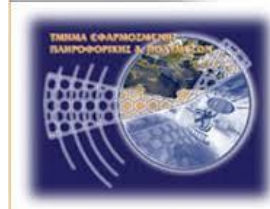




Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής & Πολυμέσων



Πτυχιακή εργασία

**Τίτλος: Τεχνολογίες του Σημασιολογικού Ιστού στην
Εκπαίδευση**

Κωνσταντίνος Γιώτης (ΑΜ: 2714)

Επιβλέπων καθηγητής: κ. Παπαδάκης Νικόλαος

- Οκτώβριος 2013 -

Ευχαριστίες

Η ολοκλήρωση αυτής της εργασίας υλοποιήθηκε χάρη στη βοήθεια ,την συμπαράσταση και την υποστήριξη πολλών ανθρώπων στους οποίους θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου. Πρώτα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή κ. Νικόλαο Παπαδάκη, για την εμπιστοσύνη της ανάθεσης του θέματος, για την καθοδήγηση του κατά τη διάρκεια της πτυχιακής εργασίας καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές που μου έδωσε. Ευχαριστώ επίσης και τα άλλα μέλη της Τριμελούς Επιτροπής, για την αξιολόγηση της εργασίας μου.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υπομονή και την υποστήριξη που έχουν δείξει προς το πρόσωπο μου όλα τα χρόνια των σπουδών μου. Τέλος, ευχαριστώ τους φίλους μου για την συμπαράσταση τους και τη βοήθεια που προσέφεραν κατά τη διάρκεια των προπτυχιακών σπουδών μου.

Abstract

Over the last years , persistent efforts are made to integrate digital technologies in the education so as to evolve them. In this project the Semantic Web is referred to as a tool that contributes in the evolvement of education . More so, the needs that are the cause of the evolution of the World Wide Web into the Semantic Web , are presented , as are some of their differences. The tools of the Semantic Web that are used to create it as well as the applications of its technologies in the education, are analyzed. An emphasis is given in the understanding of its meaning, of its vision but also of how it contributes specifically in the field of education. The reference in how the management of the information and the data so as to reproduce knowledge that will be able to be perceived and edited not only by man but machines, is important. Additionally, existing technologies that are used for education, are listed as well as their objective function. An detailed reference is made to what are expression languages and specifically of XML (Extensible Markup Language), of RDF (Resource Description Framework), of RDFS (RDF Schema) and of OWL (Web Ontology Language). In conclusion, a reference to ontologies and portals that are used in education is made as well as to specialized software agents, the pedagogical agents.

Σύνοψη

Τα τελευταία χρόνια γίνονται επίμονες προσπάθειες να ενταχθούν ψηφιακές τεχνολογίες στην εκπαίδευση με σκοπό την ανάπτυξη της. Στην εργασία αυτή γίνεται αναφορά για τον Σημασιολογικό Ιστό (Semantic Web) ως ένα εργαλείο που συμβάλει στην εξέλιξη της εκπαίδευσης. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι ανάγκες οι οποίες είναι η αιτία για την εξέλιξη του Παγκόσμιου Ιστού σε Σημασιολογικό Ιστό, όπως και οι μερικές διάφορες μεταξύ τους. Αναλύονται τα εργαλεία του Σημασιολογικού Ιστού που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία του καθώς και οι εφαρμογές των τεχνολογιών του στην εκπαίδευση. Δίνεται έμφαση στην κατανόηση της έννοιας του, του οράματος που έχει αλλά και στο πως συμβάλει συγκεκριμένα στον τομέα της εκπαίδευσης. Σημαντική είναι η αναφορά στο πως πρέπει πλέον να γίνεται η διαχείριση της πληροφορίας και των δεδομένων ούτως ώστε να αναπαραχθεί γνώση η οποία θα είναι δυνατό να γίνει αντιληπτή και επεξεργάσιμη όχι μόνο από τον άνθρωπο αλλά και από την μηχανή. Επί προσθέτως παρατίθενται οι ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση και ο σκοπός λειτουργίας τους. Γίνεται λεπτομερής αναφορά στο τι είναι μεταδεδομένα, οντολογία και πράκτορες λογισμικού. Επίσης βλέπουμε τις γλώσσες έκφρασης του Σημασιολογικού Ιστού και συγκεκριμένα την XML(Extensible Markup Language), την RDF (Resource Description Framework), το RDFS (RDF Schema) και την OWL (Web Ontology Language). Τέλος γίνεται αναφορά στις οντολογίες και στις πύλες (portals) που χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση καθώς και στους εξειδικευμένους πράκτορες λογισμικού, τους παιδαγωγικούς πράκτορες.

Πίνακας Περιεχομένων

1. Εισαγωγή.....	6
2. Οντολογίες, πράκτορες και μεταδεδομένα.....	11
2.1. Οντολογίες	11
2.2. Οι πράκτορες.....	12
2.3. Τα Μεταδεδομένα.....	13
3. Γλώσσες έκφρασης: XML, OWL, RDF	15
3.1. XML.....	15
3.2. OWL.....	17
3.3. RDF	18
4. Εκπαιδευτικά εργαλεία	20
4.1. Εκπαιδευτικά εργαλεία σημασιολογικού ιστού.....	20
4.2. Οι Παιδαγωγικοί Πράκτορες	22
4.2.1 Αλληλεπίδραση με τους Παιδαγωγικούς Πράκτορες.....	23
5. Συμπεράσματα	24
Αναφορές:	25

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1 : Διδακτικές Προσεγγίσεις	22
--	----

1. Εισαγωγή

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.¹

Ο Παγκόσμιος Ιστός έχει αλλάξει κατά πολύ τον τρόπο με τον οποίο διαρθρώνεται πλέον η επικοινωνία μεταξύ των ανθρώπων και ειδικά τον τρόπο με τον οποίο η πληροφορία που υπάρχει διαθέσιμη ανά τον κόσμο, διαδίδεται και ανακτάται. Ταυτόχρονα, ωστόσο, η αποθήκευση όγκου πληροφοριών σε βάσεις δεδομένων οδήγησε στην εμφάνιση του εξής προβλήματος: την καθιέρωση και διατήρηση της σημασιολογίας των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα στις βάσεις δεδομένων. Αυτό το συγκεκριμένο πρόβλημα σημασιολογίας δεδομένων παρέμενε ελέγξιμο εφόσον ελέγξιμες ήταν και οι αλλαγές που θα μπορούσαν να προκληθούν στη κάθε βάση, αφού οι πληροφορίες ήταν διαθέσιμες και μπορούσαν να αλλοιωθούν μόνο από συγκεκριμένο αριθμό ατόμων και συγκεκριμένο αριθμό εφαρμογών.²

Ωστόσο, φαίνεται να υπάρχει μια αλλαγή στο τοπίο με την εμφάνιση του Παγκόσμιου Ιστού. Πλέον, αναρίθμητοι 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. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, η σημασιολογία κάθε πληροφορίας πρέπει να διατίθενται στον κάθε χρήστη μαζί με την ίδια την πληροφορία. Σε περίπτωση όμως που 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. Αυτό το γεγονός προκύπτει το συμπέρασμα πως κρίνεται απαραίτητη η επέκταση του σημερινού Ιστού, η οποία κατέληξε στη δημιουργία του Σημασιολογικού Ιστού, γνωστό και ως Semantic Web.³

Ο Σημασιολογικός Ιστός αποτελεί ένα σχετικά καινούριο όραμα για την κοινωνία της πληροφορίας του μέλλοντος, όπως το εμπνεύστηκε ο πατέρας του σύγχρονου παγκόσμιου Ιστού, Berners-Lee (1998). Ο ίδιος υποστήριξε πως η κατανόηση του περιεχομένου που είναι διαθέσιμο στον Παγκόσμιο Ιστό από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές μπορεί να προσφέρει μία επανάσταση από νέες δυνατότητες και πληροφορικές εφαρμογές (Berners-Lee 2001). Στη διαμόρφωση της κοινωνίας της πληροφορίας του μέλλοντος συμμετέχουν ενεργά οι σύγχρονοι διαχειριστές της, οι ειδικοί στο χώρο των επιστημών της πληροφορίας

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 επίτευξη της αυτοματοποίησης αυτής μπορεί να γίνει εφόσον η γνώση και η

¹ Nigel Shadbolt and Wendy Hall, *The Semantic Web Revisited* http://eprints.soton.ac.uk/262614/1/Semantic_Web_Revisited.pdf

² Nigel Shadbolt and Wendy Hall, *The Semantic Web Revisited* http://eprints.soton.ac.uk/262614/1/Semantic_Web_Revisited.pdf

³ Nigel Shadbolt and Wendy Hall, *The Semantic Web Revisited* http://eprints.soton.ac.uk/262614/1/Semantic_Web_Revisited.pdf

πληροφορία που υπάρχει αποθηκευμένη και δημοσιευμένη αυτή την στιγμή στον σημερινό Παγκόσμιο Ιστό αποκτήσκει τυπικό νόημα και σημασιολογία και δομηθεί με έναν τέτοιο τρόπο ώστε να γίνεται κατανοητή από τις μηχανές που την επεξεργάζονται. Πλέον βρισκόμαστε σε ένα παγκόσμιο περιβάλλον που υπάρχει η διάθεση συνεργασίας μεταξύ των χρηστών του ιστού με σκοπό να διασπείρουν πληροφορίες εμπλουτισμένες από τη γνώση όχι μόνο ενός ατόμου, αλλά πολλών. Αυτό οδηγεί με την σειρά του στη δημιουργία των wikis, οι οποίες είναι ιστοσελίδες που μπορούν να εμπλουτιστούν και να επανεκδοθούν από τον κάθε χρήστη. Συνεπώς, αν συνδυάσουμε τις τεχνολογίες του Σημασιολογικού Ιστού και των wikis, οδηγούμαστε στη δημιουργία των Semantic wikis.

Παρόλο που 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. Κατά την διάρκεια των ετών 2000-2006 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) που μας επιτρέπει να εκφράσουμε τη σύνδεση μεταξύ των πηγών δεδομένων, σε συνδυασμό με τις πιο ανοιχτές πρακτικές διαμοιρασμού πληροφοριών, μετατρέπουν τον Παγκόσμιο Ιστό προς αυτό που ονομάζουμε Σημασιολογικό Ιστό.⁴

Αν και η αναζήτηση μιας λέξης θα μας αποφέρει χιλιάδες άμεσα συσχετιζόμενες πληροφορίες, η ύπαρξη επίσης χιλιάδων πληροφοριών που δεν σχετίζονται άμεσα με το πεδίο της αναζήτησής μας αλλά τυγχάνει να περιέχουν τη λέξη κλειδί που έχουμε χρησιμοποιήσει, δημιουργούν ένα φόρτο γνώσης, που ο μέσος χρήστης είναι συχνά ανήμπορος να διαχειριστεί αποτελεσματικά. Άλλωστε, πολλές φορές η ύπαρξη πολλών και άχρηστων πληροφοριών είναι πιο αναποτελεσματική από την ελλιπή πληροφόρηση. Και τελικά, ακόμη και η άμεσα συσχετιζόμενη με την αναζήτηση του χρήστη γνώση είναι διασκορπισμένη σε σελίδες του Ιστού οι οποίες δεν έχουν καμία αλληλεξάρτηση, κάτι το οποίο δυσχεραίνει την πλοήγηση του μέσου χρήστη στον ιστό.

