



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών:
Διδακτική της Τεχνολογίας και Ψηφιακά Συστήματα
Κατεύθυνση: «Ηλεκτρονική Μάθηση»

**Ο Σημασιολογικός Ιστός και τα Ανοιχτά Διασυνδεδεμένα
Δεδομένα στην Εκπαίδευση**
**Ανάπτυξη θεματικής πύλης δυναμικής παρουσίασης ανοικτών και
διασυνδεδεμένων εκπαιδευτικών δεδομένων**

Αικατερίνη Τσαρτσάλη
(Α.Μ.: ME11044)

Επιβλέπων
Γεώργιος Βούρος, Καθηγητής

Πειραιάς, Σεπτέμβριος 2015

Ευχαριστίες

Θα ήθελα καταρχήν να ευχαριστήσω τον κ. Γεώργιο Βούρο, Καθηγητή του Τμήματος Ψηφιακών Συστημάτων, για την επίβλεψη αυτής της διπλωματικής εργασίας, κυρίως για την καθοδήγησή του και τις πολύτιμες συμβουλές που μου έδωσε, τον χρόνο που μου αφιέρωσε καθώς επίσης και για την υπομονή που υπέδειξε προκειμένου να ολοκληρωθεί με απόλυτη επιτυχία η εν λόγω διπλωματική εργασία.

Ακόμα, είναι αναγκαίο να ευχαριστήσω τον Γιώργο Σαντιπαντάκη, μετα-διδάκτορα του Τμήματος Ψηφιακών Συστημάτων, για την απεριόριστη βοήθεια του για την ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής, καθώς ήταν πάντα διαθέσιμος να μου προσφέρει τις γνώσεις και την εμπειρία του γύρω από το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένεια μου αλλά στην καλύτερη μου φίλη και συμφοιτήτρια στο συγκεκριμένο μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών, Ζαχαρούλα Σαμοθρακίτου, για την υποστήριξη που μου δείχνανε σε όλο το διάστημα της φοίτησής μου, καθώς δίχως την αγάπη, την κατανόηση και την υπομονή τους, θα ήταν αδύνατη η επιτυχής ολοκλήρωση αυτών των σπουδών.

Στον Μπαμπά μου

Περίληψη

Ο Σημασιολογικός Ιστός και τα Ανοιχτά Διασυνδεδεμένα Δεδομένα αποτελούν μία σύγχρονη τάση στο χώρο της εκπαίδευσης και μάθησης. Βάσει του παραπάνω έχει αναπτυχθεί ένα πλήθος εφαρμογών που χρησιμοποιούν τις τεχνολογίες του Σημασιολογικού Ιστού, ωστόσο, αναγνωρίζεται η αναγκαιότητα ανάπτυξης νέων εφαρμογών που να αξιοποιούν όλες τις δυνατότητες που προσφέρουν οι τεχνολογίες αυτές. Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται η ανάπτυξη μιας εφαρμογής που αξιοποιεί το Σημασιολογικό Ιστό και τα Ανοιχτά Διασυνδεδεμένα Δεδομένα και παρέχει στον τελικό χρήστη ένα ενιαίο σημείο πρόσβασης σε μια ποικιλία μαθησιακών πόρων που σχετίζονται αποκλειστικά με τον Σημασιολογικό Ιστό (ως θεματική ενότητα), προκειμένου να ενισχυθεί η εκπαιδευτική διαδικασία και να εμπλουτιστεί η εμπειρία των ενδιαφερόμενων χρηστών. Πιο συγκεκριμένα, για την υλοποίηση της εφαρμογής αυτής αξιοποιήθηκαν οι τεχνολογίες του Σημασιολογικού Ιστού (RDF, OWL, SPARQL) καθώς επίσης υπάρχουσες πηγές ανοικτών και σιασυνδεδεμένων δεδομένων. Για την παρουσίαση της εφαρμογής επιλέχθηκε το Drupal, ένα εργαλείο που υποστηρίζει και προσφέρει δυνατότητες αξιοποίησης τεχνολογιών του Σημασιολογικού Ιστού. Τέλος, είναι αναγκαίο να ειπωθεί πως η μεθοδολογία της ανάπτυξης της εν λόγω εφαρμογής αποτελεί μία καινοτομία, η οποία μπορεί να υιοθετηθεί από οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο και να αποτελέσει τη βάση για την ανάπτυξη νέων εφαρμογών σε οποιαδήποτε θεματική περιοχή, πέρα από αυτή του Σημασιολογικού Ιστού.

Λέξεις κλειδιά: *σημασιολογικός ιστός, ανοιχτά διασυνδεδεμένα δεδομένα, πόροι, εκπαίδευση*

Abstract

Semantic Web and Open Linked Data are a current trend in the field of education and learning. Based on this, a number of applications has been developed that use the technologies of the Semantic Web, however a need is recognized to develop new applications that exploit all the capabilities offered by these technologies. This thesis presents the development of an application that uses the Semantic Web and Open Linked Data and provides the end user with a single access point to a variety of learning resources associated exclusively with the Semantic Web, in order to enhance the educational process and to enrich the user experience in this important area. In particular, for the implementation of this application technologies of the Semantic Web (RDF, OWL, SPARQL) were used the as well as the PHP language of the Web and disparate sources of open and linked data. For the presentation of this application, Drupal was selected, a tool that supports and provides facilities for implementing Semantic Web applications. Finally, it is necessary to mention that the methodology of the development of this application is an innovative one, which can be adopted by anyone who is interested in this field of RTD and can form the basis for developing new applications in different thematic areas.

Keywords: *semantic web, open linked data, resources, education*

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	2
Περίληψη.....	4
Abstract.....	5
Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή.....	9
1.1. Αντικείμενο Εργασίας.....	9
1.2. Δομή Εργασίας.....	10
Κεφάλαιο 2 – Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	12
2.1. Σημασιολογικός Ιστός.....	12
2.1.1. Αρχιτεκτονική Σημασιολογικού Ιστού.....	13
2.1.2. Τεχνολογίες Σημασιολογικού Ιστού.....	15
2.2. Διασυνδεδεμένα Δεδομένα.....	19
2.2.1. Λεξικά και Οντολογίες.....	22
2.3. Σημασιολογικός Ιστός και Διασυνδεδεμένα Δεδομένα στην Εκπαίδευση.....	24
Κεφάλαιο 3 – Εφαρμογές Σημασιολογικού Ιστού και Διασυνδεδεμένων Δεδομένων.....	27
3.1. Γενικές Εφαρμογές.....	27
3.1.1. Περιηγητές Διασυνδεδεμένων Δεδομένων.....	27
3.1.2. Μηχανές Αναζήτησης Διασυνδεδεμένων Δεδομένων.....	29
3.2. Εφαρμογές Ειδικού Τομέα.....	33
3.2.1. Revyu.....	33
3.2.2. DERI Pipes.....	34
3.2.3. Silk.....	35
3.2.4. PowerAqua.....	36
3.3. Εκπαιδευτικές Εφαρμογές.....	36
3.3.1. Lucero Project.....	36
3.3.2. Talis Aspire.....	41

Κεφάλαιο 4 – Ανάπτυξη Εφαρμογής.....	45
4.1. Απαιτήσεις Εφαρμογής	45
4.1.1. Λειτουργικές Απαιτήσεις	45
4.1.2. Τεχνικές Απαιτήσεις	46
4.2. Μεθοδολογία Ανάπτυξης Εφαρμογής.....	46
4.2.1. Εντοπισμός Λέξεων-Κλειδιών	47
4.2.2. Εντοπισμός Συνόλων Δεδομένων	48
4.2.3. Αναγνώριση Τύπων Πόρων και Επιλογή Δεδομένων.....	50
4.2.4. Ανάπτυξη Κώδικα για Ανάκτηση Πόρων και Παρουσίασή τους.....	54
4.3. Περιγραφή Εφαρμογής	56
Κεφάλαιο 7 – Συμπεράσματα	61
Παράρτημα – Περιγραφή Κώδικα	63
Βιβλιογραφία	75

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Ο Σημασιολογικό Ιστός: Ένα δίκτυο δεδομένων	13
Εικόνα 2: Ο Παγκόσμιος Ιστός: Ένα δίκτυο εγγράφων.....	13
Εικόνα 3: Αρχιτεκτονική Σημασιολογικού Ιστού.....	14
Εικόνα 4: Παράδειγμα περιγραφής ενός πόρου με RDF σε μορφή τριπλετών.....	16
Εικόνα 5: Παράδειγμα αναπαράστασης κλάσης με OWL.....	19
Εικόνα 6: Η εξέλιξη του διαγράμματος Ανοιχτών Διασυνδεδεμένων Δεδομένων 2007-2014	21
Εικόνα 7: Ο περιηγητής Διασυνδεδεμένων Δεδομένων Marbles	29
Εικόνα 8: Η μηχανή αναζήτησης Falcons	31
Εικόνα 9: Τρόπος παρουσίασης αποτελεσμάτων της εφαρμογής Falcons	32
Εικόνα 10: Η εφαρμογή DERI Pipes	34
Εικόνα 11: Η εφαρμογή Linked OpenLearn.....	39
Εικόνα 12: Η εφαρμογή OU Expert Search.....	41
Εικόνα 13: Κατάλογος πόρων του συστήματος Talis Aspire	43
Εικόνα 14: Ενίσχυση πόρων του συστήματος Talis Aspire.....	44
Εικόνα 15: Παράδειγμα SPARQL επερώτησης I	49
Εικόνα 16: Παράδειγμα SPARQL επερώτησης II.....	51
Εικόνα 17: Παρουσίαση του «Abstract» μιας λέξης-κλειδιού από το DBpedia.....	54
Εικόνα 18: Μενού εφαρμογής	57
Εικόνα 19: Πληροφορίες σχετικά με το σύνολο δεδομένων DBLP	58
Εικόνα 20: Σελίδα της εφαρμογής για τη λέξη-κλειδί «Semantic Web».....	59
Εικόνα 21: Παρουσίαση πόρων από την εφαρμογή I	60
Εικόνα 22: Παρουσίαση πόρων από την εφαρμογή II.....	63

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή

1.1. Αντικείμενο Εργασίας

Η εποχή που ζούμε χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη του Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web), ο οποίος βασίζεται στην ιδέα των διασυνδεδεμένων εγγράφων. Όμως, παρά τα αδιαμφισβήτητα οφέλη που προσφέρει, μέχρι πρόσφατα οι ίδιες αρχές που επέτρεψαν στο διαδίκτυο των εγγράφων να ανθήσει βρίσκονται στα σπάργανα της εφαρμογής τους στα δεδομένα.

Ταυτόχρονα, σε πολλούς οργανισμούς υπάρχουν πολλά διαφορετικά συστήματα, το καθένα για ένα συγκεκριμένο σκοπό, με αποτέλεσμα την ύπαρξη πολλών διαφορετικών και μη συνδεδεμένων συνόλων δεδομένων. Η απουσία συνδέσεων και συνδέσμων μεταξύ των δεδομένων αυτών συχνά κάνει την ανταλλαγή των δεδομένων μεταξύ των συστημάτων δύσκολη και δαπανηρή, και συχνά δεν επιτρέπει στον οργανισμό την πλήρη εκμετάλλευση των δεδομένων τους.

Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια, ο Παγκόσμιος Ιστός έχει αρχίσει να εξελίσσεται από έναν παγκόσμιο χώρο πληροφοριών διασυνδεδεμένων εγγράφων σε έναν όπου τόσο τα έγγραφα όσο και τα δεδομένα συνδέονται, ευρέως γνωστός πλέον ως Σημαιολογικός Ιστός. Πίσω από αυτήν την εξέλιξη κρύβεται ένα σύνολο βέλτιστων πρακτικών για τη δημοσίευση και τη σύνδεση δομημένων δεδομένων στο Διαδίκτυο, γνωστά ως Ανοιχτά Διασυνδεδεμένα Δεδομένα.

Στο χώρο της εκπαίδευσης, τα οφέλη που παρέχει ο Σημαιολογικός Ιστός αλλά και αυτά που προκύπτουν από την αξιοποίηση των Ανοιχτών Διασυνδεδεμένων Δεδομένων, όπως η οικοδόμηση και ο εμπλουτισμός της γνώσης, η δημιουργία και συντήρηση ενός δικτύου προσωπικής μάθησης μέσω της χρήσης προσωπικών πρακτόρων μάθησης ή η θεσμική διασύνδεση ιδρυμάτων μέσω για παράδειγμα της σημαιολογικής περιγραφής μαθημάτων, μόνο αδιάφορα θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν (Ohler, 2008).

Το πρόβλημα όμως που παρουσιάζεται στο χώρο αυτό παρατηρείται κατά την εκτέλεση μαθησιακών και ερευνητικών καθηκόντων. Ειδικότερα, οι μαθησιακοί πόροι βρίσκονται σε διαφορετικά συστήματα και βάσεις δεδομένων και οι σχέσεις μεταξύ αυτών δεν αναφέρονται ρητά στους χρήστες. Έτσι, οι φοιτητές και οι καθηγητές πρέπει να δαπανήσουν πολύτιμο χρόνο και κόπο στην αναζήτηση διαφορετικών πηγών πληροφοριών, στην ανάλυσή τους, στην εξαγωγή των βασικών πληροφοριών και

γενικά στη σύνδεση δεδομένων μεταξύ αυτών των πηγών έτσι ώστε να εντοπίσουν τους κατάλληλους μαθησιακούς πόρους σχετικά με το θέμα που τους ενδιαφέρει. (Zablith, Fernandez & Rowe, 2011).

Η εμφάνιση των Ανοιχτών Διασυνδεδεμένων Δεδομένων έρχεται να λύσει το παραπάνω πρόβλημα καθώς με τη δημιουργία δομών και συνδέσεων μεταξύ των εκπαιδευτικών πόρων το εκπαιδευτικό υλικό μπορεί να οργανωθεί, να ενσωματωθεί, να αρχειοθετηθεί και να ανακτηθεί αποτελεσματικότερα, υποστηρίζοντας τους χρήστες στα μαθησιακά και ερευνητικά τους καθήκοντα (Fernandez, D'Aquin & Motta, 2011).

Λαμβάνοντας όλα τα παραπάνω υπόψη, η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό την ανάπτυξη μιας εφαρμογής που αξιοποιεί τις δυνατότητες του Σημασιολογικού Ιστού και τα Ανοιχτά Διασυνδεδεμένα Δεδομένα προκειμένου να προσφέρει στο χρήστη πρόσβαση σε μαθησιακούς πόρους που σχετίζονται με το πεδίο του Σημασιολογικού Ιστού και των Ανοιχτών Διασυνδεδεμένων Δεδομένων. Λειτουργεί έτσι ως ένα συγκεντρωτικό σημείο ανεύρεσης ψηφιακού υλικού που μπορεί να αξιοποιηθεί για την ενίσχυση της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Ειδικότερα, πρόκειται για μια ιστοσελίδα, διαθέσιμη μέσω του συνδέσμου <http://83.212.169.101/tsartsali/>, που αναπτύχθηκε λαμβάνοντας υπόψη τις αρχές των Ανοιχτών Διασυνδεδεμένων Δεδομένων και χρησιμοποιώντας τεχνολογίες του Σημασιολογικού Ιστού (RDF, OWL, SPARQL), του Παγκόσμιου Ιστού (PHP) και το εργαλείο Drupal.

1.2. Δομή Εργασίας

Η παρούσα εργασία δομείται ως εξής:

Στο *δεύτερο κεφάλαιο* παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο, όπου αναλύονται όλες οι σχετικές έννοιες που συναντούνται σε αυτήν την εργασία, περιγράφονται οι τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν και παρουσιάζεται η σχέση του Σημασιολογικού Ιστού και των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων με την εκπαίδευση.

Στο *τρίτο κεφάλαιο* παρουσιάζονται κάποιες εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί οι οποίες αξιοποιούν το Σημασιολογικό Ιστό και τα Ανοιχτά Διασυνδεδεμένα Δεδομένα και οι οποίες θεωρήθηκαν ως καλές πρακτικές και επηρέασαν την ανάπτυξη της εφαρμογής που υλοποιήθηκε στα πλαίσια της εν λόγω διπλωματικής

Στο *τέταρτο κεφάλαιο* παρουσιάζονται οι απαιτήσεις που θα πρέπει να πληροί η εφαρμογή, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την ανάπτυξή της και μια λεπτομερής περιγραφή αυτής.

Τέλος, το *πέμπτο κεφάλαιο* κλείνει με τα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής.

Κεφάλαιο 2 – Θεωρητικό Υπόβαθρο

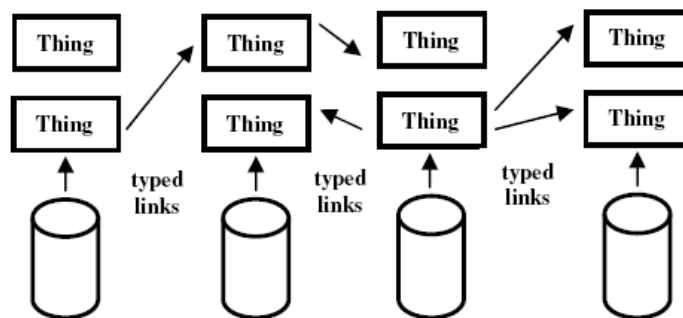
2.1. Σημασιολογικός Ιστός

Όταν αναφερόμαστε στον Σημασιολογικό Ιστό, δεν εννοούμε έναν ξεχωριστό ιστό, διαφορετικό από τον Παγκόσμιο Ιστό (World Wide Web), αλλά μία επέκταση αυτού που επιτρέπει το διαμοιρασμό και την επαναχρησιμοποίηση της πληροφορίας και των δεδομένων, η διαχείριση των οποίων να μπορεί να γίνει τόσο από τους ανθρώπους όσο και από τις μηχανές (Patel & Bhadka, 2015). Ο Σημασιολογικός Ιστός ή Web 3.0 όπως συχνά αναφέρεται, αποτελεί μία πρωτοβουλία του W3C (World-Wide Web Consortium) που έκανε την εμφάνιση της το 2001, εμπνευσμένη από το όραμα του δημιουργού του Παγκόσμιου Ιστού, του Tim Berners-Lee, ο οποίος τον φανταζόταν ως έναν πιο ευέλικτο, ολοκληρωμένο, αυτόματο και αυτοπροσαρμοζόμενο ιστό, που να παρέχει μια πιο πλούσια αλληλεπιδραστική εμπειρία στον χρήστη (Zhang, 2007, Μερτής, 2010).

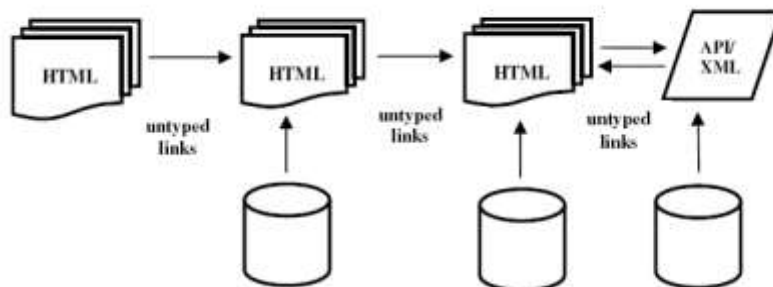
Όπως αναφέρουν στο περιοδικό Scientific American οι Tim Berners-Lee, Jim Hendler και Ora Lassila (Berners-Lee, Hendler & Lassila, 2001), το όραμα του Παγκόσμιου Ιστού αφορά έναν κόσμο όπου αντί οι άνθρωποι να αναζητούν και να χάνονται μέσα στην πληροφορία ή να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους για την εκτέλεση καθημερινών διαδικασιών, όπως ο προγραμματισμός ενός ραντεβού ή η εύρεση κάποιων εγγράφων, κλπ., οι υπολογιστές θα μπορούν να εκτελούν αυτά τα πολύπλοκα καθήκοντα για αυτούς. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με την παροχή επαρκών πληροφοριών σχετικών με πόρους που βρίσκονται στο Διαδίκτυο, καθώς και με εργαλεία για τη χρησιμοποίηση αυτών, ούτως ώστε οι εφαρμογές να μπορούν να βρουν τις σωστές πληροφορίες και να πάρουν τις σωστές αποφάσεις.

Με τον όρο «πόρος» νοείται οτιδήποτε μπορεί να έχει ταυτότητα, όπως για παράδειγμα ένα ηλεκτρονικό έγγραφο, μια εικόνα ή μια υπηρεσία καθώς και ένας άνθρωπος, μία εταιρεία ή κάποια βιβλία μιας βιβλιοθήκης. Ένας πόρος μπορεί επίσης να είναι η εννοιολογική αναπαράσταση μιας οντότητας ή ενός συνόλου οντοτήτων κι όχι απαραίτητα η οντότητα καθ' αυτή σε οποιαδήποτε συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Έτσι, ένας πόρος μπορεί να παραμείνει σταθερός ακόμα και όταν το περιεχόμενό του, οι οντότητες δηλαδή στις οποίες αντιστοιχεί επί του παρόντος, αλλάξει με την πάροδο του χρόνου, υπό την προϋπόθεση βέβαια ότι η εννοιολογική αναπαράσταση δε θα μεταβληθεί κατά τη διαδικασία (Berners-Lee, Fielding & Masinter, 1998).

Ο Σημασιολογικός Ιστός λοιπόν θα λέγαμε ότι είναι ένας ιστός δεδομένων που σχεδιάστηκε έχοντας ως κύριο στόχο την κατανάλωση και αξιοποίηση δεδομένων από τις μηχανές, και στον οποίο τα κύρια στοιχεία του είναι οι πόροι και οι συνδέσεις μεταξύ αυτών (βλ. εικ. 1), σε αντίθεση με τον τρέχοντα ιστό, ο οποίος είναι ένα ιστός εγγράφων που σχεδιάστηκε για ανθρώπινη κατανάλωση και στον οποίο τα κύρια στοιχεία είναι τα έγγραφα και οι συνδέσεις μεταξύ αυτών (βλ. εικ. 2) (Aghaei, Nematbakhsh, Farsani, 2012).



Εικόνα 1: Ο Σημασιολογικό Ιστός: Ένα δίκτυο δεδομένων

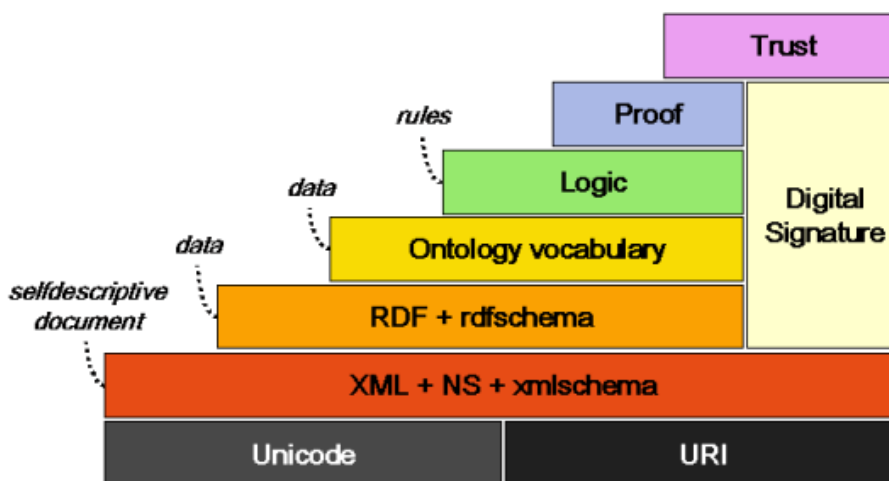


Εικόνα 2: Ο Παγκόσμιος Ιστός: Ένα δίκτυο εγγράφων

2.1.1. Αρχιτεκτονική Σημασιολογικού Ιστού

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστεί η αρχιτεκτονική του Σημασιολογικού Ιστού ενώ στη συνέχεια οι διάφορες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξή του, ώστε να δοθεί μια γενική εικόνα αυτών καθώς πολλές από αυτές αξιοποιήθηκαν για την υλοποίηση της εφαρμογής που παρουσιάζεται στη συγκεκριμένη διπλωματική.

Ο δημιουργός του Σημασιολογικού Ιστού Tim Berners-Lee, πρότεινε μια πολυεπίπεδη αρχιτεκτονική για τον Σημασιολογικό Ιστό που αναπαρίσταται χρησιμοποιώντας τη μορφή ενός διαγράμματος (Aghaei, Nematbakhsh, Farsani, 2012) (βλ. εικ. 3).



Εικόνα 3: Αρχιτεκτονική Σημασιολογικού Ιστού

Τα επίπεδα της αρχιτεκτονικής αυτής αναλύονται εν συντομία παρακάτω (Aghaei, Nematbakhsh, Farsani, 2012):

- **Unicode και URIS:** Το Unicode είναι το πρότυπο που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση οποιουδήποτε χαρακτήρα και τα URIs (Uniform Resource Identifier) είναι το πρότυπο για την αναγνώριση και τη διευθυνσιοδότηση πόρων οποιουδήποτε τύπου, όπως σελίδες και φωτογραφίες στο Διαδίκτυο.
- **Extensible Markup Language (XML):** Η γλώσσα XML και τα σχετιζόμενα πρότυπα όπως οι χώροι ονομάτων (Namespaces – NS), και τα Σχήματα (schemes) διαμορφώνουν ένα κοινό τρόπο δόμησης των δεδομένων στον Ιστό χωρίς όμως τη μεταφορά της σημασιολογίας των δεδομένων. Η XML χρησιμοποιείται ως η βάση σύνταξης για τις άλλες τεχνολογίες των ανωτέρων στρωμάτων. Οι χώροι ονομάτων χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό και το διαχωρισμό διαφορετικών XML στοιχείων διαφορετικών XML λεξιλογίων. Για παράδειγμα αν σε κάθε XML λεξιλόγιο δοθεί ένας χώρος ονόματος τότε η ασάφεια ανάμεσα σε στοιχεία ίδιου ονόματος μπορεί να επιλυθεί. Ακόμη, υποστηρίζεται η ανάμιξη των διαφόρων στοιχείων από διάφορα λεξιλόγια. Τα XML σχήματα διαβεβαιώνουν ότι η λαμβανόμενη πληροφορία είναι σύμφωνη με την απεσταλμένη πληροφορία όταν δύο εφαρμογές σε αυτό το επίπεδο ανταλλάσσουν πληροφορίες.
- **Resource Description Framework (RDF):** το RDF είναι το πρώτο επίπεδο που ασχολείται με τη σημασιολογία των δεδομένων. Είναι ένα απλό μοντέλο αναπαράστασης δεδομένων που

χρησιμοποιεί URIs για την αναγνώριση διαδικτυακών πόρων καθώς και ένα μοντέλο γράφου για την περιγραφή των σχέσεων μεταξύ αυτών των πόρων.

