



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών



Διπλωματική εργασία
Ανάπτυξη οντολογίας για την φωτοερμηνευτική αναγνώριση των
κατηγοριών Δάση και ημι-φυσικές περιοχές, Υγρότοποι και Υδάτινες
επιφάνειες του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Corine Land Cover

Ξυλάκης Ι. Εμμανουήλ

Επιβλέπων καθηγητής
Αργιαλάς Δημήτριος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ | Οκτώβριος 2012



National Technical University of Athens

School of Rural and Surveying Engineering

Diploma Thesis
Ontology development for photointerpretation of Corine Land Cover
classes: Forests and semi-natural areas, Wetlands and Water bodies

Xylakis I. Emmanouil

Supervisor
Argialas Dimitrios
Professor N.T.U.A.

ATHENS | October 2012

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώνει μετά από πέντε χρόνια τον κύκλο σπουδών μου στη Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Η εργασία αυτή εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2011-2012 και στόχο έχει την ανάπτυξη μιας οντολογίας για την φωτοερμηνευτική αναγνώριση των κατηγοριών κάλυψης γης Δάση και ημι-φυσικές περιοχές, Υγρότοποι και Υδάτινες επιφάνειες του Ευρωπαϊκού προγράμματος Corine Land Cover.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω αρκετούς ανθρώπους οι οποίοι συνέβαλαν στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας. Ειδικότερα, τον κ. Δημήτριο Αργιαλά, καθηγητή της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Ε.Μ.Π., για την επίβλεψη και τη συνεχή καθοδήγηση της παρούσας εργασίας.

Ευχαριστίες επίσης, πρέπει να αποδοθούν στον κ. Αργυρό Αργυρίδη, υποψήφιο διδάκτορα, για τη σημαντική συμβολή του στην υλοποίηση του πειραματικού μέρους της εργασίας. Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα μέλη του Εργαστηρίου Φωτοερμηνείας και Τηλεπισκόπησης της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, για την πολύτιμη βοήθεια τους καθ' όλη τη διάρκεια πραγματοποίησης της εργασίας, καθώς και τα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής κ. Μαρίνο Κάβουρα και κ. Κωνσταντίνο Καραντζάλο. Τον κ. Κάβουρα ευχαριστώ και για την έμμεση συμβολή μέσω άρθρων, διατριβών και διπλωματικών του σε θέματα οντολογιών.

Τέλος, θερμές ευχαριστίες οφείλω στην οικογένειά μου αλλά και σε όσους ήταν δίπλα μου καθ' όλη τη διάρκεια συγγραφής. Η προσπάθειά μου δεν θα ολοκληρωνόταν χωρίς τη στήριξη και την αγάπη αυτών των προσώπων.

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναπτύσσεται μια οντολογία για την καθοδήγηση αρχάριων ερμηνευτών στην φωτοερμηνευτική αναγνώριση των κατηγοριών Δάση και ημι-φυσικές περιοχές, Υγρότοποι και Υδάτινες επιφάνειες του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Corine Land Cover.

Συγκεκριμένα, το βασικό αντικείμενο της εργασίας ήταν αρχικά η συγκέντρωση της φωτοερμηνευτικής γνώσης που αφορούσε τις κατηγορίες του Corine Land Cover και στη συνέχεια η ανάπτυξη μιας οντολογίας για αυτήν, με το συντάκτη οντολογιών Protégé. Η φωτοερμηνευτική γνώση βασίστηκε στα εγχειρίδια του Corine Land Cover και στο Wiki του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Π., το οποίο πρόσφατα μετατράπηκε σε Semantic Wiki με ειδικές επισημάνσεις για τα φωτοαναγνωριστικά χαρακτηριστικά όλων των κλάσεων του Corine Land Cover. Επίσης, έγινε μια προσπάθεια εξαγωγής ιδιαίτερων γεωγραφικών σχέσεων μεταξύ των κατηγοριών εδαφοκάλυψης του Corine Land Cover για την περιοχή της Κρήτης προκειμένου να επαληθευτούν ορισμένα στοιχεία της βάση γνώσης της οντολογίας που δημιουργήθηκε.

Η οντολογία αυτή, αναπαριστά τις κατηγορίες του Corine Land Cover ως έννοιες και τα φωτοαναγνωριστικά χαρακτηριστικά για την αναγνώριση τους ως ιδιότητες των εννοιών αυτών. Έπειτα, στο περιβάλλον συντάκτη της οντολογίας ένας άπειρος φωτοερμηνευτής είναι δυνατόν να υποβάλλει ερωτήματα στο σύστημα σχετικά με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της κάλυψης εδάφους/χρήσεις γης και να επαληθεύσει την κατηγορία (1^{ου}, 2^{ου} ή 3^{ου} επιπέδου) του Corine Land Cover την οποία υποδεικνύει το σύστημα.

Η εργασία αυτή χωρίζεται σε τέσσερις ενότητες. Συγκεκριμένα, στην 1^η ενότητα επεξηγείται ο στόχος και η δομή της παρούσας εργασίας. Στη 2^η ενότητα, περιγράφονται οι βασικές έννοιες που θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια. Έτσι, κάποιος με γενικές γνώσεις στους τομείς της Τηλεπισκόπησης, των Οντολογιών και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) να είναι σε θέση να κατανοήσει τη ροή της εργασίας. Περιγράφονται έννοιες, όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη, η Αναπαράσταση Γνώσης και η Περιγραφική Λογική που αποτελούν τη βάση των οντολογιών. Επίσης, αναλύονται οι βασικές έννοιες των οντολογιών, καθώς και τα διάφορα εργαλεία ανάπτυξής τους με εκτενή αναφορά στον συντάκτη οντολογιών Protégé. Ακολουθεί μια σύντομη εισαγωγή στις Χωρικές Βάσεις Δεδομένων, στα σημαντικότερα στοιχεία της θεωρίας των φωτοερμηνευτικών κλειδίων και στο τέλος αυτής ενότητας παρουσιάζονται το πρόγραμμα Corine Land Cover και τα χαρακτηριστικά του.

Στην 3^η ενότητα, αναλύεται διεξοδικά η μεθοδολογία για τη δημιουργία της οντολογίας στο πρόγραμμα Protégé. Αρχικά, εξετάζονται οι κατηγορίες του Corine Land Cover και η βάση γνώσης που δημιουργήθηκε. Ακολουθεί μια εισαγωγή στο Wiki του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης και ο τρόπος εισαγωγής δεδομένων σε αυτό. Το κεφάλαιο συνεχίζει με έναν οδηγό για τη δημιουργία μιας οντολογίας στο πρόγραμμα Protégé και τον τρόπο υποβολής ερωτημάτων σε αυτήν (βάση γνώσης), διάφορα παραδείγματα υλοποίησης του συστήματος για συγκεκριμένες κατηγορίες κάλυψης γης και την επαλήθευση των αποτελεσμάτων αυτής της μεθόδου. Επίσης παρουσιάζονται ορισμένα συμπεράσματα από την ανάλυση της χωρικής βάσης δεδομένων των κατηγοριών του Corine Land Cover για την περιοχή της Κρήτης.

Στο τέλος της εργασίας, στην 4^η ενότητα, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και οι προοπτικές της οντολογικής προσέγγισης και της βάσης γνώσης που δημιουργήθηκε.

Λέξεις κλειδιά

Οντολογία, Corine Land Cover, Protégé, Κατηγορίες κάλυψης γης, Φωτοερμηνεία, Φωτοερμηνευτικά κλειδιά, Αναπαράσταση γνώσης, Wiki Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης Ε.Μ.Π., Χωρικές Βάσεις Δεδομένων, Δάση και ημι-φυσικές περιοχές, Υγρότοποι, Υδάτινες επιφάνειες

Abstract

In this thesis it is developed an ontology to assist novice interpreters in the photointerpretation of categories Forests and semi-natural areas, Wetlands and Water bodies of the European project Corine Land Cover.

Specifically, the main objective of this thesis was the collection of photointerpretation knowledge concerning the Corine Land Cover categories and then develop an ontology for these with the Protégé ontology editor. The photointerpretation knowledge was based on the Corine Land Cover manuals and the Remote Sensing Wiki of the NTUA Remote Sensing Laboratory which recently became semantic wiki with special tags for the photointerpretation characteristics of all CLC classes. Also, an effort was made to export specific geographical relationships between Corine Land Cover categories for the region of Crete so that to validate some of the elements of the ontology's knowledge-base.

This ontology represents the Corine Land Cover categories as concepts and the photointerpretation characteristics for their recognition as the properties of these concepts. Then in the editor interface of the ontology, an inexperienced photointerpreter could submit queries to the system regarding certain land-cover/land-use characteristics and evaluate the category (1st, 2nd or 3rd level) of Corine Land Cover that the system will assign.

This thesis is divided in four main sections. Specifically in the 1st section the target and the structure of the present thesis are explained. The 2nd section, is a description for basic concepts that are being used in the following. Thus someone with general only knowledge in Remote Sensing, Ontologies and Geographical Information Systems (GIS) will be able to understand the flow of this work. Then concepts such as Artificial Intelligence, Knowledge Representation and Description Logic that form the basis of ontologies are presented. Also discussed the basic concepts of ontologies as well as some ontology development tools with extended reference to the ontology editor Protégé. Follows a brief introduction to Spatial Databases, the main elements of the photointerpretation keys and at the end of this section the Corine Land Cover program and its components are presented.

In the 3rd section, the methodology developed to create the ontology into Protégé editor is presented in detail. In the beginning of this chapter the focus is on the Corine Land Cover classes and the created knowledge base. Follows an introduction to Wiki of the NTUA Remote Sensing Laboratory, and the way to import data to it. This chapter continues with a tutorial on how to create an ontology in the Protégé ontology editor and how to make queries on this (knowledge base), various examples of the system for selected land cover classes and evaluation of the results of this method. Also the results of the spatial database analysis of the Corine Land Cover classes for the case study of Crete are presented.

At the end of the thesis, in the 4th section, the conclusions and prospects of the ontological approach and the developed knowledge base are presented.

Key words

Ontology, Corine Land Cover, Protégé, Land cover categories, Photointerpretation, Photointerpreter keys, Knowledge representation, NTUA Remote Sensing laboratory's Wiki, Spatial Databases, Forests and semi-natural areas, Wetlands, Water bodies

Περιεχόμενα

Πρόλογος	v
Περίληψη	vii
Abstract	ix
Περιεχόμενα	xi
Κατάλογος Εικόνων	xiii
Κατάλογος Πινάκων	xvi
Κατάλογος Σχημάτων	xvi
1 Εισαγωγή	1
1.1 Στόχος εργασίας	1
1.2 Δομή εργασίας	1
2 Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας	5
2.1 Τεχνητή Νοημοσύνη	5
2.1.1 Περί Τεχνητής Νοημοσύνης	5
2.1.2 Αναπαράσταση Γνώσης	6
2.2 Περιγραφική Λογική	8
2.2.1 Εισαγωγή στις Περιγραφικές Λογικές	8
2.2.2 Βασικά χαρακτηριστικά Περιγραφικής Λογικής	8
2.2.3 Αναπαράσταση γνώσης στην Περιγραφική Λογική	9
2.2.4 Γλώσσες Περιγραφικής Λογικής	11
2.3 Οντολογίες	13
2.3.1 Ορισμός οντολογίας	13
2.3.2 Λόγοι ανάπτυξης οντολογιών	14
2.3.3 Συστατικά μέρη οντολογιών	15
2.3.4 Είδη οντολογιών	15
2.3.5 Αρχές οντολογικού σχεδιασμού	17
2.3.6 Γλώσσες οντολογιών	17
2.3.7 Οντολογίες και Σημασιολογικός Ιστός	19
2.4 Εργαλεία ανάπτυξης οντολογιών	21
2.4.1 Εργαλεία ανάπτυξης οντολογιών	21
2.4.2 Ο συντάκτης οντολογιών <i>Protégé</i>	22
2.4.3 Συστατικά μέρη οντολογίας OWL	23
2.4.4 Συλλογιστική στις οντολογίες OWL	27
2.5 Χωρικές βάσεις δεδομένων	28
2.5.1 Λειτουργίες χωρικής βάσης δεδομένων	28
2.5.2 Συστήματα χωρικών βάσεων δεδομένων	28
2.5.3 Χωρικό ερώτημα	28

2.6	Φωτοερμηνευτικά κλειδιά και φωτοαναγνωριστικά στοιχεία	30
2.6.1	Φωτοερμηνευτικά κλειδιά	30
2.6.2	Φωτοαναγνωριστικά στοιχεία	30
2.7	Το πρόγραμμα <i>Corine Land Cover</i>	33
2.7.1	Γενικά στοιχεία για το πρόγραμμα <i>CORINE</i>	33
2.7.2	Γενικά στοιχεία για το πρόγραμμα <i>Corine Land Cover</i>	33
2.7.3	Πηγές δεδομένων	35
2.7.4	Βασικά χαρακτηριστικά	35
2.7.5	Οι κατηγορίες του <i>Corine Land Cover</i>	40
3	Μεθοδολογία	75
3.1	Τοποθέτηση προβλήματος	75
3.2	Εννοιολογική σύλληψη	75
3.3	Φωτοαναγνωριστικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν	77
3.3.1	Συλλογή φωτοερμηνευτικής γνώσης	77
3.3.2	Πίνακες φωτοαναγνωριστικών στοιχείων	101
3.4	Υλοποίηση συστήματος	106
3.4.1	Εισαγωγή/εξαγωγή δεδομένων στο/από το <i>Wiki</i> του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης Ε.Μ.Π.	106
3.4.2	Αναπαράσταση γνώσης σε οντολογικό περιβάλλον	110
3.4.3	Διαχωρισμός κατηγοριών 2 ^{ου} επιπέδου	118
3.5	Παραδείγματα υλοποίησης	120
3.5.1	Υποβολή ερωτημάτων <i>DL</i>	120
3.5.2	Δημιουργία αντικειμένων και κατηγοριοποίηση τους	132
3.5.3	Βαθμός δυσκολίας στο διαχωρισμό και τη σχετική οριοθέτηση των κατηγοριών	143
3.6	Η χωρική βάση δεδομένων του <i>Corine Land Cover</i>	145
3.6.1	Η χωρική βάση δεδομένων του <i>Corine Land Cover</i>	145
3.6.2	Παραδείγματα ερωτημάτων στην χωρική βάση δεδομένων του <i>Corine Land Cover</i>	146
4	Συμπεράσματα και προοπτικές	151
4.1	Ο οντολογικός σχεδιασμός	151
4.2	Ο συντάκτης οντολογιών <i>Protégé</i>	151
4.3	Το <i>Wiki</i> του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Π.	151
4.4	Η οντολογία του <i>Corine Land Cover</i> που δημιουργήθηκε	152
4.5	Οι προοπτικές της παρούσας εργασίας	152
	Βιβλιογραφία	153

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1: Η δομή μιας γλώσσας Περιγραφικής Λογικής (Baader et al., 2003)	11
Εικόνα 2.2: Ιεραρχία γλωσσών της OWL	19
Εικόνα 2.3: Ιδιότητες Αντικειμένων/Τύπου δεδομένων της OWL	24
Εικόνα 2.4: Παράδειγμα Συναρτησιακής ιδιότητας	24
Εικόνα 2.5: Παράδειγμα Αντιστρόφως Συναρτησιακής ιδιότητας	24
Εικόνα 2.6: Παράδειγμα Μεταβατικής ιδιότητας	25
Εικόνα 2.7: Παράδειγμα Συμμετρικής ιδιότητας	25
Εικόνα 2.8: Παράδειγμα Ασύμμετρης ιδιότητας	25
Εικόνα 2.9: Παράδειγμα Ανακλαστικής ιδιότητας	25
Εικόνα 2.10: Παράδειγμα μη Ανακλαστικής ιδιότητας	26
Εικόνα 2.11: Αναπαράσταση κλάσεων οντολογίας OWL	27
Εικόνα 2.12: Χάρτης του Corine Land Cover για την περιοχή της Ευρώπης (European environment arency)	34
Εικόνα 2.13: Κλίμακες χαρτογράφησης (Corine Land Cover - Technical Guide, 1994)	36
Εικόνα 2.15: Γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 422 Αλυκές	39
Εικόνα 2.16: Παράδειγμα χαρτογραφικής μονάδας (Corine Land Cover - Technical Guide, 1994)	40
Εικόνα 2.17: Διάφορες κατανομές κάλυψης γης	41
Εικόνα 2.18: Δάσος πλατύφυλλων στην Εσθονία	42
Εικόνα 2.19: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 311	42
Εικόνα 2.20: Δάση κωνοφόρων από την Εσθονία και τη Σλοβακία	44
Εικόνα 2.21: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 312	44
Εικόνα 2.22: Μικτά δάση από τη Σλοβακία	45
Εικόνα 2.23: Γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 313	45
Εικόνα 2.24: Αεροφωτογραφία με μικτό δάσος στο υπέρυθρο κανάλι	45
Εικόνα 2.25: Φυσικοί βοσκότοποι στη Σλοβακία	47
Εικόνα 2.26: Γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 321	47
Εικόνα 2.27: Γενίκευση κατηγορίας 321 Φυσικοί βοσκότοποι	48
Εικόνα 2.28: Άγονος, τυρφώδης χερσότοπος και περιοχή με αγριοκυπαρίσια από την Εσθονία	49
Εικόνα 2.29: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 322	49
Εικόνα 2.30: Γενίκευση κατηγορίας 322 Θάμνοι και χερσότοποι	50
Εικόνα 2.31: Σκληροφυλλική βλάστηση από τη FYROM	51
Εικόνα 2.32: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 323	51
Εικόνα 2.33: Κατεστραμμένο δάσος από την Τσεχία, φυσικά αναπτυσσόμενο δάσος από τη Σλοβακία και υποβάθμιση δασώδους περιοχής στη Σλοβενία	53
Εικόνα 2.34: Γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 324	53
Εικόνα 2.35: Γενίκευση κατηγοριών ανάλογα με το ποσοστό θάμνων και δέντρων	54
Εικόνα 2.36: Αμμώδης κοίτη στη Σλοβακία και παράκτιοι αμμόλοφοι από τη Λιθουανία	55
Εικόνα 2.37: Γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 331	55
Εικόνα 2.38: Γενίκευση διαφόρων ειδών αμμόλοφων.	56
Εικόνα 2.39: Απόμενες βουνοπλαγιές από τη Σλοβακία	57
Εικόνα 2.40: Γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 332	57
Εικόνα 2.41: Παράδειγμα κώνου κλιτύος από τη Σλοβακία	58
Εικόνα 2.42: Γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 333	58
Εικόνα 2.43: Παραδείγματα καμένου δάσους από τη Σλοβακία, Λιθουανία και Πορτογαλία	59
Εικόνα 2.44: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 333	59
Εικόνα 2.45: Παγετώνες στην Ελβετία	60
Εικόνα 2.46: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 333	60
Εικόνα 2.47: Παραδείγματα βάλτων στην ενδοχώρα από τη Σλοβακία τη Ρουμανία	62
Εικόνα 2.48: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 411	62
Εικόνα 2.49: Παραδείγματα φυσικού ανοικτού βάλτου, φυσικού ανοικτού βάλτου με περιοχές ύδατος και βάλτου με φυσικούς νανοφυείς θάμνους στην Εσθονία	64
Εικόνα 2.50: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 412	64
Εικόνα 2.51: Παραδείγματα βάλτων με αλμυρό νερό από την Εσθονία και Γαλλία	66
Εικόνα 2.52: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 421	66
Εικόνα 2.53: Αντιπροσωπευτική εικόνα αλυκής από τη Γαλλία	67
Εικόνα 2.54: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 422	67

Εικόνα 2.55: Παράδειγμα ζώνης που καλύπτεται από παλιρροιακά ύδατα στο Βέλγιο	68
Εικόνα 2.56: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 423	68
Εικόνα 2.57: Παράδειγμα από τον ποταμό Δούναβη στη Σλοβακία	69
Εικόνα 2.58: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 511	69
Εικόνα 2.59: Παράδειγμα φράγματος από τη Γαλλία	70
Εικόνα 2.60: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 512	70
Εικόνα 2.61: Παράδειγμα παράκτιας λιμνοθάλασσας από τη Λιθουανία	71
Εικόνα 2.62: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 521	71
Εικόνα 2.63: Παράδειγμα εκβολής ποταμού	72
Εικόνα 2.64: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 522	72
Εικόνα 2.65: Παράδειγμα της κατηγορίας από τη Λιθουανία	73
Εικόνα 2.66: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 523	73
Εικόνα 3.1: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 311 από την περιοχή της Κρήτης, 2003	79
Εικόνα 3.2: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 312 από την περιοχή της Κρήτης, 2003	80
Εικόνα 3.3: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 313 από την περιοχή της Κρήτης, 2003	81
Εικόνα 3.4: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 321 από την περιοχή της Κρήτης, 2003	82
Εικόνα 3.5: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 322 από την περιοχή της Κρήτης, 2003	83
Εικόνα 3.6: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 323 από την περιοχή της Κρήτης, 2003	84
Εικόνα 3.7: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 324 από την περιοχή της Κρήτης, 2003	85
Εικόνα 3.8: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 331 από την περιοχή της Κρήτης, 2003	86
Εικόνα 3.9: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 332 από την περιοχή της Κρήτης, 2003	87
Εικόνα 3.10: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 333 από την περιοχή της Κρήτης, 2003	88
Εικόνα 3.11: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 334 από την περιοχή της Κρήτης, 1990	89
Εικόνα 3.12: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 335 από την περιοχή της Γαλλίας στο έγχρωμο σύνθετο RGB 453 του Landsat TM, 1991	90
Εικόνα 3.13: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 411 από την περιοχή της Θεσσαλονίκης, 2003	91
Εικόνα 3.14: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 412 από την περιοχή της Ιρλανδίας στο έγχρωμο σύνθετο RGB 453 του Landsat TM, 1991	92
Εικόνα 3.15: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 421 από την περιοχή της Θεσσαλονίκης, 2003	93
Εικόνα 3.16: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 422 από την περιοχή της Θεσσαλονίκης, 2003	94
Εικόνα 3.17: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 423 από την περιοχή της Ολλανδίας στο έγχρωμο σύνθετο RGB 453 του Landsat TM, 1989	95
Εικόνα 3.18: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 511 από την περιοχή της Θεσσαλονίκης, 2003	96
Εικόνα 3.19: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 512 από την περιοχή της Κρήτης, 2003	97
Εικόνα 3.20: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 521 από την περιοχή της Θεσσαλονίκης, 2003	98
Εικόνα 3.21: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 522 από την περιοχή της Θεσσαλονίκης, 2003	99
Εικόνα 3.22: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 523 από την περιοχή της Κρήτης, 2003	100
Εικόνα 3.23: Ιστοσελίδα του Wiki Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Π.	107
Εικόνα 3.24: Στιγμιότυπο από το άρθρο Μικτό Δάσος στο Wiki του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Π.	107
Εικόνα 3.25: Στιγμιότυπο σημασιολογικών επισημάνσεων (Semantic Tags) κατηγορίας 311 Δάσος πλατύφυλλων	108
Εικόνα 3.26: Στιγμιότυπο από την φόρμα εξαγωγής άρθρων του Wiki.	109
Εικόνα 3.27: Στιγμιότυπο καρτέλας Classes στο Protege	110
Εικόνα 3.28: Στιγμιότυπο καρτέλας Object Properties στο Protégé	111
Εικόνα 3.29: Στιγμιότυπο καρτέλας Data Properties στο Protégé	111
Εικόνα 3.30: Στιγμιότυπο καρτέλας Individuals στο Protégé	112
Εικόνα 3.31: Στιγμιότυπο καρτέλας DL query στο Protégé	112
Εικόνα 3.32: Στιγμιότυπο της οντολογίας του Corine Land Cover στον OntoGraf	113
Εικόνα 3.33: Κλάσεις της οντολογίας του Corine Land Cover	114
Εικόνα 3.34: Οι ιδιότητες τύπου δεδομένων (Datatype Properties) της οντολογίας του Corine Land Cover	115
Εικόνα 3.35: Στιγμιότυπο αντικειμένου 312 Coniferous forest	115
Εικόνα 3.36: Οι ιδιότητες αντικειμένων (Object Properties) της οντολογίας του Corine Land Cover	115
Εικόνα 3.37: Υλοποίηση «ψευτοκλάσεων» με Ιδιότητες Αντικειμένων (α)	116
Εικόνα 3.38: Υλοποίηση «ψευτοκλάσεων» με Ιδιότητες Τύπου Δεδομένων	116
Εικόνα 3.39: Υλοποίηση «ψευτοκλάσεων» με Ιδιότητες Αντικειμένων (β)	117
Εικόνα 3.40: Ιδιότητες τύπου δεδομένων οντολογίας CLC Percentages	117
Εικόνα 3.41: Παράδειγμα υποβολής ερωτημάτων DL	122
Εικόνα 3.42: Στιγμιότυπο καρτέλας Class hierarchy (inferred)	122
Εικόνα 3.43: Ερώτημα και αποτελέσματα 1 ^{ου} ερωτήματος DL	123

Εικόνα 3.44: Εξήγηση 1 ^{ου} ερωτήματος DL	123
Εικόνα 3.45: Ερώτημα και αποτελέσματα 2 ^{ου} ερωτήματος DL	124
Εικόνα 3.46: Παράδειγμα από αλυκές στην περιοχή Μεσολογγίου, 2012	125
Εικόνα 3.47: Ερώτημα και αποτελέσματα 3 ^{ου} ερωτήματος DL	125
Εικόνα 3.48: Υπο εξέταση περιοχή για την υλοποίηση του 4 ^{ου} ερωτήματος DL, νομός Χανίων, 2003	126
Εικόνα 3.49: Παράδειγμα υλοποίησης 4 ^{ου} ερωτήματος DL (α)	127
Εικόνα 3.50: Βοηθητική εικόνα για την υλοποίηση του 4 ^{ου} ερωτήματος DL, νομός Χανίων, 2003	128
Εικόνα 3.51: Αντιπαραβολή της υπό εξέταση περιοχής με τον χάρτη CLC 2000, περιοχή Χανίων Κρήτης	128
Εικόνα 3.52: Παράδειγμα υλοποίησης 4 ^{ου} ερωτήματος DL (β)	128
Εικόνα 3.53: Υπο εξέταση περιοχή για την υλοποίηση του 5 ^{ου} ερωτήματος DL, νομός Ηρακλείου, 2003	129
Εικόνα 3.54: Ερώτημα και αποτελέσματα 5 ^{ου} ερωτήματος DL (α)	130
Εικόνα 3.55: Βοηθητική εικόνα για την υλοποίηση του 5 ^{ου} ερωτήματος DL, νομός Ηρακλείου, 2003	130
Εικόνα 3.57: Ερώτημα και αποτελέσματα 5 ^{ου} ερωτήματος DL (β)	131
Εικόνα 3.56: Αντιπαραβολή της υπό εξέταση περιοχής με τον χάρτη CLC 2000, περιοχή Ηρακλείου Κρήτης	131
Εικόνα 3.58: Εισαγωγή ιδιοτήτων σε νέο Αντικείμενο (Individual) στο Protégé (α)	132
Εικόνα 3.59: Εισαγωγή ιδιοτήτων σε νέο Αντικείμενο (Individual) στο Protégé (β)	132
Εικόνα 3.60: Υπο εξέταση περιοχή για την κατηγοριοποίηση του 1 ^{ου} Δοκιμαστικού Αντικείμενου, νομός Ηρακλείου, 2003	134
Εικόνα 3.61: Βοηθητική εικόνα για την κατηγοριοποίηση του 1 ^{ου} Δοκιμαστικού Αντικείμενου, νομός Ηρακλείου, 2003	135
Εικόνα 3.62: Αποτέλεσμα συλλογιστικής για 1 ^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο	136
Εικόνα 3.63: 1 ^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο	136
Εικόνα 3.64: Αντιπαραβολή της υπό εξέταση περιοχής με τον χάρτη CLC 2000, περιοχή Ηρακλείου Κρήτης	136
Εικόνα 3.65: Υπο εξέταση περιοχή για την κατηγοριοποίηση του 2 ^{ου} Δοκιμαστικού Αντικείμενου, νομός Θεσσαλονίκης, 2003	137
Εικόνα 3.66: Αποτέλεσμα συλλογιστικής για το 2 ^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο	138
Εικόνα 3.67: Βοηθητική εικόνα για την κατηγοριοποίηση του 2 ^{ου} Δοκιμαστικού Αντικείμενου, νομός Θεσσαλονίκης, 2003	138
Εικόνα 3.69: 2 ^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο	138
Εικόνα 3.68: Αντιπαραβολή της υπό εξέταση περιοχής με τον χάρτη CLC 2000, περιοχή Θεσσαλονίκης	138
Εικόνα 3.70: Υπο εξέταση περιοχή για την κατηγοριοποίηση του 3 ^{ου} Δοκιμαστικού Αντικείμενου, νομός Θεσσαλονίκης, 2003	139
Εικόνα 3.71: Βοηθητική εικόνα για την κατηγοριοποίηση του 3 ^{ου} Δοκιμαστικού Αντικείμενου, νομός Θεσσαλονίκης, 2003	139
Εικόνα 3.72: Αποτέλεσμα συλλογιστικής για το 3 ^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο	140
Εικόνα 3.73: 3 ^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο	140
Εικόνα 3.74: Αντιπαραβολή της υπό εξέταση περιοχής με τον χάρτη CLC 2000, περιοχή Θεσσαλονίκης	140
Εικόνα 3.75: Υπο εξέταση περιοχή για την κατηγοριοποίηση του 4 ^{ου} Δοκιμαστικού Αντικείμενου, νομός Χανίων, 2003	141
Εικόνα 3.76: 4 ^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο	142
Εικόνα 3.77: Αποτέλεσμα συλλογιστικής για το 4 ^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο	142
Εικόνα 3.78: Αντιπαραβολή της υπό εξέταση περιοχής με τον χάρτη CLC 2000, περιοχή Θεσσαλονίκης	142
Εικόνα 3.79: Χάρτης του Corine Land Cover 2000 για την περιοχή της Κρήτης	145

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1: Κατηγορίες του Corine Land Cover που πραγματοποιείται η παρούσα διπλωματική εργασία	3
Πίνακας 2.1: Κατασκευαστές μιας γλώσσας περιγραφικής λογικής	9
Πίνακας 2.2: Εργαλεία ανάπτυξης οντολογιών (Ιστοσελίδα W3C, Ontology editors)	22
Πίνακας 2.3: Αντιστοιχία οντολογιών OWL με Protégé	23
Πίνακας 2.4: Τυπικά ερωτήματα μιας Χωρικής Βάσης Δεδομένων	29
Πίνακας 2.5: Πίνακας φωτοαναγνωριστικών στοιχείων (Corine Land Cover - Technical Guide, 1994)	32
Πίνακας 2.6: Δορυφόροι προγραμμάτων Landsat και Spot που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του προγράμματος Corine Land Cover	35
Πίνακας 2.7: Ποσοτικό σχήμα αναλογίας βλάστησης και γυμνού εδάφους	58
Πίνακας 3.1: Αποχρώσεις και έγχρωμα σύνθετα	101
Πίνακας 3.2: Φασματικά χαρακτηριστικά	102
Πίνακας 3.3: Γεωμετρικά χαρακτηριστικά	102
Πίνακας 3.4: Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον	103
Πίνακας 3.5: Γενικά χαρακτηριστικά	104
Πίνακας 3.6: Ιδιότητες, τιμές και περιγραφή αυτών για το 1 ^ο Ερώτημα DL	122
Πίνακας 3.7: Ιδιότητες, τιμές και περιγραφή αυτών για το 2 ^ο Ερώτημα DL	124
Πίνακας 3.8: Ιδιότητες, τιμές και περιγραφή αυτών για το 3 ^ο Ερώτημα DL	125
Πίνακας 3.9: Ιδιότητες και τιμές αυτών για το 4 ^ο ερώτημα DL (α)	127
Πίνακας 3.10: Ιδιότητες, τιμές και περιγραφή αυτών για το 4 ^ο ερώτημα DL (β)	128
Πίνακας 3.11: Ιδιότητες και τιμές αυτών για το 5 ^ο ερώτημα DL (α)	129
Πίνακας 3.12: Ιδιότητες και τιμές αυτών για το 5 ^ο ερώτημα DL (β)	131
Πίνακας 3.13: Διευκρινήσεις διαδικασίας δημιουργίας αντικειμένων	133
Πίνακας 3.14: Ιδιότητες, τιμές και περιγραφή αυτών για το 1 ^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο (α)	134
Πίνακας 3.15: Ιδιότητες, τιμές και περιγραφή αυτών για το 1 ^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο (β)	135
Πίνακας 3.16: Ιδιότητες και τιμές αυτών για το 2 ^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο (α)	137
Πίνακας 3.17: Ιδιότητες και τιμές αυτών για το 2 ^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο (β)	138
Πίνακας 3.18: Ιδιότητες και τιμές αυτών για το 3 ^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο (α)	139
Πίνακας 3.19: Ιδιότητες και τιμές αυτών για το 3 ^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο (β)	140
Πίνακας 3.20: Ιδιότητες και τιμές αυτών για το 4 ^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο (α)	141
Πίνακας 3.21: Ιδιότητες και τιμές αυτών για το 4 ^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο (β)	141
Πίνακας 3.22: Συγκεντρωτικός πίνακας δυσκολιών	144
Πίνακας 3.23: Στιγμιότυπο από τη χωρική βάση δεδομένων του Corine Land Cover	145
Πίνακας 3.24: Τμήμα 1 ^ο ερωτήματος στην Χωρική Βάση Δεδομένων του CLC	146
Πίνακας 3.25: Τμήμα 2 ^ο ερωτήματος στην Χωρική Βάση Δεδομένων του CLC	146
Πίνακας 3.26: Τμήμα 3 ^ο ερωτήματος στην Χωρική Βάση Δεδομένων του CLC	147
Πίνακας 3.27: Τμήμα 4 ^ο ερωτήματος στην Χωρική Βάση Δεδομένων του CLC	148
Πίνακας 3.28: Τμήμα 5 ^ο ερωτήματος στην Χωρική Βάση Δεδομένων του CLC	149
Πίνακας 3.29: Τμήμα 6 ^ο ερωτήματος στην Χωρική Βάση Δεδομένων του CLC	150

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2.1: Κατηγοριοποίηση οντολογιών κατά N. Guarino (Guarino, 1998)	16
Σχήμα 2.2: Η πυραμίδα των φωτοαναγνωριστικών στοιχείων (Corine Land Cover - Technical Guide, 1994)	32
Σχήμα 2.3: Σκελετός της ονοματολογίας του Corine Land Cover (Corine Land Cover - Technical Guide, 1994)	37
Σχήμα 3.1: Διαδικασία υλοποίησης	76
Σχήμα 3.2: Διαχωρισμός των κατηγοριών 2 ^{ου} επιπέδου του Corine Land Cover	118
Σχήμα 3.3: Διαχωρισμός 2 ^{ου} επιπέδου της κατηγορίας 3. Δάση και ημι-φυσικές περιοχές	119
Σχήμα 3.4: Διαχωρισμός 2 ^{ου} επιπέδου της κατηγορίας 4. Υγρότοποι	119
Σχήμα 3.5: Διαχωρισμός 2 ^{ου} επιπέδου της κατηγορίας 5. Υδάτινες επιφάνειες	119
Σχήμα 3.6: Σχηματική αναπαράσταση τελεστών and και or	121

1 Εισαγωγή

1.1 Στόχος εργασίας

Τα τελευταία χρόνια, τα περιβαλλοντικά προβλήματα βρίσκονται στο επίκεντρο του διεθνούς ενδιαφέροντος, καθώς οι συνέπειες της αλόγιστης χρήσης του περιβάλλοντος δεν είναι πλέον παροδικές αλλά τείνουν να γίνονται μόνιμες. Από πολλούς παράγοντες γίνονται μεμονωμένες ή συλλογικές προσπάθειες παρακολούθησης και πρόληψης τέτοιων φαινομένων αλλοίωσης της φύσης.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση για περιβαλλοντικούς λόγους προχώρησε τη δεκαετία του '90 στην ανάπτυξη του προγράμματος CORINE. Το πρόγραμμα CORINE έχει ως στόχο τη συλλογή, το συντονισμό και τη διασφάλιση της συνοχής των πληροφοριών σχετικά με την κατάσταση του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων της Ευρωπαϊκής κοινότητας.

Μία από τις συνιστώσες του προγράμματος CORINE, αποτελεί το πρόγραμμα Corine Land Cover. Το πρόγραμμα αυτό συγκεκριμενοποιεί τις δράσεις του CORINE για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος, δημιουργώντας θεματικούς χάρτες κάλυψης γης για τον ευρωπαϊκό χώρο με την φωτοερμηνεία δορυφορικών δεδομένων. Το πρόγραμμα κατηγοριοποιεί την επιφάνεια της γης σε τρία επίπεδα ιεραρχίας, με το τελευταίο επίπεδο σε κλίμακα 1:100 000 να περιλαμβάνει 44 διαφορετικούς τύπους χρήσεις/κάλυψης γης.

Ταυτόχρονα, το διαδίκτυο αλλάζει μορφή και μετατρέπεται σε Σημασιολογικό Ιστό (Semantic Web). Ουσιαστικά μια εξέλιξη του σημερινού διαδικτύου όπου ο χρήστης θα έχει τη δυνατότητα να βρίσκει, να μοιράζεται και να συγκρίνει πληροφορίες με μεγαλύτερη ευκολία. Μια κυρίαρχη έννοια για το σημασιολογικό ιστό αποτελούν οι οντολογίες. Μία οντολογία περιγράφει τη γνώση για ένα πεδίο ενδιαφέροντος ως ένα σύνολο εννοιών, ιδιοτήτων και σχέσεων αυτών. Πέραν όμως από τις λειτουργίες αναπαράστασης γνώσης που προσφέρουν οι οντολογίες, ένα άλλο βασικό τους πλεονέκτημα είναι ότι μπορούν να επεξεργαστούν την υπάρχουσα γνώση (συλλογιστική) και να εξάγουν συμπεράσματα από αυτή.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, γίνεται η προσπάθεια ανάπτυξης μιας οντολογίας για την τυποποίηση της φωτοερμηνευτικής γνώσης για την αναγνώριση των κατηγοριών Δάση και ημι-φυσικές περιοχές, Υγρότοποι και Υδάτινες επιφάνειες του Corine Land Cover. Η οντολογία αυτή περιέχει όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά, τα οποία είναι απαραίτητα για την αναγνώριση της κάθε κατηγορίας, ούτως ώστε ένας άπειρος φωτοερμηνευτής να είναι σε θέση να υποβάλλει ερωτήματα στο σύστημα περιγράφοντας τα χαρακτηριστικά μιας συγκεκριμένης περιοχής και να εξετάζει για ποια κατηγορία της ονοματολογίας του Corine Land Cover πιθανώς πρόκειται. Επίσης, γίνεται η προσπάθεια επαλήθευσης της φωτοερμηνευτικής γνώσης με ανάλυση της χωρικής βάσης δεδομένων του Corine Land Cover για την περιοχή της Κρήτης.

1.2 Δομή εργασίας

Η 2^η ενότητα, της ανασκόπησης της βιβλιογραφίας, ξεκινά με την εισαγωγή στο πεδίο της Τεχνητής Νοημοσύνης. Γίνεται μια σύντομη αναδρομή στην αναζήτηση των ανθρώπων από τα αρχαία χρόνια στον τομέα αυτό και δίνονται ορισμένοι σημαντικοί ορισμοί για το αντικείμενο της. Ακόμα, παρατίθενται τα διάφορα πεδία με τα οποία ασχολείται ο τομέας αυτός, ενώ στη συνέχεια γίνεται μια αναφορά στην Αναπαράσταση Γνώσης ως έναν από τους τομείς που συγκεντρώνει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον. Περιγράφεται το πεδίο της Αναπαράστασης Γνώσης μέσα από το ρόλο που έχει σαν επιστήμη και αναφέρονται οι πιο γνωστές μέθοδοι αναπαράστασης γνώσης. Έπειτα, γίνεται μια εκτενής περιγραφή της μεθόδου που βασίζεται η γλώσσα οντολογιών OWL, της Περιγραφικής Λογικής. Αναλύεται ο τρόπος λειτουργίας της γλώσσας αυτής και περιγράφονται τα μέρη από τα οποία αποτελείται.

Η παράγραφος που ακολουθεί αποτελεί τη βάση για την κατανόηση της διπλωματικής αυτής. Γίνεται μια εκτενής περιγραφή του πεδίου των οντολογιών, συγκεκριμένα στον ορισμό της οντολογίας

και στους λόγους ανάπτυξης τους. Επίσης, αναλύονται τα συστατικά μέρη των οντολογιών και διάφορες κατηγοριοποιήσεις για τα ποικίλα είδη που υπάρχουν. Αναφέρονται ορισμένα ζητήματα για την ανάπτυξη μιας οντολογίας, όπως μια σειρά από βασικές αρχές για τη δημιουργία τους και οι κυριότερες γλώσσες αυτών, με έμφαση στη γλώσσα-πρότυπο για την ανάπτυξη οντολογιών στον σημασιολογικό ιστό OWL. Τέλος, δίνονται ορισμένες γενικές πληροφορίες για τον σημασιολογικό ιστό και τη λειτουργία του. Στην παράγραφο που ακολουθεί, αναφέρονται ορισμένα εργαλεία για την ανάπτυξη οντολογιών με εκτενής περιγραφή του συντάκτη οντολογιών Protégé που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία.

Έπειτα, γίνεται μια σύντομη εισαγωγή στις Χωρικές Βάσεις Δεδομένων. Περιγράφονται ορισμένες βασικές λειτουργίες μιας τυπικής Χωρικής Βάσης Δεδομένων και το σύστημα βάσεων δεδομένων PostgreSQL και η επέκτασή του για την υποστήριξη χωρικών δεδομένων PostGIS, όπου χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία της χωρικής βάσης δεδομένων του Corine Land Cover.

Το επόμενο κεφάλαιο, είναι αφιερωμένο στα βασικότερα στοιχεία της θεωρίας των φωτοερμηνευτικών κλειδιών και στο τέλος αυτής της ενότητας αναλύεται το πρόγραμμα Corine Land Cover. Συγκεκριμένα γίνεται μια εισαγωγή στο πρόγραμμα CORINE και τους στόχους του, ενώ στη συνέχεια παρουσιάζεται το πρόγραμμα Corine Land Cover και άλλα στοιχεία που έχουν να κάνουν με τις βασικές πηγές δεδομένων, τα βασικά χαρακτηριστικά και τις κατηγορίες του προγράμματος.

Η 3^η ενότητα του τόμου αφορά εξ' ολοκλήρου στο πειραματικό μέρος της εργασίας. Παρουσιάζονται συγκεντρωτικοί πίνακες ιδιότητας-τιμής των φωτοαναγνωριστικών στοιχείων, όπως και ένα πλήθος αντιπροσωπευτικών παραδειγμάτων για τις κατηγορίες του Corine Land Cover που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική (Πίνακας 1.1). Γίνεται μια σύντομη αναφορά στο Wiki του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Π., καθώς τα δεδομένα για την φωτοερμηνευτική αναγνώριση των κατηγοριών χρησιμοποιήθηκαν για τη διόρθωση του και στη συνέχεια περιγράφεται το γραφικό περιβάλλον του συντάκτη οντολογιών Protégé 4.1 και η καθοδήγηση του χρήστη για την υποβολή ερωτημάτων στο σύστημα. Ακολουθεί ένα πλήθος παραδειγμάτων και ένας συγκεντρωτικός πίνακας με τις δυσκολίες αναγνώρισης και οριοθέτησης των κατηγοριών, όπως και τα συμπληρωματικά στοιχεία που πιθανώς απαιτούνται σε κάθε περίπτωση. Στο τέλος του κεφαλαίου, ο αναγνώστης θα βρει τα αποτελέσματα από την επεξεργασία της χωρικής βάσης δεδομένων του Corine Land Cover για την περιοχή της Κρήτης.

Στην τελευταία ενότητα, παρατίθενται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την όλη διαδικασία, οι δυσκολίες που αντιμετωπίστηκαν κατά την προεργασία και την ανάπτυξη της οντολογίας στο πρόγραμμα Protégé και οι προοπτικές για μελλοντική έρευνα.

1 Τεχνητές επιφάνειες	1.1 Αστικός ιστός	1.1.1 Συνεχής αστικός ιστός 1.1.2 Ασυνεχής αστικός ιστός	
	1.2 Βιομηχανικές, εμπορικές ζώνες και δίκτυα μεταφορών	1.2.1 Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες 1.2.2 Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα 1.2.3 Ζώνες λιμένων 1.2.4 Αεροδρόμια	
		1.3 Ορυχεία, χώροι απορριμμάτων και χώροι οικοδόμησης	1.3.1 Χώροι εξορύξεως υλικών 1.3.2 Χώροι απόρριψης απορριμμάτων 1.3.3 Χώροι οικοδόμησης
			1.4 Τεχνητές, μη γεωργικές ζώνες πρασίνου
2 Γεωργικές περιοχές			
	2.2 Μόνιμες καλλιέργειες	2.1.1 Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη 2.1.2 Μόνιμα αρδευόμενη γη 2.1.3 Ορυζώνες	
		2.3 Λιβάδια	2.2.1 Αμπελώνες 2.2.2 Οπωροφόρα δέντρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς 2.2.3 Ελαιώνες
			2.4 Ετερογενείς γεωργικές περιοχές
3 Δάση και ημι-φυσικές περιοχές	3.1 Δάση		
	3.2 Συνδυασμοί θαμνώδους ή/και ποώδους βλάστησης	3.1.1 Δάσος πλατύφυλλων 3.1.2 Δάσος κωνοφόρων 3.1.3 Μικτό δάσος 3.2.1 Φυσικοί βοσκότοποι 3.2.2 Θάμνοι και χερσότοποι 3.2.3 Σκληροφυλλική βλάστηση 3.2.4 Μεταβατικές θαμνώδεις και δασώδεις εκτάσεις	
		3.3 Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση	
4 Υγρότοποι	4.1 Υγρότοποι ενδοχώρας		
	4.2 Παραθαλάσσιοι υγρότοποι		4.1.1 Βάλτοι στην ενδοχώρα 4.1.2 Τυρφώνες 4.2.1 Παραθαλάσσιοι βάλτοι 4.2.2 Αλυκές 4.2.3 Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα
5 Υδάτινες επιφάνειες			5.1 Χερσαία ύδατα
			5.2 Θαλάσσια ύδατα

Πίνακας 1.1: Κατηγορίες του Corine Land Cover που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική εργασία

Ο Πίνακας 1.1 παρουσιάζει τις κατηγορίες του Corine Land Cover που πραγματεύεται η διπλωματική εργασία. Για τις υπόλοιπες ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στη διπλωματική εργασία του Χαιρετάκη Κωνσταντίνου με τίτλο “Ανάπτυξη οντολογίας για την φωτοερμηνευτική αναγνώριση των κατηγοριών Τεχνητές επιφάνειες και Γεωργικές περιοχές του Ευρωπαϊκού προγράμματος Corine Land Cover”, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2012.

2 Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

2.1 Τεχνητή Νοημοσύνη

Ο τομέας της Τεχνητής Νοημοσύνης (ΤΝ, εκ του Artificial Intelligence) ασχολείται με την προσπάθεια δημιουργίας υπολογιστικών συστημάτων τα οποία μιμούνται την ανθρώπινη συμπεριφορά. Στο παρόν κεφάλαιο, γίνεται μια σύντομη ιστορική αναδρομή στις έννοιες οι οποίες οδήγησαν τους ανθρώπους στην έρευνα του πεδίου της ΤΝ, δίνονται διάφοροι ορισμοί της και προσδιορίζονται τα βασικά προβλήματα και οι τομείς εφαρμογής της με ιδιαίτερη αναφορά στον τομέα της Αναπαράσταση Γνώσης.

2.1.1 Περί Τεχνητής Νοημοσύνης

Η σκέψη σε μηχανές και τεχνητά όντα εμφανίζεται από την αρχαία ελληνική μυθολογία με χαρακτηριστικά παραδείγματα, όπως ο Τάλως της Κρήτης, το χάλκινο ρομπότ του Ήφαιστου και ο Πυγμαλίων της Γαλατίας. Σε όλους όμως τους μεγάλους αρχαίους πολιτισμούς οι άνθρωποι είχαν κατασκευάσει ανθρώπινες ομοιότητες που πιστευόταν ότι είχαν νοημοσύνη. Το 19^ο και 20^ο αιώνα τα τεχνητά όντα είχαν γίνει ένα κοινό χαρακτηριστικό της φαντασίας, όπως ο Φρανκενστειν της Mary Shelley και ο RUR (Rossum's Universal Robots) της Karel Čapek.

Η μηχανική ή «τυπική» συμπερασματολογία (reasoning) είχε αναπτυχθεί από φιλόσοφους και μαθηματικούς από την αρχαιότητα. Η μελέτη της λογικής όμως, οδήγησε στην ανακάλυψη του προγραμματιζόμενου ψηφιακού ηλεκτρονικού υπολογιστή, με βάση τη δουλειά του μαθηματικού Alan Turing και άλλους. Η ανακάλυψη του ηλεκτρονικού υπολογιστή σε συνδυασμό με τις ταυτόχρονες ανακαλύψεις στη νευρολογία, τη θεωρία των πληροφοριών και την κυβερνητική, ενέπνευσε μια μικρή ομάδα ερευνητών να αρχίσει να εξετάζει σοβαρά το ενδεχόμενο της δημιουργίας ενός «τεχνητού εγκεφάλου». Έτσι το 1956 ιδρύθηκε το πεδίο της έρευνας της Τεχνητής Νοημοσύνης από τον John McCarthy και τους συνεργάτες του, οι οποίοι έγιναν και οι ηγέτες της έρευνας της ΤΝ για πολλές δεκαετίες.

Η ΤΝ σήμερα αποτελεί τον τομέα της επιστήμης των υπολογιστών, όπου ασχολείται με τη σχεδίαση ευφυών υπολογιστικών συστημάτων, δηλαδή συστημάτων τα οποία επιδεικνύουν χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τη νοημοσύνη στην ανθρώπινη συμπεριφορά (Βλαχάβας και άλλοι, 2011).

Τα εγχειρίδια ΤΝ καθορίζουν το πεδίο της ΤΝ ως (Crevier, 1993):

[Η μελέτη και ο σχεδιασμός ευφυών πρακτόρων]

Όπου ένας ευφυής πράκτορας είναι ένα σύστημα που αντιλαμβάνεται το περιβάλλον του και αναλαμβάνει δράσεις οι οποίες μεγιστοποιούν τις πιθανότητες επιτυχίας. Ένας ακόμα ορισμός του McCarthy (McCarthy, 2007) ορίζει την ΤΝ ως:

[Η επιστήμη και μεθοδολογία δημιουργίας νοούντων μηχανών]

Με απλά λόγια, η ΤΝ θα μπορούσε να οριστεί ως η επιστήμη η οποία επιτρέπει στις μηχανές να συμπεριφερθούν και να πάρουν αποφάσεις ανάλογες με αυτές που θα έπαιρνε ένας άνθρωπος.

Το γενικό πρόβλημα της δημιουργίας νοημοσύνης έχει αναλυθεί σε μια σειρά από συγκεκριμένα υπο-προβλήματα. Αυτά αποτελούν χαρακτηριστικά και δυνατότητες, τα οποία οι ερευνητές θα επιθυμούσαν ένα ευφυές σύστημα να εμφανίζει. Τα θέματα που φαίνεται να απασχολούν περισσότερο είναι τα παρακάτω:

- Επαγωγικός συλλογισμός, συμπερασματολογία και επίλυση προβλημάτων (Deduction, reasoning, problem solving)
- Αναπαράσταση γνώσης (Knowledge representation)

- Προγραμματισμός (Planning)
- Μάθηση (Learning)
- Επεξεργασία φυσικής γλώσσας (Natural language processing)
- Κίνηση και χειρισμός (Motion and manipulation)
- Οπτική αντίληψη (Perception)
- Κοινωνική νοημοσύνη (Social intelligence)
- Δημιουργικότητα (Creativity)
- Γενική νοημοσύνη (General intelligence)

Παρόλο που η ΤΝ περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, ασχολείται κυρίως με δύο θέματα: την Αναπαράσταση Γνώσης (Knowledge Representation) και τις Μεθόδους Συμπερασματολογίας (Reasoning). Στην επόμενη παράγραφο γίνεται μια περιγραφή του θέματος της Αναπαράσταση Γνώσης αναλύοντας τον ορισμό, το ρόλο της καθώς και διάφορες μεθόδους αναπαράστασης γνώσης.

2.1.2 Αναπαράσταση Γνώσης

Επεξηγηματικά, η Αναπαράσταση Γνώσης (ΑΓ, εκ του Knowledge Representation) θα μπορούσε να οριστεί ως ένα πεδίο που ασχολείται με την καταγραφή της ανθρώπινης γνώσης σε ένα υπολογιστικό σύστημα και την εξαγωγή συμπερασμάτων από αυτήν. Η έρευνα στο πεδίο της ΑΓ περιλαμβάνει την ανάλυση για το πώς να γίνεται σωστά και αποτελεσματικά η διαδικασία εξαγωγής συμπερασμάτων και η χρήση ενός συνόλου συμβόλων ώστε να αναπαρίσταται με τον καλύτερο τρόπο ένα σύνολο από γεγονότα ενός πεδίου.

Ένα σύνολο συμβόλων και ένα λογικό σύστημα συνδυάζονται στην ΑΓ ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τα στοιχεία της και να δημιουργηθούν νέες προτάσεις. Η λογική χρησιμοποιείται για να παρέχει μια τυπική σημασιολογία του πώς πρέπει να λειτουργεί η διαδικασία εξαγωγής συμπερασμάτων με βάσει τα σύμβολα σε ένα σύστημα ΑΓ. Επιπλέον, συμβάλει στον καθορισμό του τρόπου με τον οποίο οι κατασκευαστές επεξεργάζονται και αναδιαμορφώνουν τη γνώση. Παραδείγματα τέτοιων κατασκευαστών περιλαμβάνουν: την άρνηση, την ένωση, τους δείκτες ποσότητας, τους συνδυαστικούς κατασκευαστές και άλλους. Συνεπώς, όπως φαίνεται η λογική αποτελεί μια θεωρία ερμηνείας συμβόλων. Αυτά τα στοιχεία (τα σύμβολα, οι κατασκευαστές και η θεωρία της ερμηνείας τους) είναι που δίνουν νόημα στις ακολουθίες συμβόλων σε μια ΑΓ.

Η έννοια για το τί είναι ΑΓ μπορεί να γίνει καλύτερα κατανοητή μέσα από πέντε ρόλους που έχει, κάθε ένας από τους οποίους είναι εξίσου σημαντικός για τον στόχο της. Οι πέντε αυτοί ρόλοι είναι (Davis et al., 1993) :

- Μια ΑΓ είναι ουσιαστικά ένα υποκατάστατο του ίδιου του πράγματος, το οποίο χρησιμοποιείται για να βοηθήσει το άτομο να προσδιορίσει τις συνέπειες μιας ενέργειας σε θεωρητικό επίπεδο.
- Πρόκειται για ένα σύνολο από οντολογικές δεσμεύσεις, δηλαδή η απάντηση στην ερώτηση «Σε τί όρους θα πρέπει να σκεφτούμε για τον κόσμο;»
- Πρόκειται για μια τμηματική θεωρία ενός ευφυούς συλλογισμού, η οποία εκφράζεται σε τρεις συνιστώσες:
 - i. Το βασικό τρόπο αναπαράστασης,
 - ii. το σύνολο των συμπερασμάτων που η αναπαράσταση αυτή επιτρέπει και
 - iii. το σύνολο των συμπερασμάτων που προτείνονται.
- Είναι το μέσο για την πραγματοποίηση ενός ρεαλιστικού υπολογισμού, δηλαδή το υπολογιστικό περιβάλλον στο οποίο επιτυγχάνεται ο συλλογισμός.
- Είναι ένα μέσο ανθρώπινης έκφρασης, δηλαδή μια γλωσσά στην οποία λέγονται πράγματα για τον κόσμο.

Βασικά στοιχεία μιας γλώσσας ΑΓ είναι το αλφάβητο, το συντακτικό, η σημασιολογία και ο μηχανισμός εξαγωγής συμπερασμάτων. Ο ρόλος του μηχανισμού εξαγωγής συμπερασμάτων είναι η εξαγωγή νέας γνώσης με βάσει την αρχική γνώση που περιγράφεται σε μια γλώσσα αναπαράστασης γνώσης.

Μια βασική παράμετρος για την επιλογή ή δημιουργία μιας γλώσσας ΑΓ είναι η εκφραστικότητα της. Όσο πιο εκφραστική είναι μια ΑΓ τόσο πιο εύκολα και ολοκληρωμένα μπορεί να εκφράσει

ένα γεγονός ή ένα στοιχείο με τη δεδομένη σημασιολογία και γραμματική αυτής. Ωστόσο, πολύ εκφραστικές γλώσσες είναι πιθανότερο να χρειάζονται πιο περίπλοκη λογική και αλγόριθμους για να εκφράσουν ισοδύναμα συμπεράσματα. Επίσης, μια πολύ εκφραστική ΑΓ είναι λιγότερο πιθανό να είναι πλήρης.

Ανάλογα με τη διαφοροποίηση των βασικών στοιχείων μιας γλώσσας ΑΓ δημιουργείται μια σειρά από διαφορετικές εκδοχές. Οι ακόλουθες τέσσερις είναι από τις κυρίαρχες μεθόδους ΑΓ: η Προτασιακή Λογική (Propositional Logic), η Λογική Πρώτης Τάξης (First-Order Logic), ο Λογικός Προγραμματισμός (Logic Programming) και οι Περιγραφικές Λογικές (Description Logics). Καθώς δεν είναι σκοπός της εργασίας να αναλυθούν εις βάθος οι διάφορες μέθοδοι, αναφέρονται ορισμένα παραδείγματα και στο επόμενο κεφάλαιο ακολουθεί η ανάλυση της Περιγραφικής Λογικής η οποία αποτελεί και το υπόβαθρο της γλώσσας οντολογιών OWL.

- Προτασιακή Λογική
«η Μαρία είναι Θηλυκό» \wedge «η Μαρία έχει παιδί το Χρήστο» \wedge «ο Χρήστος είναι άνθρωπος»
ΣΥΝΕΠΑΓΕΤΑΙ ΟΤΙ «η Μαρία είναι Μητέρα»
- Λογική Πρώτης Τάξης
 $\forall X (\text{Μητέρα}(X) \rightarrow \text{Θηλυκό}(X) \wedge \exists Y (\text{έχειΠαιδί}(X,Y) \wedge \text{Άνθρωπος}(Y)))$
- Λογικός Προγραμματισμός
 $\forall X,Y \text{Θηλυκό}(X) \wedge \text{έχειΠαιδί}(X,Y) \wedge \text{Άνθρωπος}(Y) \rightarrow \text{Μητέρα}(X)$
- Περιγραφική Λογική
 $\text{Μητέρα} \equiv \text{Θηλυκό} \cap \exists \text{έχειΠαιδί}.\text{Άνθρωπος}$

2.2 Περιγραφική Λογική

Παρακάτω γίνεται μια εισαγωγή στις Περιγραφικές Λογικές. Περιγράφονται οι βασικές τους έννοιες, τα βασικά χαρακτηριστικά καθώς και ο τρόπος αναπαράστασης γνώσης σε μια Περιγραφική Λογική. Στο μεγαλύτερο μέρος του, το κεφάλαιο αυτό βασίζεται στο “Description Logics Handbook” (Baader et al., 2003), το “An Introduction to Description Logics” (Nardi and Brachman, 2003) και στο “Εισαγωγή στις Περιγραφικές Λογικές - Σύνταξη, Σημασιολογία και Αλγόριθμοι Συλλογιστικής” (Στόιλος, 2011)

2.2.1 Εισαγωγή στις Περιγραφικές Λογικές

Η Περιγραφική Λογική (ΠΛ, εκ του Description Logic) υποδηλώνει μια οικογένεια από γλώσσες αναπαράστασης γνώσης, οι οποίες μοντελοποιούν το πεδίο εφαρμογής καθορίζοντας τις σχετικές έννοιες του πεδίου και στη συνέχεια χρησιμοποιούν αυτές τις έννοιες για να καθορίσουν τις ιδιότητες των αντικειμένων και των ατόμων που εμφανίζονται στο πεδίο αυτό. Με απλά λόγια η ΠΛ κάνει μια περιγραφή του πεδίου εφαρμογής ορίζοντας τις έννοιες του πεδίου (ορολογία), οργανώνοντας αυτές τις έννοιες (ταξινόμηση) και χρησιμοποιώντας αυτές τις έννοιες για την περιγραφή των αντικείμενων και των ατόμων του πεδίου (περιγραφή του κόσμου).

Το ενδιαφέρον στην ΠΛ έχει ανανεωθεί πρόσφατα επειδή αποτελεί τη βάση για τη δημιουργία της γλώσσας οντολογιών OWL, που προτείνεται ως πρότυπο από τον οργανισμό W3C (World Wide Web Consortium) για τη δημιουργία και επεξεργασία οντολογιών στον σημασιολογικό ιστό. Αρκετές από τις δομές που εισάγει η γλώσσα OWL δεν θα μπορούσαν να εκτιμηθούν σωστά χωρίς τουλάχιστον την επιφανειακή γνώση ΠΛ. Επιπλέον, κάποια από τα εργαλεία οντολογιών (συντάκτης οντολογιών Protégé) παρέχουν μια διεπαφή χρήστη η οποία βασίζεται σε έννοιες που υποστηρίζονται από την ΠΛ.

Η ΠΛ έχει μια σειρά από πλεονεκτήματα που τη διαφοροποιούν σε σχέση με τις άλλες μεθόδους αναπαράστασης γνώσης. Ένα από αυτά είναι ότι παρέχει μια οργανωμένη αναπαράσταση γνώσης η οποία είναι ευκολότερα κατανοητή για τον άνθρωπο. Επίσης, έχει μια ευκολότερη συλλογιστική η οποία στηρίζεται στην ταξινόμηση εννοιών.

Τα δομικά στοιχεία των ΠΛ είναι οι έννοιες (concepts), οι ρόλοι (roles) και τα άτομα (individuals). Επιπλέον, οι ΠΛ χρησιμοποιούν ένα σύνολο κατασκευαστών εννοιών (concept constructors), οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την κατασκευή νέων πιο περίπλοκων εννοιών (complex concepts) με συνδυασμό των ήδη υπαρχουσών. Έστω για παράδειγμα η έννοια Μητέρα που περιγράφεται χρησιμοποιώντας τις επιμέρους έννοιες Θηλυκό, Άνθρωπος, τον ρόλο έχειΠαιδί και τους κατασκευαστές \exists και \cap ως εξής:

$$\text{Μητέρα} \equiv \text{Θηλυκό} \cap \exists \text{έχειΠαιδί.Άνθρωπος}$$

2.2.2 Βασικά χαρακτηριστικά Περιγραφικής Λογικής

Όπως σημειώθηκε στην Παράγραφο 2.1.2, τα βασικά συστατικά μιας γλώσσας αναπαράστασης γνώσης είναι το αλφάβητο, το συντακτικό, η σημασιολογία και ο μηχανισμός εξαγωγής συμπερασμάτων. Καθώς η ΠΛ είναι μια γλώσσα Αναπαράστασης Γνώσης, περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία όπου θα αναλυθούν σε αυτή την παράγραφο.

Ένα από τα βασικά στοιχεία μιας οποιασδήποτε γλώσσας είναι το αλφάβητο της. Στην ΠΛ ορίζεται από ένα σύνολο ατομικών εννοιών (atomic concepts) C , ένα σύνολο ατομικών ρόλων (atomic roles) ή αλλιώς σχέσεων (relations) R και από ένα σύνολο ατόμων (individuals) I . Ο συνήθης συμβολισμός για την αναπαράσταση των ατομικών εννοιών είναι τα γράμματα A, B , τα γράμματα R, S για την αναπαράσταση των ρόλων και τα γράμματα a, b για την αναπαράσταση των ατόμων. Για τις σύνθετες έννοιες (complex concepts) που δημιουργούνται στην ΠΛ από το συνδυασμό των πρωτογενών εννοιών και των κατασκευαστών (\exists, \cap κλπ.) συνήθως χρησιμοποιούνται τα γράμματα C, D . Τέλος, οι λέξεις που αναπαριστούν έννοιες, πρωτογενείς ή μη, ξεκινούν με κεφαλαία (Πχ. Άνθρωπος), ενώ οι λέξεις που αναπαριστούν ρόλους με μικρά (Πχ. έχειΠαιδί).