Με αυτό τον τρόπο αντιλαμβανόμαστε πως η αναπαράσταση της γνώσης στον ιστό από μια γλώσσα αντιληπτή από τον χρήστη αλλά όχι από την μηχανή που αναζητά και αποδίδει την πληροφορία σε αυτόν, οδηγεί σε δυσλειτουργίες. Το σημείο αυτό αποτελεί σημείο αναφοράς για την δημιουργία του Σημασιολογικού Ιστού, στον οποίο όλες οι πληροφορίες θα είναι μεταφρασμένες σε μια γλώσσα εύκολα αντιληπτή από τις μηχανές. Ο Σημασιολογικός Ιστός δε θα αποτελέσει έναν παγκόσμιο ιστό που θα λειτουργεί παράλληλα με τον ήδη υπάρχοντα ιστό, αλλά θα αποτελέσει μια μετεξέλιξή του. Το πρώτο στάδιο για την δημιουργία του έργου αυτού είναι η αναπαράσταση της γνώσης σε γλώσσα αντιληπτή από τη μηχανή.⁵

Σκοπεύοντας στην τυπική περιγραφή της πληροφορίας η οποία θα δηλώνει την σημασία της, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε γλώσσες αναπαράστασης γνώσης. Για να χρησιμοποιήσουμε όμως τέτοιες τεχνολογίες στο διαδίκτυο θα πρέπει να αναθεωρήσουμε και να τροποποιήσουμε κάποια από τα συστατικά τους. Δύο σημαντικές τεχνολογίες που στοχεύουν στην ανάπτυξη του Σημασιολογικού Ιστού είναι ήδη σε ισχύ: η XML (eXtensible Markup Language) και το RDF (Recourse Description Framework). Πιο συγκεκριμένα, στον 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 η σύνταξη της γλώσσας που θα χρησιμοποιήσουμε θα πρέπει να βασίζεται στη γλώσσα XML.

⁴ Nigel Shadbolt and Wendy Hall, *The Semantic Web Revisited* http://eprints.soton.ac.uk/262614/1/Semantic_Web_Revisted.pdf

⁵ Roger Chaffin, (1992), "The concept of a semantic Relation". In: Adrienne Lehrer u. a. (Hrsg.): *Frames, Fields and contrasts. New essays in semantic and lexical organisation*, Erlbaum, Hillsdale, N.J

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 γνώσης. ⁶Οι γλώσσες αυτές είναι η RDF(S) και η OWL. Χρειαζόμαστε δύο γλώσσες για την αναπαράσταση γνώσης στον σημασιολογικό ιστό εξαιτίας της αρχιτεκτονικής του. 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 στρώματα. Κατά συνέπεια, στα χαμηλά επίπεδα υλοποιούνται λειτουργίες οι οποίες είναι πολύ κοντά στον Παγκόσμιο Ιστό και στις μηχανές. Τέτοιες είναι οι τεχνολογίες που ασχολούνται με τον καθορισμό και την αναγνώριση των πόρων (URIs), ενώ καθώς ανεβαίνουμε στην ιεραρχία των επιπέδων συναντάμε επίπεδα τα οποία υλοποιούν λειτουργίες αναπαράστασης γνώσης, πολύπλοκου συλλογισμού που πλησιάζουν στην ανθρώπινη γνώση και σκέψη.⁷

Επιπλέον δίνεται η δυνατότητα τοποθέτησης ετικετών σε όλο το περιεχόμενο του Ιστού, περιγραφής κάθε πληροφορίας και απόδοση σημασιολογικού νοήματος στο περιεχόμενο του αντικειμένου μέσω της ύπαρξης του Σημασιολογικού Ιστού. Με αυτό τον τρόπο, οι μηχανές αναζήτησης θα γίνουν πιο αποτελεσματικές απ' ό,τι είναι τώρα και οι χρήστες θα μπορούν να βρουν τις ακριβείς πληροφορίες που ψάχνουν. Οι οργανισμοί που παρέχουν διάφορες υπηρεσίες μπορούν να βάλουν χαρακτηριστικές ετικέτες σε αυτές τις υπηρεσίες. Χρησιμοποιώντας πράκτορες λογισμικού βασισμένους στον Ιστό, μπορούμε να βρούμε δυναμικά αυτές τις υπηρεσίες και να τις χρησιμοποιήσουμε προς όφελός μας ή σε συνεργασία με άλλες υπηρεσίες. Η πρόοδος προς την καλύτερη ολοκλήρωση των δεδομένων θα συντελεστεί μέσω της χρήσης της τεχνολογίας-κλειδί που έκανε τον Παγκόσμιο Ιστό τόσο επιτυχημένο: τον σύνδεσμο.⁸

Ως αποτέλεσμα θα προκύψει ο Ιστός των Δεδομένων (Web of Data). Με τη διασύνδεση συνόλων δεδομένων, οι μηχανές θα μπορούν να διασχίζουν έναν ανεξάρτητο ιστό δομημένων πληροφοριών έτσι ώστε να συλλέξουν σημασιολογική γνώση από αυθαίρετες οντολογίες και τομείς. Το αποτέλεσμα θα είναι μια μαζική βάση γνώσης με ελεύθερη πρόσβαση η οποία θα αποτελέσει τα θεμέλια μιας νέας γενιάς εφαρμογών και υπηρεσιών.⁹

Αν εξαιρέσουμε τον εμπλουτισμό της παραδοσιακής αναζήτησης με δεδομένα που προέρχονται από τον σημασιολογικό ιστό, επιθυμείται η δυνατότητα χρησιμοποίησης του σημασιολογικού ιστού όσον αφορά στη βελτίωση των αποτελεσμάτων της αναζήτησης κειμένου. Από την πλευρά του χρήστη, η αναζήτηση κειμένου θα πρέπει να μπορεί να εκμεταλλευτεί την κατανόηση της επιθυμητής πληροφορίας. Είναι πιθανό να υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους τα δεδομένα από τον σημασιολογικό ιστό είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να φιλτραριστούν τα αποτελέσματα της αναζήτησης κειμένου. Πιο κάτω περιγράφεται η προσπάθεια επίλυσης ενός συγκεκριμένου προβλήματος. Η μηχανή αναζήτησης του Google, παρουσιάζει περίπου 231.000.000 αποτελέσματα στην αναζήτηση για τον μουσικό "Yo-Yo Ma". Μια χειροκίνητη ανάλυση των πρώτων 100 αποτελεσμάτων δείχνει ότι στο σύνολό τους αναφέρονται στο συγκεκριμένο μουσικό. Από την άλλη πλευρά, η αναζήτηση στην ίδια μηχανή αναζήτησης για το πρόσωπο "Eric Miller" παράγει περίπου 1,400,000 αποτελέσματα, από τα οποία τα 20 πρώτα έχουν να κάνουν με 16 διαφορετικά πρόσωπα που διαθέτουν το συγκεκριμένο όνομα. Το πιο πιθανό είναι ότι ο χρήστης επιθυμεί την εύρεση πληροφοριών για κάποιο συγκεκριμένο πρόσωπο με

⁶ "Semantic Networks", by John F. Sowa, <http://www.jfsowa.com/pubs/semnet.htm>

⁷ Nigel Shadbolt and Wendy Hall, *The Semantic Web Revisited* http://eprints.soton.ac.uk/262614/1/Semantic_Web_Revisited.pdf

⁸ Roger Chaffin, (1992), "The concept of a semantic Relation". In: Adrienne Lehrer u. a. (Hrsg.): *Frames, Fields and contrasts. New essays in semantic and lexical organisation*, Erlbaum, Hillsdale, N.J

⁹ *Introducing The Concept Of Web 3.0* <http://www.tweakandtrick.com/2012/05/web-30.html>

το όνομα αυτό. Δυστυχώς, δεν υπάρχει κάποιος εύκολος τρόπος για να διαβιβαστεί κάτι τέτοιο στο σύστημα.¹⁰

Ο σκοπός είναι να επιτραπεί στη μηχανή αναζήτησης η κατανόηση των διαφορετικών εκδοχών της ίδιας ακολουθίας χαρακτήρων προσδιορίζουν διαφορετικές έννοιες και να φιλτράρει, να αξιολογήσει και να προβάλει τα αποτελέσματα των εγγράφων που ανταποκρίνονται στον επιθυμητό προσδιορισμό. Η αρχική εστίαση γίνεται πάνω στα ερωτήματα αναζήτησης φυσικών προσώπων. Θεωρείται χρήσιμη η παροχή στο χρήστη ενός απλού μηχανισμού για την αναγνώριση του κατάλληλου προσδιορισμού. Σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. στην λέξη “Jaguar”), υπάρχει ένας μικρός αριθμός αρχικών προσδιορισμών (το ζώο, το αυτοκίνητο, ο αθλητικός σύλλογος), έτσι ώστε να μπορούμε να επιλέξουμε έναν και να απαριθμήσουμε τους υπόλοιπους προκειμένου να επιτραπεί στο χρήστη να κάνει μια επιλογή του επιθυμητού μεταξύ αυτών. Στην περίπτωση που υπάρχουν χιλιάδες εν δυνάμει προσδιορισμοί (όπως στην περίπτωση της αναζήτησης στο Google του ανθρώπου “Eric Miller”), η προσέγγιση της απαρίθμησης όλων των πιθανών προσδιορισμών ξεχωριστά από τα αποτελέσματα αναζήτησης δεν είναι δυνατή. Συνεπώς, θα πρέπει να τροποποιήσουμε την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της αναζήτησης έτσι ώστε κάθε αποτέλεσμα να έχει μια επιπρόσθετη σύνδεση δίπλα του, με τη χρήση της οποίας ο χρήστης μπορεί να καθορίσει στη μηχανή αναζήτησης ότι αυτός είναι ο επιθυμητός προσδιορισμός.¹¹

Η ιδέα στην οποία βασίζεται ο Σημασιολογικός Ιστός αφορά στην διασύνδεση της διαθέσιμης πληροφορίας και στην οργάνωση στο Διαδίκτυο έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικότερα στην αυτοματοποίηση, στην ανακάλυψη, στην ομαδοποίηση καθώς και στην επαναχρησιμοποίηση της από διαφορετικές μεταξύ τους διαδικτυακές εφαρμογές. Ο Σημασιολογικός Ιστός αποτελεί πρωτοβουλία της Κοινοπραξίας του Παγκοσμίου Ιστού ή World Wide Web Consortium ή W3C. Σκοπός του είναι η μετεξέλιξη του σημερινού ιστού έτσι ώστε να μετατραπεί σε ένα περιβάλλον στο οποίο οι πληροφορίες οι οποίες υπάρχουν και διακινούνται να είναι επεξεργάσιμες από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

Η κατεύθυνση του σημασιολογικού ιστού διακρίνεται προς την επέκταση και τη βελτίωση της δόμησης της πληροφορίας για να είναι προσπελάσιμη από προγράμματα υπολογιστών με τελικό στόχο την αυτοματοποίηση πολλών λειτουργιών στον Παγκόσμιο ιστό. Τα σημερινά κείμενα στις σελίδες του Ιστού θα εμπλουτιστούν με δομημένα κείμενα και δεδομένα σε μορφή XML και RDF. Σύμφωνα με την παρούσα άποψη ο Σημασιολογικός Ιστός είναι ένα πρόβλημα αναπαράστασης γνώσης από και για τους υπολογιστές και απαιτεί ένα μηχανισμό που θα επιτρέπει την επεξεργασία αυτής της γνώσης. Ο συγκεκριμένος μηχανισμός θα πρέπει να έχει την δυνατότητα να υποστηρίζει τη λογική επεξεργασία των πληροφοριών σκοπεύοντας έτσι στην εξαγωγή συμπερασμάτων, στην αυτόματη εκτέλεση ενεργειών, στη δημιουργία νέας γνώσης καθώς και στην υποστήριξη στη λήψη αποφάσεων.¹²

Η μέθοδος της ανάπτυξης του σημασιολογικού ιστού προβλέπεται να είναι ανάλογη με αυτή του Παγκόσμιου Ιστού. Αρχικά, όσον αφορά στη διαμόρφωση του Παγκόσμιου Ιστού του μέλλοντος, εντοπίζεται η δημιουργία νησίδων πληροφορίας οργανωμένης σημασιολογικά. Οι νησίδες αυτές σταδιακά θα διασυνδεθούν μεταξύ τους έτσι ώστε να προσφέρουν περισσότερες δυνατότητες όσον αφορά στην ανάπτυξη προηγμένων εφαρμογών. Σχετικά με το επόμενο βήμα, αυτό θα αφορά στην αξιοποίηση του πλέγματος πληροφοριών, η οποία δημιουργείται, με βάση τις προοπτικές που παρέχει η σημασιολογική τους οργάνωση.