- **RDF Schema:** Παρέχει ένα προκαθορισμένο, βασικού τύπου σύστημα μοντελοποίησης για την περιγραφή των κλάσεων και των ιδιοτήτων των πόρων χρησιμοποιώντας το βασικό RDF μοντέλο. Παρέχει επίσης ένα απλό πλαίσιο συλλογιστικής για το συμπερασμό των τύπων των πόρων.
- **Οντολογίες (Ontology):** Παρέχει έναν τρόπο περιγραφής όρων και σχέσεων γύρω από ένα πεδίο ενδιαφέροντος, προσφέροντας πιο ισχυρό συντακτικό από τα RDF και RDF Schema καθώς και πιο ισχυρή σημασιολογία που βασίζεται στη λογική.
- **Λογική και Απόδειξη (Logic and Proof):** Πρόκειται για ένα αυτόματο σύστημα συλλογιστικής μέσω του οποίου ένας πράκτορας μπορεί να βγάλει νέα συμπεράσματα σχετικά με το αν ένας πόρος ικανοποιεί κάποιες απαιτήσεις, προδιαγραφές, κλπ.
- **Εμπιστοσύνη (Trust):** Το τελευταίο επίπεδο της αρχιτεκτονικής απευθύνεται σε θέματα εμπιστοσύνης προκειμένου να παρέχει μια ασφάλεια ποιότητας των πληροφοριών που βρίσκονται στο διαδίκτυο και ένα βαθμό εμπιστοσύνης στην πηγή που παρέχει αυτή την πληροφορία.

2.1.2. Τεχνολογίες Σημασιολογικού Ιστού

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται οι πιο σημαντικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη του Σημασιολογικού Ιστού, ώστε να δοθεί μια γενική εικόνα περί του επιστημονικού πεδίου του Σημασιολογικού Ιστού. Ωστόσο δεν χρησιμοποιήθηκαν όλες για την ανάπτυξη της εφαρμογής που παρουσιάζεται στην εν λόγω διπλωματική, αλλά κάποιες από αυτές, όπως περιγράφονται στη συνέχεια στο τέταρτο κεφάλαιο.

2.1.2.1. Πλαίσιο Περιγραφής Πόρων (RDF)

Το βασικό πρότυπο που σχετίζεται με τον Σημασιολογικό Ιστό είναι το κοινό επίσημο μοντέλο δεδομένων για την αναπαράσταση δεδομένων, το RDF (Resource Description Framework – Πλαίσιο Περιγραφής Πόρων). Στην ουσία αναπαριστά δεδομένα υπό τη μορφή ενός γράφου, όπου οι κόμβοι μπορούν να είναι είτε πόροι με URIs είτε κυριολεκτικοί όροι (όπως για παράδειγμα μια συμβολοσειρά ή ένας αριθμός). Οι ακμές του γράφου δεδομένων ενώνουν πόρους ή κυριολεκτικούς όρους και επισημαίνονται με URIs πόρων που αντιστοιχούν σε σχέσεις. Για αυτό το λόγο, συχνά λέγεται ότι η

βασική μονάδα των πληροφοριών σε μορφή RDF είναι μία τριπλέτα {υποκείμενο, κατηγορημα, αντικείμενο} που συνδέει δύο πόρους μέσω μιας σχέσης (το κατηγορημα), ή έναν πόρο με έναν κυριολεκτικό όρο (D'Aquin, 2012). Παίρνοντας το παράδειγμα μίας ενότητας ανοιχτού εκπαιδευτικού περιεχομένου από το αποθετήριο του OpenLearn¹, μπορούμε να αναπαραστήσουμε το γεγονός ότι είναι ένα έγγραφο, έχει έναν τίτλο («Machines, minds and computers»), έχει δημοσιευθεί από το Ανοιχτό Πανεπιστήμιο και σχετίζεται με ένα μάθημα που ονομάζεται «M366: Natural and Artificial Intelligence», με το παρακάτω σύνολο τριπλετών (βλ. εικ. 4):

```
<http://data.open.ac.uk/openlearn/m366_1>
  <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
    <http://xmlns.com/foaf/0.1/Document>.
<http://data.open.ac.uk/openlearn/m366_1>
  <http://purl.org/dc/terms/title> "Machines, minds and computers".
<http://data.open.ac.uk/openlearn/m366_1> <http://purl.org/dc/terms/publisher>
  <http://education.data.gov.uk/id/school/133849>.
<http://data.open.ac.uk/openlearn/m366_1>
  <http://data.open.ac.uk/openlearn/ontology/relatesToCourse>
    <http://data.open.ac.uk/course/m366>.
<http://data.open.ac.uk/course/m366> <http://purl.org/dc/terms/title>
  "Natural and artificial intelligence"
```

Εικόνα 4: Παράδειγμα περιγραφής ενός πόρου με RDF σε μορφή τριπλετών

Οι τρεις κεντρικές οντότητες (η ενότητα «m366_1», το μάθημα «m366» και το Ανοιχτό Πανεπιστήμιο του Ηνωμένου Βασιλείου) αντιστοιχούν σε πόρους που προσδιορίζονται από URIs («http://data.open.ac.uk/page/openlearn/m366_1», «<http://data.open.ac.uk/page/course/m366>» και «<http://education.data.gov.uk/id/school/133849>» αντίστοιχα). Η πληροφορία που σχετίζεται με αυτούς αναπαρίσταται μέσω συνδέσμων που τους συνδέουν μεταξύ τους, με άλλους πόρους και με κυριολεκτικούς όρους. Το πιο σημαντικό όμως είναι ότι αυτοί οι πόροι δε χρειάζεται να περιγραφούν εντός του ίδιου συστήματος. Στο παραπάνω παράδειγμα, ο πόρος που αντιστοιχεί στο Ανοιχτό Πανεπιστήμιο προέρχεται από το education.data.gov.uk, το οποίο παρέχει δεδομένα από την κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου που αφορούν δημόσια εκπαιδευτικά ιδρύματα, δημιουργώντας ένα σύνδεσμο μεταξύ δύο διαφορετικών πηγών πληροφοριών (μεταξύ του «<http://data.open.ac.uk/>» και του «education.data.gov.uk»). Ομοίως, ο τύπος του πόρου «Document», καθώς και οι περισσότεροι από τους τύπους των σχέσεων (για παράδειγμα, για τον τίτλο ή τον εκδότη του εγγράφου) που χρησιμοποιούνται σε αυτό το σύνολο τριπλετών έχουν οριστεί από διαφορετικά λεξικά ή οντολογίες (όπως το FOAF και το Dublin Core, που θα περιγραφούν στη συνέχεια), και έχουν εφαρμοστεί εδώ για να διασφαλιστεί ότι και

¹ <http://www.open.edu/openlearn/>

άλλοι θα μπορούν να ερμηνεύσουν και να εκμεταλλευτούν τα δεδομένα χωρίς να χρειάζεται να συμμορφωθούν με μία ad-hoc αναπαράσταση.

2.1.2.2. Σχήμα Πλαισίου Περιγραφής Πόρων (RDFS)

Το RDFS (Resource Description Framework schema) είναι μια απλή γλώσσα που χρησιμοποιείται για την περιγραφή ενός RDF λεξιλογίου. Πρακτικά, χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση, σε μορφή RDF, των κοινών τύπων πόρων (κλάσεις) σε έναν συγκεκριμένο τομέα, και των κοινών σχέσεων (ιδιότητες) που μπορούν να συνδέσουν αυτούς τους τύπους πόρων (D'Aquin, 2012). Για παράδειγμα, στο παραπάνω παράδειγμα (βλ. εικ. 4), ιδιότητες όπως αυτή του «τίτλου» ή του «εκδότη» ορίζονται σε μια RDFS αναπαράσταση με το πρότυπο μεταδεδομένων Dublin Core², ενώ η κλάση «Document» που χρησιμοποιείται ως ένας πόρος, ορίζεται με το λεξικό FOAF³. Τα συγκεκριμένα λεξικά περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω και πιο συγκεκριμένα στην ενότητα 2.2.1. Οι κλάσεις και οι ιδιότητες στο RDFS μπορεί να αναπαρασταθούν και σε μορφή ταξινόμησης (για παράδειγμα, ο «creator» είναι υπο-ιδιότητα του «contributor» και το «Document» είναι υπο-κλάση του «Information Resource»).

2.1.2.3. Triple Stores

Τα συστήματα αποθήκευσης τριπλετών (Triple Stores) είναι το ισοδύναμο των συστημάτων διαχείρισης βάσεων δεδομένων σε σχεσιακές βάσεις δεδομένων. Είναι συστήματα λογισμικού που παρέχουν λειτουργικότητες για τη φόρτωση, αποθήκευση, ενημέρωση και αναζήτηση δεδομένων σε RDF. Ονομάζονται έτσι επειδή το βασικό μοντέλο δεδομένων τους είναι ένας γράφος που αποτελείται από RDF τριπλέτες. Σε αντίθεση με τα συνήθη συστήματα βάσεων δεδομένων που χρησιμοποιούν SQL για την αναζήτηση, τα συστήματα αποθήκευσης τριπλετών χρησιμοποιούν τη γλώσσα SPARQL, η οποία περιγράφεται παρακάτω (D'Aquin, 2012).

2.1.2.4. SPARQL

Η SPARQL (Simple Protocol and RDF Query Language) είναι η γλώσσα ερωτήσεων και αναζήτησης για τα RDF δεδομένα, και γενικά για τα Διασυνδεδεμένα Δεδομένα. Έχει παρόμοιο ρόλο στα συστήματα αποθήκευσης τριπλετών με αυτόν της SQL στα συστήματα σχεσιακών βάσεων δεδομένων. Ανάμεσα στις

² <http://dublincore.org/>

³ <http://www.foaf-project.org/>

βασικές διαφορές με την SQL είναι ότι η SPARQL είναι σχεδιασμένη να διαχειρίζεται πληροφορία σε μορφή τριπλετών {υποκείμενο, κατηγορήμα, αντικείμενο}. Συγκεκριμένα, υποστηρίζει τη σύζευξη και τη διάζευξη προτάσεων (λογική ένωση και λογική τομή), το φιλτράρισμα των αποτελεσμάτων, δηλαδή φιλτράρισμά ως προς την τιμή του αποτελέσματος, καθώς και τη δυνατότητα καθορισμού προαιρετικών απαιτήσεων (Pérez, Arenaz & Gutierrez, 2009).

Μία άλλη πτυχή της SPARQL είναι ότι δεν περιλαμβάνει μόνο μια γλώσσα αναζήτησης, αλλά επίσης ένα πρωτόκολλο για τη δημιουργία τελικών σημείων στον Ιστό (endpoints). Η ιδέα είναι ότι ένα τελικό σημείο SPARQL θα πρέπει να απαιτεί μόνο πρότυπους μηχανισμούς Ιστού προκειμένου να προσπελαστεί και να χρησιμοποιηθεί. Με άλλα λόγια, κάποιος χρειάζεται μόνο σύνδεση στο διαδίκτυο για να αναζητήσει ένα τελικό σημείο SPARQL endpoint. Επίσης, τα αποτελέσματα παρέχονται σε τυπικές μορφές διαδικτύου όπως σε XML, ή ακόμα και σε RDF, καθιστώντας τα προσιτά και διασυνδέσιμα (D'Aquin, 2012). Στο τέταρτο κεφάλαιο παρέχεται μια πιο αναλυτική περιγραφή της γλώσσας SPARQL, μιας και αποτελεί τη βασική τεχνολογία για την εφαρμογή που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής.

2.1.2.5. Γλώσσα Οντολογίας Διαδικτύου (OWL)

Η OWL (Web Ontology Language) είναι μια γλώσσα που χρησιμοποιεί τον τρόπο με τον οποίο το RDF αναπαριστά τα δεδομένα και τους δίνει σημασιολογική υπόσταση έτσι ώστε να ξεπερνάει τη βασική σημασιολογία που μπορεί να παρέχεται μέσω του RDF schema. Με άλλα λόγια, η OWL χρησιμοποιείται για τον ορισμό οντολογιών συγκεκριμένων τομέων ως εννοιολογικές αναπαραστάσεις της γνώσης στους τομείς αυτούς (D'Aquin, 2012), έχοντας μεγαλύτερη εκφραστικότητα από τις δυνατότητες καθορισμού λεξικών που παρέχονται μέσω του RDF schema.

Στο Σημασιολογικό Ιστό μία οντολογία ορίζει τις έννοιες και τις σχέσεις (συχνά αναφέρονται και ως «όροι») που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή και την αναπαράσταση μιας περιοχής ενδιαφέροντος. Επίσης χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση των όρων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια συγκεκριμένη εφαρμογή, τον χαρακτηρισμό πιθανών σχέσεων και τον καθορισμό πιθανών περιορισμών σχετικά με τη χρήση των όρων αυτών. Ο ρόλος τους είναι να βοηθήσουν την περιγραφή των δεδομένων όταν για παράδειγμα υπάρχει κάποια ασάφεια σχετικά με όρους που χρησιμοποιούνται ή όταν ένα κομμάτι γνώσης μπορεί να οδηγήσει στην ανακάλυψη νέων σχέσεων. Λόγου χάριν, διαφορετικές πηγές που δημοσιεύουν τα δεδομένα τους μπορούν να επαναχρησιμοποιήσουν κοινά συμφωνημένους όρους για τον προσδιορισμό των εννοιών και των σχέσεων των πόρων που περιέχονται στα δεδομένα τους, ώστε να

εξασφαλιστεί ότι η χρήση μιας σχέσης (π.χ. «creator») από κάποιον είναι σύμφωνη με την ερμηνεία κάποιου άλλου για αυτή τη σχέση (What is a vocabulary, χ.χ.).

Για παράδειγμα, έχουμε την κλάση «BookAuthor». Χρησιμοποιώντας την αφηρημένη σύνταξη της OWL μπορούμε να δηλώσουμε ότι αυτή η κλάση περιλαμβάνει όλους τους ανθρώπους που έχουν γράψει τουλάχιστον ένα βιβλίο με την παρακάτω σύνταξη (βλ. εικ. 5).

```
Class(BookAuthor complete
      intersectionOf(foaf:Person,
                    restriction(dc:creator someValuesFrom(bibo:Book))
))
```

Εικόνα 5: Παράδειγμα αναπαράστασης κλάσης με OWL

Τέλος, μια σημαντική πτυχή της OWL είναι ότι καθιστά δυνατή την εφαρμογή οντολογικής συλλογιστικής, η οποία αφορά κυρίως την ταξινόμηση. Πράγματι, αν θεωρήσουμε τον παραπάνω ορισμό της κλάσης και την ύπαρξη ενός πόρου τύπου «Person» και μία σχέση «creator» προς έναν άλλο πόρο τύπου «Book», αυτός ο πόρος αυτομάτως θα συναχθεί ότι είναι μέλος της κλάσης «BookAuthor».

2.2. Διασυνδεδεμένα Δεδομένα

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί το όραμα του Σημασιολογικού Ιστού, απαιτείται η ύπαρξη μεγάλου όγκου δεδομένων στον Παγκόσμιο Ιστό σε μορφή καθορισμένη και κοινή για όλους, προσπελάσιμη και εύκολα διαχειρίσιμη, σύμφωνα με κάποιες αρχές, όπως αυτές αναλύονται στη συνέχεια. Ακόμη, θα πρέπει οι σχέσεις μεταξύ αυτών των δεδομένων να είναι γνωστές και καθορισμένες. Τα δεδομένα που πληρούν τα παραπάνω χαρακτηριστικά είναι γνωστά ως Διασυνδεδεμένα Δεδομένα (Linked Data) (Berners-Lee, 2006). Πρόκειται ουσιαστικά για δεδομένα που δημοσιεύονται στο διαδίκτυο με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να διαβαστούν από τις μηχανές, το νόημά τους ορίζεται ρητά, συνδέονται με άλλα εξωτερικά σύνολα δεδομένων και να μπορούν να συνδεθούν από άλλα εξωτερικά σύνολα δεδομένων (Bizer, Heath & Berners-Lee, 2009).

Τα δεδομένα που δημοσιεύονται στον Σημασιολογικό Ιστό, όπως επεσήμανε ο Tim Berners-Lee το 2006, θα πρέπει να πληρούν τέσσερις αρχές γνωστές ως «Αρχές Διασυνδεδεμένων Δεδομένων» (Bizer,

Heath & Berners-Lee, 2009), ώστε όλα τα δημοσιευμένα δεδομένα να αποτελούν μέρος ενός ενιαίου παγκόσμιου χώρου δεδομένων.

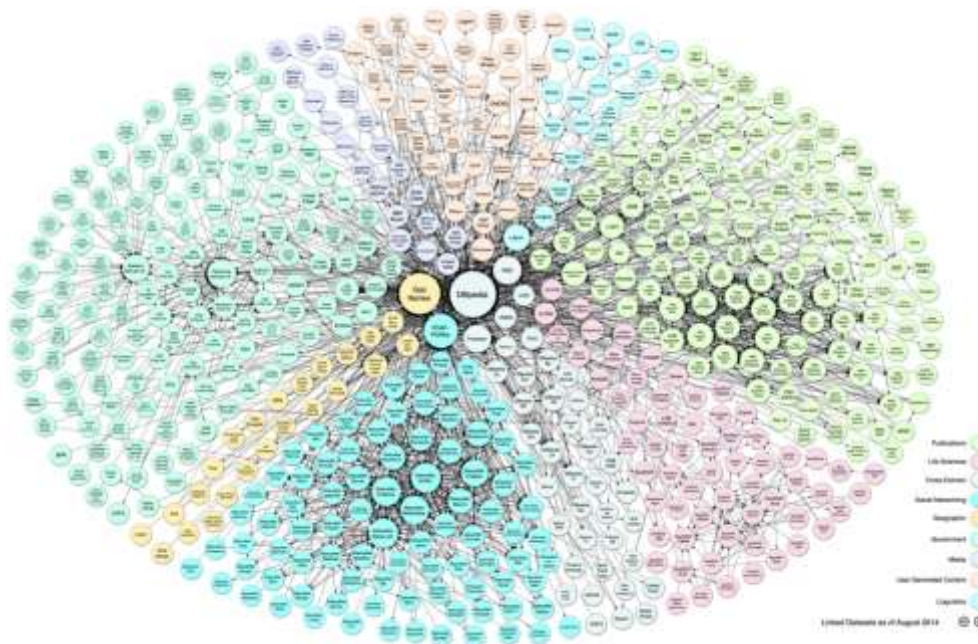
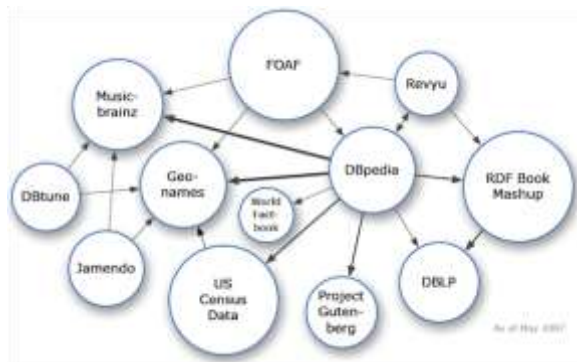
- **Αρχή Πρώτη:** Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται URIs ως ονόματα για τους πόρους.
- **Αρχή Δεύτερη:** Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται HTTP URIs ώστε να μπορεί να υπάρχει κάποιο σημείο αναφοράς προς αυτά τα ονόματα.
- **Αρχή Τρίτη:** Εάν κάποιος αναζητά ένα URI, θα πρέπει να παρέχονται χρήσιμες πληροφορίες για αυτό χρησιμοποιώντας τα υπάρχοντα πρότυπα (RDF, SPARQL).
- **Αρχή Τέταρτη:** Μαζί με τις παραπάνω πληροφορίες, θα πρέπει να παρέχονται και σύνδεσμοι προς άλλα URIs, έτσι ώστε να μπορούν να ανακαλυφθούν περισσότεροι πόροι.

Πιο αναλυτικά, η πρώτη αρχή είναι πολύ σημαντική για να μπορέσουμε να πούμε ότι ο Παγκόσμιος Ιστός μετατρέπεται από ιστό αρχείων σε ιστό δεδομένων. Αν δεν χρησιμοποιούνται URIs, τότε δεν είναι Σημασιολογικός Ιστός, καθώς δεν αναφέρεται σε πόρους/οντότητες. Με τη δεύτερη αρχή εξασφαλίζεται η δυνατότητα να μπορεί να ανατρέξει κάποιος σε κάποια περιγραφή ενός πόρου, η οποία παρέχεται μέσω του πρωτοκόλλου HTTP, γνωστό για τη μεταφορά δεδομένων στον Παγκόσμιο Ιστό. Η τρίτη αρχή αφορά τη χρήση του πλαισίου RDF για την περιγραφή των πόρων ώστε οι πληροφορίες που παρέχονται να είναι προσπελάσιμες μέσω ερωτήσεων και από τους υπολογιστές, όχι μόνο από τους ανθρώπους. Οι ερωτήσεις αυτές γίνονται με χρήση της γλώσσας SPARQL. Τέλος, η τέταρτη αρχή, είναι αυτή που καθορίζει τη διασύνδεση των δεδομένων, που είναι και ο στόχος του Σημασιολογικού Ιστού (Berners-Lee, 2006).

Η προσπάθεια υλοποίησης του Σημασιολογικού Ιστού, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ξεκίνησε από την κοινότητα έρευνας για το Σημασιολογικό Ιστό και κυρίως από το W3C Linking Open Data (LOD) Project τον Ιανουάριο του 2007. Ο κύριος στόχος του έργου ήταν η εύρεση υπαρχόντων συνόλων δεδομένων με ανοιχτά δικαιώματα πρόσβασης, η μετατροπή τους σε RDF και η διασύνδεσή τους, σύμφωνα με τις παραπάνω αρχές και η δημοσίευσή τους στον Ιστό (Heath & Bizer, 2011) ως Ανοιχτά Διασυνδεδεμένα Δεδομένα.

Στην παρακάτω εικόνα (βλ. εικ. 6) παρουσιάζεται η εξέλιξη του Ιστού Δεδομένων από το 2007 έως το 2014. Κάθε κόμβος σε αυτό το διάγραμμα αντιπροσωπεύει ένα ξεχωριστό σύνολο δεδομένων τα οποία έχουν δημοσιευθεί ως Ανοιχτά Διασυνδεδεμένα Δεδομένα και οι ακμές υποδεικνύουν την ύπαρξη συνδέσεων μεταξύ δύο συνόλων δεδομένων, με τις πιο έντονες να αντιστοιχούν σε μεγαλύτερο αριθμό συνδέσεων, ενώ οι αμφίδρομες υποδεικνύουν την ύπαρξη συνδέσεων μεταξύ αυτών των δύο συνόλων δεδομένων (Bizer, Heath & Berners-Lee, 2009). Το διάγραμμα αυτό είναι γνωστό ως «Σύννεφο

Διασυνδεδεμένων Δεδομένων» (Linked Data Cloud). Μερικά χαρακτηριστικά σύνολα δεδομένων είναι αυτό της DBpedia⁴, το GeoNames⁵, το Freebase⁶ κ.α.



Εικόνα 6: Η εξέλιξη του διαγράμματος Ανοιχτών Διασυνδεδεμένων Δεδομένων 2007-2014

Στην παραπάνω εικόνα (βλ. εικ. 6) και πιο συγκεκριμένα στο διάγραμμα του 2014, τα χρώματα κατηγοριοποιούν τα σύνολα δεδομένων ανά θεματική περιοχή, υποδεικνύοντας έτσι την ποικιλία των συνόλων δεδομένων που υπάρχουν ως Ανοιχτά Διασυνδεδεμένα Δεδομένα. Παρατηρούμε ότι υπάρχουν σύνολα δεδομένων σχετικά με γεωγραφικές περιοχές, ανθρώπους, εταιρείες, βιβλία, επιστημονικές

⁴ <http://wiki.dbpedia.org/Datasets>

⁵ <http://www.geonames.org/export/>

⁶ <http://www.freebase.com/>

δημοσιεύσεις, ταινίες, μουσική, τηλεοπτικές και ραδιοφωνικές εκπομπές, γονίδια, πρωτεΐνες, φάρμακα και κλινικές μελέτες, διαδικτυακές κοινότητες, στατιστικά δεδομένα, αποτελέσματα απογραφών και κριτικές. Ακόμη, μερικά σύνολα δεδομένων λειτουργούν ως βασικοί κόμβοι σύνδεσης, όπως για παράδειγμα η DBpedia και το Geonames, που προσφέρουν URIs και RDF περιγραφές για πολλούς κοινούς πόρους ή έννοιες και συχνά αναφέρονται και σε άλλα πιο ειδικευμένα σύνολα δεδομένων.

Για την ανάπτυξη της εφαρμογής που αναλύεται στην παρούσα διπλωματική, από τα σύνολα δεδομένων που περιέχονται στο σύννεφο των διασυνδεδεμένων δεδομένων, μελετήθηκαν αυτά που έχουν σχέση κυρίως με την εκπαίδευση, δηλαδή αυτά που ανήκουν στην πράσινη περιοχή του διαγράμματος, όπως είναι το DBLP και το ACM αλλά και άλλα όπως αυτό της DBpedia. Τα κριτήρια επιλογής των συγκεκριμένων συνόλων δεδομένων αλλά και περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με αυτά δίνονται στο τέταρτο κεφάλαιο, όπου περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία ανάπτυξης της παρούσας εφαρμογής.

