασυνδεδεμένα Ανοιχτά Δεδομένα (Linked Open Data) που χρησιμοποιεί τεχνολογίες όπως Resource Description Framework (RDF), Ontology Web Language (OWL), Simple Knowledge Organization System (SKOS) και Protocol and RDF Query Language (SPARQL) [7].

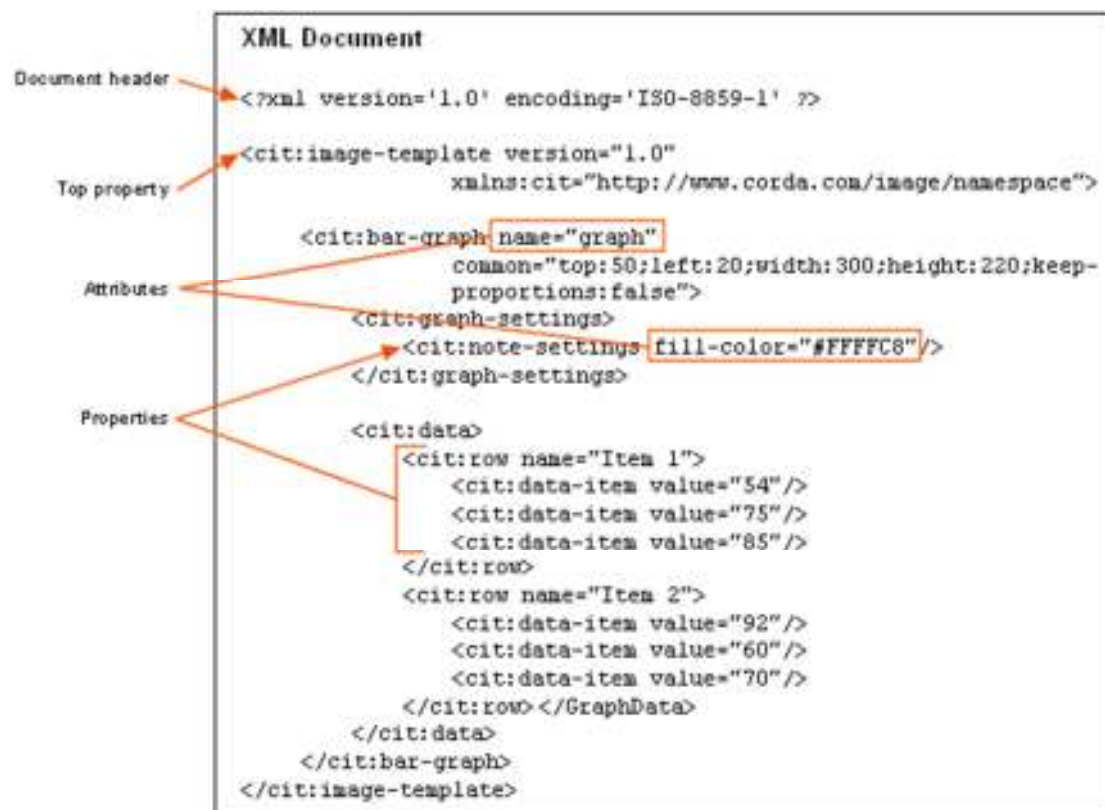
## **2.3 Τεχνολογίες του Σημασιολογικού Ιστού**

### **2.3.1 XML**

Η Extensible Markup Language αναπτύχθηκε το 1996 από το World Wide Consortium (W3C). Αποτελεί υποσύνολο της γλώσσας Standard Generalized Markup Language (SGML). Η XML είναι μία ευέλικτη και τυποποιημένη μετά-γλώσσα με σκοπό την περιγραφή των γλωσσών χαρακτηρισμών (markup language) που χρησιμοποιούν ετικέτες (tags) για τον καθορισμό της δομής των δεδομένων. Με αυτήν πραγματοποιείται ο διαχωρισμός των δεδομένων ενός εγγράφου από τον κώδικα που καθορίζει τον τρόπο προβολής τους κάτι που διευκολύνει την χρήση τους σε διαδικασίες προγραμματισμού. Σαν γλώσσα γενικά είναι απλή στην χρήση της, δεν εξαρτάται από κάποιο λειτουργικό σύστημα, συγκεκριμένη τεχνολογία ή κατασκευαστή και είναι συμβατή με ένα μεγάλο πλήθος εργαλείων ανάπτυξης λογισμικού, γλωσσών προγραμματισμού, πρωτοκόλλων και εφαρμογών. Η σωστή χρήση της εξασφαλίζει ότι οποιοσδήποτε XML parser θα μπορεί να διαβάσει και να αποδίδει οποιοδήποτε XML αρχείο ενώ θα είναι εύκολα αναγνώσιμη και από τον άνθρωπο. Η υιοθέτηση της XML ως πρότυπο για την ανάπτυξη και υποστήριξη διαφόρων τεχνολογιών, μεθοδολογιών και πρωτοκόλλων είναι πολύ μεγάλη και έτσι η κοινότητα του διαδικτύου είναι πλέον αρκούντως εξοικειωμένη με αυτήν. Συνήθως χρησιμοποιείται στο επίπεδο ανταλλαγής

δεδομένων, αλλά και για τον καθορισμό του μετά-περιεχομένου (meta-content). [8][9][10].

Στην επόμενη εικόνα φαίνεται ένα παράδειγμα XML εγγράφου:



Εικόνα 3: Παράδειγμα XML εγγράφου (<http://www.perfectxml.com/mspress/xmlstep.asp>)

### 2.3.2 Resource Description Framework

Το Resource Description Framework (RDF) είναι ένα μοντέλο δεδομένων σχεδιασμένο για την περιγραφή μεταδεδομένων που περιγράφουν διαδικτυακούς πόρους. Εξυπηρέτησε την ανάγκη για αποδοτική διαλογή των μεγάλου όγκου συνόλων αποτελεσμάτων αναζητήσεων του διαδικτύου. Όπως έχει ήδη αναφερθεί η επέκταση του διαδικτύου σε πόρους, χρήστες και υπηρεσίες δημιούργησε πληθώρα περιεχομένου που πλέον δυσχεραίνει τον εντοπισμό του ωφέλιμου μέρους των αποτελεσμάτων των αναζητήσεων. Τα φίλτρα που χρησιμοποιούνται από τους μηχανισμούς αναζήτησης χρειάζεται να είναι σε τέτοια μορφή που να μπορούν να αναγνωρίζονται και από τον άνθρωπο και τον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Αυτήν την διτή απαίτηση επιχειρεί να καλύψει το RDF αφού η σύνταξη του είναι απολύτως συμβατή με την SGML

και την XML (γλώσσες με συντακτικό κατανοητό τόσο από τον άνθρωπο όσο και από τις μηχανές) [8].

Η χρήση της RDF για την σημασιολογική περιγραφή των διαδικτυακών πόρων εξυπηρετεί την διαλειτουργικότητα των διαφόρων τύπων πληροφοριακών συστημάτων, τον διαμοιρασμό των περιγραφών των πόρων του διαδικτύου με μεταδεδομένα, την επέκταση των υπάρχοντων προτύπων ώστε να ανταποκρίνονται σε κάθε ανάγκη. Με τον τρόπο αυτό εξυπηρετείται η απαίτηση για επεξεργασία των διαδικτυακών πόρων με ακρίβεια αλλά και η ανταλλαγή τους μεταξύ διαφορετικών διεργασιών που μπορεί να τρέχουν ακόμα και σε διαφορετικά πληροφοριακά συστήματα.

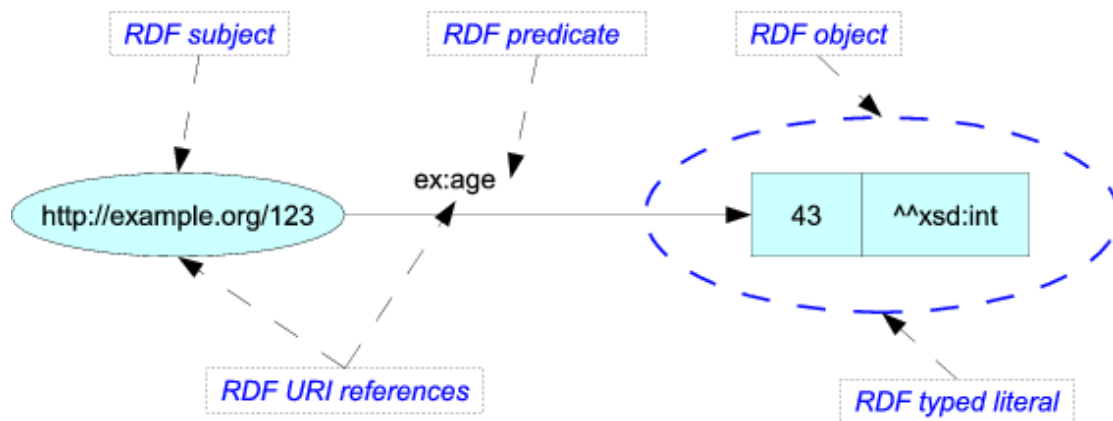
Η στοιχειώδης ολοκληρωμένη μονάδα πληροφορίας στα RDF έγγραφα είναι η πρόταση. Συχνά μία πρόταση συντάσσεται με βάση τα πρότυπα της XML και περιλαμβάνει τρία μέρη:

- Πόροι (Resources): οντότητες προσβάσιμες από τον παγκόσμιο ιστό. Περιγράφονται από τις εκφράσεις του RDF και διακρίνονται μοναδικά από το URI τους ή από κάποιο άλλο μοναδικό αναγνωριστικό (ID).
- Ιδιότητες (Properties): Είναι κατηγορήματα που οι τιμές τους προσδιορίζουν τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες κάθε πόρου. Περιγράφει το είδος της συσχέτισης μεταξύ ενός υποκειμένου και ενός αντικειμένου σε μία έκφραση RDF.
- Δηλώσεις (Statements): Με τις δηλώσεις αντιστοιχίζονται οι ιδιότητες σε πόρους και αντιστοιχούν στις προτάσεις RDF. Συντάσσονται σε τριάδες της μορφής: ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΟ (πόρος) – ΚΑΤΗΓΟΡΗΜΑ – ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ (πόρος ή literal<sup>1</sup>). [11][12]

Μία πρόταση RDF αναπαρίσταται και ως κατευθυνόμενος γράφος όπου ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΟ και ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ αποτελούν κόμβους του και η ΙΔΙΟΤΗΤΑ είναι η ακμή που τα συνδέει με κατεύθυνση από το υποκείμενο προς το αντικείμενο όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

---

<sup>1</sup> Μία συγκεκριμένη τιμή από ένα δεδομένο πεδίο ορισμού και με μία συγκεκριμένη δομή



Εικόνα 4: Γραφική αναπαράσταση πρότασης οντολογίας (<http://dublincore.org/documents/dc-rdf/>)

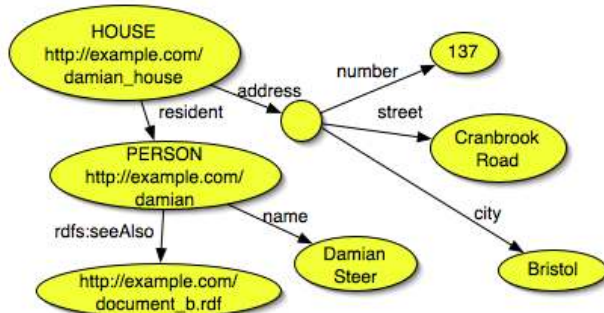
Τα πλεονεκτήματα της περιγραφής των διαδικτυακών πόρων με το πρότυπο RDF συνοψίζονται στα εξής:

- Η ανταλλαγή και η μετάδοση μεταδεδομένων γίνεται ευκολότερα και ταχύτερα ακόμα και μεταξύ ετερογενών πληροφορικών συστημάτων ή λειτουργικών μονάδων.
- Η αποθήκευση τους μπορεί να γίνεται τόσο ως αρχεία στο file system των λειτουργικών συστημάτων που τρέχουν ή σε βάσεις δεδομένων.
- Τα έγγραφα που αναπτύσσονται με RDF μπορεί να επαναχρησιμοποιούνται αφού δομούνται σε ιεραρχίες κλάσεων.
- Είναι εφικτή η περιγραφή των ίδιων των μεταδεδομένων δίνοντας έτσι την δυνατότητα για μία ολοκληρωμένη περιγραφή των διαδικτυακών πόρων.

Ένα μειονέκτημα των εγγράφων RDF είναι η πολυπλοκότητα των εγγράφων που περιγράφουν τις οντολογίες, ως προς το συντακτικό τους. Οι τιμές των ιδιοτήτων συχνά είναι άλλοι πόροι (υποδηλώνουν την συσχέτιση του περιγραφόμενου πόρου με άλλους), η απόδοση των οποίων γίνεται συχνά με μεγάλο μήκος συμβολοσειρές. Επίσης πολλές φορές χρειάζεται να αποδίδονται τιμές σε ιδιότητες με πολλαπλά ορίσματα κάτι που σημαίνει την σύνταξη πολλαπλών προτάσεων για κάθε μία από αυτές.. Ωστόσο το μειονέκτημα αυτό αμβλύνεται σε ικανοποιητικό βαθμό από την ύπαρξη εργαλείων που αυτοματοποιούν την δημιουργία, την ανάγνωση και επεξεργασία οντολογιών που έχουν αναπτυχθεί σε RDF.



Οι τριπλέτες της σημασιολογίας των εγγράφων RDF εκφράζονται με προτάσεις που σχηματίζονται με XML tags. Μπορούν να περιγράφουν και με κατευθυνόμενους γράφους. Κάθε κόμβος του γράφου που αποτελεί αφητηρία ακμής αναπαριστά έναν πόρο. Κάθε μία ακμή αποτελεί μία ιδιότητα του πόρου ενώ οι κόμβοι προορισμού αυτής αποτελεί την τιμή της ιδιότητας. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένα παράδειγμα τέτοιας αναπαράστασης καθώς και η αντιστοιχία του γράφου σε XML σύνταξη με τους κανόνες της RDF [12][13].



**Εικόνα 5: RDF με αναπαράσταση γράφου** (<http://www.hpl.hp.com/techreports/2003/HPL-2003-10files/HPL-2003-10.html>)

Στο παράδειγμα αυτό απεικονίζεται ένα οίκημα το οποίο βρίσκεται σε μία διεύθυνση (Street: Cranbrook Road, Number: 137, City: Bristol) και κατοικεί έναν άνθρωπος με Name: Damian Steer και για τον οποίο μπορεί να ληφθούν περισσότερες πληροφορίες από άλλο RDF έγγραφο.

Η παραπάνω αναπαράσταση σε RDF έγγραφο βασισμένο σε XML θα είχε την μορφή:

```
<House rdf:resource="http://example.com/damian_house">
  <address parseType="resource">
    <number>137</number>
    <street>Cranbrook Road</street>
    <city>Bristol</city>
  </address>
  <resident>
    <Person rdf:resource="http://example.com/damian">
      <name>Damian Steer</name>
      <mailbox rdf:resource="mailto:damian@example.com"/>
      <rdfs:seeAlso
rdf:resource="http://example.com/document_b.rdf"/>
    </Person>
  </resident>
</House>
```

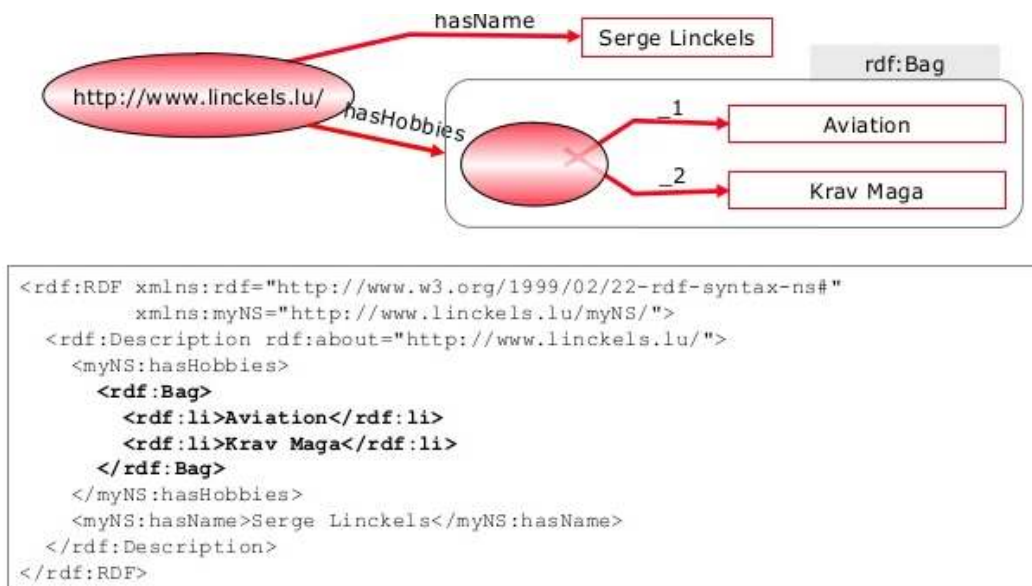
Στο παραπάνω παράδειγμα παρουσιάζονται τα κύρια δομικά στοιχεία που συνθέτουν ένα RDF έγγραφο. Αποτελείται από ένα στοιχείο `<rdf:RDF>` το οποίο είναι το στοιχείο-ρίζα του εγγράφου και μπορεί να περιλαμβάνει ένα σύνολο από περιγραφές. Κάθε περιγραφή αντιστοιχίζεται σε ένα στοιχείο `<rdf:Description>` και με το χαρακτηριστικό `"rdf:about"`, προσδιορίζει τον πόρο που αφορά. Στο στοιχείο `<rdf:RDF>` μπορεί να περιλαμβάνονται και αναφορές σε namespaces <sup>2</sup>, με πρώτο τον χώρο ονομάτων `RDF:xmlns:rdf=http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#`. Τα υπόλοιπα namespaces που μπορεί να αναφέρονται αντιστοιχούν σε άλλα έγγραφα RDF που ορίζουν τις προδιαγραφές περιγραφής και τις περιγραφές πόρων που μπορεί να χρησιμοποιούνται στο τρέχον RDF έγγραφο. Όταν πρέπει να δημιουργηθεί ένας νέος πόρος, στην ετικέτα του πόρου του χρησιμοποιείται η ιδιότητα ID και της αποδίδεται ένα μοναδικό αναγνωριστικό.. Για την χρήση literals σαν υποκείμενα σε προτάσεις RDF δεν προβλέπονται προκαθορισμένοι τύποι δεδομένων αλλά μπορούν να αντιστοιχίζονται σε οποιονδήποτε τύπο δεδομένων μπορεί να αντιστοιχηθεί από ένα URI. Η ετικέτα `rdf:type` αντιστοιχεί στον περιγραφέντα πόρο σε μία κλάση πόρων και οι τιμές του έχουν την μορφή URI. Το URI αυτό σε μία ετικέτα `rdf:description` προσδιορίζει το `rdf:about` ή το `rdf:id` του πόρου.

Στις περισσότερες περιπτώσεις χρειάζεται να δημιουργηθούν συλλογές από πόρους ή literals που ονομάζονται RDF Containers. Οι συλλογές αυτές διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Bag: Πρόκειται για ένα σύνολο πόρων ή literals που χρησιμοποιείται όταν μία ιδιότητα μπορεί να έχει πολλαπλές τιμές. Στην περίπτωση αυτή δεν είναι σημαντική η σειρά με την οποία παρατάσσονται οι πόροι αυτοί μέσα στο σύνολο. Ένα παράδειγμα bag φαίνεται στην παρακάτω εικόνα όπου από την rdf έκφραση περιγράφεται ένας άνθρωπος ο οποίος μεταξύ άλλων χαρακτηρίζεται από τα χόμπι η σειρά αναγραφής των οποίων δεν έχει σημασία:

---

<sup>2</sup>Ένα namespace αποτελεί ένα σύνολο από κλάσεις και ιδιότητες στο οποίο αποδίδεται ένα μοναδικό αναγνωριστικό. Είναι το ίδιο ένα RDF σχήμα. Με τη χρήση ενός XML namespace τα χρησιμοποιούμενα ονόματα αναγνωρίζονται από το URI του σχήματος, στο οποίο ορίζονται ως διαδικτυακοί πόροι και μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν.



Εικόνα 6: Παράδειγμα rdf:bag (<http://www.slideshare.net/SergeLinckels/semantic-web-rdf-15726393>)

- Sequence: Με τον τρόπο αυτό περιγράφονται σύνολα των οποίων η αναγραφή των στοιχείων τους είναι σημαντική για την σημασιολογία τους. Στο παρακάτω παράδειγμα η σειρά αναγραφής των μελών του συγκροτήματος δείχνει και την ιεραρχία τους:

```

<?xml version="1.0"?>

<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:cd="http://www.recshop.fake/cd">

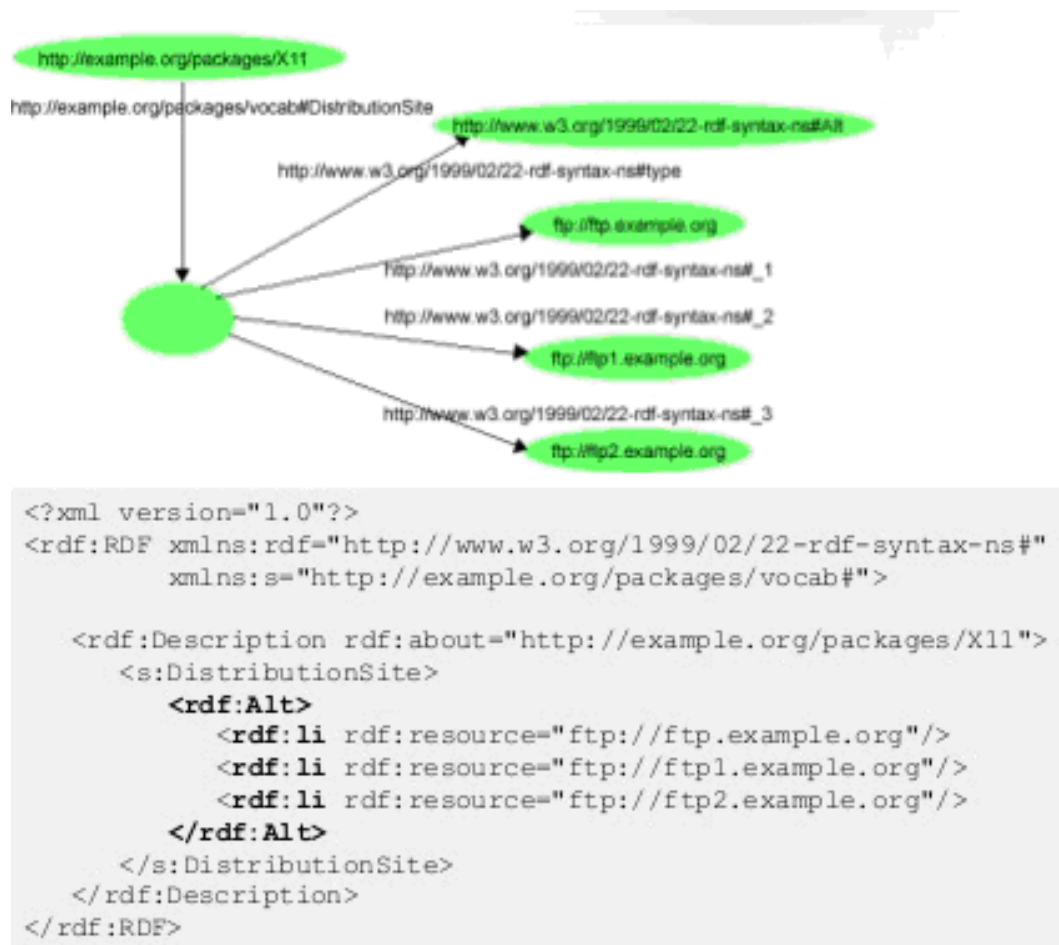
<rdf:Description rdf:about="http://www.recshop.fake/cd/Beatles_For_Sale">
  <cd:artist>
    <rdf:Seq>
      <rdf:li>John</rdf:li>
      <rdf:li>Paul</rdf:li>
      <rdf:li>George</rdf:li>
      <rdf:li>Ringo</rdf:li>
    </rdf:Seq>
  </cd:artist>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>

```



Εικόνα 7: Παράδειγμα rdf:seq (<http://www.slideshare.net/pdeleenh/open-standards-for-the-semantic-web-xml-rdfs-owl-soap>)

- Alternative: Η περίπτωση αυτή δήλωσης συνόλων πόρων ή literals είναι κατάλληλη όταν μία ιδιότητα μπορεί να πάρει κάποια από τις τιμές μίας λίστας. Η πρώτη από τις καταγεγραμμένες τιμές είναι εκείνη που λαμβάνει εξ' ορισμού. Στο επόμενο παράδειγμα περιγράφονται τα εναλλακτικά URL που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόσβαση σε συγκεκριμένο περιεχόμενο.