¹⁰ “Semantic Networks”, by John F. Sowa, <http://www.jfsowa.com/pubs/semnet.htm>

¹¹ Introducing The Concept Of Web 3.0 <http://www.tweakandtrick.com/2012/05/web-30.html>

¹² “Semantic Networks”, by John F. Sowa, <http://www.jfsowa.com/pubs/semnet.htm>

Με σταθερά βήματα, η χρήση του Σημαιολογικού Ιστού επεκτείνεται σε συσκευές (π.χ. τηλεοράσεις, κινητά τηλέφωνα κ.α.) που συνδέονται στο Διαδίκτυο. Καθώς οι συσκευές αυτές θα χρησιμοποιούν τεχνολογίες Σημαιολογικού Ιστού, θα περιγράφουν τις λειτουργίες τους και θα τις ανακοινώνουν στο Διαδίκτυο. Έτσι, θα προκύψουν νέες δυνατότητες και αποδοτικότερη συνεργασία μεταξύ των συσκευών αυτών και του Ιστού. Για παράδειγμα, στο μέλλον η τηλεόραση θα μας προτείνει προγράμματα σύμφωνα με κριτήρια που θέσαμε στον Σημαιολογικό Ιστό. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των μελλοντικών συστημάτων διαχείρισης πελατειακών σχέσεων (CRM) θα είναι οι «συσκευές διεπαφής χρήστη», οι οποίες θα μπορούν να «αναγνωρίζουν» τον χρήστη και να «κατανοούν» τη διάθεση και τα συναισθήματά του. Στη συνέχεια, θα του προτείνουν εξατομικευμένες υπηρεσίες και προϊόντα.

Εκτός των άλλων, ο σημαιολογικός ιστός, συμβάλει σημαντικά στην μάθηση και κυρίως στην οργάνωση των αποτελεσμάτων και στον τρόπο αναζήτησης πληροφοριών αλλά και στη δημιουργία ενός προγράμματος μάθησης συγκεκριμένο για το καθένα. Από την εκπαιδευτική άποψη, αυτή η ιδέα του Web 3.0 προσφέρει επίσης πλεονεκτήματα, δεδομένου ότι επιτρέπει την ανάπτυξη του εικονικού περιβάλλοντος που προσομοιώνουν αίθουσες διδασκαλίας, εργαστήρια, σχέδια μαθημάτων, ακόμα και ολόκληρα πανεπιστήμια. Επιπροσθέτως, κάνουν την ανεξάρτητη και διαδικτυακή μάθηση ευκολότερη μέσα από τα χαρακτηριστικά που προσφέρονται από αυτά τα περιβάλλοντα, όπως η δυνατότητα της δημιουργίας συνδέσμου υπερκειμένου, πανταχού, δυνατότητες πολυμέσων και τη δυνατότητα της ομαδικής εργασίας.

Λέξεις- κλειδιά: Σημαιολογικός ιστός, οντολογία, πράκτορες, μεταδεδομένα, εκπαίδευση

2. Οντολογίες, πράκτορες και μεταδεδομένα

2.1. Οντολογίες

Η ιστορία της τεχνητής νοημοσύνης δείχνει ότι η γνώση είναι ζωτικής σημασίας για τα ευφυή συστήματα. Σε πολλές περιπτώσεις, η καλύτερη γνώση μπορεί να είναι πιο σημαντική για την επίλυση μιας εργασίας από ό, τι οι καλύτεροι αλγόριθμοι. Για την ύπαρξη πραγματικά ευφών συστημάτων, η γνώση πρέπει να συλληφθεί, να επεξεργαστεί, να επαναχρησιμοποιηθεί, και να κοινοποιηθεί. Οι οντολογίες υποστηρίζουν όλα αυτά τα καθήκοντα.¹³

Ο όρος «οντολογία» μπορεί να οριστεί ως ένας ρητός καθορισμός της εννοιολογικής σύλληψης. Οι οντολογίες συλλαμβάνουν τη δομή του τομέα. Αυτό περιλαμβάνει το μοντέλο του τομέα με πιθανούς περιορισμούς. Η εννοιολογική σύλληψη περιγράφει τη γνώση σχετικά με τον τομέα, όχι σχετικά με την συγκεκριμένη κατάσταση στον τομέα. Με άλλα λόγια, η εννοιολογική σύλληψη δεν αλλάζει, ή αλλάζει πολύ σπάνια. Η οντολογία είναι επομένως προδιαγραφής της παρούσας σύλληψης. Η εννοιολογική σύλληψη προσδιορίζεται με τη χρήση συγκεκριμένης γλώσσας μοντελοποίησης και ειδικών όρων. Τυπική εξειδίκευση απαιτείται για τη δυνατότητα επεξεργασίας οντολογιών και αυτόματης λειτουργίας σε οντολογίες.¹⁴

Η οντολογία περιγράφει έναν τομέα, ενώ η βάση γνώσης (βασισμένη σε μια οντολογία) περιγράφει την συγκεκριμένη κατάσταση των πραγμάτων. Κάθε σύστημα βασισμένο στη γνώση ή πράκτορας έχει τη δική του βάση γνώσεων, και μόνο ό, τι μπορεί να εκφράζεται με μία οντολογία μπορεί να αποθηκευτεί και να χρησιμοποιηθεί εκεί. Όταν ένας πράκτορας θέλει να επικοινωνήσει με έναν άλλο πράκτορα, χρησιμοποιεί τις δομές από κάποια οντολογία. Για την επίτευξη επικοινωνίας, οι οντολογίες πρέπει να διαμοιραστούν μεταξύ πρακτόρων.

Η χρήση των οντολογιών μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα κρίσιμη παράμετρος προς αυτή την κατεύθυνση. Μια οντολογία, όπως αναφέρθηκε, είναι μια αυστηρή περιγραφή των αντικειμένων-πόρων και των σχέσεων μεταξύ τους. Οι οντολογίες δίνουν τη δυνατότητα σε μια κοινότητα χρηστών να έχουν κοινή ονοματολογία και κοινή αντίληψη για τα αντικείμενα-πόρους τα οποία δηλώνουν ή χρησιμοποιούν. Επίσης, τους επιτρέπουν να περιγράψουν τον «κόσμο» που χρησιμοποιούν (που τους αφορά) με έναν τέτοιο τρόπο, ώστε οι υπολογιστές να μπορούν να επεξεργαστούν και να «συνδέσουν» τα δεδομένα από διαφορετικούς κόσμους. Η δυσκολία στις οντολογίες έγκειται στο γεγονός ότι οι κοινότητες των χρηστών θα πρέπει να συμφωνήσουν στην οντολογική περιγραφή του πεδίου ενδιαφέροντός τους.¹⁵

Η εννοιολογική σύλληψη μπορεί να οριστεί ως μια ομογενής σημασιολογική δομή που κωδικοποιεί την έμμεση γνώση περιορίζοντας τη δομή ενός κομματιού του τομέα. Η οντολογία είναι μια (μερική) εξειδίκευση αυτής της δομής. Η εννοιολογική σύλληψη είναι ανεξάρτητη γλώσσας, ενώ η οντολογία εξαρτάται από τη γλώσσα. Η οντολογία δε χρειάζεται να εκφράζει όλους τους πιθανούς περιορισμούς. Το επίπεδο των λεπτομερειών

¹³ "OIL: Ontology Infrastructure to Enable the Semantic Web", Dieter Fensel, Ian Horrocks, Frank van Harmelen, Deborah McGuinness, and Peter F. Patel-Schneider, <http://www.informatik.uni-leipzig.de/~brewka/papers/semweb/6.OILintro.pdf>

¹⁴ "Ontologies and Semantic Web", <http://www.obitko.com/tutorials/ontologies-semantic-web/description-logics.html>

¹⁵ "Semantic Networks", by John F. Sowa, <http://www.jfsowa.com/pubs/semnet.htm>

στην εννοιολογική σύλληψη εξαρτάται από τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής και η έκφρασή της στην οντολογία επιπλέον εξαρτάται από τη γλώσσα οντολογίας που χρησιμοποιείται.

Με αυτή την έννοια, η οντολογία είναι σημαντική για να επιτρέψει την ανταλλαγή και την επαναχρησιμοποίηση της γνώσης. Μια οντολογία είναι, σε αυτά τα πλαίσια, μια προδιαγραφή που χρησιμοποιείται για την κατασκευή οντολογικών δεσμεύσεων. Πρακτικά, μια οντολογική δέσμευση αποτελεί συμφωνία για χρήση ενός λεξιλογίου με έναν τρόπο που είναι συνεπής (αλλά όχι πλήρης) σε σχέση με τη θεωρία που έχει καθοριστεί από μια οντολογία. Πράκτορες τότε δεσμεύονται με τις οντολογίες και οι οντολογίες σχεδιάζονται έτσι, ώστε η γνώση να μπορεί να διανεμηθεί μεταξύ αυτών των πρακτόρων.¹⁶

Η αναπαράσταση του σώματος γνώσης (βάση γνώσης) βασίζεται στον καθορισμό της εννοιολογικής σύλληψης. Η εννοιολογική σύλληψη είναι μια αφηρημένη, απλοποιημένη άποψη του κόσμου που θέλουμε να αναπαραστήσουμε για κάποιο σκοπό. Κάθε βάση γνώσης, σύστημα βασισμένο στη γνώση ή πράκτορας δεσμεύεται σε κάποια εννοιολογική σύλληψη, φανερά ή σιωπηρά. Για αυτά τα συστήματα, ό, τι "υπάρχει" είναι ό, τι μπορεί να αναπαρασταθεί. Όταν η γνώση ενός τομέα αναπαρίσταται, το σύνολο των αντικειμένων που μπορούν να αναπαρασταθούν ονομάζεται το σύμπαν του λόγου. Αυτό το σύνολο των αντικειμένων και οι μεταξύ τους σχέσεις ανατακτώνται στο αναπαραστατικό λεξιλόγιο με το οποίο τα προγράμματα που βασίζονται στη γνώση αναπαριστούν τη γνώση. Σε μια τέτοια οντολογία, οι ορισμοί συνδέουν τα ονόματα των οντοτήτων στο σύμπαν του λόγου με τις περιγραφές του τι σημαίνουν τα ονόματα και τα επίσημα αξιώματα που περιορίζουν την ερμηνεία και καλοσχηματισμένη χρήση των όρων αυτών. Τυπικά μπορεί να θεωρηθεί ότι μια οντολογία είναι μια δήλωση μιας λογικής θεωρίας.

2.2. Οι πράκτορες

Ως πράκτορα μπορούμε να θεωρήσουμε ένα σύστημα το οποίο προσπαθεί να ικανοποιήσει ένα σύνολο στόχων μέσα σε ένα πολύπλοκο, δυναμικό περιβάλλον. Ο πράκτορας βρίσκεται μέσα στο περιβάλλον, μπορεί να αντιληφθεί το περιβάλλον του μέσω διαφόρων αισθητήρων (sensors) και να ενεργήσει στο περιβάλλον μέσω διαφόρων οργάνων δράσης (actuators). Ένας ανθρώπινος πράκτορας έχει μάτια, αυτιά και άλλα όργανα-αισθητήρες και έχει πόδια, στόμα και άλλα μέλη του σώματος για την εξάσκηση δράσης. Ένας μηχανικός πράκτορας υποκαθιστά με κάμερες και υπέρυθρους ανιχνευτές πεδίου τους αισθητήρες ενώ επιτυγχάνει δράση με διάφορα μοτέρ. Ένας λογισμικός πράκτορας έχει κωδικοποιημένες σειρές χαρακτήρων ως όργανα αίσθησης και δράσης. Οι στόχοι που έχει ο κάθε πράκτορας μπορούν να πάρουν πολλές διαφορετικές μορφές. Μπορεί να είναι τελικοί στόχοι ή καταστάσεις τις οποίες ο πράκτορας προσπαθεί να επιτύχει, μια αμοιβή την οποία ο πράκτορας προσπαθεί να μεγιστοποιήσει, εσωτερικές ανάγκες ή κίνητρα τα οποία ο πράκτορας πρέπει να κρατήσει μέσα σε ορισμένα πλαίσια και όρια.¹⁷

Πολλοί ερευνητές έχουν δώσει κατά καιρούς διάφορους ορισμούς για την έννοια του πράκτορα, ελπίζοντας να εξωτερικεύσουν το δικό τους τρόπο χρήσης των «πρακτόρων». Μια συνοπτική παρουσίαση διαφορετικών ορισμών παρουσιάζεται από τους Jennings, Sycara and Wooldridge (1998). Παρά την εκτεταμένη χρήση του όρου «πράκτορας» στην πληροφορική, δεν υπάρχει ακόμη ένας σαφής και ξεκάθαρος ορισμός του. Αντίθετα, η έκταση της χρήσης

¹⁶ "OIL: Ontology Infrastructure to Enable the Semantic Web", Dieter Fensel, Ian Horrocks, Frank van Harmelen, Deborah McGuinness, and Peter F. Patel-Schneider, <http://www.informatik.uni-leipzig.de/~brewka/papers/semweb/6.OILintro.pdf>

¹⁷ Elammari M. and Lalonde W., (1999), "An agent-oriented methodology: High-level and intermediate models", In G. Wagner and E. Yu, editors, *Proc. of the 1st Int. Workshop on Agent-Oriented Information Systems*

του όρου τείνει να θολώσει τις διαφορές μεταξύ εντελώς διαφορετικών κατευθύνσεων στην χρήση πρακτόρων. Για παράδειγμα, κάποιοι πράκτορες είναι σχεδιασμένοι να δουλεύουν μόνοι τους, άλλοι συνεργάζονται μέσα σε κοινωνίες πρακτόρων, μερικοί είναι κινητοί, άλλοι είναι στατικοί, άλλοι επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω μηνυμάτων, άλλοι μαθαίνουν και αλλάζουν τρόπο συμπεριφοράς και άλλοι όχι.