Κλείνοντας και πριν προχωρήσουμε στην περιγραφή του τρόπου με τον οποίο αναπαρίστανται τα Διασυνδεδεμένα Δεδομένα, κρίνεται απαραίτητο να διευκρινίσουμε τη διαφορά και σχέση μεταξύ του Σημασιολογικού Ιστού και των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων. Συχνά οι όροι χρησιμοποιούνται ο ένας αντί του άλλου για να αναφερθούμε στον γενικό τεχνολογικό τομέα που βασίζεται στην αρχιτεκτονική του Παγκόσμιου Ιστού για το διαμοιρασμό πληροφοριών. Ωστόσο, ο Σημασιολογικός Ιστός είναι το σύνολο ενώ τα Διασυνδεδεμένα Δεδομένα αποτελούν μέρος του Σημασιολογικού Ιστού και χρησιμοποιείται για το διαμοιρασμό όχι μόνο της πληροφορίας αλλά και της σημασιολογίας των εν λόγω πληροφοριών μέσω της χρήσης των οντολογιών (D'Aquin, 2012).

2.2.1. Λεξικά και Οντολογίες

Μία από τις πιο σημαντικές πτυχές της δημοσίευσης πληροφοριών ως Διασυνδεδεμένα Δεδομένα αφορά τον τρόπο με τον οποίο αυτές οι πληροφορίες αναπαρίστανται. Πράγματι, δεν αρκεί μόνο η εξαγωγή του περιεχομένου μιας υπάρχουσας βάσης δεδομένων ή ενός αρχείου σε μορφή RDF. Επιλέγοντας τις σωστές οντολογίες, δηλαδή τις σωστές κλάσεις και ιδιότητες για τους εξεταζόμενους πόρους, μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στη δυνατότητα εντοπισμού και επαναχρησιμοποίησης του πληροφοριών που δημοσιεύονται. Η επαναχρησιμοποίηση κοινών όρων είναι όντως ισοδύναμη με τη χρήση μιας κοινής γλώσσας που οι άλλοι μπορούν να καταλάβουν: τους επιτρέπει να διερευνούν, να ερμηνεύουν και να συνδέουν τα δεδομένα μεταξύ τους. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές από τις ήδη υπάρχουσες οντολογίες και λεξικά, που χρησιμοποιούνται ευρέως και καλύπτουν συνηθισμένους τύπους δεδομένων από το χώρο της εκπαίδευσης (D'Aquin, 2012, Ζέρβα & Κοπανέλη, 2012):

Dublin Core: Πρόκειται για ένα λεξικό το οποίο ορίζει τα γενικά χαρακτηριστικά μεταδεδομένων όπως ο τίτλος, ο δημιουργός, ο εκδότης, η ημερομηνία κτλ.

FOAF (Friend Of A Friend): Το λεξικό αυτό είναι χρησιμοποιείται για την περιγραφή ανθρώπων, δραστηριοτήτων τους και σχέσεών τους με άλλες οντότητες.

Basic Geo: Η συγκεκριμένη οντολογία χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση της γεωγραφικής θέσης πόρων σύμφωνα με το γεωγραφικό πλάτος, μήκος και υψόμετρο. Χρησιμοποιείται καθολικά για να αναπαραστήσει τη γεωγραφική τοποθεσία τους.

BIBO: Χρησιμοποιείται συνήθως για να περιγράψει βιβλιογραφικές αναφορές και συχνά χρησιμοποιείται ως οντολογία παραπομπής ή ως οντολογία κατάταξης εγγράφων ή απλώς για να περιγράψει κάθε είδους έγγραφο.

Creative Commons (CC): Ορίζει όρους για την περιγραφή αδειών πνευματικών δικαιωμάτων.

AISO (the Academic Institution Internal Structure Ontology): Αναπαριστά τη δομή των ακαδημαϊκών οργανισμών από πλευράς υπο-οργανισμών και προγραμμάτων διδασκαλίας. Παρέχει κλάσεις για την αναπαράσταση οντοτήτων, όπως σχολές, κολέγια καθώς και ενότητες μαθημάτων. Συχνά χρησιμοποιείται ως βασικό σχήμα για την αναπαράσταση είτε του οργανωτικού διαγράμματος των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων είτε των μαθημάτων που διδάσκονται σε ένα συγκεκριμένο ίδρυμα.

MLO (Metadata for Learning Opportunities): Είναι ένα ευρωπαϊκό τυποποιημένο πρότυπο για την περιγραφή μεταδεδομένων που χρησιμοποιούνται για τη διαφήμιση ευκαιριών μάθησης (όπως ενότητες μαθημάτων και προγραμμάτων μαθημάτων).

SIOC (Semantically Interlinked Online Communities): Είναι μία οντολογία σχεδιασμένη για την περιγραφή χαρακτηριστικών διαφόρων διαδικτυακών κοινοτήτων, όπως χρήστες, δημοσιεύσεις και χώροι δημόσιας συζήτησης.

OAI Object Reuse and Exchange Vocabulary: Χρησιμοποιείται από πολλές πηγές εκδόσεων για την αναπαράσταση χαρακτηριστικών αρχείων, για παράδειγμα διαφορετικών εκδόσεων ενός αρχείου ή στοιχείων για την εσωτερική δομή τους.

DOAP (Description Of A Project): Η συγκεκριμένη οντολογία ορίζει όρους για την περιγραφή έργων λογισμικού, και κυρίως αυτών που είναι ανοιχτού κώδικα.

The Event Ontology: Πρόκειται για μία απλή οντολογία για την αναπαράσταση γενικών γεγονότων και εκδηλώσεων, της τοποθεσία τους, του χρόνου τους, τους συντελεστές τους και των προϊόντων τους.

AKT Reference Ontology: Πρόκειται για μια ευρεία οντολογία για την περιγραφή της ακαδημαϊκής κοινότητας της επιστήμης των υπολογιστών.

DBO: Είναι μια οντολογία που αναπτύχθηκε για την περιγραφή των δεδομένων της DBpedia, του συνόλου δεδομένων που προέρχεται εγγραφές τις Wikipedia.

Από τις οντολογίες που παρουσιάστηκαν παραπάνω, πολλές συναντήθηκαν στα σύνολα δεδομένων που επιλέχθηκαν για την ανάπτυξη της εφαρμογής που παρουσιάζεται στην παρούσα διπλωματική, όπως για παράδειγμα η FOAF και η Dublin Core, ωστόσο πιο λεπτομερής ανάλυση της χρήσης τους για τους σκοπούς της παρούσας διπλωματικής δίνεται στη συνέχεια στο τέταρτο κεφάλαιο.

2.3. Σημασιολογικός Ιστός και Διασυνδεδεμένα Δεδομένα στην Εκπαίδευση

Τα πλεονεκτήματα των σημασιολογικών τεχνολογιών για τη μάθηση και τη διδασκαλία και τα οφέλη που προσφέρουν στους τομείς των ψηφιακών βιβλιοθηκών, εικονικών κοινοτήτων και της ηλεκτρονικής μάθησης αποτελούν θέμα συζήτησης κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων. Η χρήση του Σημασιολογικού Ιστού στην εκπαίδευση αφορά στην περιγραφή εκπαιδευτικών πόρων, στο περιεχόμενο μάθησης, τους ανθρώπους και τις υπηρεσίες, με Διασυνδεδεμένα Δεδομένα καθώς και στον τρόπο με τον οποίο μπορούν οι τεχνολογίες του Σημασιολογικού Ιστού να συνδυαστούν με έξυπνο τρόπο για μια προηγμένη εμπειρία μάθησης (Tigoranis κ.α., 2009). Όπως χαρακτηριστικά αναφέρουν στο άρθρο τους, οι τεχνολογίες του Σημασιολογικού Ιστού και των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων μπορούν να:

- Βοηθήσουν την ροή εργασίας της παράδοσης και αναθεώρησης μαθημάτων προτείνοντας σχετικό περιεχόμενο και άτομα στο πλαίσιο του μαθήματος και του ιδρύματος
- Βοηθήσουν τους μαθητές/φοιτητές προτείνοντας του πόρους που ταιριάζουν με τα θέματα των εργασιών τους και άτομα που μπορούν να τους βοηθήσουν με τις δραστηριότητες τους
- Σχηματίσουν ομάδες για συλλογική εργασία βασισμένη στο υπόβαθρο των μαθητών/φοιτητών, στις προσωπικές τους προτιμήσεις και σε προηγούμενες επιτυχημένες συνεργασίες
- Υποστηρίξουν την κριτική σκέψη και την επιχειρηματολογία με την απεικόνιση επιχειρημάτων και τη σύνδεση σχετικών συζητήσεων
- Υποστηρίξουν αποτελεσματικά διαθεματικές δραστηριότητες σε διάφορους τομείς ταιριάζοντας άτομα και πόρους από διάφορα ιδρύματα ή τμήματα

- Προσφέρουν πιο αποτελεσματική εξατομικευμένη γνώση βοηθώντας μέλη που εμπλέκονται στη μάθηση και τη διδασκαλία
- Υποστηρίζουν πιο αποτελεσματικά την ομαδική εργασία ως μέρος των μαθησιακών δραστηριοτήτων για την ενθάρρυνση της καινοτομίας

Παρόλα τα παραπάνω οφέλη όμως, η δυνατότητα χρήσης εκπαιδευτικών Διασυνδεδεμένων Δεδομένων παραμένει σχετικά ανεκμετάλλευτη από τον εκπαιδευτικό τομέα. Εφαρμογές και υπηρεσίες συχνά κάνουν χρήση περιορισμένων συνόλων δεδομένων. Πολλά πανεπιστήμια όμως αρχίζουν να ασχολούνται με την ανάπτυξη εφαρμογών που χρησιμοποιούν το Σηματολογικό Ιστό και τα Διασυνδεδεμένα Δεδομένα, εισάγοντας μια παραδειγματική αλλαγή στον τρόπο με τον οποίο προσφέρονται οι εκπαιδευτικές υπηρεσίες, βελτιώνοντας με τον τρόπο αυτό τις εκπαιδευτικές διαδικασίες και μειώνοντας σημαντικά το κόστος παροχής της εκπαίδευσης. (Guy κ.α., χ.χ).

Μια σημαντική πρωτοβουλία στο χώρο της εκπαίδευσης αποτελεί η πλατφόρμα Linked Education⁷ που αναπτύχθηκε με κύριο στόχο την προώθηση της χρήση των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων για εκπαιδευτικούς σκοπούς (Dietze κ.α., 2012). αποσκοπώντας στη διευκόλυνση και προώθηση του διαμοιρασμού διαδικτυακών εκπαιδευτικών δεδομένων και πόρων που βασίζονται στις αρχές των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων. Επιπλέον, παρέχει ένα forum για τους ερευνητές και τους επαγγελματίες της διαδικτυακής εκπαίδευσης και των τεχνολογιών του Σηματολογικού Ιστού όπου μπορούν να μοιραστούν και να συζητήσουν σχετιζόμενα σύνολα δεδομένων, σχήματα ή εφαρμογές και να προσδιορίσουν καλές πρακτικές. Ενώ η διασύνδεση των δεδομένων είναι μια από τις θεμελιώδεις αρχές των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων για την προώθηση της διαλειτουργικότητας, ο απώτερος στόχος της πλατφόρμας αυτής είναι ο εντοπισμός καλών πρακτικών καθώς και πιθανών συνδέσεων μεταξύ επιμέρους πόρων προκειμένου να συμβάλει σε έναν καλά συνδεδεμένο εκπαιδευτικό ιστό δεδομένων.

Επιπρόσθετα, μια άλλη πρωτοβουλία στο χώρο της εκπαίδευσης είναι αυτή των Linked Universities, που αποτελούν κομβικά σημεία και κίνητρο διασύνδεσης για τα ιδρύματα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης που δημοσιεύουν τα δεδομένα τους σύμφωνα με τις αρχές των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων. Έτσι, όλο και περισσότερα πανεπιστήμια και άλλα εκπαιδευτικά ιδρύματα χρησιμοποιούν τα Διασυνδεδεμένα Δεδομένα προκειμένου να κάνουν τους πόρους τους περισσότερο προσιτούς, επαναχρησιμοποιήσιμους και πιο εύκολους να εντοπιστούν (D' Aquin, 2012). Πιο συγκεκριμένα, τα Linked Universities⁸ είναι μια συμμαχία ευρωπαϊκών πανεπιστημίων που ασχολούνται με την έκθεση των δημόσιων δεδομένων τους ως Διασυνδεδεμένα Δεδομένα. Κύριος σκοπός τους είναι ο προσδιορισμός, η υποστήριξη και η ανάπτυξη κοινών λεξικών, που να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα πανεπιστήμια για κοινές έννοιες όπως τα

⁷ <http://linkededucation.org/>

⁸ <http://linkeduniversities.org/>

μαθήματα, τα προσόντα, το εκπαιδευτικό υλικό κτλ., η περιγραφή επαναχρησιμοποιήσιμων συνταγών και ο διαμοιρασμός επαναχρησιμοποιήσιμων εργαλείων για την έκθεση Διασυνδεδεμένων Δεδομένων σε πανεπιστήμια και τέλος, η υποστήριξη, μέσω της ανταλλαγής εμπειριών, πρωτοβουλιών για την έκθεση πανεπιστημιακών δεδομένων ως Διασυνδεδεμένα Δεδομένα.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της προσπάθειας των Linked Universities είναι η ανάπτυξη ενός συνόλου δεδομένων⁹, το οποίο περιέχει 14,000 βίντεο διαλέξεων από 27 διαφορετικά εκπαιδευτικά ιδρύματα. Αυτά τα βίντεο έχουν κατηγοριοποιηθεί σε 569 διαφορετικές κατηγορίες σύμφωνα με την ταξινόμια που ορίζεται από το Open Directory Project¹⁰, όπως Επιστήμες/Μαθηματικά, Επιστήμες/Φυσική κτλ. Με τον τρόπο αυτό, δεδομένα από διαφορετικούς εκπαιδευτικούς οργανισμούς, με διαφορετική μορφή και δομή, ετικέτες, κατηγοριοποίηση, έχουν ενσωματωθεί και διασυνδεθεί μεταξύ τους επιτρέποντας στους χρήστες να βρουν τους καλύτερους διαθέσιμους πόρους χωρίς να δαπανούν πολύτιμο χρόνο στην αναζήτηση αυτή (Fernandez, D'Aquin & Motta, 2011).

Τέλος, μια άλλη προσπάθεια που προωθεί την εκμετάλλευση και την υιοθέτηση των Ανοιχτών Διασυνδεδεμένων Δεδομένων από εκπαιδευτικούς οργανισμούς και ιδρύματα είναι αυτή του LinkedUp Project¹¹. Προκειμένου να το επιτύχει αυτό, παρέχει μια σειρά από δραστηριότητες, γνωστές ως LinkedUp Challenge¹², που έχουν ως στόχο να διευκολύνουν την ανάπτυξη καινοτόμων εφαρμογών από όσους θέλουν να συμμετάσχουν και να προκαλέσουν τους συμμετέχοντες στην ανάπτυξη εφαρμογών σε πραγματικά σενάρια χρήσης. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν τρεις διαγωνισμοί, οι οποίοι αναζητούσαν ενδιαφέροντα και καινοτόμα εργαλεία και εφαρμογές που να αναλύουν και/ή να ενσωματώνουν τα Ανοιχτά Διασυνδεδεμένα Δεδομένα για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Και οι τρεις διαγωνισμοί απευθύνονταν σε οποιονδήποτε, από ερευνητές και φοιτητές μέχρι και προγραμματιστές και επιχειρηματίες και κάθε διαγωνισμός βασιζόταν στον προηγούμενο, ξεκινώντας από την ανάπτυξη καινοτόμων πρωτοτύπων και εργαλείων έως την ανάπτυξη συστημάτων ευρείας κλίμακας.

⁹ <http://smartproducts1.kmi.open.ac.uk/web-linkeduniversities/index.htm>

¹⁰ <http://www.dmoz.org/>

¹¹ <http://linkedup-project.eu/about/>

¹² <http://linkedup-challenge.org/>

Κεφάλαιο 3 – Εφαρμογές Σημασιολογικού Ιστού και Διασυνδεδεμένων Δεδομένων

Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί μια τεράστια έκρηξη διασυνδεδεμένων συνόλων δεδομένων τα οποία περιέχουν πληροφορίες σχετικά με μια πληθώρα θεμάτων, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Υπολογίζεται ότι υπάρχουν διαθέσιμες 31.6 δισεκατομμύρια RDF τριπλέτες και παραπάνω από 503.9 εκατομμύρια συνδέσεις μεταξύ των συνόλων δεδομένων (Jentzsch, Cyganiak & Bizer, 2011). Επακόλουθο αυτού του αυξημένου όγκου Διασυνδεδεμένων Δεδομένων είναι η εμφάνιση πολλών προσπαθειών για την έρευνα και τη δημιουργία εφαρμογών που εκμεταλλεύονται το δίκτυο αυτών των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων. Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν κάποιες εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί οι οποίες αξιοποιούν τον Σημασιολογικό Ιστό και τα Διασυνδεδεμένα Δεδομένα και θεωρήθηκαν ως καλές πρακτικές. Οι εφαρμογές αυτές παρουσιάζονται βάσει της προσφερόμενης λειτουργικότητας. Αρχικά, με το αν λειτουργούσαν κατά τη περίοδο συγγραφής της παρούσας διπλωματικής και επιπρόσθετα με το αν επηρέασαν και με ποιον τρόπο την ανάπτυξη της εφαρμογής που υλοποιήθηκε στα πλαίσια της εν λόγω διπλωματικής.

3.1. Γενικές Εφαρμογές

Οι εφαρμογές αυτές μπορούν να επεξεργαστούν δεδομένα από κάθε περιοχή, για παράδειγμα δεδομένα βιβλιοθηκών ή επιστημονικά δεδομένα. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν δύο βασικού τύπου εφαρμογών, οι περιηγητές Διασυνδεδεμένων Δεδομένων (browsers) και οι μηχανές αναζήτησης Διασυνδεδεμένων Δεδομένων (search engines) (Heath & Bizer, 2011).

3.1.1. Περιηγητές Διασυνδεδεμένων Δεδομένων

Όπως τα παραδοσιακά προγράμματα περιήγησης του Παγκόσμιου Ιστού επιτρέπουν στους χρήστες να περιηγηθούν μεταξύ HTML ιστοσελίδων ακολουθώντας τους συνδέσμους υπερκειμένου, έτσι και τα προγράμματα περιήγησης Διασυνδεδεμένων Δεδομένων επιτρέπουν στους χρήστες να περιηγηθούν μεταξύ των πηγών δεδομένων ακολουθώντας τις συνδέσεις που εκφράζονται ως RDF τριπλέτες. Για

παράδειγμα, ένας χρήστης μπορεί να δει στη DBpedia την RDF περιγραφή της πόλης του Birmingham (Μεγάλη Βρετανία), να ακολουθήσει στη συνέχεια ένα σύνδεσμο για τη γενέτειρα του κωμικού Tony Hancock (ο οποίος γεννήθηκε σε αυτή την πόλη) και από εκεί να ακολουθήσει συνδέσμους προς δεδομένα από το BBC που περιγράφουν εκπομπές στις οποίες πρωταγωνίστησε ο Hancock. Το αποτέλεσμα είναι ότι ο χρήστης μπορεί να ξεκινήσει να πλοηγείται σε μία πηγή δεδομένων και σταδιακά να διασχίσει τον Ιστό ακολουθώντας RDF αντί για HTML συνδέσμους (Bizer, Heath & Berners-Lee, 2009). Αυτή την προσέγγιση ακολουθεί το πρόγραμμα περιήγησης HyperData Disco¹³ και μπορεί να θεωρηθεί ως άμεση εφαρμογή του προτύπου υπερκειμένου πλοήγησης στο Διαδίκτυο των Δεδομένων.

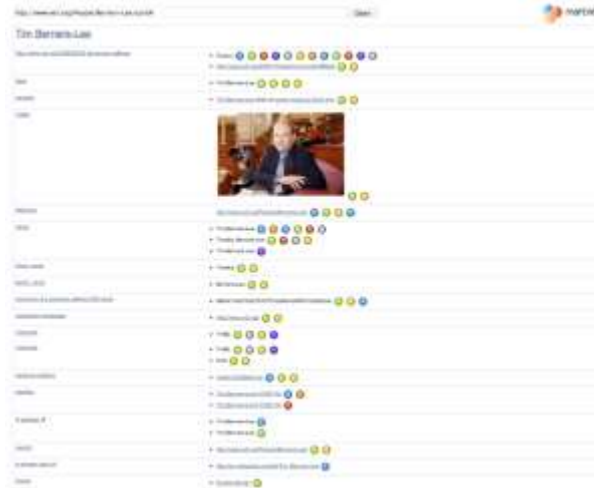
Τα δεδομένα ωστόσο, παρέχουν και ευκαιρίες εφαρμογών ανθρώπινης διεπαφής, πέραν εκείνων του υπερκειμένου. Οι άνθρωποι θα πρέπει να είναι σε θέση να εξερευνούν το διαδίκτυο των συνδέσμων μεταξύ των πόρων αλλά θα πρέπει να αναλύουν δυναμικά και τα δεδομένα. Το παραπάνω το προσφέρει η εφαρμογή Tabulator¹⁴ (Berners-Lee κ.α., 2006, Berners-Lee, κ.α., 2008) η οποία επιτρέπει στο χρήστη να διασχίσει το δίκτυο των δεδομένων και να εκθέσει κομμάτια αυτού με έναν ελεγχόμενο τρόπο, να ανακαλύψει και να προσφέρει προτάσεις ενδιαφέροντος βάσει της αναζήτησής του και στη συνέχεια να αναζητήσει οποιαδήποτε άλλα παρόμοια πρότυπα στο διαδίκτυο των δεδομένων. Τα αποτελέσματα αυτής της αναζήτησης σχηματίζουν έναν πίνακα που μπορεί στη συνέχεια να αναλυθεί με διάφορες συμβατικές μεθόδους παρουσίασης δεδομένων, όπως οι χάρτες, τα χρονοδιαγράμματα κ.ο.κ...

Επίσης, οι εφαρμογές Tabulator και Marbles¹⁵ (Becker & Bizer, χ.χ.) είναι μεταξύ των περιηγητών δεδομένων που παρακολουθούν την προέλευση των δεδομένων ενώ συγχωνεύουν δεδομένα για τον ίδιο πόρο από διαφορετικές πηγές. Η παρακάτω εικόνα (βλ. εικ. 7) απεικονίζει τον περιηγητή Marbles που παρουσιάζει δεδομένα σχετικά με τον Tim Berners-Lee, τα οποία έχουν συγχωνευθεί από διαφορετικές πηγές. Τα διαφορετικά χρώματα δίπλα σε κάθε τιμή αναφέρονται στις πηγές δεδομένων που περιέχουν αυτή την τιμή.

¹³ <http://wifo5-03.informatik.uni-mannheim.de/bizer/ng4j/disco/>

¹⁴ <http://www.w3.org/2005/ajar/tab>

¹⁵ <http://mes.github.io/marbles/>



Εικόνα 7: Ο περιηγητής Διασυνδεδεμένων Δεδομένων Marbles

Και για τις τρεις εφαρμογές που παρουσιάστηκαν παραπάνω οι μόνες πηγές πληροφοριών ήταν τα άρθρα που έχουν δημοσιευτεί και που χρησιμοποιήθηκαν σαν βιβλιογραφία καθώς και οι επίσημες ιστοσελίδες τους, όμως σαν εφαρμογή καθ' αυτή καμία από τις τρεις δε λειτουργούσε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής, με αποτέλεσμα την απουσία προσωπικής άποψης περί της χρήσης τους. Ωστόσο, μελετήθηκαν και επιλέχθηκε να παρουσιαστούν καθώς η λειτουργικότητα που προσφέρουν, όπως για παράδειγμα η πλοήγηση μεταξύ πηγών δεδομένων ακολουθώντας τις συνδέσεις που εκφράζονται ως RDF τριπλέτες αλλά και η συγχώνευση δεδομένων για ίδιους πόρους από διαφορετικές πηγές, θεωρήθηκε ως καλή πρακτική και υιοθετήθηκε με διάφορες παραμετροποιήσεις που έγιναν στην εφαρμογή που αναπτύχθηκε στην διπλωματική αυτή. Η καλή αυτή πρακτική αξιοποιήθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να εξυπηρετεί το σκοπό και τους στόχους της εν λόγω εργασίας. Περισσότερες πληροφορίες για τη λειτουργικότητα της εφαρμογής που αναπτύχθηκε παρουσιάζονται πιο αναλυτικά στο τέταρτο κεφάλαιο.

3.1.2. Μηχανές Αναζήτησης Διασυνδεδεμένων Δεδομένων

Στον παραδοσιακό Ιστό υπερκειμένου, η περιήγηση και η αναζήτηση συχνά θεωρούνται ως οι δύο κυρίαρχες μορφές αλληλεπίδρασης (Olston & Chi, 2003). Ενώ τα προγράμματα περιήγησης παρέχουν τους μηχανισμούς για την πλοήγηση στον χώρο των πληροφοριών, οι μηχανές αναζήτησης είναι τα εργαλεία που αξιοποιούνται για τη διαδικασία της πλοήγησης στον χώρο αυτό. Σύμφωνα με τα παραπάνω, έχει αναπτυχθεί ένα πλήθος μηχανών αναζήτησης που ανιχνεύουν Διασυνδεδεμένα Δεδομένα

στον Ιστό ακολουθώντας RDF συνδέσεις και παρέχουν δυνατότητες αναζήτησης σε αυτά τα δεδομένα. Σε ένα γενικότερο πλαίσιο, οι υπηρεσίες αυτές μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, στις μηχανές αναζήτησης προσανατολισμένες προς τον άνθρωπο (human-oriented search engines) και στα ευρετήρια προσανατολισμένα προς τις εφαρμογές (application-oriented indexes) (Bizer, Heath & Berners-Lee, 2009).

