

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

**«ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ
ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΓΕΩΠΥΛΩΝ: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ»**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Νικόλαος Ε. Αθανάσης

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

Κώστας Καλαμποκίδης

Αν. Καθηγητής

Μυτιλήνη

Ιούνιος 2010

Σημαιολογική Προσέγγιση στην Ανάπτυξη Συστημάτων Γεωπυλών: Εφαρμογή στη Διαχείριση Δασικών Πυρκαγιών

Περίληψη Διδακτορικής Διατριβής

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή παρουσιάζεται μια καινοτόμα προσέγγιση στην ανάπτυξη συστημάτων γεωπυλών. Η καινοτομία της προσέγγισης εντοπίζεται στο γεγονός ότι αξιοποιεί τη σηματολογική οργάνωση των διαθέσιμων μεταδεδομένων για την εξερεύνηση επιθυμητών πληροφοριών μέσα από μηχανισμούς σηματολογικής και χωρικής πλοήγησης.

Οι συμβατικές τεχνικές αναζήτησης σε συστήματα γεωπυλών στηρίζονται στη σύνθεση επερωτήσεων με λέξεις κλειδιά ή στον καθορισμό κριτηρίων φιλτραρίσματος. Έτσι όμως πολλές φορές τα αποτελέσματα αναζήτησης δεν είναι τα επιθυμητά, αφού οι διάφοροι φορείς που συνεισφέρουν στο διαμοιρασμό των πληροφοριών ενδεχομένως να αντιλαμβάνονται με διαφορετικό τρόπο το νόημα της διακινούμενης πληροφορίας. Η σηματολογική ετερογένεια κάνει τις συμβατικές τεχνικές αναζήτησης να έχουν χαμηλή ανάκληση, δηλαδή να μην υπολογίζεται το σύνολο των σχετικών πόρων και χαμηλή ακρίβεια, δηλαδή ορισμένα από τα αποτελέσματα που υπολογίζονται να μην σχετίζονται σηματολογικά με την εκάστοτε αναζήτηση.

Εκτός από τα προβλήματα λόγω της σηματολογίας της διακινούμενης πληροφορίας οι συμβατικές μέθοδοι αναζήτησης σε συστήματα γεωπυλών συχνά δυσκολεύουν τους χρήστες στην εύρεση των πληροφοριών που επιθυμούν, αφού προϋποθέτουν την εξοικείωσή τους με το εκάστοτε πεδίο εφαρμογής. Πολλές φορές οι χρήστες αδυνατούν να προβλέψουν είτε πόσα κριτήρια πρέπει να συμπληρώσουν είτε πώς μια αλλαγή σε μια συνθήκη φιλτραρίσματος θα επηρεάσει τα αποτελέσματα της αναζήτησης. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται τις περισσότερες φορές σε μια μορφή λίστας όπου πρέπει οι ίδιοι να κρίνουν για κάθε πόρο ξεχωριστά αν ανήκει ή όχι στις πληροφορίες που επιθυμούν.

Αντίθετα, στην παρούσα εργασία η αναζήτηση των πληροφοριών γίνεται μέσα από την πλοήγηση σε επίπεδο σηματολογικό και χωρικό, κάτι που επιτρέπει την εξερεύνηση των διαθέσιμων πληροφοριών ακόμα και στην περίπτωση που ο χρήστης έχει μια ασαφή εικόνα για το τι ακριβώς ψάχνει.

Εφαρμογή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε αποτελεί η σηματολογική γεωπύλη διαχείρισης φυσικών κινδύνων με έμφαση στις δασικές πυρκαγιές. Η επιλογή του συγκεκριμένου πεδίου έγινε λαμβάνοντας υπόψη την αναγκαιότητα για την ολοκληρωμένη ανάλυση και διεπιστημονική προσέγγιση στη διαχείριση των δασικών πυρκαγιών. Η σηματολογική γεωπύλη διαχείρισης δασικών πυρκαγιών φιλοδοξεί να αποτελεί κομβικό σημείο ενοποίησης και διαχείρισης ενός πολύ μεγάλου όγκου πληροφοριών, συνεισφέροντας ως βασικό μέσο διάχυσης της σχετικής γνώσης.

Η γενικότητα της προσέγγισης επιτρέπει την ανάπτυξη σημασιολογικών γεωφυλών για διαφορετικά πεδία γνώσης. Έτσι, μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε γεωγραφικό πεδίο εφαρμογών, αρκεί να αναπτυχθούν οι κατάλληλες οντολογίες που θα διαμορφώνουν και θα αξιοποιούν τη σημασιολογία των διαθέσιμων πληροφοριών.

A semantic approach in the development of Geoportals: application in forest fire management

Dissertation Abstract

This dissertation presents a novel approach in the development of geoportals. The novelty of this approach is the fact that it exploits the semantic organization of the available metadata in order to provide high level semantic and querying navigation mechanisms when users search for data of interest.

Unlike conventional searching methods based on keywords, which often hinder users to find useful information, this approach exploits the Semantic Web technology to efficiently find desired information sets. The conceptual relationships at the ontology level are translated, in a transparent way to the user, in hyperlinks that connect the semantically associated information through the graphical interface of the geoportal. Thus, while users navigate in the system, this navigation progresses with the semantic organization provided that helps finding the desired information in a more effective way. The utilization of appropriate ontologies provides the necessary conceptual framework to confront the problems of diversity and semantic heterogeneity of data that complicate the process of their consolidation and internal utilization.

The application of the semantic geoportal on forest fire management aspires to be a focal point of integration and management of a very large amount of information, contributing in this way to the dissemination of knowledge and to the preparedness of the operational stakeholders.

The abstraction of the approach enables the easy development of semantic geoportals for different fields of knowledge. Therefore, it can be applied in any field of geographic information, if the necessary ontologies have been developed that will form and exploit the semantics of the available information.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους με βοήθησαν να φέρω σε πέρας το έργο της δημιουργίας αυτής της διατριβής. Ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στον Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου κύριο Κώστα Καλαμποκίδη, πάνω από όλα για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της διδακτορικής διατριβής ως επιβλέπων καθηγητής. Η αρωγή του ήταν ανεκτίμητη, βοηθώντας με τις βαθιές του γνώσεις και ιδέες. Παράλληλα όμως, τον ευχαριστώ για την ευκαιρία που μου έδωσε να συνεισφέρω σε ερευνητικά προγράμματα, καθ' όλη τη διάρκεια της έρευνας ως υποψήφιος διδάκτορας. Η ενασχόλησή μου με τα ερευνητικά προγράμματα: “AUTO-HAZARD PRO: Automated Fire and Flood Hazard Protection System”, “INCENDI: Θεματική Χαρτογραφία για Δασικές Πυρκαγιές & Ευαισθητοποίηση και Πληροφόρηση των Μαθητών και Όλου του Πληθυσμού” και “VIRTUAL FIRE: Μια WEB GIS Πλατφόρμα για διαχείριση δασικών πυρκαγιών με βάση το Microsoft Bing Maps”, μου έδωσε την ευκαιρία να εργαστώ και παράλληλα να αποκτήσω περισσότερες γνώσεις πάνω σε θέματα που σχετίζονται άμεσα με τα ερευνητικά μου ενδιαφέροντα.

Ευχαριστώ τον Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου κύριο Μιχάλη Βαϊτή. Η συμβολή του στην γενικότερη ανάπτυξη του συστήματος υπήρξε καθοριστική. Η καθοδήγησή του όλο αυτό το διάστημα ήταν πολύ σημαντική.

Ευχαριστώ τον Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου και Πρόεδρο του Τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου κύριο Νικόλαο Σουλακέλλη για τις εποικοδομητικές του παρατηρήσεις και υποδείξεις, καθώς και για τη συνολική του βοήθεια.

Ευχαριστώ τα μέλη της επιτροπής κ.κ. Δρ. Μιχάλη Καρτέρη (Καθηγητή του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης), Δρ. Ιωάννη Χατζόπουλο (Καθηγητή του Τμήματος Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Αιγαίου), Δρ. Πουλίκο Πραστάκο (Ερευνητή Α' στο Ινστιτούτο Υπολογιστικών Μαθηματικών του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας) και Δρ. Μαρίνο Κάβουρα (Καθηγητή στη Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου) για τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή και τις πολύτιμες παρατηρήσεις τους.

Από τις ευχαριστίες δεν θα μπορούσα να παραλείψω τα μέλη του εργαστηρίου Γεωγραφίας Φυσικών Καταστροφών και τα μέλη του εργαστηρίου Χαρτογραφίας και Γεωπληροφορικής του τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου για την άριστη συνεργασία που υπήρχε μεταξύ μας όλο αυτό το διάστημα.

Ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ τέλος στην οικογένειά μου που με στήριξε σε αυτή την επίπονη προσπάθεια.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	12
ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ.....	13
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	14
1.1. Μια σημασιολογική προσέγγιση στην ανάπτυξη γεωπυλών	17
1.2. Στόχοι και συνεισφορά της διδακτορικής διατριβής.....	19
1.3. Πλαίσιο εκπόνησης διατριβής	22
1.4. Δομή της διδακτορικής διατριβής	23
2. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΤΟ	
ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ.....	25
2.1. Γεωπύλες.....	25
2.2. Πρότυπα Γεωγραφικών Μεταδεδομένων.....	30
2.2.1. Το πρότυπο CSDGM.....	31
2.2.2. Το πρότυπο ISO 19115	32
2.2.3. Το πρότυπο μεταδεδομένων της οδηγίας INSPIRE.....	33
2.3. Διαδικτυακά γεωγραφικά πληροφοριακά συστήματα.....	34
2.4. Ο Σημασιολογικός Ιστός	37
2.5. Τα επίπεδα του Σημασιολογικού Ιστού	39
2.5.1. Τα επίπεδα κωδικοποίησης και XML αναπαράστασης	39
2.5.2. Τα επίπεδα RDF και RDF Schema	40
2.5.3. Το επίπεδο οντολογιών	40
2.5.4. Τα ανώτερα επίπεδα διαστρωμάτωσης του σημασιολογικού ιστού	45
2.6. Συστήματα σημασιολογικών πυλών διαδικτύου	45
2.7. Ο Γεωγραφικός Σημασιολογικός Ιστός.....	45
2.8. Κατηγορίες Γεωγραφικών Οντολογιών	47

2.9. Οντολογικά συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών	48
2.10. Συγκριτική αξιολόγηση.....	49
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΩΝ	
ΓΕΩΠΥΛΩΝ	53
3.1. Ανάπτυξη της οντολογίας.....	54
3.1.1. Ο καθορισμός του πεδίου της οντολογίας.....	54
3.1.2. Η απαρίθμηση των σημαντικών όρων της οντολογίας	55
3.1.3. Ανάπτυξη της οντολογίας με το πρόγραμμα Protégé	55
3.1.4. Ενσωμάτωση του προτύπου ISO 19115	56
3.2. Η σημασιολογική βάση δεδομένων	58
3.3. Αναζήτηση πληροφοριών.....	61
3.4. Δημοσιοποίηση μεταδεδομένων	66
3.5. Γενικότητα υλοποίησης.....	68
3.6. Υπολογισμός αποτελεσμάτων αναζήτησης.....	70
3.7. Τα δομικά συστατικά των σημασιολογικών γεωπυλών.....	77
4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΓΕΩΠΥΛΩΝ	
.....	79
4.1. Η οντολογία διαχείρισης δασικών πυρκαγιών	79
4.1.1. Φυσικοί κίνδυνοι και δασικές πυρκαγιές	79
4.1.2. Ανάπτυξη της οντολογίας	79
4.1.3. Οι πόροι της σημασιολογικής γεωπύλης.....	87
4.2. Διαχείριση μεταδεδομένων	88
4.3. Η γεωπύλη διαχείρισης δασικών πυρκαγιών.....	92
4.3.1. Σημασιολογική πλοήγηση	98
4.3.2. Χωρική πλοήγηση	100
4.4. Σενάριο διαχείρισης εγγραφών μεταδεδομένων στη γεωπύλη.....	105
4.5. Αξιολόγηση του συστήματος	110
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	116
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	119

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	131
<i>Η οντολογία διαχείρισης δασικών πυρκαγιών</i>	<i>131</i>
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.....	140
<i>Ενδεικτικές έγκριτες εργασίες (Science Citation Index)</i>	<i>140</i>

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1- Δημοσιοποίηση, αναζήτηση και χρήση πληροφοριών σε συστήματα γεωπυλών ...	26
Σχήμα 2- Αναζήτηση πληροφοριών σε γραφική διεπαφή γεωπύλης.....	27
Σχήμα 3- Η γραφική διεπαφή της γεωπύλης INSPIRE	28
Σχήμα 4- Προβολή γεωγραφικών μεταδεδομένων μέσα από γραφική διεπαφή γεωπύλης.....	29
Σχήμα 5- Αναζήτηση πληροφοριών σε σύστημα WebGIS	35
Σχήμα 6- Το σύστημα Virtual Fire	37
Σχήμα 7- Η διαστρωμάτωση του σημασιολογικού ιστού.....	39
Σχήμα 8- Γραφική απεικόνιση RDF μεταδεδομένων	42
Σχήμα 9- Παράδειγμα RDF σχήματος.....	43
Σχήμα 10- Παράδειγμα RDF περιγραφών πόρων	44
Σχήμα 11- Χαρακτηριστικά γεωγραφικών εννοιών	47
Σχήμα 12- Βασική δομή συστημάτων σημασιολογικών γεωπυλών.....	54
Σχήμα 13- Μετατροπή των στοιχείων του πυρήνα του ISO 19115 σε γνωρίσματα της μετακλάσης	57
Σχήμα 14- Η γραφική διεπαφή του συστήματος RSSDB.....	60
Σχήμα 15- Η γραφική διεπαφή της σημασιολογικής γεωπύλης	62
Σχήμα 16- Αξιοποίηση του σημασιολογικού δικτύου WordNet	64
Σχήμα 17- Διαφοροποίηση πληροφορίας μέσα από τη σημασιολογική πλοήγηση.....	65
Σχήμα 18- Χωρική πλοήγηση στη σημασιολογική γεωπύλη	66
Σχήμα 19- Δημοσιοποίηση μεταδεδομένων	67
Σχήμα 20- Υπολογισμός της σημασιολογίας της πληροφορίας	69
Σχήμα 21- Ροή πληροφορίας κατά τη φάση αρχικοποίησης	70
Σχήμα 22- Υπολογισμός πόρων που περιέχονται πλήρως στην περιοχή αναζήτησης	71
Σχήμα 23- Υπολογισμός πόρων που επικαλύπτονται με την περιοχή αναζήτησης.....	72
Σχήμα 24- Υπολογισμός πόρων που περιέχονται σε μια ζώνη γύρω από την περιοχή αναζήτησης	73
Σχήμα 25- Αποθήκευση μεταδεδομένων στη βάση δεδομένων της γεωπύλης	75
Σχήμα 26- Υπολογισμός των αποτελεσμάτων επερωτήσεων.....	76
Σχήμα 27- Αρχιτεκτονική της σημασιολογικής γεωπύλης.....	78
Σχήμα 28- Εννοιολογικός σχεδιασμός της οντολογίας δασικών πυρκαγιών.....	80
Σχήμα 29- Η οντολογία διαχείρισης δασικών πυρκαγιών	83
Σχήμα 30- Καταγραφή ιδιοτήτων και κλάσεων στο περιβάλλον του Protege.....	86
Σχήμα 31- Ταξινόμηση πόρων.....	87
Σχήμα 32- Ταξινόμηση πόρων σε πολλαπλές κλάσεις	88

Σχήμα 33- Δημοσιοποίηση μεταδεδομένων	90
Σχήμα 34- Τύποι πεδίων κατά τη δημοσιοποίηση νέων πληροφοριών	91
Σχήμα 35- Διαγραφή ή ενημέρωση μεταδεδομένων	91
Σχήμα 36- Ενημέρωση (τροποποίηση) μεταδεδομένων	92
Σχήμα 37- Η γραφική διεπαφή της σημασιολογικής πύλης διαχείρισης δασικών πυρκαγιών	93
Σχήμα 38- Φιλτράρισμα στα πεδία μεταδεδομένων	94
Σχήμα 39- Αποτελέσματα αναζήτησης με βάση συνώνυμους όρους.....	95
Σχήμα 40- Αποτελέσματα αναζήτησης στη σημασιολογική γεωπύλη	97
Σχήμα 41- Προβολή μεταδεδομένων.....	98
Σχήμα 42- Σημασιολογική πλοήγηση.....	99
Σχήμα 43- Περαιτέρω σημασιολογική πλοήγηση	100
Σχήμα 44- Χωρική πλοήγηση.....	101
Σχήμα 45- Εμφάνιση αποτελεσμάτων με βάση τη χωρική πλοήγηση.....	102
Σχήμα 46- Καθορισμός κριτηρίων αναζήτησης και εμφάνιση αποτελεσμάτων.....	103
Σχήμα 47- Προβολή μεταδεδομένων.....	103
Σχήμα 48- Σημασιολογική και χωρική πλοήγηση	104
Σχήμα 49- Διαγραμματική αναπαράσταση των μηχανισμών αναζήτησης πληροφοριών	105
Σχήμα 50- Δημοσιοποίηση νέας εγγραφής μεταδεδομένων	107
Σχήμα 51- Ενσωμάτωση των νέων περιγραφών μεταδεδομένων.....	108
Σχήμα 52- Τροποποίηση εγγραφών μεταδεδομένων.....	109
Σχήμα 53- Ολοκλήρωση της διαδικασίας τροποποίησης μεταδεδομένων	110
Σχήμα 54- Σημασιολογική και χωρική πλοήγηση στο πρώτο σενάριο αξιολόγησης.....	112
Σχήμα 55- Πλοήγηση μέσω της δενδρικής δομής στο δεύτερο σενάριο αξιολόγησης	113
Σχήμα 56- Αναζήτηση με βάση συνώνυμους όρους στο δεύτερο σενάριο αξιολόγησης.....	113
Σχήμα 57- Αποτελέσματα αναζήτησης πληροφοριών στο τρίτο σενάριο αξιολόγησης	114
Σχήμα 58- Σημασιολογική και χωρική πλοήγηση σε συσχετιζόμενες πληροφορίες στο τρίτο σενάριο αξιολόγησης	115

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1- Ο πυρήνας μεταδεδομένων του προτύπου ISO 19115.....	33
Πίνακας 2- Συγκριτική αξιολόγηση των συστημάτων	52
Πίνακας 3- Ιδιότητες της μετακλάσης της οντολογίας διαχείρισης δασικών πυρκαγιών.....	58
Πίνακας 4- Χρόνος απόκρισης του συστήματος σε σχέση με τις εγγραφές μεταδεδομένων..	74
Πίνακας 5- Σύγκριση των δύο μεθοδολογιών σε σχέση με το χρόνο απόκρισης του συστήματος	77
Πίνακας 6- Ιδιότητες της οντολογίας διαχείρισης δασικών πυρκαγιών	84
Πίνακας 7- Γενικά συμπεράσματα από την αξιολόγηση του συστήματος	115

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ

CSDGM:	CONTENT STANDARD FOR DIGITAL GEOSPATIAL METADATA
DSS:	DECISION SUPPORT SYSTEM
ESRI:	ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE
FGDC:	FEDERAL GEOGRAPHIC DATA COMMITTEE
GI:	GEOGRAPHICAL INFORMATION
GIS:	GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS
GML:	GEOGRAPHY MARKUP LANGUAGE
GOS:	GEOSPATIAL ONE STOP
GPS:	GLOBAL POSITIONING SYSTEM
GRQL:	GRAPHICAL RDF QUERY LANGUAGE
HTML:	HYPERTEXT MARKUP LANGUAGE
INSPIRE:	INFRASTRUCTURE FOR SPATIAL INFORMATION IN EUROPE
ISO:	INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION
JSP:	JAVA SERVER PAGES
MIMS:	MINERAL RESOURCES MANAGEMENT SYSTEM
OGC:	OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM
OQL:	OBJECT QUERY LANGUAGE
OWL:	WEB ONTOLOGY LANGUAGE
PDA:	PERSONAL DIGITAL ASSISTANT
RDF/S:	RDF SCHEMA
RDF:	RESOURCE DESCRIPTION FRAMEWORK
RQL:	RDF QUERY LANGUAGE
RSSDB:	RDF SCHEMA SPECIFIC DATABASE
SDE:	SPATIAL DATABASE ENGINE
SDI:	SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE
SQL:	STRUCTURED QUERY LANGUAGE
SW:	SEMANTIC WEB
UML:	UNIFIED MODELLING LANGUAGE
URI:	UNIFORM RESOURCE IDENTIFIER
WebGIS:	WEB GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM
WFS:	WEB FEATURE SERVICE
WMS:	WEB MAP SERVICE
XML:	EXTENSIBLE MARKUP LANGUAGE

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο παγκόσμιος ιστός χαρακτηρίζεται από αλματώδη ανάπτυξη, κυρίως λόγω της τεχνολογικής εξέλιξης των δικτύων και της απλότητας χρήσης του. Αποτελεί ένα βασικό μέσο διαμοιρασμού πληροφοριών και υπηρεσιών. Ειδικότερα στο χώρο των γεωγραφικών πληροφοριών ο ρόλος του παγκόσμιου ιστού στην αξιοποίηση γεωγραφικών δεδομένων είναι ιδιαίτερα σημαντικός.

Όταν όμως έχουμε να κάνουμε με τη δημιουργία, διακίνηση και αξιοποίηση πληροφοριών στον παγκόσμιο ιστό, καθοριστικό ρόλο παίζει η διαλειτουργικότητα μεταξύ των διαθέσιμων πόρων. Στο γεωγραφικό χώρο η διαλειτουργικότητα ορίζεται ως η ικανότητα δύο ή περισσότερων συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών για ανταλλαγή και αμοιβαία χρήση χωρικών δεδομένων (Κόκλα 2010). Η επίτευξη μιας διαλειτουργικής διαχείρισης των πληροφοριών στο διαδίκτυο δυσχεραίνεται από ζητήματα ετερογένειας η οποία διακρίνεται σε: (Μπουντούρη και Γεργατσούλης 2006, Κόκλα 2010)

- συντακτική ετερογένεια (syntactic heterogeneity) που προκύπτει από τις διαφορές στα λογικά μοντέλα δεδομένων (π.χ. σχεσιακά και αντικειμενοστραφή) των συστημάτων διαχείρισης βάσεων δεδομένων, στην κωδικοποίηση των πληροφοριών τους και στους τύπους των δεδομένων τους.
- σχηματική ετερογένεια (schematic heterogeneity) που προκύπτει από το αποτέλεσμα της χρήσης διαφορετικών εννοιολογικών μοντέλων δεδομένων και των διαφορετικών τρόπων ταξινόμησης των οντοτήτων τους.
- σημασιολογική ετερογένεια (semantic heterogeneity) που προκύπτει, όταν η σημασία των δεδομένων μπορεί να εκφραστεί με διαφορετικούς τρόπους και με ποικίλες ερμηνείες.

Τα τελευταία χρόνια τα συστήματα πυλών διαδικτύου αναδεικνύονται ως μια λύση διαλειτουργικής αξιοποίησης ετερογενών πληροφοριών προσφέροντας ολοκληρωμένη πρόσβαση σε διάφορους πληροφοριακούς πόρους που είναι διαθέσιμοι στο διαδίκτυο. Οι πύλες διαδικτύου ορίζονται ως πλούσια οργανωμένα κομβικά σημεία ολοκληρωμένης πρόσβασης σε πληροφορίες και εφαρμογές (Winkler 2001). Κύριο γνώρισμα τους είναι η πλούσια οργάνωση της πληροφορίας που διακινούν. Οι διαθέσιμες πληροφορίες βρίσκονται κατηγοριοποιημένες κάτω από θεματικούς καταλόγους, ενώ εξειδικευμένες πληροφορίες ταξινομούνται σε υποενότητες των καταλόγων αυτών (Athanasis 2004).

Οι γεωγραφικές πύλες διαδικτύου (γεωπύλες) αποτελούν μια εξειδικευμένη κατηγορία πυλών διαδικτύου. Είναι διαδικτυακά κομβικά σημεία εισόδου που οργανώνουν το γεωγραφικό περιεχόμενο και τις γεωγραφικές λειτουργίες για πρόσβαση σε πηγές

πληροφορίας, δεδομένα και εφαρμογές (Tait 2005). Προσφέρουν το κατάλληλο διαδικτυακό περιβάλλον για τη συγκέντρωση και διαμοιρασμό επιθυμητών πληροφοριών μεταξύ μιας κοινότητας χρηστών (Maguire and Longley 2005).

Οι γεωπύλες ενεργούν ως διαμεσολαβητές μεταξύ των χρηστών και των παρόχων πληροφορίας. Οι πάροχοι δημοσιοποιούν προς τη γεωπύλη περιγραφές των πληροφοριών που ονομάζονται μεταδεδομένα. Τα μεταδεδομένα παρέχουν μια ολοκληρωμένη περιγραφή των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων, του τρόπου κατασκευής αλλά και όλων των τροποποιήσεων των δεδομένων, στα οποία αναφέρονται. Η γεωπύλη συλλέγει τα μεταδεδομένα και προσφέρει υπηρεσίες εξερεύνησης των μεταδεδομένων μέσα από αντίστοιχες υπηρεσίες καταλόγου. Μετά την εύρεση, η γεωπύλη παρέχει μηχανισμούς επικοινωνίας χρηστών και παρόχων για τη διαπραγμάτευση της αξιοποίησης των διαθέσιμων πόρων.

Βασικό ρόλο στην επίτευξη της διαλειτουργικότητας στο χώρο των γεωγραφικών πυλών διαδικτύου παίζουν τα πρότυπα γεωγραφικών μεταδεδομένων όπως ISO 19115¹ και CSDGM (Lee and Chan 2000), τα πρότυπα γεωγραφικών υπηρεσιών όπως τα WMS² και WFS³ της ανοικτής κοινοπραξίας OGC⁴ και η θέσπιση της γλώσσας GML⁵ ως γλώσσα διαλειτουργικής αναπαράστασης γεωγραφικών πληροφοριών. Όμως, τα παραπάνω πρότυπα και γλώσσες δεν μπορούν να χειριστούν αποτελεσματικά θέματα ερμηνείας και σημασιολογίας της διαθέσιμης πληροφορίας (Bishr 1998). Οι διαφορές στην ερμηνεία που δίδεται στη διαθέσιμη πληροφορία οδηγούν σε προβλήματα σημασιολογικής ετερογένειας (Klien et al. 2004). Τέτοια προβλήματα ερμηνείας προκύπτουν λόγω: (Doerr 2001, Kavouras and Kokla 2008)

- της διαφορετικής κατανόησης των ίδιων εννοιών σε διαφορετικά περιβάλλοντα, δηλαδή τις διαφορετικές αντιλήψεις του χώρου που έχει ο κάθε άνθρωπος ξεχωριστά (γνωσιακή ετερογένεια).
- της προβληματικής κατανόησης ομώνυμων εννοιών, δηλαδή όταν το ίδιο όνομα αποδίδεται σε διαφορετικές έννοιες.
- της προβληματικής κατανόησης συνώνυμων όρων, δηλαδή όταν η ίδια έννοια περιγράφεται από διαφορετικά ονόματα.

Ειδικά για το χώρο των γεωγραφικών πυλών τα προβλήματα ερμηνείας και σημασιολογίας ενισχύονται περαιτέρω λόγω των τεχνικών αναζήτησης επιθυμητών πληροφοριών που ακολουθούνται. Οι τεχνικές αυτές στηρίζονται στη σύνθεση επερωτήσεων (querying) με λέξεις κλειδιά ή στον καθορισμό χωρικών κριτηρίων φιλτραρίσματος (Lutz and Klein 2004). Έτσι όμως οι όροι αναζήτησης μπορεί να οδηγήσουν σε εσφαλμένα αποτελέσματα, αφού το νόημα της πληροφορίας ενδέχεται να είναι διαφορετικό μεταξύ των

¹ http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=32557

² <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>

³ <http://www.opengeospatial.org/standards/wfs>

⁴ www.opengeospatial.org

⁵ <http://www.opengis.net/gml>

φορέων που τη δημοσιοποίησαν και των χρηστών που την αναζητούν. Η σημασιολογική ετερογένεια κάνει τις τεχνικές αναζήτησης πληροφοριών σε περιβάλλοντα γεωφυλών να έχουν χαμηλή ανάκληση (low recall), δηλαδή υπάρχουν σχετικοί πόροι που δεν υπολογίζονται στην αναζήτηση. Επιπρόσθετα, λόγω ομώνυμων όρων ή λόγω της αδυναμίας έκφρασης σύνθετων επερωτήσεων μέσω λέξεων κλειδιών ενδέχεται να έχουν χαμηλή ακρίβεια (low precision), δηλαδή ορισμένα από τα αποτελέσματα που υπολογίζονται είναι άσχετα με την εκάστοτε αναζήτηση (Klein and Bernstein 2004).

Συνεπώς οι μηχανισμοί που ακολουθούνται προϋποθέτουν ότι ο χρήστης είναι οικείος με το πεδίο εφαρμογής της πηγής πληροφοριών, ξέρει τι είναι αυτό που αναζητά και γνωρίζει τη γλώσσα περιγραφής των κριτηρίων. Οι χρήστες χρειάζονται να έχουν ήδη επίγνωση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των πόρων που αναζητούν, των μηχανισμών πρόσβασής τους, της διεπαφής αναζήτησης του συγκεκριμένου συστήματος και του τύπου των αποτελεσμάτων που επιστρέφονται. Για κάθε αναζήτηση, πρέπει να συγκρίνουν και να αξιολογήσουν οι ίδιοι τα αποτελέσματα, χωρίς να υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ των διαφόρων αποτελεσμάτων (Sadeh and Walker 2003). Έτσι, χάνεται πολύτιμος χρόνος στη φυλλομέτρηση και στην ξεχωριστή αξιολόγηση της χρησιμότητας κάθε αποτελέσματος της αναζήτησης (Marshall and Shipman 1997).

Σύμφωνα με τον Hochmair (2005), τα προβλήματα που προκύπτουν κατά την αναζήτηση πληροφοριών σε γραφικές διεπαφές φυλών διαδικτύου είναι:

1. Η μεγάλη συχνότητα που πρέπει οι χρήστες να θέτουν κριτήρια αναζήτησης.
2. Τα κριτήρια φιλτραρίσματος που πολλές φορές δεν μπορούν να επαναδιατυπωθούν ανάλογα με τα αποτελέσματα της εκάστοτε αναζήτησης.
3. Η ελλιπής βοήθεια για τον τρόπο συμπλήρωσης των φορμών αναζήτησης
4. Η αδυναμία πρόβλεψης για το πόσα κριτήρια πρέπει κάθε φορά να συμπληρωθούν.
5. Η δυσκολία πρόβλεψης πώς μια αλλαγή σε μια συνθήκη φιλτραρίσματος θα επηρεάσει τα αποτελέσματα της αναζήτησης.

Αντίθετα με ότι συμβαίνει με τους μηχανισμούς αναζήτησης μέσω σύνθεσης επερωτήσεων, οι μηχανισμοί πλοήγησης (navigation) δεν επιβάλλουν την προηγούμενη γνώση του πεδίου εφαρμογής της πηγής πληροφοριών ούτε προϋποθέτουν εμπειρία στη χρήση συγκεκριμένων γλωσσών ή περιβαλλόντων αλληλεπίδρασης (Βαΐτης 2001). Μέσω της πλοήγησης οι ίδιοι οι χρήστες προσδιορίζουν τη σειρά με την οποία επιθυμούν να αναγνώσουν τις πληροφορίες του συστήματος, κάτι που τους επιτρέπει την εξερεύνηση των διαθέσιμων πόρων ακόμα και στην περίπτωση που έχουν μια ασαφή εικόνα για το τι ακριβώς ψάχνουν (Βαΐτης 2001). Ο χρήστης μπορεί να κατασκευάζει προσωπικά μονοπάτια στο δίκτυο πληροφοριών και έχει τη δυνατότητα να ανακαλύπτει νέες συσχετίσεις σε ήδη γνωστές πληροφορίες (Marchionini 1996). Ο συσχετιστικός τρόπος που λειτουργούν οι

μηχανισμοί πλοήγησης ταιριάζει πολύ καλύτερα στον ανθρώπινο τρόπο σκέψης με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται πολύ καλύτερη επικοινωνία μεταξύ χρηστών και υπολογιστικών συστημάτων (Ζάρδας 2009).

Τα πλεονεκτήματα που προφέρουν οι μηχανισμοί αναζήτησης με βάση την πλοήγηση σε σχέση με τη σύνθεση επερωτήσεων είναι ήδη γνωστά από τα συστήματα υπερκειμένου (hypertext) και υπερμέσων (hypermedia) (Nelson 1987, Bieber et al. 1997, Kobsa et al. 2001). Υπερμεσικές εφαρμογές όπως XQBE (Braga et al. 2004), PESTO (Carey et al. 1996), IVORY (Chang et al. 1998) και BBQ (Munroe and Papakonstantinou 2000) είναι μερικά παραδείγματα συστημάτων που διαθέτουν γραφικές διεπαφές πάνω σε σχεσιακές, οντοκεντρικές ή ημιδομημένες/XML βάσεις δεδομένων, κρύβοντας με αυτό τον τρόπο την πολυπλοκότητα επερωτήσεων σε SQL, OQL ή XPath/XQuery γλώσσες. Οι προσεγγίσεις όμως αυτές περιορίζονται στη γραφική αναπαράσταση των σχημάτων των βάσεων δεδομένων τους, όπου δεν υφίστανται ζητήματα ετερογένειας μεταξύ των διαθέσιμων πληροφοριών όπως συμβαίνει στα περιβάλλοντα των γεωπυλών.

Συνοψίζοντας, τα κύρια προβλήματα που δυσχεραίνουν την αξιοποίηση πληροφοριών στα συστήματα γεωπυλών είναι:

- Η σημασιολογική ετερογένεια που οδηγεί πολλές φορές σε αποτελέσματα με χαμηλή ακρίβεια και ανάκληση, αφού οι εν λόγω μηχανισμοί πρόσβασης στην πληροφορία δεν είναι σε θέση να διαχειριστούν το νόημα των διαθέσιμων πληροφοριών. Όταν η αναζήτηση πληροφοριών στηρίζεται στο φιλτράρισμα με λέξεις κλειδιά, οι όροι αναζήτησης μπορεί να οδηγήσουν σε εσφαλμένα αποτελέσματα, αφού το νόημα της πληροφορίας ενδέχεται να είναι διαφορετικό μεταξύ των φορέων που τη δημοσιοποίησαν και των χρηστών που την αναζητούν.
- Οι συμβατικές τεχνικές αναζήτησης δυσκολεύουν πολλές φορές τους χρήστες, όταν δεν γνωρίζουν ποιες λέξεις κλειδιά να χρησιμοποιήσουν ή δεν έχουν την εμπειρία για να θέσουν τα κατάλληλα κριτήρια φιλτραρίσματος. Σε αντίθεση με τις τεχνικές πλοήγησης που ταιριάζουν πολύ καλύτερα στον ανθρώπινο τρόπο σκέψης, με τη σύνθεση επερωτήσεων οι χρήστες πρέπει οι ίδιοι να συγκρίνουν και να αξιολογούν τα αποτελέσματα κάθε αναζήτησης, χωρίς να υπάρχει δυνατότητα συσχέτισης των αποτελεσμάτων αυτών.

1.1. Μια σημασιολογική προσέγγιση στην ανάπτυξη γεωπυλών

Η προσέγγιση που ακολουθήθηκε προς μια πιο αποτελεσματική ανάπτυξη συστημάτων γεωπυλών είναι η αξιοποίηση του σημασιολογικού ιστού (Berners-Lee et al. 2001, Antoniou και Harmelen 2004). Ο σημασιολογικός ιστός (Semantic Web), μια προέκταση του παγκόσμιου ιστού όπως τον γνωρίζουμε έως σήμερα, έχει ως βασικό χαρακτηριστικό ότι η

σημασιολογία της πληροφορίας γίνεται κατανοητή και επεξεργάσιμη από τα ίδια τα υπολογιστικά συστήματα στοχεύοντας στη δημιουργία μιας κατάλληλης υποδομής για ένα πιο αποτελεσματικό διαμοιρασμό της διαθέσιμης πληροφορίας.

Σημαντικό ρόλο στην κατανόηση του νοήματος από τα υπολογιστικά συστήματα διαδραματίζουν οι οντολογίες. Μια οντολογία ορίζεται ως «μια τυπική (formal), ρητή (explicit) προδιαγραφή μιας διαμοιρασμένης (shared) εννοιολογικής αναπαράστασης (conceptualization)» (Gruber 1993). Σύμφωνα με τον Uschold (1998), εννοιολογική αναπαράσταση είναι ο τρόπος που σκεφτόμαστε για ένα συγκεκριμένο πεδίο, που μπορεί να καθορίζεται ρητά (explicit) μέσω μιας οντολογίας ή να είναι η γνώση που έχει ο καθένας για το συγκεκριμένο πεδίο (implicit). Η ρητή αναπαράσταση προϋποθέτει τον καθορισμό του τύπου των εννοιών του πεδίου και τους αντίστοιχους περιορισμούς χρήσης τους (Benjamins et al. 1998). Συνεπώς, οι οντολογίες λειτουργούν ως ένας μηχανισμός διαλειτουργικότητας ανάμεσα σε ανθρώπους και συστήματα. Εφόσον μπορούν να αναπαραστήσουν εννοιολογικά έναν τομέα μπορούν να αξιοποιηθούν στην ενοποίηση και ενιαία αξιοποίηση όρων και σημασιών που εκφράζουν τις έννοιες για το συγκεκριμένο πεδίο.

Οι οντολογίες παρέχουν τη δυνατότητα συστηματικότερης κατανόησης του γεωγραφικού χώρου και αποτελεσματικότερης αναπαράστασης της γεωγραφικής γνώσης (Κόκλα 2004). Χρησιμοποιώντας οντολογίες για τον εμπλουτισμό των περιγραφών των διαθέσιμων πληροφοριών, η σημασιολογία του περιεχομένου τους γίνεται αξιοποιήσιμη από τους μηχανισμούς αναζήτησης πληροφοριών και οι χρήστες μπορούν να διατυπώνουν ακριβείς ερωτήσεις υψηλής εκφραστικής δύναμης. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ανακαλυφθούν μη ρητές σχέσεις μεταξύ των εννοιών μέσω λογικού συλλογισμού (logical reasoning), καθώς και για την κατασκευή ιεραρχιών για την ταξινόμηση των διαθέσιμων πληροφοριών (Lutz and Klien 2004).

Οι οντολογίες αποτελούν μια από τις σημαντικότερες ερευνητικές κατευθύνσεις για την επίτευξη σημασιολογικής διαλειτουργικότητας. Η σημασιολογική διαλειτουργικότητα στοχεύει στη σύγκριση και συσχέτιση διαφορετικών συστημάτων με βάση τη σημασιολογία τους, με σκοπό την ολοκλήρωση (integration) των δεδομένων (Kokla 2006). Τα βασικά σενάρια ολοκλήρωσης που ακολουθούνται είναι (Wache et al. 2001):

- η προσέγγιση πολλαπλών οντολογιών όπου κάθε τοπικό σύστημα διαθέτει τη δική του οντολογία. Το πρόβλημα σε αυτή την περίπτωση είναι η εύρεση των κατάλληλων κανόνων συσχέτισης μεταξύ των οντολογιών (ontology mapping).
- η προσέγγιση μονής οντολογίας (single ontology approach) όπου μια καθολική οντολογία παρέχει ένα κοινό λεξιλόγιο που καθορίζει τη σημασιολογία των πληροφοριών. Η προσέγγιση αυτή προτιμάται, όταν υπάρχει ένα κοινό πεδίο εφαρμογών και όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς μοιράζονται την ίδια αντίληψη για την διαθέσιμη πληροφορία (Lutz and Klien 2006).

- η προσέγγιση υβριδικής οντολογίας (hybrid ontology approach), όπου συνδυάζονται χαρακτηριστικά και από τις δύο προαναφερθείσες προσεγγίσεις.

Πολλές προσεγγίσεις ολοκλήρωσης οντολογιών έχουν γίνει στα πλαίσια ερευνητικών προγραμμάτων όπως Chimaera (McGuinness et al. 2000), MOMIS (Beneventano and Bergamaschi 2004), PROMPT (Fridman and Musen 2000) και KRAFT (Visser et al. 1999). Τα συστήματά τους αποτελούν οντολογικά περιβάλλοντα σημασιολογικής ολοκλήρωσης προσφέροντας λειτουργίες εξαγωγής σημασιολογικής πληροφορίας, σύγκρισης των επιμέρους οντολογιών και ενοποίησής των επιμέρους οντολογιών. Ειδικότερα στο γεωγραφικό χώρο, οι Visser et al. (2000) επισημαίνουν τη χρησιμότητα οντολογιών στη δημιουργία σημασιολογικών μεταφραστών (semantic translators) μεταξύ ετερόνομων πηγών ενώ οι Fonseca et al. (2002) (a) αναλύουν ένα πλαίσιο αντιστοίχισης χωρικών οντολογιών σε εννοιολογικά σχήματα (conceptual schemas). Οι Ram et al. (2003) παρουσιάζουν το GeoCosm, μια προσέγγιση ολοκλήρωσης βασισμένη σε ένα χωροχρονικό σημασιολογικό μοντέλο για να ορίσουν το περιεχόμενο των γεωγραφικών πηγών, μαζί με μια οντολογία αντιμετώπισης σημασιολογικών ετερογενειών. Η προσέγγισή τους στηρίζεται στην ενοποίηση τοπικών σχημάτων κατανεμημένων πηγών σε ένα καθολικό σχήμα μέσω μιας διαμοιραζόμενης οντολογίας. Οι Cruz et al. (2002) προτείνουν μια προσέγγιση που διαχειρίζεται την ετερογένεια σε κατανεμημένες γεωγραφικές βάσεις δεδομένων. Υποστηρίζουν την ανάπτυξη μιας κεντρική οντολογίας και τον καθορισμό συμφωνιών (δηλωτικών μετασχηματισμών) μεταξύ τοπικών σχημάτων και κεντρικής οντολογίας.

Το πρόβλημα όλων αυτών των προσεγγίσεων, είναι ότι γίνονται μέσω εξειδικευμένων (ad-hoc) και υποκειμενικών αντιστοιχίσεων οντολογιών (Kokla 2006), μια διαδικασία πολλές φορές πολύπλοκη και χρονοβόρα. Προς την επίτευξη ενός πλαισίου αναφοράς σε θέματα οντολογικής ολοκλήρωσης γεωγραφικών πληροφοριών η Κόκλα (2004) προτείνει μια μεθοδολογία που καθορίζει τις διαδικασίες σημασιολογικής ολοκλήρωσης, τα διαφορετικά είδη σημασιολογικής ετερογένειας και τα διαφορετικά είδη και επίπεδα ολοκλήρωσης.

Αν αναλογιστούμε ότι οι σύγχρονες τάσεις στο σχεδιασμό πληροφοριακών συστημάτων αφορούν ολοένα και περισσότερο κατανεμημένες εφαρμογές, όπως αυτές των πυλών διαδικτύου, των διαδικτυακών συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών και των κατανεμημένων συστημάτων υπολογιστικού νέφους (cloud computing) (Gruman and Knorr 2008), οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι η διαχείριση των προβλημάτων που προκύπτουν λόγω της σημασιολογικής ετερογένειας στις περιγραφές των διαθέσιμων γεωγραφικών πόρων είναι ένα πεδίο ανοικτό προς διερεύνηση.

1.2. Στόχοι και συνεισφορά της διδακτορικής διατριβής

Βασικός στόχος της διδακτορικής διατριβής αποτέλεσε η αξιοποίηση της σημασιολογικής οργάνωσης της διαθέσιμης πληροφορίας προς την επίτευξη μιας αποτελεσματικότερης

πρόσβασης στα σύνολα των πληροφοριών γεωπυλών. Σε αντίθεση με τις συμβατικές μεθόδους αναζήτησης σε διεπαφές γεωπυλών που βασίζονται σε λέξεις κλειδιά και συχνά δυσκολεύουν τους χρήστες στο να βρουν τις πληροφορίες που επιθυμούν, στην παρούσα προσέγγιση δίνεται βάση στις δυνατότητες εξερεύνησης του συστήματος και της πρόσβασης σε επιθυμητά σύνολα πληροφοριών μέσα από την πλοήγηση σε αυτό. Οι εννοιολογικές συσχετίσεις στο επίπεδο της οντολογίας μεταφράζονται, με έναν διάφανο προς το χρήστη τρόπο, σε υπερσυνδέσμους που συνδέουν τις σημασιολογικές συσχετιζόμενες πληροφορίες μέσα από τη γραφική διεπαφή της γεωπύλης. Έτσι, ενώ ο χρήστης πλοηγείται στο σύστημα, η πλοήγησή του βασίζεται στη σημασιολογική οργάνωση των πληροφοριών, βοηθώντας με αυτό τον τρόπο στην αποτελεσματικότερη εύρεση επιθυμητών πληροφοριών.

Ο σχεδιασμός μιας οντολογίας στο πεδίο των δασικών πυρκαγιών και η ανάπτυξη της αντίστοιχης σημασιολογικής γεωπύλης αναδεικνύουν τα χαρακτηριστικά που παρέχει η αξιοποίηση του σημασιολογικού ιστού σε συστήματα γεωπυλών. Η παραπάνω γεωπύλη φιλοδοξεί να συμβάλει στην ανάπτυξη της κατάλληλης Υποδομής Χωρικών Δεδομένων διαχείρισης δασικών πυρκαγιών. Μέσα από μια τέτοια υποδομή, η γεωπύλη θα αποτελεί το κομβικό σημείο ενοποίησης και διαχείρισης ενός πολύ μεγάλου όγκου πληροφοριών, και θα συνεισφέρει στη διάχυση της γνώσης που αφορά γενικότερα τη διαχείριση περιβαλλοντικών κινδύνων.

Οι δυνατότητες σημασιολογικής πλοήγησης συνδυάζονται αρμονικά με δυνατότητες χωρικής πλοήγησης. Καθώς οι χρήστες εξερευνούν το σύστημα της γεωπύλης, πλοηγούνται χωρικά και σημασιολογικά, όπου οι πληροφορίες που υπολογίζονται καθορίζονται με βάση τα εκάστοτε σημασιολογικά και χωρικά κριτήρια αναζήτησης. Η αξιοποίηση χωρικών ερωτημάτων σε συνδυασμό με την αξιοποίηση της πλούσιας σημασιολογίας της πληροφορίας αποτελούν πολύ σημαντικά εργαλεία προς την αναζήτηση των επιθυμητών πληροφοριών μέσα από το περιβάλλον της γεωπύλης. Νέες περιγραφές μεταδεδομένων μπορούν να δημοσιοποιηθούν από τους ίδιους τους εγγεγραμμένους παρόχους της γεωπύλης. Τα προς δημοσιοποίηση μεταδεδομένα ελέγχονται με τρόπο αυτοματοποιημένο ως προς την εγκυρότητά τους και ενσωματώνονται στο ήδη υπάρχον σύνολο των διαθέσιμων μεταδεδομένων.

Ο σχεδιασμός του συστήματος επιτρέπει την ανάπτυξη διαφορετικών σημασιολογικών γεωπυλών για διαφορετικά πεδία γνώσης. Σημαντικό ρόλο σε αυτή την υψηλή αφαιρετικότητα παίζουν τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν. Το σύστημα ανοικτού λογισμικού ICS-FORTH RDFSuite (Alexaki 2002), που κατασκευάστηκε στο Εργαστήριο Πληροφοριακών Συστημάτων⁶ του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας⁷, αξιοποιεί τη δηλωτική σημασιολογική γλώσσα RQL (RDF Query Language) (Karvounarakis 2002),

⁶ <http://www.ics.forth.gr/isl/index.html>

⁷ <http://www.ics.forth.gr/>

υπολογίζοντας τη σημασιολογία της διαθέσιμης πληροφορίας ανεξάρτητα από το εκάστοτε σχήμα οντολογίας που χρησιμοποιείται. Όπως οι μηχανισμοί σημασιολογικής πλοήγησης στηρίζονται στη σημασιολογική γλώσσα επερώτησης RQL, έτσι και οι μηχανισμοί χωρικής πλοήγησης στηρίζονται στο ανοικτό λογισμικό PostGIS⁸, μια επέκταση του οντοκεντρικού/σχεσιακού συστήματος διαχείρισης βάσεων δεδομένων PostgreSQL⁹ που επιτρέπει τη διαχείριση της γεωμετρίας των πληροφοριών. Οι μηχανισμοί χωρικής πλοήγησης εφαρμόζονται σε συνδυασμό με την ανοικτή βιβλιοθήκη OpenLayers¹⁰ που επιτρέπει την κατασκευή διαδικτυακών γεωγραφικών εφαρμογών και την οπτικοποίηση των διαθέσιμων πληροφοριών.