Το συντακτικό στην ΠΛ καθορίζει τις «συλλογές συμβόλων» οι οποίες αποτελούν εκφράσεις και έχουν σημασιολογικό νόημα. Στην ΠΛ υπάρχουν αρκετές γνωστές παραλλαγές του συντακτικού. Ανάλογα με τη μορφή της ΠΛ ο συνδυασμός των κατασκευαστών ποικίλει. Στον Πίνακα 2.1 φαίνονται οι κατασκευαστές που μπορεί να είναι διαθέσιμοι σε μια γλώσσα ΠΛ.

Σύμβολο	Περιγραφή	Παράδειγμα
\top	Καθολική έννοια	\top
\perp	Κενή έννοια	\perp
\cap	Τομή ή σύζευξη εννοιών	$C \cap D$
\cup	Ένωση ή διάζευξη	$C \cup D$
\neg	Άρνηση ή συμπλήρωμα	$\neg C$
\forall	Καθολικός περιορισμός	$\forall R.C$
\exists	Περιορισμός τιμής	$\exists R.C$
\subseteq	Υποσύνολο έννοιας	$C \subseteq D$
\equiv	Ισοδύναμο έννοιας	$C \equiv D$
\doteq	Ορισμός έννοιας	$C \doteq D$
$:$	Ισχυρισμός έννοιας	$a : C$
$:$	Ισχυρισμός ρόλου	$(a,b) : R$

Πίνακας 2.1: Κατασκευαστές μιας γλώσσας περιγραφικής λογικής

Με βάση το αλφάβητο, όπως ορίστηκε προηγουμένως και τους κατασκευαστές του Πίνακα 2.1, μπορεί να επεκταθεί το παράδειγμα του ορισμού της έννοιας Μητέρα και για άλλες έννοιες της οικογένειας.

Γυναίκα \equiv Άνθρωπος \cap Θηλυκό
 Μητέρα \equiv Θηλυκό \cap \exists έχειΠαιδί.Άνθρωπος
 Άντρας \equiv Άνθρωπος \cap \neg Γυναίκα
 Μητέρα \equiv Γυναίκα \cap \exists έχειΠαιδί.Άνθρωπος
 Πατέρας \equiv Άντρας \cap \exists έχειΠαιδί.Άνθρωπος
 Γονιός \equiv Πατέρας \cup Μητέρα
 Πολύτεκνος \equiv Γονιός \cap \geq 3έχειΠαιδί

Η Σημασιολογία της ΠΛ ορίζει την ερμηνεία των εννοιών ως σύνολα ατόμων και των ρόλων σαν σύνολα διατεταγμένων ζευγών ατόμων. Η σημασιολογία των σύνθετων εννοιών και ρόλων ορίζεται στην συνέχεια σε όρους ατομικών εννοιών και ρόλων.

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της ΠΛ είναι ότι δίνει έμφαση σε μεθόδους συλλογιστικής με τις οποίες εξάγονται συμπεράσματα όπου υπονοούνται από τη γνώση που έχει αναπαρασταθεί. Η βασική μορφή εξαγωγής συμπερασμάτων στις εκφράσεις εννοιών είναι η υπαγωγή (subsumption), δηλαδή η διαδικασία του ελέγχου αν μια έννοια αποτελεί υποσύνολο μιας άλλης έννοιας. Ο συμβολισμός μιας τέτοιας σχέσης είναι ο ακόλουθος:

$$C \subseteq D$$

Μια ειδική κατηγορία της διαδικασίας υπαγωγής είναι και η διαδικασία της ικανοποιησιμότητας (satisfiability). Με τη διαδικασία της ικανοποιησιμότητας ελέγχεται αν η έκφραση μιας έννοιας αποτελεί υποσύνολο του κενού συνόλου.

2.2.3 Αναπαράσταση γνώσης στην Περιγραφική Λογική

Συμφώνα με το συντακτικό και τη σημασιολογία δημιουργείται σε μια ΠΛ η βάση γνώσης. Η αναπαράσταση της γνώσης του συστήματος που βασίζεται σε ΠΛ αποτελείται από δύο συστατικά (το TBox και το ABox). Το TBox περιγράφει ορολογία, δηλαδή μια οντολογία με τη μορφή εννοιών και ορισμών των ρόλων, ενώ το ABox περιέχει ισχυρισμούς για τα άτομα χρησιμοποιώντας τους όρους της οντολογίας. Σε αυτό το σημείο, θα αναλυθούν το TBox και το ABox καθώς και οι υπηρεσίες εξαγωγής συμπερασμάτων που παρέχονται από αυτά.

Το TBox (Σώμα όρων)

Ένα βασικό στοιχείο μιας βάσης γνώσης ΠΛ δίνεται από τις διαδικασίες που χρησιμοποιούνται για να χτιστεί μια ορολογία (terminology). Τέτοιες διαδικασίες σχετίζονται άμεσα με τις μορφές και τη σημασία των δηλώσεων που επιτρέπονται στο TBox.

Η βασική μορφή δήλωσης σε ένα TBox είναι ο ορισμός έννοιας, δηλαδή ο καθορισμός μιας νέας σύνθετης έννοιας με βάση άλλες έννοιες που έχουν οριστεί προηγουμένως. Για παράδειγμα, μια γυναίκα μπορεί να οριστεί ως ένα Θηλυκό Πρόσωπο γράφοντας την παρακάτω δήλωση:

$$\text{Γυναίκα} \equiv \text{Πρόσωπο} \cap \text{Θηλυκό}$$

Μια τέτοια δήλωση ερμηνεύεται συνήθως ως λογική ισοδυναμία, η οποία αντιστοιχεί σε παροχή των ικανών και αναγκαίων συνθηκών για να ταξινομηθεί ένα άτομο ως Γυναίκα.

Συγκεκριμένα, ο βασικός στόχος δημιουργίας μιας ορολογίας είναι η ταξινόμηση (classification), η οποία ισοδυναμεί με την τοποθέτηση μιας νέας έννοιας στην κατάλληλη θέση της ιεραρχίας των εννοιών. Η τοποθέτηση της έννοιας θα είναι μεταξύ των πιο συγκεκριμένων εννοιών που υπάγονται στη νέα έννοια και στις γενικότερες έννοιες στις οποίες η νέα υπάγεται.

Το ABox (Σώμα υποθέσεων ή Σώμα Ισχυρισμών)

Το ABox περιέχει επιπρόσθετη γνώση (extensional knowledge) σχετικά με μια περιοχή ενδιαφέροντος, δηλαδή ισχυρισμούς για τα άτομα, αποκαλούμενα συνήθως ισχυρισμούς ιδιότητας μέλους (membership assertions). Για παράδειγμα:

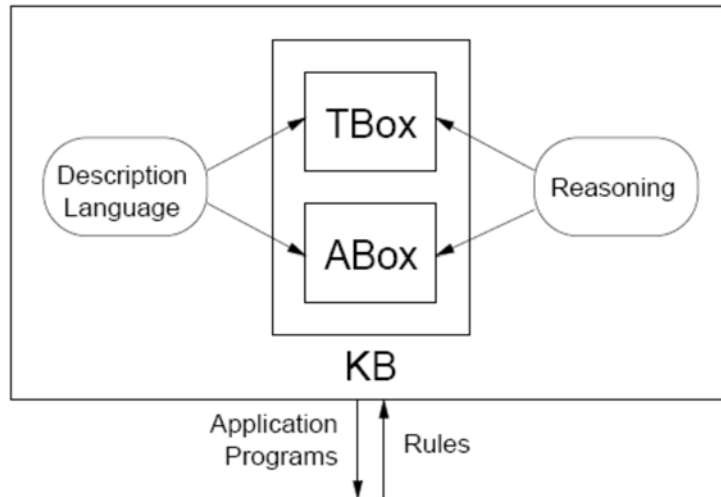
$$\text{Θηλυκό} \cap \text{Πρόσωπο}(\text{ANNA})$$

δηλώνει ότι το άτομο ANNA έχει θηλυκό πρόσωπο. Λαμβάνοντας υπόψη τον παραπάνω καθορισμό της γυναίκας, μπορεί να προκύψει από αυτόν τον ισχυρισμό ότι το άτομο ANNA είναι μια περίπτωση της έννοιας γυναίκα. Ομοίως:

$$\text{εχειΠαιδί}(\text{ANNA.ΚΩΣΤΑΣ})$$

δηλώνει ότι το άτομο ANNA έχει το άτομο ΚΩΣΤΑΣ ως παιδί. Ισχυρισμοί του πρώτου είδους καλούνται ισχυρισμοί έννοιας (concept assertions), ενώ ισχυρισμοί του 2^{ου} είδους καλούνται ισχυρισμοί ρόλου (role assertions).

Ο βασικός στόχος συμπερασματολογίας σε ένα ABox είναι ο έλεγχος περίπτωσης (instance checking), ο οποίος ελέγχει εάν ένα δεδομένο άτομο είναι μια περίπτωση (ανήκει) σε μια καθορισμένη έννοια. Αν και συχνά χρησιμοποιούνται και άλλες συλλογιστικές μέθοδοι, οι περισσότερες από αυτές καταλήγουν τελικά στον έλεγχο περίπτωσης. Μεταξύ τους υπάρχει η συνέπεια βάσεων γνώσης (knowledge base consistency), η οποία ισοδυναμεί με επαλήθευση του εάν κάθε έννοια στη βάση γνώσης αναγνωρίζει (admit) τουλάχιστον ένα άτομο. Επίσης η πραγματοποίηση (realization), η οποία βρίσκει την πιο συγκεκριμένη έννοια της οποίας ένα μεμονωμένο αντικείμενο αποτελεί μια περίπτωση. Και τέλος, η ανάκτηση (retrieval), η οποία βρίσκει τα άτομα στη βάση γνώσεων που είναι περιπτώσεις μιας δεδομένης έννοιας.



Εικόνα 2.1: Η δομή μιας γλώσσας Περιγραφικής Λογικής (Baader et al., 2003)

2.2.4 Γλώσσες Περιγραφικής Λογικής

Υπάρχει μια ποικιλία από ΠΛ καθώς και μια άτυπη σύμβαση ονομασίας, ανάλογα με τους κατασκευαστές που επιτρέπει η κάθε γλώσσα για τη δημιουργία σύνθετων εννοιών. Καθεμία δημιουργείται από ένα αλφάβητο πρωτογενών εννοιών και ρόλων και από ένα σύνολο κατασκευαστών που διαφοροποιείται από γλώσσα σε γλώσσα. Η εκφραστικότητα κωδικοποιείται στην ονομασία, ξεκινώντας με μια από τις ακόλουθες βασικές λογικές:

\mathcal{AL} (Attributive language) μια από τις βασικές γλώσσες ΠΛ η οποία επιτρέπει:

- Ατομική άρνηση
- Τομή εννοιών
- Καθολικός περιορισμός
- Περιορισμένος υπαρξιακός περιορισμός

\mathcal{FL} (Frame based description language) η οποία επιτρέπει:

- Τομή εννοιών
- Καθολικός περιορισμός
- Περιορισμένος υπαρξιακός περιορισμός
- Περιορισμός ρόλου

\mathcal{EL} η τελευταία από τις βασικές γλώσσες, με τη μικρότερη εκφραστικότητα η οποία επιτρέπει:

- Τομή εννοιών
- Υπαρξιακούς περιορισμούς

Οι βασικές γλώσσες ΠΛ μπορούν να επεκταθούν εκφραστικός χρησιμοποιώντας έναν ή περισσότερους από τους παρακάτω κατασκευαστές:

\mathcal{F} : Συναρτησιακός περιορισμός πληθυκότητας (functional properties).

\mathcal{E} : Πλήρης υπαρξιακός περιορισμός (full existential qualification).

\mathcal{U} : Ένωση εννοιών (concept union).

\mathcal{C} : Άρνηση σύνθετων εννοιών (complex concept negation).

\mathcal{H} : Ιεραρχία ρόλων (role hierarchy).

\mathcal{R} : Περιορισμένης πολυπλοκότητας σύνθετα αξιώματα ιδιοτήτων (limited complex role inclusion axioms).

O: Απαριθμητές κλάσεις (enumerated classes), δηλαδή κλάσεις που αποτελούνται από απαριθμήσεις υποστάσεων.

I: Αντίστροφες ιδιότητες (inverse properties).

N: Περιορισμός πληθυκότητας (number restriction). Ο κατασκευαστής αυτός αποτελείται από δύο επιμέρους κατασκευαστές. Τον κατασκευαστή έννοιας το-πολύ (at-most), ο οποίος έχει σύνταξη $\leq nR$ και τον κατασκευαστή το-λιγότερο (at-least), ο οποίος έχει σύνταξη $\geq nR$, όπου n είναι ένας φυσικός αριθμός και R ένας ρόλος.

Q: Εκτεταμένος περιορισμός πληθυκότητας (qualified number restriction). Η διαφορά από τον απλό περιορισμό πληθυκότητας F είναι ότι σαν ρόλος εκπλήρωσης μπορεί να είναι οποιαδήποτε κλάση και όχι μόνο η γενική κλάση.

^(d): Χρήση ιδιοτήτων τύπου δεδομένων (datatype properties).

Ένα παράδειγμα όσων αναφέρθηκαν παραπάνω, είναι η γλώσσα \mathcal{ALC} , που αποτελεί μια βασική ΠΛ η οποία είναι απλά η \mathcal{AL} ενσωματωμένη με την C , δηλαδή την άρνηση σύνθετων εννοιών μαζί με τα χαρακτηριστικά της \mathcal{AL} (την τομή κλάσεων, την ατομική άρνηση κλάσης, καθολικούς περιορισμούς, περιορισμένη υπαρξιακή ποσοτικοποίηση). Ένα ακόμα παράδειγμα αποτελεί η ΠΛ \mathcal{SHIQ} η οποία είναι η βασική ΠΛ $\mathcal{ALC} (\equiv S)$ με ιεραρχία ρόλων, αντίστροφους ρόλους και εκτεταμένους περιορισμούς πληθυκότητας. Οι συμβάσεις ονομασίας δεν έχουν έναν τυποποιημένο τρόπο, έτσι η λογική \mathcal{ALCNIQ} μπορεί να αναφέρεται και ως \mathcal{ALCION} . Επίσης συντομογραφίες γίνονται όπου είναι δυνατόν, δηλαδή προτιμάται η ονομασία \mathcal{ALC} αντί του ισοδύναμου \mathcal{ALUE} .

Σε αυτό το σημείο, αξίζει να αναφερθεί ότι ο συντάκτης οντολογιών Protégé υποστηρίζει την λογική $\mathcal{SHOIN}^{(d)}$. Όσον αφορά τη γλωσσά OWL και τις διάφορες εκδόσεις της, η γλώσσα OWL-DL στηρίζεται στην λογική $\mathcal{SHOIN}^{(d)}$, ενώ η OWL 2 και η OWL-Lite είναι βασισμένες στις $\mathcal{SROIQ}^{(d)}$ και $\mathcal{SHIF}^{(d)}$ αντίστοιχα.

Συγκεκριμένα, η λογική $\mathcal{SHOIN}^{(d)}$ που υποστηρίζει ο συντάκτης οντολογιών Protégé περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά της $\mathcal{ALC} (\equiv S)$, προσφέροντας επίσης ιεραρχία ρόλων, απαριθμητές κλάσεις, αντίστροφες ιδιότητες, περιορισμούς πληθυκότητας και χρήση ιδιοτήτων τύπου δεδομένων.

2.3 Οντολογίες

Δεδομένου ότι η διπλωματική εργασία ασχολείται στο μεγαλύτερο μέρος της με την ανάπτυξη μιας οντολογίας, το κεφάλαιο αυτό είναι αφιερωμένο στην έννοια του όρου «οντολογία» και τα χαρακτηριστικά του. Επίσης, αναλύονται η χρησιμότητα και τα βασικά συστατικά μιας τυπικής οντολογίας. Τέλος, αναφέρονται κάποια σημαντικά στοιχεία για το χτίσιμο μιας οντολογίας, όπως ορισμένες αρχές/κριτήρια σχεδίασης οντολογιών, οι κύριες γλώσσες ανάπτυξής τους, καθώς και μια εκτενέστερη περιγραφή της γλώσσας πρότυπο για την ανάπτυξη οντολογιών στον σημασιολογικό ιστό OWL.

2.3.1 Ορισμός οντολογίας

Αναζητώντας τη βιβλιογραφία θα βρει κανείς αρκετούς ορισμούς, οι οποίοι προσπαθούν να περιγράψουν «τί είναι οντολογία». Ανάλογα με το επιστημονικό πεδίο υπάρχουν δύο οπτικές γωνίες από τις οποίες μπορεί να εξεταστεί ο όρος. Η μία προέρχεται από τη φιλοσοφία και η άλλη από την επιστήμη της πληροφορικής.

Ο όρος οντολογία έχει τις ρίζες του στο πεδίο της *φιλοσοφίας* και αναφέρετε στο «λόγο περί του όντος» ή «στην επιστήμη του όντος». Η λέξη οντολογία, η οποία είναι αρχαίας ελληνικής προέλευσης και ο ίδιος όρος χρησιμοποιείται διεθνώς, προέρχεται από τα συνθετικά ὄν (γενική ὄντος: ύπαρξη) και -λογία (επιστήμη, μελέτη, θεωρία).

Στον τομέα της *επιστήμης των υπολογιστών και της πληροφορικής* εισήχθη τα τελευταία χρόνια, στον οποίο μια οντολογία αποτελεί ένα τυπικό και σαφή ορισμό της γνώσης ενός πεδίου ενδιαφέροντος, ως ένα σύνολο εννοιών και σχέσεων μεταξύ αυτών. Αυτή η τυπική αναπαράσταση γνώσης ως ένα σύνολο εννοιών, σχέσεων και ιδιοτήτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εξαγωγή συμπερασμάτων και νέας γνώσης (συλλογιστική) καθώς και για τη δομημένη περιγραφή της γνώσης ενός πεδίου ενδιαφέροντος.

Στο πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης, πρώτοι ο R. Neches και οι συνεργάτες του το 1991 (Neches et al., 1991) εισήγαν τον όρο οντολογία ως:

Μία οντολογία ορίζει τους βασικούς όρους και σχέσεις, που περιλαμβάνουν το λεξιλόγιο μιας θεματικής περιοχής, καθώς και τους κανόνες για τον συνδυασμό των όρων και των σχέσεων για να ορίσουν επεκτάσεις στο λεξιλόγιο

Ο ορισμός του Neches δίνει κάποιες κατευθυντήριες οδηγίες για το πώς να δομηθεί μια οντολογία, δίνοντας ασαφείς οδηγίες για τον προσδιορισμό των βασικών όρων και των σχέσεων μεταξύ των όρων, προσδιορίζει κανόνες για τον συνδυασμό αυτών και παρέχει ορισμούς αυτών των όρων και σχέσεων. Ένας από τους πιο διαδεδομένους ορισμούς στην βιβλιογραφία είναι αυτός του T.R. Gruber (Gruber, 1993) σύμφωνα με τον οποίο:

Μια οντολογία είναι η ρητή και σαφής περιγραφή ενός εννοιολογικού συλλογισμού

Πιο απλά, μια οντολογία περιγράφει αυστηρά μια οντότητα και καθορίζει τις σχέσεις της με τις υπόλοιπες. Αργότερα το 1997 ο W. N. Borst τροποποίησε ελαφρώς τον ορισμό αυτό του Gruber διατυπώνοντάς τον ως εξής (Borst, 1997):

Οι οντολογίες ορίζονται σαν μια τυπική προδιαγραφή ενός κοινού εννοιολογικού συλλογισμού

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί μία προσέγγιση του όρου οντολογία από τον T.R. Gruber (Gruber, 2008) που επικεντρώνεται στον τομέα της επιστήμης των υπολογιστών και περιγράφει μια οντολογία ως ένα σύνολο από αρχέτυπα αναπαράστασης που χρησιμοποιούνται για τη μοντελοποίηση ενός

πεδίου γνώσης. Τα αρχέτυπα αναπαράστασης είναι τυπικά κλάσεις ή σύνολα (classes or sets), χαρακτηριστικά γνωρίσματα ή ιδιότητες (attributes or properties) και σχέσεις (relationships or relations) μεταξύ μελών κλάσεων. Οι ορισμοί των αρχέτυπων αναπαράστασης περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με τη σημασία και τους περιορισμούς που εξασφαλίζουν τη συνεπή εφαρμογή τους.

Από τον τελευταίο ορισμό του Gruber συμπεραίνεται ότι μια οντολογία στην πράξη περιέχει τα παρακάτω τρία συστατικά στοιχεία:

- Έννοιες,
- ιδιότητες των εννοιών αυτών και
- σχέσεις μεταξύ των μελών των κλάσεων.

Ως επίλογο, πρέπει να σημειωθεί ότι αρκετοί ορισμοί έχουν γραφτεί στον τομέα της πληροφορικής προσπαθώντας να ερμηνεύσουν τη λέξη οντολογία οι οποίοι ουσιαστικά παρέχουν μια διαφορετική και συμπληρωματική οπτική της ίδιας πραγματικότητας.

2.3.2 Λόγοι ανάπτυξης οντολογιών

Ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής, οι λόγοι για την ανάπτυξη μιας οντολογίας ποικίλουν. Σε γενικές όμως γραμμές, οι λόγοι που οδηγούν κάποιον στην ανάπτυξη μιας οντολογίας και κατ' επέκταση τα πλεονεκτήματα του οντολογικού σχεδιασμού είναι τα εξής (Noy and McGuinness, 2001):

- *Κοινή χρήση της δομής της πληροφορίας ανάμεσα σε ανθρώπους και μηχανές.* Αυτός είναι ένας από τους βασικότερους λόγους ανάπτυξης οντολογιών. Πχ. έστω διάφορες ιστοσελίδες οι οποίες περιέχουν ιατρικές πληροφορίες ή παρέχουν δικτυακές ιατρικές υπηρεσίες. Εάν αυτές οι ιστοσελίδες μοιράζονται και δημοσιοποιούν την κοινή οντολογία όρων που χρησιμοποιούν, τότε κατάλληλα στοιχεία λογισμικού, όπως οι πράκτορες λογισμικού, μπορούν να εξάγουν και να συγκρίνουν τις πληροφορίες που περιέχονται σε αυτές τις διαφορετικές ιστοσελίδες και στην συνέχεια να απαντήσουν σε ερωτήματα των χρηστών ή να χρησιμοποιήσουν τις συλληφθείσες πληροφορίες ως εισόδους σε άλλες εφαρμογές.
- *Επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση της γνώσης μιας επιστημονική περιοχή.* Ο λόγος αυτός ήταν μια από τις κατευθυντήριες δυνάμεις πίσω από το πρόσφατο κύμα στην έρευνα γύρω από τις οντολογίες. Πχ. σε πολλές διαφορετικές ερευνητικές περιοχές απαιτείται η μοντελοποίηση της έννοιας του χρόνου. Αυτή η μοντελοποίηση περιλαμβάνει τις έννοιες των χρονικών διαστημάτων, των σημείων στο χρόνο, των σχετικών μετρήσεων του χρόνου και άλλα. Εάν μια ομάδα ερευνητών αναπτύξει μια τέτοια οντολογία λεπτομερώς για τις ανάγκες της επιστημονικής περιοχής της, άλλοι μπορούν απλά να την επαναχρησιμοποιήσουν στις δικές τους περιοχές επιστημονικού ενδιαφέροντος. Επιπλέον, εάν απαιτείται η ανάπτυξη μιας μεγάλης οντολογίας για μια επιστημονική περιοχή, μπορεί κάποιος να ενοποιήσει διάφορες υπάρχουσες οντολογίες κάθε μια εκ των οποίων περιγράφει ένα τμήμα από τη μεγάλη περιοχή. Μπορεί επίσης να επαναχρησιμοποιηθεί μια γενική οντολογία και να επεκταθεί έτσι ώστε να έχει τη δυνατότητα να περιγράψει μια περιοχή ενδιαφέροντος.
- *Κάνει συγκεκριμένες υποθέσεις για ένα πεδίο.* Η ρητή μοντελοποίηση των αφηρημένων εννοιών μιας γνωστικής περιοχής στην οποία βασίζεται μια εφαρμογή επιτρέπει την εύκολη μεταβολή τους εάν η γνώση για την περιοχή αλλάξει. Η ενσωμάτωση σε προγραμματιστικό κώδικα των ιδιοτήτων των αφηρημένων εννοιών μιας περιοχής σχετικά με ένα φαινόμενο καθιστούν όχι μόνο δύσκολο τον εντοπισμό και κατανόηση τους αλλά επιπλέον δυσκολεύουν τη μεταβολή τους εφόσον κάτι τέτοιο απαιτηθεί, ειδικότερα για κάποιον χωρίς πείρα στον προγραμματισμό. Επιπλέον, οι ρητές προδιαγραφές της γνώσης μιας επιστημονικής περιοχής είναι χρήσιμες για τους νέους χρήστες που πρέπει να μάθουν ποιοι όροι στην περιοχή σημαίνουν τί.
- *Διαχωρίζει τη γνώση μιας περιοχής από τις επιχειρησιακές της εφαρμογές.* Ο λόγος αυτός είναι μια άλλη κοινή χρήση των οντολογιών. Μια διαδικασία κατασκευής ενός προϊόντος μπορεί να περιγράψει ως μια διαδικασία όπου ένα προϊόν κατασκευάζεται από τα συστατικά του σύμφωνα με μια σειρά απαραίτητων προδιαγραφών και στη συνέχεια να εκτελεστεί ένα πρόγραμμα που να κάνει την κατασκευή ανεξάρτητα από τα ίδια τα προϊόντα.

Πχ. μπορεί να αναπτυχθεί μια οντολογία με τα συστατικά μέρη και χαρακτηριστικά ενός υπολογιστή και η γνώση αυτή να χρησιμοποιείται από έναν αλγόριθμο σύνθεσης και παραγγελίας υπολογιστή. Ο ίδιος αλγόριθμος επίσης μπορεί να προσαρμοστεί και να χρησιμοποιηθεί για ανελκυστήρες, αν τροφοδοτηθεί με μια οντολογία για ανελκυστήρες.

- **Ανάλυση γνώσης μιας γνωστικής περιοχής.** Η ανάλυση της γνώσης μιας περιοχής είναι δυνατή μόλις μια δηλωτική προδιαγραφή των όρων που χρησιμοποιούνται σε αυτήν είναι διαθέσιμη. Η επίσημη ανάλυση των όρων είναι εξαιρετικά πολύτιμη τόσο κατά την προσπάθεια να επαναχρησιμοποιηθεί μια υπάρχουσα οντολογία όσο και κατά την επέκτασή τους.

Συχνά η ανάπτυξη μιας οντολογίας σε μια γνωστική περιοχή δεν αποτελεί το στόχο της οντολογίας αυτό κάθε αυτό. Η ανάπτυξη μιας οντολογίας είναι σαν τον καθορισμό ενός συνόλου δεδομένων και της δομής τους για τη χρησιμοποίησή τους από άλλα προγράμματα. Οι μέθοδοι επίλυσης προβλημάτων, οι εφαρμογές ανεξάρτητου πεδίου και οι πράκτορες λογισμικού χρησιμοποιούν τις οντολογίες και τις βάσεις γνώσης που χτίζονται από τις οντολογίες ως δεδομένα (Noy and McGuinness, 2001).

2.3.3 Συστατικά μέρη οντολογιών

Η γνώση στις οντολογίες τυποποιείται χρησιμοποιώντας τα πέντε συστατικά μέρη της: κλάσεις, σχέσεις, συναρτήσεις, αξιώματα, στιγμιότυπα (Gruber 1993, Perez and Benjamins 1999).

Κλάσεις (classes): Οι κλάσεις στην οντολογία αναπαρίστανται με τις έννοιες. Οι έννοιες (concepts) χρησιμοποιούνται με την ευρεία σημασία τους. Μια έννοια μπορεί να είναι οτιδήποτε για κάτι που λέγεται και γι' αυτό το λόγο θα μπορούσε επίσης να είναι η περιγραφή μιας εργασίας, μιας λειτουργίας, μιας ενέργειας, μιας ιδέας, μιας κρίσης κλπ..

Οι έννοιες είναι δυνατόν να διαιρεθούν σε δύο κατηγορίες: α) τις πρωταρχικές έννοιες (primitive concepts), οι οποίες έχουν μόνο απαραίτητες συνθήκες, για να είναι μέλος μιας κλάσης, β) τις έννοιες εξ' ορισμού (defined concepts), των οποίων η περιγραφή είναι ικανή και αναγκαία συνθήκη, για να είναι ένα αντικείμενο μέλος της κλάσης.

Σχέσεις (relations): Οι σχέσεις εκφράζουν ένα είδος αλληλεπίδρασης μεταξύ των εννοιών ενός πεδίου. Αυτές τυπικά ορίζονται ως οποιοδήποτε υποσύνολο ενός προϊόντος από η σύνολα, όπως: $R: C_1 \times C_2 \times \dots \times C_n$. Πχ. subclass-of, is-a.

Συναρτήσεις (functions): Οι συναρτήσεις εκπροσωπούν μια ειδική περίπτωση σχέσης, στην οποία το n -οστό στοιχείο της σχέσης προσδιορίζεται μοναδικά από τα $n-1$ προηγούμενα στοιχεία. Επισήμως οι συναρτήσεις ορίζονται ως: $F: C_1 \times C_2 \times \dots \times C_{n-1} \times C_n$. Πχ. η τιμή-μεταχειρισμένου-αντικειμένου μπορεί να προσδιοριστεί ως συνάντηση της αρχικής τιμής του, των διαφόρων χαρακτηριστικών του, καθώς και της ηλικίας του αντικειμένου.

Αξιώματα (axioms): Αναπαριστούν προτάσεις που είναι πάντοτε αληθείς. Πχ. Αν ο Κώστας είναι πρωτοετής φοιτητής μπορεί να παρακολουθήσει το μάθημα Άλγεβρας.

Στιγμιότυπα (instances): Χρησιμοποιούνται για να αναπαριστούν συγκεκριμένα στοιχεία. Πχ. Ο φοιτητής με όνομα Γιώργος αποτελεί στιγμιότυπο της κλάσης Φοιτητής.

2.3.4 Είδη οντολογιών

Σήμερα, είναι εύκολο να πάρει κανείς πληροφορίες από το διαδίκτυο για οντολογίες διάφορων οργανισμών. Πολλές κατηγοριοποιήσεις οντολογιών έχουν αναπτυχθεί για να διαχωρίσουν τα διάφορα είδη οντολογιών και σε αυτή την παράγραφο παρουσιάζονται τρεις οι οποίες θεωρούνται ιδιαίτερα σημαντικές.

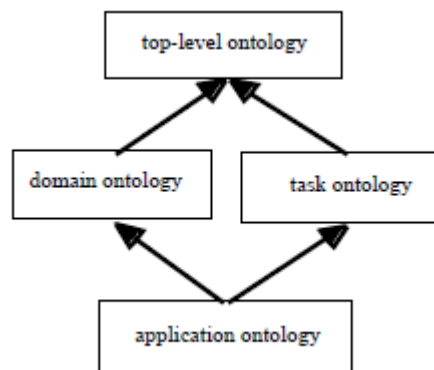
Συμφώνα με μία κατηγοριοποίηση των A.G. Pérez και V.R. Benjamins (Pérez and Benjamins, 1999) και E. Τομαή (Τομαή, 2005) τα διάφορα είδη οντολογιών είναι:

- Οι οντολογίες Αναπαράστασης Γνώσης (Knowledge Representation ontologies) αιχμαλωτίζουν τα πρότυπα αναπαράστασης που χρησιμοποιούνται κατά την τυποποίηση της γνώσης.

- Οι Γενικές/Κοινές οντολογίες (General/Common ontologies) οι οποίες περιέχουν λεξιλόγιο που σχετίζεται με αντικείμενα, συμβάντα, χρόνο, χώρο, αιτιότητα, λειτουργία, συμπεριφορά και άλλα.
- Οι Υψηλού Επιπέδου οντολογίες (Top-Level Ontologies), οι οποίες προσφέρουν γενικές έννοιες με τις οποίες συνδέονται όλοι οι όροι των οντολογιών.
- Οι Μετά-οντολογίες (Meta-ontologies), καλούνται επίσης οντολογίες γενικής χρήσης ή οντολογίες πυρήνα και οι οποίες είναι επαναχρησιμοποιήσιμες.
- Οι οντολογίες Πεδίου (Domain ontologies) παρέχουν λεξιλόγιο για τις έννοιες ενός πεδίου γνώσης, τις σχέσεις μεταξύ τους, τις δραστηριότητες και τις θεωρίες και τις βασικές αρχές που διέπουν αυτό το πεδίο.
- Οι Γλωσσολογικές οντολογίες (Linguistic ontologies) περιλαμβάνουν τις γλωσσολογικές έννοιες διαφόρων γλωσσών και τον τρόπο οργάνωσής τους.
- Οι οντολογίες Έργου (Task ontologies) προσφέρουν συστηματικό λεξιλόγιο των χρησιμοποιούμενων όρων για να επιλυθούν προβλήματα που συνδέονται με συγκεκριμένες υποθέσεις εργασίας. Περιλαμβάνουν ουσιαστικά, ρήματα, επίθετα και άλλα.
- Οι οντολογίες Πεδίου-έργου (Domain Task ontologies) είναι οντολογίες έργου που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε ένα συγκεκριμένο πεδίο γνώσης.
- Οι οντολογίες Μεθόδου (Method ontologies) δίνουν ορισμούς των σχετικών εννοιών και σχέσεων που χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν μια λογική διαδικασία έτσι ώστε να επιτευχθεί ένα συγκεκριμένο έργο.
- Οι οντολογίες Εφαρμογής (Application ontologies) περιέχουν την απαραίτητη γνώση για τη μοντελοποίηση μιας συγκεκριμένης εφαρμογής.

Μία άλλη κατηγοριοποίηση του N. Guarino (Guarino, 1998) διακρίνει διάφορα είδη οντολογιών ανάλογα με το βαθμό γενικότητάς τους. Τα είδη αυτά όπως φαίνονται και στο Σχήμα 2.1 είναι:

- Οι Υψηλού επιπέδου οντολογίες (Top-level ontologies) που περιγράφουν πολύ γενικές έννοιες, όπως ο χώρος, ο χρόνος, το θέμα, το αντικείμενο το γεγονός και άλλα, οι οποίες είναι ανεξάρτητες από ένα συγκεκριμένο πρόβλημα ή τομέα.
- Οι οντολογίες Πεδίου (Domain ontologies) και οι οντολογίες Έργου (Task ontologies) περιγράφουν αντίστοιχα το λεξιλόγιο που σχετίζεται με: Ένα γενικό τομέα (όπως η ιατρική, ή τα αυτοκίνητα) ή ένα γενικό έργο ή δραστηριότητα (όπως η διάγνωση ή η πώληση) εξειδικεύοντας τους όρους που έχει εισάγει μια οντολογία υψηλού επιπέδου.
- Οι οντολογίες Εφαρμογής (Application ontologies) περιγράφουν έννοιες που εξαρτώνται τόσο από το συγκεκριμένο πεδίο όσο και ένα συγκεκριμένο έργο, το οποίο ειδικεύεται και στις δύο σχετικές οντολογίες. Αυτές οι έννοιες συχνά αντιστοιχούν σε ρόλους που έχουν οι οντότητες του τομέα όταν εκτελούν μια συγκεκριμένη δραστηριότητα.



Σχήμα 2.1: Κατηγοριοποίηση οντολογιών κατά N. Guarino (Guarino, 1998)

Σύμφωνα με μια τελευταία κατηγοριοποίηση από τους M. Uschold και M. Gruninger (Uschold and Gruninger, 1996), μια οντολογία μπορεί να πάρει διάφορες μορφές, αλλά αναγκαστικά θα περιλαμβάνει ένα λεξιλόγιο ορών και κάποια χαρακτηριστικά της σημασίας τους. Από τη στιγμή που παρουσιασθούν τα κύρια συστατικά μέρη των οντολογιών, η οντολογία αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορες γλώσσες: πολύ άτυπη, ημι-άτυπη, ημι-τυπική και αυστηρά τυπική γλώσσα (Uschold and

Gruninger, 1996). Ο βαθμός τυπικότητας της γλώσσας (formality) διαφοροποιείται και το νόημα των χαρακτηριστικών ποικίλει. Συνεπώς, μια οντολογία με κριτήριο την τυπικότητα της γλώσσας μπορεί να ταξινομηθεί ως:

- Άτυπη οντολογία (Highly informal ontology), εκφρασμένη αόριστα σε μια φυσική γλώσσα.
- Ημί-Άτυπη οντολογία (Semi-informal ontology), διατυπωμένη σε ένα περιορισμένο και δομημένο υποσύνολο κάποιας φυσικής γλώσσας.
- Ημι-Τυπική οντολογία (Semi-formal ontology), διατυπωμένη σε μια τεχνητή και αυστηρά ορισμένη γλώσσα.
- Αυστηρά τυπική οντολογία (Rigorously formal ontology), ορισμοί όρων με αυστηρή σημασιολογία, θεωρήματα και αποδείξεις ιδιοτήτων, όπως η ορθότητα και η πληρότητα.

2.3.5 Αρχές οντολογικού σχεδιασμού

Τόσο κατά τη δημιουργία όσο και κατά την επαναδημιουργία οντολογιών, θα πρέπει να ακολουθούνται κάποιες βασικές αρχές σχεδίασης. Σε αυτή την παράγραφο λοιπόν αναφέρονται κάποια από αυτά τα κριτήρια/σύνολο αρχών.

Συμφώνα με τους A.G. Pérez και V.R. Benjamins (Pérez and Benjamins, 1999) και Ε. Τομαή (Τομαή, 2005) οι αρχές αυτές είναι οι εξής:

- Σαφήνεια και αντικειμενικότητα (Clarity and Objectivity). Η οντολογία πρέπει να προσφέρει τη σημασία των οριζόμενων όρων, παρέχοντας αντικειμενικούς ορισμούς και τεκμηρίωση σε φυσική γλώσσα.
- Πληρότητα (Completeness). Ο ορισμός ο οποίος εκφράζεται όσον αφορά αναγκαίες και ικανές συνθήκες είναι προτιμότερος από τον μερικό ορισμό.
- Συνοχή (Coherence). Με τον τρόπο αυτό, επιτρέπεται η εξαγωγή συμπερασμάτων που είναι σύμφωνα με τους ορισμούς.
- Μέγιστη επεκτασιμότητα (Maximum monotonic extendibility). Αυτό σημαίνει ότι οι νέοι όροι, γενικοί ή εξειδικευμένοι, πρέπει να περιέχονται στην οντολογία έτσι ώστε να μην χρειάζεται η αναθεώρηση των υφιστάμενων ορισμών.
- Ελάχιστες οντολογικές δεσμεύσεις (Minimal ontological commitments). Αυτό σημαίνει, να γίνονται οι ελάχιστες πιθανές αξιώσεις για τον κόσμο που μοντελοποιείται, δίνοντας έτσι στα μέρη που δημιουργούν την οντολογία, την ελευθερία να την εξειδικεύουν όπως και όποτε χρειάζεται.
- Οντολογικός διαχωρισμός (Ontological Distinction Principles). Αρχή που θεωρεί ότι οι τάξεις μιας οντολογίας πρέπει να είναι ασύνδετες.
- Διαφοροποίηση των ιεραρχιών (Diversification of hierarchies). Αυτό γίνεται για την αύξηση της δύναμης της οντολογίας και υλοποιείται χάρη στους μηχανισμούς πολλαπλής κληρονομικότητας.
- Συναρμολογησιμότητα (Modularity). Για την ελαχιστοποίηση της ένωσης μεταξύ των οντολογικών ομάδων.
- Ελαχιστοποίηση της σημασιολογικής απόστασης μεταξύ των συγγενών συλλογισμών (Minimization of the semantic distance between sibling concepts). Παρεμφερείς συλλογισμοί ομαδοποιούνται και αναπαρίστανται χρησιμοποιώντας τα ίδια αρχέτυπα.
- Τυποποίηση των ονομάτων (Standardization of names).

2.3.6 Γλώσσες οντολογιών

Η δημιουργία μιας οντολογίας γίνεται με τη χρήση διάφορων γλωσσών οντολογιών. Μια γλωσσά οντολογιών δεν είναι τίποτα άλλο παρά μια κοινή γλώσσα για την κωδικοποίηση οντολογιών. Σήμερα που το αντικείμενο των οντολογιών γίνεται ολοένα και πιο δημοφιλή, αρκετές γλώσσες είναι διαθέσιμες, για την ικανοποίηση των διαφοροποιημένων αναγκών των χρηστών. Σε αυτό το τμήμα της εργασίας αναφέρονται ορισμένες από τις πιο δημοφιλείς γλώσσες και στην συνέχεια αναλύεται η γλώσσα OWL η οποία προτείνεται από τον οργανισμό W3C (World Wide Web Consortium) ως η

επίσημη γλώσσα αναπαράστασης οντολογιών στον Σημασιολογικό Ιστό και αποτελεί επίσης τη γλώσσα του συντάκτη οντολογιών Protégé.

Οι Συνηθέστερες γλώσσες οντολογιών είναι οι ακόλουθες:

- Η Common Algebraic Specification Language είναι μια γενική, βασισμένη στη λογική γλώσσα προδιαγραφών και λειτουργεί ως ένα πρότυπο του τομέα των προδιαγραφών λογισμικού.
- Η Common Logic είναι ένα ISO πρότυπο, μια προδιαγραφή για μια οικογένεια γλωσσών οντολογιών, οι οποίες μπορούν να μεταφραστούν με ακρίβεια μεταξύ τους.
- Το πρόγραμμα Cyc έχει τη δική του γλώσσα οντολογιών, που ονομάζεται CycL, η οποία βασίζεται σε κατηγορηματικό λογισμό πρώτης τάξεως με ορισμένες επεκτάσεις ανώτερης τάξης.
- Η DOGMA ακολουθεί μια μοντελοποίηση προσανατολισμένη σε γεγονότα με σκοπό να προσφέρει μεγαλύτερης τάξης σημασιολογική σταθερότητα.
- Η γλώσσα Gellish αποτελεί μια ελεγχόμενη φυσική γλώσσα για την αναπαράσταση πληροφορίας και γνώσης με τρόπο κατανοητό από μια μηχανή αλλά ανεξάρτητο από το εκάστοτε σύστημα.
- Η IDEF5 είναι μια μέθοδος τεχνολογίας λογισμικού που αναπτύσσει και διαχειρίζεται χρήσιμες, ακριβείς οντολογίες για διάφορες περιοχές ενδιαφέροντος.
- Η KIF αποτελεί ένα συντακτικό λογικής πρώτης-τάξεως που βασίζεται σε συμβολικές εκφράσεις.
- Η OWL είναι μια γλώσσα για τη δημιουργία οντολογιών η οποία δημιουργήθηκε ως συνέχεια της RDF και της RDFS, καθώς και άλλων ερευνών πάνω σε γλώσσες οντολογιών όπως η OIL, η DAM και η DAM+OIL. Η OWL αναπτύχθηκε με σκοπό να χρησιμοποιηθεί στον Παγκόσμιο Ιστό και όλα τα στοιχεία της (κλάσεις, συσχετίσεις και στιγμιότυπα) καθορίζονται ως RDF πόροι και αναγνωρίζονται ως URIs.
- Η SADL (Semantic Application Design Language) διαθέτει ένα μέρος της εκφραστικότητας της OWL. Χρησιμοποιώντας μια γλώσσα που μοιάζει με την αγγλική, σχηματίζει σημασιολογικά μοντέλα και κανόνες που υπηρετούν ένα συγκεκριμένο κλάδο. Χρησιμοποιείται μέσα από ένα πρόσθετο του Eclipse, το SADL-IDE, για το σχηματισμό οντολογιών.
- Η OBO είναι μια γλώσσα που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη οντολογιών στον κλάδο της βιολογίας και της βιοϊατρικής.

Η γλώσσα οντολογιών OWL

Ως μέρος της προσπάθειας ανάπτυξης του σημασιολογικού ιστού, ο οργανισμός W3C προχώρησε στην ανάπτυξη μιας γλώσσας, βασισμένης στην XML (eXtensible Markup Language) που ονόμασε OWL (Web Ontology Language). Η OWL αποτελεί ένα πρότυπο για τις οντολογίες και την αναπαράσταση γνώσης, με βάση το RDF (Resource Description Framework) και την άμεση προκάτοχο της DAML (DARPA Agent Markup Language). Η γλώσσα είναι σχεδιασμένη για την επεξεργασία πληροφορίας και όχι για την αναπαράσταση αυτής στους χρήστες (Ιστοσελίδα W3C, OWL features).

Η OWL αποτελείται από τρεις υπο-γλώσσες (Εικόνα 2.2). Η διαφοροποίηση έγκειται στην εκφραστικότητα που επιτρέπει η κάθε γλώσσα. Γενικά, όσο πιο εκφραστική είναι μια γλώσσα, τόσο δυσκολότερη καθίσταται η διαδικασία συλλογισμού. Παρακάτω αναφέρονται τα βασικά χαρακτηριστικά της κάθε γλώσσας (Ιστοσελίδα W3C, OWL features).

- OWL-Lite: Η OWL-Lite είναι η πιο απλή εκδοχή της OWL και παρέχει μια απλή ιεραρχία ταξινόμησης με απλούς περιορισμούς. Η OWL-Lite εισάγει πρόσθετους περιορισμούς στην OWL DL. Συγκεκριμένα αποκλείει τις απαριθμητές κλάσεις, τις προτάσεις μη επικάλυψης και την αυθαίρετη πληθυκότητα. Το πλεονέκτημα της γλώσσας είναι η ευκολότερη κατανόηση της από τους χρήστες και η ευκολία ανάπτυξης εργαλείων υποστήριξης. Μειονέκτημα της γλώσσας αποτελεί η περιορισμένη εκφραστικότητα, γεγονός που καθιστά τη μοντελοποίηση ορισμένων πεδίων αδύνατη.
- OWL-DL: Η OWL-DL βασίζεται στην Περιγραφική Λογική (Description Logic). Αποτελεί υπο-γλώσσα της OWL Full που περιορίζει τις δυνατότητες των δομών της OWL ώστε να έχει τη δυνατότητα αποφανσιμότητας.

- **OWL-Full:** Η OWL-Full αποτελεί την πιο πλούσια εκδοχή της OWL, παρέχοντας όλο το λεξιλόγιο της OWL, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπει τον συνδυασμό με τις γλώσσες RDF και RDF Schema (προσφέρει μερική συμβατότητα με την RDF Schema). Βασικό μειονέκτημα της γλώσσας είναι ότι δεν έχει τη δυνατότητα υπολογιστικής αποφασιστικότητας.

Κάθε μια από αυτές τις υπο-γλώσσες είναι μια επέκταση της αμέσως απλούστερης προηγούμενης της, τόσο στο τι μπορεί νόμιμα να εκφραστεί όσο και στο τι μπορεί έγκυρα να προκύψει ως συμπέρασμα. Οι ακόλουθες σχέσεις ισχύουν ενώ οι αντίστροφές τους όχι.

- Κάθε νόμιμη OWL Lite οντολογία είναι μια νόμιμη OWL DL οντολογία.
- Κάθε νόμιμη OWL DL οντολογία είναι μια νόμιμη OWL Full οντολογία.
- Κάθε έγκυρο OWL Lite συμπέρασμα είναι ένα έγκυρο OWL DL συμπέρασμα.
- Κάθε έγκυρο OWL DL συμπέρασμα είναι ένα έγκυρο OWL Full συμπέρασμα.



Εικόνα 2.2: Ιεραρχία γλωσσών της OWL

Από την OWL 1 στην OWL 2

Η πιο πρόσφατη γλώσσα αναπαράστασης οντολογιών στον Σημασιολογικό Ιστό (από το 2009 αποτελεί πρότυπο) είναι η OWL 2. Η γλώσσα αυτή αποτελεί επέκταση της κλασσικής OWL 1.1 προσθέτοντας της όμως ορισμένα εκφραστικά χαρακτηριστικά όπως (Ιστοσελίδα W3C, OWL 2 new features):

- Χρησιμοποιείται ένα νέο συντακτικό ώστε να είναι ευκολότερη η διατύπωση ορισμένων βασικών εκφράσεων.
- Αύξηση εκφραστικότητας με την εισαγωγή νέων δομών.
- Επέκταση των τύπων δεδομένων που υποστηρίζονται.
- Απλές δυνατότητες για τα μετα-δεδομένα (meta-data).
- Αυξημένες δυνατότητες προσθήκης σχολίων.
- Εισαγωγή διαφόρων άλλων καινοτομιών και δευτερευόντων στοιχείων.

Η OWL 2 όπως και η OWL 1 έχει τρεις υπο-γλώσσες οι οποίες είναι:

- OWL 2 QL: Για πρόσβαση σε δεδομένα αποθηκευμένα σε βάσεις δεδομένων.
- OWL 2 EL: Υποσύνολο της OWL2 για επιτάχυνση της συλλογιστικής.
- OWL 2 RL: Υποσύνολο της OWL 2 που επιτρέπει συλλογιστική μέσω της χρήσης κανόνων σε OWL (forward-chaining rules).

Αξίζει να σημειωθεί ότι το πρόγραμμα Protégé από την έκδοση 4 και μετά υποστηρίζεται από τη γλώσσα OWL 2, ενώ οι παλαιότερες εκδόσεις από την OWL 1.0 και 1.1.

2.3.7 Οντολογίες και Σημασιολογικός Ιστός

Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να αναφερθεί ο σημαντικός ρόλος της γλώσσας οντολογιών OWL για την ανάπτυξη του Σημασιολογικού Ιστού. Μπορεί η γλώσσα οντολογιών OWL να περιγράφηκε σαν ένα τρόπο αναπαράστασης και χρήσης της Περιγραφικής Λογικής αλλά ο σκοπός ανάπτυξης της ήταν να βοηθήσει στη δημιουργία του Σημασιολογικού Ιστού.

Ο Σημασιολογικός Ιστός αποτελεί την εξέλιξη που οραματίζεται ο δημιουργός του σημερινού ιστού (World Wide Web) Tim Berners-Lee. Συμφώνα με τον ορισμό του (Berners-Lee et al., 2001):

Ο Σημασιολογικός Ιστός δεν είναι ένας ξεχωριστός ιστός αλλά η επέκταση του σημερινού ιστού, στον οποίο η πληροφορία είναι καλά καθορισμένη ώστε να διευκολύνεται πιο αποτελεσματικά η συνεργασία ανθρώπων και υπολογιστών

Είναι μια συλλογική προσπάθεια με επικεφαλής το διεθνή οργανισμό τυποποίησης W3C και τη συμμετοχή ενός μεγάλου αριθμού ερευνητών και βιομηχανικών συνεργατών. Στόχος του σημασιολογικού ιστού είναι η προσθήκη σημασιολογικού περιεχομένου στις ιστοσελίδες και η μετατροπή του σημερινού ιστού (World Wide Web) που κυριαρχείται από αδόμητα και ημι-δομημένα έγγραφα σε έναν «ιστό πληροφοριών» (web of data).

Ο σημασιολογικός ιστός επιτρέπει στους χρήστες να βρίσκουν, να μοιράζονται και να συγκρίνουν πληροφορίες πιο εύκολα. Οι άνθρωποι είναι σε θέση να χρησιμοποιούν το διαδίκτυο για να εκτελούν διαδικασίες όπως: η εύρεση της Ιταλικής μετάφρασης για την λέξη «φάκελος», την κράτηση ενός βιβλίου της βιβλιοθήκης και την αναζήτηση της χαμηλότερης τιμής ενός DVD. Ωστόσο, οι μηχανές δεν μπορούν να εκτελέσουν καμιά από τις προηγούμενες διαδικασίες χωρίς την ανθρώπινη καθοδήγηση, διότι οι ιστοσελίδες είναι σχεδιασμένες για να διαβάζονται από ανθρώπους και όχι από μηχανές. Ο σημασιολογικός ιστός είχε οραματιστεί, ως ένα σύστημα το οποίο θα επιτρέπει στις μηχανές να «καταλαβαίνουν» και να «ανταποκρίνονται» στα περίπλοκα ανθρώπινα αιτήματα με βάση τη σημασία τους. Μια τέτοια «κατανόηση» όμως προϋποθέτει ότι οι σχετικές πηγές κατανόησης είναι σημασιολογικά δομημένες.

2.4 Εργαλεία ανάπτυξης οντολογιών

Η δημιουργία μιας οντολογίας δεν είναι εύκολη υπόθεση. Απαιτεί ικανότητες και αποτελεί περισσότερο τέχνη παρά τεχνολογία. Στην παράγραφο αυτή, γίνεται μια σύντομη περιγραφή στα διάφορα εργαλεία τα οποία είναι διαθέσιμα για τη δόμηση μιας νέας οντολογίας από την αρχή ή την επαναχρησιμοποίηση των ήδη υπάρχουσων. Αρχικά λοιπόν, περιγράφονται τα πρώτα εργαλεία τα οποία έκαναν την εμφάνιση τους τη δεκαετία του '90 και έπειτα γίνεται μια αναφορά στα εργαλεία που παρουσιάζονται στην ιστοσελίδα του οργανισμού W3C. Ακολουθεί η περιγραφή του συντάκτη οντολογιών Protégé, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη της οντολογίας και τα συστατικά και οι υπηρεσίες εξαγωγής συμπερασμάτων των οντολογιών σε γλώσσα OWL.

2.4.1 Εργαλεία ανάπτυξης οντολογιών

Ξεκινώντας με τα πρώτα εργαλεία ανάπτυξης οντολογιών που έκαναν την εμφάνιση τους τη δεκαετία του '90 αξίζει να αναφερθούν τα παρακάτω τρία (Corcho et al., 2002):

Ontolingua Server: Ο Ontolingua Server ήταν το 1^ο εργαλείο για οντολογίες που δημιουργήθηκε. Αναπτύχθηκε από Εργαστήριο Συστημάτων Γνώσης (Knowledge Systems Laboratory) του πανεπιστημίου του Στάνφορντ. Ο Ontolingua Server έκανε την εμφάνισή του στις αρχές της δεκαετίας του '90 και σκοπό είχε να διευκολύνει την ανάπτυξη οντολογιών σε γλώσσα Ontolingua. Αρχικά, η κύρια λειτουργία μέσα στον Ontolingua server ήταν το εργαλείο σύνταξης οντολογιών και έπειτα προστέθηκαν και άλλες λειτουργίες όπως ο Webster (ένα εργαλείο επίλυσης εξισώσεων), το OKBC (Open Knowledge Based Connectivity) server, το Chimaera (ένα εργαλείο συγχώνευσης οντολογιών) και άλλα.

Ontosaurus: Ο Ontosaurus αναπτύχθηκε τη δεκαετία του '90 στο Ινστιτούτο πληροφορικής του πανεπιστημίου της Βόρειας Καλιφόρνια. Το πρόγραμμα αποτελείται από δύο μέρη: ένα διακοσμητή (server), ο οποίος χρησιμοποιεί γλώσσα Loom για την αναπαράσταση της γνώσης και ένα πρόγραμμα περιήγησης στον ιστό (web browser) για οντολογίες Loom. Επίσης, ήταν διαθέσιμοι μεταφραστές από Loom σε Ontolingua, KIF, KRSS και C++.

WebOnto: Το 1997 στο KMI (Knowledge Media Institute) στο ανοιχτό πανεπιστήμιο της Αγγλίας αναπτύχθηκε το WebOnto. Το WebOnto εμφανίστηκε ως διαδικτυακή εφαρμογή για την προσπέλαση και συνεργατική ανάπτυξη OCML οντολογιών. Το βασικό πλεονέκτημα του έναντι των άλλων διαθέσιμων εργαλείων είναι ότι υποστήριζε τη συνεργατική-κοινωνική επεξεργασία οντολογιών.

Η ομοιότητα μεταξύ των τριών εργαλείων τα οποία παρουσιάστηκαν μέχρι τώρα, είναι η στενή σχέση με μια συγκεκριμένη γλώσσα ανάπτυξης οντολογιών (Ontolingua, LOOM και OCML). Στην πραγματικότητα σχεδιάστηκαν για να επιτρέπουν την ανάπτυξη και διαχείριση οντολογιών σε αυτές τις γλώσσες. Επιπλέον, τα τρία αυτά εργαλεία αναπτύχθηκαν προσανατολισμένα αυστηρά σε ερευνητικές δραστηριότητες, ενώ τα περισσότερα από αυτά δημιουργήθηκαν ως μεμονωμένα εργαλεία χωρίς δυνατότητες επεκτασιμότητας.

Τα τελευταία χρόνια, έχει αναπτυχθεί μια νέα γενιά από εργαλεία κατασκευής οντολογιών. Τα σχεδιαστικά κριτήρια για αυτά τα περιβάλλοντα είναι περισσότερο φιλόδοξα από εκείνα που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Δημιουργήθηκαν αποσκοπώντας στην ενσωμάτωση της τεχνολογίας των οντολογιών σε πραγματικά πληροφοριακά συστήματα. Συγκεκριμένα, έχουν σχεδιαστεί ως ισχυρά και ολοκληρωμένα περιβάλλοντα ή εφαρμογές τα οποία παρέχουν τεχνολογική υποστήριξη στις περισσότερες από τις δραστηριότητες του κύκλου ζωής μιας οντολογίας. Έχουν επεκτάσιμες, βασισμένες σε υποσυστήματα, αρχιτεκτονικές όπου νέες δυνατότητες μπορούν εύκολα να προστεθούν προκειμένου να βελτιώσουν την λειτουργικότητα του περιβάλλοντος. Επιπλέον τα γνωστικά μοντέλα τα οποία χρησιμοποιούνται είναι ανεξάρτητα από τη γλώσσα ανάπτυξής τους. Μεταξύ αυτών των βελτιωμένων εργαλείων ανάπτυξης οντολογιών, μπορεί κανείς να διακρίνει στον Πίνακα 2.2 εκείνα τα οποία προτείνονται στην ιστοσελίδα του W3C.

Εργαλεία ανάπτυξης οντολογιών	Περιγραφή	Διαθέσιμος στο
Protégé	Αποτελεί ίσως έναν από τους πιο διαδεδομένους συντάκτες οντολογιών, ο οποίος έχει τη δυνατότητα να επεκταθεί με μια μεγάλη βιβλιοθήκη πρόσθετων (plug-ins).	http://protege.stanford.edu/
NeOn Toolkit	Είναι άλλος ένας συντάκτης οντολογιών με μεγάλη ποικιλία διαθέσιμων πρόσθετων. Είναι ιδιαίτερα κατάλληλος για μεγάλα προγράμματα (Πχ. πολυ-δαιρούμενων, πολυγλώσσων, ενοποιημένων οντολογιών και αλλά)	http://neon-toolkit.org/
SWOOP	Είναι ένας μικρός και απλός συντάκτης οντολογιών.	http://www.mindswap.org/2004/SWOOP/
TopBraid Composer	Αποτελεί έναν πολλαπλών χρήσεων συντάκτη οντολογιών για τον Σημασιολογικό Ιστό.	http://www.topquadrant.com/products/TB_Composer.html
Vitro	Πρόκειται για ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα σύνταξης οντολογιών για εφαρμογές του Σημασιολογικού Ιστού.	http://vitro.mannlib.cornell.edu/
Knoodl	Είναι ένας συντάκτης οντολογιών για χρήση κυρίως από κοινότητες.	http://www.knoodl.com/
Anzo for Excel	Δημιουργεί μια αρχική οντολογία βασισμένη στα δεδομένα και τη δομή υπολογιστικών φύλλων (Πχ. Excel spreadsheet).	http://www.cambridgesemantics.com/products/anzo_for_excel/

Πίνακας 2.2: Εργαλεία ανάπτυξης οντολογιών (Ιστοσελίδα W3C, Ontology editors)

2.4.2 Ο συντάκτης οντολογιών Protégé

Στη συνέχεια, αναλύεται λεπτομερώς ο συντάκτης οντολογιών Protégé (καθώς σε αυτόν αναπτύχθηκε η οντολογία για το πρόγραμμα Corine Land Cover) και τα συστατικά μιας οντολογίας OWL, σύμφωνα με τον επίσημο οδηγό για το Protégé 4 «A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using Protégé 4 and CO-ODE Tools, Edition 1.3» (Horridge, 2011).

Το Protégé αποτελεί μια ελεύθερη, ανοιχτού κώδικα (open-source) πλατφόρμα, η οποία παρέχει ένα σύνολο εργαλείων με σκοπό τη δημιουργία μοντέλων μιας γνωστικής περιοχής και βάσεων γνώσης με οντολογίες. Το πρόγραμμα πρωτοεμφανίστηκε το 1988, όπου τότε αποτελούσε απλώς ένα μέσο για τη δημιουργία εργαλείων ανάκτησης γνώσης για έμπειρα συστήματα. Αναπτύχθηκε από την ιατρική σχολή του πανεπιστημίου του Στάνφορντ και στον πυρήνα του, εφαρμόζει ένα μεγάλο αριθμό από δομές και ενέργειες οι οποίες υποστηρίζουν τη δημιουργία και διαχείριση των οντολογιών με διάφορες μορφές απεικόνισης.

Η πλατφόρμα Protégé υποστηρίζει δύο βασικούς τύπους δημιουργίας οντολογιών: το συντάκτη οντολογιών Protégé-Frames και το συντάκτη Protégé-OWL. Ο συντάκτης **Protégé Frames** επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργήσουν και να συμπληρώσουν οντολογίες σύμφωνα με το πλαίσιο Open Knowledge Base Connectivity protocol (OKBC). Σε αυτό το μοντέλο, μια οντολογία αποτελείται από ένα σύνολο κλάσεων, οργανωμένων σε μια ιεραρχική δομή με σκοπό την αναπαράσταση των βασικών εννοιών ενός τομέα, του συνόλου των ιδιοτήτων και συσχετίσεων μεταξύ των κλάσεων καθώς και των περιπτώσεων των κλάσεων ή ατόμων αυτών των εννοιών που έχουν συγκεκριμένες τιμές για τις ιδιότητές τους.

Τα χαρακτηριστικά του Protégé-Frames περιλαμβάνουν ένα φιλικό προς το χρήστη γραφικό περιβάλλον, με ένα ευρύ σύνολο λειτουργιών, το οποίο του επιτρέπει να μοντελοποιήσει τη γνώση και να εισάγει τα δεδομένα ενός τομέα ενδιαφέροντος. Μια συλλογή πρόσθετων λειτουργιών (plug-ins), η οποία μπορεί να επεκταθεί με ειδικά σχεδιασμένα στοιχεία όπως: γραφικά συστατικά (Πχ. διαγράμματα και πίνακες), πολυμέσα (Πχ. ήχο, εικόνα, βίντεο), διάφορες μορφές αποθήκευσης (Πχ. RDF, XML, HTML κτλ.) και αρκετά ακόμα εργαλεία υποστήριξης (Πχ. διαχείρισης οντολογιών, οπτικοποίησης οντολογιών, εξαγωγής συμπερασμάτων και συλλογιστικής). Τέλος, μια βασισμένη σε

JAVA πραγματιστική διεπαφή (API), η οποία επιτρέπει σε πρόσθετες λειτουργίες (plug ins) και άλλες εφαρμογές να έχουν πρόσβαση, να χρησιμοποιούν και να εμφανίζουν οντολογίες δημιουργημένες στο Protégé-Frames.

Ο συντάκτης **Protégé-OWL** δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να κατασκευάσουν οντολογίες στον σημασιολογικό ιστό (Semantic Web) σε γλώσσα OWL. Μια οντολογία σε γλώσσα OWL μπορεί να περιλαμβάνει περιγραφές κλάσεων, ιδιοτήτων και περιπτώσεων τους. Με δεδομένη μια τέτοια οντολογία, η επίσημη σημασιολογία της OWL καθορίζει το πώς να προκύψουν λογικά συμπεράσματα, δηλαδή γεγονότα που δεν παρουσιάζονται στην οντολογία αλλά συνεπάγονται από τη σημασιολογία της.

2.4.3 Συστατικά μέρη οντολογίας OWL

Οι οντολογίες OWL έχουν παρόμοια συστατικά με τις οντολογίες οι οποίες βασίζονται στον συντάκτη οντολογιών Protégé Frames. Ωστόσο, η ορολογία που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τα συστατικά αυτά, είναι ελαφρώς διαφορετική από αυτή που χρησιμοποιείται στο Protégé (Πίνακας 2.3). Μια OWL οντολογία αποτελείται από άτομα (individuals), ιδιότητες (properties) και κλάσεις (classes), τα οποία αντιστοιχούν στην περίπτωση του συντάκτη Protégé Frames στις περιπτώσεις (instances), σε μια ποικιλία χαρακτηρισμών (slots) και κλάσεις (classes).

