



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Πληροφορική»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Εφαρμογές του Σημασιολογικού Ιστού στην Εκπαίδευση με έμφαση στη Γεωμετρία Γυμνασίου Semantic Web Applications in education with emphasis on High school Geometry
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Βασίλειος Βασιλακόπουλος
Πατρώνυμο	Κωνσταντίνος
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΠΛ/ 15006
Επιβλέπων	Χρήστος Δουληγέρης, Καθηγητής

Ημερομηνία
Παράδοσης

Μάιος 2019

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)

(υπογραφή)

(υπογραφή)

Χρήστος Δουληγέρης
Καθηγητής

Δημήτριος Βέργαδος
Αναπληρωτής Καθηγητής

Παναγιώτης Κοτζανικολάου
Επίκουρος Καθηγητής

Ευχαριστίες

Θα ήθελα καταρχάς να ευχαριστήσω τον κ. Χρήστο Δουληγέρη, Καθηγητή του Τμήματος Πληροφορικής, για την επίβλεψη αυτής της μεταπτυχιακής διατριβής, για την πολύτιμη καθοδήγηση και την υποστήριξή του, σε κάθε φάση της εκπόνησής της αλλά και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε.

Επίσης, ευχαριστώ την Δήμητρα Τζούμπα, υποψήφια διδάκτορα του Τμήματος Πληροφορικής, για την σε μάκρος καθοδήγησή της 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 μεταπτυχιακή διατριβή.

Ακόμα, είναι αναγκαίο να ευχαριστήσω τον Δρ. Θεόδωρο Καρβουνίδα, μεταδιδάκτορα του Τμήματος Πληροφορικής και τον Απόστολο Καραλή, υποψήφιο διδάκτορα του Τμήματος Πληροφορικής, για την πολύτιμη βοήθειά τους για την ολοκλήρωση αυτής της διατριβής, καθώς μου προσέφεραν αφειδώς τις γνώσεις και την εμπειρία τους γύρω από το αντικείμενο της παρούσας διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στους γονείς μου και τη Ζωή για την υποστήριξη που μου δείχναν σε όλο το διάστημα της φοίτησής μου, καθώς δίχως την αγάπη, την κατανόηση, την υπομονή τους αλλά και την οικονομική τους στήριξη, θα ήταν αδύνατη η επιτυχής ολοκλήρωση αυτών των σπουδών.

Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή αποτελεί μια προσπάθεια να εφαρμοστεί η χρήση των οντολογιών στο χώρο της διδασκαλίας του μαθήματος της Γεωμετρίας του Γυμνασίου, με χρήση νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση καθώς και τη χρήση τεχνολογιών του Σημαιολογικού Ιστού, αποτυπώνοντας την έννοια του Κύκλου και των εννοιών που συνδέονται με αυτόν σε μια οντολογία RDF.

Χρησιμοποιήσαμε το SKOS, που αποτελεί ένα απλό σύστημα οργάνωσης της γνώσης, παρέχοντας ένα πρότυπο για την έκφραση της βασικής δομής και του περιεχομένου των εννοιών που μας αφορούν. Ως εφαρμογή του RDF (Resource Description Framework), που είναι μια γενικού σκοπού γλώσσα, το SKOS επιτρέπει στις έννοιες να συντεθούν και να δημοσιευθούν στον Παγκόσμιο Ιστό, συνδεδεμένο με δεδομένα στον Ιστό. Το SKOS μπορεί επίσης να ενσωματώνεται σε άλλα εννοιολογικά σχήματα. Με την σύνταξη Turtle, έγινε εύκολα η αποτύπωση των εννοιών που μας ενδιαφέρουν, μέσω μιας συμπαγούς και φυσικής γλώσσας που χρησιμοποιεί συντομεύσεις για την κοινή χρήση μεθόδων και τύπων δεδομένων.

Στη συνέχεια, με τη χρήση της εφαρμογής GraphDB οπτικοποιήσαμε την οντολογία, φορτώνοντας το αρχείο Turtle στην δωρεάν έκδοση που λειτουργεί μέσω ενός φυλλομετρητή. Εκεί, έχουμε τη δυνατότητα να λαμβάνουμε τον γράφο ολόκληρης της οντολογίας ή μέσω της επιλογής για αναζήτηση εννοιών να λαμβάνουμε μόνο τον γράφο για την έννοια που μας ενδιαφέρει, μαζί με τις συνδεδεμένες με αυτήν έννοιες. Επίσης, στο περιβάλλον του GraphDB μπορούμε να έχουμε πρόσβαση σε όλες τις πληροφορίες που αφορούν τις έννοιες που μάς αφορούν, εφόσον τις έχουμε καταχωρήσει στο αρχείο Turtle. Τέλος, κάθε έννοια μπορεί να είναι συνδεδεμένη με ένα παράδειγμα στο Geogebra και να συνδεόμαστε σε αυτό, αφού έχει προηγηθεί άνοιγμα λογαριασμού στο Geogebra και φόρτωση εκεί των αρχείων Geogebra με τα αντίστοιχα παραδείγματα.

Έτσι, η εφαρμογή GraphDB με την οπτικοποίηση των οντολογιών που αποτυπώνουν την ύλη της Γεωμετρίας του Γυμνασίου, μπορεί να αποτελέσει ένα βοηθητικό εργαλείο για τον καθηγητή κατά την διάρκεια της διδασκαλίας. Ο διδάσκων μπορεί να περιηγείται στην ύλη που διδάσκει καθώς και να βλέπει τις συνδέσεις μεταξύ των εννοιών. Αποκτά εύκολη και γρήγορη πρόσβαση στην ύλη του σε σχέση με την αναζήτηση σε ένα βιβλίο. Όμως, ακόμη και για τους διδασκόμενους μπορεί να είναι χρήσιμη η χρήση αυτής της εφαρμογής. Ο κυριότερος λόγος είναι ότι μπορούν να καλύπτουν εύκολα τα κενά που τυχόν έχουν. Όταν οι μαθητές διδάσκονται μια έννοια και θέλουν να θυμηθούν προηγούμενες γνώσεις που έχουν διδαχτεί θα μπορούν να συνδέονται κομβικά με την παρούσα έννοια. Η οπτικοποίηση των εννοιών και οι συνδέσεις μεταξύ τους, θα τους δίνουν γρήγορα «εικόνα» της ύλης απ' το να ανατρέχουν και αυτοί σε βιβλία που μπορεί να είναι και προηγούμενων τάξεων, τα οποία φυσικά δεν θα τα έχουν διαθέσιμα εκείνη τη στιγμή μέσα στην αίθουσα διδασκαλίας.

Abstract

This master thesis is an attempt to apply the use of ontologies in the field of highschool geometry, using new technologies in education and as well use Semantic Web technologies, reflecting the concept of Circle and concepts associated with it in a RDF ontology.

We used SKOS, which is a simple system of organizing knowledge, to provide a model for the expression of the basic structure and the content of the concepts that concern us. As an application of RDF (Resource Description Framework) which is a general-purpose language, SKOS allows concepts to be compiled and published on the web, linked to data on the web and which be embedded in other conceptual shapes. With the Turtle syntax, it was easy to capture the concepts we are interested in, through a compact and natural language that uses shortcuts for sharing methods and data types.

Then, using the GraphDB application, we visualized our ontology by uploading the Turtle file to the free version that works through a browser. There, we can receive the graph of the entire ontology or through the choice to search for concepts, to receive only the graph for the concept of interest, along with its related concepts. Also, in the environment of GraphDB we can access all the information related to our concepts, as long as we have registered them in the Turtle file. Finally, any concept can be linked to an example in Geogebra and connected to it, after having preceded an account in Geogebra and loading there the Geogebra files with our examples.

Thus, the application of GraphDB with the visualization of the ontologies illustrating the material of geometry of the Gymnasium, can be an auxiliary tool for the teacher during the teaching. The teacher can browse the material and see the links between the concepts. Thus he/she acquire easy and quick access to the material compared to searching in a book. However, even for learners, it may be useful to use this application. The main reason is that they can easily cover any deficiency they may have, when taught a concept and want to remember previous knowledge that have been taught they can be connected in the present sense. The visualization of the concepts and the connections between them, will quickly give them a "picture" of the material, than to refer to previous years' books, which most often are not available at that time in the class.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	3
Περίληψη	4
Abstract	5
1 Εισαγωγή.....	8
1.1 Σημασιολογικός ιστός και οντολογίες γενικά	8
1.1.1 Σημασιολογικός ιστός.....	8
1.1.2 Σημασιολογικός Ιστός και συνδεδεμένα δεδομένα	9
1.1.3 Τα συστατικά του Σημασιολογικού Ιστού	10
1.1.4 Η εξέλιξη του Web.....	10
1.1.5 Η Οντολογία στη Φιλοσοφία	11
1.1.6 Η Οντολογία στην Πληροφορική	12
1.1.7 Τα επίπεδα του Σημασιολογικού Ιστού	13
1.2 Σημασιολογικός ιστός και οντολογίες στην εκπαίδευση	14
1.2.1 Σημασιολογικός ιστός στην εκπαίδευση	14
1.2.2 Οντολογίες και Χρήσεις Οντολογιών στην Εκπαίδευση.....	16
1.2.3 Στόχοι Σημασιολογικού Ιστού για την υποστήριξη της Μάθησης και της Διδασκαλίας 17	17
1.2.4 Οι στόχοι και οι προκλήσεις του Σημασιολογικού Ιστού	17
1.2.5 Αξιοποίηση Δυνατοτήτων Σημασιολογικού Ιστού στη Μάθηση και τη Διδασκαλία 18	18
1.2.6 Χρήση Σημασιολογικού Ιστού στη Μάθηση και τη Διδασκαλία.....	19
1.3 Διδασκαλία και μάθηση των Μαθηματικών στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση. 20	20
1.4 Εφαρμογές οντολογιών στην εκπαίδευση με έμφαση στην άλγεβρα της β-θμιας εκπαίδευσης 22	22
1.5 Η δικιά μας πρόταση: Τι πραγματεύεται η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή.. 22	22
1.6 Περιγραφή της δομής της μεταπτυχιακής διατριβής	22
2 Τεχνολογία για τις οντολογίες.....	24
2.1 Τεχνολογίες Σημασιολογικού Ιστού	24
2.1.1 Πλαίσιο Περιγραφής Πόρων (RDF).....	26
2.1.2 Σχήμα Πλαισίου Περιγραφής Πόρων (RDF-S).....	26
2.1.3 Triple Stores.....	27
2.1.4 SPARQL.....	27
2.1.5 Γλώσσα Οντολογίας Διαδικτύου (OWL).....	27
2.2 Λεξικά και Οντολογίες.....	29
2.3 Δημιουργία RDF	30
2.3.1 SKOS- Simple Knowledge Organization System	30
2.3.2 Turtle (Terse RDF Triple Language).....	32
2.3.3 RDF/JSON	32
2.3.4 N-Triples.....	33

2.3.5	RDFa	33
2.3.6	RDF/XML	33
3	Μεθοδολογία και Σχεδιασμός	34
3.1	Πώς θα χρησιμοποιηθεί μια οντολογία στην "τάξη";	34
3.2	Επιλογή εργαλείων για την απεικόνιση της οντολογίας.	34
3.2.1	Scot	34
3.2.2	SkosPlay!	37
3.2.3	LodLive.....	39
4	Υλοποίηση της οντολογίας	41
4.1	Περιγραφή της βασικής σκέψης για την υλοποίηση της οντολογίας και ότι σχετικό εμπεριέχεται σε αυτή.....	41
4.2	Χτίσιμο της Οντολογίας που αφορά τον Κύκλο	41
4.3	Το εργαλείο GraphDB.....	47
4.4	Η υλοποίηση στο εργαλείο GraphDB	49
5	Συμπεράσματα - Περιορισμοί της έρευνας - Επόμενα βήματα	57
	Αναφορές.....	58
	Βιβλιογραφία	60

1 Εισαγωγή

1.1 Σημασιολογικός ιστός και οντολογίες γενικά

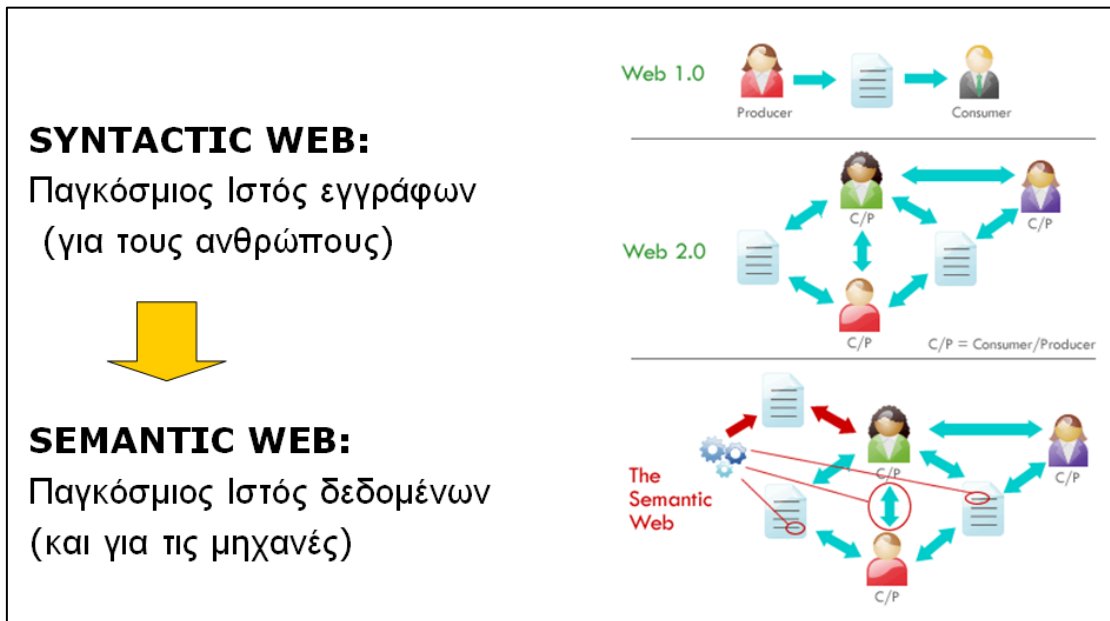
Η ανάπτυξη του Παγκόσμιου Ιστού [1] άλλαξε ριζικά τον τρόπο επικοινωνίας των ανθρώπων, τον τρόπο διάθεσης και ανάπτυξης της πληροφορίας καθώς και τον τρόπο διεξαγωγής των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων. Η ανάπτυξη του Παγκοσμίου Ιστού δεν θα ήταν τόσο ραγδαία αν δεν υπήρχαν οι μηχανές αναζήτησης (π.χ. Google, Yahoo!, AltaVista) που βασίζονται σε λέξεις-κλειδιά. Παρόλα αυτά, υπάρχουν κάποια προβλήματα που σχετίζονται με τη χρήση τους. Ένα από αυτά τα προβλήματα είναι το γεγονός ότι τα αποτελέσματα που επιστρέφουν είναι απλές ιστοσελίδες. Έτσι, αν χρειαζόμαστε πληροφορίες οι οποίες είναι καταναμημένες σε ξεχωριστά έγγραφα θα πρέπει να εκτελέσουμε αρκετές αναζητήσεις με διαφορετικές λέξεις-κλειδιά προκειμένου να ανακτήσουμε τις σχετικές πληροφορίες. Ένα επίσης σημαντικό πρόβλημα των μηχανών αναζήτησης είναι η μεγάλη «ευαισθησία» τους στο λεξιλόγιο. Πολύ συχνά δεν επιστρέφονται έγγραφα που σχετίζονται με τις λέξεις-κλειδιά γιατί χρησιμοποιούν διαφορετική ορολογία. Αυτό δεν είναι αποτελεσματικό γιατί οι σημασιολογικά όμοιες αναζητήσεις θα έπρεπε να επιστρέφουν και ίδια αποτελέσματα. Τη λύση στα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο Παγκόσμιος Ιστός έρχεται να δώσει μια επέκταση αυτού, ο Σημασιολογικός Ιστός [2].

1.1.1 Σημασιολογικός ιστός

Ο Σημασιολογικός Ιστός αναφέρεται σε ένα σύνολο τεχνολογιών και μεθόδων, μέσω των οποίων οι υπολογιστές είναι σε θέση να αντιλαμβάνονται τη σημασία της πληροφορίας που διαχειρίζονται. Σύμφωνα με το όραμα των εμπνευστών του Σημασιολογικού Ιστού, η προσθήκη σημασίας στην πληροφορία του Διαδικτύου, θα απελευθερώσει πλήθος δυνατοτήτων για την πιο ευφυή εκμετάλλευση της πληροφορίας αυτής. Ένας χρήστης του Διαδικτύου θα μπορεί, για παράδειγμα, μεταξύ άλλων δυνατοτήτων, να πραγματοποιεί ευφυείς αναζητήσεις, να λαμβάνει δηλαδή από μια μηχανή αναζήτησης αποτελέσματα τα οποία να είναι πιο σχετικά με αυτό που πραγματικά αναζητά.

Από την άλλη πλευρά, η αποθήκευση μεγάλου όγκου πληροφοριών σε βάσεις δεδομένων οδήγησε στην εμφάνιση ενός προβλήματος. Το πρόβλημα αυτό ήταν ότι καθιερώθηκε και διατηρήθηκε η σημασιολογία των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα στις βάσεις δεδομένων. Αυτό το πρόβλημα σημασιολογίας δεδομένων παρέμενε ελέγξιμο όσο ελέγξιμες ήταν και οι αλλαγές που θα μπορούσαν να προκληθούν στη κάθε βάση δεδομένων. Δηλαδή, οι πληροφορίες που ήταν διαθέσιμες, μπορούσαν να αλλοιωθούν μόνο από συγκεκριμένο αριθμό ατόμων και συγκεκριμένο αριθμό εφαρμογών.

Με την εμφάνιση όμως του Παγκόσμιου Ιστού το τοπίο αυτό άλλαξε. Μεταβλήθηκε κατά πολύ ο τρόπος με τον οποίο διαρθρώνεται η επικοινωνία μεταξύ των ανθρώπων και ειδικά ο τρόπος με τον οποίο η πληροφορία που υπάρχει διαθέσιμη ανά τον κόσμο, διαδίδεται και ανακτάται. Αμέτρητοι πλέον χρήστες και εφαρμογές μπορούν και έχουν πρόσβαση στις βάσεις δεδομένων που είναι διαθέσιμες στον Ιστό. Υπό αυτές τις συνθήκες, η σημασιολογία κάθε πληροφορίας πρέπει να είναι διαθέσιμη στον κάθε χρήστη μαζί με την ίδια την πληροφορία. Όταν ως χρήστης εννοείται κάποιο φυσικό πρόσωπο, αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την κατάλληλη επιλογή κάποιας σχηματικής παρουσίασης για σημασιολογικά δεδομένα. Όταν, όμως, πρόκειται για κάποια εφαρμογή που θα αποκτήσει πρόσβαση στη βάση, η σημασιολογία πρέπει να είναι δομημένη σε μορφή που θα είναι προσπελάσιμη και κατανοητή από τη μηχανή που θα αναλάβει την επεξεργασία της. Επομένως, κρίθηκε απαραίτητη η επέκταση του σημερινού Ιστού, η οποία κατέληξε στη δημιουργία του Σημασιολογικού Ιστού, γνωστό και ως Semantic Web3.0.



Εικόνα 1: Η μετάβαση από τον Συντακτικό Ιστό (Syntactic Web) (έμφαση στη σύνταξη-παρουσίαση της πληροφορίας) στον Σημασιολογικό Ιστό (Semantic Web) (έμφαση στη σημασία). [πηγή: <https://flatworldbusiness.wordpress.com/flat-education/previously/web-1-0-vs-web-2-0-vs-web-3-0-a-bird-eye-on-the-definition/>]

Ο Σημασιολογικός Ιστός, λοιπόν, αποτελεί μια επέκταση του σημερινού Ιστού, η οποία έχει ως σκοπό την αυτοματοποίηση των λειτουργιών και των εφαρμογών του διαδικτύου. Η αυτοματοποίηση αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο εάν η γνώση και η πληροφορία που υπάρχει αποθηκευμένη και δημοσιευμένη αυτή την στιγμή στον σημερινό Παγκόσμιο Ιστό αποκτήσει τυπικό νόημα και σημασιολογία και δομηθεί με έναν τέτοιο τρόπο ώστε να γίνεται κατανοητή από τις μηχανές που την επεξεργάζονται. Υπάρχει, πλέον, παγκοσμίως η διάθεση συνεργασίας μεταξύ των, ανά τον κόσμο, χρηστών του ιστού με σκοπό να διασπείρουν πληροφορίες εμπλουτισμένες από τη γνώση όχι μόνο ενός ατόμου, αλλά πολλών.

Αν και ο Παγκόσμιος Ιστός είναι η μεγαλύτερη αποθήκη πληροφοριών που δημιουργήθηκε ποτέ, με τα περιεχόμενά του να επεκτείνονται σε διάφορες γλώσσες και πεδία γνώσεων, μακροπρόθεσμα, είναι εξαιρετικά δύσκολο να βγει νόημα από το περιεχόμενό του. Από το 2000 έως το 2006 περίπου, ένας αριθμός τεχνικών καινοτομιών, το RDF το οποίο είναι για τα δεδομένα ό,τι η HTML για τα έγγραφα και η Web Ontology Language (OWL) η οποία μας επιτρέπει να εκφράσουμε το πώς συνδέονται μεταξύ τους οι πηγές δεδομένων, σε συνδυασμό με τις πιο ανοιχτές πρακτικές διαμοιρασμού πληροφοριών, μετακινούν τον Παγκόσμιο Ιστό προς αυτό που ονομάζουμε Σημασιολογικό Ιστό.[3]

1.1.2 Σημασιολογικός Ιστός και συνδεδεμένα δεδομένα

Ο στόχος του Σημασιολογικού Ιστού είναι να εξελίξει τον σημερινό ιστό δίνοντας στον χρήστη τη δυνατότητα να βρίσκει, να μοιράζει και να συνδυάζει τις πληροφορίες πιο εύκολα. Μέχρι τώρα ο χρήστης μπορεί να αναζητήσει πληροφορίες για μια λέξη ή να βρει την χαμηλότερη τιμή για ένα βιβλίο. Η μηχανή δεν μπορεί να πετύχει τα προηγούμενα χωρίς την καθοδήγηση από τον άνθρωπο, διότι οι ιστοσελίδες σχεδιάζονται από ανθρώπους και όχι από μηχανές. Ο Σημασιολογικός Ιστός θα δίνει τη δυνατότητα να μεταφράζονται οι πληροφορίες από τις μηχανές, ώστε να μπορούν να εκτελούν διεργασίες στην εύρεση, τον συνδυασμό και την διακίνηση της πληροφορίας στο διαδίκτυο. Γι' αυτόν το λόγο, η κοινότητα του διαδικτύου προσπαθεί οι όροι Σημασιολογικός Ιστός και Web 3.0 να θεωρούνται συνώνυμοι.

Τα linked data (διασυνδεδεμένα δεδομένα) περιγράφουν μια μέθοδο έκδοσης δομημένων δεδομένων, τα οποία διασυνδέονται ώστε να γίνουν πιο χρήσιμα. Στηρίζονται στα πρότυπα των

τεχνολογιών του Web, όπως η HTTP και τα URIs, αλλά αντί να δίνουν τις ιστοσελίδες στον άνθρωπο, τις επεκτείνουν για να μοιραστεί η πληροφορία με τέτοιο τρόπο ώστε να διαβαστεί από την μηχανή. Αυτό επιτρέπει σε δεδομένα από διαφορετικές πηγές να συνδεθούν και να εξεταστούν.

Ο Tim Berners-Lee περιγράφει τέσσερις βασικές αρχές των Linked data, με την προοπτική να κάνουν τον Ιστό να λειτουργήσει σωστά [4]:

1. Χρησιμοποίησε URIs για να προσδιορίσεις αντικείμενα και έννοιες.
2. Χρησιμοποίησε HTTP URIs για να αναζητηθούν οι προσδιοριστές, δηλαδή να επιτρέπεις στα άτομα να λάβουν μια περιγραφή του αντικειμένου που τυποποιείται από το URI.
3. Όταν αναζητείται κάποιο URI, να παρέχονται πληροφορίες μέσω σχετικών προτύπων (RDF/ XML), δηλαδή να οδηγείσαι σε περισσότερα χρήσιμα δεδομένα.
4. Χρησιμοποίησε συνδέσμους προς άλλα URIs για να υπάρχει πρόσβαση σε επιπλέον πληροφορία.

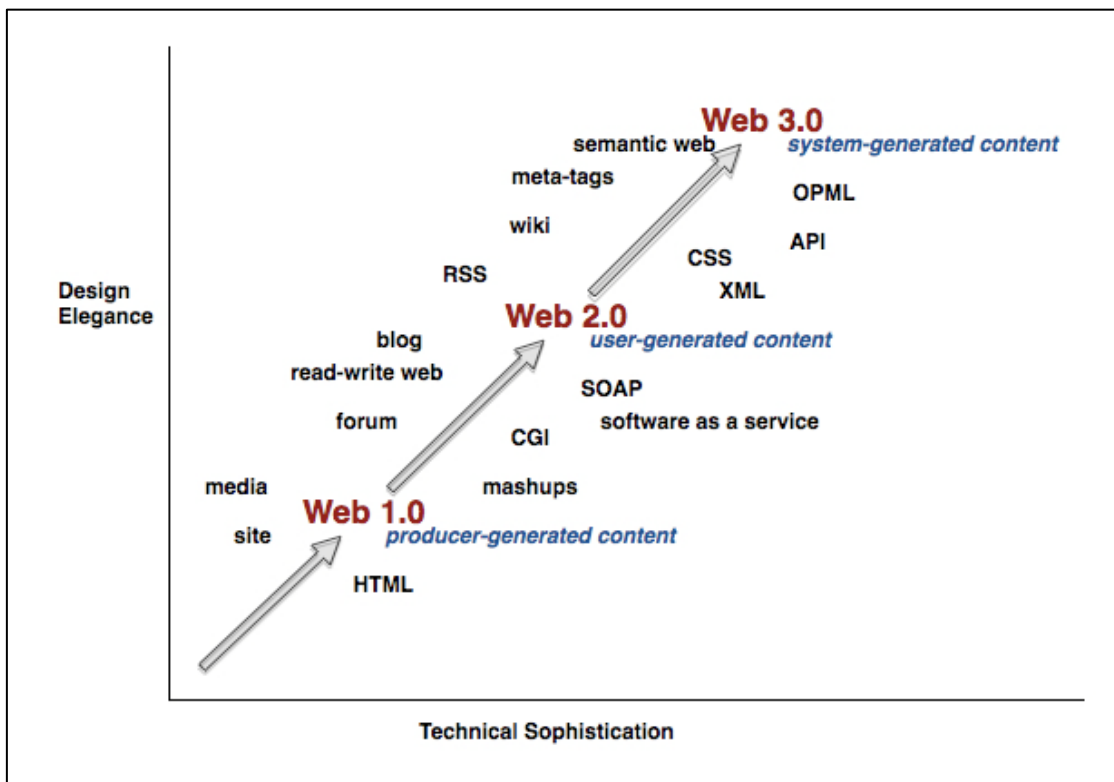
1.1.3 Τα συστατικά του Σημασιολογικού Ιστού

Ο Σημασιολογικός Ιστός στηρίζεται από τις ακόλουθες γλώσσες και πρότυπα [2]:

- XML (Extensible Markup Language): Είναι μια γλώσσα περιγραφής δεδομένων τα οποία είναι εύκολο να διαβαστούν και να επεξεργαστούν από ανθρώπους και προγράμματα. Δεν επιβάλλει κανέναν σημασιολογικό περιορισμό στα δεδομένα που περιγράφει.
- XML Schema: Είναι μια γλώσσα η οποία περιορίζει τη δομή των εγγράφων XML.
- RDF: Είναι ένα μοντέλο περιγραφής και επεξεργασίας μεταδεδομένων.
- RDF Schema: Είναι ένας μηχανισμός περιγραφής πόρων και των σχέσεων ανάμεσα τους και αποτελεί σημασιολογική επέκταση του RDF.
- OWL: Παρέχει έναν τρόπο περιγραφής όρων και σχέσεων γύρω από ένα πεδίο ενδιαφέροντος, προσφέροντας πιο ισχυρό συντακτικό από τις RDF και RDF Schema, καθώς και πιο ισχυρή σημασιολογία που βασίζεται στη λογική (logic-based semantics).

1.1.4 Η εξέλιξη του Web

Για να φτάσουμε στον Σημασιολογικό Ιστό, το διαδίκτυο είχε μια εξέλιξη συνεχώς μεταβαλλόμενη. Ένα διάγραμμα της εξέλιξης αυτής φαίνεται στην Εικόνα 2.



Εικόνα 2: Η εξέλιξη του Web [πηγή: <https://chatsudarattarasan.wordpress.com/2013/01/21/web-2-0/>]

Το διάγραμμα αφορά το Web από το 1989 που εφευρέθηκε από τον Tim Berners-Lee και τους συνεργάτες του, μέχρι σήμερα που θεωρητικά άρχισε να ενηλικιώνεται καθώς και τις μελλοντικές γενιές που πρόκειται να έρθουν.

