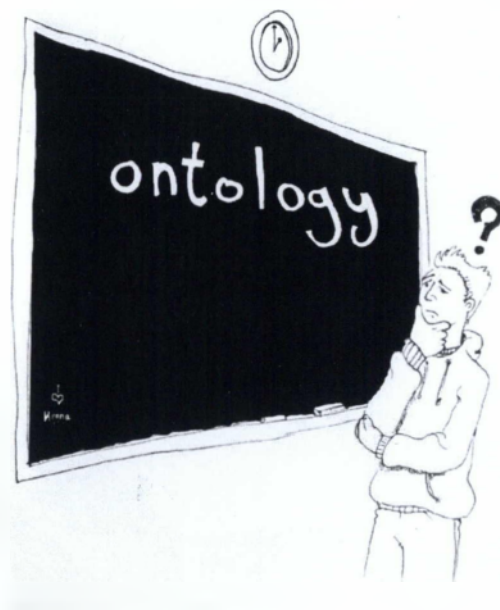




ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΟΝΑΔΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σχεδιασμός και υλοποίηση οντολογιών στον τομέα διοίκησης παροχής φροντίδας υγείας και πρόνοιας (Health and welfare management).

Σπουδάστρια: Κουτσούρα Δήμητρα
ΑΜ: 2007026

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Χριστοπούλου Στέλλα
Καθηγήτρια Εφαρμογών

Καλαμάτα 2013



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΟΝΑΔΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σχεδιασμός και υλοποίηση οντολογιών στον τομέα διοίκησης παροχής φροντίδας υγείας και πρόνοιας (Health and welfare management).

Σπουδάστρια: Κουτσούρα Δήμητρα
ΑΜ: 2007026

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Χριστοπούλου Στέλλα
Καθηγήτρια Εφαρμογών

Απόφαση Γ.Σ. Τομέα Οικονομικών Μαθημάτων:		1/1706/6-6-12
Μέλος επιτρ. 1:	εξ.	Καθ. Παπουτσής Ιωάννης
Μέλος επιτρ. 2:	εξ.	Αν. Καθ. Μπιτσάνη Ευγενία

Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό, θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στο να έρθει εις πέρας η περούσα πτυχιακή εργασία.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα της εργασίας αυτής την καθηγήτρια εφαρμογών κα Χριστοπούλου Στέλλα για την πολύτιμη βοήθεια της και τη διαρκή υποστήριξή της, τόσο κατά την συλλογή πληροφοριών όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Τέλος θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους φίλους μου και στην οικογένεια μου για την αμέριστη συμπαράσταση, υποστήριξη, κατανόηση και ανοχή για όλο το χρονικό διάστημα της συγγραφής της πτυχιακής μου.

Περίληψη

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη οντολογιών στον τομέα της διοίκησης υπηρεσιών φροντίδας υγείας και πρόνοιας. Οι οντολογίες θεωρούνται απαραίτητες για την μοντελοποίηση ενός πεδίου ενδιαφέροντος, καθώς και για την οργάνωση και τον διαμοιρασμό της γνώσης και πληροφορίας που υπάρχει διαθέσιμη. Ιδιαίτερη ανάγκη για οντολογίες υπάρχει στη σχεδίαση και υλοποίηση συστημάτων πληροφορίας στον τομέα της ιατρικής.

Στην πτυχιακή η μεθοδολογία έρευνας είναι αυτή της ανάλυσης. Αρχικά, σε γενικές γραμμές παρουσιάζονται τα είδη των οντολογιών, τα βασικά τους στοιχεία, η χρησιμότητά τους, τα εργαλεία ανάπτυξης τους και οι γλώσσες που χρησιμοποιούνται για την αναπαράστασή τους. Κατόπιν, παρουσιάζονται οι οντολογίες στην υγεία με παραδείγματα οντολογιών που υπάρχουν στην βιοϊατρική και η επίτευξη της διαλειτουργικότητας στην υγεία. Ακολούθως, περιγράφεται και αναλύεται το πρόγραμμα Protégé. Στη συνέχεια, δίνεται έμφαση στην παρουσίαση του μοντέλου K4Care και περιγράφεται αναλυτικά. Τέλος, σχολιάζεται η σχετική με αυτό αναπτυχθείσα οντολογία Gaia με χρήση του εργαλείου ανάπτυξης οντολογιών Protégé. Με αυτόν τον τρόπο υποδεικνύεται ο τρόπος χρήσης των οντολογιών και η ενσωμάτωσή τους σε πραγματικά συστήματα όπως αυτά χρησιμοποιούνται στην κλινική πράξη.

Λέξεις κλειδιά: Οντολογίες, Οντολογίες στην υγεία, Πρόγραμμα Protégé, Μοντέλο K4Care και Οντολογία Gaia.

Abstract

The aim of this project is the study of ontologies in the administration of health care services and welfare. Ontologies are considered necessary to modeling a field of interest as well as to organize and share of knowledge and information available. There is particular need for ontologies in the design and implementation of information systems in the field of medicine.

In this project, the research methodology is that of the analysis. In general the kinds of ontologies, their key elements, their usefulness, development of tools and language used to represent them are presented. Then, health ontologies with ontologies examples which exist in biomedical and achieving interoperability in health are also presented. Subsequently, the Protégé program is described and analyzed. Then, we analyze the K4care model of which presents the application of ontologies. Finally, ontology Gaia which uses the ontology development tool Protégé is commented. Thereby indicated how to use ontologies and their integration into real systems which used in clinical practice.

Keywords: Ontologies, health ontologies, Protégé program, K4care model and Gaia ontology.

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	6
ΣΧΗΜΑΤΑ.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ.....	13
2.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΜΙΑ ΟΝΤΟΛΟΓΙΑ.....	13
2.2 ΤΑ ΕΙΔΗ ΤΩΝ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ.....	15
2.3 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ.....	17
2.4 ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ.....	18
2.5 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ.....	21
2.5.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ.....	21
2.5.2 ΑΡΧΕΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ.....	22
2.5.3 ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ.....	23
2.5.4 ΒΑΣΙΚΟΤΕΡΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ.....	24
2.5.4.1 Apollo.....	26
2.5.4.2 LinKFactory.....	28
2.5.4.3 OilEd.....	30
2.5.4.4 OntoEdit.....	32
2.5.4.5 Ontolingua Server.....	34
2.5.4.6 OntoSaurus.....	35
2.5.4.7 OpenKnoME.....	36
2.5.4.8 Protégé.....	38
2.5.4.9 SymOntoX.....	39
2.5.4.10 WebODE.....	41
2.5.4.11 WebOnto.....	42

2.6 ΓΛΩΣΣΕΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ	44
2.6.1 ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΙΣ ΓΛΩΣΣΕΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ ...	44
2.6.2 RDF ΚΑΙ RDFS	47
2.6.3 OIL.....	49
2.6.4 DAML + OIL.....	49
2.6.5 OWL	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ	52
3.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΜΙΑ ΟΝΤΟΛΟΓΙΑ ΥΓΕΙΑΣ.....	52
3.1.1 ΓΕΝΙΚΑ	52
3.2 ΘΕΤΙΚΑ ΚΑΙ ΑΡΝΗΤΙΚΑ ΤΩΝ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ	54
3.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΙ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΠΟΥ ΚΥΡΙΑΡΧΟΥΝ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ	55
3.3.1 FMA.....	56
3.3.2 GALEN.....	57
3.3.3 Gene Ontology.....	58
3.3.4 UMLS	59
3.4 ΔΙΑΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ Protégé	63
4.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ Protégé.....	63
4.2 ΓΕΝΙΚΑ	63
4.2.1 Individuals (ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΑ)	64
4.2.2 Properties (ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ - ΣΧΕΣΕΙΣ)	65
4.2.3 Classes (ΤΑΞΕΙΣ – ΚΛΑΣΕΙΣ).....	65
4.3 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ Protégé	65
4.4 ΟΙ ΔΥΟ ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ Protégé	70
4.4.1 Protégé – frames Editor	70
4.4.2 Protégé OWL Editor.....	71
4.5 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ Protégé.....	71

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : ΜΟΝΤΕΛΟ K4Care	74
5.1 ΓΕΝΙΚΑ	74
5.2 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ K4Care	76
5.3 ΠΟΙΟ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΟΡΑΜΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ K4Care.....	78
5.4 ΣΤΟΧΟΙ	79
5.5 ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ K4Care.....	80
5.6 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΩΔΙΚΑ Agent.....	81
5.7 ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ K4Care ΓΕΝΙΑΣ Plug – in	82
5.8 ΑΣΦΑΛΕΙΑ	83
5.9 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ K4Care.....	84
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : Gaia Ontology (ΓΑΙΑ ΟΝΤΟΛΟΓΙΑ).....	88
6.1 ΓΕΝΙΚΑ	88
6.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ Gaia	91
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	98
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	100

Σχήματα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ.....	13
ΣΧΗΜΑ 2.2.1: ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΒΑΘΜΟ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑΣ.....	16
ΣΧΗΜΑ 2.5.4.1: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΟΘΟΝΗΣ ΤΟΥ Apollo.....	27
ΣΧΗΜΑ 2.5.4.2: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΟΘΟΝΗΣ ΤΟΥ LinkFactory.....	30
ΣΧΗΜΑ 2.5.4.3: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΟΘΟΝΗΣ ΤΟΥ OilEd.....	32
ΣΧΗΜΑ 2.5.4.4: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΟΘΟΝΗΣ ΤΟΥ OntoEdit.....	33
ΣΧΗΜΑ 2.5.4.5: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΟΘΟΝΗΣ Ontolingua Server.....	34
ΣΧΗΜΑ 2.5.4.6: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΟΘΟΝΗΣ ΤΟΥ Ontosaurus.....	35
ΣΧΗΜΑ 2.5.4.7: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΤΟΥ OpenKnoME.....	37
ΣΧΗΜΑ 2.5.4.8: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΟΘΟΝΗΣ ΤΟΥ Protégé.....	39
ΣΧΗΜΑ 2.5.4.9: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΤΟΥ SymOntox.....	40
ΣΧΗΜΑ 2.5.4.10: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΟΘΟΝΗΣ ΤΟΥ WebODE.....	41
ΣΧΗΜΑ 2.5.4.11: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΟΘΟΝΗΣ ΤΟΥ WebOnto.....	43
ΣΧΗΜΑ 2.6.1: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΓΛΩΣΣΩΝ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ.....	46
ΣΧΗΜΑ 2.6.2: ΓΛΩΣΣΕΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΩΝ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΑ ΣΤΡΩΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΔ.....	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ Protégé.....	64
ΣΧΗΜΑ 4.3.1: ΚΛΑΣΕΙΣ ΜΕ ΤΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ Protégé.....	66
ΣΧΗΜΑ 4.3.2: ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΜΕ ΤΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ Protégé.....	67
ΣΧΗΜΑ 4.3.3 ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΤΗΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ.....	68
ΣΧΗΜΑ 4.3.4: ΑΤΟΜΑ ΜΕ ΤΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ Protégé.....	69
ΣΧΗΜΑ 4.5.1: Η ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ Protégé.....	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : ΜΟΝΤΕΛΟ K4Care.....	74
ΣΧΗΜΑ 5.8.1: ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ K4Care.....	86

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ⁰ : Gaia Ontology (ΟΝΤΟΛΟΓΙΑ ΓΑΙΑ).....	88
ΣΧΗΜΑ 6.1.1: ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΤΗΣ Gaia	89
ΣΧΗΜΑ 6.2.1: ΟΙ ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ ΤΗΣ ΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ Gaia.....	92
ΣΧΗΜΑ 6.2.2: Analysis Entity	93
ΣΧΗΜΑ 6.2.3: Architectural Entity	93
ΣΧΗΜΑ 6.2.4: Design Entity	94
ΣΧΗΜΑ 6.2.5: Expression	94
ΣΧΗΜΑ 6.2.6: Operator	94
ΣΧΗΜΑ 6.2.7: Permission Type	95
ΣΧΗΜΑ 6.2.8: Protocol Mapping	95
ΣΧΗΜΑ 6.2.9: Protocol type.....	95
ΣΧΗΜΑ 6.2.10: Relationship	95
ΣΧΗΜΑ 6.2.11: Responsibility type	95
ΣΧΗΜΑ 6.2.12: ΟΛΕΣ ΟΙ ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕ ΤΙΣ ΚΛΑΣΕΙΣ ΤΟΥΣ	96
ΣΧΗΜΑ 6.2.13: ΟΛΕΣ ΟΙ ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕ ΤΙΣ ΚΛΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΙΣ ΥΠΟΚΛΑΣΕΙΣ ΤΟΥΣ.....	97

Κεφάλαιο 1^ο

Εισαγωγή

Σήμερα οι οντολογίες παίζουν σημαντικό ρόλο στους τομείς της μηχανικής γνώσης (knowledge engineering), της τεχνητής νοημοσύνης (artificial intelligence) και της πληροφορικής, σε πολλά πρακτικά πεδία, όπως στη μετάφραση της φυσικής γλώσσας, το ηλεκτρονικό εμπόριο, σε συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών, σε συστήματα νομικών πληροφοριών, στην βιολογία και την ιατρική. Οι οντολογίες αποτελούν τη ραχοκοκαλιά αξιόπιστων και αποτελεσματικών εφαρμογών στον τομέα της ιατρικής φροντίδας και μπορούν να βοηθήσουν στην ανάπτυξη πιο ισχυρών και πιο διαλειτουργικών συστημάτων ιατρικής πληροφορίας.

Οι οντολογίες δηλαδή είναι το κέντρο των συζητήσεων σήμερα στην κοινότητα της ιατρικής πληροφορικής (medical informatics). Ο κυρίαρχος ρόλος τους στη σχεδίαση και υλοποίηση συστημάτων πληροφορίας στον τομέα της ιατρικής φροντίδας, σήμερα επιβεβαιώνεται ευρέως. Οι οντολογίες έχουν δημιουργηθεί για τον διαμοιρασμό και την επαναχρησιμοποίηση της γνώσης και την απόδοση κάποιου μηχανισμού συλλογισμού των εργασιών που γίνονται σε κάποιο πεδίο ενδιαφέροντος. Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη οντολογιών στον τομέα της διοίκησης υπηρεσιών φροντίδας υγείας και πρόνοιας με το πρόγραμμα Protégé.

Για την καλύτερη κατανόηση του περιεχομένου, η πτυχιακή αποτελείται από 7 κεφάλαια. Στο κεφάλαιο 2 γίνεται μια θεωρητική ανασκόπηση των οντολογιών. Δίνεται μια περιγραφή των ορισμών των οντολογιών, τα είδη τους, τα βασικά τους στοιχεία, η χρησιμότητα τους, η μεθοδολογία ανάπτυξης και κατασκευής τους, οι αρχές δημιουργίας τους, οι προϋποθέσεις εργαλείων ανάπτυξης, τα βασικότερα εργαλεία ανάπτυξης τους και οι γλώσσες αναπαράστασης τους.

Στο κεφάλαιο 3 περιγράφεται ο ορισμός των οντολογιών στην υγεία, τα θετικά και τα αρνητικά των οντολογιών στην ιατρική, τα παραδείγματα οντολογιών και σημασιολογικών δικτύων που κυριαρχούν στο πεδίο της βιοϊατρικής και η διαλειτουργικότητα στην υγεία.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται θεωρητικά ο ορισμός του προγράμματος Protégé, από τι αποτελείται μια οντολογία μέσα στο πρόγραμμα Protégé, η συνοπτική παρουσίαση του προγράμματος Protégé, οι δύο βασικοί τρόποι μοντελοποίησης οντολογιών από το πρόγραμμα Protégé και η αρχιτεκτονική του Protégé.

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται το μοντέλο K4care στο τι είναι, ποιο είναι το όραμα του, οι στόχοι του, οι οντολογίες εφαρμογής του, η δημιουργία κώδικα Agent, η πλατφόρμα K4Care Mas γενιάς Plug – in, η ασφάλεια του και η συνοπτική παρουσίαση του μοντέλου K4Care.

Στο κεφάλαιο 6 παρουσιάζεται η οντολογία Gaiá και γίνεται μια συνοπτική ανάλυση και σχολιασμός μέσα από το πρόγραμμα Protégé.

Στο κεφάλαιο 7 παρουσιάζονται συμπεράσματα που προέκυψαν από την πτυχιακή.

Κεφάλαιο 2^ο

Οντολογίες

Στον Σημασιολογικό Ιστό (είναι μια επέκταση του σημερινού ιστού) για την αναπαράσταση της γνώσης χρησιμοποιούνται δομημένες αναπαραστάσεις, οι λεγόμενες οντολογίες, οι οποίες έχουν πολλά κοινά στοιχεία με τα Σημασιολογικά Δίκτυα και Πλαίσια. Οι οντολογίες χρησιμεύουν κυρίως στον ορισμό κοινών λεξιλογίων τα οποία θα χρησιμοποιούνται για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των εφαρμογών.[1]

Στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας στις επόμενες ενότητες παρουσιάζονται βασικοί ορισμοί του όρου οντολογία και τα διάφορα είδη των οντολογιών. Στην συνέχεια, αναλύεται η βασική μορφή και τα συστατικά που έχουν τυπικές οντολογίες. Τέλος, αναφέρονται τα κριτήρια και τα εργαλεία για την ανάπτυξη οντολογιών, καθώς και διαθέσιμες γλώσσες αναπαράστασης οντολογιών.

2.1 Τι είναι μια οντολογία

Στην φιλοσοφία, ο όρος οντολογία εισήχθη κατά τα μέσα του 17^{ου} αιώνα, σχεδόν συγχρόνως με τους συγγενείς όρους « *philosophia entis* » και « *ontosofia* », για να χαρακτηρίσει, σύμφωνα με δύο συνθετικά της λέξης, τον « λόγο περί του όντος » και « την επιστήμη του όντος ». Ο όρος οντολογία προέρχεται από το ελληνικό *ων* (γενική *οντος*: από την ύπαρξη, ουδέτερη μετοχή του *είμι*: για να είναι) και *λόγια* (η επιστήμη, η μελέτη, η θεωρία) και είναι η φιλοσοφική μελέτη της φύσης της υπόστασης, της ύπαρξης ή της πραγματικότητας γενικά, καθώς επίσης και των βασικών κατηγοριών ύπαρξης και σχέσεων τους.

[1]: «Σημασιολογικό διαδίκτυο, Τεχνητή Νοημοσύνη».

Παραδοσιακά, η οντολογία, που αποτελεί μέρος του σημαντικότερου κλάδου της φιλοσοφίας, γνωστής ως μεταφυσική, εξετάζει ζητήματα σχετικά με το πώς τέτοιες οντότητες υπάρχουν ή μπορεί να ειπωθεί ότι υπάρχουν και το πώς τέτοιες οντότητες μπορούν να ομαδοποιηθούν, να ενταχθούν σε μια ιεραρχία και να υποδιαιρεθούν σύμφωνα με ομοιότητες και διαφορές. [2]

Στην πληροφορική, οντολογία είναι ένας τυπικός ορισμός μιας κοινής και συμφωνημένης εννοιολογικής μορφοποίησης που αφορά ένα πεδίο ενδιαφέροντος. Αυτή η τυπική αναπαράσταση γνώσης ως ένα σύνολο εννοιών, σχέσεων και ιδιοτήτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για συλλογιστική (εξαγωγή συμπερασμάτων / νέας γνώσης) και για την δομημένη περιγραφή γνώσης ενός πεδίου ενδιαφέροντος. Οι οντολογίες έχουν καθιερωθεί ως δομημένα πλαίσια για την οργάνωση πληροφορίας και χρησιμοποιούνται κυρίως στην Τεχνητή Νοημοσύνη, στον Σηματολογικό Ιστό, στη Βιοπληροφορική, στην επιστήμη Βιβλιοθηκονομίας και σε άλλες επιστήμες και κλάδους ως μια μορφή αναπαράστασης γνώσης για τον κόσμο. [3]

Σύμφωνα με τα μέλη του W3C οντολογία (ontology) είναι μια αυστηρά μαθηματική (formal) περιγραφή ενός πεδίου γνώσης (domain). Περιλαμβάνει ένα σύνολο από όρους και τις σημασιολογικές συσχετίσεις μεταξύ τους. Οι όροι αυτοί περιγράφουν κλάσεις αντικειμένων, δηλαδή έννοιες πρότυπα σχετικά με αντικείμενα και συνήθως αφορούν ιεραρχικές συσχετίσεις μεταξύ των όρων. Επίσης ένας πιο ολοκληρωμένος ορισμός είναι ότι η λέξη οντολογία έχει χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει μία ποικιλία εννοιών με διαφορετικό βαθμό δομής από απλές ταξινομίες, έως σχήματα μεταδομένων και λογικές θεωρίες. Εντούτοις, ο Σηματολογικός Ιστός χρειάζεται τις οντολογίες με αυξημένο βαθμό δομής, συγκεκριμένα, μία οντολογία ορίζεται ως: « μία οντολογία καθορίζει εκείνους τους όρους που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή και την αναπαράσταση ενός πεδίου γνώσης. Περιλαμβάνει ορισμούς ικανούς να χρησιμοποιηθούν από τη μηχανή για τις βασικές έννοιες του συγκεκριμένου πεδίου γνώσης και για τις σχέσεις μεταξύ τους. Η οντολογία κωδικοποιεί τη γνώση για ένα πεδίο όπως επίσης και τη γνώση που συνδέει πεδία.

[2]: Εγκυκλοπαίδεια Πάπυρος Λαρούς Μπριτάννικα και από τον δικτυακό τόπο με τίτλο «Ontology».

[3]: Από τον δικτυακό τόπο με τίτλο «Οντολογία (Πληροφορική)».

Κατά αυτό τον τρόπο, παράγει γνώση επαναχρησιμοποιήσιμη. Πιο συγκεκριμένα, μια οντολογία παρέχει περιγραφές για 1) κλάσεις και γενικές έννοιες σε πολλά πεδία ενδιαφέροντος, 2) τις σχέσεις που μπορούν να υπάρχουν ανάμεσα σε διαφορετικά πράγματα και 3) τα χαρακτηριστικά και τις συμπεριφορές που μπορεί να έχουν τα διάφορα πράγματα». [4]

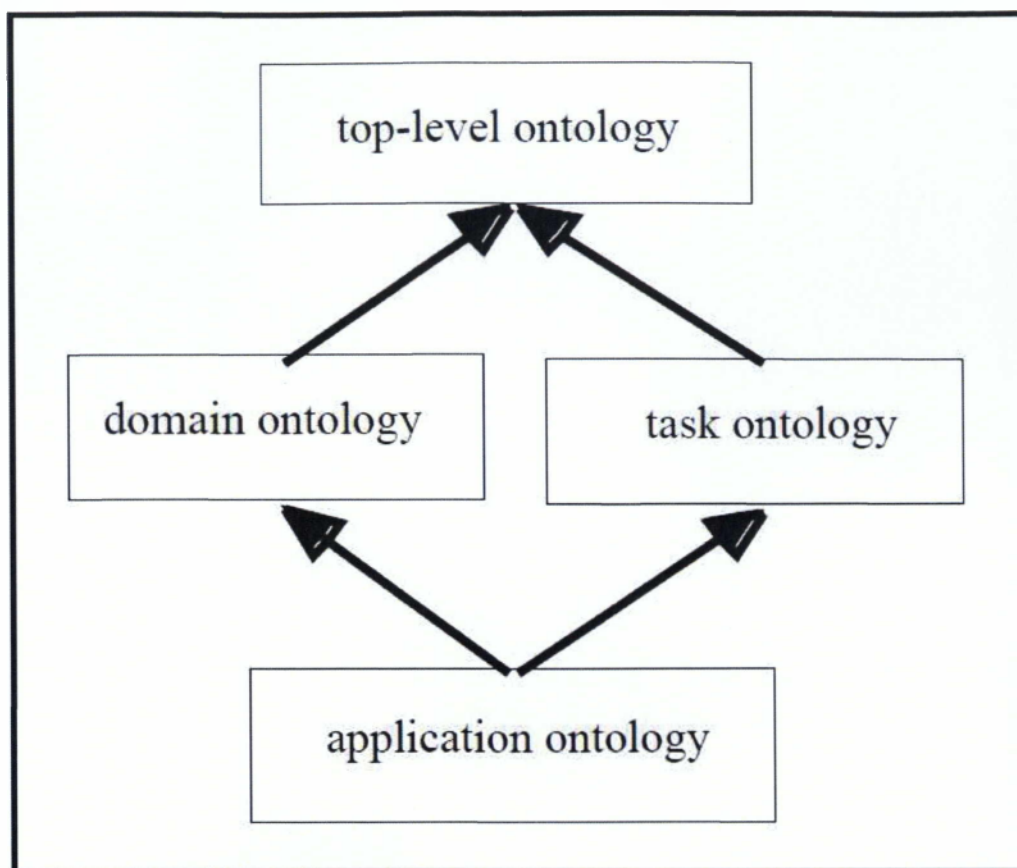
2.2 Τα είδη των οντολογιών

Ανάλογα με τα κριτήρια που επιλέγονται, έχουν ταξινομηθεί και αντίστοιχα σε διαφορετικά είδη οι οντολογίες. Τέτοια κριτήρια μπορεί να είναι η τυπικότητα της γλώσσας ή το επίπεδο εξάρτησης από έναν ιδιαίτερο στόχο ή άποψη. Με βάση το βαθμό της τυπικότητας της γλώσσας, μια οντολογία μπορεί να είναι άτυπη (εκφρασμένη αόριστα σε μια φυσική γλώσσα), ημι-άτυπη (διατυπωμένη σε ένα περιορισμένο και δομημένο υποσύνολο κάποιας φυσικής γλώσσας), ημι-τυπική (διατυπωμένη σε μια τεχνητή και αυστηρά ορισμένη γλώσσα) και αυστηρά τυπική (ορισμοί όρων με αυστηρά ορισμένη γλώσσα και πληρότητα). [5]

Αν τώρα ταξινομήσουμε τις οντολογίες ανάλογα με το βαθμό λεπτομέρειας και το βαθμό εξάρτησής τους από ένα συγκεκριμένο έργο ή από μία ορισμένη οπτική γωνία, τα είδη που προκύπτουν από αυτό τον τρόπο ταξινόμησης είναι όπως βλέπουμε και στο σχήμα 2.2.1 :

[4]: Από τον δικτυακό τόπο <http://www.w3.org/>.

[5]: «Ontologies: principles, methods and applications, Knowledge Engineering Review».



Σχήμα 2.2.1: Ταξινόμηση οντολογιών σύμφωνα με το βαθμό λεπτομέρειας.

- Οντολογίες ανωτέρου επιπέδου (top-level ontology): Περιγράφουν πολύ γενικές έννοιες όπως χώρος, χρόνος, ύλη, αντικείμενο, γεγονός, δράση κτλ, που δεν σχετίζονται με κάποιο συγκεκριμένο πρόβλημα ή πεδίο.
- Οντολογίες πεδίου και οντολογίες έργου (domain and task ontologies): Περιγράφουν τους όρους του λεξιλογίου που σχετίζεται με ένα γενικό πεδίο (π.χ. ιατρική ή αυτοκινούμενα), με ένα γενικό έργο ή δραστηριότητα (π.χ. διάγνωση ή πώληση).
- Οντολογίες εφαρμογής (application ontology): Περιγράφουν έννοιες που εξαρτώνται τόσο από ένα ορισμένο πεδίο, όσο και από ένα έργο και συνήθως αποτελούν εξειδικεύσεις και των δύο συναφών οντολογιών. Οι έννοιες αυτές αντιστοιχούν συνήθως στους ρόλους που έχουν οι οντότητες του πεδίου όταν πραγματοποιούν μία συγκεκριμένη δραστηριότητα (π.χ. αντικατάσταση ενός εξαρτήματος). [6]

[6]: «Formal ontology and Information Systems».

Τέλος, μερικές από τις πιο χαρακτηριστικές κατηγορίες οντολογιών που παρουσιάζονται είναι:

- Οντολογίες πεδίου ορισμού (domain ontologies): αναπαριστούν γνώση γύρω από ένα συγκεκριμένο πεδίο(π.χ. ιατρική, ηλεκτρονικά κ.τ.λ.).
- Οντολογίες μεταδεδομένων (metadata ontologies): παρέχουν ένα λεξιλόγιο για την περιγραφή του περιεχομένου ηλεκτρονικά διαθέσιμης πληροφορίας.
- Γενικές ή κοινές οντολογίες (generic or common sense ontologies): στοχεύουν στο να αποτυπώσουν γενική γνώση γύρω από τον κόσμο, παρέχοντας βασικές έννοιες όπως ο χρόνος, ο χώρος, τα συμβάντα, κ.τ.λ.
- Οντολογίες αναπαράστασης (representational ontologies): παρέχουν οντότητες αναπαράστασης χωρίς να προσδιορίζουν τι συγκεκριμένο αναπαριστούν π.χ. Frame Ontology (Gruber 1993): ορίζει έννοιες όπως frames, slots, slot constraints κ.τ.λ.
- Οντολογίες μεθοδολογίας ή εργασιών (method or task ontologies): παρέχουν όρους που αναφέρονται σε συγκεκριμένες εργασίες (π.χ. διάγνωση κ.τ.λ.). [7]

2.3 Βασικά στοιχεία οντολογίας

Η γνώση στις οντολογίες τυποποιείται χρησιμοποιώντας κάποια βασικά στοιχεία.

Το κυριότερο δομικό συστατικό μιας οντολογίας είναι οι κλάσεις (classes). Αυτές αναπαριστούν τις έννοιες. Μια έννοια μπορεί να είναι οτιδήποτε, όπως η περιγραφή μιας εργασίας, μιας λειτουργίας, μιας ενέργειας, μιας ιδέας. Οι έννοιες είναι δυνατόν να διαιρεθούν σε δυο κατηγορίες: α) τις πρωταρχικές έννοιες (primitive concepts), οι οποίες έχουν μόνο ικανές και αναγκαίες συνθήκες για να είναι μέλος μιας κλάσης, β) τις έννοιες εξ' ορισμού (defined concepts), των οποίων η περιγραφή είναι αναγκαία συνθήκη, για να είναι ένα αντικείμενο μέλος της κλάσης. Στη συνέχεια έχουμε τις σχέσεις (relations), οι οποίες εκφράζουν ένα είδος αλληλεπίδρασης μεταξύ των εννοιών ενός πεδίου.

Ακόμα υπάρχουν οι συναρτήσεις (functions). Οι συναρτήσεις εκπροσωπούν μια ειδική περίπτωση σχέσης, στην οποία το n -οστό στοιχείο της σχέσης προσδιορίζεται μοναδικά από τα $n-1$ προηγούμενα στοιχεία.

[7]:«Overview of knowledge sharing and reuse components in conjunction with the Sixteenth international Joint Conference on Artificial Intelligence».

Για παράδειγμα, η αξιολόγηση υποψήφιου μεταπτυχιακού φοιτητή μπορεί να προσδιορίζεται ως συνάντηση της συνέντευξης που έχει δώσει, του βαθμού πτυχίου, της εργασιακής εμπειρίας και των δημοσιεύσεων που έχει κάνει. Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο είναι τα αξιώματα (axioms). Τα αξιώματα χρησιμοποιούνται προκειμένου να αναπαριστούν προτάσεις που είναι πάντοτε αληθείς. Για παράδειγμα, αν ο 'person' είναι φοιτητής που έχει πτυχίο πληροφορικής, τότε θα μπορεί να παρακολουθήσει την κατεύθυνση 'finances' στο μεταπτυχιακό Πληροφορική και Διοίκηση. Τέλος, έχουμε τα στιγμιότυπα (instances) που εκφράζουν συγκεκριμένα στοιχεία. Για παράδειγμα, ο καθηγητής με το όνομα 'N. Βασιλειάδης' είναι στιγμιότυπο της κλάσης ' Μέλος ΔΕΠ τμήματος Πληροφορικής'. [8]

2.4 Χρησιμότητα των οντολογιών

Οι οντολογίες στην παρούσα φάση είναι χρήσιμες για το διαμοιρασμό κοινής δομής κατανόησης πληροφοριών μεταξύ ατόμων ή πρακτόρων λογισμικού. Ακόμα για να είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση της γνώσης, για το διαχωρισμό τις άρρητης γνώσης από την ρητή γνώση για να αναλύσει ένα πεδίο γνώσης.

Η κοινή χρήση και κατανόηση της δομής των πληροφοριών μεταξύ των ατόμων ή των πρακτόρων λογισμικού είναι ένας από τους πιο σημαντικούς στόχους στην ανάπτυξη οντολογιών. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι διάφορες ιστοσελίδες περιέχουν ιατρικές πληροφορίες ή παρέχουν ιατρικές υπηρεσίες ηλεκτρονικού εμπορίου. Εάν αυτοί οι ιστοχώροι μοιράζονται την ίδια υποκείμενη οντολογία στις έννοιες που χρησιμοποιούν, τότε ο πράκτορας ενός υπολογιστή μπορεί να εξάγει και να συγκεντρώσει πληροφορίες εκ μέρους κάποιου χρήστη, από πολλούς διαφορετικούς δικτυακούς τόπους. Οι πράκτορες μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις οντολογίες και να εκμαιεύσουν συγκεντρωτικές πληροφορίες για τυχόν απορίες των χρηστών ή άλλων διαθέσιμων στοιχείων για άλλες εφαρμογές.