OWL	Protégé
Άτομα (Individuals)	Περιπτώσεις (Instances)
Ιδιότητες (Object/Data Properties)	Ποικιλία χαρακτηρισμών (Slots)
Κλάσεις (Classes)	Κλάσεις (Classes)

Πίνακας 2.3: Αντιστοιχία οντολογιών OWL με Protégé

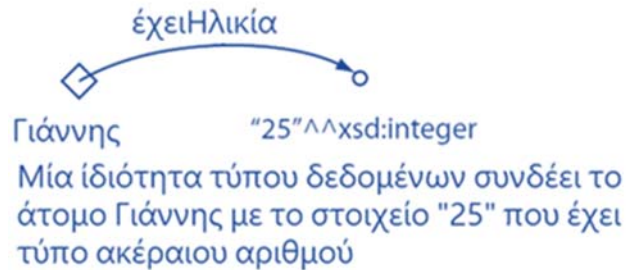
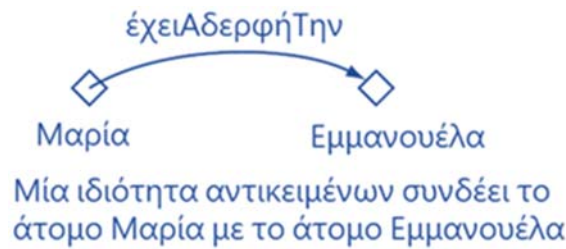
Άτομα

Τα άτομα (individuals) αντιπροσωπεύουν αντικείμενα ενός τομέα ενδιαφέροντος. Μια σημαντική διαφορά μεταξύ Protégé και OWL είναι ότι η OWL δεν χρησιμοποιεί την Υπόθεση Μοναδικού Ονόματος (Unique Name Assumption - UNA). Αυτό σημαίνει ότι δύο διαφορετικά ονόματα θα μπορούσαν να αναφέρονται στο ίδιο άτομο. Για παράδειγμα, ο «Δήμαρχος κ. Παπαδάκης», ο «Δήμαρχος» και ο «κ. Παπαδάκης» μπορεί να αναφέρονται στο ίδιο άτομο. Στην OWL αυτό πρέπει να είναι ρητά καθορισμένο, δηλαδή ότι τα άτομα είναι τα ίδια ή διαφορετικά μεταξύ τους.

Ιδιότητες

Οι ιδιότητες (properties) είναι δυαδικές σχέσεις μεταξύ των ατόμων, δηλαδή σχέσεις οι οποίες συνδέουν δύο άτομα μεταξύ τους. Πχ. η ιδιότητα *βρίσκεταιΚοντάΣε* πιθανώς να συνδέει το άτομο **ΔάσοςΠλατύφυλλων** με το άτομο **ΔάσοςΚωνοφόρων** ή η ιδιότητα *κοινόΌριοΜε* μπορεί να συνδέει τα άτομα **Ακτή** και **Θάλασσα**. Οι ιδιότητες μπορεί να είναι και αντίστροφες, όπως Πχ. οι ιδιότητες *βρίσκεταιΨηλότεραΑπό* και *βρίσκεταιΧαμηλότεραΑπό*. Ακόμα, μια ιδιότητα μπορεί να έχει τον περιορισμό να παίρνει μόνο μια τιμή, να είναι δηλαδή Συναρτησιακή (functional), ενώ μπορεί επίσης να είναι Συμμετρική (symmetric), Μεταβατική (transitive) καθώς και άλλες μορφές οι οποίες αναφέρονται στη συνέχεια αυτής της παραγράφου.

Όπως επισημάνθηκε προηγουμένως, οι ιδιότητες αναπαριστούν σχέσεις. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι ιδιοτήτων (Εικόνα 2.3), οι Ιδιότητες Αντικειμένων (Object Properties) και οι Ιδιότητες Τύπου Δεδομένων/Στοιχείων (Datatype properties). Η OWL έχει επίσης και ένα 3^ο τύπο ιδιοτήτων, τις Ιδιότητες-Σχόλια (Annotation properties). Οι Ιδιότητες-Σχόλια έχουν τη δυνατότητα να προσθέτουν πληροφορία στα μετα-δεδομένα (δεδομένα για τα δεδομένα) δηλαδή στις κλάσεις, τα άτομα και στις ιδιότητες (και στους δύο τύπους).

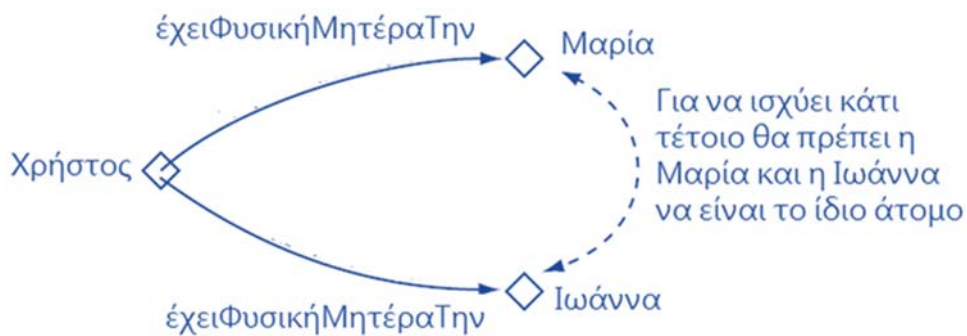


Εικόνα 2.3: Ιδιότητες Αντικειμένων/Τύπου δεδομένων της OWL

Ιδιότητες Αντικειμένων

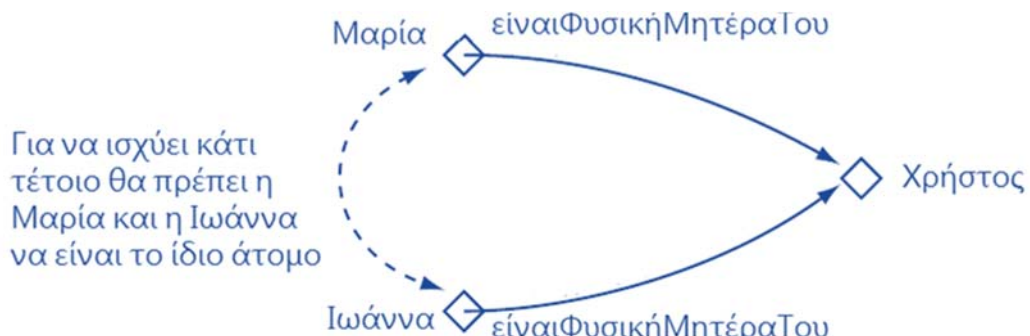
Οι Ιδιότητες Αντικειμένων εκφράζουν συσχετίσεις αντικειμένων. Η OWL επιτρέπει την επέκταση μιας ιδιότητας δίνοντάς της ορισμένα χαρακτηριστικά. Τα διάφορα χαρακτηριστικά τα οποία προσφέρει η OWL 2 είναι τα εξής:

- **Συναρτησιακή ιδιότητα (Functional Property).** Μια ιδιότητα είναι Συναρτησιακή αν το πολύ ένα άτομο συνδέεται με μια σχέση με ένα άλλο άτομο (Εικόνα 2.4).



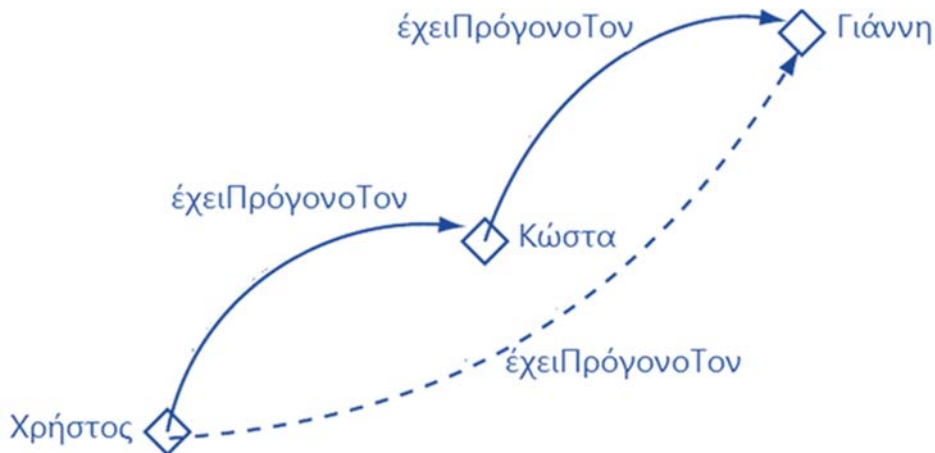
Εικόνα 2.4: Παράδειγμα Συναρτησιακής ιδιότητας

- **Αντιστρόφως Συναρτησιακή ιδιότητα (Inverse Functional Property).** Σε αυτή την περίπτωση αν μια ιδιότητα είναι Αντιστρόφως Συναρτησιακή τότε η αντίστροφη της είναι Συναρτησιακή. Για ένα δεδομένο άτομο υπάρχει το πολύ ένα άτομο που συνδέεται μαζί του μέσω της ιδιότητας αυτής (Εικόνα 2.5).



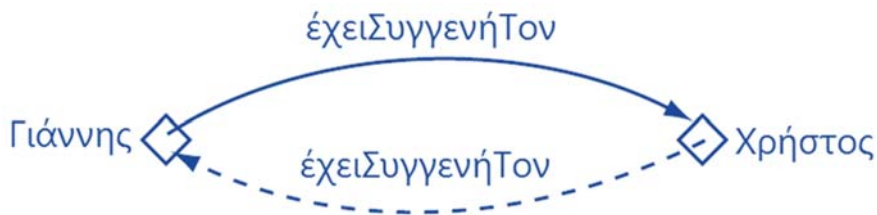
Εικόνα 2.5: Παράδειγμα Αντιστρόφως Συναρτησιακής ιδιότητας

- **Μεταβατική ιδιότητα (Transitive property).** Αν μια ιδιότητα P είναι Μεταβατική και συνδέει τα άτομα A και B και επίσης το άτομο B συνδέεται με το C μέσω της ιδιότητας P , τότε συνεπάγεται ότι το άτομο A συνδέεται με το άτομο C (Εικόνα 2.6).



Εικόνα 2.6: Παράδειγμα Μεταβατικής ιδιότητας

- **Συμμετρική ιδιότητα (Symmetric Property).** Αν ιδιότητα P είναι Συμμετρική και συνδέει το άτομο A με το άτομο B , τότε και το άτομο B συνδέεται με το άτομο A με τη σχέση P (Εικόνα 2.7).



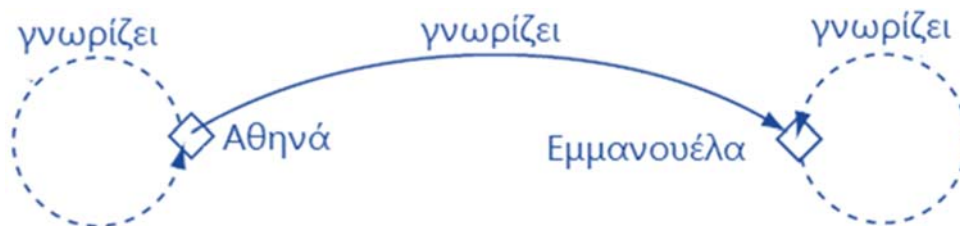
Εικόνα 2.7: Παράδειγμα Συμμετρικής ιδιότητας

- **Ασύμμετρη ιδιότητα (Asymmetric property).** Είναι το αντίθετο της Συμμετρικής ιδιότητας. Δηλαδή αν η ιδιότητα P είναι Ασύμμετρη και συνδέει το άτομο A με το άτομο B , τότε το άτομο B δεν μπορεί να συνδέεται με το άτομο A με τη σχέση P (Εικόνα 2.8).



Εικόνα 2.8: Παράδειγμα Ασύμμετρης ιδιότητας

- **Ανακλαστική ιδιότητα (Reflexive property).** Μια Ανακλαστική ιδιότητα συνδέει το άτομο A μέσω της ιδιότητας P με τον εαυτό του. Ωστόσο η ιδιότητα P μπορεί επιπλέον να συνδέει το άτομο A με το άτομο B (Εικόνα 2.9).



Εικόνα 2.9: Παράδειγμα Ανακλαστικής ιδιότητας

- Μη Ανακλαστική ιδιότητα (Irreflexive property). Μια μη Ανακλαστική ιδιότητα συνδέει το άτομο A μέσω της ιδιότητας P με το άτομο B, το άτομο A όμως δεν μπορεί να είναι το ίδιο (ταυτόσημο) με το άτομο B (Εικόνα 2.10).



Εικόνα 2.10: Παράδειγμα μη Ανακλαστικής ιδιότητας

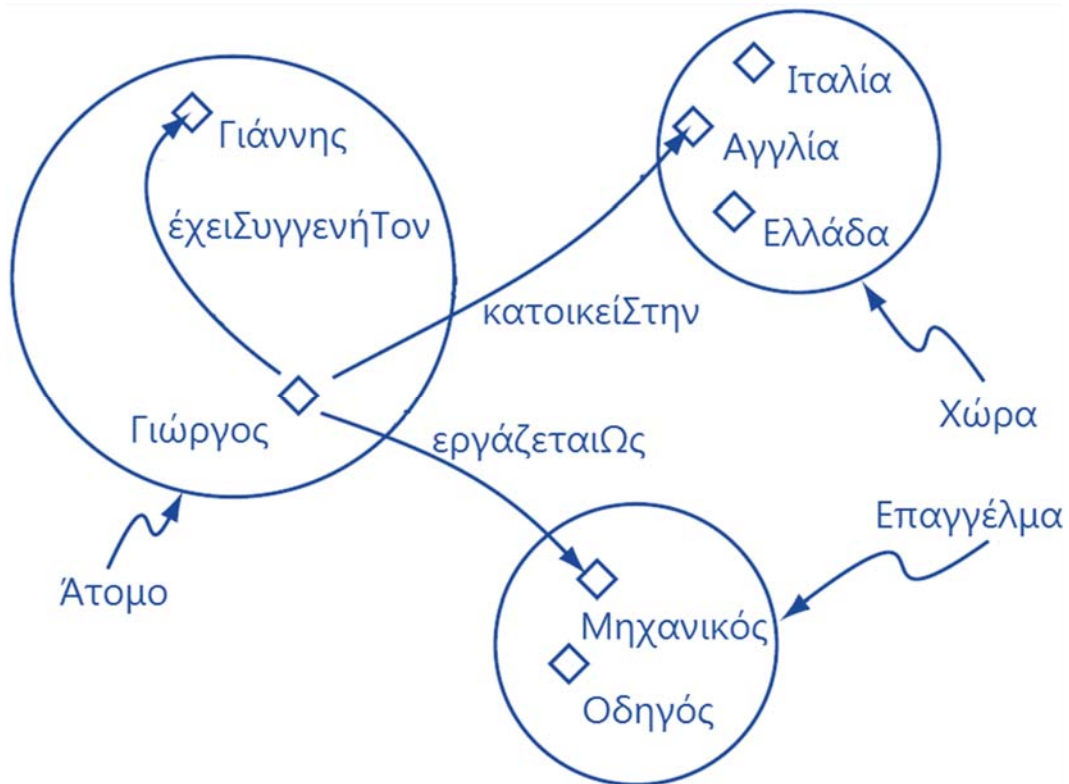
Ιδιότητες Τύπου Δεδομένων/Στοιχείων

Οι Ιδιότητες Τύπου Δεδομένων/Στοιχείων συσχετίζουν άτομα με τύπους δεδομένων, δηλαδή το πεδίο τιμών είναι ένας τύπος δεδομένων (Πχ. αλφαριθμητικά, ακέραιοι, δεκαδικοί και αλλά). Για παράδειγμα, το άτομο **ΔάσοςΠλατύφυλλων** συνδέεται μέσω της ιδιότητας *ελάχιστοΎψοςΔεντρων* με τον ακέραιο αριθμό **5** ή το άτομο **Λίμνη** συνδέεται μέσω της ιδιότητας *έχειΒάθος* με το αλφαριθμητικό **Μικρό**.

Όπως και οι Ιδιότητες Αντικειμένων έχουν τη δυνατότητα προσθήκης ορισμένων χαρακτηριστικών σε αυτές, με παρόμοιο τρόπο και στις Ιδιότητες Τύπου Δεδομένων μια ιδιότητα μπορεί να χαρακτηριστεί ως Συναρτησιακή, να μπορεί να πάρει δηλαδή μόνο μια τιμή. Πχ. το Άτομο **Ποταμός** συνδέεται μέσω της ιδιότητας *έχειΕλάχιστοΠλάτος* με τον ακέραιο αριθμό **100** και συνεπώς δεν μπορεί να πάρει πάνω από μια τιμή. Στις Ιδιότητες Τύπου Δεδομένων αυτό είναι και το μόνο στοιχείο το οποίο μπορεί να χαρακτηρίζει μια ιδιότητα.

Κλάσεις

Στην OWL οι κλάσεις (classes) ερμηνεύονται σαν σύνολα τα οποία περιέχουν άτομα (Εικόνα 2.11). Περιγράφουν ρητά τις απαιτήσεις για την ένταξη ενός ατόμου στην κλάση αυτή. Δηλαδή οι κλάσεις στην OWL χτίζονται από περιγραφές οι οποίες καθορίζουν τις προϋποθέσεις που πρέπει να ικανοποιούνται από ένα άτομο προκειμένου να είναι μέλος της κλάσης. Πχ. Η κλάση **Δάσος** θα περιλαμβάνει όλα τα άτομα τα οποία είναι **Δάσος** στο πεδίο ενδιαφέροντος. Οι κλάσεις μπορεί να είναι οργανωμένες σε μια ιεραρχία από υπερκλάσεις και υποκλάσεις, η οποία είναι γνωστή ως ταξινομία (taxonomy). Οι υποκλάσεις ειδικεύουν τις υπερκλάσεις τους. Πχ. Έστω οι κλάσεις **Δάσος** και **ΔάσοςΠλατύφυλλων**, το **ΔάσοςΠλατύφυλλων** ενδέχεται να είναι υποκλάση της κλάσης **Δάσος** (και αντίστοιχα το **Δάσος** υπερκλάση της κλάσης **ΔάσοςΠλατύφυλλων**. Αυτό περιγράφει ότι «Όλα τα μέλη της κατηγορίας Δάση πλατύφυλλων είναι μέλη της κατηγορίας Δάση». Αυτό είναι και ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της OWL-DL, δηλαδή ότι αυτές οι σχέσεις υπερκλάση – υποκλάση μπορούν να υπολογιστούν αυτόματα από έναν εκλογικευτή (reasoner).



Εικόνα 2.11: Αναπαράσταση κλάσεων οντολογίας OWL

2.4.4 Συλλογιστική στις οντολογίες OWL

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των οντολογιών που περιγράφονται σε γλωσσά OWL-DL είναι ότι μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα με τη χρήση ενός εκλογικευτή (reasoner). Μια από τις κύριες λειτουργίες ενός εκλογικευτή είναι να ελέγχει αν μια κλάση είναι ή δεν είναι υποκλάση μιας άλλης κλάσης. Κάνοντας τέτοιους ελέγχους, τελικά ο μηχανισμός μπορεί να εξετάσει την ιεραρχία των κλάσεων όλης της οντολογίας (class hierarchy).

Μια άλλη βασική λειτουργία, την οποία παρέχουν οι εκλογικευτές, είναι ο έλεγχος συνέπειας (consistency checking). Με βάση την περιγραφή (όρων) της κάθε κλάσης ελέγχεται αν μια κλάση μπορεί να έχει περιπτώσεις. Μια κλάση θεωρείται ασυνεπής (inconsistent) αν δεν μπορεί να έχει κάποιες περιπτώσεις.

2.5 Χωρικές βάσεις δεδομένων

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει μια εισαγωγή στις Χωρικές Βάσεις Δεδομένων (ΧΒΔ). Μια χωρική βάση δεδομένων (spatial database) είναι μια βάση δεδομένων, η οποία έχει επεκταθεί ώστε να αποθηκεύει και να επεξεργάζεται ερωτήματα (query) τα οποία σχετίζονται με γεωμετρικές αποθηκευμένες σε αυτή. Μια γεωμετρία μπορεί να είναι ένα σημείο, μια πολυγωνική γραμμή ένα πολύγωνο ή συνδυασμός αυτών.

2.5.1 Λειτουργίες χωρικής βάσης δεδομένων

Εκτός από τα τυπικά ερωτήματα SQL, μια ΧΒΔ μπορεί να εκτελέσει μια ευρεία ποικιλία χωρικών πράξεων, ορισμένες εκ των οποίων είναι οι παρακάτω:

- Χωρικές Μετρήσεις: Βρίσκεται η απόσταση μεταξύ σημείων, πολύγωνων, κλπ..
- Χωρικές Πράξεις: Τροποποίηση αρχικών χαρακτηριστικών και δημιουργία νέων, για παράδειγμα τη δημιουργία ενός buffer ή της εντολής intersect.
- Χωρικά κατηγορήματα: Επιτρέπονται ερωτήματα της μορφής true/false όπως: «υπάρχει μια κατοικία που βρίσκεται σε απόσταση 1km από την περιοχή που σχεδιάζετε για την κατασκευή ενός χώρου υγειονομικής ταφής;»
- Κατασκευαστικές Λειτουργίες: Δημιουργία νέων χαρακτηριστικών με ένα ερώτημα SQL προσδιορίζοντας τις κορυφές (σημεία των κόμβων), με τις οποίες μπορεί αργότερα να δημιουργηθούν γραμμές. Εάν η 1^η και η τελευταία κορυφή μιας γραμμής είναι ταυτόσημες το χαρακτηριστικό μπορεί επίσης να είναι του τύπου πολυγώνου (μια κλειστή γραμμή).
- Λειτουργίες Παρατήρησης: Ερωτήματα τα οποία αποδίδουν συγκεκριμένες πληροφορίες σχετικά με ένα χαρακτηριστικό, όπως η θέση του κέντρου ενός κύκλου.

Όμως, δεν υποστηρίζουν όλες οι ΧΒΔ τους παραπάνω τύπους ερωτημάτων, πολλές υποστηρίζουν πιο απλοποιημένα ή τροποποιημένα σύνολα.

2.5.2 Συστήματα χωρικών βάσεων δεδομένων

Αρκετά συστήματα υποστηρίζουν την επεξεργασία χωρικών δεδομένων. Τα περισσότερα αποτελούν τυπικά συστήματα βάσεων δεδομένων, τα οποία επεκτείνονται με τη χρήση πρόσθετων λειτουργιών. Ένα από τα πιο διαδεδομένα συστήματα είναι το σύστημα επεξεργασίας βάσεων δεδομένων PostgreSQL το οποίο με το πρόσθετο PostGIS είναι σε θέση να επεξεργαστεί χωρικά δεδομένα.

Η **PostgreSQL** αποτελεί ένα ισχυρό, ανοιχτού κώδικα object-relational σύστημα βάσης δεδομένων. Εκτελείται σε όλα τα βασικά λειτουργικά συστήματα, συμπεριλαμβανομένων Linux, UNIX (AIX, BSD, HP-UX, SGI IRIX, Mac OS X, Solaris, Tru64) και Windows. Περιλαμβάνει τους περισσότερους τύπους δεδομένων της SQL:1008 όπως integer, numeric, boolean, char, varchar, date, interval και timestamp. Πρόσθετα, υποστηρίζει την αποθήκευση μεγάλων δυαδικών αντικειμένων, όπως ήχων ή βίντεο (Ιστοσελίδα PostgreSQL).

Η **PostGIS** προσθέτει την υποστήριξη επεξεργασίας χωρικών δεδομένων στο σύστημα PostgreSQL. Στην πραγματικότητα, η PostGIS «ενεργοποιεί χωρικά» το διακοσμητή της PostgreSQL, ώστε να μπορεί να υποστηρίξει μια χωρική βάση δεδομένων για Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS).

2.5.3 Χωρικό ερώτημα

Ένα χωρικό ερώτημα (spatial query) αποτελεί έναν ειδικό τύπο ερωτήματος σε βάση δεδομένων, το οποίο υποστηρίζεται από Χωρικές και Γεωχωρικές βάσεις δεδομένων. Τα συγκεκριμένα ερωτήματα διαφέρουν από αυτά της SQL. Σημαντική διαφορά είναι η δυνατότητα επεξεργασίας γεωμετριών, καθώς επίσης και ότι τα ερωτήματα αυτά εξετάζουν τη χωρική σχέση μεταξύ αυτών των γεωμετριών.

Τα ονόματα των χωρικών συναρτήσεων διαφέρουν μεταξύ των συστημάτων, ωστόσο τα πρότυπα ορίζονται από τον οργανισμό OGC (Open geospatial Consortium). Η μορφή ενός τυπικού ερωτήματος είναι *όνομαΣυνάρτησης (Παράμετρος/οι)*. Ο Πίνακας 2.4 περιέχει τις πιο συχνές λειτουργίες της ΧΒΔ PostGIS.

Ερώτημα	Απάντηση	Λειτουργία
Distance (geometry, geometry)	number	Υπολογίζει την απόσταση 2 γεωμετριών
Equals (geometry, geometry)	boolean	Εξετάζει την ισότητα 2 γεωμετριών
Disjoint (geometry, geometry)	boolean	Εξετάζει αν 2 γεωμετρίες τέμνονται ή η μια περιέχεται στην άλλη
Intersects (geometry, geometry)	boolean	Εξετάζει αν 2 γεωμετρίες τέμνονται
Touches (geometry, geometry)	boolean	Εξετάζει αν 2 γεωμετρίες εφάπτονται
Contains (geometry, geometry)	boolean	Εξετάζει αν η μια γεωμετρία περιλαμβάνει την άλλη
Length (geometry)	number	Επιστρέφει το μήκος μιας γεωμετρίας
Area (geometry)	number	Επιστρέφει το εμβαδόν ενός πολυγώνου

Πίνακας 2.4: Τυπικά ερωτήματα μιας Χωρικής Βάσης Δεδομένων

2.6 Φωτοερμηνευτικά κλειδιά και φωτοαναγνωριστικά στοιχεία

Στην επιστήμη της τηλεπισκόπησης, εκτιμάται ότι οι δορυφορικές εικόνες και τα φωτοερμηνευτικά κλειδιά, μπορούν να οριστούν ως τα βασικά εργαλεία ενός φωτοερμηνευτή. Στο σημείο αυτό θα γίνει μια σύντομη αναφορά στα κυριότερα σημεία της θεωρίας των φωτοερμηνευτικών κλειδιών, καθώς και στην έννοια των φωτοαναγνωριστικών στοιχείων. Ταυτόχρονα, θα οριστούν ορισμένα από τα βασικότερα φωτοαναγνωριστικά στοιχεία, καθώς και τα φωτοερμηνευτικά κλειδιά τα οποία βρίσκονται στο εγχειρίδιο του Corine Land Cover (Corine Land Cover - Technical Guide, 1994).

2.6.1 Φωτοερμηνευτικά κλειδιά

Ο όρος φωτοερμηνευτικά κλειδιά αναφέρεται στα διάφορα εργαλεία με τα οποία περιγράφεται η εμφάνιση των διαφόρων κατηγοριών κάλυψης γης στις δορυφορικές εικόνες. Αυτές οι μεταβλητές, διευκολύνουν τον φωτοερμηνευτή να περιγράψει μια συγκεκριμένη κατηγορία κάλυψης γης. Ουσιαστικά ένα φωτοερμηνευτικό κλειδί περιγράφει ένα αντικείμενο βάσει ορισμένων φωτοαναγνωριστικών χαρακτηριστικών, έτσι ώστε να είναι σε θέση αρχάριοι αλλά και έμπειροι φωτοερμηνευτές να αντιληφθούν την πραγματικότητα που περιγράφει το κλειδί. Συνεπώς, τα κλειδιά διευκολύνουν τον φωτοερμηνευτή να αξιολογήσει την πληροφορία η οποία υπάρχει στις δορυφορικές εικόνες κατά έναν οργανωμένο και συνεπή τρόπο.

Ανάλογα με τη μέθοδο παρουσίασης των διαγνωστικών χαρακτηριστικών διακρίνονται δύο γενικοί τύποι φωτοερμηνευτικών κλειδιών (Αργιαλάς, 1999). Ο 1^{ος} τύπος είναι τα κλειδιά επιλογής, τα οποία περιέχουν πολυάριθμα φωτογραφικά παραδείγματα με κατάλληλο επεξηγηματικό κείμενο ενώ ο 2^{ος}, τα κλειδιά αποκλεισμού τα οποία χρησιμοποιούνται ώστε η φωτοερμηνεία να διεξαχθεί βήμα προς βήμα, από το γενικό προς το ειδικό και να οδηγήσει στον αποκλεισμό όλων εκείνων των αντικειμένων εκτός από το ζητούμενο.

Η χρησιμότητα των φωτοερμηνευτικών κλειδιών (Αργιαλάς, 1999) οφείλεται στην εξασφάλιση ταχύτητας επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων. Επιπλέον, μπορούν να φανούν ωφέλιμα στη συλλογή πολλών τύπων πληροφοριών ταυτόχρονα. Αυτό συμβαίνει διότι, είναι εύκολη η εκπαίδευση μεγάλου αριθμού προσωπικού στη χρήση ειδικών φωτοερμηνευτικών κλειδιών σε σύντομο χρονικό διάστημα, έτσι ώστε να μπορεί να γίνεται «εν σειρά» και με ειδικό καταμερισμό η φωτοερμηνευτική αναγνώριση. Τέλος, είναι χρήσιμα όταν δεν υπάρχει η δυνατότητα καμίας άλλης πληροφοριακής υποδομής και προσπέλασης σε μια αρκετά μεγάλη περιοχή, στην οποία διατίθενται κάποιες σειρές παλαιών αεροφωτογραφιών και για την οποία πρέπει σύντομα να διατυπωθούν κάποιου τύπου εκτιμήσεων και συμπερασμάτων.

2.6.2 Φωτοαναγνωριστικά στοιχεία

Η φωτοερμηνεία μιας δορυφορικής εικόνας συχνά διαφέρει από την φωτοερμηνεία μιας απλής φωτογραφίας σε τρία βασικά σημεία:

- Αναπαριστά γήινα χαρακτηριστικά από μια άγνωστη διάσταση,
- απεικονίζει τη γήινη επιφάνεια σε μήκη κύματος πέραν του ορατού τμήματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος και
- απεικονίζει τη γήινη επιφάνεια σε άγνωστες κλίμακες και διαστάσεις.

Ωστόσο, η μελέτη συγκεκριμένων φωτοαναγνωριστικών χαρακτηριστικών διευκολύνουν έναν αρχάριο φωτοερμηνευτή να εντοπίσει ιδιαιτερότητες της περιοχής που μελετά. Παρακάτω αναλύονται τα σημαντικότερα φωτοαναγνωριστικά στοιχεία όπως αναφέρονται στο βιβλίο του καθηγητή του Ε.Μ.Π. Δ. Αργιαλά (Αργιαλάς, 1999):

Απόχρωση

Η απόχρωση αναφέρεται στο χρώμα των αντικειμένων στη φωτογραφία. Συνδυάζεται με τον τόνο και εξαρτάται από το είδος της φωτογραφίας. Ίδια αντικείμενα έχουν διαφορετικές αποχρώσεις στις υπέρυθρες και παγχρωματικές απεικονίσεις αντίστοιχα. Για το λόγο αυτό κρίνεται σκόπιμο οι αποχρώσεις και οι τόνοι συγκεκριμένων αντικειμένων να αναφέρονται μαζί με το είδος των απεικονίσεων στις οποίες αντιστοιχούν.

Μέγεθος

Το μέγεθος των αντικειμένων στις αεροφωτογραφίες πρέπει να ληφθεί υπόψη σε σχέση με την κλίμακα της φωτογραφίας. Θα πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη τα σχετικά μεγέθη μεταξύ των αντικειμένων στις φωτογραφίες ίδιας κλίμακας.

Σχήμα

Το σχήμα αναφέρεται στη γενική μορφή, διάταξη ή περίγραμμα των μεμονωμένων αντικειμένων. Στην περίπτωση των στερεοσκοπικών φωτογραφιών, το ύψος του αντικειμένου επίσης ορίζει το σχήμα του. Το σχήμα μερικών αντικειμένων είναι τόσο ευδιάκριτο ώστε οι απεικονίσεις τους να μπορούν να αναγνωριστούν με αυτό το κριτήριο.

Υφή

Η υφή είναι η συχνότητα των αλλαγών των τόνων του γκρι σε μια φωτογραφία. Η υφή δημιουργείται από τη συνάθροιση μοναδιαίων στοιχείων (αντικειμένων), τα οποία μπορεί να είναι πολύ μικρά για να διακριθούν μεμονωμένα σε μια αεροφωτογραφία, όπως τα φύλλα των δέντρων και οι σκιές του φυλλώματος. Είναι μια έκφραση των μεμονωμένων σχημάτων, μεγεθών, προτύπων, σκιών και τόνων των μικρών μοναδιαίων αυτών στοιχείων. Η υφή καθορίζει την «ομαλότητα» ή την «τραχύτητα» των αντικειμένων της εικόνας. Καθώς η κλίμακα μιας φωτογραφίας μειώνεται, η υφή ενός συγκεκριμένου αντικειμένου ή μιας περιοχής σταδιακά γίνεται ομαλότερη και τελικά εξαφανίζεται. Ο φωτοερμηνευτής συχνά μπορεί να διακρίνει χαρακτηριστικά εικόνων με παρόμοιες ανακλαστικότητες, στηριζόμενος σε διαφορές στην υφή.

Πρότυπο

Το πρότυπο σχετίζεται με τη χωρική διάταξη των αντικειμένων. Η επανάληψη προκαθορισμένων γενικών μορφών ή σχέσεων, είναι χαρακτηριστική για πολλά αντικείμενα, φυσικά και ανθρωπογενή και δίνει στα αντικείμενα ένα πρότυπο το οποίο υποβοηθά τον φωτοερμηνευτή να τα αναγνωρίσει.

Σκιές

Οι σκιές είναι σημαντικές για τους φωτοερμηνευτές για δύο αντιφατικούς λόγους. Πρώτον, η σκιά ή το περίγραμμα μιας σκιάς προσδίδει την εντύπωση του προφίλ των αντικειμένων (γεγονός που υποβοηθά την Φωτοερμηνεία) και δεύτερον, τα αντικείμενα που βρίσκονται μέσα σε σκιές ανακλούν λίγο φως και είναι δύσκολο να διακριθούν στις αεροφωτογραφίες (γεγονός που εμποδίζει την Φωτοερμηνεία).

Για παράδειγμα, οι σκιές που δημιουργούνται από διάφορα είδη δέντρων ή ανθρωπογενή χαρακτηριστικά (γέφυρες, αποθήκες, πύργους και άλλα) μπορούν σίγουρα να συντείνουν στη αναγνώριση τους στις αεροφωτογραφίες. Επίσης οι σκιές που έχουν προέλθει από μικρές διαφορές στο υψόμετρο του ανάγλυφου, ειδικά στην περίπτωση φωτογραφιών που ελήφθησαν με χαμηλή γωνία ύψους του ήλιου, μπορούν να βοηθήσουν στην αποτίμηση των φυσικών τοπογραφικών αποκλίσεων, οι οποίες με τη σειρά τους μπορεί να είναι ενδεικτικές διαφόρων ειδών γεωμορφών.

Θέση στο χώρο

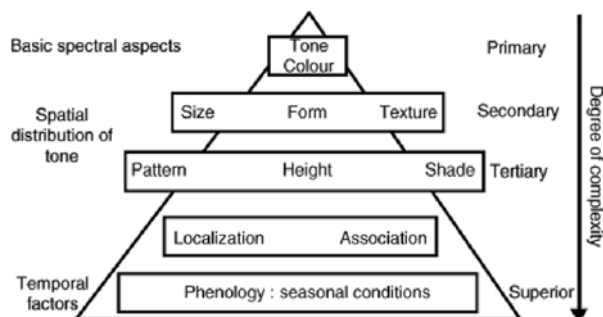
Η θέση ενός αντικειμένου στο χώρο αναφέρεται στην τοπογραφική ή τη γεωγραφική θέση και αποτελεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό βοήθημα για την αναγνώριση των ειδών βλάστησης και γεωμορφών. Για παράδειγμα, συγκεκριμένα είδη δέντρων θα αναμενόταν να εμφανίζονται σε επαρκώς αποστραγγιζόμενες ορεινές τοποθεσίες, ενώ άλλα είδη δέντρων θα αναμενόταν να εμφανίζονται σε ανεπαρκώς αποστραγγιζόμενες πεδινές τοποθεσίες.

Χωρική διάταξη

Η χωρική διάταξη (συσχέτιση) αναφέρεται στην εμφάνιση συγκεκριμένων αντικειμένων σε σχέση με κάποια άλλα. Για παράδειγμα, ένας τροχός σε ένα λούνα παρκ μπορεί να είναι δύσκολο να αναγνωριστεί εάν είναι σταθμευμένος σε ένα χώρο κοντά σε μια σιταποθήκη, αλλά θα ήταν εύκολο να αναγνωριστεί, εάν βρισκόταν σε μια περιοχή, η οποία έχει αναγνωριστεί ως ένα πάρκο ψυχαγωγίας.

Φωτοερμηνευτικά στοιχεία - Corine Land Cover

Το εγχειρίδιο του CLC (Corine Land Cover - Technical Guide, 1994), για την τυποποίηση της φωτοερμηνευτικής διαδικασίας, ορίζει τα βασικότερα φωτοερμηνευτικά στοιχεία, καθώς και τις ενδεχόμενες τιμές τους. Στο Σχήμα 2.2 φαίνεται η πυραμίδα των φωτοαναγνωριστικών στοιχείων, ενώ στον Πίνακα 2.5 ορίζονται οι ενδεχόμενες τιμές τους.



Σχήμα 2.2: Η πυραμίδα των φωτοαναγνωριστικών στοιχείων (Corine Land Cover - Technical Guide, 1994)

Μεταβλητές	Ενδεικτικές τιμές
Ακρίβεια περιγράμματος Η φύση του συνόρου μεταξύ δύο μονάδων.	Απότομο (Sharp)
	Θολό (Blurred)
	Γωνιώδης (Angular)
	Ομαλό (Regular)
Χρώμα /Απόχρωση Το χρώμα εξαρτάται από την πυκνότητα (Πχ. της βλάστησης), την κλίση, τον προσανατολισμό και άλλα.	Όλα τα χρώματα σε διάφορες παραλλαγές αποχρώσεων όπως:
	Φωτεινό (Light)
	Σκοτεινό (Dark)
	Θολό (Pale)
Μέγεθος Ένδειξη για το εμβαδόν της πιο συχνά επαναλαμβανόμενης μονάδας στην περιοχή.	Μικρό (Small): έως 1km ²
	Μεσαίο (Medium): από 1 έως 5km ²
	Μεγάλο (Large): άνω των 5km ²
Υφή Διάταξη διαφορετικών τόνων της εικόνας. Η υφή εκφράζει το μέσο μέγεθος των αποτελούμενων στοιχείων μιας εικόνας.	Χοντρόκοκκη (Coarse): > 250m
	Μεσαία (Medium): 50 - 250m
	Λεπτόκοκκη (Fine): < 50m
	Απαλή (Smooth)
Δομή Αναφέρεται στη χωρική οργάνωση των συστατικών στοιχείων της εικόνας, περιγράφοντας μόνο τις χωρικές τους ιδιότητες.	Ομοιογενή (Homogeneous)
	Γραμμική (Linear)
	Κυψελωτή (Cellular)
	Ακανόνιστη (Irregular)
	Διάστικτη (Speckled)
	Περιπεπλεγμένη (Spaghetti)
Χωρική κατανομή Γεωγραφική κατανομή των μονάδων στο σύνολο της δορυφορικής εικόνας.	Μακρόστενη (Longitudinal)
	Διασκορπισμένη (Dispersed)
	Κανονική (Regular)
	Ακανόνιστη (Irregular)
	Σποραδική (Sporadic)
	Ακαθόριστη (Erratic)
	Συγκεντρωτική (Concentrated)
Ομαδοποιημένη (Grouped)	
Μεταβλητή (Variable)	
Θέση Περιγραφή της κανονικής φυσιογραφικής τοποθεσίας μιας κατηγορίας σε σχέση με όλο το περιβάλλον γύρω της.	Πχ. Το λιμάνι βρίσκεται κοντά στον αστικό ιστό.

Πίνακας 2.5: Πίνακας φωτοαναγνωριστικών στοιχείων (Corine Land Cover - Technical Guide, 1994)

2.7 Το πρόγραμμα Corine Land Cover

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται το πρόγραμμα Corine Land Cover και οι κατηγορίες του. Οι περισσότερες πληροφορίες του κεφαλαίου προέρχονται από τον 1^ο οδηγό του Corine Land Cover (Corine Land Cover - Technical Guide, 1994) και αναφέρουν στοιχεία όπως τους λόγους ανάπτυξης του προγράμματος CORINE, το πρόγραμμα Corine Land Cover και τα βασικά στοιχεία και χαρακτηριστικά του, ενώ στο τέλος της 1^{ης} ενότητας παρουσιάζονται οι κατηγορίες του Corine Land Cover που πραγματεύεται η παρούσα εργασία.

2.7.1 Γενικά στοιχεία για το πρόγραμμα CORINE

Για τον καθορισμό της περιβαλλοντικής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, τη σωστή αξιολόγηση των επιπτώσεων της πολιτικής αυτής και την ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στις άλλες πολιτικές της, θα πρέπει να υπάρχει πλήρης γνώση των διαφόρων χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος, όπως:

- η κατάσταση του περιβάλλοντος,
- η γεωγραφική κατανομή και κατάσταση των φυσικών περιοχών,
- η γεωγραφική κατανομή και αφθονία της άγριας πανίδας και χλωρίδας,
- η ποιότητα και αφθονία των υδάτινων πόρων,
- η δομή των χρήσεων γης και η κατάσταση του εδάφους,
- οι ποσότητες των τοξικών ουσιών που εκχέονται στο περιβάλλον,
- οι κατάλογοι των φυσικών καταστροφών και άλλα.

Στις 27 Ιουνίου 1985 με πρόταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής υιοθετήθηκε η απόφαση σχετικά με το πρόγραμμα CORINE (COoRdination of Information on the Environment). Ένα πειραματικό πρόγραμμα για τη συλλογή, το συντονισμό και τη διασφάλιση της συνοχής των πληροφοριών σχετικά με την κατάσταση του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων της Ευρωπαϊκής κοινότητας.

Το πρόγραμμα CORINE λειτουργεί υπό το συντονισμό του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (European Environmental Agency) και βασικοί του στόχοι είναι οι εξής:

- Συλλογή πληροφοριών για διάφορους τομείς και θεματολογίες σχετικές με το περιβάλλον, οι οποίες αποτελούν προτεραιότητες για όλα τα κράτη μέλη της Κοινότητας.
- Συντονισμός της συλλογής των δεδομένων και οργάνωση των πληροφοριών σε ευρωπαϊκό ή διεθνές επίπεδο.
- Διασφάλιση της συμβατότητας των δεδομένων και της συνοχής των πληροφοριών, έτσι ώστε να καθίσταται δυνατή η σύγκριση μεταξύ τους.

Στόχος του προγράμματος CORINE είναι επίσης, η συγκέντρωση όλων των προσπαθειών οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια σε διάφορα επίπεδα (διεθνές, κοινοτικό, εθνικό και περιφερειακό), ώστε να λάβει περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον και τον τρόπο που αυτό αλλάζει.

Τα σημαντικότερα μέρη, από τα οποία απαρτίζεται το πρόγραμμα CORINE, είναι τα εξής:

- **Corinair:** Αποσκοπεί στον καθορισμό των πηγών εκπομπής ατμοσφαιρικών ρύπων και στην ανάπτυξη μιας αξιόπιστης μεθοδολογίας για τη μέτρηση και παρακολούθηση αυτών.
- **Corine biotopes:** Περιλαμβάνει την αναγνώριση, καταγραφή και περιγραφή τοποθεσιών, των οποίων η προστασία είναι ιδιαίτερα σημαντική λόγω μεγάλης βιολογικής, οικολογικής, αισθητικής ή γεωμορφολογικής αξίας.
- **Corine Land Cover:** Αφορά στην απεικόνιση της χρήσης/κάλυψης γης και βασίζεται στην ανάλυση δορυφορικών εικόνων.

2.7.2 Γενικά στοιχεία για το πρόγραμμα Corine Land Cover

Μια από τις συνιστώσες του προγράμματος CORINE αποτελεί το σχέδιο Corine Land Cover (CLC). Το συγκεκριμένο πρόγραμμα αποσκοπεί στη δημιουργία θεματικών χαρτών κάλυψης γης για

τα 12 κράτη μέλη της ευρωπαϊκής κοινότητας, σε κλίμακα 1:100 000, με φωτοερμηνεία εκτυπωμένων δορυφορικών δεδομένων και χρήση συμπληρωματικών εξωγενών στοιχείων.

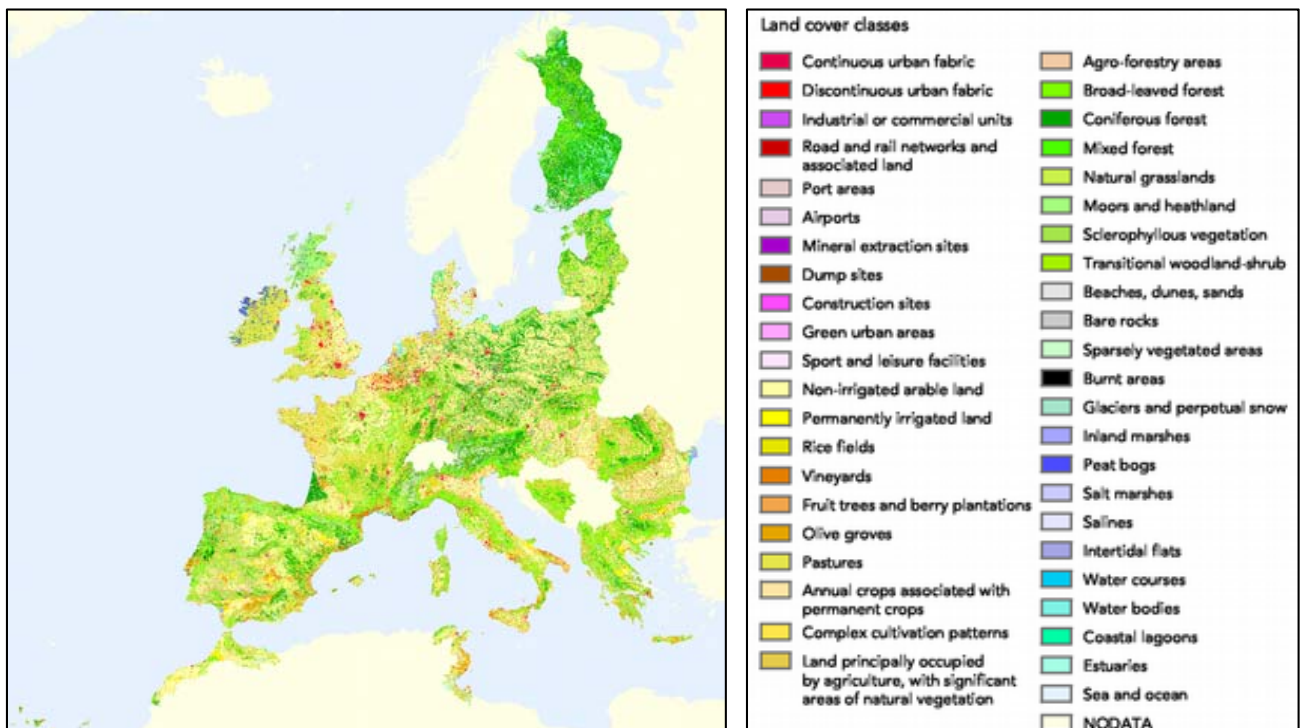
Οι λόγοι, που οδήγησαν στην αναγκαιότητα υλοποίησης του σχεδίου CLC, συνοψίζονται παρακάτω:

- Η προκαταρκτική δουλειά στο πρόγραμμα CORINE έδειξε ότι οι πληροφορίες για την κάλυψη γης είναι ιδιαίτερα χρήσιμες, διότι, σε συνδυασμό με άλλες πληροφορίες, μπορεί να αποτελέσουν ένα ισχυρό μέσο για την ορθότερη διαχείριση του περιβάλλοντος και των φυσικών διαθεσίμων της γης. Επιπλέον, οι πληροφορίες για την κάλυψη γης μπορεί να χρησιμεύσουν ως πηγή αναφοράς/υπόβαθρο για διάφορα άλλα προγράμματα του CORINE.
- Σε όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, οι πληροφορίες που είναι διαθέσιμες για την κάλυψη γης, σε εθνικό επίπεδο είναι ετερογενείς, αποσπασματικές, διεσπαρμένες και αποδιοργανωμένες, γεγονός το οποίο δυσχεραίνει τη διαδικασία απόκτησης και ενσωμάτωσης αυτών σε ένα ενιαίο σύνολο.

Όσον αφορά το ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την κάλυψη γης κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, αυτό οφείλεται σε επιπτώσεις φαινομένων οι οποίες έδειξαν ότι πρέπει να εξεταστούν πέραν από την κάλυψη της γης και από όλα τα διάφορα συστατικά του περιβάλλοντος τα οποία περιλαμβάνουν:

- τη σταδιακή ερημοποίηση περιοχών,
- την ταχεία εξαφάνιση εκτενών δασικών εκτάσεων,
- τη μαζική πώληση των φτωχών γεωργικών εκτάσεων,
- τη σταδιακή αποξήρανση των υγροτόπων,
- τη συνεχή αστική ανάπτυξη κατά μήκος των ακτών και άλλα.

Σε κοινοτικό επίπεδο, το πρόγραμμα CLC, παρέχοντας πληροφορίες σχετικές με την κάλυψη γης καθώς και τις αλλαγές της, είναι χρήσιμο για τον καθορισμό και την εφαρμογή περιβαλλοντικής πολιτικής, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και με άλλα στοιχεία (σχετικά με το κλίμα, τις κλίσεις και το έδαφος) και να προβεί σε περίπλοκες εκτιμήσεις (Πχ. χαρτογράφηση επικίνδυνων περιοχών για διάβρωση).



Εικόνα 2.12: Χάρτης του Corine Land Cover για την περιοχή της Ευρώπης (European environment agency)

2.7.3 Πηγές δεδομένων

Για την υλοποίηση του προγράμματος CLC και την παραγωγή των χαρτών κάλυψης γης ως βασικά δεδομένα, έχουν χρησιμοποιηθεί κυρίως δορυφορικά τηλεπισκοπικά δεδομένα. Η επιλογή αυτού του τύπου δεδομένων από την Επιτροπή, οφειλόταν σε τεχνικές (και οικονομικές) προδιαγραφές προκειμένου να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις του προγράμματος.

Η επιλογή των δορυφορικών τηλεπισκοπικών δεδομένων στηρίχθηκε επίσης στο γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια η χρήση δορυφορικών δεδομένων για την παρατήρηση της γης έχει αυξήσει τις πιθανότητες επιτυχίας ενός προγράμματος καταγραφής καλύψεων γης για προγράμματα που αφορούν μεγάλες εκτάσεις. Προσθετά, τα λογισμικά επεξεργασίας γεωγραφικών πληροφοριών, προσφέρουν ένα μεγάλο εύρος δυνατοτήτων για την επεξεργασία, τη διαχείριση και την ανανέωση πληροφοριών οι οποίες προέρχονται από δορυφορικές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις.

Τα δορυφορικά δεδομένα έχουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Είναι διαθέσιμα σε τακτά χρονικά διαστήματα. Οι ψηφιακές πολυφασματικές λήψεις των προγραμμάτων Landsat και Spot λαμβάνονται με επαναληπτικότητα 16 και 26 μέρες αντίστοιχα. Εκτιμάται, ότι όλες οι χώρες της Κοινότητας μπορούν να καλυφθούν από τους δορυφόρους δύο φορές το χρόνο.
- Είναι αντικειμενικά, εφόσον δεν μεσολαβεί ανθρώπινος παράγοντας.
- Το κόστος τους είναι χαμηλό σε σχέση με τις μεγάλες επιφάνειες, τις οποίες καλύπτουν.
- Είναι κατάλληλα για την κάλυψη μεγάλων επιφανειών. Συγκεκριμένα, κάθε σκηνή Landsat (MSS ή TM) καλύπτει 35 000km² και κάθε σκηνή Spot καλύπτει 3 600km². Αξίζει ακόμα να σημειωθεί ότι, απαιτούνται 750 αεροφωτογραφίες κλίμακας 1:50 000 για την κάλυψη της έκτασης μιας σκηνής Landsat. Συνεπώς, για κλίμακες τοπικού ή πλανητικού ενδιαφέροντος, η δορυφορική τηλεπισκόπηση αποτελεί το μοναδικό μέσο για την απόκτηση πληροφοριών με ακριβή και έγκαιρο τρόπο.
- Υφίστανται, σε ψηφιακή μορφή, γεγονός που έχει πληθώρα πλεονεκτημάτων σχετικά με τις δυνατότητες διαχείρισης και επεξεργασίας τους.

Τα δεδομένα των δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων που χρησιμοποιήθηκαν με σκοπό την υλοποίηση του προγράμματος, διατίθενται σε εμπορική βάση μέσω των εταιριών Eosat και Eurimage για τους δορυφόρους Landsat και από την Spot Image για τους δορυφόρους Spot (Πίνακας 2.6).

Landsat		Spot	
Landsat MSS	Πολυφασματικός Σαρωτής	Spot XS	Πολυφασματικός Σαρωτής
Landsat TM	Θεματικός Χαρτογράφος	Spot PAN	Πολυφασματικός Σαρωτής

Πίνακας 2.6: Δορυφόροι προγραμμάτων Landsat και Spot που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του προγράμματος Corine Land Cover

Συμφώνα με τα παραπάνω, τα τηλεπισκοπικά δεδομένα αποτελούν την κύρια πηγή για την παραγωγή χαρτών κάλυψης γης μεγάλων περιοχών. Θα πρέπει όμως να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με άλλα δεδομένα κάλυψης γης (βοηθητικά δεδομένα) όπως:

- Αεροφωτογραφίες,
- τοπογραφικοί χάρτες,
- θεματικοί χάρτες,
- στατιστικά στοιχεία και
- επίγειοι έλεγχοι.

2.7.4 Βασικά χαρακτηριστικά

Σε κάθε πρόγραμμα καταγραφής καλύψεων γης, τέσσερα στοιχεία είναι άρρηκτα συνδεδεμένα μεταξύ τους. Αυτά είναι:

- Τα βασικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται, στην περίπτωση του CLC, είναι οι παρατηρήσεις δορυφορικών δεδομένων.

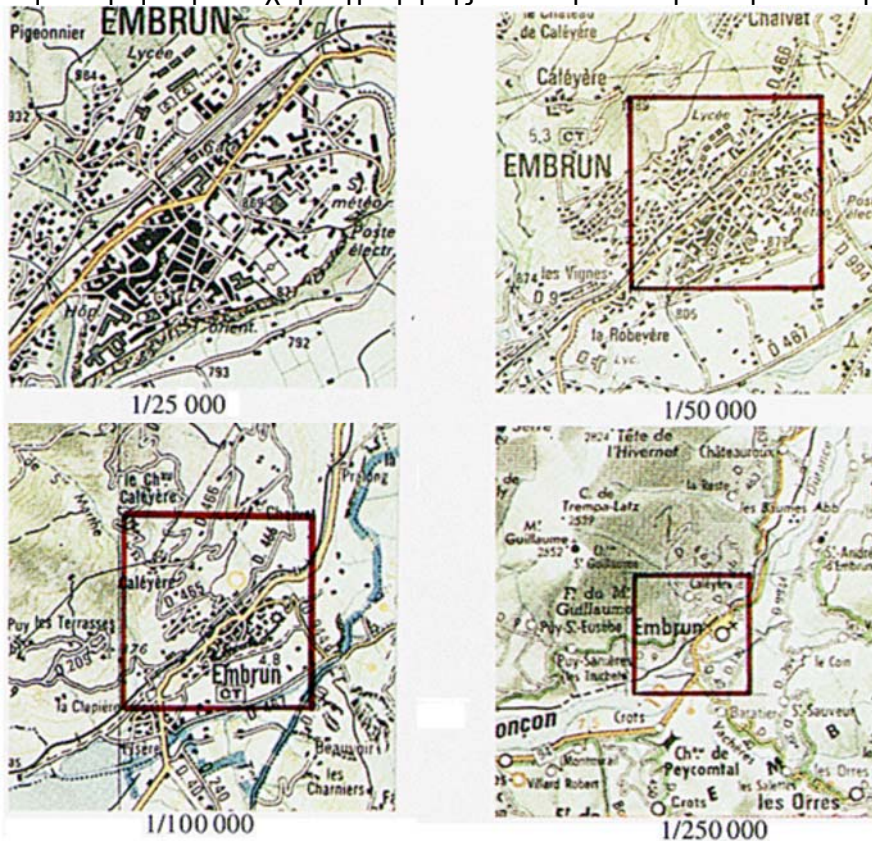
- Η χαρτογραφική κλίμακα.
- Το εμβαδόν της ελάχιστης χαρτογραφικής μονάδας.
- Η δομή της ονοματολογίας, καθώς και ο αριθμός των στοιχείων που αυτή περιλαμβάνει.

Εν συνεχεία, παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά του προγράμματος CLC. Συγκεκριμένα, στοιχεία όπως η κλίμακα χαρτογράφησης, η χαρτογραφική μονάδα και η δομή της ονοματολογίας. Τα στοιχεία αυτά καθορίζουν τις προδιαγραφές για την υλοποίηση του προγράμματος, έτσι ώστε να επιτευχθεί ένα ομοιογενές και συγκρίσιμο αποτέλεσμα καλύψεων γης, δεδομένου ότι το πρόγραμμα υλοποιείται σε μεγάλη κλίμακα και από αρκετά κράτη.

Κλίμακα Χαρτογράφησης

Η κλίμακα χαρτογράφησης η οποία έχει επιλεγεί και χρησιμοποιείται είναι η 1:100 000. Οι λόγοι επιλογής αυτής της κλίμακας συνοψίζονται στους παρακάτω:

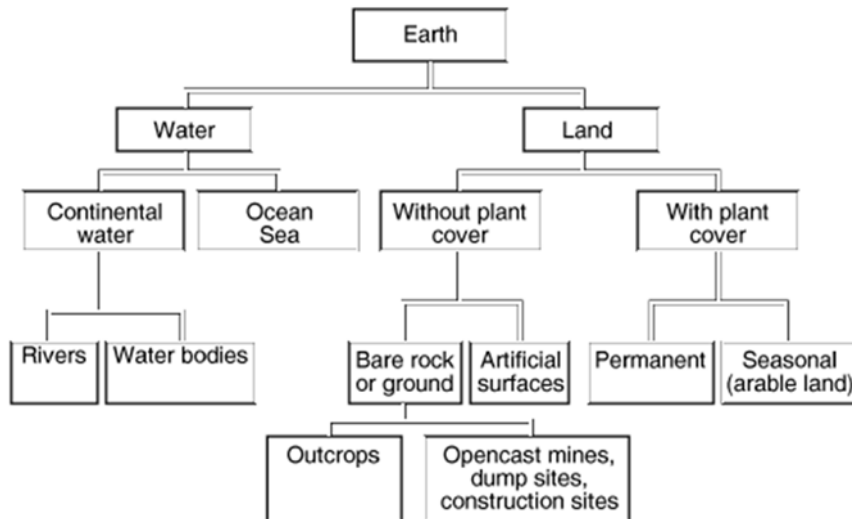
- Δεδομένα για την κάλυψη γης σε μικρότερες κλίμακες (1:250 000, 1:500 000) δεν έχουν το επιθυμητό επίπεδο λεπτομέρειας ώστε να είναι χρήσιμα για την Ευρωπαϊκή Ένωση. Επιπλέον, σε τέτοιες κλίμακες, ελαττώνεται η δυνατότητα διάκρισης κατηγοριών κάλυψης γης και συνεπώς, περιλαμβάνονται λίγες επικεφαλίδες στην αντίστοιχη ονοματολογία (Πχ. 15 κατηγορίες στο 2^ο επίπεδο)
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση για προκαταρκτικές μελέτες μεγαλύτερης κλίμακας σε μια χώρα, όπως για παράδειγμα για την εκπόνηση σχεδίων αστικής ανάπτυξης ή περιβαλλοντικής προστασίας.
- Μπορεί να ενταχθεί εύκολα σε άλλα προγράμματα του CORINE, τα οποία χρησιμοποιούν την ίδια κλίμακα.
- Επίσης, είναι συμβατή με προγράμματα, τα οποία χρησιμοποιούν μικρότερες κλίμακες (Πχ. 1:1 000 000), εφόσον η τηλεπισκοπική μεθοδολογία επιτρέπει τη γενίκευση.
- Είναι σύμφωνη με τους περιορισμούς του προϋπολογιστικού σχεδιασμού και με τα όρια του χρονικού ορίζοντα, που έχουν τεθεί για την εκπόνηση του προγράμματος.
- Οι χάρτες μπορούν εύκολα και γρήγορα να ανανεωθούν και να ενημερωθούν.
- Αποτελεί τη συνήθη κλίμακα χαρτογράφησης των περισσότερων κρατών της Κοινότητας.



Εικόνα 2.13: Κλίμακες χαρτογράφησης (Corine Land Cover - Technical Guide, 1994)

Ονοματολογία

Βασικός στόχος του προγράμματος CLC είναι η ταξινόμηση των καλύψεων γης. Για το σκοπό αυτό έχει προστεθεί στο σχέδιο μια ιεραρχική ονοματολογία, τριών επιπέδων και 44 ξεχωριστών κατηγοριών, η οποία ταξινομεί τις χαρτογραφικές μονάδες των 25ha και άνω. Κάθε κατηγορία συνοδεύεται από έναν ορισμό, ο οποίος περιγράφει τα χαρακτηριστικά της κάθε κατηγορίας καθώς και τις προϋποθέσεις για την ταξινόμηση των χαρτογραφικών μονάδων σε αυτές. Το Σχήμα 2.3 αποτελεί τον σκελετό που χρησιμοποιήθηκε ως βάση καθορισμού της ονοματολογίας.



Σχήμα 2.3: Σκελετός της ονοματολογίας του Corine Land Cover (Corine Land Cover - Technical Guide, 1994)

Με βάση λοιπόν το Σχήμα 2.3 σχεδιάστηκε η ονοματολογία του προγράμματος, τηρώντας τις προϋποθέσεις που ακολουθούν:

- Όλη η έκταση της κοινότητας είναι δυνατό να χαρτογραφηθεί, με άλλα λόγια δεν μπορεί να υπάρξει κατηγορία «αταξινομήτη».
- Οι κατηγορίες ανταποκρίνονται στις ανάγκες των μελλοντικών χρηστών.
- Οι ορισμοί των κατηγοριών είναι συγκεκριμένοι και αποφεύγονται οι ασαφείς όροι, προκειμένου να μην προκαλείται σύγχυση στους φωτοερμηνευτές.
- Τέλος, η ονοματολογία ισχύει για σχετικά μεγάλες περιοχές, δηλαδή άνω των 25ha και ο συνολικός αριθμός των κλάσεων στην ονοματολογία αποτελεί έναν συμβιβασμό μεταξύ των αναγκών των χρηστών και οικονομικών περιορισμών που επηρεάζουν το έργο.

Συνεπώς η ονοματολογία CLC, σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, διαμορφώνεται σε τρία ιεραρχικά επίπεδα με 44 ξεχωριστές κατηγορίες. Συγκεκριμένα, τα τρία ιεραρχικά επίπεδα διαμορφώνονται ως εξής:

- Το 1^ο επίπεδο περιλαμβάνει 5 κατηγορίες κάλυψης γης, οι οποίες αντιστοιχούν στις ανώτατες και κύριες κατηγορίες κάλυψης γης του πλανήτη. Αυτές οι κατηγορίες μπορεί να θεωρηθούν αφηρημένες σε κάποιο βαθμό, διότι αναφέρονται σε μεγάλο βαθμό γενίκευσης και αφαιρετικότητας.
- Το 2^ο επίπεδο καλύπτει φυσικές και φυσιογνωμικές οντότητες σε μεγαλύτερο επίπεδο λεπτομέρειας. Χρησιμοποιείται για κλίμακες 1:500 000 και 1:1 000 000 και περιλαμβάνει 15 κατηγορίες κάλυψης γης.
- Το 3^ο επίπεδο απευθύνεται στην κλίμακα 1:100 000 του έργου. Περιλαμβάνει 44 τύπους βιοφυσικής κάλυψης εδάφους.