Για την ανάπτυξη του λογισμικού πάνω στο οποίο εφαρμόζονται οι λειτουργίες της γεωπύλης χρησιμοποιήθηκε η αντικειμενοστραφής γλώσσα προγραμματισμού Java¹¹. Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της Java έναντι των περισσότερων άλλων γλωσσών είναι η ανεξαρτησία του λειτουργικού συστήματος και της εφαρμογής που αναπτύσσεται, αφού τα προγράμματα γραμμένα σε Java εκτελούνται ακριβώς το ίδιο πάνω από οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα χωρίς να χρειαστεί να ξαναγίνει μεταγλώττιση ή να αλλάξει ο πηγαίος κώδικας για κάθε διαφορετικό λειτουργικό σύστημα. Για την κατασκευή της γραφικής διεπαφής χρήστη της γεωπύλης χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία JSP (JavaServer Pages)¹² που μπορεί να δημιουργεί δυναμικό περιεχόμενο στο διαδίκτυο. Μια σελίδα JSP πρόκειται για ένα html έγγραφο το οποίο αναμειγνύεται με τη γλώσσα προγραμματισμού Java, η οποία παρέχει αυτό το δυναμικό περιεχόμενο.

Συνοπτικά οι επιμέρους στόχοι της διδακτορικής διατριβής είναι:

1. Η ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας αναζήτησης πληροφοριών που θα στηρίζεται στην πλοήγηση σε σημασιολογικό και χωρικό επίπεδο.
2. Ο σχεδιασμός, ανάπτυξη και αξιοποίηση μια οντολογίας στο πεδίο των φυσικών κινδύνων με έμφαση στη διαχείριση των δασικών πυρκαγιών.
3. Η ανάπτυξη μιας σημασιολογικής γεωπύλης για το πεδίο διαχείρισης των δασικών πυρκαγιών. Μέσα από τη γεωπύλη παρουσιάζεται η συμβολή του σημασιολογικού ιστού στην αναζήτηση πληροφοριών σε συστήματα γεωπυλών. Ως κομβικό σημείο ενοποίησης της πληροφορίας, η γεωπύλη φιλοδοξεί να συνεισφέρει στο διαμοιρασμό της απαραίτητης γνώσης και ως μέσο αντιμετώπισης των δασικών πυρκαγιών.
4. Η γενικότητα της προσέγγισης που επιτρέπει την εύκολη προσαρμογή της γεωπύλης σε οποιοδήποτε πεδίο εφαρμογής.

⁸ <http://postgis.refrations.net/>

⁹ <http://www.postgresql.org/>

¹⁰ <http://openlayers.org/>

¹¹ <http://java.sun.com/>

¹² java.sun.com/products/jsp/

Η αξιοποίηση μηχανισμών σημασιολογικής πλοήγησης σε συστήματα γεωπυλών είναι ένα σημαντικό ερευνητικό πεδίο που ερευνάται για πρώτη φορά στην παρούσα διδακτορική διατριβή. Η αναζήτηση των πληροφοριών στηρίζεται στη σημασιολογική και χωρική πλοήγηση των χρηστών, μια διαδικασία πολύ πιο απλή που δεν τους δυσκολεύει στην εύρεση των πληροφοριών που επιθυμούν. Η σημασιολογική πλοήγηση βασίζεται στην οντολογική οργάνωση των διαθέσιμων πληροφοριών, ενώ η χωρική πλοήγηση στη διαχείριση της γεωμετρίας των μεταδεδομένων και στις τοπολογικές συσχετίσεις μεταξύ των πόρων και της εκάστοτε περιοχής αναζήτησης.

Η διατριβή συνεισφέρει στην εδραίωση της τεχνολογίας του σημασιολογικού ιστού μέσα από τη δημιουργία και αξιοποίηση μιας οντολογίας στο πεδίο φυσικών καταστροφών και διαχείρισης δασικών πυρκαγιών. Η επιλογή του πεδίου διαχείρισης φυσικών κινδύνων και ειδικότερα των δασικών πυρκαγιών έγινε λαμβάνοντας υπόψη την αναγκαιότητα για την ολοκληρωμένη ανάλυση και διεπιστημονική προσέγγιση στη διαχείριση των δασικών πυρκαγιών. Η παγκόσμια αλλαγή του κλίματος έχει προκαλέσει μια τάση αύξησης των ακραίων καιρικών φαινομένων και των φυσικών καταστροφών. Το πρόβλημα των πυρκαγιών της Ελλάδας επιτείνεται και λόγω της έλλειψης θεσμών και υποδομών αντιμετώπισης του φαινομένου (Καλαμποκίδης 2010).

Η κατασκευή μιας σημασιολογικής γεωπύλης διαχείρισης δασικών πυρκαγιών αποτελεί την εφαρμογή της σημασιολογικής προσέγγισης στην ανάπτυξη σημασιολογικών γεωπυλών. Η γεωπύλη φιλοδοξεί να αποτελεί κομβικό σημείο ενοποίησης και διαχείρισης ενός πολύ μεγάλου όγκου πληροφοριών, συνεισφέροντας ως βασικό μέσο διάχυσης της γνώσης. Η αξιοποίηση της διαθέσιμης γνώσης αποτελεί βασικό μέτρο αντιμετώπισης κατά των δασικών πυρκαγιών.

1.3. Πλαίσιο εκπόνησης διατριβής

Η παρούσα διδακτορική διατριβή χρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση, την Ελλάδα και τη Microsoft στα πλαίσια των προγραμμάτων: “AUTO-HAZARD PRO: Automated Fire and Flood Hazard Protection System” (Kalabokidis 2004), “Θεματική Χαρτογραφία για Δασικές Πυρκαγιές & Ευαισθητοποίηση και Πληροφόρηση των Μαθητών και Όλου του Πληθυσμού (INCENDI)”¹³ και “VIRTUAL FIRE: Web GIS Platform for Forest Fire Management”¹⁴, με υπεύθυνο συντονιστή τον επιβλέποντα της διδακτορικής διατριβής Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου Κώστα Καλαμποκίδη.

Η εξέλιξη της διδακτορικής διατριβής οδήγησε σε έγκριτες δημοσιεύσεις, ενδεικτικές των οποίων είναι (Science Citation Index):

¹³ http://incendi.geo.aegean.gr/en/incendi_aggl.html

¹⁴ <http://research.microsoft.com/en-us/UM/redmond/events/ERSymposium2010/slides/Parastatidis.pdf>

- Athanasis, N., Kalabokidis, K., Vaitis, M. Soulakellis, N. (2005). The emerge of semantic geoportals. Lecture Notes in Computer Science 3762:1127-1136
- Athanasis, N., Kalabokidis, K., Vaitis, M. Soulakellis, N. (2009). Towards a semantics-based approach in the development of geographic portals. Computers and Geosciences 35(2):301-308.

Σχετικές με τη διδακτορική διατριβή αποτελούν επίσης οι παρακάτω δημοσιεύσεις οι οποίες εκπονήθηκαν κατά τη διάρκεια της μεταπτυχιακής μου διατριβής με θέμα “SWPG: Γεννήτρια Κατασκευής Σημασιολογικών Πυλών Διαδικτύου (Semantic Web Portal Generator)”, στα πλαίσια απόκτησης του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης από το Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Κρήτης:

- Kotzinos, D., PEDIADITAKI, S., Apostolidis, A., Athanasis, N., Christophides, V. (2005). Online curriculum on the Semantic Web: the CSD-UoC Portal for peer-to-peer e-learning. In: Proceedings of the 14th International World Wide Web Conference, WWW’05, Chiba, Japan, pp. 307–314.
- Athanasis, N., Christophides, V., Kotzinos, D. (2004). Generating on the fly queries for the Semantic Web: the ICS-FORTH Graphical RQL Interface (GRQL). In: Proceedings of the Third International Semantic Web Conference, ISWC’04, Hiroshima, Japan, pp. 486–501.
- Alexaki, S., Athanasis, N., Christophides, V., Karvounarakis, G., Magkanaraki, A., Plexousakis, D., Tolle, K. (2002). The ICS-FORTH RDFSuite: High-level Scalable Tools for the Semantic Web, ERCIM News, No. 51.

1.4. Δομή της διδακτορικής διατριβής

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί γίνεται μια επισκόπηση των θεμάτων σχετικά με τη διαχείριση γεωγραφικών πληροφοριών στο διαδίκτυο. Μελετώνται τα συστήματα γεωπυλών και οι λειτουργίες τους, ενώ γίνεται παράλληλα και παρουσίαση των βασικών προτύπων γεωγραφικών μεταδεδομένων. Ακολουθεί η ανάλυση των βασικών στοιχείων του σημασιολογικού ιστού και η σημασία των οντολογιών, δίνοντας έμφαση στη μελέτη γεωγραφικών οντολογιών και στη διαχείριση των προβλημάτων σημασιολογικής ετερογένειας. Τέλος, πραγματοποιείται η σύγκριση και αξιολόγηση των ομάδων συστημάτων που σχετίζονται με την ανάπτυξη σημασιολογικών γεωπυλών. Οι ομάδες αυτές είναι τα διαδικτυακά γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, οι γεωπύλες, τα οντολογικά συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών και οι σημασιολογικές πύλες διαδικτύου.

Το Κεφάλαιο 3 πραγματεύεται τη μεθοδολογία ανάπτυξης σημασιολογικών γεωπυλών. Η μεθοδολογία που παρουσιάζεται δεν αφορά την ανάπτυξη μιας συγκεκριμένης γεωπύλης αλλά γενικότερα την ανάπτυξη σημασιολογικών γεωπυλών ανεξάρτητα από το πεδίο εφαρμογής τους. Αρχικά μελετάται ο τρόπος ανάπτυξης των οντολογιών, η ενσωμάτωση των

μεταδεδομένων και η αποθήκευση των μεταδεδομένων στην κατάλληλη βάση δεδομένων. Έπειτα διερευνώνται οι μηχανισμοί πλοήγησης τόσο σε επίπεδο σημασιολογικό όσο και σε επίπεδο χωρικό που αποτελούν σημαντικό στοιχείο καινοτομίας της παρούσας διδακτορικής διατριβής. Ακολουθεί η ανάλυση ορισμένων τεχνικών ζητημάτων, όπως η τεκμηρίωση της γενικότητας και η μεθοδολογία συνδυασμού σημασιολογικών και χωρικών επερωτήσεων. Το κεφάλαιο καταλήγει με την παρουσίαση της αρχιτεκτονικής των συστημάτων σημασιολογικών γεωπυλών.

Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται η εφαρμογή της σημασιολογικής προσέγγισης στην ανάπτυξη σημασιολογικών γεωπυλών που είναι η σημασιολογική γεωπύλη διαχείρισης δασικών πυρκαγιών. Αναλύεται η οντολογία διαχείρισης δασικών πυρκαγιών η οποία μέσα από την κοινή εννοιολογική αναπαράσταση προσφέρει τον απαραίτητο μηχανισμό διαλειτουργικότητας. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η γραφική διεπαφή της γεωπύλης όπου αναλύονται όλες οι λειτουργίες της και οι μέθοδοι σημασιολογικής και χωρικής πλοήγησης καθώς και διαχείρισης (δημοσιοποίησης, ενημέρωσης και διαγραφής) των μεταδεδομένων. Το κεφάλαιο καταλήγει με την αξιολόγηση του συστήματος από τους μεταπτυχιακούς φοιτητές του Τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη σημασιολογική προσέγγιση στην ανάπτυξη συστημάτων γεωπυλών, τα ανοικτά ακόμη θέματα καθώς και οι προτάσεις για περαιτέρω βελτιώσεις και μελλοντική έρευνα σε θέματα συγγενή με το θέμα της διατριβής.

Τέλος, η διατριβή ολοκληρώνεται με την παράθεση των βιβλιογραφικών αναφορών που γίνονται στο κείμενο και των ενδεικτικών δημοσιεύσεων που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια εκπόνησης της διατριβής αυτής.

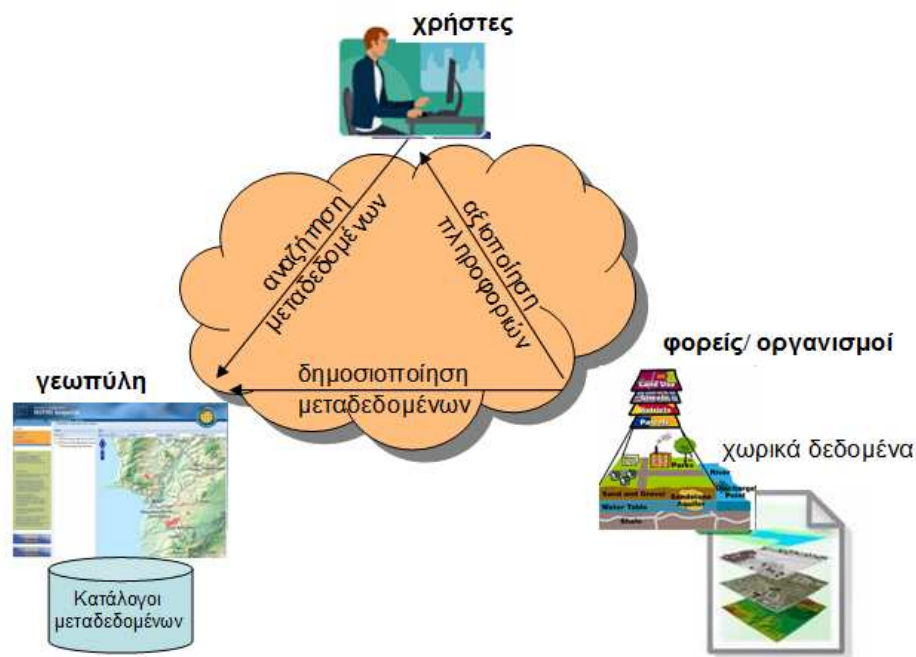
2. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

2.1. Γεωπύλες

Οι γεωπύλες ορίζονται ως διαδικτυακά κομβικά σημεία εισόδου που μέσα από την οργάνωση του γεωγραφικού τους περιεχομένου παρέχουν πρόσβαση σε πηγές πληροφορίας, δεδομένων και εφαρμογών (Tait 2005). Προσφέρουν το κατάλληλο διαδικτυακό περιβάλλον για τη συγκέντρωση και διαμοιρασμό επιθυμητών πληροφοριών μεταξύ μιας κοινότητας χρηστών (Maguire and Longley 2005).

Μια γεωπύλη αποτελεί το διαμεσολαβητή μεταξύ των παρόχων, αυτών δηλαδή που δημοσιεύουν διαθέσιμες γεωγραφικές πληροφορίες, και των χρηστών που θέλουν να τις αξιοποιήσουν. Οι πάροχοι γνωστοποιούν τα δεδομένα τους μέσα από κατάλληλες περιγραφές που τους επιτρέπουν να γνωστοποιούν τι δεδομένα υπάρχουν, ποιοι είναι οι όροι χρήσης τους και πώς θα αποκτήσουν πρόσβαση οι χρήστες στα δεδομένα αυτά. Αυτές οι περιγραφές των δεδομένων είναι «δεδομένα που περιγράφουν τα ίδια τα δεδομένα», δηλαδή μετα-δεδομένα (metadata) (Aalders 2005). Τα μεταδεδομένα αποτελούν το κύριο εργαλείο ανάπτυξης υποδομών χωρικών πληροφοριών στα οποία είναι δυνατή η αναζήτηση, ο εντοπισμός, η σύγκριση και τελικά η προσπέλαση δεδομένων. Το κύριο πλεονέκτημα των μεταδεδομένων είναι ότι παρέχουν μια ολοκληρωμένη περιγραφή των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων, του τρόπου κατασκευής αλλά και όλων των τροποποιήσεων των δεδομένων στα οποία αναφέρονται. Επομένως τα μεταδεδομένα αποτελούν το κύριο μέσο αναζήτησης και αξιολόγησης χωρικής πληροφορίας (ΕΥΓΕΠ 2004). Οργανισμοί που παράγουν και διαχειρίζονται γεωγραφική πληροφορία χρησιμοποιούν τα μεταδεδομένα για να περιγράψουν τα χαρακτηριστικά των πόρων τους ώστε να είναι εφικτή η γνώση χαρακτηριστικών γι' αυτά όπως του ιστορικού τους, της ποιότητάς τους και της διάθεσής τους σε καταλόγους χωρικών δεδομένων στο διαδίκτυο (Aalders et al 2005).

Στο Σχήμα 1 απεικονίζεται η σχέση μεταξύ των παρόχων που δημοσιοποιούν μεταδεδομένα, των γεωπυλών που τα οργανώνουν σε αντίστοιχους καταλόγους και των χρηστών που συνδέονται στη γεωπύλη για να αναζητήσουν επιθυμητούς πόρους.

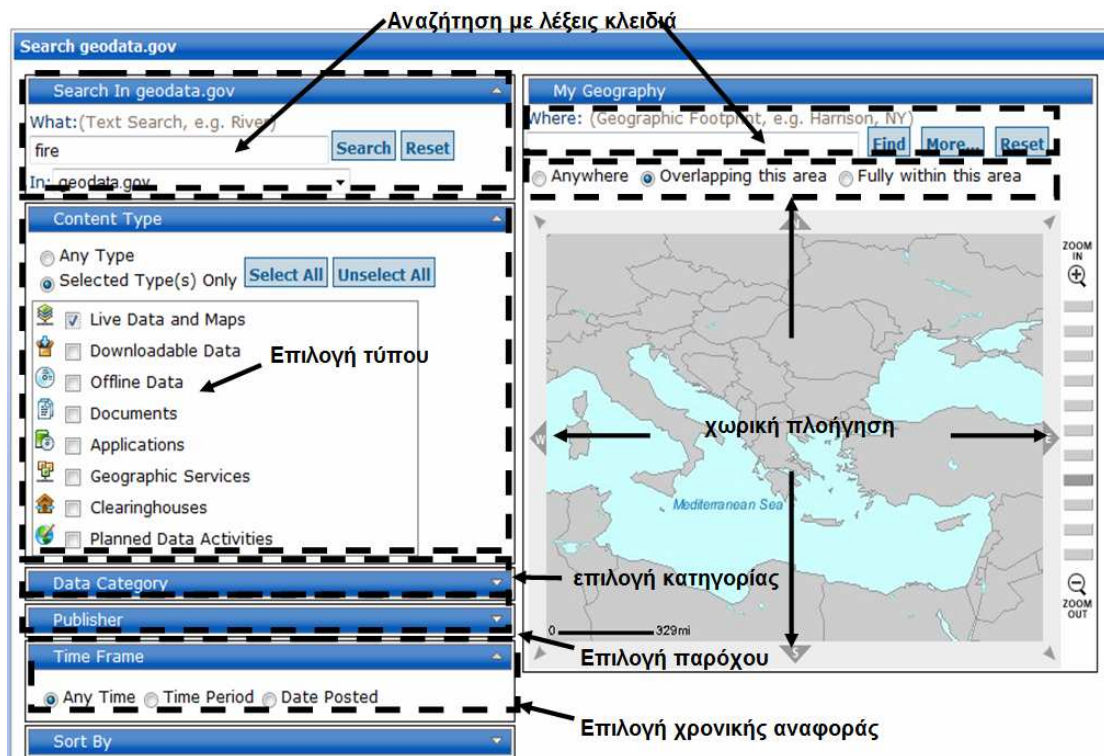


Σχήμα 1- Δημοσιοποίηση, αναζήτηση και χρήση πληροφοριών σε συστήματα γεωπυλών

Βασικό χαρακτηριστικό των γεωπυλών, είναι η πλούσια οργάνωση στις διαθέσιμες πληροφορίες και εφαρμογές τους. Μια γεωπύλη αποτελεί κομβικό σημείο συλλογής γεωγραφικών πληροφοριών και υπηρεσιών και παρέχει πρόσβαση σε πληροφορίες με πιθανώς ετερογενή χαρακτηριστικά μεταξύ τους. Για την αποτελεσματικότερη πρόσβαση σε όλο αυτό τον όγκο των πληροφοριών η διαθέσιμη πληροφορία οργανώνεται μέσα από την ταξινόμησή της σε κατάλληλες κατηγορίες και θεματικές ενότητες.

Η αναζήτηση των διαθέσιμων πληροφοριών γίνεται κυρίως μέσω ερωτημάτων χρησιμοποιώντας λέξεις-κλειδιά ή διάφορα χωρικά κριτήρια φιλτραρίσματος. Στο παράδειγμα της γεωπύλης geospatial- one-stop¹⁵ για παράδειγμα (Σχήμα 2), ο χρήστης μπορεί να θέσει λέξεις κλειδιά με βάση το τι ψάχνει, πού το ψάχνει και μέσα σε ποια χρονική περίοδο θα αναφέρονται οι επιθυμητοί πόροι. Μπορεί επίσης να επιλέξει τον τύπο και την κατηγορία που θα ανήκουν τα αποτελέσματα αναζήτησης. Επικουρικά μπορεί να πλοηγηθεί χωρικά μέσα από την αλληλεπίδρασή του με το χάρτη οπτικοποίησης των πληροφοριών της γεωπύλης.

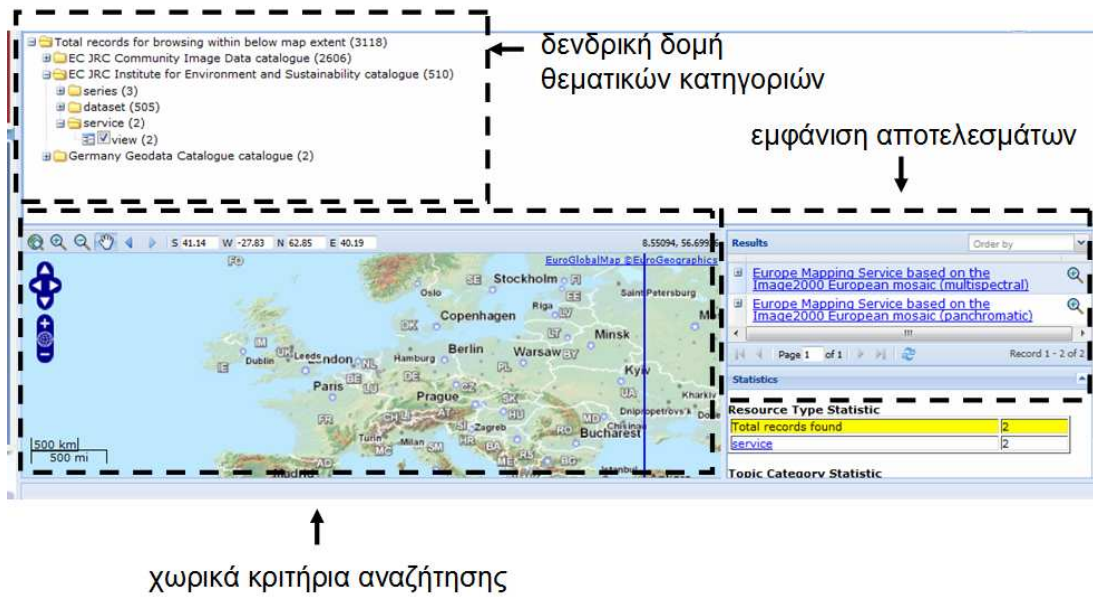
¹⁵ <http://gos2.geodata.gov/wps/portal/gos>



Σχήμα 2- Αναζήτηση πληροφοριών σε γραφική διεπαφή γεωπύλης

Πέρα από τον καθορισμό συνθηκών φιλτραρίσματος και λέξεων κλειδιών, σε ορισμένες γεωπύλες οι θεματικές ενότητες παρουσιάζονται ως υπερσύνδεσμοι μέσα από τη γραφική διεπαφή της γεωπύλης. Σε κάποια συστήματα η απεικόνιση των θεματικών κατηγοριών των πληροφοριών γίνεται μέσα από μια δενδρική δομή, όπου ο χρήστης μπορεί να την αναδιπλώσει και να επιλέξει την επιθυμητή κατηγορία. Το πλεονέκτημα της δενδρικής δομής είναι ότι παρουσιάζει την ιεραρχία των κατηγοριών, ώστε ο χρήστης να έχει μια καλύτερη εποπτική εικόνα της οργάνωσης που ακολουθείται. Το Σχήμα 3 δείχνει ένα στιγμιότυπο εξερεύνησης πόρων από τη γραφική διεπαφή της γεωπύλης της οδηγίας INSPIRE¹⁶ που διαθέτει μια αντίστοιχη δενδρική δομή. Ο χρήστης έχει αναδιπλώσει τη δενδρική δομή των κατηγοριών και έχει επιλέξει να αναζητήσει πόρους μιας συγκεκριμένης κατηγορίας, στην περιοχή αναζήτησης που καθορίζεται από το διαδραστικό χάρτη οπτικοποίησης.

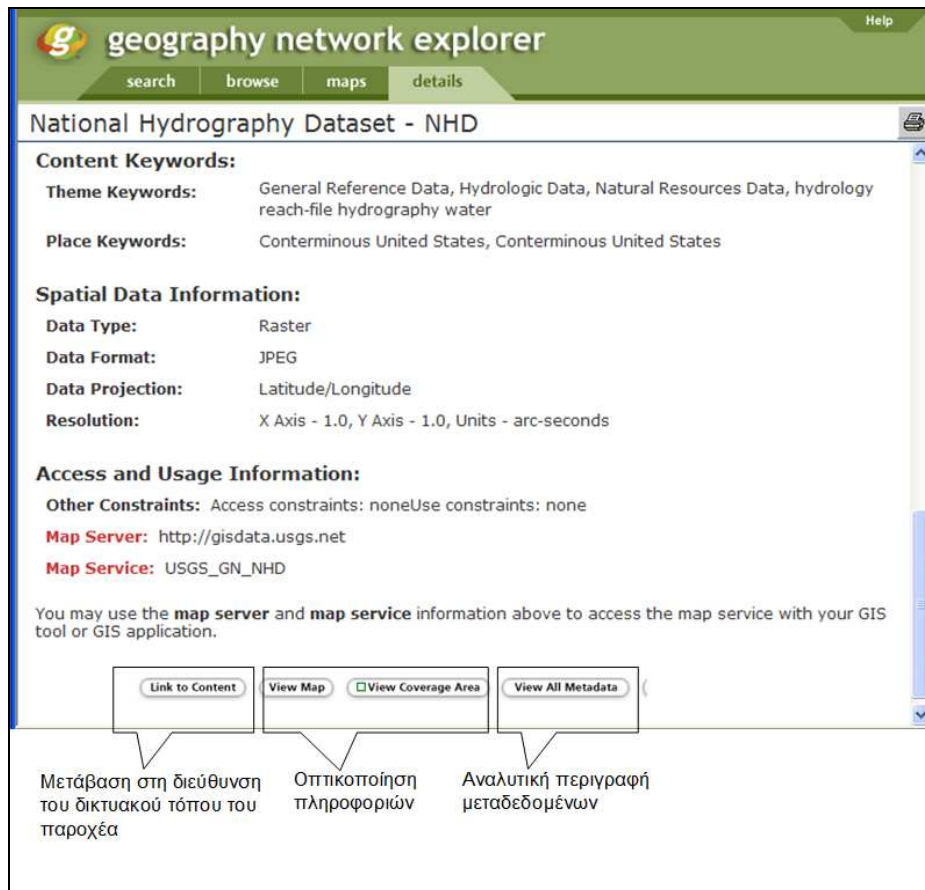
¹⁶ <http://www.inspire-geoportal.eu/index.cfm/pageid/321>



Σχήμα 3- Η γραφική διεπαφή της γεωπύλης INSPIRE

Με την επιλογή ενός πόρου από τα αποτελέσματα αναζήτησης η γεωπύλη προβάλλει τα αντίστοιχα μεταδεδομένα του. Με αυτό τον τρόπο μπορεί κάθε χρήστης να δει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του, ώστε να ελέγξει αν η πληροφορία ανταποκρίνεται στις ανάγκες του. Στο Σχήμα 4 απεικονίζεται ένα τυπικό αποτέλεσμα προβολής των μεταδεδομένων από τη γραφική διεπαφή μιας γεωπύλης¹⁷. Για το συγκεκριμένο πόρο, ο χρήστης μπορεί να δει μια σύνοψη των μεταδεδομένων του, να επιλέξει την αναλυτική περιγραφή όλων των μεταδεδομένων του, να μεταβεί στην ηλεκτρονική του διεύθυνση ή να ενεργοποιήσει τη λειτουργία οπτικοποίησης της πληροφορίας μέσα από ειδικές διεπαφές απεικόνισης χαρτών (map viewer).

¹⁷ www.geographynetwork.com



Σχήμα 4- Προβολή γεωγραφικών μεταδεδομένων μέσα από γραφική διεπαφή γεωπύλης

Οι σύγχρονες γεωπύλες λειτουργούν ως κέντρα ενημέρωσης και διάχυσης της διαθέσιμης πληροφορίας. Συνήθως η ενημέρωση αυτή γίνεται μέσω εγχειριδίων, δημοσιεύσεων ή σχετικών κειμένων. Με τον τρόπο αυτό ενισχύεται και η συνεργασία μεταξύ των χρηστών, αφού έτσι η γεωπύλη δεν αποτελεί ένα απλό ιστοχώρο προβολής πληροφοριών, αλλά ένα δυναμικό περιβάλλον ανταλλαγής απόψεων.

Συνοπτικά οι γενικές λειτουργίες των συστημάτων γεωπυλών είναι:

- **Αναζήτηση πληροφοριών**
 - αναζήτηση με λέξεις – κλειδιά.
 - αναζήτηση με συνθήκες φιλτραρίσματος.
 - αναζήτηση μέσω χωρικής πλοήγησης.
 - αναζήτηση με βάση την επιλογή θεματικής κατηγορίας.
- **Διαχείριση μεταδεδομένων**
 - προβολή μεταδεδομένων για έλεγχο των ιδιοτήτων του συνόλου πληροφορίας.
 - δημοσιοποίηση μεταδεδομένων για τον εμπλουτισμό της πύλης με νέα σύνολα πληροφοριών (μόνο για τους εγγεγραμμένους χρήστες της γεωπύλης).
- **Πληροφόρηση και συνεργασία χρηστών**

- ενημέρωση των χρηστών και διάχυση της γνώσης
- πρόσβαση σε ενημερωτικό υλικό (εγχειρίδια, δημοσιεύσεις, κείμενα).

Με βάση την παραπάνω ανάλυση, συμπεραίνουμε ότι η αναζήτηση επιθυμητών πληροφοριών από τη γραφική διεπαφή των γεωφυλών γίνεται ακολουθώντας κάθε φορά μια προκαθορισμένη αλληλουχία βημάτων:

1. Καθορισμός των κριτηρίων αναζήτησης.
2. Υποβολή ερωτήματος.
3. Εμφάνιση λίστας αποτελεσμάτων.
4. Επιλογή ενός πόρου από τη λίστα αποτελεσμάτων και από εκεί:
 - 1) προβολή μεταδεδομένων του πόρου.
 - 2) οπτικοποίηση πληροφορίας (στην περίπτωση που αυτό υποστηρίζεται).
5. Έναρξη νέας αναζήτησης με επανακαθορισμό των κριτηρίων αναζήτησης.

Το βασικό πρόβλημα που προκύπτει με την παραπάνω αλληλουχία βημάτων είναι ότι, ενώ η διαθέσιμη πληροφορία είναι οργανωμένη με έναν πλούσιο τρόπο, οι μηχανισμοί πρόσβασης στις πληροφορίες είναι προσανατολισμένοι στη σύνθεση ερωτήσεων και όχι στην πλοήγηση στις θεματικές ενότητες όπου είναι οργανωμένες και ταξινομημένες οι διάφορες πληροφορίες. Τα συχνά πεδία φιλτραρίσματος με λέξεις κλειδιά και οι πολύπλοκες φόρμες καθορισμού διαφόρων κριτηρίων αναζήτησης, συχνά δημιουργούν σύγχυση στο χρήστη, όπου ο χρόνος του πολλές φορές αναλώνεται στο να επιλέξει τα κατάλληλα κριτήρια και λέξεις κλειδιά. Η βοήθεια που προσφέρεται για τον τρόπο συμπλήρωσης των φορμών αυτών είναι ελάχιστη, με αποτέλεσμα ο χρήστης πρέπει να «μαντεύει» τις κατάλληλες επιλογές στα πεδία φιλτραρίσματος. Δεν υπάρχει πρόβλεψη ούτε για το πόσα κριτήρια πρέπει κάθε φορά να συμπληρωθούν, ούτε πώς μια αλλαγή σε μια συνθήκη φιλτραρίσματος θα επηρεάσει τα αποτελέσματα της αναζήτησης.

Αν ο χρήστης διαφοροποιήσει τα κριτήρια αναζήτησης, θα αλλάξει και το σύνολο των πόρων που υπολογίζονται στα αποτελέσματα. Κάθε φορά, πρέπει ο ίδιος να τα συγκρίνει και να τα αξιολογεί, χωρίς να υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης με αποτελέσματα προηγούμενων βημάτων. Είναι υποχρεωμένος να δημιουργεί εκ νέου ερωτήσεις χωρίς να υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των αποτελεσμάτων, ώστε να μπορεί να επιλέξει τελικώς τις πληροφορίες που επιθυμεί.

2.2. Πρότυπα Γεωγραφικών Μεταδεδομένων

Με τη ραγδαία ανάπτυξη στο χώρο των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS), ολοένα και περισσότεροι οργανισμοί άρχισαν σταδιακά να συμμετέχουν στη δημιουργία, διακίνηση και αξιοποίηση γεωγραφικών πληροφοριών. Έτσι όμως δημιουργήθηκε μια

κατάσταση όπου φορείς και οργανισμοί δρούσαν ανεξάρτητα και η γεωγραφική πληροφορία παραγόταν χωρίς να υπάρχει κάποιος συντονισμός και ενιαία τυποποίηση. Το πρόβλημα αυτό ήρθαν να καλύψουν οι Υποδομές Χωρικών Δεδομένων (ΥΧΔ), που περικλείουν το απαραίτητο πλαίσιο των πολιτικών, θεσμικών ρυθμίσεων, τεχνολογιών, δεδομένων και ανθρώπινου δυναμικού που να καθιστά δυνατή τη διανομή και αποτελεσματική χρήση της γεωγραφικής πληροφορίας (GINIE 2003). Η γνώση και αξιοποίηση της γεωγραφικής πληροφορίας μέσα από τις υποδομές χωρικών δεδομένων στοχεύει στην αντιμετώπιση των προβλημάτων συλλογής και διάθεσης δεδομένων, αφού καθίσταται πλέον δυνατή η συσχέτιση και ανάλυσή τους μέσα από μεθόδους τυποποίησης και πιστοποίησης.

Ταυτόχρονα με τη δημιουργία των πρώτων υποδομών γεωγραφικών πληροφοριών, παρατηρείται και η δημιουργία προτύπων για την καταχώρηση αποκλειστικά πληροφοριών μεταδεδομένων. Κάθε πρότυπο μεταδεδομένων χωρικής πληροφορίας αποτελεί ένα σύνολο όρων, ορισμών και τρόπων δόμησης που χρησιμοποιούνται για την κωδικοποίηση, διακίνηση και αναζήτηση δεδομένων με χωρική αναφορά (Nebert 2000).

Μέχρι στιγμής διάφοροι οργανισμοί, σε ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο, έχουν ασχοληθεί με την σχεδίαση και ανάπτυξη προτύπων γεωγραφικών μεταδεδομένων. Βασικά πρότυπα μεταδεδομένων είναι:

- Το πρότυπο Content Standard for Digital Geospatial Metadata (CSDGM) που δημιουργήθηκε από τον οργανισμό Federal Geographic Data Committee (FGDC).
- Το πρότυπο ISO 19115 που δημιουργήθηκε από την επιτροπή ISO/TC 211.
- Το πρότυπο μεταδεδομένων της οδηγίας INSPIRE.

2.2.1. Το πρότυπο CSDGM

Το πρότυπο CSDGM αποτέλεσε τη βάση για τη δημιουργία της εθνικής υποδομής γεωγραφικών πληροφοριών των Ηνωμένων Πολιτειών και αποτέλεσε το πρώτο εθνικό πρότυπο μεταδεδομένων για χωρικά δεδομένα. Το πρότυπο CSDGM επηρέασε πολύ στην εξέλιξη του μεταγενέστερου προτύπου μεταδεδομένων ISO 19115 (Piepel 2001).

Περιλαμβάνει τον ορισμό περισσότερων από 300 στοιχείων μεταδεδομένων για ψηφιακά χωρικά δεδομένα, τα οποία τα διαχωρίζει σε 10 κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι εξής (FGDC 1998):

- Πληροφορίες αναγνώρισης.
- Πληροφορίες ποιότητας δεδομένων.
- Πληροφορίες οργάνωσης δεδομένων.
- Πληροφορίες για τη γεωγραφική έκταση των δεδομένων.
- Γεωγραφικά και περιγραφικά χαρακτηριστικά.
- Πληροφορίες απόκτησης των δεδομένων.

- Πληροφορίες για τα μεταδεδομένα.
- Πληροφορίες παραπομπής.
- Χρονική αναφορά.
- Πληροφορίες επικοινωνίας.

2.2.2. Το πρότυπο ISO 19115

Το πρότυπο ISO 19115 αποτελεί σήμερα το κύριο πρότυπο που εφαρμόζεται στην κοινότητα των γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων. Έχει υιοθετηθεί από τον διεθνή οργανισμό Open Geospatial Consortium (OGC) ως το πρότυπο για τη δημιουργία μεταδεδομένων για γεωγραφικά δεδομένα και για υπηρεσίες ιστού (Web services) (OGC 2003). Για την περιγραφή των στοιχείων του προτύπου χρησιμοποιείται η γλώσσα XML, σε αντίθεση με πρότυπο CSDGM που η περιγραφή γίνεται σε ελεύθερο κείμενο. Τα πεδία του προτύπου διαχωρίζονται σε υποχρεωτικά (mandatory), υποχρεωτικά υπό όρους (conditional) και προαιρετικά (optional).

Το πρότυπο ISO 19115 ορίζει ένα σύνολο δεδομένων τεκμηρίωσης που αποτελείται από περίπου 300 στοιχεία, από τα οποία ως επί το πλείστον μόνο ένα τμήμα τους χρησιμοποιείται. Ωστόσο, είναι σημαντικό να τηρείται ένα βασικό ελάχιστο μέρος τους, γνωστό ως ο πυρήνας μεταδεδομένων του ISO 19115. Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει τον πυρήνα μεταδεδομένων του προτύπου ISO 19115 (Σαραφίδης 2008).

Όνομα πεδίου	Επεξήγηση	Ιδιότητα
Dataset title	τίτλος συνόλου δεδομένων	Υποχρεωτικό
Dataset reference date	ημερομηνία αναφοράς	Υποχρεωτικό
Dataset responsible party	αρμόδιος οργανισμός	Προαιρετικό
Geographic location of the dataset	γεωγραφική θέση	Υποχρεωτικό Υπό Όρους
Dataset language	γλώσσα που χρησιμοποιείται	Υποχρεωτικό
Dataset character set	Σετ χαρακτήρων	Υποχρεωτικό υπό όρους
Dataset topic category	κατηγορία δεδομένων	Υποχρεωτικό
Abstract describing the dataset	Σύντομη περιγραφή	Υποχρεωτικό
Spatial representation type	Χωρική αναπαράσταση	Προαιρετικό
Reference system	Σύστημα αναφοράς	Προαιρετικό
Lineage statement	γενεαλογική εξέλιξη	Προαιρετικό
On line resource	Υλικό διαθέσιμο στο διαδίκτυο	Προαιρετικό
Metadata file identifier	Κωδικός αρχείου μεταδεδομένων	Προαιρετικό
Metadata standard name	όνομα προτύπου μεταδεδομένων	Προαιρετικό
Metadata standard version	έκδοση προτύπου μεταδεδομένων	Προαιρετικό
Metadata language	γλώσσα μεταδεδομένων	Υποχρεωτικό
Metadata character set	Σετ χαρακτήρων μεταδεδομένων	Υποχρεωτικό Υπό Όρους
Metadata point of contact	πληροφορίες επικοινωνίας για τα μεταδεδομένα	Υποχρεωτικό
Distribution format	Μορφή διανομής	Προαιρετικό
Metadata date stamp	ημερομηνία μεταδεδομένων	Υποχρεωτικό
Additional extent information	Πρόσθετες πληροφορίες που αναφέρονται στη γεωγραφική περιοχή	Προαιρετικό

Πίνακας 1- Ο πυρήνας μεταδεδομένων του προτύπου ISO 19115.

2.2.3. Το πρότυπο μεταδεδομένων της οδηγίας INSPIRE

Το INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) είναι η οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη δημιουργία μιας πανευρωπαϊκής υποδομής χωρικών δεδομένων

που περιλαμβάνει τη σύνδεση μεταξύ εθνικών και περιφερειακών υποδομών χωρικών δεδομένων ανάμεσα στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Inspire 2008).

Αναγνωρίζοντας την μεγάλη σημασία των μεταδεδομένων στη δημιουργία μιας υποδομής γεωγραφικών πληροφοριών, το INSPIRE δημιούργησε το δικό του πρότυπο μεταδεδομένων βασισμένο στο ISO 19115. Το πρότυπο αφορά όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και συνεπώς την υποστήριξη δημιουργίας μεταδεδομένων στις γλώσσες των χωρών αυτών. Το πρότυπο INSPIRE ορίζει τα στοιχεία των μεταδεδομένων ως προς τη χρησιμότητά τους και τα διακρίνει στα εξής επίπεδα:

- Επίπεδο εξερεύνησης. Αφορά το ελάχιστο σύνολο στοιχείων μεταδεδομένων με πληροφορίες για τη φύση και το περιεχόμενο των δεδομένων που περιγράφουν. Το επίπεδο της εξερεύνησης είναι το ελάχιστο απαιτούμενο επίπεδο πληροφοριών μεταδεδομένων σύμφωνα με το πρότυπο INSPIRE.
- Επίπεδο αξιολόγησης. Αφορά το σύνολο των στοιχείων μεταδεδομένων με πληροφορίες για την εξακρίβωση των δεδομένων, αν είναι κατάλληλα για κάποια ορισμένη χρήση, για την αξιολόγησή των χαρακτηριστικών τους και παροχή κάποιων πληροφοριών επικοινωνίας για περισσότερες πληροφορίες.
- Επίπεδο χρήσης. Αφορά το σύνολο των στοιχείων μεταδεδομένων που είναι απαραίτητα με πληροφορίες για την πρόσβαση στα δεδομένα που περιγράφονται, τη μεταφορά τους, την επεξεργασία τους και την εφαρμογή με την οποία αξιοποιούνται.

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή το πρότυπο γεωγραφικών μεταδεδομένων που χρησιμοποιείται είναι το ISO 19115. Ο λόγος που επιλέχθηκε το συγκεκριμένο πρότυπο σε σχέση με τα άλλα πρότυπα είναι ότι αποτελεί το πιο διαδεδομένο πρότυπο γεωγραφικών μεταδεδομένων (Σαραφίδης 2008). Λόγω του εκτεταμένου συνόλου των μεταδεδομένων του, στην προσέγγισή μας τηρείται μόνο ο βασικός πυρήνας μεταδεδομένων.

2.3. Διαδικτυακά γεωγραφικά πληροφοριακά συστήματα

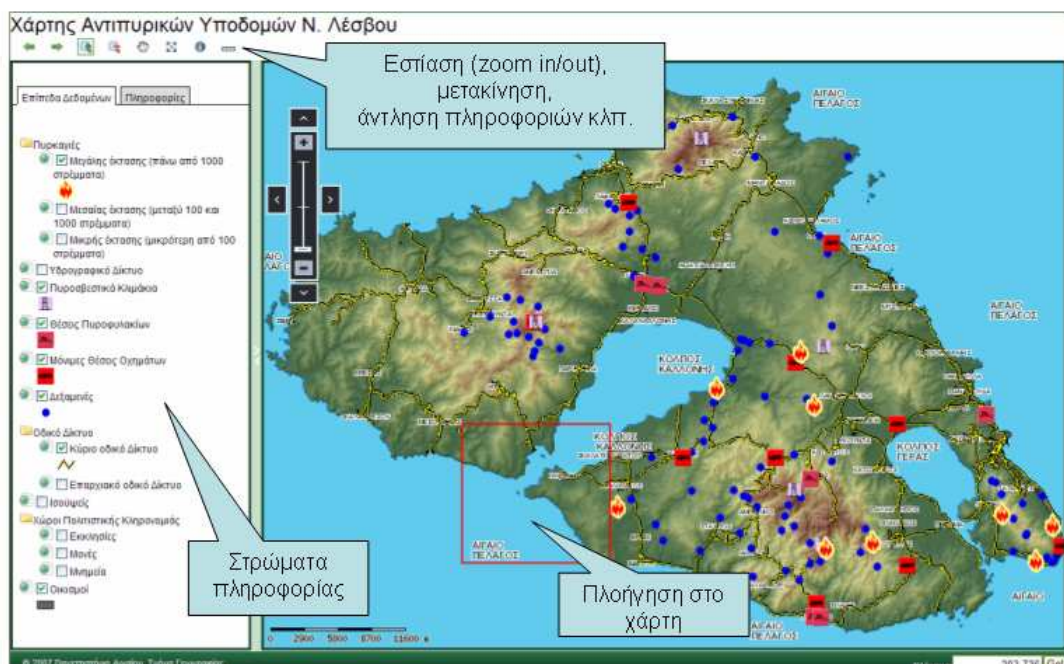
Τα διαδικτυακά γεωγραφικά πληροφοριακά συστήματα (WebGIS) χρησιμοποιούν το διαδίκτυο ως πρωταρχικό μέσο για την παροχή πρόσβασης σε καταμελημένα δεδομένα και άλλες πληροφορίες, διάσπαρτη χωρική πληροφορία και διεξαγωγή ανάλυσης GIS (Δρόσος 2008).

Με τα συστήματα WebGIS ο τελικός χρήστης δεν χρειάζεται να διατηρεί τα δεδομένα και το αντίστοιχο λογισμικό οργάνωσης των πληροφοριών, επειδή όλα τα δεδομένα και τα υποσύνολα ανάλυσης μπορεί να είναι διαθέσιμα στους εξυπηρετητές δικτύου και τα οποία μπορούν να ζητηθούν και να αποκτηθούν από τον τελικό χρήστη.

Συνεπώς, ένα διαδικτυακό γεωγραφικό πληροφοριακό σύστημα διαθέτει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Ευκολία οπτικοποίησης: Για να αξιοποιήσει κανείς τα σύνολα των γεωγραφικών πληροφοριών δε χρειάζεται να διαθέτει εξειδικευμένα λογισμικά GIS, αλλά απλά μια σύνδεση στο διαδίκτυο.
- Χαμηλό κόστος: Ενώ στις περιπτώσεις ενός συμβατικού GIS απαιτούνται εξειδικευμένες γνώσεις χρήσης, οι πληροφορίες από ένα διαδικτυακό GIS είναι προσβάσιμες για τον κάθε χρήστη χωρίς να χρειάζεται να έχει εξειδικευμένες γνώσεις διαχείρισης εργαλείων GIS.

Βασικό χαρακτηριστικό των συστημάτων αυτών είναι η οπτικοποίηση γεωγραφικών πληροφοριών. Δυνατότητες όπως εστίαση σε επιθυμητή κλίμακα, μετακίνηση σε γειτονική περιοχή, δημιουργία χωρικών επερωτήσεων για την άντληση περαιτέρω πληροφοριών και ενσωμάτωση πληροφοριών (όπως σύνολα WMS/WFS, KML ή geoRSS) είναι βασικές λειτουργίες υψηλής διαδραστικότητας που διαθέτουν. Το Σχήμα 5 απεικονίζει ένα παράδειγμα WebGIS συστήματος. Αφορά έναν διαδικτυακό χάρτη οπτικοποίησης αντιπυρικών υποδομών της νήσου Λέσβου που αναπτύχθηκε από το εργαστήριο Γεωγραφίας Φυσικών Καταστροφών του Τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου στα πλαίσια του προγράμματος “INCENDI: Θεματική Χαρτογραφία για Δασικές Πυρκαγιές & Ευαισθητοποίηση και Πληροφόρηση των Μαθητών και Όλου του Πληθυσμού”¹⁸.