[8]: Από τον δικτυακό τόπο <http://conference.lis.upatras.gr/files/2.04.FullText.pdf>.

Η επίτευξη της επαναχρησιμοποίησης της γνώσης ήταν μία από τις κινητήριες δυνάμεις πίσω από την εκτίναξη της έρευνας πάνω στις οντολογίες. Για παράδειγμα, ένα μοντέλο που θα πρέπει να αντιλαμβάνεται την έννοια του χρόνου.

Η αναπαράσταση αυτή περιλαμβάνει έννοιες όπως τα χρονικά διαστήματα, χρονικά σημεία, την σχέση μεταξύ των μονάδων μέτρησης του χρόνου και ούτω καθεξής. Αν μια ομάδα ερευνητών αναπτύξει μια τέτοια οντολογία λεπτομερώς, τότε άλλες ομάδες θα μπορούν να επαναχρησιμοποιήσουν την γνώση αυτή και σε άλλους τομείς. Επιπλέον, αν θα πρέπει να οικοδομήσουμε μια μεγάλη οντολογία, μπορούμε να ενσωματώσουμε αρκετά στοιχεία από υφιστάμενες οντολογίες που περιγράφουν κάποια μικρότερα κομμάτια του ευρύτερου προβλήματος. Ακόμη μπορούμε να επαναχρησιμοποιήσουμε μια γενική οντολογία και να την επεκτείνουμε για να περιγράψουμε την έννοια που μας ενδιαφέρει. Επιπλέον, οι οντολογίες βοηθούν ένα νέο χρήστη με περιορισμένη γνώση, να μπορέσει να αντιληφθεί ευκολότερα και με σαφήνεια την έννοια και τη σημασία ενός πεδίου.

Ο διαχωρισμός της γνώσης ενός τομέα από τη λειτουργική γνώση είναι άλλη μια συνήθης χρήση των οντολογιών. Μπορούμε να περιγράψουμε μια εργασία κατασκευής ενός προϊόντος από τις συνιστώσες του, σύμφωνα με τις προδιαγραφές που απαιτούνται και στη συνέχεια να εφαρμόσει η διαδικασία αυτή ανεξάρτητα από τα προϊόντα και τα επιμέρους συστατικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν. Στη συνέχεια μπορούμε να αναπτύξουμε μια οντολογία εξαρτημάτων Η/Υ και των χαρακτηριστικών τους και να εφαρμόσουμε ένα αλγόριθμο που συναρμολογεί Η/Υ. Μπορούμε επίσης να χρησιμοποιήσουμε τον ίδιο αλγόριθμο για να συναρμολογούμε ανεγκυστίρες ή ότι άλλο θέλουμε. Τέλος, η ανάλυση της γνώσης του κάθε πεδίου μπορεί να γίνει πολύ εύκολα σε περίπτωση που είναι διαθέσιμες και σαφείς οι προδιαγραφές για την ορολογία που χρησιμοποιείται. [9]

Παράλληλα να αναφέρουμε ότι ο συσχετισμός των διαδικτυακών πόρων και εφαρμογών με οντολογίες παρέχει έναν κοινό τόπο κατανόησης των ανταλλασσόμενων πληροφοριών. Η αναζήτηση στο διαδίκτυο σήμερα βασίζεται σε λέξεις – κλειδιά μέσα στα έγγραφα. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μειώνεται η ποιότητα (ακρίβεια) των αποτελεσμάτων της αναζήτησης και τα έγγραφα που ανακαλούνται μπορεί να χρησιμοποιούν τις λέξεις – κλειδιά με άλλο νόημα από αυτό που αναζητά ο χρήστης.

[9]: Από τον δικτυακό τόπο <http://protege.stanford.edu/>.

Για παράδειγμα η αναζήτηση με τη λέξη model μπορεί να ανακαλέσει σελίδες που σχετίζονται με τη μόδα, τα συστήματα γνώσης που κάνουν διάγνωση βασισμένη σε μοντέλα και σε μοντέλα αυτοκινήτων. Από την άλλη πλευρά όταν οι αναζητήσεις θα γίνονται μέσω οντολογιών οι λέξεις – κλειδιά θα συνδέονται με το νόημα που θα ήθελε ο χρήστης (με σχέσεις ιεραρχικής συσχέτισης), επιστρέφοντας έτσι μόνο τις επιθυμητές ιστοσελίδες. Οι μηχανές αναζήτησης θα μπορούν να επιστρέψουν και έγγραφα που δεν έχουν τη συγκεκριμένη λέξη – κλειδί, αλλά κάποια άλλη λέξη model χρησιμοποιείται με το νόημα είδος, τότε συνώνυμη της είναι η λέξη brand.

Τέλος, να αναφέρουμε επιγραμματικά μερικές εφαρμογές, επιστήμες και τομείς όπου συναντούμε οντολογίες. Αυτές είναι η τεχνητή νοημοσύνη (κανόνες, σημασιολογικά δίκτυα, πλαίσια, εννοιολογικοί γράφοι κ.λπ.), η αναζήτηση και ανάκτηση πληροφορίας, η γλωσσολογία (EDR, WordNet), η ανάπτυξη λογισμικού και βάσης δεδομένων (CASE, ObjectOriented Programming). Ακόμη, οι οντολογίες μπορεί να είναι χρήσιμες στην βιομηχανία, την φαρμακευτική βιομηχανία (SNOMED, UMLS), σε προϊόντα και υπηρεσίες (UNSPSC), στο ηλεκτρονικό εμπόριο (B2B, B2C), στη διαχείριση γνώσης (ανταλλαγή εγγράφων), στη μηχανική, στη βιολογία, στη νομική και σε πολλούς άλλους τομείς της καθημερινότητας μας. [10]

[10]: Προέρχονται από σημειώσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ).

2.5 Ανάπτυξη οντολογιών

Μετά το μεγάλο ενδιαφέρον που δημιουργήθηκε γύρω από την ενασχόληση με τις οντολογίες ένας μεγάλος αριθμός περιβαλλόντων ανάπτυξης έχουν δημιουργηθεί για αυτό το σκοπό. Η στήριξη που παρέχουν τα εργαλεία αυτά είναι πραγματικά σημαντική για τη δημιουργία και χρήση μιας οντολογίας. Συνεπώς η χρήση της τεχνολογίας αυτής σε εφαρμογές, όπως το ηλεκτρονικό εμπόριο και η διαχείριση γνώσης έγινε πολύ πιο προσιτή για ένα μεγάλο αριθμό ατόμων.

2.5.1 Μεθοδολογία ανάπτυξης και κατασκευής οντολογιών

Εκτός από την μελέτη των προτύπων, των γλωσσών και των εργαλείων ανάπτυξης δεν υπάρχουν τυποποιημένες μεθοδολογίες για τη δημιουργία οντολογιών παρά μόνο εμπειρικοί κανόνες. Στην εργασία (M. Ushold and M. Gruninger 1996) προτείνονται κάποιες συγκεκριμένες φάσεις για την ανάπτυξη οντολογιών. Πρώτο βήμα στη μεθοδολογία ανάπτυξης θα πρέπει να είναι ο προσδιορισμός σκοπιμότητας και το πεδίο εφαρμογής της υλοποίησης. Στη συνέχεια έρχεται η κατασκευή της οντολογίας, δηλαδή η σύλληψη (capture), η κωδικοποίηση (coding) και η ενοποίηση (integration) υπαρχουσών οντολογιών. Μετά από όλα αυτά θα πρέπει να γίνεται αξιολόγηση (evaluation) και τέλος, τεκμηρίωση (documentation) των αποτελεσμάτων που προκύπτουν.

Τώρα από την πλευρά της κατασκευής θα πρέπει να ακολουθήσουμε τα παρακάτω βήματα. Πρωταρχικά έχουμε τη σύλληψη, δηλαδή τον προσδιορισμό των βασικών εννοιών και τον μεταξύ τους σχέσεων, την παραγωγή σαφών προδιαγραφών σε μορφή κειμένου αυτών των εννοιών και των μεταξύ τους σχέσεων και επίσης συμφωνία για τους όρους με τους οποίους θα αναφερόμαστε στις έννοιες και σχέσεις.

Έπειτα έρχεται η κωδικοποίηση, δηλαδή η ρητή αναπαράσταση της σύλληψης του προηγούμενου σταδίου σε μια τυπική γλώσσα.

Μετά έχουμε την ενοποίηση υπαρχουσών οντολογιών, όπου θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν υπάρχουσες οντολογίες ή τμήματα αυτών. Στην συνέχεια κατά το στάδιο της αξιολόγησης έχουμε την έκφραση τεχνικών κρίσεων σχετικά με τις οντολογίες, το σχετιζόμενο με αυτές περιβάλλον λογισμικού και τη τεκμηρίωση σε σχέση με ένα πλαίσιο αναφοράς.

Τέλος, με την τεκμηρίωση κάνουμε όλες τις σημαντικές παραδοχές τόσο αναφορικά με τις βασικές έννοιες που ορίζονται στην οντολογία όσο και με τα βασικά δομικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την έκφραση αυτών των εννοιών στην οντολογία και πρέπει να τεκμηριωθούν. [11]

2.5.2 Αρχές δημιουργίας οντολογιών

Στη συνέχεια παρατίθενται κάποια κριτήρια σχεδιασμού και ένα σύνολο αρχών, που έχουν αποδειχθεί χρήσιμα για τη δημιουργία των οντολογιών :

- Σαφήνεια και αντικειμενικότητα (clarity and objectivity). Θα πρέπει να υπάρχουν παραδείγματα που θα βοηθούν τον αναγνώστη να καταλάβει ορισμούς, από τους οποίους θα λείπουν οι ικανές και αναγκαίες συνθήκες για την κατανόησή τους.
- Συνοχή (coherence). Μία οντολογία θα πρέπει να είναι εσωτερικά συνεπής. Τα οριζόμενα αξιώματα θα πρέπει τουλάχιστον να έχουν μια λογική συνέχεια και συνέπεια.
- Επεκτασιμότητα (extendibility). Η αναπαράσταση θα πρέπει να σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο, ώστε κάποιος να έχει τη δυνατότητα να επεκτείνει και να εξειδικεύει την οντολογία μονοτονικά.

[11]: Προέρχονται από την εργασία με τίτλο «Εισαγωγή στο Σημασιολογικό Παγκόσμιο Ιστό και τις οντολογίες».

- Ελάχιστη οντολογική δέσμευση (minimal ontological commitment). Μία οντολογία θα πρέπει να απαιτεί την ελάχιστη οντολογική δέσμευση, η οποία θα είναι ικανή να υποστηρίξει τις επιθυμητές λειτουργίες διαμοιρασμού της γνώσης (θα πρέπει να έχει κάποιες αξιώσεις σχετικά με το χώρο, οι οποίες μοντελοποιείται επιτρέποντας στα μέρη που δεσμεύονται στην ελευθερία της οντολογίας να εξειδικεύσουν και να εγκαθιστούν την οντολογία όπως πραγματικά χρειάζεται).
- Ελάχιστο εύρος κωδικοποίησης (minimal encoding bias). Η κωδικοποίηση της οντολογίας θα πρέπει να γίνεται με τον απλούστερο δυνατό τρόπο, απαιτώντας όσο το δυνατόν μικρότερους και απλούστερους κώδικες για την αναπαράστασή της. [12]

2.5.3 Προϋποθέσεις εργαλείων ανάπτυξης

Η διαδικασία ανάπτυξης μιας οντολογίας (δόμηση οντολογίας, σχολιασμός, συγχώνευση, κ.τ.λ.) μπορεί να είναι αρκετά απαιτητική, επομένως η επιλογή των σωστών εργαλείων είναι απαραίτητη. Τα κύρια κριτήρια που θα πρέπει να πληρούν είναι:

- Ποιες φάσεις από την τυποποιημένη μεθοδολογία δημιουργίας οντολογιών, στις οποίες έγινε αναφορά παραπάνω διαθέτει το συγκεκριμένο οντολογικό εργαλείο;
- Τι εκφραστικότητα έχει το μοντέλο γνώσης του;
- Τι είδους γραφικό περιβάλλον διαθέτει;
- Εάν διαθέτει το περιβάλλον χρήσης ειδικό μοντέλο το οποίο να χρησιμεύει στην εισαγωγή αξιωμάτων;
- Το πρόγραμμα θα πρέπει να είναι αποθηκευμένο τοπικά;
- Το πρόγραμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί με web browser;

[12]: Προέρχονται από την εργασία με τίτλο «μελέτη και εμπάθυνση στα βασικά προβλήματα που την αφορούν και παρουσίαση υπαρχόντων βιβλιοθηκών οντολογιών».

- Που αποθηκεύονται οι οντολογίες;
- Διαθέτει μηχανή συμπερασμού και αναζήτησης;
- Σε τι μορφή αποθηκεύονται οι οντολογίες;
- Τι γλώσσα παράγει;
- Οντολογίες που είναι διαθέσιμες σε άλλη μορφή, μπορούν να εισαχθούν στο εργαλείο;
- Υπάρχει η δυνατότητα να μεταφερθεί μία οντολογία σε άλλο εργαλείο δίχως να χαθεί πληροφορία;
- Πως μία οντολογική εφαρμογή μπορεί να χρησιμοποιήσει οντολογίες αυτού του εργαλείου;
- Τι έλεγχοι γίνονται;
- Πως μπορούμε να αξιολογήσουμε την ποιότητα της παραγόμενης οντολογίας ή άλλων υπαρχουσών οντολογιών που θα επαναχρησιμοποιήσω;
- Ποια είναι η σταθερότητα και η ωριμότητα ενός εργαλείου οντολογίας;

2.5.4 Βασικότερα εργαλεία ανάπτυξης οντολογιών

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί και αναπτύσσονται αρκετά εργαλεία που παρέχουν ένα πλαίσιο εργασίας για την κατασκευή οντολογιών. Τα εργαλεία αυτά έχουν ως σκοπό να κάνουν τη διαδικασία ανάπτυξης μιας οντολογίας ευκολότερη και είναι γνωστά ως συστήματα διαχείρισης οντολογιών (ΣΔΟ). Τα ΣΔΟ έχουν αντίστοιχη λειτουργικότητα με τα ολοκληρωμένα περιβάλλοντα ανάπτυξης (integrated development environments – IDE) που χρησιμοποιούνται συνήθως για την ανάπτυξη λογισμικού. Τα ΣΔΟ επιτρέπουν στους σχεδιαστές οντολογιών να κατασκευάζουν οντολογίες μέσω ενός γραφικού περιβάλλοντος (graphical user interface – GUI). Επιπλέον κάποια από αυτά τα εργαλεία παρέχουν τη δυνατότητα διασύνδεσης εννοιών της υπό κατασκευή οντολογίας με εξωτερικές πηγές δεδομένων, όπως βάσεις δεδομένων και υπηρεσίες web.

Αφού η κατασκευή της οντολογίας ολοκληρωθεί, αυτή μπορεί να πλαισιωθεί από μια μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων (inference engine). Η μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων παρέχει την νοημοσύνη που απαιτείται για τη λογική ανάλυση της οντολογίας και την παραγωγή νέων δεδομένων και σχέσεων. Συνήθως τα ΣΔΟ παρέχουν τη δυνατότητα υποβολής ερωτημάτων στη μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων μέσα από το περιβάλλον τους.

Το σημαντικότερο εργαλείο είναι αυτό της ανάπτυξης οντολογιών. Αυτό το είδος περιλαμβάνει εργαλεία, περιβάλλοντα και σουίτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την δόμηση μιας νέας οντολογίας από την αρχή ή την επαναχρησιμοποίηση υπάρχουσών οντολογιών. Αυτά τα εργαλεία περιλαμβάνουν συνήθως επιλογές τεκμηρίωσης οντολογίας, εξαγωγής οντολογίας και εισαγωγής από διαφορετικά σχήματα, γραφικές αναπαραστάσεις των οντολογιών που δημιουργούνται βιβλιοθήκες οντολογίας και ενσωματωμένες μηχανές συμπεράσματος.

Ακόμα υπάρχουν τα εργαλεία συνένωσης και στοίχισης οντολογιών. Η συνένωση οντολογιών είναι πολύ σημαντική αφού τα εργαλεία αυτά έχουν εμφανιστεί για την επίλυση του προβλήματος συνένωσης ή στοίχισης διαφορετικών οντολογιών στο ίδιο πεδίο γνώσης. Αυτή η ανάγκη εμφανίζεται στην περίπτωση που δύο επιχειρήσεις ή οργανώσεις συγχωνεύονται σε μία ή στην περίπτωση που είναι απαραίτητο να ληφθεί μια οντολογία ποιοτικά καλύτερη από άλλες υπάρχουσες οντολογίες στο ίδιο πεδίο γνώσης.

Παράλληλα υπάρχουν τα εργαλεία τεκμηρίωσης περιεχομένου με χρήση οντολογιών. Αυτά τα εργαλεία έχουν σχεδιαστεί για να επιτρέπουν στους χρήστες να παρεμβάλουν και να διατηρούν αυτόματα σημάνσεις σε ιστοσελίδες βασισμένες σε οντολογία. Τα περισσότερα από αυτά τα εργαλεία έχουν εμφανιστεί πρόσφατα μαζί με την εμφάνιση των Σημασιολογικών Δικτύων και είναι συνήθως ενσωματωμένα σε ένα περιβάλλον ανάπτυξης οντολογίας.

Επιπρόσθετα έχουμε τα εργαλεία εκτέλεσης ερωτημάτων και αποθήκευσης οντολογίας. Αυτά έχουν δημιουργηθεί για να επιτρέπουν την εύκολη χρήση οντολογιών και την εύκολη υποβολή ερωτήσεων στις οντολογίες. Λόγω της ευρείας αποδοχής και χρήσης του ιστού ως πλατφόρμα για επικοινωνία της γνώσης, νέες γλώσσες με στόχο την υποβολή ερωτήσεων σε οντολογίες έχουν εμφανιστεί σε αυτό το πλαίσιο.

Σημαντικό ρόλο έχουν και τα εργαλεία αξιολόγησης οντολογίας. Αυτά εμφανίζονται ως υποστηρικτικά εργαλεία που εξασφαλίζουν ότι οι οντολογίες και οι σχετικές τεχνολογίες τους έχουν ένα δεδομένο επίπεδο ποιότητας. Η εξασφάλιση ποιότητας είναι εξαιρετικά σημαντική για την αποφυγή προβλημάτων στην ενσωμάτωση οντολογιών και τεχνολογίας βασισμένης σε οντολογίες σε διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές. Για το μέλλον η προσπάθεια αυτή μπορεί να οδηγήσει σε τυποποιημένες συγκριτικές μετρήσεις επιδόσεων και σε πιστοποιήσεις.

Τέλος, υπάρχουν τα εργαλεία μάθησης οντολογιών (ontology learning). Αυτά χρησιμοποιούνται για να παράγουν αυτόματα οντολογίες από τη φυσική γλώσσα, από κείμενα, από βάσεις δεδομένων, από λεξιλόγια ή από άλλες οντολογίες. Με τη χρήση τέτοιων εργαλείων επιταχύνεται η διαδικασία απόκτησης γνώσης που είναι απαραίτητη για τη δόμηση μίας οντολογίας από την αρχή. Επίσης μειώνεται ο απαιτούμενος χρόνος για τον εμπλουτισμό μιας υπάρχουσας οντολογίας και επιταχύνεται η κατασκευή οντολογιών που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για διάφορους σκοπούς. [13]

Μερικά από τα πιο γνωστά εργαλεία ανάπτυξης και ΣΔΟ που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για την ανάπτυξη οντολογιών από μηδενικής βάσης, είτε για την επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση οντολογιών κατασκευασμένων από τρίτους, είναι το Apollo, το LinKFactory, ο OiEd, το OntoEdit, ο Ontolingua Server, το OntoSaurus, το OpenKnoME, το protégé, το SymOntoX, το WebODE και το WebOnto.

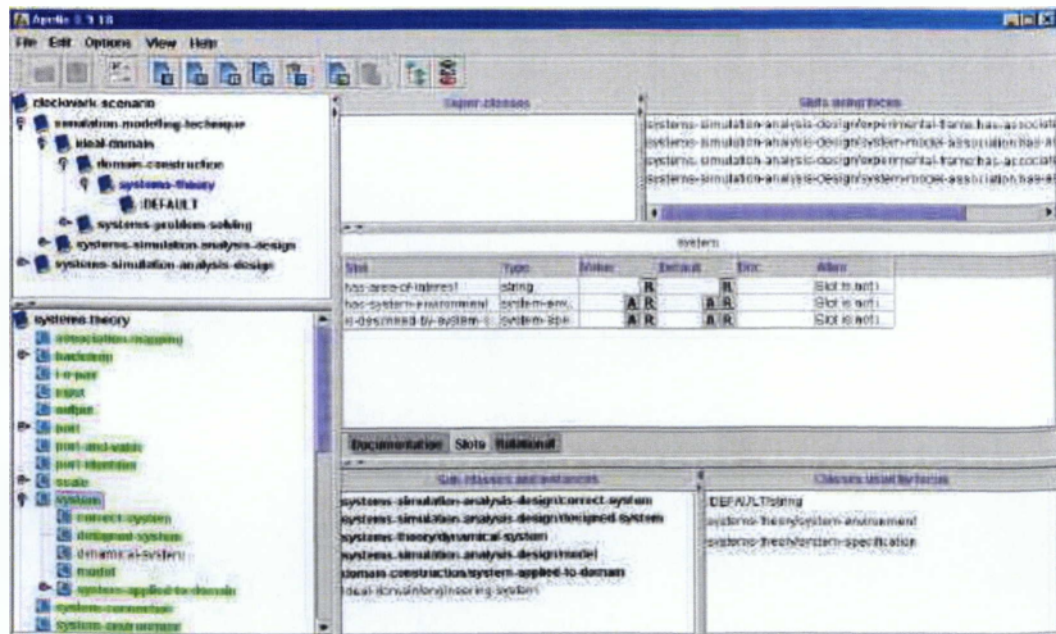
2.5.4.1 Apollo

Το Apollo [14] είναι μια φιλική προς το χρήστη εφαρμογή ανάπτυξης οντολογιών. Σχεδιάστηκε με στόχο την κάλυψη των αναγκών μηχανικών που επιθυμούσαν να χρησιμοποιήσουν τεχνικές μοντελοποίησης γνώσης, αλλά παράλληλα απαιτούσαν ευκολία στη χρήση, εύκολη σύνταξη και κατανοητό περιβάλλον ανάπτυξης. Ένα στιγμιότυπο χρήσης του Apollo φαίνεται στο σχήμα 2.5.4.1. Μια ιεραρχική αναπαράσταση των διαθέσιμων οντολογιών φαίνεται στο αριστερό πλαίσιο. Η ιεραρχία των κλάσεων απεικονίζεται στο κάτω δεξιά πλαίσιο, ενώ όταν ο χρήστης επιλέξει κάποια κλάση ή στιγμιότυπο αυτό αναπτύσσεται λεπτομερώς στα πλαίσια που βρίσκονται στη δεξιά περιοχή της οθόνης.

[13]: Προέρχονται από την διπλωματική εργασία με τίτλο «Ανάπτυξη και υλοποίηση δικτυακής πύλης αναζήτησης και εύρεσης βιβλίων βασισμένη σε τεχνολογίες Web 2.0 και σε οντολογίες με χαρακτηριστικά εξατομίκευσης».

[14]: Από τον δικτυακό τόπο <http://apollo.open.ac.uk/>.

Οι ιδιότητες και οι τιμές του επιλεγμένου αντικειμένου εισάγονται από τον χρήστη με τρόπο παρόμοιο με την συμπλήρωση ενός λογιστικού φύλλου (spreadsheet). Το Apollo υποστηρίζει όλες τις βασικές δομές μοντελοποίησης γνώσης: οντολογίες, κλάσεις, στιγμιότυπα, συναρτήσεις και σχέσεις. Το σύστημα πραγματοποιεί αυτόματα ελέγχους συνέπειας (όπως ο εντοπισμός σημείων χρήσης κλάσεων που δεν έχουν προηγουμένως οριστεί) καθώς ο χρήστης επεξεργάζεται τις οντολογίες. Το Apollo είναι υλοποιημένο σε java και έχει την δική του γλώσσα για την εσωτερική αναπαράσταση και φύλαξη των οντολογιών, ενώ μπορεί να εξάγει τις οντολογίες σε διάφορες γλώσσες αναπαράστασης.



Σχήμα 2.5.4.1: Στιγμιότυπο οθόνης του Apollo.

2.5.4.2 LinKFactory

Το LinKFactory [15] είναι ένα ΣΔΟ που έχει αναπτύξει η εταιρία Language and Computing και είναι σχεδιασμένο για την κατασκευή και διαχείριση μεγάλων και πολύπλοκων οντολογιών. Το σύστημα αποτελείται από δυο βασικές υποεφαρμογές που είναι υλοποιημένες σε java: το LinkFactory Server και το LinkFactory Workbench (εφαρμογή – πελάτης). Στη μεριά του server, το LinKFactory αποθηκεύει τα δεδομένα σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων. Η πρόσβαση στη βάση δεδομένων γίνεται μέσω μιας συλλογής φιλικών προς το χρήστη συναρτήσεων όπως: get-children, findpath, join concepts, get terms for concept X, κλπ. Οι συναρτήσεις αυτές είναι προσβάσιμες από προγράμματα-πελάτες μέσω ενός προτυποποιημένου API που επιτρέπει την ανάπτυξη εφαρμογών πάνω από τη σημασιολογική βάση δεδομένων χωρίς να απαιτείται γνώση της εσωτερικής δομής της βάσης. Το τμήμα αυτό έχει την ικανότητα να εξυπηρετεί πολλούς ταυτόχρονους χρήστες και είναι ανεξάρτητο υπολογιστικής πλατφόρμας (έχει δοκιμαστεί σε περιβάλλοντα MS Windows, Sun Solaris, UNIX και GNU/Linux). Η εφαρμογή απαιτεί την λειτουργία ενός ειδικού μητρώου (registry) προκειμένου να καταχωρείται σε αυτό και να μπορεί να εντοπιστεί και να προσπελαστεί από τα προγράμματα - πελάτες.

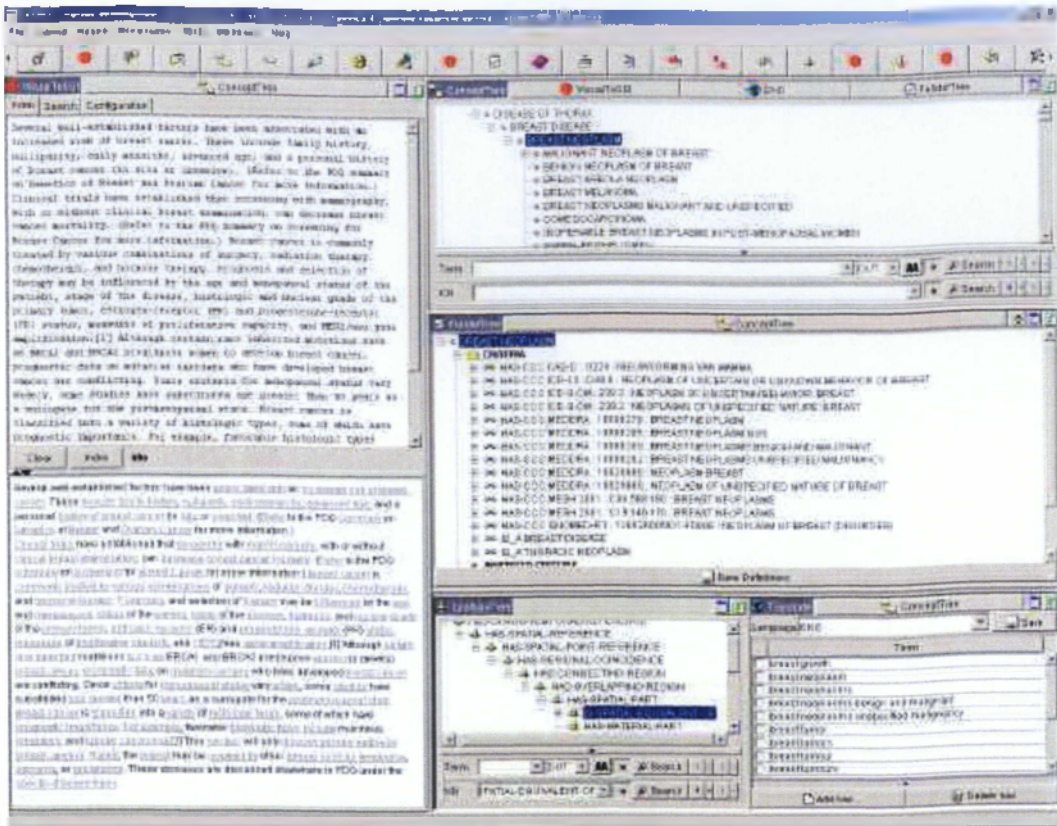
Το LinKFactory Workbench δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργεί, να αναζητά και να διασυνδέει οντολογίες όπως φαίνεται στο σχήμα 2.5.4.2. Το Workbench είναι ένα δυναμικό πλαίσιο εργασίας που αποτελείται από υπομονάδες υλοποιημένες σε java. Κάθε υπομονάδα έχει ξεχωριστή και συγκεκριμένη λειτουργικότητα και περιορισμένη πρόσβαση στα μέρη της οντολογίας, αλλά ο συνδυασμός τους μπορεί να προσφέρει στο χρήστη ένα πολυδύναμο εργαλείο για την επισκόπηση και τον χειρισμό των δεδομένων. Παραδείγματα τέτοιων υπομονάδων είναι τα εξής : Concept tree, Concept criteria and full definitions, Linktype tree, Criteria list, Term list, Search pane, Properties panel, Reverse relations, και πολλά άλλα. Ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει πολλαπλές απεικονίσεις της οντολογίας χρησιμοποιώντας τις διαθέσιμες υπομονάδες. Οι απεικονίσεις αυτές ονομάζονται “Layouts”. Κάθε layout μπορεί να αποτελείται από ένα ή περισσότερα πλαίσια στα οποία τοποθετούνται οι υπομονάδες.

[15]: Από τον δικτυακό τόπο <https://www.google.gr/search?q=www.landcglobal&oq=www.landcglobal&aqs=chrome.69i57i69i61j69i60j69i61.4886j0&sourceid=chrome&ie=UTF-8>.

Η δημιουργία ενός νέου layout ή η προσθήκη περισσότερων πλαισίων σε ένα υπάρχον γίνονται απλά με την επιλογή των αντίστοιχων επιλογών από ένα μενού. Κάθε πλαίσιο μπορεί να χωριστεί σε υποδοχείς, όπου τοποθετούνται οι υπομονάδες.

Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την υπομονάδα που επιθυμεί να χρησιμοποιήσει και να την τοποθετήσει με τη χρήση του ποντικιού στη θέση που θέλει. Στη συνέχεια μπορεί να διασυνδέσει τις υπομονάδες μεταξύ τους πάλι με απλούς χειρισμούς του ποντικιού. Κάθε υπομονάδα έχει τις δικές της ιδιότητες και ο χρήστης μπορεί να αλλάξει τις τιμές τους κατά την εκτέλεση του προγράμματος. Με αυτό τον τρόπο ο χρήστης μπορεί να δημιουργεί κάθε φορά το layout που είναι πιο κατάλληλο για τον τύπο της εργασίας που επιτελεί. Πέραν από τη χρήση και τον συνδυασμό τους μέσα στο περιβάλλον του LinKFactory Workbench, οι υπομονάδες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανεξάρτητα και έξω από αυτό, έτσι ώστε να είναι δυνατή η χρήση και ενσωμάτωσή τους σε προγράμματα τρίτων.

Για τον σχεδιασμό των οντολογιών στο σύστημα είναι ενσωματωμένοι διάφοροι μηχανισμοί διασφάλισης ποιότητας, όπως: η δυνατότητα διαχείρισης πολλαπλών εκδόσεων, η καταγραφή των ενεργειών του χρήστη, ιεραρχίες χρηστών, πολιτικές δικαιωμάτων, ιεραρχία συνδέσμων κλπ. Όσον αφορά την αναπαράσταση της γνώσης και την δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων, το LinKFactory έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά και δυνατότητες. Αυτές είναι: οι ενσωματωμένες σχέσεις IS-A, το DISJOINT και SAME-AS, η δυνατότητα ορισμού της ιεραρχίας των σχέσεων από το χρήστη, οι μέθοδοι ελέγχου περιορισμών, αυτόματη κατηγοριοποίηση νέων εννοιών βασιζόμενη τόσο σε φυσική γλώσσα όσο και σε τυπικούς ορισμούς, οι μηχανισμοί για σύνδεση και συγχώνευση οντολογιών και η δυνατότητα αυτόματης ανάλυσης κειμένου για την δημιουργία της οντολογίας.