Εικόνα 8: Παράδειγμα rdfs:seq (<http://www.slideshare.net/onlyjiny/the-semantic-web-4-rdf-2>)

Το RDF Schema αποτελεί ένα πρότυπο σημασιολογικής επέκτασης του RDF. Αποτελεί στην πραγματικότητα μέρος του RDF για την περιγραφή του λεξιλογίου του ορίζοντας τον τρόπο με τον οποίο αποδίδεται η σημασιολογία στο θεματικό πεδίο που προδιαγράφει. Η περιγραφή των πόρων προϋποθέτει την ανάπτυξη κλάσεων πόρων. Το RDFS προσδιορίζει τις μορφές τους, τις

ιδιότητες που χρειάζεται να περιλαμβάνουν και τις σχέσεις που διέπουν τα στιγμιότυπα τους.

Οι κλάσεις ομαδοποιούν σημασιολογικά ομοειδείς πόρους. Η σημασιολογική τους εγγύτητα καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά των κλάσεων καθώς επίσης και τους περιορισμούς και τις ιδιότητες αυτών (πχ τύποι δεδομένων, πεδία τιμών). Οι κλάσεις μπορεί να συσχετίζονται μεταξύ τους με ιεραρχικές σχέσεις ή σχέσεις σύνθεσης. Στην πρώτη περίπτωση κλάσεις πόρων μπορεί να είναι εξειδικεύσεις ή γενικεύσεις άλλων κλάσεων πόρων. Η δομή της ιεραρχίας κλάσεων επιτρέπει σε μία κλάση να έχει περισσότερες της μία υπερκλάσεις. Αντιστρόφως μία κλάση μπορεί να έχει καμία, μία ή περισσότερες υποκλάσεις. Οι υποκλάσεις κληρονομούν από τις υπερκλάσεις τους τα χαρακτηριστικά τους. Στην δεύτερη περίπτωση η περιγραφή των πόρων μίας κλάσης μπορεί να εμπεριέχει την ύπαρξη ενός ή περισσότερων πόρων άλλης ή άλλων κλάσεων. [12][13][14][15].

### 2.3.3 Ontology Web Language

Όπως προαναφέρθηκε, οι γλώσσες RDF και RDFS παρουσιάζουν μειονεκτήματα εκφραστικότητας που τις κάνει ανίσχυρες στην απόδοση συλλογιστικής. Τα προβλήματα που επιχειρεί να αντιμετωπίσει η προσέγγιση της OWL συνοπτικά είναι:

- Ορισμός εμβέλειας ιδιοτήτων τοπικά: Οι RDF και RDFS δεν έχουν την δυνατότητα να ορίζουν διαφορετικούς περιορισμούς σε μία ιδιότητα κλάσης ανάλογα με το που αυτή χρησιμοποιείται. Έτσι όταν απαιτείται να υπάρχει διαφοροποίηση χρειάζεται να οριστούν οι περιορισμοί εκ νέου.
- Απουσία συσχέτισης κλάσεων: Δεν δύνανται τα RDF και RDFS έγγραφα να προσδιορίσουν ρητά την απουσία συσχέτισης μεταξύ δύο κλάσεων καθώς δεν προβλέπεται να δηλωθεί ότι ένα στιγμιότυπο της μίας δεν μπορεί να είναι στιγμιότυπο της άλλης.
- Αδυναμία πράξεων συνόλων μεταξύ των κλάσεων: Οι RDF και RDFS δεν δίνουν την δυνατότητα του ορισμού κλάσεων πόρων ή

literals που προκύπτουν από την τομή, ένωση ή διαφορά δύο ή περισσότερων άλλων κλάσεων.

- Μη ύπαρξη δυνατότητας έκφρασης πληθικής συμμετοχής στις συσχετίσεις: Ούτε η RDF ούτε η RDFS προβλέπουν κάποιον μηχανισμό με τον οποίο να είναι δυνατή η δήλωση του ότι μία ιδιότητα μπορεί να λάβει περισσότερες της μίας διακριτές τιμές. Αδυναμία έκφρασης πληθικών εκφράσεων: Οι RDF και RDFS δεν έχουν την δυνατότητα να εκφράσουν το πλήθος των διακριτών τιμών που μπορεί να λάβει μια ιδιότητα από το πεδίο ορισμού της.
- Απουσία εκφράσεων μεταβατικών ιδιοτήτων: Οι ιδιότητες που περιγράφονται στις RDF και RDFS δε μπορούν με κάποιον τρόπο να δηλωθούν ως μεταβατικές.
- Αδυναμία προσδιορισμού μοναδικότητας ιδιότητας: Δεν είναι δυνατός ο προσδιορισμός μίας ιδιότητας ως εκείνη η οποία λαμβάνει μοναδικές τιμές για έναν δεδομένο πόρο.
- Απουσία αντιστρόφων εκφράσεων: Δεν είναι δυνατός προσδιορισμός αντίστροφη συσχέτισης μεταξύ δύο κλάσεων.

Η OWL αμβλύνει τις αδυναμίες των RDF και RDFS διατηρώντας τα πλεονεκτήματά τους στο ακριβή καθορισμό του λεξικού των οντολογιών. Αποτελεί και αυτή μια σημασιολογική γλώσσα σήμανσης που εξυπηρετεί την ανάπτυξη και διανομή οντολογιών στον παγκόσμιο ιστό. Ενισχύει την περιγραφή των οντολογιών με εκφράσεις που περιγράφουν συλλογισμό. Έχει δηλαδή την δυνατότητα να παράγει επαγωγικά γνώση μέσω των εκφράσεων της. Στις περιπτώσεις αυτές η σημασιολογία υπονοείται και δεν παρέχεται αυτούσια. Υποστηρίζει επίσης την επαναχρησιμοποίηση και την επέκταση κλάσεων που έχουν οριστεί και χρησιμοποιηθεί σε άλλα OWL έγγραφα.

Υπάρχουν τρεις διαφορετικές εκδόσεις της OWL για την εξυπηρέτηση διαφορετικών απαιτήσεων από την ανάπτυξη μιας οντολογίας. Κάθε έκδοση διαφέρει από τις υπόλοιπες από το επίπεδο ακρίβειας διατύπωσης και της

πολυπλοκότητας των εκφράσεων της. Οι εκδόσεις αυτές (οι οποίες έχουν μεταξύ τους σχέση συνόλου – υποσυνόλου <sup>3</sup>) είναι οι παρακάτω:

- **OWL Full:** Αποτελεί το υπερσύνολο όλων των άλλων εκδόσεων. Περιλαμβάνει όλες τις εκφράσεις της OWL χωρίς περιορισμούς. Επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί ότι στόχος είναι η δημιουργία οντολογιών με υψηλό επίπεδο ακρίβειας χωρίς να αποτελεί άκρως σημαντικό παράγοντα η ελαχιστοποίηση της πολυπλοκότητας διαχείρισης της οντολογίας (το κόστος επίτευξης της μέγιστης ακρίβειας είναι η αύξηση της πολυπλοκότητας των διαδικασιών δημιουργίας και επεξεργασίας της οντολογίας καθώς χρειάζεται να αναπτυχθούν και να επεξεργαστούν πολύπλοκες εκφράσεις). Η αύξηση των επιπέδων της πολυπλοκότητας των εγγράφων της OWL περιορίζει ανάλογα και την δυνατότητα δημιουργίας επαγωγικής γνώσης.
- **OWL DL:** Στην έκδοση αυτή της OWL είναι επίσης διαθέσιμες όλες οι εκφράσεις της OWL με ορισμένους περιορισμούς ως προς τον τρόπο χρήσης τους. Με την OWL DL αναπτύσσονται οντολογίες με αρκετά ικανοποιητική εκφραστικότητα – μικρότερης ακρίβειας σε σχέση με την OWL Full. Οι οντολογίες αυτές μπορούν να επεξεργαστούν αποδοτικότερα (σε σχέση με OWL Full) και έτσι ευκολότερα να χρησιμοποιηθούν για συμπερασμό γνώσης. Είναι υποσύνολο της OWL Full και υπερσύνολο της OWL Lite.
- **OWL Lite:** Αποτελεί την απλούστερη έκδοση της OWL. Περιλαμβάνει τις απαραίτητες εκφράσεις για τον ορισμό απλών ιεραρχιών κλάσεων και περιορισμών. Στην χρήση των εκφράσεων αυτών επιβάλλονται περιορισμοί με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ευέλικτες και ελαφριές οντολογίες που είναι εύκολα και αποδοτικά επεξεργάσιμες (με κόστος στην ακρίβεια των δηλώσεων που περιλαμβάνονται στην οντολογία που περιγράφουν). Το γεγονός αυτό διευκολύνει την παραγωγή

---

<sup>3</sup> Κάθε οντολογία γραμμένη σε OWL Lite αποτελεί έγκυρη οντολογία OWL DL και κάθε έγκυρη οντολογία OWL DL αποτελεί έγκυρη οντολογία OWL Full.

συμπερασμάτων ως αποτέλεσμα της επεξεργασίας τους. Χαρακτηριστικό της έκδοσης αυτής είναι ότι οι οντολογίες που σχηματίζονται είναι αναγνώσιμες από τον άνθρωπο. Αποτελεί υποσύνολο των άλλων δύο εκφράσεων.

Στο επόμενο σχήμα φαίνεται η σχέση μεταξύ τους.



**Εικόνα 9: Εκδόσεις της OWL και η σχέση τους**

Τα στοιχεία σύνταξης εγγραφών OWL είναι ίδια με αυτά των RDF και RDFS. Έτσι το στοιχείο ρίζα κάθε OWL εγγράφου είναι ένα `rdf:RDF` στοιχείο. Σε αυτό καταγράφονται τα χρησιμοποιούμενα namespaces. Στο αμέσως στοιχείο - το `owl:Ontology` περιγράφεται το ίδιο το έγγραφο με τους ορισμούς των περιγραφών των οντολογιών που είναι απαραίτητες στο έγγραφο (μεταβατική ετικέτα `owl:import` που κάνει διαθέσιμη μία οντολογία στο παρόν έγγραφο και κάθε άλλη που περιγράφεται σε αυτές `owl:import`). Οι κλάσεις ορίζονται στην OWL με την ετικέτα `owl:Class` (αποτελεί υποκλάση της `rdfs:Class`). Με την ετικέτα `owl:disjointWith` δηλώνεται η απόλυτη απουσία συσχέτισης μεταξύ δύο κλάσεων ενώ αντιθέτως με την `owl:equivalentClass` δηλώνεται η ισοδυναμία κλάσεων. Οι ιδιότητες στην OWL διακρίνονται σε ιδιότητες συσχέτισης αντικειμένων - χρησιμοποιείται η έκφραση `owl:ObjectProperty` για την συσχέτιση αντικειμένων κλάσεων - και συσχέτισης τύπων δεδομένων - χρησιμοποιείται η έκφραση `owl:DatatypeProperty` για την συσχέτιση τιμών από ένα συγκεκριμένο πεδίο ορισμού με αντικείμενα (υποστηρίζονται οι τύποι δεδομένων που ορίζονται στο XML Schema). Υπάρχει αντίστοιχα η δυνατότητα για ορισμός αντιστρόφων ιδιοτήτων με την χρήση του στοιχείου `owl:inverseOf` ή ισοδυνάμων ιδιοτήτων με χρήση του στοιχείου `owl:equivalentProperty`. Το στοιχείο `owl:TransitiveProperty` χρησιμοποιείται για



τη δήλωση μεταβατικών συσχετίσεων και το στοιχείο owl:SymmetricProperty για τον προσδιορισμό συμμετρικών συσχετίσεων. Ο συντάκτης ενός OWL εγγράφου μπορεί να ορίζει πολλαπλά πεδία ορισμού και πολλαπλά πεδία τιμών για τις ιδιότητες που χρησιμοποιεί. Είναι δυνατό να δηλωθεί ότι μία ιδιότητα μπορεί να λάβει μόνο μία τιμή από το πεδίο ορισμού της για συγκεκριμένο στιγμιότυπο με την χρήση της ετικέτας με το στοιχείο owl:FunctionalProperty και ότι μπορεί να προσδιορίζει μοναδικά ένα στιγμιότυπο με την ετικέτα owl:InverseFunctionalProperty. Σε μία κλάση μπορεί να οριστεί να περιλαμβάνονται μόνο αντικείμενα τα οποία έχουν τιμές χαρακτηριστικών τέτοιες που να ικανοποιούν συγκεκριμένους περιορισμούς με την χρήση της ετικέτας owl:Restriction. Όταν γίνεται χρήση της δυνατότητας αυτής πρέπει να καθορίζονται οι προελεύσεις των τιμών που θα λαμβάνουν τα χαρακτηριστικά αυτά. Οι προελεύσεις τους καθορίζονται από τα στοιχεία που περιλαμβάνονται στο owl:objectproperty ως εξής:

- owl:hasValue: Αντιστοιχίζεται η τιμή που ρητά δίνεται.
- owl:allValuesFrom: Οι τιμές προέρχονται από την κλάση που είναι το αντικείμενο της ιδιότητας.
- owl:someValuesFrom: Στις τιμές που λαμβάνονται περιλαμβάνεται τουλάχιστον μία από την κλάση που είναι το αντικείμενο.

Επιπλέον μπορεί να καθορίζονται οι ακόλουθοι περιορισμοί όσον αφορά τη πληθική συμμετοχή στις συσχετίσεις:

- owl:minCardinality: Η ετικέτα αυτή χρησιμοποιείται για να προσδιοριστεί το ελάχιστο πλήθος τιμών μπορεί να αντιστοιχηθεί σε μία ιδιότητα.
- owl:maxCardinality: Η ετικέτα αυτή χρησιμοποιείται για να προσδιοριστεί το μέγιστο πλήθος τιμών μπορεί να αντιστοιχηθεί σε μία ιδιότητα.
- owl:cardinality: Η ετικέτα αυτή χρησιμοποιείται για να προσδιοριστεί το ακριβές πλήθος τιμών μπορεί να αντιστοιχηθεί σε μία ιδιότητα.

- owl:oneOf: Η ετικέτα αυτή χρησιμοποιείται για να οριστεί ότι η τιμή μπορεί να περιλαμβάνεται σε ένα σύνολο πεπερασμένου πλήθους στοιχείων.

Μπορούν να ορίζονται κλάσεις ως αποτελέσματα πράξεων συνόλων μεταξύ ήδη δηλωμένων κλάσεων. Οι τελεστές που χρησιμοποιούνται για αυτό είναι:

- owl:unionOf: Καθορίζει κλάση σαν ένωση των κλάσεων που συσχετίζει.
- owl:intersectionOf: Καθορίζει κλάση σαν τομή των κλάσεων που συσχετίζει.
- owl:complementOf: Καθορίζει κλάση σαν το συμπλήρωμα μιας κλάσης.

Στην OWL τα αντικείμενα μπορεί να δηλωθούν ρητά ότι διαφέρουν μεταξύ του με την δήλωση owl:differentFrom ή των owl:AllDifferent και owl:distinctMembers όταν χρειάζεται να οριστεί μεγάλος αριθμός αντικειμένων[11][13][16][17].

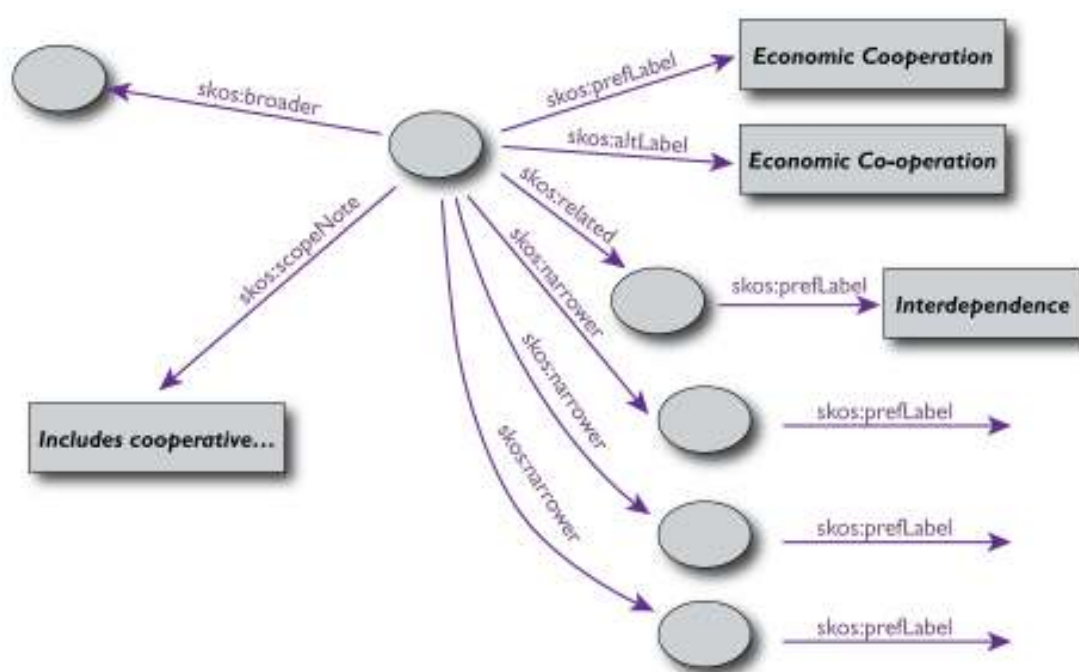
### 2.3.4 Simple Knowledge Organization System

Το SKOS είναι ένα πρότυπο που χρησιμοποιείται για τον διαμοιρασμό δεδομένων γεφυρώνοντας διαφορετικές θεματικές περιοχές γνώσης, τεχνολογίες και πρακτικές. Προσφέρει μια χαμηλού κόστους (με όρους οικονομικούς αλλά και διαθεσιμότητας πόρων) διασύνδεση των πληροφοριακών συστημάτων των οργανισμών με τον σημασιολογικό ιστό. Παρέχει μία γλώσσα εννοιολογική μοντελοποίησης για την ανάπτυξη και διαμοιρασμό νέων συστημάτων οργάνωσης γνώσης (Knowledge Organization System). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτόνομα ή και σε συνδυασμό με κάποια άλλη τυπικά ορισμένη γλώσσα όπως είναι η OWL. Το συντακτικό της είναι βασισμένο στην RDF.

Στην SKOS οι εννοιολογικοί πόροι αναγνωρίζονται μοναδικά με την χρήση URIs. Μπορούν να περιγράφονται με ετικέτες (label) γραμματοσειρών.

Οι ετικέτες μπορεί να είναι πολλαπλές αντιστοιχίζοντας κάθε στιγμιότυπο τους σε διαφορετικές γλώσσες. Η τεκμηρίωση των πόρων μπορεί να γίνεται με διάφορων τύπων σημειώσεις (notes). Οι εννοιολογικοί πόροι μπορεί να συσχετίζονται μεταξύ τους σημασιολογικά σχηματίζοντας δίκτυα ή ιεραρχίες αλλά και να σχηματίζουν συναφή σύνολα. Μπορεί να συνδυαστεί και με άλλες προσεγγίσεις οντολογικού χειρισμού όπως RDF, OWL κτλ.

Στην επόμενη εικόνα παρουσιάζεται η δομή ενός τμήματος SKOS εγγράφου με την μορφή γράφου [18].



Εικόνα 10: Παράδειγμα SKOS (<http://www.w3.org/2005/Talks/1214-Trento-IH>)

### 2.3.5 Simple Protocol and RDF Query Language (SPARQL)

Ο όρος SPARQL προέρχεται από το ακρωνύμιο των λέξεων Simple Protocol and RDF Query Language. Είναι Σύσταση του W3C από το 2008. Η γλώσσα SPARQL χρησιμοποιείται για την εκτέλεση ερωτημάτων σε οντολογίες που είναι καταχωρημένες σε έγγραφα RDF. Χρησιμοποιείται βασικά για την διαχείριση συνόλων δεδομένων RDF. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και για

την διαχείριση δεδομένων οργανωμένων σε διαφορετικές μορφές (πχ σε σχεσιακές βάσεις δεδομένων). Είναι στην πραγματικότητα μία διεπαφή που δίνει την δυνατότητα επεξεργασίας οντολογικών δεδομένων από εφαρμογές. Η διεπαφή αυτή υλοποιείται με SPARQL engines, ένα ενδιάμεσο λογισμικό μεταξύ εφαρμογών και συνόλων δεδομένων που μπορούν να προσπελαστούν με την γλώσσα SPARQL. Η τρέχουσα έκδοση της είναι η SPARQL 1.1 και προδιαγράφει:

- Τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να συντάσσονται τα ερωτήματα ανά περίπτωση.
- Την σημασιολογία των ερωτημάτων.
- Τον τρόπο με τον οποίο επιστρέφονται τα αποτελέσματα των ερωτημάτων που υποβάλλονται.
- Τον τρόπο με τον οποίο τα ερωτήματα αλλά και τα αποτελέσματα μπορούν να μεταδίδονται μέσω του πρωτοκόλλου HyperText Transfer Protocol (HTTP).
- Τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να συντάσσονται τα ερωτήματα που αφορούν την αλλαγή της κατάστασης των στιγμιότυπων που περιλαμβάνονται στα OWL έγγραφα.
- Τον τρόπο με τον οποίο περιγράφονται οι διαθέσιμες υπηρεσίες της.
- Τον τρόπο διαχείρισης των ερωτημάτων που υποβάλλονται σε οντολογίες καταχωρημένες σε κατανεμημένα περιβάλλοντα.
- Τον τρόπο εξαγωγής της γνώσης που παράγεται επαγωγικά από τις οντολογίες.

Τα έγγραφα RDF δομούν το περιεχόμενο τους σε τριάδες, όπως έχει ήδη αναφερθεί. Κατά συνέπεια και τα ερωτήματα SPARQL βασίζονται στην σύνταξη των τριάδων αυτών.

Στην SPARQL προδιαγράφονται τέσσερις βασικοί τύποι εντολών:

- Επιλογή (SELECT): Σκοπός των εντολών αυτών είναι η ανάκτηση πληροφοριών από οντολογικά έγγραφα. Περιλαμβάνουν κριτήρια

τα οποία θα πρέπει να πληρούν τα δεδομένα που θα ανακτηθούν από την οντολογία.

- Δημιουργία (CONSTRUCT): Δημιουργεί έναν ενιαίο γράφο (η μορφή του οποίου βασίζεται σε συγκεκριμένο πρότυπο). Συγκεντρώνει τα αποτελέσματα μιας ακολουθίας ερωτημάτων, αντικαθιστά τις τιμές των μεταβλητών στο πρότυπο του γραφήματος και συνδυάζει τις τριπλέτες τους σε έναν ενιαίο γράφο.
- Ερώτημα (ASK): Χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό ύπαρξης τριάδων που ικανοποιούν συγκεκριμένα κριτήρια (επιστρέφουν TRUE ή FALSE)
- Περιγραφή (DESCRIBE): Προσφέρουν περιγραφή για οντότητες που ταιριάζουν στα κριτήρια της εντολής. Λαμβάνει δηλαδή τα αποτελέσματα που επιστρέφει ένα ερώτημα και εμφανίζει τις τιμές χαρακτηριστικών των οντοτήτων που περιλαμβάνονται σε αυτό.

Τα κριτήρια στα ερωτήματα στην SPARQL συντάσσονται σε τριπλέτες όπως και η δομή των προτάσεων των RDF εγγράφων. Στην θέση των αναζητούμενων τιμών τοποθετούνται μεταβλητές. Οι μεταβλητές μπορεί να έχουν οποιοδήποτε όνομα και πριν από αυτές προηγείται ο χαρακτήρας '?'. Τοποθετούνται στην θέση των κατηγορημάτων ή των αντικειμένων δηλώνοντας ότι είναι τα στοιχεία που αναζητούνται με την ερώτηση. <sup>4</sup>

```
?y <http://www.w3.org/2001/vcard-rdf/3.0#Family> "Smith"
```

Αναζητούνται τα υποκείμενα που με βάση το κατηγορημα <http://www.w3.org/2001/vcard-rdf/3.0#Family> έχουν ως αντικείμενο Smith. Τα υποκείμενα αποδίδονται στην μεταβλητή y.