1. Τεχνητές επιφάνειες

1.1 Αστικός ιστός

- 1.1.1 Συνεχής αστικός ιστός
- 1.1.2 Ασυνεχής αστικός ιστός

1.2 Βιομηχανικές, εμπορικές ζώνες και δίκτυα μεταφορών

- 1.2.1 Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες
- 1.2.2 Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα
- 1.2.3 Ζώνες λιμένων
- 1.2.4 Αεροδρόμια

1.3 Ορυχεία, χώροι απορριμμάτων και χώροι οικοδόμησης

- 1.3.1 Χώροι εξορύξεως ορυκτών
- 1.3.2 Χώροι απορρίψεως απορριμμάτων
- 1.3.3 Χώροι οικοδόμησης

1.4 Τεχνητές μη γεωργικές ζώνες πρασίνου

- 1.4.1 Περιοχές αστικού πρασίνου
- 1.4.2 Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής

2. Γεωργικές περιοχές

2.1 Αρόσιμη γη

- 2.1.1 Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη
- 2.1.2 Μόνιμα αρδευόμενη γη
- 2.1.3 Ορυζώνες

2.2 Μόνιμες καλλιέργειες

- 2.2.1 Αμπελώνες
- 2.2.2 Οπωροφόρα δέντρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς
- 2.2.3 Ελαιώνες

2.3 Λιβάδια

- 2.3.1 Λιβάδια

2.4 Ετερογενείς γεωργικές περιοχές

- 2.4.1 Ετήσιες καλλιέργειες που σχετίζονται με μόνιμες καλλιέργειες
- 2.4.2 Σύνθετες καλλιέργειες
- 2.4.3 Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης
- 2.4.4 Γεωργο-δασικές περιοχές

3. Δάση και ημι-φυσικές περιοχές

3.1 Δάση

- 3.1.1 Δάσος πλατύφυλλων
- 3.1.2 Δάσος κωνοφόρων
- 3.1.3 Μικτό δάσος

3.2 Συνδυασμοί θαμνώδους ή/και ποώδους βλάστησης

- 3.2.1 Φυσικοί βοσκότοποι
- 3.2.2 Θάμνοι και χερσότοποι
- 3.2.3 Σκληροφυλλική βλάστηση
- 3.2.4 Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις

3.3 Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση

- 3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, Αμμουδιές
- 3.3.2 Απογυμνωμένοι βράχοι
- 3.3.3 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση
- 3.3.4 Αποτεφρωμένες εκτάσεις
- 3.3.5 Παγετώνες και αένας χιόνι

4. Υγρότοποι

4.1 Υγρότοποι ενδοχώρας

- 4.1.1 Βάλτοι στην ενδοχώρα
- 4.1.2 Τυφώνες

4.2 Παραθαλάσσιοι υγρότοποι

4.2.1 Παραθαλάσσιοι Βάλτοι

4.2.2 Αλυκές

4.2.3 Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα

5. Υδάτινες επιφάνειες

5.1 Χερσαία ύδατα

5.1.1 Υδατορρεύματα

5.1.2 Επιφάνειες στάσιμου ύδατος

5.2 Θαλάσσια ύδατα

5.2.1 Παράκτιες Λιμνοθάλασσες

5.2.2 Εκβολές ποταμών

5.2.3 Θάλασσες και ωκεανοί

Η ονοματολογία του CLC είναι οργανωμένη σε τρία επίπεδα. Ωστόσο, ένα 4^ο επίπεδο θα μπορούσε να προστεθεί για ορισμένα ή όλα τα αντικείμενα ώστε να ικανοποιήσει ανάγκες σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο. Η δημιουργία ενός 4^{ου} επιπέδου προϋποθέτει ότι :

- Τα επιπλέον αντικείμενα θα πρέπει να περιλαμβάνονται στις αντίστοιχες κατηγορίες του 3^{ου} επιπέδου.
- Τα νέα αντικείμενα δεν θα πρέπει να ανήκουν σε πάνω από μία κατηγορίες 3^{ου} επιπέδου.
- Η χαρτογράφηση του CLC (3^{ου} επιπέδου) θα πρέπει να έχει ολοκληρωθεί πριν από την έναρξη του 4^{ου} επιπέδου.

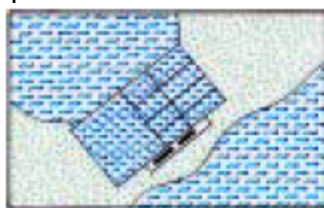
Συνοψίζοντας, τα αντικείμενα που θα δημιουργηθούν απαιτείται να είναι συμβατά με την κλίμακα, το μέγεθος της ελάχιστης χαρτογραφικής μονάδας καθώς και τα βασικά δεδομένα που θα γίνει η χαρτογράφηση των καλύψεων γης (Πχ. τα δορυφορικά δεδομένα).

Corine Land Cover Technical Guide - Addendum 2000

Δέκα χρόνια μετά την έκδοση του 1^{ου} οδηγού και αφού αποκτήθηκε τεράστια εμπειρία στον τομέα της οπτικής φωτοερμηνείας των δορυφορικών εικόνων Landsat και Spot το European Topic Centre on Land Cover και το Phare Topic Link on Land Cover δημιούργησε το συμπληρωματικό οδηγό Corine Land Cover Technical Guide - Addendum 2000 (Bossard et al., 2000). Ο οδηγός αυτός βελτιώνει τον ορισμό για τις περισσότερες κατηγορίες, χωρίς όμως να αλλάζει το κύριο περιεχόμενό τους. Οι κατηγορίες κάλυψης γης ορίζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε να συνοψίζουν τις καλύψεις γης της Ευρώπης σε κλίμακα 1:100 000 με όλες της ιδιαιτερότητές της.

Συγκεκριμένα σκοπός του 2^{ου} οδηγού είναι:

- Η βελτίωση ή επέκταση των ορισμών, ώστε να είναι σαφέστεροι στην περιγραφή της κάθε κατηγορίας, καθώς και ορισμούς για τις 15 τάξεις του 2^{ου} ιεραρχικού επιπέδου.
- Η περιγραφή των χαρακτηριστικών των περιεχόμενων στην κατηγορία, παρέχοντας κατάλογο περιπτώσεων που θα πρέπει να ενταχθούν ή να αποκλειστούν από την κατηγορία κάλυψης γης.
- Η παρουσίαση αντιπροσωπευτικών φωτογραφιών των κατηγοριών από παραδείγματα διάφορων χωρών της Ευρώπης.
- Η παρουσίαση των χαρακτηριστικών και των ιδιαιτεροτήτων των κατηγοριών.
- Η παρουσίαση γενικευμένων προτύπων (patterns) (Εικόνα 2.14) που βοηθούν στη φωτοερμηνεία των εικόνων.



Υφή του θαλάσσιου ύδατος

Υφή των αλατόλακκων

Υφή των βιομηχανικών κτιρίων

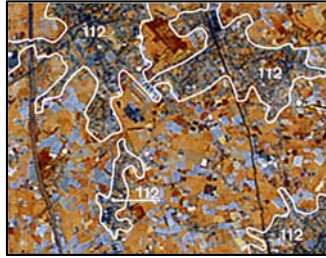
Υφή βοσκότοπου

Εικόνα 2.14: Γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 422 Αλυκές

Χαρτογραφική μονάδα

Τα σπουδαιότερα χαρακτηριστικά της χαρτογραφικής μονάδας (Εικόνα 2.15) τα οποία ουσιαστικά, αποτελούν και τον ορισμό της είναι:

- Αντιστοιχεί σε μια ομοιογενή επιφάνεια ή σε ένα συνδυασμό από στοιχειώδεις ομοιογενείς επιφάνειες. Στη 2^η περίπτωση, πρόκειται για κάλυψη μεγάλων επιφανειών, οι οποίες μπορεί να θεωρηθούν ότι συνιστούν μια μοναδική κατηγορίας κάλυψης γης στα κράτη μέλη της κοινότητας.
- Δεδομένης της κλίμακας (1:100 000), η μονάδα πρέπει να αντιπροσωπεύει μια σημαντική περιοχή γης, να είναι σαφώς διακριτή από τις τριγύρω χαρτογραφικές μονάδες και η δομή της όσον αφορά την κάλυψη γης να είναι αρκετά ομοιογενής ως μια μονάδα.



Εικόνα 2.15: Παράδειγμα χαρτογραφικής μονάδας (Corine Land Cover - Technical Guide, 1994)

Το εμβαδόν της ελάχιστης χαρτογραφικής μονάδας έχει καθοριστεί να είναι 25ha, δηλαδή 250 στρέμματα ή εναλλακτικά 250 000m². Στην κλίμακα 1:100 000, τα 25ha αντιστοιχούν στο χάρτη σε ένα τετράγωνο με διαστάσεις 5x5mm ή σε ένα κύκλο με ακτίνα 2.8mm. Τα στοιχεία τα οποία συντέλεσαν στον καθορισμό του μεγέθους της ελάχιστης χαρτογραφικής μονάδας είναι τα εξής:

- Οι χάρτες πρέπει να είναι ευανάγνωστος και να έχει οπτική ενάργεια, έτσι ώστε το περιεχόμενό του να παρέχει τα απαιτούμενα θεματικά δεδομένα στους χρήστες.
- Πρέπει να αναπαριστάνονται τα ουσιαστικά και τα βασικά χαρακτηριστικά του τμήματος της γήινης επιφάνειας, προκειμένου να παρέχεται μια καλή αναπαράσταση της πραγματικότητας και να προάγονται οι αντικειμενικοί στόχοι του προγράμματος.
- Πρέπει να υπάρχει ισορροπία μεταξύ των λειτουργικών εξόδων του έργου και των απαιτήσεων για παροχή πληροφοριών κάλυψης γης μέσα στα πλαίσια του συνολικού προϋπολογισμού του έργου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι γραμμικά στοιχεία/αντικείμενα, όπως δρόμοι και ποτάμια, πρέπει να έχουν πλάτος τουλάχιστον 100m ή 1mm στην κλίμακα 1:100 000 προκειμένου να καταγραφούν ως μονάδες κάλυψης γης με βάση στην ονοματολογία και να συμπεριληφθούν στη βάση δεδομένων του CLC.

2.7.5 Οι κατηγορίες του Corine Land Cover

Σε αυτό το σημείο θα παρουσιαστούν οι κατηγορίες εδαφοκάλυψης του προγράμματος CLC. Θα γίνει περιγραφή των κατηγοριών βάσει των εγχειριδίων Corine Land Cover - Technical Guide, 1994, Corine Land Cover - Technical Guide - Addendum 2000 και σύμφωνα με τη μετάφραση του ΟΚΧΕ (Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδος). Συγκεκριμένα, για κάθε μια από τις κατηγορίες παρουσιάζεται :

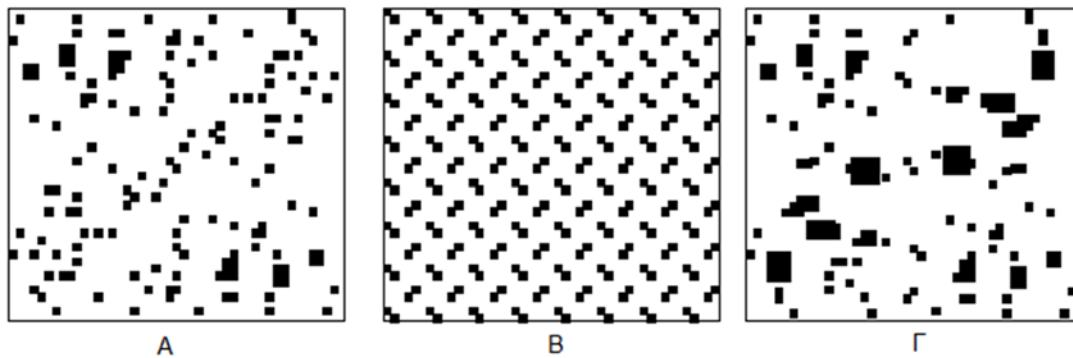
- Σύντομος ορισμός της κατηγορίας με βάση το Corine Land Cover - Technical Guide, 1994.
- Παρουσίαση αντιπροσωπευτικής φωτογραφίας του συγκεκριμένου τύπου εδαφοκάλυψης (Corine Land Cover - Technical Guide, 1994).
- Παρουσίαση γενικευμένου πρότυπου της κατηγορίας.
- Αναλυτική περιγραφή κάθε κατηγορίας από τα εγχειρίδια Corine Land Cover - Technical Guide, 1994 και Corine Land Cover - Technical Guide - Addendum 2000.
- Περιγραφή των χαρακτηριστικών των περιεχομένων στην κατηγορία παρέχοντας κατάλογο περιπτώσεων που θα πρέπει να ενταχθούν ή να αποκλειστούν από την κατηγορία κάλυψης.
- Για ορισμένες κατηγορίες περιέχονται κάποιες πληροφορίες γενίκευσης.

3.1 Δάση

Περιγραφή

Περιοχές που καλύπτονται από δάση και δασωμένες περιοχές με διάταξη βλάστησης που συντίθεται από αυτόχθονα ή εξωτικά κωνοφόρα και/ή φυλλοβόλα δέντρα τα οποία μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ξυλείας ή άλλων προϊόντων του δάσους. Τα δασικά δέντρα είναι κάτω από κανονικές κλιματικές συνθήκες ψηλότερα των 5m και απαρτίζουν συστάδα με πυκνότητα τουλάχιστον 30%. Σε περίπτωση νέας φυτείας, το ελάχιστο όριο είναι 500 δέντρα ανά ha.

Το ελάχιστο όριο του 30% που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, περιγράφεται στην Εικόνα 2.16. Τα Σχήματα 65 Α και Γ αντιστοιχούν σε τυχαία κατανομή της κάλυψης γης και το Σχήμα 64B δείχνει μια κανονική κατανομή της κάλυψης.



Εικόνα 2.16: Διάφορες κατανομές κάλυψης γης

3.2 Συνδυασμοί θαμνώδους ή/και ποώδους βλάστησης

Περιγραφή

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει:

- Θαμνώδεις περιοχές σε εύκρατες ζώνες με Ατλαντικούς και αλπινικούς χερσότοπους, υπο-αλπινικές κοινότητες θάμνων και ψηλής χλόης, επαναποικιοποίηση δασών πλατύφυλλων, φράχτες από δενδρύλλια, νανοφυή κωνοφόρα.
- Μεσογειακοί και υπο-Μεσογειακοί αιθαλείς σκληροφυλλικοί θάμνοι και λόγγοι (θαμνώνες) (ρεικότοποι, χαμόδεντρα, φρύγανα), επαναποικιοποίηση και στάδια υποβάθμισης δασών αιθαλών πλατύφυλλων.
- Στεγνή θερμοφυλλική χλόη (γρασιδότοποι) των πεδινών περιοχών, των λόφων και των βουνών. Φτωχή Ατλαντική και υπο-Ατλαντική χλόη όξινων εδαφών. Γρασιδότοποι αφαλατισμένης άμμου. Αλπινικοί και υπο-Αλπινικοί γρασιδότοποι. Υγροί γρασιδότοποι και κοινότητες υψηλής χλόης. Βοσκότοποι με γρασίδι και λιβάδια με άχυρο σε πεδινές και ορεινές περιοχές.

3.3 Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση

Περιγραφή

Φυσικές περιοχές που καλύπτονται από λίγη ή καθόλου βλάστηση, περιλαμβανομένων ανοιχτών θερμοφυλλικών σχηματισμών αμμόδους ή βραχώδους εδάφους κατανεμημένων σε ασβεστώδη ή χαλικιώδη εδάφη που συχνά έχουν υποστεί διάβρωση, γρασιδότοποι σε στέπες, πολυετείς γρασιδότοποι σε μορφή στέπας, μεσο- και θερμο- Μεσογειακά ξερόφυλλα, κυρίως ανοιχτοί πολυετείς γρασιδότοποι με κοντό γρασίδι, στέπες, περιοχές βράχων σε απότομες κλιτύες με λίγη ή σπάνια βλάστηση, λιθώνες πλαγιάς, γκρεμοί (απότομες βουνοπλαγιάς), βράχοι, μονοπάτια ασβεστόλιθου με κοινότητες φυτών που έχουν αποικιστεί στη διαδρομή, αέναο χιόνι και πάγος, αμμόλοφοι στην ενδοχώρα και καμένες περιοχές.

3.1.1 Δάσος Πλατύφυλλων

Περιγραφή

Βλάστηση που αποτελείται κυρίως από δέντρα αλλά και από θάμνους και χαμόδεντρα όπου κυριαρχούν τα πλατύφυλλα είδη δέντρων.



Εικόνα 2.17: Δάσος πλατύφυλλων στην Εσθονία



Υφή δάσους πλατυφύλλων



Υφή θάμνων



Υφή γρασιδότοπου και περιοχής χωρίς δέντρα

Εικόνα 2.18: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 311

Η μόνη δυσκολία στον προσδιορισμό του δάσους πλατύφυλλων προέρχεται από την επίδραση της σκιάς στις δασωμένες κοιλάδες. Τότε μπορεί να γίνει σύγχυση με το δάσος κωνοφόρων της κατηγορίας 3.1.2.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της εποπτευόμενης ταξινόμησης των δορυφορικών εικόνων για τον προσδιορισμό όλων των περιοχών που ταξινομούνται στην κατηγορία 3.1.1. Αντίστοιχα, η ανάλυση πρωτογενών συστατικών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μείωση των επιπτώσεων της σκίασης.

Οι σειρές από λεύκες, που μπορούν να αναγνωριστούν από το κανονικό γεωμετρικό τους σχήμα κοντά σε υδατορρεύματα ή επιφάνειες ύδατος και από το επίπεδο του δείκτη βλάστησης, ταξινομούνται σε αυτή την κατηγορία.

Τα πλατύφυλλα δέντρα θα πρέπει να καλύπτουν πάνω από το 75% της επιφάνειας ενός πολυγώνου που ταξινομείται σε αυτή την κατηγορία, αλλιώς κατατάσσεται στο μικτό δάσος.

Στην περίπτωση νεαρών δέντρων ή φυτανιών, το μικρότερο θεωρούμενο ποσοστό των πλατύφυλλων δέντρων είναι το 75% του συνολικού αριθμού δέντρων. Θαμνώνες και νέα φυτώρια ανήκουν στην κατηγορία 3.1.1.

Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει περιοχές με πυκνότητα δέντρων μεγαλύτερη από 30% ή με δομή της φυτείας τέτοια που να έχει 500 δέντρα ανά ha.

Ανάλυση

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει:

- Φυτείες ευκαλύπτων.
- Νέες φυτείες φυλλοβόλων δέντρων.
- Καρυδιές και καστανιές που χρησιμοποιούνται για παραγωγή ξυλείας και βρίσκονται σε δασωμένη περιοχή.
- Διάσπαρτα δάση πλατύφυλλων με ποσοστό κάλυψης από δέντρα 30-60%.
- Δασωμένες περιοχές πλατύφυλλων καλυμμένες από αειθαλή σκληρόφυλλα δέντρα.
- Δενδροειδείς σχηματισμούς με σκληρόφυλλα είδη.

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει (συνέχεια):

- Δάση από ελιές και χαρουπιές κυριαρχούμενα από την ευρωπαϊκή ελαία.
- Δασωμένες περιοχές με φυτείες φοίνικα.
- Πουρνάρια, κυρίως *Ilex aquifolium*.
- Δασωμένες περιοχές από μυρίκη.
- Δασωμένους από πλατύφυλλα δέντρα αμμόλοφους.
- Μεταβατικές δασωμένες περιοχές όπου τα φυλλώματα των δέντρων καλύπτουν πάνω από το 50% της περιοχής και αν η μέση διάμετρος του φυλλώματός τους είναι τουλάχιστον 10cm.
- Απογυμνωμένες επιφάνειες και γρασιδοτόποι.
- Αδροκομμένες (καθαρισμένες) περιοχές.

Αυτός ο ορισμός δεν περιλαμβάνει :

- Καμένες περιοχές μέσα σε δάση (κατηγορίες 3.2.X ή 3.3.4).
- Μη-αιθαλή κωνοφόρα δέντρα όπου κυριαρχούν τα είδη *Iarix* (κατηγορία 3.2.2).
- Περιοχές βλάστησης όπου η κάλυψη από τα φυλλώματα των πλατύφυλλων δέντρων είναι μικρότερη του 25% (κατηγορία 3.2.4).
- Φυτώρια δέντρων δάσους με σκοπό την αναπαραγωγή μέσα σε δασωμένες περιοχές πλατύφυλλων (κατηγορία 3.2.4).
- Αδροκομμένες (καθαρισμένες) περιοχές (κατηγορία 3.2.4, εφαρμοζόμενη στις χώρες της ανατολικής Ευρώπης).
- Φυτώρια δέντρων δάσους έξω από δάση, για εμπορική χρήση (κατηγορία 2.1.1).
- Δασωμένα πάρκα (κατηγορία 1.4.1).

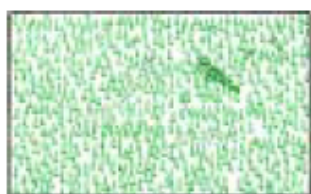
3.1.2 Δάσος κωνοφόρων

Περιγραφή

Βλάστηση η οποία αποτελείται κυρίως από δέντρα αλλά και από θάμνους και χαμόδεντρα όπου κυριαρχούν τα κωνοφόρα είδη δέντρων.



Εικόνα 2.19: Δάση κωνοφόρων από την Εσθονία και τη Σλοβακία



Υφή δάσους κωνοφόρων



Υφή γρασιδότοπου και περιοχής χωρίς δέντρα



Υφή θάμνων

Εικόνα 2.20: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 312

Τα δάση κωνοφόρων είναι αναγνωρίσιμα σε εικόνες στο ψευδόχρωμο σύνθετο από το σκούρο χρώμα τους που ξεχωρίζει από τους ανοιχτούς τόνους των δασών πλατύφυλλων. Μόνο στα νέα φυτώρια κωνοφόρων μπορεί να υπάρξει σύγχυση με την κατηγορία 3.1.1. Μια επιφάνεια κατατάσσεται σε αυτή την κατηγορία όταν τα κωνοφόρα δέντρα αντιπροσωπεύουν 75% του συνόλου των δέντρων, αλλιώς αυτή κατατάσσεται στο μικτό δάσος.

Στην περίπτωση νεαρών δέντρων ή φυτανιών, το ελάχιστο θεωρούμενο ποσοστό των κωνοφόρων δέντρων είναι το 75% του συνολικού αριθμού των δέντρων ενώ η υφή τους είναι παρόμοια με αυτή του δάσους κωνοφόρων. Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει περιοχές με πυκνότητα δέντρων μεγαλύτερη από 30% ή με δομή της φυτείας τέτοια που να έχει 500 δέντρα ανά ha.

Ανάλυση

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει:

- Δασωμένες περιοχές από μη αιθαλή κωνοφόρα δέντρα αποτελούμενη από αγριόπευκα.
- Φυτώρια κωνοφόρων δέντρων.
- Δασωμένες από κωνοφόρα δέντρα θίνες.
- Δενδροειδείς σχηματισμούς όπου κυριαρχούν τα *Juniperus xycedrus/phoenica*.
- Δασωμένες περιοχές κωνοφόρων.
- Φυτείες χριστουγεννιάτικων δέντρων.
- Απογυμνωμένες επιφάνειες και γρασιδότοποι.
- Αδροκομμένες (καθαρισμένες) περιοχές (εφαρμόζεται σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης). Δείτε τις γενικές παρατηρήσεις των κατηγοριών 3.1.X.

Αυτός ο ορισμός δεν περιλαμβάνει :

- Νανοφυή κωνοφόρα δέντρα όπως το *Pinus Mugo* (κατηγορία 3.2.2).
- Σκληρόφυλλα δέντρα (κατηγορία 3.1.1).
- Περιοχές με βλάστηση όπου η κάλυψη από τα φυλλώματα των κωνοφόρων δέντρων είναι μικρότερη από το 30% (κατηγορία 4.2.3, 2.3.1, 3.2.1).
- Φυτώρια δέντρων δάσους με σκοπό την αναπαραγωγή που βρίσκονται μέσα σε δάσος κωνοφόρων (κατηγορία 3.2.4).

3.1.3 Μικτό δάσος




Περιγραφή

Βλάστηση η οποία αποτελείται κυρίως από δέντρα αλλά και από θάμνους και χαμόδεντρα και όπου δεν κυριαρχούν ούτε τα πλατύφυλλα ούτε τα κωνοφόρα είδη δέντρων.



Εικόνα 2.21: Μικτά δάση από τη Σλοβακία



-  Υφή των πλατύφυλλων δέντρων
-  Υφή κωνοφόρων δέντρων
-  Υφή γρασιδότοπου και περιοχής χωρίς δέντρα

Εικόνα 2.22: Γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 313



Εικόνα 2.23: Αεροφωτογραφία με μικτό δάσος στο υπέρυθρο κανάλι

Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει όχι μόνο το μικτό δάσος με την αυστηρή δασοκαλλιεργητική έννοια (μεμονωμένα δέντρα ή συστάδες δέντρων) αλλά και πολύπλοκης κάλυψης γεωτεμάχια τα οποία περιλαμβάνουν μωσαϊκό από πλατύφυλλα και κωνοφόρα είδη και όπου δεν υπάρχει ομοιογενής συστάδα επιφάνειας μεγαλύτερης των 25ha. Το παράδειγμα της εικόνας δείχνει διάφορα γεωτεμάχια πλατύφυλλων και κωνοφόρων δέντρων που ταξινομούνται ως σύνολο στην κατηγορία 3.1.3.

Τα μικτά δάση έχουν κάλυψη από τα φυλλώματα δέντρων μεγαλύτερη από το 30% ή πυκνότητα δέντρων 500 ανά ha. Το ποσοστό των κωνοφόρων ή πλατύφυλλων ειδών δεν ξεπερνά το 25% της κάλυψης από φυλλώματα δέντρων.

Ανάλυση

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει:

- Δασωμένους από μικτό δάσος αμμόλοφους.
- Απογυμνωμένες επιφάνειες και γρασιδοτόπους.
- Σποραδικοί σχηματισμοί από θάμνους.
- Αδροκομμένες (καθαρισμένες) περιοχές (εφαρμόζεται σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης).

Αυτός ο ορισμός δεν περιλαμβάνει :

- Φυτώρια (κατηγορία 3.2.4).
- Φυτώρια δέντρων δάσους για αναπαραγωγή που βρίσκονται μέσα σε μικτό δάσος (κατηγορία 3.2.4).
- Αδροκομμένες (καθαρισμένες) περιοχές (κατηγορία 3.2.4, εφαρμόζεται στις χώρες της Ανατολικής Ευρώπης).
- Καμένες περιοχές μέσα σε μικτά δάση (κατηγορία 3.3.4).
- Δασωμένες περιοχές με ανάμικτα είδη δέντρων χαμηλότερα από 5m (κατηγορία 3.2.2).
- Περιοχές με βλάστηση όπου η κάλυψη από φυλλώματα δέντρων μικτού δάσους είναι μικρότερη από 30% (κατηγορία 3.2.4, 2.3.1, 3.2.1).

3.2.1 Φυσικοί βοσκότοποι

Περιγραφή

Βοσκότοποι χαμηλής παραγωγικότητας. Βρίσκονται συχνά σε περιοχές με ανώμαλο έδαφος. Μπορεί να περιλαμβάνουν περιοχές με βάτους, χερσότοπους και βραχώδεις περιοχές.



Εικόνα 2.24: Φυσικοί βοσκότοποι στη Σλοβακία



Υφή φυσικού βοσκότοπου



Υφή διάσπαρτων δέντρων και θάμνων

Εικόνα 2.25: Γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 321

Αυτή η κατηγορία κάλυψης γης συναντάται περισσότερο σε περιοχές όπου υπάρχει εκτεταμένη γεωργική δραστηριότητα. Οι αεροφωτογραφίες ή οι περιοχές του φάσματος του Landsat TM θα πρέπει να αναλυθούν προκειμένου να διακριθεί η κατηγορία 3.2.1 από τις κατηγορίες 3.3.2 (απογυμνωμένοι βράχοι) και 3.2.2 (θάμνοι και χερσότοποι). Συνήθως υπάρχει μεγάλη γκάμα αποχρώσεων η οποία προέρχεται από την αυξανόμενη αφθονία γραμμικής βλάστησης.

Οι περιοχές φυσικών βοσκοτόπων δεν εμφανίζουν συνήθως όρια ιδιοκτησιών (φράχτες από δενδρύλια, μαντρότοιχους, περιφράξεις).

Περιοχές που έχουν βοσκηθεί ή υπερβοσκηθεί κατά την ημερομηνία λήψης των εικόνων, κυρίως κοντά σε σταύλους βοοειδών ή σε ορεινά μαντριά (στάνες) προβάτων, θα πρέπει να ταξινομούνται στην κατηγορία 3.2.1 και όχι στην κατηγορία 3.2.2 (θάμνοι και χερσότοποι) ούτε στην κατηγορία 3.3.3 (εκτάσεις με αραιή βλάστηση).

Τα κριτήρια τα οποία θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι η απόσταση από οικισμούς και το χρονικό διάστημα που τα ζώα μπορούν να βοσκήσουν (λιγότερο από 120 μέρες, από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο).

Οι φυσικοί βοσκότοποι είναι περιοχές με πωύδη βλάστηση (μέγιστο ύψος 150cm με υπερσχύοντα τα αγρωστώδη είδη) που καλύπτουν τουλάχιστον 75% της επιφάνειας η οποία καλύπτεται από βλάστηση και που αναπτύχθηκαν με ελάχιστη παρέμβαση του ανθρώπου (μη θερισμένα, μη λιπασμένα, μη ενισχυμένα από χημικά που θα επηρέαζαν την παραγωγή βιομάζας). Εδώ ανήκουν, για παράδειγμα, βοσκότοποι προστατευμένων περιοχών, καρστικές περιοχές, πεδία στρατιωτικής εκπαίδευσης κλπ.. (παρόλο που η παρέμβαση του ανθρώπου μπορεί να μην είναι τελείως ανύπαρκτη στις εν λόγω περιοχές, δεν επηρεάζει τη φυσική ανάπτυξη ή τη σύνθεση των φυομένων ειδών των λιβαδιών) και περιοχές με συστάδες διάσπαρτων θάμνων.

Ανάλυση

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει:

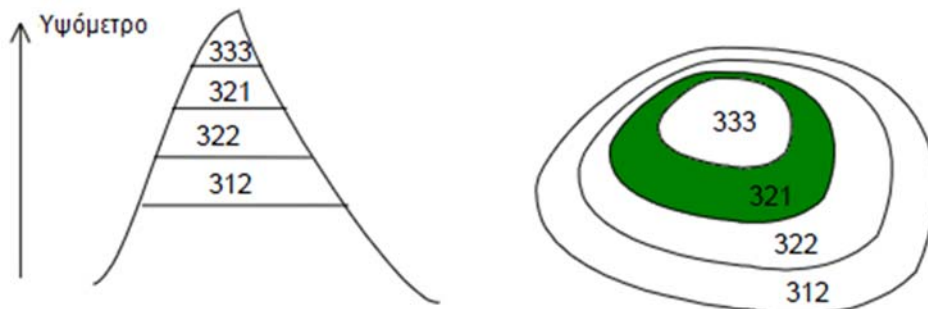
- Βοσκότοπους σε αλίπεδα οι οποίοι αναπτύχθηκαν σε προσωρινά υγρά αλατούχα εδάφη.
- Υγρά λιβάδια όπου τα σπαθόχορτα, τα βούρλα, τα γαϊδουράγκαθα και οι τσουκνίδες καλύπτουν πάνω από το 25% του γεωτεμαχίου.
- Φυσικούς βοσκότοπους με δέντρα και θάμνους αν δεν καλύπτουν πάνω από το 25% του γεωτεμαχίου.
- Αλπινικούς βοσκότοπους υψηλής παραγωγικότητας μακριά από κατοικίες και καλλιέργειες.
- Περιοχές για στρατιωτική εκπαίδευση με πλώδη βλάστηση.
- Γρασιδότοπους οι οποίοι μπορούν να βοσκηθούν, ποτέ σπαρμένους και όπου δεν έχει υπάρξει ανθρώπινη παρέμβαση με λιπάσματα, φυτοφάρμακα αποστράγγιση ή επαναφύτευση εκτός από πυρκαγιά.
- Γρασιδότοπους με ετήσια παραγωγή μικρότερη από 1500 μονάδες κτηνοτροφής ανά ha.
- Πλώδη βλάστηση η οποία αποτελείται από μη εύγευστα αγρωστώδη είδη.
- Εγκαταλειμμένους φυσικούς γρασιδότοπους όπου η γραμμική βλάστηση καλύπτει λιγότερο από το 75% της περιοχής.
- Γρασιδότοπους οι οποίοι απαντώνται σε ασβεστώδη εδάφη.
- Γρασιδότοπους με διάσπαρτα σημεία γυμνού βράχου όπου αντιπροσωπεύουν λιγότερο από το 25% της επιφάνειας.

Αυτός ο ορισμός δεν περιλαμβάνει :

- Γκρι αμμόλοφους (κατηγορία 3.3.1).
- Βαλτώδεις (ελώδεις) γρασιδότοπους (κατηγορία 4.1.1).
- Γη σε αγρανάπαυση (κατηγορία 2.1.1).

Γενίκευση:

Σε μεγάλο υψόμετρο, η κατηγορία 3.2.1 μπορεί να εμφανίζεται ως σχηματισμός ανάγλυφου μεταξύ χερσότοπων (3.2.2) ή της κατηγορίας 3.1.X Δάση και καλυπτόμενων από διάσπαρτη βλάστηση περιοχών (3.3.3).



Εικόνα 2.26: Γενίκευση κατηγορίας 321 Φυσικοί βοσκότοποι

3.2.2 Θάμνοι και χερσότοποι

Περιγραφή

Θαμνώδης βλάστηση με χαμηλή και πυκνή κάλυψη που κυριαρχείται από θάμνους, χαμόδετρα και ποώδη φυτά (χερσότοποι, ρείκια, αμμόχορτα, σχοίνα, λαβούρνο κλπ.).



Εικόνα 2.27: Άγονος, τυρφώδης χερσότοπος και περιοχή με αγριοκυπαρίσια από την Εσθονία



Υφή θάμνων και ποώδους βλάστησης



Υφή βοσκότοπου χωρίς θάμνους

Εικόνα 2.28: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 322

Είναι δυνατό να διακρίνει κανείς :

- Ατλαντικές άγονες, τυρφώδεις εκτάσεις ως δευτερογενείς σχηματισμούς από την απογύμνωση δάσους, οι οποίες εμφανίζονται με δύο τρόπους:
 - ο άγονες, τυρφώδεις εκτάσεις ευρωπαϊκών σχοίνων, φτέρης, κλπ. σε ψηλή ανάπτυξη)
 - ο άγονες, τυρφώδεις εκτάσεις που συνίστανται κυρίως από ρείκια σε χαμηλή ανάπτυξη.
- Επίσης άγονες, τυρφώδεις εκτάσεις όπου είναι δίπλα από βουνά ή τις Άλπεις (υπάλπεις, παράλπεις), με σχηματισμούς από ροδοδάφνες, μύρτιλλα, calluna, οι οποίες συνήθως διαδέχονται δάση σε παράλπεις περιοχές και βοσκότοπους.

Η ανάλυση του βιογεωγραφικού περιβάλλοντος και η γνώση του εδάφους γενικά οδηγούν στον επιτυχή εντοπισμό των θάμνων και χερσότοπων στις δορυφορικές εικόνες. Συνιστάται όμως το αποτέλεσμα της φωτοερμηνείας να επαληθεύεται και με αεροφωτογραφίες. Υπάρχει κίνδυνος σύγχυσης με τα δάση κωνοφόρων (κατηγορία 3.2.1) και τους βάλτους σε επικλινές έδαφος.

Αυτή η κατηγορία εμπεριέχει θαμνώδη βλάστηση σε εύκρατα κλίματα (στο αποκορύφωμα της ανάπτυξης): περιλαμβάνει νανοφυή δέντρα δάσους με μέγιστο ύψος δέντρων τα 3m στο αποκορύφωμα της ανάπτυξης.

Ανάλυση

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει:

- Υγρά χέρσα διάσπαρτα σε υγρά ή ημι-τυρφώδη εδάφη (βάθος τύρφης < 30cm) με *Erica tetralix/ciliaris*, *Sphagnum* spp. και *Molinia* spp.
- Παράκτιους, πρηνείς, σαρωμένους από τον άνεμο χερσότοπους με παράκτια είδη οικοτόπων
- Κάλυψη από νανοφυή ορεινά πεύκα (*pinus mugo*) πάνω από το πάνω όριο του δάσους στην Αλπινική ζώνη ή στο βάθος μεγάλων καταβυθίσεων με αντιστροφή θερμοκρασίας.
- Σχηματισμούς χέρσων και θάμνων σε Ατλαντικές, υπο-Ατλαντικές και υπο-ηπειρωτικές περιοχές με σχοίνα (*Ulex* spp), ρείκια (*Calluna vulgaris*, *Vaccinium* spp), χέρσα (*Erica* spp), φτέρη ή σχοίνα (*Genista* spp), χερσότοπους με μύρτιλλα (*Vaccinium myrtillus*), βάλτους (ακανθώδεις θάμνους) (*Rubus* spp).

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει (συνέχεια):

- Άγονες, τυρφώδεις εκτάσεις σε υπερ- Μεσογειακή περιοχή με πυξάρια και σχοίνα, περιφραγμένους από δενδρύλλια χερσότοπους (*Buxus* spp, *Astragalus* spp, *Bupleurum* spp κλπ.).
- Υπο- Αλπινικό ψηλό χόρτο (χλόη) με κυριαρχούσα τη θαμνώδη όψη (*Calluna* spp, *Vaccinium* spp, *Rubus* spp, *Juniperus nana* κλπ.).
- Αρκτικές, άγονες, τυρφώδεις περιοχές με βρύα (μούσκλα), λειχήνες, αγρωστώδη κάλυψη και νανοφυείς ή πρηνείς θαμνώδεις σχηματισμούς (*Betula nana*, *Salix lapponum*, *salix glauca*, *Juniperus Alpina*, *Dryas* spp).
- Αλσύλια (συστάδες) και θάμνους σε περιοχές με εύκρατο κλίμα (πυξάρια, συστάδες με βατομουριές, πεδία με αμμόχορτο (φρόκαλο), συστάδες με σχοίνα, πεδία με φτέρη, συστάδες αγριοκυπαρισσιού).
- Θάμνους (φρύγανα, χαμόκλαδα) και δάσος από θάμνους σε ορεινή περιοχή με λόγγους (θαμνώνες) από ορεινά νανοφυή πεύκα ή θάμνους από πράσινα κλήθρα (*Pinus mugo* ssp, *mughus* and *Alnus* spp). Θάμνους από αλπινικές ιτιές κλπ., συνοδευόμενες από ροδοδάφνες.
- Συστάδες και δάσος από θάμνους σε αρκτική περιοχή με *Betula nana* and *Salix lapponum/glauca* spp.
- Εγκαταλειμμένες καλλιέργειες όπου τα γραμμικά και μη-γραμμικά είδη καλύπτουν πάνω από το 25% της επιφάνειας.
- Αμμόλοφους κοντά σε ακτές (ονομαζόμενοι καφέ αμμόλοφοι) καλυπτόμενους από θάμνους (*Hipporphae* spp, *Empetrum* spp, *Salix* spp).
- Σχηματισμούς κάλυψης από ποώδη βλάστηση κυρίως αποτελούμενους από μη –εύγευστα αγρωστώδη είδη, όπως *Molinia* spp, *Brachypodium* spp).

Αυτός ο ορισμός δεν περιλαμβάνει :

- Χαμηλή βλάστηση, ρεικότοπους (κατηγορία 3.2.3).
- Χερσότοπους σε διαδικασία επαναποικιοποίησης όπου τα είδη υπό μορφή δέντρων καλύπτουν πάνω από το 30% της επιφάνειας (κατηγορία 3.2.4).

Γενίκευση:

Σε μεγάλο υψόμετρο η κατηγορία 3.2.2 θα μπορούσε να συσχετιστεί με την τάξη μεγέθους του υψομέτρου σύμφωνα με τη διαβάθμιση της βλάστησης μεταξύ των κατηγοριών 3.2.1 και 3.2.4/3.1.Χ.

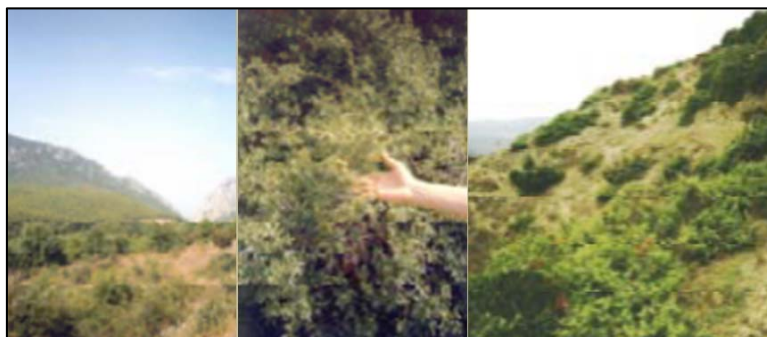


Εικόνα 2.29: Γενίκευση κατηγορίας 322 Θάμνοι και χερσότοποι

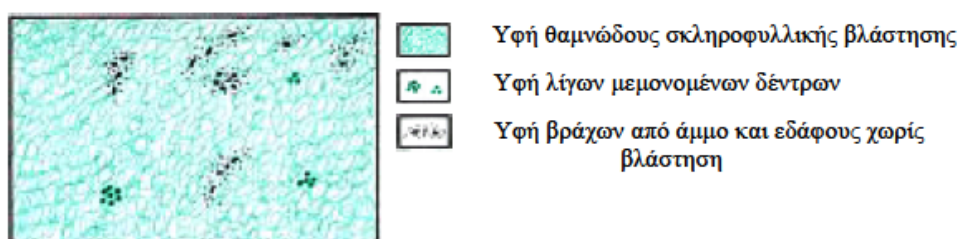
3.2.3. Σκληροφυλλική βλάστηση

Περιγραφή

Βλάστηση θαμνωδών και σκληρόφυλλων. Περιλαμβάνει ρεικότοπους και χαμόδεντρα και φρύγανα.



Εικόνα 2.30: Σκληροφυλλική βλάστηση από τη FYROM



Εικόνα 2.31: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 323

Ρεικότοποι: συνδυασμοί πυκνής βλάστησης οι οποίοι αποτελούνται από πολλά χαμόδενδρα που καλύπτουν όξινα πυριτιούχα εδάφη σε περιοχές της Μεσογείου. Αυτοί οι σχηματισμοί γενικά αποτελούνται από μικρές δρυς, αγριελιές, κούμαρα, άρκευθους (αγριοκυπαρίσσια), βάτους και χαμόδεντρα από κίστους (λουβιδιές) και χαμηλά ρείκια.

Χαμόδενδρα: διακεκομμένοι θαμνώδεις συνδυασμοί Μεσογειακών ασβεστολιθικών υψίπεδων. Πολύ συχνά αποτελείται από κοκκοφόρους δρυς κέδρους, κουμαριές, λεβάντα, θυμάρι, κίστους (λουβιδιές) κλπ.. Μπορεί να υπάρχουν μερικά μεμονωμένα δέντρα. Τα χαμόδεντρα απαντώνται σε στεγνά, διηθητικά υποστρώματα (συνήθως ασβεστολιθικά).

Η θαμνώδης σκληροφυλλική βλάστηση είναι ένας αιθαλής σχηματισμός κοντά σε δάσος, ο οποίος είναι συχνά δύσκολο να διακριθεί από το Μεσογειακό δάσος (πιθανότητα σύγχυσης μεταξύ ψηλών σχηματισμών σε ρεικότοπους και σκληροφυλλικού δάσους). Συνιστάται ιδιαίτερα η χρήση βοηθητικών στοιχείων (αεροφωτογραφιών, δασικών χαρτών, δεικτών βλάστησης κλπ.).

Ανάλυση

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει:

- Άνυδρη (άγονη,ξηρή) ζώνη με προ-ερημικούς θάμνους (φρύγανα) και ψηλά *Ziziphus lotus*.
- Δάφνη με *Laurus nobilis*.
- Αυτόχθονα ή φυτευμένα κυπαρίσσια.
- Σχηματισμούς ευφόρβιου (γαλασιδάς, φλόμου) με πυκνές συστάδες από *Euphorbia dendroides* σε θερμές Μεσογειακές περιοχές.
- Θαμνώδεις σχηματισμούς με palmetto (είδος φοίνικα) με υπερισχύοντα το *Chamaerops humilis*.
- Προ-ερημικούς θάμνους με αλο-νιτρόφυλλους θάμνους και θάμνους που φύονται σε γύψο: θάμνοι ζίζυφου (*Ziziphus lotus*), θάμνοι με Αφρικανική συνάφεια (σχηματισμοί ακανθωδών θάμνων ακακίας).
- Εγκαταλειμμένους ελαιώνες.

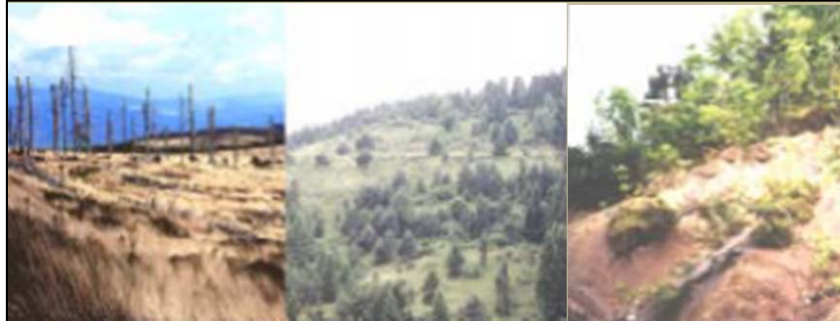
Αυτός ο ορισμός δεν περιλαμβάνει :

- Δενδροειδείς δασώδεις σχηματισμούς από πλατύφυλλα αειθαλή με μάλλον πυκνή κάλυψη από δέντρα και συνήθως πυκνή βλάστηση από αειθαλείς θάμνους οργανωμένους γύρω από αειθαλείς δρυς (*Quercus suber/ilex/rotundifolia*), ελιές ή πεύκα η κάλυψη σε φυλλώματα των οποίων είναι μεγαλύτερη από 30% (κατηγορία 3.1.1). Αν η κάλυψη από φυλλώματα δέντρων είναι μικρότερη από 30%, ταξινομείται στην κατηγορία 3.2.4.

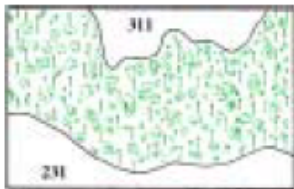
3.2.4 Μεταβατικές δασώδεις-θαμνώδεις εκτάσεις

Περιγραφή

Θαμνώδης και ποώδης βλάστηση με σκόρπια δέντρα. Μπορεί να προκύψει από την απογύμνωση δασώδους έκτασης ή αναγέννηση/φυσική αναδάσωση.



Εικόνα 2.32: Κατεστραμμένο δάσος από την Τσεχία, φυσικά αναπτυσσόμενο δάσος από τη Σλοβακία και υποβάθμιση δασώδους περιοχής στη Σλοβενία



Υφή αναγεννώμενου ή υποβαθμιζόμενου δάσους



Υφή ποώδους βλάστησης

Εικόνα 2.33: Γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 324

Για την ερμηνεία της συγκεκριμένης κατηγορίας είναι απαραίτητο να συμβουλευτεί κανείς τον γεωλογικό χάρτη που παραπέμπει σε περιοχές ασβεστολιθικών πετρωμάτων όπου η κατηγορία 3.2.4. κάνει σαφή αντίθεση με τη σκληροφυλλική βλάστηση. Για την εξάλειψη των σημαντικών διαφορών μεταξύ της ανακλαστικότητας των νοτιο-ανατολικών και των βορειοδυτικών κλιτύων, συνιστάται η επεξεργασία των δεδομένων σε σταθμό εργασίας.

Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει περιοχές οι οποίες υπόκεινται σε διάβρωση ή όπου η υγεία των φυτών μπορεί να αρχίζει να μην είναι καλή καθώς και περιοχές αναδάσωσης όπου, αν η αναδάσωση είναι φυσική, σημαίνει ότι θα υπάρχουν πολύγωνα που θα ταξινομηθούν στις κατηγορίες 3.2.2 ή 3.2.3 γύρω από πολύγωνα δάσους της κατηγορίας 3.1.X. Η κατηγορία 3.2.4 περιλαμβάνει δύο διακεκριμένους τύπους εξέλιξης. Τα πολύγωνα της κατηγορίας αυτής είναι συχνά δύσκολο να εντοπιστούν και να οριοθετηθούν στις δορυφορικές εικόνες που απλά υποδηλώνουν την παρουσία τους.

Το περιβάλλον (περιοχές διάβρωσης, απότομες κλιτύες) θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, αλλά η πληροφορία που προκύπτει από τις δορυφορικές εικόνες είτε από την επεξεργασία στοιχείων στον σταθμό εργασίας (κανονικοποίηση του ορατού ερυθρού και του εγγύς υπέρυθρου του φάσματος) θα πρέπει να διασταυρώνεται και με αυτή από αεροφωτογραφίες.

Περιοχές που ξανά αναδασώνονται ή αναγεννώνται μετά την πτώση δέντρων πυρκαγιές θα πρέπει να ταξινομούνται σε άλλη υποκατηγορία της κατηγορίας 3.1.X.

Περιοχές φυσικών σχηματισμών αναπτυσσόμενου δάσους (νεαρά πλατύφυλλα και κωνοφόρα είδη δέντρων με ποώδη βλάστηση και διάσπαρτα μεμονωμένα δέντρα). Για παράδειγμα, σε εγκαταλειμμένα λιβάδια και βοσκότοπους με γρασίδι, ή μετά από διάφορου προέλευσης καταστροφές. Μέρος αυτής της κατηγορίας μπορεί επίσης να είναι δάση σε διάφορα στάδια εκφυλισμού λόγω βιομηχανικής ρύπανσης κλπ..

Ανάλυση

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει:

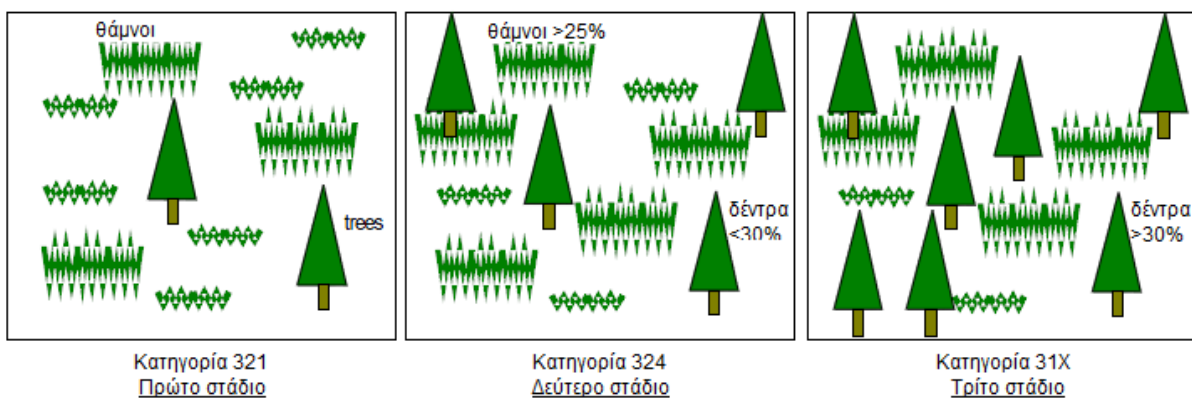
- Δενδροειδείς σχηματισμοί δασών πλατύφυλλων αιθαλών με συνήθως πυκνά στρώματα αιθαλών θάμνων αποτελούμενα από αιθαλείς δρυς (*Quercus suber/ilex/rotundifolia*), ελιές, χαρουπιές ή πεύκα των οποίων η κάλυψη από φυλλώματα δέντρων είναι μικρότερη από 30% της επιφάνειας.
- Γεωργική γη (κατηγορίες 2.X.X) σε διαδικασία επαναποικιοποίησης με εμφάνιση δέντρων δάσους που καλύπτουν πάνω από το 30% της επιφάνειας (διάσπαρτα δέντρα ή μικρά αγροτεμάχια δάσους).
- Εγκαταλειμμένες φυτείες οπωροφόρων δέντρων.
- Καθαρισμένες περιοχές σε δάση.
- Νέες φυτείες.
- Φυτώρια δέντρων δάσους μέσα σε δάση.
- Περιοχές με φυσικό γρασίδι σε συνδυασμό με μικρά δάση <25ha και /ή με δέντρα ανακατεμένα που καλύπτουν πάνω από το 30% της επιφάνειας.
- Ανοιχτές καθαρισμένες περιοχές ή περιοχές αναγέννησης με επανανάπτυξη κατά τη διάρκεια της μεταβατικής περιόδου που διαρκεί το πολύ 5-8 χρόνια.
- Περιοχές καμένου δάσους που δεν εμφανίζουν μαύρους τόνους στη δορυφορική εικόνα αλλά είναι ακόμη ορατές.
- Δάση που έχουν καταστραφεί σοβαρά από τον άνεμο, το χιόνι, την όξινη βροχή ή άλλη ρύπανση με πάνω από το 50% των δέντρων νεκρά.
- Περιθωριακές ζώνες από βάλτους (τέλματα, βούρκους) με βλάστηση αποτελούμενη από θάμνους και βάλτους με πεύκα που καλύπτουν πάνω από το 50% της επιφάνειας.
- Γυμνούς βράχους με διάσπαρτα δέντρα οι οποίοι καλύπτουν πάνω από το 10% επιφάνειας.

Αυτός ο ορισμός δεν περιλαμβάνει :

- Μεταβατικές δασώδεις περιοχές όπου η περιοχή έχει υπερκαλυφθεί από δάσος.
- Το πυκνό αδιαπέραστο φύλλωμα είναι τουλάχιστον 50% και αν η μέση διάμετρος του φυλλώματος δέντρων είναι τουλάχιστον 10cm (κατηγορία 3.1.1)
- Εγκαταλειμμένους ελαιώνες (κατηγορία 3.2.3).
- Γεωργική γη (κατηγορίες 2.X.X) με εμφάνιση δασώδους βλάστησης με ρυθμό υπερανάπτυξης μικρότερο από 50% (κατηγορία 2.4.3).
- Σχηματισμούς δέντρων δάσους στο αποκορύφωμα της ανάπτυξης με ύψος δέντρων μικρότερο από 4m και δάση από ορεινά νανοφυή πεύκα (κατηγορία 3.2.2).
- Δενδροειδείς σχηματισμούς των οποίων η κάλυψη από φυλλώματα υπερβαίνει το 30% (κατηγορία 3.1.1).

Γενίκευση:

Γενίκευση κατηγοριών ανάλογα με το ποσοστό θάμνων και δέντρων:



Εικόνα 2.34: Γενίκευση κατηγοριών ανάλογα με το ποσοστό θάμνων και δέντρων

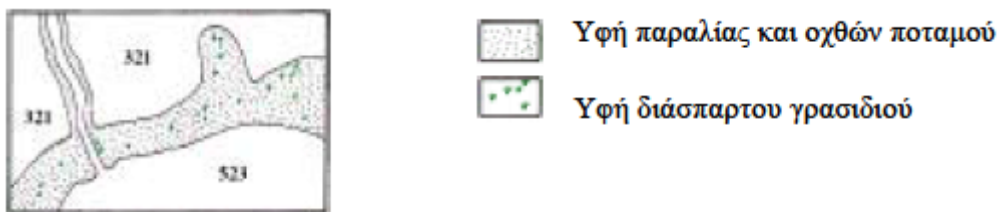
3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές

Περιγραφή

Παραλίες, αμμόλοφοι, παράκτιες και ηπειρωτικές ζώνες με άμμο με βότσαλα ή κροκάλες, περιλαμβανομένης της κοίτης υδατορρευμάτων σε χειμαρρώδες καθεστώς.



Εικόνα 2.35: Αμμώδης κοίτη στη Σλοβακία και παράκτιοι αμμόλοφοι από τη Λιθουανία



Εικόνα 2.36: Γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 331

Οι παραλίες υφίσταται να έχουν πλάτος τουλάχιστον 100m προκειμένου να συμπεριληφθούν σε αυτή την κατηγορία. Παραλίες εμπρός από αστικές παραθαλάσσιες περιοχές θα πρέπει να διακρίνονται από τις τεχνητές περιοχές. Οι αμμώδεις όχθες ποταμών μπορούν να περιληφθούν μόνο αν καλύπτουν επιφάνεια μεγαλύτερη των 25ha. Δεδομένου ότι το επίπεδο πλημμύρας διαφέρει από τη μια δορυφορική εικόνα στην άλλη, η ακτογραμμή είναι χρήσιμο να προσδιορίζεται με αναφορά στον πιο πρόσφατο χάρτη 1:100.000 παρόλο που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη αλλαγές λόγω διάβρωσης, ιζηματοπόθεσης (πρόσχωσης), κατασκευών στα λιμάνια ή κυματοθραυστών.

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι γκρι αμμόλοφοι οι οποίοι έχουν σταθεροποιηθεί από βλάστηση όπως γρασιδί, σπαθόχορτο, βρύα και λειχήνες ενώ οι δασωμένοι «μαύροι» αμμόλοφοι ανήκουν στην κατηγορία 3.1X.

Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει την πέραν της ζώνης της ακτής περιοχή και αμμόλοφους όπου αναπτύχθηκαν στο μέρος της ακτής από το υψηλότερο χειμέριο κύμα και προς την πλευρά της ξηράς.

Ανάλυση

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει:

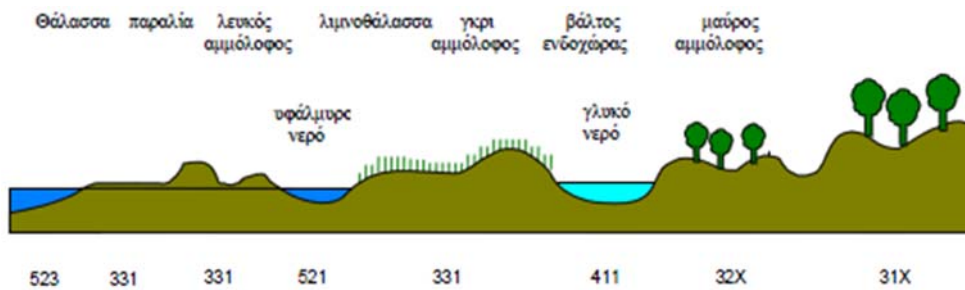
- Σχηματισμούς αμμόλοφων στην άμεση γειτονιά μεγάλων ποταμών.
- Αμμόλοφους στην ενδοχώρα και λιμναίους αμμόλοφους.
- Μετακινούμενους αμμόλοφους με κινούμενους, μη καλυπτόμενους από βλάστηση ή ανοικτούς βοσκότοπους (άσπροι αμμόλοφοι).
- Γκρι αμμόλοφους σταθερούς, μονιμοποιημένους ή που έχουν αποικηθεί από μάλλον κλειστούς πολυετείς βοσκότοπους.
- Σχηματισμούς φυσικών παράκτιων αμμουδιών με κάποια επιφανειακή βλάστηση βοσκότου).
- Ηπειρωτικές περιοχές αμμόλοφων σε έρημο.
- Συγκέντρωση αμμοχάλικου κατά μήκος των χαμηλότερων τμημάτων αλπινικών ποταμών.

Αυτός ο ορισμός δεν περιλαμβάνει :

- Χέρσους αμμόλοφους στην ενδοχώρα (χέρσοι καφέ αμμόλοφοι) (κατηγορία 3.2.2).
- Συστάδες αμμόλοφων στην ενδοχώρα καλυπτόμενων από πυκνούς σχηματισμούς θάμνων περιλαμβανομένων λιγούστρου (μυρτιάς), κουφοξυλιάς, ιτιάς, σχοίνων ή αμμόχορτου συχνά περιβαλλόμενων από ανέρποντα φυτά (κατηγορία 3.2.2).
- Αμμόλοφους με συστάδες από αγριοκυπαρίσσια και δάση (κατηγορία 3.2.X).
- Αμμόλοφους με σκληροφυλλικούς θάμνους (κατηγορία 3.2.3).
- Αμμόλοφους με δάση (κατηγορία 3.1.X).
- Χαλαρούς υγρούς αμμόλοφους (κατηγορία 4.1.1).
- Αμμοχάλικο μη καλυπτόμενο από βλάστηση σε απόκρημνες πλαγιές των Άλπεων (κατηγορία 3.3.2).
- Νησιά καλυπτόμενα από βλάστηση μέσα στις κοίτες χειμάρρων (κατηγορία 3.X.X).

Γενίκευση:

Κατανομή διάφορων ειδών αμμόλοφων.



Εικόνα 2.37: Γενίκευση διαφόρων ειδών αμμόλοφων.

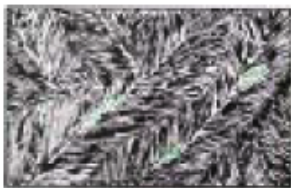
3.3.2 Απογυμνωμένοι βράχοι

Περιγραφή

Σωροί λίθων, απότομοι βράχοι, περιλαμβανομένης της εν ενεργεία διάβρωσης, βράχοι και επίπεδοι ύφαλοι όπου βρίσκονται πάνω από το επίπεδο του χειμέριου κύματος.



Εικόνα 2.38: Απότομες βουνοπλαγιές από τη Σλοβακία



Υφή ανάγλυφο με λόφους και κώνους κλιτύων



Υφή βοσκότοπου

Εικόνα 2.39: Γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 332

Για τη φωτοερμηνεία αυτής της κατηγορίας είναι χρήσιμοι οι τοπογραφικοί χάρτες όπου οι περιοχές απογυμνωμένων βράχων και λιθώνων εμφανίζονται με μαύρο ή σκούρο καφέ χρώμα. Μια άλλη εναλλακτική χρησιμότητα του τοπογραφικού χάρτη είναι να βοηθήσει στον εντοπισμό βράχων που στην εικόνα καλύπτονται από σκιά, σε βαθιές και στενές κοιλάδες. Μπορεί επίσης να γίνει επεξεργασία σε σταθμό εργασίας.

Ο τοπογραφικός χάρτης με τις υψομετρικές καμπύλες είναι χρήσιμος προκειμένου να γίνει ακριβής εκτίμηση της επίδρασης των σκιών σε πολύ έντονο ανάγλυφο και βαθιές κοιλάδες. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η πιθανή ύπαρξη των κατηγοριών 3.3.2 και 3.2.2 σε αυτές τις στενές και βαθιές κοιλάδες.

Ανάλυση

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει:

- Εγκαταλειμμένες θέσεις εκσκαφής χωρίς βλάστηση.
- Περιοχές με διάσπαρτη βλάστηση όπου το 75% της επιφάνειας καλύπτεται από βράχους.
- Σταθερούς βράχους με επιφανειακά στρώματα από ασβεστόλιθο, μεγάλα τεμάχια βράχων σε κοίτες και συντρίμματα βράχων στις κορυφές βουνών.
- Θέσεις και προϊόντα πρόσφατης ηφαιστειακής δραστηριότητας, ηφαιστειακή τέφρα άγονα πεδία λάβας.
- Ζώνες βράχων χωρίς βλάστηση πέραν της ζώνης των ακτών.

Αυτός ο ορισμός δεν περιλαμβάνει :

- Άσπρους αμμόλοφους (κατηγορία 3.3.1).
- Στρώματα βράχων στο μέσο της ζώνης ακτής (κατηγορία 4.2.3).
- Γυμνούς βράχους με διάσπαρτα δέντρα που καλύπτουν πάνω από το 10% της επιφάνειας (κατηγορία 3.2.4).

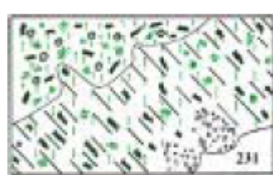
3.3.3 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση






Περιγραφή

Περιλαμβάνει στέπες, τούνδρες και ερημότοπους. Επίσης διάσπαρτη βλάστηση σε μεγάλα υψόμετρα.



Εικόνα 2.40: Παράδειγμα κώνου κλιτύος από τη Σλοβακία



-  Υφή καρστικού αναγλύφου
-  Υφή βραχωδών κλιτύων
-  Υφή κώνων κλιτύων
-  Υφή θάμνων
-  Υφή ποώδους βλάστησης

Εικόνα 2.41: Γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 333

Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει περιοχές σε μεγάλα υψόμετρα με αραιή βλάστηση λόγω διάβρωσης ή αργού λιωσίματος του χιονιού ή του πάγου (ορεινές στέπες). Συχνά απαιτούνται βοηθητικά στοιχεία (αεροφωτογραφίες, γεωλογικοί χάρτες κλπ.) για να φωτορμηνευθούν σωστά αυτά τα πολύγωνα. Η αραιή βλάστηση συντίθεται από αγρωστώδη και/ή ξυλώδη και ημι-ξυλώδη βλάστηση.