Η πρώτη εφαρμογή του, το Web 1.0 είναι το Web που διαβάζεται μόνο (read-only web), η πληροφορία δηλαδή αναζητείται και διαβάζεται. Δεν υπάρχει άλλου είδους αλληλεπίδραση και κανένα είδος συνεισφοράς στο περιεχόμενο που μπορούν να έχουν οι χρήστες. Η επικοινωνία γίνεται μόνο μέσω e-mail. Οι χρήστες του υπολογίζονταν στα 76 εκατομμύρια παγκοσμίως.

Η εξέλιξη του πρώτου Web ήταν το Web 2.0, όπου σύμφωνα με τον Tim Berners-Lee υπάρχει το διάβασμα και το γράψιμο (read-write web). Στην δεύτερη γενιά του Web η επικοινωνία γίνεται αμφίδρομη, υπάρχει η δυνατότητα δημόσιου σχολιασμού και συνδιαλλαγής. Ο αριθμός των χρηστών αυξάνεται εντυπωσιακά, το 2009 υπολογίστηκαν 802.330.457 χρήστες. Το Web 2.0 θεωρείται κοινωνικό διαδίκτυο στο οποίο το περιεχόμενο της πληροφορίας δημοσιοποιείται και γίνεται κτήμα όλων αφού μπορεί να προωθηθεί από όποιον έχει πρόσβαση στην πληροφορία. Χαρακτηριστικές εφαρμογές του Web 2.0 είναι τα wiki και τα blogs. Πολλές από τις εντολές διάδρασης που χαρακτηρίζουν τη λειτουργία του είναι τα κοινωνικά μέσα, όπως το facebook ή το youtube.

Το επόμενο βήμα του Web 2.0 είναι το Web 3.0. Το Web 3.0 αφορά το Σημασιολογικό Ιστό. Όπως το έχουν οραματιστεί οι δημιουργοί του, η τρίτη γενιά του διαδικτύου θα αφορά ένα «έξυπνο» διαδίκτυο, που η μηχανές αναζήτησης θα απαντούν σε πραγματικά ερωτήματα των χρηστών και θα υπάρχει διαλειτουργικότητα [4].

1.1.5 Η Οντολογία στη Φιλοσοφία

Η οντολογία είναι κλάδος της φιλοσοφίας που μελετά τη φύση των όντων. Η λέξη προέρχεται από τις ελληνικές «ον» και «λόγος» και σημαίνει την έρευνα πάνω στην ύπαρξη, τη φύση και την ουσία των όντων, τη σταθερή τους μεταβολή, τη θεμελιώδη αρχή που υπάρχει πέρα από τα φαινόμενα και την ενότητά τους μέσα στην πολλότητα. Το ον ερευνάται σ' όλες του τις εκφάνσεις, δηλαδή ως άπειρο και ως πεπερασμένο, ως τέτοιο που θεωρούμε πως υπάρχει και ως αντικείμενο που

πραγματικά υπάρχει, ως φαινόμενο που άλλοτε μεν γίνεται αναγκαστικά και άλλοτε συμβαίνει ενδεχομένως. Η οντολογία ως επιστήμη που ερευνά τα όντα, έρχεται σε αντίθεση με τη γνωσιολογία, που είναι επιστήμη που ασχολείται με τη γνώση. Αυτό γίνεται γιατί η οντολογία ασχολείται με το πράγμα καθαυτό, ανιχνεύοντας τη φύση του απαλλαγμένη από τους υποκειμενικούς όρους της γνώσης, με τους οποίους αυτό θα μεταβαλλόταν σε φαινόμενο. Με τον τρόπο αυτό η οντολογία παρουσιάζεται ως θεωρία απόλυτη και καθαρή και αυτάρκης. Η θεώρηση αυτή του όντος, όπως αναφέρεται στον Αριστοτέλη είναι δεμένη με το υπέρτατο Όν, το Θεό. Με την οντολογική και τη θεολογική ενότητα χαρακτηρίζεται και η «πρώτη φιλοσοφία» του Αριστοτέλη που αργότερα ονομάστηκε «μεταφυσική». Ο Καντ αντίθετα αν και αρχικά αναγνωρίζει το δυνατό της οντολογίας, αργότερα αναπτύσσοντας τον κριτικό ιδεαλισμό, την υποτάσσει στη θεωρία της γνώσης. Αναφέρεται και μελετά τις σχέσεις του υποκειμένου με το αντικείμενο της σκέψης με το «είναι». Ο Χριστιανός Βολφ (1679-1754), που είναι και δημιουργός του όρου «οντολογία» ξεχωρίζει την επιστήμη του «είναι» από εκείνη της γνώσης. Με την εξέλιξη της οντολογίας εμφανίζονται φιλοσοφικά συστήματα που τείνουν στο σκεπτικισμό και στον αγνωστικισμό. Τον όρο χρησιμοποίησε τα νεότερα χρόνια και πάλι ο Χούσερλ, ιδρυτής της φαινομενολογίας [5].

1.1.6 Η Οντολογία στην Πληροφορική

Ο σημασιολογικός ιστός υπόσχεται ένα περιεχόμενο επεξεργάσιμο (κατανοητό) από τους Ηλεκτρονικούς Υπολογιστές. Όμως, η αποτελεσματικότητα αυτού προϋποθέτει πρόσβαση στο νόημα του περιεχομένου. Σημασιολογία σημαίνει «έχων νόημα». Τα ερωτήματα που προκαλούνται στην αναπαράσταση είναι τα ακόλουθα: Ποιός έχει νόημα; Πού βρίσκεται; Πώς είναι; Πώς χρησιμοποιείται; Η σημασιολογία των μεταδεδομένων λύνει το πρόβλημα της σύλληψης του νοήματος. Η σημασιολογία στηρίζεται στις τυπικές εκφραστικές δυνατότητες της γλώσσας αναπαράστασης της πληροφορίας π.χ. XML, RDF, OWL. Το να δείχνεις σε ένα πόρο δεν είναι αρκετό για την πρόσβαση στο νόημα ενός περιεχομένου. Οι οντολογίες χρησιμοποιούνται ευρέως στη Μηχανική Μάθηση, στην Τεχνητή Νοημοσύνη και στην Επιστήμη των Υπολογιστών, σε εφαρμογές που σχετίζονται με τη διαχείριση γνώσης, τη φυσική επεξεργασία γλώσσας, το ηλεκτρονικό εμπόριο, την ευφυή ενσωμάτωση πληροφορίας, την ανάκτηση πληροφορίας, το σχεδιασμό βάσεων δεδομένων, τη βιοπληροφορική, την εκπαίδευση και σε νέα αναδυόμενα πεδία όπως ο Σημασιολογικός Ιστός [6].

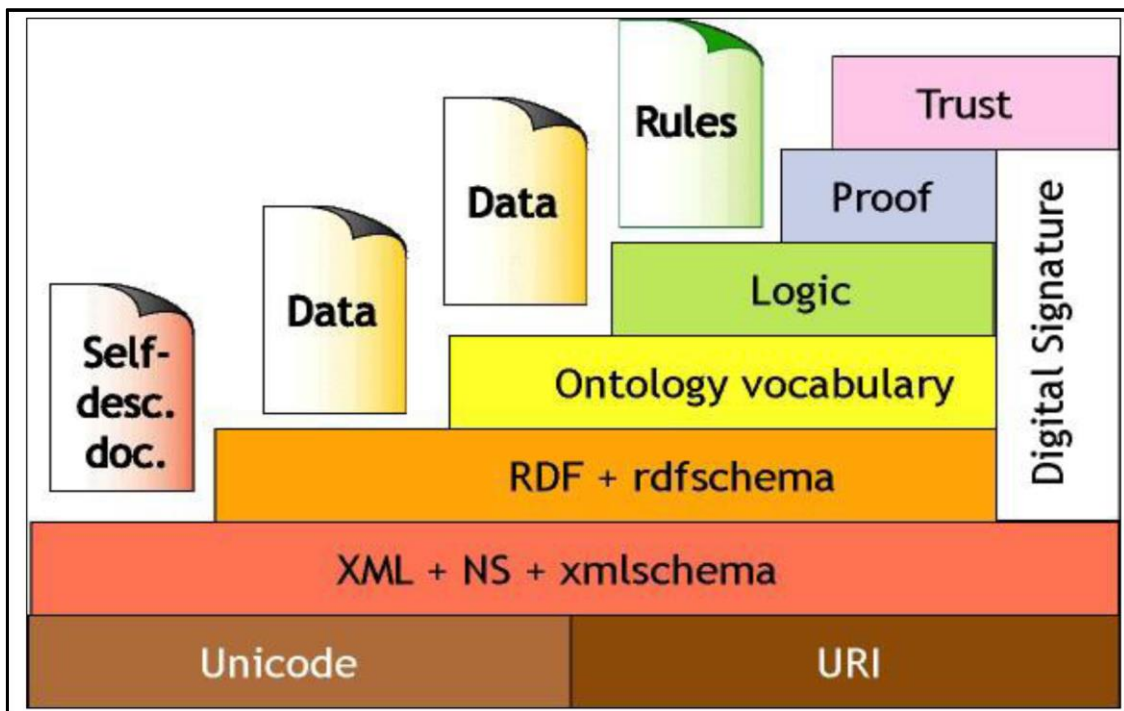
Στο πεδίο της Επιστήμης της Πληροφόρησης και των Υπολογιστών, ως οντολογία ορίζεται το σύνολο του λεξιλογίου και των εννοιών για την περιγραφή και την αναπαράσταση της επίνοιας μιας θεματικής περιοχής. Η επίνοια είναι η απλοποιημένη μορφή του κόσμου που είναι επιθυμητό να αναπαρασταθεί (για ένα συγκεκριμένο λόγο) και αποτελείται από αντικείμενα που υπάρχουν σε έναν κόσμο και από τις μεταξύ τους σχέσεις. Με τον όρο αναπαράσταση εννοούμε την κωδικοποίηση της περιγραφής με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή, ενώ με τον όρο περιγραφή, τον συνδυασμό των όρων που χρησιμοποιούνται για να εκφράσουν τις μεταξύ τους σχέσεις. Η αναπαράσταση της θεματικής περιοχής περιλαμβάνει έννοιες, χαρακτηριστικά, σχέσεις και στιγμιότυπα. Η οντολογία χρησιμοποιείται ως μοντέλο για τον περιορισμό των πιθανών σημασιολογικών ερμηνειών των όρων ενός λεξικού. Σημασιολογική ερμηνεία είναι μια απεικόνιση μεταξύ δεδομένων και ενός μοντέλου αντικειμένων ενός θεματικού πεδίου σύμφωνα με το προκείμενο νόημα των αντικειμένων αυτών και των σχέσεων μεταξύ τους. Η οντολογία είναι η ραχοκοκαλιά του Σημασιολογικού Ιστού. Δίνει νόημα στα μεταδεδομένα, συγκρατεί τη γνώση δημιουργεί μια διαμοιραζόμενη αντίληψη πραγμάτων μεταξύ μηχανών, ανθρώπων, μηχανών και ανθρώπων, κάνει τη γνώση μηχανικώς επεξεργάσιμη. Μια οντολογική ανάλυση αποσαφηνίζει τη δομή της πληροφορίας. Η οντολογία σε μια θεματική περιοχή συγκροτεί και αποτελεί την καρδιά κάθε συστήματος αναπαράστασης γνώσης. Για ένα αποτελεσματικό σύστημα αναπαράστασης γνώσης απαιτούνται δυο βήματα: το πρώτο είναι η εκτέλεση μιας αποτελεσματικής οντολογικής ανάλυσης σε μια θεματική περιοχή, ενώ το δεύτερο είναι η δυνατότητα διαμοιρασμού της γνώσης. Οι σύγχρονες οντολογίες μοιράζονται πολλές δομικές ομοιότητες, ανεξαρτήτως της γλώσσας με την οποία εκφράζονται και περιγράφουν έννοιες, χαρακτηριστικά, σχέσεις και στιγμιότυπα. Ο οργανισμός W3C, υποστηρίζει και προτείνει ως γλώσσα ορισμού οντολογίας (ontology definition language) την OWL (Web Ontology Language) -γλώσσα σήμανσης για τη δημοσίευση και τον

διαμοιρασμό δεδομένων χρησιμοποιώντας οντολογίες στο Διαδίκτυο- η οποία σχεδιάστηκε για χρήση σε εφαρμογές οι οποίες χρειάζονταν επεξεργασία του περιεχομένου της πληροφορίας αντί της απλής αναπαράστασης της πληροφορίας στους ανθρώπους.

Βλέπουμε, συνεπώς, ότι η εμφάνιση του Σημασιολογικού Ιστού έχει ανεβάσει σε άλλο επίπεδο την ανάπτυξη των Οντολογιών και των Μεθόδων Επίλυσης Προβλημάτων. Σύμφωνα με τον Berners-Lee (1999), ο Σημασιολογικός Ιστός είναι μια προέκταση του Παγκοσμίου Ιστού στον οποίο η πληροφορία που δίνεται είναι ακριβώς ορισμένη και δίνει τη δυνατότητα οι άνθρωποι και οι υπολογιστές να συνεργάζονται καλύτερα. Αυτή η συνεργασία μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας διαμοιραζόμενα συστατικά γνώσης. Έτσι οι οντολογίες και οι Μέθοδοι Επίλυσης Προβλημάτων έχουν γίνει τα βασικά κλειδιά για την ανάπτυξη του Σημασιολογικού Ιστού [5].

1.1.7 Τα επίπεδα του Σημασιολογικού Ιστού

Ο Σημασιολογικός Ιστός, σύμφωνα με τον Tim Berners-Lee, αποτελείται από μια σειρά επιπέδων. Τα επίπεδα αυτά δεν ανταποκρίνονται αυστηρά στην έννοια της αρχιτεκτονικής λογισμικού, αλλά αποτελούν περισσότερο τεχνολογικά επίπεδα λειτουργικότητας. Η Εικόνα 3 παρουσιάζει την διαστρωμάτωση των τεχνολογιών στις οποίες βασίζεται η εξέλιξη του Σημασιολογικού Ιστού.



Εικόνα 3: Στρωματική προσέγγιση του Σημασιολογικού Ιστού [πηγή: Qin, Li and Atluri, Vijayalakshmi, " Concept-level Access Control for the Semantic Web", Proceedings of the 2003 ACM Workshop on XML Security, October 31 - 31, 2003]

1ο Επίπεδο

Όπως φαίνεται, ο Σημασιολογικός Ιστός θεμελιώνεται πάνω στην ήδη υπάρχουσα υποδομή του Ιστού: στο πρωτόκολλο HTTP για τη μεταφορά, στα URIs (Universal Resource Indicators, Καθολικό Αναγνωριστικό των Πόρων) για την ονοματολογία, στην κωδικοποίηση Unicode (Universal Code) για την καθολική προσπέλαση.

2ο Επίπεδο

Ακόμα, ο Σημασιολογικός Ιστός θεμελιώνεται πάνω στην XML, Extensible Markup Language (Επεκτάσιμη γλώσσα σήμανσης), που είναι μια γλώσσα που επιτρέπει τη γραφή δομημένων

εγγράφων ιστού με ένα καθορισμένο από το χρήστη λεξιλόγιο. Η XML είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για την αποστολή εγγράφων μέσω του ιστού. Πάνω από τις τεχνολογίες αυτές ο Σημασιολογικός Ιστός προσθέτει συνολικά πέντε επίπεδα, ορισμένα από τα οποία έχουν ήδη υλοποιηθεί.

3ο Επίπεδο

Το RDF είναι ένα βασικό μοντέλο δεδομένων, όπως το μοντέλο οντότητας-σχέσης, για τη γραφή απλών δηλώσεων για τα αντικείμενα (πηγές) του ιστού. Το μοντέλο δεδομένων RDF δεν βασίζεται στην XML, αλλά έχει σύνταξη βασισμένη σε αυτήν. Γι' αυτό στο σχήμα της Εικόνας 3 είναι τοποθετημένο πάνω από το επίπεδο της XML.

Το RDF Schema προσφέρει σχεδιαστικές αρχές για την οργάνωση των αντικειμένων του ιστού σε ιεραρχίες. Οι βασικές έννοιες είναι οι κλάσεις, οι ιδιότητες, οι σχέσεις των υποκλάσεων και των υποιδιοτήτων, και οι περιορισμοί των τομέων και των σειρών. Το RDF Schema βασίζεται στο RDF.

Το RDF Schema μπορεί να ληφθεί ως βασική γλώσσα για τη γραφή οντολογιών. Όμως χρειάζονται ισχυρότερες οντολογικές γλώσσες που να το επεκτείνουν και να επιτρέπουν τις αντιπροσωπεύσεις πιο σύνθετων σχέσεων μεταξύ των αντικειμένων του ιστού.

4ο Επίπεδο

Παρέχει μια κοινή αναπαράσταση για τις οντολογίες (ontologies), που επιτρέπουν στους όρους που χρησιμοποιούνται στο επίπεδο δεδομένων, να ορίζονται και να συσχετίζονται μεταξύ τους (RDFS, DAML+OIL, OWL).

5ο Επίπεδο

Το επίπεδο της λογικής (logic) παρέχει το υπόβαθρο για τη δυνατότητα αυτοματοποιημένου συλλογισμού και συμπερασμών βάσει των πληροφοριών που δομούνται σε μια οντολογία. Το επίπεδο αυτό επιπλέον καθιστά δυνατή και ισχυροποιείται από τη χρήση τυπικών κανόνων, βάσει των οποίων γίνεται εφικτή η (ψευδο-) νοήμονα διαδικασία λήψης αποφάσεων από τις υπολογιστικές μηχανές.

6ο Επίπεδο

Το επίπεδο της απόδειξης (proof), είναι απαραίτητο ώστε τα αποτελέσματα που συμπεραίνονται από δεδομένα στο Σημασιολογικό Ιστό, να μπορούν να οδηγήσουν πίσω στις υποθέσεις που τα προκάλεσαν. Για παράδειγμα, αν κάποιος στείλει σε μια σελίδα A την απόδειξη ότι μπορεί να τη χρησιμοποιήσει τότε η σελίδα A θα πρέπει να μπορεί να ελέγξει και να επαληθεύσει την ύπαρξη της απόδειξης. Αυτό μπορεί να γίνει με τη χρήση μιας μηχανής λογικής ανάλυσης και εξαγωγής συμπερασμάτων.

7ο Επίπεδο

Τέλος, το επίπεδο της εμπιστοσύνης (trust), σε συνδυασμό με την τεχνολογία των ψηφιακών υπογραφών (digital signatures), εξασφαλίζει τον βαθμό στον οποίο οι πληροφορίες που διακινούνται, επεξεργάζονται και συμπεραίνονται στο Σημασιολογικό Ιστό είναι αξιόπιστες, με αυτοματοποιημένο τρόπο (για παράδειγμα, στην επικοινωνία μεταξύ πρακτόρων) [7].

1.2 Σημασιολογικός ιστός και οντολογίες στην εκπαίδευση

1.2.1 Σημασιολογικός ιστός στην εκπαίδευση

Η χρησιμότητα του σημασιολογικού ιστού στην ηλεκτρονική μάθηση έχει επισημανθεί από επιστήμονες της Πληροφορικής και από Εκπαιδευτικούς. Όταν λέμε ηλεκτρονική μάθηση εννοούμε «την παροχή περιεκτικού, δυναμικού και εξατομικευμένου εκπαιδευτικού υλικού, σε πραγματικό χρόνο, το οποίο συμβάλλει στην ανάπτυξη της κοινωνίας της γνώσης και φέρνει σε επαφή μαθητευόμενους και ειδικούς» (Drucker, 2000). Κατά προέκταση, η ηλεκτρονική μάθηση οφείλει να είναι αποδοτική, επίκαιρη, εξατομικευμένη και διαδραστική (Παγγέ Α., 2012).

Η κεντρική ιδέα του σημασιολογικού ιστού, δηλαδή, η απόδοση νοήματος στην πληροφορία, που να είναι κατανοητό τόσο από τους ανθρώπους όσο και από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, σε συνδυασμό με τη χρήση αυτόνομων πρακτόρων, είναι μια δυναμική προσέγγιση για την ικανοποίηση των προαναφερόμενων αναγκών της ηλεκτρονικής μάθησης (Παγγέ Α., 2012). Η εφαρμογή των τεχνολογιών του σημασιολογικού ιστού μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία δυναμικών συστημάτων ηλεκτρονικής μάθησης, με επιπρόσθετες υπηρεσίες και εξατομικευμένο χαρακτήρα, δίνοντας τη δυνατότητα προσαρμογής των προγραμμάτων σπουδών στις απαιτήσεις των εκπαιδευομένων (Korpe, 2001). Επίσης, θα αποφέρει σημαντικά οφέλη, τόσο σε εκπαιδευτικούς και εκπαιδευομένους, όσο και στο μαθησιακό/διδασκτικό περιεχόμενο, εφόσον θα υποστηρίζεται η σημασιολογική περιγραφή, με τρόπο κατανοητό στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, του συνολικού εκπαιδευτικού περιβάλλοντος, δηλαδή του μαθησιακού/διδασκτικού περιεχομένου, των δραστηριοτήτων και της εκπαιδευτικής διαδικασίας (Παγγέ Α., 2012).

Ειδικότερα, σύμφωνα με τους Stojanovic et al. (2001), ο σημασιολογικός ιστός θα συνεισφέρει ουσιαστικά στην ανάπτυξη και την υλοποίηση προγραμμάτων ηλεκτρονικής μάθησης, καθώς αποφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα (Παγγέ Α., 2012) ως προς τη:

- **Συμμετρία:** Συμβάλλει στη διαλειτουργικότητα μεταξύ ετερογενών συστημάτων, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων ηλεκτρονικής μάθησης.
- **Διανομή:** Το μαθησιακό/διδασκτικό περιεχόμενο περιγράφεται με κοινά αποδεκτές οντολογίες, διευκολύνοντας έτσι την παρουσίαση και τη διαχείρισή του από διαφορετικά συστήματα παροχής ηλεκτρονικής μάθησης.
- **Δυναμικότητα:** Στο πλαίσιο του σημασιολογικού ιστού, το περιεχόμενο είναι δυναμικό και ανανεώνεται συνεχώς με την αλληλεπίδραση του με τους χρήστες.
- **Επίλυση προβλημάτων:** Εφόσον υποστηρίζεται η επικοινωνία και η συνεργασία μεταξύ αυτόνομων πρακτόρων και αυτόνομων πρακτόρων μαθησιακού/διδασκτικού περιεχομένου.
- **Εξατομίκευση:** Η ίδια η δομή της πληροφορίας επιτρέπει την ανάπτυξη και προσαρμογή του μαθησιακού/διδασκτικού περιεχομένου, σύμφωνα με τις ιδιαίτερες ανάγκες του κάθε χρήστη.

Επομένως, θεωρείται ότι ο σημασιολογικός ιστός θα αλλάξει ουσιαστικά τον τρόπο λειτουργίας του διαδικτύου. Οι νέες γενιές χρηστών θα απολαμβάνουν προηγμένες διαδικτυακές υπηρεσίες, σε ένα πιο φιλικό και διαλειτουργικό περιβάλλον. Οι εκπαιδευτικοί και ειδικότερα όσοι απευθύνονται στις μικρές ηλικίες, θα πρέπει να γνωρίζουν τις βασικές λειτουργίες και υπηρεσίες του διαδικτύου, ώστε να είναι σε θέση να καθοδηγήσουν σωστά τους νεαρούς μαθητές, βοηθώντας να εξαλειφθεί η άγνοια και ο φόβος που μπορεί να έχουν απέναντι στις νέες τεχνολογίες.

Είναι εμφανές πως ο σημασιολογικός ιστός αναμένεται να αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε το διαδίκτυο. Βρισκόμαστε σε μια περίοδο όπου το διαδίκτυο βρίσκεται σε μια μεταβατική περίοδο και όπου γίνονται καθημερινές προσπάθειες ώστε το αχανές και ετερογενές σύνολο των διαδικτυακών πληροφοριών να μετατραπεί σε γνώση. Η σύγχρονη βιβλιογραφία παρουσιάζει έντονη ερευνητική δραστηριότητα ως προς την ανάπτυξη και αξιολόγηση διαδικτυακών εφαρμογών, βασιζόμενων στην τεχνολογία του σημασιολογικού ιστού, είτε σχετικών με την εξόρυξη και οργάνωση των δεδομένων, είτε με την ηλεκτρονική μάθηση [8], [9], [10].

Η συμβολή του σημασιολογικού διαδικτύου στην ηλεκτρονική μάθηση αναμένεται να αποφέρει σημαντικά οφέλη, όσον αφορά στους εκπαιδευτικούς, στους εκπαιδευομένους και στο μαθησιακό/διδασκτικό περιεχόμενο.

Ειδικότερα, αναφορικά με τους εκπαιδευτικούς, αυτόνομοι πράκτορες μπορούν να συμβάλουν στην ενίσχυση της εκπαιδευτικής διαδικασίας, στη διευκόλυνση καταγραφής αρχείων, στην παρακολούθηση της προόδου των εκπαιδευομένων, στη διόρθωση των γραπτών και στην επικοινωνία με τους μαθητές. Οι εκπαιδευόμενοι μπορεί να υποστηρίζονται στην προσπάθεια έξυπνης αναζήτησης σχετικού εκπαιδευτικού υλικού, στη διοργάνωση ή την υπενθύμιση εκπαιδευτικών συναντήσεων και καταληκτικών ημερομηνιών εργασιών ή εξετάσεων. Επίσης, η αλληλεπίδραση των προσωπικών πρακτόρων με αυτόνομους πράκτορες άλλων εκπαιδευομένων θα αυτοματοποιήσει τις διαδικασίες που αφορούν στη διευκρίνηση αποριών,

στην οργάνωση και διεκπεραίωση συνεργατικών δραστηριοτήτων και θα συμβάλει στην κοινωνικοποίηση. Επιπλέον, η ενίσχυση του διαδικτύου με ποικίλης μορφής και σκοπού αυτόνομους πράκτορες θα συμβάλει στον εμπλουτισμό του μαθησιακού/διδακτικού περιεχομένου, στον αυτόματο έλεγχο των πνευματικών δικαιωμάτων και των περιορισμών στη χρήση του και στην επαναχρησιμοποίηση και διάδοση των δομημένων ηλεκτρονικών πληροφοριών.

Γενικώς, παρατηρείται πως ο σημασιολογικός ιστός αποτελεί μια τεχνολογία που δεν είναι ακόμα γνωστή στο ευρύ κοινό, αλλά θα απασχολήσει τα επόμενα χρόνια τόσο τους ειδικούς, όσο και τους απλούς χρήστες του διαδικτύου. Ως γνωστόν, οι περισσότεροι αντιδρούν θετικά σε κάθε νέο τεχνολογικό επίτευγμα, παρόλο που διατηρούν επιφυλάξεις για την ευχρηστία και την αποτελεσματικότητά τους. Αυτό που θεωρούν σημαντικό οι ειδικοί από την επιστημονική κοινότητα, είναι να γίνουν περαιτέρω έρευνες για την εφαρμογή του σημασιολογικού ιστού στα Πανεπιστήμια και κυρίως για την αποδοχή του από τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς [11].

1.2.2 Οντολογίες και Χρήσεις Οντολογιών στην Εκπαίδευση

Παρακάτω αναφέρονται μερικά παραδείγματα οντολογιών που έχουν δημιουργηθεί για χρήση σε σύγχρονες εφαρμογές ηλεκτρονικής μάθησης:

1. Οντολογίες για την περιγραφή γνωστικού πεδίου (educational domain knowledge ontologies). Το γνωστικό πεδίο σε μια εφαρμογή ηλεκτρονικής μάθησης ή διαχείρισης γνώσης θα μπορούσε να αναπαρασταθεί με πολλούς τρόπους: λεξικά, θησαυροί, περίληψη, κατάλογος βιβλιοθήκης, ευρετήρια και μεταδεδομένα, γράφοι, οντολογίες κλπ. Από όλα τα παραπάνω η οντολογία είναι η πιο κατάλληλη δομή για να περιγράψει το πλούσιο από σχέσεις δίκτυο ανάμεσα στις έννοιες του πεδίου (Davies et al., 2003). Υπάρχει πληθώρα τέτοιων οντολογιών όπως αυτές που αναφέρουν σε εργασίες τους ερευνητές όπως οι Sosnovsky & Gavrilova (2006), οι Bianchi et al. (2009), οι Grandbastien & Huyin Kim Bang (2008), οι Albano et al. (2007), ο Paquette (2007), ο Van Assche (2007), κ.α. Σε κάποιες εφαρμογές οι οντολογίες έχουν μικρή λεπτομέρεια και σε άλλες περισσότερη, σε άλλες υπάρχει προσανατολισμός στην εκπαιδευτική χρήση και σε άλλες όχι. Τέτοιες οντολογίες συχνά χρησιμοποιούνται για πλοήγηση στο γνωστικό πεδίο, καθώς και για τη σημασιολογική επισήμειωση (semantic annotation) μαθησιακών αντικειμένων, εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων και γενικότερα ψηφιακών μαθησιακών πόρων και συμβάλλουν στο διαμοιρασμό και την επαναχρησιμοποίησή τους.