Όταν είναι επιθυμητό να περιλαμβάνονται στα κριτήρια περισσότερα του ενός κριτήρια αυτά διαχωρίζονται με '.' Όπως φαίνεται στο παρακάτω παράδειγμα.

```
?y <http://www.w3.org/2001/vcard-rdf/3.0#Family> "Smith" .  
?y <http://www.w3.org/2001/vcard-rdf/3.0#Given> "Jack" .
```

Στην περίπτωση που η τριπλέτα του κριτηρίου έχει το ίδιο υποκείμενο τότε τα κατηγορήματα μπορεί να διαχωρίζονται με τον χαρακτήρα ';'.

```
?x rdf:type ex1:Company ; ex:companyName "C1" ; ex:hasEmail "C1@yahoo.gr"
```

Υπάρχει η δυνατότητα χρήση standards (μία μορφή alias) για να δημιουργούνται πιο ευανάγνωστες εντολές με την λέξη PREFIX όπως φαίνεται στο παρακάτω παράδειγμα:

```
PREFIX vcard: <http://www.w3.org/2001/vcard-rdf/3.0#>  
SELECT ?givenName  
WHERE  
{ ?y vcard:Family "Smith" .  
  ?y vcard:Given ?givenName .  
}
```

Στα ερωτήματα μπορεί να μην προσδιοριστούν το υποκείμενο ή το αντικείμενο οπότε στην περίπτωση αυτή θεωρείται ότι χρησιμοποιείται ένας κενός κόμβος.

Μπορεί επίσης να υποβληθούν φίλτρα με την λέξη FILTER και με την χρήση regular expression. Η σύνταξη των φίλτρων αυτών έχει ως εξής:

```
FILTER regex(?x, "pattern" [, "flags"])
```

όπου pattern είναι η regular expression και flags ειδικές επιλογές για το ταίριασμα των κριτηρίων με τα αποτελέσματα. Στο παρακάτω παράδειγμα αναζητούνται εγγραφές που να περιέχουν το γράμμα r ή R. Τα φίλτρα σε αριθμητικές τιμές χρειάζεται να περιλαμβάνονται μέσα σε παρενθέσεις όπως φαίνεται στο παρακάτω παράδειγμα όπου αναζητούνται εγγραφές που στο πεδίο age έχουν τιμή μεγαλύτερη ή ίση του 24.

```
PREFIX info: <http://somewhere/peopleInfo#>  
SELECT ?resource  
WHERE  
{  
  ?resource info:age ?age .  
  FILTER (?age >= 24)  
}
```

Αν χρειάζεται να γίνει ανάκτηση στοιχείων μόνο σε περίπτωση που αυτά είναι διαθέσιμα χρησιμοποιείται το στοιχείο OPTIONAL. Στην περίπτωση που γίνει χρήση της δεσμευμένης λέξης θα γίνει η ανάκτηση των εγγραφών με τιμή κενή στο πεδίο αυτό και στις εγγραφές όπου δεν υπάρχει καταχωρημένη τιμή. Σε διαφορετική περίπτωση οι εγγραφές χωρίς τιμή στα πεδία αυτά δεν

εμφανίζονται. Η λέξη OPTIONAL είναι δυνατόν να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με φίλτρα. Η λέξη UNION προτιμάται κυρίως σε περιπτώσεις συνένωσης αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα μπορεί να είναι ταξινομημένα, χωρισμένα σε ομάδες, χωρίς διπλότυπα με την χρήση των λέξεων ORDERBY, DISTINCT, OFFSET/LIMIT [19].

### 2.3.6 SPARQL-DL

Οι γλώσσες επερωτήσεων σε οντολογίες διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες: τις RDF BASED και τις DL BASED. Οι πρώτες βασίζονται στην έννοια των τριπλετών RDF και την αντιστοίχιση τους σε RDF γράφους και παρουσιάζουν αδυναμία να εκφράσουν ερωτήματα σε OWL-DL. Ένα λεξικό οντολογίας OWL-DL διακρίνει επτά υποσύνολα:

- Class Names: Τα ονόματα των κλάσεων που περιγράφει ( $V_{CLS}$ ).
- Object Properties: Τις ιδιότητες των αντικειμένων που περιγράφει ( $V_{OP}$ ).
- Data type properties: Τις ιδιότητες των τύπων δεδομένων που προδιαγράφει και χρησιμοποιεί ( $V_{DP}$ ).
- Annotation Properties: Χαρακτηριστικά περιγραφών ( $V_{AP}$ ).
- Individuals: Μεμονωμένα αντικείμενα ( $V_{IND}$ )
- Datatype names: ονόματα τύπων δεδομένων που προδιαγράφει και χρησιμοποιεί ( $V_D$ ).
- Literals: Τιμές που αποδίδονται σε μεταβλητές ( $V_{LIT}$ ).

Με βάση τα υποσύνολα αυτά στα αντίστοιχα έγγραφα περιλαμβάνονται κατάλληλες εκφράσεις οι οποίες μπορούν να περιγράψουν την σημασιολογία οποιασδήποτε οντολογίας. Μία οντολογία μπορεί να περιλαμβάνει πεπερασμένο πλήθος κλάσεων, χαρακτηριστικών και αξιωμάτων. Τα αξιώματα μπορούν να εκφραστούν με συνδυασμού των  $SubClass(C1,C2)$ ,  $SubProperty(C1,C2)$  και  $Transitive(P)$  αξιωμάτων. Μία οντολογία τέτοια χαρακτηρίζεται συνεπής αν μπορεί να εκφράζει όλα τα αξιώματα της σημασιολογίας της. Θα πρέπει μετά την αντικατάσταση των μεταβλητών με τιμές να προκύπτουν εκφράσεις που να είναι έγκυρες για την δεδομένη οντολογία.

Η SPARQL έχει σχεδιαστεί με τρόπο τέτοιο που να αποδίδει τον γράφο που περιγράφει την σημασιολογία σε μια σαφώς καθορισμένη συνεπαγωγή. Αδυνατεί να εξασφαλίσει ότι τα παραγόμενα ερωτήματα είναι συμβατά με την σημασιολογία της οντολογίας OWL-DL στη οποία επιβάλλονται. Δημιουργείται λοιπόν η ανάγκη για την ύπαρξη μίας γλώσσας με συντακτικό τέτοιο που να μπορεί να ανταποκριθεί σε εκτεταμένα ερωτήματα όχι απαραίτητα ατομικά (atomics). Η SPARQL-DL δημιουργήθηκε για να ικανοποιήσει την ανάγκη αυτή.

Η SPARQL-DL δημιουργεί ερωτήματα της μορφής:

$$q \leftarrow \text{Type}(a, C) \mid \text{PropertyValue}(a, p, v) \mid \text{SameAs}(a, b) \mid \text{DifferentFrom}(a, b) \mid \text{EquivalentClass}(C1, C2) \mid \text{SubClassOf}(C1, C2) \mid \text{DisjointWith}(C1, C2) \mid \text{ComplementOf}(C1, C2) \mid \text{EquivalentProperty}(p1, p2) \mid \text{SubPropertyOf}(p1, p2) \mid \text{InverseOf}(p1, p2) \mid \text{ObjectProperty}(p) \mid \text{DatatypeProperty}(p) \mid \text{Functional}(p) \mid \text{InverseFunctional}(p) \mid \text{Transitive}(p) \mid \text{Symmetric}(p) \mid \text{Annotation}(s, pa, o)$$

Όπου αν  $V_O = (V_{cls}, V_{op}, V_{dp}, V_{ap}, V_{ind}, V_D, V_{lit})$  ένα λεξικό OWL-DL,  $V_{bnode}$  και  $V_{var}$  είναι ένα σύνολο ιδιοχαρακτηριστικών και μεταβλητών  $a, b \in V_{uri} \cup V_{bnode} \cup V_{var}$ ,  $v \in V_{uri} \cup V_{lit} \cup V_{bnode} \cup V_{var}$ ,  $p, q \in V_{uri} \cup V_{var}$ ,

$C, D \in S_C \cup V_{var}$ ,  $s \in V_{uri}$ ,  $pa \in V_{ap}$ ,  $o \in V_{uri} \cup V_{lit}$ .

Ένα SPARQL-DL ερώτημα  $q$  είναι ένα πεπερασμένο σύνολο από SPARQL-DL query atoms και μεταφράζεται σαν συνδυασμός των στοιχείων του συνόλου αυτού.

Με τον τρόπο αυτό μπορούν να εκφραστούν ερωτήματα που μπορεί να καλύπτουν οποιαδήποτε απαίτηση.

Μερικά παραδείγματα ερωτημάτων έχουν όπως παρακάτω:

SubClassOf(?c, ex:Student)
Type(?x, and(ex:Student, ex:Employee)),
PropertyValue(?x, ex:name, ?y)
PropertyValue(?x, ex:hasPublication, :y),
PropertyValue(:y, ex:publishedAt, :z),
Type(:z, not(ex:Workshop))



Type(?x, ex:Student), Type(?x, ?c)
SubClassOf(?c, ex:Employee),
ObjectProperty(?p),
PropertyValue(ex:John, ?p, ?v)

Η SPARQL-DL είναι μία γλώσσα επερωτήσεων σε OWL οντολογίες. Πρόκειται για ένα επίπεδο αφαίρεσης της SPARQL. Στην πραγματικότητα τα ερωτήματα που είναι γραμμένα στην γλώσσα αυτή μεταφράζονται σε SPARQL πριν εκτελεστούν από οποιαδήποτε SPARQL engine υποστηρίζει OWL.

Στον επόμενο πίνακα φαίνονται οι εκφράσεις της SPARQL και η έννοια τους με την μορφή RDF γράφων [37].

SPARQL-DL	RDF Graph
Type(a, C)	<a, rdf:type, T(C)>
PropertyValue(a, p, v)	<a, p, v>
SameAs(a, b)	<a, owl:sameAs, b>
DifferentFrom(a, b)	<a, owl:differentFrom, b>
SubClassOf(C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> )	<T(C <sub>1</sub> ), rdfs:subClassOf, T(C <sub>2</sub> ) >
EquivalentClass(C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> )	<T(C <sub>1</sub> ), owl:equivalentClass, T(C <sub>2</sub> ) >
DisjointWith(C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> )	<T(C <sub>1</sub> ), owl:disjointWith, T(C <sub>2</sub> ) >
ComplementOf(C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> )	<T(C <sub>1</sub> ), owl:complementOf, T(C <sub>2</sub> )>
SubPropertyOf(p, q)	<p, rdfs:subPropertyOf, q>
EquivalentProperty(p, q)	<p, owl:equivalentProperty, q>
ObjectProperty(p)	<p, rdf:type, owl:ObjectProperty>
DatatypeProperty(p)	<p, rdf:type, owl:DatatypeProperty>
Functional(p)	<p, rdf:type, owl:FunctionalProperty>
InverseFunctional(p)	<p, rdf:type, owl:InverseFunctional>
Transitive(p)	<p, rdf:type, owl:TransitiveProperty>
Symmetric(p)	<p, rdf:type, owl:SymmetricProperty>
Annotation(s, p <sub>a</sub> , o)	<s, p <sub>a</sub> , o>

Στο παρακάτω παράδειγμα φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο ένα ερώτημα σε SPARQL-DL αντιστοιχεί σε ένα ερώτημα SPARQL.

Type(?x,?t),SubClassOf(?t, Employee),  
 PropertyValue(?x,teacherOf,-:a),PropertyValue(?y,takesCourse,-:a).

```

SELECT ?t,?t,?t
WHERE {
    ?x rdf:type ?t.
  
```

?t rdfs:subClassOf :Employee.

?x :teacherOf \_:a.

?y :takesCourse \_:a .

## **2.4 Αναζήτηση στον σημασιολογικό ιστό**

Ο πιο δημοφιλής σκοπός χρήσης των διαδικτυακών εφαρμογών είναι η αναζήτηση πληροφοριών και πόρων (resources). Η υπερπληθώρα αυτών στον παγκόσμιο ιστό κατέστησε επιτακτική την ανάγκη ανάπτυξης μηχανών αναζήτησης. Σκοπός των μηχανών αναζήτησης είναι να μπορούν να χειρίζονται τα κριτήρια που δέχονται ως είσοδο από τους χρήστες τους αποδοτικά ώστε να τους παρέχουν πλήρη και ακριβή αποτελέσματα. Ο ανταγωνισμός μεταξύ των διαφορετικών μηχανών αναζήτησης έχει αναβαθμίσει τους στόχους τους στο να επιδιώκουν την παροχή αποτελεσμάτων στους χρήστες τους όσο γίνεται εγγύτερα σε αυτά που προσδοκούν. Τις τελευταίες δύο δεκαετίες αυξάνονται με εκθετικούς ρυθμούς οι ποσότητες των διαθέσιμων πληροφοριών και πόρων στο διαδίκτυο κάτι που επηρεάζει αρνητικά την αποδοτικότητα των μηχανών αναζήτησης. Αυτό συμβαίνει διότι η λειτουργία τους βασίζεται στην διατήρηση μεγάλων βάσεων δεδομένων ώστε να διατηρούν περιεχόμενο που έχει δημοσιευθεί στο διαδίκτυο και στο οποίο εκτελείται η αναζήτηση για τον εντοπισμό των λέξεων – κλειδιών. Τα αποτελέσματα που διαμορφώνονται μετά την επεξεργασία των κριτηρίων και την αναζήτηση επιστρέφονται με την μορφή λίστας. Η λίστα αυτή είναι συνήθως ταξινομημένη με σειρά σπουδαιότητας που καθορίζεται από την πολιτική κάθε παρόχου μηχανής αναζήτησης και που υλοποιείται με αντίστοιχο αλγόριθμο. Ο εντοπισμός του σχετικού με τα κριτήρια αναζήτησης περιεχομένου βασίζεται στην ύπαρξη ή μη των λέξεων κλειδιών σε αυτό. Έτσι η συνάφεια των αποτελεσμάτων με αυτό που πραγματικά αναζητά ο χρήστης επαφίεται σε μεγάλο βαθμό στην είσοδο του.

Ο σημασιολογικός ιστός δίνει επιπλέον δυνατότητες στους μηχανισμούς αναζήτησης στον παγκόσμιο ιστό. Καθώς κάθε οντότητα που υπάρχει στον παγκόσμιο ιστό μπορεί να περιγράψει εννοιολογικά και να συσχετιστεί με πολλαπλές σχέσεις με άλλες οντότητες, οι μηχανισμοί αναζήτησης μπορούν να μεταλλαχθούν με τρόπο τέτοιο που να υπάρχει η δυνατότητα να αποδίδουν

σημασιολογικά χαρακτηριστικά στα αποτελέσματα που παρέχουν. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί αν τα κριτήρια αναζήτησης αποκτήσουν και σημασιολογικό περιεχόμενο αποδίδοντας κάποιο ρόλο σε κάθε λέξη που τα απαρτίζουν. Επίσης μπορεί να χαρακτηρίζονται εννοιολογικά αν είναι εφικτή η διαμόρφωση προφίλ αναζητήσεων τόσο αντιστοιχισμένα σε συγκεκριμένους χρήστες όσο και σε συγκεκριμένες μεταβλητές περιβάλλοντος (πχ χρονικές συγκυρίες, τοπικές προελεύσεις των ερωτημάτων) αλλά και η σύγκριση τους με παρελθούσες μορφές κριτηρίων. Με τον τρόπο αυτό αποδίδεται σημασιολογία στα κριτήρια αναζήτησης. Τα σημασιολογικά αυτά χαρακτηριστικά θα πρέπει στην συνέχεια να εξετάζονται σε σχέση με τα αντίστοιχα σημασιολογικά χαρακτηριστικά των υπαρχόντων πόρων.

Η ανάπτυξη οντολογιών και δικτύων διασυνδεδεμένων δεδομένων εξυπηρετεί ακριβώς τους σκοπούς αυτούς. Η αναζήτηση δεν εξελίσσεται σε μία προσπάθεια ταιριάσματος των λεκτικών κριτηρίων με τις αντίστοιχες λέξεις που περιλαμβάνονται στα διαδικτυακά περιεχόμενα. Αντ' αυτού προσανατολίζονται στην εξεύρεση των περιεχόμενων αυτών που περιγράφονται από όρους εννοιολογικούς μέσω των κριτηρίων αναζήτησης. Παράλληλα η παροχή των αποτελεσμάτων δεν αποτελείται από μία ταξινομημένη λίστα περιεχομένων αλλά από πλήρες υπερκείμενο το οποίο μπορεί να μεταφέρει τον χρήστη σε κάθε έννοια που μπορεί να περιγράψει εννοιολογικά το προβληθέν περιεχόμενο. Έτσι το αποτέλεσμα είναι κατά πολύ εγγύτερα στις προσδοκίες του αναζητούντος ενώ παράλληλα παρέχεται και η δυνατότητα επέκτασης της αναζήτησης προς κατευθύνσεις σχετικές με την αρχική αναζήτηση. Η υλοποίηση της διαδικτυακής εφαρμογής επιχειρεί την αναζήτηση εκπαιδευτικών πόρων που βασίζεται στην σύνταξη εννοιολογικών κριτηρίων και την εφαρμογή αυτών σε κατάλληλα δομημένη οντολογία. Παράλληλα δίνει την δυνατότητα για την διασύνδεση των αποτελεσμάτων με άλλους διαδικτυακούς πόρους που περιγράφουν οντότητες που χρησιμοποιούνται για τον περιγραφή των ίδιων των αποτελεσμάτων.

## Κεφάλαιο 3: Ψηφιακό Εκπαιδευτικό Λογισμικό

### 3.1 Περιγραφή

Η ραγδαία τεχνολογική πρόοδος στην Πληροφορική και τις τηλεπικοινωνίες – ειδικότερα σε ότι έχει να κάνει με το διαδίκτυο - βρήκε πάμπολλες εφαρμογές στην εκπαίδευση. Έτσι σημειώθηκαν νέες τάσεις στην διδασκαλία των εκπαιδευτικών αντικειμένων. Χωρίς να εγκαταλειφθούν οι παραδοσιακές μορφές διδασκαλίας, εμφανίστηκαν και υιοθετήθηκαν σε αρκετά μεγάλο βαθμό μεθοδολογίες, μηχανισμοί και μορφές διδασκαλίας που κάνουν ευρεία χρήση των αποτελεσμάτων της τεχνολογικής αυτής προόδου. Στην εκπαιδευτική διαδικασία υπεισιήλθαν τα μαθησιακά αντικείμενα, πόροι οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την ενίσχυση της αποδοτικότητας της διδασκαλίας και που μπορεί να επαναχρησιμοποιηθούν [24]. Για να είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση των μαθησιακών αντικειμένων είναι απαραίτητο αυτά να περιγραφούν με κατάλληλα συστήματα μεταδεδομένων και να παρέχονται μηχανισμοί για τον ακριβή και γρήγορο εντοπισμό τους. Μια ιστοσελίδα με μαθησιακά αντικείμενα ευρέως διαδεδομένη για την χώρα μας είναι το φωτόδενδρο (<http://photodentro.edu.gr/>). Ο σημασιολογικός ιστός και οι τεχνολογίες που αναφέρθηκαν στον Κεφάλαιο 2 προσφέρουν ακριβώς αυτές τις υπηρεσίες.

Η ανάπτυξη ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων ξεκίνησε με την ανάπτυξη εφαρμογών που μέσα από την χρήση πολυμέσων είχαν σκοπό να αναβαθμίσουν την αποδοτικότητα τους ως προς την εμπέδωση του εκπαιδευτικού αντικειμένου από τους εκπαιδευόμενους αλλά και να παρέχουν στον εκπαιδευτικό τα κατάλληλα μέσα για να βελτιώσει την παραστατικότητα και την μεταδοτικότητα της διδασκαλίας του. Ο ήχος, η εικόνα, οι κινούμενες εικόνες και το βίντεο σε ψηφιοποιημένη μορφή χρησιμοποιήθηκαν στην εκπαίδευση με τρόπο που κάθε φορά υπαγόρευε το προς διδασκαλία εκπαιδευτικό αντικείμενο. Όσον αφορά τον τρόπο με τον οποίο επιλέγεται να χρησιμοποιούνται τα εκπαιδευτικά πολυμέσα έχουν επικρατήσει γενικά δύο τάσεις:

- Τεχνοκρατική Τάση: Στόχος της χρήσης των πολυμέσων στην εκπαίδευση είναι αυτή να καταστεί όσο το δυνατόν ελκυστικότερη. Βασίζεται στην αναζήτηση και εφαρμογή καινοτόμων τρόπων παρουσίασης των εκπαιδευτικών αντικειμένων που να ευνοούν την διαδραστικότητα, την παραστατικότητα και την συμμετοχικότητα των συμμετεχόντων.
- Μαθητοκεντρική Τάση: Ο στόχος στην περίπτωση αυτή είναι η ενίσχυση της προσπάθειας μετάδοσης της γνώσης με την υποστήριξη όλων αυτών των στοιχείων που αναβαθμίζουν την προσπάθεια δόμησης της (προγενέστερη γνώση, εμπειρίες, ψυχολογική κατάσταση, φυσική κατάσταση, το μαθησιακό προφίλ, δεξιότητες) [21][22].

Η αποδοτικότητα της εκπαιδευτικής διαδικασίας ωστόσο βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στο κατά πόσο αυτή έλκει το ενδιαφέρον του εκπαιδευόμενου. Το έντονο ενδιαφέρον του, δρα καταλυτικά στην αφομοίωση των διδαχθέντων αφού τον ωθεί στην ένταση των προσπαθειών του προς την κατεύθυνση αυτή. Ωστόσο πέραν αυτού αποτελεί κύρια επιδίωξη των εκπαιδευτών η εξεύρεση τρόπων και μεθόδων για την βελτίωση της μεταδοτικότητας τους. Τέτοιους τρόπους παρέχουν επίσης οι τεχνολογίες των πολυμέσων και του διαδικτύου.

Η εφαρμογή των πολυμέσων στην εκπαίδευση ενίσχυσε καταλυτικά τις δυνατότητες των εκπαιδευτικών αλλά και τις προσπάθειες των εκπαιδευομένων να κατανοήσουν τα εκπαιδευτικά αντικείμενα. Οι εκπαιδευτικές διαδικασίες ωστόσο ευεργετήθηκαν από την ραγδαία ανάπτυξη του διαδικτύου και των τεχνολογιών του τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Το τεχνολογικό περιβάλλον γύρω από το διαδίκτυο ενισχύθηκε από μεθοδολογίες που κατέστησαν την πρόσβαση σε αυτό προσιτή για μεγάλο μέρος του πληθυσμού παγκοσμίως. Ο απαιτούμενος εξοπλισμός έγινε ευρύτερα διαθέσιμος, η πρόσβαση στις απαραίτητες γνώσεις έγινε ευκολότερη και το οικονομικό κόστος σύνδεσης χαμηλότερο. Την τελευταία κυρίως δεκαετία πολλαπλασιάστηκαν οι ταχύτητες μετάδοσης των δεδομένων μέσω του διαδικτύου. Η πρόσβαση σε αυτό γίνεται αποδοτικά είτε μέσω ενσύρματων είτε μέσω ασύρματων καναλιών. Οι χρήστες των διαδικτυακών εφαρμογών μπορούν να έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο μέσω ποικίλων συσκευών όπως desktop και φορητούς ηλεκτρονικούς

υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα και συσκευές από οπουδήποτε. Σε αυτό συνετέλεσαν και οι προσπάθειες πολλών κυβερνήσεων παγκοσμίως για την εφαρμογή της ευρυζωνικότητας σε όλο και περισσότερες περιοχές του πλανήτη. Στο περιβάλλον αυτό ευνοήθηκε η παραγωγή μαθησιακών αντικειμένων – κυρίως πολυμεσικών – προσβάσιμων από το διαδίκτυο. Στην πραγματικότητα διατηρήθηκαν οι προδιαγραφές ανάπτυξης που διαμορφώθηκαν με την εισαγωγή των ψηφιακών εφαρμογών πολυμέσων με την διαφορά ότι υπεισέρχεται και ο παράγοντας της πρόσβασης μέσω των υποδομών του διαδικτύου.