Ανάλυση

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει:

- Περιοχές αραιής βλάστησης με ασταθείς βράχους, ογκόλιθους ή θρυμματισμένα χαλίκια σε απόκρημνες πλαγιές, όπου το επίπεδο της βλάστησης καλύπτει ανάμεσα στο 15% και 50% της επιφάνειας.
- Υπο-ερημικές στέπες και φυτικά είδη (*Artemisia* spp.) αναμειγμένα με είδη τριφυλλιού (*Stipa* spp.) όταν καλύπτουν ανάμεσα στο 15% και 50% της επιφάνειας.
- Βλάστηση σε περιοχές λάβας ή ασβεστολιθικών στρωμάτων.
- Γυμνό έδαφος σε περιοχές στρατιωτικής εκπαίδευσης.
- Καρστικές περιοχές φυτικής και/ή ξύλινης και ημι-ξύλινης βλάστησης.

Αυτός ο ορισμός δεν περιλαμβάνει :

- Τμήματα περιοχών αμμόλοφων τα οποία φυσάει ο άνεμος (κατηγορία 3.3.1).
- Περιοχές όπου το γυμνό έδαφος καλύπτει πάνω από το 85% της επιφάνειας (κατηγορία 3.3.2).
- Περιοχές όπου το στρώμα της βλάστησης καλύπτει πάνω από το 50% της επιφάνειας (κατηγορία 3.2.1).

Γενίκευση:

	321	333	332
Βλάστηση	πάνω από 50%	από 10% έως 50%	το πολύ 10%
Γυμνό Έδαφος	το πολύ 50%	από 50% έως 90%	πάνω από 90%

Πίνακας 2.7: Ποσοτικό σχήμα αναλογίας βλάστησης και γυμνού εδάφους

3.3.4 Αποτεφρωμένες εκτάσεις

Περιγραφή

Εκτάσεις που έχουν πληγεί από πρόσφατες πυρκαγιές και παραμένουν αποτεφρωμένες.



Εικόνα 2.42: Παραδείγματα καμένου δάσους από τη Σλοβακία, Λιθουανία και Πορτογαλία



Υφή δέντρων

Υφή καμμένων δέντρων

Εικόνα 2.43: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 333

Αυτές οι περιοχές περιλαμβάνουν αποτεφρωμένες εκτάσεις σε δάση και ημι-φυσικές περιοχές (κατηγορία 3.X.X).

Ο προσδιορισμός αυτής της κατηγορίας γίνεται ευκολότερος με την επεξεργασία εικόνων σε πολλαπλές χρονικές περιόδους σε σταθμό εργασίας.

Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει καμένα δάση, άγονες, τυρφώδεις εκτάσεις και χερσότοπους, μεταβατικούς δασώδεις-θαμνώδεις σχηματισμούς, περιοχές με αραιή βλάστηση.

Ανάλυση

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει:

- Αποτεφρωμένες εκτάσεις νεότερες των τριών ετών και ακόμη ορατές στη δορυφορική εικόνα.
- Όλες τις φυσικές και ημι-φυσικές περιοχές με βλάστηση.

Αυτός ο ορισμός δεν περιλαμβάνει :

- Διαχείριση καλλιεργειών με κάψιμο αρόσιμης γης (κατηγορία 2.1.1).

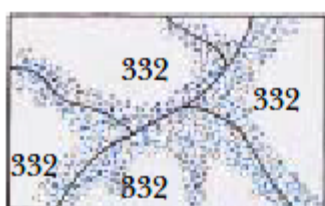
3.3.5 Παγετώνες και αέναο χιόνι

Περιγραφή

Περιοχές οι οποίες καλύπτονται από παγετώνες και αέναο χιόνι.



Εικόνα 2.44: Παγετώνες στην Ελβετία



Υφή παγετώνων και αέναου χιονιού



Υφή γυμνών βράχων

Εικόνα 2.45: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 333

Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει περιοχές οι οποίες καλύπτονται από στερεό πάγο ή πάγο ο οποίος λιώνει και από χιόνι. Επιφάνειες όπου βρίσκονται σε σκιασμένες κλιτύς θα πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν βοηθητικά στοιχεία, όπως τοπογραφικοί χάρτες, στους οποίους αυτές οι περιοχές συμβολίζονται με μπλε ισούψεις καμπύλες καθώς και δορυφορικά δεδομένα τα οποία έχουν ληφθεί μεταξύ 15 Ιουλίου και 15 Σεπτεμβρίου, οπότε και υπάρχει το λιγότερο χιόνι.

Ανάλυση

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει:

- Παγετώνες και αέναο χιόνι (πάνω από 50%).
- Γυμνούς βράχους (το πολύ 50%)

4.1 Υγρότοποι ενδοχώρας

Περιγραφή

Περιοχές πλημμυρισμένες ή επιρρεπείς σε πλημμύρες κατά το μεγαλύτερο μέρος του έτους από γλυκό, υφάλμυρο ή στάσιμο νερό με κάλυψη από ορισμένου τύπου βλάστηση αποτελούμενη από χαμηλούς θάμνους, ημι-ξυλώδη ή ποώδη είδη. Περιλαμβάνει βλάστηση στα κράσπεδα λιμνών, ποταμών και ρυακιών καθώς και βλάστηση σε βάλτους και ευτροφικούς βάλτους, βλάστηση σε μεταβατική λάσπη, βούρκους και πηγές, ιδιαίτερα ολιγοτροφικές και υψηλής οξύτητας κοινότητες αποτελούμενες κυρίως από σφάγνο που αναπτύσσεται σε τύρφη, υγρασία προερχόμενη από την υπερχείλιση βάλτων και βούρκων.

4.2 Παραθαλάσσιοι υγρότοποι

Περιγραφή

Περιοχές οι οποίες είναι διαποτισμένες από πλημμύρες σε κάποιο στάδιο του ετήσιου πλημμυρικού κύκλου. Περιλαμβάνουν λιβάδια διαποτισμένα με αλμυρό νερό, εμφάνιση γρασιδιού σε βάλτους με αλμυρό νερό, μεταβατικού ή όχι προς άλλες κοινότητες, βλάστηση που καλύπτει ζώνες διαφορετικής αλμυρότητας και υγρασίας, άμμο και λάσπες μερικά βυθισμένες σε κάθε πλημμύρα εκτός από αγγειώδη φυτά, ενεργές ή πρόσφατα εγκαταλειμμένες λεκάνες εξάτμισης για εξαγωγή άλατος.

4.1.1 Βάλτοι στην ενδοχώρα

Περιγραφή

Πεδινή έκταση, ελάχιστα υψωμένη από τη θάλασσα, πλημμυρισμένη το χειμώνα και λίγο ως πολύ διαποτισμένη με νερό καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.



Εικόνα 2.46: Παραδείγματα βάλτων στην ενδοχώρα από τη Σλοβακία τη Ρουμανία



Εικόνα 2.47: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 411

Οι βάλτοι ίσως να έχουν δημιουργηθεί στις περιοχές όπου οι ποταμοί παρεκκλίνουν από την πορεία τους, στις περιοχές λάκκων όπου ο υδροφόρος ορίζοντας ανεβαίνει στην επιφάνεια του εδάφους μόνιμα ή εποχιακά και σε λεκάνες όπου συγκεντρώνεται το αποστραγγισμένο νερό.

Βάλτοι δίπλα σε λιμνοθάλασσες ή κοντά σε ποτάμια που χύνονται σε λιμνοθάλασσες θα πρέπει να κατατάσσονται στην κατηγορία 4.1.1.

Το πιο αξιόπιστο κριτήριο για τον προσδιορισμό της υγρασίας του εδάφους είναι το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα τον χειμώνα. Το κοινώς ισχύον βάθος διαβροχής το χειμώνα είναι 0-10cm.

Διαβροχή σε βάθος μεταξύ 10-30cm χαρακτηρίζει τα υγρά λιβάδια της κατηγορίας 2.3.1.

Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει μη δασωμένες περιοχές πεδινές, ελάχιστα υψωμένες από τη θάλασσα, πλημμυρισμένες ή επιρρεπείς στην πλημμύρα από γλυκό ή υφάλμυρο νερό ή νερό που κυκλοφορεί, καλυπτόμενες από χαμηλή, ξυλώδη, ημι-ξυλώδη ή ποώδη βλάστηση.

Ανάλυση

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει:

- Έλη και μεταβατικούς βάλτους χωρίς απόθεση τύρφης ή σε τυρφώδες έδαφος (το στρώμα της τύρφης είναι λεπτότερο από 30cm) με ορισμένη βλάστηση αποτελούμενη από καλαμιές, βούρλα, ιτιές, σπαθόχορτα και ψηλά χόρτα, λοφίσκους με σφάλγνο, συχνά με κλήθρα, ή ιτιές και άλλα φυτά του νερού.
- Βλάστηση σε βάλτους που βρίσκονται σε περιθωριακές ζώνες ανυψωμένων βάλτων.
- Βλάστηση στα κράσπεδα περιοχών ύδατος όπως κοιτώνες με καλαμιές, κοινότητες σπαθόχορτου, κοιτώνες σπαθόχορτου σε βάλτο, βάλτοι με ψηλό βούρλο, σχηματισμοί παρόχθιων καλαμιών.
- Ψηλή επιπλέουσα βλάστηση.
- Βάλτους με αλμυρό νερό στην ενδοχώρα.

Αυτός ο ορισμός δεν περιλαμβάνει :

- Λιβάδια διαποτισμένα με νερό (φορτίο νερού μεταξύ 10 και 30cm βάρους) (κατηγορία 2.3.1).
- Ορυζώνες (κατηγορία 2.1.3).
- Περιοχές ελεύθερου ύδατος σε υγρότοπους (κατηγορία 5.1.2).
- Βάλτους με αλμυρό νερό (κατηγορία 4.2.1).
- Βάλτους με αλμυρό νερό σε ζώνες μεταξύ παλιρροιών (κατηγορία 4.2.1).
- Εκτάσεις δημιουργούμενες από μπαζώματα με δικτυωμένα κανάλια που στα όριά τους έχουν υδροφιλική βλάστηση (κατηγορία 2.X.X).
- Υγρά δάση με κάλυψη του φυλλώματος πάνω από 30% (κατηγορία 3.1.X).
- Χαμηλή επιπλέονσα υδρόβια βλάστηση (κατηγορία 5.1.2).

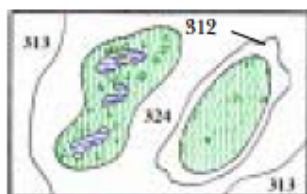
4.1.2 Τυρφώνες




Περιγραφή

Οι τυρφώνες συνίστανται κυρίως από μούσκλη και φυτική ύλη σε αποσύνθεση και μπορεί να είναι ή να μην είναι υπό εκμετάλλευση.



Εικόνα 2.48: Παραδείγματα φυσικού ανοικτού βάλτου, φυσικού ανοικτού βάλτου με περιοχές ύδατος και βάλτου με φυσικούς ναοφυείς θάμνους στην Εσθονία



-  Υφή ποώδους και ημι-ξυλώδους βλάστησης
-  Υφή υδάτινων επιφανειών
-  Υφή διάσπαρτων δέντρων και θάμνων

Εικόνα 2.49: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 412

Οι τυρφώνες είναι οικοσυστήματα τύρφης τα οποία αποτελούνται από υδρόφιλα φυτά που αναπτύσσονται σε πλημμυρισμένες κοιλάτες σε πεδιάδες (βάλτοι σε πεδινές περιοχές, με μικρό ανάγλυφο ή επίπεδες) ή σε μεγαλύτερα υψόμετρα σε χώρες όπου βρέχει πολύ (βάλτοι σε κεκλιμένα υψίπεδα). Κάτω από την επίδραση βιοχημικών και μηχανικών παραγόντων, η συσσωρευόμενη φυτική ύλη μετασχηματίζεται σε συμπαγές, καύσιμο υλικό το οποίο αποτελείται κατά τουλάχιστον 50% από άνθρακα: τύρφη.

Τα συσσωρευόμενα αποθέματα, προκειμένου να μπορούν να χαρακτηριστούν ως τυρφώνες, θα πρέπει αφενός να περιέχουν τουλάχιστον 30% οργανικό υλικό αν είναι αργιλώδη και τουλάχιστον 20% σε όλες τις άλλες περιπτώσεις και αφετέρου να έχουν πάχος τουλάχιστον 40cm.

Οι τυρφώνες θα παραμείνουν ενεργοί (παραγωγή τύρφης) για όσο χρονικό διάστημα υπάρχει επαρκής παροχή ύδατος. Τυχόν έλλειψη ύδατος τους καταστρέφει. Και οι δύο κατηγορίες (ενεργοί τυρφώνες και νεκροί τυρφώνες) είναι εκμεταλλεύσιμες.

Οι βάλτοι στις πεδιάδες οι οποίοι είναι υπό εκμετάλλευση εμφανίζονται πράσινοι στις εικόνες Landsat TM (4.5.3).

Από την άλλη πλευρά, οι βάλτοι σε υψίπεδα είναι συχνά δύσκολο να διακριθούν από τους γειτονικούς ρεικότοπους σε άγονες εκτάσεις. Σε αυτές τις περιοχές είναι απαραίτητη η χρήση βοηθητικού υλικού ή η επίσκεψη επί τόπου.

Ανάλυση

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει:

- Μεταλλοτροφικούς τυρφώνες εκτρεφόμενους από υπόγειο νερό ή ρυάκια με μούσκλα ή σχοίνα σε αλκαλικούς βάλτους με εμφάνιση *Calix* spp, *Betula* spp, *Alnus* spp.
- Τυρφώνες εκτρεφόμενοι μόνο από άμεση βροχόπτωση με είδη σφάγνου που είναι άφθονα και υπερισχύουν με άλλα οξινόφυλλα φυτά και λειχήνες.
- Τυρφώνες με είδη σφάγνου.
- Αρκτικοί τυρφώνες με δικτυωτή δομή με *Sphagnum* spp, *Empetrum* spp, *Vaccinium* spp, *Betula nana*, *salix nana*, *Carex* spp, *Eriophorum* spp *utriculara* spp, *Drosera* spp.
- Περιοχές εξαγωγής τύρφης.
- Αρκτικοί τυρφώνες με απολιθώματα και με *Vaccinium* spp, *Betula nana*, *Salix lapponum* και *Salix glauca*, λειχήνες και *Carex* spp.

Αυτός ο ορισμός δεν περιλαμβάνει :

- Μάτι βάλτου >25ha: μεγάλη δεξαμενή ή λίμνη κοντά στο κέντρο υπερυψωμένων βάλτων (κατηγορία 5.1.2).
- Μεταβατικούς βάλτους σε τυρφώδη εδάφη (πάχος τύρφης <30cm) (κατηγορία 3.2.4).
- Δασωμένους ή κατάφυτους τυρφώνες (κατηγορία 3.1.X).
- Αποστραγγισμένους τυρφώνες (κατηγορία 4.1.1).
- Εγκαταλειμμένες περιοχές επεξεργασίας τύρφης (κατηγορία 3.2.X).
- Υψίπεδα τυρφώνων όπου η τύρφη δεν συγκεντρώνεται και όπου κυριαρχούν οι νάρδοι (αρωματικά φυτά) και άλλη φυλλοβόλα χλόη (κατηγορία 3.2.1).

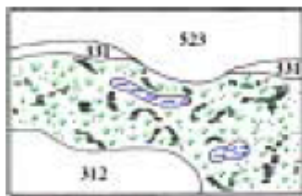
4.2.1 Παραθαλάσσιοι βάλτοι

Περιγραφή

Πεδινές περιοχές χαμηλού υψομέτρου με βλάστηση, πάνω από το σημείο της υψηλότερης παλίρροιας οι οποίες μπορεί να πλημμυρίσουν με θαλασσινό νερό. Συχνά κατά τη διαδικασία της πληρώσεως καταλαμβάνονται σταδιακά από αλοφιλικά φυτά.



Εικόνα 2.50: Παραδείγματα βάλτων με αλμυρό νερό από την Εσθονία και Γαλλία



Υφή αλλοφιλικής βλάστησης



Υφή υφάλμυρου ή αλμυρού ύδατος



Υφή αλατούχου εδάφους χωρίς βλάστηση

Εικόνα 2.51: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 421

Θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι στάθμες της υψηλότερης και χαμηλότερης παλίρροιας, όπως αυτές σημειώνονται στους αντίστοιχους τοπογραφικούς χάρτες, έτσι ώστε να αποφεύγεται η σύγχυση μεταξύ των παράκτιων βάλτων και των παράκτιων ζωνών με θαλάσσια φύκη (άλγη) οι οποίες έχουν μεγάλη ανακλαστικότητα στο εγγύς υπέρυθρο.

Ανάλυση

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει:

- Άμμος μεταξύ παλιρροιών, ιλύ (λάσπη) ή είδη που ενδημούν στη λάσπη τα οποία έχουν αποικιστεί από αλλοφυτική χλόη όπως: *Puccinellia* spp, *Spartina* spp, βούρλα όπως *Juncus* spp, *Blismus rufus* και χλόη όπως *Limonium* spp, *Aster tripolium*, *Silicornia* spp. Περιλαμβάνει όλες τις κοινότητες με φυτά που ανθίζουν και που είναι διαποτισμένα από υψηλές παλίρροιας σε κάποιο στάδιο του ετήσιου κύκλου.
- Λιβάδια διαποτισμένα με αλμυρό νερό όπου γίνεται βοσκή.

Αυτός ο ορισμός δεν περιλαμβάνει :

- Παραθαλάσσιους βάλτους της ενδοχώρας και με αλλοφιλικές και γυψοφιλικές κοινότητες (κατηγορίες 3.3.3 ή 4.1.1).
- Λιβάδια διαποτισμένα με νερό, με χαμηλή βλάστηση κυρίως *Juncus gerardis*, *Carex divisa*, *Hordeum marinum*, *Trifolium* spp, *Lotus* spp στις άκρες λιμνοθαλασσών με υφάλμυρο νερό (κατηγορία 4.1.1).

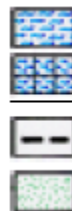
4.2.2 Αλυκές

Περιγραφή

Αλυκές ενεργές ή σε διαδικασία εγκατάλειψης. Τμήματα παράκτιου βάλτου όπου τα εκμεταλλεύονται για την παραγωγή άλατος με εξάτμιση. Διακρίνονται σαφώς από τους άλλους βάλτους λόγω του τεμαχισμού τους και του συστήματος επιχωμάτωσης.



Εικόνα 2.52: Αντιπροσωπευτική εικόνα αλυκής από τη Γαλλία



Υφή του θαλάσσιου ύδατος

Υφή των αλατόλακκων

Υφή των βιομηχανικών κτιρίων

Υφή βοσκότοπου

Εικόνα 2.53: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 422

Πάρα πολλές αλυκές χρησιμοποιούνται για εκτροφή στρειδιών ή ψαριών ή έχουν εγκαταλειφθεί. Τα έλη (βάλτοι) όπου έχουν προ πολλού εγκαταλειφθεί και έχουν καλυφθεί από βλάστηση θα πρέπει να ταξινομούνται στις υδάτινες επιφάνειες.

Οι εν ενεργεία αλυκές δεν μπορούν να εντοπιστούν σε φωτογραφίες ή στο έδαφος σε χρόνο εκτός των περιόδων εκμετάλλευσης. Έτσι, οι εν ενεργεία αλυκές ή οι αλυκές οι οποίοι έχουν μετατραπεί θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με τον ίδιο τρόπο.

Ανάλυση

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει:

- Αλυκές οργανωμένες για εκτροφή οστρακοειδών και ψαριών.
- Αλατόλακκους.
- Θαλάσσια ύδατα.

Αυτός ο ορισμός δεν περιλαμβάνει :

- Αλυκές της ενδοχώρας (κατηγορία 1.3.1).

4.2.3 Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα

Περιγραφή

Λασπώδεις, αμμώδεις, βραχώδεις εκτάσεις, κατά κανόνα χωρίς βλάστηση οι οποίοι βρίσκονται μεταξύ των επιπέδων της πλημμύρας και της άμπωτης. Υψομετρική καμπύλη 0 στους τοπογραφικούς χάρτες.



Εικόνα 2.54: Παράδειγμα ζώνης που καλύπτεται από παλιρροιακά ύδατα στο Βέλγιο



Εικόνα 2.55: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 423

Δεδομένου ότι οι δορυφορικές εικόνες λαμβάνονται όταν η στάθμη της πλημμύρας είναι σε διαφορετικά επίπεδα, η ακτογραμμή θα πρέπει να προσδιορίζεται με αναφορά στους πιο πρόσφατους χάρτες 1:100 000, ενώ ταυτόχρονα θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι μεταβολές που προέρχονται από διάβρωση, ιζηματοπόθεση (πρόσχωση) ή κατασκευή λιμένων ή κυματοθραυστών.

Ανάλυση

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει:

- Μεγάλους λίθους με αγριόχορτα της θάλασσας σε ζώνες καλυπτόμενες από παλιρροιακά ύδατα, ακτές χωρίς βλάστηση, καλυπτόμενες από θρυμματισμένους βράχους ή λίθους, απότομες πλαγιές και βραχώδες υπόστρωμα που έχει αναδυθεί στην επιφάνεια.

Αυτός ο ορισμός δεν περιλαμβάνει :

- Παραθαλάσσιους βάλτους (κατηγορία 4.2.1).
- Διαπλατύνσεις ποταμών πριν εκβάλλουν στη θάλασσα (κατηγορία 5.2.2).
- Τμήμα λιμνοθάλασσας απευθείας συνδεδεμένο με τη θάλασσα που είναι διαχωρισμένο με τεχνητό τρόπο (κατηγορία 5.2.1).

5.1 Χερσαία ύδατα

Περιγραφή

Λίμνες και μικρές λίμνες φυσικής προέλευσης οι οποίες περιέχουν γλυκό νερό καθώς και ρέοντα ύδατα που συνιστούν όλα τα ποτάμια και τα ρυάκια. Επίσης τεχνητές συγκεντρώσεις γλυκού νερού περιλαμβανομένων των δεξαμενών και των καναλιών.

5.2 Θαλάσσια ύδατα

Περιγραφή

Ύδατα των υφάλων των ωκεανών και των ηπείρων, κόλποι και στενά κανάλια περιλαμβανομένων λιμνοθαλασσών, φιόρδ, πορθμών και εκβολών ποταμών. Αλμυρά και υφάλμυρα ύδατα που συχνά σχηματίζουν όρμους και που χωρίζονται από τη θάλασσα με λωρίδες ξηράς όπου σχηματίζονται από απόθεση άμμου ή λάσπης.

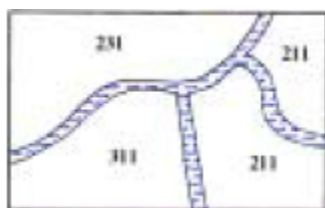
5.1.1 Υδατορρεύματα

Περιγραφή

Φυσικές ή τεχνητές ροές υδάτων οι οποίες χρησιμεύουν ως αγωγοί απορροής υδάτων, συμπεριλαμβανομένων των καναλιών. Ελάχιστο πλάτος που συμπεριλαμβάνεται: 100m.



Εικόνα 2.56: Παράδειγμα από τον ποταμό Δούναβη στη Σλοβακία



Ύφή υδατορρευμάτων και καναλιών

Εικόνα 2.57: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 511

Θα πρέπει να δίνεται προσοχή στο ελάχιστο πλάτος χωρίς να δημιουργούνται ασυνέχειες στα γραμμικά στοιχεία του τοπίου.

Ανάλυση

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει:

- Συγκεντρώσεις άμμου και αμμοχάλικου κατά μήκος υδατορρευμάτων <25ha.
- Ποτάμια μέσα στα οποία έχουν διαμορφωθεί κανάλια.

Αυτός ο ορισμός δεν περιλαμβάνει :

- Υδάτινες επιφάνειες συνδεδεμένες με υδατορρεύματα (κατηγορία 5.1.2).
- Υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις πάνω σε υδατορρεύματα >25ha (κατηγορία 1.2.1).

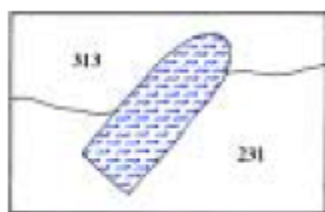
5.1.2 Επιφάνειες στάσιμου ύδατος

Περιγραφή

Φυσικές ή τεχνητές ζώνες ύδατος.



Εικόνα 2.58: Παράδειγμα φράγματος από τη Γαλλία



Υφή υδάτινης επιφάνειας

Εικόνα 2.59: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 512

Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει τις επιφάνειες στάσιμου ύδατος σε φράγματα που είναι άδεια στις μελετώμενες εικόνες (περίπτωση εξαίρεσης). Νησίδες σε επιφάνειες ύδατος και υδατορρεύματα θα πρέπει να απομονώνονται μόνο αν καλύπτουν επιφάνεια πάνω από 25ha. Αυτός ο κανόνας ισχύει και στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Ανάλυση

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει:

- Χαμηλή επιπλέουσα υδρόβια βλάστηση με είδη όπως *Nuphar* spp, *Nymphaea* spp, *Potamogeton* spp, *Lemna* spp.
- Αρχιπέλαγος με λίμνες μέσα στη ξηρά.
- Υδάτινες επιφάνειες που χρησιμοποιούνται για δραστηριότητες εκτροφής ψαριών σε γλυκό νερό.

Αυτός ο ορισμός δεν περιλαμβάνει :

- Επιφανειακά είδη φυτών χαρακτηριστικά του στάσιμου ύδατος (π.χ *Typha latifolia*, *Carex riparia*, *Glyceria maxima*, *Sparganium erectum* και *Phragmites communis*) (κατηγορία 4.1.1).
- Υγρά απόβλητα (κατηγορία 1.3.2).

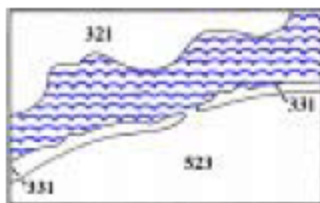
5.2.1 Παράκτιες λιμνοθάλασσες

Περιγραφή

Ζώνες αλμυρού ή υφάλμυρου ύδατος σε παράκτιες περιοχές που χωρίζονται από τη θάλασσα με μια λωρίδα ξηράς ή άλλη παρόμοια τοπογραφία. Οι υδάτινες αυτές επιφάνειες μπορούν να επικοινωνούν με τη θάλασσα σε ορισμένα σημεία, είτε μόνιμα είτε μόνο για ένα μέρος του έτους.



Εικόνα 2.60: Παράδειγμα παράκτιας λιμνοθάλασσας από τη Λιθουανία



Υφή αλμυρού ή υφάλμυρου ύδατος

Εικόνα 2.61: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 521

Οι παράκτιες λιμνοθάλασσες ταξινομούνται ως επιφάνειες ξηράς. Συμβατικά και προκειμένου να διασφαλιστεί ότι πάντα υπάρχει ακτογραμμή η οποία χωρίζει την ξηρά από τη θάλασσα, η φωτοερμηνεία θα δείχνει πάντα μια ακτογραμμή που θα διαχωρίζει τη λιμνοθάλασσα από τη θάλασσα. Οι λιμνοθάλασσες όπου δημιουργούνται στις εκβολές ποταμών ανήκουν σε αυτή την κατηγορία.

Ανάλυση

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει:

- Μόνο την υδάτινη επιφάνεια. Το κράσπεδο με τη βλάστηση θα πρέπει να διαχωρίζεται.
- Λιμνοθάλασσα όπου εκβάλλει ποταμός.
- Επιφάνεια αλμυρού ή υφάλμυρου ύδατος που παραμένει σε άμπωτι.
- Λιμνοθάλασσες διαμορφωμένες για εκτροφή οστρακοειδών.

Αυτός ο ορισμός δεν περιλαμβάνει :

- Παραθαλάσσιους βάλτους (κατηγορία 4.2.1).
- Υπορρέυματα (κατηγορία 5.1.1).
- Παραλίες (κατηγορία 3.3.1).
- Επιφάνειες γλυκού ύδατος κατά μήκος ακτής (κατηγορία 5.1.2).

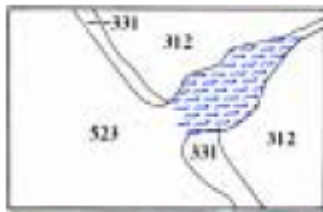
5.2.2 Εκβολές ποταμών

Περιγραφή

Αποτελούν τμήμα ποταμού στις εκβολές του όπου καλύπτεται μεταξύ πλημμύρας και άμπωτης.



Εικόνα 2.62: Παράδειγμα εκβολής ποταμού



Υφή της επιφάνειας εκβολής ποταμού

Εικόνα 2.63: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 522

Ο ορισμός της κατηγορίας 5.2.2 δεν θα πρέπει να εκλαμβάνεται ως διαχωρισμός μεταξύ γλυκού και αλμυρού ύδατος κατά την άμπωτη δεδομένου ότι αυτό δεν μπορεί να επιτευχθεί μελετώντας μια μόνο εικόνα που καταγράφει ένα συγκεκριμένο επίπεδο παλίρροιας (αν και ο προσδιορισμός αυτού του ορίου είναι σύμφωνος και συμπληρωματικός προς τον ορισμό των ζωνών που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα). Οι εκβολές ποταμών συνήθως επικοινωνούν με την ξηρά.

Το όριο των υδάτων στην ενδοχώρα και τα ύδατα στις εκβολές ποταμών (το ακραίο σημείο όπου έρχεται σε επαφή με το θαλάσσιο ύδωρ) θα πρέπει να προσδιορίζεται κατά περίπτωση για κάθε ποταμό σε σχέση και με τους υπάρχοντες χάρτες.

Το όριο μεταξύ των υδάτων στις εκβολές ποταμών και της θάλασσας είναι πιο δύσκολο να προσδιοριστεί. Για να γίνει αυτό, χρησιμοποιείται πληροφορία προερχόμενη από την ερμηνεία της εικόνας και από τα στοιχεία των υδρογραφικών χαρτών ή ακολουθείται ο απλός κανόνας: ενώνονται τα άκρα των δύο οχθών του ποταμού ή οριοθετούνται τα ύδατα κατάντη της 1^{ης} γέφυρας.

Ανάλυση

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει:

- Το νερό και την κοίτη του καναλιού με τη βλάστηση στη ζώνη των κράσπεδων <25ha.

Αυτός ο ορισμός δεν περιλαμβάνει :

- Κόλπους και στενά κανάλια (κατηγορία 5.2.3).
- Φιόρδ και πορθμούς (κατηγορία 5.2.3).
- Βλάστηση στα κράσπεδα κατά μήκος κοίτης καναλιού όπου εκβάλλει ποταμός >25ha (κατηγορία 4.2.1).

5.2.3 Θάλασσες και ωκεανοί

Περιγραφή

Ζώνες στο πέλαγος πέρα από το χαμηλότερο σημείο της παλίρροιας.



Εικόνα 2.64: Παράδειγμα της κατηγορίας από τη Λιθουανία



Υφή του θαλάσσιου ύδατος

Εικόνα 2.65: Ένα γενικευμένο πρότυπο της κατηγορίας 523

Όσον αφορά τη χάραξη της ακτογραμμής και λόγω της μεταβλητότητας του επιπέδου παλίρροιας, είναι σημαντικό να προσδιοριστεί αυτή η κατηγορία στη βάση της πληροφορίας της υψομετρικής καμπύλης 0 στους τοπογραφικούς χάρτες.

Ανάλυση

Αυτός ο ορισμός περιλαμβάνει:

- Νερό της θάλασσας

Αυτός ο ορισμός δεν περιλαμβάνει :

- Αρχιπέλαγος ξηράς το οποίο βρίσκεται μέσα σε θάλασσες ή ωκεανούς
- Επιφάνειες θαλάσσιου ύδατος ως τμήμα λιμανιών όπου περιλαμβάνουν θαλάσσιο νερό για να φθάσουν ζώνη >25ha.

3 Μεθοδολογία

Στην προηγούμενη ενότητα παρουσιάστηκαν οι βασικότερες έννοιες οι οποίες αναφέρονται στην εν λόγω εργασία. Στη συνέχεια περιγράφεται αναλυτικά η μεθοδολογία ανάπτυξης μιας οντολογίας για την αναπαράσταση της φωτοερμηνευτικής γνώσης και τη βοήθεια αναγνώρισης των κατηγοριών του CLC.

3.1 Τοποθέτηση προβλήματος

Η ονοματολογία του προγράμματος CLC περιγράφει και ταξινομεί τις καλύψεις/χρήσεις γης του Ευρωπαϊκού χώρου σε κατηγορίες, οι οποίες είναι ιεραρχικά δομημένες σε τρία επίπεδα ανάλογα με την κλίμακα απεικόνισης. Στο 3^ο επίπεδο και σε κλίμακα 1:100 000 το πρόγραμμα διακρίνει 44 κατηγορίες εδαφοκάλυψης. Κάθε κατηγορία 3^{ου} επιπέδου ονομάζεται μονάδα και έχει εμβαδόν τουλάχιστον 25ha, ενώ απαρτίζεται από μια σειρά αντικείμενων που της προσδίδουν διάφορες ιδιότητες όπως η απόχρωση, η υφή, το μέγεθος, το πρότυπο, το σχήμα και άλλα.

Τα εγχειρίδια του CLC (Corine Land Cover - Technical Guide, 1994 και Corine Land Cover Technical Guide – Addendum 2000) περιγράφουν τους διάφορους τύπους εδαφοκάλυψης με έναν τρόπο περιγραφικό, χωρίς να αναφέρονται ξεκάθαρα σε ιδιότητες και ειδοποιά χαρακτηριστικά για την φωτοερμηνευτική αναγνώριση της κάθε κατηγορίας. Είναι σημαντική λοιπόν, η ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας με σκοπό την τυποποίηση της φωτοερμηνευτικής διαδικασίας, για τη βοήθεια αναγνώρισης των διαφόρων τύπων εδαφοκάλυψης από αεροφωτογραφίες ή δορυφορικές εικόνες.

Ένα από τα πλέον διαδεδομένα εργαλεία για την περιγραφή της γνώσης ενός πεδίου είναι οι οντολογίες. Οι οντολογίες αποτελούν ένα μέσο για την αναπαράσταση της γνώσης ως ένα σύνολο εννοιών και σχέσεων μεταξύ αυτών, ενώ μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή συμπερασμάτων/συσχετίσεων μεταξύ των εννοιών που υποκρύπτονται στη βάση γνώσης της οντολογίας τεκμηριώνοντας τα αποτελέσματά τους.

Συνεπώς, στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι αρχικά η συγκέντρωση πλήρους και αντιπροσωπευτικής φωτοερμηνευτικής γνώσης για τις κατηγορίες του CLC με όλα εκείνα τα στοιχεία που συμβάλουν στην αναγνώριση και κατηγοριοποίηση μιας περιοχής της επιφάνειας της γης, στην κατηγορία του CLC που ανήκει. Έπειτα, τα δεδομένα αυτά αναπαρίστανται σε οντολογικό περιβάλλον με το συντάκτη οντολογιών Protégé. Αφότου δημιουργηθεί η βάση γνώσης της οντολογίας, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να υποβάλλει ερωτήματα σε αυτήν, μέσω του προγράμματος Protégé και να καθοδηγείται ένας αρχάριος φωτοερμηνευτής στην αναγνώριση διαφόρων κατηγοριών κάλυψης γης.

3.2 Εννοιολογική σύλληψη

Για την επίτευξη του τελικού στόχου ακολούθησε μια σειρά από στάδια (Σχήμα 3.1). Στο παρόν κεφάλαιο, περιγράφεται η διαδικασία για την υλοποίηση του πειραματικού μέρους της εργασίας.

Για την ανάπτυξη μιας οντολογίας που θα περιγράφει τις κατηγορίες Δάση και ημι-φυσικές περιοχές, Υγρότοποι και Υδάτινες επιφάνειες του CLC πρέπει να προηγηθεί η συγκέντρωση όλων εκείνων των στοιχείων που ταυτοποιούν την εκάστοτε κατηγορία. Τα δεδομένα αυτά περιλαμβάνουν τις ιδιότητες (φωτοαναγνωριστικά χαρακτηριστικά) οι οποίες συμβάλλουν στην αναγνώριση και ταξινόμηση μιας περιοχής σε μια συγκεκριμένη κατηγορία της ονοματολογίας του CLC.

Τα προαναφερθέντα δεδομένα προέρχονται κυρίως από τους ορισμούς των κατηγοριών στα εγχειρίδια του CLC αλλά και από έρευνες παλαιότερων διπλωματικών [Μιχελακάκης (2009), Μουχτούρης (2010) και Παπαδάκη (2002)], σχετικών με το πρόγραμμα CLC. Ακόμα, για την επαλήθευση των στοιχείων πραγματοποιήθηκε φωτοερμηνεία δορυφορικών εικόνων από την περιοχή της Κρήτης και της Θεσσαλονίκης.

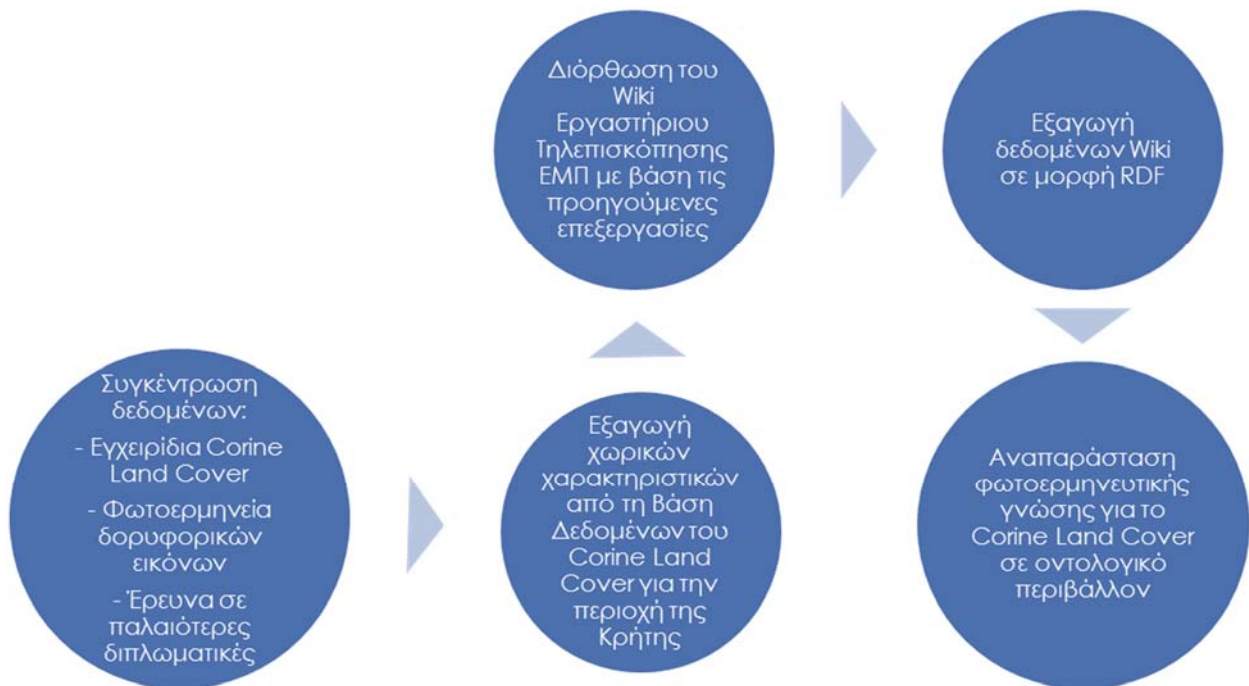
Για τον εμπλουτισμό και την επιβεβαίωση διαφόρων χαρακτηριστικών, έγινε η προσπάθεια εξαγωγής συμπερασμάτων από τη χωρική βάση δεδομένων του CLC. Συγκεκριμένα, εξετάστηκαν

διάφορα χαρακτηριστικά των πολυγώνων των κατηγοριών του CLC για την περιοχή της Κρήτης. Ορισμένα από αυτά ήταν: το μέγεθος των πολυγώνων μιας κατηγορίας, οι κατηγορίες όπου τα πολύγωνα τους εφάπτονται, οι κατηγορίες των οποίων τα πολύγωνα βρίσκονται σε κοντινή απόσταση και άλλα.

Αφού συγκεντρώθηκε η φωτοερμηνευτική γνώση, εν συνεχεία τα δεδομένα εισήχθησαν σε μια ιστοσελίδα τύπου Wiki του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Π.. Στο Wiki κάθε κατηγορία του CLC αποτελεί ένα άρθρο το οποίο περιέχει μια σειρά πληροφοριών, όπως λεκτική περιγραφή της κατηγορίας σύμφωνα με τους οδηγούς του CLC (μεταφρασμένες από τον ΟΚΧΕ), αρκετές αντιπροσωπευτικές εικόνες, κανόνες αναγνώρισης και ένα σύνολο από σημασιολογικές επισημάνσεις (semantic tags). Καθώς το Wiki είναι κατασκευασμένο με βάση το λογισμικό MediaWiki (και έχει μετατραπεί σε Semantic Wiki), μια από τις δυνατότητες που παρέχεται είναι η εξαγωγή μιας σελίδας στη μορφή RDF/XML.

Ο τύπος δεδομένων RDF/XML υποστηρίζεται από το συντάκτη οντολογιών Protégé. Έτσι, τα δεδομένα που παρουσιάζονται στο Wiki αναπαρίστανται τελικώς στο πρόγραμμα Protégé ως μια οντολογία, με τις κατηγορίες του CLC (άρθρα του Wiki) να αποτελούν τα άτομα της και τις σημασιολογικές επισημάνσεις τις ιδιότητες τους.

Στο περιβάλλον του Protégé αναπτύχθηκε μια οντολογία δομημένη σε τρία ιεραρχικά επίπεδα σύμφωνα με την ονοματολογία του προγράμματος CLC. Δοθήκαν οι αναγκαίες και ικανές συνθήκες των κατηγοριών σε κλάσεις, διαγράφηκαν στοιχεία τα οποία δεν προσέφεραν επιπλέον πληροφορία και συνόδευαν το αρχείο που εξήχθη από το Wiki και η οντολογία δομήθηκε σύμφωνα με τα πρότυπα σχεδιασμού οντολογιών του Protégé.



Σχήμα 3.1: Διαδικασία υλοποίησης

3.3 Φωτοαναγνωριστικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν

3.3.1 Συλλογή φωτοερμηνευτικής γνώσης

Τα φωτοαναγνωριστικά στοιχεία όπως περιγράφονται στο αντίστοιχο κεφάλαιο στην Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας (Παράγραφος 2.6.2), αποτελούν τις ιδιότητες ή αλλιώς τις προϋποθέσεις τις οποίες θα πρέπει να διαθέτει ένα αντικείμενο για να ανήκει σε μια συγκεκριμένη κατηγορία κάλυψης γης. Για την αποτελεσματικότερη χρήση τους, στα πλαίσια της εργασίας, οι ιδιότητες αυτές έχουν χωριστεί σε τέσσερις κατηγορίες οι οποίες είναι:

- Φασματικά χαρακτηριστικά.
- Γεωμετρικά χαρακτηριστικά.
- Θέση στο χώρο και σχέση με το περιβάλλον.
- Γενικά χαρακτηριστικά.

Όσον αφορά την κατηγορία των γενικών χαρακτηριστικών, αυτή περιλαμβάνει κυρίως ιδιότητες οι οποίες περιγράφονται στα εγχειρίδια του CLC. Τα περισσότερα από αυτά τα χαρακτηριστικά δεν είναι άμεσα ορατά από μία δορυφορική εικόνα και για τον εντοπισμό τους απαιτούνται προχωρημένες μέθοδοι φωτοερμηνείας-τηλεπισκόπησης. Παράλληλα, συνίσταται η κατοχή δεδομένων όπως αεροφωτογραφίες, τοπογραφικοί χάρτες, λογισμικό Google earth και άλλα.

Εγχειρίδια Corine Land Cover

Μία από τις βασικές πηγές για τη δημιουργία της φωτοερμηνευτικής γνώσης όπως αναφέρθηκε, ήταν τα εγχειρίδια του CLC (Corine Land Cover - Technical Guide, 1994 και Corine Land Cover Technical Guide – Addendum 2000). Καθώς όμως οι ιδιότητες σε αυτά διατυπώνονται περιγραφικά, τυποποιήθηκαν για την αποτελεσματικότερη χρήση τους στο περιβάλλον της οντολογίας. Για παράδειγμα, το κείμενο το οποίο αναφέρεται στην Κατηγορία 3.1.1 Δάσος Πλατύφυλλων και φαίνεται στο παρακάτω πλαίσιο, θα μπορούσε να τυποποιηθεί σε ορισμένες ιδιότητες ως εξής:

3.1.1 Δάσος πλατύφυλλων

Βλάστηση που αποτελείται κυρίως από δέντρα αλλά και από θάμνους και χαμόδεντρα όπου κυριαρχούν τα πλατύφυλλα είδη δέντρων .

Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει περιοχές με πυκνότητα δέντρων μεγαλύτερη από 30% ή με δομή της φυτείας τέτοια που να έχει 500 δέντρα ανά εκτάριο ενώ τα πλατύφυλλα δέντρα να απαρτίζουν πάνω από το 75% της φυτείας.

Στην περίπτωση νεαρών δέντρων ή φυτανιών το μικρότερο θεωρούμενο ποσοστό των πλατύφυλλων δέντρων είναι το 75% του συνολικού αριθμού δέντρων.

- **Περιλαμβάνει:** Δέντρα, Θάμνους, Χαμόδεντρα.
- **Πυκνότητα δέντρων:** πάνω από 30%.
- **Κυριαρχούν:** Πλατύφυλλα είδη δέντρων.
- **Ποσοστό πλατύφυλλων δέντρων:** πάνω από 75% ή 500 δέντρα ανά ha.

Φωτοερμηνεία δορυφορικών εικόνων από την περιοχή της Κρήτης και της Θεσσαλονίκης

Για τον εμπλουτισμό της φωτοερμηνευτικής γνώσης και τη διασταύρωση των χαρακτηριστικών που περιγράφονται στα εγχειρίδια, πραγματοποιήθηκε επεξεργασία δορυφορικών εικόνων από την περιοχή της Κρήτης και της Θεσσαλονίκης στο λογισμικό ER Mapper. Για σχεδόν όλες τις κατηγορίες εντοπίστηκαν αντιπροσωπευτικά παραδείγματα. Συγκεκριμένα, για κάθε ξεχωριστή κατηγορία 3^{ου} επιπέδου του CLC δημιουργήθηκαν διάφορα έγχρωμα σύνθετα, τα οποία επιλέχθηκαν για ειδικό σκοπό το καθένα και βάσει των οποίων δόθηκαν τιμές στις ιδιότητες.

Οι εικόνες που παρουσιάζονται στη συνέχεια έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Προέρχονται κυρίως από την περιοχή της Κρήτης, καθώς υπήρχε η πρόθεση να επικεντρωθεί εκεί η παρούσα μελέτη. Ωστόσο, επειδή αρκετές κατηγορίες που πραγματεύεται η εργασία δεν υπήρχαν στο νησί, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα και από τη Θεσσαλονίκη.
- Η χρονολογία λήψεως των δορυφορικών εικόνων είναι το 2003 και πρόκειται για εικόνες του δορυφόρου Landsat TM από τον οποίο προέρχονται και τα βασικά πηγαία δεδομένα του CLC.

Για κάθε κατηγορία υπάρχουν οκτώ εικόνες, καθεμιά από τις οποίες αναπαριστά:

1. Χάρτης του Corine Land Cover.
2. Έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του δορυφόρου Landsat TM. Η επιλογή του συγκεκριμένου έγχρωμου σύνθετου γίνεται διότι αναπαριστά την περιοχή σε φυσικά χρώματα και διευκολύνει την κατανόηση των βασικών συστατικών του εδάφους.
3. Έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του δορυφόρου Landsat TM. Το συγκεκριμένο έγχρωμο σύνθετο προτείνεται και από τον 1^ο οδηγό του CLC. Το πλεονέκτημα αυτού οφείλεται στο υπέρυθρο κανάλι 4, που είναι κατάλληλο για το διαχωρισμό της βλάστησης. Επίσης, οι υδάτινες επιφάνειες διακρίνονται με σκούρο μπλε ή μαύρο χρώμα.
4. Έγχρωμο σύνθετο RGB 453 του δορυφόρου Landsat TM. Ομοίως και αυτό το έγχρωμο σύνθετο προτείνεται από τον οδηγό του CLC.
5. Τόνος στο κανάλι 3 του δορυφόρου Landsat TM. Η συγκεκριμένη εικόνα παρουσιάζει μια παγχωματική απεικόνιση σε 256 τόνους του γκρι. Ενώ παρέχει μια αφαιρετική παρουσίαση της πραγματικότητας σε σχέση με το έγχρωμο σύνθετο 321, γίνεται ευκολότερη η αντίληψη ορισμένων χαρακτηριστικών του εδάφους. Η επιλογή του καναλιού 3 για μια παγχωματική εικόνα οφείλεται στο ότι το κανάλι 3 έχει εύρος 0,63 - 0,69μm και παρέχει αρκετή πληροφορία από το ορατό φάσμα της ακτινοβολίας.
6. Δείκτης NDVI του δορυφόρου Landsat TM. Ο κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης δίνει επιπλέον πληροφορία για τη βλάστηση, η οποία και περιλαμβάνεται στις περισσότερες από τις κατηγορίες της εργασίας. Ο δείκτης NDVI ορίζεται ως:

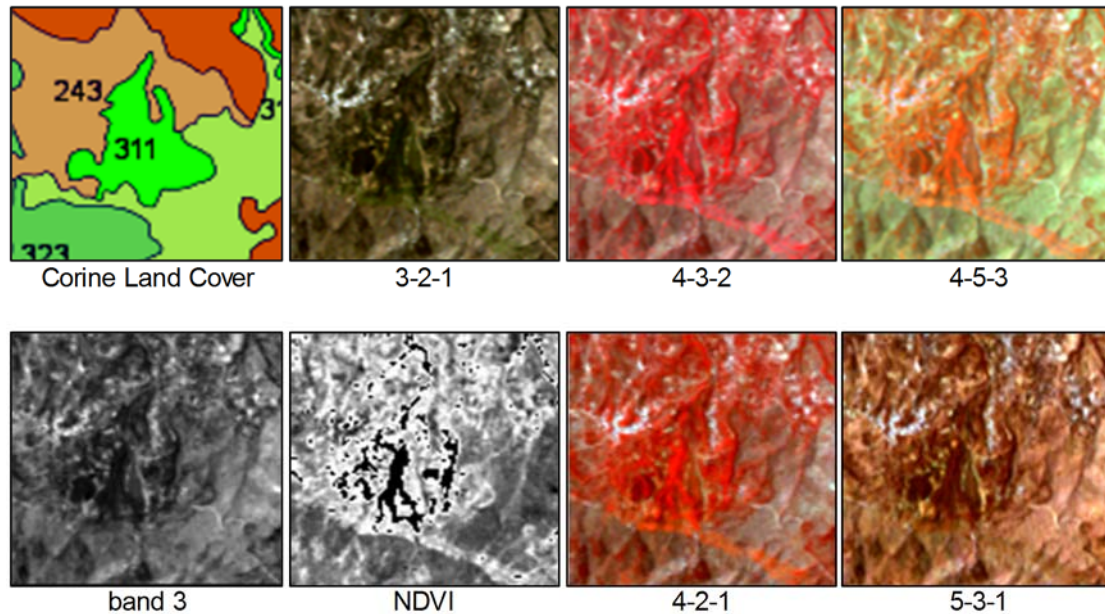
$$NDVI = \frac{NIR - band3}{NIR + band3}$$
7. Έγχρωμο σύνθετο RGB 421 του δορυφόρου Landsat TM. Αυτό το έγχρωμο σύνθετο χρησιμοποιείται σε αρκετές εικόνες που παρουσιάζονται στον 1^ο οδηγό του CLC. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκε για τη διασταύρωση των αποτελεσμάτων.
8. Έγχρωμο σύνθετο RGB 531 του δορυφόρου Landsat TM. Το συγκεκριμένο έγχρωμο σύνθετο είναι χρήσιμο για τον προσδιορισμό του ανάγλυφου και των επικλίσεων της περιοχής.

Διευκρινήσεις για τη διαδικασία της φωτοερμηνείας

- Αξίζει να σημειωθεί, ότι ενώ οι χρονολογίες δορυφορικών εικόνων – χαρτών CLC που χρησιμοποιούνται έχουν διαφορά τριών χρόνων, οι καλύψεις/χρήσεις γης δεν αλλάζουν τόσο ώστε να επηρεαστούν τα αποτελέσματα της φωτοερμηνείας.
- Το κανάλι 4 είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για τη φωτοερμηνεία των περιοχών με βλάστηση. Αυτό οφείλεται στη χλωροφύλλη της βλάστησης, η οποία έχει υψηλό δείκτη ανακλαστικότητας στο υπέρυθρο κανάλι και έτσι η βλάστηση διακρίνεται με κόκκινο χρώμα στην εικόνα. Το κόκκινο χρώμα λοιπόν στο συγκεκριμένο έγχρωμο σύνθετο υποκρύπτει την ιδιότητα «*ύπαρξη βλάστησης*».
- Τα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν από τη διαδικασία της φωτοερμηνείας θα μπορούσαν να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικά κυρίως για τις περιοχές που προέρχονται οι δορυφορικές εικόνες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι κλιματικές μεταβολές, η σχέση με το περιβάλλον, η εποχή λήψης των δορυφορικών εικόνων και μια σειρά από άλλους παράγοντες μεταβάλλει τα φασματικά χαρακτηριστικά των κατηγοριών.
- Οι τιμές των ιδιοτήτων που τελικώς χρησιμοποιήθηκαν για το διαχωρισμό των κατηγοριών προέρχονται από ένα συνδυασμό πολλών διαφορετικών πηγών (αντιπροσωπευτικές εικόνες του οδηγού του CLC, εικόνες από την περιοχή της Κρήτης και της Θεσσαλονίκης καθώς και έρευνα σε παλαιότερες διπλωματικές εργασίες). Συνεπώς, οι ιδιότητες που περιγράφονται παρακάτω πιθανώς να μην ανταποκρίνονται στις εικόνες που παρατίθενται.

3.1.1 Δάσος Πλατύφυλλων

Εικόνες



Εικόνα 3.1: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 311 από την περιοχή της Κρήτης, 2003

Ιδιότητες

Φασματικά Χαρακτηριστικά

- Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM είναι μέτριος προς σκοτεινός.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM είναι μέτριοι και σκούροι τόνοι του πράσινου.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM είναι ανοιχτή ή μέτρια κόκκινη.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 453 του Landsat TM είναι πορτοκαλί.
- Ο τόνος στο NDVI του Landsat TM είναι φωτεινός.
- Η υφή είναι τραχεία.

Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον

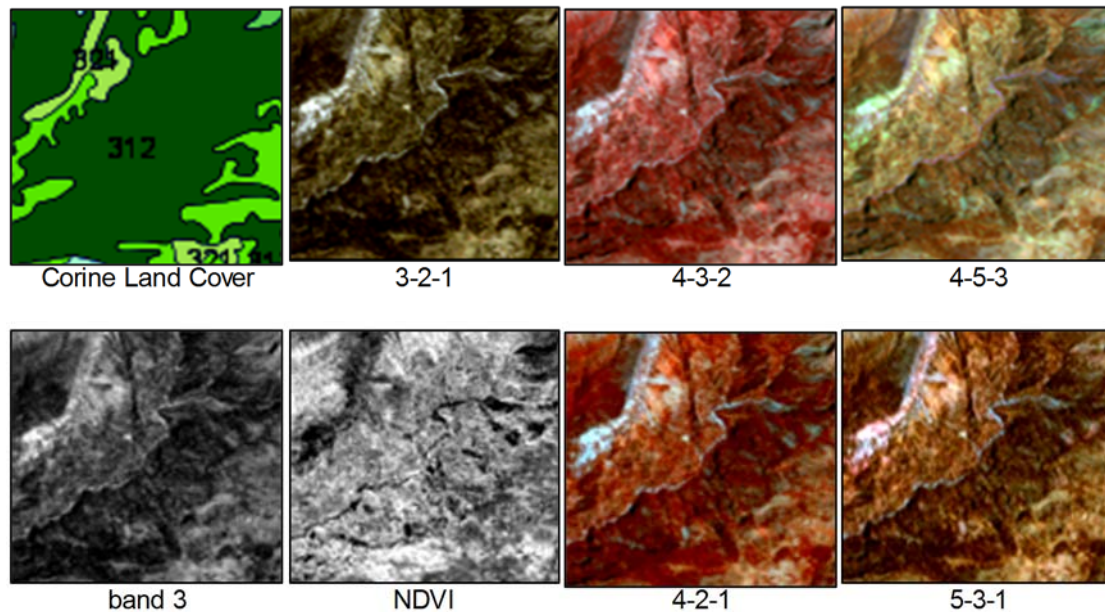
- Αντίθεση με τον περίγυρο.
- Βρίσκεται κοντά σε υδάτινες επιφάνειες.
- Βρίσκεται χαμηλότερα από την κατηγορία 3.1.2 Δάσος Κωνοφόρων.
- Περιλαμβάνει κυρίως δέντρα, θάμνους και φυτά χαμηλής βλάστησης.

Γενικά Χαρακτηριστικά

- Πυκνότητα δενδροφυτειών μεγαλύτερη από 30% ή 500 νέα δέντρα ανά ha.
- Τα πλατύφυλλα δέντρα απαρτίζουν πάνω από το 75% της φυτείας.
- Το ύψος των δέντρων είναι τουλάχιστον 5m.

3.1.2 Δάσος κωνοφόρων

Εικόνες



Εικόνα 3.2: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 312 από την περιοχή της Κρήτης, 2003

Ιδιότητες

Φασματικά Χαρακτηριστικά

- Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM είναι μέτριος προς σκοτεινός.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM είναι σκούροι τόνοι του πράσινου.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM είναι σκούρο κόκκινο χρώμα ή καφέ.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 453 του Landsat TM είναι καφέ τόνοι.
- Ο τόνος στο NDVI του Landsat TM είναι φωτεινός.
- Η υφή είναι τραχεία.

Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον

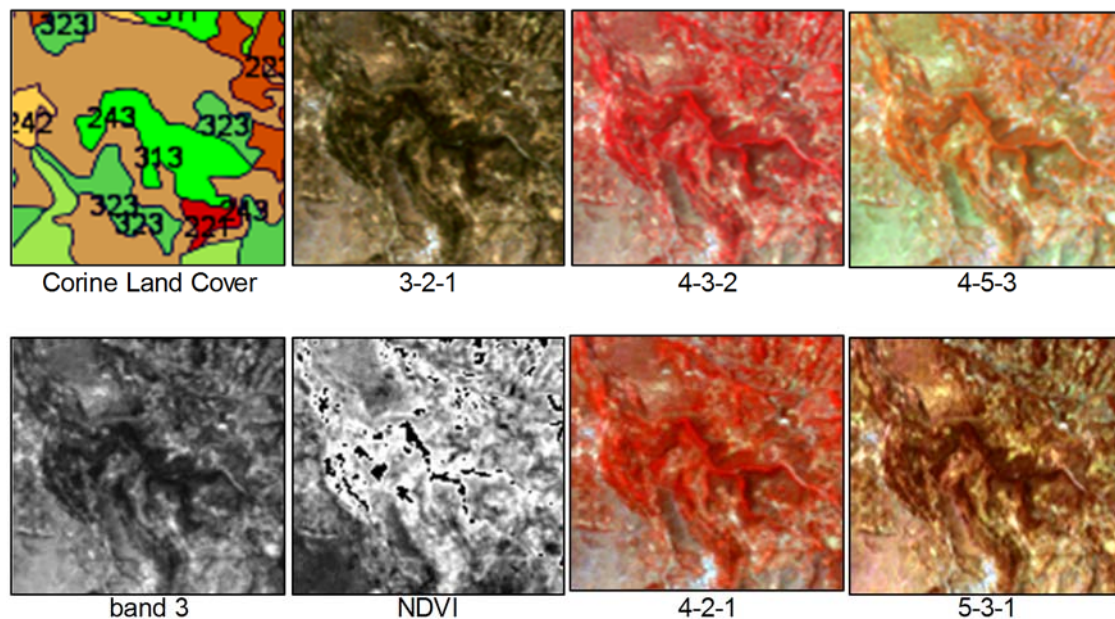
- Αντίθεση με τον περίγυρο.
- Βρίσκεται ψηλότερα από την κατηγορία 3.1.1 Δάσος Πλατύφυλλων.
- Περιλαμβάνει κυρίως δέντρα, θάμνους και φυτά χαμηλής βλάστησης.

Γενικά Χαρακτηριστικά

- Πυκνότητα δενδροφυτειών μεγαλύτερη από 30% ή 500 νέα δέντρα ανά ha.
- Τα κωνοφόρα δέντρα απαρτίζουν πάνω από το 75% της φυτείας.
- Το ύψος των δέντρων είναι τουλάχιστον 5m.

3.1.3 Μικτό δάσος

Εικόνες



Εικόνα 3.3: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 313 από την περιοχή της Κρήτης, 2003

Ιδιότητες

Φασματικά Χαρακτηριστικά

- Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM είναι μέτριος προς σκοτεινός.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM είναι διάφοροι τόνοι του πράσινου.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM είναι διάφοροι τόνοι κόκκινου ή καφέ χρώματος.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 453 του Landsat TM είναι καφέ ή πορτοκαλί.
- Ο τόνος στο NDVI του Landsat TM είναι φωτεινός.
- Η υφή είναι τραχεία.

Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον

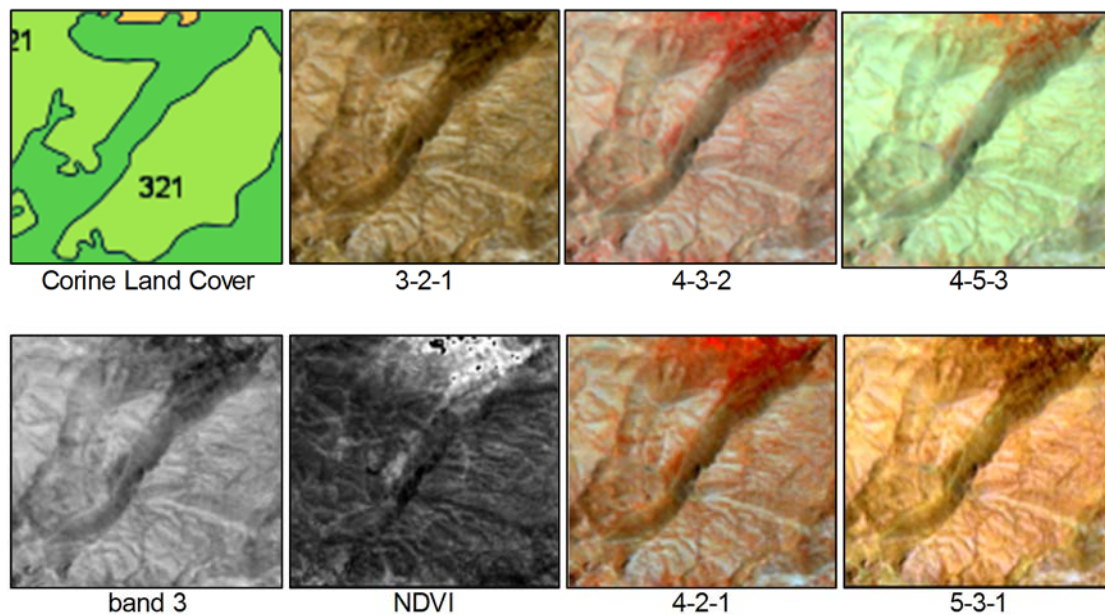
- Αντίθεση με τον περίγυρο.
- Περιλαμβάνει κυρίως δέντρα, θάμνους και φυτά χαμηλής βλάστησης.

Γενικά Χαρακτηριστικά

- Πυκνότητα δενδροφυτειών μεγαλύτερη από 30% ή 500 νέα δέντρα ανά ha.
- Τα πλατύφυλλα δέντρα απαρτίζουν το 25% με 75% της φυτείας.
- Τα κωνοφόρα δέντρα απαρτίζουν το 25% με 75% της φυτείας.
- Το ύψος των δέντρων είναι τουλάχιστον 5m.

3.2.1 Φυσικοί βοσκότοποι

Εικόνες



Εικόνα 3.4: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 321 από την περιοχή της Κρήτης, 2003

Ιδιότητες

Φασματικά Χαρακτηριστικά

- Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM είναι ανοιχτός προς μέτριος.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM είναι ανοιχτή καφέ και πράσινη.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM είναι γκρι με δόσεις ανοιχτής κόκκινης.
- Ο τόνος στο NDVI του Landsat TM είναι μέτριος.

Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά

- Συναντάται σε μεγάλα υψόμετρα.

Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον

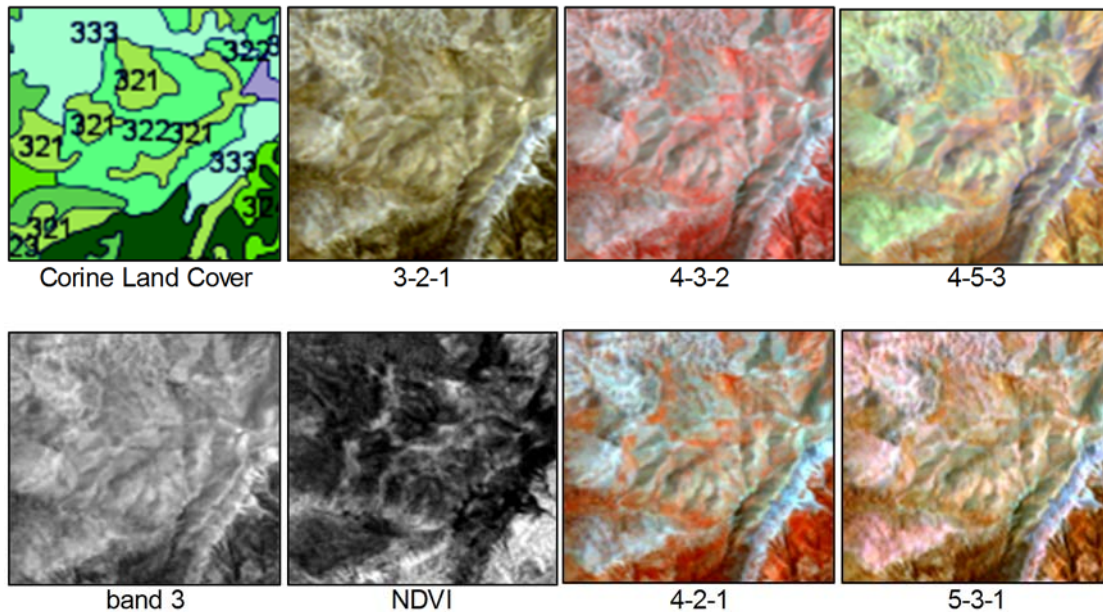
- Περιλαμβάνει κυρίως θαμνώδης και ποώδης βλάστηση, με διάσπαρτα δέντρα.
- Βρίσκεται ψηλότερα από τις κατηγορίες 3.1.X Δάση, 3.2.2 Θάμνοι και χερσότοποι.
- Βρίσκεται χαμηλότερα από την κατηγορία 3.3.3 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση.
- Αναπτύσσεται μακριά από περιοχές με έντονη αγροτική δραστηριότητα, με ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση.

Γενικά Χαρακτηριστικά

- Στην περιοχή κυριαρχεί χορτώδης (ποώδης) βλάστηση.
- Το ύψος της χλωρίδας είναι χαμηλό.
- Το γυμνό έδαφος καταλαμβάνει λιγότερο από το 50% τις επιφάνειες του εδάφους ενώ τα βραχώδη εδάφη καταλαμβάνουν το πολύ το 25% (του γυμνού εδάφους).
- Η βλάστηση καλύπτει το λιγότερο το 50% της έκτασης, με το 75% τουλάχιστον αυτής να είναι χαμηλή χορτώδης (ποώδης) βλάστηση.
- Το βάθος υπεράδρευσης (υδροφόρου ορίζοντα) τον χειμώνα είναι μεταξύ 10 έως 30cm.

3.2.2 Θάμνοι και χερσότοποι

Εικόνες



Εικόνα 3.5: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 322 από την περιοχή της Κρήτης, 2003

Ιδιότητες

Φασματικά Χαρακτηριστικά

- Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM είναι μέτριος.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM είναι ανοιχτή πράσινη με ανοιχτή καφέ.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM είναι ανοιχτή κόκκινη με δόσεις κυανού.
- Ο τόνος στο NDVI του Landsat TM είναι μέτριος.

Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά

- Συναντάται σε μεγάλα υψόμετρα.

Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον

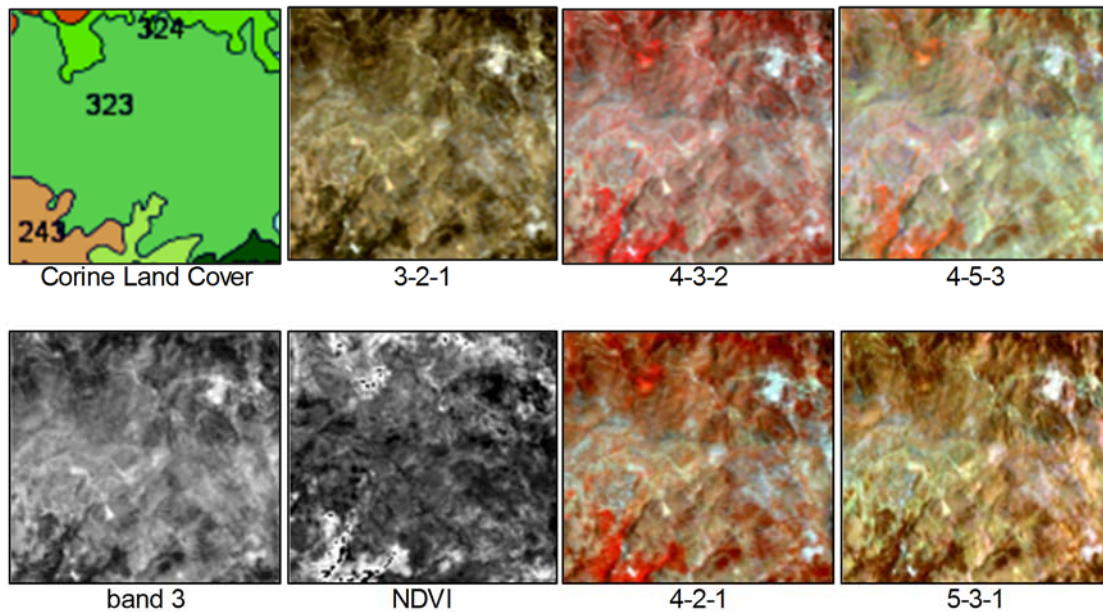
- Βρίσκεται κοντά στις κατηγορίες 3.1.X Δάση και 2.3.1 Λιβάδια.
- Βρίσκεται ψηλότερα από τις κατηγορίες 3.1.X Δάση και 3.2.4 Μεταβατικές δασώδεις-θαμνώδεις εκτάσεις.
- Βρίσκεται χαμηλότερα από την κατηγορία 3.2.1 Φυσικοί βοσκότοποι.
- Περιλαμβάνει κυρίως θάμνους, χαμόδεντρα, ποώδη φυτά και νανοφυή δέντρα δάσους.

Γενικά Χαρακτηριστικά

- Το ανάγλυφο είναι έντονο.
- Το ύψος της χλωρίδας είναι το πολύ 3m.
- Περιλαμβάνει θάμνους σε ποσοστό το λιγότερο 50%.

3.2.3 Σκληρόφυλλη βλάστηση

Εικόνες



Εικόνα 3.6: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 323 από την περιοχή της Κρήτης, 2003

Ιδιότητες

Φασματικά Χαρακτηριστικά

- Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM είναι μέτριος.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM είναι πράσινη ή καφέ.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM είναι κόκκινη.
- Ο τόνος στο NDVI του Landsat TM είναι μέτριος προς σκούρος.
- Η υφή είναι τραχεία.

Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον

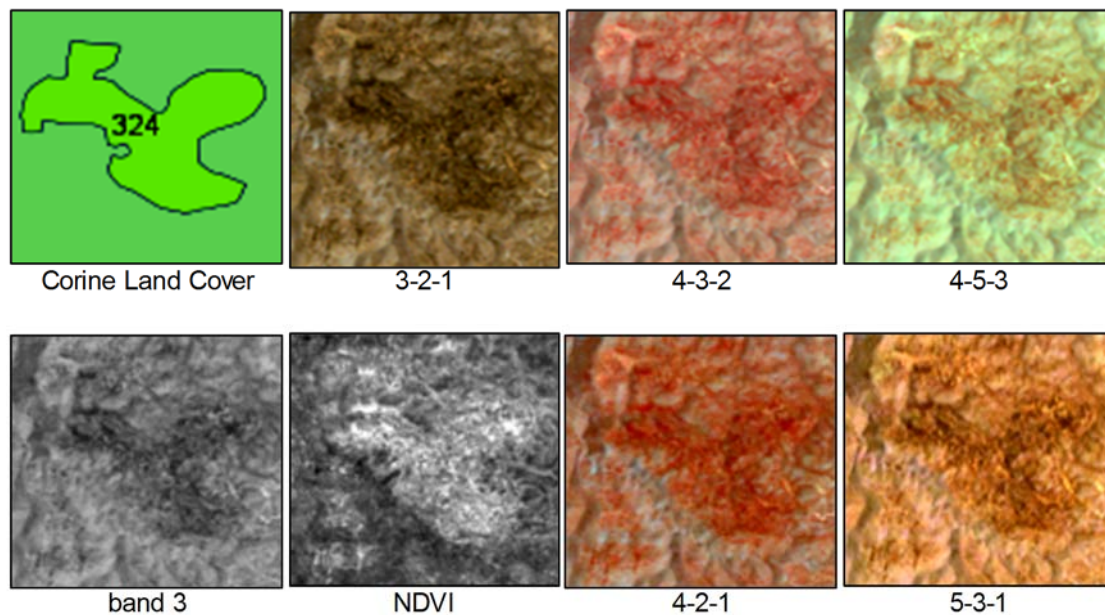
- Βρίσκεται κοντά στην κατηγορίες 3.1.X Δάση.
- Περιλαμβάνει κυρίως θαμνώδης σκληρόφυλλη βλάστηση, συμπεριλαμβανομένων ρεικότων και χαμόδεντρων.

Γενικά Χαρακτηριστικά

- Το ανάγλυφο είναι έντονο.
- Το ύψος της χλωρίδας είναι το πολύ 3m.
- Η βλάστηση είναι αειθαλής.

3.2.4 Μεταβατικές δασώδεις-θαμνώδεις εκτάσεις

Εικόνες



Εικόνα 3.7: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 324 από την περιοχή της Κρήτης, 2003

Ιδιότητες

Φασματικά Χαρακτηριστικά

- Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM είναι μέτριος προς σκούρος.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM είναι σκούρα πράσινη και σκούρα καφέ.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM είναι μέτριοι και σκούροι τόνοι του κόκκινου.
- Ο τόνος στο NDVI του Landsat TM είναι μέτριος ή φωτεινός.
- Η υφή είναι τραχεία.

Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον

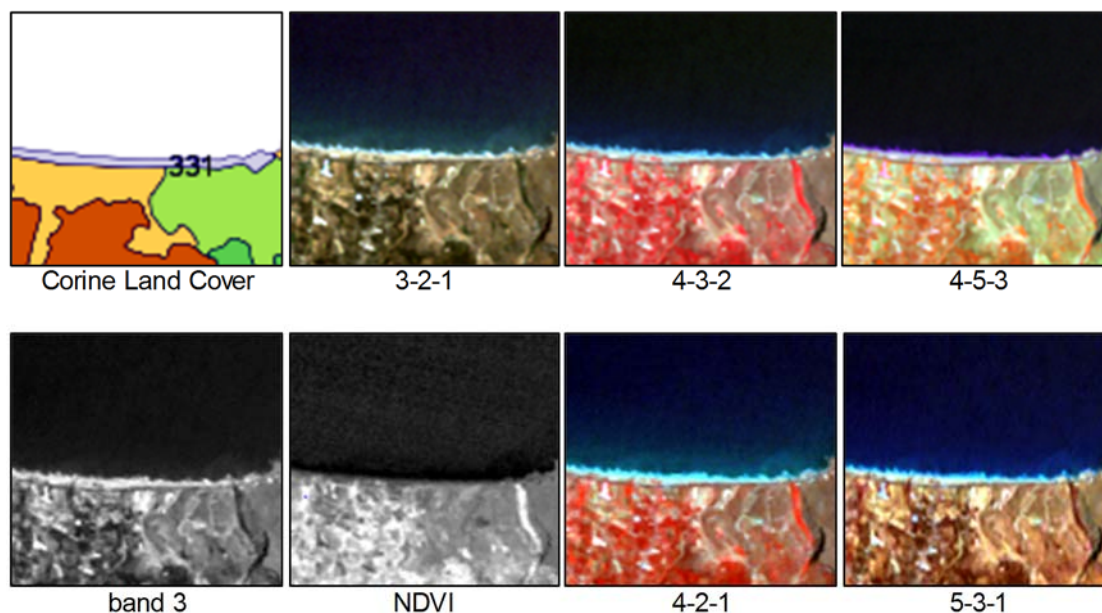
- Αντίθεση με τον περίγυρο.
- Περιλαμβάνει κυρίως θαμνώδης και ποώδης βλάστηση, με διάσπαρτα δέντρα.
- Βρίσκεται κοντά σε περιοχές με διάβρωση και περιοχές με απότομες πλαγιές.

Γενικά Χαρακτηριστικά

- Το ύψος της χλωρίδας είναι χαμηλό ή υψηλό.
- Το ποσοστό της θαμνώδους βλάστησης αποτελεί τουλάχιστον το 25% της κατηγορίας.
- Το ποσοστό της δασικής βλάστησης δεν ξεπερνά το 30% της συνολικής επιφάνειας.
- Κωνοφόρα και πλατύφυλλα δέντρα δεν ξεπερνούν το 25%.
- Ύπαρξη δέντρων που έχουν υποστεί ζημιά (από βροχή ή αέρα αλλά όχι πυρκαγιά).

3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές

Εικόνες



Εικόνα 3.8: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 331 από την περιοχή της Κρήτης, 2003

Ιδιότητες

Φασματικά Χαρακτηριστικά

- Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM είναι ανοιχτός.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM είναι άσπρη ή μπεζ.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM είναι άσπρη ή ανοιχτή κυανή.
- Ο τόνος στο NDVI του Landsat TM είναι σκούρος.
- Η υφή είναι λεία.

Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά

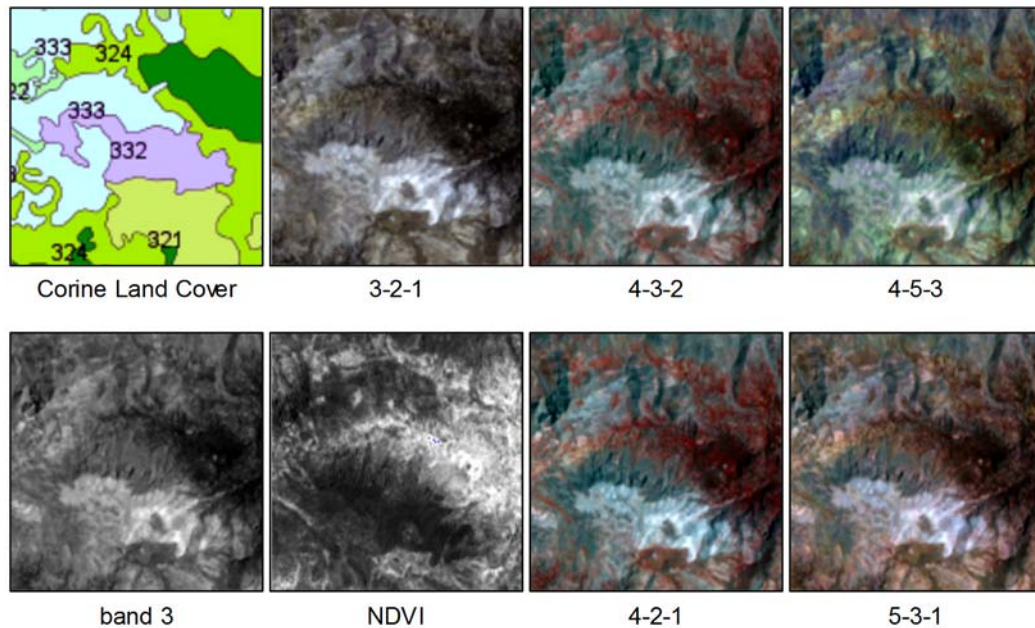
- Έχει σχήμα μακρόστενο.
- Το πλάτος της κατηγορίας είναι τουλάχιστον 100m.
- Το πρότυπο είναι γραμμικό.

Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον

- Αντίθεση με τον περίγυρο.
- Ο τόνος είναι πιο φωτεινός από τα γειτονικά αντικείμενα.
- Περιλαμβάνει αμμόλοφους.
- Βρίσκεται συνήθως δίπλα στην κατηγορία 5. Υδάτινες επιφάνειες.

3.3.2 Απογυμνωμένοι βράχοι

Εικόνες



Εικόνα 3.9: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 332 από την περιοχή της Κρήτης, 2003

Ιδιότητες

Φασματικά Χαρακτηριστικά

- Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM είναι άσπρος.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM είναι άσπρη ή ανοιχτή καφέ.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM είναι άσπρη ή ανοιχτή κυανή.
- Ο τόνος στο NDVI του Landsat TM είναι σκούρος.
- Η υφή είναι λεία.

Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά

- Συναντάται σε μεγάλα υψόμετρα.

Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον

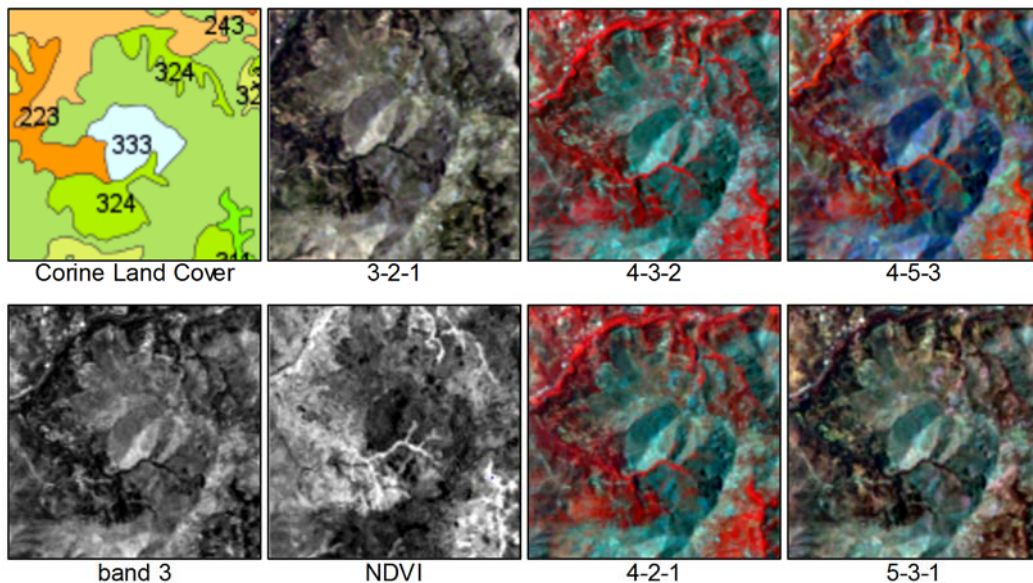
- Αντίθεση με τον περίγυρο.
- Ο τόνος είναι πιο φωτεινός από τα γειτονικά αντικείμενα.
- Βρίσκεται ψηλότερα από το επίπεδο της πλημμύρας.

Γενικά Χαρακτηριστικά

- Το ποσοστό της βλάστησης δεν ξεπερνά το 10% της συνολικής επιφάνειας.
- Βραχώδη εδάφη και γυμνό έδαφος καλύπτουν περισσότερο από το 90% της κατηγορίας με τα βραχώδη εδάφη να αποτελούν πάνω από το 75%.
- Παγετώνες και αένας χιόνι δεν έχουν κάλυψη μεγαλύτερη από το 50%.
- Στους τοπογραφικούς χάρτες οι περιοχές βράχων και πετρωμάτων φαίνονται με μαύρο και σκούρο καφέ χρώμα.

3.3.3 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση

Εικόνες



Εικόνα 3.10: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 333 από την περιοχή της Κρήτης, 2003

Ιδιότητες

Φασματικά Χαρακτηριστικά

- Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM είναι φωτεινός.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM είναι άσπρη, ανοιχτή καφέ και πράσινη.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM είναι άσπρη, ανοιχτή κυανή και ανοιχτή καφέ.
- Ο τόνος στο NDVI του Landsat TM είναι σκούρος.

Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον

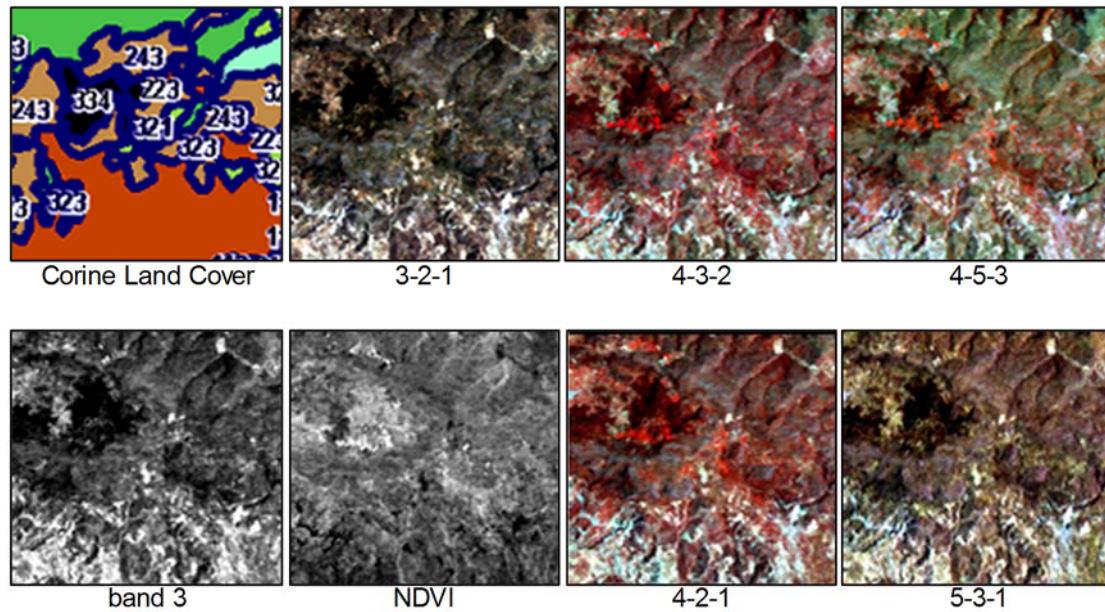
- Αντίθεση με τον περίγυρο.
- Ο τόνος είναι πιο φωτεινός από τα γειτονικά αντικείμενα.
- Συναντάται σε μεγάλα υψόμετρα.
- Περιλαμβάνει διάσπαρτη βλάστηση.

Γενικά Χαρακτηριστικά

- Το ύψος της χλωρίδας είναι χαμηλό.
- Το ποσοστό της βλάστησης κυμαίνεται από το 10% έως 50% της συνολικής επιφάνειας.
- Βραχώδη εδάφη και γυμνό έδαφος καλύπτουν περισσότερο από το 50% έως 90% της επιφάνειας της κατηγορίας.

3.3.4 Αποτεφρωμένες εκτάσεις

Εικόνες



Εικόνα 3.11: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 334 από την περιοχή της Κρήτης, 1990

Ιδιότητες

Φασματικά Χαρακτηριστικά

- Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM είναι σκούρος.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM είναι μαύρη.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM είναι μαύρη ή γκρι.
- Ο τόνος στο NDVI του Landsat TM είναι μέτριος προς σκούρος.
- Το είδος του τόνου περιγράμματος είναι ημι-διακριτό.

Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον

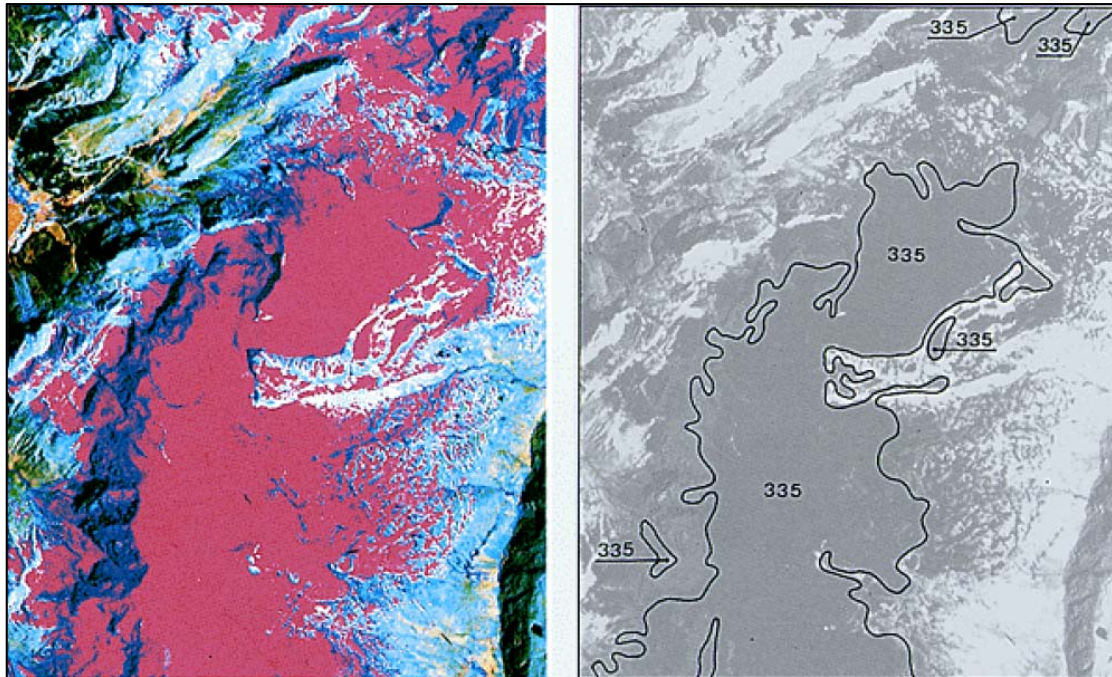
- Αντίθεση με τον περίγυρο.
- Ο τόνος είναι πιο σκούρος από τα γειτονικά αντικείμενα.
- Περιβάλλεται από την κατηγορία 3. Δάση και ημι-φυσικές περιοχές.

Γενικά Χαρακτηριστικά

- Υπάρχουν καμένες περιοχές.
- Ύπαρξη «τραυματισμένων» δέντρων.

3.3.5 Παγετώνες και αέριο χιόνι

Εικόνες



Εικόνα 3.12: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 335 από την περιοχή της Γαλλίας στο έγχρωμο σύνθετο RGB 453 του Landsat TM, 1991

Ιδιότητες

Φασματικά Χαρακτηριστικά

- Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM είναι φωτεινός.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM είναι άσπρη.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 453 του Landsat TM είναι μοβ.
- Ο τόνος στο NDVI του Landsat TM είναι σκούρος.
- Η υφή είναι λεία.

Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά

- Συναντάται σε μεγάλα υψόμετρα.

Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον

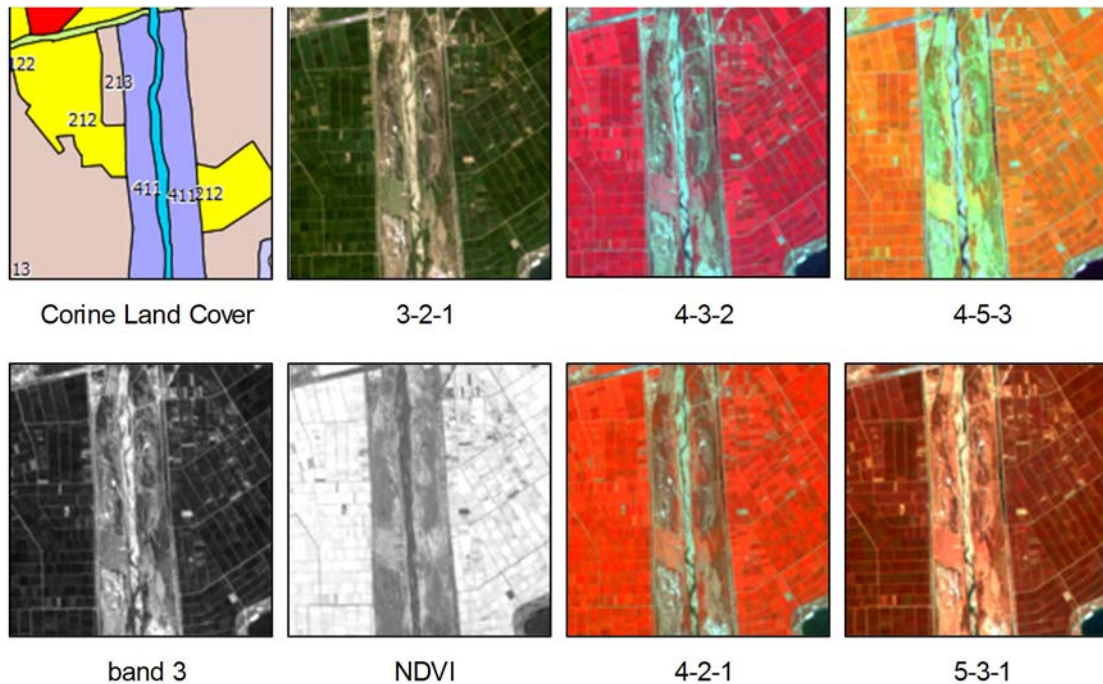
- Αντίθεση με τον περίγυρο.
- Ο τόνος είναι πιο φωτεινός από τα γειτονικά αντικείμενα.

Γενικά Χαρακτηριστικά

- Παγετώνες και αέριο χιόνι καλύπτουν πάνω από 50% της συνολικής έκτασης.
- Τα βραχώδη εδάφη καλύπτουν λιγότερο από το 50% της επιφάνειας της κατηγορίας.

4.1.1 Βάλτοι στην ενδοχώρα

Εικόνες



Εικόνα 3.13: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 411 από την περιοχή της Θεσσαλονίκης, 2003

Ιδιότητες

Φασματικά Χαρακτηριστικά

- Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM είναι ανοιχτός ή μέτριος.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM είναι πράσινη ή ανοιχτή καφέ.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM είναι ανοιχτή κόκκινη ή μπλεζ.
- Ο τόνος στο NDVI του Landsat TM είναι μέτριος.
- Η υφή είναι μέτρια ή ετερογενής.

Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά

- Το σχήμα τείνει να είναι κυκλικό ή μακρόστενο.

Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον

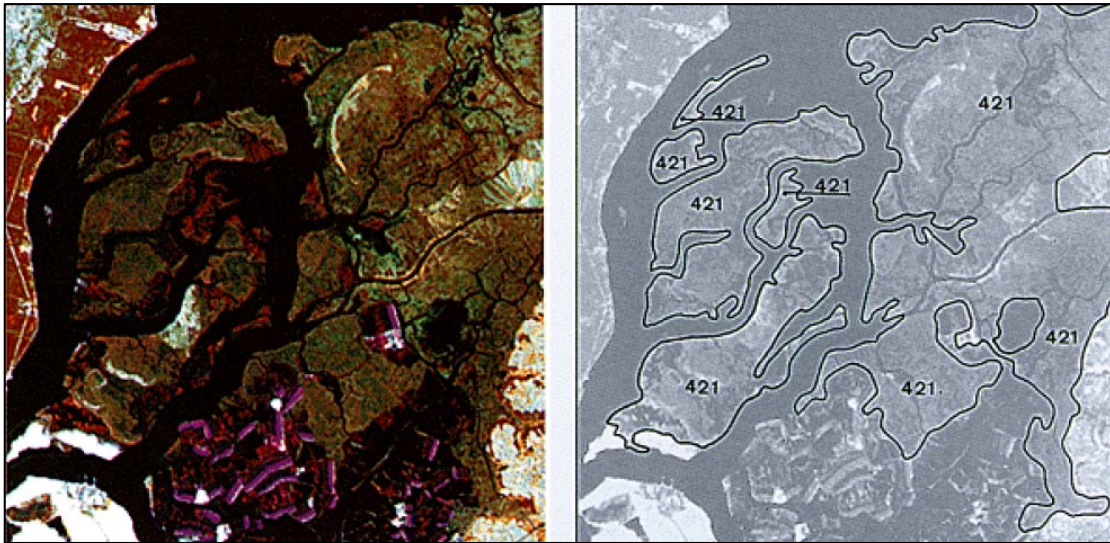
- Βρίσκεται διπλά στις κατηγορίες 5.1.1 Υδατορρέυματα και 5.1.2 Επιφάνειες στάσιμου ύδατος.
- Βρίσκεται ψηλότερα από το επίπεδο της θάλασσας.

Γενικά Χαρακτηριστικά

- Ανάγλυφο πεδινό.
- Το είδος του νερού είναι γλυκό.
- Ύπαρξη βλάστησης.
- Το ύψος της χλωρίδας είναι το πολύ 40cm.
- Το βάθος υπεράδρευσης (υδροφόρου ορίζοντα) τον χειμώνα είναι μεταξύ 0 έως 10cm.
- Το πάχος του στρώματος τύρφης είναι το πολύ 30cm.

4.1.2 Τυρφώνες

Εικόνες



Εικόνα 3.14: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 422 από την περιοχή της Ιρλανδίας στο έγχρωμο σύνθετο RGB 453 του Landsat TM, 1991

Ιδιότητες

Φασματικά Χαρακτηριστικά

- Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM είναι σκούρος.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM είναι σκούρα πράσινη με δόσεις καφέ.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM είναι σκούρα κόκκινη.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 453 του Landsat TM είναι σκούρα πράσινη.
- Ο τόνος στο NDVI του Landsat TM είναι μέτριος.
- Ο τόνος δεν είναι ομοιογενής.

Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά

- Το σχήμα τείνει να είναι κυκλικό ή μακρόστενο.

Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον

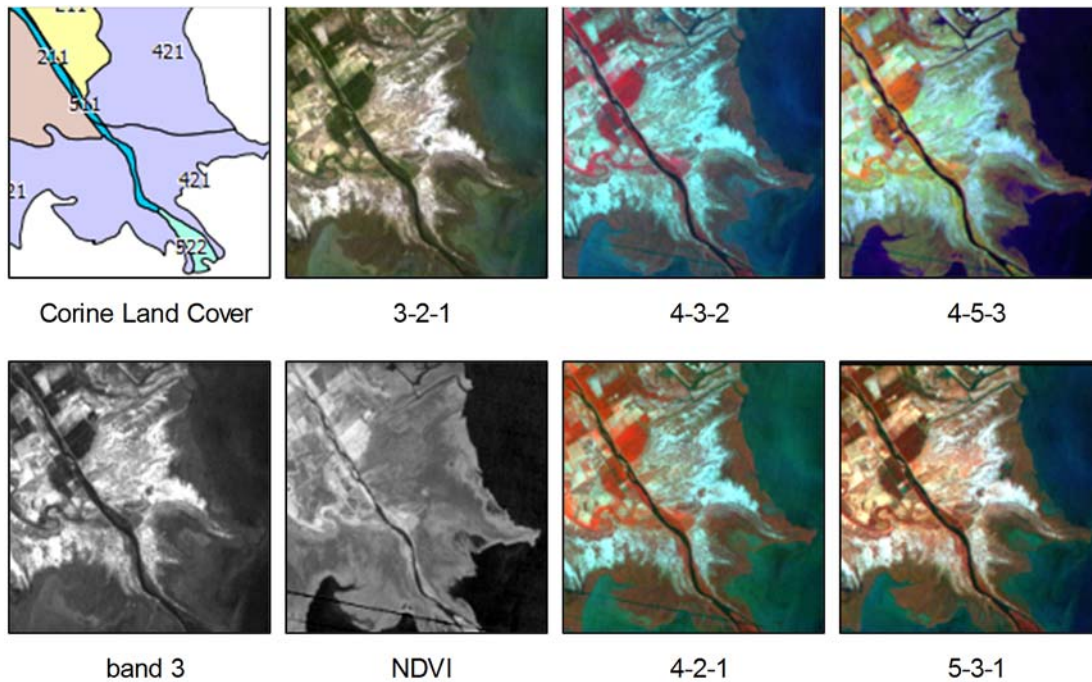
- Περιλαμβάνει μούσκλη ή ίλη από βλάστηση σε αποσύνθεση.
- Βρίσκεται είτε σε μικρά υψόμετρα είτε σε μεγάλα υψόμετρα σε αρκετά βροχερές περιοχές.

Γενικά Χαρακτηριστικά

- Ανθρώπινη παρέμβαση μπορεί να είναι διακριτή.
- Ανάγλυφο πεδινό.
- Ύπαρξη βλάστησης.
- Το είδος του νερού είναι γλυκό.
- Το πάχος του στρώματος τύρφης είναι τουλάχιστον 40cm.
- Περιέχει τουλάχιστον κατά 20% οργανική ύλη.

4.2.1 Παραθαλάσσιοι βάλτοι

Εικόνες



Εικόνα 3.15: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 421 από την περιοχή της Θεσσαλονίκης, 2003

Ιδιότητες

Φασματικά Χαρακτηριστικά

- Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM είναι φωτεινός.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM είναι μπεζ, άσπρη ή καφέ.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM είναι κόκκινη ή μπεζ.
- Ο τόνος στο NDVI του Landsat TM είναι μέτριος.
- Η υφή είναι μέτρια ή ετερογενής.

Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον

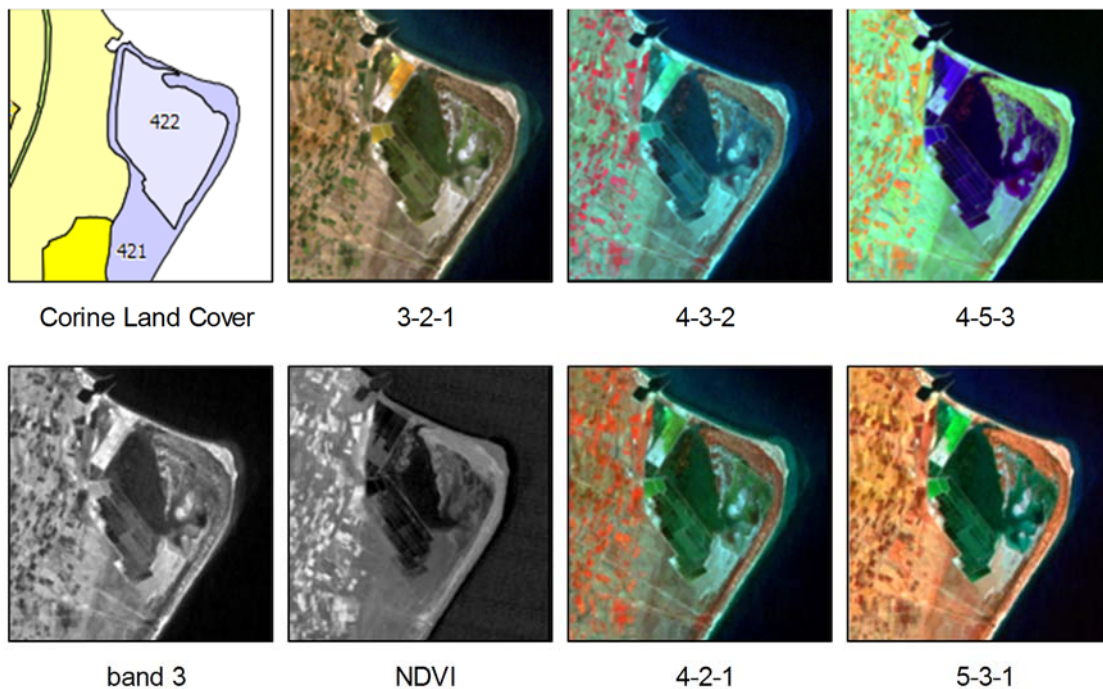
- Βρίσκεται δίπλα σε θαλάσσιες επιφάνειες.
- Συναντάται σε χαμηλά υψόμετρα.

Γενικά Χαρακτηριστικά

- Ανάγλυφο πεδινό.
- Ύπαρξη βλάστησης.
- Το είδος του νερού είναι αλμυρό.
- Το ύψος της χλωρίδας είναι πολύ χαμηλό.

4.2.2 Αλυκές

Εικόνες



Εικόνα 3.16: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 422 από την περιοχή της Θεσσαλονίκης, 2003

Ιδιότητες

Φασματικά Χαρακτηριστικά

- Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM είναι μέτριος ή σκούρος.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM είναι ανοιχτή πράσινη ή ανοιχτή μπλε.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM είναι ανοιχτή μπλε ή μπλε.
- Ο τόνος στο NDVI του Landsat TM είναι σκούρος.
- Ο τόνος είναι ομοιογενής.
- Η υφή είναι λεία.
- Το περίγραμμα είναι διακριτό.

Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά

- Έχει σχήμα σε 2 διαστάσεις παραλληλόγραμμου ή πολύγωνου.
- Το πρότυπο έχει μορφή κανάβου.

Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον

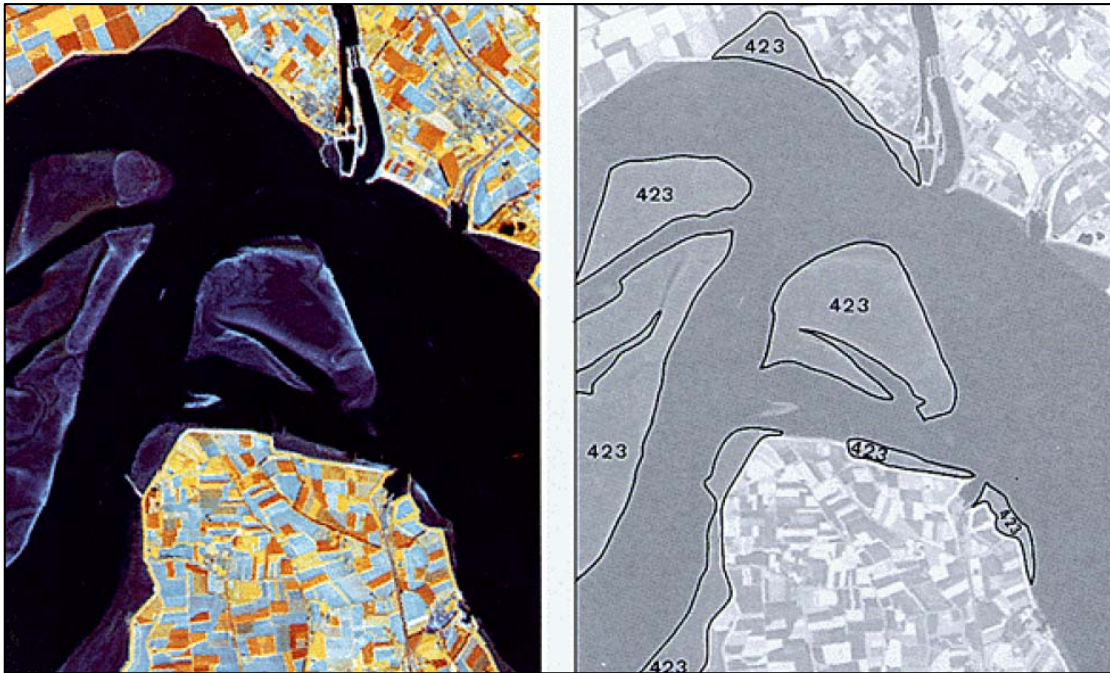
- Βρίσκεται δίπλα σε θαλάσσιες επιφάνειες.
- Συναντάται σε χαμηλά υψόμετρα.

Γενικά Χαρακτηριστικά

- Ανάγλυφο πεδινό.
- Υπάρχουν σημάδια ανθρώπινης παρέμβασης.
- Το είδος του νερού είναι αλμυρό.
- Το έδαφος είναι τεμαχισμένο σε τμήματα.

4.2.3 Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα

Εικόνες



Εικόνα 3.17: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 423 από την περιοχή της Ολλανδίας στο έγχρωμο σύνθετο RGB 453 του Landsat TM, 1989

Ιδιότητες

Φασματικά Χαρακτηριστικά

- Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM είναι σκοτεινός.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM είναι σκούρα καφέ.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 453 του Landsat TM είναι διάφοροι τόνοι του μπλε.
- Ο τόνος στο NDVI του Landsat TM είναι σκούρος.

Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον

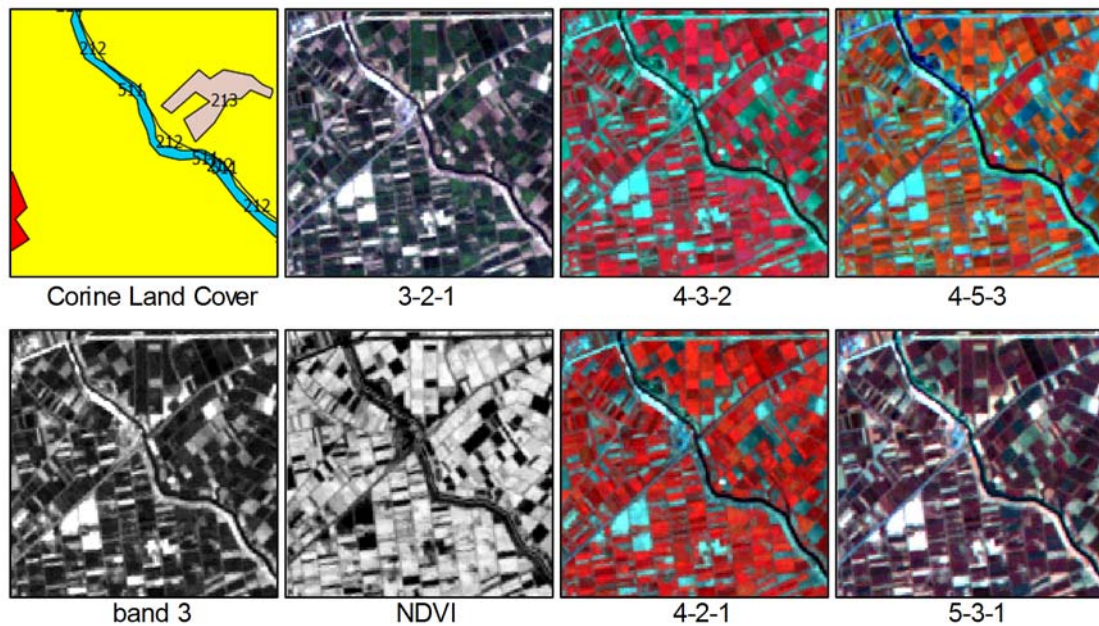
- Βρίσκεται μεταξύ των επιπέδων της πλημμύρας και της άμπωτης.
- Βρίσκεται δίπλα σε θαλάσσιες επιφάνειες.

Γενικά Χαρακτηριστικά

- Ανάγλυφο πεδινό.
- Δεν περιλαμβάνει καθόλου βλάστηση.
- Στους τοπογραφικούς χάρτες έχει μηδενικό υψόμετρο
- Μπορεί να βρίσκεται και κάτω από το νερό ανάλογα με την περίοδο.

5.1.1 Υδατορρέυματα

Εικόνες



Εικόνα 3.18: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 511 από την περιοχή της Θεσσαλονίκης, 2003

Ιδιότητες

Φασματικά Χαρακτηριστικά

- Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM είναι σκούρος.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM είναι μπλε σκούρα ή μαύρη.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM είναι μπλε σκούρα ή μαύρη.
- Ο τόνος στο NDVI του Landsat TM είναι σκούρος.
- Το περίγραμμα είναι διακριτό.

Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά

- Το πλάτος είναι τουλάχιστον 100m.
- Το σχήμα σε 2 διαστάσεις είναι μακρόστενο.
- Το βάθος δεν είναι μεγάλο.
- Το πρότυπο έχει γραμμική μορφή.
- Ο λόγος μήκους προς πλάτος είναι πολύ μεγάλος.

Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον

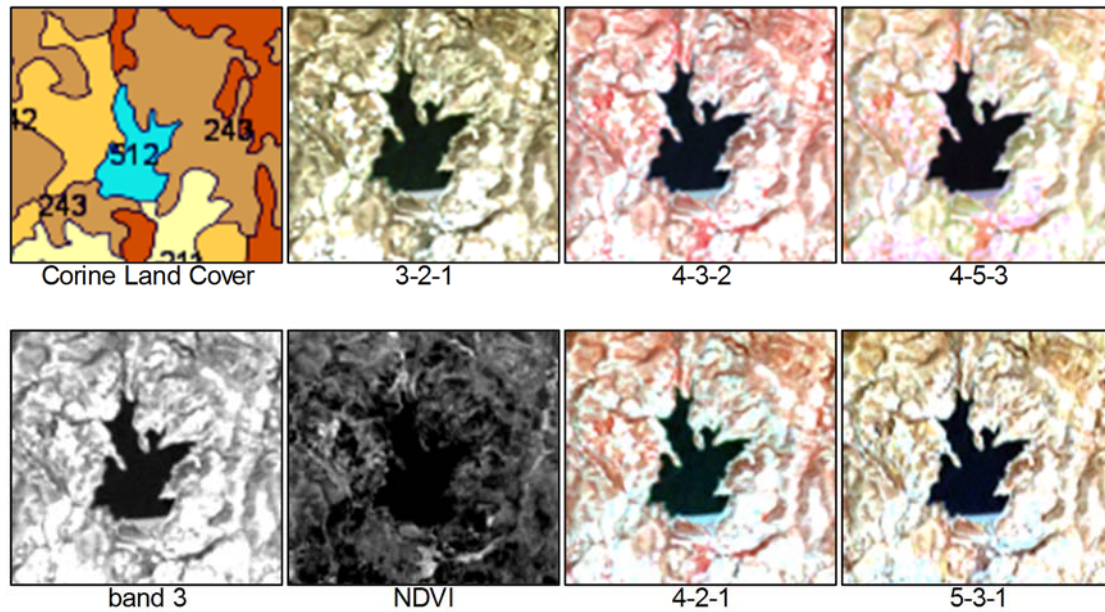
- Αντίθεση με τον περίγυρο.
- Ο τόνος είναι πιο σκούρος από τα γειτονικά αντικείμενα.

Γενικά Χαρακτηριστικά

- Το είδος του νερού είναι γλυκό.

5.1.2 Επιφάνειες στάσιμου ύδατος

Εικόνες



Εικόνα 3.19: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 512 από την περιοχή της Κρήτης, 2003

Ιδιότητες

Φασματικά Χαρακτηριστικά

- Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM είναι σκούρος.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM είναι μπλε ή μαύρη.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM είναι σκούρα μπλε ή μαύρη.
- Ο τόνος στο NDVI του Landsat TM είναι σκούρος.
- Η υφή είναι λεία.
- Ο τόνος είναι ομοιογενής.
- Το περίγραμμα είναι διακριτό.

Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά

- Το σχήμα σε 2 διαστάσεις τείνει να είναι κυκλικό ή μακρόστενο.
- Το βάθος είναι μέτριο.
- Το μήκος είναι περίπου ίσο με το πλάτος.

Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον

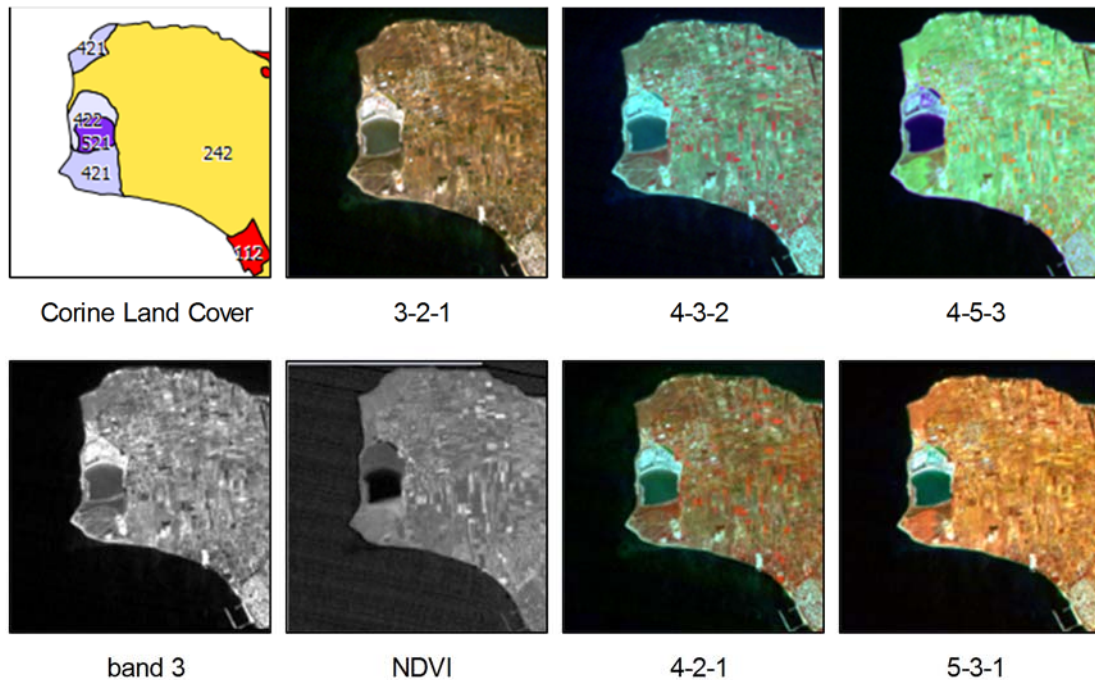
- Αντίθεση με τον περίγυρο.
- Ο τόνος είναι πιο σκούρος από τα γειτονικά αντικείμενα.

Γενικά Χαρακτηριστικά

- Το είδος του νερού είναι γλυκό.

5.2.1 Παράκτιες λιμνοθάλασσες

Εικόνες



Εικόνα 3.20: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 521 από την περιοχή της Θεσσαλονίκης, 2003

Ιδιότητες

Φασματικά Χαρακτηριστικά

- Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM είναι σκούρος.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM είναι διάφοροι τόνοι του μπλε.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM είναι μπλε ή μαύρη.
- Ο τόνος στο NDVI του Landsat TM είναι σκούρος.
- Η υφή είναι λεία.
- Ο τόνος είναι ομοιογενής.
- Το περίγραμμα είναι διακριτό.

Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά

- Το σχήμα σε 2 διαστάσεις τείνει να είναι κυκλικό ή μακρόστενο.
- Το βάθος είναι μέτριο.
- Συναντάται σε χαμηλά υψόμετρα.

Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον

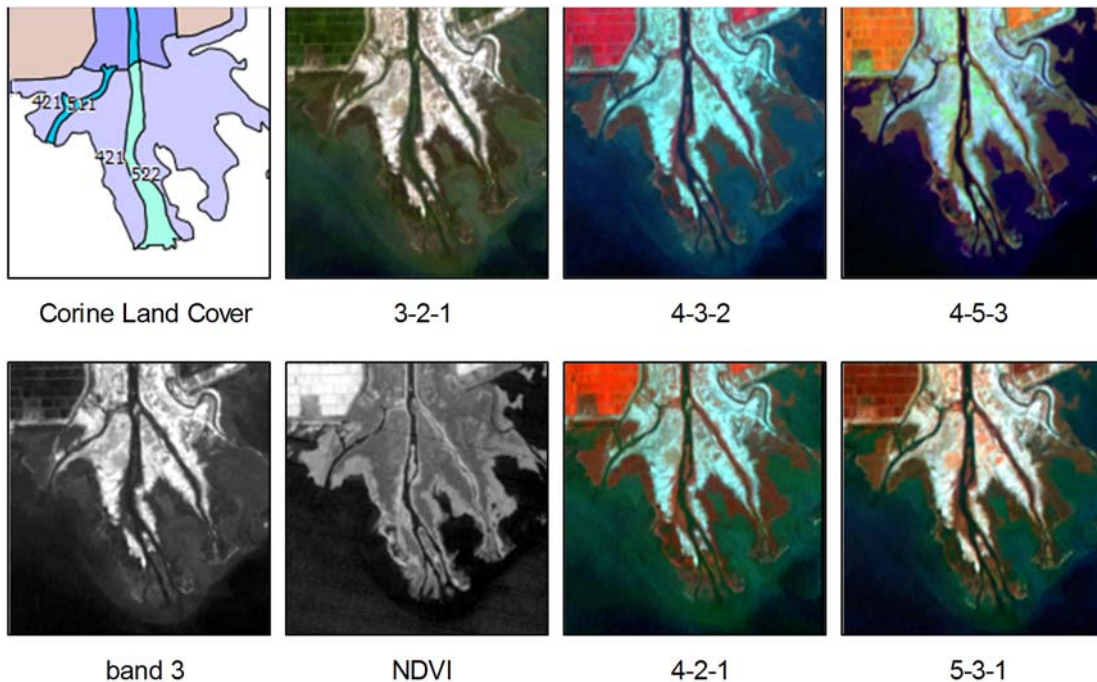
- Αντίθεση με τον περίγυρο.
- Ο τόνος είναι πιο σκούρος από τα γειτονικά αντικείμενα.
- Βρίσκεται δίπλα στην κατηγορία 5.2.3 Θάλασσες και ωκεανοί.
- Έχει κοινό όριο με την ακτή.

Γενικά Χαρακτηριστικά

- Το είδος του νερού είναι αλμυρό.
- Χωρίζεται από τη θάλασσα με μια στενή λωρίδα ξηράς.

5.2.2 Εκβολές ποταμών

Εικόνες



Εικόνα 3.21: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 522 από την περιοχή της Θεσσαλονίκης, 2003

Ιδιότητες

Φασματικά Χαρακτηριστικά

- Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM είναι σκούρος.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM είναι μπλε ή μπλε σκούρα.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM είναι μπλε σκούρα ή μαύρη.
- Η υφή είναι λεία.
- Το περίγραμμα είναι διακριτό.

Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά

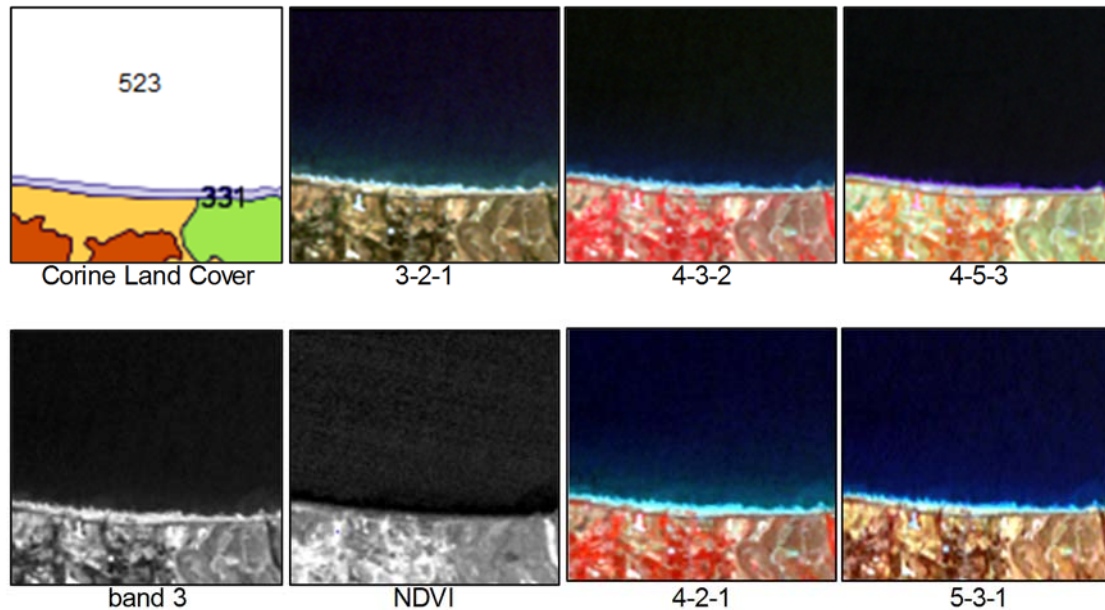
- Το σχήμα σε 2 διαστάσεις τείνει να είναι τριγωνικό ή μακρόστενο.
- Το βάθος είναι μικρό ή μέτριο.
- Συναντάται σε χαμηλά υψόμετρα.

Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον

- Αντίθεση με τον περίγυρο.
- Ο τόνος είναι πιο σκούρος από τα γειτονικά αντικείμενα.
- Έχει κοινό όριο με την ακτή και τις κατηγορίες 5.1.1. Υδατορρέυματα και 5.2.3 Θάλασσες και ωκεανοί.

5.2.3 Θάλασσες και ωκεανοί

Εικόνες



Εικόνα 3.22: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της κατηγορίας 523 από την περιοχή της Κρήτης, 2003

Ιδιότητες

Φασματικά Χαρακτηριστικά

- Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM είναι σκούρος.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM είναι μπλε σκούρα ή μαύρη.
- Η απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM είναι μπλε σκούρα ή μαύρη.
- Ο τόνος στο NDVI του Landsat TM είναι σκούρος.
- Η υφή είναι λεία.
- Ο τόνος είναι ομοιογενής.
- Το περίγραμμα είναι διακριτό.

Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά

- Το βάθος είναι μεγάλο.
- Το σχετικό μέγεθος είναι μεγάλο.
- Συναντάται σε χαμηλά υψόμετρα.

Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον













- Αντίθεση με τον περίγυρο.
- Ο τόνος είναι πιο σκούρος από τα γειτονικά αντικείμενα.
- Έχει κοινό όριο με την ακτή.

Γενικά Χαρακτηριστικά

- Το είδος του νερού είναι αλμυρό.

3.3.2 Πίνακες φωτοαναγνωριστικών στοιχείων

Σε αυτή την παράγραφο ακολουθεί η ανάλυση των ιδιοτήτων σε μορφή ιδιότητα-τιμή ιδιότητας (property-value). Συνοψίζονται και παρουσιάζονται σε πίνακες (Πίνακες 3.1 – 3.5) όλα αυτά τα στοιχεία που αναφέρθηκαν παραπάνω και τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για το διαχωρισμό των κατηγοριών του CLC.