2. Οντολογίες για την περιγραφή ικανοτήτων των εκπαιδευομένων και μαθησιακών στόχων. Οι προσεγγίσεις που βασίζονται στην έννοια της ικανότητας κερδίζουν συνεχώς έδαφος στην ανάπτυξη του ανθρώπινου δυναμικού. Στο πλαίσιο των εφαρμογών ηλεκτρονικής μάθησης η μοντελοποίηση των ικανοτήτων (Competence Modeling) θεωρείται πλέον απαραίτητη για κάθε είδους παιδαγωγικό σχεδιασμό (Schmidt & Kunzmann, 2006; Schmidt & Kunzmann, 2007). Διάφοροι ερευνητές όπως οι Sicilia (2005), Paquette (2007), Van Assche (2007), Schmidt & Kunzmann (2007) κ.α. έχουν προτείνει οντολογίες για την μοντελοποίηση ικανοτήτων. Σε αυτές τις οντολογίες επιχειρείται η αναπαράσταση των ικανοτήτων και των μαθησιακών στόχων σε τυπική γλώσσα, έτσι ώστε να μπορεί να επιτευχθεί η διαχείρισή τους σε εφαρμογές ηλεκτρονικής μάθησης. Για παράδειγμα, είναι δυνατόν να υπολογιστούν τα γνωστικά κενά κάθε εκπαιδευόμενου με βάση τις τρέχουσες ικανότητές του και αυτές που θέλουμε να αποκτήσει (επιθυμητές ικανότητες) και με βάση αυτά να του προτείνεται αντίστοιχο μαθησιακό υλικό (εξατομίκευση εφαρμογής), ή να μπορεί να συγκριθούν στόχοι από διαφορετικά προγράμματα σπουδών για να διαμοιραστεί και να επαναχρησιμοποιηθεί υλικό που σχετίζεται με συγκεκριμένους στόχους (Van Assche, 2007).

3. Οντολογίες για την περιγραφή μαθησιακών διαδικασιών, δραστηριοτήτων, διδακτικών σεναρίων, διδακτικών εννοιών, διδακτικών μονοπατιών κλπ (όπως αυτές που αναφέρουν οι Rius et al., 2008, Knight et al., 2006, κ.α.). Τέτοιες οντολογίες βασίζονται συνήθως σε κοινά αποδεκτά πρότυπα μαθησιακού σχεδιασμού και χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τις βασικές συνιστώσες κάποιας μαθησιακής διαδικασίας με στόχο την αυτόματη ή την ημιαυτόματη παραγωγή κάποιου διδακτικού σεναρίου με βάση τις δεδομένες συνιστώσες.

4. Οντολογίες για την περιγραφή συστημάτων διαχείρισης μάθησης LMS (όπως αυτή που αναφέρει ο Shrimathi, 2010). Τέτοιες οντολογίες περιγράφουν τις βασικές συνιστώσες ενός συστήματος διαχείρισης μάθησης με στόχο την ύπαρξη πλαισίου επικοινωνίας, την διαλειτουργικότητα και την επαναχρησιμοποίηση πόρων.

5. Οντολογίες εκπαιδευτικών μεταδεδομένων (όπως αυτή που αναφέρει ο Bianchi et al., 2009). Τέτοιες οντολογίες βασίζονται συνήθως σε κοινά αποδεκτά πρότυπα και χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τα βασικά εκπαιδευτικά μεταδεδομένα για την περιγραφή μαθησιακού περιεχομένου με στόχο την αποδοτικότερη διαχείριση και ανάκληση του περιεχομένου [12].

1.2.3 Στόχοι Σημασιολογικού Ιστού για την υποστήριξη της Μάθησης και της Διδασκαλίας

Βασική φιλοδοξία του Σημασιολογικού Ιστού, είναι να δώσει τη δυνατότητα στους χρήστες αλλά και στα πληροφοριακά συστήματα, να κατανοήσουν και να επεξεργάζονται λογικά τις ίδιες πληροφορίες και δεδομένα (Berners-Lee, Hendler & Lassila, 2001). Έτσι, θα ανοίξουν νέοι συναρπαστικοί ορίζοντες, αφού τα πληροφοριακά συστήματα θα μπορούν, όχι μόνο να αντλούν πληθώρα πληροφοριών (όπως γίνεται σήμερα), αλλά και να τις επεξεργάζονται λογικά, εξάγοντας χρήσιμα συμπεράσματα. Οι καλές πρακτικές και τα νέα δεδομένα, από την εξαγωγή συμπερασμάτων, μαζί με εποικοδομητικά σχόλια από εξειδικευμένους χρήστες, θα μπορούν να δημοσιεύονται στο διαδίκτυο, για να επαναχρησιμοποιηθούν, αυξάνοντας τη συνολική γνώση, αξία και προσφορά του Σημασιολογικού Ιστού (Dvedzic, 2004) [13].

1.2.4 Οι στόχοι και οι προκλήσεις του Σημασιολογικού Ιστού

Αναφορικά με τις διαδικασίες μάθησης και διδασκαλίας, οι στόχοι που τίθενται στο πλαίσιο αξιοποίησης του Σημασιολογικού Ιστού, αποτελούν παράλληλα και προκλήσεις και μπορούν να περιγραφούν συνοπτικά όπως παρακάτω:

- Επίτευξη Μαθητοκεντρικής Μάθησης

Το εκπαιδευτικό υλικό μπορεί να διασυνδεθεί σε κοινώς αποδεκτές οντολογίες. Μπορεί να σχεδιαστούν εξατομικευμένα μαθήματα μέσω σημασιολογικών ερωτημάτων και να ανακτηθούν στα πλαίσια πραγματικών προβλημάτων, όπως θα έχουν οριστεί από τον εκπαιδευόμενο.

- Ευέλικτη Πρόσβαση

Η μάθηση μπορεί να επιτευχθεί με οποιαδήποτε σειρά επιθυμεί ο εκπαιδευόμενος, ανάλογα με τα ενδιαφέροντα και τις ανάγκες του. Προφανώς, οι κατάλληλοι σημασιολογικοί σχολιασμοί, θα θέσουν περιορισμούς στις περιπτώσεις που χρειάζεται προαπαιτούμενη γνώση, αλλά συνολικά, θα υποστηριχθεί η μη γραμμική πρόσβαση.

- Ολοκλήρωση

Ο Σημασιολογικός Ιστός μπορεί να παρέχει μια ομοιόμορφη πλατφόρμα για εκπαιδευτικές διαδικασίες, με τις οποίες μπορούν να ολοκληρωθούν οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες.

- Αποτελεσματική Λειτουργία

Απαιτεί συστήματα για τον καθορισμό, τη δημιουργία και την εισαγωγή προσδιοριστικών συνόλων (tags), τα οποία περιγράφουν και σε μερικές περιπτώσεις, περιορίζουν το περιεχόμενο στο διαδίκτυο.

- Ανάπτυξη Δομών Δεδομένων

Είναι χρήσιμο να αναπτυχθούν κατάλληλες δομές δεδομένων, ώστε να εξασφαλίσουν την ικανότητα προγραμματισμού, χωρίς να υπάρξει απώλεια στοιχείων ή αδικαιολόγητος περιορισμός των τρόπων με τους οποίους οι άνθρωποι μπορούν να εκφραστούν.

- Χαρτογράφηση Οντολογιών

Είναι σημαντικό τα διάφορα προτεινόμενα πλαίσια να εξετάζουν τη αντιστοίχιση (mapping) μεταξύ οντολογιών, όταν εκπαιδευτικές υπηρεσίες προσυπογράφονται σε διαφορετικές οντολογίες.

Σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν και τα προσδιοριστικά σύνολα (tags) που οργανώνονται και συνδέονται η μία με την άλλη, με τη μορφή που απαιτείται για τυπικά δομημένες οντολογίες (Xu et al., 2008). Τα άτομα και οι πράκτορες, χρησιμοποιούν αυτές τις ετικέτες για να ανακτήσουν, να επεξεργαστούν και να χειριστούν πληροφορίες στο διαδίκτυο. Το διδακτικό υλικό που είναι βασισμένο στον Ιστό χωρίζεται χαρακτηριστικά σε ανεξάρτητες ενότητες, που συνδυάζονται περαιτέρω σε πλήρεις σειρές μαθημάτων. Αυτή η προσέγγιση εμπνέει την επαναχρησιμοποίηση και καθιστά ευκολότερη τη δημιουργία παραμετροποιημένων σειρών μαθημάτων, που προσαρμόζονται σε διαφορετικούς σκοπούς ή ακροατήρια, μέχρι και στο επίπεδο μεμονωμένων εκπαιδευομένων (Ohler, 2008). Συχνά, όμως, τίθενται περιορισμοί, όπως η σταθερή χρονική διάρκεια ή η εμφάνιση του υλικού μόνο μία φορά.

Διαφορετικές αναπαραστάσεις, μπορεί να προέλθουν από την αλληλεπίδραση των εκπαιδευομένων, όπως ερωτήσεις, αιτήματα πλοήγησης, αποτελέσματα διαγωνισμάτων ή προκαθορισμένοι όροι, όπως στόχοι εκμάθησης, προηγούμενη εμπειρία των εκπαιδευομένων και εξωτερικά επιβαλλόμενα όρια. Τέτοιες ημιαυτόματες επιλογές υλικού εκμάθησης, είναι κυρίως διδακτικές επιλογές και έχει γίνει μεγάλη προσπάθεια για την ανεύρεση διδακτικών προτύπων που να τυποποιούν και να τοποθετούν τις διδακτικές επιλογές σε ένα απλό πρότυπο [13].

1.2.5 Αξιοποίηση Δυνατοτήτων Σημασιολογικού Ιστού στη Μάθηση και τη Διδασκαλία

Ο Σημασιολογικός Ιστός δίνει και σίγουρα θα δώσει περαιτέρω ώθηση για την αξιοποίηση των δυνατοτήτων του στη μάθηση και τη διδασκαλία. Μερικές από αυτές τις δυνατότητες είναι:

- Η ουσιαστική πληροφορία γίνεται κατανοητή από μηχανές.
- Η μετατροπή πληροφορίας από απλή «συλλογή χαρακτήρων» σε «συλλογή κατανοητών εννοιών», με τη χρήση ετικετών.
- Η σύνδεση ετικετών μεταξύ τους (οντολογίες), οι οποίες παρουσιάζουν τη λογική διασύνδεση των εννοιών.
- Η χρήση κοινών ορισμών, κανόνων αλληλεπίδρασης και οντολογιών, που μπορεί να μετατρέψει το διαδίκτυο από στατική συλλογή πληροφοριών σε σύστημα, τα στοιχεία του οποίου θα είναι αλληλένδετα (Devedzic, 2004).

Επιπλέον, σε επίπεδο Web 3.0, τα δεδομένα αποκτούν σημασιολογία – γίνονται επιτέλους πληροφορία και για τη μηχανή, οι μικτοί μηχανισμοί μπορούν να χρησιμοποιούν κοινώς αποδεκτά λεξικά και όχι εξειδικευμένες λύσεις, οι μηχανές αναζήτησης δίνουν πιο εύστοχα αποτελέσματα και οι εφαρμογές και οι ιστότοποι μπορούν να ανταλλάσσουν πληροφορίες και να ενημερώνονται (Aroyo & Dicheva, 2004).

Ως πλεονεκτήματα από την εισαγωγή της σημασιολογίας στις εκπαιδευτικές υπηρεσίες του Ιστού μπορεί να αναφερθούν τα παρακάτω:

- Οι σημασιολογικά εμπλουτισμένες υπηρεσίες του Ιστού χειρίζονται τη διαλειτουργικότητα σε τεχνικό επίπεδο - αυτό γίνεται επειδή επιτρέπουν στις εκπαιδευτικές εφαρμογές να επικοινωνούν μεταξύ τους ανεξάρτητα από την πλατφόρμα και το λογισμικό.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σημασιολογία για την ανακάλυψη και τη σύνθεση εκπαιδευτικών υπηρεσιών Ιστού.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί η σημασιολογία στην ανακάλυψη των εγγραφών ως κεντρικός μηχανισμός.

Στον Πίνακα 1, βλέπουμε τι ισχύει στην ηλεκτρονική μάθηση σήμερα και πώς αλλάζουν οι διαδικασίες και οι δυνατότητες με την αξιοποίηση του Σημασιολογικού Ιστού σε αυτήν.

Ηλεκτρονική Μάθηση σήμερα	Αξιοποίηση Σημασιολογικού Ιστού
Στατική αξία δεδομένων και πληροφορίας.	Δυναμική αλληλεξάρτηση εννοιών με χρήση ετικετών. Τα δεδομένα αποκτούν σημασιολογία.
Έλλειψη κοινών όρων για περιγραφή εννοιών.	Μηχανισμοί αξιοποίησης κοινά αποδεκτών «λεξικών».
Δυνατότητες αναζήτησης πληροφορίας, η οποία όμως παρουσιάζεται χωρίς συνοχή και συχνά, δεν έχει αξία για τον εκπαιδευόμενο.	Αυτόματη αναζήτηση πληροφορίας, βασισμένη στις προσωπικές επιλογές και το προφίλ του εκπαιδευόμενου.
Κίνδυνος μη ενημερωμένου υλικού, καθώς για να ανανεωθεί, απαιτούνται χρονοβόρες διαδικασίες, λόγω έλλειψης διασύνδεσης δεδομένων.	Ανταλλαγή πληροφοριών και αυτόματη ενημέρωση ιστότοπων με κατάλληλες εφαρμογές, που επιτρέπουν τη συνολική μετατροπή του περιεχομένου, λόγω υπάρχουσας διασύνδεσης.
Ο εκπαιδευόμενος αποφασίζει για την ύλη του.	Το υλικό συγκεντρώνεται αυτόματα κατόπιν επερωτήσεων.
Η μάθηση μπορεί να είναι προσωποποιημένη, σχεδιασμένη για τις ανάγκες κάθε εκπαιδευόμενου.	Ο εκπαιδευόμενος μπορεί να αναζητά πληροφορία και η οντολογία να συνδέει το πληροφοριακό υλικό με συγκεκριμένες αναζητήσεις.

Πίνακας 1: Αξιοποίηση Σημασιολογικού Ιστού στην Ηλεκτρονική Μάθηση

Στο μέλλον, η λειτουργία των πρακτόρων (agents) στην παιδαγωγική τους μορφή, θα αποκτήσει σημαντικό ρόλο, καθώς θα πραγματοποιούν αυτόματες αναζητήσεις, θα συνεργάζονται με άλλους πράκτορες και θα ταιριάζουν το υλικό που βρέθηκε, με βάση τις προτιμήσεις κάθε εκπαιδευόμενου (Hendler, 2001). Με αυτό τον τρόπο, θα του προτείνουν τις καλύτερες δυνατές πηγές και στρατηγικές που θα μπορεί να χρησιμοποιήσει.

Οι παιδαγωγικοί πράκτορες, παρέχουν τη δυνατότητα δημιουργίας ιδιαίτερων συνθηκών εξατομικευμένης μάθησης, με την προσαρμογή της διδακτικής - καθοδηγητικής τους αλληλεπίδρασης στις ανάγκες των εκπαιδευομένων και στην τρέχουσα κατάσταση του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος, βοηθώντας τους να ξεπεράσουν τις δυσκολίες, εκμεταλλευόμενοι τις ευκαιρίες μάθησης. Επιπλέον, έχουν τη δυνατότητα ανταπόκρισης στις ενέργειες του χρήστη και εμπλουτισμού της λειτουργίας τους, με τη γνώση του μαθησιακού περιβάλλοντος, πραγματοποιώντας παρουσιάσεις, παρακολουθώντας τους εκπαιδευομένους και προσφέροντας ανατροφοδότηση με σχόλια και επεξηγήσεις, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τα ηλεκτρονικά περιβάλλοντα μάθησης (Hendler, 2001) [13].

1.2.6 Χρήση Σημασιολογικού Ιστού στη Μάθηση και τη Διδασκαλία

Σημασιολογικοί φυλλομετρητές, όπως ο Magpie, χρησιμοποιούν οντολογίες για να προσδιορίσουν σημαντικές έννοιες σε ένα έγγραφο και να παράσχουν πρόσβαση σε σχετικό υλικό (Dzbor, Domingue & Motta, 2003). Η σημασιολογική ταξινόμηση είναι χρήσιμη στις περιπτώσεις όπου εμφανίζονται πολλά αποτελέσματα. Η σημασιολογική αναζήτηση μπορεί να παρασχεθεί από σημασιολογικά εργαλεία του Ιστού, όπως ο Ontobroker System, που έχει εφαρμοστεί στις ανάγκες της κοινότητας απόκτησης γνώσης.

Η ιδέα των πυλών γνώσης βασισμένων σε οντολογίες έχει περιγραφεί από τους Maedche & Staab (2001). Μια πύλη γνώσης, μπορεί να θεωρηθεί εφαρμογή Παγκόσμιου Ιστού που παρέχει πρόσβαση σε στοιχεία με ένα σημασιολογικά σημαντικό τρόπο, με ποικίλες πηγές, οι οποίες απευθύνονται σε διαφορετικά ακροατήρια. Οι πύλες γνώσης είναι δυναμικές, αναφορικά με το περιεχόμενο των αποθηκών και των μέσων παρουσίασης, αλλά αρκετά καθοδηγούμενες,

από την άποψη των διαδικασιών και της μεμονωμένης αλληλεπίδρασης χρηστών. Οι Dzdor, Domingue & Motta (2003), περιέγραψαν ένα πρότυπο προσέγγισης προσωπικών πυλών χρησιμοποιώντας τον Magpie, στις οποίες ο τελικός χρήστης μπορεί να εφαρμόσει πολλά σενάρια λήψης αποφάσεων. Μια σαφής σημασιολογική αντιπροσώπευση μπορεί να χρησιμεύσει ως μέσο για να δημιουργηθούν πιο προηγμένα και σύνθετα, αλλά συνεπή σχέδια μάθησης από ό,τι είναι δυνατό, χωρίς μια τέτοια αντιπροσώπευση. Το SCORM (Sharable Content Object Reference Model) είναι το πιο γνωστό πρότυπο, που επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση και τη φορητότητα εκμάθησης μέσω διαφόρων ΣΔΜ (Συστήματα Διαχείρισης Μάθησης) και τη δυνατότητα ανακάλυψης μεταξύ ικανοποιημένων καταναλωτών (Arogo, Pokraev & Brussee, 2003). Το πρότυπο SCORM, παρέχει μέσα για την περιγραφή του περιεχόμενου της μάθησης από την πιο βασική μορφή, (αρχεία κειμένων, βίντεο, παρουσιάσεις) μέχρι πιο σύνθετες συσσωματώσεις περιεχομένου, (μαθήματα ή σειρές μαθημάτων). Παρότι το πρότυπο SCORM έχει εξετάσει τους σημασιολογικούς σχολιασμούς, την ικανοποιητική συσσωμάτωση και την αλληλουχία, έχει επιλέξει δική του μορφή XML και μεθοδολογίες, που δεν είναι συμβατές με άλλες προτάσεις.

Στο πλαίσιο του Σημασιολογικού Ιστού, υπάρχει αυξανόμενη ανησυχία προς την ανάγκη επέκτασης των υπάρχοντων εκπαιδευτικών προτύπων, όπως το IEEE LOM [14], ώστε να επιτραπεί βελτιωμένος σημασιολογικός σχολιασμός πηγών εκμάθησης. Η διαλειτουργικότητα ή/και η ολοκλήρωση των προτύπων της e-μαθησιακής κοινότητας, με τα σημασιολογικά πρότυπα μεταδεδομένων του ιστού, απαιτούνται για να πραγματοποιήσουν την ολοκλήρωση των λύσεων (Knowledge Management) και της e-μάθησης (Stojanovic, Staab & Studer, 2001).

Οι Arogo & Dicheva (2004) περιέγραψαν την προηγμένης τεχνολογίας έρευνα κατά τη σημασιολογική εξέλιξη των συστημάτων e-μάθησης. Πρότειναν ένα σημασιολογικό και βασισμένο στη διαλειτουργικότητα πλαίσιο, προκειμένου να ανοίξουν, να διαμοιράσουν και να επαναχρησιμοποιήσουν τα συστήματα εκπαιδευτικού περιεχομένου και γνώσης. Μεσίτες βασισμένοι σε οντολογίες αντιστοιχούν τους εκπαιδευόμενους με εργαλεία κατασκευής μαθημάτων, τα οποία προσπαθούν να συνδυάσουν αυτόματα τα αντικείμενα εκμάθησης σε σειρές μαθημάτων ή σε ακολουθίες αντικειμένων (Stojanovic, Staab & Studer, 2001). Τέλος, το σύστημα Ontologging επαφίεται στο χρήστη για την απόκτηση μεταπληροφοριών, επιχειρώντας ωστόσο να κάνει τη διαδικασία όσο το δυνατόν πιο διαισθητική και διαφανή. Το σύστημα παρέχει εργαλεία για την επιμέλεια και την αποτύπωση του προφίλ του χρήστη, και περιλαμβάνει διεπαφές ενσωματώσιμες σε προγράμματα καθημερινής εργασίας (π.χ. MSOffice) για τη δημιουργία μεταδεδομένων και χρησιμοποιεί ευφυείς πράκτορες [13].

1.3 Διδασκαλία και μάθηση των Μαθηματικών στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Ανατρέχοντας στο «Επιμορφωτικό Υλικό για τους Καθηγητές Μαθηματικών Γυμνασίου» που εκδόθηκε το 2011 από το Υπουργείο Παιδείας, θα βρούμε το κεφάλαιο με τον τίτλο «Αξιοποίηση των ΤΠΕ στη διδακτική πρακτική».

Εκεί, ενημερώνονται οι εκπαιδευτικοί Μαθηματικών ότι η αξιοποίηση των ψηφιακών τεχνολογιών υποστηρίζει την έμφαση που δίνεται στο Πρόγραμμα Σπουδών, στην εμπλοκή των μαθητών σε μαθηματικές δραστηριότητες, διερεύνηση μαθηματικών ιδεών και επίλυση προβλημάτων μέσα από τη χρήση εξειδικευμένων λογισμικών για μαθηματική διερεύνηση και εργαλείων κοινωνικού λογισμικού για συλλογική διαπραγμάτευση και συνεργασία.

Προτείνεται η χρήση ειδικά σχεδιασμένων ψηφιακών εργαλείων ώστε να δημιουργηθεί ένα πεδίο ευκαιριών για τους μαθητές, οι οποίοι έτσι θα επεκτείνουν τις ικανότητές τους να διερευνούν και να αναλύουν μαθηματικές έννοιες, να εξερευνούν μαθηματικές κανονικότητες, και να κατανοούν μαθηματικές σχέσεις, καλλιεργώντας ή αμφισβητώντας τη διαίσθησή τους. Η διαπίστωση αυτή βασίζεται στο ότι τα εργαλεία αυτά θα πρέπει να προσφέρουν λειτουργίες που σχετίζονται άμεσα με εντοπισμένες δυσκολίες των μαθητών που προέρχονται κυρίως από τις περιορισμένες δυνατότητες αναπαράστασης, χρήσης και έκφρασης των μαθηματικών εννοιών με τα στατικά μέσα που χρησιμοποιούνται στην παραδοσιακή τάξη. Χαρακτηριστικά αναφέρονται η δυνατότητα αναπαράστασης των μαθηματικών εννοιών μέσα από διασυνδεδεμένα παράθυρα

στην οθόνη του υπολογιστή (π.χ. της συνάρτησης με μορφή πίνακα, τύπου και γραφήματος) και οι δυνατότητες άμεσης αλληλεπίδρασης των μαθητών με τις αντίστοιχες αναπαραστάσεις.

Για παράδειγμα, ένας μαθητής μπορεί να αλλάζει μια παράμετρο στον τύπο μιας συνάρτησης και να παρατηρεί τις αντίστοιχες αλλαγές στο γράφημά της. Στα περιβάλλοντα αυτά οι μαθητές μπορούν να αναπαριστούν μαθηματικές ιδέες και σχέσεις και να μοντελοποιούν καταστάσεις κάνοντας μετρήσεις και χρησιμοποιώντας διαγράμματα, γραφήματα, πίνακες και σύμβολα. Η δυνατότητα χρήσης των αναπαραστάσεων είναι κρίσιμη για την κατανόηση των μαθηματικών εννοιών και μπορεί να ευνοήσει τη μετατόπιση του μαθητή από την παθητική θέση 'θεατή' του μαθήματος των μαθηματικών στην εμπλοκή με δραστηριότητες όπως ο πειραματισμός με μαθηματικά αντικείμενα και σχέσεις, η δημιουργία υποθέσεων, η ανάπτυξη επιχειρηματολογίας και η ερμηνεία καταστάσεων και φαινομένων. Ιδιαίτερη αξία έχουν η διαμεσολάβηση, η διαπραγμάτευση και η συνεργασία γύρω από τα αναπαριστώμενα μαθηματικά αντικείμενα.

Τα ψηφιακά εργαλεία που προτείνονται στο Πρόγραμμα Σπουδών του υπουργείου, χρησιμοποιούνται ως εργαλεία έκφρασης και οργανώνονται σε πέντε κατηγορίες ανάλογα με το είδος της μαθηματικής δραστηριότητας και τον τρόπο χρήσης της υφιστάμενης τεχνολογίας. Αυτές είναι: η μαθηματική έκφραση μέσω προγραμματισμού, ο δυναμικός χειρισμός γεωμετρικών αντικειμένων και σχέσεων, η αλγεβρική διερεύνηση με αντίστοιχα συστήματα, η διερεύνηση και επεξεργασία δεδομένων με τη χρήση της στατιστικής και των πιθανοτήτων και ο πειραματισμός με ψηφιακά μοντέλα.

Τα εργαλεία αυτά αξιοποιούνται σε δύο επίπεδα:

- Επιλεκτικά με τη μορφή μικροπειραμάτων που ενσωματώνονται σε διαφορετικά σημεία της ύλης και μπορεί να συνδέονται είτε με ορισμούς και μαθηματικές ιδιότητες είτε με δραστηριότητες και ασκήσεις των σχολικών βιβλίων.
- Σε βασικό υλικό αναφοράς σε συνθετικές εργασίες για το σχεδιασμό και προετοιμασία μαθητικών δραστηριοτήτων αλλά και για ίδια μαθηματική διερεύνηση.

Τα μικροπειράματα εμπεριέχουν διασυνδεδεμένες αναπαραστάσεις και η βασική χρήση τους από μαθητές προβλέπει τον δυναμικό χειρισμό μαθηματικών αντικειμένων ώστε συμπεριφορές, σχέσεις και ιδιότητες να γίνονται αντικείμενο προβληματισμού, διερεύνησης και διαπραγμάτευσης (τι μένει σταθερό και τι αλλάζει καθώς μετεξελίσσονται τα μαθηματικά αντικείμενα). Για παράδειγμα, με αφετηρία μια δραστηριότητα – άσκηση του σχολικού βιβλίου, ένα μικροπείραμα μπορεί να στοχεύει στην επεξήγηση μιας έννοιας ή στην απαραίτητη εμπάθυνση για την κατανόησή της από τους μαθητές. Έτσι, το κάθε μικροπείραμα μπορεί να καλύπτει μια έννοια με στενό τρόπο ή ένα ευρύτερο εννοιολογικό πεδίο όπου εμπλέκονται συνδεδεμένες μαθηματικές έννοιες. Για παράδειγμα, σε μια δραστηριότητα κατασκευής της περιμέτρου ενός τριγώνου με ένα εργαλείο δυναμικής γεωμετρίας (μέσω τομής κύκλων) περιλαμβάνονται στοιχεία που αφορούν τον τρόπο κατασκευής ισοσκελούς και ισοπλεύρου τριγώνου αλλά και αναγκαίες συνδέσεις με γνώσεις που έχουν οι μαθητές για τις ιδιότητες του κύκλου.

Τα μικροπειράματα προορίζονται για χειρισμό από το μαθητή (εξατομικευμένα ή σε συνεργασία σε ομάδα) με δια ζώσης διδακτική υποστήριξη από τον εκπαιδευτικό ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθούν κατά την παραδοσιακή μετωπική διδασκαλία με χρήση διαδραστικού πίνακα ως μέσα εξήγησης εννοιών αλλά και ως μέσα για σχεδιασμό μιας διευρυμένης μαθηματικής διερεύνησης ενώπιον όλης της τάξης. Τα μικροπειράματα είναι σχεδιασμένα ώστε οι όποιες απαντήσεις των μαθητών να αφήνουν πεδίο παρέμβασης στον εκπαιδευτικό και αφορμές για διενέργεια συζήτησης στην ολομέλεια της τάξης (π.χ. μέθοδος επίλυσης ενός προβλήματος ή εύρεσης μιας απάντησης, γενίκευση της λύσης, ερμηνεία αποτελεσμάτων και συμπεριφορών μαθηματικών αντικειμένων).

Στην περίπτωση των συνθετικών εργασιών με αξιοποίηση των ψηφιακών εργαλείων, στο επίκεντρο βρίσκεται η συνεργασία μεταξύ των μαθητών (συνήα σε ομάδες) για τη διερεύνηση ενός θέματος ή τη λύση ενός προβλήματος στο οποίο εμπλέκονται τα μαθηματικά και αναδεικνύονται ως εργαλείο που ευνοεί τη διερεύνηση καθαυτή, την ερμηνεία και την κατανόηση. Έτσι, ο εκπαιδευτικός έχει τη δυνατότητα να σχεδιάσει διερευνήσεις που αναδεικνύουν συνδέσεις εντός των μαθηματικών (π.χ. διερεύνηση με άξονα ένα μαθηματικό θέμα) ή εκτός των μαθηματικών (π.χ. μαθηματικά και πολιτισμός, μαθηματικά στο πλαίσιο πραγματικών

καταστάσεων). Σε κάθε περίπτωση, οι προτεινόμενες συνθετικές εργασίες δεν προτείνεται να αντιμετωπιστούν ως αντικείμενα υλικού προς επεξήγηση στους μαθητές, αλλά να λειτουργήσουν ως γεννήτορες ιδεών για τη δημιουργική εμπλοκή των ίδιων των εκπαιδευτικών στο σχεδιασμό νέων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων για τη διερεύνηση μιας ποικιλίας μαθηματικών εννοιών του προγράμματος σπουδών από τους μαθητές. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα σπουδών προτείνει τη διαχείριση 10 ωρών διδασκαλίας ανά σχολικό έτος από το προβλεπόμενο για να εργαστούν οι μαθητές σε συνθετικές εργασίες. Μέρος ή το σύνολο των συνθετικών εργασιών που βασίζονται στη χρήση ψηφιακών εργαλείων προτείνεται να εφαρμοστούν στο εργαστήριο υπολογιστών του σχολείου [15].