3.1.2.1. Μηχανές αναζήτησης προσανατολισμένες προς τον άνθρωπο

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι μηχανές αναζήτησης όπως η Falcons¹⁶ (Cheng & Qu, 2011) και η SWSE¹⁷ (Hogan κ.α., 2007) οι οποίες παρέχουν υπηρεσίες αναζήτησης με βάση λέξεις-κλειδιά με ανθρώπινη διεπαφή και ακολουθούν ένα παρόμοιο παράδειγμα αλληλεπίδρασης με τις υπάρχουσες μηχανές αναζήτησης που ηγούνται σε αυτόν το χώρο, όπως το Google και το Yahoo. Στον χρήστη παρουσιάζεται ένα πλαίσιο αναζήτησης στο οποίο μπορεί να εισάγει ερωτήματα με λέξεις-κλειδιά που σχετίζονται με το αντικείμενο ή το θέμα για το οποίο ενδιαφέρεται, και η εφαρμογή επιστρέφει μία λίστα των αποτελεσμάτων που μπορεί να είναι σχετική με το εκάστοτε ερώτημα.

Ωστόσο, τόσο η SWSE όσο και η Falcons αντί απλά να παρέχουν συνδέσεις από τα αποτελέσματα αναζήτησης στα έγγραφα που περιέχουν αυτές τις λέξεις-κλειδιά, παρέχουν μια πιο λεπτομερή διεπαφή στο χρήστη που εκμεταλλεύεται την βασική δομή των δεδομένων ή πιο συγκεκριμένα αξιοποιεί την RDF περιγραφή του πόρου. Πιο ειδικά, και οι δύο παρέχουν μια περίληψη του πόρου μαζί με πρόσθετες πληροφορίες υπό τη μορφή ιδιοτήτων και κυριολεκτικών όρων και με συνδέσεις προς άλλους σχετικούς πόρους (βλ. εικ. 8). Με τον τρόπο αυτό, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δει ακριβώς που χρησιμοποιείται η λέξη-κλειδί που εισήγαγε, αν περιέχεται δηλαδή στο όνομα του πόρου ή στην περιγραφή του κτλ., να δει τι τύπος πόρου είναι και άλλες πληροφορίες σχετικές με αυτόν, κάνοντας την αναζήτηση της πληροφορίας πιο συγκεκριμένη.

Όμως ο χρήστης δε μπορεί να περιορίσει την αναζήτησή του ώστε να του εμφανίζονται αποτελέσματα που να περιέχουν τη λέξη-κλειδί μόνο σε ένα συγκεκριμένο πεδίο, όπως για παράδειγμα μόνο στον τίτλο ή στην περιγραφή του πόρου. Το παραπάνω θεωρήθηκε ως μειονέκτημα της συγκεκριμένης εφαρμογής και λήφθηκε υπόψη κατά την ανάπτυξη της εφαρμογής που παρουσιάζεται στην παρούσα διπλωματική.

Επίσης, η μηχανή αναζήτησης Falcons παρέχει στους χρήστες τη δυνατότητα αναζήτησης πόρων, εννοιών, οντολογιών και εγγράφων, καθένα από τα οποία οδηγεί σε μια ελαφρώς πιο διαφορετική παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Ενώ η αναζήτηση αντικειμένου είναι κατάλληλη για την αναζήτηση

¹⁶ <http://ws.nju.edu.cn/falcons/objectsearch/index.jsp>

¹⁷ <http://swse.deri.org/>

ανθρώπων, τόπων και άλλων πιο συγκεκριμένων στοιχείων, η αναζήτηση εννοιών είναι προσανατολισμένη για τον εντοπισμό κλάσεων και ιδιοτήτων σε οντολογίες που είναι δημοσιευμένες στον Ιστό. Η αναζήτηση οντολογιών δίνει ως αποτελέσματα υπάρχουσες οντολογίες που περιέχουν τη λέξη-κλειδί και τέλος η αναζήτηση εγγράφων παρέχει μια πιο παραδοσιακή εμπειρία αναζήτησης, όπου τα αποτελέσματα υποδεικνύουν σε RDF έγγραφα που περιέχουν αυτούς τους συγκεκριμένους όρους αναζήτησης.



Εικόνα 8: Η μηχανή αναζήτησης Falcons

Πατώντας ο χρήστης πάνω σε έναν πόρο, για παράδειγμα στον πρώτο πόρο της παραπάνω εικόνα (βλ. εικ. 8), ο χρήστης πλοηγείται σε μια νέα σελίδα όπου του παρέχονται περισσότερες πληροφορίες σχετικά με αυτόν τον πόρο με τη μορφή ενός πίνακα. Στον πίνακα αυτόν εμφανίζονται ως κεφαλίδες οι ιδιότητες, για παράδειγμα «`dfs:label`», και ως περιεχόμενα κελιών οι κυριολεκτικοί όροι, για παράδειγμα «Berlin», οι οποίοι μπορεί να αποτελούν σύνδεσμο προς άλλους πόρους (βλ. εικ. 9).

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι, ενώ μπορεί να αναφέρονται ως ξεχωριστές οντότητες, ο Ιστός των εγγράφων και ο Ιστός των δεδομένων σχηματίζουν ένα συνδεδεμένο, πλοηγόμενο χώρο πληροφοριών. Για παράδειγμα, ένας χρήστης μπορεί να εκτελέσει μια αναζήτηση στον υπάρχοντα Ιστό των εγγράφων, να ακολουθήσει έναν σύνδεσμο από ένα HTML έγγραφο στον Ιστό των δεδομένων, να πλοηγηθεί σε αυτόν τον χώρο για λίγο και στη συνέχεια να ακολουθήσει ένα σύνδεσμο προς ένα διαφορετικό HTML έγγραφο και ούτω καθεξής.

Ο τρόπος παρουσίασης των αποτελεσμάτων της παραπάνω εφαρμογής θεωρήθηκε ως καλή πρακτική και υιοθετήθηκε έως κάποιον βαθμό στον τρόπο παρουσίασης των αποτελεσμάτων της εφαρμογής που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής. Πιο συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα δίνονται με τη μορφή πίνακα, όπου οι κεφαλίδες του πίνακα είναι τα ονόματα των ιδιοτήτων από την RDF περιγραφή

του πόρου και τα περιεχόμενα των κελιών κυριολεκτικοί όροι, ή άλλοι πόροι, μερικοί από τους οποίους αποτελούν σύνδεσμο προς την πηγή που παρέχει τον συγκεκριμένο πόρο.



Εικόνα 9: Τρόπος παρουσίασης αποτελεσμάτων της εφαρμογής Falcons

3.1.2.2. Ευρετήρια προσανατολισμένα προς τις εφαρμογές

Ενώ οι SWSE και Falcons παρέχουν δυνατότητες αναζήτησης προσανατολισμένες προς τους ανθρώπους, μια άλλη κατηγορία υπηρεσιών έχει αναπτυχθεί για να εξυπηρετήσει τις ανάγκες των εφαρμογών που αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιούν τα Διασυνδεδεμένα Δεδομένα. Αυτές οι εφαρμογές όπως η Swoogle¹⁸ (Ding κ.α., 2005), η Sindice¹⁹ (Oren κ.α., 2008) και η Watson²⁰ (D’Aquin κ.α., 2007) παρέχουν διεπαφές εφαρμογής (APIs) μέσω των οποίων οι εφαρμογές Διασυνδεδεμένων Δεδομένων μπορούν να ανακαλύψουν RDF έγγραφα στον Ιστό που αναφέρονται σε ένα συγκεκριμένο URI ή περιέχουν κάποιες συγκεκριμένες λέξεις-κλειδιά. Το σκεπτικό πίσω από αυτές τις υπηρεσίες είναι ότι κάθε νέα εφαρμογή Διασυνδεδεμένων Δεδομένων δεν είναι αναγκαίο να έχει τη δική της υποδομή για την ανίχνευση και ευρετηριοποίηση όλων των δεδομένων που υπάρχουν στον Ιστό, τα οποία επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν. Αντιθέτως, οι εφαρμογές μπορούν να υποβάλλουν ερωτήσεις σε αυτά τα ευρετήρια ώστε να λάβουν δείκτες προς δυνητικά σχετικά έγγραφα τα οποία στη συνέχεια μπορούν να ανακτηθούν και να υποστούν επεξεργασία από την ίδια την εφαρμογή. Παρά όμως αυτό το κοινό χαρακτηριστικό, η καθεμία εφαρμογή επικεντρώνεται σε διαφορετικούς τομείς. Η Sindice για παράδειγμα προσανατολίζεται περισσότερο στην παροχή πρόσβασης σε έγγραφα που περιέχουν δεδομένα, ενώ η Swoogle και η Watson στην εξεύρεση οντολογιών που παρέχουν κάλυψη συγκεκριμένων εννοιών σχετικών με το εκάστοτε ερώτημα του ενδιαφερόμενου χρήστη.

¹⁸ <http://swoogle.umbc.edu/>

¹⁹ <http://sindice.com/>

²⁰ <http://watson.kmi.open.ac.uk/WatsonWUI/>

Ωστόσο, μόνο η εφαρμογή Swoogle λειτουργούσε κατά τη διάρκεια συγγραφής της παρούσας εργασίας και αυτή μερικώς, δηλαδή κάποια από τα αποτελέσματά της οδηγούσαν σε σελίδες σφάλματος. Για αυτό το λόγο επιλέχθηκε να μη χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη της προτεινόμενης εφαρμογής. Πιθανή χρήση της όμως θα μπορούσε να είναι η αξιοποίηση των αρχείων RDF που επιστρέφονται σαν αποτελέσματα από την εφαρμογή με τέτοιο τρόπο ώστε να ικανοποιείται ο σκοπός και οι στόχοι που έχουν τεθεί από το ερώτημα του εκάστοτε χρήστη. Εντούτοις, καθίσταται αδύνατο να περιγραφεί η αξιοποίηση των αρχείων αυτών λόγω της έλλειψης λειτουργικότητας της εν λόγω εφαρμογής. Ωστόσο, είναι άξια αναφοράς για οποιαδήποτε μελλοντική χρήση με προϋπόθεση την πιθανή επαναλειτουργία της.

3.2. Εφαρμογές Ειδικού Τομέα

Ενώ τα προγράμματα περιήγησης και οι μηχανές αναζήτησης Διασυνδεδεμένων Δεδομένων που περιγράφονται παραπάνω παρέχουν σε μεγάλο βαθμό γενικές λειτουργίες, έχει αναπτυχθεί μια σειρά υπηρεσιών που προσφέρουν περισσότερες λειτουργίες σε συγκεκριμένους τομείς συνδυάζοντας δεδομένα από διάφορες πηγές Διασυνδεδεμένων Δεδομένων.

3.2.1. Revyu

Το Revyu²¹ είναι μια ιστοσελίδα ανασκόπησης και αξιολόγησης που βασίζεται στις Αρχές των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων και στην αρχιτεκτονική του Σημασιολογικού Ιστού (Heath & Motta, 2007). Εκτός από τη δημοσίευση Διασυνδεδεμένων Δεδομένων, το Revyu ανακτά δεδομένα που βρίσκονται στον Ιστό για να ενισχύσει την εμπειρία των χρηστών του. Για παράδειγμα, όταν οι ταινίες αξιολογούνται από το Revyu, η ιστοσελίδα επιχειρεί να τις ταιριάζει με την αντίστοιχη καταχώρηση στη DBpedia. Όταν πραγματοποιείται ένα ταίριασμα, πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με αυτή την ταινία (όπως για παράδειγμα το όνομα του σκηνοθέτη και η αφίσα της ταινίας) ανακτούνται από τη DBpedia και παρουσιάζονται σε μια HTML σελίδα.

Επιπρόσθετα, συνδέσεις γίνονται σε επίπεδο RDF προς τον αντίστοιχο πόρο, εξασφαλίζοντας ότι, ενώ οι χρήστες βλέπουν μια πιο πλούσια εικόνα του πόρου μέσα από το συνδυασμό δεδομένων από διαφορετικές πηγές, στις εφαρμογές των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων παρέχονται αναφορές URI από τις

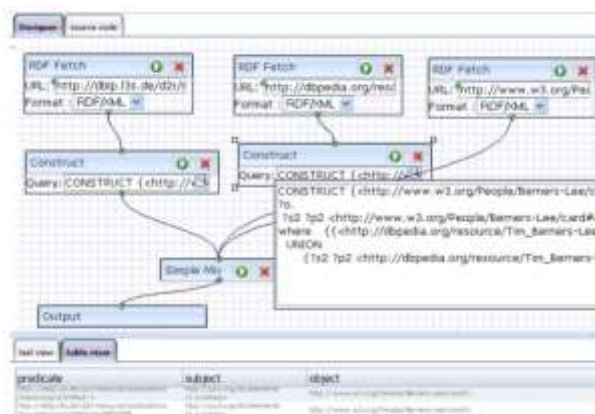
²¹ <http://revyu.com/>

οποίες μπορούν να ανακτηθούν συναφή δεδομένα. Παρόμοιες αρχές ακολουθούνται για τη σύνδεση πόρων, όπως βιβλία και εκδόσεις με αντίστοιχες εγγραφές σε εξωτερικά σύνολα δεδομένων, και για την ενίσχυση των προφίλ των χρηστών με FOAF δεδομένα.

Το σύνολο δεδομένων της εφαρμογής αυτής αρχικά είχε επιλεγεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή δεδομένων για την εφαρμογή που αναπτύχθηκε, καθώς προσφέρει αξιολογήσεις βιβλίων, εκδόσεων, άρθρων, συνεδρίων και άλλων πόρων σχετικών με την εκπαίδευση. Ωστόσο το τελικό σημείο SPARQL που προσέφερε δε λειτουργούσε, με αποτέλεσμα να μην αξιοποιηθεί. Η χρήση του όμως θα μπορούσε να εμπλουτίσει το περιεχόμενο της υλοποιημένης εφαρμογής μέσω κριτικών αξιολογήσεων και παροχής συνδέσεων σε πηγές δεδομένων.

3.2.2. DERI Pipes

Η εφαρμογή DERI Pipes²² παρέχει μια πλατφόρμα συγκέντρωσης δεδομένων που επιτρέπει στις πηγές δεδομένων να συνδεθούν μεταξύ τους για να σχηματίσουν νέα σύνολα δεδομένων (Le-Phuoc κ.α., 2009). Η προκύπτουσα συγκεντρωτική ροή εργασιών μπορεί να περιέχει εξελιγμένες λειτουργίες, όπως η ενοποίηση αναγνωριστικών, η αντιστοίχιση σχημάτων, η επαγωγική εξαγωγή συμπερασμάτων RDFS ή OWL (Polleres κ.α., 2013), με τις μεταμορφώσεις των δεδομένων να εκφράζονται χρησιμοποιώντας την εντολή SPARQL CONSTRUCT ή τα XSLT πρότυπα. Στην παρακάτω εικόνα (βλ. εικ. 10) φαίνεται η συναρμολόγηση μιας ροής εργασίας για την ενσωμάτωση δεδομένων σχετικά με τον Tim Berners-Lee εντός του περιβάλλοντος ανάπτυξης του DERI.



Εικόνα 10: Η εφαρμογή DERI Pipes

²² <http://notes.3kbo.com/deri-pipes>

Η παραπάνω εφαρμογή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την ένωση των συνόλων δεδομένων που επιλέχθηκαν για την ανάπτυξη της προτεινόμενης εφαρμογής, τα οποία παρουσιάζονται στο τέταρτο κεφάλαιο, προκειμένου να δημιουργηθεί ένα συγκεντρωτικό σύνολο διασυνδεδεμένων δεδομένων. Με τον τρόπο αυτόν θα μπορούσε στη συνέχεια να προσπελαστεί για την παρουσίαση πόρων, ικανοποιώντας έτσι το σκοπό και τους στόχους της εν λόγω διπλωματικής. Ωστόσο η ιστοσελίδα²³ της κατά τη διάρκεια συγγραφής της παρούσας εργασίας δε λειτουργούσε. Για το λόγο αυτό αναζητήθηκε μια άλλη εφαρμογή που να προσφέρει την ίδια σχετικά λειτουργικότητα με αυτή της παραπάνω εφαρμογής, η οποία παρουσιάζεται στη συνέχεια.

3.2.3. Silk

Το Silk²⁴ είναι μια εφαρμογή ανοικτού κώδικα για την ενοποίηση ετερογενών συνόλων δεδομένων. Χρησιμοποιείται για τη δημιουργία RDF συνδέσεων μεταξύ σχετικών στοιχείων δεδομένων από διαφορετικά σύνολα δεδομένων. Τα σύνολα δεδομένων μπορούν να εισαχθούν στο Silk είτε δίνοντας ως όρισμα το τελικό σημείο SPARQL ενός συνόλου και ρυθμίζοντας τις παραμέτρους είτε ως στατικά αρχεία δεδομένων σε διάφορες μορφές. Στη συνέχεια ορίζονται τα κριτήρια ομοιότητας με τα οποία θα πραγματοποιηθεί η σύνδεση, ο τύπος της σύνδεσης καθώς και η θέση του αρχείου εξόδου. Μπορεί να εκτελεστεί είτε από το command-line του υπολογιστή είτε μέσω μιας γραφικής διεπαφής χρήστη με τη χρήση Java Applet (Silk-Workbench) που εκτελείται χρησιμοποιώντας έναν κοινό περιηγητή ιστού (Volz κ.α., 2009).

Ωστόσο, από τα σύνολα δεδομένων που επιλέχθηκαν να συνδεθούν, μόνο μερικά αναγνωρίζονταν από την εφαρμογή Silk. Πραγματοποιήθηκε προσπάθεια εισαγωγής τους τόσο μέσω του τελικού σημείου SPARQL τους όσο και ως αρχεία RDF, χωρίς όμως κάποια επιτυχία. Αυτό οδήγησε στην ανάγκη εύρεσης εναλλακτικού τρόπου εισαγωγής των συνόλων δεδομένων που επιλέχθηκαν, ο οποίος αναλύεται στο τέταρτο κεφάλαιο.

²³ <http://pipes.deri.org/>

²⁴ <http://silk-framework.com/>

3.2.4. PowerAqua

Το PowerAqua²⁵ είναι ένα σύστημα ερωταπαντήσεων που βασίζεται σε πολλαπλές οντολογίες, το οποίο λαμβάνει ερωτήματα εισόδου που εκφράζονται σε φυσική γλώσσα και είναι σε θέση να επιστρέφει απαντήσεις που προέρχονται από σχετικές κατανεμημένες πηγές πληροφορίας στο Σημασιολογικό Ιστό (Lopez, Motta & Uren, 2006). Σε αντίθεση με οποιαδήποτε άλλη φυσική front end γλώσσα, το PowerAqua δεν περιορίζεται σε μία μόνο οντολογία και ως εκ τούτου παρέχει την πρώτη ολοκληρωμένη προσπάθεια υποστήριξης του τομέα ερωταπαντήσεων στο Σημασιολογικό Ιστό. Το PowerAqua έχει σχεδιαστεί για να εκμεταλλευτεί την τεραστία ποσότητα των ετερογενών σημασιολογικών δεδομένων που προσφέρονται στο Σημασιολογικό Ιστό, προκειμένου να ερμηνεύσει ένα ερώτημα.

Ωστόσο, η συγκεκριμένη εφαρμογή δε λειτουργούσε κατά τη διάρκεια ανάπτυξης της παρούσας διπλωματικής, καθιστώντας αδύνατο το σχηματισμό προσωπικής άποψης περί της χρήσης της. Όμως, η λογική πίσω από τη λειτουργία της, η χρήση δηλαδή των ερωταπαντήσεων, υιοθετήθηκε έως κάποιο βαθμό και παραμετροποιήθηκε για την ανάπτυξη της εφαρμογής που παρουσιάζεται στην εν λόγω διπλωματική. Πιο συγκεκριμένα, αντί ο χρήστης να κάνει κάποια ερώτηση και να του εμφανίζονται οι απαντήσεις, η εφαρμογή εκτελεί από μόνη της κάποιες ερωτήσεις που έχουν διαμορφωθεί βάσει κριτηρίων, όπως παρουσιάζονται στο τέταρτο κεφάλαιο.

3.3. Εκπαιδευτικές Εφαρμογές

3.3.1. Lucero Project

Το Lucero Project²⁶ (Linking University Content for Education and Research Online) αναπτύχθηκε από το Ανοικτό Πανεπιστήμιο της Αγγλίας με στόχο να εκθέσει, να μετατρέψει και να διατηρήσει τα δεδομένα των αποθετηρίων του ως Διασυνδεδεμένα Δεδομένα (Zablith κ.α., 2011), δίνοντας τη δυνατότητα πρόσβασης σε πολλαπλά ετερογενή συστήματα δεδομένων με ανοικτό τρόπο μέσα από το σύνδεσμο: <http://data.open.ac.uk>. Ο κύριος σκοπός της έκθεσης όλων αυτών των δεδομένων ως μέρος του σύννεφου των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων είναι ότι οι μαθητές/φοιτητές, οι ερευνητές και οι οργανώσεις θα είναι σε θέση να αναζητήσουν, εξάγουν και κυρίως να επαναχρησιμοποιήσουν εύκολα τις πληροφορίες και τα δεδομένα του Πανεπιστημίου.

²⁵ <http://technologies.kmi.open.ac.uk/poweraqua/index.html>

²⁶ <http://lucero-project.info/>

Αναφορικά με τα δεδομένα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, σε αυτά περιλαμβάνονται:

- **Πληροφορίες σχετικά με τα προσφερόμενα μαθήματα:** Εκτός από τη δυνατότητα του να ενημερωθεί κάποιος μέσω της ιστοσελίδας του Πανεπιστημίου, σχετικά με πληροφορίες για τα μαθήματα, αυτές είναι προσβάσιμες και σε μορφή XML, το οποίο έκανε τη μετατροπή σε Διασυνδεδεμένα Δεδομένα πιο εύκολη. Αυτό το σύνολο δεδομένων παρέχει πρόσβαση σε πληροφορίες μαθημάτων, συμπεριλαμβανομένων των τίτλων, της περιγραφής, της διαθεσιμότητας ανά ημερομηνία και τοποθεσία, του κόστους καθώς και των σχετικών βιβλίων .
- **Podcasts:** Αυτό το σύνολο δεδομένων παρέχει πρόσβαση σε podcasts του Πανεπιστημίου, με τον αντίστοιχο τίτλο, τα σχετιζόμενα μαθήματα, τη διάρκεια κτλ.
- **Κατάλογοι Βιβλιοθήκης:** Οι κατάλογοι αυτοί έχουν μετατραπεί από αρχεία MARC σε Διασυνδεδεμένα Δεδομένα και παρέχουν πρόσβαση σε πόρους βιβλιοθήκης, όπως βιβλία, οπτικοακουστικό υλικό, αναφορές κ.α. Αυτοί οι πόροι συνδέονται με μαθήματα του πανεπιστημίου, και κατέχουν πληροφορίες σχετικά με συγγραφείς, εκδότες κτλ.
- **Ερευνητικές Δημοσιεύσεις:** Αυτό το σύνολο δεδομένων παρέχει ερευνητικές δημοσιεύσεις με πληροφορίες σχετικά με τους συγγραφείς, τον τύπο της δημοσίευσης (π.χ. άρθρα συνεδρίων, διατριβές, βιβλία κτλ), τις ημερομηνίες δημοσίευσης κ.α.
- **YouTube Κανάλι:** Αυτό το σύνολο δεδομένων εκθέτει το YouTube²⁷ κανάλι του Πανεπιστημίου ως Διασυνδεδεμένα Δεδομένα με πληροφορίες για τον τίτλο, τις ετικέτες, το URL κ.α.
- **OpenLearn²⁸:** Τα δωρεάν διαδικτυακά μαθήματα που παρέχονται από το Ανοιχτό Πανεπιστήμιο της Αγγλίας μέσω του συστήματος OpenLearn είναι επίσης διαθέσιμα ως Διασυνδεδεμένα Δεδομένα και περιλαμβάνουν τους τίτλους, τα θέματα, τα συναφή μαθήματα, τις ετικέτες κ.α.
- **Reading Experience Database²⁹:** Περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τους αναγνώστες, το φύλο τους, τα αντικείμενα ανάγνωσης και τις λεπτομέρειες σχετικά με την εμπειρία τους.
- **The Open Arts Archive Events³⁰:** Σε αυτό το σύνολο δεδομένων περιλαμβάνονται πληροφορίες σχετικά με τις εκδηλώσεις, όπως οι συνεργάτες, οι καλλιτέχνες, οι ομιλητές, τα συναφή podcasts κ.α.
- **KMi Νέα και Άνθρωποι:** Αυτά τα σύνολα δεδομένων παρουσιάζουν πληροφορίες σχετικά με το ερευνητικό προσωπικό³¹ του Knowledge Media Institute καθώς και των σχετικών άρθρων ειδήσεων³².

²⁷ <https://www.youtube.com/user/TheOpenUniversity>

²⁸ <http://www.open.edu/openlearn/>

²⁹ <http://www.open.ac.uk/Arts/RED/>

³⁰ <http://www.openartsarchive.org/oa/>

³¹ <http://kmi.open.ac.uk/people/>

³² <http://kmi.open.ac.uk/news/>

- **Κτίρια:** Αυτό το σύνολο δεδομένων περιέχει πληροφορίες σχετικά με τα κτίρια του Πανεπιστημίου που βρίσκονται στη Μεγάλη Βρετανία, όπως η διεύθυνση, οι πληροφορίες για τον όροφο και η απεικόνιση του κτιρίου κ.α.

Από τα παραπάνω σύνολα δεδομένων κρίθηκε σκόπιμο να επιλεγθούν κάποια για την ανάπτυξη της εφαρμογής που παρουσιάζεται στην παρούσα διπλωματική, βάσει κριτηρίων, τα οποία αναλύονται στο τέταρτο κεφάλαιο, όπως το να περιέχουν δεδομένα που σχετίζονται με τον Σημασιολογικό Ιστό και τα Διασυνδεδεμένα Δεδομένα. Πιο ειδικά, επιλέχθηκαν τα σύνολα δεδομένων KMι Νέα και Άνθρωποι, Ερευνητικές Δημοσιεύσεις και Podcasts, καθώς αυτά περιείχαν τον περισσότερο όγκο δεδομένων που εξυπηρετούσαν το σκοπό και τους στόχους της εν λόγω διπλωματικής.