Σχήμα 2.5.4.2: Στιγμιότυπο οθόνης του LinkFactory.

2.5.4.3 OilEd

Ο OilEd [16] είναι ένας επεξεργαστής οντολογιών με γραφικό περιβάλλον. Αναπτύσσεται από το πανεπιστήμιο του Manchester και παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα δημιουργίας οντολογιών χρησιμοποιώντας τη γλώσσα DAML+OIL. Το γνωστικό μοντέλο του OilEd βασίζεται σε αυτό της DAML+OIL και επεκτείνεται με τη χρήση παρουσίας όμοιας με αυτή των πλαισίων. Έτσι το OilEd προσφέρει ένα οικείο περιβάλλον με πλαίσια, ενώ υποστηρίζει και την πλούσια εκφραστικότητα της DAML+OIL. Οι κλάσεις ορίζονται με βάση τις υπερ-κλάσεις τους και τις ιδιότητές τους, ενώ άλλες σχέσεις (όπως η disjointness) εκφράζονται μέσω συναρτήσεων.

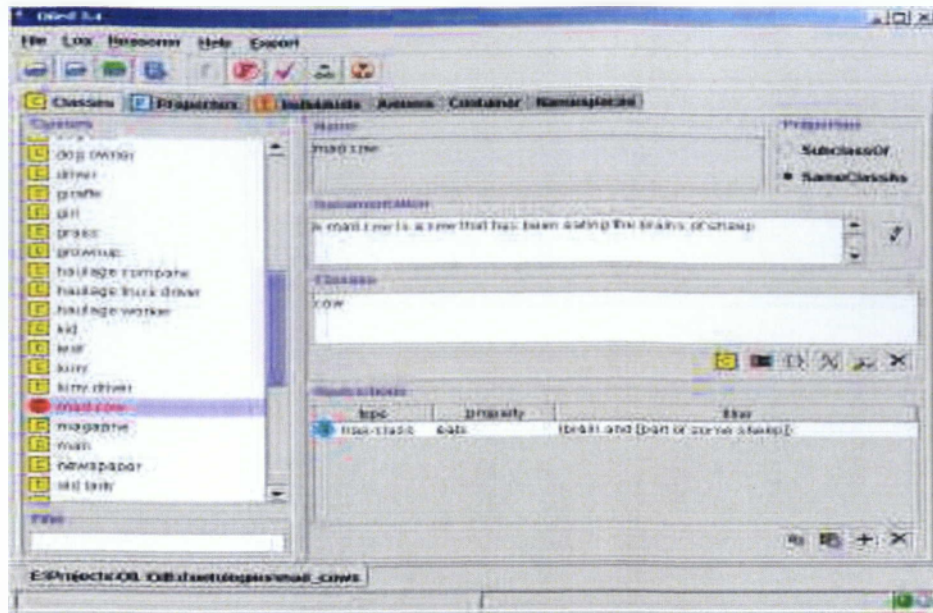
[16]: Από τον δικτυακό τόπο <http://oiled.man.ac.uk/>.

Το εκφραστικό γνωστικό μοντέλο του OilEd επιτρέπει τη χρήση πολύπλοκων και σύνθετων παρουσιάσεων ως μοντέλα, σε αντίθεση με πολλούς επεξεργαστές που βασίζονται σε πλαίσια, όπου τα ανώνυμα πλαίσια πρέπει να ονοματίζονται για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μοντέλα. Η βασική λειτουργία του OilEd είναι η επεξεργασία οντολογιών ή schemas και όχι η εξόρυξη γνώσης ή η κατασκευή μεγάλων βάσεων γνώσης που περιέχουν στιγμιότυπα. Αν και το OilEd παρέχει τη δυνατότητα ορισμού ατόμων, η λειτουργία αυτή προορίζεται μόνο για τον ορισμό των ουσιαστικών που μετέχουν στη σχέση one-of της DAML+OIL. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του OilEd είναι η χρήση της μηχανής λογισμού FaCT για την κατηγοριοποίηση των οντολογιών και τον έλεγχο συνέπειας. Για το σκοπό αυτό η οντολογία μεταφράζεται εσωτερικά από την DAML+OIL στην γλώσσα αναπαράστασης λογικής SHIQ.

Αυτό επιτρέπει το χρήστη να ορίσει μια κλάση και να αφήσει την μηχανή λογισμού να του υποδείξει την κατάλληλη θέση στην ιεραρχία για την τοποθέτηση του ορισμού. Το σχήμα 2.5.4.3 δείχνει ένα στιγμιότυπο χρήσης του OilEd. Το DAML+OIL Schema [17] χρησιμοποιείται για την φόρτωση και αποθήκευση των οντολογιών. Το εργαλείο έχει τη δυνατότητα να διαβάζει και να εξάγει ιεραρχίες εννοιών σε RDF και να παρουσιάζει οντολογίες σε μορφή HTML και SHIQ. Η ιεραρχική δομή των εννοιών μπορεί να εξαχθεί και σε μορφή κατάλληλη για επεξεργασία με το πρόγραμμα οπτικοποίησης γράφων graphviz. [18] Η έκδοση 3.4 του OilEd είναι γραμμένη σε java και διατίθεται ελεύθερα.

[17]: Από τον δικτυακό τόπο <http://www.daml.org/>.

[18]: Από τον δικτυακό τόπο <http://www.research.att.com/groups/infovis/?fbid=7mpb8ROzAcS>.



Σχήμα 2.5.4.3: Στιγμιότυπο οθόνης του OilEd.

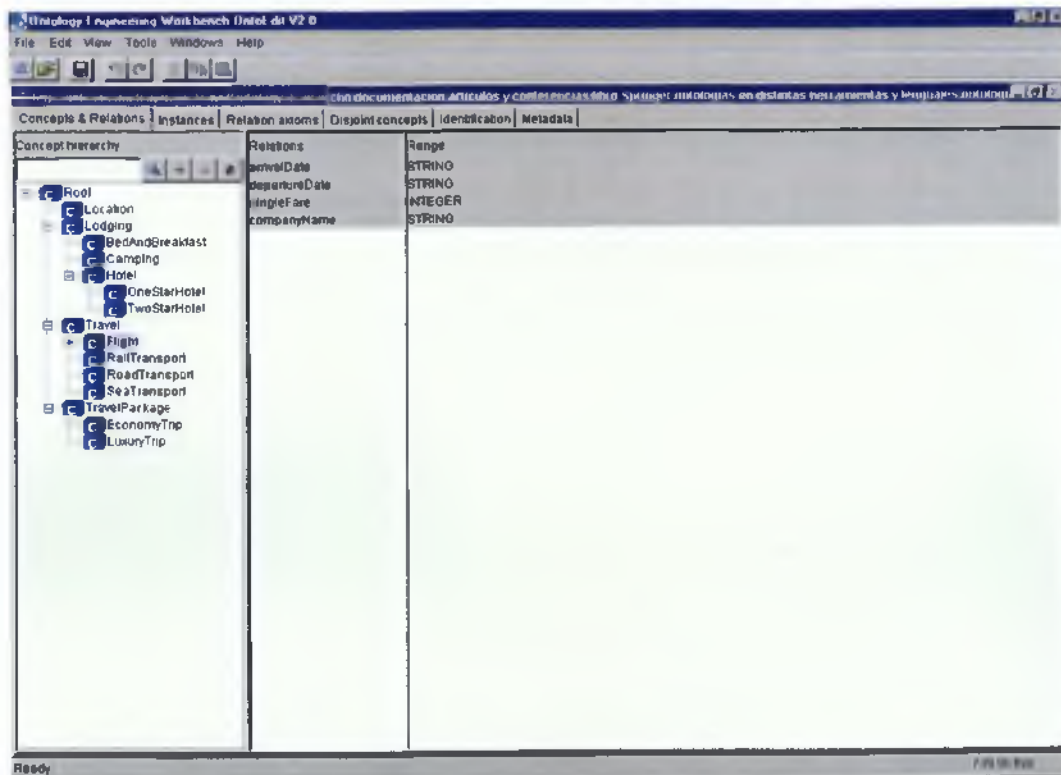
2.5.4.4 OntoEdit

Το OntoEdit [19] είναι ένα ΣΔΟ κατάλληλο για την ανάπτυξη και διαχείριση οντολογιών μέσω γραφικού περιβάλλοντος. Το OntoEdit βασίζεται σε ένα πολυδύναμο εσωτερικό μοντέλο οντολογιών. Έτσι δίνει τη δυνατότητα μοντελοποίησης και ανάπτυξης οντολογιών ανεξάρτητα από τη γλώσσα αναπαράστασης. Ο χρήστης μπορεί να οπτικοποιεί την οντολογία καθώς την αναπτύσσει μέσω πολλών ειδών γραφικών απεικονίσεων.

Το εργαλείο επιτρέπει στο χρήστη να επεξεργάζεται ιεραρχικά δομημένες έννοιες ή κλάσεις (σχήμα 2.5.4.4). Οι έννοιες μπορούν να οριστούν ως αφηρημένες ή συγκεκριμένες και κατά συνέπεια να επιτρέπεται ή να μην επιτρέπεται η δημιουργία άμεσων στιγμιότυπων τους. Μια έννοια μπορεί να έχει πολλαπλά ονόματα. Με αυτό τον τρόπο μπορούν να οριστούν συνώνυμα μιας έννοιας. Το εργαλείο παρέχει λειτουργικότητα παρόμοια με την 'αντιγραφή και επικόλληση' για την αναδιοργάνωση της ιεραρχίας των εννοιών.

[19]: Από τον δικτυακό τόπο [https://www.google.gr/search?q=\(http%3A%2F%2Fwww.ontoknowledge.org%2Ftools%2Fontoedit.shtml&sa=\(http%3A%2F%2Fwww.ontoknowledge.org%2Ftools%2Fontoedit.shtml&ags=chrome.0.69i57i69i59.2890i0&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.gr/search?q=(http%3A%2F%2Fwww.ontoknowledge.org%2Ftools%2Fontoedit.shtml&sa=(http%3A%2F%2Fwww.ontoknowledge.org%2Ftools%2Fontoedit.shtml&ags=chrome.0.69i57i69i59.2890i0&sourceid=chrome&ie=UTF-8)

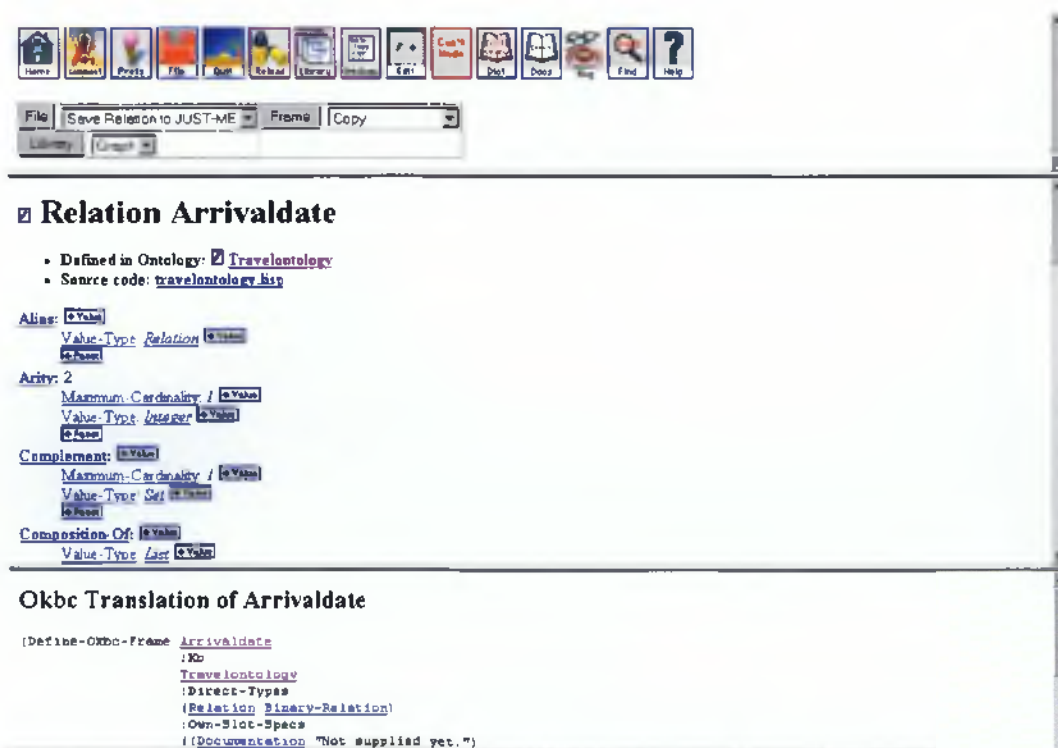
Το OntoEdit βασίζεται σε ένα ευέλικτο πλαίσιο εργασίας πρόσθετων λειτουργικών μονάδων (plugins). Αυτό επιτρέπει στον χρήστη την επέκταση του εργαλείου με την απλή προσθήκη των απαιτούμενων λειτουργικών μονάδων. Έχοντας ο χρήστης στη διάθεσή του μια συλλογή από λειτουργικές μονάδες, όπως ένα θεματικό λεξικό, μια μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων, και μονάδες εισαγωγής και εξαγωγής από και προς διάφορες μορφές και γλώσσες αναπαράστασης οντολογιών, μπορεί να προσαρμόζει το εργαλείο σε διάφορα σενάρια χρήσης. Όλες οι εκδόσεις του OntoEdit είναι διαθέσιμες σε δύο σειρές : ελεύθερη και επαγγελματική. Οι επαγγελματικές εκδόσεις συνήθως περιλαμβάνουν κάποιες επιπλέον πρόσθετες λειτουργικές μονάδες, όπως περιβάλλοντα συνεργασίας και δυνατότητες εξαγωγής συμπερασμάτων, που δεν περιέχονται στις ελεύθερες εκδόσεις.



Σχήμα 2.5.4.4: Στιγμιότυπο οθόνης του OntoEdit.

2.5.4.5 Ontolingua Server

Ο Ontolingua Server [20] είναι μια συλλογή εργαλείων και υπηρεσιών για την κατασκευή οντολογιών διαμοιραζόμενων μεταξύ διασκορπισμένων ομάδων. Αναπτύσσεται από το Knowledge System Laboratory (KSL) στο πανεπιστήμιο του Stanford. Ο Ontolingua Server παρέχει πρόσβαση σε μια βιβλιοθήκη οντολογιών, υπηρεσίες μετάφρασης μεταξύ γλωσσών όπως Prolog, CORBA IDL, CLIPS, Loom και άλλες, και έναν επεξεργαστή για την κατασκευή και παρουσίαση οντολογιών (σχήμα 2.5.4.5). Απομακρυσμένοι επεξεργαστές μπορούν να αναζητήσουν και να επεξεργαστούν οντολογίες και απομακρυσμένες ή τοπικές εφαρμογές μπορούν να προσπελάσουν τις οντολογίες της βιβλιοθήκης με τη χρήση του πρωτοκόλλου OKBC (Open Knowledge Based Connectivity).

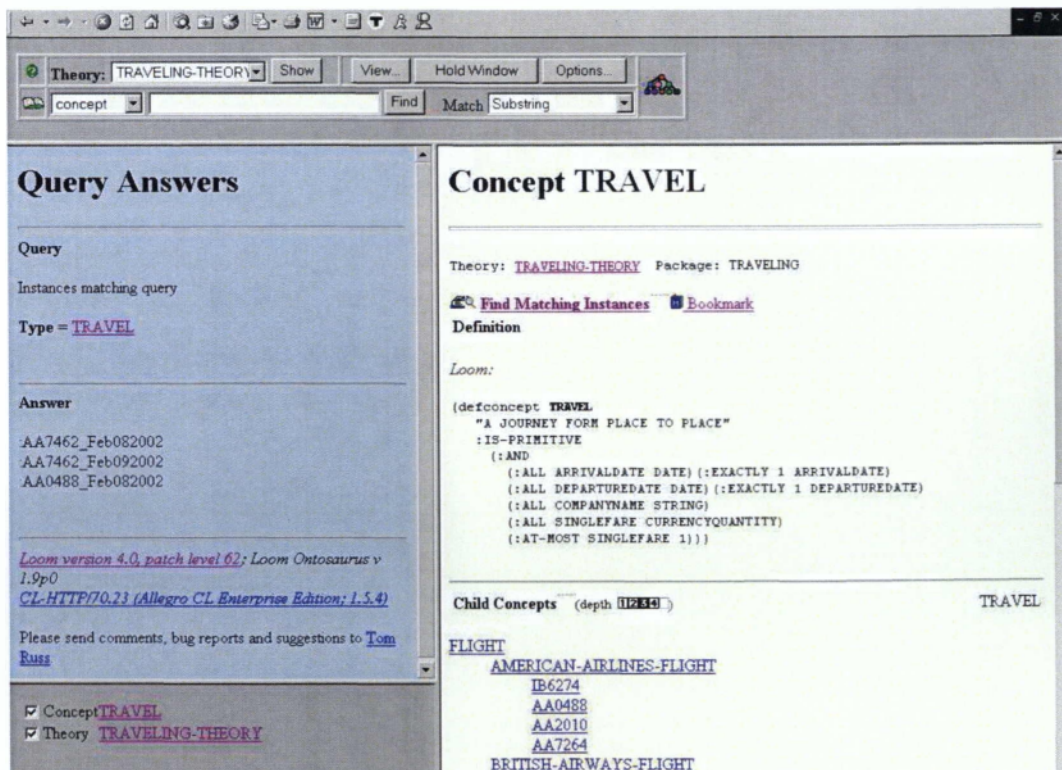


Σχήμα 2.5.4.5: Στιγμιότυπο οθόνης Ontolingua Server.

[20]: Από τον δικτυακό τόπο <http://www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua/>.

2.5.4.6 OntoSaurus

Το Ontosaurus [21] αναπτύσσεται από το Information Sciences Institute (ISI) στο πανεπιστήμιο της Νότιας Καλιφόρνιας. Αποτελείται από δύο υποσυστήματα: Έναν server προσπέλασης οντολογιών που χρησιμοποιεί τη γλώσσα LOOM για την αναπαράσταση γνώσης, και ένα server παρουσίασης οντολογιών που δημιουργεί δυναμικά σελίδες html στις οποίες απεικονίζεται η ιεραρχική δομή των οντολογιών (σχήμα 2.5.4.6). Ο χρήστης μπορεί να επεξεργαστεί οντολογίες μέσω φορμών html, ενώ από το σύστημα παρέχεται η δυνατότητα μετάφρασης από LOOM σε Ontolingua, KIF, KRSS και C++.



The screenshot displays the OntoSaurus web interface. The top navigation bar includes a search bar with 'concept' selected and a 'Find' button. Below the navigation bar, the interface is split into two main panels. The left panel, titled 'Query Answers', shows the results of a query for the concept 'TRAVEL'. It lists three instances: 'AA7462_Feb082002', 'AA7462_Feb092002', and 'AA0488_Feb082002'. Below the instances, there is a link to 'Loom version 4.0, patch level 62; Loom Ontosaurus v 1.9p0' and a link to 'CL-HTTP/70.73 (Allegro CL Enterprise Edition; 1.5.4)'. The right panel, titled 'Concept TRAVEL', shows the definition of the concept. It includes the theory 'TRAVELING-THEORY' and package 'TRAVELING'. The definition is: 'A JOURNEY FROM PLACE TO PLACE'. It is an IS-PRIMITIVE and has the following constraints: (:AND (:ALL ARRIVALDATE DATE) (:EXACTLY 1 ARRIVALDATE) (:ALL DEPARTUREDATE DATE) (:EXACTLY 1 DEPARTUREDATE) (:ALL COMPANYNAME STRING) (:ALL SINGLEFARE CURRENCYQUANTITY) (:AT-MOST SINGLEFARE 1))). Below the definition, there is a section for 'Child Concepts' with a depth of 1234, listing 'FLIGHT' and 'AMERICAN-AIRLINES-FLIGHT' (with instances IB6274, AA0488, AA2010, AA7264) and 'BRITISH-AIRWAYS-FLIGHT'.

Σχήμα 2.5.4.6: Στιγμιότυπο οθόνης του Ontosaurus.

[21]: Από τον δικτυακό τόπο <http://www.isi.edu/isd/ontosaurus.html>.

2.5.4.7 OpenKnoME

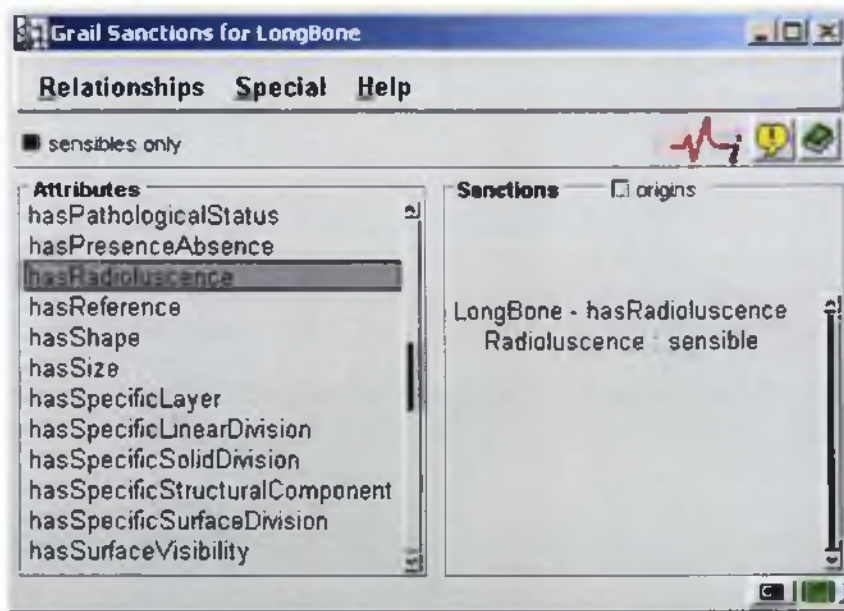
Το OpenKnoME [22] αποτελεί μια μεγάλη σουίτα εφαρμογών για συνεργατική ανάπτυξη οντολογιών. Το OpenKnoME χρησιμοποιεί τη γλώσσα μοντελοποίησης εννοιών GRAIL (The grail concept modelling language for medical terminology). Μια σημαντική εφαρμογή αυτής της σουίτας είναι το Tigger που δημιουργήθηκε με σκοπό τη γρήγορη και εύκολη εξαγωγή γνώσης από οντολογίες για εμπειρογνώμονες και ειδικούς που δεν γνωρίζουν μηχανική οντολογιών. Τα εργαλεία που απαρτίζουν τη σουίτα είναι ελεύθερα διαθέσιμα και έχουν αναπτυχθεί από το πανεπιστήμιο του Manchester. Η ανάπτυξή τους βασίστηκε σε διάφορα μεγάλα ιατρικά και φαρμακευτικά προγράμματα που κάνουν χρήση οντολογιών, όπως τα GALEN (1992 - 1995), GALEN-IN-USE (1996 - 1999) και PRODIGY (1999 - 2001).

Το OpenKnoME χρησιμοποιείται για ανάπτυξη σε GRAIL, μια γλώσσα που αναπτύχθηκε στο πανεπιστήμιο του Manchester για να χρησιμοποιηθεί στα προγράμματα GALEN. Η GRAIL χρησιμοποιείται για την περιγραφή λογικής και λογικών γράφων. Το γνωστικό μοντέλο του OpenKnoME είναι επηρεασμένο σε μεγάλο βαθμό από την GRAIL. Έτσι εφόσον η GRAIL είναι σχεδιασμένη για την περιγραφή εννοιών, το OpenKnoME δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη συλλογή στιγμιότυπων δεδομένων. Το OpenKnoME δεν είναι μια 'stand-alone' εφαρμογή: επικοινωνεί με έναν GALEN Terminology Server (TeS) μέσω ενός καλώς ορισμένου API. Ο γραμμένος σε GRAIL πηγαίος κώδικας μετατρέπεται σε ένα μεταγλωττισμένο εννοιολογικό μοντέλο. Ο TeS αποθηκεύει και διαχειρίζεται το μοντέλο με τη βοήθεια ξεχωριστών υπομημάτων που παρέχουν διάφορα είδη υπηρεσιών: εννοιολογικές, γλωσσικές, συγγραφή κώδικα και άλλες υπηρεσίες. Το API παρέχει ένα σαφή διαχωρισμό της οντολογίας από τους πελάτες που την χρησιμοποιούν. Έτσι η οντολογία παρουσιάζεται ως υπηρεσία και όχι σαν μια δομή δεδομένων. Μέσω αυτής της υπηρεσίας το OpenKnoME μπορεί να εξετάζει, να αναζητά, να παρουσιάζει την οντολογία και να ελέγχει την ποιότητά της.

Εφόσον η οντολογία προέρχεται με τη μορφή υπηρεσίας, η χρήση της δεν απαιτεί την εξαγωγή της σε κάποια στατική μορφή, αλλά γίνεται μέσω ενός TeS που δέχεται αιτήσεις από πελάτες. Ωστόσο το OpenKnoME παρέχει ένα παραμετροποιημένο εργαλείο εξαγωγής που υποστηρίζει εξαγωγή της οντολογίας σε HTML και CLIPS. Το OpenKnoME έχει χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη οντολογιών για διάφορα ευρωπαϊκά έργα συστηματοποίησης της ιατρικής ορολογίας, στο έργο NHS για τη δημιουργία μιας οντολογίας φαρμακευτικών σκευασμάτων, στην ανάπτυξη του προτύπου HL7 για εφαρμογές υγείας και σε άλλα έργα. Περιέχει μια σουίτα εργαλείων για τη διαχείριση κώδικα οντολογιών από πολλούς παράλληλους συγγραφείς και τον έλεγχο του κώδικα.

[22]: Από τον δικτυακό τόπο <http://topthing.com>.

Η εφαρμογή Tigger διευκολύνει την εισαγωγή θεματικής γνώσης στο σύστημα. Οι ειδικοί εκπαιδεύονται στη χρήση ενός φιλικού προς τον χρήστη διαμεσολαβητικού περιβάλλοντος (Intermediate Representation - IR). Οι ειδικοί συντάσσουν μέσα στο περιβάλλον αυτό έννοιες με τη χρήση ενός γραφικού περιβάλλοντος ή ενός απλού επεξεργαστή κειμένου. Στη συνέχεια οι έννοιες που συνέταξαν διάφοροι ειδικοί συνδυάζονται και μεταφράζονται αυτόματα μέσω του Tigger σε κώδικα GRAIL. Έτσι αντιμετωπίζεται το πρόβλημα της εισαγωγής γνώσης στο σύστημα. Το OpenKnoME είναι υλοποιημένο με τη σουίτα ανάπτυξης εφαρμογών Smalltalk και διατίθεται ελεύθερα.



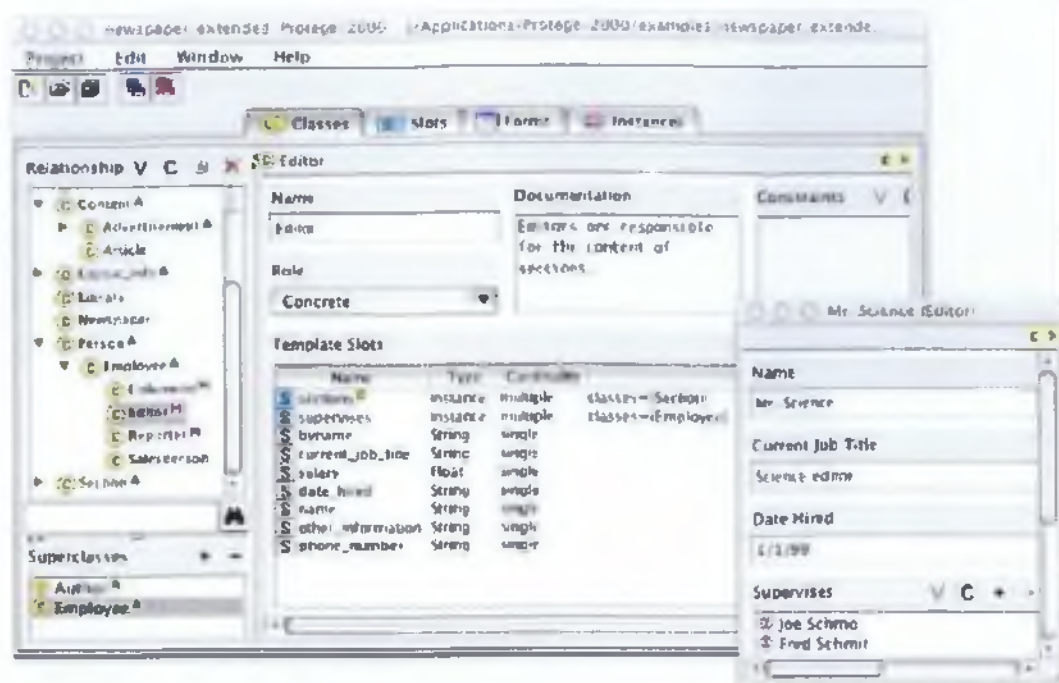
Σχήμα 2.5.4.7: Στιγμιότυπο του OpenKnoME.

2.5.4.8 Protégé

Το Protégé [23] είναι ένα εργαλείο για διαχείριση γνώσης που αναπτύσσεται από το πανεπιστήμιο του Stanford. Χιλιάδες χρήστες σε όλο τον κόσμο χρησιμοποιούν το Protégé σε έργα που ποικίλουν από τη μοντελοποίηση της νόσου του καρκίνου, έως την μοντελοποίηση πυρηνικών σταθμών παραγωγής ενέργειας. Το Protégé είναι ελεύθερο λογισμικό και διατίθεται κάτω από την άδεια χρήσης ελεύθερου κώδικα “Mozilla open-source license”. Το Protégé παρέχει ένα γραφικό και διαδραστικό περιβάλλον για σχεδιασμό οντολογιών και ανάπτυξη βάσεων γνώσης. Επιτρέπει στους μηχανικούς και τους ειδικούς εμπειρογνώμονες να εκτελούν με ευκολία εργασίες διαχείρισης γνώσης. Όσοι αναπτύσσουν οντολογίες μπορούν να προσπελαίνουν τις σχετικές πληροφορίες γρήγορα όταν τις χρειάζονται και να διαμορφώνουν και να χειρίζονται οντολογίες. Η ιεραρχική δομή της οντολογίας αναπαριστάται με τη μορφή δένδρου δίνοντας στο χρήστη γρήγορη και εύκολη πρόσβαση στις κλάσεις και υπο-κλάσεις. Για την εισαγωγή τιμών στις ιδιότητες το Protégé χρησιμοποιεί ειδικές φόρμες (σχήμα 2.5.4.8).

Το γνωστικό μοντέλο του Protégé είναι συμβατό με το πρωτόκολλο Open Knowledge Base Connectivity (OKBC). Υποστηρίζει κλάσεις και ιεραρχίες κλάσεων με πολλαπλή κληρονομικότητα, templates και slots, ορισμό προκαθορισμένων και αυθαίρετων facet για τα slots με σύνολα επιτρεπόμενων τιμών, περιορισμούς πλήθους, εξ ορισμού τιμές, και αντίστροφα slots, μετα-κλάσεις και ιεραρχίες μετα-κλάσεων. Εκτός από την ευχρηστία του, το Protégé διακρίνεται από τα υπόλοιπα περιβάλλοντα διαχείρισης οντολογιών για τις δυνατότητες εξέλιξης και επέκτασης που προσφέρει. Το Protégé έχει με επιτυχία χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή και τη χρήση οντολογιών αποτελούμενων από 150.000 πλαίσια (frames). Η δυνατότητα υποστήριξης βάσεων γνώσης αποτελούμενων από εκατοντάδες χιλιάδες πλαίσια, απαιτεί την παρουσία δύο _ασικών υποσυστημάτων: μιας βάσης δεδομένων για την αποθήκευση και προσπέλαση των δεδομένων και ενός μηχανισμού αποθηκευτικής μνήμης (caching) έτσι ώστε να είναι δυνατός ο χειρισμός νέων πλαισίων όταν ο αριθμός τους στη βασική μνήμη έχει ξεπεράσει το μέγιστο όριο. Ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματα της αρχιτεκτονικής του Protégé είναι ότι το σύστημα είναι κατασκευασμένο με ανοικτό και αρθρωτό σχεδιασμό. Αναλυτικά θα γίνει η αναφορά στο κεφάλαιο 4°.

[23]: Από τον δικτυακό τόπο <http://protege.stanford.edu/>.



Σχήμα 2.5.4.8: Στιγμιότυπο οθόνης του Protégé.