Ένα φαινόμενο που γενικότερα εμφανίστηκε με την ανάπτυξη και διεύρυνση του διαδικτύου είναι αυτό της υπερπληθώρας περιεχομένου. Οι χρήστες πολλαπλασιάστηκαν με επακόλουθο να πολλαπλασιαστούν ανάλογα και οι διαθέσιμοι διαδικτυακοί πόροι. Ο πιο συνήθης σκοπός χρήσης του διαδικτύου είναι η αναζήτηση των πόρων αυτών. Η πληθώρα διαθέσιμων πόρων εξασφαλίζει ότι οι πιθανότητες ύπαρξης των αναζητηθέντων κάθε φορά πόρων μπορεί να είναι διαθέσιμες σε κάποια τοποθεσία. Ωστόσο η ανεύρεση των πόρων εκείνων που ταιριάζουν καλύτερα στα κριτήρια του χρήστη είναι πλέον μία πολύπλοκη διαδικασία. Οι αναζητήσεις που γίνονται στο διαδίκτυο μέσω των παραδοσιακών μηχανών αναζήτησης βασίζονται σε λέξεις κλειδιά. Η λειτουργία τους βασίζεται στο ταίριασμα των λέξεων-εκφράσεων των κριτηρίων αναζήτησης με αντίστοιχες λέξεις-εκφράσεις που περιλαμβάνονται στους πόρους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα στο χρήστη που εκτελεί μία αναζήτηση να επιστρέφεται μαζί με το περιεχόμενο που πραγματικά αναζητά, περιεχόμενο το οποίο σημασιολογικά απέχει σημαντικά από το προσδοκώμενο. Το ίδιο ακριβώς συμβαίνει και με τα ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα (αφού και αυτά αποτελούν πόρους του διαδικτύου που συχνά αποτελούν αντικείμενα αναζητήσεων) που είναι προσβάσιμα μέσω του διαδικτύου. Λύση στο ζήτημα αυτό συνεισφέρει η προσέγγιση μέσω τεχνολογιών του σημασιολογικού ιστού και η εφαρμογή στις διαδικασίες αναζήτησης διαδικτυακού περιεχομένου.

### **3.2 Αναζήτηση**

Οι εκπαιδευτικοί αλλά και οι εκπαιδευόμενοι συχνά αναζητούν να εντοπίσουν το καταλληλότερο μαθησιακό αντικείμενο για την εξυπηρέτηση του εκπαιδευτικού σκοπού κάθε εκπαιδευτικής διαδικασίας. Χρειάζεται να γίνεται μία αξιολόγηση των εκπαιδευτικών απαιτήσεων και διασταύρωση αυτών με τα χαρακτηριστικά των διαθέσιμων πόρων. Ο εκπαιδευτικός που εκκινεί μία διαδικασία αναζήτησης μαθησιακών αντικειμένων κατάλληλων για να υποστηρίξουν την διδασκαλία κάποιου εκπαιδευτικού αντικειμένου, χρειάζεται πρωτίστως να προδιαγράψει τα χαρακτηριστικά που πρέπει να πληρούν τα αντικείμενα - στόχοι. Στην συνέχεια οι προδιαγραφές αυτές θα αποτελέσουν τα κριτήρια αναζήτησης για μαθησιακά αντικείμενα που μπορούν να ικανοποιούν πλήρως τις απαιτήσεις του εκπαιδευτικού. Αυτός είναι γενικά και ο σκοπός της αναζήτησης. Μία διαδικτυακή εφαρμογή αναζήτησης κατά κύριο λόγο θα πρέπει να έχει την δυνατότητα να αποκωδικοποιεί τα κριτήρια που θέτει ως είσοδο ο χρήστης. Από την αποκωδικοποίηση αυτή θα προκύπτουν οι προσδοκώμενες προδιαγραφές από το αναζητούμενο μαθησιακό αντικείμενο. Στην συνέχεια χρειάζεται να γίνεται με ταχύτητα και ακρίβεια ο εντοπισμός του. Για τον εντοπισμό δεν είναι απαραίτητη η διατήρηση αποθήκης που να περιλαμβάνει μαθησιακά αντικείμενα, αλλά μία οργανωμένη καταγραφή των θέσεων από τις οποίες αυτά μπορούν να προσπελαστούν. Ως αποτέλεσμα τελικά στον τελικό χρήστη επιστρέφεται μία λίστα περιγραφών μαθησιακών αντικειμένων καθώς και σύνδεσμοι για την ανάκτηση τους. Η αναγωγή του ζητήματος της αναζήτησης σε μία οργανωμένη καταγραφή του υλικού σε σχέση με την αναζήτηση σε μία αποθήκη που περιλαμβάνει το ίδιο το υλικό την καθιστά κατά πολύ ταχύτερη. Η ακρίβεια της είναι ανάλογη της αποδοτικότητας της οργάνωσης του προς αναζήτηση υλικού.

Ένας τρόπος για τον ευκολότερο εντοπισμό του καταλληλότερου ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου είναι η κατάταξη του σε κατηγορίες ανάλογα με τα χαρακτηριστικά που το προσδιορίζουν. Έτσι η αναζήτηση πλέον γίνεται ανάμεσα στις ομάδες κατάταξης των μαθησιακών αντικειμένων. Ελέγχεται δηλαδή κάθε φορά ποια ομάδα μαθησιακών αντικειμένων παρουσιάζει γενικευμένα χαρακτηριστικά με αυτά που περιγράφουν τα κριτήρια

αναζήτησης. Το ζήτημα πλέον έγκειται στο με ποιον τρόπο μπορεί να γίνει αποδοτικότερα η κατηγοριοποίηση αυτή. Μια πρώτη κατηγοριοποίηση τους μπορεί να γίνει σε σχέση με τον τρόπο που χρησιμοποιούνται στην εκπαιδευτική δραστηριότητα στην οποία εντάσσονται. Έχουν προταθεί διάφορες προσεγγίσεις [33][34][35] για την διαίρεση των ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων και εργαλείων με βάση την χρήση τους οι οποίες συντείνουν σε γενικές γραμμές τις ακόλουθες κατηγορίες (σύμφωνα με τον οργανισμό Inspiring Science Education [36]):

- Απομακρυσμένα Εργαστήρια (Remote Labs): Προσφέρουν την δυνατότητα εκτέλεσης δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται σε εργαστήριο από απόσταση. Οι εκπαιδευόμενοι έχουν την δυνατότητα να εκτελούν πειράματα με πραγματικές συσκευές από μια απομακρυσμένη τοποθεσία μέσω του διαδικτύου και browser. [27]. Έχουν τη δυνατότητα διαμοιρασμού πραγματικών πειραματικών δεδομένων μέσω πειραματικών συσκευών, σε πολλά εκπαιδευτικά ιδρύματα αλλά και τον διαμοιρασμό των εμπειριών των εκπαιδευομένων μεταξύ τους. Αν και φαίνεται να παρουσιάζουν μεγάλες ομοιότητες με τις προσομοιώσεις υπάρχει μία πολύ σημαντική διαφορά καθώς ο ίδιος ο χρήστης χειρίζεται την πραγματική συσκευή του πειράματος και δεν αφήνει τον ολοκληρωτικό έλεγχο του στην εφαρμογή και δεν περιορίζεται μόνο στον έλεγχο της προσομοίωσης[26].
- Εικονικά Εργαστήρια (Virtual Labs): Προσομοιάζουν την λειτουργία ενός εργαστηρίου κατά την εξέλιξη της εκπαιδευτικής δραστηριότητας. Αποτελούν καταμεμημένα προσομοιώτικα περιβάλλοντα για τον διαδραστικό χειρισμό καταλλήλων μοντέλων πειραμάτων. Τα μοντέλα αυτά υλοποιούνται με διαδικτυακές εφαρμογές οι οποίες παρέχουν διεπαφές που δίνουν στον χρήστη την δυνατότητα να προσομοιάσει τις ενέργειες που μπορεί να πραγματοποιήσει σε ένα εργαστήριο. Κατά τη διάρκεια της χρήσης των εφαρμογών αυτών, οι εκπαιδευόμενοι έχουν την δυνατότητα να διαφοροποιούν τις παραμέτρους των προσομοιώσεων και να ελέγχουν τον τρόπο που αυτές επιδρούν στην συμπεριφορά του μοντέλου. Κύρια χαρακτηριστικά τους είναι η εισαγωγή (μία περιγραφή του μοντέλου και οδηγίες χειρισμού κατά την



εξέλιξη της προσομοίωσης), το ίδιο το μοντέλο και η προβολή της εξέλιξης της συμπεριφοράς τους σε συνάρτηση με τις μεταβλητές της κατάστασης του. Η αξία των εικονικών εργαστηρίων έγκειται στην ικανότητα τους να οπτικοποιούν την συμπεριφορά του συστήματος και να επιτρέπουν στον χρήστη να διαδρά με το μοντέλο καθώς και στην ροή πληροφοριών μεταξύ του μοντέλου και της διεπαφής χρήστη. Με τα εικονικά εργαστήρια οι εκπαιδευόμενοι παίζουν ενεργό ρόλο στην εκπαιδευτική διαδικασία και τους επιτρέπει να εκτελούν πειράματα που θα ήταν δύσκολο να υλοποιήσουν σε φυσικά εργαστήρια[27].

- Εκπαιδευτικά Παιχνίδια (Educational Games): Δίνουν την δυνατότητα στους εκπαιδευόμενους να προσεγγίσουν τον εκπαιδευτικό στόχο με τρόπο ωφέλιμο διασκεδαστικό. Πρόκειται για ανταγωνιστικές δραστηριότητες όπου οι εκπαιδευτικοί στόχοι είναι η απόκτηση γνώσεων με τρόπο ευχάριστο και – τις περισσότερες φορές – ψυχαγωγικό. Σκοπός τους είναι γενικά να ενισχύσουν τα μαθησιακά αποτελέσματα των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων, την ανάπτυξη γνωστικών δεξιοτήτων και την εξάσκηση των ικανοτήτων μέσα από προσομοίωτικά ή εικονικά περιβάλλοντα. Οι εκπαιδευόμενοι συμμετέχουν ενεργά στην εκπαιδευτική διαδικασία με μεθόδους που παρέχουν άμεση ανατροφοδότηση [30].
- Εκπαιδευτικά Αντικείμενα Επαυξημένης Πραγματικότητας (Augmented Reality Tools): Παρέχεται η δυνατότητα στους συμμετέχοντες να χειρίζονται και να αλληλεπιδρούν με τρισδιάστατα (3-D) εικονικά αντικείμενα που παράγονται κινούμενοι στον πραγματικό κόσμο. Οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας παράγουν τρισδιάστατα εικονικά αντικείμενα παρέχοντας ένα διαδραστικό περιβάλλον στο οποίο οι εκπαιδευόμενοι δρουν όντας στον πραγματικό κόσμο αλληλεπιδρώντας ταυτόχρονα με τα τρισδιάστατα εικονικά αντικείμενα ταυτόχρονα. Οι εκπαιδευόμενοι χειρίζονται άμεσα τα εικονικά αντικείμενα μέσω κατάλληλης διεπαφής. Οι τεχνολογίες που μπορεί να χρησιμοποιεί μία τέτοιου είδους εφαρμογή βασίζεται είτε στην εικόνα είτε στην τοποθεσία. Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιούνται προκαθορισμένες ετικέτες για την εγγραφή της τρισδιάστατης εικόνας σε

εικόνα του πραγματικού κόσμου. Έτσι μία κατάλληλη συσκευή εισόδου (πχ κάμερα) καταγράφει την εικόνα του πραγματικού κόσμου. Αυτή υφίσταται επεξεργασία ώστε να ανιχνευθούν τα χαρακτηριστικά της τα οποία μεταφράζονται πλέον σε ένα εικονικό εργαλείο – χειριστήριο. Το τελευταίο έχει την μορφή τρισδιάστατων γραφικών στα πλαίσια μία εφαρμογής. Έτσι ο χρήστης μπορεί να χειρίζεται το εργαλείο – χειριστήριο μέσω της πραγματικής εικόνας με την οποία έχει φυσική επαφή. Στην δεύτερη περίπτωση για την απόδοση των στοιχείων του πραγματικού κόσμου σε τρισδιάστατα γραφικά χρησιμοποιείται η ανίχνευση της θέσης των χρηστών με κατάλληλους αισθητήρες. Οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας δίνουν την ευκαιρία στους εκπαιδευόμενους να αποκτήσουν εμπειρίες που με τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας θα ήταν ανέφικτο [28][29].

- Μαθησιακά Αντικείμενα Εικονικής Πραγματικότητας (Virtual Reality Tools): Παράγουν ένα διαδραστικό, υπολογιστικό περιβάλλον πολυμέσων όπου ο χρήστης συμμετέχει ενεργά. Με τις εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας οι χρήστες συμμετέχουν στην εξέλιξη σεναρίων σε έναν εικονικό κόσμο. Παρέχουν πλούσιο, διαδραστικό, εκπαιδευτικό περιβάλλον δίνοντας την ευκαιρία στον εκπαιδευόμενο να πειραματιστεί πολλές φορές και με ασφάλεια. Χαρακτηρίζονται από υψηλής ποιότητας τρισδιάστατα γραφικά και την συνοδεία ηχητικών εφέ. Για τον χειρισμό τους συνήθως χρησιμοποιούνται περιφερειακές συσκευές που επιτρέπουν στον χρήστη τους την εικονική πλοήγηση στους χώρους του εικονικού κόσμου [31]. Οι εφαρμογές αυτές πάνε ένα βήμα παραπέρα σε σχέση με τις εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας αφού μεταφέρουν τον χρήστη στο εικονικό περιβάλλον και τον κάνουν μέρος τους.
- Εργαλεία Αξιολόγησης (Assessment Tools): Πρόκειται για εφαρμογές που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση του βαθμού αφομοίωσης της αποκτωμένης γνώσης. Στις εκπαιδευτικές διαδικασίες περιλαμβάνεται και η αξιολόγηση των εκπαιδευομένων τόσο για την αξιοκρατική κατάταξή τους σύμφωνα με τον βαθμό αφομοίωσης των παρεχόμενων γνώσεων όσο και για τον έλεγχο της αποδοτικότητας της διδασκαλίας.

Οι εφαρμογές αξιολόγησης στόχο έχουν να διενεργήσουν την αξιολόγηση των εκπαιδευομένων. Για την εξυπηρέτηση του σκοπού αυτού με το πλέον αποδοτικό τρόπο είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν στοιχεία από τα ανωτέρω αναφερόμενα μαθησιακά αντικείμενα [32].

- Εργαλεία Ανάλυσης (Analysis Tools): Χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων για παραγωγή γνώσης. Χρησιμοποιούν γραφικά στοιχεία για να απεικονίσουν δεδομένα που περιλαμβάνονται στην διδασκαλία των εκπαιδευτικών αντικειμένων. Για παράδειγμα η ανάλυση παρατηρήσεων και μετρήσεων μπορεί να γίνει με την απεικόνιση τους σε γραφικές παραστάσεις δύο ή τριών διαστάσεων, με τρόπο που η κατανόηση της σημασίας τους να γίνεται ευκολότερα σε σχέση με την απλή παράθεση αριθμητικών τιμών. Με τον τρόπο αυτό η ανάγνωση των δεδομένων είναι ευκολότερη και παραστατικότερη ανεξάρτητα από τον όγκο τους. Παράλληλα διευκολύνουν και την κατανόηση της σημασίας πολύπλοκων στατιστικών εννοιών.

Εκτός όμως από την χρήση που πρέπει να γίνει για την εφαρμογή πολλές φορές είναι απαραίτητο να εξεταστούν και άλλου είδους κριτήρια για την αναζήτηση του καταλληλότερου μαθησιακού αντικειμένου για χρήση σε δεδομένες εκπαιδευτικές δραστηριότητες σε κοινό με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Τα κριτήρια αυτά μπορεί να αφορούν:

- Την ηλικία των εκπαιδευομένων.
- Την εκπαιδευτική βαθμίδα που ανήκει η εκπαιδευτική διαδικασία.
- Την γλώσσα που ομιλούν οι εκπαιδευόμενοι και ο εκπαιδευτής
- Την θεματική περιοχή που καλύπτει σε οποιοδήποτε βάθος επιπέδου ειδίκευσης.
- Την μορφή του μαθησιακού αντικειμένου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί.
- Τις τεχνικές απαιτήσεις από το μαθησιακό αντικείμενο.
- Το αν μπορεί το μαθησιακό αντικείμενο να χρησιμοποιηθεί από άτομα με ειδικές ανάγκες.

- Το σε ποια φάση της εκπαιδευτικής διαδικασίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί.
- Τον χρόνο που χρειάζεται για την ολοκλήρωση χρήσης του από τον εκπαιδευόμενο.[25]

Είναι ανάγκη ως εκ τούτου οι πόροι του διαδικτύου που συνιστούν ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα να αποκτήσουν σημασιολογικές περιγραφές. Αυτό μπορεί να γίνει με την ένταξη τους σε κατάλληλα αποθετήρια τα οποία περιγράφονται από οντολογία η οποία έχει την δυνατότητα να παρέχει ρητά (άμεση απόδοση εννοιολογικών χαρακτηριστικών) ή επαγωγικά (η απόδοση εννοιολογικών χαρακτηριστικών προκύπτει από τις σχέσεις των οντοτήτων που το χαρακτηρίζουν ρητά με άλλες) τις παραπάνω πληροφορίες. Στην συνέχεια η αναζήτηση του καταλλήλου περιεχομένου θα μπορεί να γίνεται με σημασιολογικούς κανόνες (στόχος πλέον της διαδικασίας αναζήτησης γίνεται τα αποτελέσματα να ταιριάζουν σημασιολογικά με τα δοθέντα κριτήρια), πράγμα που διασφαλίζει σε αρκετά ικανοποιητικό βαθμό την σημασιολογική εγγύτητα επιστρεφόμενου και προσδοκώμενου αποτελέσματος. Έχουν αναπτυχθεί εργαλεία τα οποία έχουν τη δυνατότητα να αναπαριστούν σε υψηλού επιπέδου διεπαφές – πλούσιες σε γραφικά στοιχεία αναπαράστασης της πληροφορίας - τις σημασιολογικές πληροφορίες που εμπεριέχονται σε οντολογίες όπως επίσης και μηχανισμοί προσπέλασης, αναζήτησης και ανάκτησης συγκεκριμένων οντολογικών δεδομένων. Τα εργαλεία αυτά δίνουν στον προγραμματιστή την δυνατότητα να αναπτύσσει εφαρμογές που να μπορούν να παρουσιάζουν χρηστικές και πολύ φιλικές διεπαφές στους τελικούς χρήστες για την αποδοτική αναζήτηση διαδικτυακών περιεχομένων και πόρων με βάση σημασιολογικές αναζήτησης με την χρήση οντολογιών.

Στην εφαρμογή που αναπτύχθηκε επιχειρήθηκε να υλοποιηθεί πύλη αναζήτησης ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων προσβάσιμα από το διαδίκτυο. Η σχεδίαση βασίστηκε στα πλεονεκτήματα της οντολογικής περιγραφής των διαθέσιμων πόρων και των πλεονεκτημάτων της περιγραφής αυτής για σημασιολογικές αναζητήσεις. Κατά την υλοποίηση έγινε εκμετάλλευση εργαλείων ανάπτυξης για την δημιουργία και την προσπέλαση οντολογιών[23].Χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή ανάπτυξης και διαχείρισης οντολογιών PROTÉGÉ για να ανάπτυξη οντολογίας σχετικής με τα μαθησιακά

αντικείμενα. Χρησιμοποιήθηκε επίσης HTML σε συνδυασμό με javascript και CSS για την ανάπτυξη λειτουργικών διεπαφών του εργαλείου. Επίσης χρησιμοποιήθηκε η Javascript βιβλιοθήκη JOWL για την διαβίβαση SPARQL ερωτημάτων στην οντολογία και την διαχείριση των αποτελεσμάτων.

## Κεφάλαιο 4: Ανάπτυξη Εφαρμογής Αναζήτησης Ψηφιακών Εκπαιδευτικών Αντικειμένων

### 4.1 Σχεδίαση

Βάση για την περιγραφή των μαθησιακών αντικειμένων αποτέλεσε ο Εθνικός Συσσωρευτής Εκπαιδευτικού Περιεχομένου για την Πρωτοβάθμια και τη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση με την επωνυμία φωτόδενδρο. όπως αναφέρεται στον δικτυακό του τόπο, αποτελεί την κεντρική e-υπηρεσία του Υπουργείου Παιδείας για την ενοποιημένη αναζήτηση και διάθεση ψηφιακού εκπαιδευτικού περιεχομένου στα σχολεία. Είναι ανοιχτό και διαθέσιμο δημόσια. Ο επισκέπτης του μπορεί να αναζητά με ενιαίο τρόπο και από ένα κεντρικό σημείο, ψηφιακό εκπαιδευτικό υλικό για τη σχολική εκπαίδευση, που βρίσκεται είτε στο ίδιο είτε σε άλλα, εξωτερικά αποθετήρια ή εκπαιδευτικές πύλες. Όλο το υλικό του διατίθεται ελεύθερα, με την άδεια Creative Commons CC BY-NC-SA ή με άλλη παρόμοια, πιο ανοιχτή άδεια χρήσης. Συγκεντρώνει περιγραφές (μεταδεδομένα) ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού από διάφορα αποθετήρια και παρόχους και τις ενοποιεί σημασιολογικά, επιτρέποντας έτσι ενιαία αναζήτηση στο ψηφιακό εκπαιδευτικό υλικό και ομογενοποιημένη προβολή των στοιχείων του.

Για τη διαχείριση των χαρακτηριστικών των μαθησιακών αντικειμένων θα αναπτυχθεί οντολογία. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν τα προβαλλόμενα στο φωτόδενδρο πόρους.