Αυτός ο πλούτος των δεδομένων ωστόσο, δε θα μπορούσε να μείνει αναξιοποίητος από το Ανοιχτό Πανεπιστήμιο της Αγγλίας που τα χρησιμοποίησε για την ανάπτυξη μιας πληθώρας εφαρμογών, οι οποίες παρουσιάζουν τις δυνατότητες της αξιοποίησης των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων. Μερικές από αυτές τις εφαρμογές επιλέχθηκαν βάσει σχετικότητας με την εφαρμογή που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής και παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

3.3.1.1. Linked OpenLearn

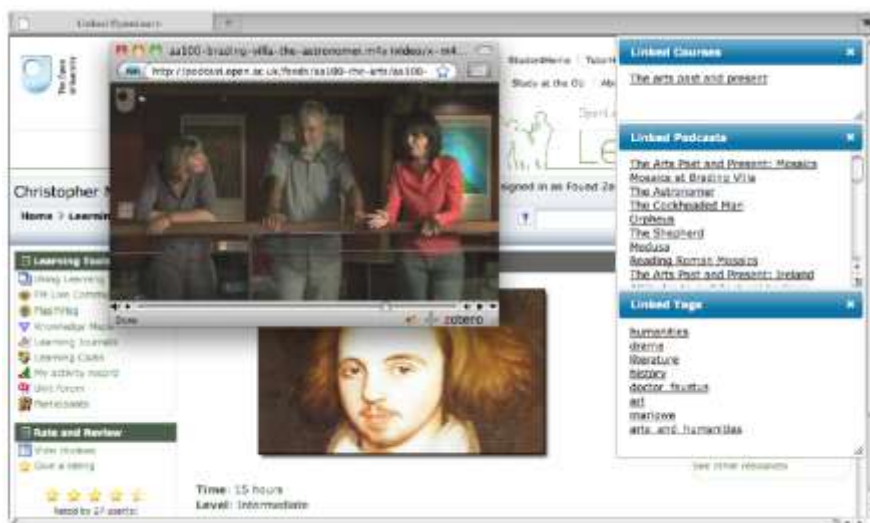
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το Ανοιχτό Πανεπιστήμιο της Αγγλίας προσφέρει ένα σύνολο δωρεάν μαθησιακού υλικού μέσω της ιστοσελίδας OpenLearn²¹, καθώς και σύνολα από Podcasts και μαθήματα που προσφέρονται σε ειδικές παρουσιάσεις κατά τη διάρκεια του έτους. Οι πόροι αυτοί είναι προσβάσιμοι διαδικτυακά, ωστόσο δε συνδέονται μεταξύ τους, γεγονός που καθιστά δύσκολο για τους φοιτητές να αξιοποιήσουν εύκολα όλους τους διαθέσιμους πόρους. Για αυτό το λόγο αναπτύχθηκε η εφαρμογή Linked OpenLearn³³ η οποία επιτρέπει την εξερεύνηση διασυνδεδεμένων μαθημάτων, podcasts και ετικετών OpenLearn ενοτήτων. Στόχος της είναι να διευκολύνει την εμπειρία περιήγησης για τους φοιτητές, οι οποίοι μπορούν να εντοπίσουν επιτόπου σχετικό υλικό χωρίς να χρειάζεται να φύγουν από την ιστοσελίδα του OpenLearn (Zablith, Fernandez & Rowe, 2011).

Προκειμένου να εγκαταστήσει την εφαρμογή, ο χρήστης θα πρέπει να σύρει το σελιδοδείκτη της εφαρμογής στη γραμμή εργαλείων του προγράμματος περιήγησης. Στη συνέχεια, κάθε φορά που βλέπει μία ενότητα του OpenLearn, ο χρήστης κάνει κλικ στο σελιδοδείκτη για να εμφανιστούν οι σχετικοί πόροι στο πάνω μέρος της σελίδας. Στην παρακάτω εικόνα (βλ. εικ. 11) φαίνεται μια ενότητα του OpenLearn σχετική με τις τέχνες, με τους συνδεδεμένους πόρους να εμφανίζονται στα δεξιά και ένα

³³ <http://fouad.zablith.org/apps/openlearnlinkeddata/>

podcast που επιλέχθηκε από το παράθυρο των «Συνδεδεμένων Podcasts» να παίζει. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει το σχετικό μάθημα και να μεταβεί κατευθείαν στην ιστοσελίδα του μαθήματος ή να επιλέξει τις συνδεδεμένες ετικέτες και να δει τη λίστα άλλων σχετικών ενοτήτων OpenLearn, στις οποίες μπορεί να περιηγηθεί από το ίδιο παράθυρο.

Η λογική της παραπάνω εφαρμογής, δηλαδή το να μπορεί ο φοιτητής να εντοπίσει κατάλληλους μαθησιακούς πόρους χωρίς να δαπανά πολύτιμο χρόνο στην αναζήτησή τους, θεωρήθηκε ως καλή πρακτική και επηρέασε σημαντικά την ανάπτυξη της εφαρμογής που αναλύεται στην παρούσα διπλωματική. Ωστόσο, καθώς το Πανεπιστήμιο Πειραιώς δε διέθετε τα δικά του σύνολα δεδομένων, κρίθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιηθούν δεδομένα από το σύνολο των Ανοιχτών Διασυνδεδεμένων Δεδομένων, που να εξυπηρετούν τον σκοπό και στόχους της εργασίας. Όπως στην παραπάνω εφαρμογή ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αναζητήσει διασυνδεδεμένα μαθήματα του Ανοιχτού Πανεπιστημίου της Αγγλίας, podcasts και ετικέτες OpenLearn ενοτήτων, έτσι και στην εφαρμογή που παρουσιάζεται στην εν λόγω διπλωματική, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα ανεύρεσης πόρων που προσφέρονται από το σύννεφο Ανοικτών και Διασυνδεδεμένων Δεδομένων, όπως podcasts, επιστημονικά άρθρα κ.α., όπως περιγράφεται αναλυτικά στο τέταρτο κεφάλαιο.



Εικόνα 11: Η εφαρμογή Linked OpenLearn

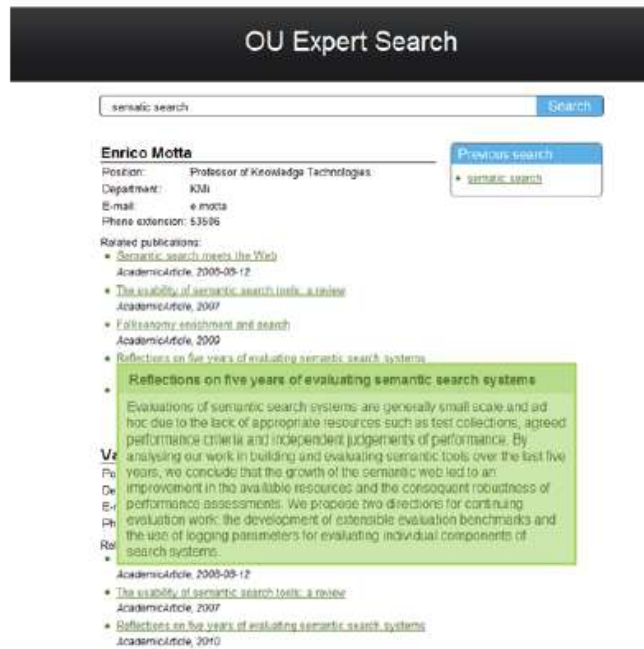
3.3.1.2. OU Expert Search

Η εφαρμογή αυτή χρησιμοποιεί τα Διασυνδεδεμένα Δεδομένα του Ανοιχτού Πανεπιστημίου της Αγγλίας καθώς και επιπρόσθετες πληροφορίες από τους καταλόγους του προσωπικού προκειμένου να

παρέχει στους φοιτητές και στους ερευνητές τη δυνατότητα εύρεσης των πιο κατάλληλων πραγματογνωμόνων σχετικά με ένα θέμα ενδιαφέροντος. Αρχικά το σύστημα λαμβάνει το ερώτημα του χρήστη, για παράδειγμα το πεδίο πραγματογνωμοσύνης όπου ένα σύνολο από πραγματογνώμονες πρέπει να αναζητηθεί (π.χ. «semantic search»), και στη συνέχεια χρησιμοποιεί τον τίτλο και την περίληψη της κάθε δημοσίευσης ώστε να βρει τα πρώτα *n* έγγραφα που σχετίζονται με αυτό το πεδίο. Έπειτα, αφού έχουν επιλεγεί τα πρώτα *n* έγγραφα, οι συγγραφείς αυτών των εγγράφων εξάγονται και κατατάσσονται σύμφωνα με πέντε κριτήρια:

- a) Αρχική βαθμολογία δημοσιεύσεων: Αυτή επιτυγχάνεται με την αντιστοίχιση της λέξης-κλειδιού του χρήστη με τον τίτλο και την περίληψη της δημοσίευσης. Οι δημοσιεύσεις που έχουν καλύτερη αντιστοίχιση κατατάσσονται σε υψηλότερη θέση.
- b) Αριθμός δημοσιεύσεων: Όσο πιο πολλές δημοσιεύσεις έχει ένας συγγραφέας, τόσο πιο υψηλά κατατάσσεται.
- c) Τύπος δημοσίευσης: Οι διατριβές κατατάσσονται υψηλότερα, στη συνέχεια τα βιβλία, έπειτα τα άρθρα περιοδικών και τέλος τα άρθρα συνεδρίων.
- d) Ημερομηνία δημοσίευσης: Πιο πρόσφατες δημοσιεύσεις κατατάσσονται υψηλότερα, συγκριτικά με παλιότερες και συγγραφείς που δημοσιεύουν σε διαδοχικά έτη για ένα συγκεκριμένο θέμα κατατάσσονται υψηλότερα έναντι αυτών που δημοσιεύουν σποραδικά σχετικά με το θέμα.
- e) Λοιποί συγγραφείς δημοσιεύσεων: Οι συγγραφείς που μοιράζονται τη δημοσίευση με λιγότερους συναδέλφους κατατάσσονται υψηλότερα και οι κύριοι συγγραφείς θεωρούνται ότι έχουν υψηλότερο επίπεδο τεχνογνωσίας και ως εκ τούτου κατατάσσονται υψηλότερα.

Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (βλ. εικ. 12), το σύστημα λαμβάνει ως λέξι-κλειδί τη φράση «semantic search», για το οποίο ο χρήστης επιθυμεί να βρει έναν πραγματογνώμονα. Ως αποτέλεσμα το σύστημα παρέχει μια λίστα από συγγραφείς («*Enrico Motta*», «*Vanessa Lopez*», κ.α.), οι οποίοι θεωρούνται ως οι κορυφαίοι πραγματογνώμονες για αυτό το θέμα. Για κάθε έναν, το σύστημα παρέχει, εάν είναι δυνατό, τα στοιχεία επικοινωνίας τους (τιμήμα, e-mail, τηλέφωνο) και τις κορυφαίες δημοσιεύσεις για αυτό το θέμα. Για κάθε δημοσίευση, το σύστημα παρουσιάζει το τίτλο, τον τύπο της δημοσίευσης και την ημερομηνία του. Εάν ο χρήστης τοποθετήσει τον κέρσορα στον τίτλο της δημοσίευσης, τότε εμφανίζεται και η περίληψη της δημοσίευσης. Τέλος, ο τίτλος της δημοσίευσης λειτουργεί ως σύνδεσμος προς τις πληροφορίες αυτής της δημοσίευσης που βρίσκονται στο portal του open.ac.uk.



Εικόνα 12: Η εφαρμογή OU Expert Search

Η λειτουργικότητα της παραπάνω εφαρμογής, δηλαδή η στοχευμένη αναζήτηση πόρων που προσφέρει στο χρήστη, θεωρήθηκε ως καλή πρακτική και υιοθετήθηκε για την ανάπτυξη της εφαρμογής που υλοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής. Ειδικότερα, όπως η παραπάνω εφαρμογή προσφέρει στο χρήστη τη δυνατότητα αναζήτησης ενός συγκεκριμένου πεδίου ενδιαφέροντος, δηλαδή την αναζήτηση εμπειρογνομώνων, έτσι και η προτεινόμενη εφαρμογή παρέχει στο χρήστη πόρους σχετικά με τον Σημαιολογικό Ιστό και τα Διασυνδεδεμένα Δεδομένα. Περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την εφαρμογή που αναπτύχθηκε δίνονται στο τέταρτο κεφάλαιο.

3.3.2. Talis Aspire

Το σύστημα Talis Aspire³⁴ είναι ένα σύστημα διαχείρισης καταλόγων ψηφιακών πόρων το οποίο χρησιμοποιεί τις τεχνολογίες του Σημαιολογικού Ιστού και τις αρχές των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων (Clarke, 2009). Οι κατάλογοι πόρων είναι συλλογές από βιβλία, άρθρα περιοδικών, ιστοσελίδες και/η οπτικοακουστικό υλικό οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την ενίσχυση των φοιτητών σε εργασίες και σε μαθήματα. Μέχρι πρότινος, αυτοί οι κατάλογοι παρέχονταν από τους καθηγητές σε μορφή φυλλαδίου και περιελάμβαναν μια λίστα με παραπομπές με την πρόθεση οι φοιτητές να επισκεφτούν την βιβλιοθήκη ή

³⁴ <http://www.talis.com/>

τα βιβλιοπωλεία και να ανακτήσουν αυτούς τους πόρους. Με την πάροδο των χρόνων, το υλικό αυτό έγινε διαθέσιμο στο διαδίκτυο, σε μορφή βίντεο, blog αναρτήσεων και άλλων πολυμεσικών μαθησιακών πόρων. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου έκαναν την εμφάνισή τους διαδικτυακά εργαλεία διαχείρισης καταλόγων πόρων, παραγκωνίζοντας τα παραδοσιακά φυλλάδια.

Ωστόσο, ενώ αυτά τα νέα εργαλεία βελτίωσαν την πρόσβαση σε δημοσιευμένους καταλόγους, είχαν πολλούς περιορισμούς όπως η περιορισμένη διαλειτουργικότητα των δεδομένων, οι λίγες ευκαιρίες για συνεργασία μεταξύ καθηγητών ή συνεισφορών από πλευράς φοιτητών, η πολυπλοκότητα των μηχανισμών πρόσβασης και η διαχείριση των αποθεμάτων. Σε αυτά τα προβλήματα απαντά το σύστημα Talis Aspire, το οποίο αναπτύχθηκε σε συνεργασία με 15 πανεπιστήμια του Ηνωμένου Βασιλείου και της Ιρλανδίας. Αρχικά ξεκίνησε στο πανεπιστήμιο του Plymouth το Σεπτέμβριο του 2008 με 1000 μαθητές, δίνοντας πρόσβαση σε 22,000 μέχρι το 2009, ενώ τον Ιανουάριο του 2009 συμμετείχε στον πιλότο και το πανεπιστήμιο του Sussex, αυξάνοντας τον αριθμό των χρηστών σε 40,000 συνολικά.

Οι κατάλογοι μπορούν να δημιουργηθούν χρησιμοποιώντας ενότητες (βλ. εικ. 13) για την ομαδοποίηση των πόρων ανάλογα με το θέμα (π.χ. «Accounting for Intangible»), τη χρονική περίοδο (π.χ. «Lecture 1») ή τη σημαντικότητα. Αυτό σε συνδυασμό με τις σημειώσεις που προσθέτει ο καθηγητής προσθέτουν επιπλέον πλαίσιο για τους φοιτητές, ενισχύουν τη σημασιολογία του καταλόγου και αναδεικνύουν τις προβλεπόμενες χρήσεις για μια ομάδα πόρων. Οι πόροι συγκεντρώνονται στο σύστημα με μια διαδικασία γνωστή ως «harvesting», όπου χρησιμοποιώντας ένα σελιδοδείκτη, με παρόμοιο τρόπο όπως στην εφαρμογή del.icio.us³⁵, ο καθηγητής μπορεί να συγκεντρώσει τους πόρους από ένα πλήθος ιστοσελίδων, συμπεριλαμβανομένου και του καταλόγου της βιβλιοθήκης. Αυτοί τοποθετούνται σε μια τοποθεσία γνωστή ως «Η βιβλιοθήκη μου» όπου ο καθηγητής μπορεί να εισάγει περαιτέρω σημειώσεις, ετικέτες ή σχολιασμούς. Αργότερα, όταν ο καθηγητής θελήσει να δημιουργήσει έναν κατάλογο ή να κάνει αλλαγές σε έναν υπάρχοντα, οι πόροι από τη «Βιβλιοθήκη μου» εμφανίζονται και ο καθηγητής μπορεί να σύρει τους επιθυμητούς (drag and drop) στην κατάλληλη θέση στον κατάλογο. Σε αντίθεση με άλλα συστήματα σελιδοδεικτών, το σύστημα αυτό προσπαθεί να εντοπίσει τον πόρο που περιγράφει μια σελίδα, όχι μόνο την τοποθεσία στην οποία βρίσκεται. Αυτό επιτυγχάνεται με μια σειρά αναγνωριστικών που χρησιμοποιούν τεχνολογίες RDF για τη συλλογή μεταδεδομένων από τη σελίδα.

³⁵ <https://delicious.com/>



Financial Accounting and Reporting

Used by ABF203

Group by: Section | Format

Table of contents [\[hide\]](#)

1. Recommended Text
2. Supplementary Resources
3. Lecture Topic Reading List
 - 3.1. Introductory Lecture
 - 3.2. Lecture 1 Accounting for long term tangible assets
 - 3.3. Lecture 2 Accounting for Intangibles
 - 3.4. Lecture 3 Research and Development
 - 3.5. Lecture 4 Accounting for provisions and contingent assets and liabilities
 - 3.6. Lecture 5 Substance Over Form
 - 3.7. Lectures 6 & 7 Group Accounts 1 and 2
 - 3.8. Lecture 8 Accounting for Groups 3
 - 3.9. Lecture 9 Group Accounts 4
 - 3.10. T2 Lecture 1 Interpretation of financial statements 1 and 2
 - 3.11. T2 Lecture 2 Interpretation of financial statements 3
 - 3.12. T2 Lecture 3 Interpretation of financial statements 4
4. Problem Based Learning Resources
 - 4.1. Problem Statement 1
 - 4.2. Problem Statement 2
 - 4.3. Problem Statement 3
 - 4.4. Problem Statement 4

(93 items)

Recommended Text (2 items)

Financial accounting and reporting - Elliott, Barry, Elliott, Jamie. , 2008.

Book

Get this item | Availability, buying options and notes

The 12th edition of Elliott and Elliott is the recommended text to buy for this module.

Financial Accounting and Reporting, 12/E - Pearson Education EMA Catalogue

Web Page

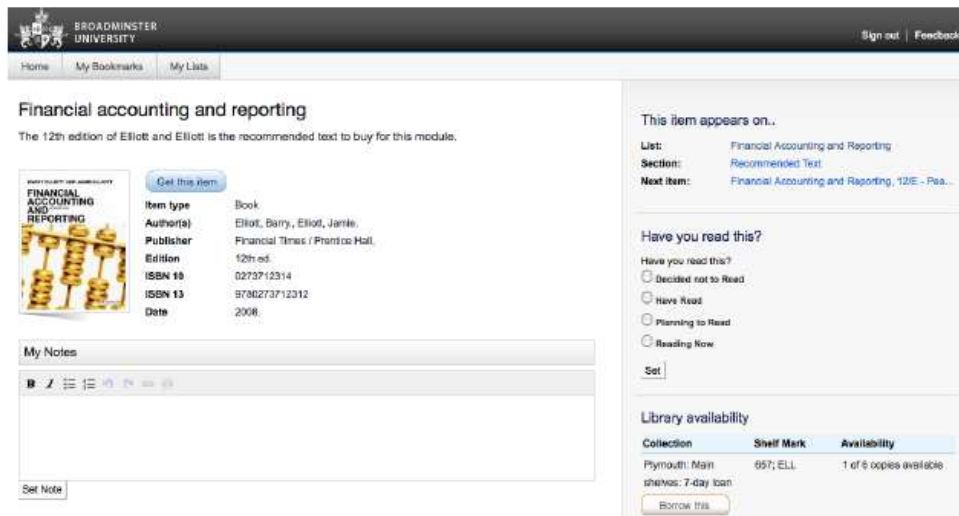
Get this item | Availability, buying options and notes

This is the companion website and student resources for the 12th edition

Εικόνα 13: Κατάλογος πόρων του συστήματος Talis Aspire

Ο χρήστης από την πλευρά του μπορεί να χρησιμοποιήσει τους καταλόγους με πολλούς τρόπους, όπως για παράδειγμα να ενημερωθεί για τη διαθεσιμότητα των αποθεμάτων από τον κατάλογο της βιβλιοθήκης καθώς και να επιλέξει από μια σειρά διαθέσιμων προϊόντων για αγορά. Εκτός όμως από τις λειτουργίες που έχουν σχεδιαστεί να βελτιώσουν την εμπειρία του φοιτητή, υπάρχουν κι άλλες που έχουν σχεδιαστεί για να αυξήσουν τον πλούτο των δεδομένων (βλ. εικ. 14). Για παράδειγμα, ο φοιτητής μπορεί να σχολιάσει έναν πόρο από τον κατάλογο, ενισχύοντας έτσι τις σημειώσεις του καθηγητή με τις δικές του, να κατηγοριοποιήσει κάθε έναν από τους πόρους ανάλογα με την πρόθεσή του (π.χ. «Διαβάζω τώρα», «Σκοπεύω να το διαβάσω» κ.α.) και να διαχειριστεί τη δική του βιβλιοθήκη πόρων. Όλοι αυτοί οι σχολιασμοί αποθηκεύονται με τη μορφή RDF τριπλετών και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη άλλων εφαρμογών, όπως μια εφαρμογή δανεισμού βιβλίων ή ενίσχυσης της ανατροφοδότησης

που δίνεται στους καθηγητές για την δημοτικότητα συγκεκριμένων πόρων ή των στατιστικών χρήσης των πόρων.



Εικόνα 14: Ενίσχυση πόρων του συστήματος Talis Aspire

Με τη χρήση λοιπόν υπάρχουσών οντολογιών και τη δημοσίευση των δεδομένων των καταλόγων πόρων ως Διασυνδεδεμένα Δεδομένα το παραπάνω σύστημα όχι μόνο ενοποιεί την περιγραφή των μαθησιακών πόρων αλλά αποδεσμεύει επίσης σύνολα πλούσιων σημασιολογικά περιγραφών αλληλένδετων πόρων και των συνδέσμων και σχέσεων μεταξύ τους. Αυτό επιτρέπει πιο αποτελεσματικές στρατηγικές σύνδεσης και καλύτερη διαλειτουργικότητα των δεδομένων μεταξύ των συστημάτων συγκριτικά με υπάρχοντα συστήματα. Τέλος, ενθαρρύνει τις περιγραφές των δεδομένων αυξάνοντας τις ευκαιρίες σχολιασμού των δεδομένων από τον χρήστη.

Όπως και οι προηγούμενες εφαρμογές, έτσι και η συγκεκριμένη θεωρήθηκε ότι προσφέρει στο χρήστη πολλά εκπαιδευτικά οφέλη και κρίθηκε σκόπιμο να παρουσιαστεί στη συγκεκριμένη εργασία. Η λογική πίσω από τη λειτουργικότητα της, δηλαδή η ενίσχυση της εκπαιδευτικής διαδικασίας, επηρέασε σημαντικά την ανάπτυξη της εφαρμογής που υλοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής, καθώς αυτή σχεδιάστηκε για εκπαιδευτική υποστήριξη των χρηστών, προκειμένου αυτοί να έχουν πρόσβαση σε πόρους σχετικά με το Σημασιολογικό Ιστό και τα Διασυνδεδεμένα Δεδομένα, όπως αναλυτικά περιγράφεται στο επόμενο κεφάλαιο.

Κεφάλαιο 4 – Ανάπτυξη Εφαρμογής

Έχοντας πλέον μια πιο ειδική εικόνα γύρω από το Σημασιολογικό Ιστό και τα Ανοιχτά Διασυνδεδεμένα Δεδομένα αλλά και των τρόπων που αυτά αξιοποιούνται στην εκπαίδευση και έχοντας παρουσιάσει τις εφαρμογές που θεωρήθηκαν ως καλές πρακτικές και που επηρέασαν την ανάπτυξη της εφαρμογής που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, στο κεφάλαιο αυτό θα περιγραφεί λεπτομερώς η διαδικασία ανάπτυξής της.

Η εφαρμογή που παρουσιάζεται αναπτύχθηκε λαμβάνοντας υπόψη τις αρχές των Ανοιχτών Διασυνδεδεμένων Δεδομένων και χρησιμοποιώντας τεχνολογίες του Σημασιολογικού Ιστού (RDF, OWL, SPARQL), του Παγκόσμιου Ιστού (PHP), και το εργαλείο Drupal. Η εφαρμογή αυτή είναι διαθέσιμη μέσω του συνδέσμου <http://83.212.169.101/tsartsali/> και τις πηγές των μαθησιακών πόρων αποτελούν σύνολα δεδομένων που βρίσκονται ανοιχτά στο Σύννεφο των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων και τα οποία επιλέχθηκαν βάσει σχετικότητας με το αντικείμενο.

4.1. Απαιτήσεις Εφαρμογής

Προκειμένου να αναπτυχθεί η εφαρμογή, έπρεπε αρχικά να αναγνωριστούν οι απαιτήσεις που αυτή θα πρέπει να πληροί, οι οποίες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, στις λειτουργικές απαιτήσεις, δηλαδή τι απαιτείται από την πλευρά του χρήστη, και στις τεχνικές απαιτήσεις, δηλαδή τι απαιτείται από την πλευρά του διαχειριστή. Αυτές οι απαιτήσεις διαμορφώθηκαν βάσει μελέτης της βιβλιογραφίας και των υπάρχουσών εφαρμογών που έχουν αναπτυχθεί και που παρουσιάστηκαν παραπάνω (βλ. κεφ. 3), οι οποίες θεωρήθηκαν ως καλές πρακτικές.