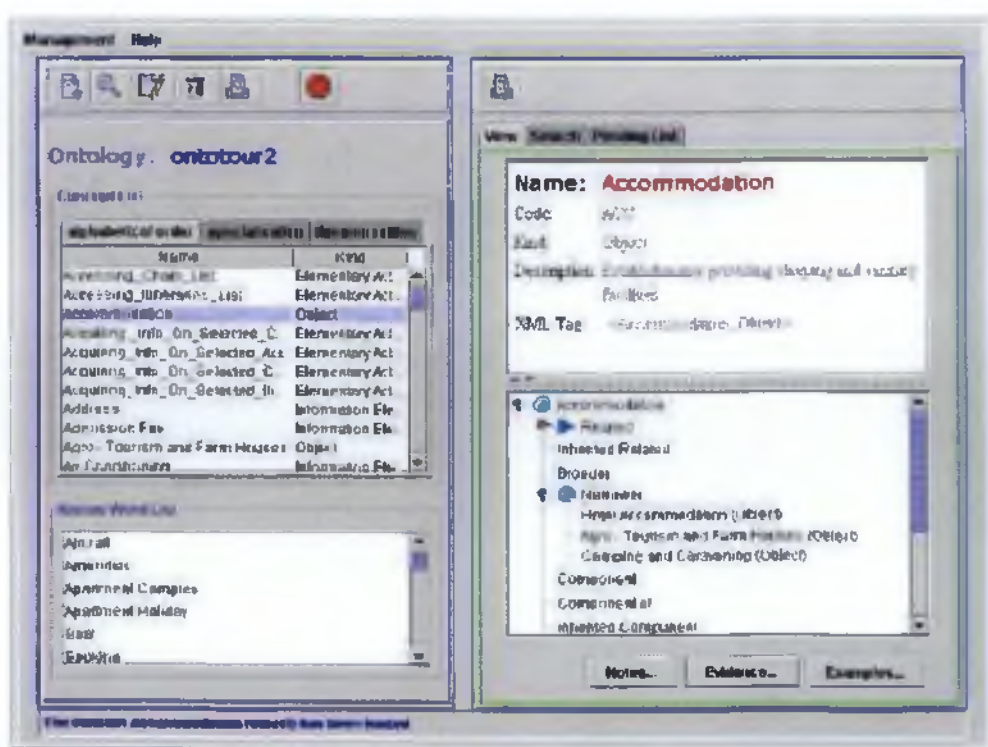
2.5.4.9 SymOntoX

Το SymOntoX [24] είναι ένα πρότυπο εφαρμογής για τη διαχείριση θεματικών οντολογιών (domain ontologies). Έχει αναπτυχθεί από το LEKS (Laboratory for Enterprise Knowledge and Systems) στο IASI-CNR. Ένα στιγμιότυπο της εφαρμογής φαίνεται στο σχήμα 2.5.4.9. Το SymOntoX μοντελοποιεί τις θεματικές έννοιες και τις μεταξύ τους σχέσεις σύμφωνα με το OPAL (Object, Process and Actor modelling Language), μια μεθοδολογία για αναπαράσταση οντολογιών που αναπτύχθηκε στο IASI-CNR. Το SymOntoX χρησιμοποιείται στο ευρωπαϊκό έργο Harmonise που δραστηριοποιείται στο θεματικό πεδίο του τουρισμού.

Το SymOntoX προορίζεται να λειτουργήσει ως διαδικτυακή υπηρεσία προσπελάσιμη μέσω ενός φυλλομετρητή. Βασίζεται κυρίως σε τεχνολογίες XML και java με στόχο τη μέγιστη ευελιξία, διαλειτουργικότητα και ανεξαρτησία από υπολογιστική πλατφόρμα. Το SymOntoX μπορεί να διαχειριστεί διαφόρων ειδών οντολογίες, τύπους χρηστών και χρήσεων.

[24]: Από τον δικτυακό τόπο http://lcl.uniroma1.it/dspace/bitstream/123456789/89/1/File_574.pdf.

Ένας χρήστης μπορεί να εγγραφεί στο σύστημα ως απλός χρήστης με δικαιώματά ανάγνωσης μόνο, ως υπερ-χρήστης με δικαίωμα υποβολής προτάσεων για νέες έννοιες ή ως διαχειριστής οντολογιών με πλήρη δικαιώματα διαχείρισης της οντολογίας και αποδοχής ή απόρριψης των προτάσεων που κάνουν οι υπερ-χρήστες. Το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λεξικό όρων (είναι ορατά μόνο το όνομα και η περιγραφή σε φυσική γλώσσα των εννοιών), θησαυρός (είναι 37 επιπλέον ορατά η ιεραρχία και οι σχέσεις ομοιότητας), σύστημα οντολογιών (απεικονίζονται όλες οι σχέσεις) ή βάση γνώσης (φαίνονται και τα στιγμιότυπα των εννοιών). Το SymOntoX έχει ένα γραφικό περιβάλλον με φόρμες για την επεξεργασία και την επισκόπηση των οντολογιών και τη δυνατότητα απεικόνισης διαγραμμάτων για περιήγηση στο περιεχόμενο των οντολογιών. Τέλος ένα java API παρέχει την διαλειτουργικότητα και ενσωμάτωση σε άλλα συστήματα, ενώ ένας ελεγκτής διασφαλίζει τη συνέπεια των οντολογιών με βάση τα αξιώματα του OPAL. Όλα τα δεδομένα του συστήματος αποθηκεύονται σε μια XML βάση δεδομένων.



Σχήμα 2.5.4.9: Στιγμιότυπο του SymOntox.

2.5.4.10 WebODE

Το WebODE [25] είναι ένα εργαλείο μηχανικής οντολογιών που παρέχει διάφορες υπηρεσίες σχετικές με την ανάπτυξη, διαχείριση και χρήση οντολογιών. Το WebODE χρησιμοποιεί ένα εκφραστικό μοντέλο γνώσης για την αναπαράσταση των οντολογιών που βασίζεται στη μεθοδολογία αναπαράστασης οντολογιών METHONTOLOGY. Η μεθοδολογία METHONTOLOGY περιέχει δομικά στοιχεία οντολογιών, όπως έννοιες, διαμερίσεις, ταξινομικές και άλλες προκαθορισμένες σχέσεις, στιγμιότυπα, αξιώματα, κανόνες, σταθερές και βιβλιογραφικές αναφορές. Επίσης επιτρέπει τη χρήση όρων από άλλες εξωτερικές οντολογίες. Οι οντολογίες στο WebODE αποθηκεύονται σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων. Το WebODE προσφέρει επίσης ένα καλά ορισμένο API για πρόσβαση στις οντολογίες που καθιστά εύκολη την ενσωμάτωσή τους σε άλλα συστήματα.

Οι οντολογίες που κατασκευάζονται με το WebODE μπορούν εύκολα να ενσωματωθούν σε άλλα συστήματα και με τη χρήση της λειτουργίας εξαγωγής και εισαγωγής από και προς XML, από και προς διάφορες γλώσσες αναπαράστασης οντολογιών (RDF(S), OIL, DAML+OIL, CARIN, F - Logic) και σε άλλες γλώσσες προγραμματισμού και συστήματα όπως java και jess. Η επεξεργασία οντολογιών στο WebODE πραγματοποιείται μέσω φορμών και ενός γραφικού περιβάλλοντος, ενός ελεγκτή συνέπειας, μιας μηχανής εξαγωγής συμπερασμάτων, ενός συστήματος κατασκευής αξιωμάτων και μιας υπηρεσίας συγγραφής τεκμηρίωσης. Δυο καινοτόμα χαρακτηριστικά του WebODE είναι τα σύνολα στιγμιότυπων που επιτρέπουν την παράλληλη δημιουργία στιγμιότυπων του ίδιου εννοιολογικού μοντέλου για διαφορετικά σενάρια, και εννοιολογικών οπτικοποιήσεων για το ίδιο μοντέλο. Τα σύνολα στιγμιότυπων επιτρέπουν τη δημιουργία και αποθήκευση διάφορων τμημάτων της οντολογίας και την παραμετροποίηση της οπτικοποίησης της οντολογίας για κάθε χρήστη.

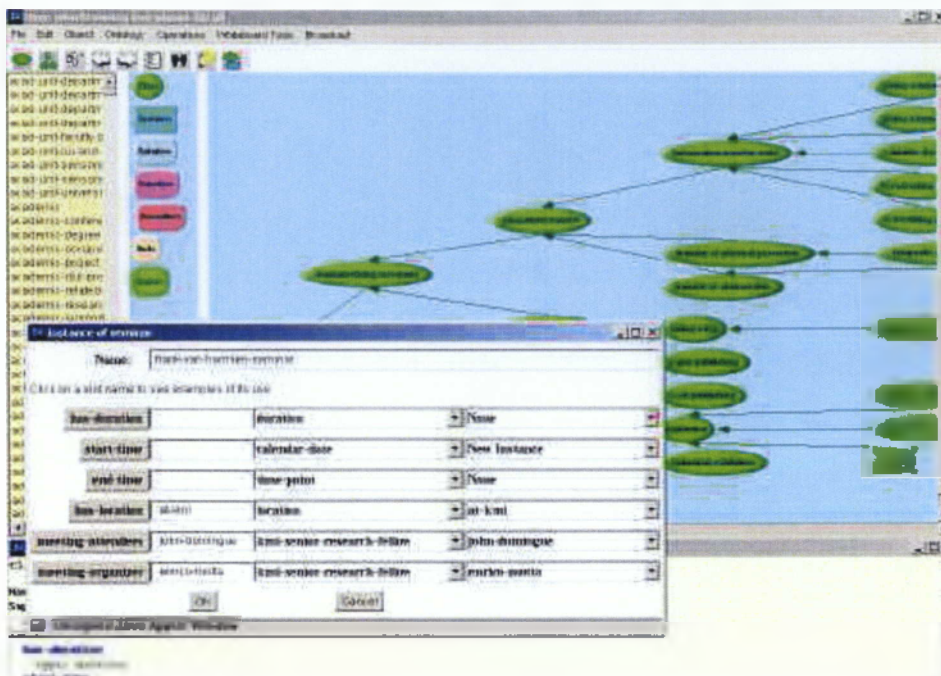
[25]: «Building a chemical ontology using methontology and the ontology design environment. IEEE Intelligent Systems & their applications».

The screenshot shows the WebODE 2.0 interface. At the top, there are navigation buttons for 'Home', 'Travellers', 'Instance list', and 'Instance'. Below this is a menu bar with options like 'Home', 'Terms', 'Instances', 'Instance list', 'Instance details', 'Instance edit', 'Instance delete', and 'Instance copy'. The main content area is titled 'Instance Attributes for Term Travel'. It features a table with columns: Instance Attribute Name, Description, Value Type, Cardinality, Measurement Unit, Precision, Minimum Value, and Maximum Value. The table lists attributes like 'arrival_date', 'company_name', 'departure_date', and 'single_fare'. Below the table is a form for editing an instance attribute, with fields for 'Instance Attribute Name', 'Description', 'Value Type' (set to 'String'), 'Minimum-Maximum Cardinality', 'Measurement Unit', 'Precision', 'Minimum Value', and 'Maximum Value'. A left sidebar shows a tree view of terms, including 'Travel' and 'Flight'. Red annotations include a 'Clipboard' label pointing to a clipboard icon in the top right, a 'Browsing area' label pointing to the tree view, and an 'Edition area' label pointing to the form.

Σχήμα 2.5.4.10: Στιγμιότυπο οθόνης του WebODE.

2.5.4.11 WebOnto

Το WebOnto είναι ένα εργαλείο που αναπτύχθηκε από το Knowledge Media Institute του ανοικτού πανεπιστημίου της Αγγλίας. Υποστηρίζει συνεργατική περιήγηση, δημιουργία και επεξεργασία οντολογιών με χρήση της γλώσσας μοντελοποίησης γνώσης OCAML. Τα βασικά χαρακτηριστικά του είναι : διαχείριση οντολογιών μέσω γραφικού περιβάλλοντος (σχήμα 2.5.4.11), αυτόματη δημιουργία στιγμιότυπων μέσω φορμών επεξεργασίας, έλεγχος συνέπειας και υποστήριξη συνεργατικής εργασίας. Ο WebOnto Server είναι μια ελεύθερη διαθέσιμη υπηρεσία και μια βιβλιοθήκη με πάνω από εκατό οντολογίες που είναι προσπελάσιμες χωρίς περιορισμούς μέσω του WebOnto.



Σχήμα 2.5.4.11: Στιγμιότυπο οθόνης του WebOnto.

2.6 Γλώσσες αναπαράστασης οντολογιών

Η ενότητα αυτή παρουσιάζει τις γλώσσες σημασιολογικής περιγραφής που χρησιμοποιούνται κυρίως στο Σημασιολογικό Ιστό. Αρχικά έχουμε μια γενική αναδρομή στις γλώσσες αναπαράστασης και στη συνέχεια παρουσιάζεται το RDFS με το οποίο υλοποιούνται οι έννοιες του RDF. Επίσης παρουσιάζονται σε συντομία οι OIL και DAML + OIL για λόγους πληρότητας. Πρόκειται για γλώσσες οι οποίες δεν αναπτύσσονται σήμερα αλλά η εξέλιξη τους οδήγησε στην σημερινή OWL.

2.6.1 Αναδρομή στις γλώσσες αναπαράστασης οντολογιών

Οι γλώσσες οντολογίας είναι συνήθως δηλωτικές γλώσσες, είναι σχεδόν πάντα γενικεύσεις των γλωσσών πλαισίων (frame language) και είναι συνήθως βασισμένες είτε στη λογική πρώτης τάξης είτε στη περιγραφική λογική (description logic). Σήμερα υπάρχουν αρκετές γλώσσες αναπαράστασης οντολογιών και μπορούν να διαιρεθούν στους εξής κύριους τύπους:

- Παραδοσιακές γλώσσες: Οι γλώσσες αυτές δημιουργήθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του '90 κυρίως στα πλαίσια του επιστημονικού κλάδου της Τεχνητής Νοημοσύνης. Κάποιες από αυτές είναι F – logic, LOOM, OCML, Ontolingua και KIF.
- Web – based γλώσσες: Με τη αύξηση της χρήσης του διαδικτύου όλο και περισσότερες γλώσσες οντολογίας αναπτύχθηκαν για να εκμεταλλευτούν την αφθονία στοιχείων του Παγκόσμιου Ιστού. Αυτές οι βασισμένες στον Ιστό γλώσσες οντολογίας (web – based ontology languages) ή οι γλώσσες σήμανσης οντολογίας (ontology markup languages) είναι συντακτικά βασισμένες στις υπάρχουσες γλώσσες σήμανσης όπως η HTML ή XML. Ακολουθεί μία λίστα από αυτές, Simple HTML, ontology extensions, XML – Based Ontology exchange language, Ontology markup language, Resource description Framework schema language, DARPA agent markup language, Ontology interchange language και Ontology Web Language.

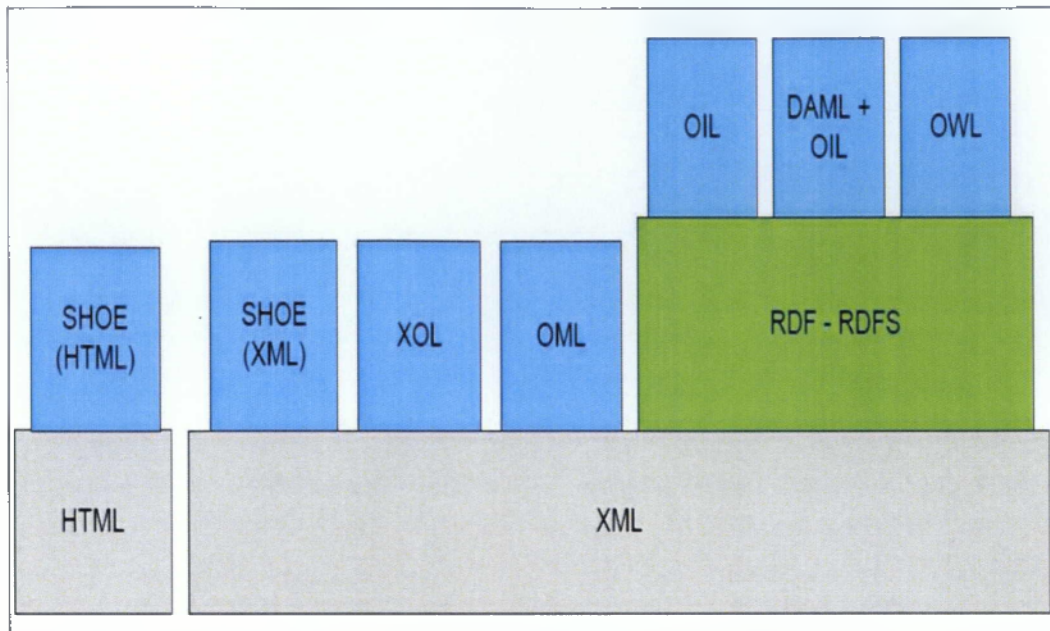
- Γλώσσες που αναπτύχθηκαν για να αναπαραστήσουν συγκεκριμένες οντολογίες και να χρησιμοποιηθούν σε συγκεκριμένες εφαρμογές. Για παραδείγματα οι CycL, GRAIL, NKRL.

Η διαφορά ανάμεσα στις παραδοσιακές και στις web – based γλώσσες είναι πως οι τελευταίες διαθέτουν καλά ορισμένη σύνταξη και σημασιολογία και ικανοποιητική συλλογιστική (reasoning) υποστήριξη. Επίσης παρέχουν δύναμη και ευελιξία στην εκφραστικότητα και το συντακτικό τους είναι συμβατό με ήδη υπάρχοντα πρότυπα του web (XML, RDF, RDFS).

Επίσης να αναφέρουμε ότι ο όρος συλλογιστική (reasoning), χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη διαδικασία επαγωγής συμπερασμάτων με τη χρήση της λογικής και εξακρίβωσης της εγκυρότητας των συμπερασμάτων αυτών. Η συλλογιστική υποστήριξη (υπηρεσίες συμπερασμού) εξασφαλίζει ποιότητα στην οντολογία. Ποιότητα στην οντολογία επιτυγχάνεται επίσης και με την ανάπτυξη μίας γλώσσας, η οποία διαθέτει πλούσια εκφραστικότητα. Ο όρος εκφραστικότητα αναφέρεται στον αριθμό και στον τύπο των διαθέσιμων σχέσεων που ορίζουν τις κλάσεις και όχι μόνο.

Η διαφοροποίηση και ο διαχωρισμός των γλωσσών αναπαράστασης οντολογιών βασίζεται κυρίως στη σύνταξη, στην ορολογία (για παράδειγμα οι ιδιότητες σε άλλες γλώσσες αναφέρονται ως properties) και σε άλλες ως slots (Class – concept, Instance – object, Slot – property). Ακόμα στην εκφραστικότητα, δηλαδή κάτι που μπορούμε να εκφράσουμε σε μία γλώσσα δεν μπορούμε σε μία άλλη και στη σημασιολογία καθώς η ίδια δήλωση μπορεί να σημαίνει διαφορετικά πράγματα σε διαφορετικές γλώσσες.

Παρακάτω στο σχήμα 2.6.1 φαίνεται ο τρόπος ανάπτυξης κάθε μιας από τις κυριότερες γλώσσες σήμανσης οντολογιών και το που βασίστηκαν.



Σχήμα 2.6.1 Παρουσίαση των γλωσσών αναπαράστασης οντολογιών.

Παραδείγματα γλωσσών αναπαράστασης οντολογιών:

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

2.6.2 RDF και RDFS

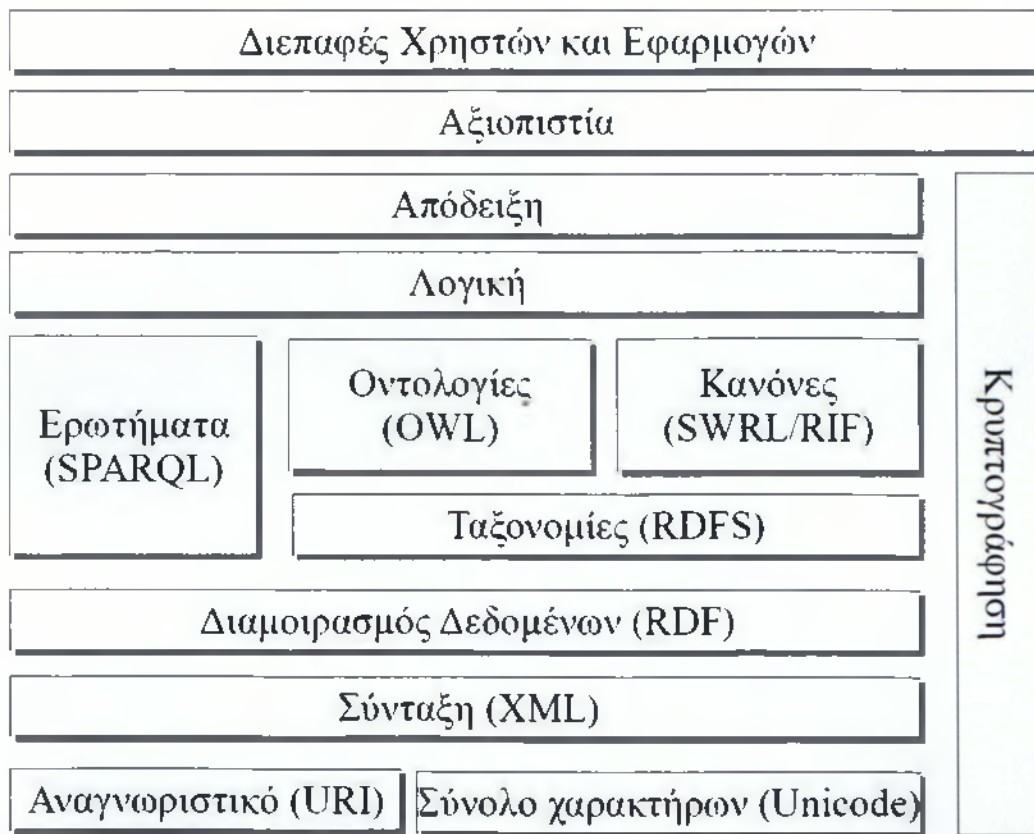
Όπως παρατηρούμε στο σχήμα 2.6.2 η XML έχει χαμηλού επιπέδου μοντέλο δεδομένων και ως εκ τούτου δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για δημιουργία οντολογιών εξειδικευμένου πεδίου ή οντολογικών λεξιλογίων και δε μπορεί να χρησιμοποιήσει βασικές οντολογικές αρχές μοντελοποίησης. Επίσης, δεν είναι κατάλληλη για διαμοιραζόμενες πηγές στον παγκόσμιο ιστό και δε διαθέτει μηχανή συμπερασμού. Από την άλλη πλευρά το RDF (Resource Description Framework, Πλαίσιο Περιγραφής Πόρων) σχεδιάστηκε για την αναπαράσταση μεταδεδομένων που περιγράφουν πόρους του ιστού χρησιμοποιώντας τρεις τύπους αντικειμένων:

- Πόρους (resources), δηλαδή οντότητες που περιγράφονται στις εκφράσεις του RDF και πάντοτε αναγνωρίζονται με κάποιο URI ή και ένα επιπλέον id.
 - Ιδιότητες (properties), που ορίζουν συγκεκριμένες παραμέτρους, χαρακτηριστικά, ιδιότητες ή σχέσεις, τα οποία χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν ένα πόρο.
 - Δηλώσεις (statements), που αντιστοιχούν μία τιμή για μία ιδιότητα σε έναν πόρο (η τιμή αυτή μπορεί να είναι με τη σειρά της μία άλλη RDF δήλωση).
- [26]

Ένα παράδειγμα σημασιολογικής επέκτασης του RDF είναι το RDF schema ή RDFS. Το RDFS δεν προϋποθέτει επιπλέον συντακτικούς περιορισμούς. Είναι το σύστημα τύπων του RDF και όπως και το RDF, το RDFS βασίζεται σε κλάσεις και ιδιότητες. Το RDF είναι απλά ένα πλαίσιο περιγραφής πόρων. Ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει το δικό του λεξικό βασισμένο στο RDF και να περιγράψει τα δεδομένα που θέλει κατά την κρίση του. Το RDFS καλύπτει τα προβλήματα που θα προέκυπταν από μια τέτοια ελευθερία.

[26]: «Ανάπτυξη και υλοποίηση δικτυακής πύλης αναζήτησης και εύρεσης βιβλίων βασισμένη σε τεχνολογίες Web 2.0 και σε οντολογίες με χαρακτήρα εξατομικευσης».

Το RDFS αποτελεί μια πρώτη απόπειρα σημασιολογικής επισημείωσης περιεχομένου του διαδικτύου. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι βάζει τάξη στη σημασιολογία του RDF ορίζοντας για παράδειγμα την κλάση του 'is subclass of'. Δεν εξαρτάται πλέον από την εφαρμογή η μετάφραση μιας σχέσης αλλά αυτό γίνεται από το RDFS, δίνοντας τη δυνατότητα με το λεξικό RDFS, οι εφαρμογές να μπορούν να συνεργαστούν σε κοινή βάση. Στην ουσία το RDF είναι απλά ένα πλαίσιο αναπαράστασης της γνώσεως και το RDFS είναι το πρότυπο που περιγράφει πως μπορεί να χρησιμοποιηθεί το RDF προκειμένου να περιγραφεί το περιεχόμενο του Διαδικτύου. Τα πάντα στο RDFS είναι URIs, μια αντίληψη που διατηρήθηκε σε όλη την πορεία ανάπτυξης του σημασιολογικού ιστού. Ο καθορισμός της ορολογίας του RDFS βασίζεται πάνω στο RDF. Γι' αυτό και συνήθως αναφέρεται ως RDFS. Στο σχήμα 2.6.2 βλέπουμε που βρίσκονται οι γλώσσες αναπαράστασης οντολογιών ανάμεσα στα στρώματα ενός σημασιολογικού δικτύου.



Σχήμα 2.6.2 Γλώσσες υλοποίησης οντολογιών ανάμεσα στα στρώματα του ΣΔ.

2.6.3 OIL

Ακρωνύμιο που σημαίνει 'Ontology Inference Layer'. Η σημασιολογία (semantics) της OIL ένας από τους βασικούς στόχους, ήταν η ενοποίηση με τις εφαρμογές RDF. Επομένως, τα περισσότερα RDF σχήματα είναι έγκυρες OIL οντολογίες και οι περισσότερες OIL οντολογίες μπορούν να αναγνωριστούν από επεξεργαστές RDF. Σε αντίθεση με το RDF, η OIL έχει καθορισμένη σημασιολογία.

Η OIL αποτελείται από επίπεδα, καθένα από τα οποία προσθέτει επιπλέον λειτουργικότητα στο προηγούμενο. Στη βάση της OIL είναι το RDFS, το οποίο θεωρείται ως Core OIL. Η OIL διαχωρίστηκε σε τρία υποσύνολα της γλώσσας ανάλογα με την επιθυμητή εκφραστικότητα του κάθε υποσυνόλου. Η Standard OIL απλά προσθέτει μερικά στοιχεία στην Core OIL. Η Instance OIL προσθέτει τη δυνατότητα στη δημιουργία στιγμιότυπων (instances) του μοντέλου. Στην πράξη επιτρέπει τη χρήση της RDF για περιγραφή στιγμιότυπων. Τρίτο και τελευταίο υποσύνολο αποτελεί η Heavy OIL η οποία συμπεριλαμβάνει τις πλήρεις δυνατότητες της γλώσσας. Τα θετικά στοιχεία της OIL πηγάζουν από τη βάση της στην Περιγραφική Λογική. Υπάρχουν όμως αρνητικά σημεία καθώς είναι πιθανό να προκύψουν λογικές ασυμβατότητες μεταξύ των εννοιών για την αντιμετώπιση των οποίων δε δίνονται οδηγίες. Για τους λόγους αυτούς η OIL χρησιμοποιήθηκε ως η πρώτη απόπειρα προσθήκης σημασιολογίας σε RDF γράφους αλλά εξελίχθηκε στην DAML+OIL.

2.6.4 DAML+OIL

Η US DARPA (Defence Advanced Research Project Agency) σε συνεργασία με την EU CAML (Committee on Agent Markup Languages) δημιούργησαν την DAML+OIL. Η DAML+OIL είναι επέκταση του RDF Schema. Οι πρώτες εκδόσεις της DAML+OIL ονομάζονταν DAML-ONT αλλά το όνομά της άλλαξε σε μία προσπάθεια να προσελκύσει τον κόσμο που εργαζόταν σε OIL. Όπως και η OIL, η DAML+OIL βασίζεται σε περιγραφική λογική.

Οι περιγραφικές δυνατότητες της DAML+OIL είναι κατά πολύ παρόμοιες με αυτές της OIL. Η DAML+OIL, όπως και η OIL επιτρέπει την τομή, ένωση και άρνηση μεταξύ εκφράσεων κλάσεων και επίσης έχει τη δυνατότητα να θέτει περιορισμούς σε αριθμούς συνόλων. Η DAML+OIL έχει μερικές διαφορές από την OIL. Η DAML περιέχει την ιδιότητα `Daml:hasValue`, η οποία δεν έχει αντίστοιχη στην OIL. Η ιδιότητα αυτή χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι τουλάχιστον μια από τις τιμές `slot` πρέπει να ισούται με τη δηλωθείσα τιμή. Η `Daml:UniqueProperty` δηλώνει ότι μια ιδιότητα μπορεί να έχει μόνο μια τιμή ανά στιγμιότυπο (instance). Η `Daml:UnambiguousProperty` υπονοεί ότι μια τιμή μπορεί να ανήκει μόνο σε ένα στιγμιότυπο (instance). Τέλος, επιτρέπει και τη χρήση της `Daml:Imports` για την εισαγωγή οντολογιών. Η δήλωση αυτή εισάγει όλες τις δηλώσεις μιας άλλης οντολογίας στην παρούσα. Οι τύποι της XSD όπως `integers`, `strings` κα. υποστηρίζονται για πρώτη φορά στην DAML+OIL. [27]

2.6.5 OWL

Η OWL έχει σχεδιαστεί για τις εφαρμογές που πρέπει να επεξεργαστούν το περιεχόμενο των πληροφοριών αντί απλά να παρουσιάσουν τις πληροφορίες στους ανθρώπους. Σύμφωνα με το W3C, ο σκοπός της OWL είναι να παρασχεθεί ένα τυποποιημένο σχήμα που είναι συμβατό με την αρχιτεκτονική του World Wide Web και του Semantic Web. Η τυποποίηση των οντολογιών σε γλώσσα OWL θα κάνει τα δεδομένα στο Web περισσότερο επεξεργάσιμα από μηχανές και επαναχρησιμοποιήσιμα στις εφαρμογές.

Έναυσμα για τη δημιουργία της OWL αποτέλεσαν οι ελλείψεις και οι περιορισμοί που εντοπίζονται στις προαναφερθέντες γλώσσες αναπαράστασης οντολογιών. Το γεγονός αυτό οδήγησε το Web Ontology Working Group της W3C και άλλων ερευνητικών ομάδων στη πρόταση μιας νέας, εκφραστικά πιο ισχυρής γλώσσας, την OWL. [28]

[27]: Προέρχονται από την Διδακτορική εργασία «Σημασιολογικός Εμπλουτισμός της Πληροφορίας σε Σχεσιακές Βάσεις Δεδομένων και Συστήματα με Επίγνωση Περιβάλλοντος».

[28]: Από τον δικτυακό τόπο www.adtmag.com/article.asp?id=8144.

Η δημιουργία της OWL (Ontology Web Language – Γλώσσα Οντολογίας Ιστού) ουσιαστικά ξεκινά με την επίσημη έναρξη του έργου DAML τον Φεβρουάριο του 2004 από την W3C Recommendation. Η DAML σε συνδυασμό με την OIL παρήγαγε την DAML+OIL η οποία είναι μια επέκταση του RDFS και η επέκταση της DAML+OIL είναι η OWL, η οποία σήμερα φαίνεται ως η πιο αξιόπιστη λύση. Στην OWL ο κόσμος θεωρείται ως ένα σύνολο κλάσεων, ιδιοτήτων και ατόμων. Διαθέτει μεγαλύτερη εκφραστικότητα η οποία σαφώς είναι αναγκαία για το Σημασιολογικό Ιστό καθώς και επιτρέπει τη χρήση συστημάτων συλλογισμού για την διεξαγωγή αποτελεσματικών συμπερασμών πάνω στις οντολογίες που αναπαρίσταται στον Ιστό με αυτή τη γλώσσα. [29]

[29]: Προέρχονται από την διπλωματική εργασία «Ανάπτυξη και υλοποίηση δικτυακής πύλης αναζήτησης και εύρεσης βιβλίων βασισμένη σε τεχνολογίες Web 2.0 και σε Οντολογίες με χαρακτήρα εξατομίκευσης .