Σχήμα 5- Αναζήτηση πληροφοριών σε σύστημα WebGIS

Συστήματα όπως το Google Earth¹⁹ και Microsoft Bing Maps (τέως Virtual Earth)²⁰ έχουν φέρει επανάσταση στην οπτικοποίηση της γεωγραφικής πληροφορίας προσφέροντας

¹⁸ http://incendi.geo.aegean.gr/en/incendi_aggl.html

¹⁹ earth.google.com

²⁰ www.microsoft.com/maps

εικονικές μεταβάσεις σε οποιοδήποτε σημείο της γης, οπτικοποίηση δορυφορικών εικόνων, χαρτών, τρισδιάστατη απεικόνιση και γενικά την άμεση οπτικοποίηση ενός ολοένα αυξανόμενου συνόλου χωρικής πληροφορίας. Μέσα από τα εργαλεία αυτά, εκατομμύρια χρηστών μπορούν να πληκτρολογήσουν μια διεύθυνση και να πλοηγηθούν άμεσα σε επιθυμητές περιοχές αναζήτησης. Μπορούν να ψάξουν για αναλυτικές οδηγίες μετάβασης σε ένα συγκεκριμένο δρόμο μιας μεγαλούπολης, όπως ακριβώς ένα σύστημα GPS μας κατευθύνει για να βρούμε έναν επιθυμητό προορισμό.

Μέσα από κατάλληλες προγραμματιστικές διεπαφές όπως Google Maps API²¹, Yahoo Maps API²², και Microsoft Bing Maps API²³ είναι δυνατή η ανάπτυξη εφαρμογών mashup, γεωγραφικών δηλαδή εφαρμογών προσαρμοσμένων στις εκάστοτε ανάγκες των χρηστών μέσα από την ανάμιξη διαφόρων γεωγραφικών πληροφοριών από διάφορες καταναμημένες πηγές. Νέα σύνολα πληροφοριών μπορούν να ενσωματωθούν άμεσα με τη χρήση γεωγραφικών υπηρεσιών όπως WMS και WFS, ή μέσα από κατάλληλες γλώσσες σήμανσης (όπως τα πρότυπα KML και KMZ) και καναλιών τροφοδοσίας (geoRSS). Εφαρμογές ανοικτού λογισμικού όπως τα Mapserver²⁴, uDIG²⁵ και geoServer²⁶, καθώς επίσης και εμπορικά συστήματα όπως Geomedia WebMap Publisher²⁷, MapGuide Open Source²⁸ και ArcGIS Server²⁹ επιτρέπουν τη δημιουργία διαδικτυακών χαρτών προσαρμοσμένων στα εκάστοτε σύνολα πληροφορίας. Ορισμένα από αυτά υποστηρίζουν τη δημιουργία χωρικών υπηρεσιών και την αξιοποίησή τους μέσω διαδικτύου. Υπηρεσίες όπως χωρικής ανάλυσης, υποβολής χωρικών επερωτήσεων και σύνδεσης με γεωβάσεις είναι μερικές από τις υπηρεσίες που υποστηρίζονται.

Το Σχήμα 6 απεικονίζει τη γραφική διεπαφή του συστήματος VirtualFire, ενός διαδικτυακού γεωγραφικού συστήματος διαχείρισης δασικών πυρκαγιών, που αναπτύσσεται από το εργαστήριο Γεωγραφίας Φυσικών Καταστροφών του Τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου, στα πλαίσια του προγράμματος “VIRTUAL FIRE: Web GIS Platform for Forest Fire Management based on MICROSOFT® Virtual Earth™”.

²¹ <http://code.google.com/intl/el-GR/apis/maps/>

²² <http://maps.yahoo.com/>

²³ <http://www.bing.com/maps/>

²⁴ <http://mapserver.org/>

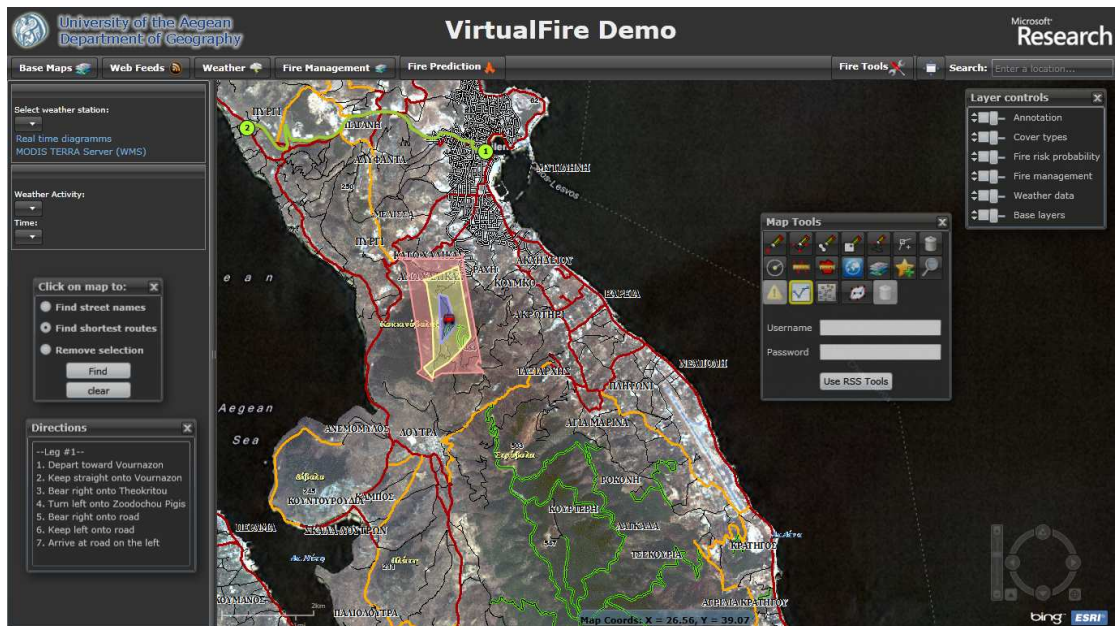
²⁵ <http://udig.refrations.net/>

²⁶ <http://geoserver.org/>

²⁷ <http://www.intergraph.com>

²⁸ <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?id=6546938&siteID=123112>

²⁹ <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgisserver/index.html>



Σχήμα 6- Το σύστημα Virtual Fire

Η παρούσα προσέγγιση ανάπτυξης σημασιολογικών γεωφυλών χρησιμοποιεί τη βιβλιοθήκη OpenLayers που επιτρέπει την κατασκευή διαδικτυακών γεωγραφικών εφαρμογών μέσα από τη χρήση μιας ειδικής διεπαφής (JavaScript API). Η βιβλιοθήκη αναπτύσσεται από την κοινότητα ανοικτού λογισμικού και είναι συμβατή με την ανοικτή κοινοπραξία OGC. Με τη χρήση του OpenLayers επιτυγχάνεται η οπτικοποίηση των γεωγραφικών πληροφοριών και η χωρική πλοήγηση των χρηστών, μέσα από τη γραφική διεπαφή της σημασιολογικής γεωψύλης, όπως θα εξετάσουμε αναλυτικά στα επόμενα κεφάλαια.

2.4. Ο Σημασιολογικός Ιστός

Αν το πρώτο βήμα προς την εξάπλωση του παγκόσμιου ιστού ήταν η τεχνολογική εξέλιξη των δικτύων που επέφερε την ταχύτατη και εύκολη μεταφορά οποιασδήποτε πληροφορίας από τον ένα υπολογιστή στον άλλο, η εδραίωση της γλώσσας html (hypertext markup language) (Raggett et al. 1999) ως η βασική γλώσσα παρουσίασης της πληροφορίας αποτέλεσε το κατάλληλο μέσο αναπαράστασης όλης αυτής της διακινούμενης πληροφορίας. Η html είναι απλή, εύκολη στη χρήση της και αναγνώσιμη, αφού μια σελίδα γραμμένη σε html είναι απλά ένα έγγραφο γραμμένο σε έναν οποιοδήποτε επεξεργαστή κειμένου.

Η γλώσσα XML (Extensible Markup Language) διαθέτει τα παραπάνω στοιχεία, καθορίζει όμως επιπρόσθετα και τη σαφήνεια της δομής των δεδομένων που διακινούνται στον παγκόσμιο ιστό. Η XML είναι απλή, εύκολη στην ανάγνωση και στην γραφή της, καθολικά αποδεκτή και αξιοποιήσιμη από κάθε υπολογιστή συνδεδεμένο στο διαδίκτυο. Δίνει τη δυνατότητα της περιγραφής των στοιχείων σε ιεραρχική μορφή και μάλιστα με έναν τρόπο ανεξάρτητο από πλατφόρμες λειτουργικών συστημάτων.

Με τη γλώσσα XML επιτυγχάνεται η επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών με σκοπό τη διαλειτουργική διαχείριση των διαθέσιμων δεδομένων. Είναι η κατεξοχήν μορφή με την οποία διακινούνται δεδομένα τεκμηρίωσης (μεταδεδομένα) στο διαδίκτυο σήμερα. Πρότυπα μεταδομένων όπως το ISO 19115 και το πρότυπο μεταδεδομένων της οδηγίας INSPIRE χρησιμοποιούν τη γλώσσα XML για την κωδικοποίησή τους.

Αν και η γλώσσα XML αποτελεί την πλέον αποδεκτή γλώσσα διαλειτουργικής αξιοποίησης πληροφοριών στο διαδίκτυο, δεν μπορεί να διαχειριστεί αποτελεσματικά θέματα ερμηνείας και σημασιολογίας της διαθέσιμης πληροφορίας (Bishr 1998). Για την εξαγωγή του νοήματος των πληροφοριακών πόρων απαιτείται η ανάγνωσή τους από τον άνθρωπο, διότι οι μηχανισμοί αναζήτησης δεν κατέχουν την απαιτούμενη γνώση για την εξαγωγή της συνάφειας από τις αναπαραστάσεις κειμένου. Έτσι, οι χρήστες πολλές φορές είτε ανακτούν πληροφορίες δίχως συνάφεια μεταξύ τους που απλώς περιλαμβάνουν όρους με διαφορετική σημασία είτε δεν ανακαλύπτουν όλη τη σχετική πληροφορία όταν χρησιμοποιούνται διαφορετικοί όροι με την ίδια σημασία.

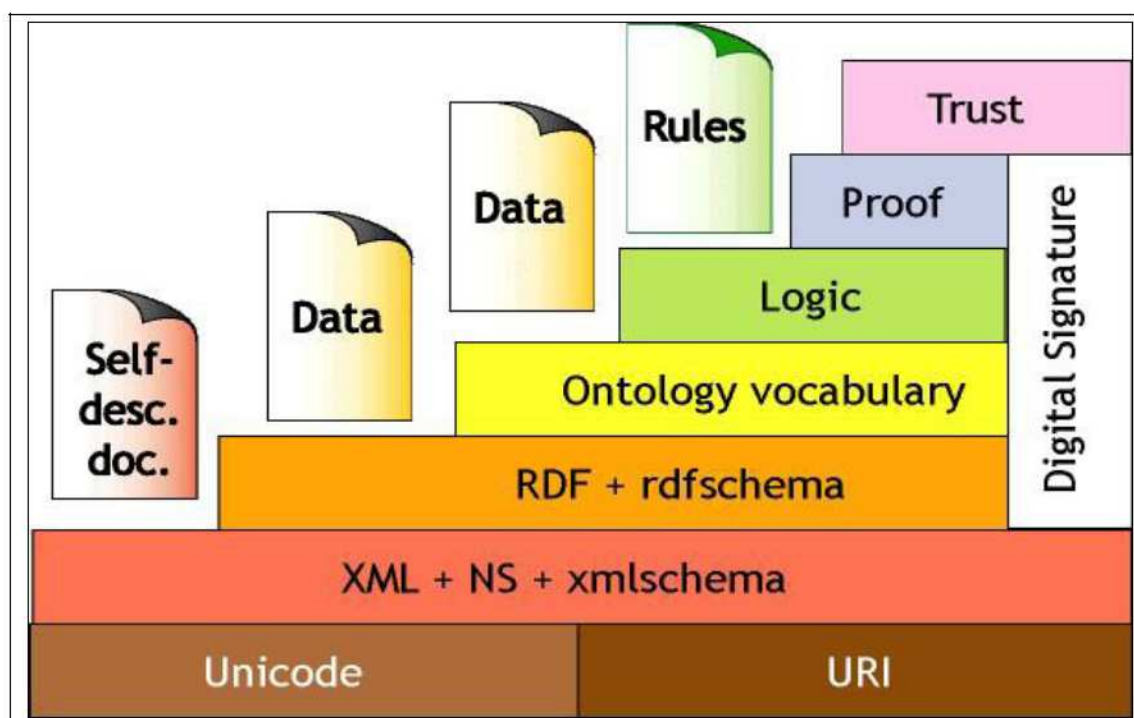
Μια λύση στα παραπάνω προβλήματα θα δινόταν αν το περιεχόμενο των σελίδων στο παγκόσμιο ιστό ήταν σε μια μορφή ευκολότερα επεξεργάσιμη από τα ίδια τα υπολογιστικά συστήματα. Απαιτείται με άλλα λόγια μια κατανοητή από τους υπολογιστές σήμανση των πληροφοριών. Αυτή η εξέλιξη του παγκόσμιου ιστού ονομάζεται σημασιολογικός ιστός (Semantic Web) (Tim Berners-Lee et al. 2001). Ο σημασιολογικός ιστός δεν αντικαθιστά τον υπάρχον παγκόσμιο ιστό. Αποτελεί όμως μια προσπάθεια προς τη δημιουργία της κατάλληλης υποδομής για ένα πιο αποτελεσματικό διαμοιρασμό της διαθέσιμης πληροφορίας. Έννοιες που διαισθητικά γίνονται κατανοητές από τους ανθρώπους μπορούν μέσα από την αξιοποίηση του σημασιολογικού ιστού να γίνονται κατανοητές και επεξεργάσιμες από τους ίδιους τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Για να γίνει αυτό, απαραίτητη είναι η δημιουργία μιας συμφωνίας στο νόημα της διαθέσιμης πληροφορίας, μια ανάλυση δηλαδή των εννοιών που την απαρτίζουν, τις κατηγορίες τους, τις συσχετίσεις μεταξύ τους και τις ιδιότητες που διαθέτουν, αφού αυτά αποτελούν μέρος του νοητικού μοντέλου αναπαράστασης της γνώσης. Αυτές οι ρητές αναπαραστάσεις νοητικών μοντέλων καλούνται οντολογίες. Η λέξη οντολογία είναι ένας όρος δανεισμένος από την αρχαία ελληνική φιλοσοφία, ο οποίος αναφέρεται στην επιστήμη της περιγραφής των διαφόρων ειδών οντοτήτων που υπάρχουν στον κόσμο και στον τρόπο που αυτές συσχετίζονται.

Οι οντολογίες κατέχουν εξέχουσα θέση στο σημασιολογικό ιστό καθώς παρέχουν έναν τρόπο αναπαράστασης της σημασίας των εγγράφων και δίνουν τη δυνατότητα σε εφαρμογές του ιστού να χρησιμοποιήσουν αυτή τη σημασία (Κολλάρας 2007). Μια οντολογία παρέχει μετα-πληροφορίες που περιγράφουν τη σήμανση των δεδομένων (Fensel 2003). Οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν αυτές τις μετα-πληροφορίες μπορούν να εργάζονται με μεγαλύτερη ακρίβεια στο ανθρώπινο εννοιολογικό επίπεδο. Η αξιοποίηση των σχέσεων

μεταξύ επιλεγμένων πληροφοριών μπορεί να τοποθετήσει πληροφορίες που διαφορετικά θα ήταν απομονωμένες μέσα σε ένα λογικό πλαίσιο. Οι σημασιολογικοί δεσμοί στις οντολογίες είναι αναγνώσιμοι από τους μηχανισμούς ανάκτησης πληροφοριών και με αυτόν τον τρόπο βοηθούν τους χρήστες να χρησιμοποιήσουν και να διαχειριστούν την πληροφορία πιο αποτελεσματικά. Οι οντολογίες διευκολύνουν το διαμοιρασμό και την επαναχρησιμοποίηση της γνώσης, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ ετερογενών και διανεμημένων συστημάτων εφαρμογών. Αποτελούν, λοιπόν, ένα από τα βασικότερα εργαλεία σημασιολογικής διαλειτουργικότητας, γιατί προσφέρουν λεξιλόγια για την περιγραφή των εννοιών και των σχέσεών τους και λειτουργούν ως εργαλεία αυτόματης «διερμηνείας» και συσχέτισης των μεταδεδομένων που χρησιμοποιούνται από διάφορες εφαρμογές και υπηρεσίες πληροφόρησης.

2.5. Τα επίπεδα του Σημασιολογικού Ιστού

Ο Σημασιολογικός Ιστός αποτελείται από μια σειρά επιπέδων (Berners-Lee et al. 2001). Το Σχήμα 7 παρουσιάζει τη διαστρωμάτωση των τεχνολογιών στις οποίες βασίζεται η εξέλιξη του Σημασιολογικού Ιστού.



Σχήμα 7- Η διαστρωμάτωση του σημασιολογικού ιστού

2.5.1. Τα επίπεδα κωδικοποίησης και XML αναπαράστασης

Ο Σημασιολογικός Ιστός θεμελιώνεται πάνω στην κωδικοποίηση Unicode (Universal Code) για την καθολική προσπέλαση και στα URIs (Univeral Resource Indicator) για την

ονοματολογία των πληροφοριών. Επιπλέον υπάρχει η γλώσσα XML που επιτρέπει τη γραφή δομημένων εγγράφων με ένα καθορισμένο από το χρήστη λεξιλόγιο και η γλώσσα XML Schema που καθορίζει τους περιορισμούς και τη γραμματική των xml εγγράφων.

2.5.2. Τα επίπεδα RDF και RDF Schema

Το Πρότυπο Περιγραφής Πόρων (Resource Description Framework, RDF) (Brickley and Guha 2000, Lassila and Swick 2001) είναι μια ολοκληρωμένη γλώσσα δημιουργίας, ανταλλαγής και επεξεργασίας μεταδεδομένων στο διαδίκτυο (Karvounarakis 2002). Η σύνταξή του βασίζεται στη γλώσσα XML, γι' αυτό και τοποθετείται πάνω από το επίπεδο της XML.

Το βασικό μοντέλο δεδομένων του RDF αποτελείται από τρεις βασικούς τύπους αντικειμένων, τους πόρους (Resources), τις ιδιότητες (Properties) και τις προτάσεις (Statements). Οτιδήποτε μπορεί να περιγραφεί με RDF εκφράσεις ονομάζεται πόρος. Σε κάθε πόρο, που μπορεί να είναι ένα οποιοδήποτε αντικείμενο προσπελάσιμο ή μη από τον παγκόσμιο ιστό αποδίδεται ένα μοναδικό αναγνωριστικό (Uniform Resource Identifier, URI). Με τη βοήθεια του RDF μοντέλου περιγράφονται οι ιδιότητες ενός πόρου, (γνωρίσματα ή συσχετίσεις με άλλους πόρους) σχηματίζοντας τριάδες της μορφής <υποκείμενο, κατηγορημα, αντικείμενο>, τις οποίες αποκαλούμε προτάσεις. Κάθε περιγραφή σε RDF δηλώνει ότι ορισμένα αντικείμενα (δικτυακοί τόποι, πρόσωπα, συγκεκριμένα έγγραφα ή οτιδήποτε) έχουν κάποιες ιδιότητες με ορισμένες τιμές, με κάθε μέρος αυτής της δήλωσης να είναι μοναδικά ορισμένο.

Το μοντέλο RDF συνδυάζεται με την αντίστοιχη RDF γλώσσα ορισμού σχημάτων (συνόλων κλάσεων και ιδιοτήτων) που καλείται RDF Schema Specification Language (ή απλά RDF Schema) (Brickley et al. 2004). Το RDF Schema μπορεί να ληφθεί ως η βάση για τη γραφή οντολογιών. Καθορίζει τις κλάσεις και τις ιδιότητες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να περιγράψουν κλάσεις και τις ιδιότητες μεταξύ τους. Προσφέρει σχεδιαστικές αρχές για την οργάνωση των αντικειμένων σε ιεραρχίες. Οι βασικές έννοιες είναι οι κλάσεις, οι ιδιότητες και οι περιορισμοί τους που δηλώνονται από το πεδίο ορισμού (domain) και σύνολο τιμών (range) της ιδιότητας. Έτσι, με τη βοήθεια RDF σχημάτων είναι δυνατός ο προσδιορισμός των μηχανισμών καθορισμού κλάσεων, καθώς και ο περιορισμός των πιθανών συνδυασμών κλάσεων μεταξύ τους χρησιμοποιώντας κατάλληλες συσχετίσεις.

2.5.3. Το επίπεδο οντολογιών

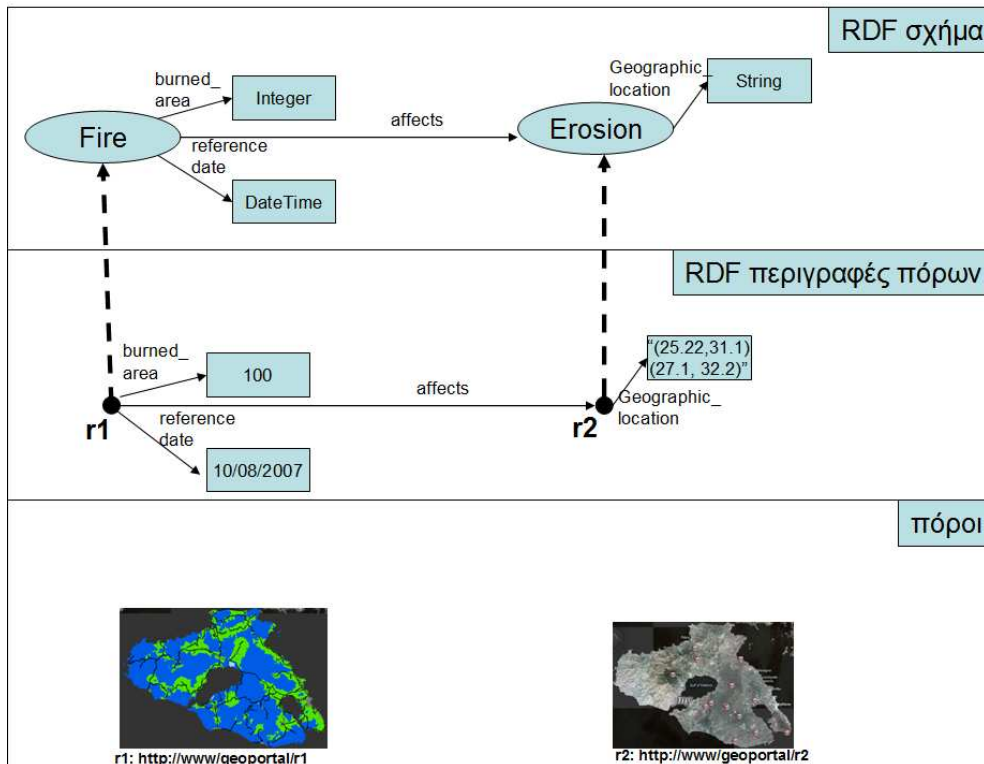
Στο επίπεδο οντολογιών δηλώνονται τα λεξιλόγια των διαθέσιμων οντολογιών που επιτρέπουν στους όρους που χρησιμοποιούνται στο επίπεδο των δεδομένων να ορίζονται και

να συσχετίζονται μεταξύ τους. Βασικές γλώσσες οντολογιών είναι η γλώσσα RDF(S) και η γλώσσα OWL.

Αν και το RDF Schema μπορεί να ληφθεί ως βάση για τη γραφή οντολογιών, χρειάζονται ισχυρότερες οντολογικές γλώσσες που να το επεκτείνουν και να επιτρέπουν την αξιοποίηση πιο σύνθετων σχέσεων μεταξύ των διαθέσιμων πόρων. Το RDF(S) είναι ένας συνδυασμός του μοντέλου RDF και του RDF schema που συνδυάζει τα RDF σχήματα (ορισμένα με τη γλώσσα RDF schema) και τις RDF περιγραφές των πόρων που ταξινομούνται στις διάφορες κλάσεις των σχημάτων. Για τη γραφική απεικόνιση των RDF σχημάτων και των περιγραφών πόρων χρησιμοποιείται ένα μοντέλο κατευθυνόμενων γράφων με ετικέτες τόσο στις ακμές όσο και στους κόμβους. Οι κόμβοι αναπαριστούν αντικείμενα (πόρους ή κλάσεις) και οι ακμές συμβολίζουν τις ιδιότητες των πόρων ή των κλάσεων. Μια τέτοια ιδιότητα μπορεί να είναι ένα ατομικό γνώρισμα ή μια ιδιότητα συσχέτισης πόρων ή κλάσεων.

Οι ακμές μπορεί να είναι τριών ειδών: απόδοσης γνωρισμάτων, δημιουργίας στιγμιότυπων και υπαλληλίας (σχέσεις is-A). Οι ακμές απόδοσης γνωρισμάτων αναπαριστούν γνωρίσματα κόμβων ή συσχετίσεις μεταξύ τους, ενώ οι ακμές υπαλληλίας χρησιμοποιούνται για να δηλώσουν σε επίπεδο σχήματος ότι ένας κόμβος (κλάση) ή ιδιότητα είναι υποκατηγορία ενός σημασιολογικά ευρύτερου κόμβου ή ιδιότητας αντίστοιχα. Τέλος, οι ακμές δημιουργίας στιγμιότυπων αποτελούν τη σύνδεση ανάμεσα στα πρότυπα RDF και RDF Schema, επιτρέποντας τη δημιουργία στιγμιότυπων μίας κλάσης και την απόδοση τύπων σε πληροφοριακούς πόρους που περιγράφονται.

Στο Σχήμα 8 απεικονίζεται ένα παράδειγμα οντολογίας σε RDF(S). Το RDF σχήμα αποτελείται από τις κλάσεις Fire (πυρκαγιά) και Erosion (διάβρωση). Η πρώτη κλάση διαθέτει ως γνωρίσματα την καμμένη έκταση (burned_area) και την ημερομηνία αναφοράς (reference_date), ενώ η δεύτερη το γνώρισμα γεωγραφική θέση (geographic location). Η συσχέτιση affects συμβολίζει τη συσχέτιση μεταξύ των δύο κλάσεων. Σε επίπεδο πόρων, ο πόρος r1 με αναγνωριστικό (URI) www.geoportal.gr/r1 ταξινομείται κάτω από την κλάση Fire, ενώ ο r2 με αναγνωριστικό www.geoportal.gr/r2 ταξινομείται κάτω από την κλάση Erosion. Η πρόταση <r1, affects, r2> δηλώνει ότι ο πόρος r1 είναι τύπου πυρκαγιάς και έκαψε 10 στρέμματα (γνώρισμα burned_area) στις 10/08/2007 (γνώρισμα reference_date), ενώ σχετίζεται (συσχέτιση affects) με τη διάβρωση (κλάση Erosion) της περιοχής με συντεταγμένες “25.22, 31.1, 27.1, 32.2” (γνώρισμα geographic_location).



Σχήμα 8- Γραφική απεικόνιση RDF μεταδεδομένων

Έτσι, σε μια σημασιολογική αναπαράσταση γνώσης μέσω του μοντέλου RDF(S) διακρίνονται τρία διαφορετικά επίπεδα αφάιρησης. Στο κατώτερο επίπεδο βρίσκονται οι πόροι (έγγραφα, δικτυακοί τόποι, πρόσωπα ή οτιδήποτε άλλο). Στο επίπεδο δεδομένων ορίζεται η περιγραφή των ιδιοτήτων τους μέσα από κατάλληλες RDF δηλώσεις. Τέλος, το επίπεδο σχήματος αφορά τις έννοιες (κλάσεις) στις οποίες είναι ταξινομημένοι οι διάφοροι πόροι. Οι έννοιες σχηματίζουν ιεραρχίες κλάσεων και διαθέτουν ιδιότητες που είναι είτε ατομικά γνωρίσματα είτε ιδιότητες συσχέτισης μεταξύ των εννοιών του σχήματος.

Τόσο το επίπεδο δεδομένων RDF, όσο και το επίπεδο σχημάτων RDF στηρίζεται στο συντακτικό της XML για την αναπαράστασή τους. Η XML αναπαράσταση του παραπάνω RDF σχήματος απεικονίζεται στην Σχήμα 9, ενώ η XML αναπαράσταση των RDF περιγραφών στο Σχήμα 10.

```

<?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?>
<!DOCTYPE rdf:RDF [
  <!ENTITY rdf 'http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#'>
  <!ENTITY portal_gr 'http://portal.gr'>
  <!ENTITY rdfs 'http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#'>
]>
<rdf:RDF xmlns:rdf="&rdf;"
  xmlns:portal_gr="&portal_gr;"
  xmlns:rdfs="&rdfs;">
<rdfs:Class rdf:about="&portal_gr;Erosion"
  rdfs:label="Erosion">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&rdfs;Resource"/>
</rdfs:Class>
<rdfs:Class rdf:about="&portal_gr;Fire"
  rdfs:label="Fire">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&rdfs;Resource"/>
</rdfs:Class>
<rdf:Property rdf:about="&portal_gr;affects"
  rdfs:label="affects">
  <rdfs:range rdf:resource="&portal_gr;Erosion"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&portal_gr;Fire"/>
</rdf:Property>
<rdf:Property rdf:about="&portal_gr;burned_area"
  rdfs:label="burned_area">
  <rdfs:domain rdf:resource="&portal_gr;Fire"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Literal"/>
</rdf:Property>
<rdf:Property rdf:about="&portal_gr;geographic_location"
  rdfs:label="geographic_location">
  <rdfs:domain rdf:resource="&portal_gr;Erosion"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Literal"/>
</rdf:Property>
<rdf:Property rdf:about="&portal_gr;reference_date"
  rdfs:label="reference_date">
  <rdfs:domain rdf:resource="&portal_gr;Fire"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Literal"/>
</rdf:Property>
</rdf:RDF>

```

Σχήμα 9- Παράδειγμα RDF σχήματος

```

<?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?>
<!DOCTYPE rdf:RDF [
  <!ENTITY rdf 'http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#'>
  <!ENTITY portal_gr 'http://portal.gr'>
  <!ENTITY rdfs 'http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#'>
]>
<rdf:RDF xmlns:rdf="&rdf;"
  xmlns:portal_gr="&portal_gr;"
  xmlns:rdfs="&rdfs;">
<portal_gr:Fire rdf:about="&portal_gr;/r1"
  portal_gr:burned_area="100"
  portal_gr:reference_date="10/08/2007"
  rdfs:label="r1">
  <portal_gr:affects rdf:resource="&portal_gr;/r2 "/>
</portal_gr:Fire>
<portal_gr:Erosion rdf:about="&portal_gr;/r2"
  portal_gr:geographic_location="(25.22,31.1, 27.1, 32.2)"□"
  rdfs:label="r2"/>
</rdf:RDF>

```

Σχήμα 10- Παράδειγμα RDF περιγραφών πόρων

Πέρα από τη γλώσσα RDF(S), έχουν αναπτυχθεί διάφορες γλώσσες οντολογιών, όπως οι KIF (Knowledge Interchange Format) (Genesereth and Fikes 1994), SHOE (Simple HTML Ontology Extension) (Heflin et al. 1999) και OWL (Ontology Web Language) (McGuinness and van Harmelen 2004).

Η γλώσσα οντολογίας Ιστόυ (OWL) είναι η πιο πρόσφατη εξέλιξη στις γλώσσες οντολογιών για το σημασιολογικό ιστό. Η OWL ακολουθεί το συντακτικό του RDF(S), εμπλουτίζοντας όμως το λεξιλόγιο του για την περιγραφή των κλάσεων και των ιδιοτήτων με ιδιότητες σχέσεων μεταξύ κλάσεων (πχ. ότι δυο κλάσεις είναι ξένες μεταξύ τους), περιορισμοί πληθικότητας (cardinality), ισοδυναμίας (equivalency) κλάσεων και αντίστροφων (inverse) ιδιοτήτων. Η μεγαλύτερη εκφραστικότητα που προσδίδεται στη γλώσσα με τον τρόπο αυτό επιτρέπει τη χρήση συστημάτων συλλογισμού για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων (ontological reasoning).

Ως γλώσσα αναπαράστασης των οντολογιών των σημασιολογικών γεωφυλών επιλέχτηκε το μοντέλο RDF(S). Αν και η γλώσσα OWL αποτελεί ένα πιο εξελιγμένο μοντέλο οντολογικής αναπαράστασης, η μεγαλύτερη εκφραστικότητά της και η χρήση συλλογισμού (reasoning) για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων δεν έχουν πρακτική εφαρμογή στην προσέγγιση ανάπτυξης σημασιολογικών γεωφυλών. Κάτι τέτοιο θα είχε εφαρμογή αν υπήρχαν πολλαπλές οντολογίες όπου κάθε φορέας που δημοσιοποιεί μεταδεδομένα στη γεωπύλη θα διέθετε τη δική του οντολογία και οι μηχανισμοί συλλογισμού της OWL θα

βοηθούσαν στην εύρεση των κατάλληλων κανόνων συσχέτισης μεταξύ των οντολογιών αυτών.

2.5.4. Τα ανώτερα επίπεδα διαστρωμάτωσης του σημασιολογικού ιστού

Το επίπεδο λογικής (logic) παρέχει το υπόβαθρο για τη δυνατότητα αυτοματοποιημένου συλλογισμού και συμπερασμάτων βάσει των πληροφοριών που δομούνται σε μια οντολογία. Μέσα από το επίπεδο λογικής, καθίσταται δυνατή η διαδικασία λήψης αποφάσεων από τα ίδια τα υπολογιστικά συστήματα. Τέλος, τα επίπεδα απόδειξης (proof) και εμπιστοσύνης (trust) εξασφαλίζουν την αξιοπιστία μεταξύ των διαθέσιμων πληροφοριών. Σημαντικό ρόλο σε αυτό παίζει η τεχνολογία των ψηφιακών υπογραφών (digital signatures).

2.6. Συστήματα σημασιολογικών πυλών διαδικτύου

Η αξιοποίηση της οντολογικής οργάνωσης των πληροφοριών βρίσκει εφαρμογή σε σημασιολογικές πύλες όπως Gibson (2002), Ontoweb (2000) και Ontoportall (2002). Σύμφωνα με τους Lausen et al. (2004), οι σημασιολογικές πύλες για το διαδίκτυο είναι εφαρμογές στον παγκόσμιο ιστό που παρέχουν το μέσο για την συλλογή, ταξινόμηση και πρόσβαση πληροφοριακών πόρων (πχ δικτυακούς τόπους, αρχεία, δεδομένα), με έναν σημασιολογικά πλούσιο τρόπο, για διαφορετικά ακροατήρια (συνεταιρικά, ενδο-επιχειρησιακά, εμπορικά και άλλα). Όπως ο σημασιολογικός ιστός αποτελεί τη «νέα γενιά του παγκόσμιου ιστού», έτσι και οι σημασιολογικές πύλες αποτελούν την «νέα γενιά των διαδικτυακών πυλών».

Ενδεικτικές προσεγγίσεις σημασιολογικών πυλών στο πεδίο της διαχείρισης πολιτισμικών πόρων αποτελούν τα (Athanasios et al. 2004) και (Kotzinos et al. 2005). Στο (Athanasios et al. 2004) περιγράφεται μια γεννήτρια κατασκευής σημασιολογικών πυλών (Semantic Web Portal Generator-SWPG), που αποτελεί μια γενική προσέγγιση που επιτρέπει την κατασκευή σημασιολογικών πυλών ανεξάρτητα από το αντικείμενο που προέρχονται τα δεδομένα της πύλης. Οι (Kotzinos et al. 2005) παρουσιάζουν μια καινοτόμα προσέγγιση στην ανάπτυξη μιας διαδικτυακής σημασιολογικής πύλης που υποστηρίζει την εξ' αποστάσεως μάθηση.

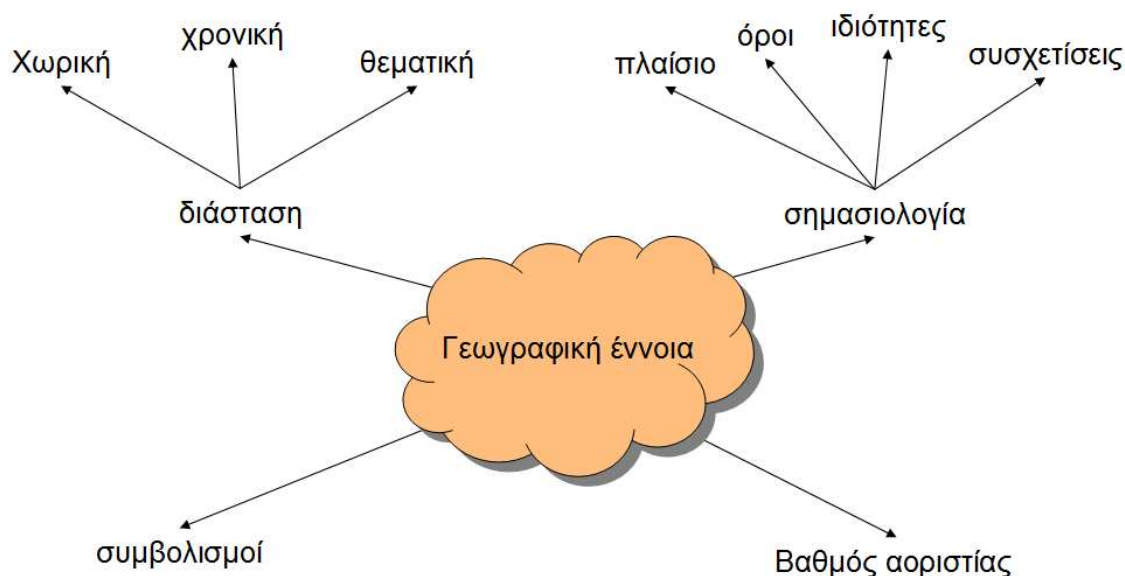
Παρόλα αυτά, κανένα από τα συστήματα αυτά δεν έχει αναπτυχθεί με σκοπό την διαχείριση δεδομένων στο χώρο των γεωγραφικών πληροφοριών όπου πρέπει να ληφθούν υπόψη στοιχεία όπως γεωγραφικά μεταδεδομένα, χωρικές επερωτήσεις και οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων αναζήτησης.

2.7. Ο Γεωγραφικός Σημασιολογικός Ιστός

Ο γεωγραφικός σημασιολογικός ιστός (Geospatial Semantic Web) (Egenhofer 2002, Moreno 2009) προσθέτει τη χωρική διάσταση στο σημασιολογικό ιστό. Κύριο συστατικό του γεωγραφικού σημασιολογικού ιστού αποτελούν οι γεωγραφικές οντολογίες. Οι (Kavouras

and Kokla 2008) καθορίζουν τις παρακάτω διαστάσεις των γεωγραφικών εννοιών (Σχήμα 11), που αποτελούν τα δομικά στοιχεία των γεωγραφικών οντολογιών και κατ' επέκταση του γεωγραφικού σημασιολογικού ιστού:

1. αναφορά (reference): Οι γεωγραφικές έννοιες διαθέτουν:
 - Χωρική αναφορά (spatial reference). Κάθε γεωγραφικό δεδομένο διαθέτει μια αναφορά στο χώρο.
 - Χρονική αναφορά (temporal reference). Κάθε γεωγραφικό δεδομένο διαθέτει μια αναφορά στο χρόνο.
 - Θεματική αναφορά (thematic reference). Κάθε γεωγραφικό δεδομένο αναφέρεται σε μια θεματική κατηγορία, όπως για παράδειγμα ατμοσφαιρικά δεδομένα, καιρικά φαινόμενα, οδικό δίκτυο, δεδομένα υποβάθρου κτλ.
2. σημασιολογία (semantics). Η σημασιολογία της γεωγραφικής έννοιας καθορίζεται από:
 - το εκάστοτε εννοιολογικό πλαίσιο (context).
 - τους όρους (terms) που αφορούν τη συγκεκριμένη έννοια.
 - τις (ατομικές) ιδιότητες της έννοιας (internal properties). Οι ατομικές ιδιότητες μπορεί να είναι χωρικές (πχ. σχήμα, δομή, τόπος, απόλυτη γεωγραφική θέση, επιφάνεια, ταχύτητα, όγκος) ή μη χωρικές ιδιότητες (πχ. σκοπός, συμπεριφορά, χρονική αναφορά, περιοδικότητα).
 - τις συσχετίσεις (relations). Οι συσχετίσεις εκφράζουν τη συσχέτιση μεταξύ δύο ή περισσότερων γεωγραφικών εννοιών. Μπορεί να είναι χωρικές για παράδειγμα σχέσεις απόστασης, κατεύθυνση ή τοπολογικές συσχετίσεις ή μη χωρικές για παράδειγμα σχέσεις ιεραρχίας (όπως σχέσεις ειδίκευσης και εξειδίκευσης) και σχέσεις μερонуμίας.
3. συμβολισμοί (symbolism): Οι συμβολισμοί αναφέρονται στα σύμβολα (εικόνες, λέξεις, σημεία) που χρησιμοποιούνται για να εκφράσουν το εσωτερικό νόημα των εννοιών.
4. βαθμός αοριστίας (vagueness): Αναφέρεται στο βαθμό ανάλυσης και λεπτομέρειας της εννοιολογικής αναπαράστασης.



Σχήμα 11- Χαρακτηριστικά γεωγραφικών εννοιών

2.8. Κατηγορίες Γεωγραφικών Οντολογιών

Αν και υπάρχουν διάφορες ταξινομήσεις γεωγραφικών οντολογιών (Uschold 1996, Van Heijst et al. 1997), οι βασικότερες είναι αυτές που τις κατατάσσουν ανάλογα με το επίπεδο γενίκευσής τους (generality) και το βαθμό τυπικότητας (formality).

Με βάση το επίπεδο γενίκευσης, οι γεωγραφικές οντολογίες διακρίνονται σε (Benjamins et al. 1998):

- Οντολογίες ανώτερου επιπέδου (Top-level ontologies) οι οποίες περιγράφουν γενικές έννοιες όπως η έννοια του χώρου. Παραδείγματα οντολογιών ανώτερου επιπέδου είναι οι SUMO³⁰ και Cyc³¹ (Ressler et al. 2007; Kolas et al. 2005).
- Οντολογίες πεδίου (domain ontologies). Οι οντολογίες αυτές περιγράφουν ένα λεξιλόγιο όρων σχετικά με ένα πεδίο εφαρμογών, όπως για παράδειγμα υδρολογία (Klien et al. 2004), φυσικές επιστήμες (SWEET 2005) και αστικό σχεδιασμό (Lorenz et al. 2005, Métral et al. 2010).
- Οντολογίες μεθοδολογίας ή εργασιών (method or task ontologies). Οι οντολογίες αυτές αναφέρονται σε συγκεκριμένες εργασίες, όπως ο αυτοματισμός ανάκτησης γεωγραφικών πληροφοριών (Klien et al. 2004, Wiegand και Garcia 2007), γεωγραφικής οπτικοποίησης (Fabrikant 2001, Aditya and Kraak 2005) και διαχείρισης μεταδεδομένων (Bermudez 2004, Islam et al. 2004).

Ανάλογα με το βαθμό τυπικότητας (formality) της αναπαράστασής της, μια οντολογία μπορεί να είναι (Γαϊτάνου και Γεργατσούλης 2006):

³⁰ <http://www.ontologyportal.org/>

³¹ <http://www.cyc.com/>

- Άτυπη (highly informal), εκφρασμένη δηλαδή σε φυσική γλώσσα.
- Ήμι-άτυπη (semi-informal), διατυπωμένη σε ένα περιορισμένο και δομημένο υποσύνολο κάποιας φυσικής γλώσσας.
- Ήμι-τυπική (semi-formal), διατυπωμένη σε μια τεχνητή και αυστηρά ορισμένη γλώσσα.
- Αυστηρά τυπική (rigorously formal), όπου η διατύπωση γίνεται με ορισμούς αυστηρής σημασιολογίας, θεωρήματα και αποδείξεις ιδιοτήτων.

2.9. Οντολογικά συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών

Στη διεθνή ερευνητική βιβλιογραφία, πλούσια είναι η έρευνα σχετικά με τη συμβολή των γεωγραφικών οντολογιών στην ενοποίηση ετερογενών πληροφοριών (Visser et al. 2000), (Kokla and Kavouras 2001), (Kavouras and Kokla 2002), (Fonseca et al. 2002) (b), (Kavouras 2003), (Córcoles and González 2004), (Tomai and Kavouras 2004). Το κύριο γνώρισμα των προσεγγίσεών τους είναι η προσπάθεια εξάλειψη της σημασιολογικής ετερογένειας μεταξύ ετερογενών πηγών. Παρόμοιες εργασίες περιγράφουν την αναγκαιότητα εδραίωσης του Γεωγραφικού Σημασιολογικού Ιστού (Geospatial Semantic Web) (Egenhofer 2002, Wiegand 2004, Kolas et al. 2005, Wiegand 2007, Schade and Maué 2008, Moreno 2009) για την επίτευξη σημασιολογικής διαλειτουργικότητας και για την αποτελεσματικότερη αξιοποίηση μεγάλου πλήθους ανομοιογενών γεωγραφικών πληροφοριών.

Παρόλο την πλούσια ερευνητική προσπάθεια, οι παραπάνω προσεγγίσεις δεν αξιοποιούνται μέσα από κατάλληλες γεωγραφικές διεπαφές. Αντίθετα, οι προσεγγίσεις των (Lutz and Klien 2006, Klien et al. 2004) περιγράφουν γραφικές διεπαφές όπου οι χρήστες δημιουργούν επερωτήσεις με βάση κριτήρια ερωτήματος και λέξεις κλειδιά πάνω σε οντολογίες που οι ίδιοι οι πάροχοι πρέπει να δημιουργήσουν. Οι (Klien et al. 2004) περιγράφουν μια μέθοδο αναζήτησης σε καταλόγους WFS χωρικών υπηρεσιών. Το σύστημα εμπλουτίζει με οντολογικές περιγραφές τους διαθέσιμους πόρους, άφηνε όμως εξολοκλήρου στην ικανότητα του χρήστη να ερμηνεύσει αν οι περιγραφές αυτές ανήκουν στα επιθυμητά σύνολα πληροφοριών. Το μειονέκτημα αυτό επιλύθηκε από τους (Lutz and Klien 2006) όπου στη διεπαφή χρήσης του συστήματος οι χρήστες απλώς προσδιορίζουν επιθυμητά κριτήρια αναζήτησης. Το πρόβλημα που έχουν τα συστήματα αυτά, είναι ότι οι μηχανισμοί αναζήτησης βασίζονται εξ ολοκλήρου στο φιλτράρισμα με λέξεις κλειδιά και στην επιλογή των κατάλληλων συνθηκών επερωτήσεων. Η οντολογική οργάνωση των πληροφοριών αξιοποιείται μεν για την αντιμετώπιση ζητημάτων ετερογένειας, όχι όμως και για την εννοιολογική συσχέτιση μεταξύ των πόρων που ανήκουν στα αποτελέσματα αναζήτησης. Μια τέτοια συσχέτιση προσπαθεί να αξιοποιήσει το σύστημα GeoCosm (Ram et al. 2002), ένα διαδικτυακό σύστημα ενοποίησης καταναμημένων ετερογενών γεωγραφικών πληροφοριών. Οι χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν επερωτήσεις πάνω στις πηγές αυτές

και στη συνέχεια να συγκρίνουν τα αποτελέσματα με βάσει τις τιμές των μεταδεδομένων τους. Παρόλα αυτά, η αναζήτηση γίνεται μόνο μέσα από συνθήκες φιλτραρίσματος, χωρίς να δίνεται η δυνατότητα εξερεύνησης των πόρων μέσα από την πλοήγηση στις διαθέσιμες πληροφορίες. Ακόμα και για τη σύγκριση των πιθανών επιθυμητών πόρων, ο χρήστης πρέπει να επιλέξει από τη λίστα των αποτελεσμάτων αυτούς που θέλει το σύστημα να συγκρίνει τα επιμέρους χαρακτηριστικά του.

Μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση είναι το πρόγραμμα SWING (Semantic Web services Interoperability for Geospatial decision making)³² (Andrei et al. 2008). Το πρόγραμμα SWING αποτελεί μια προσπάθεια ανάπτυξης ενός ανοικτού πλαισίου σημασιολογικών υπηρεσιών διαδικτύου από κατάλληλες οντολογίες και εργαλεία αναζήτησης, σύνθεσης και αξιοποίησης γεωγραφικών υπηρεσιών. Το σύστημα MIMS (Mineral Management System)³³ του προγράμματος SWING επιτρέπει τον εμπλουτισμό πληροφοριών με σημασιολογικά χαρακτηριστικά βασισμένα σε αντίστοιχες οντολογίες και τη σημασιολογική διαχείριση γνώσης στο πεδίο των ορυκτών πόρων. Μερικά από τα χαρακτηριστικά του είναι ότι υποστηρίζει την αναζήτηση πληροφοριών, τη δημοσιοποίηση των πόρων στον ειδικό κατάλογο μεταδεδομένων και τη δημιουργία σχολίων (annotation) με τη βοήθεια μιας οντολογίας πεδίου. Το πρόγραμμα MIMS εκτελείται τοπικά από τον υπολογιστή του χρήστη, η αναζήτηση των μεταδεδομένων όμως μέσα από τους καταλόγους μεταδεδομένων γίνεται δικτυακά. Αν και αποτελεί μια σημαντική συνεισφορά στο χώρο των συστημάτων γραφικών διεπαφών μέσω της αξιοποίησης γεωγραφικών οντολογιών, οι μηχανισμοί αναζήτησης των επιθυμητών πόρων βασίζονται στη σύνθεση επερωτήσεων και όχι στην πλοήγηση σε σημασιολογικά συσχετιζόμενες πληροφορίες.

2.10. Συγκριτική αξιολόγηση

Στο κεφάλαιο αυτό μελετούνται τα χαρακτηριστικά τεσσάρων ομάδων συστημάτων και ερευνητικών προσεγγίσεων που σχετίζονται άμεσα με την προσέγγιση της παρούσας διδακτορικής διατριβής. Οι ομάδες αυτές αποτελούνται από:

- 1) διαδικτυακά γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών.
- 2) συστήματα γεωπυλών.
- 3) οντολογικά συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών .
- 4) σημασιολογικές πύλες διαδικτύου.

Τα διαδικτυακά συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (WebGIS) προσφέρουν μεγάλη ευκολία οπτικοποίησης γεωγραφικών πληροφοριών και υψηλή ικανότητα αλληλεπίδρασης. Αξιοποιούν διαλειτουργικά πρότυπα όπως WMS, WFS, KML και geoRSS για την ενσωμάτωση ποικίλων συνόλων πληροφορίας και επιτρέπουν την ανάπτυξη εφαρμογών

³² www.swing-project.org

³³ <http://swing.brgm.fr/mimsalpha/download>

προσαρμοσμένων στις εκάστοτε ανάγκες των χρηστών μέσα από τη σύνθεση διαφόρων γεωγραφικών επιπέδων πληροφορίας (layers) από διάφορες καταναμημένες πηγές. Ορισμένα από αυτά επιτρέπουν τη δημοσιοποίηση και εφαρμογή γεωγραφικών υπηρεσιών, όπως υπηρεσίες χωρικής ανάλυσης και χωρικών επερωτήσεων πάνω σε γεωβάσεις. Όμως οι λειτουργίες τους είναι επικεντρωμένες στην οπτικοποίηση γεωγραφικών δεδομένων και υπηρεσιών και όχι στην διάχυση και στο διαμοίρασμό της γνώσης. Δεν οργανώνουν τη διαθέσιμη πληροφορία τους σε θεματικές ενότητες, δεν διαχειρίζονται με επιτυχία ζητήματα σημασιολογικής ετερογένειας και στηρίζονται στην αναζήτηση πληροφοριών μέσα από επερωτήσεις με λέξεις κλειδιά και όχι την πλοήγηση σε εννοιολογικά συσχετιζόμενες πληροφορίες.

Οι γεωπύλες παρέχουν ενιαία πρόσβαση μέσα από την πλούσια οργάνωση στις διαθέσιμες πληροφορίες και υπηρεσίες. Αν και προσφέρουν υψηλή ικανότητα αλληλεπίδρασης μεταξύ χρηστών και συστήματος, οι μηχανισμοί πρόσβασης στις πληροφορίες τους δεν είναι σε θέση να διαχειριστούν το νόημα των πληροφοριών και περιορίζονται στη χωρική πλοήγηση ή στον καθορισμό κριτηρίων φιλτραρίσματος και λέξεις κλειδιά. Επιπρόσθετα, σε αντίθεση με τα συστήματα WebGIS δεν υποστηρίζουν την εύκολη προσαρμογή της εφαρμογής στις εκάστοτε ανάγκες των χρηστών, αφού τα συστήματα που προσφέρουν μια αυτοματοποιημένη μέθοδο ανάπτυξης γεωπυλών όπως το OpenSource geonetwork δεν είναι ακόμα τόσο διαδεδομένα όσο αυτά των WebGIS.

Τα οντολογικά συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών προσφέρουν ικανοποιητική διαχείριση των προβλημάτων σημασιολογικής ετερογένειας. Οι πληροφορίες τους είναι οργανωμένες σε θεματικές ενότητες ανάλογα με τις κλάσεις των οντολογιών. Όμως οι μηχανισμοί αναζήτησης πληροφοριών που διαθέτουν βασίζονται εξ ολοκλήρου στο φιλτράρισμα με λέξεις κλειδιά και στην επιλογή των κατάλληλων συνθηκών επερωτήσεων. Η σημασιολογική οργάνωση αξιοποιείται μεν για την ολοκλήρωση των ετερογενών πληροφοριών, όχι όμως και για την πλοήγηση σε συσχετιζόμενους πόρους μέσα από τις γραφικές διεπαφές τους.

Αντίθετα, οι σημασιολογικές πύλες προσφέρουν υψηλή αλληλεπίδραση χρηστών και συστήματος μέσα από τη σημασιολογική πλοήγηση σε εννοιολογικά συσχετιζόμενες πληροφορίες. Επιπρόσθετα, οι οντολογίες τους αντιμετωπίζουν τα ζητήματα σημασιολογικής ετερογένειας. Όμως, τα συστήματα αυτά δεν έχουν αξιοποιηθεί έως σήμερα για τη διαχείριση γεωγραφικών πληροφοριών, όπου πρέπει να ληφθούν υπόψη στοιχεία όπως γεωγραφικά μεταδεδομένα, χωρικές επερωτήσεις και οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων αναζήτησης.

Με βάση την παραπάνω ανάλυση, συμπεραίνουμε ότι για την αξιοποίηση του σημασιολογικού ιστού σε συστήματα γεωπυλών θα πρέπει να συνδυάζονται τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν τα συστήματα των γεωπυλών με τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η σημασιολογική οργάνωση της διαθέσιμης πληροφορίας στις σημασιολογικές

πύλες διαδικτύου. Μέσα από αυτή την αξιοποίηση, ο σχεδιασμός σημασιολογικών γεωφυλών:

- Δεν θα στηρίζεται αποκλειστικά σε συμβατικές τεχνικές με λέξεις- κλειδιά που πολλές φορές δυσκολεύουν τους χρήστες που δεν γνωρίζουν ποιες λέξεις να χρησιμοποιήσουν, ή δεν έχουν την εμπειρία για να θέσουν τα κατάλληλα κριτήρια φιλτραρίσματος. Αντίθετα, θα αξιοποιεί τη σημασιολογική οργάνωση των πληροφοριών προς την επίτευξη μιας πιο αποτελεσματικής πρόσβασης στα σύνολα πληροφοριών της γεωπύλης, μέσω της πλοήγησης τόσο σε εννοιολογικά όσο και σε χωρικά συσχετιζόμενες πληροφορίες.
- Θα αντιμετωπίζει ζητήματα διαλειτουργικότητας και δυσερμηνείας που πολλές φορές οδηγούν σε αποτελέσματα αναζήτησης με μικρή ή καθόλου συνάφεια με αυτό που αναζητά ο χρήστης. Αυτό θα επιτυγχάνεται μέσω της αξιοποίησης των οντολογιών που θα είναι σε θέση να διαχειριστούν το νόημα των διαθέσιμων πληροφοριών.

Στον Πίνακα 4 απεικονίζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των παραπάνω κατηγοριών συστημάτων. Η τελευταία στήλη περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά της πρότασης της παρούσας διδακτορικής διατριβής για την ανάπτυξη σημασιολογικών γεωφυλών. Η πρόταση που παρουσιάζεται εκμεταλλεύεται την σημασιολογική οργάνωση των πληροφοριών για τη διαχείριση της σημασιολογικής ετερογένειας και αξιοποιεί τα σχήματα οντολογιών για μια αποδοτικότερη πλοήγηση (σημασιολογική και χωρική) στους διαθέσιμους πόρους. Αναλυτική παρουσίαση των χαρακτηριστικών που προτείνονται ακολουθεί στα επόμενα κεφάλαια της διατριβής.

Συστήματα	Συστήματα WebGIS	Συστήματα γεωπυλών	Οντολογικά συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών	Σημασιολογικές πύλες	Συστήματα σημασιολογικών γεωπυλών
Κριτήρια					
Υψηλή αλληλεπιδραστικότητα	•	•	X ¹	•	•
Μηχανισμοί χωρικής πλοήγησης	•	•	X	X	•
Δυνατότητα ανάπτυξης εφαρμογής προσαρμοσμένης στις ανάγκες των χρηστών	•	X ²	•	•	•
Οργάνωση της διαθέσιμης πληροφορίας σε θεματικές ενότητες	X	•	•	•	•
Διαχείριση σημασιολογικής ετερογένειας	X	X	•	•	•
Μηχανισμοί σημασιολογικής πλοήγησης	X	X	X	•	•

Πίνακας 4- Σύγκριση των επιμέρους στις κατηγορίες συστημάτων που μελετήθηκαν

- Το σύστημα υποστηρίζει το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό
- X Το σύστημα δεν υποστηρίζει το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό

¹ Μόνο σε επιλεγμένα συστήματα όπως MIMS (Andrei et al. 2008) και GeoCosm (Ram et al. 2002)

² Μόνο μέσω συστημάτων ανάπτυξης και διαχείρισης γεωπυλών όπως το OpenSource geonetwork (<http://geonetwork-opensource.org/>)

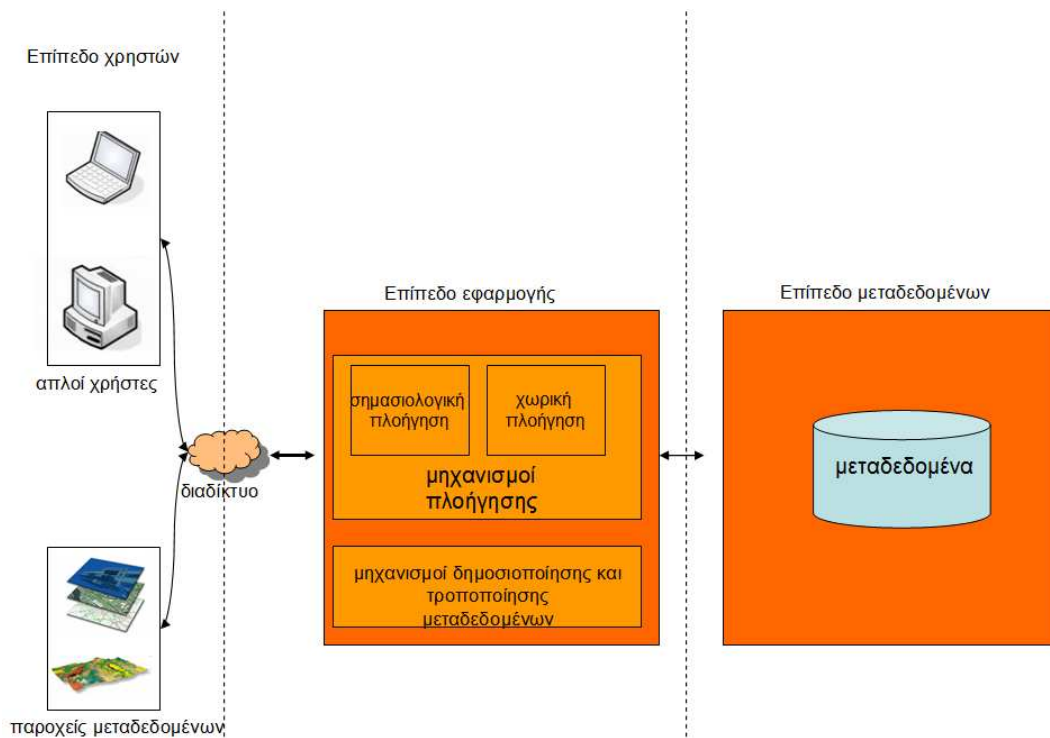
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΓΕΩΠΥΛΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η προτεινόμενη μεθοδολογία ανάπτυξης σημασιολογικών γεωπυλών. Η γενικότητα της προσέγγισης επιτρέπει την εύκολη ανάπτυξη διαφορετικών σημασιολογικών γεωπυλών για διαφορετικά πεδία εφαρμογών.

Συνοπτικά τα βήματα της μεθοδολογίας ανάπτυξης σημασιολογικών γεωπυλών είναι:

1. Η ανάπτυξη της οντολογίας της γεωπύλης η οποία περιλαμβάνει:
 1. το σχεδιασμό της οντολογίας.
 2. την υλοποίηση της κατάλληλης βάσης δεδομένων που θα αποθηκεύονται τα σημασιολογικά μεταδεδομένα.
2. Η ανάπτυξη των λειτουργιών αναζήτησης και διαχείρισης των πόρων του συστήματος που περιλαμβάνει:
 1. τους μηχανισμούς δημοσιοποίησης περιγραφών μεταδεδομένων της γεωπύλης.
 2. τους μηχανισμούς αναζήτησης επιθυμητών πληροφοριών που διακρίνονται:
 - I. στους μηχανισμούς σημασιολογικής πλοήγησης.
 - II. στους μηχανισμούς χωρικής πλοήγησης.

Ένα σύστημα σημασιολογικής γεωπύλης αποτελείται από τρία επίπεδα: το επίπεδο των χρηστών, το επίπεδο της εφαρμογής και το επίπεδο των μεταδεδομένων. Τα γενικότερα επίπεδα μιας σημασιολογικής γεωπύλης απεικονίζονται στο Σχήμα 12. Στο επίπεδο χρηστών, οι χρήστες είτε εξερευνούν τη σημασιολογική γεωπύλη για πληροφορίες που τους ενδιαφέρουν, είτε είναι πάροχοι που τη χρησιμοποιούν για να δημοσιοποιήσουν τις περιγραφές των μεταδεδομένων. Στο επίπεδο εφαρμογής, η σημασιολογική γεωπύλη διαθέτει τους κατάλληλους μηχανισμούς σημασιολογικής και χωρικής πλοήγησης. Παράλληλα, διαθέτει τις κατάλληλες γραφικές διεπαφές δημοσιοποίησης, τροποποίησης και διαγραφής μεταδεδομένων. Το τρίτο επίπεδο αφορά την υλοποίηση της κατάλληλης βάσης δεδομένων που αποθηκεύονται τα μεταδεδομένα των πόρων.



Σχήμα 12- Βασική δομή συστημάτων σημασιολογικών γεωπυλών

3.1. Ανάπτυξη της οντολογίας

Για την ανάπτυξη σημασιολογικών γεωπυλών απαραίτητη είναι η δημιουργία της οντολογίας που θα ορίζει τη σημασιολογία των διαθέσιμων πληροφοριών. Αν και δεν υπάρχει ένας απόλυτα δομημένος τρόπος ανάπτυξης οντολογιών, τα βήματα που ακολουθήθηκαν βασίστηκαν στις μεθοδολογίες των Uschold και King (1995) και Fernández-López et al. (1999).

3.1.1. Ο καθορισμός του πεδίου της οντολογίας

Το αρχικό στάδιο στην ανάπτυξη της οντολογίας αφορά τον καθορισμό του πεδίου εφαρμογής. Ο καθορισμός αυτός μπορεί να προκύψει απαντώντας διάφορες βασικές ερωτήσεις όπως:

- Ποιος είναι ο τομέας που θα καλύψει η οντολογία;
- Που θα χρησιμοποιηθεί η οντολογία;
- Ποιος θα χρησιμοποιήσει και θα διατηρήσει την οντολογία;

Η οντολογία θα παρέχει την απαραίτητη σημασιολογική διαλειτουργικότητα στο περιβάλλον της γεωπύλης. Θα χρησιμοποιείται ως μέσο πρόσβασης στις διαθέσιμες πληροφορίες μέσω των κατάλληλων μηχανισμών σημασιολογικής πλοήγησης. Οι χρήστες θα αξιοποιούν την οντολογική οργάνωση των πληροφοριών για την αναζήτηση επιθυμητών πόρων ενώ οι πάροχοι θα δημοσιοποιούν ή θα τροποποιούν τα μεταδεδομένα σύμφωνα με την οντολογία

3.1.2. Η απαρίθμηση των σημαντικών όρων της οντολογίας

Για την ανάπτυξη της οντολογίας απαιτείται η καταγραφή όλων των πιθανών όρων που θα χρησιμοποιηθούν στην οντολογία. Ο καθορισμός των όρων προκύπτει απαντώντας ερωτήσεις όπως:

- Ποιοι είναι αυτοί οι όροι που θα χρησιμοποιηθούν;
- Ποιες είναι οι ιδιότητες αυτών των όρων;

Με τον καθορισμό των όρων αναπτύσσεται η ιεραρχία κλάσεων και καθορίζονται οι ιδιότητές τους. Οι βασικές προσεγγίσεις ανάπτυξης μιας ιεραρχίας κλάσεων είναι η μέθοδος «από επάνω προς τα κάτω» (top – down) που αρχίζει με τον καθορισμό των γενικότερων εννοιών του τομέα και ακολουθεί η ειδίκευση των εννοιών, και η μέθοδος «από κάτω προς τα επάνω (bottom – up)» που αρχίζει με τον καθορισμό των πιο συγκεκριμένων κλάσεων, δηλαδή τα φύλλα της ιεραρχίας, και ακολουθεί η ομαδοποίηση αυτών των κλάσεων σε γενικότερες έννοιες (Uschold and Gruninger 1996).

Στη σημασιολογική γεωπύλη διαχείρισης δασικών πυρκαγιών που θα μελετήσουμε διεξοδικά στο επόμενο κεφάλαιο, θα δούμε πώς πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των γενικότερων εννοιών στις ειδικότερες, δηλαδή η μέθοδος «από επάνω προς τα κάτω».

Πέρα από την καταγραφή των εννοιών, βασικό στοιχείο της οντολογίας είναι ο καθορισμός των ιδιοτήτων. Τα βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να ληφθούν υπόψη στον καθορισμό των ιδιοτήτων είναι:

- Το πλήθος τιμών των ιδιοτήτων (cardinality). Το πλήθος τιμών των ιδιοτήτων καθορίζει πόσες τιμές μια ιδιότητα μπορεί να έχει.
- Ο τύπος των ιδιοτήτων. Ο τύπος τιμών περιγράφει ποιοι τύποι τιμών μπορούν να συμπληρώσουν την ιδιότητα, όπως η συμβολοσειρά (string), αριθμός (number), αλγεβρικές (boolean), απαριθμημένες (enumerated) και τύπου οντότητας (instance type). Οι επιτρεπόμενες κλάσεις για ιδιότητες τύπου οντότητας αποτελούν το σύνολο τιμών (range) μιας ιδιότητας. Οι κλάσεις με τις οποίες μια ιδιότητα είναι συνδεδεμένη ή κλάσεις που οι ιδιότητες τους περιγράφουν την ιδιότητα, καλούνται πεδίο ορισμού (domain) της ιδιότητας.

3.1.3. Ανάπτυξη της οντολογίας με το πρόγραμμα Protégé

Ως εργαλείο ανάπτυξης της οντολογίας χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο αναπαράστασης γνώσης Protégé³⁴. Το Protégé είναι μια εφαρμογή ανοικτού λογισμικού βασισμένη στη γλώσσα java που έχει σκοπό την ανάπτυξη και αναπαράσταση οντολογιών και βάσεων γνώσης (Noy et al. 2001).

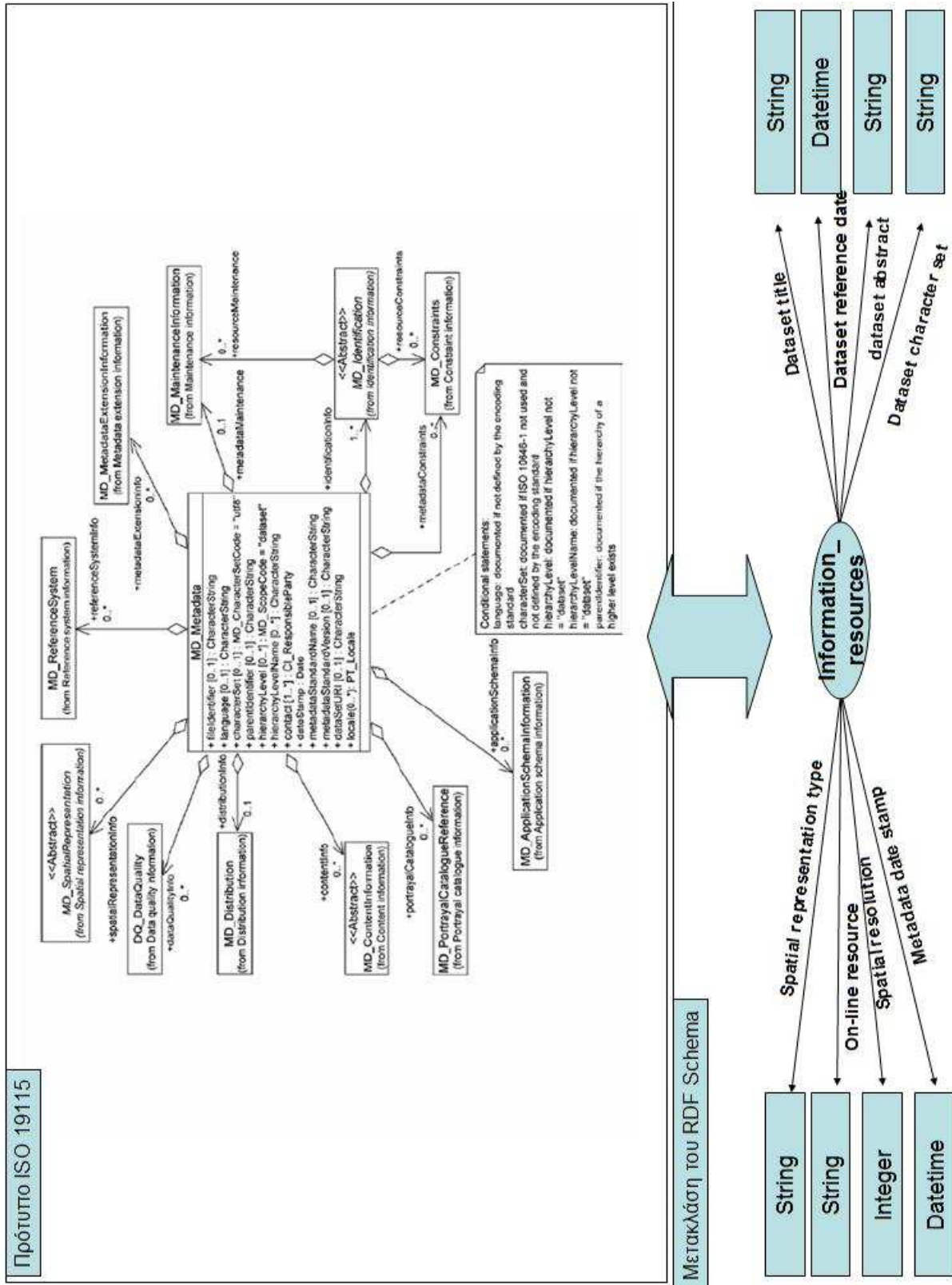
³⁴ <http://protege.stanford.edu/>

Η αρχιτεκτονική του Protégé επιτρέπει την προσθήκη καινούργιας λειτουργικότητας ενσωματώνοντας τα κατάλληλα αρθρώματα (plugins), όπως για παράδειγμα αρθρώματα που υποστηρίζουν τη γραφική αναπαράσταση μια οντολογίας και τη συγχώνευση οντολογιών. Η επεκτασιμότητα αυτή το κάνει να είναι το πιο διαδεδομένο εργαλείο ανάπτυξης οντολογιών σε σύγκριση με άλλα συστήματα όπως OIEd (Bechhofer et al. 2001), OntoEdit (Sure et al. 2002) και άλλα.

3.1.4. Ενσωμάτωση του προτύπου ISO 19115

Στην προτεινόμενη μεθοδολογία ανάπτυξης σημασιολογικών γεωπυλών ενσωματώνεται το πρότυπο ISO 19115 για τη διαχείριση των γεωγραφικών μεταδεδομένων της γεωπύλης. Το ISO 19115 αποτελεί το πιο διαδεδομένο πρότυπο γεωγραφικών μεταδεδομένων (Σαραφίδης 2008). Στην προσέγγισή μας τηρείται μόνο ένα βασικό ελάχιστο μέρος τους, γνωστό και ως βασικός πυρήνας μεταδεδομένων του ISO 19115, λόγω του εκτεταμένου συνόλου των μεταδεδομένων του προτύπου.

Για την ενσωμάτωση των πεδίων του βασικού πυρήνα του προτύπου ISO 19115 χρησιμοποιείται μια μετακλάση που αποτελεί τη γενική κλάση των υπόλοιπων κλάσεων της οντολογίας. Οι ιδιότητες της μετακλάσης είναι τα πεδία του βασικού πυρήνα μεταδεδομένων του ISO 19115 (Σχήμα 13). Τα πεδία δηλαδή του βασικού πυρήνα του προτύπου ISO 19115 ενσωματώνονται στην οντολογία της σημασιολογικής γεωπύλης ως ιδιότητες της μετακλάσης της οντολογίας. Κάθε πόρος κληρονομεί τις ιδιότητες που ανήκουν στον πυρήνα μεταδεδομένων του προτύπου ISO 19115, αφού στο μοντέλο RDF(S) κάθε υποκλάση κληρονομεί τις ιδιότητες των γενικότερων κλάσεων. Με αυτό τον τρόπο, γεωγραφικά και σημασιολογικά μεταδεδομένα αξιοποιούνται με έναν ενιαίο τρόπο, αφού τα πεδία του βασικού πυρήνα του προτύπου ISO 19115 ενσωματώνονται στην οντολογία της σημασιολογικής γεωπύλης



Σχήμα 13- Μετατροπή των στοιχείων του πυρήνα του ISO 19115 σε γνωρίσματα της μετακλάσης

Ο Πίνακας 3 δείχνει τα ονόματα και το σύνολο τιμών των ιδιοτήτων της μετακλάσης που αφορούν το βασικό πυρήνα μεταδεδομένων του προτύπου ISO 19115.

Ιδιότητα RDF	Σύνολο Τιμών
Dataset_Responsible_party	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
Dataset_geographic_location	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
Dataset_language	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
Metadata_character_set	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
Dataset_topic_category	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
Dataset_Abstract	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
Distribution_Format	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
Spatial_Representation_type	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
Reference_System	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
Lineage	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
Online_Resource	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
Metadata_file_identifier	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
Metadata_standard_name	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
Metadata_standard_version	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
Metadata_language	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
Dataset_Character_set	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
Metadata_point_of_contact	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
Metadata_date_stamp	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#date
Dataset_Spatial_resolution	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#Integer
Additional_extent_information	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
Dataset_title	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
Dataset_Reference_Date	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#date

Πίνακας 3- Ιδιότητες της μετακλάσης της οντολογίας διαχείρισης δασικών πυρκαγιών

3.2. Η σημασιολογική βάση δεδομένων

Ως εργαλείο αποθήκευσης των μεταδεδομένων επιλέχτηκε το σύστημα ICS-FORTH RDFSuite (Alexaki 2002), που κατασκευάστηκε στο Εργαστήριο Πληροφοριακών Συστημάτων³⁵ του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας³⁶. Το σύστημα επιτρέπει την αποθήκευση RDF μεταδεδομένων σε μια βάση δεδομένων του οντοκεντρικού/ σχεσιακού

³⁵ <http://www.ics.forth.gr/isl/index.html>

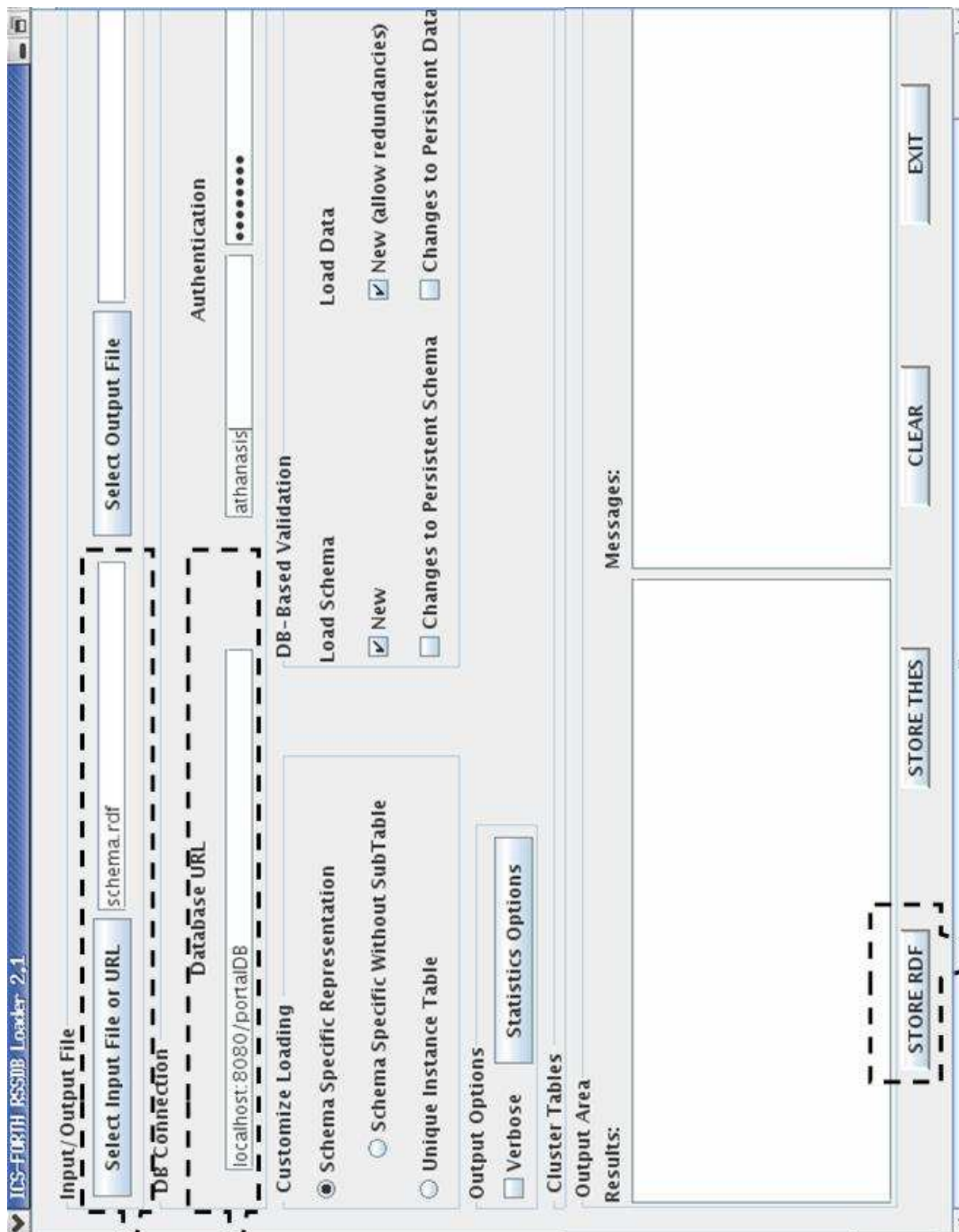
³⁶ <http://www.ics.forth.gr/>

συστήματος διαχείρισης βάσεων δεδομένων PostgreSQL³⁷. Αποτελείται από τα εξής επιμέρους στοιχεία:

- το λεξικογραφικό και σημασιολογικό αναλυτή VRP (Validating RDF Parser) που ελέγχει συντακτικά και σημασιολογικά την εγκυρότητα των RDF μεταδεδομένων.
- το σύστημα RSSDB (RDF Schema Specific DataBase) που αποθηκεύει τα RDF μεταδεδομένα στην οντοκεντρική/ σχεσιακή βάση.
- τη γλώσσα RQL (RDF Query Language), μια σημασιολογική γλώσσα επερώτησης πάνω σε RDF μεταδεδομένα αποθηκευμένα με του συστήματος RSSDB. Η καινοτομία της RQL είναι ότι επιτρέπει τον υπολογισμό μεταδεδομένων με επερωτήσεις που είναι ανεξάρτητες από το εκάστοτε σχήμα της βάσης. Αυτή η ανεξαρτησία παίζει καθοριστικό ρόλο για την επίτευξη της αφαιρετικής ανάπτυξης σημασιολογικών γεωπυλών, όπως θα αναλυθεί διεξοδικά στην επόμενη παράγραφο. Η χρήση της γλώσσας RQL από το σύστημα ICS-FORTH RDFSuite συντέλεσε στην επιλογή του εν λόγω συστήματος για την ανάπτυξη σημασιολογικών γεωπυλών, σε σύγκριση με άλλα εργαλεία αποθήκευσης και αξιοποίησης μεταδεδομένων όπως Jena (Carrol and McBride 2001) και Sesame (Broekstra, et al. 2002).

Η αποθήκευση των μεταδεδομένων στο ICS-FORTH RDFSuite γίνεται με τη βοήθεια κατάλληλης γραφικής διεπαφής. Στο Σχήμα 14 απεικονίζεται ένα παράδειγμα αποθήκευσης RDF μεταδεδομένων μέσω του ICS-FORTH RDFSuite. Η αποθήκευση προϋποθέτει τη δημιουργία του αρχείου των μεταδεδομένων και τη σύνδεση με τη βάση δεδομένων της PostgreSQL.

³⁷ <http://www.postgresql.org/>



Αρχείο RDF/S

Σύνδεση με τη
βάση
postgresql

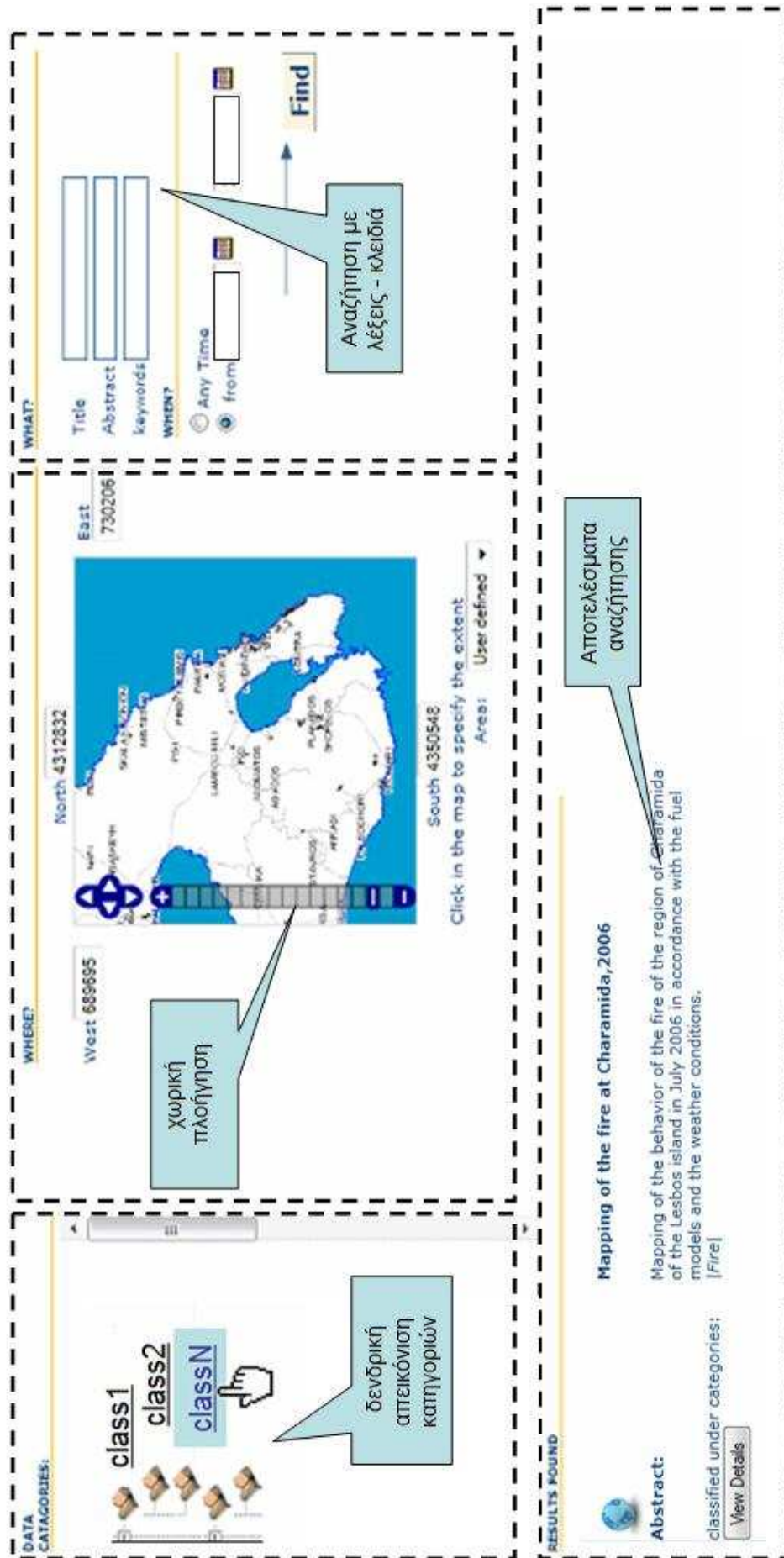
Αποθήκευση RDF σχήματος και
περιγραφών πόρων

3.3. Αναζήτηση πληροφοριών

Βασική καινοτομία της ανάπτυξης σημασιολογικών γεωφυλών είναι ότι αξιοποιεί την σημασιολογική οργάνωση των διαθέσιμων μεταδεδομένων για να προσφέρει υψηλούς μηχανισμούς σημασιολογικής και χωρικής πλοήγησης για την αναζήτηση επιθυμητών πληροφοριών. Οι μηχανισμοί πλοήγησης συνδυάζονται με μεθόδους σύνθεσης ερωτήσεων μέσω λέξεων κλειδιών με βάση πεδία επιλεγμένα πεδία μεταδεδομένων. Συνοπτικά, οι μηχανισμοί αναζήτησης πληροφοριών περιλαμβάνουν:

- την πλοήγηση του χρήστη σε εννοιολογικά συσχετιζόμενες κατηγορίες μέσω υπερσυνδέσμων. Η πλοήγηση γίνεται είτε μέσω της δενδρικής δομής που απεικονίζει την ιεραρχία των κλάσεων είτε μέσω των υπερσυνδέσμων που συσχετίζουν τις κλάσεις της οντολογίας.
- τη χωρική πλοήγηση του χρήστη στην εκάστοτε περιοχή αναζήτησης.
- το φιλτράρισμα της πληροφορίας με βάση:
 - πεδία του πρότυπου μεταδεδομένων ISO 19115.
 - το σημασιολογικού δίκτυο λεξικογραφικής ανάλυσης λημμάτων WordNet.


Στο Σχήμα 15 απεικονίζεται η βασική δομή μιας γραφικής διεπαφής οποιασδήποτε σημασιολογικής γεωπύλης δημιουργείται μέσω της προτεινόμενης μεθοδολογίας. Εφαρμογή των παραπάνω μηχανισμών γίνεται στη σημασιολογική γεωπύλη διαχείρισης δασικών πυρκαγιών που παρουσιάζεται στο επόμενο κεφάλαιο.

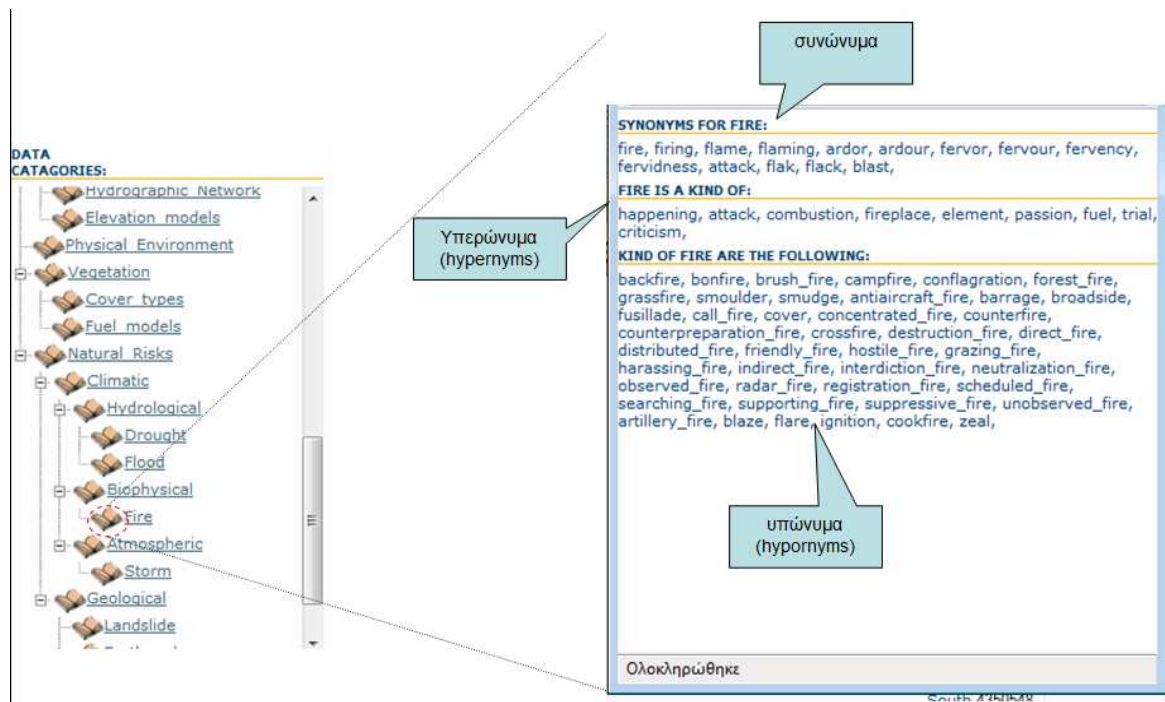


Σχήμα 15- Η γραφική διεπαφή της σημασιολογικής γεωπύλης

Στην αριστερή περιοχή εμφανίζεται η ιεραρχία των κλάσεων των διαθέσιμων πληροφοριών. Η ιεραρχία αυτή δίνεται σε δενδρική μορφή, έτσι ώστε να απεικονίζονται οι σχέσεις ειδίκευσης και γενίκευσης των κλάσεων. Σε αντίθεση με τη γραφική διεπαφή της γεωπύλης INSPIRE που η δενδρική της δομή περιορίζεται σε επιλεγμένες κατηγορίες δεδομένων (Σχήμα 3), στην προσέγγιση των σημασιολογικών γεωπυλών η δενδρική δομή απεικονίζει όλες τις κλάσεις της εκάστοτε οντολογίας. Με την αναδίπλωσή της ο χρήστης μπορεί να διασχίσει ολόκληρη την ιεραρχία των κλάσεων ώστε να βρει και να επιλέξει μια συγκεκριμένη κατηγορία πληροφοριών. Η επιλογή μιας συγκεκριμένης κλάσης σημαίνει αυτόματα ότι ο χρήστης επιθυμεί να περιορίσει τους επιθυμητούς πόρους σε αυτούς που ανήκουν στη συγκεκριμένη κλάση ή σε υποκλάσεις αυτής.

Στην κεντρική περιοχή της γραφικής διεπαφής υπάρχει ένας διαδραστικός χάρτης από όπου ο χρήστης καθορίζει κάθε φορά την επιθυμητή περιοχή αναζήτησης. Ο καθορισμός της περιοχής αυτής παίζει σημαντικό ρόλο στη χωρική πλοήγηση του χρήστη.

Από τη δεξιά πλευρά της γραφικής διεπαφής ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να θέσει κριτήρια φιλτραρίσματος σε πεδία μεταδεδομένων του πρότυπου ISO 19115 όπως τίτλος συνόλου δεδομένων (Dataset title), ημερομηνία αναφοράς (dataset reference date) και πεδίο σύντομης περιγραφής (Dataset Abstract). Πέρα από την αναζήτηση με βάση πεδία μεταδεδομένων του πρότυπου ISO 19115, η γεωπύλη επιτρέπει την αναζήτηση πληροφοριών με βάση συνώνυμους όρους. Για την επιλογή των κατάλληλων συνώνυμων όρων, το σύστημα χρησιμοποιεί το σημασιολογικό δίκτυο λεξικογραφικής ανάλυσης λημμάτων WordNet. Δίπλα σε κάθε κατηγορία της δενδρικής δομής, εμφανίζεται ένα εικονίδιο () . Ενεργοποιώντας το εικονίδιο αυτό ο χρήστης μπορεί να δει συνώνυμα (δηλαδή έννοιες που έχουν την ίδια ή περίπου την ίδια σημασία), υπερώνυμα (ευρύτερες έννοιες) και υπώνυμα (εξειδικευμένες έννοιες) της επιλεγόμενης κατηγορίας (Σχήμα 16).



Σχήμα 16- Αξιοποίηση του σημασιολογικού δικτύου WordNet

Με την ενεργοποίηση του πλήκτρου Find (σχήμα 15), το σύστημα υπολογίζει και εμφανίζει σε μια μορφή λίστας τα αποτελέσματα αναζήτησης. Για τον υπολογισμό αυτό λαμβάνονται υπόψη:

- η κλάση που έχει επιλέξει ο χρήστης από τη δενδρική δομή. Η κλάση αυτή έχει επιλεγεί από τον αντίστοιχο υπερσύνδεσμο της δενδρικής δομής στο αριστερό μέρος της διεπαφής και δηλώνει ότι τα σύνολα των πληροφοριών που θα υπολογιστούν ανήκουν σε αυτήν την κλάση ή στις υποκλάσεις της.
- τις παραμέτρους χωρικής αναζήτησης που καθορίζονται από το διαδραστικό χάρτη στο κεντρικό μέρος της διεπαφής της γεωπύλης.
- τις συνθήκες φιλτραρίσματος στο δεξιό μέρος της διεπαφής.

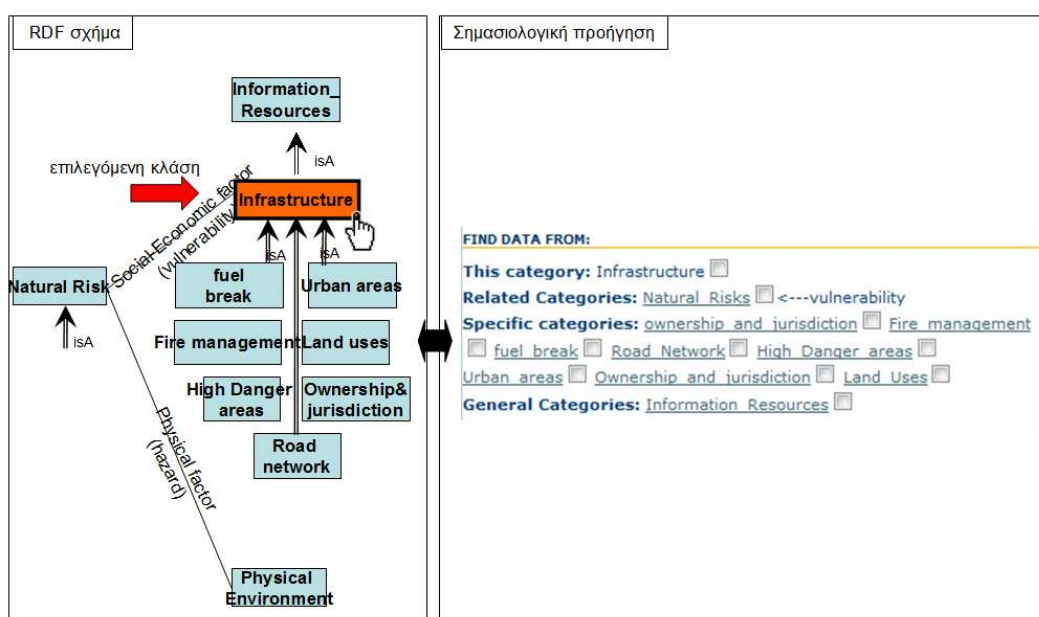
Δίπλα από κάθε πόρο από τη λίστα των αποτελεσμάτων υπάρχει ένας σύνδεσμος View Details, που η ενεργοποίησή του εμφανίζει τα πλήρη μεταδεδομένα του συγκεκριμένου πόρου. Η προβολή των μεταδεδομένων βοηθάει στο να μπορεί κάθε χρήστης να δει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του πόρου που επέλεξε, ώστε να μπορεί να ελέγξει αν η πράγματι η πληροφορία ανταποκρίνεται στις ανάγκες του.