1.4 Εφαρμογές οντολογιών στην εκπαίδευση με έμφαση στην άλγεβρα της β-θμιας εκπαίδευσης

Η ανάγκη για μαθηματικές υπηρεσίες ιστού ώστε να επιλυθούν μαθηματικά προβλήματα με αυτόματο τρόπο οδήγησε στη δημιουργία του MathML και του OpenMath [16]. Το OpenMath παρέχει έναν μηχανισμό που περιγράφει σημασιολογικά τα μαθηματικά σύμβολα, ενώ το MathM παρέχει μια μορφή παρουσίασης για μαθηματικά αντικείμενα. Αλλά αυτά τα δύο εργαλεία δεν καλύπτουν την ανάγκη μιας γλώσσας ικανής να περιγράψει τη σημασιολογία των μαθηματικών διεργασιών [17]. Από την άλλη πλευρά, το ερευνητικό έργο EU MONET [18] στοχεύει στην εφαρμογή των πιο πρόσφατων ιδεών για τη δημιουργία ενός σημασιολογικού ιστού στον κόσμο του μαθηματικού λογισμικού, αξιοποιώντας παράγοντες λογισμικού για να ταιριάξει ένα αφηρημένο πρόβλημα σε κατανεμημένες υπηρεσίες που είναι διαθέσιμες για την επίλυσή του. Το λειτουργικό πλαίσιο του EU MONET είναι ισχυρό, ευέλικτο και δυναμικό, αλλά και εύκολο στην πλοήγηση, τοποθετώντας κορυφαίους αλγόριθμους στη διάθεση πιθανών χρηστών σε όλο τον κόσμο [19].

1.5 Η δικιά μας πρόταση: Τι πραγματεύεται η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή

Η πρόταση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι να χρησιμοποιηθούν οι οντολογίες και ο σημασιολογικός ιστός με τέτοιο τρόπο ώστε να αποτελέσουν ένα βοηθητικό εργαλείο για τον καθηγητή κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Θέλουμε να δώσουμε τη δυνατότητα στον διδάσκοντα να μπορεί να περιηγείται στην ύλη που διδάσκει καθώς και να βλέπει τις συνδέσεις μεταξύ των εννοιών που έχει ήδη παραδώσει στους μαθητές του αλλά και των μελλοντικών εννοιών που θα τους διδάξει σε επόμενα μαθήματα. Να αποκτήσει εύκολη και γρήγορη πρόσβαση στην ύλη του σε σχέση με την αναζήτηση σε ένα βιβλίο. Από την άλλη, ο κυριότερος λόγος που θελήσαμε να υλοποιήσουμε την πρόταση αυτή, είναι οι μαθητές. Θέλουμε οι μαθητές όταν διδάσκονται μια έννοια και πρέπει να θυμηθούν προηγούμενες γνώσεις που έχουν διδαχτεί και συνδέονται κομβικά με την παρούσα έννοια, να μπορούν να το κάνουν γρήγορα και επικοινωνητικά. Επίσης, να μπορούν να καλύπτουν εύκολα τα κενά που τυχόν έχουν. Η οπτικοποίηση των εννοιών και οι συνδέσεις μεταξύ τους, θα τους δίνουν γρήγορα «εικόνα» της ύλης απ' το να ανατρέχουν και αυτοί σε βιβλία που μπορεί να είναι και προηγούμενων τάξεων, τα οποία φυσικά δεν θα τα έχουν διαθέσιμα εκείνη τη στιγμή μέσα στην αίθουσα διδασκαλίας.

1.6 Περιγραφή της δομής της μεταπτυχιακής διατριβής

Για την υλοποίηση της μεταπτυχιακής διατριβής αρχικά, στο 3^ο Κεφάλαιο γίνεται μια αναφορά στις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για να χτιστούν οι οντολογίες. Περιγράφονται οι γλώσσες αναπαράστασης της γνώσης που αποτελούν το βασικό συστατικό του σημασιολογικού ιστού καθώς και η σύνταξη με την οποία αποδίδεται η γνώση σε αυτές τις γλώσσες. Παρουσιάζονται τα βασικά συστατικά μιας οντολογίας και αναλύονται περαιτέρω οι πιο σημαντικές από αυτές τις τεχνολογίες, όπως το Πλαίσιο Περιγραφής Πόρων (RDF), το Σχήμα Πλαισίου Περιγραφής Πόρων (RDFS), η γλώσσα ερωτήσεων SPARQL, η Γλώσσα Οντολογίας Διαδικτύου OWL, το Σύστημα Οργάνωσης της Γνώσης SKOS και η γλώσσα Turtle.

Στη συνέχεια, στο 4^ο Κεφάλαιο αναλύεται ο τρόπος που θα μπορούσε να φανεί χρήσιμη μια οντολογία στη διδασκαλία της γεωμετρίας στο γυμνάσιο και περιγράφονται τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για να οπτικοποιηθεί η οντολογία του Κύκλου. Παρουσιάζονται το ScOT (Schools Online Thesaurus) που χρησιμοποιείται στα σχολεία της Αυστραλίας και της Νέας Ζηλανδίας και το LodLive που έχει αναπτυχθεί από μια μικρή ομάδα ιταλών ερευνητών εξειδικευμένων στις RDF τεχνολογίες. Γίνεται μια σύντομη αναφορά στους λόγους που αυτά τα εργαλεία δεν ανταποκρίθηκαν στις απαιτήσεις της διατριβής και στο πως εμφανίζεται ο γράφος της οντολογίας του Κύκλου μέσω αυτών των εργαλείων.

Τέλος, στο 5^ο Κεφάλαιο παρουσιάζεται μια αναλυτική περιγραφή ως προς το χτίσιμο της οντολογίας του Κύκλου με τη βοήθεια της γλώσσας Turtle. Στο κεφάλαιο αυτό υπάρχει ολόκληρος ο πηγαίος κώδικας της οντολογίας και αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο οι έννοιες που αφορούν τον Κύκλο συνδέθηκαν με αυτόν αλλά και μεταξύ τους. Ακολουθεί η παρουσίαση και περιγραφή του εργαλείου GraphDB και όλων των λειτουργιών του, καθώς και των δυνατοτήτων που αυτό παρέχει σε έναν χρήστη ως προς την οπτικοποίηση μιας οντολογίας και συγκεκριμένα της οντολογίας του Κύκλου που αφορούσε τη διατριβή.

Δεν θα μπορούσε να λείπει και το Κεφάλαιο με τα συμπεράσματα, τους περιορισμούς της έρευνας και τα επόμενα βήματα που θα μπορούσαν να δώσουν το έναυσμα ώστε να φτιαχτεί μια πλήρως λειτουργική εφαρμογή που θα χρησιμοποιηθεί και θα προσφέρει πραγματικά στη διδασκαλία και την μάθηση.

2 Τεχνολογία για τις οντολογίες

2.1 Τεχνολογίες Σημασιολογικού Ιστού

Προκειμένου η γνώση και η πληροφορία να περιγραφεί με έναν τυπικό τρόπο, ο οποίος θα δηλώνει τη σημασία της, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε γλώσσες αναπαράστασης της γνώσης. Προκειμένου όμως να χρησιμοποιήσουμε τέτοιες τεχνολογίες στο διαδίκτυο, θα πρέπει να αναθεωρήσουμε και να τροποποιήσουμε κάποια από τα συστατικά τους. Πιο συγκεκριμένα, όπως είναι γνωστό, στο σημερινό Ιστό κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό η πληροφορία δομείται με τη χρήση της γλώσσας XML. Έτσι, λοιπόν, αφενός στον Σημασιολογικό Ιστό πρέπει να περιγράψουμε τη γνώση με τη χρήση κάποιας γλώσσας αναπαράστασης γνώσης αφετέρου δε η σύνταξη της γλώσσας που θα χρησιμοποιήσουμε θα πρέπει να βασίζεται στη γλώσσα XML. Για το λόγο αυτό, η W3C, η οποία είναι ο οργανισμός που ασχολείται με την ανάπτυξη και προτυποποίηση τεχνολογιών για τον Παγκόσμιο Ιστό, έχει αναπτύξει δύο γλώσσες αναπαράστασης της γνώσης. Οι γλώσσες αυτές είναι η RDF(S) και η OWL.

Για ποιο λόγο όμως χρειαζόμαστε δύο γλώσσες αναπαράστασης γνώσης; Η απάντηση στο ερώτημα αυτό δίνεται αν κοιτάξουμε την αρχιτεκτονική του Σημασιολογικού Ιστού. Στην αρχιτεκτονική αυτή παρατηρούμε ότι ο Σημασιολογικός Ιστός αποτελείται από στρώματα (layers). Κάθε στρώμα υλοποιεί μια λειτουργικότητα (functionality), χρησιμοποιώντας και επεκτείνοντας τη λειτουργικότητα και τις τεχνολογίες που παρέχονται από τα χαμηλότερα στρώμα. Έτσι λοιπόν στα χαμηλά επίπεδα υλοποιούνται λειτουργίες οι οποίες είναι πολύ κοντά στον Παγκόσμιο Ιστό και στις μηχανές, όπως είναι οι τεχνολογίες που ασχολούνται με τον καθορισμό και την αναγνώριση των πόρων (URIs), ενώ καθώς ανεβαίνουμε στην ιεραρχία των επιπέδων διατρέχουμε επίπεδα τα οποία υλοποιούν λειτουργικότητες αναπαράστασης γνώσης, πολύπλοκης συλλογιστικής και εμπιστοσύνης πλησιάζοντας στην ανθρώπινη γνώση και σκέψη.

Θα ασχοληθούμε με τα ακόλουθα επίπεδα:

1. **Επίπεδο μεταδεδομένων:** Στο επίπεδο αυτό εισάγεται μια πολύ βασική και απλή γλώσσα αναπαράστασης γνώσης για τον Παγκόσμιο Ιστό. Το μοντέλο της γλώσσας αυτής προσφέρει ουσιαστικά μόνο τη δυνατότητα δημιουργίας ισχυρισμών (assertions) για τα στοιχεία του διαδικτύου. Οι έννοιες που εισάγονται είναι αυτές του *πόρου* (resource) και τι *ιδιότητας* (property), οι οποίες και χρησιμοποιούνται για την περιγραφή μετα-πληροφορίας χωρίς να περιγράφουν κάποια περίπλοκη γνώση. Για παράδειγμα, μπορούμε να περιγράψουμε κάποιον πόρο αποδίδοντάς του μία ή περισσότερες ιδιότητες με τις τιμές που κατέχει για τις ιδιότητες αυτές. Η γλώσσα που υλοποιεί το επίπεδο αυτό είναι η RDF (Resource Description Framework) (Lassila, O., Swick, R., 1999).

2. **Επίπεδο σχήματος:** Στο επίπεδο αυτό εισάγονται κάποια επιπλέον βασικά στοιχεία για την περιγραφή της γνώσης στον Σημασιολογικό Ιστό. Πιο συγκεκριμένα, εισάγονται για πρώτη φορά οι έννοιες της *κλάσης* (class) και της ιεραρχίας κλάσεων και ιδιοτήτων. Για να οριστούν αυτές οι έννοιες χρησιμοποιείται η λειτουργικότητα του επιπέδου μεταδεδομένων. Η γλώσσα η οποία υλοποιεί το επίπεδο αυτό είναι η γλώσσα RDF-S (RDF-Schema) (Brickey, D., Guha, R.V., 2000).

3. **Λογικό επίπεδο:** Στο επίπεδο αυτό υλοποιούνται περισσότερο εκφραστικές γλώσσες αναπαράστασης γνώσης. Οι γλώσσες αυτές χρησιμοποιούν και επεκτείνουν τη λειτουργικότητα του επιπέδου σχήματος παρέχοντας περισσότερες εκφραστικές δυνατότητες. Η γλώσσα η οποία υλοποιεί τη λειτουργικότητα του επιπέδου αυτού είναι η OWL (Bechhofer et. al., 2004).

4. **Επίπεδο κανόνων:** Στο επίπεδο αυτό η λειτουργικότητα των γλωσσών του λογικού επιπέδου επεκτείνεται ακόμη περισσότερο παρέχοντας τη δυνατότητα καταγραφής κανόνων.

Η μορφή μιας οντολογίας

Μια οντολογία μπορεί να πάρει διάφορες μορφές αλλά οπωσδήποτε θα περιλαμβάνει ένα λεξιλόγιο όρων και κάποιας μορφής προδιαγραφές για τη σημασία τους.

Σχετικά με τον βαθμό της τυπικότητας της αναπαράστασης μιας οντολογίας αυτή μπορεί να είναι:

- Άτυπη (informal), εκφρασμένη σε μια φυσική γλώσσα.
- Ημι-άτυπη (semi-informal): για παράδειγμα διατυπωμένη σε ένα περιορισμένο και δομημένο υποσύνολο κάποιας φυσικής γλώσσας.
- Ημι-τυπική (semi-formal): διατυπωμένη σε μια τεχνητή και αυστηρά ορισμένη γλώσσα.
- Αυστηρά τυπική (rigorously formal): ορισμοί όρων με αυστηρή σημασιολογία, θεωρήματα και αποδείξεις ιδιοτήτων, όπως η ορθότητα (soundness) και η πληρότητα (completeness).

Τα βασικά συστατικά μιας Οντολογίας

Διακρίνονται πέντε κατηγορίες συστατικών:

- Κλάσεις (classes):

Έννοιες που σχετίζονται με ένα πεδίο ή κάποιες εργασίες, οι οποίες είναι συνήθως οργανωμένες σε κάποιο ταξινομικό σύστημα. Σε μια οντολογία που αφορά το πανεπιστήμιο: ο 'φοιτητής' και ο 'καθηγητής' αποτελούν δύο κλάσεις.

- Σχέσεις (relations):

Ένας τύπος αλληλεπίδρασης μεταξύ εννοιών ενός πεδίου, όπως: subclass-of, is-a.

- Συναρτήσεις (functions)

Μια ειδική περίπτωση σχέσης στην οποία το n -οστό στοιχείο της σχέσης προσδιορίζεται μοναδικά από τα $n-1$ προηγούμενα στοιχεία. Για παράδειγμα: η τιμή-ενός-μεταχειρισμένου-αυτοκινήτου μπορεί να προσδιορίζεται σαν συνάρτηση της αρχικής τιμής του καινούριου αυτοκινήτου, του μοντέλου του αυτοκινήτου, των χαρακτηριστικών του αυτοκινήτου και των χιλιομέτρων που έχει διανύσει.

- Αξιώματα (axioms)

Αναπαριστούν προτάσεις που είναι πάντα αληθείς, για παράδειγμα: αν ο Φ είναι δευτεροετής φοιτητής τότε μπορεί να εγγραφεί στο επιλεγόμενο μάθημα M .

- Στιγμιότυπα (instances)

Αναπαριστούν συγκεκριμένα στοιχεία, για παράδειγμα: ο φοιτητής με το όνομα Νίκος είναι ένα στιγμιότυπο της κλάσης 'φοιτητής'.

Ο ρόλος των Οντολογιών είναι να συνενώνουν δύο ουσιώδη συστατικά τα οποία συμβάλλουν στην πλήρη ανάπτυξη του Παγκόσμιου Ιστού. Έτσι, ενώ ορίζουν την τυπική σημασιολογία της πληροφορίας διευκολύνοντας την επεξεργασία αυτής από τον H/Y , παράλληλα ορίζουν την σημασιολογία του πραγματικού κόσμου επιτρέποντας τη σύνδεση του περιεχομένου το οποίο επεξεργάζεται μηχανικά, με τη σημασία που του δίνουν οι άνθρωποι βασιζόμενοι σε κοινά αποδεκτή ορολογία [6].

Οι κυριότερες Γλώσσες αναπαράστασης οντολογιών είναι οι παρακάτω:

- Simple HTML ontology extensions (SHOE)
- Ontology exchange language (XOL)
- Ontology markup language (OML and KML)
- Resource Description Framework (RDF)
- Resource Description Framework Schema language (RDFS)
- Riboweb
- DARPA agent markup language (DAML)
- Ontology interchange language (OIL)
- Ontology Web Language (OWL)

Στις επόμενες υποενότητες θα δούμε κάποιες από τις πιο σημαντικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη του Σηματολογικού Ιστού.

2.1.1 Πλαίσιο Περιγραφής Πόρων (RDF)

Το βασικό πρότυπο που σχετίζεται με τον Σηματολογικό Ιστό είναι το κοινό επίσημο μοντέλο δεδομένων για την αναπαράσταση δεδομένων, το RDF (Resource Description Framework – Πλαίσιο Περιγραφής Πόρων). Το RDF 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).

Η RDF βασίζεται στην ιδέα ότι οι πόροι οι οποίοι πρέπει να περιγραφούν έχουν ιδιότητες (properties) οι οποίες έχουν συγκεκριμένη τιμή. Έτσι, μια μετα-πληροφορία για ένα πόρο αποτελείται από μία ιδιότητα και την τιμή που έχει ο πόρος για την ιδιότητα αυτή. Μια έκφραση για έναν πόρο ονομάζεται πρόταση (sentence) RDF. Συνοψίζοντας λοιπόν, μια πρόταση RDF αποτελείται από μια τριάδα (triple) ενός υποκειμένου (subject), μιας ιδιότητας (property) και ενός αντικειμένου (object). Τη θέση του υποκειμένου καταλαμβάνει ο πόρος, τη θέση της ιδιότητας η ιδιότητα που του αποδίδουμε, ενώ τη θέση του αντικειμένου η τιμή που έχει ο πόρος αυτός για την ιδιότητα. Η τιμή αυτή μπορεί να είναι κάποιος άλλος πόρος ή κάποια τιμή δεδομένων. Συντακτικά οι προτάσεις αυτές δηλώνονται από μια διατεταγμένη τριάδα της μορφής, s p o., όπου τα s, p και o αντιπροσωπεύουν το υποκείμενο, την ιδιότητα και το αντικείμενο, αντίστοιχα ενώ η τριάδα τερματίζεται με το σύμβολο της τελείας. Ένα σύνολο από τριάδες RDF μπορούμε να το αντιληφθούμε και ως έναν γράφο. Σε αυτόν τον γράφο τα αντικείμενα και τα υποκείμενα παίζουν το ρόλο των κόμβων ενώ οι ιδιότητες παίζουν το ρόλο των ακμών τους συνδέουν. Όπως αναφέραμε και στην εισαγωγή η RDF είναι μια γλώσσα αναπαράστασης γνώσης για το Σηματολογικό Ιστό. Έτσι, λοιπόν, το πρότυπο της RDF καθορίζει και μια σύνταξη η οποία έχει σαν σκοπό οι τριάδες RDF να δομούνται με έναν τρόπο επεξεργάσιμο από υπολογιστικά συστήματα και εφαρμογές. Η σύνταξη αυτή αναφέρεται ως σύνταξη RDF/XML (Beckett 2003). Για λόγους γενικότητας η RDF χρησιμοποιεί URI references για να προσδιορίσει τις οντότητες οι οποίες βρίσκονται στη θέση του υποκειμένου, της ιδιότητας και του αντικειμένου. Ένα URI reference (URIRef) αποτελείται από ένα URI και από ένα προαιρετικό fragment identifier. Για παράδειγμα, το URIRef <http://www.example.org/index.html#section2> αποτελείται από το URI <http://www.example.org/index.html> και από τον fragment identifier Section2 τον οποίο διακρίνουμε από το URI με τη χρήση του συμβόλου # [20].

2.1.2 Σχήμα Πλαισίου Περιγραφής Πόρων (RDF-S)

Η RDF παρέχει τη δυνατότητα να δημιουργηθούν απλές προτάσεις για τους πόρους τους οποίους θέλει κάποιος να περιγράψει χρησιμοποιώντας ιδιότητες, τιμές και URIref για τον προσδιορισμό των συστατικών που συμμετέχουν σε μία πρόταση. Η RDF όμως δεν παρέχει τη δυνατότητα να οριστούν και να περιγραφούν σε ένα επιπλέον λεξιλόγιο το οποίο πιθανόν να πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε μια εφαρμογή. Πιο συγκεκριμένα, δεν υπάρχει τη δυνατότητα να οριστούν οι κλάσεις (έννοιες) οι οποίες εμφανίζονται σε μια εφαρμογή. Επιπρόσθετα, είναι φυσικό να χρειάζεται η περιγραφή των κλάσεων και των ιδιοτήτων δηλώνοντας σχέσεις υπαγωγής ανάμεσά τους. Η γλώσσα η οποία παρέχει τη λειτουργικότητα αυτή είναι η RDF-S (Brickey, D., Guha, R.V., 2000). Ουσιαστικά, η RDF-S παρέχει ένα επιπλέον λεξιλόγιο πάνω σε αυτό της RDF το οποίο περιλαμβάνει στοιχεία τα οποία προορίζονται στο να προσδώσουν την επιπρόσθετη αυτή λειτουργικότητα.

Έτσι, η δυνατότητα ορισμού κλάσεων υλοποιείται μέσω του στοιχείου `rdfs:Class` του λεξιλογίου της RDF-S. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να δημιουργηθεί το επιθυμητό λεξιλόγιο, δηλαδή μπορεί να οριστεί το σύνολο των κλάσεων που εμφανίζονται σε μια εφαρμογή. Το RDFs

(Resource Description Framework schema) είναι μια απλή γλώσσα που χρησιμοποιείται για την περιγραφή ενός λεξιλογίου RDF. 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). Οι κλάσεις και οι ιδιότητες στο RDF μπορεί να αναπαρασταθούν και σε μορφή ταξινόμησης.

Εκτός από τη δυνατότητα περιγραφής κλάσεων, μέσω σχέσεων υπαγωγής, η RDF-S παρέχει επιπλέον τη δυνατότητα δημιουργίας περιγραφών για τις ιδιότητες που επιθυμούμε να χρησιμοποιήσουμε σε μια εφαρμογή. Πιο συγκεκριμένα, μπορούν να περιγραφούν οι σχέσεις υπαγωγής ανάμεσα σε δύο ιδιότητες, αλλά επιπρόσθετα μπορούν να οριστούν το πεδίο ορισμού και το πεδίο τιμών μιας σχέσης. Το πεδίο ορισμού δηλώνει τι τύπου επιτρέπεται να είναι οι πόροι οι οποίοι βρίσκονται στη θέση του υποκειμένου μιας τριάδας ενώ το πεδίο τιμών δείχνει τι τύπου είναι οι πόροι οι οποίοι βρίσκονται στη θέση του αντικειμένου. Τα στοιχεία που παρέχονται από την RDF-S για την υλοποίηση της λειτουργικότητας αυτής είναι τα στοιχεία `rdfs:subPropertyOf`, `rdfs:domain` και `rdfs:range`. Τέλος, η RDF-S παρέχει δύο στοιχεία τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δημιουργηθούν περιγραφές σε ελεύθερο κείμενο (free text) των πόρων των οποίων περιγράφονται. Τα στοιχεία αυτά είναι το `rdfs:comment` και `rdfs:label`. Το στοιχείο `rdfs:comment` μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγραφεί ένας πόρος χρησιμοποιώντας ελεύθερο κείμενο. Από την άλλη, το στοιχείο `rdfs:label` μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δηλωθεί ένα εναλλακτικό περισσότερο περιγραφικό όνομα για έναν πόρο μας. Τελειώνοντας πρέπει να αναφερθεί ότι για την αναφορά στις γλώσσες RDF και RDF-S χρησιμοποιείται πολλές φορές η ονομασία RDF(S) [7].

2.1.3 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) [20].

2.1.4 SPARQL

Η SPARQL (Simple Protocol and RDF Query Language) είναι η γλώσσα ερωτήσεων και αναζήτησης για τα δεδομένα RDF, και γενικά για τα Διασυνδεδεμένα Δεδομένα. Έχει παρόμοιο ρόλο στα συστήματα αποθήκευσης τριπλετών με αυτόν της SQL στα συστήματα σχεσιακών βάσεων δεδομένων. Ανάμεσα στις βασικές διαφορές με την SQL είναι ότι η SPARQL είναι σχεδιασμένη να διαχειρίζεται πληροφορία σε μορφή τριπλετών {υποκείμενο, κατηγορημα, αντικείμενο}. Συγκεκριμένα, υποστηρίζει τη σύζευξη και τη διάζευξη προτάσεων (λογική ένωση και λογική τομή), το φιλτράρισμα των αποτελεσμάτων, δηλαδή το φιλτράρισμα 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. Επίσης, τα αποτελέσματα παρέχονται σε τυπικές μορφές διαδικτύου όπως σε XML, ή ακόμα και σε RDF, καθιστώντας τα προσίτα και διασυνδεδεμένα (D'Aquin, 2012) [20].

2.1.5 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.

Στον Σημασιολογικό Ιστό μια οντολογία ορίζει τις έννοιες και τις σχέσεις (συχνά αναφέρονται και ως «όροι») που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή και την αναπαράσταση μιας περιοχής ενδιαφέροντος.

Επίσης, οι οντολογίες χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση των όρων που μπορεί 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. εικόνα 4).

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

Εικόνα 4: Αφηρημένη σύνταξη για την κλάση «BookAuthor»

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 μια σχέση «creator» προς έναν άλλο πόρο τύπου «Book», αυτός ο πόρος αυτομάτως θα συναχθεί ότι είναι μέλος της κλάσης «BookAuthor» [20].

Το πρότυπο της OWL καθορίζει τρεις (υπο)γλώσσες αυξανόμενης εκφραστικής δυνατότητας. Οι γλώσσες αυτές είναι οι ακόλουθες:

- OWL Lite: η διάλεκτος αυτή ικανοποιεί τις πιο μινιμαλιστικές απαιτήσεις, δηλαδή μία απλή ιεραρχία κατηγοριοποίησης και απλά χαρακτηριστικά περιορισμών. Για παράδειγμα, παρέχει μόνο δυαδικό cardinality (0 ή 1). Από τη μια πλευρά κάνει ευκολότερη την υλοποίηση εργαλείων για αυτήν σε σύγκριση με τις άλλες διαλέκτους, από την άλλη υστερεί σε εκφραστικότητα.
- OWL DL: η διάλεκτος αυτή ικανοποιεί τους χρήστες που θέλουν την μεγαλύτερη δυνατή εκφραστικότητα χωρίς να χάνουν την πλήρη υπολογισσιμότητά και την αποφασισιμότητα των reasoning συστημάτων.
- OWL Full: η διάλεκτος αυτή υπάρχει για λόγους πληρότητας. Δεν είναι ουσιαστικά διάλεκτος αλλά περιλαμβάνει όλα τα χαρακτηριστικά της OWL και παρέχει απεριόριστη χρήση των RDF δομών. Το μειονέκτημα είναι ότι δεν εξασφαλίζεται η αποφασισιμότητα των reasoning συστημάτων. [21].

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η μοναδική γλώσσα η οποία παρέχει συμβατότητα με το μοντέλο και τη σημασιολογία της RDF είναι η OWL Full. Από την άλλη, όμως, η μεγάλη εκφραστική δυνατότητά της την καθιστά μη-αποφασίσιμη και μέχρι σήμερα δεν είναι

γνωστός κανένας αλγόριθμος εξαγωγής συμπερασμάτων γι' αυτήν. Η μη-αποφασισιμότητα της OWL Full ανάγκασε τη ομάδα εργασίας τη OWL (OWL Working Group) να δημιουργήσει τις υπογλώσσες OWL Lite και OWL DL για τις οποίες ήταν γνωστοί και υλοποιημένοι βελτιστοποιημένοι αλγόριθμοι. Όπως είναι προφανές οι αλγόριθμοι αυτοί δεν είναι άλλοι παρά αλγόριθμοι εξαγωγής συμπερασμάτων για τις ΠΛ στις οποίες οι γλώσσες αυτές αντιστοιχούν [3].

Όπως αναφέρθηκε, καθώς η OWL είναι μια γλώσσα αναπαράστασης γνώσης για το Σηματολογικό Ιστό, πρέπει να διαθέτει μια μορφή σύνταξης που είναι συμβατή με την XML. Η σύνταξη αυτή δεν είναι άλλη από τη σύνταξη RDF/XML που είδαμε σε προηγούμενες ενότητες. Καθώς όμως η OWL παρέχει αρκετά εκφραστικούς κατασκευαστές και αξιώματα η σύνταξη αυτή γίνεται πολλές φορές αρκετά μεγάλη, περίπλοκη και με ελάχιστη διδακτική σημασία. Έτσι, λοιπόν, η OWL διαθέτει και μια άλλη μορφή σύνταξης η οποία αναφέρεται ως αφηρημένη σύνταξη (abstract syntax). Στις επόμενες ενότητες θα χρησιμοποιηθεί η αφηρημένη σύνταξη για να παρουσιαστούν οι εκφραστικές δυνατότητες που παρέχει η γλώσσα OWL.