Κεφάλαιο 3^ο

Οντολογίες στην Υγεία

3.1 Τι είναι μια οντολογία υγείας

Οντολογία υγείας είναι ένα μοντέλο που έχει γνώση από ένα κλινικό τομέα. Περιέχει το σύνολο των σχετικών εννοιών που σχετίζονται με τη διάγνωση, τη θεραπεία, τις κλινικές διαδικασίες και τα δεδομένα των ασθενών. [30]

3.1.1 Γενικά

Σήμερα η ιατρική οντολογία είναι η ραχοκοκαλιά αξιόπιστων και αποτελεσματικών εφαρμογών στον τομέα της ιατρικής φροντίδας. Μπορεί να βοηθήσει στην ανάπτυξη πιο ισχυρών και διαλειτουργικών συστημάτων πληροφορίας στον τομέα αυτό. Μπορούν να υποστηρίξουν την ανάγκη του τομέα της ιατρικής φροντίδας στην μεταφορά, επαναχρησιμοποίηση και διαμοιρασμό των δεδομένων των ασθενών και παρέχουν κριτήρια βασισμένα σε σημασιολογία για να υποστηριχτούν στατιστικά στοιχεία για διάφορους σκοπούς.

Η χρήση των οντολογιών στην ιατρική κυρίως εστιάζονται στην εκπροσώπηση και στην (επαν-) οργάνωση των ιατρικών ορολογιών. Οι γιατροί έχουν αναπτύξει δικές τους εξειδικευμένες γλώσσες και λεξικά, τα οποία τους βοηθούν να διατηρήσουν και να ανταλλάσουν ιατρικές γνώσεις και πληροφορίες σχετικά με τους ασθενείς που σχετίζεται με τις πληροφορίες.

[30]: Από τον δικτυακό τόπο <http://www.google.gr/search?a=Ontologies+in+Medical+Knowledge+Representation&oa>.

Από την άλλη μεριά τα συστήματα ιατρικής πληροφορίας χρειάζονται να είναι σε θέση να επικοινωνούν ξεκάθαρα με σύνθετες και αναλυτικές ιατρικές έννοιες (ενδεχομένως να εκφράζονται σε διαφορετικές γλώσσες). Αυτό είναι προφανώς ένα δύσκολο έργο που απαιτεί μία βαθιά ανάλυση της δομής και τις ιατρικές ορολογίες. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί από την κατασκευή ιατρικών οντολογιών για την αναπαράσταση τους στον τομέα της ιατρικής με τα συστήματα. [31]

Οι μονάδες υγείας δημιουργούν σε καθημερινή βάση τεράστιες ποσότητες δεδομένων διαφορετικού είδους (διοικητικά, οικονομικά, ιατρικά δεδομένα κ.α.) και διαφορετικής φύσης (ιατρικές εικόνες, ιατρικοί φάκελοι, βιοσήματα κ.α.). Συνεπώς η καλύτερη οργάνωση των δεδομένων με σκοπό την αποτελεσματικότερη ανάκτηση πληροφορίας αποτελεί μονόδρομο. Για το λόγο αυτό ο ευρύτερος χώρος της ιατρικής έχει στραφεί εδώ και καιρό στην τεχνολογία. Στην υγεία υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός ορολογικών συλλογών που αναπτύσσονται για διαφορετικούς λόγους (ευρετηρίαση και ανάκτηση πληροφοριών, ηλεκτρονικά αρχεία ασθενών, στατιστικές εκθέσεις σχετικά με τη θνησιμότητα κ.α.), σε διαφορετικά υποπεδία (ασθένειες, μικροοργανισμοί, ιατρικές συσκευές, διαδικασίες, φάρμακα) και από διαφορετικές οργάνώσεις (παγκόσμιος οργανισμός υγείας, κυβερνητικές αντιπροσωπίες, επαγγελματικές ενώσεις). Κάθε ορολογικό προϊόν αναπαριστάνει τον κόσμο με τρόπο συμβατό και κατάλληλο για το σκοπό για τον οποίο έχει αναπτυχθεί. Οι προσπάθειες με παγκόσμιο και καθολικό χαρακτήρα για την αναπαράσταση της γνώσης στο πεδίο της ιατρικής είμαι συνήθως προβληματικές, αφού, είτε είναι περιορισμένες σε εμβέλεια και καλύπτουν λίγους υποτομείς (π.χ. GALEN), είτε παρουσιάζουν προβλήματα οντολογικής οργάνωσης (π.χ. SNOMED). Έτσι, η επιθυμητή σημασιολογική διαλειτουργικότητα είναι δύσκολο να επιτευχθεί μέσω των υπάρχοντων ορολογικών πόρων.

Η αυξανόμενη διαθεσιμότητα μεγάλου όγκου ιατρικών κειμένων σε online μορφή (π.χ. άρθρα σε περιοδικά, εγκυκλοπαίδειες, αρχεία ασθενών) επιβάλλει την ανάπτυξη εφαρμογών βασισμένων στην επεξεργασία της γνώσης (Knowledge processing). Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών περιλαμβάνουν την εννοιοκεντρική ευρετηρίαση και ανάκτηση, εφαρμογές ερωτήσεων απαντήσεων και γενικότερα εφαρμογές κατανόησης κειμένου και εξαγωγής πληροφορίας από κείμενα ή βάσεις δεδομένων. Μια έγκυρη αναπαράσταση της γνώσης του ιατρικού πεδίου, κυρίως μέσω οντολογιών, απαιτείται από όλες τις προαναφερθείσες εφαρμογές.

[31]: Από τον δικτυακό τόπο <http://www.openclinical.org/ontologies.html> και «The unexpected high practical value of medical Ontologies».

Πολύ συχνά αντί για τον όρο οντολογία, χρησιμοποιείται ο όρος σημασιολογικό δίκτυο (semantic network), που αποτελεί μια τεχνική για την αναπαράσταση της γνώσης και χρησιμοποιείται κυρίως για την λεπτομερή ανάλυση των κειμένων. Το πιο γνωστό σημασιολογικό δίκτυο στο χώρο της βιοϊατρικής πληροφορικής είναι το UMLS. Όπως και άλλα δίκτυα, τα σημασιολογικά δίκτυα αποτελούνται από κόμβους με συνδέσεις μεταξύ τους.

Οι κόμβοι αντιπροσωπεύουν τις έννοιες. Μια έννοια είναι μια αφηρημένη κατηγορία, τα μέλη της οποίας είναι αντικείμενα που ομαδοποιούνται επειδή μοιράζονται κοινά χαρακτηριστικά γνωρίσματα ή ιδιότητες. Τα σημασιολογικά δίκτυα υποστηρίζουν ιεραρχικές και συσχετικές σχέσεις μεταξύ των κόμβων, όπως είναι για παράδειγμα η σχέση μεταξύ των εννοιών δολοφονία και θάνατος, που μπορεί να περιγραφεί ως εξής: δολοφονία <είναι μια αιτία> θάνατος. Η αντίστροφη σχέση μπορεί να εκφραστεί: θάνατος <προκαλείται από> δολοφονία. Τα αντικείμενα καλούνται πραγματώσεις (instances) της έννοιας. Οι συνδέσεις εμφανίζονται σε ζεύγη για να αντιπροσωπεύσουν μια σχέση και την αντίστροφη σχέση της. Για παράδειγμα, η έννοια «μηρός» συσχετίζεται με το «πάνω μέρος της έννοιας πόδι» με τη σχέση <has_location>, ενώ η αντίστροφη της σχέσης <location_of> συσχετίζει αντίστοιχα «το πάνω μέρος του ποδιού» με την έννοια «μηρός».

3.2 Θετικά και αρνητικά των οντολογιών στην ιατρική

Θετικά:

- Οι οντολογίες μπορούν να βοηθήσουν στην δημιουργία πιο ισχυρών συστημάτων πληροφοριών στον τομέα της υγείας.
- Οι οντολογίες μπορούν να παρέχουν σημασιολογικά κριτήρια για την υποστήριξη διάφορων στατιστικών συναθροίσεων για διαφορετικούς σκοπούς.
- Οι οντολογίες μπορούν να υποστηρίξουν την ανάγκη της διαδικασίας της υγειονομικής περίθαλψης για την μετάδοση, την επαναχρησιμοποίηση και την κοινή χρήση των δεδομένων των ασθενών.

- Οι οντολογίες έχουν την ικανότητα να υποστηρίζουν την απαραίτητη ενσωμάτωση της γνώσης και των δεδομένων για τα υγειονομικά συστήματα περίθαλψης.

Αρνητικά:

- Κάποιοι παραμένουν επιφυλακτικοί σχετικά με τις επιπτώσεις που μπορούν να έχουν οι οντολογίες για τον σχεδιασμό και τη συντήρηση συστημάτων στην υγεία. [32]

3.3 Παραδείγματα οντολογιών και σημασιολογικών δικτύων που κυριαρχούν στο πεδίο της βιοϊατρικής

Σκοπός των ιατρικών οντολογιών είναι η μελέτη κλάσεων οντοτήτων που έχουν ιατρικό ενδιαφέρον. Οι οντολογίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με το πεδίο που προσπαθούν να περιγράψουν ή το επίπεδο αναλυτικότητας που παρέχουν και στην κατηγοριοποίηση σύμφωνα με το πεδίο που αναπαριστούν περιλαμβάνονται οι *upper* και *domain* οντολογίες. Οι κύριες κατηγορίες που αναπαρίστανται στις οντολογίες θα πρέπει να είναι διαμοιραζόμενες μεταξύ των οντολογιών. Έτσι οι κατηγορίες των *upper* οντολογιών θα πρέπει να είναι συμβατές με τις ισοδύναμες σημασιολογικά περιοχές στις αντίστοιχες *domain* οντολογίες.

Οι οντολογίες παίζουν πρωταρχικό ρόλο στην έρευνα της ιατρικής πληροφορικής, συμβάλλοντας για παράδειγμα στην επεξεργασία φυσικής γλώσσας, στη διαλειτουργικότητα μεταξύ συστημάτων και πρόσβαση σε ανομοιογενείς πηγές πληροφορίας περιλαμβάνοντας και το σημασιολογικό δίκτυο. Οι οντολογίες όλο και πιο πολύ συμμετέχουν στη χρήση διάφορων πηγών πληροφορίας σε μια ποικιλία εφαρμογών.

[32]: Από τον δικτυακό τόπο <http://www.openclinical.org/ontologies.html>.

3.3.1 FMA

Μια από τις πιο συστηματικά δομημένες οντολογίες στη βιοϊατρική είναι το θεμελιώδες μοντέλο ανατομίας (foundational model of anatomy ή FMA), το οποίο ξεκίνησε ως μια οντολογία πεδίου (domain ontology) με κλάσεις και σχέσεις που αναφέρονται στη δομική οργάνωση του ανθρώπινου σώματος. [33]

Οι εκδότες του έχουν περιγράψει εκτενώς την αυστηρή προσέγγιση που χρησιμοποίησαν για την ανάπτυξη της, στηριζόμενοι σε ένα σύνολο δηλωμένων αρχών σε σχήματα ύψιστης στάθμης, στους αριστοτελικούς ορισμούς και στο φορμαλισμό πλαισίων (frame-based). Ταυτόχρονα, προσπάθειες για τη μετατροπή της πλαισιοκεντρικής αναπαράστασης της FMA σε μια αναπαράσταση που βασίζεται στην περιγραφική λογική (description logic), χρησιμοποιώντας το φορμαλισμό OWL έχουν αποδώσει και η FMA σε μορφή OWL είναι πλέον διαθέσιμη. Αν και αναπτύχθηκε αρχικά ως επέκταση του περιεχομένου του UMLS που αφορά τις ανατομικές έννοιες, η FMA προτείνεται τώρα ως οντολογία αναφοράς χρήσιμη για τη σύνδεση των διαφορετικών απόψεων στον τομέα της ανατομίας, την εναρμόνιση των υπάρχουσών και αναδυόμενων οντολογιών στη βιοϊατρική πληροφορική και την παροχή ενός προτύπου αναπαράστασης των βιολογικών λειτουργιών, που βασίζεται στην έννοια του δομημένου σχεδίου. Για παράδειγμα, ο ορισμός της ανατομικής δομής στην FMA εκφράζεται με λογικούς όρους ως εξής: Η ανατομική δομή <είναι> υλική φυσική ανατομική οντότητα η οποία <έχει> μια εγγενώς τρισδιάστατη μορφή. Παράγεται από τη συντονισμένη έκφραση των ίδιων των δομικών γονιδίων του οργανισμού και <αποτελείται> από μέρη που είναι ανατομικές δομές και <σχετίζονται χωρικά> η μία με την άλλη σε σχήματα που <καθορίζονται> από τη συντονισμένη έκφραση των γονιδίων.

Σε αυτό τον ορισμό, η υλική φυσική ανατομική οντότητα είναι το γένος στο οποίο ανήκει η ανατομική δομή, ενώ τα υπόλοιπα μέρη της περιγραφής είναι τα διαφοροποιητικά χαρακτηριστικά που διακρίνουν την ανατομική δομή από οποιουδήποτε άλλους τύπους που επίσης μπορούν να υπαχθούν στην κλάση υλική φυσική ανατομική οντότητα. Η FMA αποκαλείται θεμελιώδης από τους υπεύθυνους ανάπτυξης για δύο λόγους:

[33]: Από τον δικτυακό τόπο <http://sig.biostr.washington.edu/projects/fm/AboutFM.html>.

- Η ανατομία είναι θεμελιώδης σε όλους τους τομείς της βιοϊατρικής και
- οι ανατομικές έννοιες και οι σχέσεις που καλύπτονται από την FMA μπορούν να γενικευτούν σε όλους αυτούς τους τομείς.

Με τον όρο ανατομική έννοια εννοείται εδώ μια μονάδα γνώσης που αναφέρεται σε μία ανατομική οντότητα. Η FMA περιέχει σήμερα πάνω από 80.000 ευδιάκριτες ανατομικές έννοιες αναπαριστώντας δομές που κυμαίνονται στο μέγεθος από μακρομοριακά συστήματα και τμήματα κυττάρων σε μεγαλύτερα μέρη του σώματος. Αυτές οι έννοιες συνδέονται με περισσότερες από 1,5 εκατομμύριο πραγματώσεις και 176 είδη σχέσεων. Έτσι η FMA σήμερα θεωρείται η μεγαλύτερη και πληρέστερη οντολογία αναφοράς.

3.3.2 GALEN

Ο στόχος του έργου GALEN εξαρχής ήταν να δημιουργήσει επαναχρησιμοποιήσιμους ορολογικούς πόρους για τα κλινικά συστήματα. Στην καρδιά του GALEN βρίσκεται το Common Reference Model (CRM), μια οντολογία που διατυπώνεται με ένα εξειδικευμένο φορμαλισμό περιγραφικής λογικής το GRAIL. Οι υπεύθυνοι ανάπτυξης έχουν περιγράψει τα οντολογικά ζητήματα που αντιμετώπισαν, καθώς επίσης και τις βασικές αρχές και τις συγκεκριμένες μεθόδους που χρησιμοποίησαν για να εξετάσουν τις διάφορες προκλήσεις κατά τη μοντελοποίηση του. Μερικά από τα πιο ενδιαφέροντα προβλήματα που κλήθηκαν να αντιμετωπίσουν είναι ο χειρισμός της αβεβαιότητας (uncertainty), η αναπαράσταση της γνώσης που αφορά τις ασθένειες και η αναπαράσταση των προκαθορισμένων επιλογών και των εξαιρέσεων. Σήμερα, δεδομένου ότι το πρόγραμμα κινείται μακριά της χρηματοδοτούμενης έρευνας από την ΕΕ, τα μέλη των κοινοπραξιών που συμμετείχαν στις προηγούμενες φάσεις του προγράμματος έχουν σχηματίσει το OpenGALEN. Το OpenGALEN είναι ένα ίδρυμα με σκοπό να καταστήσει δυνατή την εκμετάλλευση και την περαιτέρω ανάπτυξη της τεχνολογίας GALEN. [34] Έτσι σήμερα ο στόχος του OpenGALEN είναι η προώθηση της υγείας μέσω τόνωσης της χρήσης και ανάπτυξης της τεχνολογίας GALEN, ως βάση για τη διδασκαλία, την κατάρτιση και τις υπηρεσίες στον τομέα της ιατρικής ορολογίας, της γλώσσας, της γνώσης και των πληροφοριών.

[34]: Από τον δικτυακό τόπο <http://www.openehr.org/>.

3.3.3 Gene Ontology

Η οντολογία γονιδίων (Gene Ontology, GO) δημιουργήθηκε με στόχο να καλύψει την ανάγκη για συνεπή αναπαράσταση των πληροφοριών που αφορούν τα προϊόντα των γονιδίων σε διάφορες βάσεις δεδομένων. [35] Το έργο ξεκίνησε ως συνεργασία μεταξύ των υπεύθυνων ανάπτυξης τριών πρότυπων βάσεων σχετικά με οργανισμούς τη FlyBase (*Drosophila*), τη Saccharomyces Genome Database (SGD) και τη Mouse Genome Database (MGD). Έκτοτε, έχει ενσωματώσει πολλές βάσεις δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των σημαντικότερων αρχείων γονιδιωμάτων σε όλο τον κόσμο. Η χρήση των όρων της οντολογίας GO από διάφορες συνεργαζόμενες βάσεις δεδομένων διευκολύνει τη διατύπωση ομοιόμορφων ερωτήσεων σε αυτές. Από δομικής απόψεως η GO διαιρείται σε τρεις οντολογίες, οι κορυφαίοι κόμβοι των οποίων είναι οι: Cellular component (Συστατικό κυττάρου), Molecular function (Μοριακή λειτουργία) και Biological process (Βιολογική διεργασία). Οι τρεις επιμέρους οντολογίες επιτρέπουν την περιγραφή των προϊόντων γονιδίων σε σχέση με αυτές τις κατηγορίες, δηλαδή επιτρέπουν τη διατύπωση απαντήσεων στους τρεις σημαντικότερους τύπους ερωτήσεων που προκύπτουν όταν ανακαλύπτεται ένα νέο γονιδιακό προϊόν. Οι ερωτήσεις είναι:

- Σε ποιο σημείο του κυττάρου βρίσκεται;
- Ποιες λειτουργίες επιτελεί στο μοριακό επίπεδο;
- Σε ποιες βιολογικές διεργασίες συμβάλουν αυτές οι λειτουργίες;

Οι οντολογίες κατασκευάζονται με βάση τις λογικές σχέσεις υπαγωγής, δηλαδή τη σχέση γένους – είδους *is_a* και τη μεριστική σχέση *part_of*. Αυτά τα τρία δομημένα δίκτυα αντιμετωπίζονται στη GO ως χωριστές οντολογίες, ενώ καμία οντολογική σχέση δεν καθορίζεται μεταξύ τους. Ένα από τα βασικότερα προβλήματα που έχουν εντοπιστεί στην οντολογία Go είναι η ασυνεπής διαχείριση των σχέσεων μεταξύ των εννοιών και κυρίως στη σχέση *is_a*. Παρά τους περιορισμούς της, η GO έχει επιτύχει τη διαδεδομένη χρήση στη βιολογική κοινότητα και καταβάλλονται προσπάθειες να αναπαρασταθεί σε κάποιο φορμαλισμό περιγραφής λογικής ώστε να βελτιωθεί η καταλληλότητα της για χρήση από υπολογιστές.

[35]: Από τον δικτυακό τόπο <http://www.geneontology.org/GO.contents.doc.shtml>.

3.3.4 UMLS

Το Σύστημα Ενοποιημένης Ιατρικής Γλώσσας (Unified Medical System ή UMLS), που έχει αναπτύξει η Εθνική Βιβλιοθήκη Ιατρικής (National Library of Medicine ή NLM) των Η.Π.Α. έχει ως στόχο να ξεπεραστούν τα προβλήματα ετερογένειας μεταξύ της ορολογίας που χρησιμοποιούν διαφορετικοί οργανισμοί στον τομέα της υγείας και να διευκολυνθεί η ανάπτυξη υπολογιστικών συστημάτων που συμπεριφέρονται σαν να καταλαβαίνουν τη σημασία της γλώσσας της βιοϊατρικής και της υγείας. [36] Με αυτό το στόχο η NLM παράγει και διανέμει τις πηγές γνώσης UMLS (βάσεις δεδομένων) και τα σχετικά εργαλεία λογισμικού (προγράμματα) προς χρήση για την ανάπτυξη συστημάτων ηλεκτρονικών πληροφοριών που δημιουργούν, επεξεργάζονται, ανακτούν και ενσωματώνουν στοιχεία βιοϊατρικής και πληροφορίες σχετικά με τον τομέα της υγείας. Οι πηγές γνώσης UMLS έχουν σχεδιαστεί για πολλές χρήσεις.

Ο Μεταθησαυρός (Metathesaurus) είναι μια εκτενής, πολυχρηστική και πολύγλωσση εννοιολογική βάση δεδομένων, που έχει σχεδιαστεί για πολλές εφαρμογές και χρήσεις και περιέχει έννοιες και όρους από περίπου 100 διαφορετικά λεξιλόγια, ταξινομίες και θησαυρούς. Ο Μεταθησαυρός περιέχει πληροφορίες για τις βιοϊατρικές και σχετικές με την υγεία έννοιες, τα διάφορα ονόματα τους και τις σχέσεις μεταξύ τους. Χτίζεται από τις ηλεκτρονικές εκδόσεις πολλών διαφορετικών θησαυρών, τις ταξινομήσεις και τους καταλόγους ελεγχόμενων ορολογιών που χρησιμοποιούνται στην περίθαλψη. Επιπρόσθετα η ανάπτυξη του ενισχύεται από τις υγειονομικές υπηρεσίες, τις στατιστικές υπηρεσίες δημόσιας υγείας, τη βιοϊατρική βιβλιογραφία και την έρευνα βασικών, κλινικών και υγειονομικών υπηρεσιών.

Οι πηγές αυτές αναφέρονται ως 'λεξιλόγια πηγής' του Metathesaurus. Το σημασιολογικό δίκτυο (semantic network) παρέχει μια κατηγοριοποίηση των εννοιών που αντιπροσωπεύονται στο Μεταθησαυρό του UMLS, σε σημασιολογικούς τύπους και ένα σύνολο σχέσεων που υφίσταται μεταξύ αυτών των σημασιολογικών τύπων. Η τρέχουσα έκδοση του σημασιολογικού δικτύου περιέχει 135 σημασιολογικούς τύπους (ως κόμβους) και 54 σχέσεις (ως συνδέσεις μεταξύ των κόμβων). Οι σημασιολογικοί τύποι καθορίζονται με βάση τις περιγραφές και με τη βοήθεια άλλων πληροφοριών που είναι εγγενείς στις ιεραρχίες του. Βασικοί σημασιολογικοί κόμβοι στην ιεραρχία του UMLS είναι ο οργανισμός, η ανατομική δομή, η βιολογική λειτουργία, η χημική ουσία, το φυσικό αντικείμενο και η έννοια ή ιδέα.

[36]: Από τον δικτυακό τόπο <http://www.nlm.nih.gov/research/umls/>.

Τα τελευταία χρόνια έχει δημοσιευτεί πλήθος μελετών που αξιολογούν τη χρησιμότητα του UMLS ως πόρου ορολογίας και γνώσης σε ποικίλες εφαρμογές από τη μετάφραση όρων ως την κατασκευή οντολογιών πεδίου (όπως οι Foundational Model of Anatomy και Gene ontology, οι οποίες έχουν στηριχθεί στο σημασιολογικό δίκτυο του UMLS). Άλλες μελέτες έχουν εστιάσει στο ζήτημα του ρόλου του ίδιου του σημασιολογικού δικτύου του UMLS ως οντολογίας της βιοϊατρικής περιοχής. Μερικά από τα σημαντικότερα προβλήματα που εντοπίστηκαν, αφορούν την ασυμβατότητα που παρατηρήθηκε ανάμεσα σε οντολογίες ανωτέρου επιπέδου (top-level ontologies), όπως οι οντολογίες Wordnet και CyC.

Έτσι, παρατηρήθηκε ότι δυο κατηγορίες που έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά και τον ίδιο εντατικό ορισμό στο Wordnet και στο UMLS, παρόλα αυτά δεν περιλαμβάνουν τις ίδιες εκτάσεις. Για παράδειγμα, μολονότι το «σύμπτωμα» στο Wordnet περιλαμβάνει την «εγκεφαλίτιδα» αλλά και άλλους όρους, οι οποίοι στο UMLS είναι ταξινομημένοι ως «ασθένεια ή σύνδρομο». Τελευταία προτείνονται αναθεωρήσεις στο σημασιολογικό δίκτυο του UMLS, που αφορούν τη σαφή και ευκρινή διάκριση των ιεραρχικών σχέσεων is_a και part_of και κατά συνέπεια των σημασιολογικών τύπων που αναφέρονται σε είδη και μέρη, διάκριση που δεν εφαρμόζεται συστηματικά στις κατηγοριοποιήσεις του σημασιολογικού δικτύου.

3.4 Διαλειτουργικότητα στην υγεία

Ένα από τα πιο καίρια ζητήματα προς επίλυση αναπτύσσοντας πληροφοριακά συστήματα, ιδιαίτερα όταν σχετίζονται με τον ευρύτερο τομέα της ιατρικής, είναι η επίτευξη διαλειτουργικότητας. Διαλειτουργικότητα όχι μόνο σε πρωταρχικό επίπεδο (λεξιλόγιο κ.α.), αλλά και σε εννοιολογικό επίπεδο. Οι απαιτήσεις αυτές υποδεικνύουν τη χρήση σημασιολογικών μεθόδων, όπως οντολογίες και συστήματα γνώσης και αξιοποίηση των σύγχρονων τεχνολογιών σημασιολογικού ιστού, όπως οι γλώσσες αναπαράστασης RDF και OWL.

Η διαλειτουργικότητα στην πληροφορική ορίζεται ως η ικανότητα δύο ή περισσότερων πληροφοριακών συστημάτων να ανταλλάσσουν πληροφορία και να χρησιμοποιούν την πληροφορία που έχει ανταλλαχθεί. Για την επίτευξη πραγματικής διαλειτουργικότητας, τα συστήματα δεν πρέπει μόνο να είναι σε θέση να ανταλλάσσουν πληροφορία χρησιμοποιώντας κοινές αρχιτεκτονικές, μεθόδους και πλαίσια επικοινωνίας αλλά να την ερμηνεύσουν σωστά και να τη χρησιμοποιούν κατάλληλα χρησιμοποιώντας κοινούς τύπους δεδομένων, ορολογίες και οντολογίες και σχήματα κωδικοποίησης.

Γίνεται λοιπόν διάκριση μεταξύ λειτουργικής και σημασιολογικής διαλειτουργικότητας. Η δυνατότητα που δίνεται για επίτευξη διαλειτουργικότητας σε σημασιολογικό επίπεδο με χρήση των αναπτυσσόμενων τεχνολογιών του σημασιολογικού ιστού έχει αρκετές προοπτικές και πλεονεκτήματα. Αυτά είναι:

- Ανεξαρτησία από πρότυπα και απεικονιστικές τροπικότητες. Το κοινό μοντέλο αναπαράστασης γνώσης που προσφέρει η χρήση των RDF τριάδων επιτρέπει τη διαχείριση της πληροφορίας με κοινό τρόπο, είτε αυτή έχει κωδικοποιηθεί σε αρχεία κειμένου, είτε σε αρχεία DICOM, είτε σε άλλα ιατρικά πρότυπα όπως openEHR. Ειδικά για τις ιατρικές εικόνες, η προσέγγιση αυτή προσφέρει κοινή αντιμετώπιση της ρητής γνώσης που περιέχουν οι εικόνες ανεξάρτητα από την τροπικότητα (modality) της απεικόνισης.
- Συνεργασία νοσοκομειακών κέντρων και κλινικών. Οι σημασιολογικές τεχνολογίες μπορούν να διαδραματίσουν το ρόλο μιας 'ομπρέλας' που αναλαμβάνει τη διασύνδεση των ενδεχομένως διαφορετικών πληροφοριακών συστημάτων διαφόρων ιατρικών μονάδων και επιτρέπει τη συνεργασία των επιστημόνων υγείας μέσω μιας κοινής πλατφόρμας. Η συνεργασία των παραπάνω κέντρων με τους φορείς υγείας και κοινωνικής ασφάλισης μπορεί επίσης να βοηθήσει στη μείωση του βάρους των δημοφιλών στην Ελλάδα γραφειοκρατικών διαδικασιών.
- Βελτίωση ακριβείας διάγνωσης. Τα συστήματα που βασίζονται σε κοινά πρότυπα επιτυγχάνουν το συσχετισμό σε πραγματικό χρόνο συμπτωμάτων, αποτελεσμάτων εξετάσεων και εξατομικευμένων ιατρικών ιστορικών για τη συστηματική, διασταυρωμένη διάγνωση και την ανίχνευση τυχόν σφαλμάτων ενός απομονωμένου συστήματος.
- Στατιστικά αποτελέσματα μεγάλης κλίμακας. Η διαλειτουργικότητα μέσω των τεχνολογιών του παγκόσμιου ιστού δεν περιορίζεται στα στενά όρια των χωρών αλλά εκτείνεται σε παγκόσμια κλίμακα. Ήδη μεγάλες οντολογίες όπως η FMA, περιέχουν ισοδύναμες αναπαραστάσεις εννοιών σε άλλες γλώσσες εκτός της αγγλικής, προωθώντας τη διαλειτουργικότητα σε επίπεδο γλώσσας. Ένα αισιόδοξο μελλοντικό σενάριο περιλαμβάνει για παράδειγμα, τη συνεργασία των ιατρικών και βιοϊατρικών κέντρων ανά τον κόσμο για την αντιμετώπιση, μέσω στατιστικών μετρήσεων και πειραμάτων παγκόσμιας κλίμακας, μιας ενδεχόμενης πανδημίας.

Καθώς το κέντρο βάρους της υγείας και της βιοϊατρικής έρευνας και πράξης μετατοπίζεται από τα μεμονωμένα συστήματα προς την ενσωμάτωση μεγάλου όγκου δεδομένων μέσω των τεχνολογιών του σημασιολογικού ιστού, η σημασιολογική διαλειτουργικότητα θα διαδραματίζει όλο και πιο αποφασιστικό ρόλο στην επιτυχία του παραπάνω εγχειρήματος. Απώτερος στόχος του οποίου δεν είναι άλλος από την ουσιαστική βελτίωση των διαδικασιών ιατρικής διάγνωσης και θεραπείας .

Κεφάλαιο 4^ο

Το Λογισμικό Protégé

4.1 Τι είναι το Protégé

Το Protégé είναι ένα ελεύθερο λογισμικό, ανοιχτού κώδικα που παρέχει μια σουίτα εργαλείων για την κατασκευή domain models και knowledge – based εφαρμογές με οντολογίες. Η πιο πρόσφατη ανάπτυξη στην βασική οντολογία γλωσσών είναι η OWL οντολογία από το World Wide Web (W3C). Οι OWL οντολογίες έχουν τα ίδια συστατικά με τις οντολογίες της παραθυρικής εφαρμογής του Protégé. [37]

4.2 Γενικά

Το Protégé αποτελεί μια πλατφόρμα ανοικτού κώδικα (open source) βασισμένη σε java που παρέχει ένα σύνολο από εργαλεία για την μοντελοποίηση πεδίων γνώσης και ανάπτυξης και επεξεργασία οντολογιών. Πρωτοεμφανίστηκε το 1988 και στην αρχή αποτελούσε απλώς ένα μέσο για τη δημιουργία εργαλείων ανάκτησης γνώσης για έμπειρα συστήματα. Σήμερα, χάρη στις προσπάθειες του τμήματος ιατρικής πληροφορικής του Πανεπιστημίου του Stanford (Stanford Medical Informatics – SMI) το Protégé έχει εξελιχθεί σε ένα σύγχρονο εργαλείο μοντελοποίησης γνώσης, το οποίο εξελίσσεται με ταχύτατους ρυθμούς.

Το Protégé είναι μία ανεξάρτητη πλατφόρμα που λειτουργεί σε περιβάλλον Windows ή Macintosh και χρησιμεύει για τη δημιουργία και επεξεργασία οντολογιών, αλλά και στη διαχείριση βάσεων γνώσεων.

[37]: Από τον δικτυακό τόπο <http://protege.stanford.edu/overview/>.

Επιπλέον παρέχει τη δυνατότητα να θέτονται ερωτήματα από το χρήστη και να δίνονται απαντήσεις μέσα από τη βάση γνώσεων που έχει δημιουργηθεί. Βασικό του πλεονέκτημα είναι ότι περιέχει πολλά plugin που μπορούν να ενεργοποιηθούν και να προσφέρουν πολλές δυνατότητες στο χρήστη.

Το βασικό τμήμα του Protégé παρέχει ένα πλούσιο σύνολο από δομές μοντελοποίησης γνώσης και λειτουργίες που υποστηρίζουν τη δημιουργία, απεικόνιση και επεξεργασία οντολογιών σε μια πληθώρα τύπων αναπαράστασης. Επιπλέον, το Protégé μπορεί να επεκταθεί κάνοντας χρήση της αρχιτεκτονικής των plugins και μιας προγραμματιστικής διεπαφής (Application Programming Inference – API) βασισμένη σε java, την οποία υποστηρίζει για την ανάπτυξη εργαλείων και εφαρμογών επεξεργασίας οντολογιών.