3.3.1. Σημασιολογική πλοήγηση

Κάτω από τη λίστα με τα πλήρη μεταδεδομένα του πόρου, το σύστημα επιτρέπει την περαιτέρω πλοήγηση σε διαφορετικά σύνολα πληροφορίας, που σχετίζονται εννοιολογικά με το εκάστοτε στιγμιότυπο πλοήγησης. Σε αντίθεση με τις συμβατικές γεωπύλες που στηρίζονται σε τεχνικές αναζήτησης πληροφοριών με λέξεις-κλειδιά, η προσέγγισή μας αξιοποιεί τη σημασιολογική οργάνωση των πληροφοριών προς την επίτευξη μιας πιο

αποτελεσματικής πρόσβασης στα σύνολα πληροφοριών της γεωπύλης, μέσα από την πλοήγηση σε σημασιολογικά συσχετιζόμενες πληροφορίες.

Οι εννοιολογικές συσχετίσεις στο επίπεδο της οντολογίας μεταφράζονται, με έναν διάφανο προς το χρήστη τρόπο σε υπερσυνδέσμους που συνδέουν τις σημασιολογικές συσχετιζόμενες πληροφορίες. Η πλοήγηση του χρήστη βασίζεται στη σημασιολογική οργάνωση των πληροφοριών, κάτι που τον βοηθάει στην αποτελεσματικότερη εύρεση επιθυμητών πληροφοριών. Με την επιλογή ενός πόρου από τα αποτελέσματα αναζήτησης η γεωπύλη υπολογίζει τις κατηγορίες των πληροφοριών που σχετίζονται με την κατηγορία που ανήκει ο συγκεκριμένος πόρος, σύμφωνα με την οντολογία της γεωπύλης. Για κάθε κατηγορία υπολογίζονται οι συσχετιζόμενες εννοιολογικά κατηγορίες και απεικονίζονται σε μορφή υπερσυνδέσμων. Μέσω των υπερσυνδέσμων αυτών το σύστημα επιτρέπει την πλοήγηση σε διαφορετικά σύνολα πληροφοριών που σχετίζονται όμως εννοιολογικά με το εκάστοτε στιγμιότυπο πλοήγησης (Σχήμα 17). Έτσι, στην προσέγγισή μας η οντολογική οργάνωση των πληροφοριών αξιοποιείται αφενός για την αντιμετώπιση ζητημάτων σημασιολογικής ετερογένειας, αφετέρου για την εννοιολογική συσχέτιση των πόρων που ανήκουν στα αποτελέσματα αναζήτησης.



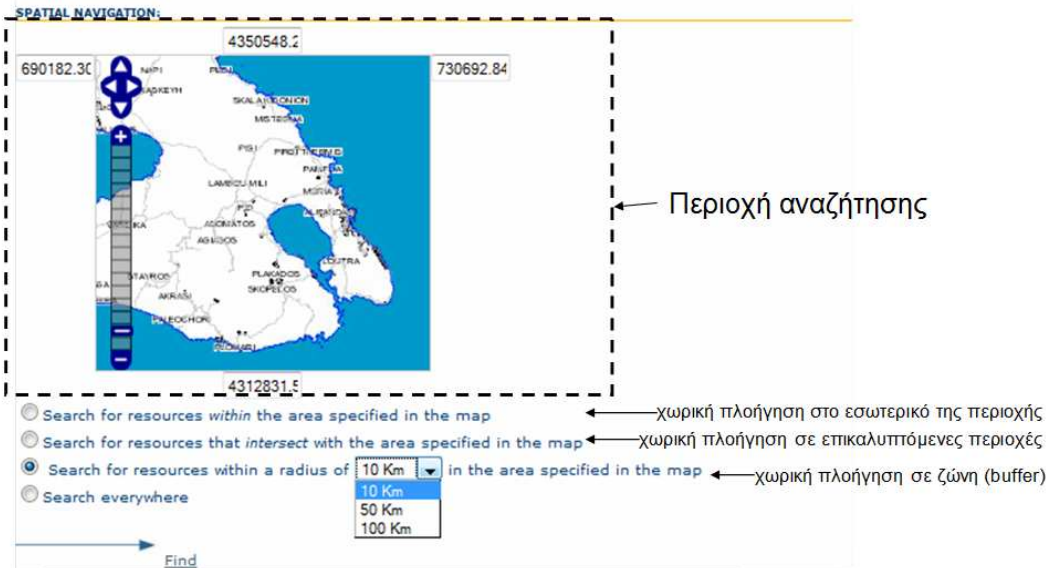
Σχήμα 17- Διαφοροποίηση πληροφορίας μέσα από τη σημασιολογική πλοήγηση

3.3.2. Χωρική πλοήγηση

Οι μηχανισμοί σημασιολογικής πλοήγησης συνδυάζονται με μηχανισμούς πλοήγησης με βάση την εκάστοτε περιοχή αναζήτησης που καθορίζεται από το διαδραστικό χάρτη στο κεντρικό μέρος της διεπαφής της γεωπύλης.

Σε κάθε βήμα πλοήγησης, ο χρήστης μπορεί να υπολογίσει πόρους που:

- η γεωμετρία τους βρίσκεται στο εσωτερικό της γεωμετρίας που ορίζεται από το περιβάλλον ορθογώνιο της περιοχής αναζήτησης.
- η γεωμετρία τους επικαλύπτεται με τη γεωμετρία που ορίζεται από το περιβάλλον ορθογώνιο της περιοχής αναζήτησης.
- η γεωμετρία τους βρίσκεται σε μια ζώνη (buffer) από τη γεωμετρία που ορίζεται από το περιβάλλον ορθογώνιο της περιοχής αναζήτησης.



Σχήμα 18- Χωρική πλοήγηση στη σημασιολογική γεωπύλη

3.4. Δημοσιοποίηση μεταδεδομένων

Η δημοσιοποίηση πόρων στη σημασιολογική γεωπύλη γίνεται μέσω κατάλληλης διεπαφής που παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με τη διεπαφή πλοήγησης στις διαθέσιμες πληροφορίες (Σχήμα 19). Στην αριστερή της πλευρά απεικονίζεται η ιεραρχία των κλάσεων της οντολογίας, όπως ακριβώς κατά την πλοήγηση για την αναζήτηση επιθυμητών πληροφοριών. Αντί όμως για υπερσυνδέσμους, κάθε κλάση έχει ένα πεδίο επιλογής (checkbox). Η ενεργοποίηση των πεδίων επιλογής σημαίνει ότι ο νέος πόρος θα ταξινομηθεί κάτω από τις αντίστοιχες κλάσεις.

Στην κεντρική περιοχή της γραφικής διεπαφής, ο διαδραστικός χάρτης οπτικοποίησης επιτρέπει τον καθορισμό των συντεταγμένων του ελάχιστου περιβάλλοντος ορθογωνίου για το νέο πόρο, ενώ στην δεξιά πλευρά ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να συμπληρώσει τις τιμές των στοιχείων τεκμηρίωσης. Για τα υποχρεωτικά πεδία που αντιστοιχούν σε αυτά του βασικού πυρήνα μεταδεδομένων του πρότυπου ISO 19115, η γεωπύλη εμφανίζει ένα σύμβολο (*) που δηλώνει ότι δεν είναι δυνατό να ολοκληρωθεί η δημοσιοποίηση του νέου πόρου δίχως τη συμπλήρωση του συγκεκριμένου πεδίου.

Identification information:

Dataset title (*):

Dataset reference date (*):

Dataset topic category (*):

Dataset abstract (*):

Dataset language (*):

Additional extent information for the dataset:

Lineage:

Dataset responsible party:

Spatial resolution:

Metadata Information:

Metadata date stamp (*):

Metadata point of contact (*):

Metadata file identifier:

Metadata standard name:

Metadata standards version:

Metadata spatial resolution:

Metadata language:

Metadata character set:

Distribution Information:

Online resource:

distribution format:

Spatial Representation Information:

spatial representation type:

reference system:

synonyms:

Καθορισμός των τιμών μεταδεδομένων

WHERE?

4322514.41

Καθορισμός συντεταγμένων

- Meteorology_and_Climate
 - Weather_Prediction
 - Weather_Monitoring
- Infrastructure
 - ownership_and_jurisdiction
 - Fire_management
 - firefighting_vehicles
 - firefighting_outposts
 - fuel_break
 - Road_Network
 - High_Danger_areas
 - Landfills
 - Army_activities
 - Power_lines
 - Gas_stations
 - Urban_areas
 - Ownership_and_jurisdiction
 - Land_Uses
- Topography
 - contours
 - Coast_lines
 - Hydrographic_Network
 - Elevation_models
 - Physical_Environment
- Vegetation
 - Cover_types
 - Fuel_models
- Natural_Risks
 - Climatic
 - Hydrological
 - Drought

Επιλογή κλάσεων ταξινόμησης των μεταδεδομένων

3.5. Γενικότητα υλοποίησης

Η ανάπτυξη σημασιολογικών γεωπυλών έχει γίνει με τρόπο που να μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε γεωγραφικό πεδίο, αρκεί να αναπτυχθούν οι κατάλληλες οντολογίες για το επιθυμητό πεδίο εφαρμογών. Σημαντικό ρόλο σε αυτό παίζει η αξιοποίηση της γλώσσας RQL. Η καινοτομία της RQL έγκειται στο γεγονός ότι επιτρέπει την υποβολή επερωτήσεων ανεξάρτητα από το εκάστοτε RDF Schema της οντολογίας. Για παράδειγμα, οι RQL επερωτήσεις:

- Resource
- Class
- Property

υπολογίζουν αντίστοιχα τα αναγνωριστικά (URI) των διαθέσιμων πόρων, τις κλάσεις και τις ιδιότητες του σχήματος. Παρατηρούμε ότι ο υπολογισμός δεν απαιτεί γνώσεις για το σχήμα της βάσης. Η ανεξαρτησία επερωτήσεων μεταξύ σχήματος και δεδομένων αξιοποιείται και αντίστροφα. Έτσι, η επερώτηση:

```
typeof(&r1)
```

υπολογίζει τις κλάσεις στις οποίες έχει ταξινομηθεί ο πόρος r1, ενώ η επερώτηση:

```
select $C, (select @P, Y from {Z ; ^$D} ^@P {Y} where Z = X and $D = $C) from ^$C {X}  
where X = &r1
```

υπολογίζει τις κλάσεις που είναι ταξινομημένος ο πόρος r1, τις ιδιότητες του πόρου και τις τιμές των ιδιοτήτων του.

Συνεπώς η παραπάνω επερώτηση υπολογίζει την πλήρη περιγραφή του πόρου r1, δηλαδή όλα τα μεταδεδομένα του. Οι πόροι που υπολογίζονται με την RQL είναι σύμφωνοι με τη διαθέσιμη σημασιολογία της οντολογίας. Για παράδειγμα, ο υπολογισμός πόρων της κλάσης Fire, είναι:

```
select X from Fire{X}
```

Η επερώτηση αυτή επιστρέφει πόρους της κλάσης Fire μαζί με όλους τους πόρους που ανήκουν σε υποκλάσεις της. Με αυτόν τρόπο, η RQL πράγματι είναι σε θέση να αξιοποιήσει τη σημασιολογία της διαθέσιμης πληροφορίας, αφού είναι σε θέση να αντιληφθεί ότι οι πόροι των υποκλάσεων πρέπει να συμπεριληφθούν στα εκάστοτε αποτελέσματα αναζήτησης.

Από τα παραπάνω παραδείγματα είναι φανερό ότι η RQL όχι μόνο αξιοποιεί την πλούσια σημασιολογία της οντολογίας, αλλά η ανεξαρτησία σχήματος και δεδομένων επιτρέπει το σχεδιασμό και τη διαχείριση σημασιολογικών γεωπυλών ανεξάρτητα από την εκάστοτε πληροφορία που διαθέτει.

Ο υπολογισμός της εκάστοτε σημασιολογίας της γεωπύλης ξεκινάει από τη φάση αρχικοποίησης της γεωπύλης, όπου εκτελείται ένα πρόγραμμα υλοποιημένο σε γλώσσα java (java servlet). Ο ρόλος του συγκεκριμένου servlet είναι η υποβολή μιας RQL επερώτησης

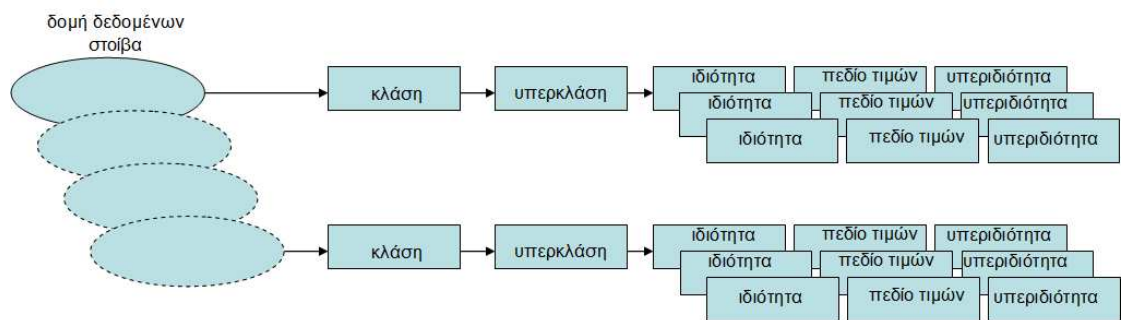
προς τη βάση δεδομένων που θα υπολογίζει ολόκληρη τη σημασιολογία του RDF σχήματος. Το servlet ενεργοποιείται μέσω του αρχείου web.xml που αποτελεί αρχείο παραμετροποίησης της εφαρμογής (βήμα 1, Σχήμα 21). Το servlet υποβάλει στη βάση την κατάλληλη επερώτηση για την άντληση της πληροφορίας του RDF σχήματος (βήμα 2, Σχήμα 21). Η ερώτηση αυτή φαίνεται παρακάτω:

```
select C, superclassof^(C), (select P, range(P), superpropertyof^(P) from Property{P} where domain(P) = C) from Class{C}
```

Παρατηρούμε ότι η επερώτηση αυτή επιστρέφει το σύνολο της πληροφορίας του RDF σχήματος, ανεξάρτητα από τα ονόματα των κλάσεων και των ιδιοτήτων της σημασιολογικής γεωπύλης. Αυτό, οφείλεται στην ικανότητα της RQL για τη δημιουργία επερωτήσεων σχήματος ανεξάρτητα από το επίπεδο των εκάστοτε δεδομένων που υπάρχουν στη βάση. Έτσι, αν αλλάξει το RDF σχήμα, η παραπάνω RQL ερώτηση θα επιστρέψει ανεπηρέαστα την νέα πληροφορία σχήματος που θα ανταποκρίνεται στις νέες κλάσεις και ιδιότητες τους.

Επειδή η παραπάνω επερώτηση υπολογισμού του σχήματος είναι σταθερή, η σειρά των αντικειμένων δείχνει και τον εκάστοτε τύπο του αντικειμένου. Πιο συγκεκριμένα, το αποτέλεσμα της παραπάνω RQL επερώτησης υπολογίζει με τη σειρά (Σχήμα 20):

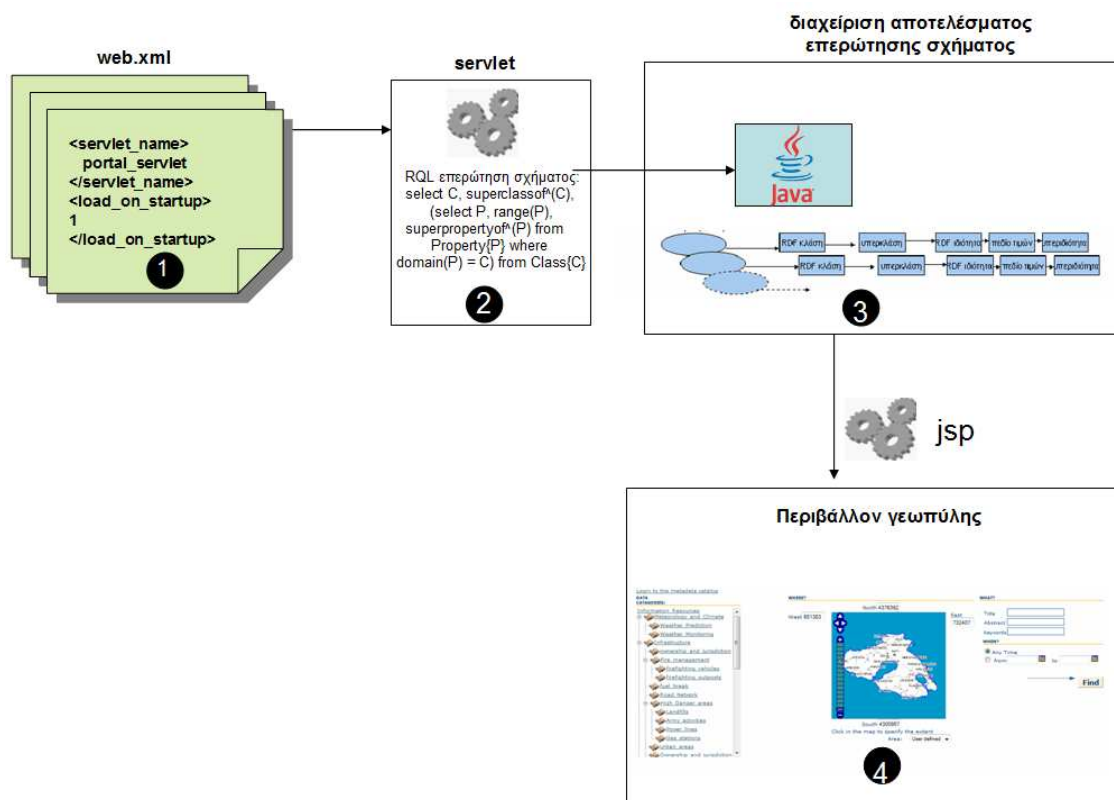
1. κάθε RDF κλάση C,
2. την άμεση υπερκλάση αυτής (superclass (C)),
3. μια συλλογή από τις ιδιότητες P της συγκεκριμένης κλάσης. Η συλλογή αυτή των ιδιοτήτων έχει ως πεδίο ορισμού (domain) την κλάση C και περιλαμβάνει το όνομα της ιδιότητας, το σύνολο τιμών της, και την υπερ-ιδιότητά της. (superproperty(C)).



Σχήμα 20- Υπολογισμός της σημασιολογίας της πληροφορίας

Το αποτέλεσμα της επερώτησης διαβιβάζεται σε μια ρουτίνα java που επεξεργάζεται το αποτέλεσμα της επερώτησης και εισάγει κάθε αντικείμενο του αποτελέσματος σε μια δομή δεδομένων στοίβας (βήμα 3, Σχήμα 21). Η στοίβα αυτή αποθηκεύει κάθε πληροφορία σημασιολογικού χαρακτήρα, για κάθε κλάση ή ιδιότητα του RDF σχήματος. Μέσα από αυτή τη δομή γίνεται και ο υπολογισμός των εννοιολογικά συσχετιζόμενων κατηγοριών σε κάθε

βήμα πλοήγησης του χρήστη (βήμα 4, Σχήμα 21). Κάθε φορά που ο χρήστης επιλέγει έναν υπερσύνδεσμο κατά τη διάρκεια της πλοήγησής του, το σύστημα είναι σε θέση να εμφανίσει άμεσα και χωρίς τη δημιουργία νέας επερώτησης το σύνολο των συσχετιζόμενων κλάσεων. Συνέπεια της λειτουργίας αυτής είναι η ελαχιστοποίηση του χρόνου απόκρισης (response time) του συστήματος.

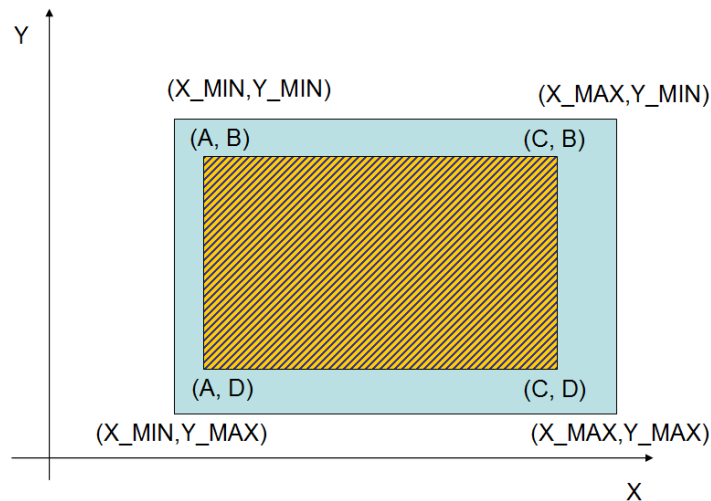


Σχήμα 21- Ροή πληροφορίας κατά τη φάση αρχικοποίησης

3.6. Υπολογισμός αποτελεσμάτων αναζήτησης

Για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων κατά την πλοήγηση σε επίπεδο σημασιολογικό και χωρικό, αρχικά μελετήθηκε η μετατροπή των χωρικών κριτηρίων σε σημασιολογικά και η ενσωμάτωσή τους ως συνθήκες φιλτραρίσματος σε κατάλληλες επερωτήσεις RQL. Κάθε εγγραφή μεταδεδομένων κληρονομεί την ιδιότητα geographic location της μετακλάσης της οντολογίας, αφού όπως αναλύσαμε και στην παράγραφο 3.1 Η ιδιότητα αυτή προσδιορίζει τη γεωγραφική υπόσταση του συγκεκριμένου πόρου. Αν οι συντεταγμένες της περιοχής αναζήτησης ορίζονται από τα σημεία (X_MIN, Y_MIN), (X_MAX, Y_MAX), τότε οι πόροι που περιέχονται πλήρως στην περιοχή αναζήτησης θα πρέπει να έχουν (Σχήμα 22):

(ελάχιστη τετμημένη (A) μεγαλύτερη της ελάχιστης τετμημένης της περιοχής αναζήτησης X_MIN)
και (συζευκτικό)
(ελάχιστη τεταγμένη (B) μεγαλύτερη της ελάχιστης τεταγμένης της περιοχής αναζήτησης Y_MIN)
και (συζευκτικό)
(μέγιστη τετμημένη (C) μικρότερη της μέγιστης τετμημένης της περιοχής αναζήτησης X_MAX)
και (συζευκτικό)
(μέγιστη τεταγμένη (D) μικρότερη της μέγιστης τεταγμένης της περιοχής αναζήτησης Y_MAX)



Σχήμα 22- Υπολογισμός πόρων που περιέχονται πλήρως στην περιοχή αναζήτησης

Για παράδειγμα, οι πόροι μιας κλάσης Fire που περιέχονται πλήρως μέσα στην περιοχή (X_MIN, Y_MIN) , (X_MAX, Y_MAX) υπολογίζονται με βάση την παρακάτω RQL επερώτηση:

```
select X from
Fire{X}, Fire{X}.geographic_location{A},
Fire{X}.geographic_location{B}, Fire{X}.geographic_location{C},
Fire{X}.geographic_location{D}
where (A>X_MIN) and (B>Y_MIN) and (C<X_MAX) and (D<Y_MAX)
```

Ομοίως, οι πόροι που επικαλύπτονται με την περιοχή αναζήτησης πρέπει να έχουν τουλάχιστο μία από τις κορυφές τους στο εσωτερικό της περιοχής αναζήτησης (Σχήμα 23), δηλαδή πρέπει να έχουν:

{(ελάχιστη τετμημένη (A) μεγαλύτερη της ελάχιστης τετμημένης x_{min} της περιοχής αναζήτησης) και
 (ελάχιστη τετμημένη (A) μικρότερη της μέγιστης τετμημένης x_{max}) και
 (μέγιστη τεταγμένη (D) μεγαλύτερη της ελάχιστης τεταγμένης y_{min}) και
 (μέγιστη τεταγμένη (D) μικρότερη της μέγιστης τεταγμένης y_{max})}

ή

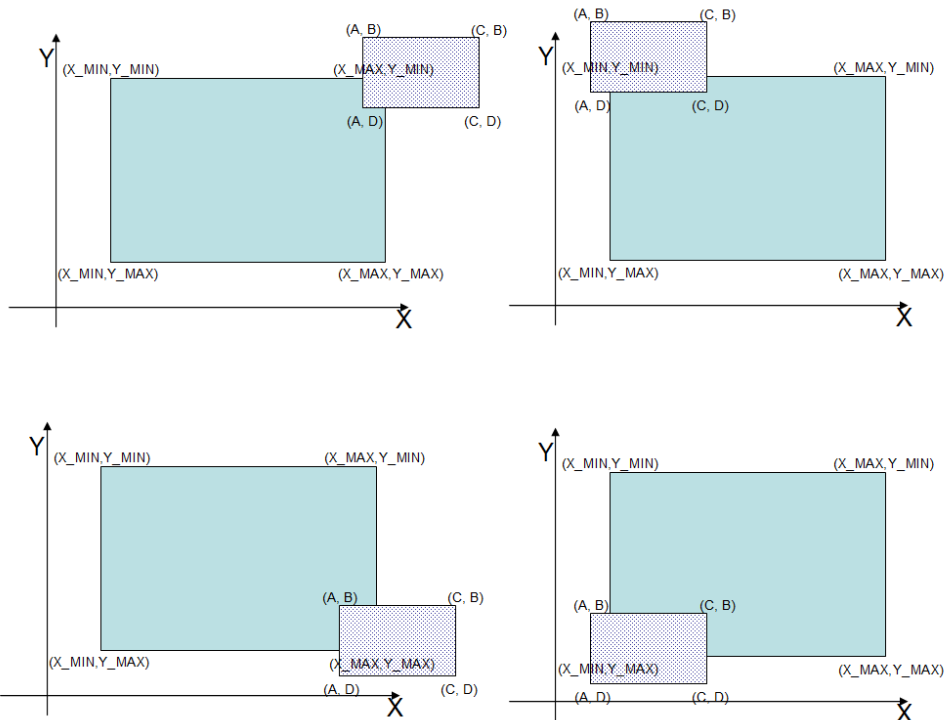
{(μέγιστη τετμημένη (C) μεγαλύτερη της ελάχιστης τετμημένης x_{min} της περιοχής αναζήτησης) και
 (μέγιστη τετμημένη (C) μικρότερη της μέγιστης τετμημένης x_{max}) και
 (μέγιστη τεταγμένη (D) μεγαλύτερη της ελάχιστης τεταγμένης y_{min}) και
 (μέγιστη τεταγμένη (D) μικρότερη της μέγιστης τεταγμένης y_{max})}

ή

{(ελάχιστη τετμημένη (A) μεγαλύτερη της ελάχιστης τετμημένης x_{min} της περιοχής αναζήτησης) και
 (ελάχιστη τετμημένη (A) μικρότερη της μέγιστης τετμημένης x_{max}) και
 (ελάχιστη τεταγμένη (B) μεγαλύτερη της ελάχιστης τεταγμένης y_{min}) και
 (ελάχιστη τεταγμένη (B) μικρότερη της μέγιστης τεταγμένης y_{max})}

ή

{(μέγιστη τετμημένη (C) μεγαλύτερη της ελάχιστης τετμημένης x_{min} της περιοχής αναζήτησης) και
 (μέγιστη τετμημένη (C) μικρότερη της μέγιστης τετμημένης x_{max}) και
 (ελάχιστη τεταγμένη (B) μεγαλύτερη της ελάχιστης τεταγμένης y_{min}) και
 (ελάχιστη τεταγμένη (B) μικρότερη της μέγιστης τεταγμένης y_{max})}



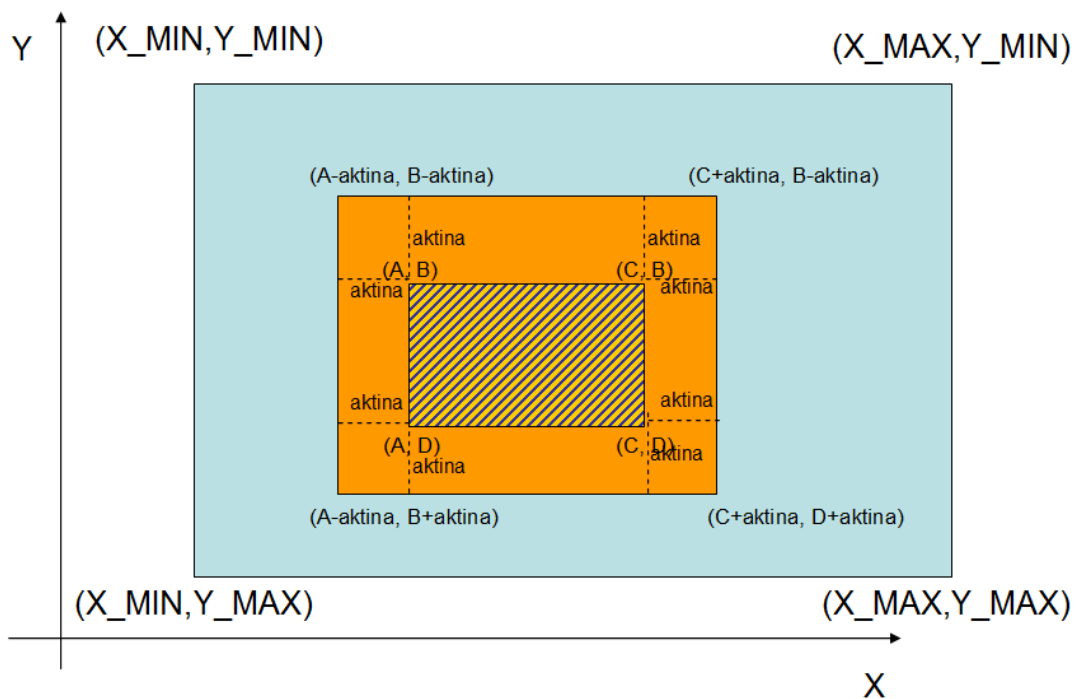
Σχήμα 23- Υπολογισμός πόρων που επικαλύπτονται με την περιοχή αναζήτησης

Η RQL που υπολογίζει τους πόρους μιας κλάσης Fire που επικαλύπτονται με την περιοχή αναζήτησης (xmin, ymin), (xmax, ymax) είναι:

```
select X from
Fire{X}, Fire{X}.geographic_location{A}, Fire{X}.geographic_location{B},
Fire{X}.geographic_location{C}, Fire{X}.geographic_location{D}
where ((A>xmin) and (A<xmax) and (D>ymin) and (D<ymax)) or
      ((C>xmin) and (C<xmax) and (D>ymin) and (D<ymax)) or
      ((A>xmin) and (A<xmax) and (B>ymin) and (B<ymax)) or
      ((C>xmin) and (C<xmax) and (B>ymin) and (B<ymax))
```

Για τους πόρους που βρίσκονται σε μια επιθυμητή ζώνη γύρω από την περιοχή που καθόρισε ο χρήστης, οι συνθήκες που πρέπει να ικανοποιούνται είναι όμοιες με αυτές τις πρώτης περίπτωσης και εξαρτώνται από το μέγεθος της ακτίνας ζώνης. Η αντίστοιχη RQL επερώτηση είναι (Σχήμα 24):

```
select X from
Fire{X}, Fire{X}.geographic_location{A}, Fire{X}.geographic_location{B},
Fire{X}.geographic_location{C}, Fire{X}.geographic_location{D}
where (A>X_MIN+aktina) and (B>Y_MIN+aktina) and (C<X_MAX-aktina) and
(D<Y_MAX-aktina)
```



Σχήμα 24- Υπολογισμός πόρων που περιέχονται σε μια ζώνη γύρω από την περιοχή αναζήτησης. Στην προσπάθεια αξιολόγησης της παραπάνω μεθόδου, μετρήθηκαν οι χρόνοι απόκρισης (σε ms), όταν το σύνολο των διαθέσιμων εγγραφών της γεωπύλης είναι αντίστοιχα 100, 500, 1000 και 2000 εγγραφές (Πίνακας 4).

Σύνολο εγγραφών μεταδεδομένων	Χρόνος απόκρισης (σε ms)
100	1850
500	4035
1000	7300
2000	16740

Πίνακας 4- Χρόνος απόκρισης του συστήματος σε σχέση με τις εγγραφές μεταδεδομένων

Παρατηρούμε ότι ο χρόνος απόκρισης αυξάνεται όσο αυξάνεται και το σύνολο των εγγραφών μεταδεδομένων. Όμως για ένα μέγεθος καταλόγου μεταδεδομένων της τάξεως των δύο χιλιάδων ο χρόνος απόκρισης του συστήματος με την παραπάνω μέθοδο είναι σημαντικά υψηλός. Σε ένα διαδικτυακό σύστημα όπως η σημασιολογική γεωπύλη, ο χρόνος απόκρισης του συστήματος παίζει βασικό ρόλο στη λειτουργία του συστήματος. Αν παράλληλα λάβουμε υπόψη ότι το πλήθος των εγγραφών των μεταδεδομένων μπορεί να αυξηθεί πολύ περισσότερο αφού οι χρήστες μπορούν να δημοσιοποιούν περιγραφές μεταδεδομένων κατά βούληση, εύκολα συμπεραίνουμε ότι η μέθοδος που στηρίζεται στην RQL για τον υπολογισμό των χωρικών ερωτήσεων δεν διαθέτει ικανοποιητική κλιμακότητα (scalability).

Μια διαφορετική προσέγγιση που μελετήθηκε για την ανάπτυξη σημασιολογικών γεωπυλών είναι ο διαχωρισμός των σημασιολογικών από τους χωρικούς μηχανισμούς ερωτήσεων μέσω χρήσης της γλώσσας PostGIS³⁸ που προσθέτει σε μια βάση δεδομένων της PostgreSQL τη δυνατότητα διαχείρισης της γεωμετρίας των χωρικών αντικειμένων της. Έτσι, στην ίδια βάση δεδομένων PostgreSQL που αποθηκεύονται τα σχήματα και οι περιγραφές πόρων με το σύστημα RSSDB, αποθηκεύεται παράλληλα και η γεωμετρική υπόσταση κάθε πόρου της γεωπύλης, σε ένα ξεχωριστό πίνακα. Κάθε εγγραφή του ξεχωριστού Πίνακα αποθηκεύει τη γεωμετρία του εκάστοτε διαθέτει τις συντεταγμένες του εκάστοτε πόρου της γεωπύλης, μαζί με το αναγνωριστικό πόρου που αποτελεί και το πρωτεύον κλειδί του Πίνακα (Σχήμα 25).

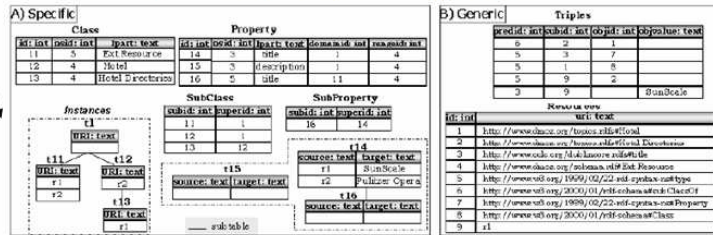
³⁸ <http://postgis.refrains.net/>

Αποθήκευση της γεωμετρικής διάστασης των πληροφοριών

id	geometry
1	POLYGON((xmin ymin, xmin ymax, xmax ymax, xmax ymin, xmin ymin))
2	POLYGON((xmin ymin, xmin ymax, xmax ymax, xmax ymin, xmin ymin))



Αποθήκευση της σημασιολογίας των πληροφοριών



Σχήμα 25- Αποθήκευση μεταδεδομένων στη βάση δεδομένων της γεωπύλης

Κάθε βήμα χωρικής πλοήγησης μια χωρική επερώτηση από τη γραφική διεπαφή της σημασιολογικής γεωπύλης μετατρέπεται σε μια κατάλληλη επερώτηση PostGIS. Πιο συγκεκριμένα:

- Για τον υπολογισμό των πληροφοριών που περιέχονται μέσα στην περιοχή (xmin, ymin), (xmax,ymax) που καθορίζει ο χρήστης με τη χρήση του διαδραστικού χάρτη της γεωπύλης, η PostGIS επερώτηση είναι:

```
SELECT id, the_geom
FROM table
WHERE
ST_Contains('POLYGON((xmin ymin, xmin ymax, xmax ymax, xmax ymin, xmin
ymin))', the_geom);
```

- Για τον υπολογισμό των πληροφοριών που επικαλύπτονται με την ίδια περιοχή του διαδραστικού χάρτη (αλλά δεν περιέχονται πλήρως σε αυτή) η επερώτηση είναι:

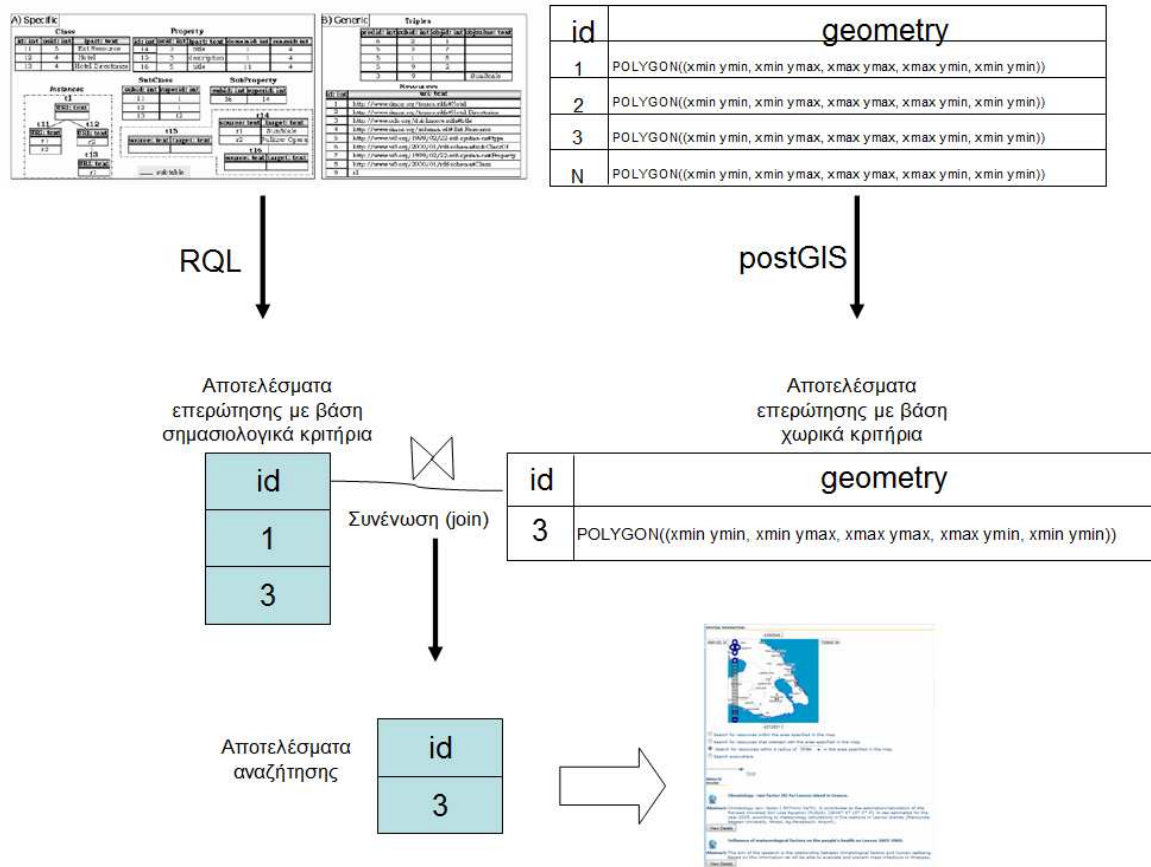
```
SELECT id, the_geom
FROM table
WHERE
the_geom && ST_GeomFromText
('POLYGON((xmin ymin, xmin ymax, xmax ymax, xmax ymin, xmin ymin))', -1)
and not ST_Contains('POLYGON((xmin ymin, xmin ymax, xmax ymax, xmax ymin,
xmin ymin))', the_geom)
```

- Για τον υπολογισμό των πληροφοριών που βρίσκονται σε μια επιθυμητή ακτίνα από την περιοχή που καθόρισε ο χρήστης με τη χρήση του δυναμικού χάρτη. Στην περίπτωση αυτή η επερώτηση που υπολογίζει τους επιθυμητούς πόρους εξαρτάται από την μεταβλητή ακτίνα και είναι:

```
SELECT id, the_geom
FROM table
WHERE ST_Buffer(ST_GeomFromText('POLYGON((xmin ymin, xmin ymax, xmax
ymax, xmax ymin, xmin ymin))', -1), aktina));
```

Οι πόροι που υπολογίζονται με βάση τις παραπάνω επερωτήσεις, συνδυάζονται με τα αποτελέσματα της RQL επερώτησης που υπολογίζει τους πόρους βάση της σημασιολογικής

οργάνωσης των διαθέσιμων πληροφοριών. Η συνένωση (join) των δύο πινάκων, όπου ο ένας έχει το αποτέλεσμα της χωρικής postGIS επερώτησης και ο άλλος το αποτέλεσμα της RQL επερώτησης, υπολογίζει κάθε φορά και τα επιθυμητά σύνολα πληροφοριών που πληρούν τόσο τα σημασιολογικά όσο και τα χωρικά κριτήρια αναζήτησης (Σχήμα 26).



Σχήμα 26- Υπολογισμός των αποτελεσμάτων επερωτήσεων

Ο Πίνακας 5 συγκρίνει τους χρόνους απόκρισης (σε ms) των δύο μεθοδολογιών που αναπτύχθηκαν, σε σχέση με το πλήθος των εγγραφών των διαθέσιμων μεταδεδομένων της γεωπύλης. Η πρώτη μέθοδος είναι πιο απλή αφού τα αποτελέσματα υπολογίζονται με την υποβολή μίας μόνο επερώτησης RQL. Αντίθετα, στη δεύτερη μέθοδο απαιτείται η σύνθεση (join) δυο αποτελεσμάτων διαφορετικών επερωτήσεων: η πρώτη αφορά την RQL επερώτηση ενώ η δεύτερη την postGIS επερώτηση. Αν και κανείς θα περίμενε η πρώτη μέθοδος να έχει μικρότερους χρόνους απόκρισης, αυτό δεν ισχύει, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5. Άλλωστε, η RQL δεν έχει υλοποιηθεί για χωρικές επερωτήσεις αλλά για τη διαχείριση των σημασιολογικών χαρακτηριστικών, σε αντίθεση με την postGIS που αξιοποιείται σε χωρικές επερωτήσεις πάνω σε γεωβάσεις. Με τη μέθοδο βάσει της RQL τα χωρικά ερωτήματα πρακτικά ουσιαστικά «εκφυλίζονται» σε RQL επερωτήσεις. Συνεπώς, ο υπολογισμός επιθυμητών πόρων σημασιολογικών γεωφυλών στηρίζεται στην RQL για το σημασιολογικό μέρος και στην postGIS για το χωρικό μέρος υπολογισμού των πληροφοριών.

Σύνολο εγγραφών μεταδεδομένων	Χρόνος απόκρισης για χωρικά ερωτήματα μέσω RQL	Χρόνος απόκρισης για χωρικά ερωτήματα μέσω postGIS (σε ms)
100	1850	1050
500	4035	1920
1000	7300	5600
2000	16740	11820

Πίνακας 5- Σύγκριση των δύο μεθοδολογιών σε σχέση με το χρόνο απόκρισης του συστήματος

3.7. Τα δομικά συστατικά των σημασιολογικών γεωπυλών

Στο Σχήμα 27 απεικονίζει τα επιμέρους συστήματα της σημασιολογικής γεωπύλης. Ως εργαλείο αποθήκευσης των μεταδεδομένων της σημασιολογικής γεωπύλης επιλέχτηκε όπως αναλύθηκε το σύστημα ICS-FORTH RDFSuite που απαρτίζεται από:

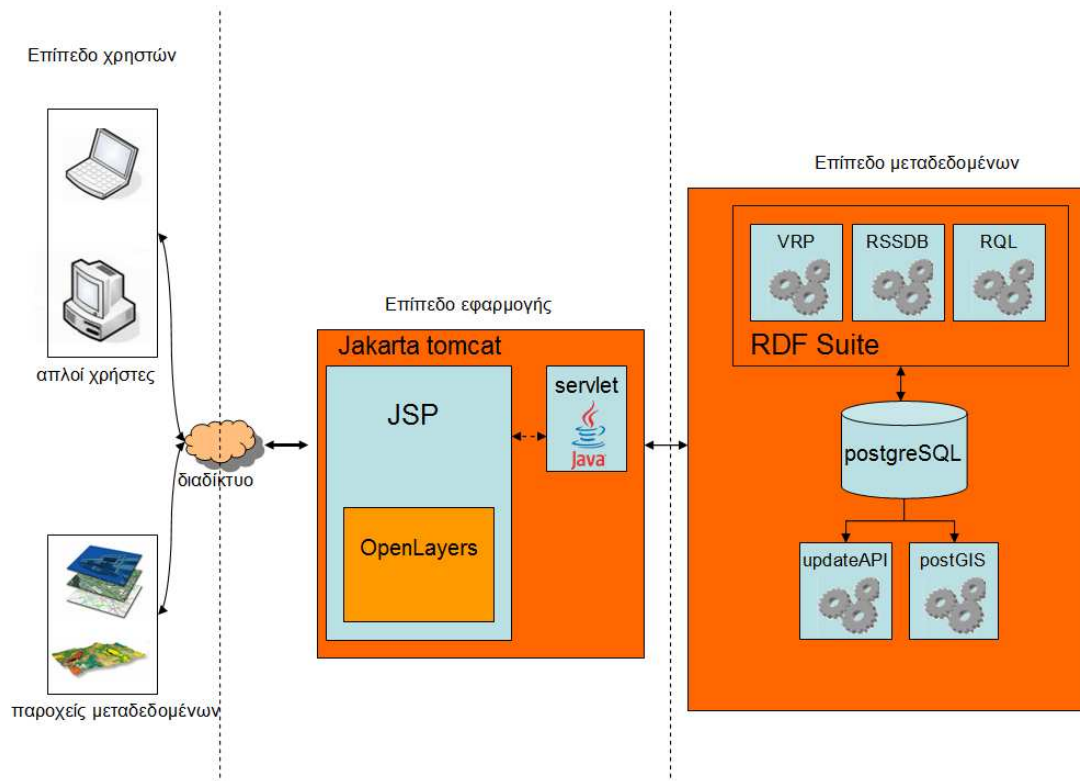
- το σύστημα VRP που ελέγχει την εγκυρότητα των RDF μεταδεδομένων.
- το σύστημα RSSDB που διαθέτει τους μηχανισμούς αποθήκευσης των RDF μεταδεδομένων σε μια οντοκεντρική/ σχεσιακή βάση δεδομένων PostgreSQL.
- τη σημασιολογική γλώσσα επερώτησης RQL πάνω στα RDF μεταδεδομένα.

Η γραφική διεπαφή της γεωπύλης είναι μια δυναμικά παραγόμενη σελίδα jsp (java server pages) που δημιουργείται με το ανοικτό λογισμικό Jakarta Tomcat³⁹. Το λογισμικό αυτό μπορεί να διαχειρίζεται δυναμικά τη δημιουργία πληροφορίας στον παγκόσμιο ιστό μέσα από την τεχνολογία των servlets και JSP. Η jsp σελίδα της διεπαφής ενσωματώνει την ανοικτή βιβλιοθήκη OpenLayers που διαχειρίζεται την οπτικοποίηση των γεωγραφικών πληροφοριών σε διαδραστικούς χάρτες.

Κατά την αρχικοποίηση της εφαρμογής εκτελείται το java servlet που δημιουργεί την RQL επερώτηση προς τη βάση δεδομένων η οποία υπολογίζει ολόκληρη τη σημασιολογία του RDF σχήματος. Μετά τον υπολογισμό της σημασιολογίας, το σύστημα είναι σε θέση να υπολογίζει ποιες κατηγορίες (πιθανώς) να ενδιαφέρουν περαιτέρω το χρήστη σε κάθε βήμα της πλοήγησής του.