Η OWL περιλαμβάνει ένα αλφάβητο το οποίο αποτελείται από κλάσεις (classes), ιδιότητες (properties) και άτομα (individuals). Οι κλάσεις της OWL αποτελούν ένα ανάλογο των εννοιών των Περιγραφικών Λογικών. Έτσι λοιπόν, διαισθητικά μια κλάση αναπαριστά ένα σύνολο από αντικείμενα τα οποία έχουν κοινά χαρακτηριστικά, όπως για παράδειγμα η κλάση των ανθρώπων ή η κλάση των αυτοκινήτων. Η OWL περιλαμβάνει τόσο ατομικές κλάσεις όσο και περιγραφές κλάσεων (class descriptions). Επιπρόσθετα, παρέχονται και αξιώματα κλάσεων (class axioms) όπως αξιώματα υπαγωγής, ισοδυναμίας.

Επιπρόσθετα, η OWL προσφέρει τη δυνατότητα ορισμού αξιωμάτων ιδιοτήτων (property axioms), όπως αξιώματα μεταβατικών ρόλων αλλά και άλλα αξιώματα τα οποία δεν εμφανίζονται άμεσα. Τέλος, η OWL προσφέρει τη δυνατότητα ορισμού ισχυρισμών, οι οποίοι στην περίπτωση της OWL ονομάζονται γεγονότα (facts) [6].

2.2 Λεξικά και Οντολογίες

Για να δημιουργηθούν τα RDF είναι απαραίτητο να επιλεγθούν τα κατάλληλα λεξιλόγια που θα δημιουργήσουν τις συνδέσεις των δεδομένων.

Η RDFS (RDF Vocabulary Description Language) και η OWL (Web Ontology Language), παρέχουν έναν μηχανισμό για τη δημιουργία Λεξιλογίων (vocabularies) που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την περιγραφή αντικειμένων του πραγματικού κόσμου και του τρόπου που αυτά συσχετίζονται. Με απλά λόγια, ένα Λεξιλόγιο είναι ένα σύνολο από κλάσεις και ιδιότητες που αναπαριστούν μια συγκεκριμένη περιοχή ενδιαφέροντος. Μια περιοχή ενδιαφέροντος μπορεί να αποτελούν τα χαρακτηριστικά ενός ατόμου (όνομα, ηλικία, τόπος κατοικίας, κλπ), όροι μετεωρολογίας, τρόποι αναπαράστασης μουσικής, κλπ. Τα Λεξιλόγια περιγράφονται με τριπλές RDF, χρησιμοποιώντας όρους από τις γλώσσες RDF-S και OWL. Η RDF-S μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία απλών λεξιλογίων ενώ η OWL προσφέρει περισσότερες δυνατότητες έκφρασης. (Bizer και συν., 2009). Έχει καθιερωθεί, τα πιο πολύπλοκα λεξιλόγια να αναφέρονται ως οντολογίες (W3C, n.d.) [22].

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, και η ημερομηνία.

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

SKOS: Αποτελεί ένα πρότυπο λεξιλόγιο για τον διαμοιρασμό των δεδομένων που γεφυρώνει διαφορετικά πεδία γνώσης, τεχνολογίας και εφαρμογών (<http://www.w3.org/2009/08/skos-reference/skos.html>).

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.

AIISO (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 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 μια απλή οντολογία για την αναπαράσταση γενικών γεγονότων και εκδηλώσεων, της τοποθεσίας τους, του χρόνου τους, των συντελεστών 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 δηλαδή των δεδομένων που προέρχεται από εγγραφές τις Wikipedia [20].

2.3 Δημιουργία RDF

Παραπάνω αναφέραμε ότι το RDF είναι ένα μοντέλο δεδομένων για την περιγραφή πόρων με τη χρήση τριπλετών, που έχουν τη μορφή υποκείμενο, κατηγορημα, αντικείμενο. Για να δημοσιευθεί ο γράφος RDF που σχηματίζουν αυτές οι τριπλέτες, είναι απαραίτητη η αποτύπωσή τους σύμφωνα με ένα σχήμα σύνταξης. Υπάρχουν αρκετά σχήματα σύνταξης, παρακάτω θα δούμε μερικά από αυτά

2.3.1 SKOS- Simple Knowledge Organization System

Τα συστήματα οργάνωσης της γνώσης SKOS (Simple Knowledge Organization System) είναι τα εργαλεία που χρησιμοποιούν μεγάλοι οργανισμοί για να οργανώσουν τις τεράστιες συλλογές από αντικείμενα και πληροφορίες που διαθέτουν, όπως βιβλία, παρουσιάσεις, έργα τέχνης στα μουσεία ή έννοιες. Πολλά τέτοια συστήματα υπάρχουν πλέον, ειδικότερα στην επιστήμη των

βιβλιοθηκών όπως «θησαυροί», συστήματα ταξινόμησης, θεμάτων στις επικεφαλίδες και λοιπά. Το σύστημα SKOS μοντελοποιεί τις κοινές και διαμοιρασμένες οπτικές όλων αυτών των υφιστάμενων συστημάτων, εστιάζοντας στον «θησαυρό».

Το λεξιλόγιο του SKOS, σχεδιάστηκε με σκοπό την παροχή ενός τρόπου διοχέτευσης των υπαρχόντων συστημάτων στον σημασιολογικό Ιστό με χαμηλό κόστος και την παροχή μιας γλώσσας μοντελοποίησης ελαφριάς και εννοιολογικά διαισθητικής, για την ανάπτυξη νέων σχημάτων οργάνωσης γνώσης (Knowledge Organization Systems). Το SKOS βασίζεται στο πλαίσιο RDF και μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτόνομα ή να συνδυαστεί με επίσημες γλώσσες, όπως για παράδειγμα η OWL. Σημαντικό είναι ότι παρέχει τον απαραίτητο σύνδεσμο μεταξύ του αυστηρού λογικού formalισμού των οντολογιών και του χαλαρού, ανεπίσημου και ασθενώς δομημένου κόσμου των συνεργατικών εργαλείων του Web.

Σε γενικές γραμμές, στο SKOS οι εννοιολογικοί πόροι μπορούν να ορίζονται με URIs, να επισημαίνονται με συμβολοσειρές σε μία ή περισσότερες φυσικές γλώσσες, καθώς και να τεκμηριώνονται με πολλούς τύπους σημειώσεων και εγγράφων. Βασική είναι η δυνατότητα των εννοιών να σχετίζονται σημασιολογικά η μία με την άλλη πληροφορία χωρίς επίσημες ιεραρχίες και συνδεδεμένα δίκτυα και να συγκεντρώνονται σε εννοιολογικά μοντέλα.

Όσον αφορά το SKOS Vocabulary, για να παρουσιαστούν οι πόροι χρησιμοποιούνται τα URIs και για να οριστούν οι σχέσεις χρησιμοποιούνται τύποι σχέσεων RDF (Alistair Miles & Sean Bechhofer, 2009). Όλη η παρακάτω ανάλυση του λεξιλογίου, καθώς και τα παραδείγματα που ακολουθούν, βρίσκονται στο διαδικτυακό κείμενο που αποτελεί την επίσημη τελευταία έκδοση του SKOS.

Με τον όρο `skos:Concept`, δηλώνεται ότι ο όρος που περιγράφεται αποτελεί μια έννοια. Έτσι, με τη φράση `ex:animals rdf:type skos:Concept` δηλώνουμε ότι τα η λέξη "ζώα" (`ex:animals`) είναι (`rdf:type`) μία έννοια (`skos:Concept`). Το πρόθεμα `ex` είναι από το λεξιλόγιο `Example`, που χρησιμοποιείται για την περιγραφική μοντελοποίηση παραδειγμάτων.

Οι ετικέτες (`labels`) στην οντολογία αναφέρονται στις φυσικές περιγραφές του όρου. Υπάρχουν 3 διαφορετικές υποκατηγορίες ετικετών (`rdfs:label`):

- `skos:prefLabel`, που είναι η προτιμώμενη ετικέτα, δηλαδή ο τρόπος με τον οποίο προτιμάται να παρουσιάζεται η έννοια. Χρησιμοποιείται ως «περιγραφή» στα ευρετήρια και πρέπει να είναι μοναδική. Είναι πιθανές οι διαφορετικές μορφές σε διαφορετικές γλώσσες. Χρησιμοποιείται, επίσης, για να μην είναι διφορούμενα παρουσιασμένη μία έννοια στα συστήματα οργάνωσης γνώσης και στις εφαρμογές τους. Για το λόγο αυτό, προτείνεται να μη χρησιμοποιείται η ίδια προτιμώμενη ετικέτα (`skos:prefLabel`) σε δύο έννοιες του ίδιου συστήματος.

Στο προηγούμενο παράδειγμα θα συμπληρώναμε, λοιπόν:

```
ex:animals rdf:type skos:Concept;
skos:prefLabel "animals";
skos:prefLabel "animals"@en;
skos:prefLabel "animaux"@fr.
```

Με την παραπάνω περιγραφή δίνεται η προτιμώμενη ετικέτα για την έννοια «ζώα» στην αγγλική και τη γαλλική γλώσσα.

- `skos:altLabel`, στις οποίες περιλαμβάνονται οι εναλλακτικές ετικέτες των εννοιών, όταν η ίδια έννοια μπορεί να παρουσιαστεί και με άλλες συνώνυμες λέξεις. Επίσης, μπορεί να είναι ακρώνυμο, ή σχεδόν συνώνυμο μιας έννοιας.

Στο παράδειγμά μας προσθέτουμε τα:

```
ex:animals rdf:type skos:Concept;
skos:altLabel "creatures"@en;
skos:altLabel "créatures"@fr.
```

Με τον τρόπο αυτό δηλώνουμε ότι για τη συγκεκριμένη έννοια μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και τη λέξη «πλάσματα», που θα έχει ουσιαστικά το ίδιο νόημα.

- skos:hiddenLabel, οι οποίες αποτελούν τις κρυφές ετικέτες, που το ευρετήριο έχει αποθηκευμένες και αναφέρονται στην περιγραφή της έννοιας, αλλά δεν είναι ορατές στον απλό χρήστη. Τέτοιες ετικέτες μπορεί να είναι οι ανορθόγραφες εκδοχές μίας έννοιας.

Για παράδειγμα, παρακάτω φαίνονται οι γαλλικές ετικέτες της έννοιας «ζώα» με τη σειρά που αναφέρθηκαν [22].

```
ex:animals rdf:type skos:Concept;
```

```
skos:prefLabel "animaux"@fr;
```

```
skos:altLabel "bêtes"@fr;
```

```
skos:hiddenLabel "bets"@fr.
```

```
ex:animals rdf:type skos:Concept;
```

```
skos:prefLabel "animals"@en;
```

```
skos:narrower ex:mammals.
```

και

```
ex:mammals rdf:type skos:Concept;
```

```
skos:prefLabel "mammals"@en;
```

```
skos:broader ex:animals.
```

2.3.2 Turtle (Terse RDF Triple Language)

Η γλώσσα Turtle (Terse RDF Triple Language), είναι μια σύνταξη παρόμοια του RDFS, η οποία αποτελεί επίσης έναν τρόπο να εκφράζονται τα δεδομένα μέσω του Resource Description Framework. Το λεξιλόγιο αναπτύχθηκε από τον Dave Beckett και ακολουθεί την ίδια λογική με τη χρήση τριπλετών, καθεμία από τις οποίες αποτελείται, επίσης, από τρία μέρη (υποκείμενο, κατηγορούμενο, αντικείμενο) και κάθε μέρος εκφράζεται από ένα μοναδικό URI. (Wikipedia - Turtle (syntax) & Terse RDF Triple Language, 2012) [21].

Η Turtle είναι ένας απλός και αποτελεσματικός τρόπος για την δημιουργία των τριπλετών RDF. Η αναπαράσταση των τριπλετών RDF μπορεί να γίνει και με την μορφή απλού κειμένου κάνοντας χρήση συντομογραφιών. Το αποτέλεσμα είναι εύκολα αναγνώσιμο από ανθρώπους και είναι εξίσου απλό για την καταγραφή τριπλετών RDF. Αφού δηλωθούν οι συντομογραφίες για τα λεξιλόγια που χρησιμοποιούνται, αναφέρεται μία φορά το υποκείμενο, στη γραμμή 4. Ακολουθούν οι επιμέρους ιδιότητες οι οποίες διαχωρίζονται με τον χαρακτήρα «ερωτηματικό» (;). Η περιγραφή ολοκληρώνεται με τον χαρακτήρα «τελεία» (.) [22].

```
1 @prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
```

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

```
3
```

```
4 <http://www.example.com/person/Μαρία>
```

```
5 rdf:name foaf:Person;
```

```
6 foaf:name "Maria" ;
```

```
7 foaf:age 28 .
```

2.3.3 RDF/JSON

Η RDF/JSON αποτελεί μια προσπάθεια καταγραφής τριπλετών RDF στη μορφή JSON η οποία χρησιμοποιείται κυρίως από εφαρμογές του Παγκόσμιου Ιστού γραμμένες σε JavaScript και PHP. Η δημοσίευση δεδομένων RDF σε JSON επιτρέπει τη διαχείρισή τους από προγραμματιστές χωρίς την ανάγκη εγκατάστασης πρόσθετου λογισμικού για τη διαχείρισή τους [22].

2.3.4 N-Triples

Το N-Triples αποτελεί ένα υποσύνολο του Turtle, το οποίο προσφέρει λιγότερες συντομογραφίες καθώς όλα τα URIs πρέπει να επαναλαμβάνονται σε κάθε τριπλέτα RDF. Αυτό όμως αποτελεί και το κύριο πλεονέκτημά του καθώς καταγράφεται μία τριπλέτα σε κάθε γραμμή του αρχείου, κάτι που επιτρέπει την ευκολότερη και ταχύτερη επεξεργασία του αρχείου από υπολογιστές. Το N-Triples είναι γνωστό και με το όνομα N3 [21].

2.3.5 RDFa

Το RDFa ενσωματώνει τις τριπλέτες RDF στο σώμα των εγγράφων HTML. Αυτός ο τρόπος δημοσίευσης έχει το πλεονέκτημα ότι η υπάρχουσα πληροφορία μπορεί να εμπλουτιστεί με επισημάνσεις RDFa τροποποιώντας το HTML έγγραφο. Η προσέγγιση αυτή αποτελεί την ιδανική επιλογή για τις περιπτώσεις όπου υπάρχει ελάχιστος έλεγχος του περιεχομένου που δημοσιεύεται, όπως για παράδειγμα όταν χρησιμοποιούνται συστήματα διαχείρισης περιεχομένου (content management systems). Για τη διατήρηση της διάκρισης μεταξύ των αντικειμένων που περιγράφονται και του εγγράφου HTML+RDFa που τα περιέχει, χρησιμοποιείται το λεκτικό `about=` [22].

2.3.6 RDF/XML

Στο RDF/XML, όπως φαίνεται και από την ονομασία, χρησιμοποιείται η σύνταξη της XML21 για την καταγραφή των τριπλετών RDF. Η πολύ καλή δομή που προσφέρει η XML ως περιγραφική γλώσσα, έχει καταστήσει το RDF/XML ως το πιο διαδομένο τρόπο δημοσίευσης Συνδεδεμένων Δεδομένων η οποία έχει καθοριστεί ως πρότυπο και από το W3C [21].

3 Μεθοδολογία και Σχεδιασμός

3.1 Πώς θα χρησιμοποιηθεί μια οντολογία στην “τάξη”;

Οι μαθητές αντιμετωπίζουν συχνά τη γεωμετρία ως έναν πολύ δύσκολο τομέα των μαθηματικών και δυσκολεύονται να καταλάβουν ακόμη και βασικές έννοιες, ειδικά όταν χρησιμοποιούνται οι παραδοσιακές μέθοδοι διδασκαλίας. Αυτές οι παραδοσιακές μέθοδοι περιλαμβάνουν τη σχεδίαση των σχημάτων, τη θεωρία που εφαρμόζεται και τους τύπους που χρησιμοποιούνται μέσα από ασκήσεις, με τελικό σκοπό την κατανόηση από τους μαθητές μιας ιδιαίτερης έννοιας. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να βοηθηθούν οι μαθητές, μέσω της τεχνολογίας των υπολογιστών, σε όλα τα βήματα της πειραματικής διδασκαλίας ώστε να κατανοήσουν τις γεωμετρικές έννοιες και την εφαρμογή τους με έναν καλύτερο, ευκολότερο και περισσότερο αποδοτικό τρόπο.

Ο μαθητής μέσω αυτών των εφαρμογών θα μπορεί να αυτομορφώνεται και να διαχειρίζεται τη γνώση. Οι προσπάθειές του να ταξινομηθεί η γνώση που έχει μάθει αλλά έχει ξεχαστεί θα υποβοηθούνται από τη χρήση της οντολογίας. επίσης, θα του δίνεται η δυνατότητα να επιβεβαιώνει τη γνώση που έχει ήδη κατακτήσει και μπορεί να του υπενθυμιστεί γρήγορα και, τελικά, τι πρέπει ακολουθεί στα επόμενα μαθήματα και πώς συνδέονται με την προηγούμενη γνώση.

Ευελπιστούμε ότι η εφαρμογή αυτή, θα επιτρέψει στους μαθητές να κατανοήσουν τις δύσκολες έννοιες της γεωμετρίας και να αρχίσουν να σκέφτονται σφαιρικά και πολύπλευρα ως προς τη Γεωμετρία. Θέλουμε να οδηγήσουμε τους μαθητές να αποκαλύψουν την κρυμμένη σύνδεση όχι μόνο μεταξύ των εννοιών της γεωμετρίας αλλά και μεταξύ της γεωμετρίας και της άλγεβρας. Για παράδειγμα, μέσω της μελέτης του πυθαγόρειου θεωρήματος όπου εξετάζεται το μήκος των πλευρών ενός ορθογώνιου τριγώνου και η επιφάνεια των κανονικών πολυγώνων (τετράγωνα). Αυτό θεωρούμε ότι θα το πετύχουμε βασίζοντας την προσέγγισή μας στο γεγονός ότι οι πιο βασικές έννοιες στη γεωμετρία είναι άμεσα συνδεδεμένες μεταξύ τους και η μια εξαρτάται από την άλλη.

3.2 Επιλογή εργαλείων για την απεικόνιση της οντολογίας.

Υπάρχουν διάφορα εργαλεία που παρέχουν οπτικοποίηση (visualization) μιας οντολογίας. Στα πλαίσια της εργασίας, δοκιμάστηκαν μερικά από αυτά ώστε να επιλεγεί το GraphDB ως το πιο κατάλληλο για τους σκοπούς της διδασκαλίας που μας ενδιέφερε.

3.2.1 ScoT

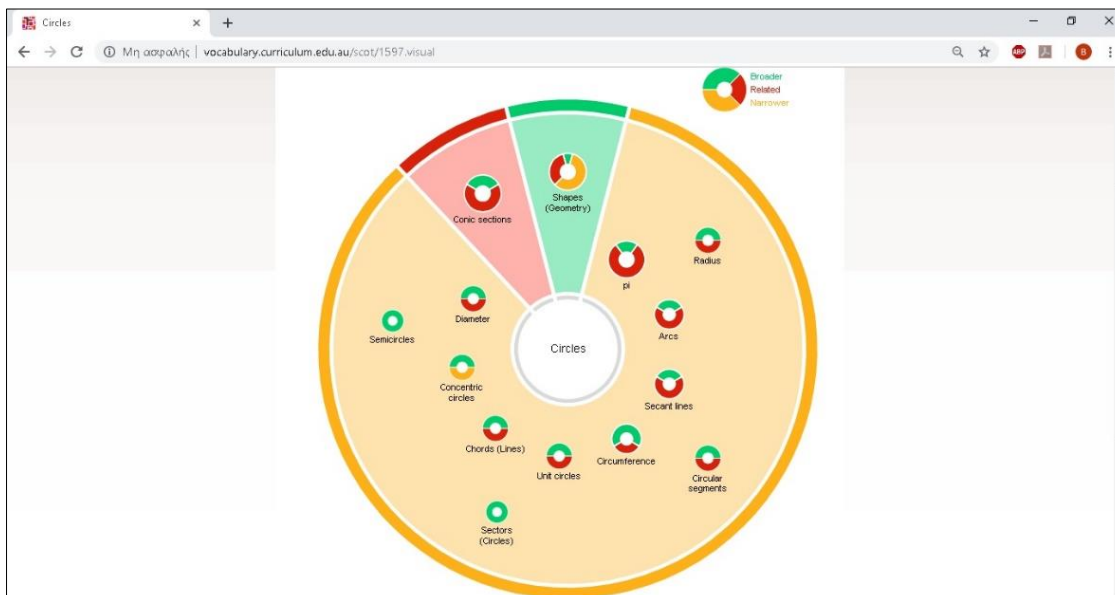
Το Schools Online Thesaurus (ScOT) παρέχει ένα ελεγχόμενο λεξιλόγιο των όρων που χρησιμοποιούνται στα σχολεία της Αυστραλίας και της Νέας Ζηλανδίας. Καλύπτει όλες τις θεματικές περιοχές καθώς επίσης και τους όρους περιγράφοντας τις εκπαιδευτικές και διοικητικές διαδικασίες. Ο θησαυρός συνδέει τους μη-προτιμημένους όρους με τους όρους του προγράμματος σπουδών. Παρέχει, επίσης, τους όρους σε μια δομή που μπορεί να προσεγγιστεί από έναν φυλλομετρητή. Αυτά τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα κάνουν το ScOT ένα ιδανικό λεξιλόγιο όπου ενσωματώνεται η αναζήτηση στους μηχανισμούς των συστημάτων διαχείρισης.

Η αναζήτηση μέσω των όρων του ScOT επιτρέπει να προσδιοριστούν μέσα στις τεράστιες ομάδες του περιεχομένου συστάδες των σχετικών πόρων. Ο θησαυρός αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για να εμβαθύνει μέσα στα στοιχεία ενδιαφέροντος.

Το ScOT δεν αποτελεί εργαλείο όπου μπορεί κάποιος να φορτώσει την οντολογία του και να δει την γραφική της απεικόνιση. Αποτέλεσε όμως το έναυσμα για την ενασχόληση μας με την εκπαιδευτική οπτική μιας οντολογίας. Βλέποντας το ScOT και τις δυνατότητές του, θελήσαμε να δημιουργήσουμε μια οντολογία για τον κύκλο, η οποία με ένα κατάλληλο εργαλείο απεικόνισης θα έδινε πολλές περισσότερες λειτουργίες στον μαθητή και τον διδάσκοντα. Τα λεξιλόγια των όρων του ScOT, παρότι γραμμένα σε σύνταξη skos, όχι μόνο δεν απεικόνιζαν τις δυναμικές

σχέσεις των εννοιών μεταξύ τους αλλά και δεν περιείχαν όλες τις έννοιες της θεωρίας που αφορά τον κύκλο [23].

Συμπληρώνοντας στην μπάρα αναζήτησης, τον όρο του κύκλου μας εμφανίστηκε το διάγραμμα της Εικόνας 5.

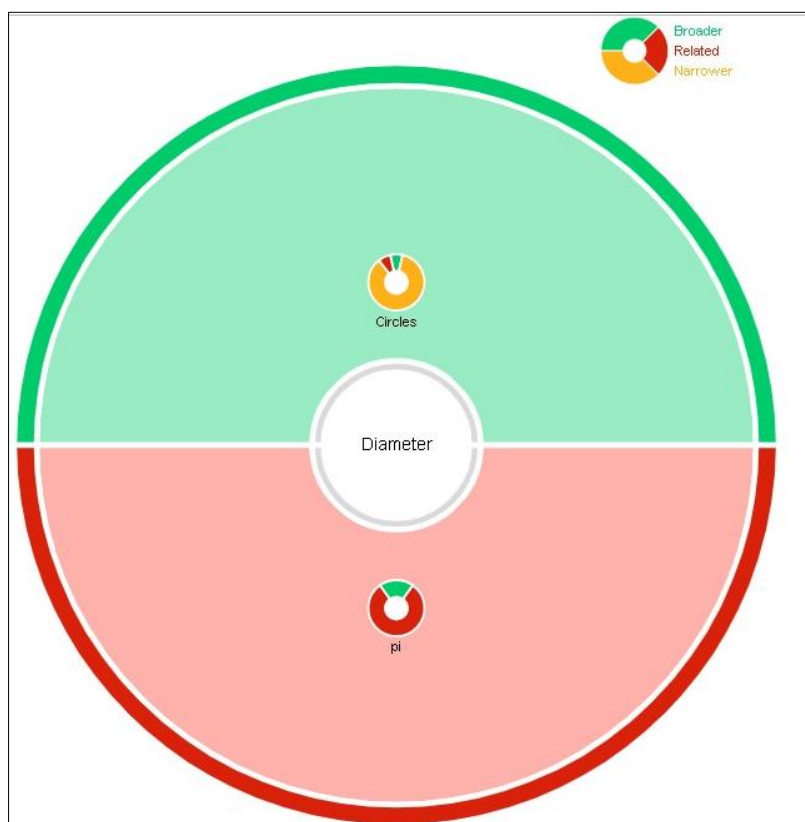


Εικόνα 5: Απεικόνιση του κύκλου και των εννοιών που συνδέονται με αυτόν.

Ενώ με την επιλογή “visual”, μας εμφανίστηκε η διάταξη της Εικόνας 6, με τις ευρύτερες και στενότερες έννοιες που συνδέονται με τον κύκλο.


Εικόνα 6: Απεικόνιση των ευρύτερων και στενότερων εννοιών που συνδέονται με τον κύκλο.

Η περιήγηση από την μια έννοια στη άλλη, μας έδινε πάλι ένα γράφημα χωρίς περαιτέρω λεπτομέρειες, όπως φαίνεται και στις Εικόνες 7 και 8. Στην εικόνα αυτή, εμφανίζονται μόνο οι συσχετιζόμενες έννοιες αλλά δεν δίνονται δυναμικές λειτουργίες, όπως ορισμοί, παραδείγματα, σημειώσεις, συνδέσεις με άλλα υπλ, ταυτόχρονη απεικόνιση των σχέσεων μεταξύ όλων των εννοιών, κτλ.



Εικόνα 7: Απεικόνιση των συσχετιζόμενων εννοιών που συνδέονται με τον κύκλο.

http://vocabulary.curriculum.edu.au/scot/3753.html

 ScOT

Find term:

HTML **Visual**

Australian education vocabularies » Schools Online Thesaurus English ▾

Diameter

URI	http://vocabulary.curriculum.edu.au/scot/3753
Broader Concept	Circles
Related Concepts	π
Last Modified	03 January 2013 [AEST: 09:48 AM]

[view more](#)

Formats: [RDF/XML](#)

Εικόνα 8: Εμφάνιση των στοιχείων της διαμέτρου.

Τα λεξιλόγια των όρων του ScOT, παρότι γραμμένα σε σύνταξη skos, όχι μόνο δεν απεικονίζουν τις δυναμικές σχέσεις των εννοιών μεταξύ τους αλλά και δεν περιείχαν όλες τις έννοιες της θεωρίας που αφορά τον κύκλο. Έτσι προχωρήσαμε αρχικά στην δημιουργία μιας οντολογίας πιο πλήρους και πιο κοντά στους στόχους της εργασίας μας, καθώς και στη συνέχεια στην αναζήτηση ενός κατάλληλου εργαλείου για την όσο το δυνατόν καλύτερη απεικόνισή της, ώστε να προσφέρει νέες μεθόδους στη διδασκαλία.

3.2.2 SkosPlay!

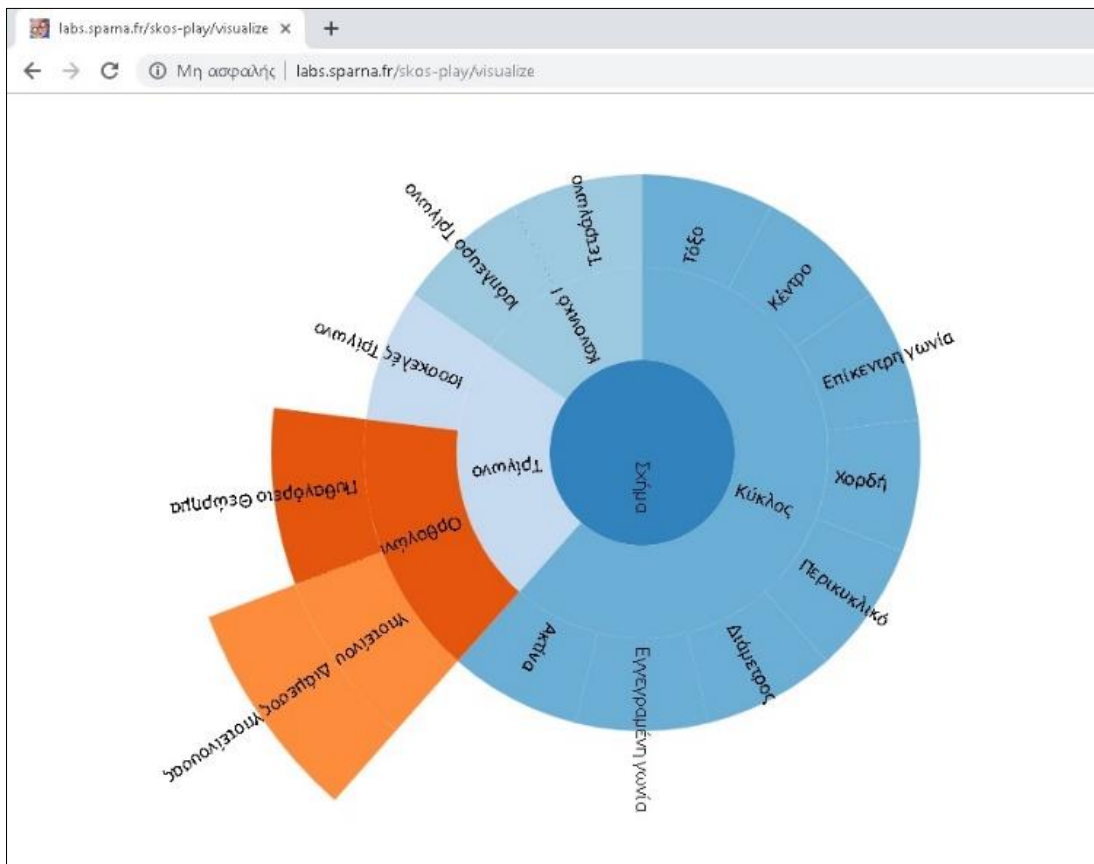
Η πλατφόρμα του SkosPlay! η οποία παρέχει τη δυνατότητα να φορτωθεί ένα rdf αρχείο μέσω του φυλλομετρητή, μπορεί να δώσει σε ένα γράφο, και όχι μόνο, τις έννοιες της οντολογίας.