Όσον αφορά στον προγραμματισμό με βάση τους πράκτορες, αυτός, προτείνει την μοντελοποίηση και επίλυση ενός προβλήματος χρησιμοποιώντας διάφορα αντικείμενα-πράκτορες, τα οποία αλληλεπιδρούν και συνεργάζονται μεταξύ τους, χωρίς όμως να προτείνει τον τρόπο με τον οποίο γίνεται κάτι τέτοιο. Η μεθοδολογία με την οποία αναπτύσσονται οι πράκτορες ορίζεται από την αρχιτεκτονική τους, η οποία καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο ο πράκτορας μπορεί να αναλυθεί σε διάφορα κομμάτια και πώς αυτά τα κομμάτια αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Το σύνολο των κομματιών και οι αλληλεπιδράσεις τους καθορίζουν τις ενέργειες του πράκτορα και την μελλοντική κατάστασή του σε σχέση με τα δεδομένα των αισθητηρίων και σε συνδυασμό με την εσωτερική κατάσταση του πράκτορα.¹⁸

2.3. Τα Μεταδεδομένα.

Τα μεταδεδομένα είναι δομημένες πληροφορίες οι οποίες περιγράφουν, εξηγούν, εντοπίζουν, ή αλλιώς καθιστούν ευκολότερη την ανάκτηση, τη χρήση, ή τη διαχείριση μιας πηγής πληροφοριών. Τα μεταδεδομένα ονομάζονται συχνά δεδομένα σχετικά με τα δεδομένα ή πληροφορίες σχετικά με τις πληροφορίες.

Τα μεταδεδομένα μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα ψηφιακό αντικείμενο ή να αποθηκευτούν χωριστά. Τα μεταδεδομένα είναι συχνά ενσωματωμένα σε HTML έγγραφα και στις κεφαλίδες των αρχείων εικόνας. Η αποθήκευση των μεταδεδομένων μαζί με το αντικείμενο που περιγράφουν διασφαλίζει ότι τα μεταδεδομένα δε θα χαθούν, ώστε να αποφεύγονται προβλήματα σύνδεσης μεταξύ των δεδομένων και των μεταδεδομένων, και βοηθά στο να διασφαλιστεί ότι τα μεταδεδομένα και το αντικείμενο θα ενημερώνονται ταυτόχρονα. Ωστόσο, είναι αδύνατο να ενσωματωθούν μεταδεδομένα σε ορισμένους τύπους αντικειμένων (για παράδειγμα, εκθέματα). Επίσης, η αποθήκευση μεταδεδομένων χωριστά μπορεί να απλοποιήσει τη διαχείριση των μεταδεδομένων και να διευκολύνει την έρευνα και την ανάκτηση. Ως εκ τούτου, τα μεταδεδομένα συνήθως αποθηκεύονται σε ένα σύστημα βάσης δεδομένων και συνδέονται με τα αντικείμενα που περιγράφουν.¹⁹

Η περιγραφή ενός πόρου με μεταδεδομένα επιτρέπει την κατανόηση από τους ανθρώπους και από τις μηχανές με τρόπους που προωθούν τη διαλειτουργικότητα. Η διαλειτουργικότητα είναι η ικανότητα ανταλλαγής δεδομένων με ελάχιστη απώλεια περιεχομένου και λειτουργικότητας μεταξύ πολλαπλών συστημάτων με διαφορετικό υλικό και πλατφόρμες λογισμικού, δομές δεδομένων και διεπαφές. Με τη χρήση προκαθορισμένων συστημάτων μεταδεδομένων, κοινών πρωτοκόλλων μεταφοράς, και διαβάσεις μεταξύ των συστημάτων, η αναζήτηση των πόρων σε όλο το διαδίκτυο μπορεί να γίνει πιο ομαλά.

Αναφορικά με τα σχήματα μεταδεδομένων τα περισσότερα περιλαμβάνουν στοιχεία, όπως είναι οι αριθμοί για το μοναδικό προσδιορισμό του έργου ή του αντικείμενο στο οποίο αναφέρεται. Η τοποθεσία ενός ψηφιακού αντικειμένου μπορεί επίσης να δοθεί με τη χρήση ενός ονόματος αρχείου, μια διεύθυνση URL (Uniform Resource Locator), ή ένα περισσότερο μόνιμο αναγνωριστικό όπως PURL (Persistent URL) ή DOI (Digital Object Identifier). Τα

¹⁸ Elammari M. and Lalonde W., (1999), "An agent-oriented methodology: High-level and intermediate models", In G. Wagner and E. Yu, editors, Proc. of the 1st Int. Workshop on Agent-Oriented Information Systems

¹⁹ Gerber, AJ, Barnard, A & Van der Merwe, Alta (2006), "A Semantic Web Status Model, Integrated Design & Process Technology", Special Issue

μόνιμα αναγνωριστικά προτιμώνται διότι οι τοποθεσίες των αντικειμένων συχνά αλλάζουν, κάνοντας το πρότυπο URL (και επομένως και την εγγραφή των μεταδεδομένων) μη έγκυρη. Εκτός από τα πραγματικά στοιχεία που επισημαίνουν το αντικείμενο, τα μεταδεδομένα μπορούν να συνδυαστούν για να ενεργήσουν ως ένα σύνολο στοιχείων ταυτότητας, διαφοροποιώντας ένα αντικείμενο από άλλο για σκοπούς επικύρωσης.

Τα μεταδεδομένα αποτελούν το κλειδί όσον αφορά τη διασφάλιση της επιβίωσης και της προσβασιμότητας στους πόρους στο μέλλον. Η αρχειοθέτηση και η διατήρηση απαιτούν ειδικά στοιχεία για την παρακολούθηση της καταγωγής ενός ψηφιακού αντικειμένου (από πού προήλθε και πώς έχει αλλάξει κατά την πάροδο του χρόνου), τις λεπτομέρειες των φυσικών χαρακτηριστικών, και την τεκμηρίωση της συμπεριφοράς, προκειμένου να τα εξομοιώσει σε τεχνολογίες του μέλλοντος.

Τα συστήματα ή σχήματα μεταδεδομένων είναι σύνολα στοιχείων μεταδεδομένων που έχουν σχεδιαστεί για έναν συγκεκριμένο σκοπό, όπως η περιγραφή ενός συγκεκριμένου είδους πόρων πληροφοριών. Ο ορισμός ή η σημασία αυτών των στοιχείων είναι γνωστός ως η σημασιολογία του συστήματος. Οι τιμές που δίνονται στα στοιχεία μεταδεδομένων είναι το περιεχόμενο. Τα συστήματα μεταδεδομένων γενικά καθορίζουν τα ονόματα των στοιχείων και την σημασιολογία τους. Επίσης, μπορούν να προσδιορίζουν τους κανόνες για τη διατύπωση του περιεχομένου, παραδείγματος χάριν την αναγνώριση του βασικού τίτλου, κανόνες για την αναπαράσταση του περιεχομένου (για παράδειγμα, κεφαλαιοποίηση), και για τις επιτρεπόμενες τιμές περιεχομένου (για παράδειγμα, οι όροι πρέπει να χρησιμοποιούνται από ένα συγκεκριμένο ελεγχόμενο λεξιλόγιο).

Υπάρχει η περίπτωση ύπαρξης κανόνων σύνταξης για την κωδικοποίηση των στοιχείων και του περιεχομένου τους. Ένα σχήμα μεταδεδομένων, χωρίς προβλεπόμενους συντακτικούς κανόνες, καλείται ανεξάρτητης σύνταξης. Τα μεταδεδομένα μπορούν να κωδικοποιηθούν σε οποιαδήποτε προσδιορίσιμη σύνταξη. Πολλά σημερινά συστήματα μεταδεδομένων χρησιμοποιούν SGML (Standard Generalized Mark-up Language) ή XML (Extensible Mark-up Language). Η XML, που αναπτύχθηκε από το World Wide Web Consortium (W3C), είναι μία ανεπτυγμένη μορφή της HTML που επιτρέπει τοπικά καθορισμένα σύνολα ετικετών και εύκολη ανταλλαγή δομημένων πληροφοριών. Η SGML είναι ένα υπερσύνολο τόσο της HTML όσο και της XML και επιτρέπει την πλουσιότερη σήμανση ενός εγγράφου. Χρήσιμα εργαλεία XML γίνονται ευρέως διαθέσιμα καθώς η XML διαδραματίζει ολοένα και σημαντικότερο ρόλο στην ανταλλαγή μιας ποικιλίας δεδομένων στον Ιστό.

Διαφορετικά συστήματα εξυπηρετούν διαφορετικές ανάγκες και κοινό. Έτσι λοιπόν, τα συμπληρωματικά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να περιγράψουν την ίδια πηγή για πολλαπλούς σκοπούς και για την εξυπηρέτηση μιας σειράς ομάδων χρηστών. Το Resource Description Framework (RDF), που αναπτύχθηκε από το World Wide Web Consortium (W3C), είναι ένα μοντέλο δεδομένων για την περιγραφή των πόρων για τον Ιστό που παρέχει έναν μηχανισμό για την ενσωμάτωση πολλαπλών συστημάτων μεταδεδομένων. Στο RDF ένα namespace ορίζεται από μια διεύθυνση URL που παραπέμπει σε έναν πόρο Ιστού που περιγράφει το σχήμα μεταδεδομένων που χρησιμοποιείται στην περιγραφή. Πολλά namespaces μπορούν να οριστούν, επιτρέποντας σε στοιχεία από διαφορετικά συστήματα να συνδυαστούν σε μια ενιαία περιγραφή των πόρων. Πολλές περιγραφές, δημιουργημένες σε διαφορετικές χρονικές στιγμές για διαφορετικούς σκοπούς, μπορούν επίσης να συνδέονται μεταξύ τους. Το RDF εκφράζεται γενικά σε XML.²⁰

²⁰ Gerber, AJ, Barnard, A & Van der Merwe, Alta (2006), "A Semantic Web Status Model, Integrated Design & Process Technology", *Special Issue*

3. Γλώσσες έκφρασης: XML, OWL, RDF

3.1. XML

Η XML, η οποία έχει ονομαστεί από τα αρχικά των λέξεων Extensible Markup Language (Επεκτάσιμη Γλώσσα Σήμανσης), ορίστηκε από την ομάδα XML Working Group της Κοινοπραξίας Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web Consortium, ή αλλιώς W3C). Η ομάδα αυτή όρισε τη γλώσσα XML ως εξής:

«Η XML αποτελεί ένα υποσύνολο της SGML (Standard Generalized Markup Language – Πρότυπη Γενικευμένη Γλώσσα Σήμανσης). Σκοπός της είναι να διευκολύνει την αποστολή, τη λήψη και την επεξεργασία της γενικευμένης γλώσσας SGML στον Ιστό όπως ακριβώς γίνεται τώρα με την HTML. Η XML έχει σχεδιαστεί με στόχο την ευκολία της υλοποίησης και τη δυνατότητα παράλληλης χρήσης της με τις άλλες γλώσσες SGML και HTML.» Αυτό είναι ένα απόσπασμα από την έκδοση 1.0 της επίσημης προδιαγραφής της XML, η οποία ολοκληρώθηκε το Φεβρουάριο του 1988.²¹

Όπως είναι φανερό, η XML είναι μια γλώσσα σήμανσης που σχεδιάστηκε ειδικά για τη μετάδοση πληροφοριών στον Παγκόσμιο Ιστό, όπως ακριβώς και η HTML (HyperText Markup Language – Γλώσσα Σήμανσης Υπερκειμένου), η οποία αποτέλεσε την κύρια γλώσσα δημιουργίας ιστοσελίδων από την έναρξη λειτουργίας του Ιστού.