Ο υπολογισμός των πόρων γίνεται με το συνδυασμό της εκτέλεσης RQL επερωτήσεων για το σημασιολογικό υπολογισμό των πληροφοριών και postGIS επερωτήσεων για τον υπολογισμό της γεωμετρίας των υπολογιζόμενων πληροφοριών. Οι μηχανισμοί δημοσιοποίησης, ενημέρωσης και διαγραφής μεταδεδομένων στηρίζονται (όπως θα αναλύσουμε στο επόμενο κεφάλαιο) στην προγραμματιστική διεπαφή updateAPI.

³⁹ tomcat.apache.org



Σχήμα 27- Αρχιτεκτονική της σημασιολογικής γεωπύλης

4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΓΕΩΠΥΛΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετήσουμε τη σημασιολογική γεωπύλη για το πεδίο διαχείρισης των δασικών πυρκαγιών που αποτελεί την εφαρμογή της μεθοδολογίας ανάπτυξης σημασιολογικών γεωπυλών. Ως κομβικό σημείο ενοποίησης της πληροφορίας, η γεωπύλη φιλοδοξεί να συνεισφέρει στο διαμοιρασμό της απαραίτητης γνώσης σχετικά με τους φυσικούς κινδύνους και ειδικότερα τις δασικές πυρκαγιές.

4.1. Η οντολογία διαχείρισης δασικών πυρκαγιών

Η οντολογία αναπτύχθηκε με βάση τη μεθοδολογία ανάπτυξης οντολογιών όπως αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Αρχικά, καθορίστηκε το πεδίο της οντολογίας, που είναι αυτό των φυσικών κινδύνων με έμφαση στη διαχείριση των δασικών πυρκαγιών. Με βάση την οντολογία οι (απλοί) χρήστες αξιοποιούν τους μηχανισμούς πλοήγησης κατά την αναζήτηση επιθυμητών πόρων, ενώ οι εγγεγραμμένοι πάροχοι έχουν, εκτός των δυνατοτήτων της αναζήτησης, το δικαίωμα δημοσιοποίησης, τροποποίησης και διαγραφής μεταδεδομένων στη γεωπύλη.

4.1.1. Φυσικοί κίνδυνοι και δασικές πυρκαγιές

Ο κίνδυνος εξαρτάται από έναν φυσικό παράγοντα επικινδυνότητας και από έναν παράγοντα τρωτότητας (Blaikie et al. 1994), (Burton et al. 1978), (Cannon 1994), (Cutter et al. 2000). Η εξίσωση $\text{κίνδυνος} = \text{επικινδυνότητα} \times \text{τρωτότητα}$ διαμορφώνει τη σχέση μεταξύ αυτών των εννοιών (Chen et al. 2003).

Οι κίνδυνοι πυρκαγιάς προκύπτουν από αλληλεπιδράσεις βιοφυσικών παραγόντων (φυσική γεωγραφία και περιβάλλον), όπως η φυτική καύσιμη ύλη, η τοπογραφία και ο καιρός (Pyne et al. 1996).

Η τρωτότητα μπορεί να καθοριστεί πολλαπλώς σε διαφορετικά πλαίσια. Εντούτοις, αφορά πρώτιστα το βαθμό στον οποίο ο πληθυσμός, το δομημένο περιβάλλον και οι κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες είναι ευαίσθητες και ευπαθείς σε βλάβες από ένα φυσικό καταστροφικό γεγονός (Vlachos and Braga 2001, Vlachos and Correira 2000).

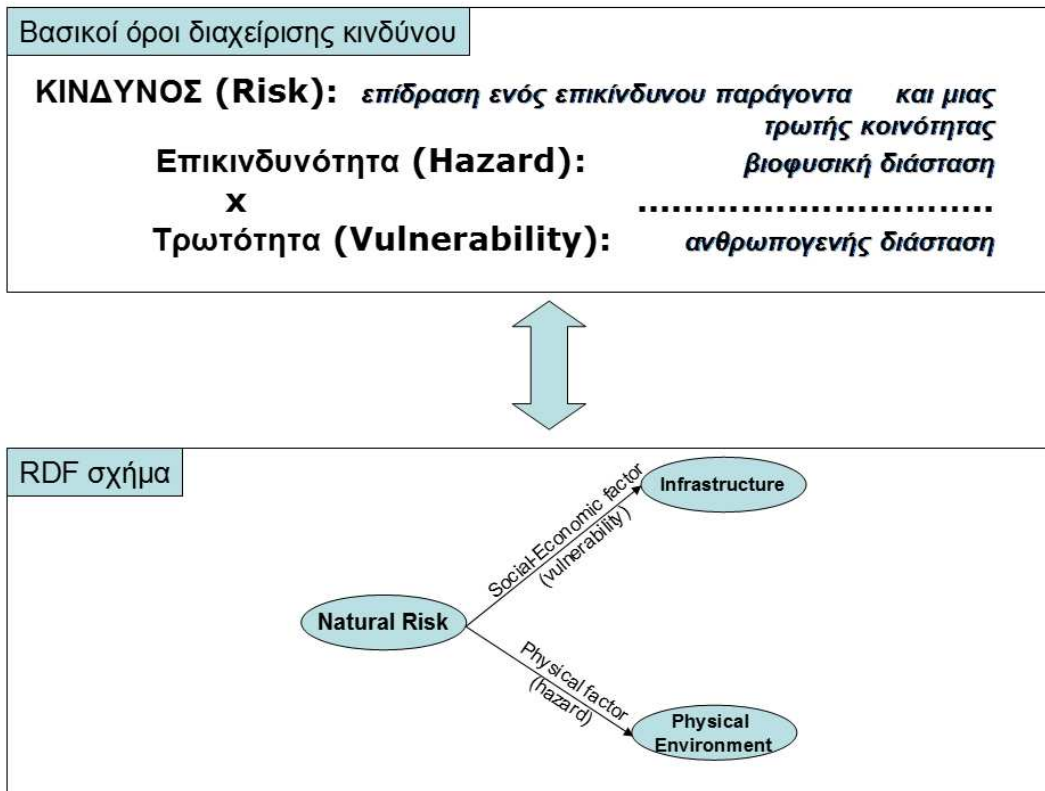
Η τοπογραφία τροποποιεί το γενικό κλίμα μιας περιοχής και με αυτόν τον τρόπο έχει επιπτώσεις στη διαθεσιμότητα των καυσίμων και στη συμπεριφορά της φωτιάς (Καλαμποκίδης 2010).

4.1.2. Ανάπτυξη της οντολογίας

Μέσα από την ανάλυση των όρων του πεδίου φυσικών κινδύνων αναπτύχθηκε η οντολογία διαχείρισης δασικών πυρκαγιών. Όπως η σχέση:

$$\text{κίνδυνος (risk)} = \text{επικινδυνότητα (hazard)} * \text{τρωτότητα (vulnerability)}$$

δείχνει την εξάρτηση του κινδύνου από έναν βιοφυσικό και έναν ανθρωπογενή παράγοντα, έτσι και στην οντολογία διαχείρισης δασικών πυρκαγιών οι συσχετίσεις hazard και vulnerability εκφράζουν τη συσχέτιση της κλάσης Natural Risk με τις κλάσεις Physical Environment και Infrastructure, αντίστοιχα (Σχήμα 28). Η συσχέτιση vulnerability συσχετίζει την κλάση Natural Risk που αφορά το φυσικό κίνδυνο με την κλάση Infrastructure που αφορά τον ανθρωπογενή παράγοντα. Ομοίως, η συσχέτιση hazard συσχετίζει τις κλάσεις Natural Risk και Physical Environment που αφορά το βιοφυσικό παράγοντα. Η κλάση Natural Risk είναι το πεδίο ορισμού (domain) της ιδιότητας vulnerability και το σύνολο τιμών της (range) είναι η κλάση Infrastructure. Η εννοιολογική αυτή συσχέτιση εκφράζει το γεγονός ότι οι πληροφορίες φυσικών κινδύνων, δηλαδή οι πόροι της κλάσης Natural Risk, επηρεάζονται από πληροφορίες που αφορούν μια τρωτή κοινότητα, δηλαδή πόρους της κλάσης Infrastructure. Ομοίως, η ιδιότητα hazard έχει τομέα την κλάση Natural Risk και σύνολο τιμών την κλάση Physical Environment, δηλώνοντας έτσι την εξάρτηση φυσικών κινδύνων από βιοφυσικούς παράγοντες, δηλαδή πόρους ταξινομημένους στην κλάση Natural Environment.



Σχήμα 28- Εννοιολογικός σχεδιασμός της οντολογίας δασικών πυρκαγιών

Οι Φυσικοί Κίνδυνοι χωρίζονται στους Κλιματικούς (υποκλάση Climatic) και Γεωλογικούς (υποκλάση Geological). Οι κλιματικοί με τη σειρά τους εξειδικεύονται σε Ατμοσφαιρικούς (υποκλάση Atmospheric), Υδρολογικούς (υποκλάση Hydrological) και Βιοφυσικούς (υποκλάση Biophysical). Οι συσχετίσεις αυτές ειδικεύσης μεταξύ των εννοιών αποτυπώνονται στην οντολογία ως σχέσεις υπαλληλίας (is-A) μεταξύ των αντίστοιχων κλάσεων. Έτσι, η κλάση Natural Risk (Φυσικός Κίνδυνος) διαθέτει ως υποκλάσεις τις κλάσεις Climatic (Κλιματικός κίνδυνος) και Geological (Γεωλογικός Κίνδυνος). Η κλάση Climatic έχει ως υποκλάσεις τις Atmospheric (υποκλάση ατμοσφαιρικών κινδύνων), Biophysical (υποκλάση βιοφυσικών κινδύνων) και Hydrological (υποκλάση υδρολογικών κινδύνων). Υποκλάση της Biophysical είναι η κλάση Fire (κίνδυνος πυρκαγιάς), υποκλάση της Atmospheric Storm (κίνδυνος θύελλας) και υποκλάσεις της Hydrological οι υποκλάσεις Flood (κίνδυνος πλημμύρας) και Drought (κίνδυνος ξηρασίας). Υποκλάσεις της κλάσης Geological είναι οι Earthquake (κίνδυνος σεισμού), Landslide (κίνδυνος κατολίπησης), Erosion (κίνδυνος διάβρωσης) και Tsunami (κίνδυνος τσουνάμι).

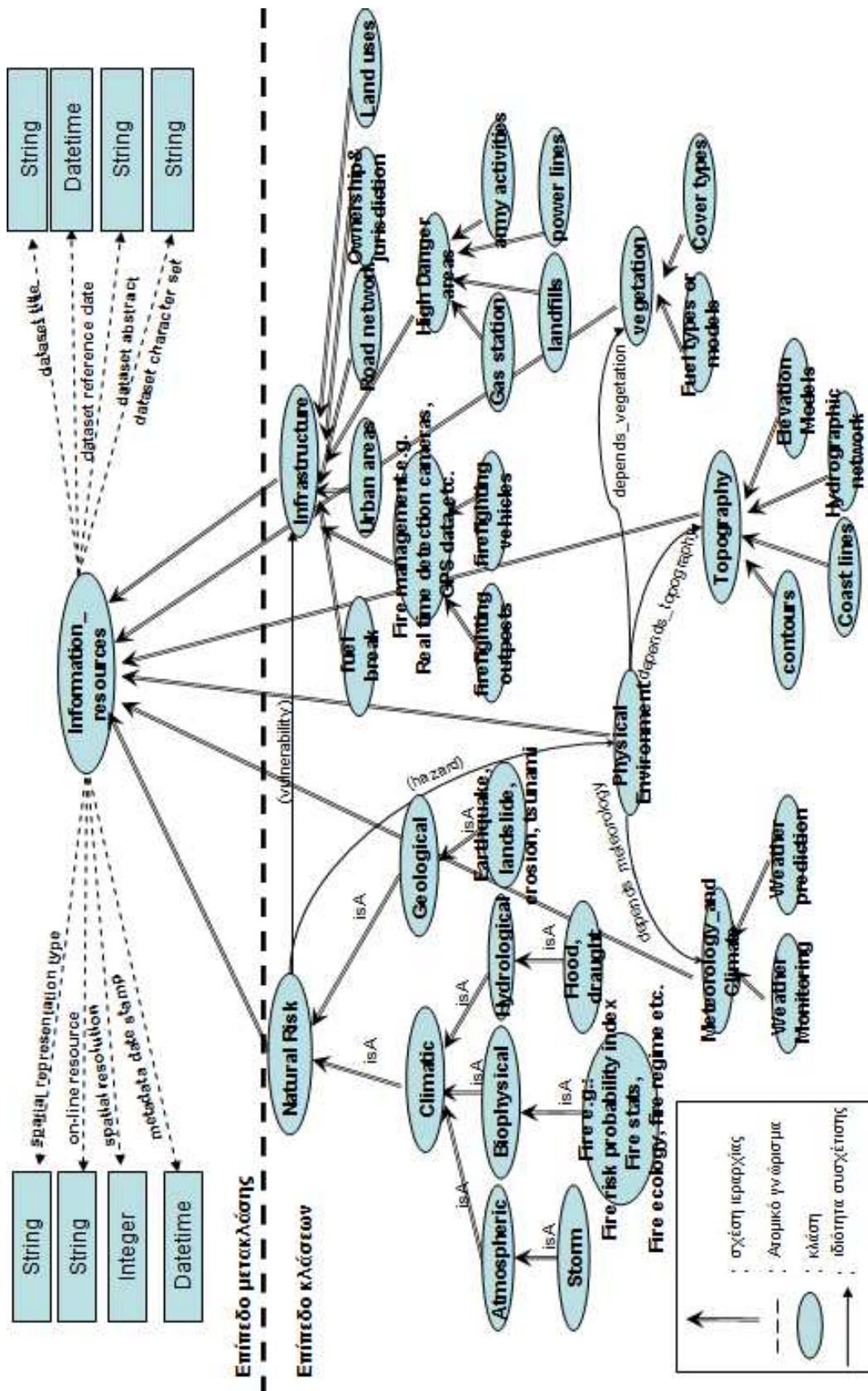
Παρατηρούμε ότι ενώ η οντολογία αναφέρεται στις δασικές πυρκαγιές, εντούτοις η ανάλυση εμπεριέχει και άλλες κατηγορίες φυσικών κινδύνων, ώστε να περιγράφει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο το σημασιολογικό υπόβαθρο των δασικών πυρκαγιών και τους σχετικούς κινδύνους τους.

Οι υποκλάσεις των πληροφοριών που αναφέρονται στον ανθρωπογενή παράγοντα είναι οι Οικισμοί (κλάση Urban Areas), το Οδικό Δίκτυο (κλάση Road Network), οι Χρήσεις Γης (κλάση Land Uses), τα Διοικητικά Όρια (κλάση Ownership & Jurisdiction), οι Αντιπυρικές ζώνες (κλάση fuel break), οι Περιοχές Υψηλού Κινδύνου (κλάση High Danger Areas) όπως Βενζινάδικα (κλάση Gas stations), Χωματερές (κλάση Landfills), Ηλεκτρικό Δίκτυο (κλάση Power lines), Στρατιωτικές Περιοχές (κλάση Army Activities) και οι Υποδομές Διαχείρισης Πυρκαγιών (Fire management), όπως Πυροσβεστικά Φυλάκια (κλάση firefighting outposts) και Πυροσβεστικά Οχήματα (κλάση firefighting vehicles).

Το Φυσικό Περιβάλλον (κλάση Physical Environment) επηρεάζεται όπως έχουμε αναλύσει από μετεωρολογικούς και κλιματικούς παράγοντες (Meteorology_and_Climate), την τοπογραφία της περιοχής (κλάση Topography) και τη βλάστησή της (κλάση Vegetation). Η Τοπογραφία περιλαμβάνει περαιτέρω τις Ισοψείς (υποκλάση Contours), Ακτογραμμές (υποκλάση Coast Lines), Μοντέλα Υψομέτρου (υποκλάση Elevation Models) και Υδρολογικό Δίκτυο (Hydrographic Network), ενώ η κλάση Vegetation αναλύεται στις εξειδικευμένες κλάσεις Χρήσεις Γης (Cover Types) και Μοντέλα Καύσιμης Ύλης (fuel types_or_models). Μεταξύ των κλάσεων Physical Environment, Topology και Meteorology_and_Climate υπάρχουν αντίστοιχες συσχετίσεις που δηλώνουν την εξάρτηση του φυσικού περιβάλλοντος με τους παραπάνω παράγοντες.

Η γραφική απεικόνιση της οντολογίας διαχείρισης των δασικών πυρκαγιών φαίνεται στο Σχήμα 29. Στο ανώτερο επίπεδο υπάρχει η μετακλάση της οντολογίας που αποτελεί τη γενική κλάση των υπόλοιπων κλάσεων. Οι ιδιότητες της μετακλάσης είναι τα πεδία του βασικού πυρήνα μεταδεδομένων του ISO 19115 που έχουν ενσωματωθεί στην οντολογία της σημασιολογικής γεωπύλης ως ιδιότητες της μετακλάσης. Κάτω από τη μετακλάση υπάρχουν όλες οι κλάσεις της οντολογίας. Οι κλάσεις `Natural Risk`, `Infrastructure`, `Meteorology_and_Climate`, `Physical_Environment`, `Topography` και `Vegetation` αποτελούν άμεσες υποκλάσεις της μετακλάσης. Κάθε μια από αυτές διαθέτει τις αντίστοιχες υποκλάσεις της. Η συσχέτιση `vulnerability` συνδέει τις κλάσεις `Natural Risk` και `Infrastructure`, ενώ η συσχέτιση `hazard` συνδέει τις κλάσεις `Natural Risk` και `Physical_Environment`. Η εξάρτηση του φυσικού περιβάλλοντος με το κλίμα, τη βλάστηση και την τοπογραφία εκφράζεται μέσω των συσχετίσεων `depends_meteorology`, `depends_vegetation` και `depends_topography`.

Μέσα από το περιβάλλον του Protégé μοντελοποιήθηκαν οι ιεραρχίες των κλάσεων και οι ιδιότητές τους (συσχετίσεις και ατομικά γνωρίσματα). Ο Πίνακας 6 δείχνει τα ονόματα των ιδιοτήτων, το πεδίο ορισμού (domain) και το σύνολο τιμών (range) τους.



Σχήμα 29- Η οντολογία διαχείρισης δασικών πυρκαγιών

Ιδιότητα RDF	Πεδίο ορισμού	Σύνολο Τιμών
vulnerability	κλάση Natural_Risk	κλάση Infrastructure
hazard	κλάση Natural_Risk	κλάση Physical_Environment
depends_meteorology	κλάση Physical_Environment	κλάση Meteorology_and_Climate
depends_topography	κλάση Physical_Environment	κλάση Topography
depends_vegetation	κλάση Physical_Environment	κλάση Vegetation
dataset_Responsible_party	Μετα-κλάση Information_Resources	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
dataset_geographic_location	Μετα-κλάση Information_Resources	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
dataset_language	Μετα-κλάση Information_Resources	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
metadata_character_set	Μετα-κλάση Information_Resources	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
dataset_topic_category	Μετα-κλάση Information_Resources	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
dataset_abstract	Μετα-κλάση Information_Resources	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
distribution_format	Μετα-κλάση Information_Resources	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
spatial_Representation_type	Μετα-κλάση Information_Resources	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
reference_System	Μετα-κλάση Information_Resources	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
lineage	Μετα-κλάση Information_Resources	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
online_Resource	Μετα-κλάση Information_Resources	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
metadata_file_identifier	Μετα-κλάση Information_Resources	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
metadata_standard_name	Μετα-κλάση Information_Resources	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
metadata_standard_version	Μετα-κλάση Information_Resources	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
metadata_language	Μετα-κλάση Information_Resources	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
dataset_Character_set	Μετα-κλάση Information_Resources	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
metadata_point_of_contact	Μετα-κλάση Information_Resources	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
metadata_date_stamp	Μετα-κλάση Information_Resources	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#date
dataset_Spatial_resolution	Μετα-κλάση Information_Resources	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#Integer
additional_extent_information	Μετα-κλάση Information_Resources	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
dataset_title	Μετα-κλάση Information_Resources	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string
dataset_Reference_Date	Μετα-κλάση Information_Resources	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#date

Πίνακας 6- Ιδιότητες της οντολογίας διαχείρισης δασικών πυρκαγιών

Στο Σχήμα 30 (επάνω μέρος) βλέπουμε τη συμπλήρωση της ιδιότητας Dataset_title μέσα από το περιβάλλον του Protégé. Έχει δηλωθεί η μετακλάση Information_Resources ως πεδίο ορισμού της ιδιότητας και σύνολο τιμών της ο τύπος String. Η συμπλήρωση του συγκεκριμένου πεδίου είναι υποχρεωτική αφού το αντίστοιχο πεδίο του βασικού πυρήνα μεταδεδομένων του ISO 19115 είναι υποχρεωτικό, όπως μπορούμε να δούμε και από τον Πίνακα 1 (σελίδα 36).

Με όμοιο τρόπο καταγράφηκαν στο περιβάλλον του Protégé όλες οι ιδιότητες και κλάσεις της οντολογίας, όπως η κλάση Physical Environment (Σχήμα 30, κάτω μέρος).

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας αυτής, η οντολογία μετατράπηκε στο αντίστοιχο RDF Schema και αποθηκεύτηκε στη σημασιολογική βάση δεδομένων του συστήματος ICS-Forth Suite. Ολόκληρο το RDF Schema βρίσκεται στο Παράρτημα I.

Slot Hierarchy

- Abstract describing the dataset
- Additional extent information for the dataset
- cover_types_factor
- Dataset character set
- Dataset language
- Dataset reference date
- Dataset responsible party
- Dataset title
- Dataset topic category
- Distribution format
- Geographic location of the dataset
- Lineage
- Metadata character set

Name
Dataset title

Value Type
String

Cardinality
 required multiple

Inverse Slot
at least 1
at most 1

Domain
Information_Resources

Documentation
The title of the dataset.

Template Slots

Name	Cardinality	Type
Abstract describing the dataset	single	String
Additional extent information for the dataset	single	String
cover_types_factor	single	Instance of Cover_types
Dataset character set	required single	String
Dataset language	required single	String
Dataset reference date	required single	String
Dataset responsible party	single	String
Dataset title	required single	String
Dataset topic category	required single	Symbol
Distribution format	single	String

Documentation
The class of Physical Environment

Constraints
allowed-values={farming,biota,boundaries,climatology}

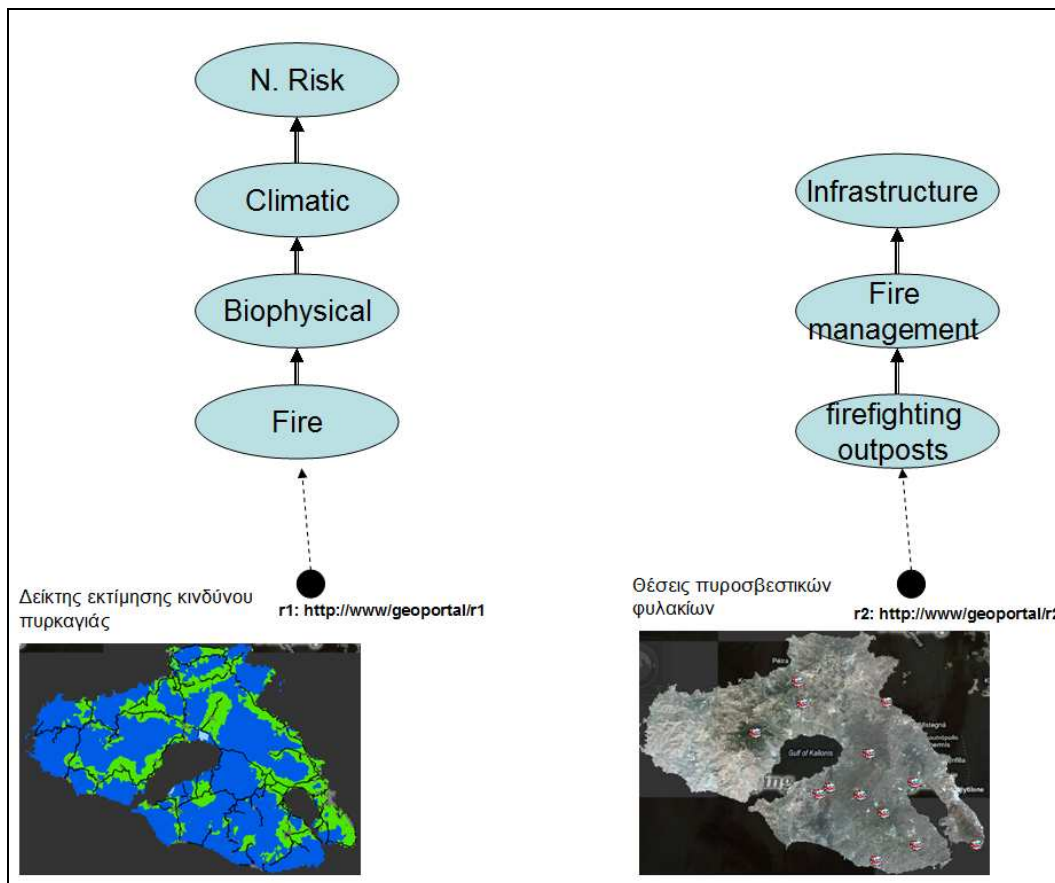
Class Hierarchy

- :THING
- :SYSTEM-CLASS
- Information_Resources
- Infrastructure
- Meteorology_and_Climate
- Natural_Risks
- Physical_Environment
- Topography
- Vegetation

Σχήμα 30- Καταγραφή ιδιοτήτων και κλάσεων στο περιβάλλον του Protege

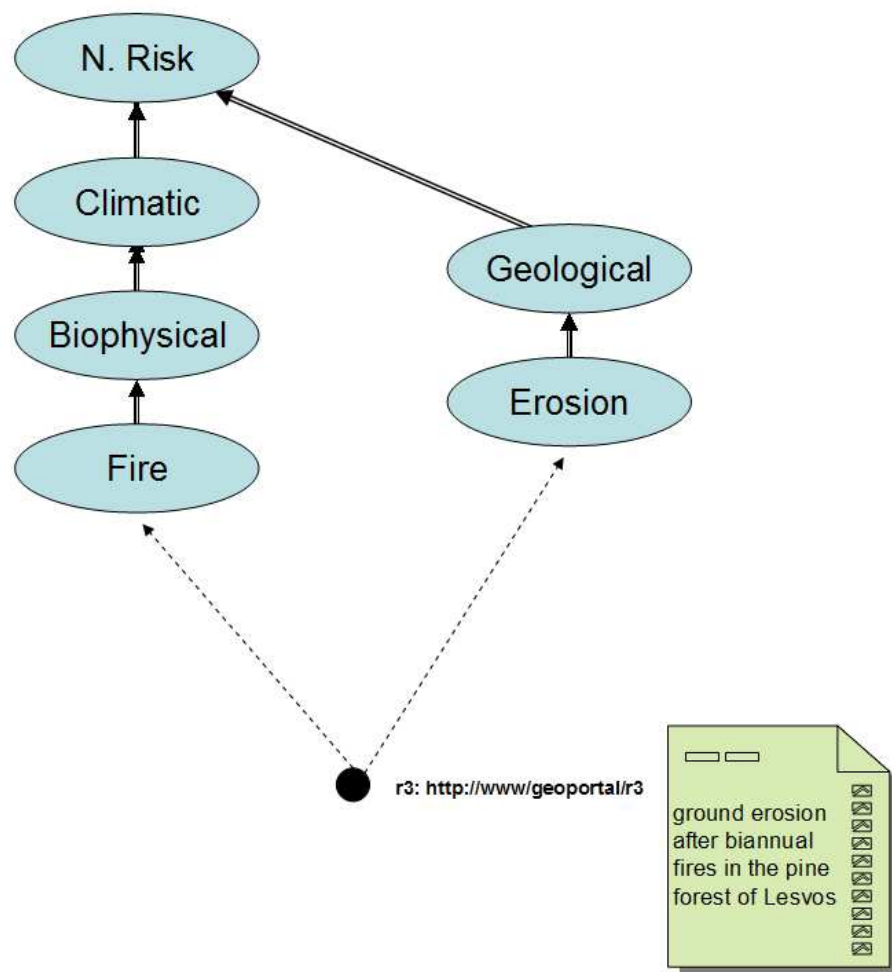
4.1.3. Οι πόροι της σημασιολογικής γεωπύλης

Κάθε πόρος της γεωπύλης συνήθως ταξινομείται σε μια συγκεκριμένη κλάση, ανάλογα με τη αντίστοιχη σημασιολογία που θέλουμε να του αποδοθεί. Έτσι για παράδειγμα, ένας πόρος που αφορά το δείκτη εκτίμησης κινδύνου πυρκαγιάς μπορεί να κατηγοριοποιηθεί κάτω από την κλάση Fire, που είναι ένας Βιοφυσικός κίνδυνος, μέρος των κλιματικών κινδύνων και γενικότερα των φυσικών κινδύνων (Σχήμα 31). Ομοίως, ένας πόρος που αφορά τις θέσεις των πυροσβεστικών φυλακίων μιας περιοχής, ταξινομείται στην κλάση Firefighting outposts, μια ειδική κατηγορία πληροφοριών διαχείρισης πυρκαγιών (κλάση Fire management) που αναφέρονται στους ανθρωπογενείς παράγοντες των φυσικών κινδύνων (κλάση Infrastructure).



Σχήμα 31- Ταξινόμηση πόρων

Υπάρχει όμως και η περίπτωση να ταξινομηθεί ο ίδιος πόρος σε περισσότερες κλάσεις. Για παράδειγμα, το σύνολο τεκμηρίωσης σχετικά με διαβρώσεις μετά την εκδήλωση πυρκαγιών, θα μπορούσε να ταξινομηθεί στην κλάση Erosion αλλά ταυτόχρονα και στην κλάση Fire (πυρκαγιά) (Σχήμα 32).



Σχήμα 32- Ταξινόμηση πόρων σε πολλαπλές κλάσεις

Για τη σημασιολογική γεωπύλη διαχείρισης δασικών πυρκαγιών χρησιμοποιήθηκε μια σειρά από περιγραφές μεταδεδομένων που προέρχονται από το εργαστήριο Γεωγραφίας Φυσικών Καταστροφών και το εργαστήριο Χαρτογραφίας και Συστημάτων Πληροφοριών του Πανεπιστημίου Αιγαίου. Τα δεδομένα αυτά συλλέχθηκαν στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος IDE-UNIVERS⁴⁰, ένα ερευνητικό πρόγραμμα με σκοπό τη δημιουργία μίας Υποδομής Χωρικών Δεδομένων.

Τα δεδομένα αφορούν πληροφορίες διαφόρων κατηγοριών στον ευρύτερο χώρο της νήσου Λέσβου, που αποτελεί και την περιοχή μελέτης της σημασιολογικής γεωπύλης.

4.2. Διαχείριση μεταδεδομένων

Στη σημασιολογική γεωπύλη διαχείρισης δασικών πυρκαγιών, περιγραφές μεταδεδομένων μπορούν να δημοσιοποιηθούν, να τροποποιηθούν ή να διαγραφούν από τους ίδιους τους εγγεγραμμένους παρόχους της γεωπύλης. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η κατοχή του

⁴⁰ <http://www.ideunivers.eu/>

απαραίτητου κωδικού πρόσβασης. Με τον τρόπο αυτό, το περιεχόμενο της γεωπύλης μπορεί να αλλάζει διαρκώς, κάτι άλλωστε που αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό μιας γεωπύλης.

Ο μηχανισμός ενσωμάτωσης, τροποποίησης και διαγραφής μεταδεδομένων πραγματοποιείται μέσω της αντίστοιχης προγραμματιστικής διεπαφής updateAPI (Alexaki et al. 2002) που προσφέρεται με το σύστημα RSSDB. Η προγραμματιστική διεπαφή επιτρέπει:

- Την εισαγωγή νέων πόρων και την ταξινόμησή τους κάτω από κλάσεις.
- Τη διαγραφή πόρων.
- Την εισαγωγή στοιχείων τεκμηρίωσης των εγγραφών μεταδεδομένων.
- Την ενημέρωση (τροποποίηση) των στοιχείων τεκμηρίωσης των εγγραφών μεταδεδομένων.

Η ίδια προγραμματιστική διεπαφή διαθέτει τους κατάλληλους μηχανισμούς ελέγχου της εγκυρότητας κάθε ενέργειας. Έτσι, το σύστημα ελέγχει μέσω του updateAPI την εγκυρότητα των περιγραφών μεταδεδομένων. Μόνο στην περίπτωση συντακτικής και σημασιολογικής εγκυρότητας τα νέα στοιχεία τεκμηρίωσης ενσωματώνονται στο σύστημα. Διαφορετικά, σχετικό μήνυμα σφάλματος ενημερώνει το χρήστη για την αποτυχία ενσωμάτωσης των αλλαγών που επιχειρήσε.

Η γραφική διεπαφή δημοσιοποίησης μεταδεδομένων (Σχήμα 33) εμφανίζει στην αριστερή της πλευρά τη δενδρική δομή που απεικονίζει την ιεραρχία των κλάσεων της οντολογίας, όπως ακριβώς κατά την πλοήγηση για την αναζήτηση επιθυμητών πληροφοριών. Δίπλα σε κάθε μια κλάση υπάρχει ένα πεδίο επιλογής. Η επιλογή μιας ή περισσότερων κατηγοριών σημαίνει ότι ο νέος πόρος θα ταξινομηθεί κάτω από τις αντίστοιχες κλάσεις.

Identification Information:

- Dataset title (*):
- Dataset reference date (*):
- Dataset topic category (*):
- Dataset abstract (*):
- Dataset language (*):
- Additional extent information for the dataset:
- Lineage:
- Dataset responsible party:
- Spatial resolution:

Metadata Information:

- Metadata date stamp (*):
- Metadata point of contact (*):
- Metadata file identifier:
- Metadata standard name:
- Metadata standards version:
- Metadata spatial resolution:
- Metadata language:
- Metadata character set:

Distribution Information:

- Online resource:
- distribution format:
- Spatial Representation Information:
- spatial representation type:
- reference system:
- synonyms:

Publish

Καθορισμός των τιμών μεταδεδομένων

WHERE? 4332043.59 715946.18 4322614.41

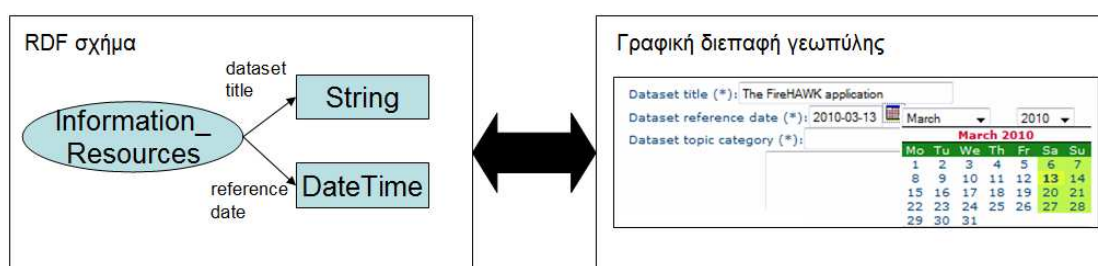
Καθορισμός ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ

Επιλογή κλάσεων ταξινόμησης των μεταδεδομένων

Σχήμα 33- Δημιουργία μεταδεδομένων

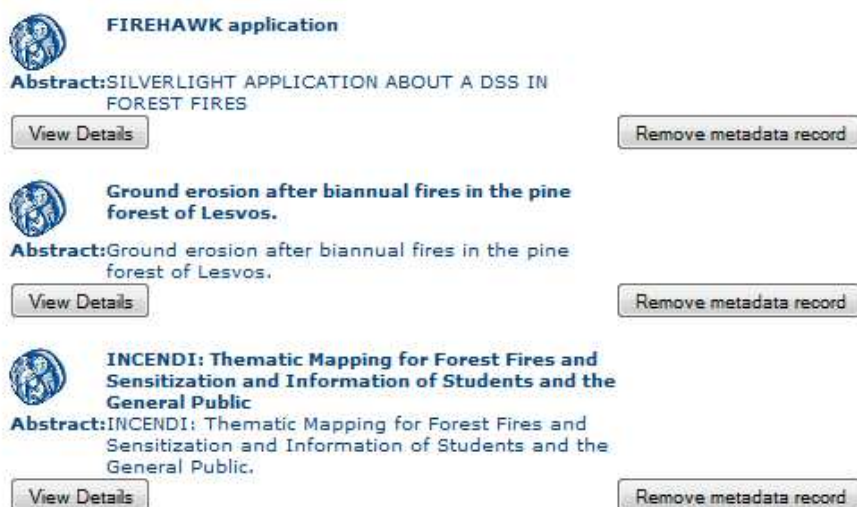
Στην κεντρική περιοχή της γραφικής διεπαφής, ο διαδραστικός χάρτης οπτικοποίησης επιτρέπει τον καθορισμό των συντεταγμένων του ελάχιστου περιβάλλοντος ορθογωνίου για το νέο πόρο, ενώ στην δεξιά πλευρά ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να συμπληρώσει τις τιμές των στοιχείων τεκμηρίωσης. Για τα υποχρεωτικά πεδία που αντιστοιχούν σε αυτά του βασικού πυρήνα μεταδεδομένων του πρότυπου ISO 19115, η γεωπύλη εμφανίζει ένα σύμβολο (*) που δηλώνει ότι δεν είναι δυνατό να ολοκληρωθεί η δημοσιοποίηση του νέου πόρου δίχως τη συμπλήρωση του συγκεκριμένου πεδίου.

Ανάλογα με το σύνολο τιμών της ιδιότητας η γραφική διεπαφή εμφανίζει το αντίστοιχο στοιχείο φόρμας (Σχήμα 34). Έτσι, για παράδειγμα, στο πεδίο dataset title εμφανίζεται ένα πεδίο κειμένου, αφού το σύνολο τιμών του πεδίου είναι ο τύπος string (Πίνακας 2). Αντίθετα, στο πεδίο reference date εμφανίζεται ένα πεδίο καθορισμού ημερομηνίας αφού το σύνολο τιμών του reference date είναι ο τύπος date (Πίνακας 2).



Σχήμα 34- τύποι πεδίων κατά τη δημοσιοποίηση νέων πληροφοριών

Για τη διαγραφή και ενημέρωση εγγραφών μεταδεδομένων, ο χρήστης επιλέγει από τη δενδρική δομή μια κατηγορία και στο δεξιό μέρος εμφανίζονται όλοι οι διαθέσιμοι πόροι της κατηγορίας αυτής. Δίπλα σε κάθε πόρο υπάρχει ένα πλήκτρο που ενεργοποιεί τη διαδικασία διαγραφής και ένα άλλο που ενεργοποιεί τη διαδικασία ενημέρωσης. (Σχήμα 35).



Σχήμα 35- Διαγραφή ή ενημέρωση μεταδεδομένων

Η ενεργοποίηση του πλήκτρου Remove metadata record διαγράφει την εγγραφή του συγκεκριμένου πόρου, ενώ η ενεργοποίηση του πλήκτρου View Details επιτρέπει την τροποποίηση των τιμών των ιδιοτήτων του (Σχήμα 36)

The image shows a web-based metadata editing interface. It is divided into several sections:

- Identification Information:** Contains fields for 'Dataset title' (Mapping of the fire at Charamida, 2006), 'Dataset reference date (*)' (2010-5-13T00:00:00+00:00), 'Dataset topic category (*)' (ENVIRONMENT), 'Dataset abstract (*)' (Mapping of the behavior of the fire of the region of Charamida of the Lesbos island in July 2006 in accordance with the fuel), 'Dataset language (*)' (8859pat7), 'Additional extent information for the dataset:', 'Lineage:', 'Responsible party:', and 'Spatial resolution:'.
- Metadata Information:** Contains 'Metadata date stamp (*)' (2010-5-13T00:00:00), 'Metadata point of contact (*)' (E. Kalabokidis, University of the Aegean), and several other empty fields for metadata details.
- Distribution Information:** Contains 'Online resource 1:' and 'distribution format:'.
- Spatial Representation Information:** Contains 'spatial representation type:' and 'reference system:'.

At the bottom, there are coordinate fields: 'West bound longitude 651383', 'North bound latitude 4376332', '732407', 'East bound longitude', and 'South bound latitude 4300957'. There is also a 'synonyms:' field and an 'Update record' button.

Σχήμα 36- Ενημέρωση (τροποποίηση) μεταδεδομένων

4.3. Η γεωπύλη διαχείρισης δασικών πυρκαγιών

Η γραφική διεπαφή της σημασιολογικής γεωπύλης διαχείρισης δασικών πυρκαγιών απεικονίζεται στο Σχήμα 37.

δενδρική απεικόνιση κλάσεων

login to the metadata catalog

DATA CATEGORIES:

- Information Resources
- Meteorology and Climate
 - Weather Prediction
 - Weather Monitoring
- Infrastructure
 - ownership and jurisdiction
 - Fire management
 - firefighting vehicles
 - firefighting outposts
 - fuel break
 - Road Network
 - High Danger areas
 - Landfills
 - Army activities
 - Power lines
 - Gas stations
 - Urban areas

WHERE? West 689695 East 730206

North 4312832 South 4350548

Click in the map to specify the extent Area: User defined

WHAT? Title fire Abstract keywords

WHEN? Any Time from 2004-02-01 to 2010-02-17

Find

Αναζήτηση με λέξεις- κλειδιά

Χωρική πλοήγηση

RESULTS FOUND

Mapping of the fire at Charamida 2006 on Lesbos.

Abstract: Mapping of the behavior of the fire of the region of Charamida of the Lesbos island in July 2006 in accordance with the fuel models and the weather conditions.

View Details

Αποτελέσματα αναζήτησης

Σχήμα 37- Η γραφική διεπαφή της σημειολογικής πύλης διαχείρισης δασικών πυρκαγιών

Η γραφική διεπαφή στηρίζεται στη γενική δομή που διαθέτει μια σημασιολογική γεωπύλη, όπως αναλύθηκε στην παράγραφο 3.4. Στα αριστερά, το σύστημα εμφανίζει την ιεραρχία των κατηγοριών της γεωπύλης που αντιστοιχούν στις κλάσεις της οντολογίας διαχείρισης των δασικών πυρκαγιών. Στην κεντρική περιοχή της γραφικής διεπαφής υπάρχει ο διαδραστικός χάρτης από όπου ο χρήστης καθορίζει κάθε φορά την επιθυμητή περιοχή αναζήτησης. Στην δεξιά της πλευρά ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να θέσει κριτήρια σε επιλεγμένα πεδία μεταδεδομένων. Τα πεδία αφορούν τον τίτλο, την περίληψη και την ημερομηνία αναφοράς των μεταδεδομένων που αντιστοιχούν στα πεδία Dataset title, Dataset Abstract και dataset reference date του πυρήνα μεταδεδομένων του πρότυπου ISO 19115. Στο παράδειγμα του Σχήματος 38 ο χρήστης έχει επιλέξει τον υπολογισμό πόρων που στον τίτλο τους περιέχουν τη λέξη ‘fire’ και η ημερομηνία αναφορά τους είναι μεταξύ 2004-02-01 και 2010-02-17.

WHAT?

Φιλτράρισμα με βάση το πεδίο DataSet title

Title

Φιλτράρισμα με βάση το πεδίο DataSet Abstract

Abstract

keywords

WHEN?

Φιλτράρισμα με βάση το πεδίο DataSet Reference Date

Any Time

from to

Σχήμα 38 Φιλτράρισμα στα πεδία μεταδεδομένων

Πέρα από την αναζήτηση με βάση τα πεδία μεταδεδομένων η γεωπύλη επιτρέπει την αναζήτηση πληροφοριών με βάση συνώνυμους όρους όπως αναλύσαμε και στην παράγραφο 3.3. Για την επιλογή των κατάλληλων συνώνυμων όρων, το σύστημα χρησιμοποιεί το σημασιολογικό δίκτυο λεξικογραφικής ανάλυσης λημμάτων WordNet. Ενεργοποιώντας το εικονίδιο (📖) δίπλα από κάθε κλάση της οντολογίας, ο χρήστης μπορεί να μελετήσει τη σημασιολογία της κλάσης.

Στο στιγμιότυπο αναζήτησης πληροφοριών του σχήματος 39 ο χρήστης έχει επιλέξει να αναζητήσει πληροφορίες με βάση τη λέξη – κλειδί route. Αν και κανένας διαθέσιμος πόρος δεν περιέχει τη λέξη route στα μεταδεδομένα του, εντούτοις το σύστημα είναι σε θέση να υπολογίσει αυτούς που περιέχουν τη λέξη road στα πεδία μεταδεδομένων, διότι οι όροι road και route είναι συνώνυμοι σύμφωνα με το λεξικό wordNet και έτσι οι μηχανισμοί αναζήτησης πληροφοριών της γεωπύλης είναι σε θέση να συμπεριλάβουν στα αποτελέσματα αναζήτησης τη συγκεκριμένη εγγραφή μεταδεδομένων.

WHERE?

West 651383

North 4376392

East 732407

South 4300957

Click in the map to specify the extent

Area:

WHAT?

Title

Abstract

keywords

WHEN?

Any Time

from to

Information Resources

- Meteorology and Climate
- Weather Prediction
- Weather Monitoring
- Infrastructure
- ownership_and_jurisdiction
- Fire management
- firefighting_vehicles
- firefighting_outposts
- fuel_break
- Road_Network**
- High_Danger_areas
- Landfills
- Army_activities
- Power_lines
- Gas_stations
- Urban_areas

RESULTS FOUND

Roads of Lesvos between the 9th cen bc and 79 ac.

Abstract:
The roads of Lesvos at ancient years, where projected at the Greek Grid projection system.
|Road_Network|

classified under categories:

(1) RESOURCES FOUND

Mozilla Firefox

http://195.251.137.97:8050/jetspeed/OpenLayers-2.8/examples/

SYNONYMS FOR ROAD_NETWORK:
road, route,

ROAD_NETWORK IS A KIND OF:
way, means,

KIND OF ROAD_NETWORK ARE THE FOLLOWING:
access_road, byway, causeway, clearway, corduroy, detour, drive, driveway, highway, line, post_road, roadway, shortcut, side_road, skid_road, speedway, thoroughfare, track, turnoff, royal_road,

Σχήμα 39- Αποτελέσματα αναζήτησης με βάση συνώνυμους όρους

Το Σχήμα 40 δείχνει ένα στιγμιότυπο αποτελεσμάτων αναζήτησης στη γεωπύλη. Ο χρήστης έχει επιλέξει να αναζητήσει πληροφορίες που αφορούν ανθρωπογενείς παράγοντες (κατηγορία Infrastructure) που επηρεάζουν πληροφορίες δασικών πυρκαγιών στην ευρύτερη περιοχή μελέτης της νήσου Λέσβου για την περίοδο από 01-01-2005 έως 17-02-1010. Τα σύνολα μεταδεδομένων που υπολογίζονται, εμφανίζονται στο κάτω μέρος της διεπαφής. Για κάθε σύνολο, εμφανίζεται ο τίτλος του (πεδίο Dataset Abstract των μεταδεδομένων του) και η περίληψή του (πεδίο Dataset Abstract των μεταδεδομένων του).

Περιοχή αναζήτησης

DATA CATEGORIES:

- Information Resources
- Meteorology and Climate
- Weather Prediction
- Weather Monitoring
- Infrastructure**
- Ownership and jurisdiction
- Fire management
- firefighting vehicles
- firefighting outposts
- fuel break
- Road Network
- High Danger areas
- Landfills
- Army activities
- Power lines
- Gas stations
- Urban areas
- Ownership and jurisdiction

Επιλεγμένη κατηγορία

WHERE?

West 651383

North 4376392

East 732407

South 4300957

Click in the map to specify the extent
Area: User defined

WHAT?

Title

Abstract

Keywords

WHEN?

Any Time

from 2005-01-01 to 2010-02-17

Τίτλος φιλτράρισμάτος

Find

Airports and helicopter landing areas of the Lesvos island | Τίτλος (πεδίο dataset title)

Abstract: This file represents the airports and the helicopter landing areas of Lesvos island are represented. The island has two airports; the one is for civil aircraft types and the other for emergency landing and for military use. Usually, near airports, various economic activities take place, such as tourism and recreation, cargo and transportation, advertising etc. The real estate prices near such facilities are usually very high. An airport and a helicopter landing bay are usually the landing sites of the firefighting aircrafts. Not all the firefighting aircrafts has the ability to land on water, and it's very important to refill their water tanks at an airport. Several times, patients from the island are transported to the hospital in Lesvos island.

[View Details](#)

Ortho-rectified Landsat image of Lesvos (Greece) at 2001.