Μια οντολογία περιγράφει το σύνολο των ρητών προσδιοριστικών εννοιών και συσχετίσεων που είναι σημαντικές σε ένα συγκεκριμένο πεδίο γνώσης, παρέχοντας ένα λεξικό για το πεδίο αυτό. Επίσης, προσδιορίζει τη σημασία των όρων που χρησιμοποιούνται στο συγκεκριμένο πεδίο και βρίσκονται στο λεξικό. Τα τελευταία χρόνια, οι οντολογίες συναντώνται σε αρκετές επιστημονικές και επαγγελματικές κοινότητες ως μέσο διαμερισμού, επαναχρησιμοποίησης και επεξεργασίας γνώσης σε συγκεκριμένα πεδία. Μία οντολογία αποτελείται από individuals, properties και classes, τα οποία αντιστοιχούν στο Protégé σε instances, slots και classes.

4.2.1 Individuals (στιγμιότυπα)

Τα individuals, αναπαριστούν αντικείμενα στο τομέα του ενδιαφέροντός μας. Μια σημαντική διαφορά ανάμεσα στις οντολογίες του Protégé και στις OWL οντολογίες είναι το γεγονός ότι στις OWL οντολογίες δύο διαφορετικά ονόματα μπορούν να αναφέρονται στο ίδιο individuals. Για παράδειγμα το ‘Queen Elizabeth’, ‘The Queen’ και ‘Elizabeth Windsor’ μπορούν να αναφέρονται όλα στο ίδιο individual. Στην OWL οντολογία πρέπει να αναφέρεται ξεκάθαρα ότι τα individuals είναι όμοια μεταξύ τους ή διαφορετικά. Τα individuals είναι επίσης γνωστά ως instances (στιγμιότυπα) και μπορούν να αναφέρονται ως ‘instances of classes’ (στιγμιότυπα των κλάσεων).

4.2.2 Properties (ιδιότητες – σχέσεις)

Τα properties είναι δυαδικές σχέσεις των individuals. Τα properties είναι τα αντίστοιχα slots (σχισμές) στο Protégé. Είναι επίσης γνωστά ως roles (ρόλοι) στην περιγραφική λογική και στις σχέσεις της UML και στις αντικειμενοστραφείς συσχετίσεις.

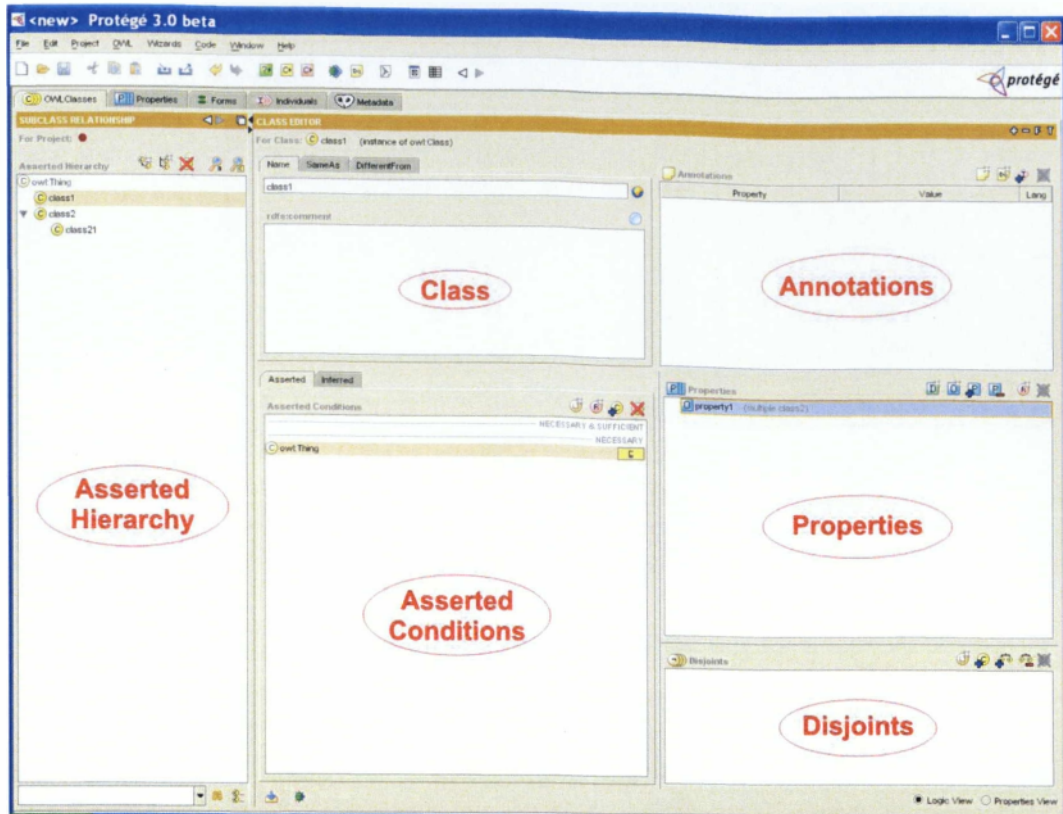
4.2.3 Classes (τάξεις – κλάσεις)

Οι κλάσεις της οντολογίας OWL περιέχουν individuals. Για παράδειγμα η κλάση «γάτα» μπορεί να περιέχει όλα τα individuals που είναι «γάτες» (κεραμιδόγατοι, άγκυρας κτλ.) στο τομέα του ενδιαφέροντος μας. Οι κλάσεις μπορούν να ταξινομηθούν – οργανωθούν σε μία ιεραρχία υπερκλάσης – υποκλάσης. Στην OWL οι κλάσεις χτίζονται με περιγραφές που καθορίζουν τις συνθήκες που πρέπει να ικανοποιούνται από ένα individual για να είναι μέλος της κλάσης.

4.3 Συνοπτική παρουσίαση του Protégé

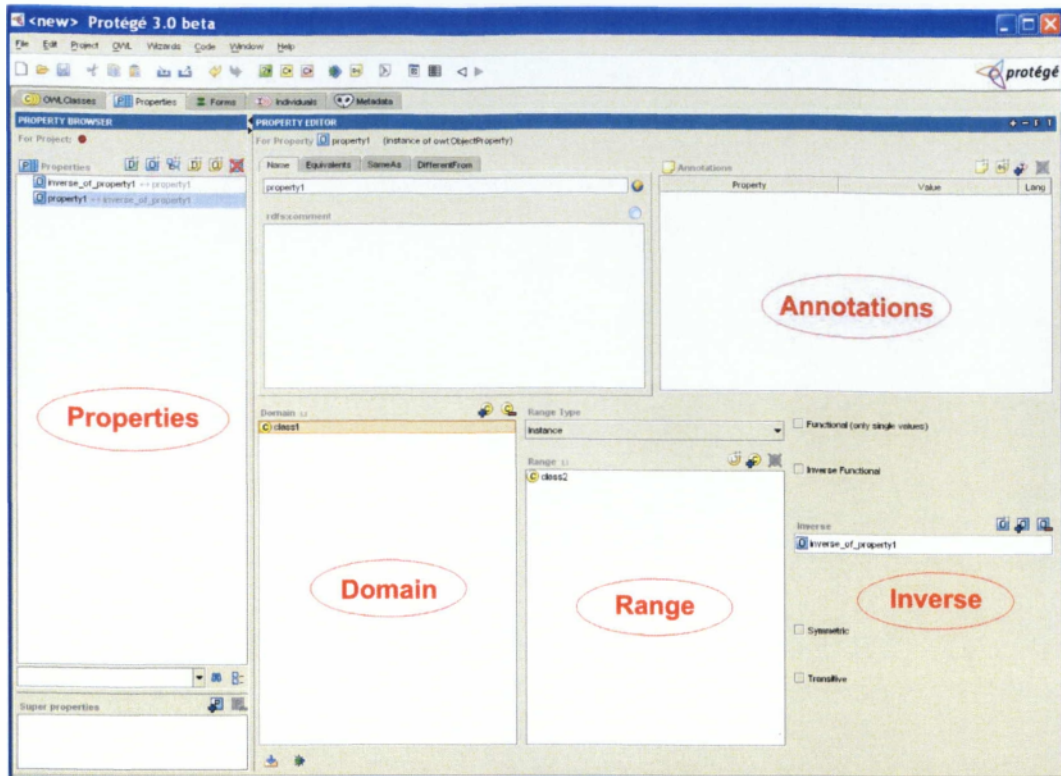
Το Protégé χρησιμοποιεί τη γλώσσα OWL. Το εργαλείο αυτό αποτελείται από πέντε βασικές καρτέλες ενώ υπάρχει και η δυνατότητα προσθήκης και άλλων με τη μορφή πρόσθετων (plugins). Η πρώτη καρτέλα έχει το όνομα OWL Classes και αποτελείται από έξι παράθυρα, τα οποία παρουσιάζονται στο σχήμα 4.3.1. Στο πρώτο αριστερά δημιουργούμε την ιεραρχία των κλάσεων της οντολογίας, στο παράθυρο class. Επεξεργαζόμαστε το όνομα της κάθε κλάσης ενώ μπορούμε να προσθέσουμε και σχόλια. Στο παράθυρο που βρίσκεται ακριβώς από κάτω δημιουργούνται οι περιορισμοί της οντολογίας. Στο παράθυρο Properties φαίνονται οι ιδιότητες της κάθε κλάσης. Τέλος, στο παράθυρο Disjoints τοποθετούνται οι κλάσεις, οι οποίες δεν μπορούν να έχουν κοινά στοιχεία με μία επιλεγμένη κλάση. [38]

[38]: Από τον δικτυακό τόπο <http://protege.stanford.edu/>.



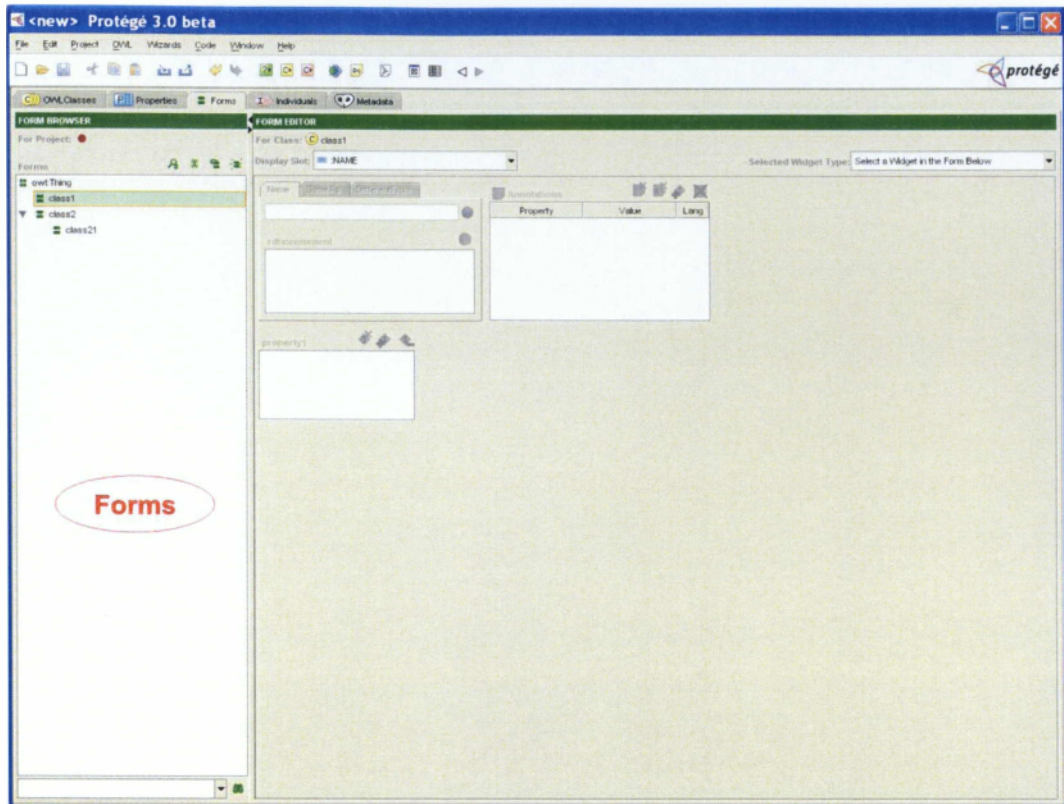
Σχήμα 4.3.1: Κλάσεις με το εργαλείο Protégé.

Η δεύτερη καρτέλα του Protégé έχει το όνομα properties (Σχήμα 4.3.2) και αποτελείται από πέντε παράθυρα, τα οποία παρουσιάζονται στο επόμενο σχήμα. Στο πρώτο αριστερά δημιουργούμε τις ιδιότητες και στο αμέσως διπλανό επεξεργαζόμαστε το όνομά τους ενώ υπάρχει και χώρος για σχόλια. Στο παράθυρο Domain τοποθετούμε τις κλάσεις, οι οποίες θα λειτουργήσουν ως το πεδίο ορισμού μιας ιδιότητας, ενώ στο παράθυρο range τοποθετούμε τις κλάσεις που θα λειτουργήσουν ως σύνολο τιμών για αυτήν την ιδιότητα. Τέλος, κάτω δεξιά υπάρχει ένας χώρος στον οποίο γίνεται ο χαρακτηρισμός των ιδιοτήτων και η δημιουργία αντίστροφων ιδιοτήτων.

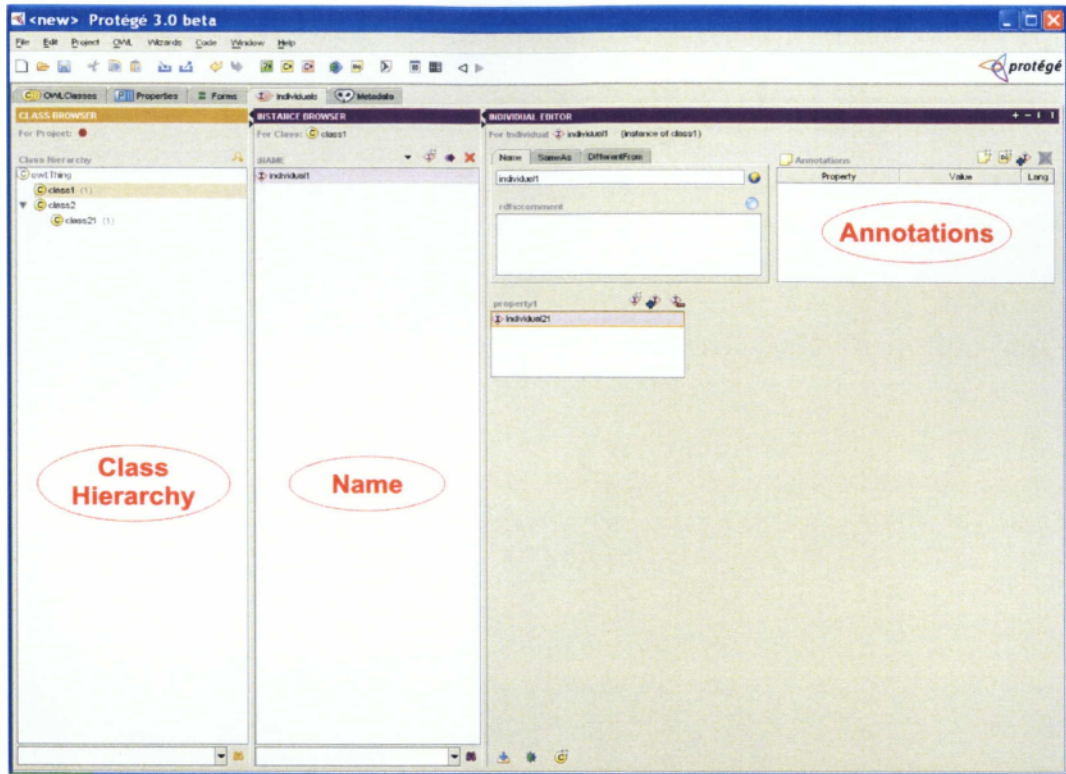


Σχήμα 4.3.2: Ιδιότητες με το εργαλείο Protégé.

Η καρτέλα Forms (Σχήμα 4.3.3) δεν περιλαμβάνει αντικείμενα της οντολογίας, αλλά αποτελεί έναν τρόπο μορφοποίησης των πεδίων για την καλύτερη οργάνωσή τους με στόχο βελτιωμένο αισθητικό αποτέλεσμα. Εδώ μπορούν να μεγεθύνουν ή να σμικρυνθούν τα πεδία τα οποία περιλαμβάνουν τα ονόματα που αντιστοιχούν σε μία κλάση και τα οποία συνδέονται μεταξύ τους μέσω των ιδιοτήτων που έχουν ορίσει. Τέλος υπάρχει η καρτέλα individuals (Σχήμα 4.4.4) που διαχειρίζεται τα άτομα που προσθέτουμε στην οντολογία.



Σχήμα 4.3.3: Μορφοποίηση των πεδίων της οντολογίας.



Σχήμα 4.3.4: Άτομα με το εργαλείο Protégé.

4.4 Οι δύο βασικοί τρόποι μοντελοποίησης οντολογιών από το πρόγραμμα Protégé

Η πλατφόρμα του Protégé υποστηρίζει δύο βασικούς τρόπους μοντελοποίησης οντολογιών: την εφαρμογή Protégé – Frames Editor, που δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να κατασκευάσουν και να δημοσιοποιήσουν οντολογίες που ακολουθούν το πλαίσιο του πρωτοκόλλου Open Knowledge Base Connectivity (OKBC) και την εφαρμογή Protégé – OWL Editor, που δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να κατασκευάσουν οντολογίες για τον σημασιολογικό ιστό και συγκεκριμένα για τη γλώσσα OWL.

4.4.1 Protégé – Frames Editor

Τα χαρακτηριστικά του Protégé – Frame Editor είναι:

- Ένα περιβάλλον εργασίας που μπορεί να προσαρμοστεί ώστε να δώσει στους χρήστες τη δυνατότητα να μοντελοποιήσουν τη γνώση και να εισάγουν δεδομένα με φόρμες που να αντιπροσωπεύουν τη γνώση και να εισάγουν δεδομένα με φόρμες που αντιπροσωπεύουν το εκάστοτε πεδίο.
- Μια αρχιτεκτονική plugin που επιτρέπει την ενσωμάτωση στοιχείων, όπως γραφικά, πολυμέσα, χρήση τυποποιήσεων (π.χ. RDF, XML, HTML) αλλά και πρόσθετων υποστηρικτικών εργαλείων για επεξεργασία ή απεικόνιση οντολογιών, εξαγωγής συμπερασμάτων κ.α.
- Μια προγραμματιστική διεπαφή (API) βασισμένη σε java που επιτρέπει στα plugins και σε άλλες εφαρμογές να έχουν πρόσβαση στη χρήση και την απεικόνιση οντολογιών που έχουν δημιουργηθεί μέσω του Protégé – Frames Editor.

4.4.2 Protégé OWL Editor

Αυτή η εφαρμογή επιτρέπει στους χρήστες να :

- Φορτώνουν και να σώζουν OWL και RDF οντολογίες.
 - Συντάσσουν και να απεικονίζουν κλάσεις, ιδιότητες και SWRL κανόνες.
 - Ορίζουν λογικά χαρακτηριστικά κλάσεων ως OWL παραστάσεις.
 - Εκτελούν λογικούς συλλογισμούς όπως τα Description Logic Classifiers.
 - Συντάσσουν την OWL με στόχο την οικοδόμηση του σημασιολογικού ιστού.
- [39]

4.5 Αρχιτεκτονική του Protégé

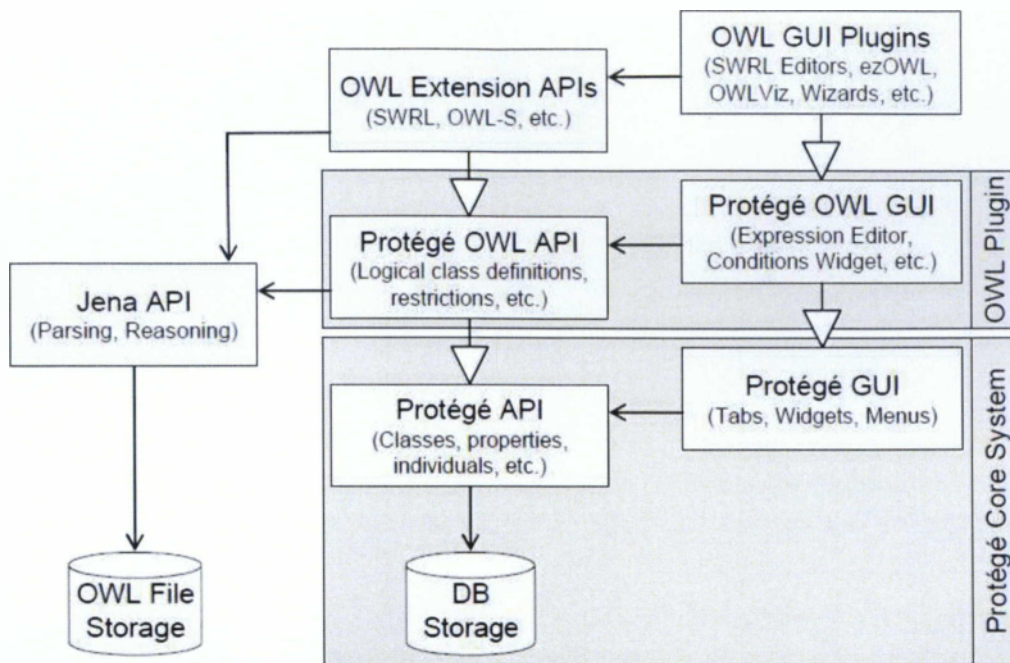
Όπως στα περισσότερα εργαλεία μοντελοποίησης, η αρχιτεκτονική του Protégé είναι καθαρά χωρισμένη στο τμήμα του μοντέλου και στο τμήμα της απεικόνισης. Το μοντέλο είναι ο μηχανισμός εσωτερικής αναπαράστασης για οντολογίες και βάση γνώσης. Τα εργαλεία της απεικόνισης παρέχουν ένα περιβάλλον για απεικόνιση και επεξεργασία του μοντέλου γνώσης.

Το μοντέλο του Protégé βασίζεται σε ένα απλό αλλά ευέλικτο μετα-μοντέλο, το οποίο συγκρίνεται με αυτό των αντικειμενοστραφών και βασισμένων σε πλαίσιο (frame based) συστημάτων. Γενικά, μπορεί να αναπαριστά οντολογίες που αποτελούνται από κλάσεις, ιδιότητες, χαρακτηριστικά των ιδιοτήτων και στιγμιότυπα. Το Protégé παρέχει μια ανοικτή προγραμματιστική διεπαφή βασισμένη σε java για να εκτελεί ερωτήματα και να διαχειρίζεται τα μοντέλα. Σημαντικό είναι επίσης το γεγονός ότι το μεταμοντέλο του Protégé αποτελεί το ίδιο μια οντολογία, με κλάσεις που αναπαριστούν κλάσεις, ιδιότητες κ.λπ., κάτι που του δίνει τη δυνατότητα εύκολα να μπορεί να επεκταθεί και να προσαρμοστεί σε άλλες αναπαραστάσεις.

[39]: Από τον δικτυακό τόπο <http://protege.stanford.edu/overview/>.

Χρησιμοποιώντας τα εργαλεία της απεικόνισης του Protégé, οι σχεδιαστές οντολογιών δημιουργούν κλάσεις, αναθέτουν ιδιότητες στις κλάσεις και περιορίζουν τα χαρακτηριστικά των ιδιοτήτων ορισμένων κλάσεων. 'Φορτώνοντας' μια οντολογία, το Protégé είναι σε θέση να παράγει επιφάνειες αλληλεπίδρασης με το χρήστη, μέσω των οποίων θα μπορούν οι χρήστες να δημιουργούν νέα στιγμιότυπα. Για κάθε κλάση της οντολογίας και για κάθε ιδιότητα της κλάσης δημιουργείται μία φόρμα με επεξεργάσιμα συστατικά (components – widgets). Οι φόρμες που δημιουργούνται μπορούν επιπλέον να διαμορφωθούν με το εργαλείο Protégé Forms Editor, όπου οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν εναλλακτικά widgets. Εκτός των widgets που παρέχει η βιβλιοθήκη του Protégé, το Protégé διαθέτει μια ευέλικτη αρχιτεκτονική που επιτρέπει στους προγραμματιστές να αναπτύσσουν τα δικά τους widgets, τα οποία στην συνέχεια μπορούν να συνδεθούν με τον πυρήνα του συστήματος της εφαρμογής. Ανάλογα μπορούν να αναπτυχθούν πλαίσια επιφανειών αλληλεπίδρασης με το χρήστη σε πλήρες μέγεθος (tabs), τα οποία θα περιέχουν διάφορα άλλα συστατικά. Εκτός από τη βασική συλλογή των tabs για τη συγγραφή κλάσεων, ιδιοτήτων, φορμών και στιγμιότυπων, υπάρχει και μια βιβλιοθήκη με επιπλέον tabs για την εκτέλεση ερωτημάτων για την πρόσβαση σε αποθήκες δεδομένων, για τη γραφική απεικόνιση οντολογιών και για την διαχείριση των εκδόσεων των οντολογιών. [40]

[40]: Από τον δικτυακό τόπο <http://protege.stanford.edu/plugins/owl/architecture.html>.



Σχήμα 4.5.1: Η αρχιτεκτονική των συστημάτων του Protégé.

Κεφάλαιο 5^ο

Μοντέλο K4Care

5.1 Γενικά

Στην ηλεκτρονική υγεία είναι απαραίτητο να αναπτυχθούν εφαρμογές τηλεματικής για την υποστήριξη ανθρώπων, σχετιζόμενων με την παροχή βασικής ιατρικής περίθαλψης (γιατροί, νοσηλευτές, ασθενείς, συγγενείς και γενικότερα πολίτες). Η περίθαλψη χρόνιων ασθενών και αναπήρων συμπεριλαμβάνει ισόβια θεραπεία, υπό τη συνεχή επίβλεψη ειδικών. Επιπλέον, οι εργαζόμενοι της υγειονομικής περίθαλψης και οι ασθενείς δέχονται το γεγονός, ότι η περίθαλψη σε νοσοκομεία ή σε αστικά συγκροτήματα μπορεί να μην είναι αναγκαία ή ακόμα και παραγωγική.

Από μια γενική σκοπιά, τέτοιοι ασθενείς μπορούν να προκαλέσουν κορεσμό στις εθνικές υπηρεσίες υγείας και να αυξήσουν τα έξοδα που σχετίζονται με την υγεία. Η αντιπαράθεση για την κρίση της χρηματοδότησης της υγειονομικής περίθαλψης είναι ανοικτή και αποτελεί βασικό πολιτικό θέμα για παλαιά και νέα κράτη μέλη της ΕΕ και θα μπορούσε να εμποδίσει την ευρωπαϊκή σύγκλιση. Για να αντιμετωπιστούν αυτές οι προκλήσεις η ιατρική μέριμνα στα ιατρικά κέντρα διαφοροποιείται από τη μέριμνα, στη γενική της έννοια (πρότυπο κατ' οίκον περίθαλψης). Στη δεύτερη περίπτωση η μέριμνα μπορεί αδιαμφισβήτητα να επωφεληθεί από την εισαγωγή της τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ).

Το μοντέλο K4Care αναπτύσσει μια πλατφόρμα για την διαχείριση των πληροφοριών, που χρειάζονται να εγγυηθούν μια υπηρεσία κατ' οίκον περίθαλψης, με ενσωμάτωση ΤΠΕ.

- Ενσωματώνει πληροφορίες διαφορετικών τύπων και διαφορετικών πηγών.
- Είναι ενσωματωμένη με ΤΠΕ, ενώ επιβεβαιώνει την ιδιωτική και προσαρμοσμένη πρόσβαση δεδομένων.
- Χρησιμοποιεί οντολογίες για να καθορίζει το προφίλ των ανθρώπων, που έχουν πρόσβαση (δηλ. γιατροί και ασθενείς) και των αντικειμένων (δηλ. ασθένεια και μελέτη).
- Διαθέτει μηχανισμό, που συνδυάζει και βελτιώνει τις οντολογίες για να προσωποποιήσει το σύστημα, λαμβάνοντας υπόψη τον τρόπο με τον οποίο εργάζεται ένας γιατρός, καθώς και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ασθενών.
- Ενσωματώνει την τεχνογνωσία από γηριατρικές κλινικές οδηγίες στα σχέδια επέμβασης.
- Δημιουργεί σχέδια επέμβασης από τις βάσεις δεδομένων των κέντρων υγειονομικής περίθαλψης, εάν οι κλινικές οδηγίες δεν υπάρχουν ή είναι ακατάλληλες για μία συγκεκριμένη περίπτωση.
- Διαμορφώνει ένα εμπειρικό εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων, που μπορεί να παρέχει ηλεκτρονικές υπηρεσίες σε όλους όσους εμπλέκονται στην κατ' οίκον περίθαλψη.
- Αποσπά στοιχεία από πραγματικούς ασθενείς και τα ενσωματώνει με δημοσιευμένα στοιχεία, που προκύπτουν από τυχαίες ελεγχόμενες δοκιμές.

Εάν τα πρωτόκολλα δεν είναι επαρκή, οι οδηγοί σε μια συγκεκριμένη κατάσταση του συστήματος (που είναι σχεδιασμένο για βάσεις δεδομένων του κέντρου υγείας) δεν διαμορφώνουν τη θεραπεία αλλά, σχεδιάζουν ένα εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων για όλους όσους εμπλέκονται στη φροντίδα στο σπίτι και παρέχει πληροφορίες σχετικά με πραγματικούς ασθενείς που έχουν ενσωματωθεί με τις δημοσιευμένες αναφορές.

Το ποσοστό των ηλικιωμένων και χρόνιων πασχόντων σε όλες τις Ευρωπαϊκές Χώρες έχει αυξηθεί πάρα πολύ τα τελευταία χρόνια. Η τάση αυτή έχει δημιουργήσει πολύ μεγάλη οικονομική και κοινωνική πίεση σε όλα τα εθνικά συστήματα υγείας. Είναι ευρέως αποδεκτό αυτό το πρόβλημα και θα μπορούσε να περιοριστεί αν οι υπηρεσίες Home Care (HC) βελτιωθούν και χρησιμοποιηθούν ως μια έγκυρη εναλλακτική λύση για νοσηλεία. Ο στόχος του μοντέλου K4Care είναι να διερευνήσει τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη ενός πρωτότυπου συστήματος, βασισμένου σε τεχνολογία Web και ευφυών πρακτόρων. [41]

5.2 Τι είναι το μοντέλο K4Care

Το μοντέλο K4Care είναι ένα ειδικό στοχοθετημένο και ερευνητικό έργο που χρηματοδοτείται στο πλαίσιο του Έκτου Πλαισίου Προγράμματος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Είναι αφιερωμένο στην ανάπτυξη μιας έξυπνης διαδικτυακής πλατφόρμας για την παροχή ηλεκτρονικών υπηρεσιών προς τους επαγγελματίες υγείας, ασθενείς και τους πολίτες που ασχολούνται με την κατ' οίκον φροντίδα (HC) ηλικιωμένων ασθενών που ζουν στο σπίτι. Οι υπηρεσίες αυτές στοχεύουν στη βελτίωση των δυνατοτήτων της νέας κοινωνίας της ΕΕ για τη διαχείριση και ανταπόκριση των αναγκών του αυξανόμενου αριθμού του ανωτέρου πληθυσμού, στις οποίες απαιτούνται εξατομικευμένη βοήθεια. Από ιατρική άποψη, ένας από τους κύριους στόχους είναι να προσδιορίσει ποια είναι τα κοινά και οι βασικές δομές φροντίδας στο σπίτι, συμμαρίζοντας τα κύρια συστήματα υγιεινής στην Ευρώπη. Από τεχνολογικής άποψης, το έργο K4Care στοχεύει στην παροχή έξυπνης πλατφόρμας που μπορεί να υποστηρίξει μία ενδεχόμενη μεταγενέστερη επέκταση σε εξειδικευμένες υπηρεσίες, όπως αυτές που προέρχονται από την Ογκολογία ή τις Μονάδες αποκατάστασης, οι οποίοι καλούνται υπηρεσίες HC. [42] και [43]

[41]: Από τον δικτυακό τόπο <http://www.en.globaltalentnews.com/>

[42]: «Knowledge-Based HomeCare eServices for an Ageing Europe. Deliverable D01».

[43]: «Deliverable DO4.1: Sample APOs, K4CARE document».