Η HTML παρέχει ένα σταθερό σύνολο προκαθορισμένων στοιχείων με τα οποία συμβολίζονται τα περιεχόμενα μιας τυπικής ιστοσελίδας γενικού περιεχομένου. Παραδείγματα τέτοιων στοιχείων είναι οι επικεφαλίδες, οι ενότητες, οι λίστες, οι πίνακες, οι εικόνες και οι σύνδεσμοι. Για παράδειγμα, με την HTML είναι πολύ εύκολη η δημιουργία μιας προσωπικής αρχικής σελίδας, όπως δείχνει το παρακάτω παράδειγμα:

```
<HTML>
<HEAD>
<TITLE>Home Page</TITLE>
</HEAD>

<BODY>
<H1><IMG SRC="MainLogo.gif">Michael Young's Home Page</H1>
<P><EM>Welcome to my Web site!</EM></P>

<H2>Web Site Contents</H2>
<P>Please choose one of the following topics: </P>
<UL>
<LI><A HREF="writing.htm"><B>Writing</B></LI>
<LI><A HREF="family.htm"><B>Family</B></LI>
<LI><A HREF="photos.htm"><B>Photo Gallery</B></LI>
</UL>
```

²¹ Gerber, AJ, Barnard, A & Van der Merwe, Alta (2006), "A Semantic Web Status Model, Integrated Design & Process Technology", *Special Issue*

<H2>Other Interesting Web Sites</H2>

<P>Click one of the following to explore another Web Site:</P>

Yahoo Search Engine

Amazon Bookstore

Microsoft Press

</BODY>

</HTML>

Κάθε στοιχείο ξεκινά με μια ετικέτα αρχής: ένα τμήμα κειμένου που περικλείεται σε μια αριστερή γωνιακή αγκύλη (<) και σε μια δεξιά γωνιακή αγκύλη (>) και περιέχει το όνομα του στοιχείου και, πιθανώς, μερικές ακόμα πληροφορίες. Τα περισσότερα στοιχεία τελειώνουν με μια ετικέτα τέλους, ανάλογη με την ετικέτα αρχής μόνο που σε αυτή περιλαμβάνεται μια κάθετος (/) ακολουθούμενη από το όνομα του στοιχείου. Το περιεχόμενο του στοιχείου είναι το κείμενο (αν υπάρχει) που βρίσκεται ανάμεσα στην ετικέτα αρχής και στην ετικέτα τέλους. Αξίζει να παρατηρηθεί ότι πολλά από τα στοιχεία περιέχουν ένθετα στοιχεία.²²

Ο περιηγητής που εμφανίζει την σελίδα HTML αναγνωρίζει αυτά τα βασικά στοιχεία και γνωρίζει πώς να τα μορφοποιήσει και να τα εμφανίσει. Αν και το σύνολο των προκαθορισμένων στοιχείων HTML έχει εμπλουτιστεί σημαντικά από την πρώτη έκδοση της HTML, η γλώσσα αυτή εξακολουθεί να είναι ακατάλληλη για τον προσδιορισμό πολλών ειδών εγγράφων. Ακολουθούν ορισμένα παραδείγματα εγγράφων που δε μπορούν να προσδιοριστούν επαρκώς με την HTML:

Έγγραφα που δεν αποτελούνται από τυπικά στοιχεία (επικεφαλίδες, ενότητες, λίστες, πίνακες, κλπ). Για παράδειγμα, η HTML δεν έχει τα απαραίτητα στοιχεία που χρειάζονται για την σήμανση μιας μουσικής παρτιτούρας ή ενός συνόλου μαθηματικών εξισώσεων.

Βάσεις Δεδομένων, όπως για παράδειγμα ένας κατάλογος βιβλίων. Μια σελίδα HTML μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αποθηκεύσει και να εμφανίσει στατικές πληροφορίες (όπως μια λίστα με περιγραφές βιβλίων). Όμως, σε περίπτωση ταξινόμησης, επιλογής, εντοπισμού και επεξεργασίας των πληροφοριών με κάποιο διαφορετικό τρόπο, για κάθε πληροφορία θα πρέπει να οριστεί και από μία ετικέτα. Η HTML δε διαθέτει τα απαραίτητα στοιχεία για κάτι τέτοιο.

Έγγραφα που θέλουν ιεραρχική οργάνωση σε μορφή δένδρου. Ας υποθέσουμε, για παράδειγμα, ότι γράφετε ένα βιβλίο και θέλετε να το χωρίσετε σε μέρη, κεφάλαια, ενότητες Α, ενότητες Β, ενότητες Γ, και ούτω καθεξής. Σε αυτήν την περίπτωση, ένα πρόγραμμα θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει αυτό το δομημένο έγγραφο για να δημιουργήσει έναν πίνακα περιεχομένων, να εμφανίσει τη διάρθρωσή του με διάφορα επίπεδα λεπτομερειών, να εξαγάγει κάποιες συγκεκριμένες ενότητες και να διαχειριστεί με άλλους τρόπους τις πληροφορίες. Το στοιχείο επικεφαλίδας της HTML όμως επισημαίνει μόνο το κείμενο της επικεφαλίδας. Το πραγματικό κείμενο και τα στοιχεία που ανήκουν σε μια ενότητα του εγγράφου δεν περιέχονται μέσα στο στοιχείο της αντίστοιχης επικεφαλίδας, γι' αυτό και τα στοιχεία αυτά δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αποδώσουν με σαφήνεια την ιεραρχική δομή του εγγράφου.²³

²² Gerber, AJ, Barnard, A & Van der Merwe, Alta (2006), "A Semantic Web Status Model, Integrated Design & Process Technology", Special Issue

²³ Gerber, AJ, Barnard, A & Van der Merwe, Alta (2006), "A Semantic Web Status Model, Integrated Design & Process Technology", Special Issue

3.2. OWL

Η γλώσσα οντολογίας Ιστού OWL είναι μια επίσημη γλώσσα αναπαράστασης οντολογιών στον Σημασιολογικό Ιστό. Η OWL έχει χαρακτηριστικά από διάφορες οικογένειες γλωσσών αναπαράστασης, περιλαμβάνοντας, κυρίως, Περιγραφικές Λογικές και πλαίσια. Η OWL μοιράζεται, επίσης, πολλά χαρακτηριστικά με το RDF. Σε αυτήν την ενότητα περιγράφονται η φιλοσοφία και τα χαρακτηριστικά της OWL και πώς μπορούν να εντοπιστούν σε παλιότερους φορμαλισμούς, με μετατροπές λόγω ορισμένων περιορισμών στην OWL. Έχουν προκύψει διάφορα προβλήματα που προκαλούν ενδιαφέρον, λόγω των οποίων αυτές οι επιρροές έρχονται σε διαφωνία με τη γλώσσα.²⁴

Στο πλαίσιο του Σημασιολογικού Ιστού, οι οντολογίες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο, βοηθώντας τις αυτοματοποιημένες διαδικασίες (τους λεγόμενους «ευφυείς πράκτορες») να αποκτήσουν πρόσβαση σε πληροφορίες. Ειδικότερα, οι οντολογίες αναμένεται να χρησιμοποιηθούν για την παροχή διαρθρωμένων λεξιλογίων που αναπτύσσουν τις σχέσεις μεταξύ των διαφορετικών όρων, επιτρέποντας στους ευφυείς πράκτορες (και ανθρώπους) να ερμηνεύσουν την σημασία τους ευέλικτα αλλά με σαφήνεια. Για παράδειγμα, μια κατάλληλη οντολογία «πίτσα» θα μπορούσε να περιλαμβάνει τις πληροφορίες ότι η Mozzarella και η Gorgonzola είναι είδη τυριών, ότι το τυρί δεν είναι είδος κρέατος ή ψαριού, και ότι μια πίτσα για χορτοφάγους είναι εκείνη της οποίας τα υλικά δεν περιλαμβάνουν κρέας ή ψάρι. Αυτές οι πληροφορίες επιτρέπουν στον όρο "πίτσα με υλικά (μόνο) Mozzarella και Gorgonzola" να ερμηνεύεται με σαφήνεια (από, π.χ., έναν πράκτορα παραγγελίας πίτσα) ως εξειδίκευση του όρου «πίτσα για χορτοφάγους».²⁵

Όροι των οποίων η έννοια καθορίζεται με οντολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε σημασιολογικές σημάνσεις που περιγράφουν το περιεχόμενο και τη λειτουργικότητα των προσπελάσιμων από τον Ιστό πόρων. Οι οντολογίες και η σημασιολογική σήμανση με βάση τις οντολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο ηλεκτρονικό εμπόριο, όπου μπορούν να διευκολύνουν την επικοινωνία μεταξύ των πρακτόρων αγοράς και πώλησης παρέχοντας ένα κοινό λεξιλόγιο για την περιγραφή αγαθών και υπηρεσιών, στις μηχανές αναζήτησης, όπου μπορούν να βοηθήσουν στην εύρεση σελίδων που περιέχουν σημασιολογικά παρόμοιες αλλά συντακτικά διαφορετικές λέξεις και φράσεις και στις υπηρεσίες ιστού (web services), όπου μπορούν να προσφέρουν πλούσιες περιγραφές υπηρεσιών που μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό των κατάλληλων υπηρεσιών.

Για να υποστηρίξει αυτά και άλλα σενάρια χρήσης, η OWL παίρνει τη βασική δυνατότητα δήλωσης γεγονότων του RDF και τις δυνατότητες δομής κλάσεων και ιδιοτήτων του RDF Schema και τις επεκτείνει με σημαντικούς τρόπους. Η OWL μπορεί να δηλώνει κλάσεις και να τις οργανώνει ιεραρχικά ("σε υποκατηγορίες"), όπως το RDF Schema. Οι κλάσεις της OWL μπορούν να οριστούν ως λογικοί συνδυασμοί (τομές, ενώσεις ή συμπληρώματα) άλλων κλάσεων, ή ως απαριθμήσεις συγκεκριμένων αντικειμένων, επεκτείνοντας τις δυνατότητες του RDFS. Η OWL μπορεί, επίσης, να δηλώνει ιδιότητες, να οργανώνει αυτές τις ιδιότητες σε μια ιεραρχία «υπό-ιδιοτήτων», και να παρέχει τομείς και εύρος για αυτές τις ιδιότητες, και πάλι όπως το RDFS. Οι τομείς των ιδιοτήτων της OWL είναι οι κλάσεις της OWL, και το εύρος μπορεί να είναι είτε κλάσεις της OWL ή εξωτερικά καθορισμένοι τύποι δεδομένων, όπως συμβολοσειρές ή ακέραιοι αριθμοί. Η OWL μπορεί να

²⁴ Lacy, Lee W. (2005). "Chapter 10". *OWL: Representing Information Using the Web Ontology Language*. Victoria, BC: Trafford Publishing.

²⁵ Lacy, Lee W. (2005). "Chapter 10". *OWL: Representing Information Using the Web Ontology Language*. Victoria, BC: Trafford Publishing.