Το SkosPlay! είναι μια εφαρμογή η οποία έχει αναπτυχθεί από τον Thomas Francart της εταιρείας Sparna. Η Sparna είναι μια συμβουλευτική επιχείρηση τεχνολογίας πληροφοριών (IT) που ειδικεύεται στα ζητήματα της οργάνωσης, του σχολιασμού και της ευρετηρίασης των εγγράφων, του ανοίγματος και της επαναχρησιμοποίησης γνώσης της οργάνωσης δεδομένων.

Η εφαρμογή αυτή χρησιμοποιείται για να αποδίδει και να απεικονίζει θησαυρούς, ταξινομίες ή ελεγχόμενα λεξιλόγια που εκφράζονται σε SKOS.

Με το SkosPlay! μπορεί να αποτυπωθούν τα συστήματα οργάνωσης γνώσης (Knowledge Organization Systems) που χρησιμοποιούν το πρότυπο στοιχείων SKOS στα έγγραφα HTML ή σε PDF, και τα απεικονίσουν γραφικά. Το SkosPlay! προορίζεται να καταδείξει μερικές από τις δυνατότητες της χρήσης επιχειρηματικών λεξιλογίων και των δεδομένων στον Ιστό (Web) [24].

Τα αποτελέσματα της οντολογίας, φαίνονται στην Εικόνα 9.



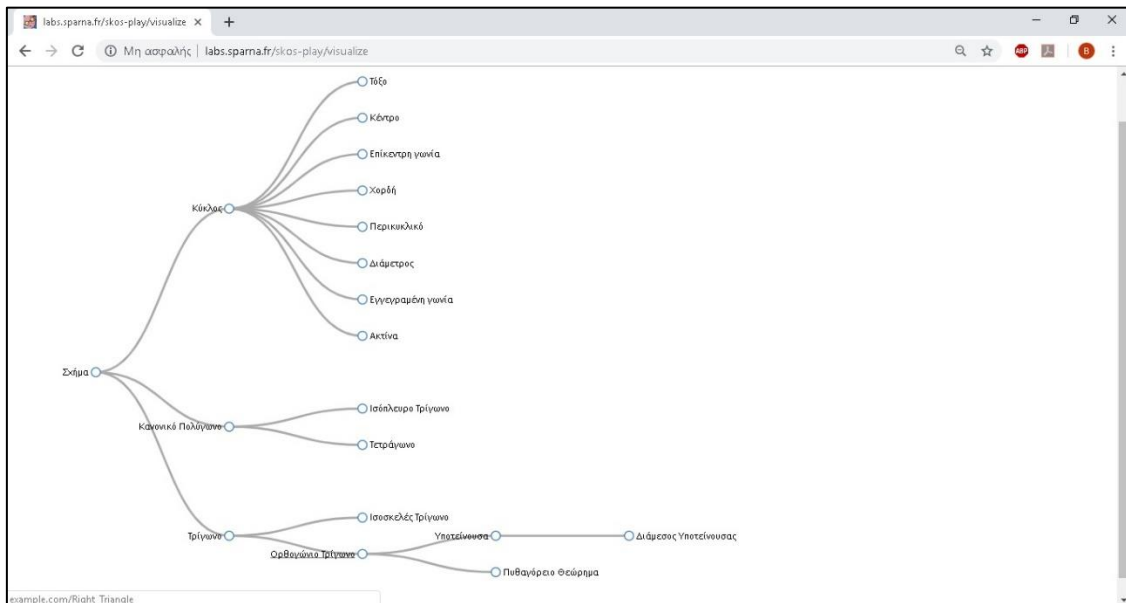
Εικόνα 9: Απεικόνιση των συσχετιζόμενων εννοιών που συνδέονται με τον κύκλο.

Η Εικόνα 9 δίνει μια απεικόνιση σε κύκλο ("Sunburst"), δημιουργώντας μια κυκλική αντιπροσώπηση των στοιχείων της οντολογίας μας.



Εικόνα 10: Απεικόνιση των συσχετιζόμενων εννοιών που συνδέονται με τον κύκλο σε ένα πτυσσόμενο ιεραρχικό δέντρο.

Η εικόνα 10 δημιουργεί ένα πτυσσόμενο ιεραρχικό δέντρο, δημιουργώντας μια αντιπροσώπηση δέντρων που μπορεί να διπλωθεί/ξετυλιχτεί.



Εικόνα 11: Απεικόνιση των συσχετιζόμενων εννοιών που συνδέονται με τον κύκλο σε πτυσσόμενη αντιπροσώπηση τύπου treelayout.

Η Εικόνα 11 δημιουργεί μια απεικόνιση δέντρων, δημιουργώντας μια πτυσσόμενη αντιπροσώπηση τύπου treelayout των στοιχείων της οντολογίας μας.

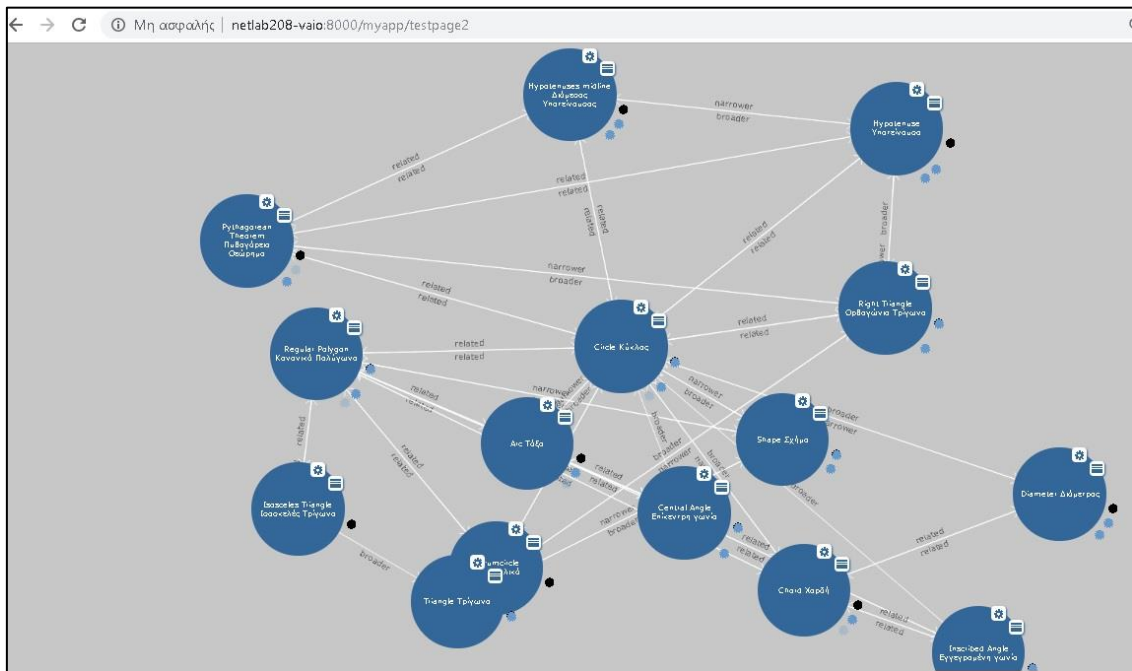
Το συμπέρασμα ήταν ότι η απεικόνιση της οντολογίας μας ήταν σχετικά φτωχή και δεν ικανοποιούσε τους σκοπούς μας. Το εργαλείο του SkosPlay! δεν μας έδινε ευελιξία και τις δυνατότητες που χρειαζόμασταν για να βλέπουμε όλες τις συνδέσεις που αφορούσαν τις έννοιες της οντολογίας του κύκλου. Ενώ το rdf αρχείο όπου είχαμε αναπτύξει την οντολογία περιελάμβανε πολύ περισσότερη πληροφορία, αυτή δεν αποτυπωνόταν πλήρως στους γράφους που μας εμφάνιζε το SkosPlay!.

3.2.3 LodLive

Το LodLive είναι μια πειραματική εφαρμογή που σχεδιάστηκε από τους Diego Valerio Camarda και Alessandro Antonuccio με την υποστήριξη της Silvia Mazzini [25]. Σκοπός των σχεδιαστών ήταν να διαδώσουν και να προωθήσουν τη φιλοσοφία των ανοικτών συνδεδεμένων δεδομένων και να δημιουργήσουν ένα εργαλείο που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύνδεση των ικανοτήτων των μηχανών αναζήτησης RDF με την αποτελεσματικότητα της απεικόνισης των γραφικών παραστάσεων των δεδομένων.

Το LodLive λειτουργεί μεν σε φυλλομετρητή αλλά προηγουμένως είναι απαραίτητη η εγκατάσταση του MarkLogic Rest Server και η εγκατάσταση των αρχείων του LodLive στον σταθμό εργασίας. Η διαδικασία φόρτωσης της οντολογίας είναι λίγο περίπλοκη από τη γραμμή εντολών του υπολογιστή (cmd) και γίνεται χωρίς αναγνώριση τυχόν λαθών στη σύνταξη του rdf αρχείου [26].

Το αποτέλεσμα της απεικόνισης της οντολογίας είναι πολύ κοντά σε αυτό που θέλαμε, αλλά η ανάπτυξη των συνδέσεων μεταξύ των εννοιών είναι δύσχρηστη και από κάποιο σημείο και μετά, όταν έχουν ανοιχτεί πολλές συνδέσεις, το γράφημα κολλάει και καθιστά δύσκολη την περιήγηση στην οντολογία όπως φαίνεται και στην Εικόνα 12.



Εικόνα 12: Απεικόνιση στο LodLive των συσχετιζόμενων εννοιών που συνδέονται με τον κύκλο

4 Υλοποίηση της οντολογίας

4.1 Περιγραφή της βασικής σκέψης για την υλοποίηση της οντολογίας και ότι σχετικό εμπεριέχεται σε αυτή

Η σημασία της χρήσης των οντολογιών στην εκπαίδευση είναι καλά τεκμηριωμένη στη βιβλιογραφία. Η χρήση των οντολογιών επιτρέπει τη διαλειτουργικότητα μεταξύ των ομάδων μαθητών σε μια τάξη διδασκαλίας. Επίσης, διευκολύνει την εκπαιδευτική αξιολόγηση των μαθητών μέσω της ανακάλυψης των κρυμμένων συνδέσεων μεταξύ των εννοιών από την περιοχή ενδιαφέροντος, καθώς επίσης και των σχέσεων τους και των αξιωμάτων τους [27].

Οι κατάλληλοι τρόποι για να χρησιμοποιηθούν τα ψηφιακά εργαλεία σε μια τάξη μαθηματικών, σε σχέση με τη φύση και τα χαρακτηριστικά των δραστηριοτήτων που οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί έχουν κληθεί να αναμειχθούν, αποτελούν μια νέα πραγματικότητα στο πλαίσιο του ευρύτερου θέματος της ενσωμάτωσης των ψηφιακών τεχνολογιών σε ένα σχολείο για τα επόμενα χρόνια [28]. Η προοπτική της χρησιμοποίησης της τεχνολογίας στην τάξη φέρνει στην επιφάνεια διάφορα ζητήματα που αφορούν τους ρόλους και τις δραστηριότητες όλων εκείνων που περιλαμβάνονται και εμπλέκονται στη διδασκαλία. Αυτά τα ζητήματα εκτείνονται από την ανάγκη για τη μελέτη των μαθηματικών εννοιών που ευνοούνται από ένα υπολογιστικό περιβάλλον [2], το είδος των προβλημάτων που θέτονται στους μαθητές [29] και, καταλήγουν περισσότερο γενικά, στο πλαίσιο μέσα στο οποίο πραγματοποιείται η διδασκαλία [30].

Η χρήση της τεχνολογίας σε όλα τα επίπεδα του σχεδιασμού και της εξέλιξης μιας σειράς μαθημάτων σε μια τάξη έχει μια καταλυτική επιρροή στην εκπαιδευτική διαδικασία. Ο σχεδιασμός και η εξέλιξη της σειράς των μαθημάτων, περιλαμβάνουν στοιχεία όπως η συνεταιριστική εκμάθηση κατά ομάδες, η αλλαγή στον παραδοσιακό ρόλο του δασκάλου και των μαθητών και η ενίσχυση της ανάπτυξης των διδακτικών προτύπων προσανατολισμένων στους μαθητές, στα οποία ο δάσκαλος έχει τη δυνατότητα να παρέμβει ενεργά στη διαδικασία εκμάθησης σαν σύμβουλος και συνεργάτης σε αυτούς [31].

Με αφορμή και οδηγό τις παραπάνω σκέψεις και ιδέες που αφορούν τη χρήση των οντολογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία [32], έγινε πραγματικότητα η δημιουργία της οντολογίας του Κύκλου στο πλαίσιο του μαθήματος της Γεωμετρίας του Γυμνασίου.

4.2 Χτίσιμο της Οντολογίας που αφορά τον Κύκλο

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, επιλέχθηκε η γλώσσα Turtle για να εκφραστούν τα δεδομένα που θέλουμε να αποτυπώσουμε μέσω του RDF. Η επιλογή αυτή έγινε διότι η Turtle είναι ένας απλός και αποτελεσματικός τρόπος για την δημιουργία τριπλετών RDF. Μέσω της Turtle, μας δίνεται η δυνατότητα να αναπαραστήσουμε τις τριπλέτες RDF με την μορφή απλού κειμένου με χρήση συντομογραφιών. Έτσι, το αποτέλεσμα είναι εύκολα αναγνώσιμο από ανθρώπους και είναι εξίσου απλό για την καταγραφή τριπλετών RDF.

Αποτυπώσαμε δηλαδή την οντολογία για τον Κύκλο και τις έννοιες που συνδέονται με αυτόν, με σκοπό την οπτικοποίηση των εννοιών αυτών σε έναν γράφο μέσω του εργαλείου GraphDB. Με αυτό το εργαλείο θα έχουμε τη δυνατότητα να λαμβάνουμε τον γράφο ολόκληρης της οντολογίας ή μέσω της επιλογής για αναζήτηση εννοιών, να λαμβάνουμε μόνο τον γράφο για την έννοια που μας ενδιαφέρει, μαζί με τις συνδεδεμένες με αυτήν έννοιες. Επίσης, στο περιβάλλον του GraphDB μπορούμε να έχουμε πρόσβαση σε όλες τις πληροφορίες που αφορούν τις έννοιες μας, εφόσον τις έχουμε καταχωρίσει στο Turtle αρχείο μας.

Χρησιμοποιήθηκε το SKOS διότι αποτελεί ένα απλοποιημένο σύστημα οργάνωσης της γνώσης, παρέχοντας ένα πρότυπο για την έκφραση της βασικής δομής και του περιεχομένου των εννοιών που μας αφορούν. Το SKOS επιτρέπει στις έννοιες να συντεθούν και να δημοσιευθούν στον Παγκόσμιο Ιστό, ως μια εφαρμογή του RDF (Resource Description Framework) που είναι μια γενικού σκοπού γλώσσα, συνδεδεμένο με δεδομένα στον Ιστό. Το SKOS, επίσης, μπορεί να ενσωματώνεται σε άλλα εννοιολογικά σχήματα. Χρησιμοποιώντας την σύνταξη Turtle, έγινε δυνατό να αποτυπωθούν με εύκολο και γρήγορο τρόπο οι έννοιες του κύκλου, μέσω μιας

συμπαγούς και φυσικής γλώσσας που χρησιμοποιεί συντομεύσεις για κοινή χρήση μεθόδων και τύπων δεδομένων.

Για να φτιαχτεί αυτό το αρχείο Turtle, πήραμε τις έννοιες που μας ενδιαφέρουν και κοιτάξαμε αρχικά να δούμε πώς συνδέονται μεταξύ τους.

Από την θεωρία της Γεωμετρίας του Γυμνασίου, ο κύκλος περιγράφεται και ορίζεται με τους παρακάτω όρους και έννοιες: κέντρο του κύκλου, τόξο, ακτίνα, χορδή, διάμετρο, εγγεγραμμένη γωνία, επίκεντρη γωνία και κατ' επέκταση παράπλευρες έννοιες όπως κανονικό πολύγωνο και ορθογώνιο τρίγωνο με τα στοιχεία τους.

Οι έννοιες του κύκλου, του τριγώνου και του κανονικού πολυγώνου με την ευρύτερη έννοια (broader) ανήκουν στην έννοια Σχήμα και αυτό είναι μια πληροφορία που πρέπει να αποτυπωθεί στην οντολογία. Αυτό δηλώνεται με το παρακάτω λεκτικό:

```
skos:broader ex:Shape;
```

στις τρεις έννοιες που αναφέραμε (κύκλος, τρίγωνο, κανονικό πολύγωνο). Επίσης, στον ορισμό του Σχήματος δηλώνεται ποιες έννοιες συνδέονται με την στενότερη έννοια (narrower) με αυτόν, με το παρακάτω λεκτικό:

```
skos:narrower ex:Circle;
```

```
skos:narrower ex:Regular_Polygon;
```

```
skos:narrower ex:Triangle.
```

Οπότε τώρα με αυτόν τον τρόπο, η οντολογία μας έχει συνδέσει τον κύκλο, το τρίγωνο και το κανονικό πολύγωνο με την έννοια του Σχήματος και αυτό θα αποτυπωθεί και γραφικά όταν θα γίνει οπτικοποίηση στο εργαλείο GraphDB.

Παίρνοντας κάθε έννοια ξεχωριστά και ξεκινώντας από τον Κύκλο:

- ορίζουμε την προτιμώμενη/επιλεγόμενη ετικέτα (prefLabel) στα αγγλικά και στα ελληνικά ως εξής :

```
skos:prefLabel "Κύκλος"@el;
```

```
skos:prefLabel "Circle"@en;
```

- επιλέγουμε έναν ορισμό για την έννοια:

```
skos:definition "Κύκλος λέγεται το σύνολο όλων των σημείων του επιπέδου που απέχουν την ίδια απόσταση από ένα σταθερό σημείο O."@el;
```

- ένα παράδειγμα που εξηγεί την έννοια:

```
skos:example "Μερικά παραδείγματα από τον πραγματικό κόσμο είναι ο τροχός του ποδηλάτου, το πιάτο που τρώμε και η επιφάνεια ενός νομίσματος."@el;
```

- ενσωματώνουμε ένα οπτικοποιημένο παράδειγμα από το Geogebra. Μπορούμε να προσθέσουμε άλλη μια γραμμή με το url του συγκεκριμένου παραδείγματος από το online αποθετήριο που έχουμε δημιουργήσει στο Geogebra:

```
skos:example <https://ggbm.at/SgSdmBw9>;
```

- έπειτα, δηλώνουμε ποιες άλλες έννοιες συνδέονται με την στενότερη έννοια (narrower) με τον Κύκλο:

```
skos:narrower ex:Center;
```

```
skos:narrower ex:Arc;
```

```
skos:narrower ex:Radius;
```

```
skos:narrower ex:Chord;
```

```
skos:narrower ex:Diameter;
```

```
skos:narrower ex:Circumcircle;
```

- δεν πρέπει να παραλείψουμε να δηλώσουμε και τις έννοιες που σχετίζονται (related) με τον Κύκλο. Εδώ δηλώνουμε τις έννοιες που δεν συνδέονται με την στενότερη έννοια με τον Κύκλο, αλλά που συνδέονται μέσω άλλων εννοιών με αυτόν:

```
skos:related ex:Right_Triangle;
```

```
skos:related ex:Pythagorean_Theorem;
skos:related ex:Hypotenuse;
skos:related ex:Hypotenuses_midline;
skos:related ex:Regular_Polygon.
```

Επίσης, εάν εκτός από ένα παράδειγμα, θέλουμε να εισαγάγουμε και μια επιπλέον σημείωση για μια έννοια, όπου θα βάλουμε κάποιες επεξηγηματικές πληροφορίες που θα αφορούν την έννοια αυτή, τότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το `scopeNote` όπως κάναμε στην Οντολογία μας, για την Διάμετρο του κύκλου:

```
skos:scopeNote "Η διάμετρος είναι η μεγαλύτερη χορδή του κύκλου, είναι διπλάσια από την ακτίνα του κύκλου και χωρίζει τον κύκλο σε δύο ίσα μέρη (ημικύκλια)."@el;
```

Συνεχίζοντας με το ίδιο σκεπτικό και για όλες τις υπόλοιπες έννοιες που θέλουμε να εντάξουμε στην Οντολογία μας, χτίζουμε βήμα-βήμα την Οντολογία που θα αποτυπώνει τον Κύκλο.

Παρακάτω παρατίθεται ολόκληρο το περιεχόμενο του αρχείου Turtle, όπου χτίστηκε η οντολογία μας με τον ορισμό της έννοιας Κύκλος και συνδέθηκε με τις υπόλοιπες έννοιες, σύμφωνα με την ύλη της γεωμετρίας του Γυμνασίου.

```
@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>.
@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>.
@prefix owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>.
@prefix skos: <http://www.w3.org/2004/02/skos/core#>.
@prefix ex: <http://example.com/>.

ex:Shape rdf:type skos:Concept;
    skos:prefLabel "Shape"@en;
    skos:prefLabel "Σχήμα"@el;
    skos:narrower ex:Circle;
    skos:narrower ex:Regular_Polygon;
    skos:narrower ex:Triangle.

ex:Circle rdf:type skos:Concept;
    skos:prefLabel "Κύκλος"@el;
    skos:prefLabel "Circle"@en;
    skos:definition "Κύκλος λέγεται το σύνολο όλων των σημείων του επιπέδου που απέχουν την ίδια απόσταση από ένα σταθερό σημείο O."@el;
    skos:example "Μερικά παραδείγματα από τον πραγματικό κόσμο είναι ο τροχός του ποδηλάτου, το πιάτο που τρώμε και η επιφάνεια ενός νομίσματος."@el;
    skos:example <https://ggbm.at/SgSdmBw9>;
    skos:broader ex:Shape;
    skos:narrower ex:Center;
    skos:narrower ex:Arc;
    skos:narrower ex:Radius;
    skos:narrower ex:Chord;
    skos:narrower ex:Diameter;
    skos:narrower ex:Circumcircle;
    skos:related ex:Right_Triangle;
    skos:related ex:Pythagorean_Theorem;
    skos:related ex:Hypotenuse;
    skos:related ex:Hypotenuses_midline;
```

skos:related ex:Regular_Polygon.

ex:Center rdf:type skos:Concept;

skos:prefLabel "Center"@en;

skos:prefLabel "Κέντρο"@el;

skos:definition "Κέντρο του κύκλου Ο είναι το σταθερό σημείο, από το οποίο όλα τα σημεία του επιπέδου απέχουν την ίδια απόσταση από αυτό."@el;

skos:example <<https://ggbm.at/SgSdmBw9>>;

skos:broader ex:Circle;

skos:related ex:Central_Angle.

ex:Arc rdf:type skos:Concept;

skos:prefLabel "Arc"@en;

skos:prefLabel "Τόξο"@el;

skos:altLabel "Circular arc"@en;

skos:altLabel "Τόξο κύκλου"@el;

skos:definition "Δύο σημεία Α και Β του κύκλου τον χωρίζουν σε δύο μέρη που το καθένα λέγεται τόξο του κύκλου με άκρα τα Α και Β."@el;

skos:scopeNote "Strictly speaking, an arc could be a portion of some other curved shape, such as an ellipse, but it almost always refers to a circle."@en;

skos:broader ex:Circle;

skos:related ex:Inscribed_Angle;

skos:related ex:Central_Angle;

skos:related ex:Regular_Polygon.

ex:Radius rdf:type skos:Concept;

skos:prefLabel "Radius"@en;

skos:prefLabel "Ακτίνα"@el;

skos:definition "Η απόσταση από το κέντρο του κύκλου, που συμβολίζεται με ρ, λέγεται ακτίνα του κύκλου."@el;

skos:broader ex:Circle;

skos:related ex:Diameter;

skos:related ex:Central_Angle.

ex:Chord rdf:type skos:Concept;

skos:prefLabel "Chord"@en;

skos:prefLabel "Χορδή"@el;

skos:definition "Το ευθύγραμμο τμήμα ΑΒ, που συνδέει δύο σημεία Α και Β του κύκλου, λέγεται χορδή του κύκλου."@el;

skos:broader ex:Circle;

skos:related ex:Diameter;

skos:related ex:Inscribed_Angle;

skos:related ex:Regular_Polygon.

ex:Diameter rdf:type skos:Concept;

skos:prefLabel "Diameter"@en;

skos:prefLabel "Διάμετρος"@el;

skos:definition "Ειδικά η χορδή που περνάει από το κέντρο του κύκλου λέγεται διάμετρος του κύκλου."@el;

skos:scopeNote "Η διάμετρος είναι η μεγαλύτερη χορδή του κύκλου, είναι διπλάσια από την ακτίνα του κύκλου και χωρίζει τον κύκλο σε δύο ίσα μέρη (ημικύκλια)."@el;

skos:related ex:Chord;
 skos:related ex:Radius;
 skos:broader ex:Circle.

ex:Inscribed_Angle rdf:type skos:Concept;

skos:prefLabel "Inscribed Angle"@en;
 skos:prefLabel "Εγγεγραμμένη γωνία"@el;
 skos:definition "Μια γωνία $\chi A\gamma$ που η κορυφή της A ανήκει στον κύκλο (O,ρ) και οι πλευρές της Ax, Ay τέμνουν τον κύκλο, λέγεται εγγεγραμμένη γωνία στον κύκλο (O,ρ) ."@el;
 skos:scopeNote "Κάθε εγγεγραμμένη γωνία που βαίνει σε ημικύκλιο είναι ορθή."@el;

skos:related ex:Chord;
 skos:related ex:Arc;
 skos:broader ex:Circle.

ex:Central_Angle rdf:type skos:Concept;

skos:prefLabel "Central Angle"@en;
 skos:prefLabel "Επίκεντρη γωνία"@el;
 skos:definition "Μία γωνία λέγεται επίκεντρη όταν η κορυφή της είναι το κέντρο ενός κύκλου."@el;
 skos:scopeNote "Μπορούμε να καταστήσουμε κάθε γωνία επίκεντρη θεωρώντας έναν κύκλο (αυθαίρετης ακτίνας) γύρω από την κορυφή της."@el;

skos:related ex:Radius;
 skos:related ex:Center;
 skos:related ex:Arc;
 skos:broader ex:Circle;
 skos:related ex:Regular_Polygon.

ex:Regular_Polygon rdf:type skos:Concept;

skos:prefLabel "Regular Polygon"@en;
 skos:prefLabel "Κανονικό Πολύγωνο"@el;
 skos:definition "Το κανονικό πολύγωνο έχει όλες του τις πλευρές ίσες και όλες του τις γωνίες ίσες."@el;

skos:broader ex:Shape;
 skos:related ex:Central_Angle;
 skos:related ex:Arc;
 skos:related ex:Circle;
 skos:related ex:Chord;
 skos:related ex:Isosceles_Triangle;
 skos:related ex:Circumcircle;
 skos:narrower ex:Square;
 skos:narrower ex:Equilateral_Triangle.

ex:Circumcircle rdf:type skos:Concept;

skos:prefLabel "Circumcircle"@en;
 skos:prefLabel "Περικυκλικό"@el;
 skos:definition "Ο εξωτερικός κύκλος που περικλύει το κανονικό πολύγωνο ονομάζεται περικυκλικό και ενώνει όλες τις κορυφές του πολυγώνου."@el;
 skos:broader ex:Circle;
 skos:related ex:Regular_Polygon.

ex:Isosceles_Triangle rdf:type skos:Concept;
 skos:prefLabel "Isosceles Triangle"@en;
 skos:prefLabel "Ισοσκελές Τρίγωνο"@el;
 skos:definition "Το ισοσκελές τρίγωνο έχει δύο πλευρές ίσες, δηλαδή $AB = AG$."@el;
 skos:broader ex:Triangle;
 skos:related ex:Regular_Polygon.

ex:Square rdf:type skos:Concept;
 skos:prefLabel "Square"@en;
 skos:prefLabel "Τετράγωνο"@el;
 skos:definition "Ένα παραλληλόγραμμο που έχει όλες τις γωνίες του ορθές και όλες τις πλευρές του ίσες λέγεται τετράγωνο."@el;
 skos:scopeNote "Εκτός των ιδιοτήτων του παραλληλογράμμου έχει ακόμα και τις εξής ιδιότητες: α) Οι ευθείες των διαγωνίων του και οι μεσοκάθετοι των πλευρών του είναι άξονες συμμετρίας, β) Οι διαγώνιές του είναι ίσες, κάθετες (και διχοτομούνται), γ) Οι διαγώνιές του είναι και διχοτόμοι των γωνιών του."@el;
 skos:broader ex:Regular_Polygon.

ex:Equilateral_Triangle rdf:type skos:Concept;
 skos:prefLabel "Equilateral Triangle"@en;
 skos:prefLabel "Ισόπλευρο Τρίγωνο"@el;
 skos:definition "Σε κάθε ισόπλευρο τρίγωνο ισχύει ότι: α) Οι ευθείες των διαμέσων είναι άξονες συμμετρίας του ισοπλεύρου τριγώνου, β) Κάθε διάμεσος είναι ύψος και διχοτόμος, γ) Όλες οι πλευρές και όλες οι γωνίες του ισοπλεύρου τριγώνου είναι ίσες."@el;
 skos:broader ex:Regular_Polygon.

ex:Triangle rdf:type skos:Concept;
 skos:prefLabel "Triangle"@en;
 skos:prefLabel "Τρίγωνο"@el;
 skos:definition "Σε κάθε τρίγωνο $AB\Gamma$ ισχύει: $A+B+\Gamma=180^\circ$."@el;
 skos:broader ex:Shape;
 skos:narrower ex:Right_Triangle.

ex:Right_Triangle rdf:type skos:Concept;
 skos:prefLabel "Right Triangle"@en;
 skos:prefLabel "Ορθογώνιο Τρίγωνο"@el;
 skos:definition "Είναι το τρίγωνο που σχηματίζει μια γωνία 90 μοιρών."@en;
 skos:scopeNote "Σε κάθε ορθογώνιο τρίγωνο το άθροισμα των τετραγώνων των δύο κάθετων πλευρών είναι ίσο με το τετράγωνο της υποτείνουσας (Πυθαγόρειο θεώρημα)."@el;
 skos:broader ex:Triangle;
 skos:related ex:Circle;
 skos:narrower ex:Pythagorean_Theorem;
 skos:narrower ex:Hypotenuse.

ex:Pythagorean_Theorem rdf:type skos:Concept;
 skos:prefLabel "Pythagorean Theorem"@en;
 skos:prefLabel "Πυθαγόρειο Θεώρημα"@el;
 skos:definition "Σε κάθε ορθογώνιο τρίγωνο το άθροισμα των τετραγώνων των δύο κάθετων πλευρών είναι ίσο με το τετράγωνο της υποτείνουσας."@el;
 skos:broader ex:Right_Triangle;

```

skos:related ex:Circle;
skos:related ex:Hypotenuses_midline;
skos:related ex:Hypotenuse.
ex:Hypotenuse rdf:type skos:Concept;
skos:prefLabel "Hypotenuse"@en;
skos:prefLabel "Υποτείνουσα"@el;
skos:definition "Η υποτείνουσα είναι η πλευρά που βρίσκεται απέναντι από την
ορθή γωνία ενός ορθογώνιου τριγώνου."@en;
skos:broader ex:Right_Triangle;
skos:narrower ex:Hypotenuses_midline;
skos:related ex:Circle;
skos:related ex:Pythagorean_Theorem.
ex:Hypotenuses_midline rdf:type skos:Concept;
skos:prefLabel "Hypotenuses midline"@en;
skos:prefLabel "Διάμεσος Υποτείνουσας"@el;
skos:definition "In a right triangle, the median drawn to the hypotenuse has the
measure half the hypotenuse."@en;
skos:broader ex:Hypotenuse;
skos:related ex:Circle;
skos:related ex:Arc.