	Αποχρώσεις	Απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM	Απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM	Απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 453 του Landsat TM	Απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 421 του Landsat TM	Απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 531 του Landsat TM
Black		334, 511, 512, 522, 523	334, 511, 512, 521, 523	334, 511, 512, 521, 522, 523	334, 511, 512, 521, 522, 523	334, 511, 523
White		331, 332, 333, 335, 422	331, 332, 333, 335, 422	331, 333	321, 331, 332, 333	331, 333
Mauve				335		
Bauge		331, 421	411, 421	421	421	
Medium		322, 323, 422	321, 323, 334	334	321, 334	321, 334
Light			323	321, 323	323	
Medium				331, 332		
Light			321, 322, 324, 331, 333, 335, 411	321, 322, 323, 324, 333, 334, 411	322, 323, 331, 332, 333	321, 322, 331, 332, 333
Medium				311, 313, 322, 324, 411, 412, 421	323, 324	
Light				323, 333	322	321
Dark		311, 312, 313, 323, 324, 412			323	323
Medium		311, 312, 313, 321, 323, 411, 421		412	422	422
Light		322, 333, 422		321, 322, 323	333	
Dark		423			312, 313	311, 312, 313, 324, 411, 412, 421
Medium		312, 323, 324, 412, 421	312	312, 313	411	311, 324
Light		321, 322, 333, 411	333, 421	312, 313, 421	321, 421	321, 322, 323, 333, 411, 421
Dark			312, 313, 324, 411, 412		312, 313, 334, 411, 412	
Medium			311, 313, 323, 324, 411, 412, 421		311, 313, 411, 412	
Light			311, 313, 321, 322, 421		311, 313, 321	
Dark		511, 512, 522, 523	511, 512, 521, 522, 523	422, 423, 511, 512, 521, 522, 523	512, 521, 522, 523	511, 512, 423, 522, 523
Medium		512, 521, 522	422	423	512, 521, 522, 523	512, 521, 522, 523
Light		422, 521	422		422, 521	422, 521

Πίνακας 3.1: Αποχρώσεις και έγχρωμα σύνθετα

Χαρακτηριστικό	Τιμές	3 Δάση και ημι-φυσικές περιοχές	4 Υγρότοποι	5 Υδάτινες επιφάνειες
Τόνος στο κανάλι 3 (band 3 tone)	Dark			5XX
	Medium to dark	31X, 321, 323, 324	4XX	
	Medium	321, 322, 323, 324	422	
	Bright to medium	322, 333		
	Bright	331, 332, 333, 335		
Τόνος στο NDVI (NDVI tone)	Dark	33X	422, 423	5XX
	Medium to dark	333, 334		
	Medium	32X	411, 412, 421	
	Bright to medium	324		
	Bright	31X, 324		
Ύψη (texture)	Coarse	31X, 324		
	Medium	321, 322, 323, 333, 334		
	Fine	331, 332, 335	422	5XX
	Heterogeneous		411, 412, 421, 423	
Ομοιογένεια τόνου (photo tone uniformity)	Uniform	331, 335	422	5XX
	Semi-uniform	332, 334		
	Non-uniform	31X, 32X, 333	41X, 421, 423	
Είδος τόνου περιγράμματος (boundary tone type)	Discrete		422	5XX
	Semi-discrete	331, 334	411, 412, 421, 423	
	Non-discrete	31X, 32X, 332, 333, 335		

Πίνακας 3.2: Φασματικά χαρακτηριστικά

Χαρακτηριστικό	Τιμές	3 Δάση και ημι-φυσικές περιοχές	4 Υγρότοποι	5 Υδάτινες επιφάνειες
Σχήμα σε 2 διαστάσεις (2d shape)	Undefined	3XX		523
	Oblong	331	41X, 421, 423	511, 512, 521, 522
	Triangle			522
	Circular		41X, 421, 423	512, 521
	Polygonal		422	
Σχετικό μέγεθος (relative size)	Large			523
	Medium			512, 521, 522
	Small			511
Υψόμετρο (altitude)	Low		412, 42X	52X
	High	321, 322, 333, 335	412	
Πλάτος (width)	>=100	331		511
Βάθος (depth)	Small			511, 522
	Medium			521, 512, 522
	Great			523
Μήκος προς πλάτος (length/width)	Proportion the same			512
	Proportion not the same	331		511
Κανονικότητα σχήματος (compactness)	Non-compact		4XX	511, 512, 521, 522
Πρότυπο (pattern)	Grid		422	
	Linear	331		511

Πίνακας 3.3: Γεωμετρικά χαρακτηριστικά

Χαρακτηριστικό	Τιμές	3 Δάση και ημι-φυσικές περιοχές	4 Υγρότοποι	5 Υδάτινες επιφάνειες
Πιο σκούρο/φωτεινό από τους γείτονες (darker/brighter than neighbors)	Darker	31X, 324, 334		5XX
	Brighter	332, 333, 335		
Αντίθεση με τον περιγυρο (contrast with surrounding)	Yes	31X, 324, 331, 332, 334, 335		5XX
Περιλαμβάνει (contains)	Trees	31X, 321, 324		
	Shrubs	31X, 32X		
	Steppes	333		
	Tundra	333		
	Badlands	333		
	Maquis	323		
	Garrigue	323		
	Broad-leaved trees	311, 313		
	Coniferous trees	312, 313		
	Deposits		412	
Περιλαμβάνεται σε (is contained in)	Land		41X	51X
	3XX	334		
Δεν περιλαμβάνει (not contains)	Vegetation		422, 423	
Βρίσκεται ψηλότερα από (occurs higher than)	311	312, 321, 322		
	31X	321, 322		
	324	322		
	322	321		
	High tide line	332, 421		
Βρίσκεται χαμηλότερα από (occurs lower than)	312	311		
	321	322		
	333	321		
	322	324		
Βρίσκεται μακριά από (occurs away from)	Coastline			51X
	52X		41X	
Βρίσκεται κοντά σε (occurs adjacent to)	31X	322, 323		
	231	322		
	Areas of corrosion	324		
	Areas with steep slopes	324		
Βρίσκεται σε (occurs to)	Temperate climates	322, 323		
Βρίσκεται δίπλα σε (occurs next to)	51X		41X	
	52X		42X	
Κοινό όριο με (border to)	511, 523			521
	Coastline			52X
	Strip of land			521

Πίνακας 3.4: Θέση στο χώρο/Σχέση με το περιβάλλον

Χαρακτηριστικό	Τιμές	3 Δάση και ημι-φυσικές περιοχές	4 Υγρότοποι	5 Υδάτινες επιφάνειες
Ύψος χλωρίδας (flora height)	Very low		411, 412, 421	
	Low	321, 324		
	Medium	322, 323, 324		
	High	31X, 324		
Δέντρα (trees)	<30%	324		
	>30%	31X		
Πλατύφυλλα δέντρα (broad-leaved trees)	>75%	311		
	25-75%	313		
	<25%	324		
Κωνοφόρα δέντρα (coniferous trees)	>75%	312		
	25-75%	313		
	<25%	324		
Κατεστραμμένα δέντρα (damaged trees)	Yes	334, 324(>50% by wind, rain)		
Καμένες περιοχές (burned areas)	Yes	334		
Θάμνοι (shrubs)	>25%	324		
	>50%	321, 323		
Βλάστηση (vegetation)	>50%	321		
	10-50%	333		
	<10%	332		
Χαμηλή βλάστηση (low vegetation)	>75%	321		
Γυμνό έδαφος (bare soil)	<50%	321		
	50-90%	333		
	>90%	332		
Βραχώδη εδάφη (rocky areas)	>75%	332		
	<50%	335		
Παγετώνες και αένας χιόνι (glaciers and perpetual snow)	>50%	335		
	<50%	332		
Ανάγλυφο (relief)	Flat	331	4XX	5XX
	Mountainous	321, 322, 323, 332, 333, 335		
Ανθρώπινη παρέμβαση (human influence)	Yes		412, 422	
	No	3XX	411, 421, 423	5XX
Ύπαρξη νερού (water existence)	Yes		4XX	5XX
	No	3XX		
Είδος νερού (water type)	Fresh		41X	51X
	Saline		42X	52X
Οργανική ύλη (organic matter)	>20%		412	
Πάχος στρώματος τύρφης (peat layer thickness)	<30cm		411	
	>40cm		412	
Βάθος υπεράδρευσης (waterlogging depth)	10-30cm	321		
	0-10cm		411	
Κυριαρχούν (dominate)	Broad-leaved trees	311		
	Coniferous trees	312		
	Shrubs	321, 322		

Πίνακας 3.5: Γενικά χαρακτηριστικά

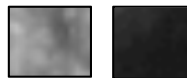
Διευκρινήσεις για τις τιμές των ιδιοτήτων

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να δοθούν κάποιες διευκρινήσεις για ορισμένα στοιχεία που φαίνονται στους Πίνακες 3.1 - 3.5, έτσι ώστε ο αναγνώστης να κατανοήσει τον τρόπο που δόθηκαν οι τιμές σε αυτούς.

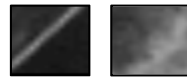
- Υφή: (Fine, Medium, Coarse, Heterogeneous) Η τιμή ετερογενής (heterogeneous) μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση που δεν υπάρχει επικρατούσα μορφή υφής.



- Ομοιογένεια τόνου: (Uniform, Semi-uniform, Non-uniform) Η ομοιογένεια τόνου εκφράζει τις εναλλαγές των τόνων.



- Είδος τόνου περιγράμματος: (Discrete, Semi-discrete, Non-discrete) Η ιδιότητα αυτή αναφέρεται στον τύπο του συνόρου ενός πολυγώνου με το περιβάλλον του. Η τιμή διακριτή (discrete) υποδηλώνει κυρίως ανθρώπινη παρέμβαση ή όριο υδάτινων επιφανειών με το περιβάλλον τους, όπως όριο λίμνης ή ποταμού.



- Σχήμα σε 2 διαστάσεις: (Circular, Oblong, Polygonal, Undefined) Η τιμή ακαθόριστο (undefined), έχει χρησιμοποιηθεί σε κατηγορίες όπου δεν είναι δυνατός ο καθορισμός του σχήματος της κατηγορίας ή το σχήμα έχει τόσες εναλλαγές και δεν μπορεί να προσδιοριστεί.



- Το σχετικό μέγεθος: (Small, Medium, Large) Αφορά τις κατηγορίες των υδάτινων επιφανειών, όπου είναι δυνατή η συγκριτική τυποποίηση του μεγέθους.
- Βάθος: (Small, Medium, Great) Αναφέρεται στην κατηγορία των υδάτινων επιφανειών. Ο προσδιορισμός του βάθους μπορεί να εκτιμηθεί είτε από βοηθητικά δεδομένα, είτε από τον τόνο του μπλε χρώματος σε μια δορυφορική εικόνα φυσικών χρωμάτων.
- Μήκος προς πλάτος: (Proportion the same, Proportion not the same) Χρησιμοποιείται για τη διάκριση σχημάτων τα οποία είναι μακρόστενα.
- Πλάτος: Το πλάτος εξετάζεται στα μακρόστενα αντικείμενα. Το ελάχιστο όριο είναι 100m (Παράγραφο 2.7.4).
- Πρότυπο: (Linear, Grid) Αναφέρεται στη χωρική διάταξη των αντικειμένων. Πχ. ο ποταμός έχει γραμμικό πρότυπο ενώ οι αλυκές έχουν πρότυπο τύπου κανάβου.



- Κυριαρχούν: Η ιδιότητα αυτή αναφέρεται σε αντικείμενα τα οποία καλύπτουν το μεγαλύτερο ποσοστό της επιφάνειας που εξετάζεται.
- Ανθρώπινη παρέμβαση: (Yes, No) Αναφέρεται σε σημάδια τροποποίησης του φυσικού περιβάλλοντος τα οποία δεν προέρχονται από φυσικούς παράγοντες.
- Ύπαρξη νερού: (Yes, No) Καθώς αρκετές από τις κατηγορίες που εξετάζει η παρούσα διπλωματική είχαν να κάνουν με υδάτινες επιφάνειες, κρίθηκε σκόπιμη η δημιουργία μιας ιδιότητας που να εκφράζει αυτό το στοιχείο.
- Οι παρακάτω ιδιότητες αναφέρονται σε ποσοστά: Βλάστηση, Χαμηλή βλάστηση, Θάμνοι, Κωνοφόρα Δέντρα, Πλατύφυλλα δέντρα, Δέντρα, Γυμνό έδαφος, Βραχώδη εδάφη, Παγετώνες και αέριο χιόνι και Οργανική ύλη.

3.4 Υλοποίηση συστήματος

3.4.1 Εισαγωγή/εξαγωγή δεδομένων στο/από το Wiki του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης Ε.Μ.Π.

Σε αυτή την παράγραφο παρατίθενται ορισμένες πληροφορίες για το Wiki του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Π., καθώς διορθώθηκε σύμφωνα με τις προηγούμενες επεξεργασίες και τα δεδομένα εξήχθησαν από αυτό ώστε να αναπαρασταθούν στη συνέχεια σε οντολογικό περιβάλλον. Αρχικά, γίνεται μια σύντομη αναφορά στο πρόγραμμα MediaWiki με το οποίο και δημιουργήθηκε, ενώ στη συνέχεια περιγράφεται η μορφή, το περιεχόμενο καθώς και η διαδικασία εισαγωγής/εξαγωγής δεδομένων σε/από αυτό.

Γενικά στοιχεία για το λογισμικό MediaWiki

Το MediaWiki αποτελεί ένα ελεύθερο λογισμικό (άδεια διανομής GNU FDL) με στόχο τη δημιουργία ιστοσελίδων τύπου Wiki στο διαδίκτυο. Αναπτύχθηκε από τον οργανισμό Wikimedia Foundation και άλλους, και έχει χρησιμοποιηθεί από ένα μεγάλο αριθμό ιστοσελίδων σε όλο τον κόσμο, μεταξύ αυτών η Wikipedia, το Wiktionary και το Wikinews. Η 1^η έκδοση του προγράμματος αναπτύχθηκε προκειμένου να ικανοποιήσει τις ανάγκες δημιουργίας μιας ελευθέρου περιεχομένου εγκυκλοπαίδειας το 2002 (Ιστοσελίδα MediaWiki).

Το λογισμικό του MediaWiki παρέχει αρκετές δυνατότητες εξατομίκευσης με πάνω από 600 ρυθμίσεις διαμόρφωσης και περισσότερες από 1800 επεκτάσεις διαθέσιμες για την ενεργοποίηση μιας ποικιλίας χαρακτηριστικών ανάλογα με τις απαιτήσεις των χρηστών του (Ιστοσελίδα MediaWiki).

Μία από τις προαναφερθείσες επεκτάσεις είναι το Semantic MediaWiki, όπου επιτρέπει την προσθήκη σημασιολογικού περιεχομένου στις σελίδες του Wiki. Ένα Semantic Wiki είναι ένα Wiki το οποίο παρέχει ένα βασικό μοντέλο της γνώσης που περιγράφεται στις σελίδες του. Ένα τυπικό ή συντακτικό Wiki, δομείται από κείμενο και άτυπους συνδέσμους. Από την άλλη μεριά, ένα Semantic Wiki έχει την ικανότητα να αντιλαμβάνεται/αναγνωρίζει τις πληροφορίες σχετικά με τα δεδομένα που περιέχονται στις σελίδες του καθώς και τις σχέσεις μεταξύ των σελίδων με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να υποβληθούν ερωτήματα ή να εξαχθούν οι σελίδες ως μία βάση δεδομένων (Ιστοσελίδα Semantic MediaWiki).

Wiki Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης Ε.Μ.Π.

Το Wiki του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης (<http://147.102.106.42/>) αποτελεί κατά βάση μια «εγκυκλοπαίδεια Φωτοερμηνευτικών κλειδιών» (Εικόνες 3.23 – 3.24). Υπάρχουν αρκετές κατηγορίες άρθρων, όπως διάφορα φωτοαγνωριστικά κλειδιά, κλειδιά του προγράμματος CLC, γεωμορφές, φωτοαγνωριστικά στοιχεία και άλλα. Στο Wiki αυτή τη στιγμή, υπάρχουν περίπου 3560 άρθρα, τα περισσότερα από τα οποία αφορούν στην περιγραφή φωτοερμηνευτικών κλειδιών. Για κάθε φωτοερμηνευτικό κλειδί υπάρχουν:

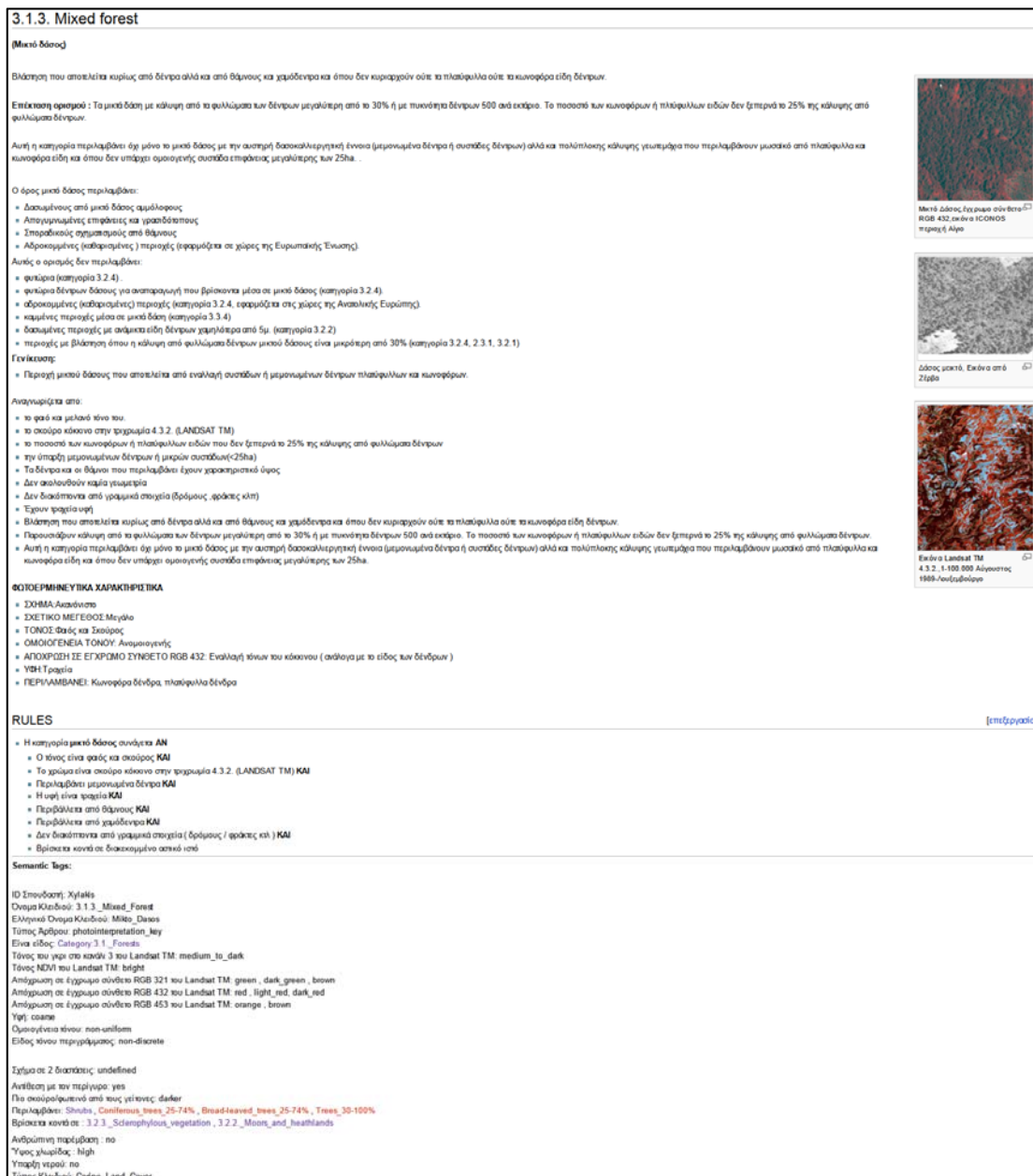
- αντιπροσωπευτικές εικόνες,
- φωτοαγνωριστικά στοιχεία,
- κανόνες αναγνώρισης και
- σημασιολογικές επισημάνσεις (semantic tags),

στοιχεία όπου βοηθούν και καθοδηγούν έναν αρχάριο φωτοερμηνευτή κατά τη διαδικασία της φωτοερμηνείας.

Πρόσφατα το Wiki του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης Ε.Μ.Π. μετατράπηκε σε Semantic Wiki με χρήση της επέκτασης του MediaWiki, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα προσθήκης σημασιολογικού περιεχομένου. Η προσθήκη σημασιολογικής πληροφορίας, είναι αυτή που επιτρέπει το συνδυασμό του Wiki και του συντάκτη οντολογιών Protégé για την αναπαράσταση της γνώσης του Wiki σε οντολογικό περιβάλλον.



Εικόνα 3.23: Ιστοσελίδα του Wiki Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Π.



Εικόνα 3.24: Στιγμιότυπο από το άρθρο Μικτό Δάσος στο Wiki του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Π.

Εισαγωγή δεδομένων στο Wiki

Όπως προαναφέρθηκε, η βάση γνώσης της οντολογίας του CLC χρησιμοποιήθηκε για τη διόρθωση του Wiki. Κάθε άρθρο του Wiki αποτελεί μια κατηγορία 3^{ου} επιπέδου του CLC και περιλαμβάνει σημασιολογικές επισημάνσεις (semantic tags), οι οποίες αναπαριστούν τα φωτοαναγνωριστικά χαρακτηριστικά της κατηγορίας. Η εισαγωγή των δεδομένων στο Wiki ακολουθεί μια ειδική μορφή σύταξης όπου για κάθε ιδιότητα είναι:

Ιδιότητα: [[property::value]]

Για παράδειγμα:

Τόνος του γκρι: [[photo_tone::dark]]

Επομένως, οι ιδιότητες της κατηγορίας 3.1.1 Δάσος Πλατύφυλλων έχουν τη μορφή:

```
ID Σπουδαστή: [[student_name::Xylakis]] <br/>
Όνομα Κλειδιού: [[preferred_name::3.1.1._Broad-leaved_Forest]] <br/>
Ελληνικό Όνομα Κλειδιού: [[greek_name::Dasos_Platyfyllon]] <br/>
Τύπος Άρθρου: [[article_type::photointerpretation_key]] <br/>
Είναι είδος: [[is_a_kind_of::Category:3.1._Forests]] <br/>

Τόνος του γκρι στο κανάλι 3 του Landsat TM: [[landsat_tm_band_3_tone::medium_to_dark]]
<br/>
Τόνος NDVI του Landsat TM: [[landsat_tm_NDVI_tone::bright]] <br/>
Απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM: [[landsat_tm_rgb321_color::green]], [[landsat_tm_rgb321_color::dark_green]] <br/>
Απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM: [[landsat_tm_rgb432_color::light_red]], [[landsat_tm_rgb432_color::red]] <br/>
Απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 453 του Landsat TM: [[landsat_tm_rgb453_color::orange]] <br/>
Απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 531 του Landsat TM: [[landsat_tm_rgb531_color::brown]] <br/>
.....
```

Semantic Tags:

```
ID Σπουδαστή: Xylakis
Όνομα Κλειδιού: 3.1.1._Broad-leaved_Forest
Ελληνικό Όνομα Κλειδιού: Dasos_Platyfyllon
Τύπος Άρθρου: photointerpretation_key
Είναι είδος: Category:3.1._Forests

Τόνος του γκρι στο κανάλι 3 του Landsat TM: medium_to_dark
Τόνος NDVI του Landsat TM: bright
Απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM: green, dark_green
Απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM: light_red, red
Απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 453 του Landsat TM: orange
Απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 531 του Landsat TM: brown
Υφή: coarse
Ομοιογένεια τόνου: non-uniform
Είδος τόνου περιγράμματος: non-discrete
Σχήμα σε 2 διαστάσεις: undefined
Αντίθεση με τον περίγυρο: yes
Πιο σκούρο/φωτεινό από τους γείτονες: darker
Περιλαμβάνει: Shrubs, Broad-leaved_trees_75-100%, Trees_30-100%
Βρίσκεται χαμηλότερα από: 3.1.2._Coniferous_forest
Βρίσκεται κοντά σε: 3.2.3._Sclerophyllous_vegetation, 3.2.2._Moors_and_heathlands, 5.1.1._Water_courses

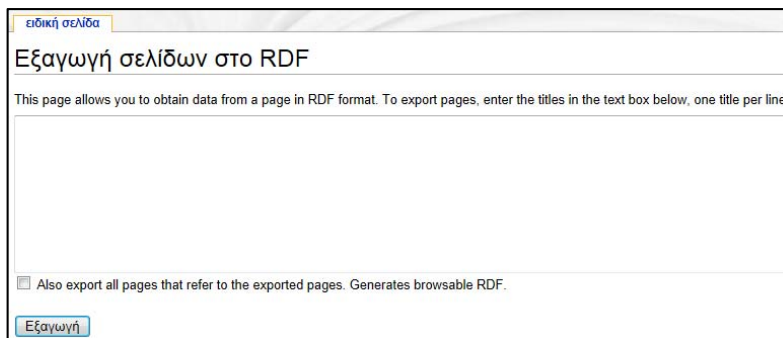
Ανθρώπινη παρέμβαση: no
Κυριαρχούν: Broad-leaved_trees
Ύψος χλωρίδας: high
Υπαρξη νερού: no
Τύπος Κλειδιού: Corine_Land_Cover
```

Εικόνα 3.25: Στιγμιότυπο σημασιολογικών επισημάνσεων (Semantic Tags) κατηγορίας 311 Δάσος πλατύφυλλων

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι ο τύπος των ιδιοτήτων, δηλαδή αν πρόκειται για Ιδιότητες Αντικειμένων (Object Property) ή Ιδιότητες Τύπου Δεδομένων (Data Property) όπως και ο τύπος δεδομένων στην 2^η περίπτωση (αλφαριθμητικά, αριθμοί, λογικοί τελεστές και άλλοι τύποι) ορίζεται μέσα από το Wiki καθώς από προεπιλογή αναγνωρίζονται όλες οι ιδιότητες ως Ιδιότητες Αντικειμένων (Object Properties).

Εξαγωγή δεδομένων από Wiki

Τα άρθρα του Wiki μπορούν να εξαχθούν σε μορφή RDF/XML χρησιμοποιώντας μια από τις λειτουργίες του MediaWiki (Εικόνα 3.26). Για τη λειτουργία αυτή, ο χρήστης πρέπει να μεταβεί στην *Σελίδα Λειτουργιών* και από εκεί να χρησιμοποιήσει την επιλογή *Εξαγωγή σελίδων στο RDF*. Έπειτα, οποιοδήποτε άρθρο μπορεί να εξαχθεί και να επεξεργαστεί στο συντάκτη οντολογιών Protégé.



Εικόνα 3.26: Στιγμιότυπο από την φόρμα εξαγωγής άρθρων του Wiki.

Τα άρθρα που εξαγονται από το Wiki αναγνωρίζονται από το Protégé ως αντικείμενα (individuals) με ιδιότητες τις σημασιολογικές επισημάνσεις τους ως εξής:

```
Individual: '3.1.1. Broad leaved-forest'
Annotations:
  isDefinedBy <http://147.102.106.42/rs/wiki/index.php/%CE%95%CE%B9%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CF%8C:ExportRDF/3.1.1._Broad_leaved-forest>,
  label "3.1.1. Broad leaved-forest"
Facts:
  'Occurs adjacent to' '3.2.2. Moors and heathlands',
  'Occurs adjacent to' '3.2.3. Sclerophylous vegetation',
  Contains 'Trees 30-100%',
  Contains 'Broad-leaved trees 75-100%',
  Contains Shrubs,
  'Occurs lower than' '3.1.2. Coniferous forest',
  'Landsat tm band 3 tone' "medium_to_dark"^^string,
  .....
```

Καθώς τα άρθρα του Wiki αποτελούν αντικείμενα (περιπτώσεις των κατηγοριών του CLC), θα πρέπει να δημιουργηθούν κλάσεις, όπου οι ιδιότητες της κάθε κατηγορίας θα αποτελούν τις αναγκαίες και ικανές προϋποθέσεις για να ανήκει ένα άτομο στη συγκεκριμένη κλάση. Οπότε, μία τέτοια κλάση θα «χτιστεί» με τον ορισμό της κατηγορίας 3.1.1 Δάσος Πλατύφυλλων (οι εντολές δίνονται στη Παράγραφο 3.5.1, όπου περιγράφεται και ο τρόπος υποβολής ερωτημάτων DL στο συντάκτη οντολογιών Protégé):

```
Thing
and (('Occurs adjacent to' some '3.2.2. Moors and heathlands')
or ('Occurs adjacent to' some '3.2.3. Sclerophylous vegetation'))
and ((Contains some Trees30-100PerCent)
and (Contains some Broad-leavedTrees75-100PerCent)
and (Contains some Shrubs)
and ('Occurs lower than' some '3.1.2. Coniferous forest')
and ('Landsat tm band 3 tone' value "medium_to_dark"^^string)
and ('Boundary tone type' value "non-discrete"^^string)
.....
```

3.4.2 Αναπαράσταση γνώσης σε οντολογικό περιβάλλον

Εγκατάσταση προγράμματος

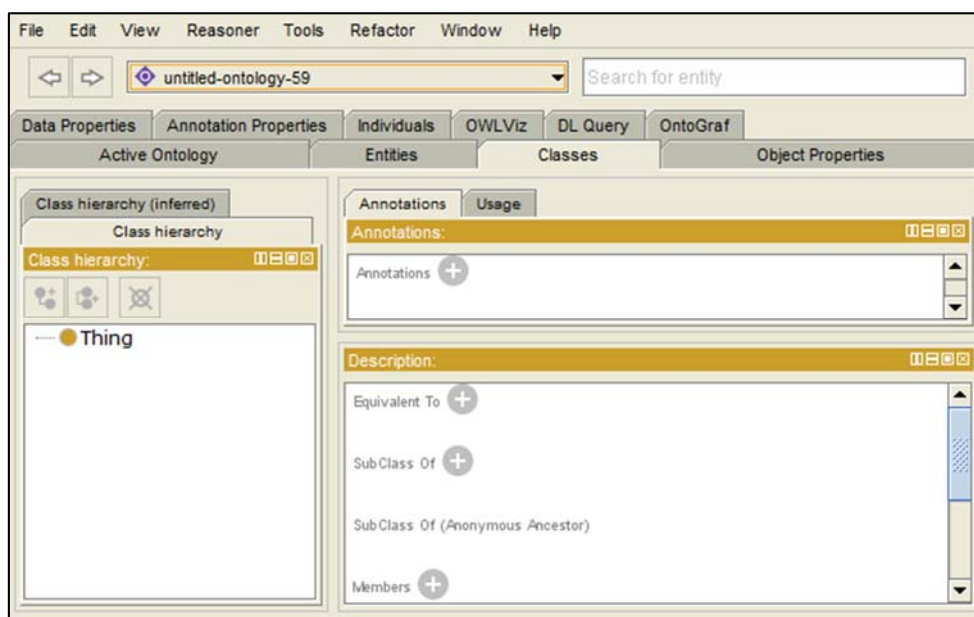
Ο προτεινόμενος συντάκτης οντολογιών είναι το Protégé 4.1, όπου είναι ελεύθερα διαθέσιμος στην ιστοσελίδα του πανεπιστημίου του Στάνφορντ (<http://protege.stanford.edu/>).

Εκτέλεση προγράμματος

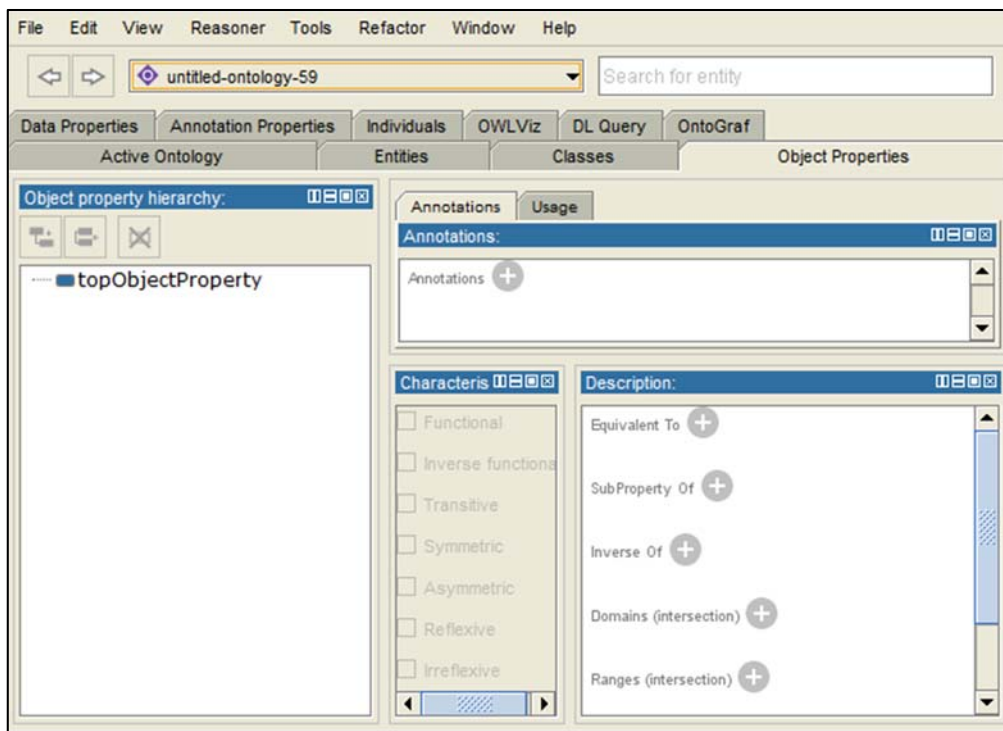
Αφού τεθεί σε λειτουργία το πρόγραμμα, ο χρήστης θα διακρίνει μια λίστα από καρτέλες οι οποίες επιτρέπουν την ανάπτυξη και επεξεργασία οντολογιών. Στα πλαίσια της εργασίας θα χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω:

- **Classes:** Στην καρτέλα αυτή, γίνεται η επεξεργασία των κλάσεων, όπως η δημιουργία κλάσεων και η εισαγωγή ιδιοτήτων σε αυτές.
- **Object properties:** Εδώ γίνεται η επεξεργασία των ιδιοτήτων των αντικειμένων. Μπορούν να δημιουργηθούν ιδιότητες, να καθοριστούν τα εύρη τιμών τους καθώς και τα χαρακτηριστικά τους, δηλαδή αν είναι συμμετρικές, μεταβατικές, συναρτησιακές κλπ.
- **Data properties:** Αντίστοιχα με την καρτέλα των ιδιοτήτων των αντικειμένων, σε αυτή την καρτέλα γίνεται η επεξεργασία των ιδιοτήτων τύπου δεδομένων/στοιχείων και των χαρακτηριστικών τους.
- **Individuals:** Στην καρτέλα αυτή βρίσκονται τα αντικείμενα της οντολογίας και οι ιδιότητές τους. Ο χρήστης εδώ μπορεί να δημιουργήσει νέα αντικείμενα και να δώσει ιδιότητες σε αυτά ή να τροποποιήσει τις ιδιότητες των ήδη υπάρχοντων.
- **DL Query:** Αυτή η καρτέλα επιτρέπει την υποβολή ερωτημάτων στην οντολογία που έχει δημιουργηθεί. Για παράδειγμα, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ρωτήσει το σύστημα ποιες κατηγορίες κάλυψης γης έχουν για την ιδιότητα *υφή* τιμή **Τραχεία**, αλλά και συνδυαστικά ερωτήματα όπως ποιες κατηγορίες έχουν για την ιδιότητα *ύψοςΧλωρίδας* τιμή **Χαμηλό** και *πυκνότηταΘάμνων* τιμή **30% έως 50%**.
- **OntoGraf:** Το Protégé παρέχει αρκετές δυνατότητες αναπαράστασης. Σε αυτήν την καρτέλα μπορούν να παρουσιαστούν οι οντολογίες, να δημιουργηθούν διάφορα διαγράμματα και να εκφραστούν οι σχέσεις μεταξύ των κατηγοριών.

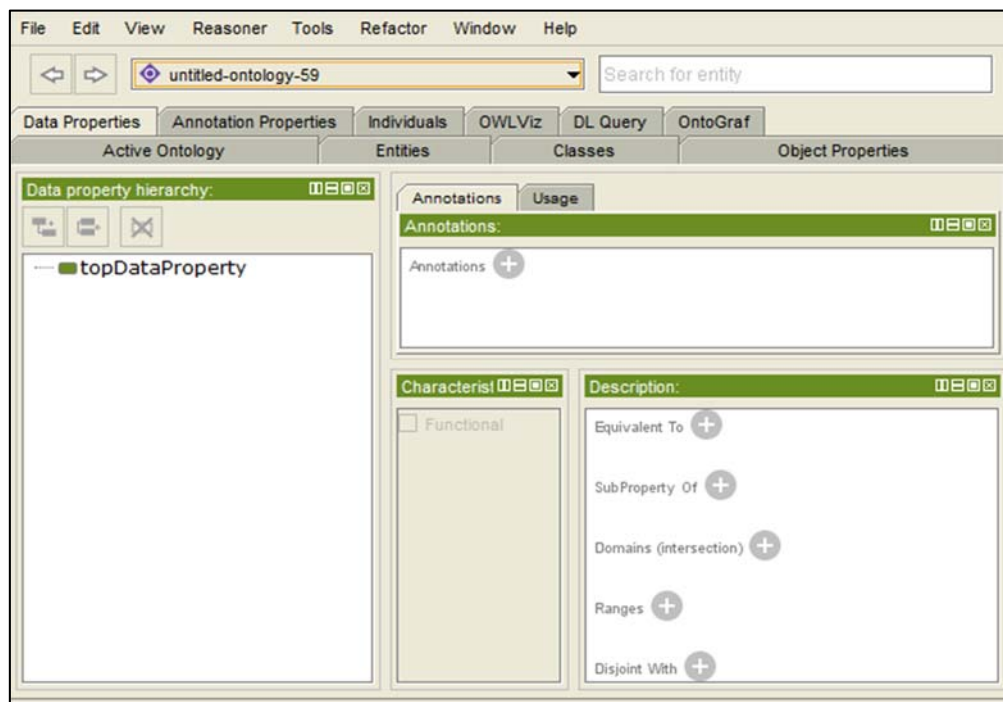
Στις Εικόνες 3.27 – 3.31 φαίνονται στιγμιότυπα από το γραφικό περιβάλλον του Protégé 4.1.



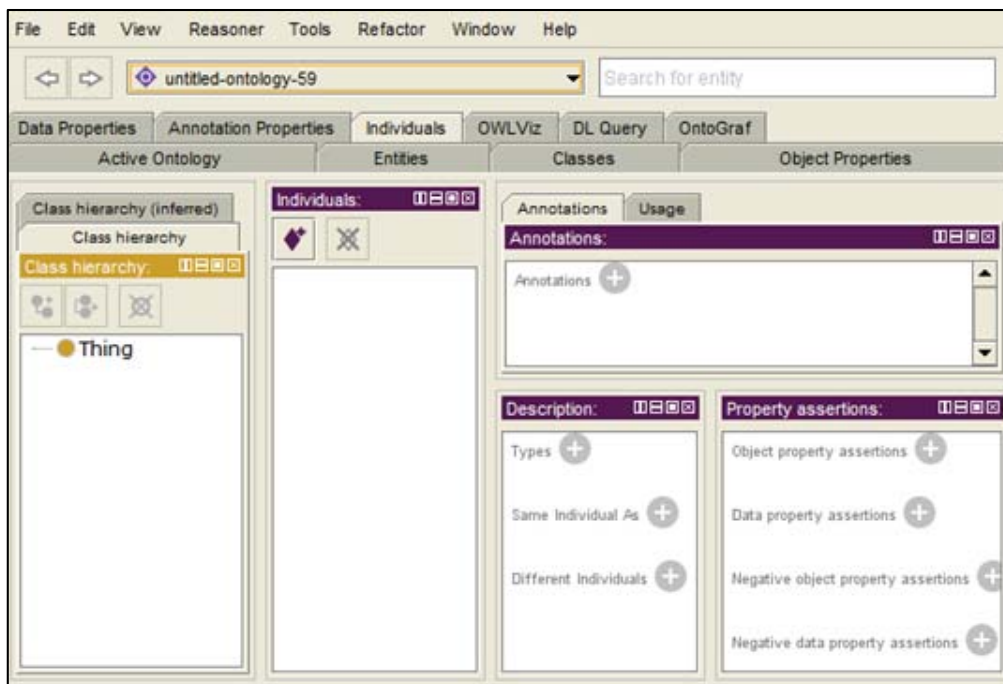
Εικόνα 3.27: Στιγμιότυπο καρτέλας Classes στο Protege



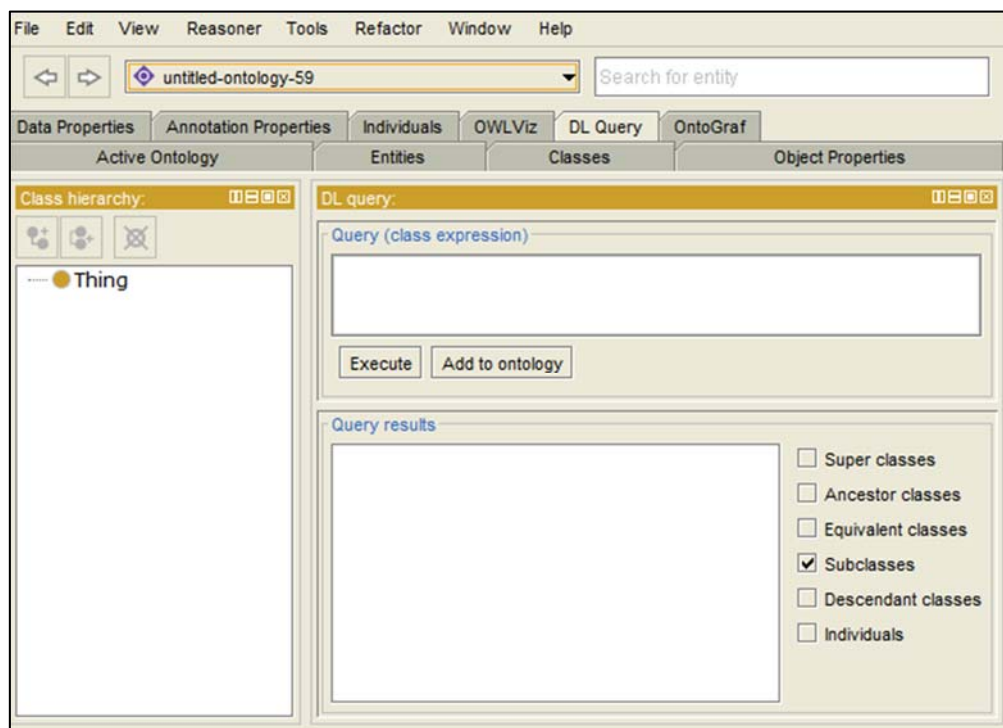
Εικόνα 3.28: Στιγμιότυπο καρτέλας Object Properties στο Protégé



Εικόνα 3.29: Στιγμιότυπο καρτέλας Data Properties στο Protégé



Εικόνα 3.30: Στιγμιότυπο καρτέλας Individuals στο Protégé



Εικόνα 3.31: Στιγμιότυπο καρτέλας DL query στο Protégé

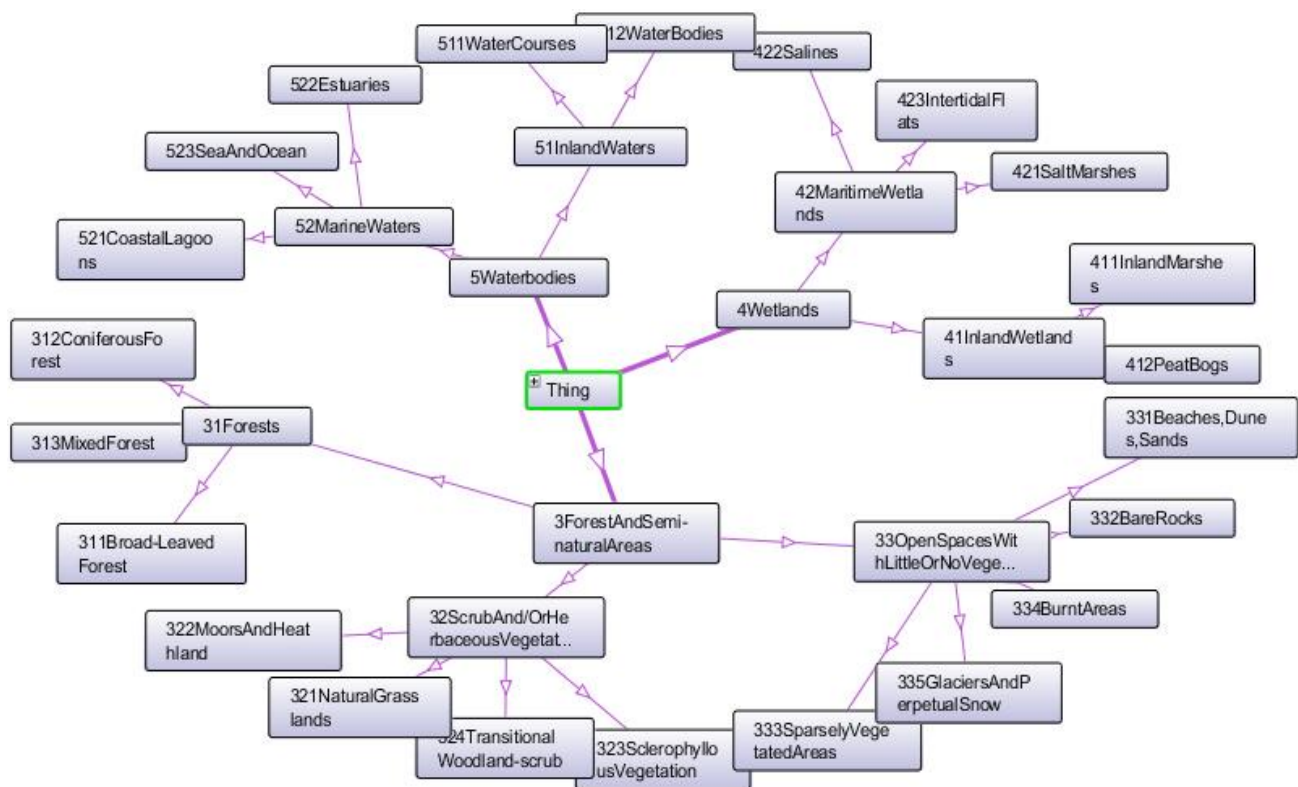
Εισαγωγή δεδομένων στο Protégé

Το αρχείο το οποίο εξήχθη από το Wiki και έχει αποθηκευτεί σε μορφή RDF/XML, μπορεί να αναπαρασταθεί και να υποστεί επεξεργασία στο πρόγραμμα Protégé. Το αρχείο αυτό, πέρα από τα 22 αντικείμενα που αντιστοιχούν στις κατηγορίες του CLC (άρθρα του Wiki), τις ιδιότητές τους και τις κλάσεις που είναι «καρφωμένα» αυτά τα αντικείμενα, συνοδεύεται και από μια σειρά στοιχείων και αντικειμένων τα οποία δεν προσφέρουν επιπλέον πληροφορία στην οντολογία ενώ αντιθέτως δυσχεραίνουν τη διαδικασία συλλογιστικής. Ακόμα, λόγω του τρόπου αναπαράστασης γνώσης στο Wiki τα ονόματα των αντικειμένων και των ιδιοτήτων δεν έχουν μορφή σύμφωνη τα πρότυπα σχεδιασμού

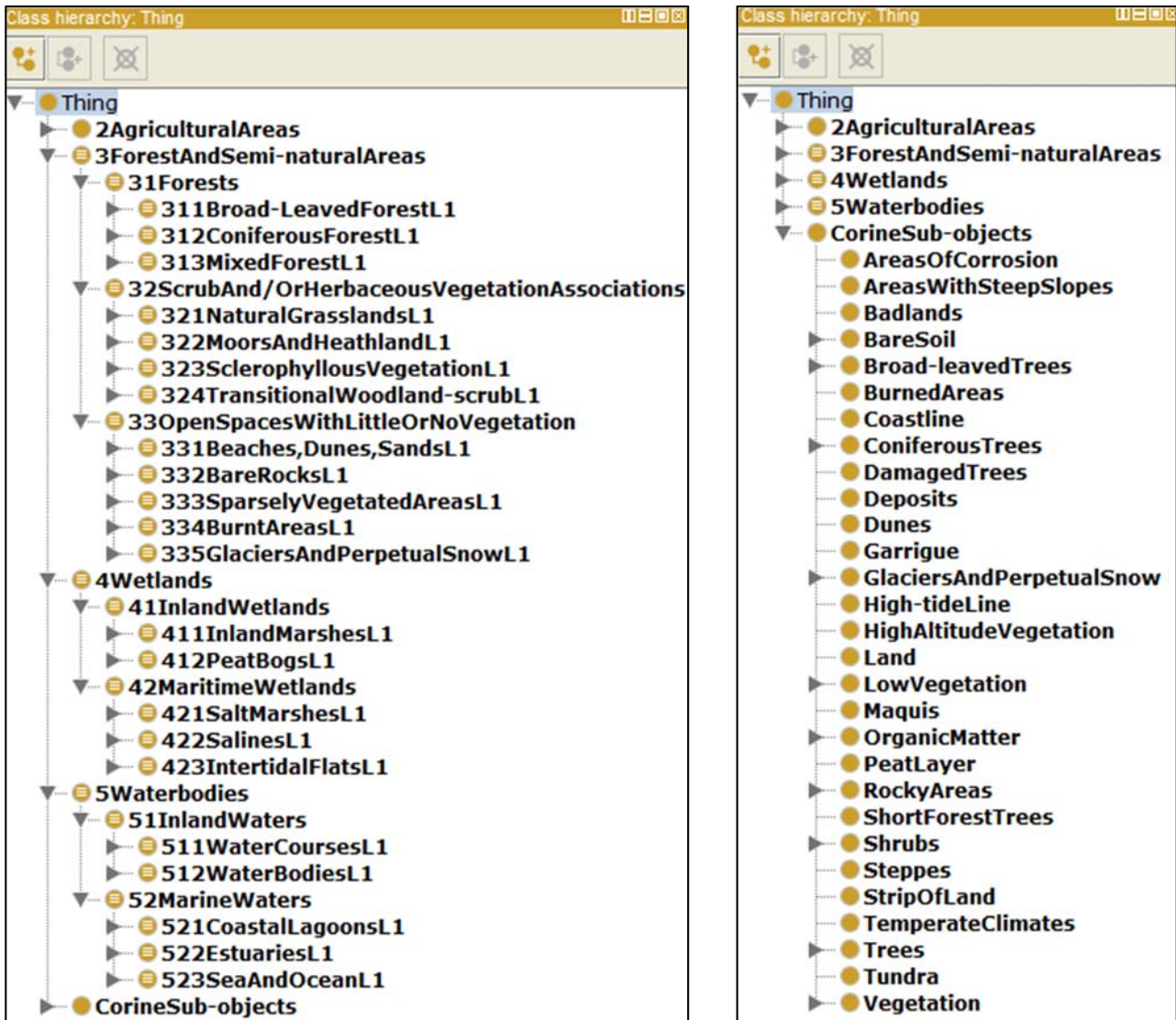
οντολογιών του Protégé (τα ονόματα των κλάσεων ξεκινούν με κεφαλαία και των ιδιοτήτων με μικρά, χωρίς κενά κλπ.). Μια σειρά από επεξεργασίες πραγματοποιήθηκαν στο πρόγραμμα Protégé όπως:

- Διαγραφή αντικειμένων και ιδιοτήτων οι οποίες δεν περιείχαν ωφέλιμη πληροφορία για το σκοπό που εξυπηρετούσε η οντολογία.
- Διαγραφή κλάσεων και δημιουργία νέων σύμφωνα με την ιεραρχία της ονοματολογίας του CLC.
- Μετονομασία ιδιοτήτων και κλάσεων σύμφωνα με τα πρότυπα σύνταξης οντολογιών του Protégé.
Πχ. Η ιδιότητα “Landsat TM RGB 321 Color” μετονομάστηκε σε “hasLandsatTmRgb321Color”.
- Υλοποίηση βοηθητικών κλάσεων (Corine Sub-objects) για την ομαλή λειτουργία των συσχετίσεων των αντικειμένων (Object Properties).

Στην Εικόνα 3.32 απεικονίζεται ένα στιγμιότυπο της οντολογίας στον Ontograph, ενώ στην Εικόνα 3.33 φαίνεται η ιεραρχία των κλάσεων. Έχουν δημιουργηθεί τρία επίπεδα σύμφωνα με την ονοματολογία του CLC, με δύο επίπεδα αναγνώρισης της κάθε κατηγορίας 3^{ου} επιπέδου. Το 1^ο επίπεδο αναγνώρισης (L1) περιέχει τις ελάχιστες αναγκαίες προϋποθέσεις για την ταυτοποίηση ενός αντικειμένου της κατηγορίας, ενώ το 2^ο επίπεδο (L2) περιέχει επιπλέον ιδιότητες, ορισμένες από τις οποίες είναι διαθέσιμες κυρίως με τη χρήση βοηθητικών δεδομένων, για την αύξηση του επιπέδου βεβαιότητας.

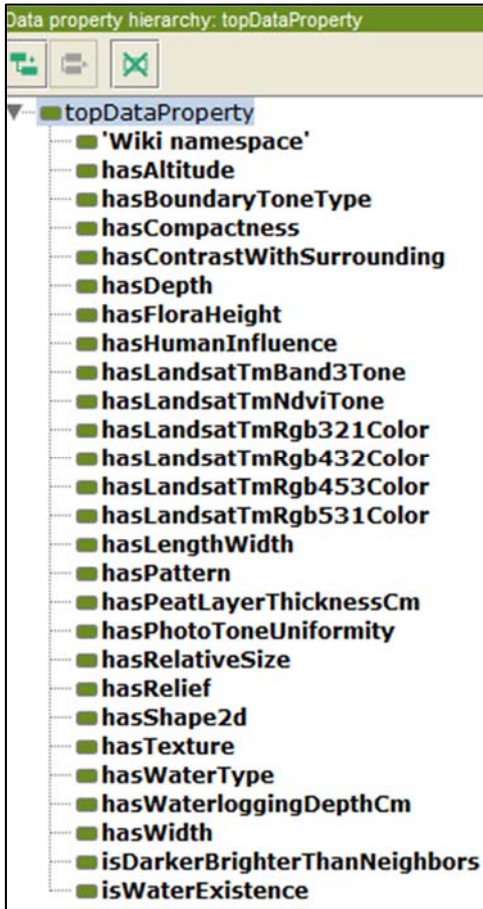


Εικόνα 3.32: Στιγμιότυπο της οντολογίας του Corine Land Cover στον OntoGraf



Εικόνα 3.33: Κλάσεις της οντολογίας του Corine Land Cover

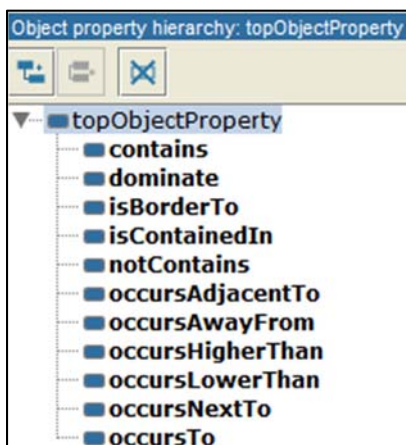
Στις Εικόνα 3.34 και 3.36 φαίνονται οι ιδιότητες τύπου δεδομένων (Datatype properties) και οι ιδιότητες αντικειμένων (Object properties) αντίστοιχα, ενώ αριστερά (Εικόνα 3.35) το αντικείμενο 3.1.2 Coniferous forest με τις ιδιότητες του.



Εικόνα 3.34: Οι ιδιότητες τύπου δεδομένων (Datatype Properties) της οντολογίας του Corine Land Cover



Εικόνα 3.35: Στιγμιότυπο αντικειμένου 312 Coniferous forest



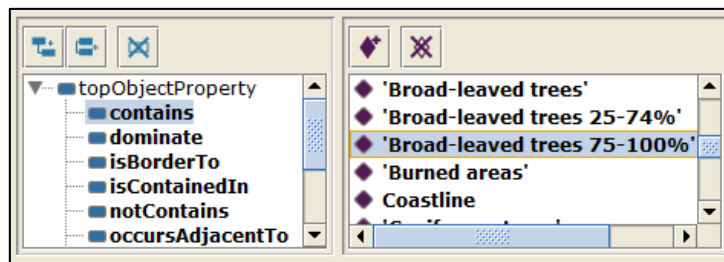
Εικόνα 3.36: Οι ιδιότητες αντικειμένων (Object Properties) της οντολογίας του Corine Land Cover

Χρήση Ιδιοτήτων Αντικειμένων/Τύπου δεδομένων για την υλοποίηση «ψευτοκλάσεων»

Παραπάνω παρουσιάστηκε μία λίστα με υπο-αντικείμενα του CLC (CorineSub-objects). Κάποια από αυτά τα αντικείμενα αποτελούν «ψευτοκλάσεις» που δεν αντιστοιχούν σε αντικείμενα του πραγματικού κόσμου (Πχ. ΠλατύφυλλαΔέντρα75-100%, Δέντρα30-100% κλπ.) αλλά χρησιμοποιήθηκαν ως αντικείμενα που περιλαμβάνονται σε ορισμένες κλάσεις-κατηγορίες για να περιγράψουν σχέσεις που περιγράφονται στα εγχειρίδια του CLC. Πχ. Η κατηγορία 3.1.1 Δάσος Πλατύφυλλων έχει ποσοστό πλατύφυλλων δέντρων πάνω από 75%. Η ιδιότητα αυτή μπορεί να εκφραστεί τόσο ως ιδιότητα αντικειμένου όσο και ως ιδιότητα τύπου δεδομένων ως εξής:

- Υλοποίηση «ψευτοκλάσεων» με Ιδιότητες Αντικειμένων (Object Properties)
 «Το ΔάσοςΠλατύφυλλων περιέχει ένα αντικείμενο με ΠοσοστόΠλατύφυλλωνΔέντρων75-100%»

Broad-leavedForest contains some BroadLeavedTrees75-100PerCent

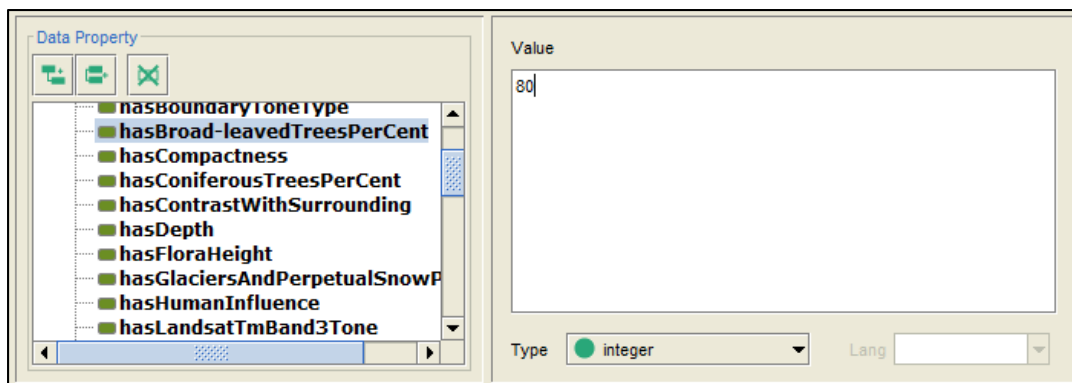


Εικόνα 3.37: Υλοποίηση «ψευτοκλάσεων» με Ιδιότητες Αντικειμένων (α)

- Υλοποίηση «ψευτοκλάσεων» με Ιδιότητες τύπου δεδομένων (Datatype Properties)
 «Το ΔάσοςΠλατύφυλλων έχειΠοσοστόΠλατύφυλλώνΔέντρων κάποιοι ακέραιο μεταξύ 75-100»

Broad-leavedForest hasBroadLeavedTreesPerCent some integer [>= 75, <= 100]

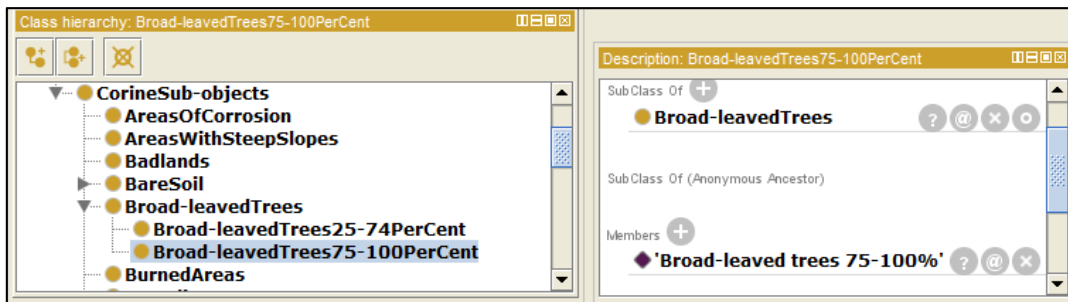
Σε αυτόν τον τρόπο υλοποίησης ο χρήστης μπορεί να εισάγει το ποσοστό με τη μορφή ακεραίου αριθμού.



Εικόνα 3.38: Υλοποίηση «ψευτοκλάσεων» με Ιδιότητες Τύπου Δεδομένων

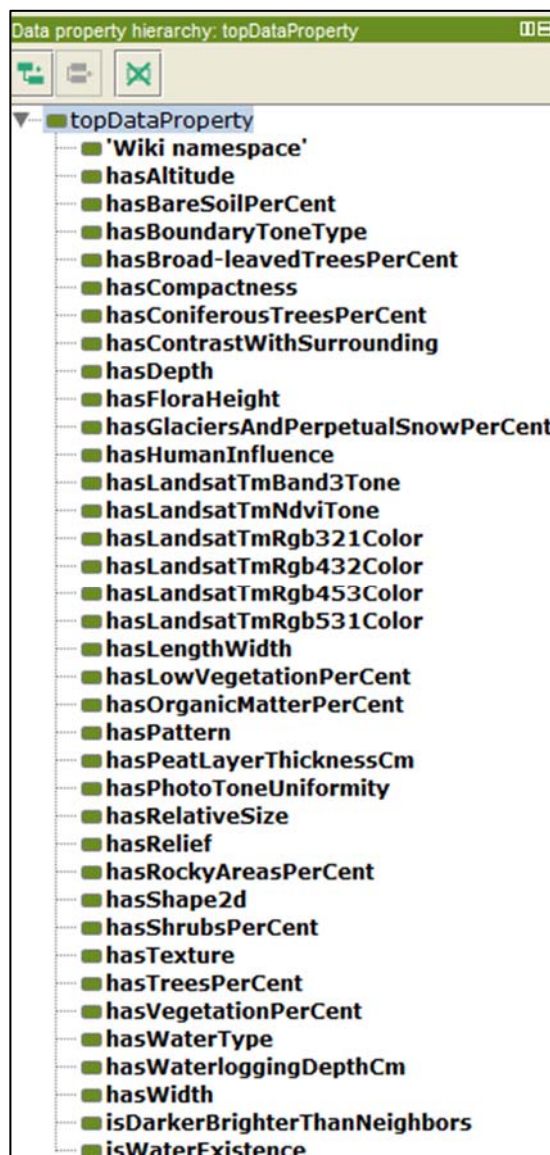
Από τους δύο τρόπους μοντελοποίησης ο εννοιολογικά σωστός, τόσο σύμφωνα με τα εγχειρίδια του CLC όσο και βάσει της θεωρίας των οντολογιών, είναι με τη χρήση ιδιοτήτων αντικειμένων και την υλοποίηση «ψευτοκλάσεων». Το CLC όταν αναφέρεται Πχ. σε πυκνότητα δέντρων (ή κάτι άλλο σχετικό) αναφέρεται σε υπο-αντικείμενα και άρα σε συσχετίσεις αντικειμένων (object properties). Η μετατροπή της σχέσης αυτής σε ιδιότητα τύπου δεδομένου (datatype property) εξαλείφει τη συσχέτιση που ορίζει το εγχειρίδιο του CLC με τα υπο-αντικείμενα του.

Συνεπώς, δημιουργήθηκαν τέτοιες «ψευτοκλάσεις» έτσι ώστε να δημιουργηθούν οι συσχετίσεις αντικειμένων και σε αυτές «κρεμάστηκαν» τα αντικείμενα που εξήχθησαν από το Wiki ως υλοποιήσεις αυτών των κλάσεων (Εικόνα 3.39).



Εικόνα 3.39: Υλοποίηση «ψευτοκλάσεων» με Ιδιότητες Αντικειμένων (β)

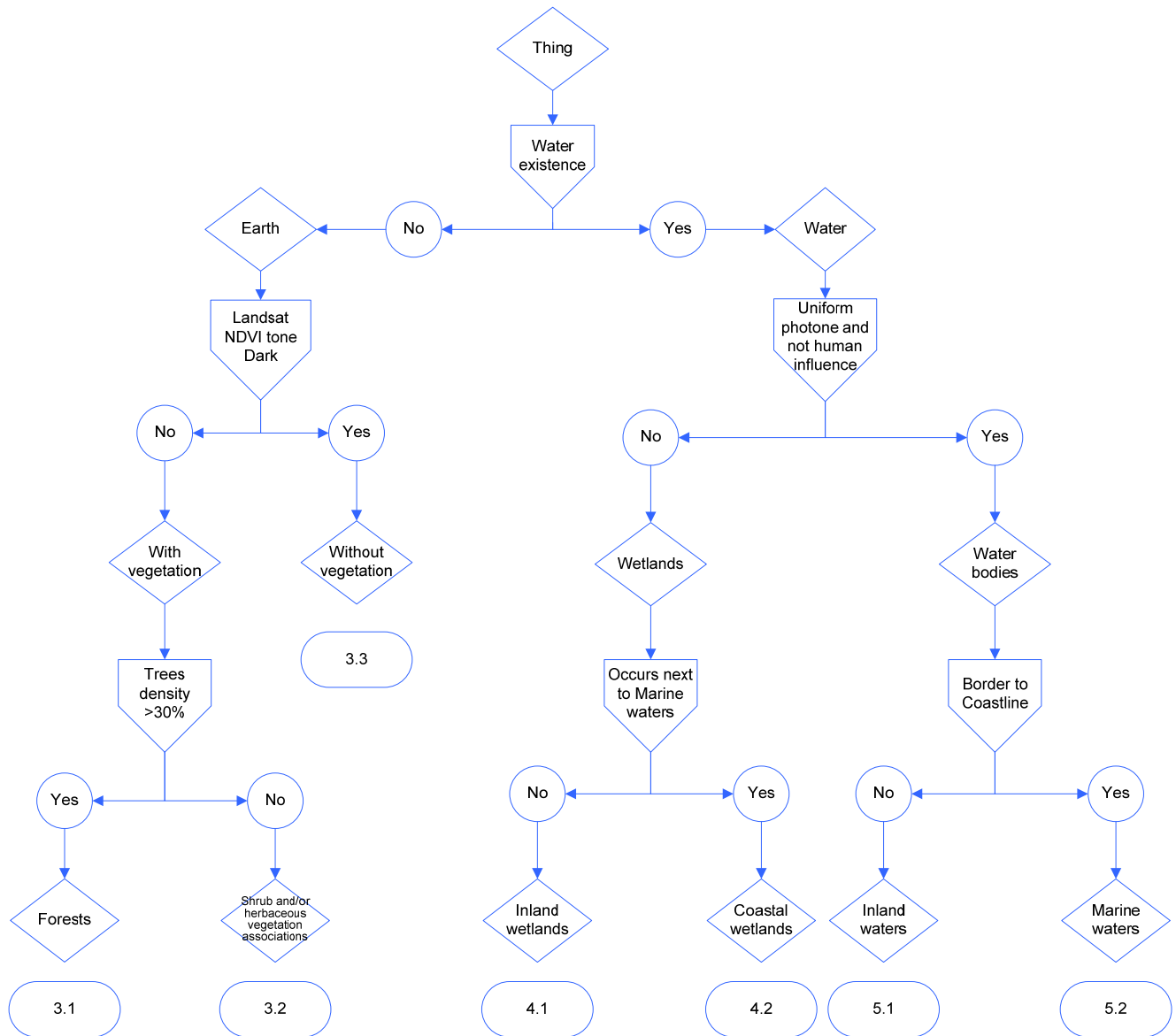
Ωστόσο, επιχειρήθηκε και η δημιουργία μίας 2ης οντολογίας (CLC Percentages) στην οποία οι διάφορες σχέσεις που περιέγραφαν την ύπαρξη υπο-αντικειμένων περιγράφονται με ιδιότητες τύπου δεδομένων για να εξεταστούν και αυτές οι δυνατότητες. Οι ιδιότητες τύπου δεδομένων αυτής της οντολογίας φαίνονται στην Εικόνα 3.40.