δηλώσει ότι μια ιδιότητα είναι μεταβατική, συμμετρική, λειτουργική, ή είναι η αντίστροφη μιας άλλης ιδιότητας, επεκτείνοντας, εδώ, και πάλι το RDFS.²⁶

Η OWL μπορεί να εκφράσει ποια αντικείμενα ανήκουν σε ποιες κλάσεις, και ποιες είναι οι τιμές των ιδιοτήτων για συγκεκριμένα αντικείμενα. Οι δηλώσεις ισοδυναμίας ισχύουν για τις κλάσεις και τις ιδιότητες, οι δηλώσεις ασυνδετότητας (disjointness) μπορούν να εφαρμοστούν μεταξύ των κλάσεων, και η ισότητα και η ανισότητα μπορεί να υποστηριχθεί από τα αντικείμενα.

Ωστόσο, η σημαντική επέκταση του RDFS είναι η ικανότητα της OWL να παρέχει περιορισμούς σχετικά με την συμπεριφορά των ιδιοτήτων τοπικά σε μια κλάση. Η OWL μπορεί να καθορίσει κλάσεις όπου μια συγκεκριμένη ιδιότητα είναι περιορισμένη έτσι, ώστε όλες οι τιμές για την ιδιότητα στα στιγμιότυπα της κλάσης να πρέπει να ανήκουν σε μια συγκεκριμένη κλάση (ή τύπο δεδομένων). Τουλάχιστον μία τιμή πρέπει να προέρχεται από μια συγκεκριμένη κλάση (ή τύπο δεδομένων). Πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον ορισμένες συγκεκριμένες τιμές και πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον ή το πολύ ορισμένες διακριτές τιμές. Η OWL έχει τόσο RDF / XML σύνταξη, όσο και μια αφηρημένη σύνταξη παρόμοια πλαισίου και έχει τρεις ονομασμένες υπό-γλώσσες. Αυτή η πολλαπλότητα είναι το άμεσο αποτέλεσμα της προσπάθειας να ικανοποιήσει μεγάλο αριθμό ενίοτε αλληλοσυγκρουόμενων επιρροών και απαιτήσεων.²⁷

3.3. RDF

Το RDF, που αναπτύχθηκε από το W3C για την περιγραφή πόρων στον Ιστό, επιτρέπει τις προδιαγραφές της σημασιολογίας των δεδομένων που βασίζονται σε XML με τυποποιημένο, διαλειτουργικό τρόπο. Παρέχει, επίσης, μηχανισμούς για να εκπροσωπεί ρητά τις υπηρεσίες, τις διαδικασίες, και τα επιχειρηματικά μοντέλα, ενώ επιτρέπει την αναγνώριση μη σαφών πληροφοριών.²⁸

Το RDF μοντέλο δεδομένων είναι ισοδύναμο με το φορμαλισμό των σημασιολογικών δικτύων. Αποτελείται από τρία είδη αντικειμένων: οι πόροι περιγράφονται από RDF εκφράσεις και ονομάζονται πάντα από τα URIs και προαιρετικά από αναγνωριστικά. Οι ιδιότητες καθορίζουν συγκεκριμένες πτυχές, χαρακτηριστικά, ιδιότητες, ή σχέσεις που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν έναν πόρο. Τέλος, οι δηλώσεις εκχωρούν μια τιμή σε μια ιδιότητα ενός συγκεκριμένου πόρου (η τιμή αυτή μπορεί να είναι μια άλλη δήλωση RDF).

Για να καταστήσει δυνατό για τις πληροφορίες που υποβάλλονται σε επεξεργασία από μηχανές ό, τι κατέστησε δυνατό ο Παγκόσμιος Ιστός για τα υπερκείμενα: να επιτρέψει την επεξεργασία των δεδομένων έξω από το συγκεκριμένο περιβάλλον μέσα στο οποίο δημιουργήθηκαν, με τρόπο που να μπορεί να λειτουργήσει σε διαδικτυακή κλίμακα.

Το RDF έχει σχεδιαστεί για να αναπαριστά πληροφορίες με έναν ελάχιστα περιοριστικό, ευέλικτο τρόπο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεμονωμένες εφαρμογές αλλά η γενικότητα του RDF παρέχει μεγαλύτερη αξία με την ανταλλαγή. Επομένως, η αξία των πληροφοριών αυξάνεται όσο αποκτά προσβασιμότητα σε περισσότερες εφαρμογές σε ολόκληρο το Διαδίκτυο.²⁹

²⁶ Lacy, Lee W. (2005). "Chapter 10". *OWL: Representing Information Using the Web Ontology Language*. Victoria, BC: Trafford Publishing.

²⁷ Lacy, Lee W. (2005). "Chapter 10". *OWL: Representing Information Using the Web Ontology Language*. Victoria, BC: Trafford Publishing.

²⁸ "XML, RDF and the Relatives", by Michel Klein, <http://ebiz.u-aizu.ac.jp/~paikic/lecture/2005-2/CFS/SemanticWeb-1/RDFXML.pdf>

²⁹ "XML, RDF and the Relatives", by Michel Klein, <http://ebiz.u-aizu.ac.jp/~paikic/lecture/2005-2/CFS/SemanticWeb-1/RDFXML.pdf>

Η απεικόνιση ενός μοντέλου RDF είναι εύκολη με ένα κατευθυνόμενο γράφημα. Κάθε πόρος αναπαρίσταται με ένα οβάλ και κάθε κατηγορία με ένα τόξο, και οι λεκτικές τιμές αναπαρίστανται από κουτιά με τιμές.

Το παράδειγμα αποκαλύπτει ότι το RDF αγνοεί την σύνταξη. Παρέχει μόνο ένα μοντέλο για την αναπαράσταση μεταδεδομένων. Η λίστα με τις τριάδες είναι μία πιθανή αναπαράσταση, όπως είναι, επίσης, και το επισημασμένο γράφημα, και άλλες συντακτικές αναπαραστάσεις. Φυσικά, η XML θα ήταν μια προφανής υποψηφιότητα για μια εναλλακτική αναπαράσταση. Οι προδιαγραφές του μοντέλου δεδομένων περιλαμβάνουν μια τέτοια βασισμένη σε XML κωδικοποίηση του RDF.

Όπως με την XML, ένα μοντέλο RDF δεν ορίζει την σημασιολογία της κάθε εφαρμογής τομέα ή κάνει υποθέσεις σχετικά με έναν συγκεκριμένο τομέα. Απλά προσφέρει έναν μηχανισμό ουδέτερου τομέα για την περιγραφή μεταδεδομένων. Ο ορισμός των ιδιοτήτων του τομέα και της σημασιολογίας του απαιτεί πρόσθετες εγκαταστάσεις.³⁰

Όσον αφορά την σημασιολογική διαλειτουργικότητα, το RDF έχει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι της XML. Η διάρθρωση αντικείμενο-κατηγορία παρέχει φυσικές σημασιολογικές μονάδες, καθώς όλα τα αντικείμενα είναι ανεξάρτητες οντότητες. Ένα μοντέλο τομέα, για τον καθορισμό των σχέσεων και των αντικειμένων, μπορεί να αναπαρασταθεί φυσικά στο RDF, κι έτσι, δεν είναι απαραίτητα τα βήματα μετάφρασης όπως στην XML. Για την εύρεση αντιστοιχίσεων μεταξύ δυο περιγραφών RDF, τεχνικές από την έρευνα στην αναπαράσταση της γνώσης είναι άμεσα εφαρμόσιμες. Φυσικά, αυτό δε λύνει το πρόβλημα της γενικής διαλειτουργικότητας της εύρεσης σημασιολογίας που να διατηρεί τις αντιστοιχίσεις μεταξύ των αντικειμένων, αλλά χρησιμοποιώντας RDF για ανταλλαγή δεδομένων ανεβαίνει το επίπεδο της δυναμικής επαναχρησιμοποίησης των στοιχείων του λογισμικού πολύ πέρα από την επαναχρησιμοποίηση του μεταγλωττιστή, το οποίο αποτελεί ό, τι έχει να προσφέρει η XML. Επιπλέον, το μοντέλο RDF (και το λογισμικό που χρησιμοποιεί το μοντέλο RDF), μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθεί ακόμη και αν αλλάξει ή εξαφανιστεί η σύνταξη XML, καθώς το RDF περιγράφει ένα στρώμα ανεξάρτητο της XML.³¹

³⁰ *The Semantic Web: The roles of XML and RDF*, STEFAN DECKER AND SERGEY MELNIK, FRANK VAN HARMELEN, DIETER FENSEL, MICHEL KLEIN, JEEN BROEKSTRA, MICHAEL ERDMANN, IAN HORROCKS, http://classweb.gmu.edu/kersch/infs770/Semantic_Web_16_2/Semantic%20Web.pdf

³¹ "XML, RDF and the Relatives", by Michel Klein, <http://ebiz.u-aizu.ac.jp/~paikic/lecture/2005-2/CFS/SemanticWeb-1/RDFXML.pdf>

4. Εκπαιδευτικά εργαλεία

4.1. Εκπαιδευτικά εργαλεία σημασιολογικού ιστού

Πολλές έρευνες, που έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια, αναδεικνύουν τις δυνατότητες χρήσης των οντολογιών και των τεχνολογιών βασισμένων σε οντολογίες και σε εκπαιδευτικά πλαίσια. Οι οντολογίες που έχουν δημιουργηθεί για χρήση σε εκπαιδευτικές εφαρμογές μπορούν να χωριστούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- α) οντολογίες που περιγράφουν κάποιο γνωστικό πεδίο (εκπαιδευτικές οντολογίες πεδίου), όπως αυτές που αναφέρονται στις εργασίες των Sosnovsky και Gavrilova (2006), Bianchi et al. (2009), Grandbastien & Huyinh Kim Bang (2008), Albano et al. (2007), Paquette (2007), Van Assche (2007), κ.α.,
- β) οντολογίες για την περιγραφή ικανοτήτων των εκπαιδευομένων και μαθησιακών στόχων, όπως αυτές που αναφέρονται στις εργασίες των Sicilia (2005), Paquette (2007), Van Assche (2007) και Schmidt & Kunzmann (2007),
- γ) οντολογίες για την περιγραφή μαθησιακών διαδικασιών, δραστηριοτήτων, σεναρίων, διδακτικών μονοπατιών κ.λπ. (Rius et al., 2008; Knight et al., 2006),
- δ) οντολογίες για την περιγραφή Συστημάτων Διαχείρισης Μάθησης (Shrimathi, 2010)
- ε) οντολογίες εκπαιδευτικών μεταδεδομένων, όπως αυτή στην οποία αναφέρονται οι Bianchi et al. (2009).³²

Όσον αφορά στις κλασικές πύλες, αυτές είναι συλλογές συνδέσμων σε καταμετρημένους πόρους στο διαδίκτυο που επιτρέπουν στους χρήστες να έχουν πρόσβαση σε ένα ευρύ φάσμα πληροφοριών πάνω σε ένα συγκεκριμένο θέμα . Οι πόροι αυτοί έχουν πραγματικές σχέσεις μεταξύ τους που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να αυξήσουν τις εγκαταστάσεις πλοήγησης σε συστήματα υπερμέσων . Το T Portal και το X Portal είναι δύο πύλες που χρησιμοποιούνται για να παρέχουν στον χρήστη εκπαιδευτικού περιεχομένου πόρους αλλά και να ευνοηθεί από την διαδικτυακή διδασκαλία. Συγκεκριμένα η X Portal έχει σχεδιαστεί για διδασκαλία εξ αποστάσεως και απευθύνεται κυρίως στον τομέα του Αντικειμενοστραφούς Προγραμματισμού σε γλώσσα Java. Όσον αφορά την πύλη X Portal σχεδιάστηκε για την ευκολότερη πρόσβαση σε εκπαιδευτικό υλικό που έχει να κάνει με την XML και με άλλες τεχνολογίες του Ιστού. Στην X Portal και T Portal , η διαδικτυακή διδασκαλία και οι πηγές εκμάθησης διαμορφώθηκαν από τις έννοιες , και οι οντολογικές σχέσεις μεταξύ των εννοιών αυτών χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ενός νέου στρώματος σημασιολογικών δεσμών για αυτούς τους πόρους . Αυτό το στρώμα είναι κατασκευασμένο από «φυσικούς συνδέσμους» με βάση τις «φυσικές σχέσεις» που υπάρχουν στον πραγματικό κόσμο. Οι προκύπτουσες πύλες με τους εμπλουτισμένους συνδέσμους παρέχουν ως εκ τούτου, μια βελτίωση του περιβάλλοντος για την ενίσχυση της συνολικής διδασκαλίας ή / και μαθησιακή εμπειρία για τους χρήστες .³³

Το οντολογικά ή εννοιολογικά υπερμέσα χρησιμοποιούν οντολογίες ως μοντέλα για να επιτρέπουν την ανταλλαγή γνώσεων και την επαναχρησιμοποίηση της γνώσης και

³²Breuker J., Muntjewerff A., Bredeweg B., (1999), "Ontological Modelling for Designing Educational Systems", Dept. of Computer Science & Law, University of Amsterdam

³³Woukeu A., Wills G., Grainne C., Carr L., Kampa S., Hall W., (2012), "Ontological Hypermedia in Education: A framework for building web-based educational portals".