ΑΑ	ΤΙΤΛΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΛΗΘΥΚΟΤΗΤΑ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
1	id	Μοναδικό Αναγνωριστικό	1	URI
2	Τίτλος	Ο τίτλος του μαθησιακού αντικειμένου.	1	TEXT
3	Περιγραφή	Μία σύντομη περιγραφή του μαθησιακού αντικειμένου.	1	TEXT

4	URL_REF	URL αναφοράς στο φωτόδενδρο	1	URI
5	URL	Η θέση που είναι καταχωρημένος το μαθησιακό αντικείμενο.	1	URI
6	Βαθμίδα Εκπαίδευσης	Περιγραφή σε ποια βαθμίδα εκπαίδευσης απευθύνεται το μαθησιακό αντικείμενο.	1..N	TEXT[] Λαμβάνει από το παρακάτω σύνολο τιμών: δημοτικό λύκειο γυμνάσιο
	Τάξη	Περιγράφει το για ποιες τάξεις θεωρείται κατάλληλο το μαθησιακό αντικείμενο	1..N	B λυκείου A γυμνασίου ΣΤ δημοτικού Γ γυμνασίου Γ δημοτικού B δημοτικού A λυκείου Δ δημοτικού B γυμνασίου E δημοτικού Γ λυκείου A δημοτικού
7	Ηλικιακές Ομάδες	Περιγράφει τις ηλικιακές ομάδες στις οποίες απευθύνεται το μαθησιακό αντικείμενο – μαθησιακό αντικείμενο.	1..N	
8	Θεματική Περιοχή	Περιγράφεται το σε ποια θεματική περιοχή εντάσσεται	1..N	Μαθηματικά Θρησκευτικά Γεωγραφία-Γεωλογία Αγγλική Γλώσσα Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών-ΤΠΕ Φυσική Χημεία Αισθητική αγωγή Βιολογία Γαλλική Γλώσσα Ιστορία Νεοελληνική Γλώσσα Νεοελληνική Λογοτεχνία

				Περιβαλλοντική Εκπαίδευση Αρχαιοελληνική γλώσσα και γραμματεία
9	Τύπος Αντικειμένου	Περιγράφεται το είδος του.	1..N	Διερεύνηση Ασκήσεις πρακτικής και εξάσκησης παρουσίαση μοντέλο βίντεο
10	Γλώσσα	Καταγράφεται η γλώσσα στην οποία διατίθεται.	1..N	
11	Πλαίσιο Χρηματοδότησης	Καταγράφεται με ποιο πρόγραμμα χρηματοδοτήθηκε.	1	ΨΗΦΙΑΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ (2010-2015, ΕΠ«ΕΔΒΜ», ΕΣΠΑ) ΠΛΕΙΑΔΕΣ/ΝΗΡΗΙΔΕΣ (2004-2008, ΕΠΙΔΕΧΟΝΤΑΙ«ΚτΠ», Γ΄ΚΠΣ) ΕΡΓΑ ΠΙ (2000-2006, ΕΠΕΑΚ Γ΄ ΚΠΣ) ΚΙΡΚΗ 2003 (2000-2004, ΕΠΙΔΕΧΟΝΤΑΙ«ΚτΠ», Γ΄ΚΠΣ) ΠΛΕΙΑΔΕΣ (2003-2008, ΕΠΙΔΕΧΟΝΤΑΙ«ΚτΠ», Γ΄ΚΠΣ) ΟΔΥΣΣΕΙΑ (1996-2001, ΕΠΕΑΚ Β΄ ΚΠΣ) ΠΛΕΙΑΔΕΣ/ΧΡΥΣΑΛΛΙΔΕΣ (2004-2008, ΕΠΙΔΕΧΟΝΤΑΙ«ΚτΠ», Γ΄ΚΠΣ) ΟΔΥΣΣΕΙΑ/ΚΙΡΚΗ (Ε24) (1998-2001, ΕΠΕΑΚ Β΄ ΚΠΣ) ΠΛΕΙΑΔΕΣ/ΑΜΑΛΘΕΙΑ (2004-2008, ΕΠΙΔΕΧΟΝΤΑΙ«ΚτΠ», Γ΄ΚΠΣ) ΟΔΥΣΣΕΙΑ/ΝΑΥΣΙΚΑ (1998-2000, ΕΠΕΑΚ Β΄ ΚΠΣ) ΟΔΥΣΣΕΙΑ/ΛΑΕΡΤΗΣ (1998-2001, ΕΠΕΑΚ Β΄ ΚΠΣ)



				ΟΔΥΣΣΕΙΑ/ΠΗΝΕΛΟ ΠΗ (ΠΔΕ 1999-2003) ΕΡΓΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΡΑΔΙΟΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ PREDAGOGICAL INSTITUTE PROJECTS (1996-2001, 2nd CSF) ΟΔΥΣΣΕΙΑ/ΕΛΠΗΝΩΡ (1998-2001, ΕΠΕΑΚ Β' ΚΠΣ)
12	Σφραγίδες Ποιότητας	Περιγράφονται οι προδιαγραφές ποιότητας του.	0..N	Ψηφιακό Σχολείο Εκπαιδευτική Τηλεόραση Νηρηίδες Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Οδύσσεια Δευκαλίων Χρυσάλλιδες Energy Bits i-create EYL - English for Young Learners
13	Ειδικές Εκπαιδευτικές Ανάγκες	Καταγράφεται το αν ενδείκνυται για ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες	0..N	οπτικός συμπεριφορική μάθηση ψυχοκινητικός με ακρόαση
14	Γλωσσομάθεια	Αναφέρεται το αν χρειάζεται να κατέχει ο χρήστης κάποιου επιπέδου γλωσσομάθεια	0..1	A1-στοιχειώδης γνώση A2-βασική γνώση B1-μέτρια γνώση B2-καλή γνώση
15	Γλώσσα Υποτίτλων	Καταγράφεται η γλώσσα των υποτίτλων του.	0..N	
16	Διάρκεια Βίντεο	Καταγράφεται η διάρκεια του βίντεο.	0..N	<3 3-5 5-10 10-15 >15
17	Διάθεση Αντικειμένου	Καταγράφεται το σε ποια συλλογή είναι ενταγμένο.	1..N	ΦΩΤΟΔΕΝΤΡΟ LOR>ΣΥΛΛΟΓΕΣ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ 2010-2015 ΦΩΤΟΔΕΝΤΡΟ ΒΙΝΤΕΟ>ΣΥΛΛΟΓΕΣ

				<p>ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ ΦΩΤΟΔΕΝΤΡΟ LOR&gt;ΣΥΛΛΟΓΕΣ 2003-2009 ΠΛΕΙΑΔΕΣ</p> <p>...</p> <p>ΦΩΤΟΔΕΝΤΡΟ LOR&gt;ΣΥΛΛΟΓΕΣ ΕΡΓΩΝ ΠΙ 1996-2006 ΦΩΤΟΔΕΝΤΡΟ LOR&gt;ΣΥΛΛΟΓΕΣ 1996-2002 ΟΔΥΣΣΕΙΑ</p> <p>...</p> <p>ΦΩΤΟΔΕΝΤΡΟ BΙΝΤΕΟ&gt;ΣΥΛΛΟΓΕΣ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ 2010- 2015 ΦΩΤΟΔΕΝΤΡΟ LOR&gt;ΣΥΛΛΟΓΕΣ ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ 2013- 2014 ΦΩΤΟΔΕΝΤΡΟ BΙΝΤΕΟ&gt;ΣΥΛΛΟΓΕΣ ENERGY BITS ΦΩΤΟΔΕΝΤΡΟ BΙΝΤΕΟ&gt;ΣΥΛΛΟΓΕΣ ΕΡΓΩΝ ΠΙ 1996-2006 ΦΩΤΟΔΕΝΤΡΟ BΙΝΤΕΟ&gt;ΣΥΛΛΟΓΕΣ 1996-2002 ΟΔΥΣΣΕΙΑ</p> <p>...</p>
18	Κάτοχος	Καταγράφεται ο κάτοχος του.	1	
19	Μορφότυπος	Καταγράφεται η μορφή στην οποία βρίσκεται ο πόρος.	1	
20	Συμμετέχων	Καταγράφεται ποιος είχε συμμετοχή στην ανάπτυξη του πόρου	N	
21	Role	Καταγράφεται ο τρόπος με τον οποίο συμμετείχε ένας συμμετέχων στην ανάπτυξη του πόρου.		

Με βάση τις προδιαγραφές αυτές σχεδιάστηκε μία οντολογία η οποία περιλαμβάνει τις εξής κλάσεις

- Object: Παριστάνει πόρο (διαδικτυακό ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο)
- ClassCategory: Παριστάνει την εκπαιδευτική βαθμίδα για την οποία είναι κατάλληλο το μαθησιακό αντικείμενο.
- Area: Παριστάνει θεματική περιοχή.
- Age: Περιγράφει την ηλικιακή ομάδα που απευθύνονται οι πόροι.
- Type: Παριστάνει τον τρόπο με τον οποίο εξυπηρετεί το αντικείμενο την μάθηση.
- Collection: Παριστάνει συλλογή πόρων στην οποία ανήκει ο κάθε πόρος.
- Quality: Παριστάνει σφραγίδα ποιότητας.
- Language: Παριστάνει γλώσσα (χρησιμοποιείται σαν ObjectProperty σε υπότιτλους και γλώσσες διάθεσης)
- Budget: Παριστάνει το πλαίσιο χρηματοδότησης υποστήριξης της ανάπτυξης – υποστήριξής του.
- Owner: Παριστάνει τον ιδιοκτήτη.
- SpecialNeeds: Παριστάνει τις ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες που μπορεί να εξυπηρετεί ένας πόρος.
- LanguageKnowledge: Παριστάνει τα επίπεδα γλωσσομάθειας που απαιτεί από τους χρήστες του ο πόρος.
- Contributor: Παριστάνει άτομο το οποίο συμμετείχε με κάποιον τρόπο σε έναν πόρο.
- ContributorRole: Περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο συμμετείχε ένα άτομο σε έναν πόρο.
- FileType: Περιγράφει τον μορφότυπο του πόρου.

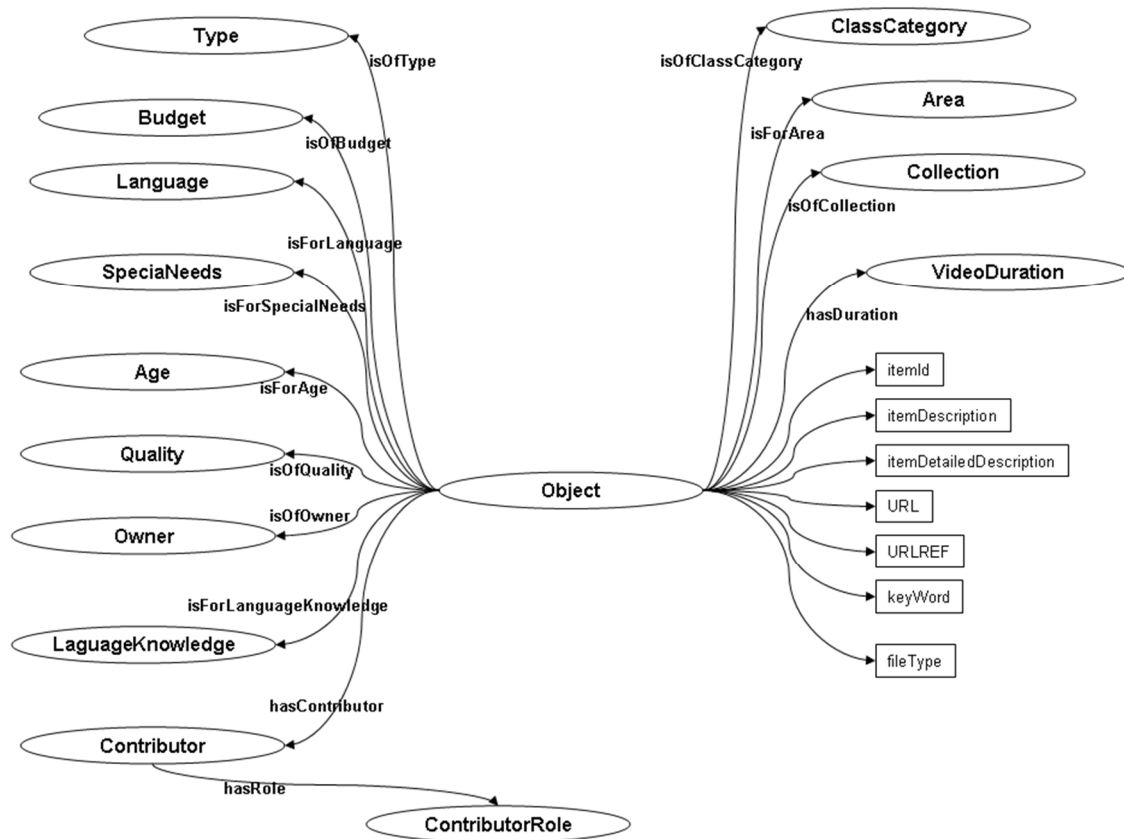
Μεταξύ των κλάσεων σχεδιάζονται συσχετίσεις που ορίζονται με τα ακόλουθα ObjectProperties:

- `ifForClassCategory`: Συνδέει έναν πόρο με την τάξη των μαθητών στους οποίους απευθύνεται (`Object` → `ClassCategory`).
- `isOfArea`: Συνδέει τον πόρο με την θεματική περιοχή την οποία πραγματεύεται (`Object` → `Area`).
- `isForAge`: Συνδέει τον πόρο με την ηλικιακή ομάδα μαθητών στους οποίους απευθύνεται (`Object` → `Age`).
- `isOfType`: Συνδέει τον πόρο με τον τύπο του (`Object` → `Type`).
- `isOfCollection`: Συνδέει τον πόρο με την συλλογή πόρων στην οποία ανήκει (`Object` → `Collection`).
- `isOfQuality`: Συνδέει τον πόρο με την σφραγίδα ποιότητας που του αποδίδεται (`Object` → `Quality`).
- `isOfLanguage`: Συνδέει το πόρο με την γλώσσα στην οποία διατίθεται (`Object` → `Language`).
- `isOfBudget`: Συνδέει την γλώσσα με το πλαίσιο χρηματοδότησης της αναπτυξιάς του (`Object` → `Budget`).
- `hasOwner`: Συνδέει το πόρο με τον παροχό του (`Object` → `hasOwner`).
- `isForSpecialNeeds`: Συνδέει το πόρο με τις ειδικές ανάγκες μαθητών που μπορεί να εξυπηρετήσει (`Object` → `SpecialNeeds`).
- `isForLanguageKnowledge`: Συνδέει πόρο με το επίπεδο γλωσσομάθειας που απαιτεί από τους μαθητές (`Object` → `LanguageKnowledge`).
- `hasContributor`: Συνδέει τον πόρο με συντελεστή της αναπτυξιάς του (`Object` → `Contributor`).
- `hasRole`: Συνδέει συντελεστή ανάπτυξης του πόρου με τον ρόλο που είχε (`Contributor` → `Role`).
- `isOfFileType`: Συνδέει τον πόρο με τον μορφοτυπό του (`Object` → `FileType`).

Επίσης σχεδιάστηκαν και DataProperties προκειμένου να χρησιμοποιηθούν σαν χαρακτηριστικά περιγραφής των πόρων. Αυτά συνοπτικά είναι:

- `itemId`: Συμβολοσειρά που χρησιμοποιείται για την περιγραφή μοναδικού κωδικού για κάθε αντικείμενο.
- `itemDescription`: Συμβολοσειρά που χρησιμοποιείται ως μία σύντομη περιγραφή του πόρου.
- `itemDetailedDescription`: Πρόκειται για συμβολοσειρά που χρησιμοποιείται για την απόδοση μίας πιο λεπτομερούς περιγραφής του πόρου.
- `keyword`: Συμβολοσειρά που χρησιμοποιείται για να αποδώσει μία λέξη κλειδί που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναζήτηση του πόρου.
- `FileSize`: Αποδίδει σε μορφή συμβολοσειράς το μέγεθος του αρχείου του πόρου.
- `URL`: Συμβολοσειρά που αποδίδει το URL της θέσης που βρίσκεται τοποθετημένος ο πόρος.
- `URLREF`: Συμβολοσειρά που αποδίδει το URL της θέσης εντός του δικτυακού τόπου του Φωτοδεντρου που υπάρχει η αντίστοιχη περιγραφή του πόρου.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται τα στοιχεία της οντολογίας και οι μεταξύ τους συσχετίσεις.



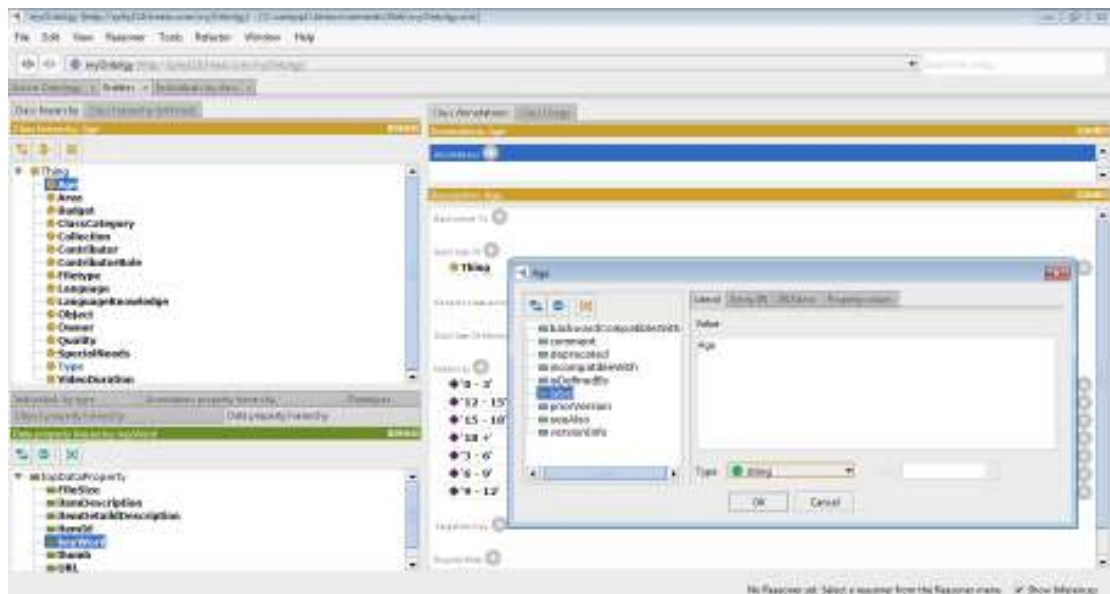
Εικόνα 11: Οντολογία

## 4.2 Υλοποίηση

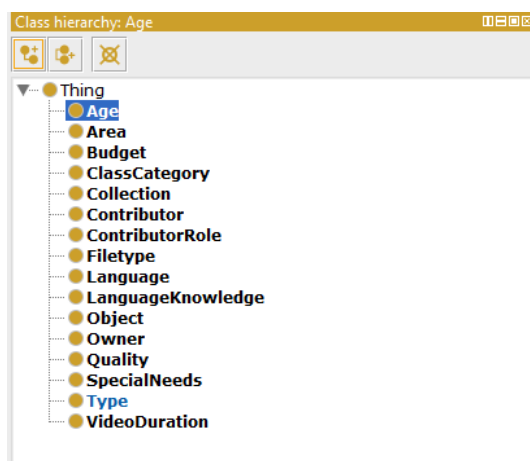
### 4.2.1 Επίπεδο Δεδομένων

#### 4.2.1.1 Ανάπτυξη Οντολογίας

Για την υλοποίηση της εφαρμογής χρειάστηκε να αναπτυχθεί η οντολογία που σχεδιάστηκε. Για την ανάπτυξη της χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο προτέγέ. Πρόκειται για έναν δωρεάν διαθέσιμο Ontology editor που επιτρέπει την ανάπτυξη οντολογιών γραμμένων σε OWL μέσα από τον χειρισμό φιλικών προς τον τελικό χρήστη γραφικών διεπαφών. Ο χρήστης μπορεί να ορίσει τις κλάσεις και την μεταξύ τους ιεραρχία από τις επιλογές που φαίνονται στις ακόλουθες εικόνες. Σε κάθε κλάση ορίζεται τουλάχιστον ετικέτα με φιλική προς τον άνθρωπο ονομασία ειδικότερα που η ονομασία της κλάσης είναι πολύπλοκη.

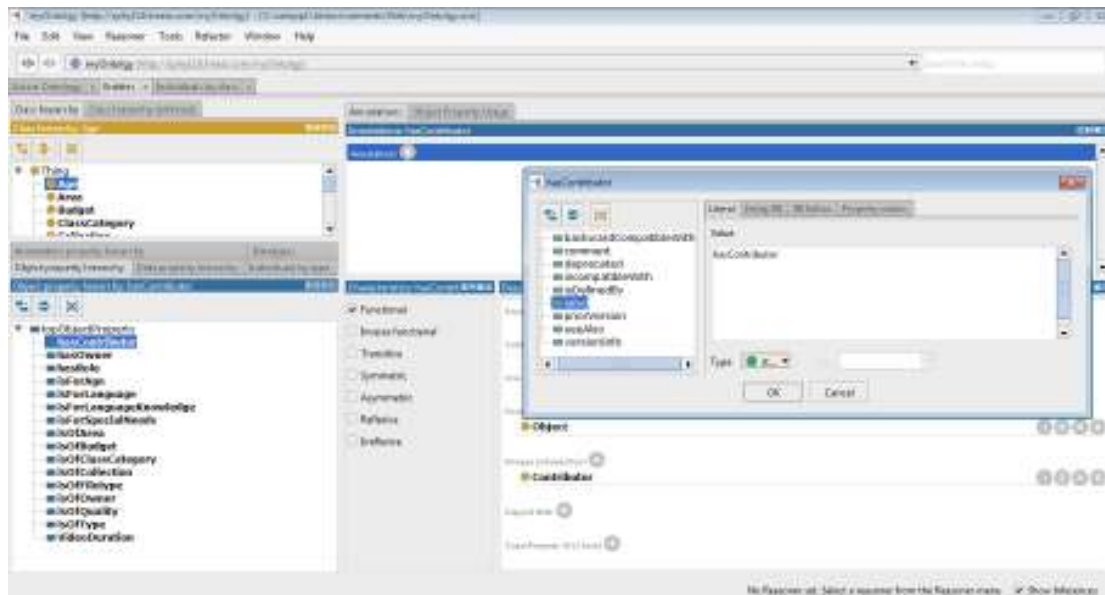


Εικόνα 12: Protege(1)



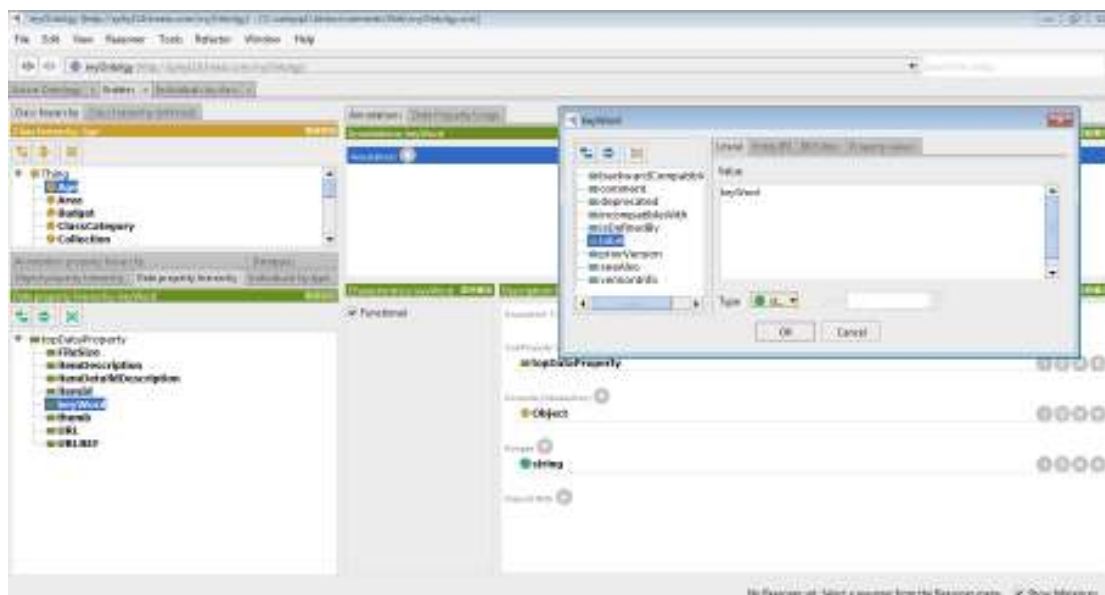
Εικόνα 13: Protege (2)

Αφού οριστούν οι κλάσεις χρειάζεται να καθοριστούν τα ObjectProperties τα οποία θα καθορίζουν τις σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων των κλάσεων. Για τον ορισμό τους χρειάζεται τουλάχιστον να οριστούν τα υποκείμενα και τα αντικείμενα κάθε συσχέτισης όπως φαίνεται στον επόμενο σχήμα.



Εικόνα 14: Protege (3)

Στην συνέχεια ορίζονται τα DataProperties που χρειάζονται για να προσδιορίζουν τα χαρακτηριστικά των αντικειμένων των κλάσεων. Για τον ορισμό τους επιλέγεται η ονομασία τους αλλά και το πεδίο τιμών τους.



Εικόνα 15: Protege (4)

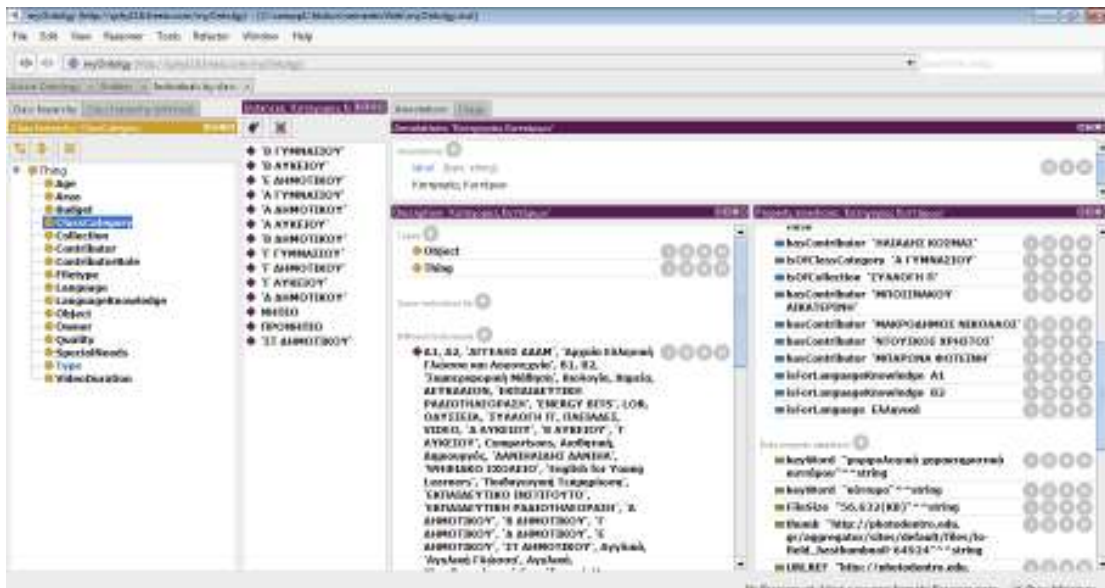
Έπειτα δημιουργούνται εκείνα τα Individuals της οντολογίας που αποτελούν αντικείμενα σε προτάσεις OWL στις οποίες Individuals που ανήκουν



στην κλάση Object (η κλάση στην οποία περιλαμβάνονται οι πόροι) είναι υποκείμενα. Τα individuals αυτά δημιουργήθηκαν σε συμφωνία με τις εναλλακτικές επιλογές που δίνει το photodentro.gr για εκτεταμένη αναζήτηση, όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα.