Abstract: An ortho-rectified Landsat scene of Lesvos Acquisition Date: 11/5/1987
Origin: Nasa MSS Landsat (4 bands) unsigned 8-bit images

[View Details](#)

Σχήμα 40- Αποτελέσματα αναζήτησης στη σημασιολογική γεωπύλη

Με την ενεργοποίηση του πλήκτρου View Details, εμφανίζονται οι πληροφορίες τεκμηρίωσης του συγκεκριμένου πόρου (Σχήμα 41).

FULL METADATA RECORD:	
Identification Information	
Dataset title: Agriculture and fires on Lesvos	
Dataset reference date: 2006-12-31T00:00:00+00:00	
Dataset character set: ---	
Dataset topic category: geoscientific	
Additional extent information for the dataset: ---	
Lineage: ---	
Dataset responsible party: ---	
Dataset Abstract: It has been examined the relationship between forest fires and agriculture in the Lesbos island during the time period from 1970 to 1998.	
Dataset language: 8859part7	
Spatial resolution: ---	
Metadata Information	
Metadata file identifier: ---	
Metadata standard name: ISO 19115:2003/19139	
Metadata standard version: ---	
Metadata language: ---	
Metadata date stamp: 2008-12-03T00:00:00+00:00	
Metadata character set: ---	
Metadata point of contact: Katsavellis Panagiotis, University of the Aegean	
Distribution Information	
Online resource: ---	
Distribution format: ---	
Spatial Representation Information	
Spatial representation type: ---	
Reference system: GGRS87	
West bound longitude	651857
North bound latitude	4376390
South bound latitude	4300959
732404	East bound longitude
Synonyms: mytilini	

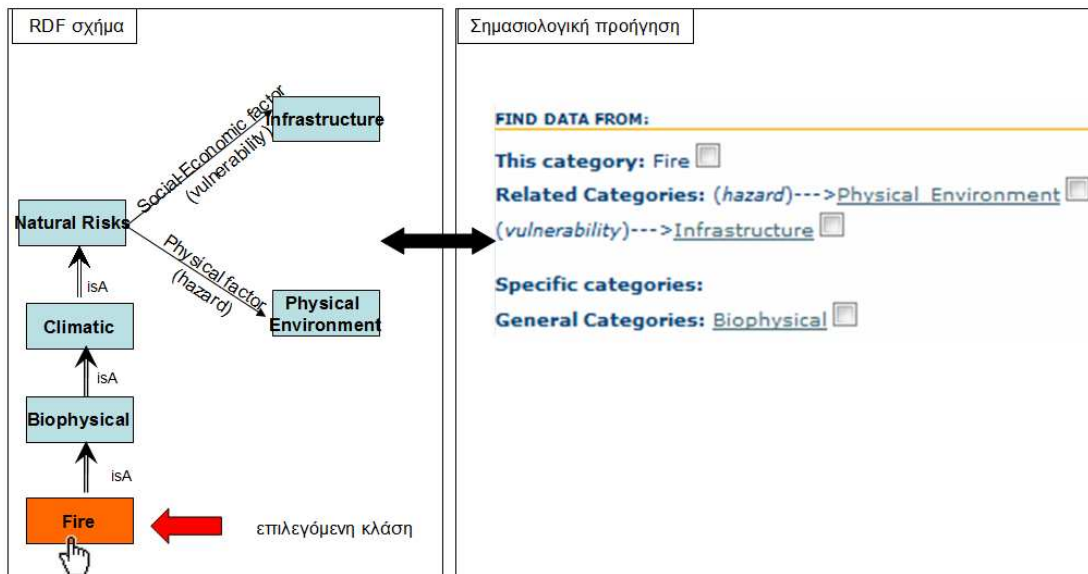
Σχήμα 41- Προβολή μεταδεδομένων

4.3.1. Σημασιολογική πλοήγηση

Κάτω από τη λίστα με τα πλήρη μεταδεδομένα του πόρου, το σύστημα επιτρέπει την περαιτέρω πλοήγηση σε διαφορετικά σύνολα πληροφορίας, που σχετίζονται εννοιολογικά με το εκάστοτε στιγμιότυπο πλοήγησης. Υπολογίζονται κάθε φορά οι πιο ειδικές και πιο γενικές κλάσεις, όπου με αντίστοιχους υπερσυνδέσμους ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να μεταβεί σε στενότερα ή ευρύτερα σύνολα πληροφοριών. Οι παραπάνω υπερσύνδεσμοι επιτρέπουν την «κάθετη» πλοήγηση σε ευρύτερα ή ειδικότερα σύνολα πληροφορίας, ενώ οι υπερσύνδεσμοι που αφορούν τις ιδιότητες συσχετίσεων επιτρέπουν την «οριζόντια» μετάβαση σε συσχετιζόμενες κλάσεις. Έτσι, ενώ ο χρήστης πλοηγείται στο σύστημα, κάθε ενέργειά του συμβαδίζει με τη σημασιολογική οργάνωση της διαθέσιμης πληροφορίας, βοηθώντας με αυτό τον τρόπο στην αποτελεσματικότερη εύρεση επιθυμητών πληροφοριών.

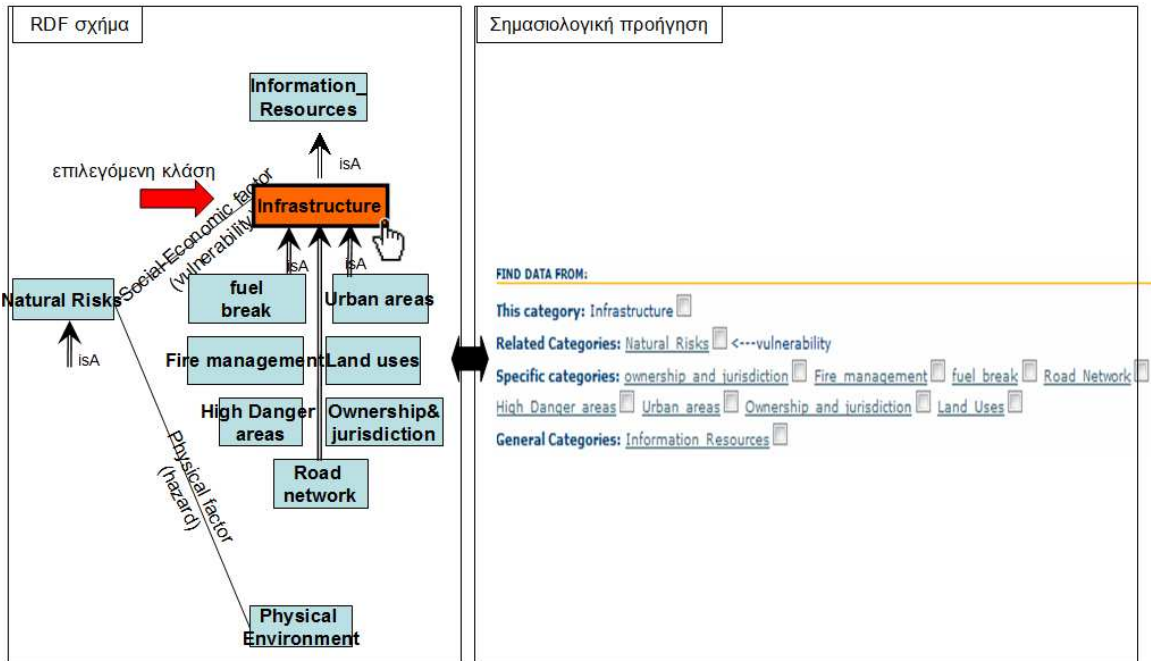
Στο Σχήμα 42 βλέπουμε ένα στιγμιότυπο πλοήγησης στο σύστημα, όπου ο χρήστης έχει επιλέξει έναν πόρο της κατηγορίας Fire. Επειδή η κλάση Natural Risk ως πιο γενική κλάση της Fire σχετίζεται με τις κλάσεις Infrastructure και Physical Environment, η γεωπυλη «προτείνει» στο χρήστη να συνεχίσει την πλοήγησή του σε αυτές τις κατηγορίες. Ομοίως

«προτείνει» τη μετάβαση στην γενικευμένη κατηγορία Biophysical, ως γενικότερη κατηγορία. Επειδή δεν υπάρχει υποκλάση της κλάσης Fire, το πεδίο specific categories παραμένει κενό.



Σχήμα 42- Σημασιολογική πλοήγηση

Η μετάβαση από την κατηγορία Fire (Σχήμα 42) στην «προτεινόμενη» κατηγορία Infrastructure, αλλάζει το σύνολο των προτεινόμενων κατηγοριών και επιτρέπει την περαιτέρω πλοήγηση (Σχήμα 43). Έτσι, στο πεδίο “This category” εμφανίζεται πλέον η κατηγορία Infrastructure, αφού αυτή πλέον είναι η επιλεγόμενη κατηγορία, ενώ παράλληλα οι συσχετιζόμενες κλάσεις έχουν αλλάξει και η γεωπύλη «προτείνει» τη μετάβαση στην κατηγορία Natural Risk, μέσω της συσχέτισης vulnerability. Παρατηρούμε ότι δίπλα σε κάθε υπερσύνδεσμο συσχετιζόμενης κλάσης υπάρχει και το όνομα της ιδιότητας μαζί με ένα βέλος που δείχνει τη φορά της εκάστοτε συσχέτισης. Στο πεδίο specific categories εμφανίζονται όλες οι (άμεσες) υποκλάσεις της κατηγορίας Infrastructure. Οποιαδήποτε μετάβαση σε κάποιον από τους παραπάνω υπερσυνδέσμους, θα τροποποιήσει ανάλογα το σύνολο των «προτεινόμενων» κατηγοριών.

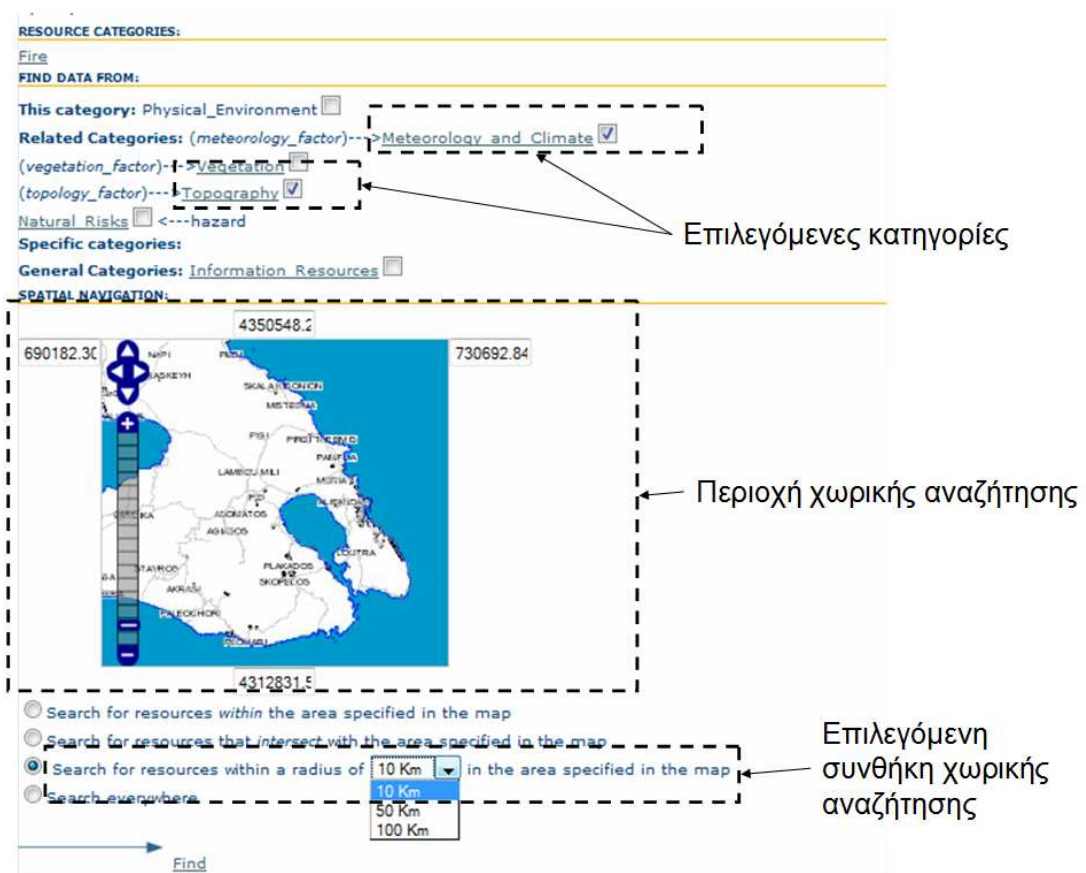


Σχήμα 43- Περαιτέρω σημασιολογική πλοήγηση

4.3.2. Χωρική πλοήγηση

Οι παραπάνω δυνατότητες σημασιολογικής πλοήγησης συνδυάζονται αρμονικά με λειτουργίες χωρικής πλοήγησης. Η χωρική πλοήγηση στηρίζεται όπως αναλύσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο στον υπολογισμό πόρων με βάση την τοπολογική συσχέτιση με την εκάστοτε περιοχή αναζήτησης. Σε κάθε βήμα πλοήγησης, ο χρήστης μπορεί να υπολογίσει πόρους που:

- η γεωμετρία τους βρίσκεται στο εσωτερικό της γεωμετρίας που ορίζεται από το περιβάλλον ορθογώνιο της περιοχής αναζήτησης.
- η γεωμετρία τους επικαλύπτεται με τη γεωμετρία που ορίζεται από το περιβάλλον ορθογώνιο της περιοχής αναζήτησης.
- η γεωμετρία τους βρίσκεται σε μια ζώνη (buffer) από τη γεωμετρία που ορίζεται από το περιβάλλον ορθογώνιο της περιοχής αναζήτησης.



Σχήμα 44- Χωρική πλοήγηση

Για κάθε κατηγορία που περιέχεται στις προτεινόμενες για περαιτέρω σημασιολογική πλοήγηση, εμφανίζεται ένα πεδίο επιλογής (check box). Το πεδίο αυτό δίνει τη δυνατότητα να συμπεριληφθούν οι πόροι της κατηγορίας αυτής στα αποτελέσματα της αναζήτησης.

Στο στιγμιότυπο της αναζήτησης του Σχήματος 44, ο χρήστης έχει επιλέξει την εύρεση πληροφοριών σχετικά με μετεωρολογικά δεδομένα και τοπογραφικά δεδομένα (κατηγορίες Meteorology_and_Climate και Topography αντίστοιχα), σε μια ζώνη 10 χιλιομέτρων από την περιοχή που ορίζει το ελάχιστο περιβάλλον ορθογώνιο της περιοχής αναζήτησης. Επιλέγοντας ένα νέο πόρο από τα αποτελέσματα που υπολογίζονται (Σχήμα 45), το παράθυρο πλοήγησης ενημερώνεται με τη νέα εγγραφή μεταδεδομένων και η πλοήγηση συνεχίζεται με τον ίδιο τρόπο. Σε κάθε βήμα, ο χρήστης μπορεί να μεταβεί εκ νέου στην αρχική σελίδα και να επιλέξει νέα κριτήρια αναζήτησης, ώστε να εξερευνήσει νέα σύνολα πληροφοριών.

SPATIAL NAVIGATION:

690182.30 4350548.2 730692.84

4312831.5

Search for resources *within* the area specified in the map
 Search for resources that *intersect* with the area specified in the map
 Search for resources within a radius of 10 Km in the area specified in the map
 Search everywhere

Find

RESULTS FOUND

Climatology- rain factor (R) for Lesvos island in Greece.

Abstract: Climatology rain- factor (MJ*mm/ ha*h). It contributes to the estimation/calculation of the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), [SE=R* K* LS* C* P]. It was estimated for the year 2005, according to meteorology calculations in five stations in Lesvos islands (Pterounda, Aegean University, Akrafi, Ag.Paraskeuh, Airport)..

[View Details](#)

Influence of meteorological factors on the people's health on Lesvos 2003-2005.

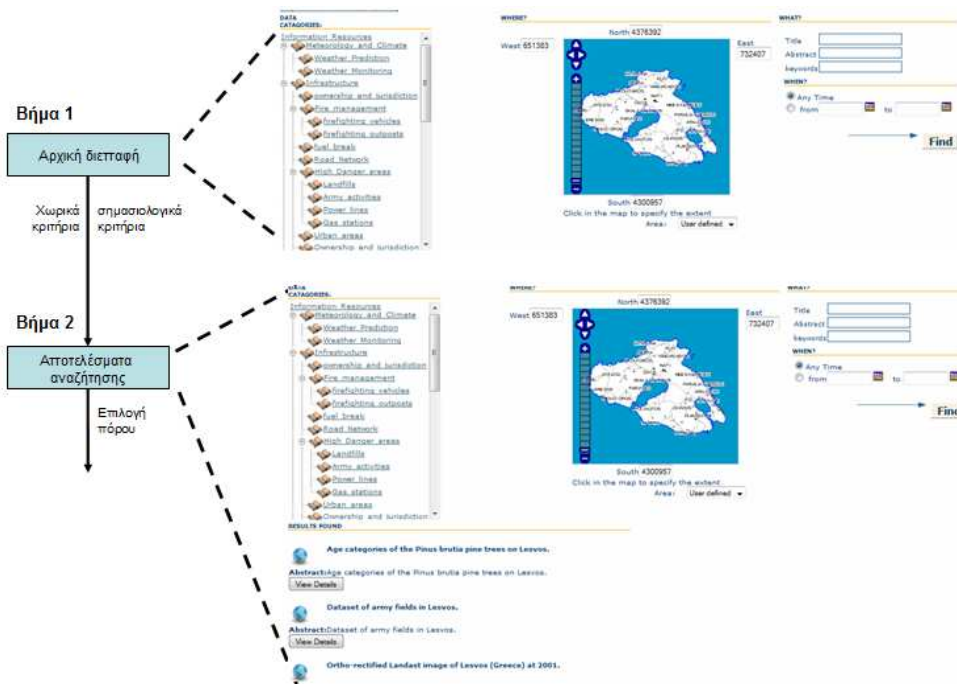
Abstract: The aim of the research is the relationship between climatological factors and human wellbeing. Based on this information we will be able to evaluate and prevent mass infections or illnesses.

[View Details](#)

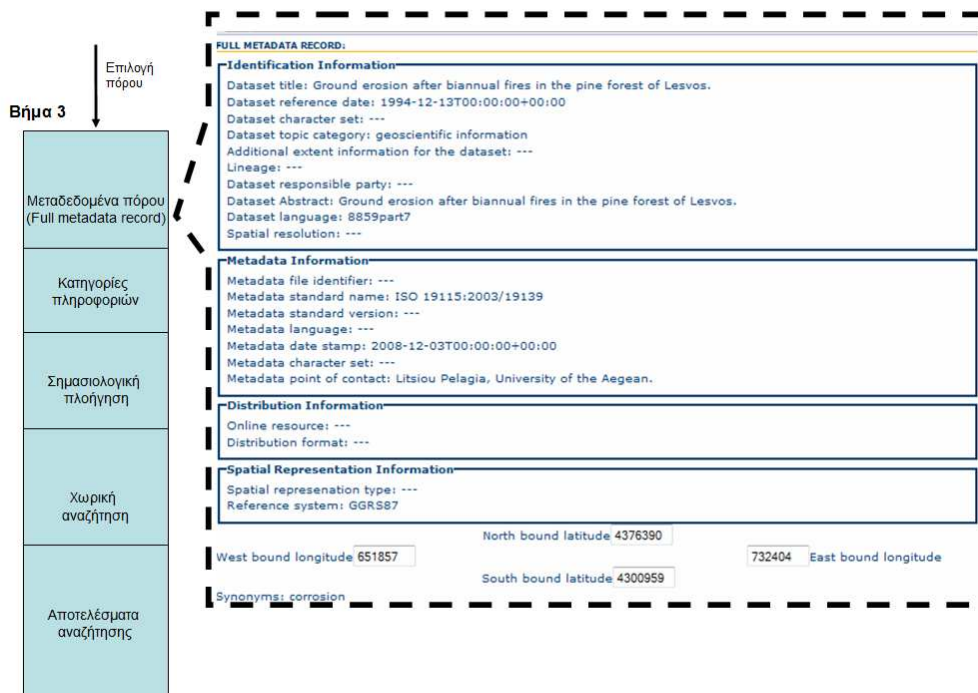
Σχήμα 45- Εμφάνιση αποτελεσμάτων με βάση τη χωρική πλοήγηση

Συμπερασματικά, τα βήματα που ακολουθεί ο χρήστης κατά την πλοήγησή του στη γεωπύλη είναι:

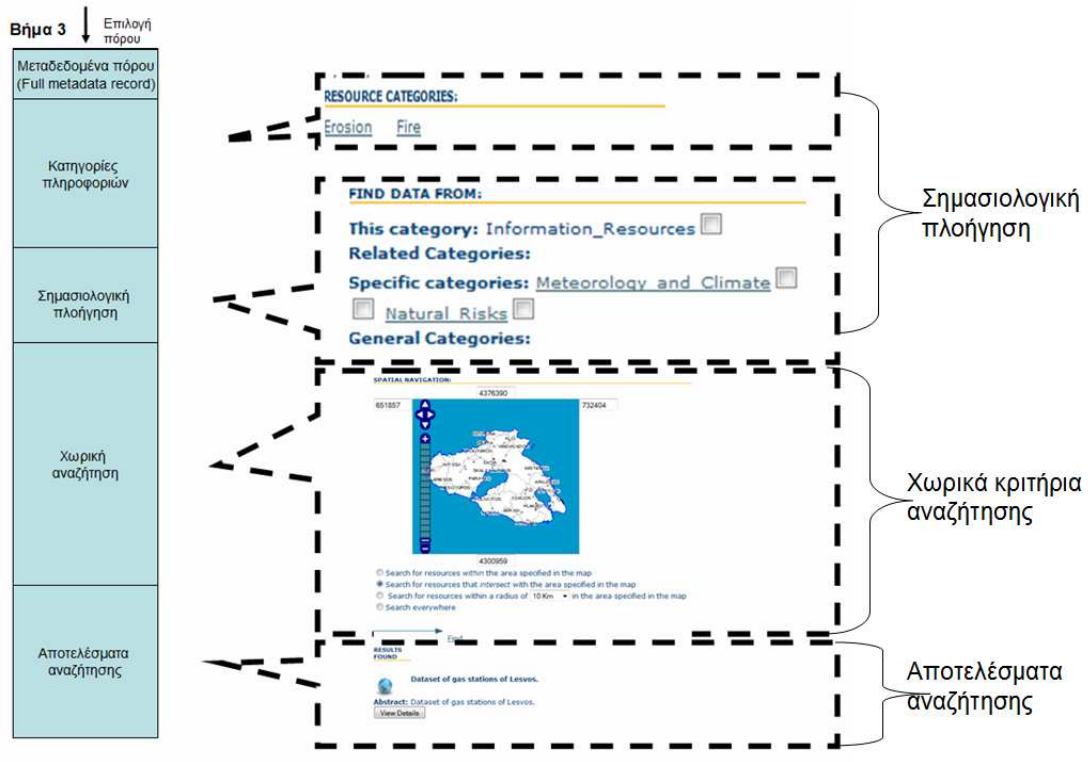
1. Μέσα από την αρχική διεπαφή της γεωπύλης, ο χρήστης εξερευνά σύνολα πληροφοριών με βάση χωρικά και σημασιολογικά κριτήρια αναζήτησης (Σχήμα 46).
2. Με την επιλογή ενός πόρου από τα αποτελέσματα αναζήτησης, εμφανίζονται τα πλήρη μεταδεδομένα του πόρου (Σχήμα 47).
3. Εκτός από τα πλήρη μεταδεδομένα, απεικονίζονται οι προτεινόμενες κατηγορίες αυτές για σημασιολογική πλοήγηση του χρήστη, ανάλογα με την κατηγορία που επέλεξε (Σχήμα 48).
4. Με την επιλογή ενός νέου πόρου από τα αποτελέσματα αναζήτησης εμφανίζεται η περιγραφή του νέου πόρου και η πλοήγηση συνεχίζεται με τον ίδιο τρόπο.



Σχήμα 46- Καθορισμός κριτηρίων αναζήτησης και εμφάνιση αποτελεσμάτων

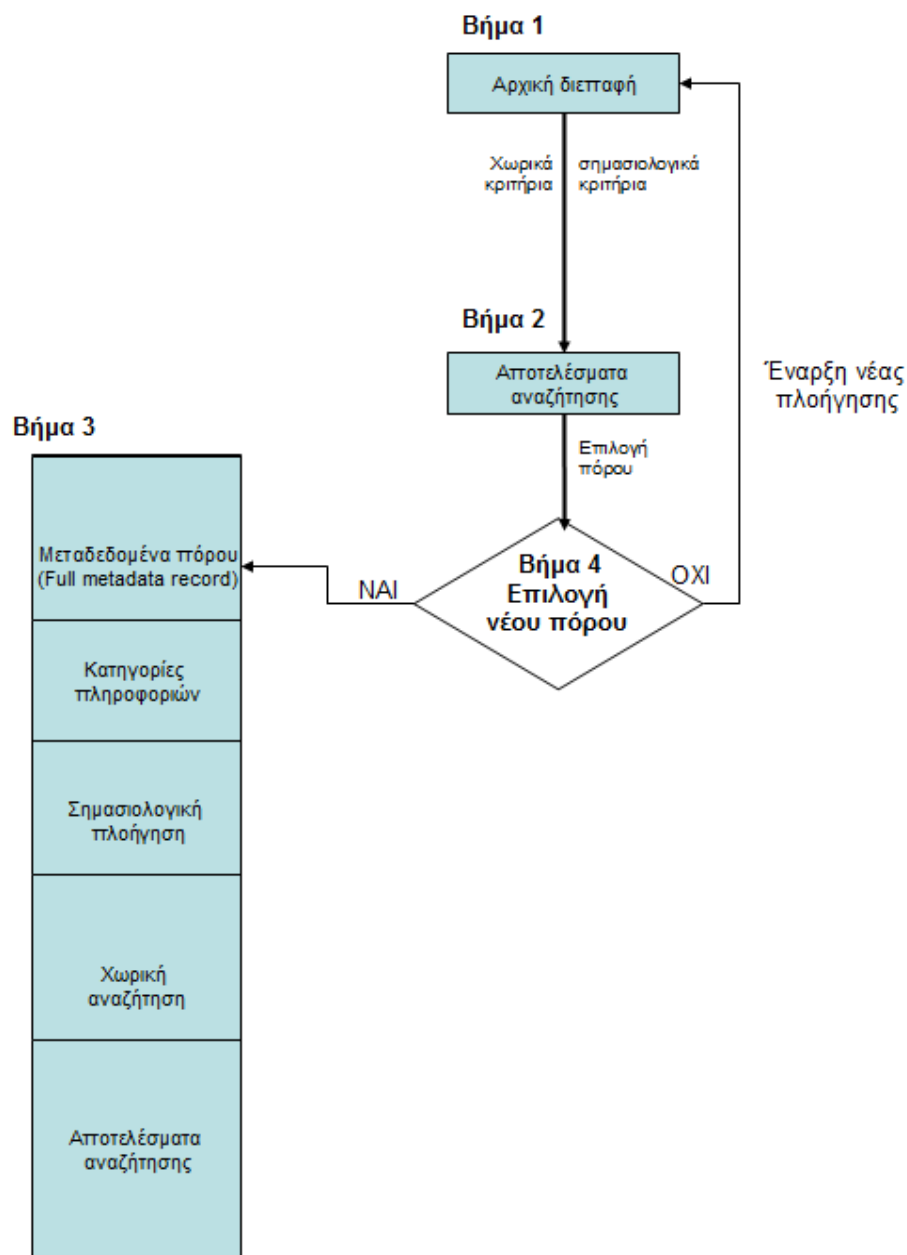


Σχήμα 47- Προβολή μεταδεδομένων



Σχήμα 48- Σημασιολογική και χωρική πλοήγηση

Το παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 49) απεικονίζει διαγραμματικά τους μηχανισμούς πλοήγησης/ επερώτησης στο περιβάλλον της γεωπύλης.



Σχήμα 49- Διαγραμματική αναπαράσταση των μηχανισμών αναζήτησης πληροφοριών

4.4. Σενάριο διαχείρισης εγγραφών μεταδεδομένων στη γεωπύλη

Σε ένα υποτιθέμενο σενάριο δημοσιοποίησης μεταδεδομένων στη γεωπύλη, ο πάροχος επιλέγει να δημοσιοποιήσει έναν νέο πόρο ταξινομημένο κάτω από την κλάση Fire. Ενεργοποιεί το αντίστοιχο πεδίο check box από τη δενδρική δομή και συμπληρώνει τις τιμές των μεταδεδομένων για τον νέο πόρο. Η δημοσιοποίηση ολοκληρώνεται με την ενεργοποίηση του πλήκτρου Publish (Σχήμα 44).

Το σύστημα ενημερώνει ότι η νέα πληροφορία εισάχθηκε στο σύστημα ή εμφανίζει μήνυμα αν κάτι δεν έγινε με τον κατάλληλο τρόπο και η εισαγωγή απέτυχε. Μετά την ολοκλήρωση της δημοσιοποίησης, ο νέος πόρος προστίθεται στους ήδη υπάρχοντες πληροφοριακούς πόρους και ο χρήστης της γεωπύλης μπορεί να τον εξερευνήσει από τη γραφική διεπαφή της γεωπύλης (Σχήμα 45).

Αν κάποια στιγμή μελλοντικά τα στοιχεία τεκμηρίωσης της συγκεκριμένης πληροφορίας αλλάξουν, ο πάροχος μπορεί να τροποποιήσει τις τιμές των στοιχείων τεκμηρίωσης του πόρου που δημοσιοποίησε. Έτσι, για να τροποποιήσει για παράδειγμα το πεδίο point of contact του, αρκεί να επιλέξει τη γραφική διεπαφή ενημέρωσης του πόρου και να καταγράψει τη νέα τιμή στο κατάλληλο πεδίο (Σχήμα 50).

WHERE?

715946.18 4332043.59 726073.8

4322614.41

Identification Information

Dataset title (*): The road network of Lesvos island

Dataset reference date (*): 2010-05-18

Dataset topic category (*): ENVIRONMENT

This dataset presents the road network of Lesvos island

Dataset abstract (*):

Dataset language (*): ENGLISH

Additional extent information for the dataset:

Lineage:

Dataset responsible party:

Spatial resolution:

Metadata Information

Metadata date stamp (*): 2010-05-18

Metadata point of contact (*): athanasis@geo.aegean.gr

Metaata file identifier:

Metadata standard name:

Metadata standards version:

Metadata spatial resolution:

Metadata language:

Metadata character set:

Distribution Information

Online resource: <http://195.251.137.97:8050/roads.shp>

distribution format:

☐ Meteorology_and_Climate

☐ Weather_Prediction

☐ Weather_Monitoring

☐ Infrastructure

☐ ownership_and_jurisdiction

☐ Fire_management

☐ firefighting_vehicles

☐ firefighting_outposts

☐ fuel_break

Road_Network

☐ High_Danger_areas

☐ Landfills

☐ Army_activities

☐ Power_lines

☐ Gas_stations

☐ Urban_areas

☐ Ownership_and_Jurisdiction

☐ Land_Uses

☐ Topography

☐ contours

☐ Coast_lines

☐ Hydrographic_Network

☐ Elevation_models

☐ Physical_Environment

☐ Vegetation

Σχήμα 50- Δημοσιοποίηση νέας εγγραφής μεταδεδομένων

West 651383

East 732407

Title
Abstract
keywords

WHEN?
 Any Time
 from to

Find

South 4300957

Area: User defined

Click in the map to specify the extent

RESULTS FOUND

Roads of Lesvos between the 9th cen bc and 79 ac.

Abstract:
The roads of Lesvos at ancient years, where projected at the Greek Grid projection system.
[Road_Network]
[View Details](#)

The road network of Lesvos island

Abstract:
This dataset presents the road network of Lesvos island
[Road_Network]
[View Details](#)

(2) RESOURCES FOUND

→

εύρεση της νέας εγγραφής
μεταδεδομένων από τη
γραφική διεπαφή αναζήτησης

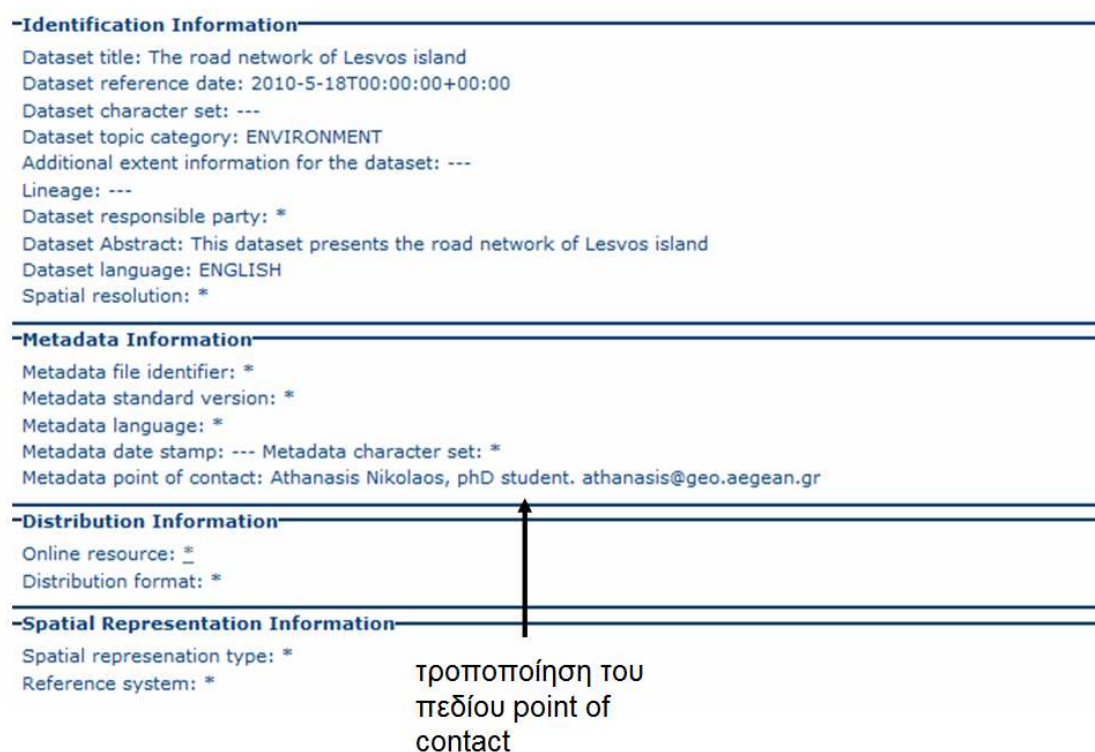
Σχήμα 51- Ενσωμάτωση των νέων περιγραφών μεταδεδομένων

- Information Resources
 - [-] Meteorology and Climate
 - [-] Weather Prediction
 - [-] Weather Monitoring
 - [-] Infrastructure
 - [-] ownership and jurisdiction
 - [-] Fire management
 - [-] firefighting vehicles
 - [-] firefighting outposts
 - [-] fuel break
 - Road Network**
 - [-] High Danger areas
 - [-] Landfills
 - [-] Army activities
 - [-] Power lines
 - [-] Gas stations
 - [-] Urban areas
 - [-] Ownership and jurisdiction

The road network of Lesvos island	
Dataset title:	
Dataset reference date (*):	2010-5-18T00:00:00+00:00
Dataset topic category (*):	ENVIRONMENT
	This dataset presents the road network of Lesvos island
Dataset abstract (*):	
Dataset language (*):	ENGLISH
Additional extent information for the dataset:	
Lineage:	
Responsible party:	
Spatial resolution:	
Metadata Information	
Metadata date stamp (*):	2010-5-18T00:
Metadata point of contact (*):	Athanasios Nikolaos, PhD student. athanasias@geo.aegean.gr

Σχήμα 52- Τροποποίηση εγγραφών μεταδεδομένων

Μετά την ολοκλήρωση της ενημέρωσης του πόρου με τη νέα τιμή στο πεδίο dataset title, κάθε χρήστης που πλοηγείται στη γεωπύλη ανακαλύπτει τη νέα τιμή στα μεταδεδομένα του συγκεκριμένου πόρου (Σχήμα 53).



Σχήμα 53- Ολοκλήρωση της διαδικασίας τροποποίησης μεταδεδομένων

4.5. Αξιολόγηση του συστήματος

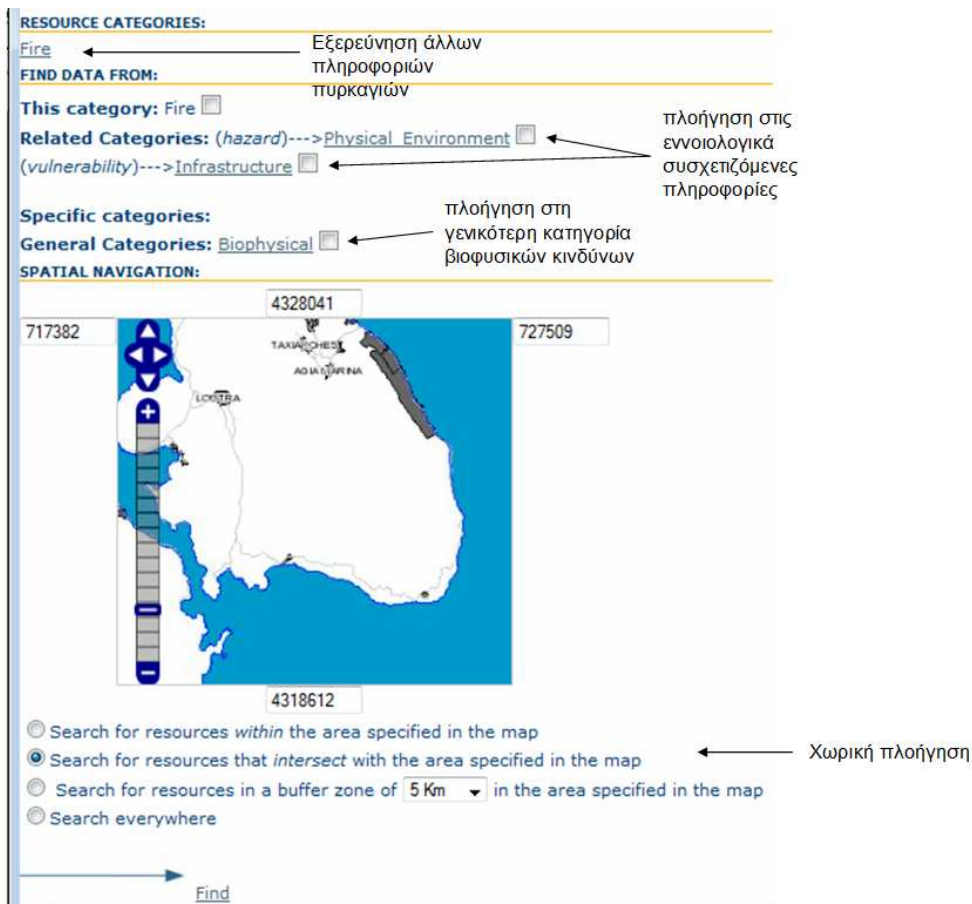
Κατά τη διάρκεια του εαρινού εξαμήνου του ακαδημαϊκού έτους 2009-2010, οι μεταπτυχιακοί φοιτητές του Τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου είχαν την ευκαιρία να εξερευνήσουν τη γραφική διεπαφή της σημασιολογικής γεωπύλης διαχείρισης δασικών πυρκαγιών και να δοκιμάσουν τις δυνατότητές της. Η παρουσίαση έγινε στα πλαίσια μιας διάλεξης στο μάθημα «Διαχείριση Γεωγραφικών Δεδομένων», και το ακροατήριο ήταν οι 30 μεταπτυχιακοί φοιτητές των κατευθύνσεων «Εφαρμοσμένη Γεωπληροφορική στην Ανθρωπογεωγραφία και το Σχεδιασμό του Χώρου» και «Εφαρμοσμένη Γεωπληροφορική στη Διαχείριση Φυσικού Περιβάλλοντος και Κινδύνων».

Αρχικά, έγινε η παρουσίαση των λειτουργιών της γεωπύλης. Οι φοιτητές γρήγορα εξοικειώθηκαν με το γραφικό περιβάλλον. Στη συνέχεια, δόθηκαν στους φοιτητές τρία (3) σενάρια προς μελέτη. Το πρώτο σενάριο αφορούσε στην αναζήτηση πληροφοριών για τη μεγαλύτερη πυρκαγιά των τελευταίων χρόνων, που εκδηλώθηκε στην περιοχή της Χαραμίδας, στο νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού της νήσου Λέσβου. Πολλοί φοιτητές δεν γνώριζαν τη συγκεκριμένη περιοχή, όμως η πληροφορία που τους δόθηκε ότι ανήκει στο

νοτιανατολικό τμήμα του νησιού, αποτέλεσε αφορμή να πλοηγηθούν με το διαδραστικό χάρτη οπτικοποίησης και να εστιάσουν στην ευρύτερη περιοχή της νοτιανατολικής Λέσβου. Το γεγονός ότι η πλειοψηφία των φοιτητών προτίμησε την πλοήγηση μέσα από το χάρτη οπτικοποίησης και όχι μέσω φιλτραρίσματος με λέξεις- κλειδιά, δείχνει την προτίμησή τους στους μηχανισμούς πλοήγησης σε σχέση με τους μηχανισμούς που στηρίζονται σε συνθήκες φιλτραρίσματος.

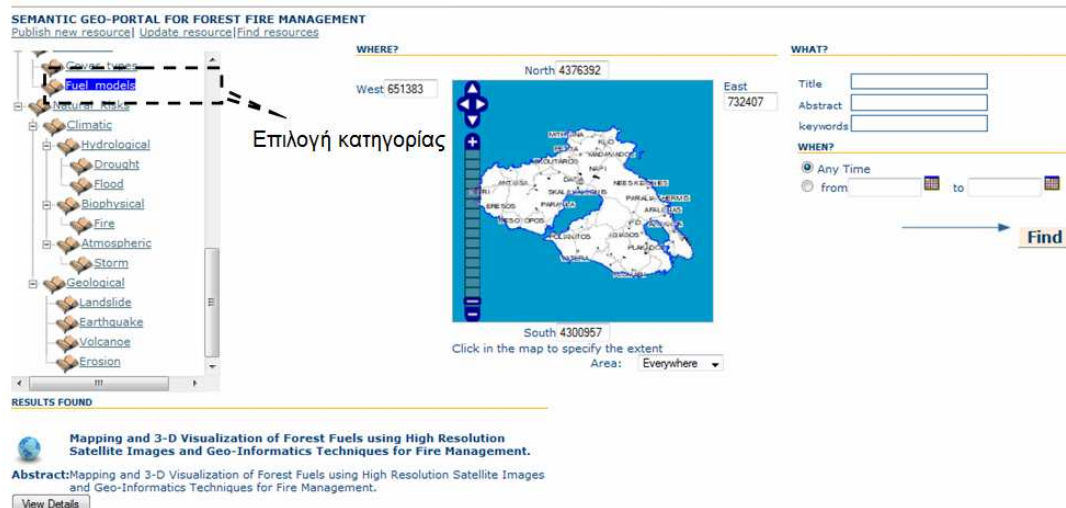
Επιλέγοντας τον πόρο με τίτλο «Mapping of the fire at Charamida 2006 on Lesvos» από τη λίστα με τα αποτελέσματα αναζήτησης, οι φοιτητές είχαν τη δυνατότητα να αντλήσουν πληροφορίες όπως η ημερομηνία αναφοράς, δηλαδή η ημερομηνία εκδήλωσης της πυρκαγιάς, αλλά και να χρησιμοποιήσουν το διαθέσιμο υλικό στο διαδίκτυο για την οπτικοποίηση της περιοχής εκδήλωσης της πυρκαγιάς. Μέσω των υπερσυνδέσμων που συνδέουν τις σημασιολογικά συσχετιζόμενες πληροφορίες, οι φοιτητές κατάφεραν (Σχήμα 54):

- να εξερευνήσουν περαιτέρω άλλες πληροφορίες πυρκαγιών ή πληροφορίες που αφορούν τη γενικότερη κατηγορία βιοφυσικών κινδύνων.
- να εξερευνήσουν πληροφορίες σε εννοιολογικά συσχετιζόμενες κατηγορίες όπως Physical Environment και Infrastructure.
- να ζητήσουν πόρους που περικλείονται στην περιοχή της Χαραμίδας και έχουν κοινά σημεία με την περιοχή ή βρίσκονται σε μια ζώνη 5, 10 ή 20 χιλιομέτρων.

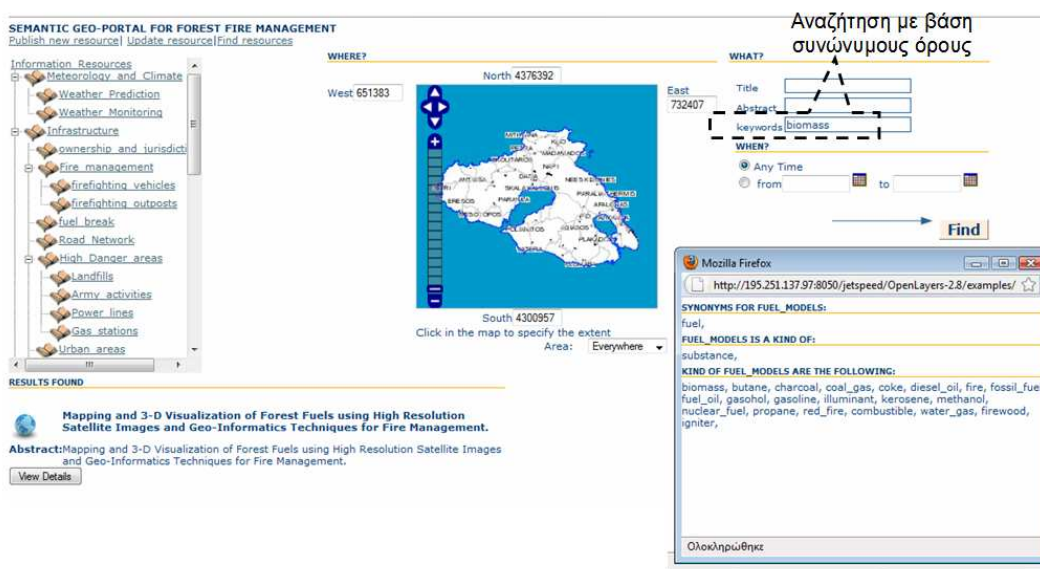


Σχήμα 54- Σημασιολογική και χωρική πλοήγηση στο πρώτο σενάριο αξιολόγησης

Το επόμενο σενάριο που δόθηκε προς τους φοιτητές ήταν να συλλέξουν πληροφορίες σχετικά με τη χαρτογράφηση της βιομάζας της καύσιμης ύλης στην περιοχή της νήσου Λέσβου. Οι περισσότεροι φοιτητές διέσχισαν τη δενδρική δομή της γραφικής διεπαφής της γεωπύλης και επέλεξαν την κατηγορία Fuel_Models (μοντέλα καύσιμης ύλης). Έτσι, βρήκαν εύκολα τον πόρο με τίτλο «Mapping and 3-D Visualization of Forest Fuels using High Resolution Satellite Images and Geo-Informatics Techniques for Fire Management» (Σχήμα 55). Ορισμένοι φοιτητές χρησιμοποίησαν το σημασιολογικό δίκτυο λεξικογραφικής ανάλυσης λημμάτων wordNet για την κατηγορία Fuel Models και έθεσαν τη λέξη biomass ως λέξη κλειδί στο πεδίο keyword (Σχήμα 56).



Σχήμα 55- Πλοήγηση μέσω της δενδρικής δομής στο δεύτερο σενάριο αξιολόγησης



Σχήμα 56- Αναζήτηση με βάση συνώνυμους όρους στο δεύτερο σενάριο αξιολόγησης

Επιλέγοντας το συγκεκριμένο πόρο, οι φοιτητές είχαν τη δυνατότητα να μελετήσουν τα μεταδεδομένα του και να επισκεφτούν το διαθέσιμο υλικό που προσφέρει στο διαδίκτυο από την ηλεκτρονική του διεύθυνση.