βελτιώνουν το εύρος της σύνδεσης σε συστήματα υπερμέσων . Βασιζόμενοι σε ένα εννοιολογικό σύστημα υπερμέσων (Ontoportal) , οι δύο πύλες χρησιμοποιούν τις βασικές αρχές για να παρέχουν στους χρήστες πιο αποτελεσματικές πύλες διδασκαλίας και εκμάθησης .

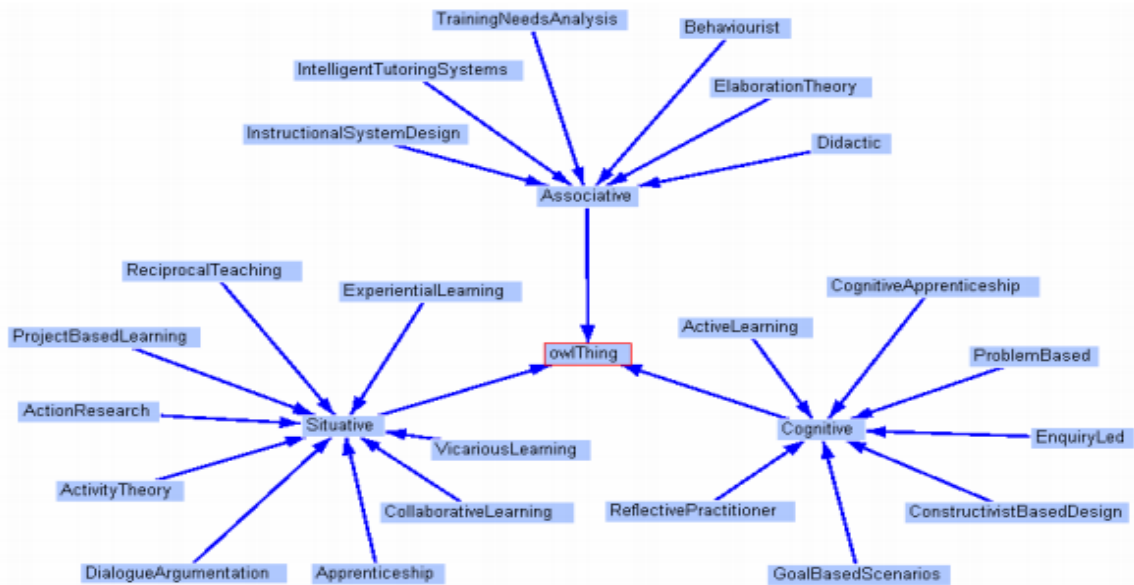
Υπάρχουν πολλές οντολογίες που αναπτύσσονται στον τομέα της εκπαίδευσης. Μία από αυτές είναι η EduOnto. Η EduOnto βασίζεται στα σχήματα μεταδεδομένων για την πύλη στα εκπαιδευτικά υλικά (<http://www.thegateway.org/>). Οι τύποι των κλάσεων περιλαμβάνουν επαναχρησιμοποιήσιμες κλάσεις (πρόσωπο, οργανισμός, και Επικοινωνίας), κλάσεις αντικειμένων πόρων (εκπαιδευτικό, ενημερωτικό, έρευνα), καθώς και μαθήματα λεξιλογίου (θεματικές κατηγορίες και τους όρους) (Qin & Hernandez, 2006). Μια άλλη εξατομικευμένη οντολογία είναι, η οντολογία PEOnto. Η PEOnto ισχυρίζεται ότι παρέχει εκπαίδευση σχετική με τα μαθησιακά αντικείμενα με βάση τις ατομικές τους ανάγκες. Στην PEOnto, υπάρχουν πέντε αλληλένδετες εκπαιδευτικές οντολογίες (curriculum ontology, subject domain ontology, pedagogy ontology, people ontology, and personalized education agents).³⁴

Όπως έχουμε προαναφέρει η οντολογία είναι η επίσημη αναπαράσταση μιας αφηρημένης άποψη του πραγματικού κόσμου. Χρήσιμα χαρακτηριστικά των οντολογιών είναι το λεξιλόγιο, η ταξινόμηση, η ερμηνεία ως περιεχόμενο θεωρίας και η χρήση για την ανταλλαγή και επαναχρησιμοποίηση γνώσεων. Εστιάζοντας στην ταξινόμηση, είναι ένα μέρος της έννοιας της οντολογίας που αφορά την ιεραρχική κατάταξη σε μια φόρμα επεξεργάσιμη από μηχανή (machine-processable form.). Οι οντολογίες προσδιορίζουν τις κλάσεις των αντικειμένων και τις εννοιολογικές ιεραρχίες. Αυτό τις χαρακτηρίζει ως θεωρίες περιεχομένου . Η πρωταρχική εσκεμμένη χρήση απευθύνεται προς την ανταλλαγή γνώσεων και την επαναχρησιμοποίηση . Η περιγραφή των εννοιών και οι σχέσεις τους, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για την αλληλεπίδραση και την εργασία των διαφόρων πρακτόρων ή εφαρμογών. Έτσι λοιπόν οι κατηγοριοποίηση των οντολογιών που χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση είναι:

- Διδακτικές οντολογίες για την κατηγοριοποίηση των μαθησιακών στόχων ,
- Θεματικές οντολογίες για τη θεματική κατηγοριοποίηση του εκπαιδευτικού υλικού ,
- Ρητορικές - οντολογίες του Σημασιολογικού ιστού για την κατηγοριοποίηση του εκπαιδευτικού υλικού και για τη δημιουργία των εννοιολογικών πλαισίων ,
- Συσχετισμένες οντολογίες για την περιγραφή των συμφραζομένων εξαρτήσεις και
- Προγράμματα οντολογιών για την οργανωτική κατηγοριοποίηση του εκπαιδευτικού υλικού .

Διδακτική είναι μια επιστήμη που στοχεύει σε διάφορες κατευθύνσεις ,γι 'αυτό είναι η επιστήμη της οργανωμένης διδασκαλίας και της μάθησης. Επιπλέον, χαρακτηρίζεται ως η θεωρία των περιεχομένων εκπαίδευσης και ως θεωρία ελέγχου των διαδικασιών μάθησης. Μια ταξινόμηση των διδακτικών προσεγγίσεων είναι παρουσιάζονται στο σχήμα 1.

³⁴ Woukeu A., Wills G., Grainne C., Carr L., Kampa S., Hall W., (2012), "Ontological Hypermedia in Education: A framework for building web-based educational portals



Εικόνα 1 : Διδακτικές Προσεγγίσεις

Πηγή: http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/19/72/23/PDF/38_Final_Paper.pdf

4.2. Οι Παιδαγωγικοί Πράκτορες

Η έννοια του «παιδαγωγικού πράκτορα» έρχεται να εξειδικεύσει αυτή του «πράκτορα λογισμικού» σε διαδικασίες εκπαίδευσης. Η χρήση πρακτόρων σε συστήματα ηλεκτρονικής μάθησης μπορεί να δώσει από έναν απλό βοηθό και παρουσιαστή εκπαιδευτικού υλικού μέχρι και έναν αντιπρόσωπο στα πλαίσια μιας εικονικής πραγματικότητας που εκπαιδεύει και προσφέρει εξοικείωση. Είναι αυτόνομοι πράκτορες και υποστηρίζουν την εκμάθηση του ανθρώπου μέσω της αλληλεπίδρασης που έχουν με τους σπουδαστές σε θέματα μαθησιακού περιβάλλοντος. Μπορούν επίσης να προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους στο μαθησιακό περιβάλλον και να εκμεταλλεύονται τις δυνατότητες εκμάθησης όπως αυτές προκύπτουν. Λόγο της αλληλεπίδρασης που υφίσταται μεταξύ πρακτόρων και σπουδαστών σε ένα κοινό περιβάλλον, υποστηρίζεται η δυνατότητα συνεργατικής αλλά και εξατομικευμένης μάθησης. Όλη η αλληλεπίδραση πρακτόρων και σπουδαστών πραγματοποιείται μέσω εύχρηστων διεπαφών που έχουν σχεδιαστεί για αυτό το σκοπό.

Η εκπαίδευση είναι ένας ελπιδοφόρος τομέας για την ανάπτυξη αυτόνομων πρακτόρων. Οι παιδαγωγικοί πράκτορες είναι σημαντικός παράγοντας επέκτασης, βελτίωσης και εξέλιξης των ευφών διδακτικών συστημάτων. Αυτό επιτυγχάνεται διότι μπορούν να προσαρμόζονται στο εκπαιδευτικό περιβάλλον αλλά και ότι μπορούν να στηρίξουν τόσο την συνεργατική μάθηση (collaborative learning) όσο και την εξατομικευμένη μάθηση (individualized learning). Ως αυτόνομοι πράκτορες μπορούν να διαχειρίζονται την πολυπλοκότητα αλλά και να είναι λειτουργικοί σε πολύπλοκα και απρόβλεπτα περιβάλλοντα. Επιπλέον έχουν την δυνατότητα να συντονιστούν με άλλους πράκτορες καθώς και να διαχειρίζονται την συμπεριφορά τους με λογική. Κατ' αυτόν τον τρόπο θα μπορούσαμε να τους χαρακτηρίσουμε και σαν διαιτητές σε αντικρουόμενα θέματα που προκύπτουν μέσα σε ένα περιβάλλον το οποίο προβάλλει πολλά ερεθίσματα. Η ανάγκη να έχουν μια τέτοια συμπεριφορά οι παιδαγωγικοί πράκτορες είναι επειδή η συμπεριφορά των εκπαιδευόμενων είναι απρόβλεπτη από την φύση της, καθώς κάθε εκπαιδευόμενος είναι έχει δικό του επίπεδο γνώσης και δικό του τρόπο εκμάθησης.

Οι μορφές των παιδαγωγικών πρακτόρων δεν είναι όλες ίδιες. Οι παιδαγωγικοί πράκτορες δεν καλύπτουν μόνο την πλευρά του εκπαιδευόμενου αλλά και του εκπαιδευτή. Ο βοηθός εκπαιδευτή πράκτορας (instructor aid agent) βοηθάει τον εκπαιδευτή-καθηγητή να μειώσει τον φόρτο εργασίας του, όπως διόρθωμα γραπτών. Επιπλέον παρέχοντας αποτελέσματα αξιολόγησης των εκπαιδευόμενων αλλά και του ίδιου, βοηθάει τον καθηγητή στην διαμόρφωση του μαθήματος και της διδακτικής του δράσης, ώστε να βελτιωθεί περισσότερο. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε πως πλέον θα υπάρχει η δυνατότητα να παρατίθεται στον εκάστοτε καθηγητή, μέσω των πρακτόρων, πείρα από άλλους καθηγητές. Αυτό το πετυχαίνει ο πράκτορας λόγω της κατάλληλης δομής που έχει για την διευκόλυνση αλληλεπίδραση ανθρώπου με άνθρωπο.