Εικόνα 16:Κατηγορίες κριτηρίων αναζήτησης στο photodentro



Εικόνα 17: Protege (5)

Το επόμενο βήμα είναι να οριστούν τα Individuals που αντιστοιχούν στους πόρους που περιλαμβάνονται στην υπό δημιουργία οντολογία. Για κάθε



<p>y#Object). , PropertyValue(?i, http://sphy116.freeiz.com/myOntolg y#keyWord , ?q)</p>	<p>οποία έχουν αντιστοιχισμένα ένα ή περισσότερες τιμές για το χαρακτηριστικό keyword, καθώς και τις τιμές αυτές.</p>
<p>PropertyValue(http://sphy116.freeiz.com/myOntolg/[ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ], http://sphy116.freeiz.com/myOntolg y#URL, ?v)</p>	<p>Επιστρέφει την τιμή του χαρακτηριστικού URL του individual της παραμέτρου. Πχ PropertyValue(http://sphy116.freeiz.com/myOntolg/#thisIndividual, http://sphy116.freeiz.com/myOntolg #URL, ?v)</p>
<p>PropertyValue(http://sphy116.freeiz.com/myOntolg[ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ], http://sphy116.freeiz.com/myOntolg y#hasRole, ?v)</p>	<p>Επιστρέφει την τιμή του χαρακτηριστικού hasRole για το individual της παραμέτρου. Πχ PropertyValue(http://sphy116.freeiz.com/myOntolg#AnnPapademetriou, http://sphy116.freeiz.com/myOntolg #hasRole, ?v).</p>
<p>Type(?y, http://sphy116.freeiz.com/myOntolg y#Object), PropertyValue(?y, http://sphy116.freeiz.com/myOntolg y#isForAge, http://sphy116.freeiz.com/myOntolg y#[ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ])</p>	<p>Επιστρέφει τα individuals της κλάσης Object που για το χαρακτηριστικό isForAge έχουν την τιμή της παραμέτρου. Πχ. Type(?y, http://sphy116.freeiz.com/myOntolg #Object), PropertyValue(?y, http://sphy116.freeiz.com/myOntolg #isForAge, http://sphy116.freeiz.com/myOntolg #from9to12))</p>

<p>Type(?y,  <a href="http://sphy116.freeiz.com/myOntology#Object">http://sphy116.freeiz.com/myOntology#Object</a>),  PropertyValue(?y,  <a href="http://sphy116.freeiz.com/myOntology#isOfType">http://sphy116.freeiz.com/myOntology#isOfType</a>,  <a href="http://sphy116.freeiz.com/myOntology#[ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ]">http://sphy116.freeiz.com/myOntology#[ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ]</a>)</p>	<p>Επιστρέφει τα individuals της κλάσης Object που για το χαρακτηριστικό isOfType έχουν την τιμή της παραμέτρου.  Πχ <span style="float: right;">Type(?y,</span>  <a href="http://sphy116.freeiz.com/myOntology#Object">http://sphy116.freeiz.com/myOntology#Object</a>),  PropertyValue(?y,  <a href="http://sphy116.freeiz.com/myOntology#isOfType">http://sphy116.freeiz.com/myOntology#isOfType</a>,  <a href="http://sphy116.freeiz.com/myOntology#CollectionVideo">http://sphy116.freeiz.com/myOntology#CollectionVideo</a>])</p>
<p>Type(?y,  <a href="http://sphy116.freeiz.com/myOntology#Object">http://sphy116.freeiz.com/myOntology#Object</a>),  PropertyValue(?y,  <a href="http://sphy116.freeiz.com/myOntology#isForLanguage">http://sphy116.freeiz.com/myOntology#isForLanguage</a>,  <a href="http://sphy116.freeiz.com/myOntology#[ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ]">http://sphy116.freeiz.com/myOntology#[ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ]</a>)</p>	<p>Επιστρέφει τα individuals της κλάσης Object που για το χαρακτηριστικό isForLanguage έχουν την τιμή της παραμέτρου.  Πχ <span style="float: right;">Type(?y,</span>  <a href="http://sphy116.freeiz.com/myOntology#Object">http://sphy116.freeiz.com/myOntology#Object</a>),  PropertyValue(?y,  <a href="http://sphy116.freeiz.com/myOntology#isForLanguage">http://sphy116.freeiz.com/myOntology#isForLanguage</a>,  <a href="http://sphy116.freeiz.com/myOntology#English">http://sphy116.freeiz.com/myOntology#English</a>)</p>
<p>Type(?y,  <a href="http://sphy116.freeiz.com/myOntology#Object">http://sphy116.freeiz.com/myOntology#Object</a>),  PropertyValue(?y,  <a href="http://sphy116.freeiz.com/myOntology#isForLanguageKnowledge">http://sphy116.freeiz.com/myOntology#isForLanguageKnowledge</a>,  <a href="http://sphy116.freeiz.com/myOntology#[ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ]">http://sphy116.freeiz.com/myOntology#[ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ]</a>)</p>	<p>Επιστρέφει τα individuals της κλάσης Object που για το χαρακτηριστικό isForLanguageKnowledge έχουν την τιμή της παραμέτρου.  Πχ <span style="float: right;">Type(?y,</span>  <a href="http://sphy116.freeiz.com/myOntology#Object">http://sphy116.freeiz.com/myOntology#Object</a>),  PropertyValue(?y,  <a href="http://sphy116.freeiz.com/myOntology#isForLanguageKnowledge">http://sphy116.freeiz.com/myOntology#isForLanguageKnowledge</a>,</p>

	<p>http://sphy116.freeiz.com/myOntology#A1)</p>
<p>Type(?y, http://sphy116.freeiz.com/myOntology#Object), PropertyValue(?y, http://sphy116.freeiz.com/myOntology#isOfClassCategory, http://sphy116.freeiz.com/myOntology#[ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ])</p>	<p>Επιστρέφει τα individuals της κλάσης Object που για το χαρακτηριστικό isOfClassCategory έχουν την τιμή της παραμέτρου.</p> <p>Πχ <span style="float: right;">Type(?y,</span>  http://sphy116.freeiz.com/myOntology#Object), PropertyValue(?y, http://sphy116.freeiz.com/myOntology#isOfClassCategory, http://sphy116.freeiz.com/myOntology#College1)</p>
<p>Type(?y, http://sphy116.freeiz.com/myOntology#Object), PropertyValue(?y, http://sphy116.freeiz.com/myOntology#isForSpecialNeeds, http://sphy116.freeiz.com/myOntology#[ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ])</p>	<p>Επιστρέφει τα individuals της κλάσης Object που για το χαρακτηριστικό isForSpecialNeeds έχουν την τιμή της παραμέτρου.</p> <p>Πχ <span style="float: right;">Type(?y,</span>  http://sphy116.freeiz.com/myOntology#Object), PropertyValue(?y, http://sphy116.freeiz.com/myOntology#isForSpecialNeeds, http://sphy116.freeiz.com/myOntology# BehavioralLearning)</p>
<p>Type(?y, http://sphy116.freeiz.com/myOntology#Object), PropertyValue(?y, http://sphy116.freeiz.com/myOntology#isOfFileType, http://sphy116.freeiz.com/myOntology#[ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ])</p>	<p>Επιστρέφει τα individuals της κλάσης Object που για το χαρακτηριστικό isOfFileType έχουν την τιμή της παραμέτρου.</p> <p>Πχ <span style="float: right;">Type(?y,</span>  http://sphy116.freeiz.com/myOntology#Object), PropertyValue(?y, http://sphy116.freeiz.com/myOntology</p>





Η εκτέλεση πολυπλοκότερων αναζητήσεων που απαιτούν την υποβολή συνδυαστικών ερωτημάτων γίνεται ως εξής:

- Δημιουργούνται τα απλά ερωτήματα που συνθέτουν εκείνα τα οποία πρέπει να εκτελεστούν.
- Εκτελούνται τα απλά ερωτήματα.
- Τα αποτελέσματα των ερωτημάτων συνδυάζονται μεταξύ τους ώστε να προκύψει τελικά το προσδοκώμενο αποτέλεσμα.

#### **4.2.2 Επίπεδο Λειτουργικότητας**

Η λειτουργικότητα της εφαρμογής βασίστηκε σε Javascript σενάρια και την βιβλιοθήκη jOWL. Χαρακτηριστικό της εφαρμογής αυτής είναι το γεγονός ότι αν και εκτελείται βασιζόμενη στην δυναμική παραγωγή ιστοσελίδων, εν τούτοις δεν χρησιμοποιήθηκε κάποια server side γλώσσα παραγωγής τους (php, asp, jsp) αλλά αυτές παράχθηκαν αποκλειστικά με client side τεχνολογίες.

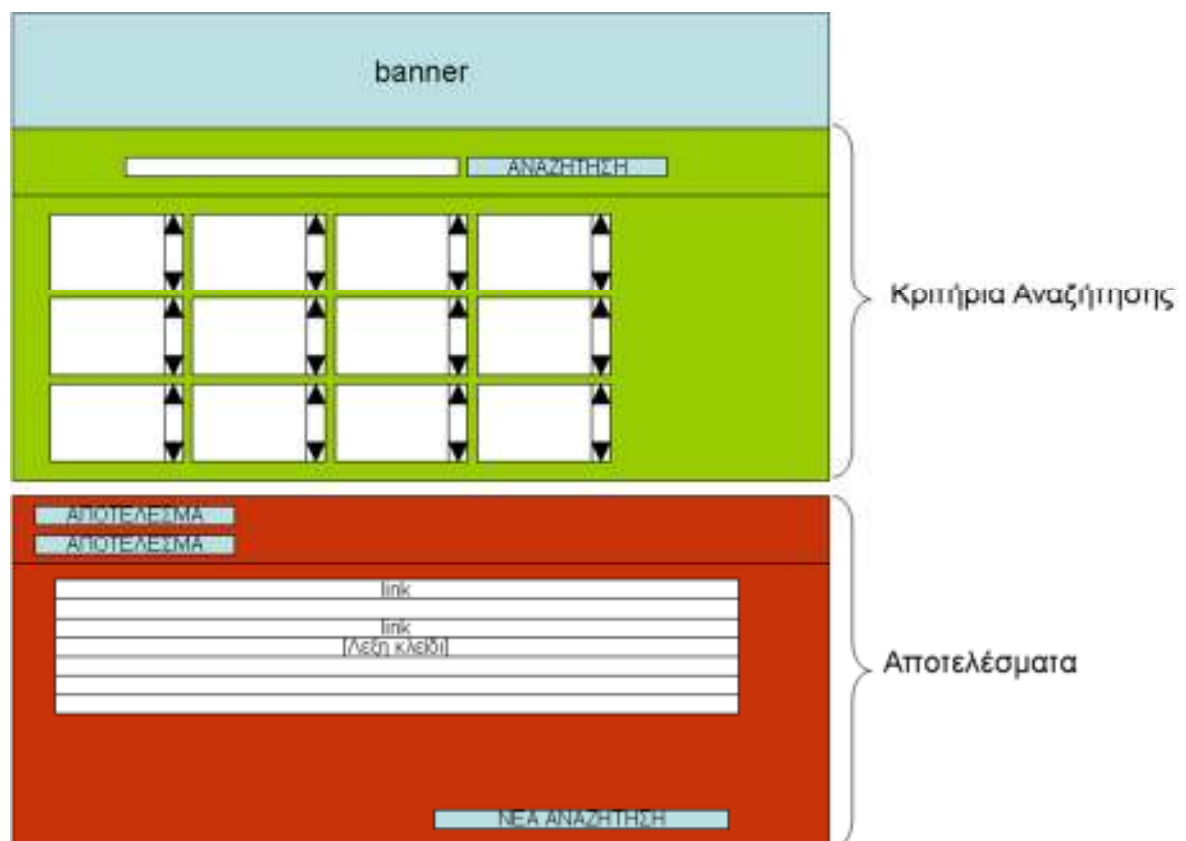
##### **4.2.2.1 Η βιβλιοθήκη JOWL**

Η jowl είναι μία βιβλιοθήκη javascript που προσφέρει υψηλού επιπέδου υπηρεσίες για την επεξεργασία και την οπτικοποίηση οντολογιών, που έχουν αναπτυχθεί σε μορφή OWL-DL. Είναι ένα εύχρηστο εργαλείο που χρησιμοποιεί την δημοφιλή βιβλιοθήκη jQuery και μπορεί να ενσωματώσει εύκολα σε διαδικτυακές εφαρμογές δυνατότητες διαχείρισης περιεχομένων οντολογίας. Οι λειτουργίες της έχουν να κάνουν με την φόρτωση των οντολογιών, την αναζήτηση των πληροφοριών που εμπεριέχουν καθώς και την παρουσίαση τους στις ιστοσελίδες. Στην συνέχεια παρατίθενται τα χαρακτηριστικά της βιβλιοθήκης με μεγαλύτερη έμφαση σε αυτά που χρησιμοποιήθηκαν κατά την ανάπτυξη της εφαρμογής. Οι βασικές εκφράσεις της βιβλιοθήκης αναφέρονται στο Παράρτημα Α.



### 4.2.3 Επίπεδο Διεπαφών

Οι διεπαφές της εφαρμογής δημιουργήθηκαν με την γλώσσα HTML και την χρήση αρχείων CSS. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν και σενάρια javascript για την προσθήκη διαδραστικότητας στις διεπαφές. Στην πραγματικότητα η λειτουργικότητα της εφαρμογής εξαντλείται σε μία ιστοσελίδα. Ο χρήστης έχει την αίσθηση ότι πλοηγείτε σε διαφορετικές ιστοσελίδες (σχεδιασμένες με τον ίδιο τρόπο και ακολουθώντας το ίδιο πρότυπο) αφού κάθε τομέας της ιστοσελίδας που δεν χρειάζεται σε κάθε τρέχουσα λειτουργία κρύβεται και εμφανίζεται πάλι όταν καταστεί απαραίτητο. Η δομή των διεπαφών φαίνεται στο ακόλουθο σκαρίφημα.



Εικόνα 19: Σχεδίαση Διεπαφών

Στην κορυφή της διεπαφής απεικονίζεται ένα banner που συνοπτικά περιγράφει τον σκοπό της εφαρμογής. Στην συνέχεια περιλαμβάνεται ένα text box στο οποίο ο χρήστης μπορεί να καταχωρήσει λέξεις κλειδιά για την

αναζήτηση πόρων με βάση αυτά και ένα πλήκτρο το οποίο με κλικ πυροδοτεί την αναζήτηση στην δεδομένη οντολογία. Η αναζήτηση γίνεται με ερωτήσεις SPARQL-DL που έχουν ως παραμέτρους τις λέξεις κλειδιά (οι λέξεις κλειδιά πρέπει να ταιριάζουν στο πεδίο keyword των individuals της οντολογίας).

Τα ερωτήματα αυτά είναι της μορφής:

```
Type(?i,http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#Object),PropertyValue(?i , http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#keyWord , ?q)
```

Παρακάτω εμφανίζεται ένας πίνακας ο οποίος περιλαμβάνει 12 combo boxes όπου μπορεί να γίνει η επιλογή των χαρακτηριστικών που είναι επιθυμητό να έχουν οι αναζητούμενοι πόροι. Η επιλογή μπορεί να είναι πολλαπλή. Με κλικ στο αντίστοιχο πλήκτρο στον κάτω μέρος του πίνακα ενεργοποιείται η αναζήτηση. Η αναζήτηση επίσης βασίζεται σε ερωτήματα SPARQL-DL που λαμβάνουν σαν παραμέτρους τις επιλεγμένες τιμές. Τα ερωτήματα αυτά έχουν την γενική μορφή:

```
Type(?y,http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#Object),  
PropertyValue(?y, [ΡΟΛΟΣ], [ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ])
```

Όπου [ΡΟΛΟΣ] το αναγνωριστικό που περιγράφει τον ρόλο του χαρακτηριστικού στην περιγραφή του πόρου και [ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ] η τιμή που αναζητείται.

Από το σύνολο αυτών των ερωτημάτων που εκτελούνται - παράγονται αντίστοιχα σύνολα αποτελεσμάτων. Ανάλογα με το αν ο χρήστης έχει επιλέξει να προβληθούν πόροι που ικανοποιούν κάποια ή τα σύνολο των κριτηρίων που δόθηκαν, εκτελείται μία διαδικασία είτε για την εύρεση των πόρων που περιλαμβάνονται έστω και σε ένα από τα δημιουργηθέντα σύνολα ή των πόρων που βρίσκονται σε όλα.

Το αποτέλεσμα εμφανίζεται αφού κρυφτούν τα στοιχεία της διεπαφής που χρησιμοποιούνται για την καταχώρηση των στοιχείων αναζήτησης. Οι πόροι εμφανίζονται ως ετικέτες σε πλήκτρα στα οποία με κλικ ενεργοποιείται η απεικόνιση των πληροφοριών των πόρων στην οθόνη. Οι πληροφορίες αυτές εμφανίζονται μετά την εκτέλεση ερωτήματος SPARQL-DL για την ανάκτηση όλων των χαρακτηριστικών συγκεκριμένου πόρου. Τα ερωτήματα αυτά είναι της μορφής:

PropertyValue([http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#\[ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ\], ?y, ?x](http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#[ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ], ?y, ?x))

Όπου [ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ] είναι το μοναδικό αναγνωριστικό του πόρου (του οποίου είναι επιθυμητή η παρουσίαση των τιμών των χαρακτηριστικών του)

Στις πληροφορίες υπάρχουν υπερσύνδεσμοι προς αλλά και πλήκτρα που ενεργοποιούν αναζητήσεις με βάση λέξεις κλειδιά των πόρων του αποτελέσματος. Υπάρχει επιπλέον πλήκτρο στο οποίο αν γίνει κλικ κρύβονται οι διεπαφές του αποτελέσματος και επανεμφανίζονται τα στοιχεία καταχώρησης των στοιχείων αναζήτησης.

Με τον τρόπο αυτό διαχείρισης της διεπαφή χρειάστηκε να αναπτυχθεί μόνο μία ιστοσελίδα εξαλείφοντας την ανάγκη για κάθε λειτουργία της εφαρμογής να χρειάζεται να φορτώνεται νέα. Έτσι η μετάβαση από λειτουργία σε λειτουργία γίνεται ταχύτερα ενώ παράλληλα δίδεται μία αίσθηση μεγαλύτερης συνεκτικότητας της εφαρμογής στον τελικό χρήστη.

## Κεφάλαιο 5: Χρήση

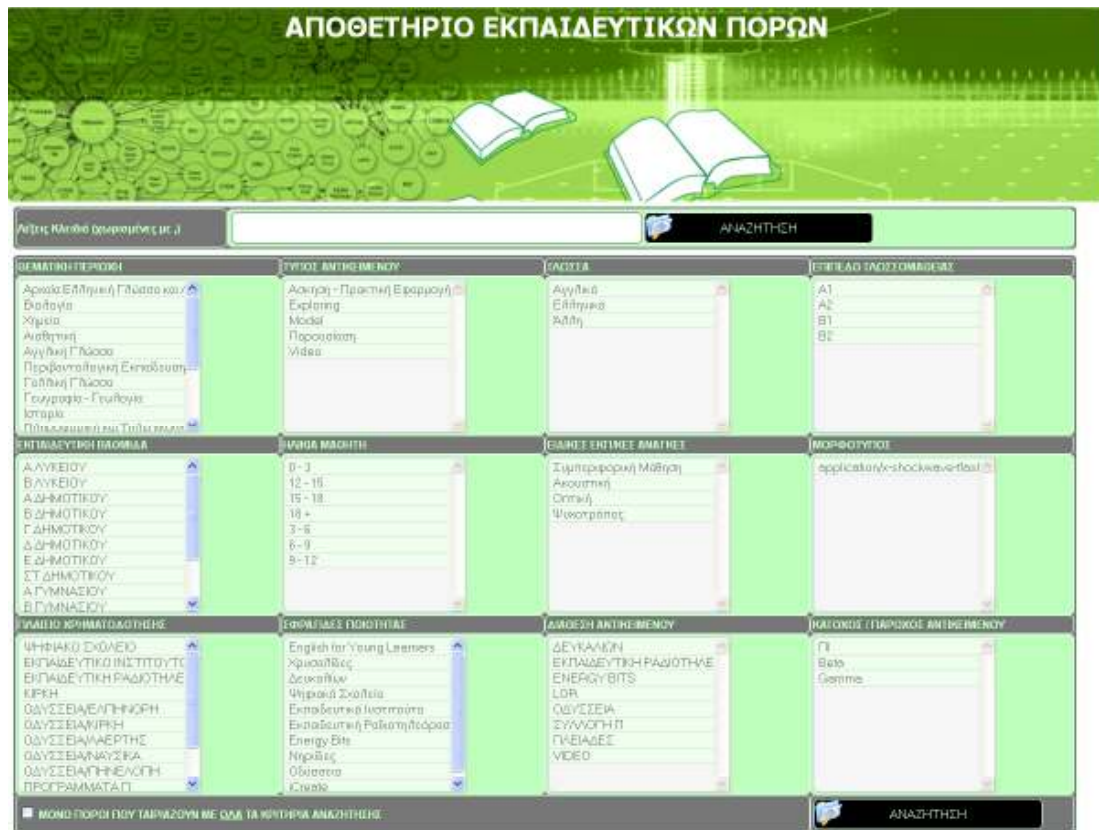
Με την είσοδο στην εφαρμογή ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει τα κριτήρια αναζήτησης που επιθυμεί. Προβάλλονται 12 drop down menus από τα οποία έχει την δυνατότητα να επιλέξει:

- Θεματική Περιοχή με την οποία σχετίζονται οι επιθυμητοί πόροι
- Τύπο Περιεχομένου των πόρων
- Γλώσσες των πόρων
- Επίπεδο Γλωσσομάθειας που χρειάζεται να έχουν οι χρήστες των πόρων
- Εκπαιδευτική Βαθμίδα που πρέπει να ανήκουν οι εκπαιδευόμενοι
- Ηλικία εκπαιδευομένου
- Ειδικές Εκπαιδευτικές Ανάγκες που ενδέχεται να καλύπτει
- Μορφότυπος
- Πλαίσιο Χρηματοδότησης που χρηματοδοτεί τον πόρο
- Σφραγίδες Ποιότητας του πόρου
- Πάροχος του πόρου
- Συλλογή που περιλαμβάνει τον πόρο

Τα drop down menus δημιουργούνται αφού εκτελεστούν στην οντολογία τα ερωτήματα τα οποία και προβάλλονται σε pop up παράθυρο:

```
Type(?thing, http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#Area)
Type(?thing, http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#Type)
Type(?thing, http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#Language)
Type(?thing, http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#LanguageKnowledge)
Type(?thing, http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#ClassCategory )
Type(?thing, http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#Age)
Type(?thing, http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#SpecialNeeds)
Type(?thing, http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#FileType)
Type(?thing, http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#Budget)
Type(?thing, http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#Quality)
Type(?thing, http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#Collection)
Type(?thing, http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#Owner)
```

Εικόνα 20: SPARQL-DL ερωτήματα για την δημιουργία των drop down menu των κριτηρίων αναζήτησης



**Εικόνα 21: Αρχική Οθόνη Εφαρμογής**

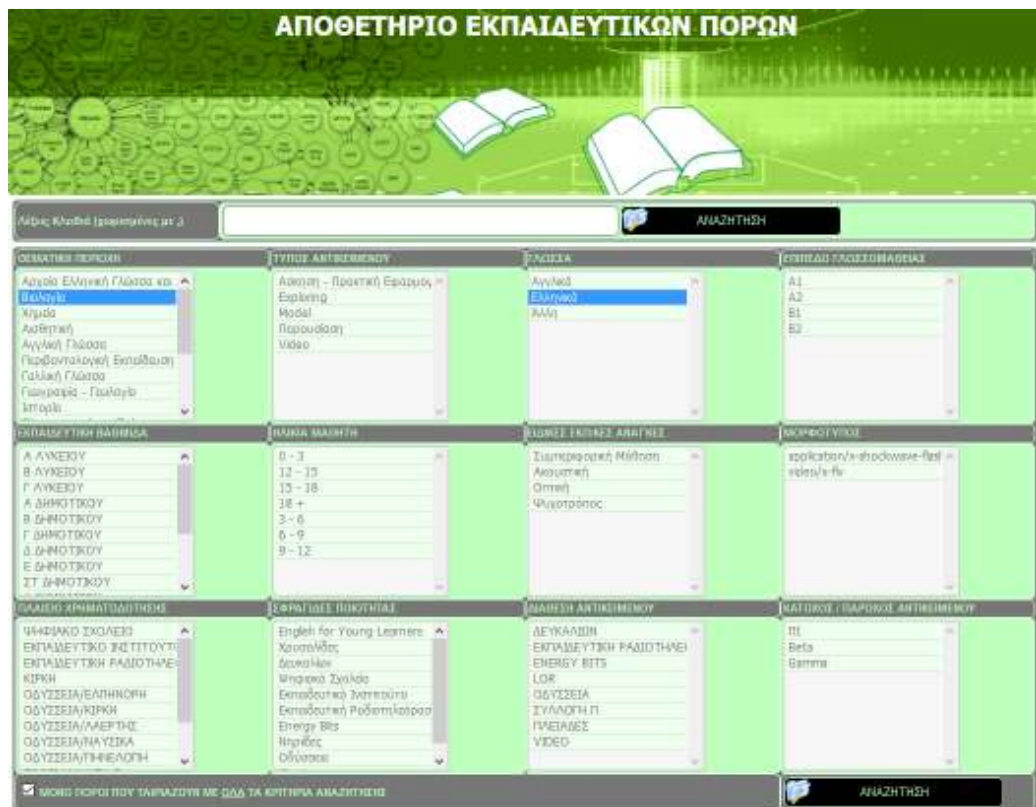
Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την ικανοποίηση όλων των κριτηρίων που έχει επιλέξει ταυτόχρονα, τσεκάροντας το checkbox στο κάτω μέρος της σελίδας ή την ικανοποίηση τουλάχιστον ενός από τα επιλεγμένα κριτήρια. Για την προβολή των πόρων που ικανοποιούν τα κριτήρια κάνει κλικ στο πλήκτρο «ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ» επίσης στο κάτω μέρος της σελίδας.