```

4.3 Το εργαλείο GraphDB

Το GraphDB είναι μια οικογένεια ισχυρών και επεκτάσιμων βάσεων δεδομένων υψηλής απόδοσης για την αποθήκευση και απεικόνιση αρχείων RDF. Βελτιώνει τη φόρτωση και τη χρήση των πακέτων δεδομένων των συνδεδεμένων συνόλων δεδομένων στο υπολογιστικό νέφος (cloud). Παρέχει εύκολη χρήση και συμβατότητα με τα βιομηχανικά πρότυπα και εφαρμόζει τις διεπαφές πλαισίου RDF4J, το W3C SPARQL πρωτόκολλο και υποστηρίζει όλες τις εκδόσεις RDF. Η βάση δεδομένων αυτή είναι η προτιμώμενη επιλογή όχι μόνο των μικρών ανεξάρτητων προγραμματιστών αλλά και των μεγάλων επιχειρήσεων, λόγω της κοινότητας που έχει αναπτυχθεί γύρω από το GraphDB και της εμπορικής υποστήριξής του, και των άριστα επιχειρηματικών χαρακτηριστικών γνωρίσματος, όπως η υποστήριξη ομαδοποιήσεων και η ενσωμάτωση με εξωτερικές υψηλής απόδοσης εφαρμογές αναζήτησης (Lucene, SOLR και Elasticsearch).

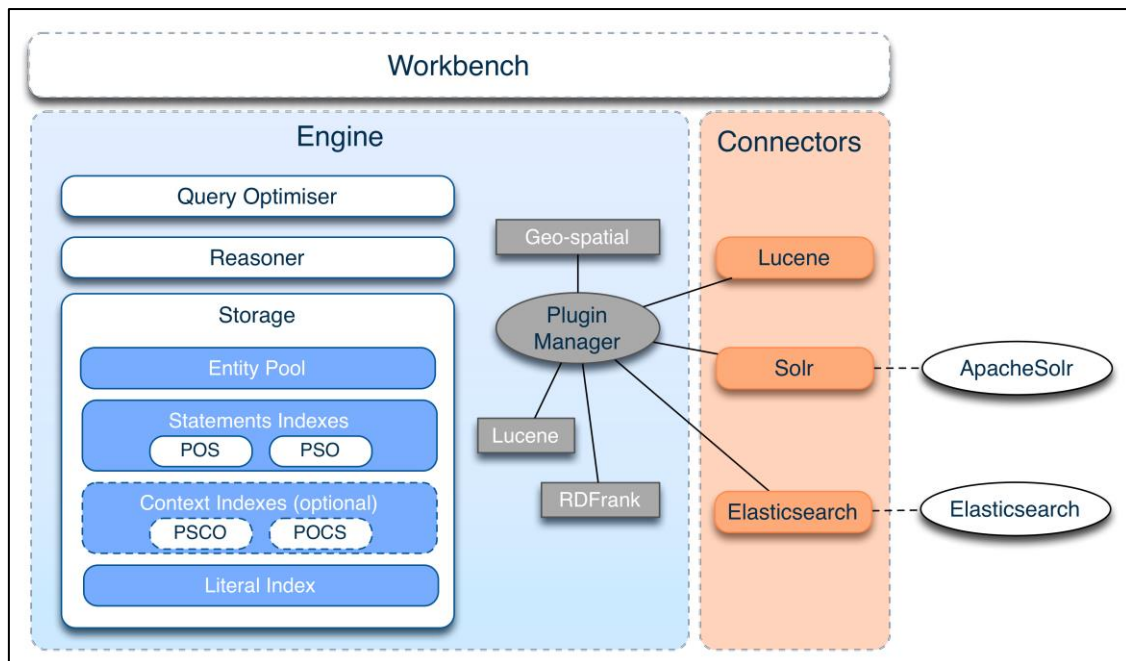
Το GraphDB είναι ένα από τα λίγα triple stores που μπορούν να εκτελέσουν σημασιολογικές συμπερασματολογίες στην κλίμακα που επιτρέπει στους χρήστες να αντλήσουν τα νέα σημασιολογικά γεγονότα από τα υπάρχοντα γεγονότα. Χειρίζεται τον μεγάλο όγκο δεδομένων, τα ερωτήματα και τα συμπεράσματα σε πραγματικό χρόνο.

Η εταιρεία Ontotext προσφέρει τρεις εκδόσεις GraphDB: την Ελεύθερη, την Τυπική και την Επιχειρηματική.

1. Ελεύθερη έκδοση GraphDB (GraphDB Free) εμπορική, βασισμένη σε αρχεία, παρέχει βελτιστοποιήσεις ερώτησης, κλίμακες 10 δισεκατομμυρίων RDF δηλώσεων σε έναν ενιαίο κεντρικό υπολογιστή με ένα όριο δύο ταυτόχρονων ερωτήσεων.
2. Τυπική έκδοση GraphDB (SE) εμπορική, βασισμένη σε αρχεία, παρέχει καλύτερα αποτελέσματα στα ερωτήματα του χρήστη, σε έναν ενιαίο κεντρικό υπολογιστή και υποστηρίζει ένα απεριόριστο αριθμού ταυτόχρονων ερωτημάτων.
3. Επιχειρηματική Έκδοση GraphDB (EE) - την κύρια εφαρμογή της βάσης δεδομένων για δυναμικές και παράλληλες ερωτήσεις-απαντήσεις υψηλής επίδοσης.

Η διαφορά της Ελεύθερης έκδοσης από τις άλλες δύο εκδόσεις έγκειται κυρίως στη δυνατότητα φόρτωσης μεγάλης έκτασης ερωτημάτων που απαιτούν πολλούς υπολογιστικούς πόρους.

Το GraphDB χρησιμοποιεί ως βιβλιοθήκη το RDF4J, αντλώντας τα πλεονεκτήματα από τα API του για αποθήκευση και ερωτήματα, καθώς επίσης υποστηρίζει μια ευρεία ποικιλία από γλώσσες ερωτημάτων (π.χ., SPARQL και SeRQL) και την σύνταξη RDF (π.χ., RDF/XML, N3, Turtle).



Εικόνα 12: Η αρχιτεκτονική υψηλού επιπέδου του GraphDB

Η επιφάνεια εργασίας από την οποία γίνεται η διαχείριση του εργαλείου GraphDB είναι βασισμένη σε φυλλομετρητή (web-based). Το περιβάλλον διεπαφής του χρήστη (user interface) είναι παρόμοιο με την επιφάνεια εργασίας της διαδικτυακής εφαρμογής RDF4J, αλλά με περισσότερες λειτουργίες.

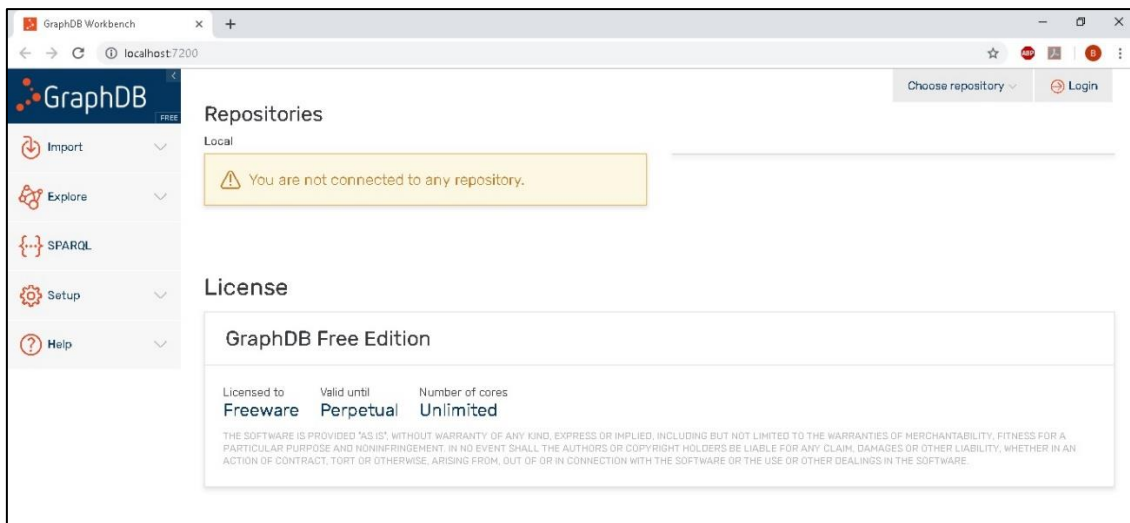
Η επιφάνεια εργασίας του εργαλείου GraphDB μπορεί να χρησιμοποιηθεί για:

- διαχείριση των αποθετηρίων του GraphDB,
- φόρτωση και εξαγωγή δεδομένων,
- εκτέλεση SPARQL ερωτημάτων και επικαιροποίηση αυτών,
- διαχείριση των περιοχών ονομάτων (namespaces),
- διαχείριση των πλαισίων (contexts),
- εξέταση/επεξεργασία των RDF πόρων,
- παρακολούθηση των ερωτημάτων,
- παρακολούθηση των πηγών (resources),
- διαχείριση των χρηστών και των αδειών χρήσης τους,
- διαχείριση των συνδέσεων,
- παροχή ενός REST API για την αυτοματοποίηση των διαφόρων εντολών για την επίβλεψη και τη διαχείριση των αποθετηρίων [33].

4.4 Η υλοποίηση στο εργαλείο GraphDB

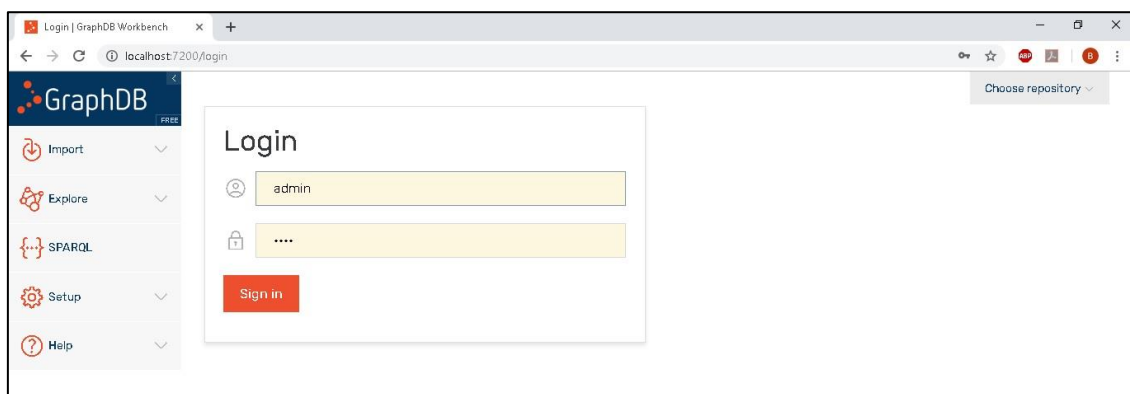
Ο προεπιλεγμένος τρόπος για να «τρέξει» το GraphDB είναι μέσω ενός αυτόνομου εξυπηρετητή (stand-alone server). Ο εξυπηρετητής είναι μια ανεξάρτητη πλατφόρμα που περιλαμβάνει όλες τις συνιστώμενες παραμέτρους JVM για να γίνει άμεση χρήση του εργαλείου.

Αρχικά κατεβάσαμε την δωρεάν έκδοση του εργαλείου από τον ιστότοπο <https://www.ontotext.com/free-graphdb-download> και με μια απλή εγκατάσταση στον υπολογιστή εργασίας, είχαμε στη διάθεσή μας την επιφάνεια εργασίας του εργαλείου ανοίγοντας σε έναν φυλλομετρητή το url: <http://localhost:7200/> (Εικόνα 13).



Εικόνα 13: Είσοδος στην αρχική σελίδα του GraphDB μέσω φυλλομετρητή.

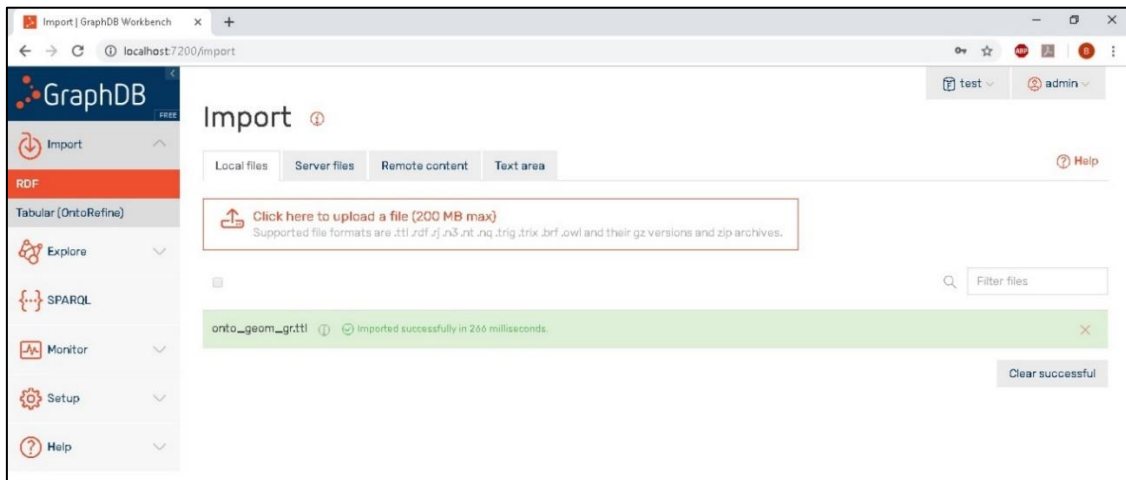
Στο περιβάλλον του GraphDB, δημιουργήσαμε ένα προφίλ με όνομα χρήστη και κωδικό για να εισερχόμαστε ως διαχειριστές, ενώ φτιάξαμε άλλο ένα προφίλ απλού χρήστη με περιορισμένες δυνατότητες επιλογών στο εργαλείο (Εικόνα 14). Με το προφίλ του διαχειριστή θα είναι εφικτή η φόρτωση των οντολογιών καθώς και η πρόσβαση σε όλες τις λειτουργίες του εργαλείου. Με το προφίλ του απλού χρήστη είναι δυνατή η πρόσβαση κυρίως στον γράφο που προκύπτει από την οντολογία που έχει φορτωθεί. Όμως, μπορούμε να δώσουμε σε έναν απλό χρήστη μέχρι και τα δικαιώματα πλήρους διαχείρισης της εφαρμογής.



Εικόνα 14: Είσοδος στο περιβάλλον του GraphDB με προφίλ διαχειριστή.

Με την είσοδό μας στην εφαρμογή ως διαχειριστές, μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα αποθετήριο (repository), στο οποίο στη συνέχεια θα φορτώσουμε την οντολογία που έχουμε φτιάξει στο αρχείο τύπου turtle. Στην προκειμένη περίπτωση, δημιουργήσαμε το αποθετήριο με

το όνομα «test» και μέσω της επιλογής import επιλέξαμε και φορτώσαμε το αρχείο turtle με το όνομα «onto_geom_gr.ttl», όπως φαίνεται και στην Εικόνα 15. Η εφαρμογή κατά την εισαγωγή του αρχείου, πραγματοποιεί ελέγχους ως προς την ορθότητα της σύνταξης της οντολογίας και εάν εντοπιστούν λάθη, δεν μπορεί να την φορτώσει, εμφανίζοντας και το κατάλληλο μήνυμα με το ακριβές σημείο του λάθους.



Εικόνα 15: Φόρτωση του αρχείου με την οντολογία στο αποθετήριο test του GraphDB.

Στη συνέχεια, με την επιλογή Explore μπορούμε να έχουμε πρόσβαση στις παρακάτω λειτουργίες:

- Graphs overview

Γίνεται επισκόπηση του γραφήματος σε μορφή πίνακα με όλα τα στοιχεία που έχουμε περάσει στην οντολογία. Από εδώ μπορούμε να πάρουμε την οντολογία σε έναν αρχείο σαν αυτό που φορτώσαμε ή και σε άλλη μορφή όπως JSON, RDF-XML, N-triples, κτλ (Εικόνα 16).

The screenshot shows the GraphDB 'Explore' page. The main content is a table with columns 'subject', 'predicate', 'object', and 'context'. A 'Download as' menu is open over the table, listing various export formats. The table contains the following data:

id	subject	predicate	object	context
1	ex:Arc	skos:altLabel	Τόξο κύκλου	
2	ex:Arc	skos:altLabel	Circular arc	
3	ex:Arc	skos:broader	ex:Circle	
4	ex:Arc	skos:definition	Δύο σημεία A και B του κύκλου τον χωρίζουν σε δύο μέρη που το καθένα είναι τόξο του κύκλου με άκρα τα A και B.	
5	ex:Arc	skos:prefLabel	Τόξο	http://www.ontotext.com/m/explicit
6	ex:Arc	skos:prefLabel	Arc	http://www.ontotext.com/m/explicit
7	ex:Arc	skos:related	ex:Central_Angle	http://www.ontotext.com/m/explicit
8	ex:Arc	skos:related	ex:Inscribed_Angle	http://www.ontotext.com/m/explicit
9	ex:Arc	skos:related	ex:Regular_Polygon	http://www.ontotext.com/m/explicit

Εικόνα 16: Επισκόπηση του γραφήματος σε μορφή πίνακα με όλα τα στοιχεία της οντολογίας.

- Class hierarchy

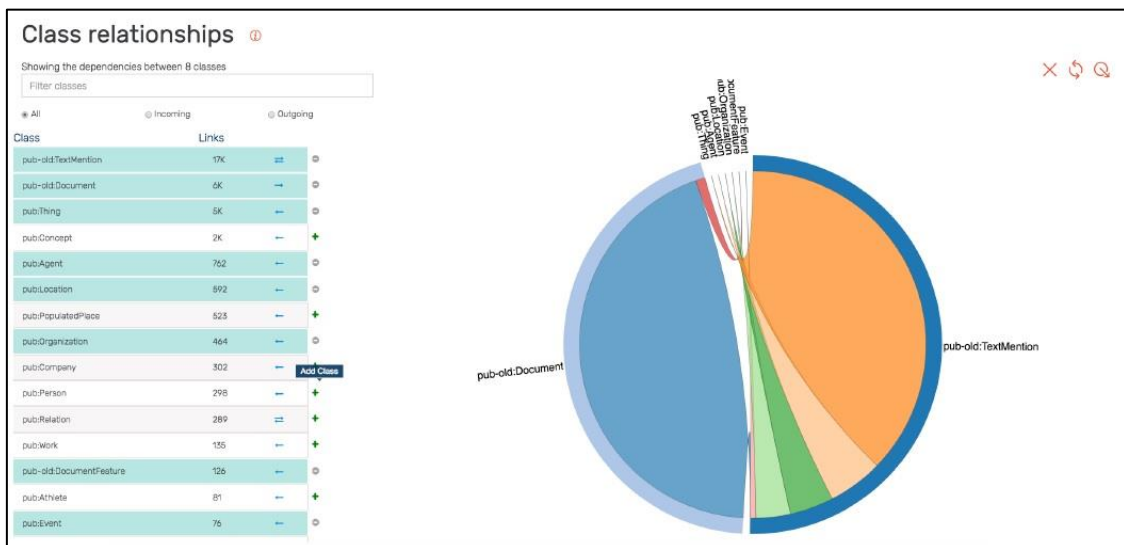
Μπορούμε να δούμε σε ένα διάγραμμα την απεικόνιση της ιεραρχίας των κλάσεων που περιέχει η οντολογία μας από τον αριθμό των στιγμιοτύπων (instances). Οι μεγαλύτεροι κύκλοι είναι οι γονικές κλάσεις (parent classes) και οι εμφωλευμένοι κύκλοι είναι τα παιδιά τους (Εικόνα 17).



Εικόνα 17: Απεικόνιση της ιεραρχίας των κλάσεων που περιέχει η οντολογία.

- Class relationships

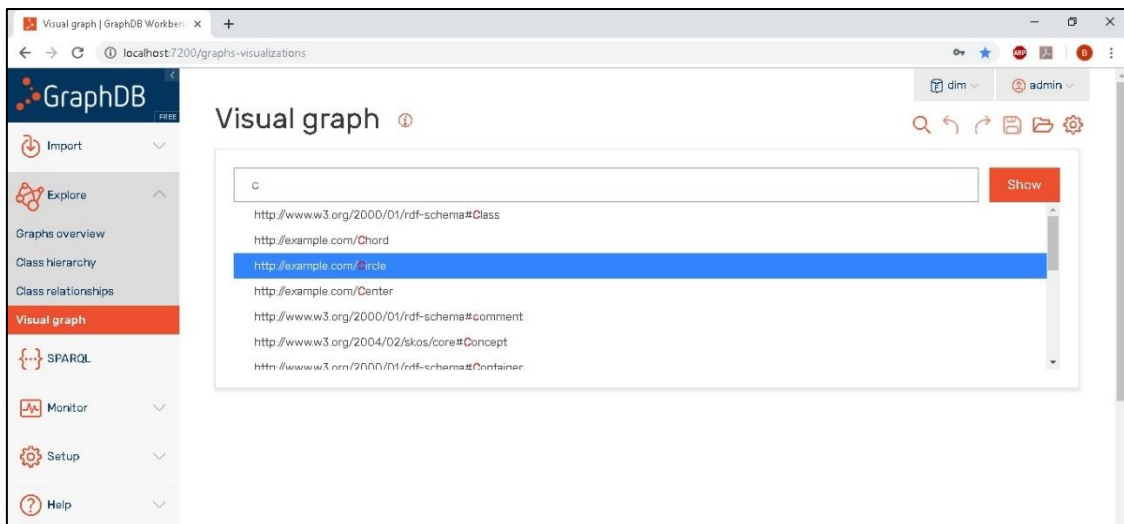
Μπορούμε να δούμε ένα περίπλοκο διάγραμμα που παρουσιάζει μόνο τις κύριες σχέσεις, όπου κάθε μια από αυτές είναι μια δέσμη συνδέσεων μεταξύ των ξεχωριστών περιπτώσεων δύο κλάσεων. Κάθε σύνδεση είναι μια δήλωση RDF όπου το υποκείμενο είναι στιγμιότυπο μιας κλάσης, το αντικείμενο είναι μια στιγμιότυπο μιας άλλης κλάσης, και η σύνδεση είναι το κατηγορημα. Ανάλογα με τον αριθμό συνδέσεων μεταξύ των στιγμιότυπων από δύο κλάσεις, η δέσμη μπορεί να είναι παχύτερη ή λεπτότερη και παίρνει το χρώμα της κλάσης με τις περισσότερες εισερχόμενες συνδέσεις. Αυτές οι συνδέσεις μπορεί να είναι και στις δύο κατευθύνσεις (Εικόνα 18).



Εικόνα 18: Απεικόνιση των κυρίων σχέσεων της οντολογίας.

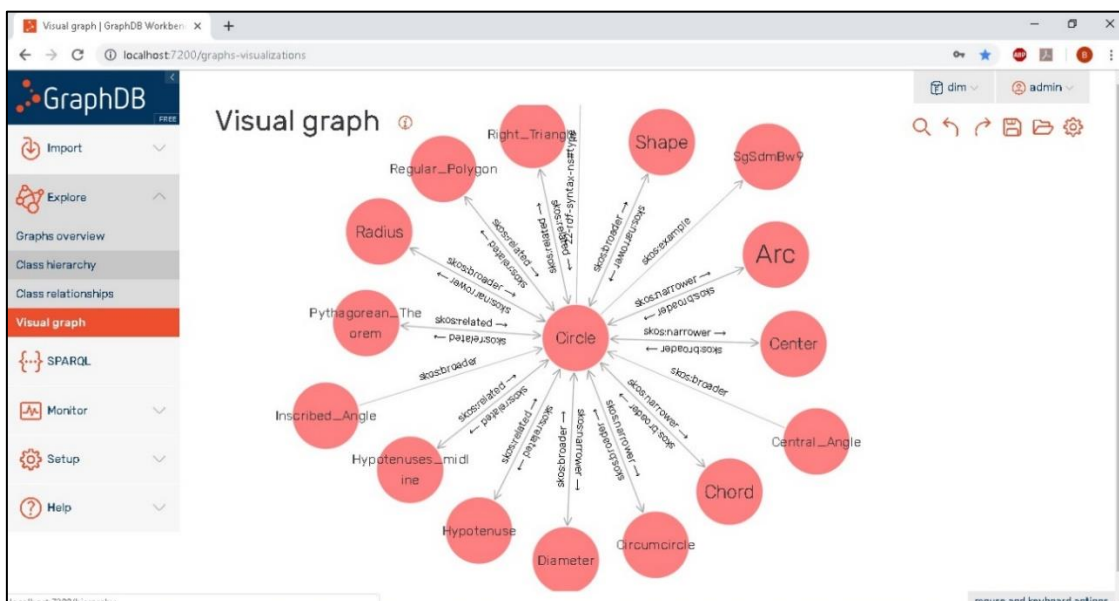
- Visual graph

Βλέπουμε το γράφημα της οντολογίας και μπορούμε να περιηγηθούμε σε αυτό χωρίς να κάνουμε χρήση ερωτημάτων SPARQL. Υπάρχει πεδίο αναζήτησης για να εισάγουμε τον όρο από τον οποίο θα ξεκινάει η εξερεύνηση του γράφου μας (Εικόνα 19).