4.1.1. Λειτουργικές Απαιτήσεις

- **Α. Απαίτηση 1:** Η εφαρμογή θα πρέπει να προσφέρει στο χρήστη πρόσβαση σε μαθησιακούς πόρους, θα πρέπει να λειτουργεί δηλαδή ως ένα συγκεντρωτικό σημείο ανεύρεσης ψηφιακού υλικού που να μπορεί να αξιοποιηθεί για την ενίσχυση της εκπαιδευτικής διαδικασίας, όπως άρθρα, βιβλία, πρακτικά συνδερίων, διατριβές, επιστημονικά περιοδικά κ.α.

- **Λ. Απαίτηση 2:** Οι πόροι που θα προσφέρονται θα πρέπει να προέρχονται από σύνολα δεδομένων που βρίσκονται ανοιχτά στο Σύννεφο των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων.
- **Λ. Απαίτηση 3:** Η εφαρμογή θα πρέπει να παρέχει πόρους που σχετίζονται με ένα συγκεκριμένο πεδίο ενδιαφέροντος και πιο συγκεκριμένα θα πρέπει να σχετίζονται με τον Σηματολογικό Ιστό και τα Ανοιχτά Διασυνδεδεμένα Δεδομένα.
- **Λ. Απαίτηση 4:** Η εφαρμογή θα πρέπει να παρέχει πρόσβαση στα σύνολα δεδομένων που προσφέρουν αυτούς τους πόρους. Οι πόροι (ως σύνολο αλλά και η πληροφορία που αφορά σε αυτούς) θα πρέπει να ανανεώνονται δυναμικά, καθώς ανανεώνονται τα αρχικά σύνολα δεδομένων.
- **Λ. Απαίτηση 5:** Οι προσφερόμενοι πόροι θα πρέπει να παρουσιάζονται στο χρήστη σε ένα περιβάλλον φιλικό προς αυτόν, το οποίο να είναι απλό και εύχρηστο.

4.1.2. Τεχνικές Απαιτήσεις

- **Τ. Απαίτηση 1:** Η εφαρμογή θα πρέπει να είναι εύκολα διαχειρίσιμη και ανανεώσιμη.
- **Τ. Απαίτηση 2:** Οι προσφερόμενοι πόροι θα πρέπει να ανακτούνται δυναμικά από τα σύνολα δεδομένων που βρίσκονται ανοιχτά στο Σύννεφο των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων μέσω τελικών σημείων πρόσβασης που παρέχουν οι πηγές (σύνολα) δεδομένων.
- **Τ. Απαίτηση 3:** Η εφαρμογή θα πρέπει να παρέχει μια ενιαία εμφάνιση για ετερογενή δεδομένα που προέρχονται από το Σύννεφο των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων.

4.2. Μεθοδολογία Ανάπτυξης Εφαρμογής

Έχοντας καθορίσει τις απαιτήσεις που θα πρέπει να πληροί η εφαρμογή, έπρεπε στη συνέχεια να ακολουθηθεί μια μεθοδολογία προκειμένου αυτή να αναπτυχθεί, η οποία μπορεί να συνοψιστεί στα ακόλουθα βήματα και παρουσιάζεται αναλυτικά στις επόμενες υπό-ενότητες:

- **Βήμα 1:** Εντοπισμός των λέξεων-κλειδιών που σχετίζονται με το αντικείμενο του Σηματολογικού Ιστού και των Ανοιχτών Διασυνδεδεμένων Δεδομένων.
- **Βήμα 2:** Εντοπισμός των κατάλληλων εκπαιδευτικών συνόλων δεδομένων από το Σύννεφο των Ανοιχτών Διασυνδεδεμένων Δεδομένων.

- **Βήμα 3:** Αναγνώριση των τύπων πόρων που θα παρουσιαστούν από την εφαρμογή και επιλογή των δεδομένων που τους περιγράφουν.
- **Βήμα 4:** Ανάπτυξη λογισμικού για την ανάκτηση των πόρων από τα επιλεγμένα σύνολα δεδομένων και παρουσίασή τους στον τελικό χρήστη.

4.2.1. Εντοπισμός Λέξεων-Κλειδιών

Αρχικά θα πρέπει να αναφερθεί ο λόγος για τον οποίο έπρεπε να εντοπιστούν κάποιες λέξεις-κλειδιά που να σχετίζονται με το Σημασιολογικό Ιστό και τα Διασυνδεδεμένα Δεδομένα. Ο λόγος αυτός είναι άμεσα συνδεδεμένος με τον σκοπό της συγκεκριμένης εφαρμογής που δεν είναι άλλος από την παροχή στο χρήστη συγκεντρωμένων πόρων (βλ. Α. Απαίτηση 1) που να σχετίζονται με τον Σημασιολογικό Ιστό και τα Διασυνδεδεμένα Δεδομένα (βλ. Α. Απαίτηση 3). Προκειμένου να εντοπιστούν αυτοί οι πόροι έπρεπε να χρησιμοποιηθούν κάποιες λέξεις-κλειδιά με τις οποίες θα επιτυγχανόταν η αναζήτηση στα διάφορα σύνολα δεδομένων. Για τον λόγο αυτό, μελετήθηκε σχετική βιβλιογραφία και έπειτα από έρευνα επιλέχθηκαν αυτές οι λέξεις-κλειδιά που συναντήθηκαν περισσότερο και που αποτελούσαν βασικές έννοιες σχετικά με το αντικείμενο του Σημασιολογικού Ιστού και των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων.

Οι λέξεις-κλειδιά που τελικά εντοπίστηκαν και που βάσει βιβλιογραφίας σχετίζονται με τον Σημασιολογικό Ιστό και τα Διασυνδεδεμένα Δεδομένα είναι οι ακόλουθες:

- Semantic Web
- Resource Description Framework (RDF)
- SPARQL
- Web Ontology Language (OWL)
- Linked Data
- Metadata
- Extensible Markup language (XML)
- Simple Knowledge Organization System (SKOS)
- Uniform Resource Identifier (URI)
- DBpedia
- Internet of Things

Στο σημείο αυτό κρίνεται αναγκαίο να αναφερθεί ο λόγος που οι παραπάνω λέξεις-κλειδιά είναι στα αγγλικά. Επειδή η πλειοψηφία των συνόλων δεδομένων που βρίσκονται ανοιχτά στο Σύννεφο των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων περιέχουν δεδομένα στην αγγλική γλώσσα που περιγράφουν πόρους στα αγγλικά, αποφασίστηκε και οι λέξεις-κλειδιά με τις οποίες θα γίνει η αναζήτηση σε αυτά τα σύνολα δεδομένων να είναι στα αγγλικά ώστε να διατεθεί στο χρήστη μία πληθώρα επιλογών και να μην περιοριστεί.

Κλείνοντας την ενότητα αυτή, αξίζει να σημειωθεί ότι το παραπάνω σύνολο των λέξεων-κλειδιών είναι εύκολα ανανεώσιμο, δηλαδή νέες λέξεις-κλειδιά μπορούν να προστεθούν ή υπάρχουν να διαγραφούν ή να αλλάξουν. Αυτό καθίσταται δυνατό μέσω του δυναμικού τρόπου που έχει αναπτυχθεί η παρούσα εφαρμογή, ο οποίος αναλύεται παρακάτω (βλ. ενοτ. 4.2.4.), ικανοποιώντας έτσι την Τ. Απαίτηση 1.

4.2.2. Εντοπισμός Συνόλων Δεδομένων

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ο αριθμός των ανοιχτών διασυνδεδεμένων συνόλων δεδομένων αυξάνεται συνεχώς. Ωστόσο, το να εντοπιστούν Ανοιχτά Διασυνδεδεμένα Δεδομένα που να σχετίζονται με την εκπαίδευση δεν ήταν δύσκολο εγχείρημα αφού πολλά σύνολα δεδομένων υπάρχουν ανοιχτά στο Σύννεφο των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων όπου είναι κατηγοριοποιημένα ανά θεματική περιοχή (βλ. εικ. 6), ικανοποιώντας έτσι την Λ. Απαίτηση 2. Από τα σύνολα αυτά λοιπόν, ερευνήθηκαν όσα ανήκουν στις θεματικές περιοχές «Cross Domain», «User-generated Content» και «Publications», καθώς αυτά τα σύνολα περιέχουν Ανοιχτά Διασυνδεδεμένα Δεδομένα που έχουν σχέση με την εκπαίδευση και τη μάθηση, όπως άρθρα, βιβλία, πρακτικά συνδερίων κτλ. Από αυτές τις θεματικές περιοχές λοιπόν, αρχικά εντοπίστηκαν 48 σύνολα δεδομένων.

Στη συνέχεια, από αυτά τα 48 σύνολα δεδομένων επιλέχθηκαν εκείνα τα οποία προσέφεραν τελικό σημείο SPARQL (SPARQL endpoint), το οποίο να λειτουργεί (καθώς πολλά σύνολα δεδομένων να μην προσέφεραν SPARQL endpoint, το οποίο όμως δε λειτουργούσε) και τα οποία περιελάμβαναν πόρους που περιείχαν τις παραπάνω λέξεις-κλειδιά ή μερικές από αυτές, προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι σχετίζονται με το Σημαιολογικό Ιστό και τα Διασυνδεδεμένα Δεδομένα. Για να διαπιστωθεί ποιά σύνολα δεδομένων περιείχαν πόρους που εμπεριείχαν αυτές τις λέξεις κλειδιά, πραγματοποιήθηκε αναζήτηση χρησιμοποιώντας SPARQL ερωτήσεις σε κάθε τελικό σημείο SPARQL από αυτά που λειτουργούσαν, όπως για παράδειγμα «Αναζήτησε όλους τους πόρους που στον τίτλο τους περιέχουν τη λέξη “semantic web”» ή «Αναζήτησε όλους τους πόρους που στην περιγραφή τους περιέχουν τη λέξη “semantic web”». Η αναζήτηση αυτή περιγράφεται στον παρακάτω κώδικα SPARQL, που

πραγματοποιήθηκε στο τελικό σημείο SPARQL ενός επιλεγμένου συνόλου δεδομένων (συγκεκριμένα στο DBLP, το οποίο αναλύεται παρακάτω) (βλ. εικ. 15), όπου αναζητούνται όλοι οι πόροι που στον τίτλο τους περιέχουν τη λέξη «semantic web» και οι τίτλοι αυτών.

```
SELECT DISTINCT ?x ?title WHERE
{?x akt:has-title ?title
FILTER regex(?title, "semantic web", "i")
}
```

Εικόνα 15: Παράδειγμα SPARQL επερώτησης I

Με τον παραπάνω τρόπο, από τα 48 σύνολα δεδομένων επιλέχθηκαν τελικά 10, τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω:

- DBLP Computer Science Bibliography³⁶: Αυτό το σύνολο δεδομένων περιέχει πάνω από 3 εκατομμύρια Διασυνδεδεμένα Δεδομένα που αφορούν δημοσιεύσεις σχετικά με την επιστήμη των υπολογιστών που έχουν συγγραφεί από πάνω από ένα εκατομμύριο συγγραφείς και δημοσιευτεί σε αρκετές χιλιάδες περιοδικά ή πρακτικά συνδερίων.
- ACM³⁷: Περιέχει δεδομένα σχετικά με δημοσιεύσεις από το Association for Computing Machinery (ACM), μία από τις μεγαλύτερες εκπαιδευτικές και επιστημονικές κοινότητες, καθώς και πληροφορίες σχετικά με τους συγγραφείς τους.
- Citeseer³⁸: Το συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων περιέχει Διασυνδεδεμένα Δεδομένα από το Citeseer, μια ψηφιακή βιβλιοθήκη και μηχανή αναζήτησης επιστημονικής βιβλιογραφίας που εστιάζεται στην επιστήμη της πληροφορικής. Αποσκοπεί στη βελτίωση της διάδοσης της επιστημονικής βιβλιογραφίας και στη παροχή βελτιώσεων στη λειτουργικότητα, τη χρηστικότητα, τη διαθεσιμότητα, το κόστος, την πληρότητα, την αποδοτικότητα και την επικαιρότητα της πρόσβασης στις επιστημονικές κι ακαδημαϊκές γνώσεις.
- NSF³⁹: Παρέχει Διασυνδεδεμένα Δεδομένα από το National Science Foundation, μια ανεξάρτητη ομοσπονδιακή υπηρεσία, τα οποία σχετίζονται με τα μαθηματικά, την επιστήμη των υπολογιστών και τις κοινωνικές επιστήμες.

³⁶ <http://dblp.uni-trier.de/db/>

³⁷ <https://www.acm.org/>

³⁸ <http://citeseerx.ist.psu.edu/index>

³⁹ <http://www.nsf.gov/>

- OAI⁴⁰: Είναι ένα σύνολο δεδομένων που περιέχει Διασυνδεδεμένα Δεδομένα που περιγράφουν επιστημονικά αρχεία και αναπτύχθηκε από το Open Archives Initiative.
- data.open⁴¹: Πρόκειται για μια λίστα συνόλων δεδομένων που περιέχουν Διασυνδεδεμένα Δεδομένα τα οποία αφορούν πόρους που παράγονται από το Ανοιχτό Πανεπιστήμιο της Αγγλίας. Από αυτή τη λίστα επιλέχθηκαν τέσσερα (4) σύνολα δεδομένων που αφορούν:
 - ✓ επιστημονικούς πόρους που παράγονται από το ίδιο το Πανεπιστήμιο (Open Research Online – ORO)
 - ✓ προφίλ μελών του προσωπικού του Knowledge Media Institute του Πανεπιστημίου και έργα στα οποία τα μέλη αυτά συμμετέχουν (KMIFOAF)
 - ✓ αναρτήσεις από το διαδικτυακό σύστημα ειδήσεων του Knowledge Media Institute του Πανεπιστημίου (KM Planet)
 - ✓ podcasts, δηλαδή οπτικοακουστικό υλικό που σχετίζεται με την εκπαίδευση και την έρευνα στο Ανοιχτό Πανεπιστήμιο της Αγγλίας (OU Podcasts).
- DBpedia⁴²: Αυτό το σύνολο δεδομένων περιέχει Διασυνδεδεμένα Δεδομένα που προκύπτουν από εγγραφές της Wikipedia. Η έκδοση της στην αγγλική γλώσσα υπάρχει διαθέσιμη σε 128 γλώσσες και περιγράφει 15.3 εκατομμύρια πόρους.

4.2.3. Αναγνώριση Τύπων Πόρων και Επιλογή Δεδομένων

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η εφαρμογή που αναπτύχθηκε παρέχει στο χρήστη συγκεντρωμένους πόρους από τα επιλεγμένα σύνολα δεδομένων που σχετίζονται με το Σηματολογικό Ιστό και τα Διασυνδεδεμένα Δεδομένα. Ωστόσο, από όλους τους διαθέσιμους τύπους πόρων που προσφέρονται, έπρεπε να επιλεγθούν αυτοί που να πληρούν τις απαιτήσεις που τέθηκαν για την ανάπτυξη αυτής της εφαρμογής. Έτσι, μελετήθηκαν όλοι οι τύποι πόρων που προσφέρουν τα παραπάνω σύνολα δεδομένα και πιο συγκεκριμένα οι λίστες κλάσεων που το καθένα από αυτά προσφέρει, οι οποίες είναι διαθέσιμες στον οποιοδήποτε μέσα από τις επίσημες ιστοσελίδες των παραπάνω συνόλων δεδομένων.

Πιο συγκεκριμένα, τα σύνολα δεδομένων DBLP, ACM, Citeseer και NSF χρησιμοποιούν το λεξικό AKT Reference Ontology, το σύνολο δεδομένων OAI χρησιμοποιεί τα λεξικά BIBO, FOAF και DC, τα

⁴⁰ <https://www.openarchives.org/>

⁴¹ <http://data.open.ac.uk/site/datasets.html>

⁴² <http://wiki.dbpedia.org/Datasets>

σύνολα δεδομένων από το Ανοιχτό Πανεπιστήμιο της Αγγλίας (data.open) χρησιμοποιεί τα BIBO και DC και τέλος το σύνολο δεδομένων της DBpedia χρησιμοποιεί το DBO, τα οποία παρουσιάστηκαν παραπάνω (βλ. ενοτ. 2.2.1.). Όπως παρατηρείται, τα επιλεγμένα σύνολα δεδομένων χρησιμοποιούν διαφορετικά λεξικά για την περιγραφή των δεδομένων τους, το οποίο λήφθηκε υπόψη στην διαδικασία ανάκτησης και παρουσίασης αυτών των δεδομένων, η οποία παρουσιάζεται αναλυτικά παρακάτω (βλ. ενοτ. 4.2.4.).

Επίσης, για κάθε τύπο δεδομένων έπρεπε να εντοπιστούν ποιές λέξεις-κλειδιά περιέχονται στον τίτλο τους ή στην περιγραφή τους, προκειμένου στη συνέχεια να οργανωθεί η παρουσίαση όλων των πόρων βάσει λέξεων-κλειδιών. Η οργάνωση αυτή θεωρήθηκε πιο κατάλληλη για την παρουσίαση των πόρων και προτιμήθηκε έναντι της οργάνωσης βάσει τύπου πόρου και της οργάνωσης βάσει συνόλου δεδομένων. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή υιοθετήθηκε η οργάνωση βάσει λέξεων-κλειδιών, τις οποίες αποτελούν οι λέξεις-κλειδιά που παρουσιάστηκαν παραπάνω (βλ. ενοτ. 4.2.1.). Η σειρά εμφάνισης των λέξεων-κλειδιών δε θεωρείται τυχαία αφού έχουν παρατεθεί από την πιο σχετική με το Σημασιολογικό Ιστό και τα Διασυνδεδεμένα Δεδομένα προς τη λιγότερο σχετική, βάσει της συνάντησής τους στη βιβλιογραφία του πεδίου που ερευνήθηκε (βλ. ενοτ. 4.2.1.).

Προκειμένου να διευκρινιστεί ποιοι από τους τύπους πόρων που προσφέρουν τα παραπάνω σύνολα δεδομένων σχετίζονται με το Σημασιολογικό Ιστό και τα Διασυνδεδεμένα Δεδομένα και ποιοι τύποι πόρων περιέχουν ποιές λέξεις-κλειδιά στον τίτλο ή στην περιγραφή τους, πραγματοποιήθηκε αναζήτηση χρησιμοποιώντας SPARQL επερωτήσεις σε κάθε τελικό σημείο SPARQL των επιλεγμένων συνόλων δεδομένων, όπως και στην παραπάνω ενότητα 4.2.2.. Πιο συγκεκριμένα, «Αναζήτησε όλους τους πόρους τύπου x που στον τίτλο τους περιέχουν τη λέξη y» ή «Αναζήτησε όλους τους πόρους τύπου x που στην περιγραφή τους περιέχουν τη λέξη y», όπου x οι τύποι πόρων που εντοπίστηκαν και y οι επιλεγμένες λέξεις-κλειδιά. Η αναζήτηση αυτή περιγράφεται στον παρακάτω κώδικα SPARQL, που πραγματοποιήθηκε στο τελικό σημείο SPARQL του DBLP, (βλ. εικ. 16), όπου αναζητούνται όλοι οι πόροι τύπου «Article Reference» που στον τίτλο τους περιέχουν τη λέξη «semantic web» και οι τίτλοι αυτών.

```
SELECT DISTINCT ?x ?title WHERE
{?x rdf:type akt:Article-Reference .
 ?x akt:has-title ?title
 FILTER regex(?title, "semantic web", "i")}
}
```

Εικόνα 16: Παράδειγμα SPARQL επερώτησης II

Με τον παραπάνω τρόπο λοιπόν, εντοπίστηκαν συνολικά 8 τύποι πόρων, οι οποίοι αναφέρονται παρακάτω μαζί με τα σύνολα δεδομένων που τους παρέχουν σε παρένθεση, καθώς και ποιές λέξεις-κλειδιά περιέχονται στον τίτλο ή στην περιγραφή ποιών τύπων πόρων. Πιο αναλυτικά, η λέξη:

- Semantic Web περιέχεται στον τίτλο ή στην περιγραφή πόρων τύπου:
 - ✓ Article Reference (από τα σύνολα δεδομένων DBLP, ACM, Citeseer και ORO)
 - ✓ Book Reference (από το σύνολο δεδομένων DBLP)
 - ✓ Book Section Reference (από το σύνολο δεδομένων DBLP)
 - ✓ Conference Proceedings Reference (από το σύνολο δεδομένων DBLP)
 - ✓ Project (από τα σύνολα δεδομένων NSF και KMiFOAF)
 - ✓ Post (από το σύνολο δεδομένων KMi Planet)
 - ✓ Podcast (από το σύνολο δεδομένων OU Podcasts)
 - ✓ Bibliographic Resource (από το σύνολο δεδομένων OAI)
- Linked Data περιέχεται στον τίτλο ή στην περιγραφή πόρων τύπου:
 - ✓ Article Reference (από τα σύνολα δεδομένων DBLP, ACM, Citeseer και ORO)
 - ✓ Book Reference (από το σύνολο δεδομένων DBLP)
 - ✓ Book Section Reference (από το σύνολο δεδομένων DBLP)
 - ✓ Conference Proceedings Reference (από το σύνολο δεδομένων DBLP)
 - ✓ Project (από τα σύνολα δεδομένων NSF και KMiFOAF)
 - ✓ Post (από το σύνολο δεδομένων KMi Planet)
- Web Ontology Language περιέχεται στον τίτλο ή στην περιγραφή πόρων τύπου:
 - ✓ Article Reference (από τα σύνολα δεδομένων DBLP, ACM, Citeseer και ORO)
 - ✓ Book Section Reference (από το σύνολο δεδομένων DBLP)
- SPARQL περιέχεται στον τίτλο ή στην περιγραφή πόρων τύπου:
 - ✓ Article Reference (από τα σύνολα δεδομένων DBLP και ORO)
 - ✓ Book Section Reference (από το σύνολο δεδομένων DBLP)
- Resource Description Framework περιέχεται στον τίτλο ή στην περιγραφή πόρων τύπου:
 - ✓ Article Reference (από τα σύνολα δεδομένων DBLP, ACM, Citeseer και ORO)
 - ✓ Book Reference (από το σύνολο δεδομένων DBLP)
 - ✓ Book Section Reference (από το σύνολο δεδομένων DBLP)
- XML περιέχεται στον τίτλο ή στην περιγραφή πόρων τύπου:
 - ✓ Article Reference (από τα σύνολα δεδομένων DBLP, ACM, Citeseer και ORO)
 - ✓ Book Reference (από το σύνολο δεδομένων DBLP)
 - ✓ Book Section Reference (από το σύνολο δεδομένων DBLP)

- ✓ Conference Proceedings Reference (από το σύνολο δεδομένων DBLP)
- ✓ Project (από το σύνολο δεδομένων NSF)
- ✓ Bibliographic Resource (από το σύνολο δεδομένων OAI)
- Uniform Resource Identifier περιέχεται στον τίτλο ή στην περιγραφή πόρων τύπου:
 - ✓ Article Reference (από τα σύνολα δεδομένων DBLP και Citeseer)
 - ✓ Book Section Reference (από το σύνολο δεδομένων DBLP)
- Metadata περιέχεται στον τίτλο ή στην περιγραφή πόρων τύπου:
 - ✓ Article Reference (από τα σύνολα δεδομένων DBLP, ACM, Citeseer και ORO)
 - ✓ Book Reference (από το σύνολο δεδομένων DBLP)
 - ✓ Book Section Reference (από το σύνολο δεδομένων DBLP)
 - ✓ Conference Proceedings Reference (από το σύνολο δεδομένων DBLP)
 - ✓ Project (από το σύνολο δεδομένων NSF)
 - ✓ Post (από το σύνολο δεδομένων KMi Planet)
 - ✓ Bibliographic Resource (από το σύνολο δεδομένων OAI)
- DBpedia περιέχεται στον τίτλο ή στην περιγραφή πόρων τύπου:
 - ✓ Article Reference (από τα σύνολα δεδομένων DBLP και ORO)
 - ✓ Book Section Reference (από το σύνολο δεδομένων DBLP)
- Internet of Things περιέχεται στον τίτλο ή στην περιγραφή πόρων τύπου:
 - ✓ Article Reference (από τα σύνολα δεδομένων DBLP και ORO)
 - ✓ Book Reference (από το σύνολο δεδομένων DBLP)
 - ✓ Book Section Reference (από το σύνολο δεδομένων DBLP)
 - ✓ Conference Proceedings Reference (από το σύνολο δεδομένων DBLP)
 - ✓ Project (από το σύνολο δεδομένων KMiFOAF)
- SKOS περιέχεται στον τίτλο ή στην περιγραφή πόρων τύπου:
 - ✓ Book Section Reference (από το σύνολο δεδομένων DBLP)

Τέλος, για καθένα από τους παραπάνω τύπους θα έπρεπε να επιλεγούν από τα δεδομένα που τους περιγράφουν αυτά που θα παρουσιάζονταν από την εφαρμογή.

Έτσι λοιπόν:

- Για τους τύπους δεδομένων που εντοπίστηκαν στο σύνολο δεδομένων DBLP (Article Reference, Book Reference, Book Section Reference και Conference Proceedings Reference) παρουσιάζονται τα εξής δεδομένα: Title, Author, Date, Journal και Web Address.
- Για το ACM και για τον τύπο πόρων που επιλέχθηκε (Article Reference) παρουσιάζονται τα: Title, Author, Date, Area of Interest και References.

- Για το Citeseer παρουσιάζονται τα δεδομένα Title, Author , Date και References για τον τύπο πόρων Article Reference.
- Για το NSF παρουσιάζονται για τον τύπο πόρων Project τα δεδομένα Title, Funding Organization, Leading Organization, Leader, Member, Area of Interest και Web Address.
- Για το σύνολο δεδομένων ΟΑΙ παρουσιάζονται για τον τύπο πόρων Bibliographic Resource τα δεδομένα Title, Author, Description, Publisher, Date, Language, Subject και Type.
- Για το ORO παρουσιάζονται τα δεδομένα Title, Creator, Abstract, Date, Publisher, ISBN, Issue, Volume, Web Address και Presented at, για τον τύπο πόρων Article Reference.
- Για το KMi Planet επιλέχθηκε ο τύπος πόρων Post και παρουσιάζονται τα δεδομένα Title, Creator, Description, Date, Enclosure και Web Address.
- Για το KMiFOAF επιλέχθηκε ο τύπος πόρων Project και παρουσιάζονται τα δεδομένα Title, Description, Principal Investigator, Web Address, Depiction, Start Date και End Date.
- Για το σύνολο δεδομένων ΟΥ Podcasts παρουσιάζονται τα δεδομένα Title, Description, Publisher, Web Address, Depiction, Duration και Copyright για τον τύπο πόρων Podcast.
- Για το DBpedia επιλέχθηκε να παρουσιαστεί μόνο το Abstract κάθε εγγραφής που σχετίζεται με τις λέξεις-κλειδιά προκειμένου να προσφέρεται στο χρήστη μια περιγραφή σχετικά με αυτές τις έννοιες (βλ. εικ. 17).