Στο παράδειγμα που φαίνεται στην επόμενη εικόνα, ο χρήστης έχει επιλέξει να προβάλλει πόρους από το θεματικό πεδίο «ΒΙΟΛΟΓΙΑ», στην «ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΓΛΩΣΣΑ». Επιπλέον καθορίζει ότι τα αποτελέσματα πρέπει να καλύπτουν όλα τα κριτήρια που δόθηκαν. Τα ερωτήματα SPARQL-DL που παράγονται και εκτελούνται, εμφανίζονται σε pop up παράθυρο και είναι τα

εξής:

```
Type(?y, http://sphy116.freeiz.com/myOntology#Object), PropertyValue(?y,
http://sphy116.freeiz.com/myOntology#isForLanguage, http://sphy116.freeiz.com
/myOntology#HellenicLanguage)
Type(?y, http://sphy116.freeiz.com/myOntology#Object), PropertyValue(?y,
http://sphy116.freeiz.com/myOntology#isOfArea, http://sphy116.freeiz.com
/myOntology#Biology)
```

Εικόνα 22: SPARQL-DL ερωτήματα για αναζήτηση πόρων στην οντολογία



Εικόνα 23: Εισαγωγή κριτηρίων αναζήτησης

Για την προβολή των πόρων που ικανοποιούν τα κριτήρια κάνει κλικ στο πλήκτρο «ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ» επίσης στο κάτω μέρος της σελίδας.

Τα αποτελέσματα που ικανοποιούν τα δοθέντα κριτήρια εμφανίζοντας την επόμενη εικόνα με την μορφή πλήκτρων όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα.



**Εικόνα 24: Εμφάνιση Αποτελεσμάτων Αναζήτησης**

Στην συνέχεια ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να του προβληθούν πληροφορίες για συγκεκριμένο πόρο κάνοντας κλικ στο αντίστοιχο πλήκτρο. Ο τρόπος που παρουσιάζονται οι πληροφορίες φαίνεται στην επόμενη εικόνα.







κλικ στο πλήκτρο «ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ». Με την εμφάνιση των αποτελεσμάτων που περιλαμβάνουν αυτές τις λέξεις κλειδιά μπορεί να επακολουθήσει τα ίδια βήματα με αυτά της εκτεταμένης αναζήτησης.

## Σενάρια Χρήσης

### Σενάριο 1

Έστω ότι ο χρήστης επιθυμεί να αναζητήσει πόρους που μπορεί να περιγράφονται από κάποιες λέξεις κλειδιά. Στην οντολογία που γίνεται η αναζήτηση τα individuals έχουν ένα πεδίο το οποίο έχει ως τιμές λέξεις κλειδιά. Έτσι η αναζήτηση θα πρέπει να ελέγξει για ποιους πόρους το συγκεκριμένο πεδίο έχει τιμή που να ταιριάζει το δοθέν κριτήριο.



Εικόνα 27: Αναζήτηση με λέξη κλειδί

Ο χρήστης καταχωρεί στην αντίστοιχη θέση την λέξη κλειδί που επιθυμεί να γίνει η αναζήτηση (στο συγκεκριμένο παράδειγμα η λέξη αυτή είναι Μαθηματικά). Κάνοντας κλικ στο πλήκτρο αναζήτηση τρέχει η javascript συνάρτηση `getRecordsOfKeywords` η οποία μέσω της βιβλιοθήκης JOWL εκτελεί το ερώτημα

```
Type(?i, http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#Object) ,  
PropertyValue(?i, http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#keyWord , ?q)
```

Αποτέλεσμα αυτού είναι να ανακτηθούν οι πόροι που περιγράφονται από λέξεις κλειδιά καθώς και αυτές οι λέξεις κλειδιά. Τα αποτελέσματα αυτά οδηγούνται στην συνάρτηση `resultsFromKeywords` όπου ελέγχονται ποιοι από τους πόρους του αποτελέσματος περιλαμβάνουν τις λέξεις κλειδιά που έδωσε ο χρήστης, ώστε να δημιουργηθούν στη διεπαφή κατάλληλα πλήκτρα τα οποία

θα ενεργοποιούν ερώτημα SPARQL για την ανάκτηση των στοιχείων συγκεκριμένου πόρου. Το ερώτημα το οποίο θα γίνει στην οντολογία είναι:

```
PropertyValue(http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#\[ONOMΑΣΙΑ ΠΟΡΟΥ\], ?y, ?x)
```

Το οποίο ανακτά όλα τα ζεύγη της μορφής ΙΔΙΟΤΗΤΑ – ΤΙΜΗ του συγκεκριμένου πόρου. Τα ζεύγη αυτά τα λαμβάνει listInformation η οποία με την σειρά της εκτελεί μία σειρά SPARQL ερωτημάτων:

Ανάκτηση των URL του ιδιοκτήτη του εκπαιδευτικού υλικού.

```
PropertyValue(http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#\[ONOMΑΣΙΑ ΠΟΡΟΥ\], http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#URL, ?v)
```

Ανάκτηση των ρόλων των συμμετεχόντων στη ομάδα ανάπτυξης

```
PropertyValue(http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#\[ONOMΑΣΙΑ ΠΟΡΟΥ\], http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#hasRole, ?v)
```

Οι πληροφορίες που ανακτώνται από την οντολογία οργανώνονται σε html πίνακα και παρουσιάζονται στην ιστοσελίδα.

## Σενάριο 2

Έστω ότι ένας χρήστης θέλει να πραγματοποιήσει μία αναζήτηση για πόρους που πρέπει να πληρούν μία σειρά από κριτήρια ως προς τις τιμές των χαρακτηριστικών τους. Έτσι θα επιλέξει από τα 12 comboboxes στα οποία υπάρχουν οι διαθέσιμες τιμές για κάθε χαρακτηριστικό των πόρων. Τα comboboxes αυτά λαμβάνουν τις τιμές τους με την εκτέλεση SPARQL

ερωτημάτων τα οποία ανακτούν τις τιμές αυτές από την οντολογία. Τα ερωτήματα αυτά είναι της μορφής:

```
Type(?thing [ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟΥ])
```

Η εκτέλεση των ερωτημάτων γίνεται με την φόρτωση της ιστοσελίδας όποτε και τρέχει η συνάρτηση loadMyOntology. Αυτή καλεί 12 φορές την συνάρτηση getClassIndividuals με παράμετρους κάθε φορά το όνομα της κλάσης της οντολογίας και το id του αντίστοιχου combobox.

Όταν ο χρήστης θα κάνει την επιλογή των κριτηρίων και με κλικ στο πλήκτρο αναζήτηση σχηματίζονται κατάλληλα SPARQL ερωτήματα και εκτελούνται στην οντολογία. Τα ερωτήματα αυτά είναι της μορφής:

```
Type(?y,      http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#Object),
PropertyValue(?y,
http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#\[ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟΥ\],
http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#\[ΤΙΜΗ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ\])
```

Όλα τα individuals που επιστρέφονται από τα ερωτήματα αυτά κατατάσσονται σε πίνακα και ανάλογα με την επιλογή που έχει κάνει ο χρήστης παραμένουν εκείνα που εμφανίζονται 12 φορές (έχει δηλαδή εκτελέσει ένα ερώτημα ο χρήστης συνδυάζοντας τα δοθέντα κριτήρια με AND) ή εκείνα που εμφανίζονται έστω και μία φορά (έχει δηλαδή εκτελέσει ένα ερώτημα ο χρήστης συνδυάζοντας τα δοθέντα κριτήρια με OR). Σε κάθε περίπτωση τα διπλότυπα συγχωνεύονται και διαμορφώνεται η html απόκριση όπως ακριβώς συνέβη και στο Σενάριο 1. Δημιουργούνται δηλαδή στην διεπαφή πλήκτρα με τα οποία παρουσιάζονται όλες οι πληροφορίες για το κάθε individual. Το ερώτημα το οποίο θα γίνεται κάθε φορά στην οντολογία είναι:

```
PropertyValue(http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#\[ONOMΑΣ  
IA ΠΟΡΟΥ\], ?y, ?x)
```

Αυτό ανακτά όλα τα ζεύγη της μορφής ΙΔΙΟΤΗΤΑ – ΤΙΜΗ του συγκεκριμένου πόρου. Τα ζεύγη αυτά τα λαμβάνει listInformation η οποία με την σειρά της εκτελεί μία σειρά SPARQL ερωτημάτων:

Ανάκτηση των URL του ιδιοκτήτη του εκπαιδευτικού υλικού.

```
PropertyValue(http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#\[ONOMΑΣ  
IA ΠΟΡΟΥ\], http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#URL, ?v)
```

Ανάκτηση των ρόλων των συμμετεχόντων στη ομάδα ανάπτυξης

```
PropertyValue(http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#\[ONOMΑΣ  
IA ΠΟΡΟΥ\], http://sphy116.freeiz.com/myOntolgy#hasRole, ?v)
```

Οι πληροφορίες που ανακτώνται από την οντολογία οργανώνονται σε html πίνακα και παρουσιάζονται στην ιστοσελίδα.

## Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα

Η ανάπτυξη των τεχνολογιών του διαδικτύου επέφερε σημαντικές θετικές επιπτώσεις σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας. Συνέπεια αυτού ήταν να αυξηθεί στην εποχή μας το σύνολο του περιεχομένου που διατίθεται στον παγκόσμιο ιστό. Η αναζήτηση του ενώ ως προς την ύπαρξη του πολύ συχνότερα οδηγεί σε θετικά αποτελέσματα, ως προς τον εντοπισμό του ανάμεσα στις λίστες αποτελεσμάτων είναι δυσχερέστερη (αφού οι λίστες αυτές είναι πλέον πολύ μεγάλες). Η διαμόρφωση της κατάστασης αυτής θεμελίωσε την ανάγκη της οποίας μία προτεινόμενη λύση είναι ο σημασιολογικός ιστός. Οι οντολογίες εξυπηρετούν τεχνικά την ανάγκη αυτή αρκετά αποδοτικά. Οι αναζητήσεις πλέον δεν βασίζονται στο ταίριασμα λεκτικών συνόλων αλλά στον βαθμό ταυτοποίησης εννοιών και συμπερασμού με βάση αυτές (π.χ. η ερώτηση βρες πληροφορία που αφορά μαθητές Α' βαθμιας εκπαίδευσης, θα επιστρέψει αποτελέσματα που αφορά υλικό για κάθε τάξη της Α' βαθμιας εκπαίδευσης). Στην εφαρμογή που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία οι αναζητήσεις για πόρους βασίστηκαν στις ιδιότητες που είναι επιθυμητό να έχουν. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την έκφραση των οντολογιών βασίζονται σε ένα ώριμο και καθολικά αποδεκτό πρότυπο έκφρασης, την XML (Οι αναζητήσεις δεν έγιναν σε κάποια αποθήκη δεδομένων (πχ βάση δεδομένων) αλλά σε ένα έγγραφο XML μορφής το οποίο περιγράφει την οντολογία). Το γεγονός αυτό έδρασε επικουρικά στην γρήγορη και εύκολη υιοθέτηση της προσέγγισης για την προσπέλαση του διαδικτυακού περιεχομένου. Η προσαρμογή των οντολογιών σε νέα αλλά και υπάρχοντα πληροφοριακά συστήματα υπήρξε σχετικά εύκολη αλλά και η γνωριμία της κοινότητας των προγραμματιστών με τις νέες μεθοδολογίες γενικά μπορεί να χαρακτηριστεί ομαλή. Η διείσδυση της νέας αντίληψης για τον εντοπισμό και την προσπέλαση του διαδικτυακού περιεχομένου είναι αντιληπτή επίσης αν τεθεί υπ' όψη ότι ήδη έχουν αναπτυχθεί ισχυρά εργαλεία για την ανάπτυξη, διαχείριση και επεξεργασία οντολογιών.

Η υπερπληθώρα διαδικτυακού περιεχομένου εντοπίζεται και στο ψηφιακό εκπαιδευτικό υλικό. Ο τομέας της εκπαίδευσης σε όλες τις βαθμίδες και θεματικές περιοχές ευεργετήθηκε από την διαμορφωθείσα κατάσταση στο

διαδίκτυο. Αναπτύσσονται και διατίθενται στο διαδίκτυο αφθονία ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων. Εκπαιδευτές και εκπαιδευόμενοι έχουν την δυνατότητα να ανακτήσουν από το διαδίκτυο εκπαιδευτικό υλικό κατάλληλο για κάθε εκπαιδευτικό θεματικό αντικείμενο, σε οποιαδήποτε μορφή και για όλες τις φάσεις της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Ωστόσο και στην περίπτωση αυτή η διαλογή είναι μία σχετικά δύσκολη διαδικασία. Η ανάπτυξη ενός κατάλληλου συστήματος περιγραφής του με την χρήση οντολογίας είναι μία αρκετά αποδοτική λύση. Μία υπηρεσία αναζήτησης δεν χρειάζεται να αποθηκεύει το ίδιο το εργαλείο ώστε να είναι σε θέση να παρέχει πρόσβαση στον χρήστη της. Αρκεί να χρησιμοποιεί οντολογικά έγγραφα που να περιλαμβάνει κατάλληλες εκφράσεις που να περιγράφουν τα ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα με ακρίβεια. Οι χρήστες τους έχουν την δυνατότητα να επιλέγουν από κριτήρια αναζήτησης και να διαμορφώνουν ερωτήσεις σαφείς για το ποια χαρακτηριστικά προσδοκούν από ότι αναζητούν. Οι υπηρεσίες αυτές σαν αποτέλεσμα παρέχουν τον τρόπο για προσπέλαση του ίδιου του πόρου και όχι αντίγραφο του. Ο διαμοιρασμός των ίδιων πόρων σε πολλαπλές χρήσεις συντελεί στην οικονομία στο διαδίκτυο αλλά και στη συνέπεια της πληροφορίας. Επίσης τα ίδια τα οντολογικά έγγραφα μπορεί να διαμοιραστούν σε διαφορετικές εφαρμογές αν είναι γνωστή η θέση τους στο διαδίκτυο. Κατά την φάση ανάπτυξης της εφαρμογής, αν ήταν γνωστή η θέση της οντολογίας (του αρχείου owl) των ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων του αποθετηρίου του Φωτόδενδρου δεν θα απαιτείτο να οριστεί εκ νέου (και μάλιστα με κίνδυνο να μην περιληφθούν στον ορισμό της οντολογίας κάποια από τα στοιχεία της). Αντίθετα θα αρκούσε η μελέτη της δομής και του περιεχομένου της με την βοήθεια ενός από τα πολλά διαθέσιμα εργαλεία ώστε να απέμενε μόνο ο σχεδιασμός και η υλοποίηση των ερωτημάτων στην οντολογία, η ενσωμάτωση τους στις λειτουργίες της εφαρμογής και η απόδοση των αποτελεσμάτων στις διεπαφές.

Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της εφαρμογής είναι ικανά να υποστηρίξουν όλες τις λειτουργίες με αρκούτως αποδοτικό τρόπο. Το λογισμικό protégé δίνει τη δυνατότητα στον προγραμματιστή να περιγράψει μία οντολογία σε όλη της λεπτομέρεια. Παράλληλα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μελέτη τους ώστε μέσα από τον γραφικό τρόπο

απεικόνισης τους να μπορεί ο προγραμματιστής να αντιληφθεί τις δομές και το περιεχόμενο της υπάρχουσας οντολογίας. Η μελέτη αυτή μπορεί να τον βοηθήσει να προσαρμόσει δικές του εφαρμογές ώστε να χρησιμοποιούν την οντολογία αυτή ή στην ανάπτυξη δικής του η οποία είτε θα επεκτείνει είτε θα την χρησιμοποιεί. Η βιβλιοθήκη Jowl είναι ένα πλήρες εργαλείο για την επεξεργασία, προσπέλαση και εκμετάλλευση οντολογιών. Το γεγονός ότι η λειτουργία της βασίζεται στη javascript και στην δημοφιλή βιβλιοθήκη της jQuery δίνει την δυνατότητα στους προγραμματιστές να αναπτύξουν υψηλού επιπέδου λειτουργίες χειρισμού οντολογικών στοιχείων και δεδομένων αλλά και να δημιουργήσουν καλαίσθητες και αρκούτως περιγραφικές περιγραφές αυτών.

Η παρούσα εφαρμογή μπορεί να επεκταθεί σε μία μηχανή αναζήτησης μαθησιακών αντικειμένων στο διαδίκτυο. Η επέκταση αυτή απαιτεί από τον αναλυτή του συστήματος να έχει γνώση της θέσης και της δομής αντίστοιχων οντολογιών σχετικών με αποθετήρια μαθησιακών αντικειμένων. Στην συνέχεια μετά από ενδελεχή μελέτη τους μπορεί να διαμορφώσει κατάλληλα ερωτήματα σε αυτές τις οντολογίες για την ανάκτηση των πληροφοριών που περιλαμβάνουν. Τα λαμβανόμενα αποτελέσματα θα πρέπει να συνδυάζονται μεταξύ τους και στον τελικό χρήστη να παρουσιάζονται με τρόπο χρηστικό και άκρως φιλικό με σκοπό να είναι ευκολονόητα ακόμα και από χρήστες του διαδικτύου που δεν είναι αρκούτως εξοικειωμένοι με τις διαδικτυακές εφαρμογές. Τα αποτελέσματα επίσης θα πρέπει να παρουσιάζονται στον τελικό χρήστη με τέτοια μορφή που να επιτρέπει την πλοήγηση σε άλλες πληροφορίες που κατά οποιοδήποτε τρόπο σχετίζονται με αυτά στα πρότυπα των ανοικτών δεδομένων. Στην εφαρμογή αναζήτησης που υλοποιήθηκε σχεδιάστηκαν διεπαφές οι οποίες δεν παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις σε σχέση με αυτές που χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε δημοφιλείς διαδικτυακές εφαρμογές. Κατά την χρήση της εφαρμογής δίνεται η αίσθηση στον χρήστη ότι χειρίζεται μία μέση διαδικτυακή εφαρμογή και εκτιμάται ότι δεν προβληματίζεται κατά την χρήση της.

Εν κατακλείδι το WEB3.0 και ο σημασιολογικός ιστός αναμένεται να αποτελέσει σύντομα την επικρατούσα πραγματικότητα στο διαδίκτυο. Η αυξανόμενη υιοθέτηση των τεχνολογιών στα πληροφοριακά συστήματα των οργανισμών που έχουν απολήξει στο διαδίκτυο αλλά και η παρουσίαση όλο



και περισσότερων νέων τεχνολογιών, μεθοδολογιών και εργαλείων που σχετίζονται με αυτό, φανερώνουν μία έντονη δυναμική η οποία εκτιμάται ότι θα παραμείνει σε υψηλά επίπεδα και τα επόμενα χρόνια.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Βασικές Εκφράσεις Βιβλιοθήκης JOWL

- jOWL: Χρησιμοποιείται για την καταχώρηση του περιεχομένου του αρχείου της οντολογίας σε αντικείμενο με δομή την οποία μπορούν να επεξεργαστούν οι συναρτήσεις της βιβλιοθήκης. Καλείται σε κάθε διαδικασία χειρισμού οντολογιών. Ακολουθεί την εκτέλεση της συνάρτησης jOWL.load. Λαμβάνει ως ορίσματα το URI ή το XML έγγραφο της οντολογίας καθώς και την κατηγορία των στοιχείων που αναζητούνται (το δεύτερο όρισμα δεν είναι υποχρεωτικό να δοθεί). Επιστρέφει αντικείμενο της κλάσης JOWL που περιγράφει την οντολογία. Χαρακτηριστικά της κλάσης αυτής είναι:

- jOWL: Η έκδοση της jowl.
- isAnonymous true/false.
- baseURI : Το Namespace που ανήκει το αντικείμενο
- name : Το τοπικό όνομα του αντικειμένου
- URI local Name: Μοναδικό τοπικό όνομα.

Το αρχείο που χρησιμοποιείται για την παρούσα εφαρμογή είναι το myOntology.owl ενώ η συνάρτηση καλείται με την φόρτωση της αρχικής σελίδας.

- jOWL.load: Αρχικοποιεί για πρώτη φορά ή επαναρχικοποιεί ένα αντικείμενο JOWL με βάση ένα OWL-RDFS έγγραφο. Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιείται η συνάρτηση jOWL.parse ή Jowl.parseRDFa. Οι παράμετροι της είναι:

- Path: Το σχετικό path προς το έγγραφο owl.
- fn: Η συνάρτηση που θα εκτελεστεί όταν ολοκληρωθεί η αρχικοποίηση.
- options: Προαιρετικοί παράμετροι για την ρύθμιση της αρχικοποίησης. Αυτοί μπορεί να είναι:.

- Reason: Ενεργοποιεί το Reasoning εξ ορισμού είναι true.
- locale: Γλώσσα αναπαράστασης
- onParseError: Συνάρτηση για την περίπτωση εσφαλμένης αρχικοποίησης. Το πρώτο όρισμα αυτής το μήνυμα σφάλματος που θα εμφανιστεί στη περίπτωση αυτή.
- niceClassLabels: Είναι εξ ορισμού true και σε περίπτωση που στο έγγραφό της οντολογίας δεν περιλαμβάνεται rdfs:labels για δεδομένη owl:Class, χρησιμοποιούνται regexr συναρτήσεις για την δημιουργία labels που είναι αναγνώσιμες από τον άνθρωπο.
- dictionary.create: Είναι εξ ορισμού true και δηλώνει την δημιουργία λεξικού όρων που χρησιμοποιούνται στην οντολογία και που μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε λειτουργίες autocomplete.
- dictionary.addID: Είναι εξ ορισμού true, και προσθέτει αναγνωριστικά στα αντικείμενα της οντολογίας και στο λεξικό της.