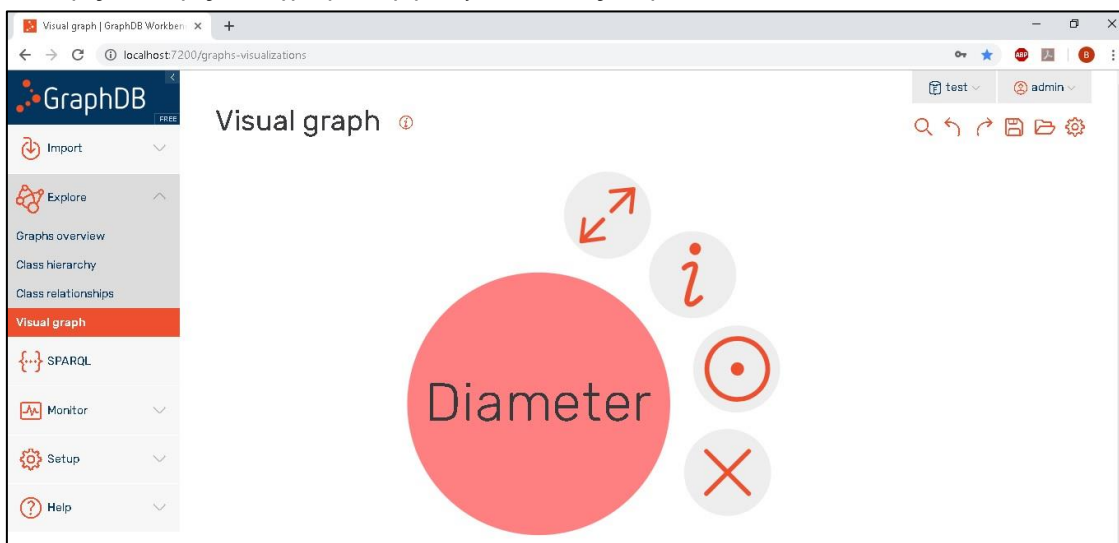
Εικόνα 19: Αναζήτηση του όρου τον οποίο θέλουμε να απεικονίσουμε.

Πατώντας το κουμπί με την εντολή Show, θα μας εμφανιστεί η οντολογία οπτικοποιημένη με κεντρικό όρο τον Κύκλο, εάν είχαμε εισαγάγει τον Κύκλο στο πεδίο της αναζήτησης, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 20.



Εικόνα 20: Απεικόνιση σε γράφημα της οντολογίας.

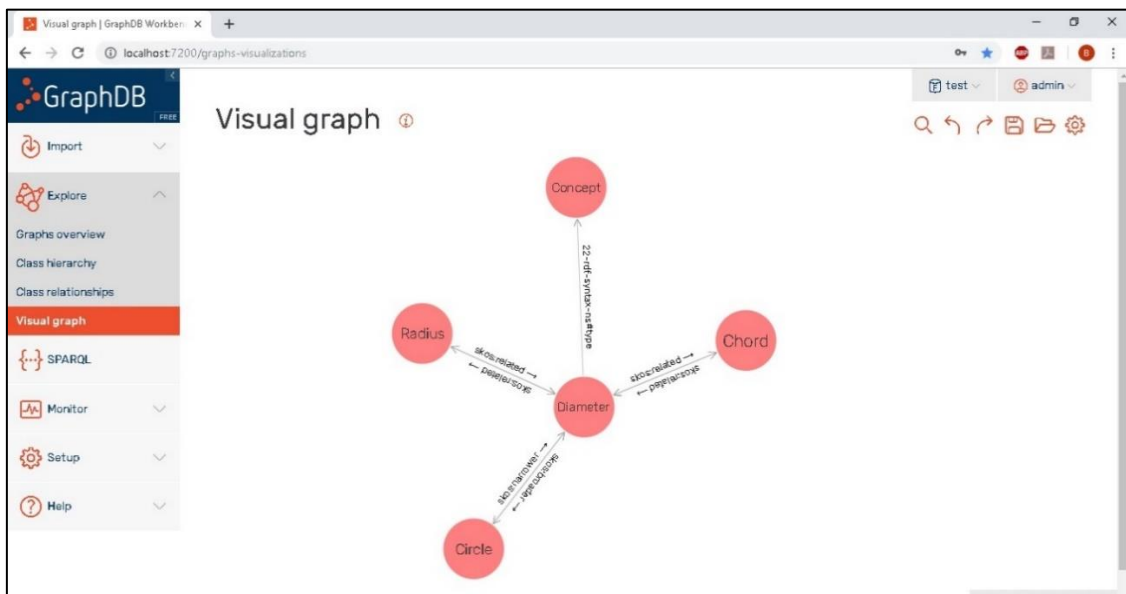
Με δεξί κλικ πάνω σε μία έννοια που θέλουμε, πχ στην Διάμετρο, θα μας εμφανιστούν τέσσερις επιλογές που γραφικά εμφανίζονται όπως στην Εικόνα 21.



Εικόνα 21: Κάνοντας δεξί κλικ πάνω στην κάθε έννοια εμφανίζονται οι επιλογές που περιέχει αυτή.

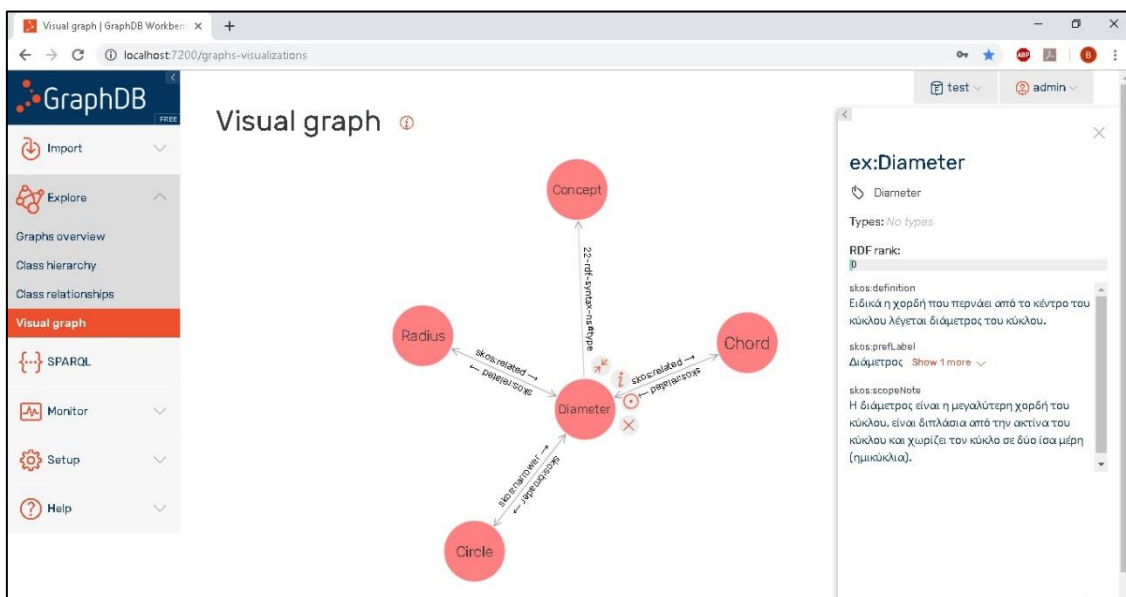
Οι επιλογές αυτές μας προσφέρουν τις παρακάτω λειτουργίες:

- Expand: θα αναπτυχθούν στο γράφημα όλες οι έννοιες που συνδέονται με την έννοια της Διαμέτρου (Εικόνα 22).



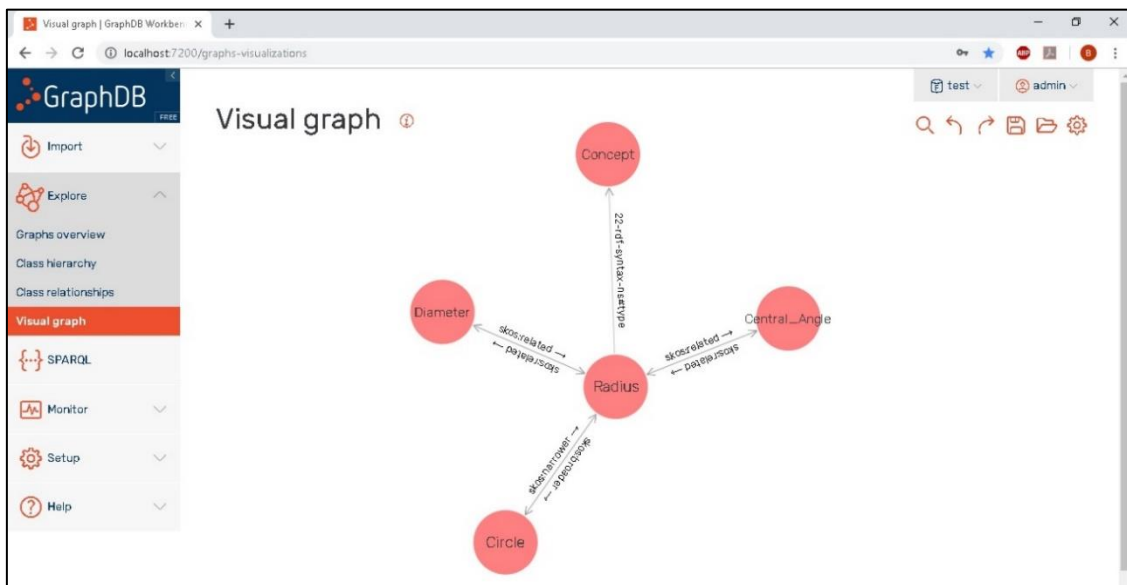
Εικόνα 22: Η επιλογή Expand

- Info: θα ανοίξει ένα παράθυρο στο πλάι του γραφήματος με όλες πληροφορίες έχουμε βάλει στο turtle αρχείο και αφορούν την συγκεκριμένη έννοια (Εικόνα 22).



Εικόνα 22: Η επιλογή Info

- Focus: εάν θέλουμε να εστιάσουμε σε μια άλλη έννοια, τότε με το Focus στην έννοια αυτή που μας ενδιαφέρει, το γράφημα θα την τοποθετήσει στο κέντρο του γραφήματος μαζί με όλες τις συνδέσεις. Στην Εικόνα 23 επιλέξαμε να εστιάσουμε στην έννοια της Ακτίνας.

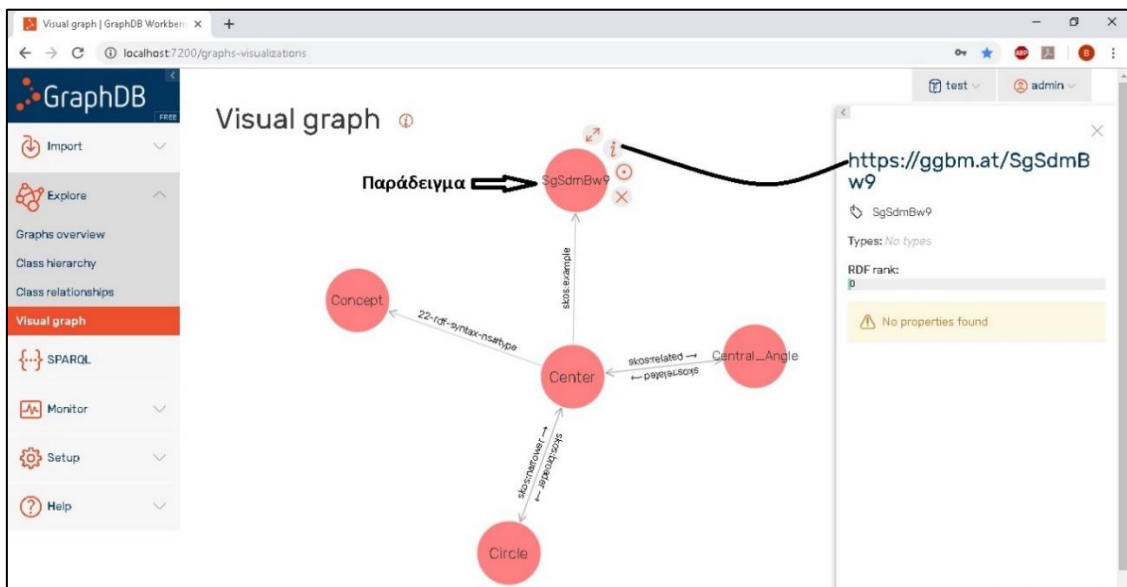


Εικόνα 23: Η επιλογή Focus για την έννοια της Ακτίνας

- Remove: μπορούμε να απομακρύνουμε μια έννοια από το γράφημα.

Επίσης, μας δίνεται η δυνατότητα όπως προαναφέρθηκε, να συνδέσουμε μια έννοια με ένα παράδειγμα στο Geogebra.

Εάν μια έννοια έχει ενσωματωμένο ένα παράδειγμα από το Geogebra, θα χρειαστεί να ακολουθήσουμε τα εξής βήματα: αρχικά κάνουμε κλικ με το ποντίκι στο εικονίδιο Info και στη συνέχεια κλικ στον σύνδεσμο <https://ggbm.at/SgSdmBw9> στο διπλανό παράθυρο που έχει ανοίξει, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 24.



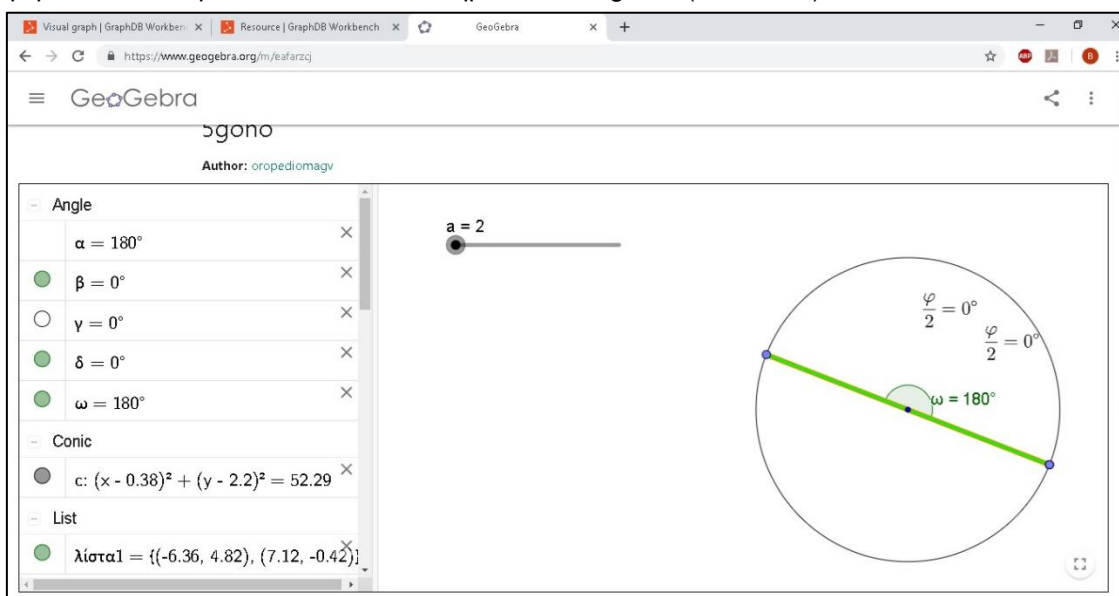
Εικόνα 24: Σύνδεση μια έννοιας με ένα παράδειγμα που είναι ανεβασμένο στο Geogebra Online

Τώρα, έχουμε μεταφερθεί στην επόμενη οθόνη του περιβάλλοντος του GraphDB. Από εκεί θα μπορέσουμε να μεταβούμε στο Geogebra, κάνοντας πάλι κλικ στον σύνδεσμο που εμφανίζεται, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 25.



Εικόνα 25: Η διαδρομή για την μετάβαση στο παράδειγμα του Geogebra

Έτσι, ο χρήστης μέσω του συνδέσμου που έχουμε εισαγάγει με την κατάλληλη σύνταξη στο turtle αρχείο μας (`skos:example <https://ggbm.at/SgSdmBw9>`), θα μπορεί να μεταβαίνει στο περιβάλλον του Geogebra και να πειραματίζεται με το παράδειγμα που εμείς έχουμε φορτώσει από πριν στο online αποθετήριο του Geogebra (Εικόνα 26).



Εικόνα 26: Το περιβάλλον του Geogebra με το παράδειγμα που έχει φορτωθεί και αφορά τη συγκεκριμένη έννοια της οντολογίας.

Για να φορτώσουμε τα παραδείγματα που χρειαζόμαστε, η διαδικασία είναι απλή. Με μια εγγραφή στον ιστότοπο του Geogebra, έχουμε τη δυνατότητα να κάνουμε χρήση των Cloud υπηρεσιών και να δημιουργήσουμε το δικό μας αποθετήριο με το υλικό μας. Το υλικό αυτό θα είναι προσπελάσιμο από τον εργαλείο GraphDB και οι χρήστες θα μπορούν να έχουν άμεση πρόσβαση στο εκπαιδευτικό υλικό.

5 Συμπεράσματα - Περιορισμοί της έρευνας - Επόμενα βήματα

Σε αυτήν την εργασία παρουσιάστηκε η επέκταση της οντολογίας του Κύκλου στο εργαλείο GraphDB, ώστε να καλύψει περισσότερους πρόσθετους τομείς στη διδασκαλία της Γεωμετρίας. Αυτή η οντολογία θα μπορούσε να είναι χρήσιμη με διάφορους τρόπους και για τις δυο πλευρές τις διδασκαλικής διαδικασίας. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως ένα πολύτιμο εργαλείο που θα βοηθά τους δασκάλους να οργανώσουν τη διδασκαλία των μαθημάτων τους με έναν πιο ευέλικτο και αποτελεσματικό τρόπο. Θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί ως ένα ευρύτερο πλαίσιο επικοινωνίας μεταξύ των διάφορων προγραμματιστών ηλεκτρονικών εφαρμογών που δρουν στην εκπαίδευση. Επιπλέον, αυτή η οντολογία θα μπορούσε να χρησιμεύσει ως μια οπτική σύνδεση μέσω ενός φυλλομετρητή αναφορικά με το υλικό που διδάσκεται.

Η λειτουργία του εργαλείου που παρουσιάσαμε βασίστηκε στην ευρέως αποδεκτή υπόθεση ότι κάθε διαδικασία εκμάθησης που αναφέρεται σε έναν γνωστικό πεδίο, είναι βασισμένη στους συγκεκριμένους στόχους εκμάθησης και χρησιμοποιεί ποικίλους εκπαιδευτικούς πόρους. Η χρήση της οντολογίας του κύκλου θεωρούμε ότι θα βοηθήσει τους μαθητές να οργανώσουν τις γεωμετρικές έννοιες στο μυαλό τους. Οι μαθητές θα καταστούν ικανοί να καταλάβουν ότι οι γεωμετρικές έννοιες συνδέονται ισχυρά μεταξύ τους. Η οπτικοποίηση της διδακτικής ύλης θα λειτουργήσει αφαιρετικά αλλά και συνδυαστικά συγχρόνως, βγάζοντας τους από τα στενά όρια της κλασσικής διδασκαλίας.

Με αυτό το εργαλείο στα χέρια τους, οι μαθητές θα μπορέσουν να μπουν στο ρόλο του επιστήμονα που κάνει τις υποθέσεις, πραγματοποιεί τα πειράματα, διατυπώνει τα θεωρήματά του και τα αναθεωρεί ενδεχομένως μέσω της αντίκρουσης τους.

Οι οντολογίες μπορούν να οδηγήσουν τους μαθητές ένα βήμα περαιτέρω στη γνώση, με αποτέλεσμα να γίνουν ικανοί να διασυνδέσουν και να αλληλεπιδράσουν με άλλες έννοιες της γεωμετρίας. Με τα παραδείγματα θα καταφέρουν να εμπεδώσουν τις γνώσεις τους και να εξοικειωθούν με την ύλη που διδάσκονται. Η διαδικασία της διδασκαλίας επίσης θα μπορέσει να αξιοποιήσει τις οντολογίες επιτρέποντας τη συνεργασία όχι μόνο μεταξύ των μαθητών και των καθηγητών αλλά και μεταξύ των μαθητών. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω των παραδειγμάτων και των ασκήσεων που ενσωματώνονται μέσα στην οντολογία [32].

Οι περιορισμοί που προέκυψαν κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας, εντοπίζονται στο τελικό περιβάλλον που έχει στη διάθεσή του ο χρήστης. Καθώς η εφαρμογή δεν έχει πλήρως υλοποιηθεί, δεν είναι εφικτή και η αποτίμηση στο σύνολο της.. Επειδή έχει χρησιμοποιηθεί το περιβάλλον της εφαρμογής GraphDB, υπάρχουν διάφοροι περιορισμοί στην χρήση του εργαλείου από χρήστες σε πραγματικές συνθήκες ώστε να εντοπιστούν και οι αδυναμίες σε επίπεδο χρηστικότητας. Μόνο σε επίπεδο σχεδιασμού μπορεί να γίνει αποτίμηση.

Επόμενα βήματα είναι η ολοκλήρωση της υλοποίησης όλης της εφαρμογής και συνεπακόλουθα η εφαρμογή τους στο σχολείο, ως πλήρες εργαλείο πλέον για την υποστήριξη της διδασκαλίας και της μάθησης.

Αναφορές

- [1] Tim Berners-Lee, Robert Cailliau, Jean-Francois Groff, Bernd Pollermann, "World-Wide Web: The Information Universe", CERN, 1992.
- [2] Πολυξένη Π. Κατσιούλη, «Απεικόνιση Σχεσιακού Μοντέλου σε Οντολογία Σημασιολογικού Ιστού», Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών ΕΚΠΑ, Απρίλιος 2006.
- [3] Άγγελος Ψυχογιός, «Σημασιολογικά Δίκτυα και Εφαρμογές», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Πληροφορικής Πανεπιστημίου Πειραιώς, Νοέμβριος 2012.
- [4] Γκολφινόπουλου Ασημίνα, «Εφαρμογές του Σημασιολογικού Ιστού στην Εκπαίδευση», Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μαθηματικών Πανεπιστημίου Πατρών, Ιούλιος 2011.
- [5] Μπουφαρδέα Ευαγγελία, «Σημασιολογική Μοντελοποίηση Συμπεριφοράς Και Μηχανισμός Πρόβλεψης Απόδοσης Εκπαιδευόμενων σε Συστήματα Ανοικτής και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευσης», Διπλωματική εργασία, Τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής, Πανεπιστημίου Πατρών, Νοέμβριος 2011.
- [6] Asuncion Gomez-Perez, Mariano Fernández-López, Oscar Corcho, "Ontological Engineering: With Examples from the Areas of Knowledge Management, E-Commerce and the Semantic Web", Springer Verlag, January 2004.
- [7] Νίκος Κολλάρας, «Ο Σημοσιολογικός Ιστός», Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μαθηματικών Πανεπιστημίου Πατρών, Μάιος 2007.
- [8] Davies, J., Fensel, D., & van Harmelen F. (2003). Towards the Semantic Web: OntologyDriven Knowledge Management. John Wiley, England.
- [9] Ding, Y. (2001). A review of ontologies with the Semantic Web in view. Journal of Information Science, 27(6), 377–384.
- [10] Ding, Y., Fensel, D., Omelayenko, B., & Klein, M. C. A. (2002). The Semantic Web: yet another hip? Data Knowledge Engineering, 6(2–3), 205–227.
- [11] Παγγέ Αποστολία, Παγγέ Τζένη, «Ο Σημασιολογικός Ιστός και η Συμβολή του στην Ηλεκτρονική Μάθηση», Επιστημονική Επετηρίδα Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Τόμος Ε', σελ 88-101, 2012.
- [12] Μ. Μπαγιαμπού, Α. Καμέας, «Χρήση οντολογιών για την περιγραφή και τη διαχείριση μαθησιακών στόχων και μαθησιακών αντικειμένων», 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Ένταξη και χρήση των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία», Πάτρα 28-30/4/2011.
- [13] Σ. Πιτσικάλης, Ι. Ε. Ουασίτσα, «Η πορεία της Ηλεκτρονικής Μάθησης από τον Παγκόσμιο στο Σημασιολογικό Ιστό», 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Διδακτική της Πληροφορικής» Φλώρινα, 20-22 Απριλίου 2012.
- [14] https://standards.ieee.org/standard/1484_12_1-2002.html , ανάκτηση Απρίλιος 2019.
- [15] Θεοδόσιος Ζαχαριάδης, Δέσποινα Πόταρη, Κώστας Στουραϊτής, Καθηγητής, «Επιμορφωτικό Υλικό για τους Καθηγητές Μαθηματικών Γυμνασίου», Πράξη «ΝΕΟ ΣΧΟΛΕΙΟ (Σχολείο 21ου αιώνα) – ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ, στους Άξονες Προτεραιότητας 1,2,3, -Οριζόντια Πράξη», Αθήνα, Νοέμβριος 2011.
- [16] OpenMath <http://www.openmath.org/index.html>, ανάκτηση Απρίλιος 2019.
- [17] <http://www.w3.org/Math/Documents/Notes/services.xml#n400069>, ανάκτηση Απρίλιος 2019.
- [18] MONET http://cordis.europa.eu/project/rcn/71371_en.html, ανάκτηση Απρίλιος 2019.
- [19] D. Tzoumpa, T. Karvounidis and C. Douligeris, Applying Ontologies in an Educational Context, IEEE Educon 2016, Ahbu Dhabi, UAE.
- [20] Αικατερίνη Τσαρτσάλη, «Ο Σημασιολογικός Ιστός και τα Ανοιχτά Διασυνδεδεμένα Δεδομένα στην Εκπαίδευση», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων Πανεπιστημίου Πειραιώς, Σεπτέμβριος 2015.

- [21] Μερτής Αριστοτέλης, «Μελέτη Τεχνολογιών Σημασιολογικού Ιστού και Ανάπτυξη Συστήματος Διαχείρισης Πολιτισμικών Δεδομένων», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής Πολυτεχνική Σχολή Πανεπιστημίου Πατρών, Μάρτιος 2010.
- [22] Ψαρρά Κωνσταντινιά, «Η χρήση των Τεχνολογιών Ανοικτών και Συνδεδεμένων Δεδομένων στα Πανεπιστήμια», Τμήμα Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών Πανεπιστημίου Μακεδονίας, Μάρτιος 2016.
- [23] http://scot.curriculum.edu.au/what_is_scot.asp, ανάκτηση Απρίλιος 2019.
- [24] <http://labs.sparna.fr/skos-play/about>, ανάκτηση Απρίλιος 2019.
- [25] Diego Valerio Camarda, Silvia Mazzini, Alessandro Antonuccio, "LodLive, exploring the web of data", I-SEMANTICS '12 Proceedings of the 8th International Conference on Semantic Systems, Pages 197-200, Graz, Austria — September 05 - 07, 2012.
- [26] <http://en.lodlive.it/>, ανάκτηση Απρίλιος 2019.
- [27] OntoMathPro Ontology: A Linked Data Hub for Mathematics (2014) Knowledge Engineering and the Semantic Web - 5th International Conference. <https://arxiv.org/pdf/1407.4833>
- [28] diSessa, A., Hoyles, C., Noss, R. (eds.): Computers and Exploratory Learning. Springer, Berlin (1995)
- [29] Hoyles, C.: From describing to designing mathematical activity: the next step in developing the social approach to research in Mathematics education. Educ. Stud. Math. 46, 273–286 (2001)
- [30] Nardi, B. (ed.): Context and Consciousness: Activity Theory and Human Computer Interaction. MIT Press (1996)
- [31] Hoyles, C., Noss, R.: A pedagogy for mathematical microworlds. Educ. Stud. Math. 23, 31–57 (1992)
- [32] Tzoumpa D., Karvounidis T., Douligeris C., Circle's Ontology Extended: Circumference and Surface Area of a Circle, Springer Nature Switzerland AG 2020
- M. E. Auer and T. Tsiatsos (Eds.): ICL 2018, AISC 916, pp. 120–132, 2020.
- [33] <http://graphdb.ontotext.com/documentation/free/about-graphdb.html>, ανάκτηση Απρίλιος 2019.

Βιβλιογραφία

- Παγγέ, Α. (2012). Προγράμματα ηλεκτρονικής μάθησης στο διαδίκτυο, σχεδιασμός και δυνατότητες αξιοποίησης τους στην Ελλάδα. Η περίπτωση του σημασιολογικού διαδικτύου. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιωάννινα.
- Burstein, M., Bussler, C., Finin, T., Huhns, M., Paolucci, M., Sheth, A., & Williams, S. (2005). A Semantic Web services architecture. *IEEE Internet Computing*, 52–61.
- Kim, H. (2002). Predicting how ontologies for the Semantic Web will evolve. *Communications of the ACM*, 45(2), 48–54.
- Berners-Lee, T., Hendler, J. & Lassila O. (2001). The Semantic Web. *Scientific American Magazine*, 284, pp. 34-43. (doi:10.1038/scientificamerican0501-34).
- Keßler, C D'Aquin, M Dietze, Stefan (2013). Linked Data for science and education.
- Doan, A. H., Madhavan, J. Domingos, P. and Halevy, A. (2002). Learning to Map Ontologies on the Semantic Web. Paper presented at the Eleventh International World Wide Web Conference 2002, 7-11 May, Honolulu, USA.
- Drucker, P. (2000). Need to Know: Integrating eLearning with High Velocity Value Chains, A Delphi Group White Paper.
- Βαγγελάτος Παναγιώτης, «Συνδεδεμένα Δεδομένα», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Πληροφορικής Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών, Δεκέμβριος 2012
- D. Tzoumpa, T. Karvounidis and C. Douligeris, Applying Ontologies in an Educational Context, IEEE Educon 2016, Ahbu Dhabi, UAE.
- Tzoumpa D., Karvounidis T., Douligeris, C. (2017) Work in progress: Extending the application of ontologies in the teaching of geometry: The right triangle in the circle. In *Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 25-28 April 2017, Athens, Greece. IEEE (pp. 893 - 899) Electronic ISSN: 2165-9567.
- Tzoumpa D., Karvounidis T., Douligeris C. (2017) Towards an Ontology Approach in Teaching Geometry. In: Auer M., Guralnick D., Uhomoihi J. (eds) *Interactive Collaborative Learning. ICL 2016. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 545. (pp 198-209) Springer, Cham.