Παραδείγματα παιδαγωγικών πρακτόρων αποτελούν ο Steve και ο Herman the bug. Ο J. Rickel και ο W.L. Johnson (1998) ανέπτυξαν έναν πράκτορα με το όνομα 'Steve' για την εκπαίδευση ανθρώπων στην εκτέλεση εργασιών, όπως είναι ο χειρισμός και η συντήρηση πολύπλοκων μηχανημάτων. Οι James C. Lester, Charles B. Callaway (1997) σχεδίασαν έναν παιδαγωγικό πράκτορα ο οποίος είναι αυτόνομος και ελέγχει μεταβλητές κατάστασης σε ένα δυναμικό περιβάλλον, τον ονομαζόμενο 'Herman the bug'. Ο συγκεκριμένος πράκτορας βοηθάει και καθοδηγεί μαθητές δημοτικού στο πώς να σχεδιάσουν ένα φυτό πάνω στα πλαίσια της βοτανικής ανατομίας και φυσιολογίας.

4.2.1 Αλληλεπίδραση με τους Παιδαγωγικούς Πράκτορες

Οι παιδαγωγικοί πράκτορες ποικίλουν στον τρόπο επικοινωνίας με τους εκπαιδευόμενους. Πολλές φορές κρίνεται απαραίτητο για την εισήγηση ενός θέματος να υπάρξουν διευκρινήσεις για τον τρόπο με τον οποίο θα επιλυθούν τα ζητήματα που θέτει το πρόβλημα-θέμα. Σε αυτή την περίπτωση είναι πολύ καλύτερο να παρουσιάζεται ένα θέμα μέσω πρακτόρων, όπου θα υπάρχουν διευκρινήσεις και περιγραφές, παρά να γίνει εισήγηση του θέματος μέσω ενός βίντεο που απλά θα παρουσιάσει το θέμα. Αύτη η διαδικασία δίνει την δυνατότητα στον σπουδαστή να μπορεί να μελετήσει ένα θέμα από διαφορετικές πλευρές. Ενεργώντας λοιπόν σε ένα δυναμικό περιβάλλον, μια εισήγηση προσαρμόζεται δυναμικά μέσα σ' αυτό. Με άλλα λόγια η εισήγηση ενός θέματος μέσω πράκτορα μπορεί να γίνεται κάθε φορά διαφορετικά, εφόσον οι αρχικές καταστάσεις αλλά και το τρέχον περιβάλλον μπορούν να είναι μεταβλητά.

Ορισμένοι πράκτορες είναι σε θέση να μπορούν να καθοδηγούν τον εκπαιδευόμενο κατά την διάρκεια της μάθησης και της εκτέλεσης ενεργειών. Έτσι αν ο εκπαιδευόμενος ενεργήσει σε κάτι που δεν είναι σύμφωνο με την διαδικασία, υπάρχει η παρέμβαση του πράκτορα ώστε να τον προτρέψει να διορθώσει την ενεργεία του. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε πως κάποιοι πράκτορες κάνουν χρήση υποδείξεων. Μετά την ολοκλήρωση της ενέργειας του εκπαιδευόμενου, ο πράκτορας κάνει ερωτήσεις για το πώς και το γιατί έδρασε κατ' αυτό τον τρόπο ο εκπαιδευόμενος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την βαθύτερη διερεύνηση στον αν ο μαθητής κατάλαβε τις ενέργειες του, και γενικεύοντας θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι πράκτορες όχι μόνο ελέγχουν και βοηθούν στην διεκπεραίωση του πρωτοκόλλου μιας διαδικασίας αλλά φροντίζουν η γνώση την οποία παρουσιάζουν να έχει ληφθεί ορθά από τον εκπαιδευόμενο.

5. Συμπεράσματα

Η τεχνολογία συνεχώς βελτιώνεται, η εξέλιξη αυτή διαμορφώνει τον τρόπο που θα την χρησιμοποιούμε καθημερινά. Ο Σημαιολογικός Ιστός είναι χωρίς αμφιβολία ένας νέος ορίζοντας πάνω στο θέμα της εξέλιξης των πληροφοριακών συστημάτων. Δίνει την δυνατότητα στην μάθηση και στην εκπαίδευση να ξεπεράσει τα στενά όρια που την πλαισιώνουν. Με την εισήγηση και καθιέρωση νέων τεχνολογιών αλλά και μεθόδων αναβαθμίζεται η εκπαίδευση σε σημείο που να μπορεί να ανταπεξέλθει πλήρως στις σύγχρονες ανάγκες για μάθηση και διεύρυνση πληροφορίας. Στην εργασία παρουσιάστηκε το τι είναι ο Σημαιολογικός Ιστός, ποια είναι τα εργαλεία του και την επίδραση του πανω στον τομέα της εκπαίδευσης.

Σαν συμπέρασμα θα μπορούσε να προκύψει ότι ο Σημαιολογικός Ιστός είναι το κίνητρο και ο υποκινητής της δημιουργίας ιδανικού περιβάλλοντος για ανταλλαγή στοχευμένων δεδομένων. Η εκπαίδευση είναι ένας τομέας που θα μπορούσε να επωφεληθεί σε μεγάλο βαθμό από την εκμετάλλευση, την χρήση και την ενσωμάτωση των τεχνολογιών του Σημαιολογικού Ιστού.

Σημαντικό ρόλο, στον Σημαιολογικό Ιστό μπορούν να διαδραματίσουν οι έξυπνοι πράκτορες, οι οποίοι είναι ικανοί να μεταβάλλουν τον τρόπο πλοήγησης, ανεύρεσης και συλλογής πληροφοριών των χρηστών, γιατί πλέον, θα είναι σε θέση να κατανοήσουν και να αξιολογήσουν την πληροφορία με τη βοήθεια οντολογιών (Κολλάρας, 2007). Επιπρόσθετος θα υπάρχει καλύτερη αλληλεπίδραση μεταξύ των πρακτόρων λόγω του ότι μέσω του Σημαιολογικού Ιστού οι υπηρεσίες θα περιγράφονται και θα πλαισιώνονται από τις οντολογίες.

Όσον αφορά το κομμάτι της ερμηνείας του όγκου των δεδομένων που δημοσιοποιούνται στο διαδίκτυο, κρίνεται αναγκαίος ο σχολιασμός της πληροφορίας και των δεδομένων με περιγραφικές πληροφορίες και στοιχεία, με σκοπό να αποδοθεί και να προσδιοριστεί η εννοιολογική βάση και η σημασιολογία της πληροφορίας. Αυτό είναι ένα γεγονός το οποίο θα δώσει την δυνατότητα στην μηχανή να καταλαβαίνει την πληροφορία και τα δεδομένα που επεξεργάζεται. Η παραμετροποίηση των συστημάτων διαχείρισης μάθησης σημασιολογικά, αποτελεί ένα εξαιρετικό εργαλείο για την διαδικασία της μάθησης καθώς θα μπορεί να υποστηριχθεί σε μεγαλύτερο βαθμό η επαναχρησιμοποίηση των καλών πρακτικών παγκόσμια, πολύ πιο εύκολα. Με το να γίνεται συχνή και αυξανόμενη η χρήση του Σημαιολογικού Ιστού θα δημιουργηθεί ένα κοινός αποδεκτό δίκτυο όπου θα δεδομένα, πληροφορίες, πρακτικές και τεχνικές θα είναι εύκολο και γρήγορο να επαναχρησιμοποιηθούν (reusability). Θεωρώντας ότι είναι αρκετά δύσκολο να επιτευχθεί μία γλώσσα παγκόσμιας αποδοχής, αξίζει να σημειώσουμε ότι η δημιουργία μιας αποθήκης κοινά αποδεκτών εννοιών θα αποτελούσε σημαντικό παράγοντα για την εύκολη επαναχρησιμοποίηση.

Η πραγματική δύναμη του Σημαιολογικού Ιστού θα αποκαλυφθεί όταν οι άνθρωποι δημιουργήσουν συστήματα, τα οποία θα συλλέγουν τα περιεχόμενα του Ιστού από διαφορετικές πηγές, θα επεξεργάζονται τις πληροφορίες και θα ανταλλάσσουν τα αποτελέσματα με άλλους ανθρώπους ή μηχανές. Με αυτόν τον τρόπο, η αποτελεσματικότητα του Σημαιολογικού Ιστού θα βελτιωθεί δραστικά αφού μεγαλύτερο ποσοστό περιεχομένου του Ιστού θα είναι «αναγνώσιμο» από τους υπολογιστές και περισσότερες αυτοματοποιημένες υπηρεσίες θα είναι διαθέσιμες.

Ο συνδυασμός των παραπάνω με τις ενότητες «οντολογίας» θα συμβάλουν στην βελτίωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Η σωστή χρήση των παραπάνω μπορεί να βελτιώσει την εκπαιδευτική διαδικασία ώστε να γίνει πιο διαδραστική, πιο αποτελεσματική και πιο εύκολη. Εν κατακλείδι, η διαδικασία της μάθησης και της εκπαίδευσης καθώς και η διδασκαλία θα εξελιχθούν σε επαναστατικούς ρυθμούς στην περίπτωση όπου εκμεταλλευτούν και αξιοποιήσουν τον Σημαιολογικό Ιστό, διότι τότε η αλληλεπίδραση του χρήστη με τον υπολογιστή θα γίνεται στα πλαίσια της Τεχνητής Νοημοσύνης και θα αποδίδεται σε μια ουσιαστική και εννοιολογική επικοινωνία.

Αναφορές:

Βιβλιογραφικές- Άρθρα- Διαδικτυακές

- “OIL: Ontology Infrastructure to Enable the Semantic Web”, Dieter Fensel, Ian Horrocks, Frank van Harmelen, Deborah McGuinness, and Peter F. Patel-Schneider, <http://www.informatik.uni-leipzig.de/~brewka/papers/semweb/6.OILintro.pdf>
- “Ontologies and Semantic Web”, <http://www.obitko.com/tutorials/ontologies-semantic-web/description-logics.html>
- “Semantic Networks”, by John F. Sowa, <http://www.jfsowa.com/pubs/semnet.htm>
- “XML, RDF and the Relatives”, by Michel Klein, <http://ebiz.u-aizu.ac.jp/~paikic/lecture/2005-2/CFS/SemanticWeb-1/RDFXML.pdf>
- Breuker J., Muntjewerff A., Bredeweg B., (1999), “Ontological Modelling for Designing Educational Systems”, Dept. of Computer Science & Law, University of Amsterdam
- Elammari M. and Lalonde W., (1999), “An agent-oriented methodology: High-level and intermediate models”, In G. Wagner and E. Yu, editors, Proc. of the 1st Int. Workshop on Agent-Oriented
- Gerber, AJ, Barnard, A & Van der Merwe, Alta (2006), "A Semantic Web Status Model, Integrated Design & Process Technology", Special Issue
- Introducing The Concept Of Web 3.0 <http://www.tweakandtrick.com/2012/05/web-30.html>
- Lacy, Lee W. (2005). "Chapter 10". *OWL: Representing Information Using the Web Ontology Language*. Victoria, BC: Trafford Publishing.
- Roger Chaffin, (1992), "The concept of a semantic Relation". In: Adrienne Lehrer u. a. (Hrsg.): *Frames, Fields and contrasts. New essays in semantic and lexical organisation*, Erlbaum, Hillsdale, N.J
- The Semantic Web: The roles of XML and RDF”, STEFAN DECKER AND SERGEY MELNIK, FRANK VAN HARMELEN, DIETER FENSEL, MICHEL KLEIN, JEEN BROEKSTRA, MICHAEL ERDMANN, IAN HORROCKS, http://classweb.gmu.edu/kersch/infs770/Semantic_Web_16_2/Semantic%20Web.pdf
- Woukeu A., Wills G., Grainne C., Carr L., Kampa S., Hall W., (2012), “Ontological Hypermedia in Education: A framework for building web-based educational portals
- Nigel Shadbolt and Wendy Hall, The Semantic Web Revisited http://eprints.soton.ac.uk/262614/1/Semantic_Web_Revisted.pdf
- Roger Chaffin, (1992), "The concept of a semantic Relation". In: Adrienne Lehrer u. a. (Hrsg.): *Frames, Fields and contrasts. New essays in semantic and lexical organisation*, Erlbaum, Hillsdale, N.J