Τέλος, ζητήθηκε από τους φοιτητές να αντλήσουν πληροφορίες για πυρκαγιές που έχουν ήδη εκδηλωθεί στο χώρο της νήσου Λέσβου. Η παραπάνω γνώση είναι ζωτικής σημασίας στην προετοιμασία των εμπλεκόμενων φορέων αντιμετώπισης του κινδύνου. Επιλέγοντας την κατηγορία Fire από τη δενδρική δομή, οι φοιτητές αναζήτησαν τις επιθυμητές εγγραφές μεταδεδομένων. Αν και αρχικά μελέτησαν πληροφορίες του πόρου με τίτλο “Fire events on Lesvos island from 1970 till 2005”, εντούτοις βρήκαν επίσης και άλλες πληροφορίες όπως τον πόρο με τίτλο “Areas where risk of fire to natural resources is greatest on Lesvos island” που τους βοήθησε να πλουτίσουν τις γνώσεις τους σχετικά με περιοχές με υψηλό κίνδυνο εκδήλωσης πυρκαγιάς (Σχήμα 57).

SEMANTIC GEO-PORTAL FOR FOREST FIRE MANAGEMENT
 Publish new resource | Update resource | Find resources

WHERE?

West 651383 North 4376392 East 732407

South 4300957

Click in the map to specify the extent

Area: User defined

WHAT?

Title

Abstract

keywords

WHEN?

Any Time

from to

Find

RESULTS FOUND

Areas where risk of fire to natural resources is greatest on Lesvos island

Abstract:At this file, the areas on Lesvos island where risk of fire to natural resources is greatest, are represented. This file was created by interviewing a number of people who were involved somehow with the forest fires events. The interviewed persons were two representatives, the leader, and the second in charge of the Forest Service and of the Fire Brigade of the Lesvos island, one person who represented the farmers, one person who represented the environmental organization, one volunteer firefighter, and at least one elected public representative. To every interviewed person, a color map of the island was given in order to mark the areas of their opinion. Some comments stated that the hazard is greatest for the biotope near the

Fire events on Lesvos island from 1970 till 2005

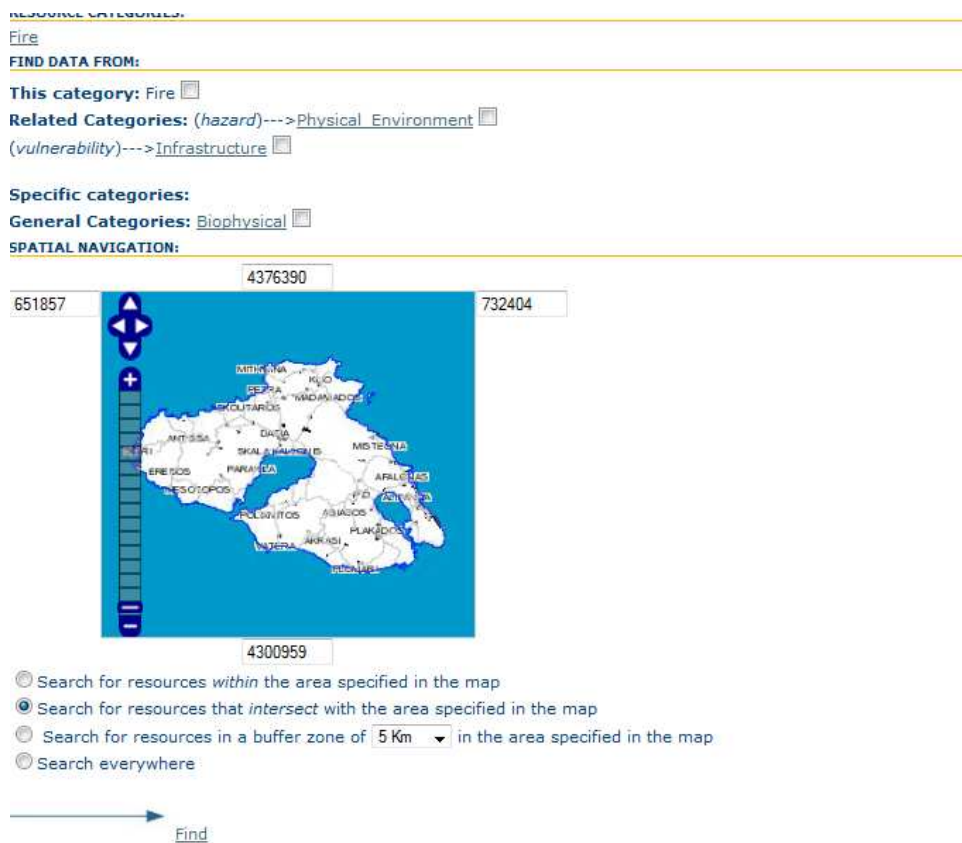
Abstract:At this layer, the fire events on Lesvos island from 1970 till 2005 are represented. Every year, many fires occur on Lesvos island, but sometimes, depended on the circumstances, one fire is enough to destroy thousands of acres . A wildfire, also known as a wildland fire, forest fire, vegetation fire or grass fire, is an uncontrolled fire that pops up fire often occurring in wildland areas, but which can also consume houses or agricultural resources. Common causes include lightning, human carelessness, arson, volcano eruption, and from illegal waste disposal sites. Heat waves, droughts, and cyclical climate changes such as El Nino can also have a dramatic effect on the risk of wildfires. On Lesvos, the main cause of the fire events is the arson and the illegal waste disposal sites. The fire brigade has the responsibility of putting out these fires. After the suppression of a fire, the starting location, the land cover types that were burned, and the acres of the burned area are recorded by the personnel of the fire brigade. These data were used in order to produce this layer.

[View Details](#)

Σχήμα 57- Αποτελέσματα αναζήτησης πληροφοριών στο τρίτο σενάριο αξιολόγησης

Συνεπώς οι φοιτητές είχαν τη δυνατότητα να αντλήσουν διάφορες πληροφορίες σχετικά με πυρκαγιές στην περιοχή της νήσου Λέσβου, μέσα από την πλοήγησή τους στο σύστημα. Πιο συγκεκριμένα (Σχήμα 58):

- μελέτησαν πληροφορίες φυσικού περιβάλλοντος και ανθρωπογενών παραγόντων μέσα από τους σχετικούς υπερσυνδέσμους που συνδέουν εννοιολογικά τις έννοιες Fire, Physical Environment και Infrastructure.
- αναζήτησαν γενικότερες πληροφορίες για τους βιοφυσικούς κινδύνους της περιοχής.
- εξερεύνησαν πόρους με βάση χωρικά κριτήρια, όπως ποιοι πόροι βρίσκονται σε συγκεκριμένες ζώνες από την περιοχή μελέτης ή αυτούς που περιέχονται πλήρως στο εσωτερικό της περιοχής μελέτης.



Σχήμα 58- Σημασιολογική και χωρική πλοήγηση σε συσχετιζόμενες πληροφορίες στο τρίτο σενάριο αξιολόγησης

Με την ολοκλήρωση των παραπάνω δραστηριοτήτων οι φοιτητές κατέγραψαν σε μορφή εργασίας τα συμπεράσματά τους σχετικά με τη λειτουργικότητα του συστήματος. Μετά την επεξεργασία των συμπερασμάτων τους, έγινε καταγραφή των θετικών και αρνητικών εντυπώσεων που τους δημιουργήθηκαν (Πίνακας 8).

ΘΕΤΙΚΑ	ΑΡΝΗΤΙΚΑ
<ol style="list-style-type: none"> 1. Εύκολη εξοικείωση με το περιβάλλον της γεωπύλης 2. Αποτελεσματική εύρεση πληροφοριών 3. Άμεση πλοήγηση σε προτεινόμενες πληροφορίες, με αποτέλεσμα την απόκτηση ολοκληρωμένης και πλήρους γνώσης για κάθε δραστηριότητα. 	Μη υποστήριξη ελληνικής γλώσσας

Πίνακας 7- Γενικά συμπεράσματα από την αξιολόγηση του συστήματος

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή παρουσιάστηκε μια καινοτόμα προσέγγιση στην ανάπτυξη συστημάτων γεωπυλών. Η καινοτομία της προσέγγισης εντοπίζεται στο γεγονός ότι αξιοποιεί τη σημασιολογική οργάνωση των διαθέσιμων μεταδεδομένων για να προσφέρει πρόσβαση σε επιθυμητούς πόρους μέσα από την πλοήγηση σε επίπεδο σημασιολογικό και χωρικό.

Οι συμβατικές τεχνικές αναζήτησης σε γραφικές διεπαφές γεωπυλών στηρίζονται στη σύνθεση επερωτήσεων (querying) με λέξεις κλειδιά ή στον καθορισμό χωρικών κριτηρίων φιλτραρίσματος. Έτσι όμως οι όροι αναζήτησης μπορεί να οδηγήσουν σε εσφαλμένα αποτελέσματα, αφού το νόημα της πληροφορίας ενδέχεται να είναι διαφορετικό μεταξύ των φορέων που τη δημοσιοποίησαν και των χρηστών που την αναζητούν. Η σημασιολογική ετερογένεια κάνει τις τεχνικές αναζήτησης πληροφοριών σε περιβάλλοντα γεωπυλών να έχουν χαμηλή ανάκληση (low recall), δηλαδή υπάρχουν σχετικοί πόροι που δεν υπολογίζονται στην αναζήτηση. Επιπρόσθετα, λόγω ομώνυμων όρων ή λόγω της αδυναμίας έκφρασης σύνθετων επερωτήσεων μέσω λέξεων κλειδιών ενδέχεται να έχουν χαμηλή ακρίβεια (low precision), δηλαδή ορισμένα από τα αποτελέσματα που υπολογίζονται είναι άσχετα με την εκάστοτε αναζήτηση.

Σε αντίθεση με τις συμβατικές μεθόδους αναζήτησης που συχνά δυσκολεύουν τους χρήστες στο να βρουν τις πληροφορίες που επιθυμούν, στην παρούσα εργασία οι εννοιολογικές συσχετίσεις στο επίπεδο της οντολογίας μεταφράζονται, με έναν διάφανο προς το χρήστη τρόπο, σε υπερσυνδέσμους που συνδέουν τις σημασιολογικά συσχετιζόμενες πληροφορίες μέσα από τη γραφική διεπαφή της γεωπύλης. Όσο ο χρήστης πλοηγείται στο σύστημα, η πλοήγησή του συμβαδίζει με τη σημασιολογική οργάνωση των πληροφοριών, βοηθώντας με αυτό τον τρόπο στην αποτελεσματικότερη εύρεση επιθυμητών πόρων.

Με την αξιοποίηση των μηχανισμών πλοήγησης, οι ίδιοι οι χρήστες προσδιορίζουν τη σειρά με την οποία επιθυμούν να αναγνώσουν τις πληροφορίες του συστήματος, κάτι τους επιτρέπει την εξερεύνηση των διαθέσιμων πόρων ακόμα και στην περίπτωση που έχουν μια ασαφή εικόνα για το τι ακριβώς ψάχνουν. Οι μηχανισμοί πλοήγησης δεν επιβάλλουν την προηγούμενη γνώση του πεδίου εφαρμογής της πηγής πληροφοριών ούτε προϋποθέτουν εμπειρία στη χρήση συγκεκριμένων γλωσσών ή περιβάλλοντων αλληλεπίδρασης.

Οι παραπάνω δυνατότητες σημασιολογικής πλοήγησης συνδυάζονται αρμονικά με λειτουργίες χωρικής πλοήγησης. Η χωρική πλοήγηση στηρίζεται στον υπολογισμό πόρων με βάση την τοπολογική συσχέτιση με την εκάστοτε περιοχή αναζήτησης.

Η σύγκριση του συστήματος με άλλα σχετικά συστήματα (διαδικτυακά γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, συστήματα γεωπυλών, οντολογικά συστήματα γεωγραφικών

πληροφοριών και σημασιολογικές πύλες διαδικτύου) αναδεικνύει την καινοτομία της παρούσας εργασίας στην αξιοποίηση κατάλληλων οντολογιών για την πρόσβαση σε επιθυμητούς πόρους μέσα από την πλοήγηση σε επίπεδο σημασιολογικό και χωρικό.

Αν και ο σημασιολογικός ιστός εμφανίστηκε ως μια ιδιαίτερος υποσχόμενη τεχνολογία, δεν έχει καταφέρει ακόμα να καλύψει τις μεγάλες πληροφοριακές ανάγκες των ποικίλων ομάδων χρηστών. Η δυσκολία ενσωμάτωσης των οντολογιών στις σύγχρονες εφαρμογές οφείλεται στη δυσκολία για τη δημιουργία μιας συμφωνίας στο νόημα της διαθέσιμης πληροφορίας. Η διατριβή συνεισφέρει στην εδραίωση της τεχνολογίας του σημασιολογικού ιστού μέσα από τη δημιουργία και αξιοποίηση μια οντολογίας στο πεδίο φυσικών καταστροφών και διαχείρισης δασικών πυρκαγιών. Ο σχεδιασμός της οντολογίας στο πεδίο των δασικών πυρκαγιών και η ανάπτυξη της αντίστοιχης σημασιολογικής γεωπύλης αναδεικνύουν τα χαρακτηριστικά που παρέχει η προτεινόμενη μέθοδος στην ανάπτυξη συστημάτων γεωπυλών. Η επιλογή του πεδίου διαχείρισης φυσικών κινδύνων και ειδικότερα των δασικών πυρκαγιών έγινε λαμβάνοντας υπόψη την αναγκαιότητα για την ολοκληρωμένη ανάλυση και διεπιστημονική προσέγγιση στη διαχείριση των δασικών πυρκαγιών.

Η σημασιολογική γεωπύλη διαχείρισης δασικών πυρκαγιών φιλοδοξεί να αποτελέσει κομβικό σημείο ενοποίησης και διαχείρισης ενός πολύ μεγάλου όγκου πληροφοριών, συνεισφέροντας με αυτόν τον τρόπο στη διάχυση της γνώσης αλλά και στην αποτελεσματικότερη επιχειρησιακή προετοιμασία των εμπλεκόμενων φορέων.

Η χρήση των μηχανισμών σημασιολογικής και χωρικής πλοήγησης κατέδειξε ότι με την προτεινόμενη μεθοδολογία μπορούν να αναπτυχθούν συστήματα γεωπυλών που θα διαθέτουν υψηλούς μηχανισμούς αναζήτησης επιθυμητών πόρων και θα προσφέρουν το κατάλληλο διαδικτυακό περιβάλλον διαμοιρασμού των διαθέσιμων πληροφοριών. Σε αυτό συνεισφέρει και η απλότητα της υλοποίησης που στηρίζεται αποκλειστικά σε συστήματα ανοικτού λογισμικού όπως η αντικειμενοστραφής γλώσσα προγραμματισμού Java που προσφέρει ανεξαρτησία του λειτουργικού συστήματος και της εφαρμογής που αναπτύσσεται, το σύστημα ανοικτού λογισμικού ICS-FORTH RDFSuite που αξιοποιεί τη δηλωτική σημασιολογική γλώσσα RQL υπολογίζοντας τη σημασιολογία της διαθέσιμης πληροφορίας ανεξάρτητα από το εκάστοτε σχήμα οντολογίας που χρησιμοποιείται και το ανοικτό λογισμικό PostGIS, μια επέκταση του συστήματος διαχείρισης βάσεων δεδομένων PostgreSQL που επιτρέπει τη διαχείριση της γεωμετρίας των πληροφοριών.

Στα πλαίσια της παρούσας έρευνας προέκυψε η ανάγκη για περαιτέρω έρευνα. Σημαντική ερευνητική προοπτική αποτελεί η δημιουργία και αξιοποίηση μιας σημασιολογικής γλώσσας επερώτησης για χωρικά δεδομένα. Στην παρούσα διδακτορική διατριβή χρησιμοποιήθηκε η σημασιολογική γλώσσα RQL για τη διαχείριση των RDF μεταδεδομένων της γεωπύλης και τη σημασιολογική πλοήγηση, ενώ για τη χωρική πλοήγηση χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα SQL μέσω της επέκτασής της PostGIS που επιτρέπει τη διαχείριση της γεωμετρίας των

πληροφοριών. Η δημιουργία μιας ενιαίας γλώσσας που θα διαθέτει ταυτόχρονα τη δυνατότητα να διαχειριστεί τα οντολογικά μεταδεδομένα με παράλληλη διαχείριση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών τους, θα απλοποιούσε τους μηχανισμούς αναζήτησης επιθυμητών πόρων στις σημασιολογικές γεωπύλες. Η μέθοδος για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων αναζήτησης γίνεται σε δύο στάδια: Αρχικά γίνεται ο υπολογισμός της σημασιολογικής επερώτησης RQL και της χωρικής επερώτησης postGIS. Στη συνέχεια απαιτείται η σύνθεση (join) των δυο αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τις δυο επερωτήσεις. Το γεγονός αυτό αποτελεί τροχοπέδη στη βελτιστοποίηση των χρόνων απόκρισης του συστήματος. Συνεπώς η ενιαία διαχείριση των σημασιολογικών και χωρικών κριτηρίων αναζήτησης πληροφοριών σε σημασιολογικές γεωπύλες θα παρουσίαζε πολύ μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον. Τα πιθανά σενάρια ενοποίησης των γλωσσών προϋποθέτει είτε την ενσωμάτωση της διαχείρισης των χωρικών χαρακτηριστικών σε μια σημασιολογική γλώσσα επερώτησης, είτε την ενσωμάτωση της διαχείρισης της σημασιολογίας σε μια γλώσσα χωρικών επερωτήσεων.

Επιπρόσθετα, στόχος μελλοντικής έρευνας αποτελεί η αξιοποίηση ανώτερων σημασιολογικών γλωσσών που διαθέτουν μεγαλύτερη εκφραστικότητα σε σχέση με την RDF/S. Η γλώσσα OWL αποτελεί τη βασική γλώσσα ανάπτυξης οντολογιών στο διαδίκτυο. Είναι ένα πιο εξελιγμένο μοντέλο οντολογικής αναπαράστασης σε σχέση με το RDF(S), με μεγαλύτερη εκφραστικότητα και χρήση συλλογισμού (reasoning) για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων. Συνεπώς η χρήση αποκλειστικά του μοντέλου RDF για την ανάπτυξη της οντολογίας είναι δεσμευτικός παράγοντας στην παρούσα μεθοδολογία. Η αξιοποίηση οντολογιών εκφρασμένων στη γλώσσα OWL θα διευκόλυνε την ανάπτυξη σημασιολογικών γεωπυλών για διαφορετικά πεδία εφαρμογής, αφού θα είναι πιο εύκολο να χρησιμοποιηθούν οντολογίες που έχουν ήδη αναπτυχθεί για το συγκεκριμένο πεδίο.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aalders H. (2005). An introduction to metadata for Geographic Information, inside World Spatial Metadata Standards, ICA Elsevier, ISBN-10:0-08-043949-7.
- Aalders H., Salge F., Martynenko A. (2005). European efforts in the field of geographic metadata and related SDI activities, World Spatial Metadata Standards, ICA Elsevier.
- Aditya, T., Kraak, M. (2005). Reengineering the Geoportal: Applying HCI and Geovisualization Disciplines, paper presented to 11th EC-GI & GIS Workshop, ESDI: Setting the Framework.
- Alexaki, S., Athanasis, N., Christophides, V., Karvounarakis, G., Magkanaraki, A., Plexousakis, D., Tolle, K. (2002). The ICS-FORTH RDFSuite: High-level Scalable Tools for the Semantic Web, ERCIM News, No. 51.
- Andrei, M., Berre, A., Costa, L., Duchesne, P., Fitzner, D., Grcar, M., Hoffmann, J., Klien, E., Langlois, J., Limyr, A., Maue, P., Schade, S., Steinmetz, N., Tertre, F., Vasiliu, L., Zaharia, R., Zastavni, N. (2008) SWING: An Integrated Environment for Geospatial Semantic Web Services, in Demo Proceedings of the 5th European Semantic Web Conference (ESWC'08), Tenerife, Spain.
- Andrews, P.L., Bevins, C.D., Seli, R.C. (2003). BehavePlus fire modeling system User's Guide, v. 2.0. USDA, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report RMRS-GTR-106WWW. Ogden, UT.
- Antoniou, G., Harmelen, F. (2004). A Semantic Web Primer. MIT Press, Cambridge, 238 pp.
- Arpinar, B., Sheth, A., Ramakrishnan, C., Usery, L., Azami, M., Kwan, M.-P. (2004). Geospatial Ontology Development and Semantic Analytics. In J. P. Wilson & A. S. Fotheringham (Eds.), Handbook of Geographic Information Science: Blackwell Publishing.
- Athanasis, N. (2004). SWPG: Semantic web portal generator, 2004, Master of Science Thesis, Dept. of Computer Science, University of Crete.
- Athanasis, N., Christophides, V., Kotzinos, D. (2004). Generating on the fly queries for the Semantic Web: the ICS-FORTH Graphical RQL Interface (GRQL). In: Proceedings of the Third International Semantic Web Conference, ISWC'04, Hiroshima, Japan, pp. 486–501.

- Βαΐτης, Μ. (2001). Μοντέλα δομημένου υπερκειμένου και χρήση τους στην πλοήγηση και διαλειτουργικότητα βάσεων δεδομένων. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Σχολή Πολυτεχνική, Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής.
- Βαΐτης, Μ., Κουκουρουβλή, Ν., Σίμος, Δ. (2008). Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Υποδομής Χωρικών Δεδομένων Για την Υποστήριξη της Εκπαίδευσης, 5^ο Πανελλήνιο Συνέδριο, Γεωγραφικά Συστημάτων Πληροφοριών Περιβάλλον και Ανάπτυξη.
- Bechhofer, S., Horrocks, I., Goble, C., Stevens, R. (2001). OILED: a Reason-able Ontology Editor for the Semantic Web. Proceedings of KI2001, Joint German/Austrian conference on Artificial Intelligence, September 19-21, Vienna. Springer-Verlag LNAI Vol. 2174, pp 396-408.
- Beneventano, D., Bergamaschi, S. (2004). The MOMIS methodology for integrating heterogeneous data sources, in: IFIP Congress Topical Sessions, pp. 19-24.
- Benjamins, V. R., Fensel, D., & Gomez-Perez, A. (1998). Knowledge management through ontologies. In Second international conference on practical aspects of knowledge management, Basel, Switzerland.
- Bennett, B., Cristani, M. (2004). Spatial Cognition and Computation: special issue on spatial vagueness, uncertainty and granularity. Spatial Cognition and Computation, Springer.
- Bermudez, L., Piasecki, M. (2006). Metadata Community Profiles for the Semantic Web. *Geoinformatica* 10, 2, pp. 159-176.
- Bernard, L., Kanellopoulos, I., Annoni, A., Smits, P. (2005). The European Geoportal—One Step towards the Establishment of a European Spatial Data Infrastructure,” *Computers, Environment, and Urban Systems*, vol. 29, pp. 15-31.
- Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila O. (2001). The Semantic Web. *Scientific American*.
- Bermudez, L. (2004), ONTOMET: ontology metadata framework, Drexel University, Philadelphia, PA, PhD thesis.
- Bieber, M., Vitali, F., Ashman, H., Balasubramanian, V., Oinas-Kukkonen, H. (1997). Fourth generation hypermedia: some missing links for the World Wide Web, *International Journal of Human-Computer Studies*, v.47 n.1, p.31-65.

- Bishr, Y. (1998). Overcoming the semantic and other barriers to GIS interoperability. *International Journal of Geographical Information Science* 124, pp. 299–314.
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., Wisner, B. (1994). *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Routledge, London.
- Braga D., Campi A., Ceri S. (2004). XQBE: A Graphical Interface for XQuery Engines. In *Proceeding of the 9th International Conference on Extending Database Technology (EDBT)*, Heraklion, Crete, Greece.
- Bray, T., Paoli J., Sperberg-McQueen, C. M., Maler E. (2000). *Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Second Edition)*, W3C Recommendation.
- Brickley, D., Guha, R.V. (2000). *Resource Description Framework Schema (RDF/S) Specification 1.0*. W3C Candidate Recommendation.
- Brickley D., Guha R.V., McBride B. (2004). *RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema*, W3C Recommendation.
- Broekstra, J., Kampman, A., van Harmelen, F. (2002) *Sesame: A Generic Architecture for Storing and Querying RDF and RDF Schema*. In Ian Horrocks and James Hendler, editors, *Proceedings of the first International Semantic Web Conference (ISWC 2002)*, number 2342 in *Lecture Notes in Computer Science*, pages 54–68, Sardinia, Italy, June 9 – 12, Springer Verlag, Heidelberg Germany.
- Burton, I. Kates, R.W, White, G.F. (1978). *The environment as hazard*. Oxford University Press, New York.
- Cannon, T. (1994). Vulnerability analysis and the explanation of “natural” disasters. Pp. 13-30 in A. Varley (ed.), *Disasters, development and environment*. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Carey M., Haas L., Maganty V., Williams J. (1996). PESTO: An Integrated Query/Browser for Object Databases. In *Proceedings of the 22nd International Conference on Very Large Data Bases (VLDB)*.
- Chang S., Lee D., Kim H. A. (1998). Visual Browse/Query Tool for Navigating and Retrieving Multimedia Data on Object Databases. In *Proceedings of the First International Conference on Advanced Multimedia Content Processing Osaka, Japan*.
- Córcoles, J.E., González, P. (2004). Using RDF to query spatial XML. In: *Proceedings of the Fourth International Conference on Web Engineering, ICWE 2004*, Munich, Germany, pp. 316–329.

- Cutter, S.L., Mitchell, J.T., Scott, M.S. (2000). Revealing the vulnerability of people and places: a case study of Georgetwon County, South Carolina. *Annals of the Association of American Geographers* 90(4):713-737.
- Dini, L., Peters, W., Liebwald, D., Schweighofer, E., Mommers, L., and Voermans, W. (2005). Cross-lingual legal information retrieval using a WordNet architecture. In *Proceedings of the 10th international Conference on Artificial intelligence and Law (Bologna, Italy, June 06 - 11, 2005)*. ICAIL '05. ACM, New York, NY, 163-167.
- Doerr M. (2001). Semantic Problems of Thesaurus Mapping, *Journal of Digital Information*, pp. 1-8.
- Δρόσος, Ε. (2008). Σύγκριση λογισμικών. Web GIS Web GIS software comparison 175 σ., Μεταπτυχιακή Διατριβή - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Διεπιστημονικό - Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (Δ.Π.Μ.Σ.) "Γεωπληροφορική".
- Egenhofer, M. J. (2002). Toward the semantic geospatial web. In *Proceedings of the 10th ACM international Symposium on Advances in Geographic information Systems (McLean, Virginia, USA, November 08 - 09, 2002)*. GIS '02. ACM, New York, NY, 1-4.
- ΕΥΓΕΠ. (2004). "Οργάνωση Συστήματος και Δεδομένων της Ε.Υ.Γε.Π". Τελική Έκθεση.
- Ζάρδας Γεώργιος. (2009). Ανάπτυξη προσαρμοστικών υπερμεσικών πληροφοριακών συστημάτων εκπαίδευσης στο διαδίκτυο, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών. Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής. Διδακτορική διατριβή.
- Fabrikant, S.I. (2001). Building task-ontologies for geovisualization. Discussion paper, ICA Pre-Conference Workshop on Geovisualization on the Web, 3 - 4 August 2001, Beijing, China.
- Fensel, D. (2003). *Ontologies: a Silver Bullet for Knowledge Management and Electronic Commerce*. 2. Springer-Verlag New York, Inc.
- Fernández-López, M., Gómez-Pérez, A., Pazos-Sierra, A., Pazos-Sierra, J. (1999). Building a Chemical Ontology Using METHONTOLOGY and the Ontology Design Environment. *IEEE Intelligent Systems & their applications*, pp. 37-46.

- Fonseca, F., Egenhofer, M., Davis, C., Camara G. (2002) (a). Semantic granularity in ontology-driven geographic information systems. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, 36, pp. 121–151.
- Fonseca, F. T., Egenhofer, M. J., Agouris, P., Camara, G. (2002) (b). Using Ontologies for Integrated Geographic Information Systems. *Transactions in GIS*, 6(3).
- Frank, A. (2003). Ontology for spatio-temporal Databases. In M. Koubarakis et al. (Eds.), *Spatiotemporal Databases: The Chorochronos Approach* (Vol. 2520, pp. 9-77).
- Genesereth, M. R. Fikes, R. E. (1994). *Knowledge Interchange Format (KIF) Version 3.0 Reference Manual*.
- GINIE. (2003). Πανεπιστήμιο Sheffield – USFD, Στρατηγικές για τη Γεωγραφική Πληροφορία στην Ευρώπη: Κατευθυντήριες Γραμμές, GINIE: Δίκτυο Γεωγραφικής Πληροφορίας στην Ευρώπη.
- Gruber, T. (1993). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 43, pp. 907–928.
- Gruman, G., Knorr, E. (2008). What Cloud Computing really means. Technical report, Info World Inc.
- Guarino, N. (1998). Formal Ontology in Information Systems: Proceedings of the 1st International Conference June 6-8, 1998, Trento, Italy, Vol. 1,
- Guimet, J. (2004). Four rules to set up a basic (local) SDI: the process of creation of the spatial data infrastructure of Catalonia (CSDI/IDEC) – experiences and conclusions, Proceedings of GSDI 7, Bangalore, India.
- Hadzilakos, T., Halaris, G., Kavouras, M., Kokla, M., Panapoulos, P., Paraschakis, I, Sellis, T., Tsoulos, L., Zervakis, M. (2000). Interoperability and definition of a national standard for geospatial data: the case of the hellenic cadastre, *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, Vol. 2(2):120-128.
- Heflin, J., Hendler, J., Luke, S. (1999). SHOE: A Knowledge Representation Language for Internet Applications. Technical Report CS-TR-4078 (UMIACS TR-99-71).
- Hochmair, H. (2005). Ontology matching for spatial data retrieval from Internet portals. In: Proceedings of Geospatial Semantics. Lecture Notes in Computer Science 3799, Mexico City, Mexico, pp. 166–182.

- INSPIRE (2007). DT Metadata – Draft Implementing Rules for Metadata, Infrastructure for Spatial Information in Europe,
- Islam, A.K.M.S, Bermudez, L.E, Piasecki, M. (2004). Ontology for Geographic Information - Metadata (ISO 19115).
- Janowicz, K., Wilde, M. (2004). Why Environmental Metadata Description Needs Ontologies. Environmental Informatics Archives, Volume 2/2004, EIA04-01 ISEIS Publication #002. pp. 140-150.
- Jones, C.B., Abdelmoty, A.I., Fu, G. (2003). Maintaining ontologies for geographical information retrieval on the web, in Meersman, R.; Tari, Z.; Schmidt, D. C. (Eds.) On The Move to Meaningful Internet Systems 2003: CoopIS, DOA, and ODBASE Ontologies, Databases and Applications of Semantics, ODBASE 03, Catania, Italy, Lecture Notes in Computer Science 2888, ISBN: 3-540-20498-9 934-951.
- Καλαμποκίδης, Κ.Δ. και Ν. Στάμου. (1996). Ανάλυση και σχεδιασμός αντιμετώπισης του φαινομένου των δασικών πυρκαγιών στο Αιγαίο. Στα Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου, “Αξιοποίηση Δασικών Πόρων”, 11-13 Οκτωβρίου 1995, Καρδίτσα. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη. Σελ. 558-567.
- Καλαμποκίδης, Κ.Δ. (2010). Σημειώσεις Μαθήματος: «Γεωγραφία Φυσικών Καταστροφών». Τμήμα Γεωγραφίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Kalabokidis, K.D. (2004). Automated forest fire and flood hazard protection system. Disaster management: linking people and the environment. Geoinformatics 7(2):14-17.
- Karvounarakis, G., Alexaki, S., Christophides, V., Plexousakis, D., Scholl, M. (2002). A Declarative Query Language for RDF, The Eleventh International, World Wide Web Conference (WWW'02).
- Kavouras, M. (2003). A unified ontological framework for semantic integration, in: Proceedings of the International Workshop on Next Generation Geospatial Information, Cambridge (Boston), MA, USA, pp. 19–21.
- Kavouras, M., Kokla, M. (2002). A method for the formalization and integration of geographical categorizations, International Journal of Geographical Information Science, 16(5), pp. 439 – 453.

- Kavouras, M., Kokla, M. (2008). *Theories of Geographic Concepts: Ontological Approaches to Semantic Integration*", CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA.
- Klein, M., Bernstein, A. (2004). Toward high-precision service retrieval, *IEEE Internet Computing* 8 (1), pp. 30–36.
- Klien, E., Lutz, M., Einspanier, U., Hübner, S. (2004). An Architecture for Ontology-Based Discovery and Retrieval of Geographic Information. In: Toppen, F. and Painho, M. (eds.). *Proceedings of the 7th Conference on Geographic Information Science (AGILE 2004)*, Heraklion, Greece, pp. 179-188.
- Klien, E., Lutz, M., Kuhn, W. (2006) Ontology-based discovery of geographic information services: an application in disaster management. *Computer, Environment and Urban Systems* 30, pp. 102-123.
- Klien, E., Probst, F. (2005). Requirements for Geospatial Ontology Engineering, 8th Conference on Geographic Information Science (AGILE 2005), pp. 251-260.
- Kobsa, A., Koenemann, J., Pohl, W. (2001). Personalized Hypermedia Presentation Techniques for Improving Online Customer Relationships. *The Knowledge Engineering Review* 16(2), 111-155.
- Κόκλα Μ. (2004). Ένα Οντολογικό Πλαίσιο για τη Σημασιολογική Ολοκλήρωση Γεωγραφικών/Χαρτογραφικών Βάσεων Δεδομένων, (με Μ. Κάβουρα), Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Εταιρείας Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, 11 & 12 Μαρτίου, Αθήνα.
- Κόκλα Μ. (2010). Διαλειτουργικότητα - Ολοκλήρωση Γεωγραφικών Οντολογιών. Σημειώσεις μαθήματος «Χωρικές Βάσεις Δεδομένων» του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών "Γεωπληροφορική" του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.
- Kokla, M., Kavouras, M. (2002). Extracting Latent Semantic Relations from Definitions to Disambiguate Geographic Ontologies, *GIScience 2002*, 2nd International Conference on Geographic Information Science, Boulder, Colorado, USA.
- Kokla, M., Kavouras, M. (2001). Fusion of top-level and geographic domain ontologies based on context formation and complementarity, *International Journal of Geographical Information Science*, 15(7): 679-687.

- Kokla, M. (2006). Guidelines on Geographic Ontology Integration” Proceedings of the ISPRS Technical Commission II Symposium, 12-14 July, 2006, Vienna Austria.
- Kolas, D., Hebel, J. and Dean, M. (2005). Geospatial Semantic Web: architecture of ontologies. In: Proceedings of the First International Conference on GeoSpatial Semantics, Springer. pp. 183-194.
- Kotzinos, D., Pediaditaki, S., Apostolidis, A., Athanasis, N., Christophides, V. (2005). Online curriculum on the Semantic Web: the CSD-UoC Portal for peer-to-peer e-learning. In: Proceedings of the 14th International World Wide Web Conference, WWW’05, Chiba, Japan, pp. 307–314.
- Κολλάρας, Ν. (2007). Ο Σημασιολογικός Ιστός. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Lagoze, C., Van de Sompel, H., Nelson, M. L., Warner, S. (2001). The Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting.
- Lassila, O., Swick, R. (2001). Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax Specification.
- Lausen, H., Stollberg, M., Hernandez, R. L., Ding, Y., Han, S.-K., Fensel, D. (2004). Semantic Web Portals - State of the Art Survey, Technical Report, University of Innsbruck.
- Lee, Y.C., Chan, H.C.E. (2000). Spatial metadata and its management. In: Proceedings of the International Symposium on Spatial Data Quality. *Geomatica* 54(4), 451–462.
- Longley P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., Rhind, D. W. (2005). *Geographic Information Systems and Science* (second edition). 517(+xvii) pp. Chichester, Wiley.
- Lorenz, B., Ohlbach H. J., Yang L. (2005). *Ontology of Transportation Networks*, REWERSE-DEL-2005-A1- D4, (Lorenz B., editor).
- Lutz, M., Klien, E. (2006). Ontology-Based Retrieval of Geographic Information. *International Journal of Geographical Information Science* 20(3): 233-260.
- Lutz, M., Riedemann, C., Probst, F. (2003). A classification framework for approaches to achieving semantic interoperability. In COSIT 2003, Ittingen, Switzerland.

- Marchionini, G. (1996). Resource search and discovery, Getty Art History Information Program. Research Agenda for Networking Cultural Heritage, Santa Monica, CA, pp. 35-40.
- Maguire, D.J., Longley, P.A., (2005). The emergence of geoportals and their role in spatial data infrastructures. *Computers, Environment and Urban Systems* 29 (1), 3–14.
- Marshall, C. C., Shipman, F. M. (1997). Spatial hypertext and the practice of information triage. In *Proceedings of the Eighth ACM Conference on Hypertext* (Southampton, United Kingdom, April 06 - 11, 1997). M. Bernstein, K. Østerbye, and L. Carr, Eds. *HYPertext '97*. ACM, New York, NY, 124-133. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/267437.267451>
- Martin, D., Longley, P.A., Batty, M. (eds.). (2004). [Book review] Paul A. Longley and Michael Batty (Eds) (2003) *Advanced spatial analysis: the CASA book of GIS*. *Urban Studies*, 41, (11), 2285-2286.
- McGuinness, D., Fikes, R., Rice, J., Wilder, S (2000). The Chimaera Ontology Environment. In the *Proceedings of The Seventeenth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI 2000)*. Austin, Texas.
- McGuinness, D. L. van Harmelen, F. (2004). *OWL Web Ontology Language Overview*. W3C Recommendation.
- Métral C, Billen R, Cutting-Decelle A-F, van Ruymbeke M (2010) Ontology-based approaches for improving the interoperability between 3D urban models, *ITcon Vol. 15, Special Issue Bringing urban ontologies into practice* , pg. 169-184.
- Moreno-Sanchez, R. (2009). The Geospatial Semantic Web: What are its implications for geospatial information users? Chapter XXX In: *Handbook of Research on Social Dimensions of Semantic Technologies and Web Services*. IGI Global, Hershey, PA.
- Munroe, K., Papakonstantinou, Y. (2002). BBQ: A Visual Interface for Browsing and Querying XML. In *Proceedings of the 5th IFIP 2.6 Working Conference on Visual Database Systems Fukuoka – Japan*.
- Nebert, D. (2000). Technical Working Group Chair, GSDI, *Developing Spatial Data Infrastructures: The SDI Cookbook*.

- Nelson, T. H. (1987). All for one and one for all. In Proceedings of the ACM Conference on Hypertext (Chapel Hill, North Carolina, United States). HYPERTEXT '87. ACM, New York.
- NISO. (2004). National Information Standards Organisation, Understanding metadata, NISO Press.
- Noy, N., Musen, M. (2000). PROMPT: Algorithm and Tool for Automated Ontology Merging and Alignment. AAAI/IAAI , pp. 450-455
- Ostensen, O.M., Smits, P.C. (2002). ISO/TC211: Standardisation of geo-graphic information and geo-informatics. Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '02, IEEE International 1, pp. 261–263.
- Piepel G. (2001). Datenhaltung und Datenzugriff für interoperable Geodatenkataloge, Diplomarbeit am Fachbereich Geowissenschaften im Studiengang Diplom-Landschaftsökologie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster
- Pyne, S.J., Andrews, P.L., Laven, R.D. (1996). Introduction to Wildland Fire 2nd ed. Wiley & Sons, NY.
- Raggett, D., Hors. A., Jacobs, I. (1999). HTML 4.0.
- Ram, S., Khatri, V., Zhang, L., and Zeng, D. D. (2002). GeoCosm: A Semantics-Based Approach for Information Integration of Geospatial Data, in the Proceedings of the Workshop on Data Semantics in Web Information Systems (DASWIS2001). Editors: Kamal Karlapalem and Mukesh Mohania, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2465, pp. 152-165, Springer.
- Ressler, J., Dean, M., Kolas, D. (2007). Geospatial Ontology Trade Study, The National Center for Ontological Research (NCOR) "Ontology for the Intelligence Community" conference, Columbia, Maryland.
- Sadeh, T., Walker, J. (2003). Library portals: toward the semantic web, New Library World, Vol. 104 Nos 1184/1185, pp. 11-19.
- Σαραφίδης, Δ., Παρασχάκης, Ι. (2008). Δημιουργία και εφαρμογή ενός προτύπου Μεταδεδομένων για την τεκμηρίωση των ψηφιακών χωρικών δεδομένων του εθνικού κτηματολογίου με βάση τις σύγχρονες απαιτήσεις.
- Σαραφίδης, Δ. (2008). Δημιουργία και εφαρμογή ενός πρότυπου μεταδεδομένων για την τεκμηρίωση των ψηφιακών χωρικών δεδομένων του Εθνικού Κτηματολογίου, Διδακτορική διατριβή.

- Schade, S., Maué, P. (2008). Standardizing the Geospatial Semantic Web? Position paper at the Workshop "Semantic Web meets Geospatial Applications", held in conjunction with AGILE 2008.
- Schroeder, M.J., Buck, C.C. (1970). Fire Weather. Agriculture Handbook 360. USDA Forest Service, Washington D.C.
- Sure, Y., Angele, J., Staab, S. (2002). OntoEdit: Guiding Ontology Development by Methodology and Inferencing. CoopIS/DOA/ODBASE 2002: 1205-1222
- SWEET. (2005). Semantic web for earth and environmental terminology (SWEET). Available at <http://sweet.jpl.nasa.gov/index.html>.
- Tait, M. (2005). Implementing geoportals: applications of distributed GIS, Computers, Environment and Urban Systems, Volume 29, Issue 1, Geoportals, January, Pages 33-47, ISSN 0198-9715.
- Tomai, E., Kavouras, M. (2004). From Onto-GeoNoesis to Onto-Genesis The Design of Geographic Ontologies, Geoinformatica, 8(3): pp. 285-301.
- Uschold M., King M., (1995). Towards a Methodology for Building Ontologies. In Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing. International Joint Conference on Artificial Intelligence.
- Uschold, M. (1998). Knowledge level modelling: concepts and terminology, The Knowledge Engineering Review 73 (1), pp. 5–29.
- Visser, P., Beer, M., Bench-Capon, T., Diaz, B., Shave, M. (1999). Resolving Ontological Heterogeneity in the KRAFT Project, Proceedings of the 10th International Conference on Database and Expert Systems Applications, pp.668-677.
- Vlachos, E.C., Correia, F.N (coords). (2000). Shared water systems and transboundary issues. Luso-American Development Foundation, Lisbon.
- Vlachos, E.C., Braga, B. (2001). The challenge of Urban Water Management. In: Frontiers in Urban Water Management: Deadlock or Hope. C. Makcimovic and G.A. Tejada-Juibert, Eds. IWA Publishing, London, UK.
- Vögele, T., Hübner, S., Schuster, G. (2003). BUSTER - An Information Broker for the Semantic Web. Künstliche Intelligenz 3 ("Semantic Web"): 31-34.
- Wiegand, N. (2007). Semantic web for geospatial e-government portals. In Proceedings of the 8th Annual international Conference on Digital Government Research: Bridging Disciplines & Domains (Philadelphia,

- Pennsylvania, May 20 - 23, 2007). dg.o, vol. 228. Digital Government Society of North America, 298-299.
- Wiegand, N., Garcia, C. (2007) A Task-Based Ontology Approach to Automate Geospatial Data Retrieval. T. GIS 11(3): 355-376
- Wiegand, N., Zhou, N., Cruz, I. F., and Sunna, W. (2004). A web query system for heterogeneous government data. In Proceedings of the 2004 Annual National Conference on Digital Government Research (Seattle, WA, May 24 - 26, 2004). dg.o, vol. 262. Digital Government Society of North America, 1-10.
- Winkler, R. (2001). SAP DESIGN GUILD Portals - The All-In-One Web Supersites: Features, Functions, Definitions, Taxonomy, Ramona Winkler, Product Design Center, SAP AG.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Η οντολογία διαχείρισης δασικών πυρκαγιών

```
<?xml version="1.0"?>

<!-- This schema cannot be validated by VRP because VRP doesn't
support Enumeration and Thesaurus.-->
<rdf:RDF xml:lang="en"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:rdfsuite="http://139.91.183.30:9090/RDF/rdfsuite.rdfs#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xml:base="http://195.251.137.97:8050/rdfdata/IAN10/schema.rdf
#" >

<rdfs:Class rdf:ID="Information_Resources">
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Natural_Risk">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Information_Resources"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Climatic">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Natural_Risk"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Geological">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Natural_Risk"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Atmospheric">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Climatic"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Storm">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Atmospheric"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Biophysical">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Climatic"/>
</rdfs:Class>
```

```
<rdfs:Class rdf:ID="Fire">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Natural_Risk"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Hydrological">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Natural_Risk"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Flood">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Hydrological"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Draught">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Hydrological"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Landslide">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Geological"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Volcanoe">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Geological"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Earthquake">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Geological"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Erosion">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Geological"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Infrastructure">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Information_Resources"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="fuel_break">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Infrastructure"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Fire_management">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Infrastructure"/>
</rdfs:Class>
```

```

<rdfs:Class rdf:ID="Ownership_and_jurisdiction">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Infrastructure"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="firefighting_outposts">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Fire_management"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="firefighting_vehicles">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Fire_management"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Urban_areas">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Infrastructure"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="High_Danger_areas">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Infrastructure"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Power_lines">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#High_Danger_areas"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Gas_stations">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#High_Danger_areas"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Landfills">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#High_Danger_areas"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Army_activities">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#High_Danger_areas"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Road_Network">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Infrastructure"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="ownership_and_jurisdiction">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Infrastructure"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Land_Uses">

```

```

    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Infrastructure"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Physical_Environment">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Information_Resources"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Meteorology_and_Climate">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#InformationResources"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Weather_Monitoring">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Meteorology_and_Climate"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Weather_Prediction">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Meteorology_and_Climate"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Vegetation">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Information_Resources"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Cover_types">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Vegetation"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Fuel_models">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Vegetation"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Topography">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Information_Resources"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="contours">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Topography"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Elevation_models">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Topography"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Coast_lines">

```

```

<rdfs:subClassOf rdf:resource="#Topography"/>
</rdfs:Class>

<rdfs:Class rdf:ID="Hydrographic_Network">
<rdfs:subClassOf rdf:resource="#Topography"/>
</rdfs:Class>

<rdf:Property rdf:ID="vulnerability">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Natural_Risk"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#Infrastructure"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="hazard">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Natural_Risk"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#Physical_Environment"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="meteorology_factor">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Physical_Environment"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#Meteorology"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="topology_factor">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Physical_Environment"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#Topography"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="vegetation_factor">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Physical_Environment"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#Vegetation"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="ISO_Dataset_title_M">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="ISO_Dataset_Reference_Date_M">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#date"/>

```

```

</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="ISO_Dataset_Responsible_party_O">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="ISO_Dataset_language_M">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="ISO_Dataset_Character_set_C">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="ISO_Dataset_topic_category_M">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="ISO_Dataset_Spatial_resolution_O">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="ISO_Dataset_Abstract_M">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="ISO_Distribution_Format_O">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property
rdf:ID="ISO_Additional_extent_information_for_the_dataset_O">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>

```



```

<rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="ISO_Spatial_Represenation_type_O">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="ISO_Reference_System_O">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="ISO_Lineage_O">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="ISO_Online_Resource_O">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="ISO_Metadata_file_identifier_O">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Informaion_Resources"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="ISO_Metadata_standard_name_O">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="ISO_Metadata_standard_version_O">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="ISO_Metadata_language_C">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>

```

```
<rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="ISO_Metadata_character_set_C">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="ISO_Metadata_point_of_contact_M">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="ISO_Metadata_date_stamp_M">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#date"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="north_lat">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="south_lat">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="west_long">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float"/>
</rdf:Property>

<rdf:Property rdf:ID="east_long">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Information_Resources"/>
  <rdfs:range
rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float"/>
</rdf:Property>
```

```
</rdf:RDF>
```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

Ενδεικτικές έγκριτες εργασίες (Science Citation Index)

- Athanasis, N., Kalabokidis, K., Vaitis, M., Soulakellis, N. (2005). The emerge of semantic geoportals. *Lecture Notes in Computer Science* 3762:1127-1136.
- Athanasis, N., Kalabokidis, K., Vaitis, M., Soulakellis, N. (2009). Towards a semantics-based approach in the development of geographic portals. *Computers and Geosciences* 35(2):301-308.

Athanasis, N., Kalabokidis, K., Vaitis, M., Soulakellis, N. (2005). The emerge of semantic geoportals. *Lecture Notes in Computer Science* 3762:1127-1136.

Athanasis, N., Kalabokidis, K., Vaitis, M., Soulakellis, N. (2009). Towards a semantics-based approach in the development of geographic portals. *Computers and Geosciences* 35(2):301-308.