Εικόνα 17: Παρουσίαση του «Abstract» μιας λέξης-κλειδιού από το DBpedia

4.2.4. Ανάπτυξη Κώδικα για Ανάκτηση Πόρων και Παρουσίασή τους

Έχοντας εντοπίσει όλες τις παραπάνω πληροφορίες, τις λέξεις-κλειδιά, τα σύνολα δεδομένων, τους τύπους πόρων και τα δεδομένα για κάθε τύπο, έπρεπε να βρεθεί ένας τρόπος να πραγματοποιηθούν οι

SPARQL επερωτήσεις σε όλα τα τελικά σημεία SPARQL των επιλεγμένων συνόλων δεδομένων αλλά και ένας τρόπος για την παρουσίασή τους στον τελικό χρήστη. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων στον τελικό χρήστη επιλέχθηκε το εργαλείο Drupal⁴³, ένα σύστημα διαχείρισης περιεχομένου (Content Management System – CMS). Από άλλα διαθέσιμα συστήματα διαχείρισης περιεχομένου, όπως το Joomla⁴⁴ και το Wordpress⁴⁵, προτιμήθηκε το συγκεκριμένο λόγω της σχετικότητάς του με τον Σημασιολογικό Ιστό, καθώς στη βιβλιογραφία που μελετήθηκε υπήρχαν πολλές αναφορές για το συγκεκριμένο σύστημα και τη χρήση του στην παραγωγή και ανακτήση Διασυνδεδεμένων Δεδομένων (Corlosquet, 2009).

Έχοντας λοιπόν το Drupal ως βάση αναφοράς, πραγματοποιήθηκε έρευνα σε σχετική βιβλιογραφία αλλά και στο διαδίκτυο προκειμένου να βρεθεί ένας τρόπος ανάκτησης των πόρων από τα επιλεγμένα τελικά σημεία SPARQL. Αρχικά βρέθηκαν κάποια modules του Drupal και πιο συγκεκριμένα το SPARQL Views⁴⁶ για πρόσβαση σε απομακρυσμένα τελικά σημεία SPARQL. Ωστόσο, το συγκεκριμένο module σταμάτησε να υποστηρίζεται και γι' αυτό το λόγο δε μπορούσε να χρησιμοποιηθεί, με αποτέλεσμα η δυνατότητα που προσέφερε το Drupal για ανάκτηση δεδομένων με ένα απλό module δε μπορούσε να αξιοποιηθεί. Έπρεπε λοιπόν να βρεθεί μια άλλη λύση για την ανάκτηση των δεδομένων από τα διαθέσιμα τελικά σημεία SPARQL. Λύση σε αυτό το πρόβλημα έδωσε η γλώσσα προγραμματισμού PHP⁴⁷ (PHP: Hypertext Preprocessor) με την οποία μπορεί κανείς να δημιουργήσει ιστοσελίδες δυναμικού περιεχομένου, καθώς επέτρεπε τη δημιουργία SPARQL επερωτήσεων σε απομακρυσμένα τελικά σημεία SPARQL.

Πιο συγκεκριμένα, ακολουθώντας τα βήματα που δίνονται στην ιστοσελίδα «Creating web pages from Linked Data with PHP and SPARQL»⁴⁸ επετεύχθη η δημιουργία μιας ιστοσελίδας που εκτελεί SPARQL επερωτήσεις στο τελικό σημείο SPARQL της DBpedia. Παραμετροποιώντας λοιπόν τον παραπάνω κώδικα ώστε να εκτελεί SPARQL επερωτήσεις στα επιλεγμένα σύνολα δεδομένων, ανακτώνται δυναμικά και παρουσιάζονται οι επιθυμητοί πόροι στον τελικό χρήστη. Με τον όρο «ανακτώνται δυναμικά» νοείται ότι όλοι οι πόροι και τα δεδομένα που παρουσιάζονται στον χρήστη δεν αποθηκεύονται κάπου από την εφαρμογή, για παράδειγμα σε μια βάση δεδομένων, αλλά ανακτούνται και παρουσιάζονται κατευθείαν στο χρήστη μέσω ιστοσελίδων που αναπτύχθηκαν με τον κώδικα PHP. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας ιστοσελίδας είναι η http://83.212.169.101/tsartsali/semantic_web/article/oro (βλ. Παράρτημα), όπου όπως φαίνεται και από το URL της, παρουσιάζει πόρους από το σύνολο δεδομένων «ORO», που

⁴³ <https://www.drupal.org/>

⁴⁴ <http://www.joomla.org/>

⁴⁵ <https://wordpress.com/>

⁴⁶ https://www.drupal.org/project/sparql_views

⁴⁷ <http://php.net/>

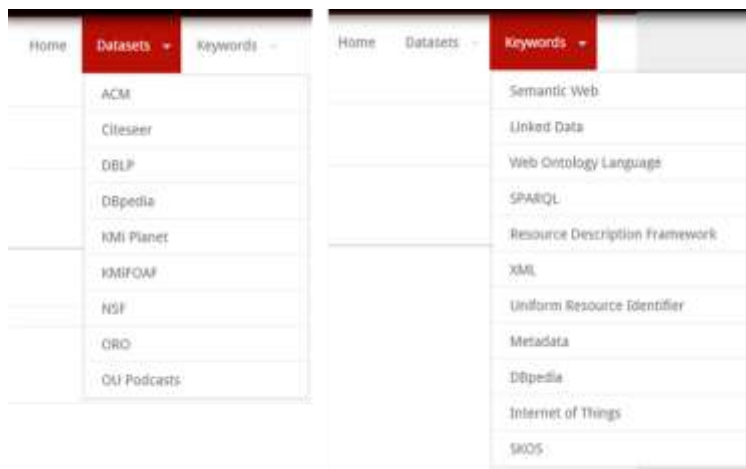
⁴⁸ http://cui.unige.ch/isi/icle-wiki/php_sparql_endpoints

είναι τύπου «Article» και περιέχουν στον τίτλο ή στην περιγραφή τους τη λέξη-κλειδί «Semantic Web». Αυτός ο τρόπος ανάκτησης και παρουσίασης των πόρων θεωρήθηκε καταλληλότερος έναντι της αποθήκευσης και παρουσίασης των πόρων, καθώς έτσι επιτρέπεται η αυτόματη ανανέωση των προσφερόμενων πόρων. Αυτό σημαίνει ότι αν το σύνολο δεδομένων προσθέσει νέους πόρους ή αφαιρέσει κάποιους ή ακόμα και αν αλλάξει την τιμή ενός, τότε αυτόματα θα αλλάξουν και οι πόροι και οι τιμές των δεδομένων που εμφανίζονται στην σελίδα της εφαρμογής, καθιστώντας την εφαρμογή εύκολα διαχειρίσιμη και ανανεώσιμη (Τ. Απαίτηση 1).

Με αυτόν τον τρόπο λοιπόν, δημιουργήθηκε ένας μεγάλος αριθμός σελίδων παρόμοιων με την παραπάνω για κάθε επιλεγμένο σύνολο δεδομένων, κάθε επιλεγμένου τύπου πόρων και κάθε επιλεγμένης λέξης-κλειδί. Τέλος, η δημιουργία νέων σελίδων για ένα νέο σύνολο δεδομένων ή νέο τύπο πόρων ή νέας λέξης-κλειδί, είναι μια εύκολη διαδικασία καθώς μπορεί να επιτευχθεί μέσω αντιγραφής του κώδικα και παραμετροποίησής του σε συγκεκριμένα σημεία (βλ. Παράρτημα).

4.3. Περιγραφή Εφαρμογής

Πιο αναλυτικά, ένας χρήστης που επιθυμεί να εντοπίσει πόρους σχετικούς με το Σημασιολογικό Ιστό και τα Διασυνδεδεμένα Δεδομένα, μπορεί να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή μέσω της ιστοσελίδας <http://83.212.169.101/tsartsali/>. Αυτή η ιστοσελίδα παρέχει στο χρήστη πληροφορίες σχετικά με τα σύνολα δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάκτηση των πόρων αλλά και πρόσβαση σε αυτά (Datasets) καθώς και πρόσβαση στους ίδιους τους πόρους, η παρουσίαση των οποίων γίνεται βάσει των επιλεγμένων λέξεων-κλειδιών (Keywords) (βλ. εικ. 18).



Εικόνα 18: Μενού εφαρμογής

Πιο συγκεκριμένα, αν ο χρήστης επιθυμεί να δει πληροφορίες σχετικά με τα επιλεγμένα σύνολα δεδομένων, τότε μπορεί να επιλέξει από το drop-down menu το σύνολο που θέλει. Μεταβαίνει έτσι σε μια σελίδα όπου του δίνεται μια μικρή περιγραφή αυτού, η επίσημη ιστοσελίδα του, το τελικό σημείο SPARQL του (Λ. Απαίτηση 4) και τέλος ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας SPARQL επερώτησης που ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει στο τελικό σημείο SPARQL αυτού του συνόλου δεδομένων (βλ. εικ. 19). Χρησιμοποιώντας αυτήν την επερώτηση μπορεί να αναζητήσει δεδομένα που περιγράφουν όλους τους πόρους που είναι τύπου «Article Reference» και περιέχουν στον τίτλο τους τη λέξη «Semantic Web», καθώς και τους συγγραφείς αυτών, την ημερομηνία, τον τόμο, το περιοδικό που τους δημοσίευσε καθώς και έναν σύνδεσμο προς αυτούς.

DBLP

View

The DBLP computer science bibliography contains the metadata of over 1.8 million publications, written by over 1 million authors in several thousands of journals or conference proceedings series.

Although DBLP started with a focus on database systems and logic programming (hence the acronym), it has grown to cover all disciplines of computer science.

[Visit the website](#) [Visit the SPARQL endpoint](#)

Here is an example of a SPARQL query:

```
““ PREFIX rdft: <http://dblp.rkbexplorer.com/id/>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX akt: <http://www.aktors.org/ontology/portale#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX akt: <http://www.aktors.org/ontology/portale#>
PREFIX akts: <http://www.aktors.org/ontology/support#>

SELECT DISTINCT ?x ?title ?author ?date ?volume ?journal ?link
WHERE
{
  ?x rdft:type akt:Article-Reference .
  ?x akt:has-title ?title .
  ?x akt:has-author ?y .
  ?y akt:full-name ?author .
  ?x akt:has-date ?date .
  ?x akt:has-volume ?volume .
  ?x akt:article-of-journal ?z .
  ?z akt:has-title ?journal .
  ?x akt:has-web-address ?link .
  FILTER regex(?title, "semantic web", "I")
} limit 20
```

Εικόνα 19: Πληροφορίες σχετικά με το σύνολο δεδομένων DBLP

Ακόμη, αν ο χρήστης επιθυμεί να δει τους διαθέσιμους πόρους τότε μπορεί να επιλέξει μία λέξη-κλειδί από το drop-down menu (βλ. εικ. 18), η οποία θα περιέχεται στον τίτλο ή στην περιγραφή των πόρων. Επιλέγοντας μία λέξη-κλειδί, μεταβαίνει σε μια σελίδα όπου εμφανίζονται όλοι οι διαθέσιμοι τύποι πόρων και τα σύνολα δεδομένων που τους περιέχουν (βλ. εικ. 20). Πιο αναλυτικά, αρχικά δίνεται μια μικρή περιγραφή αυτής της λέξης από το σύνολο δεδομένων της DBpedia, η οποία ανακτάται δυναμικά από αυτό το σύνολο δεδομένων. Αυτό σημαίνει ότι αν η DBpedia αλλάξει κάτι σε αυτή την περιγραφή, αυτόματα θα αλλάξει και η περιγραφή που δίνεται στην ιστοσελίδα της εφαρμογής (Τ. Απαίτηση 2), όπως περιγράφηκε παραπάνω (βλ. ενοτ. 4.2.4.). Εν συνεχεία, παρουσιάζονται στο χρήστη οι διαθέσιμοι τύποι πόρων καθώς και τα σύνολα δεδομένων τα οποία προσφέρουν αυτούς τους τύπους πόρων.

Semantic Web

[View](#)

Here you can view all the resources that have the words 'semantic web' in their title or description.

DBpedia says: (matched on the property dbpedia-owl:abstract)

The Semantic Web is a collaborative movement led by international standards body the World Wide Web Consortium (W3C). The standard promotes common data formats on the World Wide Web. By encouraging the inclusion of semantic content in web pages, the Semantic Web aims at converting the current web, dominated by unstructured and semi-structured documents into a "web of data". The Semantic Web stack builds on the W3C's Resource Description Framework (RDF). According to the W3C, "The Semantic Web provides a common framework that allows data to be shared and reused across application, enterprise, and community boundaries". The term was coined by Tim Berners-Lee for a web of data that can be processed by machines. While its critics have questioned its feasibility, proponents argue that applications in industry, biology and human sciences research have already proven the validity of the original concept. Scholars have explored the social potential of the semantic web in the business and health sectors, and for social networking. The original 2001 Scientific American article by Berners-Lee, Hendler, and Lassila described an expected evolution of the existing Web to a Semantic Web, but this has yet to happen. In 2006, Berners-Lee and colleagues stated that: "This simple idea...remains largely unrealized".

Article Reference

- [DBLP Dataset](#)
- [ACM Dataset](#)
- [Citeseer Dataset](#)
- [ORO Dataset](#)

Book Reference

- [DBLP Dataset](#)

Book Section Reference

- [DBLP Dataset](#)

Εικόνα 20: Σελίδα της εφαρμογής για τη λέξη-κλειδί «Semantic Web»

Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει έναν τύπο πόρου και ένα σύνολο δεδομένων και να μεταβεί σε μια σελίδα όπου του εμφανίζονται όλοι οι πόροι του επιλεγμένου τύπου που περιέχουν στον τίτλο ή στην περιγραφή τους την επιλεγμένη λέξη-κλειδί και προσφέρονται από το επιλεγμένο σύνολο δεδομένων (βλ. εικ. 21). Πιο συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα δίνονται με τη μορφή πίνακα, ένας τρόπος παρουσίασης που υιοθετήθηκε από την εφαρμογή Falcons (βλ. ενοτ. 3.1.1.1.), όπου οι κεφαλίδες του πίνακα είναι τα ονόματα των ιδιοτήτων από την RDF περιγραφή του πόρου και τα περιεχόμενα των κελιών κυριολεκτικοί όροι ή άλλοι πόροι, οι οποίοι αποτελούν σύνδεσμο προς την πηγή που τους παρέχει, ικανοποιώντας με αυτόν τον τρόπο την Α. Απαίτηση 4 και 5.

Ομοίως με την περιγραφή από το σύνολο δεδομένων της DBpedia που παρουσιάστηκε παραπάνω, οι πόροι και τα δεδομένα που παρουσιάζονται σε αυτή τη σελίδα ανακτώνται δυναμικά από τα σύνολα δεδομένων, το οποίο σημαίνει ότι αν το σύνολο δεδομένων προσθέσει νέους πόρους ή αφαιρέσει κάποιους ή ακόμα και αν αλλάξει την τιμή ενός, τότε αυτόματα θα αλλάξουν και οι πόροι και οι τιμές των δεδομένων που εμφανίζονται στην σελίδα της εφαρμογής.

Article References From The Dataset "DBLP" Related To Semantic Web

[View](#) [Edit](#)

Submitted by admin on Thu, 03/12/2015 - 12:26

Title	Authors	Web Address	Date	Volume	Journal	More from DBLP on the same date
The Semantic Web And Its Languages.	N/A	link1	2000	15	IEEE Intelligent Systems	The Semantic Web And Its Languages. , Framework for the Semantic Web: An RDF Tutorial. , The Semantic Web: The Roles of XML and RDF.
Framework for the Semantic Web: An RDF Tutorial.	Sergey Melnik , Prasenjit Mitra , Stefan Decker.	link1	2000	4	IEEE Internet Computing	The Semantic Web And Its Languages. , Framework for the Semantic Web: An RDF Tutorial. , The Semantic Web: The Roles of XML and RDF.
The Semantic Web: The Roles of XML and RDF.	Ian Horrocks , Michael Erdmann , Michael A. Erdmann , Jeen Broekstra , Michel C. A. Klein , Michael Klein , Dieter Fensel , Frank van Harmelen , Sergey Melnik , Stefan Decker	link1	2000	4	IEEE Internet Computing	The Semantic Web And Its Languages. , Framework for the Semantic Web: An RDF Tutorial. , The Semantic Web: The Roles of XML and RDF.

Εικόνα 21: Παρουσίαση πόρων από την εφαρμογή I

Κεφάλαιο 7 – Συμπεράσματα

Εν κατακλείδι, αφού παρουσιάστηκαν κάποιες εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί και που αξιοποιούν το Σημασιολογικό Ιστό και τα Ανοιχτά Διασυνδεδεμένα Δεδομένα και θεωρήθηκαν ως καλές πρακτικές, παρουσιάστηκε η εφαρμογή που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής. Η εφαρμογή αυτή, αξιοποιώντας τις δυνατότητες του Σημασιολογικού Ιστού και των Ανοιχτών Διασυνδεδεμένων Δεδομένων, προσφέρει στο χρήστη πρόσβαση σε μαθησιακούς πόρους. Λειτουργεί δηλαδή ως ένα συγκεντρωτικό σημείο ανεύρεσης ψηφιακού υλικού που μπορεί να αξιοποιηθεί για την ενίσχυση της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Προκειμένου να αναπτυχθεί αυτή η εφαρμογή, τέθηκαν κάποιες λειτουργικές και τεχνικές απαιτήσεις που αυτή θα πρέπει να πληροί. Στη συνέχεια περιγράφηκε η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την ανάπτυξη εφαρμογής και παρουσιάστηκε μια λεπτομερής περιγραφή αυτής. Η προσέγγιση που επιλέχθηκε για την ανάπτυξή της είναι αρκετά ευέλικτη ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οποιονδήποτε επιθυμεί να ανακτήσει πόρους από τα σύνολα δεδομένων που επιθυμεί, καθώς ο κώδικας που αναπτύχθηκε είναι εύκολα παραμετροποιήσιμος.

Οι καινοτομίες αυτής της εφαρμογής μπορούν να συνοψιστούν στις ακόλουθες:

- Λειτουργεί ως ένα συγκεντρωτικό σημείο παρουσίασης πόρων από 9 διαφορετικά σύνολα δεδομένων που βρίσκονται ανοιχτά στο Σύννεφο των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων.
- Προσφέρει πόρους που σχετίζονται με ένα συγκεκριμένο πεδίο ενδιαφέροντος, αυτό του Σημασιολογικού Ιστού και των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων.
- Παρέχει πρόσβαση στα 9 σύνολα δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και παραδείγματα SPARQL επερωτήσεων για καθένα από αυτά τα σύνολα δεδομένων.
- Οι πόροι που προσφέρονται ανανεώνονται αυτόματα, μέσω του δυναμικού τρόπου ανάκτησής τους που χρησιμοποιήθηκε.

Ωστόσο, η ανάπτυξη αυτής της εφαρμογής δεν ήταν μια εύκολη διαδικασία, καθώς αντιμετωπίστηκαν πολλά προβλήματα κατά τη διάρκεια ανάπτυξής της. Πολλές από τις εφαρμογές που παρουσιάστηκαν δε λειτουργούσαν με αποτέλεσμα να μην μπορούν να αξιοποιηθούν κάποιες λειτουργικότητές τους ως καλές πρακτικές στην ανάπτυξη συστημάτων. Επιπλέον, πολλά από τα τελικά σημεία SPARQL των συνόλων δεδομένων που ερευνήθηκαν εξαρχής δε λειτουργούσαν κι αυτό είχε ως επακόλουθο τη δυνατότητα αξιοποίησης μόνο 9 συνόλων δεδομένων από τα 48 που είχαν αρχικά εντοπιστεί. Τέλος, ήταν αδύνατη η αποτελεσματική χρήση όλων των δυνατοτήτων του Drupal, καθώς πολλά από τα modules που αρχικά υπήρχε η πρόθεση να χρησιμοποιηθούν δε λειτουργούσαν. Όλα τα παραπάνω οδήγησαν στην υιοθέτηση

μιας καινούριας μεθοδολογίας για την ανάπτυξη της εφαρμογής. Από τη μία, το παραπάνω αποτελεί μία καινοτομία στο επιστημονικό πεδίο του Σημασιολογικού Ιστού και των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων, ωστόσο, ήταν μία επίπονη και χρονοβόρα διαδικασία, καθώς προέκυπταν συνεχώς εμπόδια που ήταν δύσκολο να αντιμετωπιστούν.

Κλείνοντας, ως μελλοντική εργασία θα μπορούσε να θεωρηθεί ο εμπλουτισμός της εφαρμογής με περισσότερα σύνολα δεδομένων, καθώς και η διασύνδεση των επιλεγμένων συνόλων δεδομένων μεταξύ τους προκειμένου να προσφέρεται στο χρήστη μια πιο εμπλουτισμένη πληροφορία. Ακόμα, θα ήταν πολύ ενδιαφέρον οι προγραμματιστές που ενδιαφέρονται για αυτό το επιστημονικό πεδίο να δημιουργήσουν modules που λειτουργούν και υποστηρίζονται, έτσι ώστε να αξιοποιηθούν όλες οι δυνατότητες του Drupal, το οποίο είναι ένα CMS που δημιουργήθηκε για να παρέχει υπηρεσίες βάσει των τεχνολογιών του Σημασιολογικού Ιστού.

Παράρτημα – Περιγραφή Κώδικα

Παρακάτω περιγράφεται ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία της σελίδας http://83.212.169.101/tsartsali/semantic_web/article/oro, όπου όπως φαίνεται και από το URL της, παρουσιάζει πόρους από το σύνολο δεδομένων «ORO», που είναι τύπου «Article» και περιέχουν στον τίτλο ή στην περιγραφή τους τη λέξη-κλειδί «Semantic Web» (βλ. εικ. 22). Ο κώδικας, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, αναπτύχθηκε με τη γλώσσα προγραμματισμού PHP και την γλώσσα επερωτήσεων SPARQL. Για την περιγραφή του χρησιμοποιήθηκαν σχόλια, όπου κρίθηκε σκόπιμο ότι χρειαζόταν επεξήγηση, προκειμένου να μπορεί να αντιγραφεί εύκολα από όποιον επιθυμεί τη χρήση του.