Το έργο K4Care συγκεντρώνει 13 πανεπιστημιακούς και βιομηχανικούς φορείς από επτά χώρες, για περίοδο τριών ετών από τον Μάρτιο του 2006. Στις σύγχρονες κοινωνίες, η φροντίδα των χρόνιων ασθενών με αναπηρία στο σπίτι περιλαμβάνει δια βίου θεραπεία με διαρκή εποπτεία των εμπειρογνομόνων που έχει κορεστεί στις ευρωπαϊκές εθνικές υπηρεσίες υγείας και στην αύξηση των σχετικών δαπανών. Είναι δηλαδή μια ολοκληρωμένη έξυπνη τεχνολογία, η οποία γίνεται διαθέσιμη για να βοηθήσει στη διαχείριση και την παροχή υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης για ασθενείς με χρόνιες παθήσεις οποτεδήποτε και οπουδήποτε μέσω του web. Το έργο K4Care αφορούσε την κοινή προσπάθεια των 4 τεχνολογικών ιδρυμάτων και 7 κέντρα υγείας. Η κοινοπραξία αυτή σε συνδυασμό με την εμπειρία των παλαιών και των νέων χωρών της ΕΕ καθορίζουν ένα νέο μοντέλο της υγειονομικής περίθαλψης για τη φροντίδα των ηλικιωμένων. Νέα της γνώσης των τεχνολογιών ΤΠΕ έχουν ερευνηθεί, αναπτυχθεί και θα ενσωματωθούν σε ένα τελικό προϊόν που υλοποιεί το μοντέλο της υγειονομικής περίθαλψης ως μια πλατφόρμα web. Αυτό είναι ένα επικυρωμένο πρωτότυπο που βελτιστοποιεί την ασφαλή διαχείριση της φροντίδας των χρόνιων πασχόντων ασθενών στο σπίτι. [44]

Στο έργο K4Care η πλατφόρμα υλοποιείται χρησιμοποιώντας πολλαπλούς παράγοντες του συστήματος, το οποίο διευκολύνει την αλληλεπίδραση είτε μεταξύ των διαφόρων τύπων ασύρματων συσκευών, την επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων συστατικών και κατανομής καθηκόντων σύμφωνα με τους ιατρικούς ρόλους. Ένα άλλο κρίσιμο μέρος της κατασκευής του εν λόγω πολύπλοκου συστήματος είναι ο σχεδιασμός του συστήματος πληροφόρησης αποθήκευσης των γνώσεων που περιγράφουν την συμπεριφορά της πλατφόρμας.

Το K4Care έχει ως στόχο να συνδυάσει την υγειονομική περίθαλψη και τις εμπειρίες των ΤΠΕ από πολλές δυτικές και ανατολικές χώρες της ΕΕ για τη δημιουργία, υλοποίηση και επικύρωση της γνώσης της υγειονομικής περίθαλψης για την επαγγελματική βοήθεια σε ασθενείς στο σπίτι. Η K4Care εκπροσωπεί διάφορες πηγές γνώσης, λόγω των διαφορετικών λειτουργιών τους στο σύστημα. [45]

[44]: Από τον δικτυακό τόπο http://ec.europa.eu/index_el.htm .

[45]: «A data abstraction layer as knowledge provider for a medical multi-agent system».

Αυτό το νέο μοντέλο της υγειονομικής περίθαλψης για τη φροντίδα στο σπίτι θα συμβάλει στην επίτευξη ενός ευρωπαϊκού προτύπου που βασίζεται στις νέες τεχνολογίες που βελτιώνουν την αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα των υπηρεσιών φροντίδας υγείας για όλους τους πολίτες της διευρυμένης Ευρώπης.

5.3 Ποιο είναι το όραμα του μοντέλου K4Care

Στην ηλεκτρονική υγεία είναι ολοένα και πιο αναγκαία η ανάπτυξη εφαρμογών τηλεπληροφορικής για την υποστήριξη των ανθρώπων που εμπλέκονται στην παροχή βασικής ιατρικής περίθαλψης (ιατρούς, νοσηλευτές, ασθενείς, τους συγγενείς και τους πολίτες γενικότερα). Η φροντίδα των χρόνιων ασθενών με αναπηρία περιλαμβάνει δια βίου θεραπεία με διαρκή επίβλεψη ειδικών. Επιπλέον, η υγειονομική περίθαλψη των εργαζομένων και των ασθενών δέχονται ότι περιθάλπονται στα νοσοκομεία και στα κέντρα διάγνωσης, τα οποία μπορεί να είναι και αντιπαραγωγικά σε μακρά διαδικασίες της θεραπείας.

Από μία σφαιρική άποψη, οι ασθενείς ενδέχεται να χρησιμοποιήσουν τις εθνικές υπηρεσίες υγείας στο έπακρο και να υπάρξει αύξηση των σχετικών δαπανών υγείας. Η συζήτηση για την χρηματοδότηση της υγειονομικής περίθαλψης είναι ανοικτή και είναι ένα βασικό πολιτικό θέμα για τα παλαιά και τα νέα κράτη μέλη της ΕΕ και θα μπορούσε να παρεμποδίσουν την ευρωπαϊκή σύγκλιση. Για να αντιμετωπίσει αυτές τις προκλήσεις που μπορεί να διαφοροποιήσει την ιατρική βοήθεια στα κέντρα υγείας από την συνδρομή σε έναν πανταχού παρούσα τρόπο (Home Care – μοντέλο) το μοντέλο K4Care αναπτύσσει μια πλατφόρμα για την διαχείριση των πληροφοριών που απαιτούνται για τη διασφάλιση υπηρεσιών φροντίδας στο σπίτι.

5.4 Στόχοι

Ο κύριος στόχος του μοντέλου K4Care είναι να βελτιώσει της δυνατότητας της νέας κοινωνίας της ΕΕ και να διαχειριστεί και να ανταποκριθεί στις ανάγκες του αυξανόμενου αριθμού του πληθυσμού που απαιτεί εξατομικευμένη βοήθεια Home Care (HC). Το μοντέλο αυτό θα συλλάβει και θα ενσωματώσει τις πληροφορίες, τις δεξιότητες και τις εμπειρίες των εξειδικευμένων κέντρων και των επαγγελματιών, των διαφόρων παλαιών και νέων κρατών μελών της ΕΕ σε μία έξυπνη διαδικτυακή πλατφόρμα για την παροχή ηλεκτρονικών υπηρεσιών προς τους επαγγελματίες υγείας, τους ασθενείς και τους πολίτες. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, τα μέλη του προγράμματος θα παρέχουν την επιστημονική και τεχνική γνώση, την ανάπτυξη των έξυπνων τεχνολογιών για τη διαχείριση αυτής της γνώσης, θα παρέχουν την υποδομή ΤΠΕ για την πρόβλεψη και την επίσπευση της ιατρικής βοήθειας, θα εφαρμόσουν μια πλατφόρμα για να προσεγγίσουν αυτές τις τεχνολογίες για επαγγελματίες υγείας, ασθενείς και πολίτες. Τέλος, θα αξιολογήσουν τις υπηρεσίες σε ένα σενάριο της συνδυασμένης υγειονομικής περίθαλψης για υπηρεσίες Home Care, συναφείς νοσοκομεία, κέντρα αποκατάστασης, γηριατρικές υπηρεσίες και δημαρχεία.

Για να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις αυτές, μπορούν να διαφοροποιηθούν τα κέντρα υγείας και οι παροχές ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης. Αναμφίβολα, η τελευταία μπορεί να επωφεληθεί από την εισαγωγή των ΤΠΕ. Το προσωπικό του K4Care έχει εργαστεί για την ανάπτυξη μιας πρωτότυπης πλατφόρμας για τη διαχείριση των πληροφοριών στο διαδίκτυο απαραίτητο να εξασφαλιστεί μια υπηρεσία κατ' οίκον φροντίδα που βασίζεται στις ΤΠΕ για την αυτοματοποίηση του συντονισμού των ομάδων των επαγγελματιών που εμπλέκονται σε αυτήν. [46] και [47]

[46]: Από τον δικτυακό τόπο <http://www.k4care.net/>.

[47]: Από τον δικτυακό τόπο <http://www.en.globaltalentnews.com/>.

5.5 Οντολογίες εφαρμογής K4Care

Το μοντέλο Home Care (HC) δημιουργήθηκε κατά τη διάρκεια του έργου, το οποίο καθορίζει τους παράγοντες στο μοντέλο φροντίδας (π.χ. γιατροί, νοσηλεύτες, κοινωνικοί λειτουργοί και ασθενείς), τους ρόλους και τις αλληλεπιδράσεις τους. Οι έννοιες που επισημοποιήθηκαν για τη χρήση του μοντέλου οντολογιών είναι μια τυπική γνώση και η γλώσσα που χρησιμοποιούν είναι η OWL (Web Ontology Language) από το World Wide Web Consortium (W3C) και χρησιμοποιείται το Protégé – OWL plug in για να δημιουργήσει και να διαχειριστεί οντολογίες OWL. Οι οντολογίες αντιπροσωπεύουν τα περιουσιακά στοιχεία της γνώσης της εφαρμογής K4Care και τον καταλύτη για τους πράκτορες του μοντέλου συμπεριφοράς, καθώς και τα θεμέλια για την παραγωγή κώδικα παραγόντων. Η περιγραφή της γνώσης διαχωρίζεται από την υλοποίηση του λογισμικού, εξασφαλίζοντας ένα επίπεδο διαλειτουργικότητας και την ανεξαρτησία μεταξύ των στοιχείων του συστήματος.

Οι οντολογίες εφαρμογής χωρίζονται σε διαφορετικές πηγές σε σχέση με την εφαρμογή τους. Όλες οι οντολογίες είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους, εκτός του K4Care, το οποίο περιλαμβάνει όλα τα άλλα και περιέχει τις αναγκαίες παραπομπές να συσχετίσουν τις έννοιες που έρχονται από διαφορετικές οντολογίες. Οι οντολογίες εφαρμογής στην K4Care είναι:

- **Domain Ontology (οντολογία τομέας):** διαιρούμενο σε Actor Profile Ontology (APO, Οντολογία Προφίλ Ηθοποιός) και Patient – Case Profile (CPO, Προφίλ Περίπτωσης Ασθενούς). Η οντολογία APO αντιπροσωπεύει τα προφίλ των θεμάτων στο μοντέλο K4Care (υγειονομική περίθαλψη σε επαγγελματίες, ασθενείς και κοινωνικούς οργανισμούς) και περιέχει τις δεξιότητες, τις ανησυχίες και τις προσδοκίες των ανθρώπων που αντιπροσωπεύουν μαζί με τις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης αυτούς που προσφέρουν και λαμβάνουν από το μοντέλο K4Care. Η CPO αντιπροσωπεύει τις σχετικές ιατρικές έννοιες (π.χ. συμπτώματα, ασθένειες, σύνδρομα κ.τ.λ.). Η οντολογία τομέας περιγράφει το 'ξέρω – τι' γνώση σχετικά με τους φορείς που έχουν πρόσβαση στο K4Care και παθολογίες που το μοντέλο K4Care παρέχει υποστήριξη.

- FIPA Ontology (Foundation for intelligent physical agent, FIPA οντολογία): Προσδιορίζει τις διεπαφές για τα διάφορα συστατικά του περιβάλλοντος, με το οποίο ένας πράκτορας μπορεί να αλληλεπιδρά με π.χ. άλλους πράκτορες, ανθρώπους, άλλου είδους λογισμικό ή τον πραγματικό κόσμο. Η μεγαλύτερη έμφαση στη FIPA έχει δοθεί στην τυποποίηση της επικοινωνίας των πρακτόρων, η οποία έγκειται στους προσδιορισμούς μιας γλώσσας, οι οποίοι παρέχουν τη δυνατότητα στους πράκτορες τύπου FIPA να επικοινωνούν μεταξύ τους.
- GAIA Ontology (οντολογία ΓΑΙΑ): Περιλαμβάνει την οντολογική περιγραφή της ανάπτυξης MAS, μεθοδολογία που υιοθετήθηκε στο πλαίσιο του K4Care, με ιδιαίτερη προσοχή στις έννοιες όπως το ρόλο, την ευθύνη και την άδεια. Θα γίνει ανάλυση στο επόμενο κεφάλαιο.
- JADE Ontology (Java agent development framework, οντολογία JADE): Είναι ένα πλαίσιο λογισμικού πλήρως υλοποιημένο σε γλώσσα Java που αναπτύχθηκε από την TILAB (Telecom Italia Lab) με σκοπό να εξυπηρετεί τις ανάγκες ανάπτυξης συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων.
- K4Care Ontology (οντολογία K4Care): Η οντολογία αυτή απαιτείται προκειμένου να μοντελοποιηθεί η αναπόφευκτη (inevitable) οντολογία για παράδειγμα εκφράζονται από την άποψη των 'δράσεων' σε APO. Αυτά θεωρούνται ως 'ευθύνες ή δικαιώματα' από GAIA. Η λογική ενός παράγοντα εγγενείς δυνατότητες του εκφράζονται σε JADE από πλευράς 'συμπεριφορών', το οποίο μπορεί να περιέχει FIPA, η οποία είναι συμβατή με 'πρωτόκολλα αλληλεπίδρασης'.

5.6 Δημιουργία κώδικα Agent

Σε αυτό το έργο δημιουργείται αυτόματα παράγοντας προσανατολισμένου κωδικού από την οντολογία εφαρμογής. Η ακρίβεια και το επίπεδο των στοιχείων του κώδικα είναι ευθέως ανάλογη προς τον φορμαλισμό για να περιγραφεί το μοντέλο τομέας. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η εκπροσώπηση των δυνατοτήτων, η οποία πρέπει να αποτελείται από μία επίσημη εκπροσώπηση της επιχειρηματικής λογικής τους.

Ο στόχος της παρούσας διαδικασίας αυτοματοποίησης ήταν να αναλύει, να αναγνωρίζει και να εξαγάγει όλες τις συμβατές MAS προσανατολισμένων πληροφοριών, των οποίων θα έπρεπε να λάβει υπόψη της, πρώτα απ' όλα, τις απαιτήσεις εφαρμογής που απορρέουν από την δομή MAS (παράγοντες ορισμού κλάσης, πρωτόκολλα και δομή μηνύματος). Όλες οι σχετικές πληροφορίες που έχουν εξαχθεί εκπροσωπούνται σε ένα εσωτερικό υπόδειγμα. Οι πράκτορες κώδικα συνδυάζουν μαζί με δύο κατηγορίες στοιχείων, σταθερή και αμετάβλητη (λέξεις – κλειδιά που σχετίζονται με τον προγραμματισμό γλώσσας, JAVA, MAS και JADE) και τη γνώση – μοντέλο που προέρχονται για να ενσωματώσουν εκφράσεις που συμμορφώνονται με την ορθή συμπλήρωση ενός πράκτορα.

Οι ικανότητες του πράκτορα (γνώση του πεδίου) αντιπροσωπεύονται από τις ενέργειές τους που αναφέρονται στο APO. Ο κώδικας λαμβάνοντας υπόψη την ακόλουθη άποψη κατασκευάζεται από διαφορετικές συμπεριφορές και διαφορετικές δεξιότητες ώστε να αλληλεπιδρούν παράλληλα με διάφορες άλλες οντότητες. Αυτή είναι μια θεμελιώδης πτυχή για τους JADE πράκτορες που ακόμα και αν οι συμπεριφορές μπορεί να είναι διαφορετικής φύσης, η εκτέλεση μιας συμπεριφοράς αναστέλλεται (μπλοκ). Η λύση που προτείνεται για αυτό το πρόβλημα είναι η δημιουργία του κώδικα παράγοντα. Το μεγαλύτερο μέρος της προσπάθειας στην παραγωγή κώδικα παράγοντα αφιερώθηκε στην απόκτηση μιας αρμονικής διάταξης όλων των εννοιών (στοιχεία) που χαρακτηρίζουν το μοντέλο τομέα και την ανάπτυξη εφαρμογών.

5.7 Πλατφόρμα K4Care MAS γενιάς Plug-in

Ο παράγοντας K4Care υλοποιείται ως προστατευόμενος plug – in. Σε Protégé οι οντολογίες OWL τομέα (OWL Domain Ontology) μπορεί να ανοίξει, να δει και να επεξεργαστεί. Το plug – in είναι μια καρτέλα, η οποία μπορεί να προστεθεί ως μια νέα καρτέλα στο πρόγραμμα K4Care. Το plug – in, με τον τρόπο αυτό, αποκτά πρόσβαση σε οντολογίες τομέα μέσω του Protégé OWL και δείχνει πεδία κειμένου για να καθορίσει τις παραμέτρους ανάπτυξης (JADE σπίτι, JAVA σπίτι, καταλόγους εξόδου, ονόματα πακέτων εξόδου και ούτω καθεξής) και εγκαταστάσεις για να παράγουν και να συγκεντρώσουν αρχεία προέλευσης.

Το plug – in εκτός από τα προηγούμενα χαρακτηριστικά γνωρίσματα είναι σε θέση για να ξεκινήσει JADE πλατφόρμα πρακτόρων και να ξεκινήσει μέσω δοκιμών για κάθε τύπο ηθοποιό (ο αριθμός των παραγόντων είναι παραμετροποιήσιμο) και ένα ή περισσότερα υπό δοκιμή κινητήρες που επικαλούνται τυχαίες δράσεις που επιλέγονται τυχαία σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα. Αυτή η τελευταία λειτουργία είναι για να χρησιμοποιηθεί για τη συγκριτική αξιολόγηση, το άγχος, τους χρόνους απόκρισης των παραγόντων σε διαφορετικά φορτία.

Οι παραγόμενοι κώδικες αποτελούνται από ένα σύνολο από κλάσεις JAVA. Αυτές οι κατηγορίες μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις κύριες κατηγορίες:

- Μαθήματα συμπεριφοράς (υλοποιούνται από διάφορες δράσεις παραγόντων).
- Κατηγορίες οντολογίας μηνύματος (ορίζει την οντολογία των στοιχείων πως οι πράκτορες μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέσα στο περιεχόμενο των μηνυμάτων).
- Πράκτορες τάξεων (εφαρμογή διαφόρων τύπων πρακτόρων που ξεκινούν τις συμπεριφορές και την καταγραφή των σχετικών οντολογιών).

5.8 Ασφάλεια

Η ασφάλεια στο μοντέλο K4Care αποτελεί σημαντικό θέμα επειδή εργάζεται με προσωπικά δεδομένα ασθενών. Εδώ υπάρχουν βασικές αρχές και τα θέματα ασφάλειας πρέπει να αναλυθούν και να λυθούν σε ξεχωριστό έγγραφο (D09). Υπάρχουν δύο επίπεδα προβλήματος ασφαλείας στο K4Care. Το πρώτο επίπεδο αφορά τα δικαιώματα πρόσβασης επιπέδου ή εγγύησης γιατί όλες οι ενέργειες του συστήματος θα πρέπει να γίνονται μόνο από το πρόσωπο που θα έχει τα κατάλληλα δικαιώματα. Το δεύτερο επίπεδο αφορά την ασφάλεια της επικοινωνίας και τα δεδομένα αποστέλλονται με το πρωτόκολλο SSL, στην οποία απαιτείται ηλεκτρονική υπογραφή.

Ο έλεγχος της ασφάλειας του κάθε χρήστη θα πρέπει να γίνεται στο σημείο εισόδου του συστήματος. Οι πληροφορίες με περιεχόμενο διοικητικών στοιχείων για τον χρήστη θα αποθηκεύονται χωριστά από τα δεδομένα των ασθενών και δεδομένα προσωρινά αποθηκευμένα στο τέλος της συσκευής θα είναι κρυπτογραφημένα (θα είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν πιστοποιητικά που θα έχουν σταλθεί στον χρήστη, όπου θα πρέπει να αποκρυπτογραφήσει τα αρχεία και την υπογραφή). Τα δεδομένα θα πρέπει να προσδιορίζονται από πράκτορες χρηστών σύμφωνα με την υπογραφή. Οι υπογραφές θα χρησιμοποιηθούν με την επαλήθευση των δεδομένων που πρόκειται να αποθηκευθούν στο σύστημα.

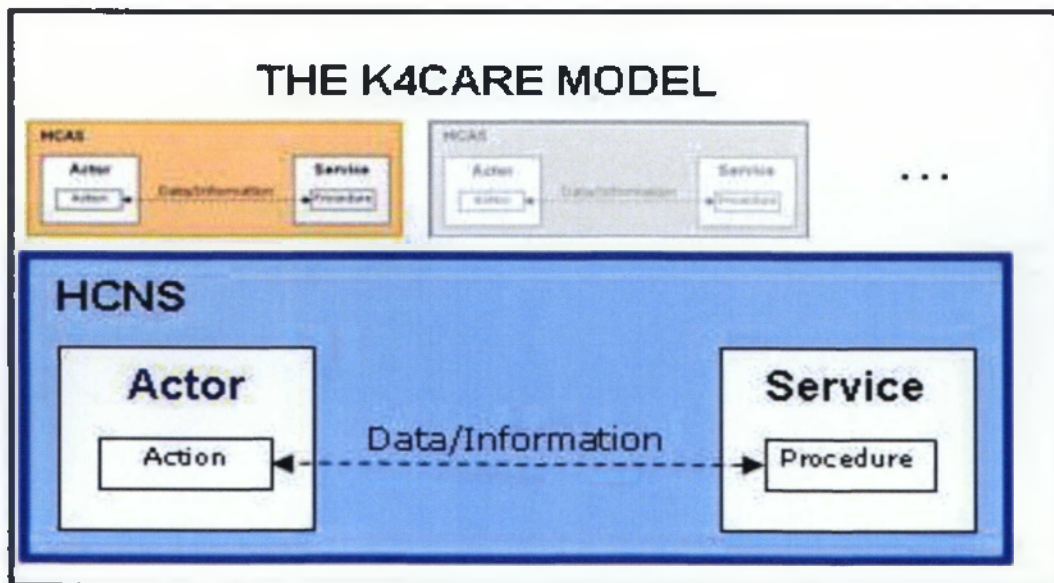
5.9 Παρουσίαση μοντέλου K4Care

Όπως έχουμε αναφερθεί σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες, καθώς και σε διάφορους τομείς από τις ίδιες χώρες η HC είναι δομημένη με διάφορους τρόπους, σύμφωνα με τους τοπικούς κανόνες, νόμους και την ανάλογη χρηματοδότηση. Τα διαφορετικά πρότυπα αντανακλούν διαφορετικές προσεγγίσεις για HC και ιδιαίτερα αναφέρεται στο διαθέσιμο είδος υπηρεσιών, ανθρώπινων πόρων οργάνωσης και εξαρτήσεων. Το μοντέλο K4Care παρέχει ένα παράδειγμα, το οποίο είναι εύκολο εφαρμόσιμο σε οποιαδήποτε από τις χώρες της ΕΕ. Το μοντέλο προτείνει ότι οι υπηρεσίες θα διανεμηθούν από τις τοπικές μονάδες υγείας και θα ενσωματωθούν με τις κοινωνικές υπηρεσίες, τους δήμους, καθώς και σε άλλες οργανώσεις φροντίδας ή κοινωνικής υποστήριξης. Στόχος της όπως έχουμε αναφερθεί είναι να παρέχει στον ασθενή την αναγκαία υγειονομική και κοινωνική στήριξη που πρέπει να αντιμετωπίζουν στο σπίτι. Το μοντέλο K4Care έχει σχεδιαστεί για να δώσει προτεραιότητα στην υποστήριξη του ασθενούς HC (Health Care Patient, HCP), στους συγγενείς και στους οικογενειακούς γιατρούς.

Το μοντέλο αυτό, συνιστά μια αρθρωτή δομή που μπορεί να προσαρμοστεί σε διάφορες τοπικές δυνατότητες και ανάγκες και βασίζεται σε μια πυρηνική δομή που περιλαμβάνει τον ελάχιστο αριθμό των κοινών στοιχείων που απαιτούνται για να παρέχουν μια βασική υπηρεσία HC πυρηνικής δομής κατ' οίκον φροντίδας (Health Care Nuclear Structure, HCNS). Τα στοιχεία αυτά είναι:

- Οι φορείς που εμπλέκονται (οι φορείς που περιλαμβάνονται στη δομή των HC είναι οι ασθενείς, οι συγγενείς, οι ιατροί, οι κοινωνικοί λειτουργοί, οι νοσηλευτές, οι επαγγελματίες αποκατάστασης, οι παροχές άτυπης φροντίδας, οι πολίτες, οι κοινωνικοί οργανισμοί κ.τ.λ. Στα HCNS, τα άτομα αυτά διαρθρώνονται τρεις διαφορετικές ομάδες παραγόντων. Οι ομάδες αυτές είναι οι ασθενείς, τα σταθερά μέλη του HCNS (ο οικογενειακός γιατρός, ο θεράπων ιατρός HC, η επικεφαλής νοσοκόμα, η νοσοκόμα και η κοινωνική λειτουργός) και οι δωρητές φροντίδας. Ο οικογενειακός γιατρός, ο θεράπων ιατρός HC, η επικεφαλής νοσοκόμα, η νοσοκόμα και η κοινωνική λειτουργός συμμετάσχουν σε μια προσωρινή δομή, την μονάδα αξιολόγησης και είναι αφιερωμένο στην αξιολόγηση των προβλημάτων και αναγκών του ασθενή.).
- Οι δράσεις και οι υποχρεώσεις των εν λόγω φορέων (ένας αριθμός επαγγελματικών υποχρεώσεων, που συνδέονται με κάθε ένα από τα προφίλ των επαγγελματιών που περιλαμβάνονται ως παράγοντες του μοντέλου. Οι επαγγελματικές δράσεις και υποχρεώσεις είναι οι ενέργειες κάθε ηθοποιών (actors), που εκτελούν και παρέχουν μια υπηρεσία στη δομή HC. Ανάμεσα σε αυτές τις γενικές ενέργειες, ένα ορισμένο ποσό αντιστοιχεί με εκείνα που απαιτούνται για την εκτέλεση της K4Care. Οι τελευταίες ενέργειες έχουν κατηγοριοποιηθεί και κωδικοποιηθεί στην πλατφόρμα ΤΠΕ.).
- Τις υπηρεσίες που είναι διαθέσιμες (Οι υπηρεσίες είναι όλες οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, που παρέχονται από τη δομή HC για τη φροντίδα HCP. Η HCNS παρέχει ένα σύνολο υπηρεσιών και κατατάσσονται σε προσβάσιμες υπηρεσίες, υπηρεσίες φροντίδας των ασθενών και των υπηρεσιών πληροφοριών. Η υπηρεσία φροντίδας των ασθενών είναι οι πιο πολύπλοκες υπηρεσίες του μοντέλου HC. Τέλος, οι υπηρεσίες πληροφοριών καλύπτουν τις ανάγκες των ηθοποιών που χρειάζονται στο μοντέλο K4Care.).
- Τις διαδικασίες (Μια διαδικασία είναι η αλυσίδα των γεγονότων που οδηγεί έναν ηθοποιό στην υλοποίηση δράσεων για την παροχή υπηρεσιών. Για κάθε υπηρεσία, η ακολουθία των ενεργειών αποτελούν τη διαδικασία που έχει περιγραφεί. Ένας ειδικός πίνακας συνδέει τους φορείς που εμπλέκονται στη διαδικασία μιας συγκεκριμένης υπηρεσίας, καθώς και στα έγγραφα που απαιτούνται σε αυτό το πλαίσιο).

- Τα έγγραφα (Τα απαιτούμενα έγγραφα πληροφοριών παράγονται από τους ηθοποιούς που παρέχουν οι υπηρεσίες στο HC. Η δομή HCNS ορίζει ένα σύνολο μονάδων πληροφοριών, των οποίων βασικός σκοπός είναι να παρέχουν πληροφορίες σχετικές με τις διαδικασίες φροντίδας (πραγματοποιούνται από τους φορείς για να επιτευχθεί μια υπηρεσία.)). Διαφορετικοί τύποι των φορέων θα πρέπει να παρέχονται με συγκεκριμένες πληροφορίες που θα τους βοηθήσουν να πραγματοποιήσει τους δασμούς στο μοντέλο K4Care. Όλα αυτά τα στοιχεία θεωρούνται ότι είναι μέρος των εγγράφων. Την ίδια στιγμή, τα έγγραφα αυτά αποτελούν το ηλεκτρονικό αρχείο υγείας που πραγματοποιούνται μέσα στο έργο K4Care).



Σχήμα 5.8.1: Το Μοντέλο K4Care.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 5.8.1, το μοντέλο k4Care βασίζεται σε μια πυρηνική δομή (HCNS), το οποίο περιλαμβάνει τον ελάχιστο αριθμό των κοινών στοιχείων που απαιτούνται για να παρέχουν μια βασική υπηρεσία HC. Η HCNS μπορεί να επεκταθεί με ένα προαιρετικό αριθμό υπηρεσιών HC που μπορούν να προστεθούν στην πυρηνική δομή. Οι υπηρεσίες αυτές θα ανταποκρίνονται στην ειδική περίθαλψη, στις ειδικές ανάγκες, δυνατότητες, μέσα κ.τ.λ. είτε των χρηστών του μοντέλου, είτε του K4Care, στο οποίο εφαρμόζονται. Κάθε δομή HC (δηλαδή HCNS και υπηρεσίες HC) αποτελούνται από τα ίδια στοιχεία (ηθοποιοί, δράσεις, υπηρεσίες, διαδικασίες και έγγραφα).

Προκειμένου να διευκολυνθεί η φροντίδα των ηλικιωμένων ασθενών στο σπίτι, η K4Care θα ερευνήσει και θα αναπτύξει διάφορες γνώσεις τεχνολογίας, τα οποία ενσωματώνει σε μία πλατφόρμα CS. Η HCM θα παρέχει παράγοντες (δηλαδή τους επαγγελματίες, ασθενείς και πολίτες) που θα συμμετέχουν στη φροντίδα των ηλικιωμένων στο σπίτι, στις υπηρεσίες που ένα επιτυχημένο σύστημα φροντίδας πρέπει να παρέχεται στο σπίτι και ο ρόλος κάθε ηθοποιού θα 'παίζει' σε κάθε υπηρεσία με την ενσωμάτωση των δεξιοτήτων και ιδιοτεροτήτων των διαφόρων ανατολικών και δυτικών χωρών της ΕΕ. [48]

Κεφάλαιο 6^ο

Παρουσίαση της οντολογίας Gaia

6.1 Γενικά

Η αγγλική ονομασία είναι Gaia, ωστόσο επειδή η ονομασία της οντολογίας προέκυψε από την Γαία την μητέρα της Γης (σύμφωνα με την ελληνική μυθολογία) προτιμήθηκε να αποδοθεί ο όρος στα ελληνικά. Η οντολογία Gaia χρησιμοποιείται για την αφηρημένη περιγραφή ενός πολύ – πρακτορικού συστήματος, το οποίο θεωρείται ότι έχει την δομή ενός οργανισμού (organization) όπου οι διάφοροι πράκτορες αναλαμβάνουν κάποιους ρόλους. Οι ρόλοι αυτοί αλληλεπιδρούν βάσει καθορισμένων σχέσεων μεταξύ τους και κάθε ρόλος προκειμένου να ικανοποιηθούν οι στόχοι της πλατφόρμας.

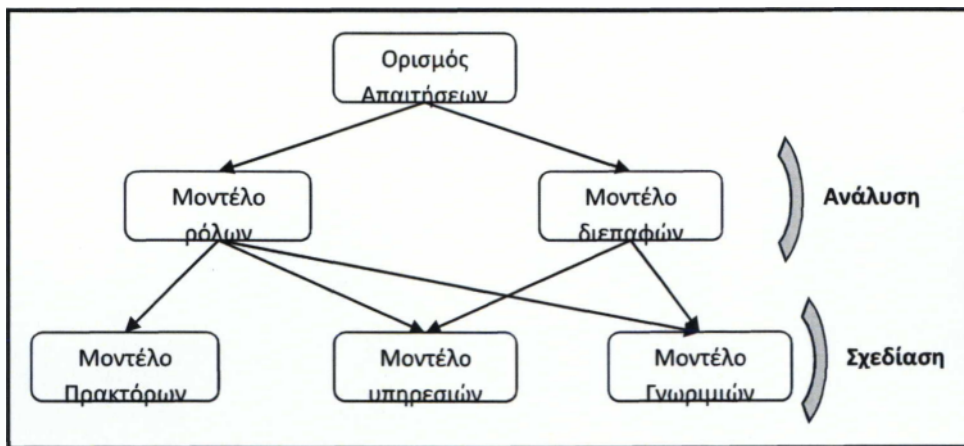
Τα δύο βασικά μοντέλα ανάλυσης της Gaia είναι το μοντέλο ρόλων και το μοντέλο διεπαφών (σχήμα 6.1.1, όπου οι αγγλικοί όροι είναι: roles model, interaction model, agent model, services model και acquaintance model .). Με το μοντέλο ρόλων περιγράφεται κάθε ρόλος του συστήματος, ορίζοντας τις ευθύνες του, τις άδειες προσπέλασης που του έχουν αποδοθεί, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας και τις δραστηριότητές του. Οι ευθύνες (responsibilities) του ρόλου συνιστούν την συμπεριφορά του και κατηγοριοποιούνται σε:

- Ευθύνες ζωτικότητας (liveness) και
- Ευθύνες ασφάλειας (safety).