Στο επόμενο παράδειγμα γίνεται η φόρτωση της οντολογίας που είναι αποθηκευμένη στην τοποθεσία mypath. Με την φόρτωση της τρέχει η συνάρτηση που καταγράφεται στο δεύτερο όρισμα ενώ η φόρτωση των στοιχείων της οντολογίας θα γίνει στην Αγγλική γλώσσα όπως ορίζει το τρίτο όρισμα.

```
var options = {locale: 'en'};
jOWL.load("mypath", function(){
//All jOWL Logic should be specified here.
}, options);
```

- `jOWL.toString`: Επιστρέφει ένα `string` που αντιστοιχεί στο OWL-RDFS έγγραφο ή τον το συγκεκριμένο όρισμα που μπορεί να δοθεί.
- `jOWL.permalink`: Δημιουργεί ή κάνει parsing σε URLs για `owl:Classes` και επιστρέφει το αντικείμενο που αντιστοιχεί στο όρισμα του που είναι κάποιο στοιχείο της οντολογίας.
- `jOWL.SPARQL_DL`: Είναι συνάρτηση που χρησιμοποιείται για την αναζήτηση και την ανάκτηση στοιχείων οντολογίας. Στην πραγματικότητα προετοιμάζει αντικείμενο για να τρέξει ερωτήματα που δίνονται σε μορφή SPARQL-DL ερωτήματα. Το ερώτημα στην συνέχεια εκτελείται με την συνάρτηση `execute`. Οι παράμετροι της καθορίζουν το ερώτημα που θα εκτελεστεί και τον χειρισμό του αποτελέσματος. Αυτοί είναι:
  - `Syntax`: Το ερώτημα σε μορφή SPARQL-DL.
  - `parameters`: Προαιρετικοί παράμετροι που μπορεί να περιλαμβάνονται στο ερώτημα.
  - `options`: Προαιρετικοί παράμετροι που καθορίζουν την μορφή αποτελέσματος. Αυτοί συνοπτικά είναι:
    - `onComplete`: Καθορίζει την συνάρτηση που θα εκτελεστεί μετά την εκτέλεση του ερωτήματος.
    - `childDepth`: Το βάθος στο οποίο θα επεκταθεί το αποτέλεσμα του ερωτήματος.
    - `chewsize`: Σηματοδοτεί την τμηματική εκτέλεση του ερωτήματος.
    - `async`: Καθορίζει αν το αποτέλεσμα του ερωτήματος θα επιστραφεί σύγχρονα ή ασύγχρονα.
- `Execute`: Όπως προαναφέρθηκε είναι η συνάρτηση εκείνη που εκτελεί το ερώτημα. Οι παράμετροι της είναι:

- `object.error`: Καθορίζει μήνυμα σφάλματος που μπορεί να προκύψει κατά την εκτέλεση του ερωτήματος.
- `object.results`: Είναι ο πίνακας στον οποίο τοποθετούνται τα στοιχεία του αποτελέσματος του ερωτήματος.
- `object.assert` `True`, `false` ή `undefined`. Σηματοδοτεί το αν το ερώτημα επιστρέφει `true`.
- `object.jOWLArray`: Μέθοδος που λαμβάνει μία μεταβλητή και επιστρέφει έναν `jOWL.Ontology.Array` που περιλαμβάνει τα `jOWL` αντικείμενα που ταιριάζουν με την μεταβλητή αυτή.

Στο παρακάτω παράδειγμα φαίνεται η χρήση της συνάρτησης. Εκτελείται το ερώτημα `Type (?x, wine)` και το αποτέλεσμα καταγράφεται σε έναν πίνακα με όνομα `arr`.

```
new jOWL.SPARQL_DL("Type(?x, wine)").execute({onComplete: function(results){
arr = results.jOWLArray("?x");}}
```

Οι συναρτήσεις που προαναφέρθηκαν διαχειρίζονται οντολογικά αντικείμενα τόσο για την αποθήκευση των πληροφοριών σε κατάλληλες δομές όσο και για την παρουσίαση τους. Τα αντικείμενα αυτά όπως προσδιορίζονται στην βιβλιοθήκη έχουν ως εξής:

- **Ontology Objects**: Περιγράφουν αντικείμενα στα οποία είναι οργανωμένα τα δεδομένα που περιλαμβάνονται σε μία οντολογία. Είναι ορισμένα σε αρμονία με τους όρους της OWL και έχουν όπως παρακάτω:
  - **Class**: Αντιστοιχούν σε `owl:Class` και οι μέθοδοι που προδιαγράφουν είναι:
    - **Parents**: Επιστρέφει τις άμεσες υπερκλάσεις της κλάσης σε πίνακα αντικειμένων `JOWL`.

- Children: Επιστρέφει τις άμεσες υποκλάσεις της κλάσης σε πίνακα αντικειμένων JOWL.
  - Descendants: Επιστρέφει σε ορισμένο ύψος υπερκλάσεις της κλάσης σε πίνακα αντικειμένων JOWL.
  - Hierarchy: Σχηματίζει την ιεραρχία της οντολογίας σε πίνακα αντικειμένων JOWL.
  - Thing: Επιστρέφει την κορυφή της ιεραρχίας των κλάσεων.
  - Ancestors: Επιστρέφει σε ορισμένο βάθος υποκλάσεις της κλάσης σε πίνακα αντικειμένων JOWL..
  - Sourceof: Επιστρέφει η υπερκλάση της κλάσης.
  - Individuals: Επιστρέφει τα individuals της κλάσης σε πίνακα αντικειμένων jOWL.
  - oneOf: Επιστρέφει τις συλλογές που περιλαμβάνονται σε μία κλάση.
- Individual: Αντιστοιχούν σε owl:Thing. Οι μέθοδοι του είναι:
    - owlClass: Επιστρέφει την κλάση που ανήκει.
      - Sourceof: Επιστρέφει πίνακα που περιλαμβάνει jOWL αντικείμενα (individuals) που ικανοποιούν τους περιορισμούς των παραμέτρων. Αυτοί είναι:
        - Property: (Προαιρετικό) Ιδιότητες αντικειμένου στις οποίες μπορεί να εφαρμοστούν φίλτρα.
        - target (Προαιρετικό): Το στοιχείο στο οποίο θα αποθηκευτούν οι παραπάνω ιδιότητες.
        - options (Προαιρετικό): Καθορίζει ρυθμίσεις για αναζήτηση σε υπερκλάσεις (inherited), μεταβατικές αναζητήσεις (transitive), χειρισμό (αν θα αγνοηθούν ή όχι) γενικευμένων επιστρεφόμενων στοιχείων στην περίπτωση που υπάρχουν

εξειδικεύσεις (`ignoreGenerics`), παράλειψη επιστρεφόμενων κλάσεων (`ignoreClasses`).

- `Property`: Αντιστοιχεί στο `rdf:Property`.
- `Utility Objects`: Πρόκειται για δομές που χρησιμοποιούνται στον χειρισμό `Ontology Object`. Αυτά είναι:
  - `Array`: Είναι πίνακες `jOWL Ontology Objects`. Η επεξεργασία τους γίνεται με τις παρακάτω μεθόδους:
    - `Bind`: Μετασχηματίζει το πίνακα που περιλαμβάνει αντικείμενα `jowl` σε αντίστοιχο `javascript` πίνακα ώστε να μπορεί να γίνει η απεικόνιση του σε ιστοσελίδα. Οι παράμετροι που μπορεί να πάρει η συνάρτηση είναι:
      - `listitem` (Προαιρετικό): Καθορίζει ένα `jQuery wrapped HTML` αντικείμενο για κάθε καταχώρηση.
      - `fn` (Προαιρετικό): Καθορίζει μια συνάρτηση που χειρίζεται κάθε στοιχείο `html` που δημιουργείται.
      - `Concat`: Συνενώνει δύο πίνακες και με την συνένωση του δημιουργεί έναν τρίτο.
      - `Contains`: Ελέγχει αν ένα αντικείμενο περιλαμβάνεται στον πίνακα και επιστρέφει `true` σε θετική περίπτωση.
      - `Each`: Διατρέχει τα στοιχεία του πίνακα και τρέχει μία συνάρτηση, για κάθε ένα από αυτά, που δίνεται σαν παράμετρος.

`Filter`: Φιλτράρει τα στοιχεία του πίνακα επιστρέφοντας

- αυτά που ικανοποιούν την συνθήκη του φίλτρου.
- `Get`: Επιστρέφει στοιχείο του πίνακα που προσδιορίζεται από την παράμετρο που δίνεται.
- `Map`: Μετασχηματίζει τον πίνακα σε `javascript` πίνακα.
- `Push`: Προσθέτει ένα στοιχείο στον πίνακα.

- `pushUnique`: Προσθέτει ένα στοιχείο στον πίνακα μόνο αν δεν υπάρχει ήδη.
  - `Restriction`: Αντιστοιχεί στο `owl:Restriction`. Τα χαρακτηριστικά του είναι:
    - `isRestriction` : Εξετάζει αν αναφέρεται σε περιορισμό ή όχι.
    - `isValueRestriction` : Εξετάζει αν αναφέρεται σε περιορισμό τιμής.
    - `isCardinalityRestriction`: Εξετάζει αν πρόκειται για πληθικό περιορισμό.
    - `Property`: Επιστρέφει την ιδιότητα στην οποία αποδίδεται ο περιορισμός.
    - `target`: Επιστρέφει την τιμή της ιδιότητας.
- Στοιχεία διαχείρισης διεπαφών: Η βιβλιοθήκη περιλαμβάνει συναρτήσεις για την διαχείριση διεπαφών διαχείρισης οντολογιών. Τα στοιχεία των διεπαφών μπορούν να μορφοποιηθούν εύκολα από τον προγραμματιστή που αναπτύσσει την εφαρμογή διαχείρισης της οντολογίας αλλά ένα αρχείο CSS χρησιμοποιείται για την βασική του μορφή (`jOWL.css`). Για την μετατροπή κάθε `jowl` αντικείμενου σε αντικείμενο που να αναπαριστά στοιχείο διεπαφής χρησιμοποιείται η συνάρτηση `jOWL.UI.asBroadcaster`. Οι συναρτήσεις χειρισμού των στοιχείων των διεπαφών είναι:
  - `PropertyChange`: Λαμβάνει σαν παράμετρο ένα αντικείμενο `jOWL` το οποίο και θα ανανεώσει το στοιχείο διεπαφής σύμφωνα με τα περιεχόμενα του.
  - `addListener`: Κάνει ένα άλλο στοιχείο διεπαφής (ή στοιχεία διεπαφής) που εισέρχεται σαν παράμετρος να δέχεται τα διάφορα συμβάντα του τρέχοντος στοιχείου διεπαφής.
  - `Broadcast`: Λαμβάνει σαν παράμετρο ένα αντικείμενο `jOWL` και προκαλεί την εκτέλεση των συναρτήσεων `propertyChange` των στοιχείων διεπαφών που προστίθενται σαν `listener` (με την μέθοδο `addListener`) σε αυτό.



Στα στοιχεία των διεπαφών περιλαμβάνονται:

- Navigation Bar: παρουσιάζει τις υπερκλάσεις και τις υποκλάσεις μίας κλάσης. Επεκτείνει τα jOWL User Interface Components. Μπορεί να κληθεί σε κάθε jQuery HTML στοιχείο και δέχεται καταχωρήσεις owl:Class. Οι παράμετροι του είναι:
  - Options: (προαιρετικό), αντικείμενο ρυθμίσεων προσαρμογής.
  - contentClass String: Η css class που προστίθεται στο Html στοιχείο που θα περιέχει το Navigation Bar.
  - focusClass String: Η css class που προστίθεται στο Html στοιχείο για την προβολή της επιλεγμένης κλάσης της οντολογίας.
  - onSelect: Μία συνάρτηση που ενεργοποιείται όταν γίνει κλικ. Το πρώτο όρισμα της είναι το αντικείμενο jOWL που επιλέγεται. Το στοιχείο 'this' αφορά jQuery HTML στοιχείο το οποίο δέχεται το κλικ.
  - onChange: Μία συνάρτηση που ενεργοποιείται όταν το στοιχείο δέχεται μία καινούρια είσοδο (propertyChange event). Το πρώτο όρισμα είναι ένα αντικείμενο jOWL που επιλέγεται.

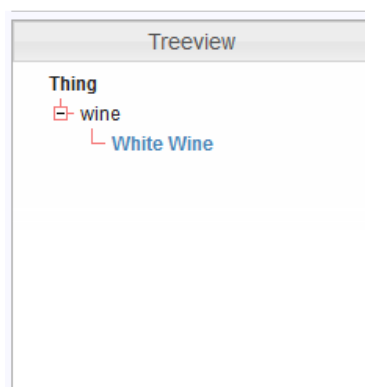
Στην επόμενη εικόνα φαίνεται ένα Navigation Bar για την οντολογία wine (είναι διαθέσιμο στο <http://jowl.ontologyonline.org/>). Σε κάθε επιλογή στοιχείου από αυτό ενεργοποιείται μία συνάρτηση που αναζητά υποκλάσεις της επιλεγείσας κλάσης και τις προβάλλει



**Εικόνα 27: Navigation Bar**

- Treeview: Παρουσιάζει την ιεραρχία μιας κλάσης σε δενδρική μορφή. Τα χαρακτηριστικά του είναι::
  - Options: (προαιρετικό), αντικείμενο ρυθμίσεων προσαρμογής
  - rootThing: Είναι true αν η κλάση ρίζα είναι η (owl) 'Thing'
  - isStatic: Αν είναι true κάθε επιλογή ενεργοποιεί συμβάν refresh σε όλο το δένδρο.
  - addChildren: Αν είναι true εμφανίζει και τις υποκλάσεις στο δένδρο.
  - onSelect: Προσδιορίζει την συμπεριφορά της επιλογής κάποιου στοιχείου του δένδρου.

Ένα παράδειγμα TreeView φαίνεται παρακάτω. Κάθε select σε προβαλλόμενη κλάση ενεργοποιεί την αλλαγή της ρίζας του δένδρου.



**Εικόνα 28: Tree View**

- Autocomplete: Στοιχείο διεπαφής για την αυτόματη πληκτρολόγηση όρων της οντολογίας. Οι παράμετροι του είναι
  - time: Χρόνος αναμονής για την επόμενη πληκτρολόγηση.
  - chars: Χαρακτήρες που πρέπει να πληκτρολογηθούν για την ενεργοποίηση του autocomplete.
  - focus: Η εστίαση τοποθετείται στο στοιχείο εισόδου.
  - limit: Το όριο του πλήθους των αποτελεσμάτων που επιστρέφονται.
  - html: Επιτρέπει τον ορισμό μίας συνάρτησης που μπορεί να μορφοποιήσει το αποτέλεσμα.
  - Individual Component: Χρησιμοποιεί σύνταξη jQuery και αντιστοιχεί σε owl:Class καταχωρήσεις. Εμφανίζει τα owl:Thing που ταιριάζουν με τα κριτήρια.
  - title: Αν είναι true εμφανίζει το όνομα του owl:Class name
  - tooltip: Αν είναι true προβάλλει επιπλέον πληροφορίες σε tooltip.
  - html: Αν το tooltip είναι true περιλαμβάνει την συνάρτηση που διαχειρίζεται το tooltip.

Ένα παράδειγμα autocomplete φαίνεται στην επόμενη εικόνα όπου ο χρήστης πληκτρολογεί μέρος της λέξης κλειδί για την αναζήτηση του και του προβάλλονται οι διαθέσιμες επιλογές.

wi	
<b>Wine</b> Terms: Wine	<i>owl:Class</i>
<b>WineGrape</b> Terms: Wine Grape	<i>owl:Class</i>
<b>WhiteWine</b> Terms: White Wine	<i>owl:Class</i>
<b>WhiteTableWine</b> Terms: White Table Wine	<i>owl:Class</i>
<b>WhiteNonSweetWine</b> Terms: White Non Sweet Wine	<i>owl:Class</i>
<b>Winery</b> Terms: Winery	<i>owl:Class</i>
<b>WineDescriptor</b> Terms: Wine Descriptor	<i>owl:Class</i>
<b>WineTaste</b> Terms: Wine Taste	<i>owl:Class</i>
<b>WineColor</b> Terms: Wine Color	<i>owl:Class</i>
<b>WineSugar</b> Terms: Wine Sugar	<i>owl:Class</i>

## Αναφορές

[1] Barry Leiner, Vinton Cerf, David Clark, Robert Kahn, Leonard Kleinrock, Daniel Lynch, Jon Postel, Lawrence Roberts, Stephen Wolff, The past and the future history of the internet, 1997, <http://groups.csail.mit.edu/ana/Publications/PubPDFs/The%20past%20and%20ofuture%20history%20of%20the%20internet.pdf>

[2] Raphael Cohen, Internet History, 2011, <http://www.hull.ac.uk/rca/docs/articles/internet-history.pdf>

[3] Tim Bernes Lee, Semantic Web, 2001, [http://www-sop.inria.fr/acacia/cours/essi2006/Scientific%20American\\_%20Feature%20Article\\_%20The%20Semantic%20Web\\_%20May%202001.pdf](http://www-sop.inria.fr/acacia/cours/essi2006/Scientific%20American_%20Feature%20Article_%20The%20Semantic%20Web_%20May%202001.pdf)

[4] Joshua Stern, Introduction to Web 2.0 Technologies, 2009, [http://www.wlac.edu/online/documents/Web\\_2.0%20v.02.pdf](http://www.wlac.edu/online/documents/Web_2.0%20v.02.pdf)

[5] Kim Morrow, Web 2.0, Web 3.0, and the Internet of Things, 2014, <http://www.uxbooth.com/articles/web-2-0-web-3-0-and-the-internet-of-things/>

[6] Daniel Nations, What is Web 3.0? What Will Web 3.0 Be Like? , 2014, <http://webtrends.about.com/od/web20/a/what-is-web-30.htm>

[7] Ian Horrocks, Ontologies and the Semantic Web, 2008, <http://www.cs.ox.ac.uk/ian.horrocks/Publications/download/2008/Horr08a.pdf>

[8] Brogden, William B. Java οδηγός προγραμματισμού για e-Commerce με XML και JSP. Γκιούρδας, 2002.

[9] Jacobs, Sas. Beginning XML with DOM and Ajax. APress, 2006.

[10] McLaughlin, Brett. Java and XML. Los Angeles: O'Reilly Media, Inc, USA, 2000.

[11] Rachel Lovinger - RDF&OWL: A simple overview of the building blocks for the semantic web

[12] Jeff Z. Pan, Ian Horrocks, RDFS(FA): Connecting RDF(S) and OWL DL, 2005, <http://www.cs.ox.ac.uk/ian.horrocks/Publications/download/2007/PaHo07a.pdf>

[13] Matthias Klusch, 2006, Benedikt Fries, Katia Sycara, Automated semantic web service discovery with OWLS-MX, <https://dl.acm.org/purchase.cfm?id=1160796&CFID=702289548&CFTOKEN=81511984>

[14] Dan Brickley and R.V. Guha. RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema, 2004, <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>

[15] Manolis Koubarakis, An Introduction to RDF Schema, 2007, <http://cgi.di.uoa.gr/~pms547/lectures/introduction-to-rdf-schema-revised-1spp.pdf>

[16] Li Ding, Pranam Kolari, Zhongli Ding, Sasikanth Avancha, Tim Finin, Anupam Joshi, Using Ontologies in the Semantic Web: A Survey, 2005, [http://ebiquity.umbc.edu/\\_file\\_directory\\_/papers/209.pdf](http://ebiquity.umbc.edu/_file_directory_/papers/209.pdf)

[17] Jeff Heflin, An introduction to the OWL, 2005, <http://www.cse.lehigh.edu/~heflin/IntroToOWL.pdf>

[18] Alistair Miles, Sean Bechhofer, SKOS Simple Knowledge Organization System Reference, 2009, <http://www.w3.org/TR/skos-reference/>

[19] Eric Prud'hommeaux, Andy Seaborne, SPARQL Query Language for RDF. 2013, <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

[20] Christian Bizer, Tom Heath, Tim Berners-Lee, Linked Data - The Story So Far, 2009, <http://tomheath.com/papers/bizer-heath-berners-lee-ijswis-linked-data.pdf>

[21] Κόκκας, Δημήτρης, Μεθοδολογία και προδιαγραφές για την επιλογή κατάλληλων προτύπων δομικών στοιχείων Πολυμεσικού Εκπαιδευτικού υλικού, 2008, Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

[22] Σπαντιδάκης, Γιάννης, «Τα εκπαιδευτικά πολυμέσα στην υπηρεσία της μάθησης και της διδασκαλία.» Πανεπιστήμιο Κρήτης, 2008, [http://www.edc.uoc.gr/~odysseas/webs/epimorfosh/EAR2008/Spadidakis\\_Lecture/Spadidakis\\_Lecture.pdf](http://www.edc.uoc.gr/~odysseas/webs/epimorfosh/EAR2008/Spadidakis_Lecture/Spadidakis_Lecture.pdf).

[23] Partnership for 21st century skills, 21st Century Learning Environments, 2010, [http://www.p21.org/storage/documents/le\\_white\\_paper-1.pdf](http://www.p21.org/storage/documents/le_white_paper-1.pdf)

[24] Κλειώ Σγουροπούλου, Μαθησιακά Αντικείμενα, 2013, <https://ma.ellak.gr/documents/2014/05/%CE%BC%CE%B1%CE%B8%CE%B7%CF%83%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AC-%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B5%CE%AF%CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%B1.pdf>

[25] Devshri Roy, Sudeshna Sarkar, Sujoy Ghose, A Comparative Study of Learning Object Metadata, Learning Material Repositories, Metadata Annotation & an Automatic Metadata Annotation Tool, 2010, <http://www.tmrfindia.org/eseries/ebookv2-c6.pdf>

[26] Jeffrey V. Nickerson, James E. Corter, Sven K. Esche, Constantin Chassapis, A model for evaluating the effectiveness of remote engineering laboratories and simulations in education, 2005, <http://www.tc.columbia.edu/academics/human-development/department-faculty/corter-james-e-jec34/faculty-profile/files/ineeringlaboratoriesandsimulationsineducation.pdf>

[27] Juha Lindfors, Advances in Control Education 2003, 2003, IFAC Publications

[28] Yu Chien Chen, Sheng Jo Wang, Ya Ling Chiang, Exploring the Effect of Presence in an AR-based Learning Environment, 2009, [http://cgit.nutn.edu.tw:8080/cgit/PaperDL/tkw\\_090610144129.pdf](http://cgit.nutn.edu.tw:8080/cgit/PaperDL/tkw_090610144129.pdf)

[29] Azuma R, A survey of augmented reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments

[30] Katie Larsen McClarty, Aline Orr, Peter Frey, Robert Dolan, Victoria Vassileva, Aaron McVay, A Literature Review of Gaming in Education, 2012, [http://researchnetwork.pearson.com/wp-content/uploads/lit\\_review\\_of\\_gaming\\_in\\_education.pdf](http://researchnetwork.pearson.com/wp-content/uploads/lit_review_of_gaming_in_education.pdf)

[31] Young-Suk Shin, Virtual reality simulations in Web-based science education, 2002, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cae.10014/pdf>

[32] Martha L, Kathryn Doherty, Mya Poe, Program based review and assessment, 2001, [http://www.umass.edu/oapa/oapa/publications/online\\_handbooks/program\\_based.pdf](http://www.umass.edu/oapa/oapa/publications/online_handbooks/program_based.pdf)

[33] George Siemens, 2004, Categories of eLearning, <http://www.elearnspace.org/Articles/elearningcategories.htm>

[34] Oye, N.D., Mazleena Salleh, N. A. Iahad, 2012, E-Learning Methodologies and Tools, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.259.3524&rep=rep1&type=pdf>

[35] E. Gülcha, N. Al-Ghorania, B. Quedenfeld, J. Braunb, 2012, EVALUATION AND DEVELOPMENT OF E-LEARNING TOOLS AND METHODS IN DIGITAL PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING FOR NON EXPERTS FROM ACADEMIA AND INDUSTRY, <http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XXXIX-B6/1/2012/isprsarchives-XXXIX-B6-1-2012.pdf>



[36] Inspiring Science Project, Resources, 2016,  
<http://www.inspiringscience.eu/participate/resources>

[37] Evren Sirin, Bijan Parsia, SPARQL-DL: SPARQL Query for OWL-DL, 2007, <http://ceur-ws.org/Vol-258/paper14.pdf>