Articles From The Dataset "Open Research Online" Related To Semantic Web

[View](#) [Edit](#)

Submitted by admin on Wed, 02/11/2015 - 21:22

Title	Abstract	Authors	Date	Publisher	Presented At	Issue	Volume	ISBN	Web Address
Representations for semantic learning webs: Semantic Web technology in learning support	Recent work on applying semantic technologies to learning has concentrated on providing novel means of accessing and making use of learning objects. However, this is unnecessarily limiting; semantic technologies will make it possible to develop a range of educational Semantic Web services, such as interpretation, structure-visualisation, support for argumentation, novel forms of content customization, novel mechanisms for aggregating learning material, citation services and so on. In this paper, we outline an initial framework that extends the use of semantic technologies as a means of providing learning services that are owned and created by learning communities.	Enrico Motta, Professor Enrico Motta, Arthur Stutt, Trevor Collins, Martin Dzbor	2007-02-10	N/A	N/A	1	23	N/A	N/A

Εικόνα 22: Παρουσίαση πόρων από την εφαρμογή II

Ο παρακάτω κώδικας χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία όλων των σελίδων που προσφέρονται από την εφαρμογή, για κάθε επιλεγμένο σύνολο δεδομένων, κάθε επιλεγμένου τύπου πόρων και κάθε επιλεγμένης λέξης-κλειδί με μικρές παραμετροποιήσεις στα σημεία που έπρεπε. Επίσης, η δημιουργία νέων σελίδων για ένα νέο σύνολο δεδομένων ή νέο τύπο πόρων ή νέας λέξης-κλειδί, είναι μια εύκολη διαδικασία καθώς μπορεί να επιτευχθεί μέσω αντιγραφής του κώδικα και παραμετροποίησής του σε συγκεκριμένα σημεία. Αυτά τα σημεία είναι:

- Το τελικό σημείο SPARQL (SPARQL endpoint) απ' όπου επιθυμείται να ανακτηθούν δεδομένα (βλ. γραμμή 9 και όπου αναφέρεται το σχόλιο «//SPARQL endpoint of the dataset we want to query»).
- Ο τύπος πόρων που επιθυμείται να ανακτηθεί (βλ. γραμμή 387).
- Η λέξη-κλειδί που επιθυμείται να περιέχεται στον τίτλο ή στην περιγραφή του πόρου (βλ. γρ. 389).
- Για κάθε πόρο επιλέχθηκαν να παρουσιαστούν κάποια δεδομένα, για παράδειγμα για το ORO παρουσιάζονται τα δεδομένα Title, Creator, Abstract, Date, Publisher, ISBN, Issue, Volume, Web Address και Presented at (βλ. ενοτ. 4.2.3.). Για την ανάκτηση καθενός από αυτά τα δεδομένα χρησιμοποιείται μία συνάρτηση (function) PHP (βλ. γραμμές 39, 78, 116, 155, 193, 230, 267, 305 και 342), η οποία όταν καλείται αποθηκεύει τα δεδομένα στην αντίστοιχη μεταβλητή. Αν επιθυμείται η παρουσίαση περισσότερων ή λιγότερων δεδομένων τότε μπορούν να προστεθούν ή να αφαιρεθούν αντίστοιχα συναρτήσεις PHP.
- Μέσα σε κάθε συνάρτηση εκτελείται μία SPARQL επερώτηση, ανάλογα με τα λεξικά που χρησιμοποιεί το εκάστοτε σύνολο δεδομένων. Αν αλλάξει το σύνολο δεδομένων θα πρέπει να αλλάξουν και τα λεξικά αντιστοίχως (βλ. γραμμή 45 και όπου αναφέρεται το σχόλιο «//SPARQL query, depending on the vocabularies the dataset is using»).
- Οι πόροι παρουσιάζονται σε μορφή πίνακα, Αν προστεθούν ή αφαιρεθούν δεδομένα και αντίστοιχα συναρτήσεις, τότε θα πρέπει να προστεθούν ή αφαιρεθούν οι αντίστοιχες τιμές στον πίνακα που παρουσιάζει τα αποτελέσματα (βλ. γραμμές 397 και 411).

```

1 <?php
2 require_once './includes/bootstrap.inc'; //functions that need to be loaded on every Drupal request
3 drupal_bootstrap(DRUPAL_BOOTSTRAP_FULL);
4 include_once('./sites/all/libraries/ARC2/arc/ARC2.php'); //include the ARC2 library
5 include_once('./index.php');
6 module_load_include('inc', 'node', 'node.pages'); ///load node.pages.inc from the node module
7
8
9 //SPARQL endpoint of the dataset we want to query
10 $site="http://data.open.ac.uk/query";
11
12
13 $config = array('remote_store_endpoint' => trim($site) , );

```

```

14 $store = ARC2::getRemoteStore($config);$sns=$site.'ns#';
15
16
17 /*
18  * input: a url resource and a label
19  * output: a formatted url
20  */
21 function asURL($res, $label)
22 {
23     if($res=="")
24         return "N/A";
25     else
26     {
27         if($label=="")
28             return "<a href=\'' . $res . '\'' target='_blank'>UNKNOWN</a>";
29         else
30             return "<a href=\'' . $res . '\'' target='_blank'>" . $label . "</a>";
31     }
32 }
33
34
35 /*
36  * input: x as resource
37  * output: set of authors that wrote the resource as urls
38  */
39 function getauthors($x)
40 {
41     //SPARQL endpoint of the dataset we want to query
42     $site="http://data.open.ac.uk/query";
43     $config = array('remote_store_endpoint' => trim($site) , );
44     $store = ARC2::getRemoteStore($config);
45     //SPARQL query, depending on the vocabularies the dataset is using
46     $q = 'PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
47         PREFIX dct: <http://purl.org/dc/terms/>
48         PREFIX bibo: <http://purl.org/ontology/bibo/>
49         PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
50         SELECT DISTINCT ?author ?name
51         WHERE
52             {<' . $x . '> dct:creator ?author .
53             ?author rdfs:label ?name
54             }
55         ';
56
57     $result = "N/A"; //the output

```

```

58     if ($rows = $store->query($q, 'rows'))
59     {
60         //for each entry in the results, we make a formatted url and append the result
61         foreach($rows as $row)
62         {
63             $author = asURL($row['author'],$row['name']);
64             if($result=="N/A")
65                 $result = $author;
66             else
67                 $result = $result . ", " . $author;
68         }
69     }
70     return $result;
71 }
72
73
74 /*
75  * input: x as resource
76  * output: set of dates the resource was published
77  */
78 function getDates($x)
79 {
80     //SPARQL endpoint of the dataset we want to query
81     $site="http://data.open.ac.uk/query";
82     $config = array('remote_store_endpoint' => trim($site) , );
83     $store = ARC2::getRemoteStore($config);
84     //SPARQL query, depending on the vocabularies the dataset is using
85     $q = 'PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
86         PREFIX dct: <http://purl.org/dc/terms/>
87         PREFIX bibo: <http://purl.org/ontology/bibo/>
88         PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
89         SELECT DISTINCT ?date
90         WHERE
91             {<' . $x . '> dct:date ?date .
92             }
93         ';
94
95     $result = "N/A"; //the output
96     if ($rows = $store->query($q, 'rows'))
97     {
98         //for each entry in the results, we append the result
99         foreach($rows as $row)
100        {
101            $date = $row['date'];

```

```

102             if($result=="N/A")
103                 $result = $date;
104             else
105                 $result = $result . ", " . $date;
106         }
107     }
108     return $result;
109 }
110
111
112 /*
113  * input: x as resource
114  * output: set of publishers that published the resource as urls
115  */
116 function getPublisher($x)
117 {
118     //SPARQL endpoint of the dataset we want to query
119     $site="http://data.open.ac.uk/query";
120     $config = array('remote_store_endpoint' => trim($site) , );
121     $store = ARC2::getRemoteStore($config);
122     //SPARQL query, depending on the vocabularies the dataset is using
123     $q = 'PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
124         PREFIX dct: <http://purl.org/dc/terms/>
125         PREFIX bibo: <http://purl.org/ontology/bibo/>
126         PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
127         SELECT DISTINCT ?publisher ?y
128         WHERE
129             {< . $x . > dct:publisher ?y .
130             ?y rdfs:label ?publisher .
131         }
132         ';
133
134     $result = "N/A"; //the output
135     if ($rows = $store->query($q, 'rows'))
136     {
137         //for each entry in the results, we make a formatted url and append the result
138         foreach($rows as $row)
139         {
140             $publisher = asURL($row['y'],$row['publisher']);
141             if($result=="N/A")
142                 $result = $publisher;
143             else
144                 $result = $result . ", " . $publisher;
145         }

```

```

146     }
147     return $result;
148 }
149
150
151 /*
152  * input: x as resource
153  * output: set of abstracts of the resource
154  */
155 function getAbstract($x)
156 {
157     //SPARQL endpoint of the dataset we want to query
158     $site="http://data.open.ac.uk/query";
159     $config = array('remote_store_endpoint' => trim($site) , );
160     $store = ARC2::getRemoteStore($config);
161     //SPARQL query, depending on the vocabularies the dataset is using
162     $q = 'PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
163         PREFIX dct: <http://purl.org/dc/terms/>
164         PREFIX bibo: <http://purl.org/ontology/bibo/>
165         PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
166         SELECT DISTINCT ?abstract
167         WHERE
168             {< . $x . > bibo:abstract ?abstract .
169             }
170         ';
171
172     $result = "N/A"; //the output
173     if ($rows = $store->query($q, 'rows'))
174     {
175         //for each entry in the results, we append the result
176         foreach($rows as $row)
177         {
178             $abstract = $row['abstract'];
179             if($result=="N/A")
180                 $result = $abstract;
181             else
182                 $result = $result . ", " . $abstract;
183         }
184     }
185     return $result;
186 }
187
188
189 /*

```

```

190  * input: x as resource
191  * output: set of issues of the resource
192  */
193  function getIssue($x)
194  {
195      //SPARQL endpoint of the dataset we want to query
196      $site="http://data.open.ac.uk/query";
197      $config = array('remote_store_endpoint' => trim($site) , );
198      $store = ARC2::getRemoteStore($config);
199      //SPARQL query, depending on the vocabularies the dataset is using
200      $q = 'PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
201          PREFIX dct: <http://purl.org/dc/terms/>
202          PREFIX bibo: <http://purl.org/ontology/bibo/>
203          PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
204          SELECT DISTINCT ?issue
205          WHERE
206              {<!. $x . '> bibo:issue ?issue .
207              }
208          ';
209
210      $result = "N/A"; //the output
211      if ($rows = $store->query($q, 'rows'))
212      {
213          //for each entry in the results, we append the result
214          foreach($rows as $row)
215          { $issue = $row['issue'];
216              if($result=="N/A")
217                  $result = $issue;
218              else
219                  $result = $result . " , " . $issue;
220          }
221      }
222      return $result;
223  }
224
225
226  /*
227  * input: x as resource
228  * output: set of volumes of the resource
229  */
230  function getVolume($x)
231  {
232      //SPARQL endpoint of the dataset we want to query
233      $site="http://data.open.ac.uk/query";

```

```

234     $config = array('remote_store_endpoint' => trim($site) , );
235     $store = ARC2::getRemoteStore($config);
236     //SPARQL query, depending on the vocabularies the dataset is using
237     $q = 'PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
238         PREFIX dct: <http://purl.org/dc/terms/>
239         PREFIX bibo: <http://purl.org/ontology/bibo/>
240         PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
241         SELECT DISTINCT ?volume
242         WHERE
243             {< . $x . '> bibo:volume ?volume .
244             }
245         ';
246
247     $result = "N/A"; //the output
248     if ($rows = $store->query($q, 'rows'))
249     {
250         //for each entry in the results, we append the result
251         foreach($rows as $row)
252         { $volume = $row['volume'];
253           if($result=="N/A")
254             $result = $volume;
255           else
256             $result = $result . " , " . $volume;
257         }
258     }
259     return $result;
260 }
261
262
263 /*
264  * input: x as resource
265  * output: set of places the resource was presented as urls
266  * */
267 function getPlace($x)
268 {
269     //SPARQL endpoint of the dataset we want to query
270     $site="http://data.open.ac.uk/query";
271     $config = array('remote_store_endpoint' => trim($site) , );
272     $store = ARC2::getRemoteStore($config);
273     //SPARQL query, depending on the vocabularies the dataset is using
274     $q = 'PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
275         PREFIX dct: <http://purl.org/dc/terms/>
276         PREFIX bibo: <http://purl.org/ontology/bibo/>
277         PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>

```

```

278         SELECT DISTINCT ?title ?x
279         WHERE
280             {<' . $x . '> bibo:presentedAt ?x .
281             ?x dct:title ?title .
282             }
283         ;
284
285     $result = "N/A"; //the output
286     if ($rows = $store->query($q, 'rows'))
287     {
288         //for each entry in the results, we make a formatted url and append the result
289         foreach($rows as $row)
290             { $place = asURL($row['x'],$row['title']);
291               if($result=="N/A")
292                   $result = $place;
293               else
294                   $result = $result . ", " . $place;
295             }
296     }
297     return $result;
298 }
299
300
301 /*
302  * input: x as resource
303  * output: set of ISBN of the resource
304  * */
305 function getISBN($x)
306 {
307     //SPARQL endpoint of the dataset we want to query
308     $site="http://data.open.ac.uk/query";
309     $config = array('remote_store_endpoint' => trim($site) , );
310     $store = ARC2::getRemoteStore($config);
311     //SPARQL query, depending on the vocabularies the dataset is using
312     $q = 'PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
313         PREFIX dct: <http://purl.org/dc/terms/>
314         PREFIX bibo: <http://purl.org/ontology/bibo/>
315         PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
316         SELECT DISTINCT ?isbn
317         WHERE
318             {<' . $x . '> bibo:isbn ?isbn .
319             }
320         ;
321

```



```

322     $result = "N/A"; //the output
323     if ($rows = $store->query($q, 'rows'))
324     {
325         //for each entry in the results, we append the result
326         foreach($rows as $row)
327         { $isbn = $row['isbn'];
328             if($result=="N/A")
329                 $result = $isbn;
330             else
331                 $result = $result . ", " . $isbn;
332         }
333     }
334     return $result;
335 }
336
337
338 /*
339  * input: x as resource
340  * output: set of links of where someone can find the resource as urls
341  */
342 function getExternalLinks($x)
343 {
344     //SPARQL endpoint of the dataset we want to query
345     $site="http://data.open.ac.uk/query";
346     $config = array('remote_store_endpoint' => trim($site) , );
347     $store = ARC2::getRemoteStore($config);
348     //SPARQL query, depending on the vocabularies the dataset is using
349     $q = 'PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
350         PREFIX dct: <http://purl.org/dc/terms/>
351         PREFIX bibo: <http://purl.org/ontology/bibo/>
352         PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
353         SELECT DISTINCT ?ext
354         WHERE
355             {<' . $x . '> bibo:uri ?ext .
356             }
357         ';
358
359     $result = "N/A"; //the output
360     if ($rows = $store->query($q, 'rows'))
361     {
362         //for each entry in the results, we make a formatted url and append the result
363         $cntr = 0;
364         foreach($rows as $row)
365         {

```

```

366             $cntr++;
367             $url = asURL($row['ext'], "link".$cntr);
368             if($result=="N/A")
369                 $result = $url;
370             else
371                 $result = $result . ", " . $url;
372         }
373     }
374     return $result;
375 }
376
377
378 /*
379  * output: set of resources, that their type is Article and have in their title the word semantic web, and their
380  titles
381  */
382 //SPARQL query, depending on the vocabularies the dataset is using
383 $q1 = 'PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
384 PREFIX dct: <http://purl.org/dc/terms/>
385 PREFIX bibo: <http://purl.org/ontology/bibo/>
386 PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
387 SELECT DISTINCT ?x ?title WHERE {?x rdf:type bibo:Article .
388 ?x dct:title ?title
389 FILTER regex(?title, "semantic web", "i")
390 } limit 20';
391
392
393 if ($rows = $store->query($q1, 'rows'))
394 {
395     // display the results in an HTML table
396     echo "<br><br>";
397     echo "<table border='1'>";
398     echo
399     "<tr><th>Title</th><th>Abstract</th><th>Authors</th><th>Date</th><th>Publisher</th><th>Presented
400     At</th><th>Issue</th><th>Volume</th><th>ISBN</th><th>Web Address</th></tr>";
401     foreach ($rows as $row)
402     {
403         //call all the functions and assign the values to variables
404         $authors = getauthors($row['x']);
405         $isbn = getISBN($row['x']);
406         $dates = getDates($row['x']);
407         $issue = getIssue($row['x']);
408         $volume = getVolume($row['x']);
409         $abstract = getAbstract($row['x']);
410         $publishers = getPublisher($row['x']);
411         $webaddress = getExternalLinks($row['x']);

```

```
410         $place = getLocation($row['x']);
411         echo "<tr><td>" . asURL($row['x'], $row['title']) . "</td><td>" . $abstract .
412 "</td><td>" . $authors . "</td><td>" . $dates . "</td><td>" . $publishers . "</td><td>" . $place . "</td><td>"
413 . $issue . "</td><td>" . $volume . "</td><td>" . $isbn . "</td><td>" . $webaddress . "</td></tr>";
414     }
415     echo "</table>";
416 }
417 else
418 {
419     echo "sorry, no data :(";
420 }
421 ?>
```

Βιβλιογραφία

- Aghaei, S., Nematbakhsh, M., & Farsani, H. (2012). Evolution of the World Wide Web : From Web 1.0 to Web 4.0. *International Journal of Web & Semantic Technology*, 1-10. Ανακτήθηκε 23 Σεπτεμβρίου, 2015, από <http://airccse.org/journal/ijwest/papers/3112ijwest01>
- Becker, C. & Bizer, C. (χ.χ.). *Dbpedia mobile: a location-aware semantic web client*. Ανακτήθηκε 4 Αυγούστου, 2015, από <http://wifo5-03.informatik.uni-mannheim.de/bizer/pub/Becker-Bizer-DBpediaMobile-Submission.pdf>
- Berners-Lee, T. (2006). *Linked data – Design Issues*. Ανακτήθηκε 10 Σεπτεμβρίου, 2015, από <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>
- Berners-Lee, T., Chen, Y., Chilton, L., Connolly, D., Dhanaraj, R., Hollenbach, J., Lerer, A. & Sheets, D. (2006). *Tabulator: Exploring and analyzing linked data on the semantic web*. Ανακτήθηκε 7 Σεπτεμβρίου, 2015, από <http://swui.semanticweb.org/swui06/papers/Berners-Lee/Berners-Lee.pdf>
- Berners-Lee, T., Fielding, R., & Masinter, L. (1998). *Uniform Resource Identifiers (URI): Generic Syntax*. Ανακτήθηκε 3 Αυγούστου, 2015, από <https://www.ietf.org/rfc/rfc2396.txt>
- Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). *Scientific American: The Semantic Web*. Ανακτήθηκε 20 Αυγούστου, 2015, από <http://www.cs.umd.edu/~golbeck/LBSC690/SemanticWeb.html>
- Berners-Lee, T., Hollenbach, J., Lu, K., Presbrey, J., Prud'ommeaux, E. & Schaeffel, M. (2008). *Tabulator redux: Browsing and writing linked data*. Ανακτήθηκε 16 Αυγούστου, 2015, από <http://events.linkedata.org/ldow2008/papers/11-berners-lee-hollenbach-tabulator-redux.pdf>
- Bizer, C., Heath, T., & Berners-Lee, T. (2009). Linked Data - The Story So Far. *International Journal on Semantic Web and Information Systems*, 1-22. Ανακτήθηκε 10 Σεπτεμβρίου, 2015, από https://wtlab.um.ac.ir/images/e-library/linked_data/Linked%20Data%20-%20The%20Story%20So%20Far.pdf
- Cheng, G., & Qu, Y. (2011). Searching Linked Objects with Falcons. *International Journal on Semantic Web and Information Systems*, 49-70. Ανακτήθηκε 20 Αυγούστου, 2015, από <http://www.irma-international.org/viewtitle/55048/>
- Clarke, C. (2009). A Resource List Management Tool for Undergraduate Students Based on Linked Open Data Principles. *Lecture Notes in Computer Science The Semantic Web: Research and Applications*, 697-707.

- Corlosquet, S., Delbru, R., Clark, T., Polleres, A., & Decker, S. (2009). Produce and Consume Linked Data with Drupal! *Lecture Notes in Computer Science The Semantic Web - ISWC 2009*, 763-778. Ανακτήθηκε 15 Αυγούστου, 2015, από <http://openspring.net/sites/openspring.net/files/corl-et-al-2009iswc.pdf>
- D'Aquin, M. (2012). *Linked Data for Open and Distance Learning*. Ανακτήθηκε 25 Αυγούστου, 2015, από <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.386.1720&rep=rep1&type=pdf>
- D'Aquin, M., Baldassarre, C., Gridinoc, L., Sabou, M., Angeletou, S., & Motta, E. (2007). *Watson: Supporting New Generation Semantic Web Applications*. Ανακτήθηκε 5 Αυγούστου, 2015, από http://watson.kmi.open.ac.uk/Downloads%20and%20Publications_files/www-int07.pdf
- Dietze, S., Yu, H., Giordano, D., Kaldoudi, E., Dovrolis, N., & Taibi, D. (2012). Linked education: Interlinking educational resources and the web of data. *Πρακτικά 27^{ου} Ετήσιου Συνεδρίου Εφαρμοσμένης Πληροφορικής - SAC '12*, 25-29. Ανακτήθηκε 5 Σεπτεμβρίου, 2015, από http://oro.open.ac.uk/31077/4/dietze-2012_sac_linked-education-cam-ready.pdf
- Ding, L., Pan, R., Finin, T., Joshi, A., Peng, Y., & Kolari, P. (2005). Finding and Ranking Knowledge on the Semantic Web. *The Semantic Web – ISWC 2005 Lecture Notes in Computer Science*, 156-170. Ανακτήθηκε 29 Αυγούστου, 2015, από http://ebiquity.umbc.edu/file_directory/papers/197.pdf
- Fernandez, M., D'Aquin, M., & Motta, E. (2011). Linking Data across Universities: An Integrated Video Lectures Dataset. *The Semantic Web – ISWC 2011 Lecture Notes in Computer Science*, 49-64. Ανακτήθηκε 15 Σεπτεμβρίου, 2015, από <http://iswc2011.semanticweb.org/fileadmin/iswc/Papers/In-Use/70320049.pdf>
- Guy, M., D'Aquin, M., Dietze, S., Drachler, H., Herder, E. & Parodi, E. (χ.χ.). LinkedUp: Linking Open Data for Education, *ARIADNE*. Ανακτήθηκε 10 Αυγούστου, 2015, από <http://www.ariadne.ac.uk/issue72/guy-et-al>
- Heath, T., & Motta, E. (2007). Revyu.com: A Reviewing and Rating Site for the Web of Data. *The Semantic Web Lecture Notes in Computer Science*, 895-902. Ανακτήθηκε 9 Σεπτεμβρίου, 2015, από http://data.semanticweb.org/pdfs/iswc-aswc/2007/ISWC2007_SWC_Heath.pdf
- Heath, T., & Bizer, C. (2011). Linked Data: Evolving the Web into a Global Data Space. *Synthesis Lectures on the Semantic Web: Theory and Technology*, 1-136. Ανακτήθηκε 3 Σεπτεμβρίου, 2015, από <http://info.slis.indiana.edu/~dingying/Teaching/S604/LODBook.pdf>
- Hogan, A., Harth, A., Umrich, J., & Decker, S. (2007). Towards a scalable search and query engine for the web. *Πρακτικά 16^{ου} Διεθνούς Συνεδρίου Παγκόσμιου Ιστού - WWW '07*. Ανακτήθηκε 10

Σεπτεμβρίου,

2015,

από

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.80.3255&rep=rep1&type=pdf>

Jentzsch, A., Cyganiak, R., & Bizer C. (2011). *State of the LOD Cloud*. Ανακτήθηκε 10 Αυγούστου, 2015, από <http://lod-cloud.net/state/>

Le-Phuoc, D., Polleres, A., Hauswirth, M., Tummarello, G. & Morbidoni, C. (2009). Rapid prototyping of semantic mash-ups through semantic web pipes, *ACM*, 581 – 590.

Lopez, V., Motta, E., & Uren, V. (2006). PowerAqua: Fishing the Semantic Web. *Lecture Notes in Computer Science The Semantic Web: Research and Applications*, 393-410. Ανακτήθηκε 4 Σεπτεμβρίου, 2015, από <http://oro.open.ac.uk/3013/1/motta.pdf>

Ohler, J. (2008). The Semantic Web in Education – What happens when the read-write web gets smart enough to help us organize and evaluate the information it provides?, *EDUCAUSE Quarterly Magazine*, 31 (4). Ανακτήθηκε 27 Μαΐου, 2015, από <http://net.educause.edu/ir/library/pdf/eqm0840.pdf>

Olston, C., & Chi, E. (2003). ScentTrails: Integrating Browsing and Searching on the World Wide Web. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction ACM Trans. Comput.-Hum. Interact. TOCHI*, 177-197. Ανακτήθηκε 6 Αυγούστου, 2015, από <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?rep=rep1&type=pdf&doi=10.1.1.160.5400>

Oren, E., Delbru, R., Catasta, M., Cyganiak, R., Stenzhorn, H., & Tummarello, G. (2008). Sindice.com: A document-oriented lookup index for open linked data. *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies IJMISO*, 37-37. Ανακτήθηκε 30 Αυγούστου, 2015, από <http://richard.cyganiak.de/2008/papers/sindice-ijmiso2008.pdf>

Patel S. K. & Bhadka H. B. (2015). Semantic Web Technology and Ontology designing for e-Learning Environments. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 6 (1), 48-51. Ανακτήθηκε 1 Ιουνίου, 2015, από <http://www.ijcsit.com/docs/Volume%206/vol6issue01/ijcsit2015060111.pdf>

Pérez, J., Arenas, M., & Gutierrez, C. (2009). Semantics and complexity of SPARQL. *ACM Transactions on Database Systems TODS ACM Trans. Database Syst.*, 1-45. Ανακτήθηκε 26 Αυγούστου, 2015, από <http://users.dcc.uchile.cl/~cgutierr/papers/sparql.pdf>

Polleres, A., Hogan, A., Delbru, R. & Umbrich, J. (2013). *RDFS & OWL reasoning for linked data*. Ανακτήθηκε 5 Σεπτεμβρίου, 2015, από <http://renaud.delbru.fr/doc/pub/rw-2013.pdf>

- Tiropanis, T., Davis, H., Millard, D., & Weal, M. (2009). Semantic Technologies for Learning and Teaching in the Web 2.0 Era. *IEEE Intell. Syst. IEEE Intelligent Systems*, 49-53. Ανακτήθηκε 9 Σεπτεμβρίου, 2015, από <http://www.webarchive.org.uk/wayback/archive/20140615025601/http://www.jisc.ac.uk/media/documents/projects/semtech-websci-paper.pdf>
- Volz, J., Bizer, C., Gaedke, M. & Kobilarov, G. (2009). Silk – a link discovery framework for the web of data, *LDOW*. Ανακτήθηκε 9 Σεπτεμβρίου, από http://dc-pubs.dbs.uni-leipzig.de/files/ldow2009_paper13.pdf
- What is a vocabulary (χ.χ.). *W3C*. Ανακτήθηκε 3 Σεπτεμβρίου, 2015, από <http://www.w3.org/standards/semanticweb/ontology>
- Zablith, F., D'Aquin, M., Brown, S. & Green – Hughes, L. (2011). Consuming linked data within a large educational organization. Πρακτικά 10^{ου} Διεθνούς Συνεδρίου Semantic Web (ISWC), 23 – 27 Οκτ., Μπον, Γερμανία. Ανακτήθηκε 5 Αυγούστου, 2015, από <http://oro.open.ac.uk/29582/1/ISWCConsumingLinkedData2011.pdf>
- Zablith, F., Fernandez, M., & Rowe, M. (2011). The OU Linked Open Data: Production and Consumption. *Lecture Notes in Computer Science The Semantic Web: ESWC 2011 Workshops*, 35-49. Ανακτήθηκε 9 Αυγούστου, 2015, από <http://ceur-ws.org/Vol-717/paper1.pdf>
- Zhang, J. (2007). Ontology and the Semantic Web. *Proceedings of the North American Symposium on Knowledge Organization*. 1. Ανακτήθηκε 5 Ιουνίου, 2015, από <http://journals.lib.washington.edu/index.php/nasko/article/viewFile/12830/11311>
- Ζέρβα, Χ. & Κοπανέλη, Α. (2012). *Εξαγωγή ονοματικών οντοτήτων και εμπλουτισμός κειμένου με χρήση Σημασιολογικού Ιστού*, Διπλωματική Εργασία. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο. Ανακτήθηκε 2 Σεπτεμβρίου, 2015, από <http://artemis-new.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/bitstream/123456789/6375/1/DT2012-0164.pdf>
- Μερτής, Α. (2010). *Μελέτη Τεχνολογιών Σημασιολογικού Ιστού και Ανάπτυξη Συστήματος Διαχείρισης Πολιτισμικών Δεδομένων*, Διπλωματική Εργασία. Πάτρα: Πολυτεχνική Σχολή Πανεπιστημίου Πατρών. Ανακτήθηκε 10 Ιουνίου, 2015, από http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4225/1/msc_mertis_539.pdf