Οι πρώτες περιγράφουν την ροή των δραστηριοτήτων και των πρωτοκόλλων του ρόλου ενώ οι δεύτερες εκφράζουν τους περιορισμούς, δηλαδή συνθήκες που πρέπει να ελέγχονται ώστε να μην προκληθεί κάποιο σφάλμα κατά την εκτέλεση των δραστηριοτήτων των ρόλων. Οι άδειες προσπέλασης (permissions) είναι τα δικαιώματα που αποδίδονται στον ρόλο έτσι ώστε να διεκπεραιώσει τις εργασίες του. Με άλλα λόγια οι άδειες προσπέλασης καθορίζουν τους πόρους (πληροφορίες, δεδομένα) που είναι διαθέσιμοι στον ρόλο. Έτσι σε ένα ρόλο μπορεί να αποδοθεί το δικαίωμα της ανάγνωσης, της αλλαγής και της δημιουργίας για μια συγκεκριμένη πληροφορία. Οι δραστηριότητες (activities) είναι οι ενέργειες που εκτελεί ένας ρόλος από μόνος του χωρίς την συνεργασία άλλων ρόλων. Από την άλλη πλευρά τα πρωτόκολλα (protocols) είναι ενέργειες που απαιτούν την συνεργασία κάποιων ρόλων και μοντελοποιούνται με το μοντέλο διεπαφών.

Το μοντέλο διεπαφών ορίζεται με βάση τα πρωτόκολλα κάθε ρόλου του συστήματος. Ένα πρωτόκολλο μπορεί να θεωρηθεί και ως μια μορφή αλληλεπίδρασης μεταξύ ρόλων όταν αυτή απομονωθεί από συγκεκριμένα βήματα εκτέλεσης ενεργειών. Αναλυτικά ο ορισμός ενός πρωτοκόλλου αποτελείται από τα ακόλουθα γνωρίσματα:

- Purpose: σύντομη περιγραφή της φύσης της αλληλεπίδρασης.
- Initiator: ο ρόλος που είναι υπεύθυνος για το ξεκίνημα της αλληλεπίδρασης.
- Responder: ο ρόλος στον οποίο αλληλεπιδρά ο initiator.
- Inputs: οι πληροφορίες που χρησιμοποιεί ο ρόλος initiator ενώ εκτελεί την αλληλεπίδραση.
- Outputs: οι πληροφορίες που προμηθεύονται από/ στον responder του πρωτοκόλλου κατά την διάρκεια της αλληλεπίδρασης.
- Processing: σύντομη περιγραφή όλων των διαδικασιών που εκτελεί ο ρόλος initiator του πρωτοκόλλου κατά την διάρκεια της αλληλεπίδρασης. [49]



Σχήμα 6.1.1: Συσχέτιση μοντέλων της Gaia.

Για την περιγραφή του συστήματος, όπως έχουμε αναφερθεί η Gaia έχει επεκταθεί σε διεπαφές. Οι διεπαφές αυτές έχουν ως σκοπιμότητα να παρέχουν τη δυνατότητα σύνδεσης του συστήματος με εξωτερικά συστήματα. Επίσης, η εσωτερική συμπεριφορά ενός ρόλου μέσα σε μια ενέργεια περιγράφεται με διάγραμμα ενεργειών UML. [50] Αυτές οι προσθήκες επιτρέπουν μια πιο αναλυτική περιγραφή του μοντέλου ρόλων της οντολογίας Gaia.

Ένας ρόλος περιγράφει την αποθήκευση δεδομένων, το χειρισμό και την επεξεργασία του καθώς και μια οντότητα λήψης αποφάσεων μέσα στο πρακτορικό σύστημα. Η εσωτερική συμπεριφορά ενός ρόλου περιγράφεται από ένα σύνολο ενεργειών, οι οποίες είναι εσωτερικές του ρόλου και δεν εξαρτώνται από άλλους ρόλους. Η διαδικασία ανταλλαγής δεδομένων περιγράφεται από πρωτόκολλα, οπότε τα πρωτόκολλα περιγράφουν την αλληλεπίδραση δύο ρόλων που απαιτούνται για την ανταλλαγή δεδομένων καθώς και άλλων ενεργειών.

Η σύνδεση μεταξύ ενεργειών και πρωτοκόλλων περιγράφονται από μια δομή γεγονότων. Τα γεγονότα (events) είναι εσωτερικά των ρόλων καθώς και μοναδικά ενώ ενεργοποιούνται από ενέργειες, πρωτόκολλα καθώς και δραστηριότητες εξωτερικές του ρόλου όπως η στιγμή της εκκίνησης του ρόλου. Όλα τα γεγονότα 'αναλώνονται' από τις ενέργειες και τα πρωτόκολλα του ρόλου στον οποίο ανήκουν. Η επεξεργασία των γεγονότων δε θα γίνεται απαραίτητα την ίδια στιγμή που θα συμβαίνουν. Θα αποθηκεύονται σε ένα σύνολο γεγονότων και θα επεξεργάζονται όταν αυτό θα είναι δυνατό. Αυτή η χρονικά αταξινόμητη δομή γεγονότων προσδίδει επιπλέον ευελιξία αφού καθιστά δυνατή τη δημιουργία εναλλακτικών ουρών επεξεργασίας γεγονότων. Τα γεγονότα μπορούν να παρέχονται με μια ένδειξη που θα υποδεικνύει τη σχέση ενός γεγονότος με ένα σύνολο γεγονότων, τα οποία ενεργοποιήθηκαν προηγουμένως.

Η διαδικασία λήψης αποφάσεων, η οποία περιγράφεται από ενέργειες, εξαρτάται από τα απαραίτητα δεδομένα, τα οποία ανταλλάσσονται από τα πρωτόκολλα. Σε αυτό το πλαίσιο, τα γεγονότα μπορούν να θεωρηθούν ως γεγονότα μεταφοράς δεδομένων, τα οποία περιγράφουν τη διάδοση δεδομένων στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, καθώς και στη διαδικασία αλληλεπίδρασης ρόλων.

Χρησιμοποιούμε οντολογίες για να περιγράψουμε διάφορα μέρη της Gaia. Ειδικότερα έχουμε οντολογίες που έχουν δεδομένα για τα διάφορα είδη οντοτήτων στο περιβάλλον μας και επίσης έχουμε διάφορα είδη των συγκυριακών στοιχείων μας στο περιβάλλον μας.

[50]: Από τον δικτυακό τόπο <http://www.omg.org/>.

6.2 Ανάλυση της οντολογίας Gaia

Στην παρούσα πτυχιακή ακολουθώντας την OWL μεθοδολογία ανάπτυξης οντολογιών σχολιάσαμε την οντολογία Gaia με την χρήση του Protégé. Συγκεκριμένα η οντολογία αφορά συμπεριφορές και αλληλεπιδράσεις ενός πρακτορικού συστήματος που περιγράφονται από ένα σύνολο ρόλων με ενέργειες οι οποίες σχετίζονται στους ρόλους αυτούς καθώς και ένα σύνολο αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ρόλων αυτών. Για την καλύτερη περιγραφή του συστήματος η Gaia έχει επεκταθεί με διεπαφές. Οι διεπαφές αυτές έχουν ως σκοπιμότητα να παρέχουν τη δυνατότητα σύνδεσης του συστήματος με εξωτερικά συστήματα.

Ένας ρόλος περιγράφει την αποθήκευση δεδομένων, το χειρισμό και επεξεργασία του καθώς και μια οντότητα λήψης αποφάσεων μέσα στο πρακτορικό σύστημα. Η εσωτερική συμπεριφορά ενός ρόλου περιγράφεται από ένα σύνολο ενεργειών, οι οποίες είναι εσωτερικές του ρόλου και δεν εξαρτώνται από άλλους ρόλους. Η διαδικασία ανταλλαγής δεδομένων περιγράφεται από πρωτόκολλα, οπότε τα πρωτόκολλα περιγράφουν την αλληλεπίδραση δύο ρόλων που απαιτούνται για την ανταλλαγή δεδομένων καθώς και άλλων ενεργειών. Η σύνδεση μεταξύ ενεργειών και πρωτοκόλλων περιγράφεται από μια δομή γεγονότων. Τα γεγονότα (events) είναι εσωτερικά των ρόλων καθώς και μοναδικά ενώ ενεργοποιούνται από ενέργειες, πρωτόκολλα καθώς και δραστηριότητες εξωτερικές του ρόλου όπως η στιγμή της εκκίνησης του ρόλου. [51]

Η συγκεκριμένη οντολογία, που ονομάζεται Gaia ontology έχει δημιουργηθεί με το πρόγραμμα Protégé και αποτελείται συνολικά από 10 οντολογίες. Κάποιες από αυτές έχουν κλάσεις και υποκλάσεις, ενώ κάποιες άλλες όχι. Οι οντολογίες είναι:

- Analysis Entity (Οντότητα Ανάλυση).
- Architectural Entity (Αρχιτεκτονική Οντότητα).
- Design Entity (Σχεδιασμός Οντότητας).
- Expression (Εκφραση).
- Operator (Διαχειριστής).
- Permission Type (Τύπος Άδειας).
- Protocol Mapping (Χαρτογράφηση του Πρωτοκόλλου).
- Protocol Type (Τύπος Πρωτοκόλλου).
- Relationship (Σχέση).
- Responsibility Type (Τύπος Ευθύνης).

[51]: «The gaia methodology for agent-oriented analysis and design, Autonomous Agents and Multi-Agent Systems».

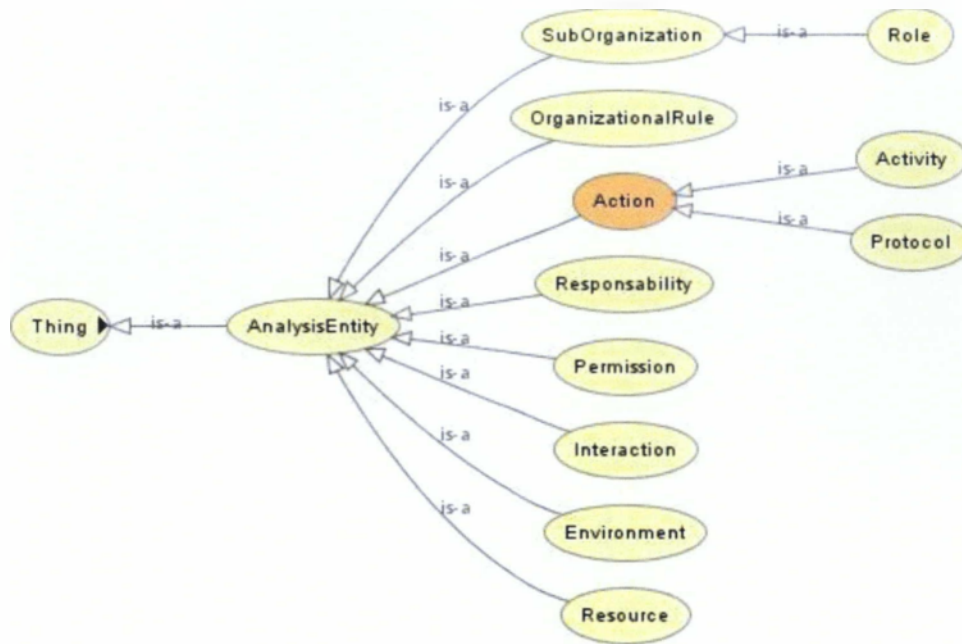


Σχήμα 6.2.1: Οι οντολογίες της οντολογίας Gaia.

Οι οντολογίες που έχουν κλάσεις είναι η Analysis Entity (Οντότητα Ανάλυση), η Architectural Entity (Αρχιτεκτονική Οντότητα), η Design Entity (Σχεδιασμός Οντότητας) και η Expression (Εκφραση).

Η Analysis Entity (Οντότητα Ανάλυση) έχει τις κλάσεις:

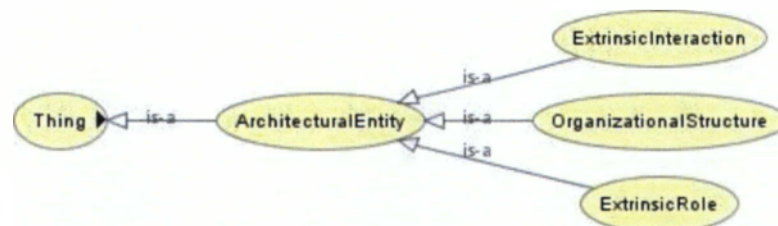
- Action (Δράση).
- Environment (Περιβάλλον).
- Interaction (Αλληλεπίδραση).
- Organizational Rule (Οργανωτικοί Κανόνες).
- Permission (Άδεια).
- Resource (Πόρος).
- Responsibility (Ευθύνη).
- Sub Organization (Υπό – Οργάνωση).



Σχήμα 6.2.2: Analysis Entity.

Η Architectural Entity (Αρχιτεκτονική Οντότητα) έχει τις κλάσεις:

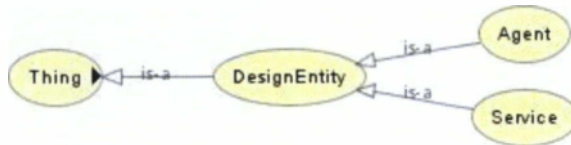
- Extrinsic Interaction (Εξωγενείς Αλληλεπιδράσεις).
- Extrinsic Role (Εξωγενείς Ρόλοι).
- Organizational Structure (Οργανωτική Δομή).



Σχήμα 6.2.3: Architectural Entity.

Η Design Entity (Σχεδιασμός Οντότητας) έχει τις κλάσεις:

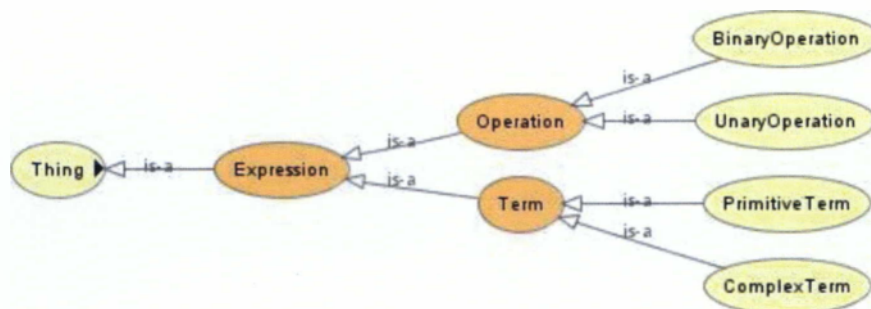
- Agent (Πράκτορας).
- Service (Υπηρεσία).



Σχήμα 6.2.4: Design Entity.

Η Expression (Εκφραση) έχει τις κλάσεις:

- Operation (Λειτουργία).
- Term (Όρος).



Σχήμα 6.2.5: Expression.



Σχήμα 6.2.6: Operator.



Σχήμα 6.2.7: Permission Type.



Σχήμα 6.2.8: Protocol Mapping.



Σχήμα 6.2.9: Protocol Type.



Σχήμα 6.2.10: Relationship.



Σχήμα 6.2.11: Responsibility Type.



Σχήμα 6.2.12: Όλες οι οντολογίες με τις κλάσεις τους.

Η κλάση Action (Δράση) έχει τις υποκλάσεις:

- Activity (Δραστηριότητα).
- Protocol (Πρωτόκολλο).

Η κλάση Sub Organization (Υπό – Οργάνωση) έχει τις υποκλάσεις:

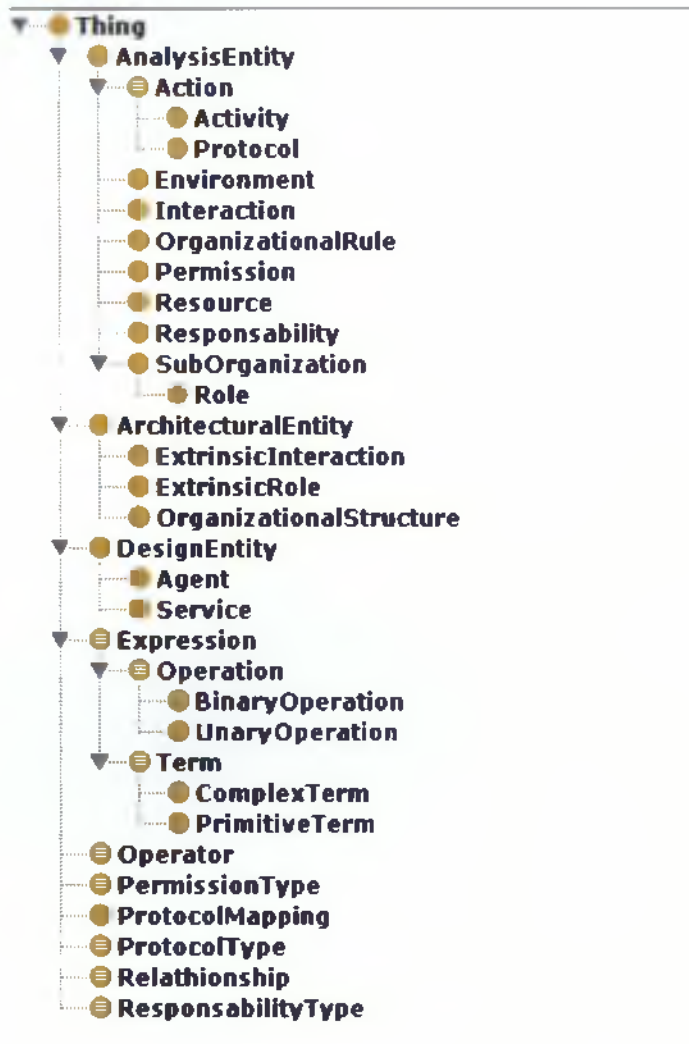
- Role (Ρόλος).

Η κλάση Operation (Λειτουργία) έχει τις υποκλάσεις:

- Binary Operation (Λειτουργία Binary).
- Unary Operation (Λειτουργία Μοναδιαία).

Η κλάση Term (Όρος) έχει τις υποκλάσεις:

- Complex Term (Πολύπλοκοι Όροι).
- Primitive Term (Πρωτογενείς Όροι).



Σχήμα 6.2.13: Όλες οι οντολογίες με τις κλάσεις και τις υποκλάσεις τους.

Κεφάλαιο 7^ο

Συμπεράσματα

Η ευρωπαϊκή κοινότητα προωθεί μια νέα ευρωπαϊκή πραγματικότητα στην υγειονομική περίθαλψη. Ο τρόπος με τον οποίο η υγειονομική περίθαλψη επιδίδεται σήμερα πρέπει να ανασχηματιστεί, διότι είναι δαπανηρός και η ποιότητα που αποδίδει, απέχει πολύ από τη βέλτιστη. Η κατάσταση γίνεται μη αποδεκτή και θα χειροτερεύσει στο μέλλον, καθώς οι χρόνιες ασθένειες και οι δημογραφικές αλλαγές ασκούν επιπρόσθετες πιέσεις στα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης ανά την Ευρώπη.

Αυτές οι προκλήσεις, μαζί με τη απαίτηση για πρόσβαση σε ασφαλή, υψηλής ποιότητας και οικονομική ιατρική περίθαλψη στο σημείο της ανάγκης, συνιστούν την ανάγκη για ένα νέο πρότυπο επίδοσης υγειονομικής περίθαλψης, βασισμένο σε συστήματα υγείας με κέντρο τον άνθρωπο και με έμφαση στην πρόληψη. Αυτό το νέο πρότυπο μπορεί να επιτευχθεί μόνο διαμέσου της κατάλληλης χρήσης των ΤΠΕ, σε συνδυασμό με κατάλληλες οργανωτικές αλλαγές και δεξιότητες. Το νέο πρότυπο προτείνει μια νέα πραγματικότητα στην ευρωπαϊκή υγειονομική περίθαλψη, στην οποία οι πολίτες τίθενται στο κέντρο της διαδικασίας της υγειονομικής περίθαλψης και ενθαρρύνονται να συμμετάσχουν ενεργά σε αυτή.

Οι οντολογίες λοιπόν, είναι το μέσω που προσφέρει σε συστήματα ιατρικής πληροφορίας, την ικανότητα οργάνωσης της πληροφορίας που είναι διάχυτη στο εκάστοτε πεδίο ενδιαφέροντος, καθώς και την ικανότητα διαμοιρασμού της. Μελετήθηκε το θεωρητικό υπόβαθρο των οντολογιών, καθώς και τα εργαλεία και τεχνικές ανάπτυξής τους και τη χρήση τους σε συστήματα που χρησιμοποιούνται στην κλινική πράξη. Μέσω της οντολογίας Gaia μελετήθηκε και περιγράφηκε η πληροφορία που είναι συσσωρευμένη στο πεδίο αυτό. Πρέπει γενικά να πούμε ότι οι οντολογίες από τη στιγμή που έχουν ολοκληρωθεί οι δομές τους και αρχίσει η χρήση τους σε κάποιο πεδίο, έχουν ανάγκη από συνεχόμενη ενημέρωσή τους. Αυτό είναι πολύ απαραίτητο σε τομείς όπως η ιατρική, όπου συνέχεια η πληροφορία αυξάνεται ή μεταβάλλεται.

Όμως το σύνολο των τεχνολογιών που σχετίζονται με τις οντολογίες στον τομέα υγείας είναι ακόμα στα πρώτα στάδια. Ενώ υπάρχουν υψηλές προσδοκίες, μόνο μέτρια πρόοδος έχει συμβεί μέχρι σήμερα. Οι οντολογίες λοιπόν, μπορούν να μας βοηθήσουν να ελέγξουμε την ορθότητα των δηλώσεων των μηνυμάτων με βάση τη σύλληψη του κόσμου μας. Οι πληροφορίες και τα μοντέλα στον τομέα της υγείας συχνά παίρνουν τη μορφή ενός σχήματος XML (XML schema) ή ένα σχεσιακό σχήμα βάσης δεδομένων.

Με δεδομένη την πολυπλοκότητα και την κλίμακα των ιατρικών γνώσεων σήμερα, η χρήση των οντολογιών με βάση το σκεπτικό θα γίνει απαραίτητη σε εφαρμογές όπως ιατρικές ορολογίες, την κλινική διαχείριση της γνώσης για την αυτοματοποιημένη υποστήριξη λήψης αποφάσεων, ακόμα και αυτόματη επαλήθευση της ακρίβειας των μηνυμάτων που ανταλλάσσονται μεταξύ των εφαρμογών υγειονομικής περίθαλψης. Δυστυχώς όμως, οι οντολογίες δεν χρησιμοποιούνται ευρέως στην τεχνολογία λογισμικού σήμερα. Για προφανείς λόγους, της υγειονομικής περίθαλψης οι εφαρμογές απαιτούν υψηλό βαθμό ποιότητας μοντέλου και συνέπειας. Αυτό δεν είναι πάντα δυνατό και εύκολο να το κάνουμε με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις, όπως αντικειμενοστραφή σχεδιασμό (το HL7 RIM βασίζεται στην UML) και των δομών δεδομένων, όπως XML και σχεσιακών σχημάτων βάσεων δεδομένων. Ένα σαφές και καθαρό διαχωρισμό των ανησυχιών απαιτείται μεταξύ του σημασιολογικού μοντέλου (η οντολογία) και το μοντέλο πληροφοριών (τα δεδομένα είναι δομημένα σε ένα XML μήνυμα ή αποθηκεύει τα δεδομένα της εφαρμογής της υγείας του).

Παρακάτω είναι μερικοί τρόποι για το σύστημα υγείας που μπορούν να βελτιωθούν με την χρήση ιατρικών οντολογιών:

- Μπορούν να βοηθήσουν στην οικοδόμηση πιο ισχυρών και πιο διαλειτουργικών συστημάτων πληροφοριών στον τομέα της υγείας.
- Μπορούν να υποστηρίξουν την ανάγκη της διαδικασίας της υγειονομικής περίθαλψης για τη μετάδοση, την επαναχρησιμοποίηση και την κοινή χρήση των δεδομένων των ασθενών.
- Μπορούν επίσης να παρέχουν σημασιολογικά κριτήρια για την υποστήριξη διάφορων στατιστικών συναθροίσεων για διαφορετικούς σκοπούς.
- Ίσως το πιο σημαντικό όφελος που οι οντολογίες στην υγεία μπορούν να θέσουν στα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης είναι η ικανότητά τους να στηρίζουν την απαραίτητη ενσωμάτωση της γνώσης και των δεδομένων.

Βιβλιογραφία

Βιβλία:

- Ι. Βλαχάβας, Π. Κεφαλάς, Ν. Βασιλειάδης, Φ. Κόκκορας, Η. Σακελλαρίου
Κεφάλαιο 29: 'Σημασιολογικό διαδίκτυο, Τεχνητή Νοημοσύνη', Β' Έκδοση,
σελ: 641.
- Εγκυκλοπαίδεια Πάπυρους Λαρούς Μπριτάννικα, τόμος 47, σελ: 55.
- Uschold, M & Gruninger, M. 1996. 'Ontologies: principles, methods and
applications. Knowledge Engineering Review'.
- Gomez-Perez, A. & Benjamins, V, R. August, Stockholm, Sweden 1999.
'Overview of knowledge sharing and reuse components in conjunction with
the Sixteenth international Joint Conference on Artificial Intelligence'.
- Κατερίνα Κ. Καλού, διπλωματική εργασία Πολυτεχνείο Πατρών, Πάτρα
2009. 'Ανάπτυξη και υλοποίηση δικτυακής πύλης αναζήτησης και εύρεσης
βιβλίων βασισμένη σε τεχνολογίες Web 2.0 και σε οντολογίες με χαρακτήρα
εξατομίκευσης'.
- Rector, S. Bechhofer, C. Goble, I. Horrocks, W. Nowlan, and W. Solomon,
Artificial Intelligence in Medicine, 9, 1997. 'The grail concept modeling
language for medical terminology'.

- M. Fernandez-Lopez, A. Gomez-Perez, A. Pazos, and J. Pazos, January/February 1999. 'Building a chemical ontology using methontology and the ontology design environment. IEEE Intelligent Systems & their applications', σελ. 37–46,
- Νικόλαος Η. Κωνσταντίνου, Διδακτορική Εργασία, Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ), Αθήνα 2009. 'Σημασιολογικός Εμπλουτισμός της Πληροφορίας σε Σχεσιακές Βάσεις Δεδομένων και Συστήματα με Επίγνωση Περιβάλλοντος'.
- F. Pinciroli, D. Pisanelli, jul-Aug 2006. 'The unexpected high practical value of medical Ontologies', Computers in Biology and Medicine, σελ. 667-673.
- Campana, F. et al, EU 2007. 'Knowledge-Based HomeCare eServices for an Ageing Europe. Deliverable D01'.
- Casals, J., Gibert, K., Valls, A., March 2007. 'Deliverable DO4.1: Sample APOs, K4CARE document'.
- Batet, M., Gibert, K., Valls, A., D. Riaño et al. Eds. Amsterdam, Netherlands 2007. 'A data abstraction layer as knowledge provider for a medical multi-agent system', 11th Conference on Artificial Intelligence in Medicine (AIME 2007).
- M. Wooldridge, N. R. Jennings, D. Kinny, 2000. 'The Gaia Methodology for Agent – Oriented Analysis and Design, Journal of Autonomous Agents and Multi – Agent Systems', σελ. 285 – 312.

Πηγές από το διαδίκτυο:

- **Ontology.** Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://en.wikipedia.org/wiki/Ontology>.
- **Οντολογία (πληροφορική).** Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: [http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9F%CE%BD%CF%84%CE%BF%CE%B%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1 \(%CE%A0%CE%BB%CE%B7%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%A E](http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9F%CE%BD%CF%84%CE%BF%CE%B%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1 (%CE%A0%CE%BB%CE%B7%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%A E).
- **Ορισμός οντολογίας από την W3C.** Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.w3.org/>.
- **Nicola Guarino.** 'Formal ontology and Information Systems' , Padova Italy 1998, Amsterdam IOS Press. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.loa.istc.cnr.it/Papers/FOIS98.pdf> .
- **Γεργατσούλης Μανόλης,** Τμήμα Αρχιτεκτονικής – Βιβλιοθηκονομίας, Ιόνιο Πανεπιστήμιο, 'Διαχείριση οντολογιών: μελέτη και εμπέδωση στα βασικά προβλήματα που την αφορούν και παρουσίαση υπαρχόντων βιβλιοθηκών οντολογιών'. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://conference.lis.upatras.gr/files/2.04.FullText.pdf>.
- **Natalya F. Noy and Deborah L. McGuinness** Stanford University, Stanford,. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://protege.stanford.edu/>.

- Από σημειώσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ), Αθήνα 2010., Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: [http://courses.dbnet.ntua.gr/fsr/2508/Intro_to_Semantic_Web\(lecture4\).pdf](http://courses.dbnet.ntua.gr/fsr/2508/Intro_to_Semantic_Web(lecture4).pdf).
- Εισαγωγή στο Σημασιολογικό Παγκόσμιο Ιστό και τις Οντολογίες. Μανόλης Γεργατσούλης. Τμήμα Αρχειονομίας - Βιβλιοθηκονομίας. Ιόνιο Πανεπιστήμιο. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.ionio.gr/~papatheodor/lessons/IONIO-KM-ONTOLOGY.ppt>.
- Γεργατσούλης Μανόλης, Τμήμα Αρχειονομίας – Βιβλιοθηκονομίας. Ιόνιο Πανεπιστήμιο, Διαχείριση οντολογιών: ‘Μελέτη και εμβάθυνση στα βασικά προβλήματα που την αφορούν και παρουσίαση υπαρχόντων βιβλιοθηκών οντολογιών’. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://conference.lis.upatras.gr/files/2.04.FullText.pdf>.
- Kamil Matousek, Lubos Kral, and Martin Falc. Apollo CH Manual, (2004). Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://apollo.open.ac.uk/>.
- W. Ceusters, P. Martens, C. Dhaen, and B. Terzic. Linkfactory: an advanced formal ontology management systemmanagement system. In Proceedings of Interactive Tools for Knowledge Capture, October 2001. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.google.gr/search?q=www.landcglobal&oq=www.landcglobal&aqs=chrome.69j57j69j61j69j60j69j61.4886j0&sourceid=chrome&ie=UTF-8>.
- Sean Bechhofer, Ian Horrocks, Carole Goble, and Robert Stevens. Oiled: a reasonable ontology editor for the semantic web. In Proceedings of KI2001, Joint German/Austrian conference on Artificial Intelligence, σελ. 396–408, September 2001. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://oiled.man.ac.uk/>.

- DML. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.daml.org/>.
- AT&T Labs Research — Leading Invention, Driving Innovation. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.research.att.com/groups/infovis/?fbid=7mpb8RQzAcS>.
- Y. Sure, M. Erdmann, J. Angele, S. Staab, R. Studer, and D. Wenke. Ontoedit: Collaborative ontology engineering for the semantic web. In Proceedings of the International Semantic Web Conference 2002 (ISWC 2002), Sardinia, Italia, June 2002. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: [https://www.google.gr/search?q=\(http%3A%2F%2Fwww.ontoknowledge.org%2Ftools%2Fontoedit.shtml&oq=\(http%3A%2F%2Fwww.ontoknowledge.org%2Ftools%2Fontoedit.shtml&aqs=chrome.0.69i57j69i59.2890j0&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.gr/search?q=(http%3A%2F%2Fwww.ontoknowledge.org%2Ftools%2Fontoedit.shtml&oq=(http%3A%2F%2Fwww.ontoknowledge.org%2Ftools%2Fontoedit.shtml&aqs=chrome.0.69i57j69i59.2890j0&sourceid=chrome&ie=UTF-8).
- Ontolingua. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua/>.
- Ontosaurus. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.isi.edu/isd/ontosaurus.html>.
- OpenKnoME. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://topthing.com>.
- Protégé. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://protege.stanford.edu/>.
- Symbolic Ontology Manager XML savvy. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: http://lcl.uniroma1.it/dspace/bitstream/123456789/89/1/File_574.pdf.
- R. Seeley. “ The Semantic Web: The OWL has landed”, August 2003. ADT Magazine. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: www.adtmag.com/article.asp?id=8144.

- Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.google.gr/search?q=Ontologies+in+Medical+Knowledge+Representation&og>.
- Open Clinical – Ontologies. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.openclinical.org/ontologies.html>.
- Foundational model of anatomy ontology. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://sig.biostr.washington.edu/projects/fm/AboutFM.html>.
- OpenEHR: future proof and flexible HER specifications. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.openehr.org/>.
- Gene Ontology Documentation. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.geneontology.org/GO.contents.doc.shtml>.
- Unified Medical Language System (UMLS). Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.nlm.nih.gov/research/umls/>.
- Protégé. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://protege.stanford.edu/overview>.
- Protégé . Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://protege.stanford.edu/>.
- Protégé – Frames Editor and OWL Editor. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://protege.stanford.edu/overview/>.

- Αρχιτεκτονική του Protégé. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://protege.stanford.edu/plugins/owl/architecture.html>.
- K4Care. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.en.globaltalentnews.com/>.
- K4Care. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: http://ec.europa.eu/index_el.htm.
- K4Care. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.k4care.net/>.
- WHO: A strategy to prevent chronic disease in Europe. A focus on public health action. The CINDI vision. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.euro.who.int/en/home>.
- Object Management Group, Unified Modeling Language: Superstructure, Version 2.0, June, 2006. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.omg.org/>.