Εικόνα 3.40: Ιδιότητες τύπου δεδομένων οντολογίας CLC Percentages

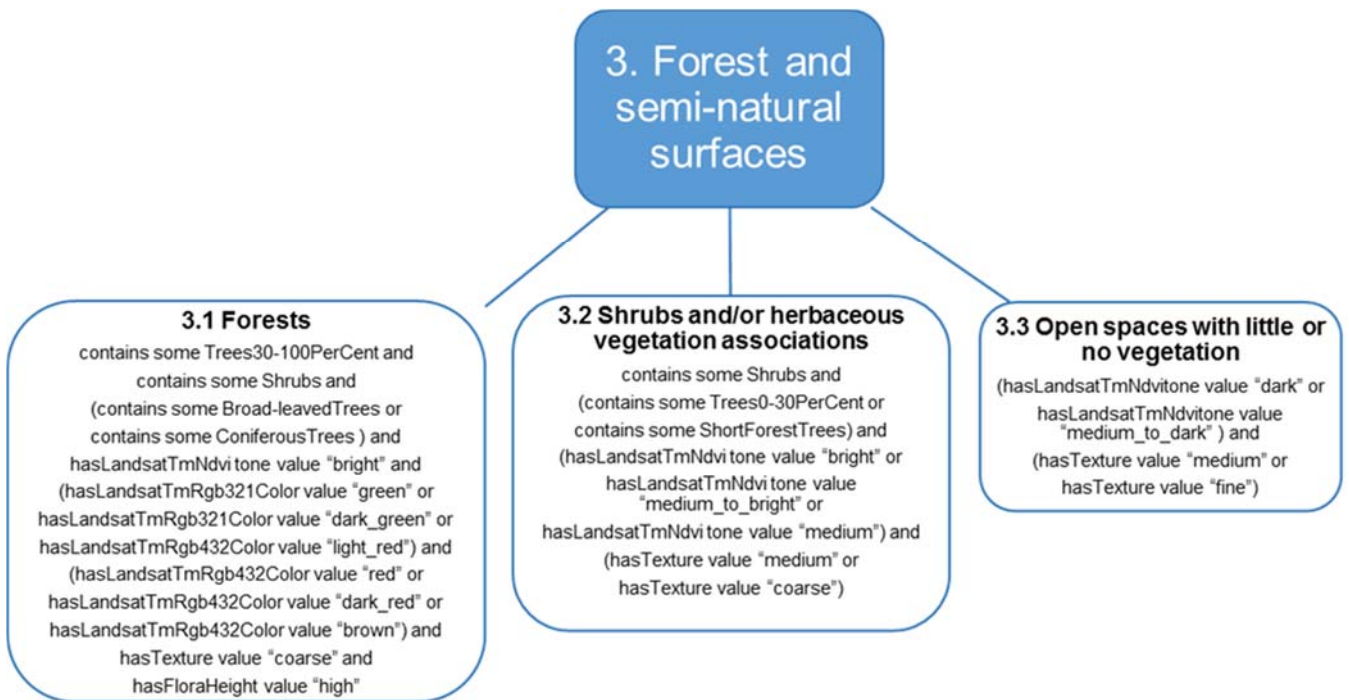
3.4.3 Διαχωρισμός κατηγοριών 2^{ου} επιπέδου

Ο διαχωρισμός των κατηγοριών 1^{ου} και 2^{ου} επιπέδου στηρίχθηκε στην ιεραρχία που χρησιμοποιήθηκε για τη δόμηση της ονοματολογίας του CLC και φαίνεται στην Παράγραφο 2.7.4 - Σχήμα 2.3 «Σκελετός ονοματολογίας του Corine Land Cover». Στο Σχήμα 3.2 διακρίνεται η λογική για το διαχωρισμό των κατηγοριών ενώ στα Σχήματα 3.3 – 3.5 ο διαχωρισμός των κατηγοριών 2^{ου} επιπέδου.



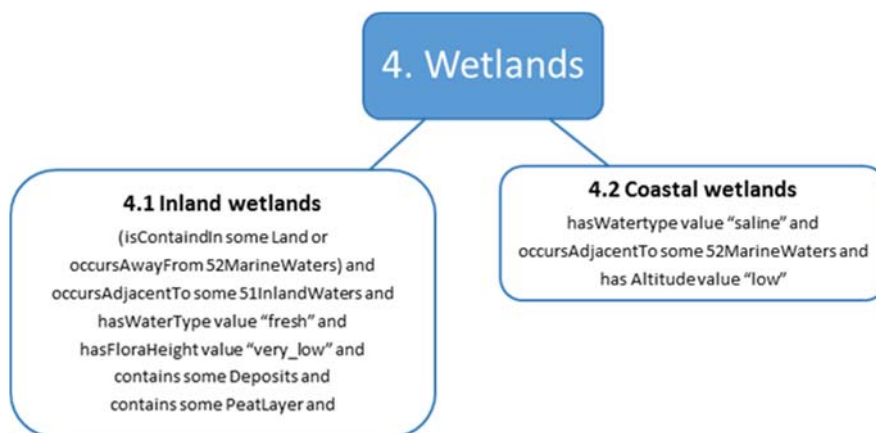
Σχήμα 3.2: Διαχωρισμός των κατηγοριών 2^{ου} επιπέδου του Corine Land Cover

Διαχωρισμός 2^{ου} επιπέδου της κατηγορίας 3. Δάση και ημι-φυσικές περιοχές



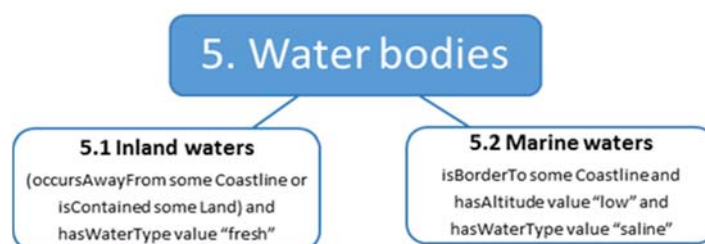
Σχήμα 3.3: Διαχωρισμός 2^{ου} επιπέδου της κατηγορίας 3. Δάση και ημι-φυσικές περιοχές

Διαχωρισμός 2^{ου} επιπέδου της κατηγορίας 4. Υγρότοποι



Σχήμα 3.4: Διαχωρισμός 2^{ου} επιπέδου της κατηγορίας 4. Υγρότοποι

Διαχωρισμός 2^{ου} επιπέδου της κατηγορίας 5. Υδάτινες επιφάνειες



Σχήμα 3.5: Διαχωρισμός 2^{ου} επιπέδου της κατηγορίας 5. Υδάτινες επιφάνειες

3.5 Παραδείγματα υλοποίησης

Ο συντάκτης οντολογιών Protégé παρέχει δυο τρόπους υποβολής ερωτημάτων στη βάση γνώσης της οντολογίας. Ο ένας τρόπος είναι μέσω της καρτέλας DL query, όπου ο χρήστης υποβάλλει ερωτήσεις στο σύστημα (δημιουργώντας εκφράσεις κλάσεων). Ο 2^{ος} και πρακτικά έμμεσος τρόπος, είναι η δημιουργία ενός νέου αντικειμένου με συγκεκριμένες ιδιότητες και αφότου έχουν υλοποιηθεί κάποιες κλάσεις ορισμού (defined classes) με τις αναγκαίες και ικανές συνθήκες ώστε να ανήκει ένα αντικείμενο σε αυτές, χρησιμοποιείται κάποιος εκλογικευτής και εξετάζεται η ιεραρχία των κλάσεων και η κλάση (κατηγορία του CLC) που ανήκει το αντικείμενο.

Σε αυτό το σημείο, παρατίθενται αρκετά παραδείγματα απλών ερωτήσεων στην καρτέλα DL query για να κατανοήσει ο αναγνώστης αυτή τη λειτουργία και τον τρόπο που είναι δομημένες οι κλάσεις, ενώ στη συνέχεια πραγματοποιείται και η σταδιακή αναγνώριση ορισμένων κατηγοριών του CLC χρησιμοποιώντας παραδείγματα από την Κρήτη και τη Θεσσαλονίκη. Έπειτα, δημιουργούνται τρία αντικείμενα από τις παραπάνω περιοχές, για τα οποία το αποτέλεσμα της συλλογιστικής υποδεικνύει την κατηγορία στην οποία ανήκουν.

Για την καλύτερη υλοποίηση του συστήματος ο χρήστης θα πρέπει να έχει στη διάθεση του το πρόγραμμα επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων ER Mapper. Προτείνεται η χρήση των παρακάτω δεικτών, καναλιών και έγχρωμων συνθέτων στο λογισμικό ER Mapper (κατά σειρά προτίμησης):

- Έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM
- Έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM
- Δείκτης NDVI του Landsat TM
- Τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM
- Έγχρωμο σύνθετο RGB 453 του Landsat TM
- Έγχρωμο σύνθετο RGB 531 του Landsat TM

Πέρα από τις δορυφορικές εικόνες της περιοχής, για ορισμένες κατηγορίες είναι απαραίτητη η χρήση βοηθητικών δεδομένων, όπως συνιστάται και από τα εγχειρίδια του CLC (Παράγραφος 2.7.3). Δεδομένα του λογισμικού Google earth φαίνεται να είναι ιδανικά, λόγω της ευκολίας και ελεύθερης πρόσβασης σε αυτά, της μεγάλης διακριτικής ικανότητας και της δυνατότητας παρατήρησης ιστορικών εικόνων ίδιας χρονολογίας με αυτή των δορυφορικών εικόνων που εξετάζονται (2003).

3.5.1 Υποβολή ερωτημάτων DL

Ο 1^{ος} και αμεσότερος τρόπος με τον οποίο ο χρήστης μπορεί να υποβάλλει ερωτήσεις στη βάση γνώσης της οντολογίας μέσα από το πρόγραμμα Protégé, είναι η καρτέλα DL query. Ένα ερώτημα είναι ουσιαστικά η έκφραση μίας κλάσης (class expression) και η απάντηση του ερωτήματος εμφανίζει την ιεραρχία των κλάσεων (υποκλάση – υπερκλάση κλπ.) καθώς και τα αντικείμενα που ανήκουν στη κλάση αυτή.

Ένα τυπικό ερώτημα, ακολουθεί τη φυσική γλώσσα χρησιμοποιώντας μια συγκεκριμένη ορολογία και κάποιους τελεστές (όπου για το Protégé 4 είναι οι: some, min, max, only, exactly, self και value).

- Οι Ιδιότητες Αντικειμένων (Object Properties), οι οποίες συνδέουν οντότητες μεταξύ τους, εισάγονται χρησιμοποιώντας το όνομα της ιδιότητας, έναν τελεστή και το αντικείμενο που συνδέεται. Για παράδειγμα «η κλάση Δάσος περιέχει Δέντρα». Το ερώτημα αυτό θα μπορούσε να υποβληθεί ως:

Thing and
contains some Trees

- Οι Ιδιότητες Τύπου Δεδομένων (Datatype Properties), οι οποίες συσχετίζουν οντότητες με διάφορους τύπους δεδομένων, έχουν έναν άλλο τρόπο σύνταξης. Για παράδειγμα, μια αλφαριθμητικού τύπου ιδιότητα απαιτεί επιπρόσθετα τη δήλωση του τύπου δεδομένων (^string) κατά την υποβολή του ερωτήματος. Μια κλάση όπου έχει την ιδιότητα «Το ύψος χλωρίδας είναι υψηλό» θα μπορούσε να εκφραστεί ως:

Thing and
hasFloraHeight value "high"^^string

Η ιδιότητα ακολουθείται από τον τελεστή value (ή exactly, min, max κλπ.), την τιμή της ιδιότητας μέσα σε " " (αποσιωπητικά) και τον τύπο της ιδιότητας, στην περίπτωση αλφαριθμητικού ^^string.

- Στην έκφραση των κλάσεων ο χρήστης μπορεί επίσης να κάνει συνδυαστικά ερωτήματα χρησιμοποιώντας τους τελεστές and και or.

Thing and
contains some Trees and
hasFloraHeight value "high"^^string

Διευκρινήσεις για την υποβολή ερωτημάτων DL

Κατά την υποβολή ερωτημάτων DL η απάντηση του συστήματος είναι:

- Αντικείμενα που έχουν τη συγκεκριμένη ιδιότητα και
- Κλάσεις

Όσον αφορά τις κλάσεις, δεν επιστρέφονται αυτές που απλά έχουν την ιδιότητα, αλλά θα πρέπει και οι κλάσεις όπως είναι ορισμένες να είναι υποσύνολα του συνόλου που ορίζεται με όλους τους περιορισμούς που θέτονται στο ερώτημα.

Έστω δύο κλάσεις οι οποίες έχουν τους εξής περιορισμούς (Σχήμα 3.6):

Class1: Thing and (color value "red" or color value "green")

Class2: Thing and (color value "red" and color value "green")

Και υποβάλλεται το ερώτημα: color value "red"

Όσο αφορά τις κλάσεις που θα επιστραφούν στο συγκεκριμένο ερώτημα αυτές είναι:

- Ισοδύναμες (equivalent classes): καμία κλάση
- Πρόγονοι (ancestors classes): Class1, Thing
- Υπερκλάσεις (super classes): Class1
- Υποκλάσεις (sub classes): Class 2
- Απόγονοι (descendant classes): Class 2

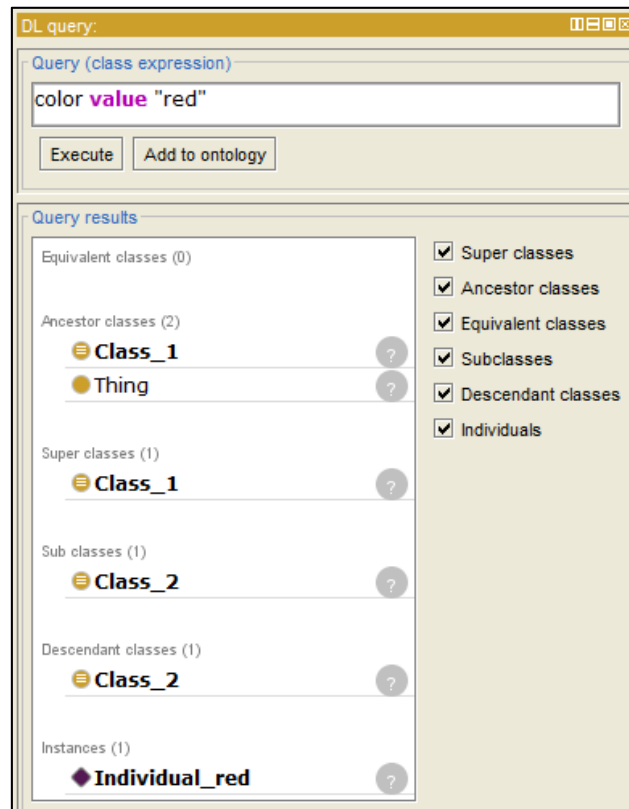
Αυτό γίνεται για τους εξής λόγους:

- Ο ορισμός της Class 1 είναι ένα σύνολο που περιέχει το σύνολο το οποίο ορίζεται από την ερώτηση, άρα θα επιστραφεί σαν υπερκλάση (superclass) ή εν γένει σαν πρόγονος (ancestor class).
- Ο ορισμός της Class 2 είναι ένα σύνολο που περιέχεται στο σύνολο το οποίο ορίζεται από την ερώτηση. Άρα θα επιστραφεί σαν υποκλάση ή απόγονος.



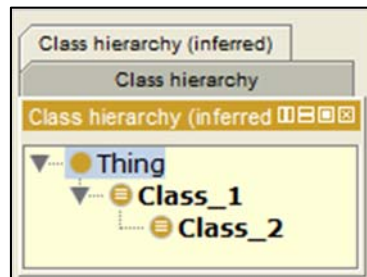
Σχήμα 3.6: Σχηματική αναπαράσταση τελεστών and και or

Όλα τα παραπάνω φαίνονται στο παράδειγμα της Εικόνας 3.41.



Εικόνα 3.41: Παράδειγμα υποβολής ερωτημάτων DL

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί και η καρτέλα Class hierarchy (inferred) (Εικόνα 3.42) όπου εμφανίζεται η νέα ιεραρχία των κλάσεων μετά την εκτέλεση της συλλογιστικής.



Εικόνα 3.42: Στιγμιότυπο καρτέλας Class hierarchy (inferred)

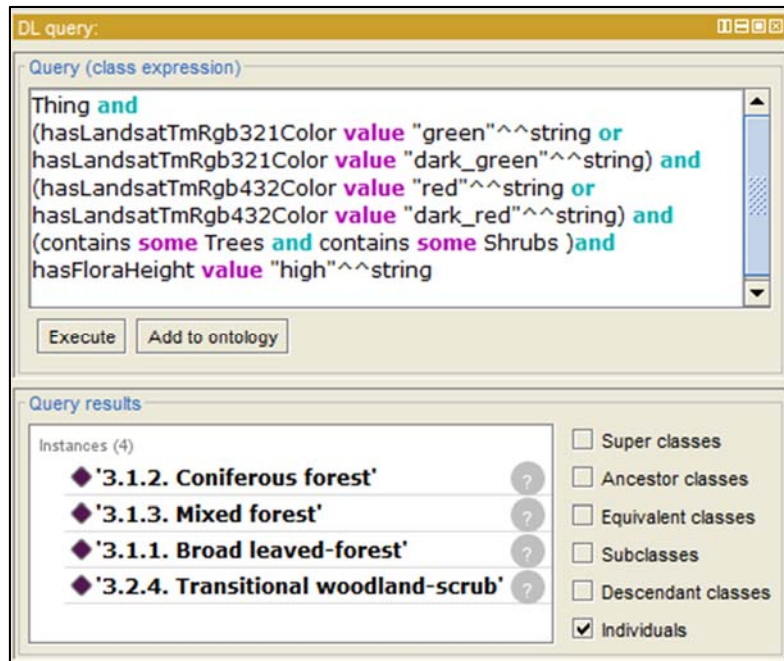
1^ο Ερώτημα DL

Έστω ότι ο χρήστης θέλει να εξετάσει τα αντικείμενα που ανήκουν σε μία κλάση που έχει τις εξής ιδιότητες (Πίνακας 3.6):

Ιδιότητα	Τιμή	Περιγραφή
contains	Trees, Shrubs	Περιλαμβάνονται δέντρα και θάμνοι
hasFloraHeight	high	Το ύψος χλωρίδας είναι υψηλό
hasLandsatTmRgb321Color	green, dark_green	Η απόχρωση στο έγχρωμο σύνθετο RGB 321 είναι πράσινη ή σκούρα πράσινη
hasLandsatTmRgb432Color	red, dark_red	Η απόχρωση στο έγχρωμο σύνθετο RGB 432 είναι κόκκινη ή σκούρα κόκκινη

Πίνακας 3.6: Ιδιότητες, τιμές και περιγραφή αυτών για το 1^ο Ερώτημα DL

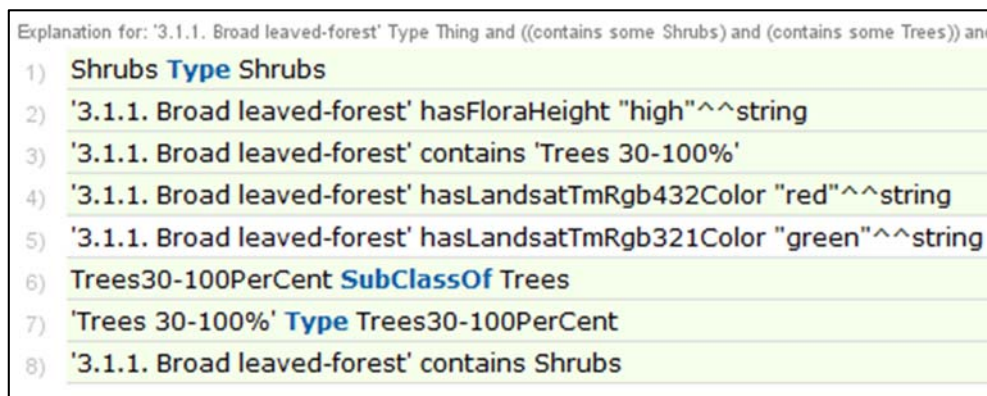
Στην Εικόνα 3.43 φαίνεται η μορφή υποβολής του ερωτήματος και τα αντικείμενα που ικανοποιούν τις προϋποθέσεις ώστε να ανήκουν στη συγκεκριμένη κλάση.



Εικόνα 3.43: Ερώτημα και αποτελέσματα 1^{ου} ερωτήματος DL

Επιλέγοντας το εικονίδιο εξηγούνται οι λόγοι που το κάθε αντικείμενο ανήκει στη συγκεκριμένη κλάση που δημιουργήθηκε (τις περισσότερες φορές οι εξηγήσεις είναι περισσότερες από μια). Στο συγκεκριμένο παράδειγμα μία εξήγηση (Εικόνα 3.44) που το αντικείμενο 3.1.1 Broad leaved-forest ανήκει στην κλάση που δημιουργήθηκε είναι η εξής:

- 1) Η κλάση **Θάμνοι** περιέχει το αντικείμενο 'Θάμνοι'.
- 2) Το αντικείμενο '3.1.1 Δάσος Πλατύφυλλων' για την ιδιότητα *έχειΎψοςΧλωρίδας* έχει την τιμή υψηλό.
- 3) Το αντικείμενο '3.1.1 Δάσος Πλατύφυλλων' περιέχει ένα αντικείμενο 'Δαση30-100%'.
- 4) Το αντικείμενο '3.1.1 Δάσος Πλατύφυλλων' για την ιδιότητα *έχειΑπόχρωσηΣτοΈγχρωμο-ΣύνθετοRGB432ΤουLandsatTm* έχει την τιμή κόκκινη.
- 5) Το αντικείμενο '3.1.1 Δάσος Πλατύφυλλων' για την ιδιότητα *έχειΑπόχρωσηΣτοΈγχρωμο-ΣύνθετοRGB321ΤουLandsatTm* έχει την τιμή πράσινη.
- 6) Η κλάση **ΠοσοστόΔέντρων30-100** αποτελεί υποκλάση της κλάσης **Δέντρα**.
- 7) Το αντικείμενο 'Δέντρα30-100%' ανήκει στην κλάση **ΠοσοστόΔέντρων30-100**.
- 8) Το αντικείμενο '3.1.1 Δάσος Πλατύφυλλων' περιέχει το αντικείμενο 'Θάμνοι'.



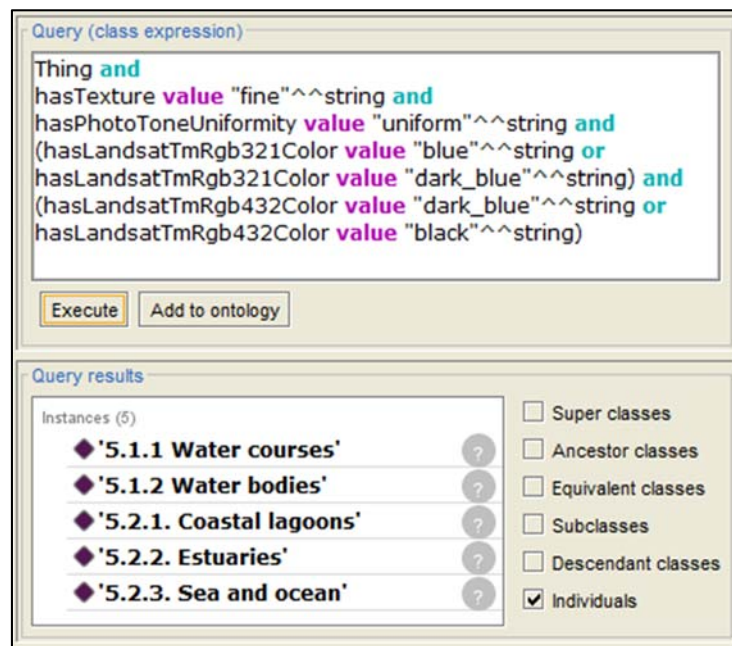
Εικόνα 3.44: Εξήγηση 1^{ου} ερωτήματος DL

2^ο Ερώτημα DL

Με όμοιο τρόπο μπορούν να εξεταστούν τα αντικείμενα που πιθανώς ανήκουν στην κατηγορία 1^{ου} επιπέδου του CLC – Υδάτινες επιφάνειες. Στον Πίνακα 3.7 φαίνονται οι ιδιότητες και η περιγραφή της κάθε ιδιότητας, ενώ στην Εικόνα 3.45 οι ιδιότητες της κλάσης και το αποτέλεσμα του ερωτήματος.

Ιδιότητα	Τιμή	Περιγραφή
hasLandsatTmRgb321Color	blue, dark_blue	Η απόχρωση στο έγχρωμο σύνθετο RGB 321 είναι μπλε ή σκούρα μπλε
hasLandsatTmRgb432Color	dark_blue, black	Η απόχρωση στο έγχρωμο σύνθετο RGB 432 είναι σκούρα μπλε ή μαύρη
hasTecture	fine	Η υφή είναι λεία
hasPhototoneUniformity	uniform	Ο τόνος είναι ομοιόμορφος

Πίνακας 3.7: Ιδιότητες, τιμές και περιγραφή αυτών για το 2^ο Ερώτημα DL



Εικόνα 3.45: Ερώτημα και αποτελέσματα 2^{ου} ερωτήματος DL

3^ο Ερώτημα DL

Έστω ότι ο χρήστης θέλει να εξετάσει σε ποια κατηγορία ανήκει ένα αντικείμενο σε ένα χάρτη Google earth (Εικόνα 3.46).

Τα προηγούμενα παραδείγματα αφορούσαν τη δημιουργία μίας κλάσης ώστε να εξεταστούν τα αντικείμενα που ανήκουν σε αυτή. Σε αυτό το παράδειγμα (όπως και στα επόμενα που ακολουθούν) θα δοθούν ορισμένες ιδιότητες του υπο εξέταση αντικείμενου και θα εξεταστούν τα αντικείμενα που έχουν αυτές τις ιδιότητες/ανήκουν στην ίδια κλάση.

Στον Πίνακα 3.8 φαίνονται οι ιδιότητες, οι τιμές τους και η περιγραφή αυτών για το αντικείμενο της Εικόνας 3.46.

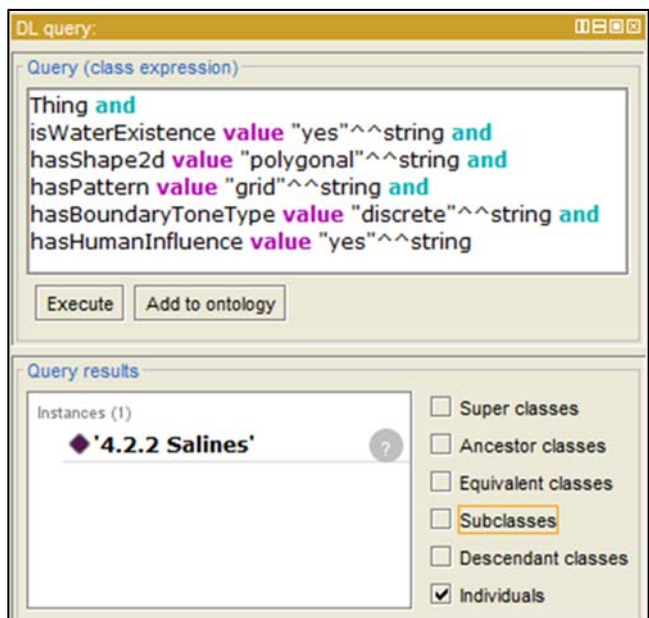


Εικόνα 3.46: Παράδειγμα από αλυκές στην περιοχή Μεσολογγίου, 2012

Ιδιότητα	Τιμή	Περιγραφή
isWaterExistence	yes	Ύπαρξη νερού
hasShape2d	polygonal	Το σχήμα σε 2 διαστάσεις της μονάδας είναι πολύγωνο
hasPattern	grid	Η διάταξη των αντικειμένων φαίνεται να έχει πρότυπο τύπου κανάβου
hasBoundaryToneType	discrete	Το είδος του τόνου περιγράμματος είναι διακριτό
hasHumanInfluence	yes	Φαίνονται σημάδια ανθρώπινης παρέμβασης

Πίνακας 3.8: Ιδιότητες, τιμές και περιγραφή αυτών για το 3^ο Ερώτημα DL

Το ερώτημα θα έχει τη μορφή που φαίνεται στην Εικόνα 3.47, ενώ το αποτέλεσμα δείχνει ότι σε μία κλάση με τις ιδιότητες του Πίνακα 3.8 ανήκει ένα αντικείμενο της κατηγορίας 4.2.2 Αλυκές και προφανώς και το υπο εξέταση αντικείμενο ανήκει σε αυτή την κατηγορία.

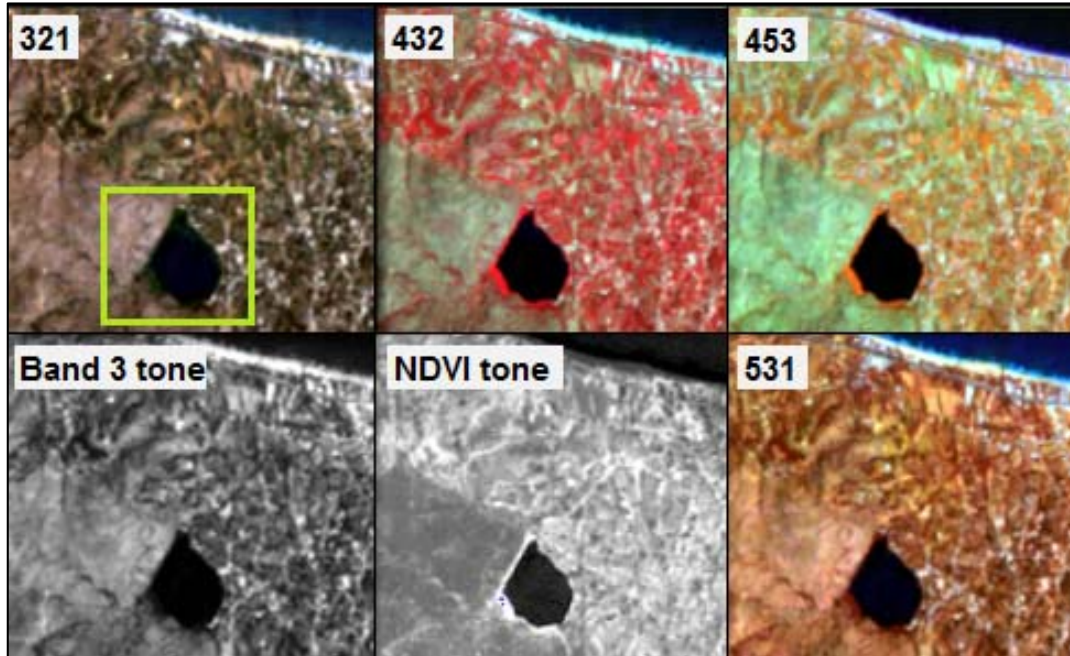


Εικόνα 3.47: Ερώτημα και αποτελέσματα 3^{ου} ερωτήματος DL

4^ο Ερώτημα DL

Παράδειγμα αναγνώρισης «5.1.2 Επιφάνεια στάσιμου ύδατος»

Στα προηγούμενα παραδείγματα παρουσιάστηκε η διαδικασία υποβολής ερωτημάτων στην καρτέλα DL query ή αλλιώς η δημιουργία μιας κλάσης για να εξεταστεί ποια αντικείμενα ανήκουν σε αυτή. Στο παράδειγμα αυτό θα γίνει η προσπάθεια να επιβεβαιωθεί η κατηγορία μιας επιφάνειας στάσιμου ύδατος στο νομό Χανίων (Εικόνα 3.48).



Εικόνα 3.48: Υπο εξέταση περιοχή για την υλοποίηση του 4^{ου} ερωτήματος DL, νομός Χανίων, 2003

Το ερώτημα θα ξεκινήσει με ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά της υπο εξέταση περιοχής που διακρίνονται στην Εικόνα 3.48 και είναι τα εξής:

- Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM σκούρος, οπότε επιλέγεται η ιδιότητα *hasLandsatTmBand3Tone* με τιμή **dark**.
- Ο τόνος του δείκτη NDVI του Landsat TM είναι σκούρος, οπότε επιλέγεται η ιδιότητα *hasLandsatTmNdvITone* με τιμή **dark**.
- Η απόχρωση στο έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM είναι μπλε ή σκούρα μπλε, οπότε επιλέγεται η ιδιότητα *hasLandsatTmRgb321Color* με τιμή **blue** ή **dark_blue**.
- Η απόχρωση στο έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM είναι μαύρη, οπότε επιλέγεται η ιδιότητα *hasLandsatTmRgb432Color* με τιμή **black**.
- Η απόχρωση στο έγχρωμο σύνθετο RGB 453 του Landsat TM είναι μαύρη, οπότε επιλέγεται η ιδιότητα *hasLandsatTmRgb453Color* με τιμή **black**.
- Η απόχρωση στο έγχρωμο σύνθετο RGB 531 του Landsat TM είναι μπλε ή σκούρα μπλε οπότε επιλέγεται η ιδιότητα *hasLandsatTmRgb531Color* με τιμή **blue** ή **dark_blue**.
- Η υφή είναι λεία και επιλέγεται η ιδιότητα *hasTexture* με τιμή **fine**.
- Ο τόνος περιγράμματος είναι διακριτός, οπότε επιλέγεται η ιδιότητα *hasBoundaryToneType* με τιμή **discrete**.
- Το σχήμα σε 2 διαστάσεις είναι κυκλικό και επιλέγεται η ιδιότητα *hasShape2D* με τιμή **circular**.
- Το μήκος είναι περίπου ίσο με το πλάτος, οπότε επιλέγεται η ιδιότητα *hasLengthWidth* με τιμή **proportion_the_same**.
- Το σχήμα δεν φαίνεται να ακολουθεί το πρότυπο κάποιου κανονικού σχήματος οπότε επιλέγεται η ιδιότητα *hasCompactness* με τιμή **non-compact**.
- Η περιοχή παρουσιάζει αντίθεση με το περιβάλλον και επιλέγεται η ιδιότητα *hasContrastWithSurrounding* με τιμή **yes**.

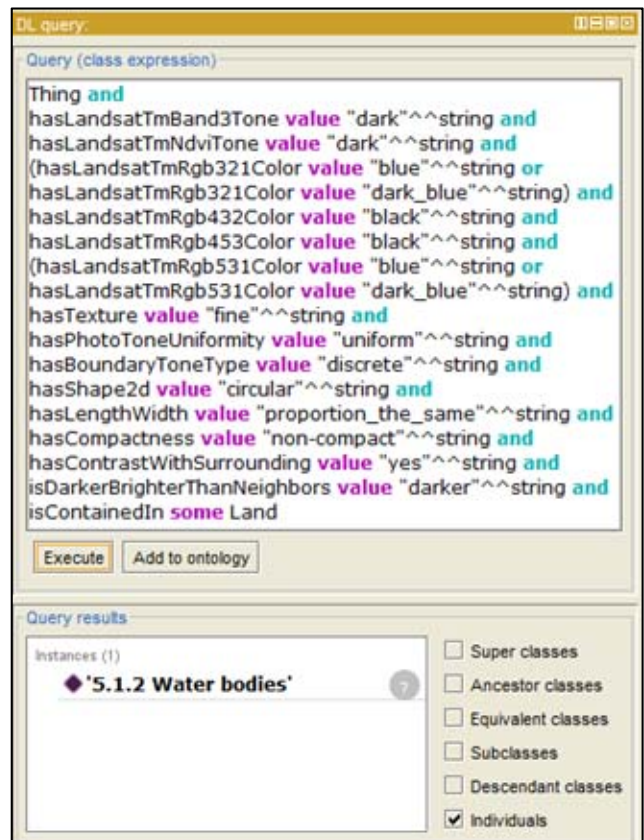
- Εφόσον το αντικείμενο παρουσιάζει αντίθεση με το περιβάλλον, θα πρέπει να προσδιοριστεί και το είδος της αντίθεσης. Όπως φαίνεται στην εικόνα το αντικείμενο είναι πιο σκούρο από τα γειτονικά, οπότε επιλέγεται η ιδιότητα *isDarkerBrighterThanNeighbors* με τιμή **darker**.
- Το αντικείμενο περιβάλλεται από στεριά, οπότε επιλέγεται η ιδιότητα (object property) *isContainedIn* με τιμή **Land**.

Οι παραπάνω ιδιότητες συγκεντρώνονται στον Πίνακα 3.9.

Ιδιότητα	Τιμή
hasLandsatTmBand3Tone	dark
hasLandsatTmNdviTone	dark
hasLandsatTmRgb321Color	blue, dark_blue
hasLandsatTmRgb432Color	black
hasLandsatTmRgb452Color	black
hasLandsatTmRgb531Color	blue, dark_blue
hasTexture	fine
hasPhotoToneUniformity	uniform
hasBoundaryToneType	discrete
hasShape2d	circular
hasLengthWidth	proportion_the_same
hasCompactness	non-compact
hasContrastWithSurrounding	yes
isDarkerBrighterThanNeighbors	darker
isContainedIn	Land

Πίνακας 3.9: Ιδιότητες και τιμές αυτών για το 4^ο ερώτημα DL (α)

Μετά την εισαγωγή των στοιχείων του πίνακα μπορεί να εκτελεστεί ένα 1^ο ερώτημα. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν ότι πρόκειται για επιφάνεια στάσιμου ύδατος (Εικόνα 3.49)



Εικόνα 3.49: Παράδειγμα υλοποίησης 4^{ου} ερωτήματος DL (α)

Τέλος μία εικόνα Google earth (Εικόνα 3.50) θα μπορούσε να προσφέρει επιπλέον πληροφορία για το υπό εξέταση αντικείμενο. Τα στοιχεία αυτά συγκεντρώνονται στον Πίνακα 3.10 και υποβάλλεται ένα ακόμα ερώτημα (για αύξηση του επιπέδου βεβαιότητας), αυτή τη φορά με δεδομένο ότι πρόκειται για ένα αντικείμενο της κατηγορίας 5.1.2 Επιφάνειες στάσιμου ύδατος. Τα αποτελέσματα φαίνονται στην Εικόνα 3.52, ενώ στην Εικόνα 3.51 επιβεβαιώνονται.



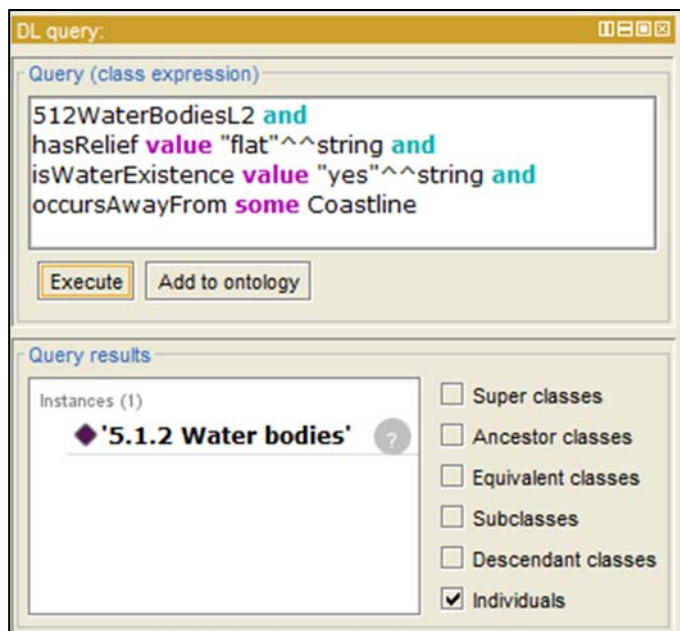
Εικόνα 3.50: Βοηθητική εικόνα για την υλοποίηση του 4^{ου} ερωτήματος DL, νομός Χανίων, 2003

Ιδιότητα	Τιμή	Περιγραφή
	5.1.2 Water bodies	Πρόκειται για μία λίμνη
hasRelief	flat	Το ανάγλυφο του αντικειμένου είναι ομαλό
isWaterExistence	yes	Το αντικείμενο περιέχει νερό
occursAwayFrom	Coastline	Βρίσκεται μακριά από την ακτή

Πίνακας 3.10: Ιδιότητες, τιμές και περιγραφή αυτών για το 4^ο ερώτημα DL (β)



Εικόνα 3.51: Αντιπαραβολή της υπό εξέταση περιοχής με τον χάρτη CLC 2000, περιοχή Χανίων Κρήτης

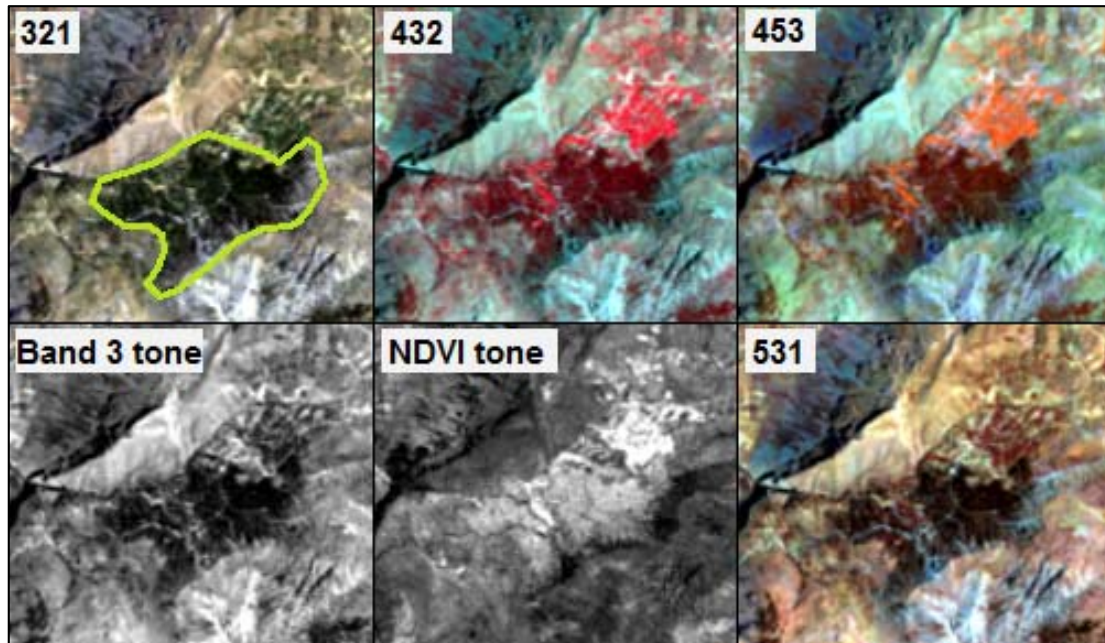


Εικόνα 3.52: Παράδειγμα υλοποίησης 4^{ου} ερωτήματος DL (β)

5^ο Ερώτημα DL

Παράδειγμα αναγνώρισης «3.1.2 Δάσος κωνοφόρων»

Στη συνέχεια, θα γίνει η αναγνώριση μιας δασώδους περιοχής στον νομό Ηρακλείου.



Εικόνα 3.53: Υπο εξέταση περιοχή για την υλοποίηση του 5^{ου} ερωτήματος DL, νομός Ηρακλείου, 2003

Το οριοθετημένο αντικείμενο στην Εικόνα 3.53 φαίνεται να αποτελεί κάποια μορφή δασώδους σχηματισμού λόγω των αποχρώσεων που έχει στα έγχρωμα σύνθετα RGB 321 και 432 του δορυφόρου Landsat TM. Όπως και στα προηγούμενα παραδείγματα, θα συμπληρωθεί καταρχήν ο πίνακας ιδιότητας – τιμή ιδιότητας (Πίνακας 3.11) για το υπο εξέταση αντικείμενο και θα υποβληθεί το ερώτημα με αυτά τα στοιχεία στην καρτέλα DL query.

Ιδιότητα	Τιμή
hasLandsatTmBand3Tone	medium_to_dark
hasLandsatTmNdviTone	bright
hasLandsatTmRgb321Color	green, dark_green
hasLandsatTmRgb432Color	red, dark_red
hasLandsatTmRgb453Color	brown, light_brown
hasLandsatTmRgb531Color	brown, dark_brown
hasTexture	coarse
hasPhotoToneUniformity	non-uniform
hasBoundaryToneType	non-discrete
hasContrastWithSurrounding	yes
isDarkerBrighterThanNeighbors	darker

Πίνακας 3.11: Ιδιότητες και τιμές αυτών για το 5^ο ερώτημα DL (α)

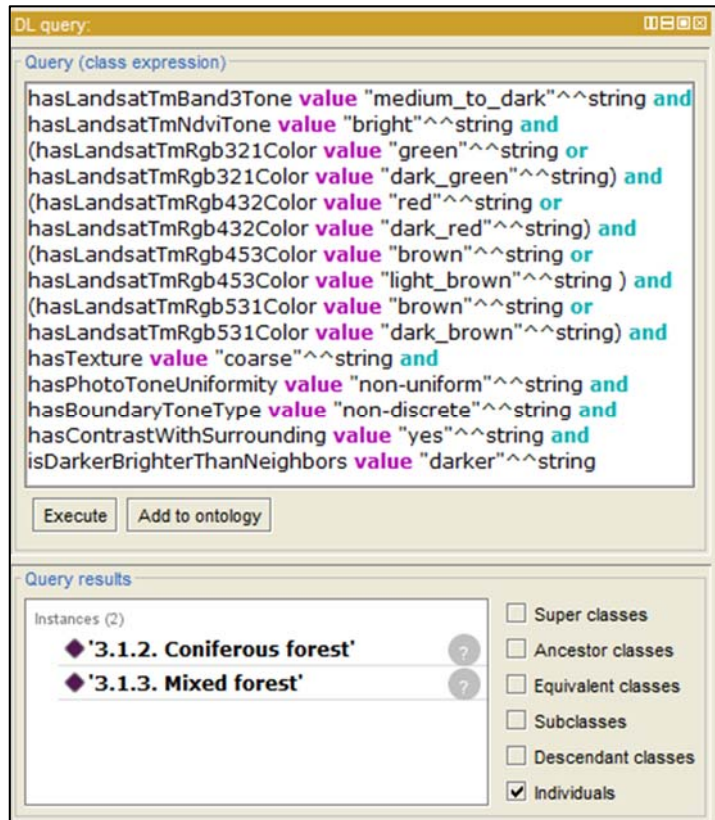
Από το ερώτημα στη βάση γνώσης της οντολογίας (Εικόνα 3.54) φαίνεται ότι το υπο εξέταση αντικείμενο πρόκειται για ένα δάσος (Δάσος Κωνοφόρων ή Μικτό δάσος), μια αναμενόμενη σύγχυση αφού τα δύο είδη δασών έχουν κοινά φωτοαναγνωριστικά χαρακτηριστικά και η διαφορά του έγκειται στο ποσοστό των κωνοφόρων δέντρων επί του συνόλου των δέντρων.

Οι ορισμοί του CLC διαχωρίζουν τα διάφορα είδη δάσους ανάλογα με το ποσοστό των πλατύφυλλων και κωνοφόρων δέντρων. Έτσι στο δάσος πλατύφυλλων, τα πλατύφυλλα δέντρα αποτελούν πάνω από το 75% του συνόλου των δέντρων, ενώ στο δάσος κωνοφόρων αντίστοιχα τα κωνοφόρα δέντρα αποτελούν πάνω από το 75%, ενώ αν και τα δύο ποσοστά είναι μικρότερα από 75% πρόκειται για μικτό δάσος.

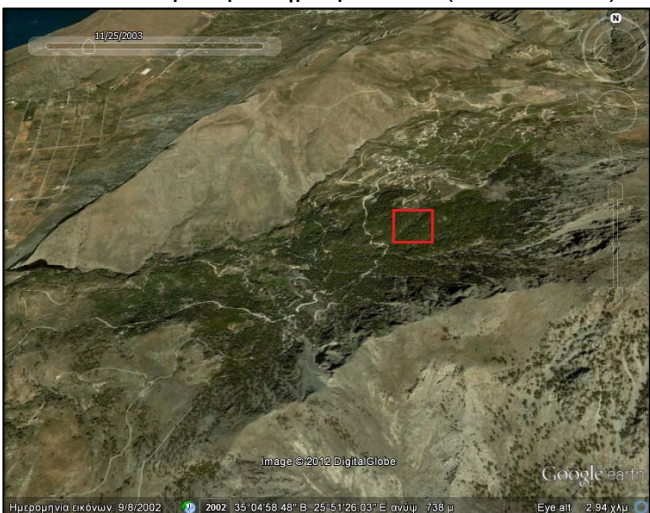
Η Εικόνα 3.55 (Google earth με χρονολογία λήψης 2002) παρουσιάζει μία περιοχή με πυκνή κάλυψη δέντρων και ύπαρξη θαμνώδους βλάστησης. Θα μπορούσε να εκτιμηθεί λοιπόν, ότι το ποσοστό δέντρων στην περιοχή είναι γύρω στο 70%, με θαμνώδης βλάστηση να καλύπτει επίσης ένα μέρος της περιοχής.

Ακόμα, ο τύπος δέντρων φαίνεται να είναι κατά βάση ίδιος λόγω της ομοιομορφίας του τόνου στις δορυφορικές εικόνες (κωνοφόρα δέντρα όπως επιβεβαιώθηκε παραπάνω). Το ποσοστό πιθανώς να κυμαίνεται γύρω στο 95% του συνόλου των δέντρων.

Οι ιδιότητες αυτές εκφράζουν υπο-αντικείμενα («ψευτοκλάσεις») του πραγματικού κόσμου (σύμφωνα με την 1^η υπόθεση που έγινε στην Παράγραφο 3.4.2). Συνεπώς, η οριοθετημένη περιοχή περιέχει ένα αντικείμενο του οποίου η επιφάνεια καλύπτεται σε ποσοστό 70% από δέντρα (ανήκει στη «ψευτοκλάση» *Trees30-100%*) ενώ το 95% των δέντρων αυτών είναι κωνοφόρα (ανήκει στη «ψευτοκλάση» *ConiferousTrees75-100%*). Τα στοιχεία αυτά συγκεντρώνονται στον Πίνακα 3.12 και υποβάλλεται ένα ακόμα ερώτημα με αυτά (Εικόνα 3.56).



Εικόνα 3.54: Ερώτημα και αποτελέσματα 5^{ου} ερωτήματος DL (α)

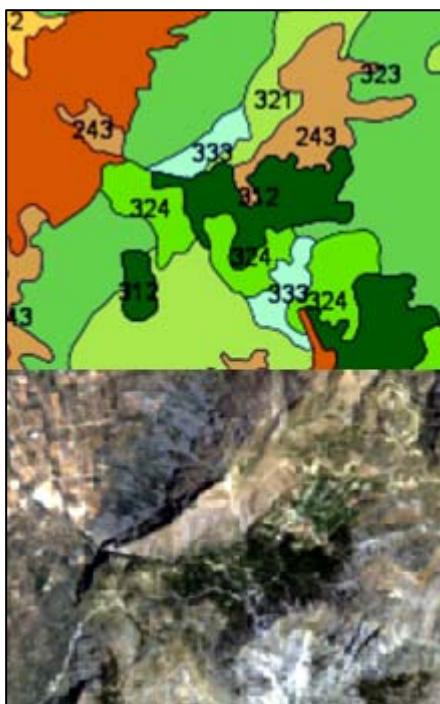


Εικόνα 3.55: Βοηθητική εικόνα για την υλοποίηση του 5^{ου} ερωτήματος DL, νομός Ηρακλείου, 2003

Ιδιότητα	Τιμή
	312ConiferousForest or 313MixedForest
contains	Trees30-100%, ConiferousTrees75-100%, Shrubs
dominate	ConiferousTrees
hasFloraHeight	high

Πίνακας 3.12: Ιδιότητες και τιμές αυτών για το 5^ο ερώτημα DL (β)

Τελικά, όπως ήταν αναμενόμενο από το υψηλό ποσοστό κωνοφόρων δέντρων πρόκειται για την κατηγορία 3.1.2 Δάσος Κωνοφόρων και τα αποτελέσματα επαληθεύονται και στο χάρτη του CLC (Εικόνα 3.57)



Εικόνα 3.57: Αντιπαραβολή της υπό εξέταση περιοχής με τον χάρτη CLC 2000, περιοχή Ηρακλείου Κρήτης

DL query:

Query (class expression)

```
(312ConiferousForestL1 or 313MixedForestL1) and
(contains some ConiferousTrees75-100PerCent and
contains some Trees30-100PerCent and
contains some Shrubs) and
dominate some ConiferousTrees and
hasFloraHeight value "high"^^string
```

Execute Add to ontology

Query results

Instances (1)

- ◆ '3.1.2. Coniferous forest' ?

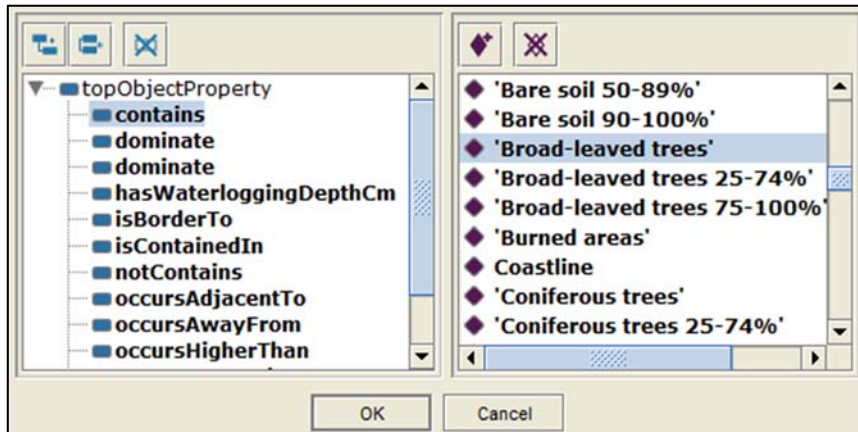
- Super classes
- Ancestor classes
- Equivalent classes
- Subclasses
- Descendant classes
- Individuals

Εικόνα 3.56: Ερώτημα και αποτελέσματα 5^{ου} ερωτήματος DL (β)

3.5.2 Δημιουργία αντικειμένων και κατηγοριοποίηση τους

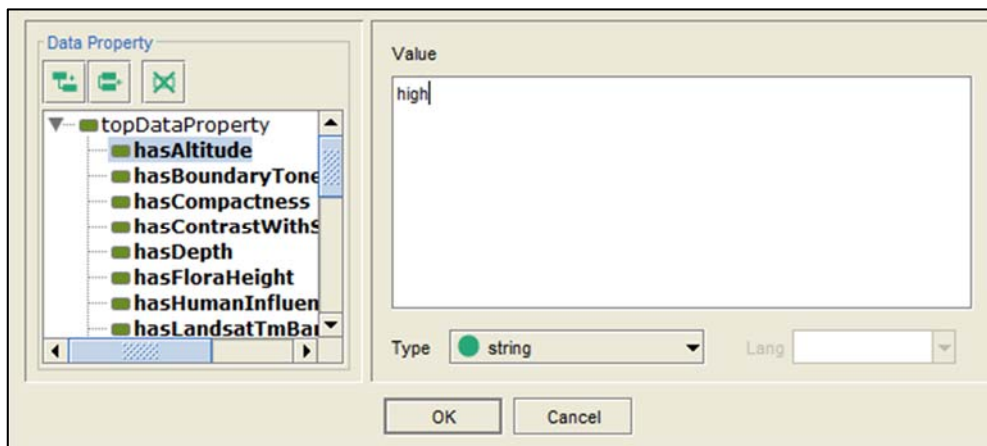
Στην καρτέλα Individuals ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει ένα νέο αντικείμενο με συγκεκριμένες ιδιότητες, καθοδηγούμενος από τη δομή του προγράμματος. Έπειτα, με την εκτέλεση της συλλογιστικής μπορεί να εξεταστεί η ιεραρχία των κλάσεων και η κατηγορία του CLC που πιθανώς ανήκει το αντικείμενο.

Αρχικά, δημιουργείται ένα νέο αντικείμενο *IndividualTest1*. Στην Εικόνα 3.58 φαίνεται ένα παράδειγμα όπου το αντικείμενο *IndividualTest1* περιλαμβάνει το αντικείμενο *Broad-leaved trees*.



Εικόνα 3.58: Εισαγωγή ιδιοτήτων σε νέο Αντικείμενο (Individual) στο Protégé (α)

Ομοίως και για την εισαγωγή μιας ιδιότητας τύπου δεδομένων (Data properties), επιλέγεται το Data property assertions και ακολουθείται η ίδια διαδικασία, με τη διαφορά ότι πρέπει να δηλωθεί ο τύπος των δεδομένων (Εικόνα 3.59).



Εικόνα 3.59: Εισαγωγή ιδιοτήτων σε νέο Αντικείμενο (Individual) στο Protégé (β)

Στην Παράγραφο 3.5.1 υλοποιήθηκαν ορισμένα παραδείγματα έκφρασης κλάσεων, στην καρτέλα DL query, για κάποιες κατηγορίες του CLC εισάγοντας τμηματικά ιδιότητες ενός αντικειμένου και καταλήγοντας σταδιακά στα αντικείμενα που ανήκουν στη νέα κλάση.

Σε αυτό το σημείο θα υλοποιηθούν αντίστοιχα τέσσερα παραδείγματα δημιουργίας αντικειμένων για κάποιες κατηγορίες του CLC. Θα εισαχθούν οι ιδιότητες τους με τον τρόπο που παρουσιάστηκε και έπειτα θα τεθεί ένας μηχανισμός εξαγωγής συμπερασμάτων ώστε να εξετασθεί σε ποια κατηγορία πιθανώς ανήκουν τα αντικείμενα αυτά.

Διευκρινήσεις για τη διαδικασία δημιουργίας αντικείμενων

Όπως έχει φανεί στα παραπάνω, η ταξινόμηση ενός αντικείμενου σε μία κλάση ορισμού (defined class) προϋποθέτει ότι για το αντικείμενο είναι αληθείς όλες οι συνθήκες που συνδέονται με **και (and)**, ενώ για τις συνθήκες που συνδέονται με **ή (or)** αρκεί το αντικείμενο να έχει αληθές έστω και μία από αυτές. Συνεπώς, επειδή οι κατηγορίες έχουν «χτιστεί» με μια πληθώρα ιδιοτήτων, η εισαγωγή αυτών στα δοκιμαστικά αντικείμενα θα πρέπει να γίνεται με ένα συστηματικό τρόπο ώστε τα αποτελέσματα να είναι ορθά και το σύστημα αποτελεσματικό. Να σημειωθεί ότι παραπάνω ιδιότητες στο δοκιμαστικό αντικείμενο οι οποίες δεν έχουν οριστεί στην κλάση, δεν επηρεάζουν τη διαδικασία αφού δεν λαμβάνονται υπόψη.

Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου οι δύο οντολογίες οι οποίες δημιουργήθηκαν περιέχουν μια σειρά από ιδιότητες που φαίνονται στον Πίνακα 3.13 και θα πρέπει σε 1^η φάση να εισαχθούν στα αντικείμενα. Σε 2^η φάση, εισάγονται επιπλέον ειδοποιά χαρακτηριστικά του αντικείμενου (που διακρίνονται στη δορυφορική εικόνα ή που μπορεί να προκύψουν και από διάφορες άλλες πηγές, όπως από παρατήρηση εικόνων Google earth) για να βοηθήσουν τη διαδικασία και να αυξήσουν την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι χαρακτηριστικά όπως το *είδοςΝερού* ή το *ποσοστόΠλατύφυλλωνΔέντρων* απαιτούν ειδικές μεθόδους φωτοερμηνείας-τηλεπισκόπησης οι οποίες στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας ήταν δύσκολο να χρησιμοποιηθούν. Η απάντηση σε τέτοιες ιδιότητες γίνεται κυρίως βάσει της κρίσης του χρήστη, καθώς και των δεδομένων που έχει στη διάθεση του.

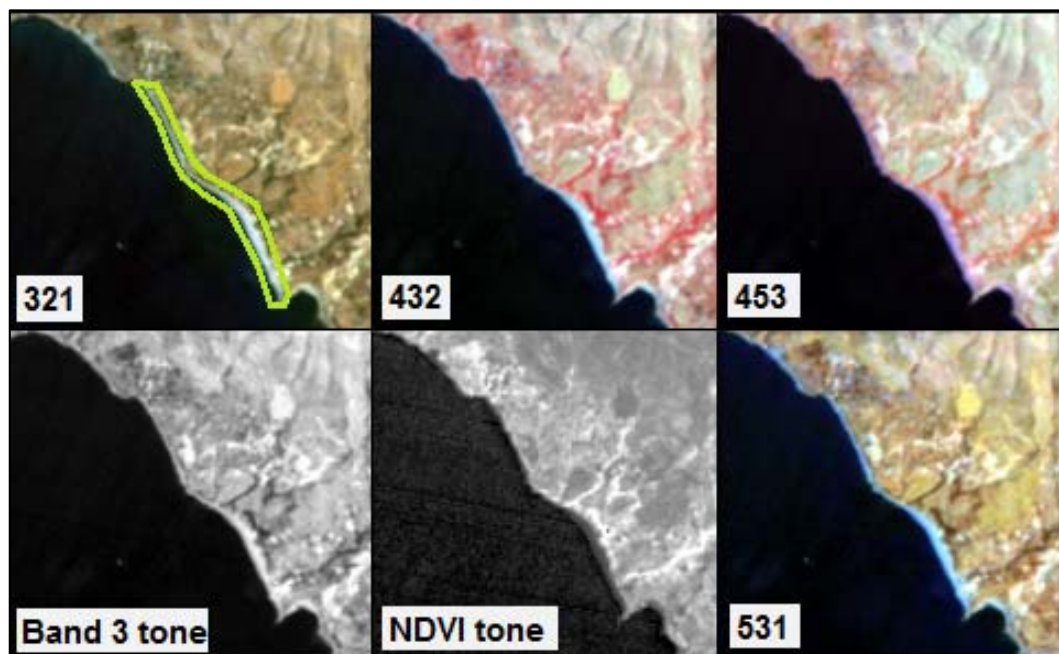
Φασματικά Χαρακτηριστικά	
Τόνος στο κανάλι 3	hasLandsatTmBand3Tone
Τόνος στο NDVI	hasLandsatTmNdviTone
Απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 του Landsat TM	hasLandsatTmRgb321Color
Απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM	hasLandsatTmRgb432Color
Απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 453 του Landsat TM	hasLandsatTmRgb453Color
Απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 531 του Landsat TM	hasLandsatTmRgb531Color
Ύφη	hasTexture
Ομοιογένεια τόνου	hasPhotoToneUniformity
Είδος τόνου περιγράμματος	hasBoundaryToneType
Γεωμετρικά χαρακτηριστικά	
Σχήμα σε 2 διαστάσεις	hasShape2D
Πλάτος (Για μακρόστενα αντικείμενα το ελάχιστο όριο είναι 100m)	hasWidth
Μήκος/Πλάτος (Για αντικείμενα με μακρόστενο ή κυκλικό σχήμα)	hasLengthWidth
Θέση στο χώρο/Αντίθεση με το περιβάλλον	
Αντίθεση με τον περίγυρο	hasContrastWithSurrounding
Πιο σκούρο/φωτεινό από γείτονες (Αντικείμενα που εμφανίζουν αντίθεση με τον περίγυρο)	isDarkerBrighterThanNeighbors
Γενικά Χαρακτηριστικά	
Ύψος χλωρίδας (Περιοχές με βλάστηση)	hasFloraHeight

Πίνακας 3.13: Διευκρινήσεις διαδικασίας δημιουργίας αντικείμενων

1^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο

Παράδειγμα αναγνώρισης «3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές»

Το παράδειγμα αυτό αφορά στη δημιουργία ενός νέου αντικειμένου στο περιβάλλον του προγράμματος Protégé. Το υπο εξέταση αντικείμενο φαίνεται στην Εικόνα 3.60 σε διάφορα έγχρωμα σύνθετα. Αρχικά με παρατήρηση των εικόνων θα δοθούν τιμές στις βασικές ιδιότητες του Πίνακα 3.14.

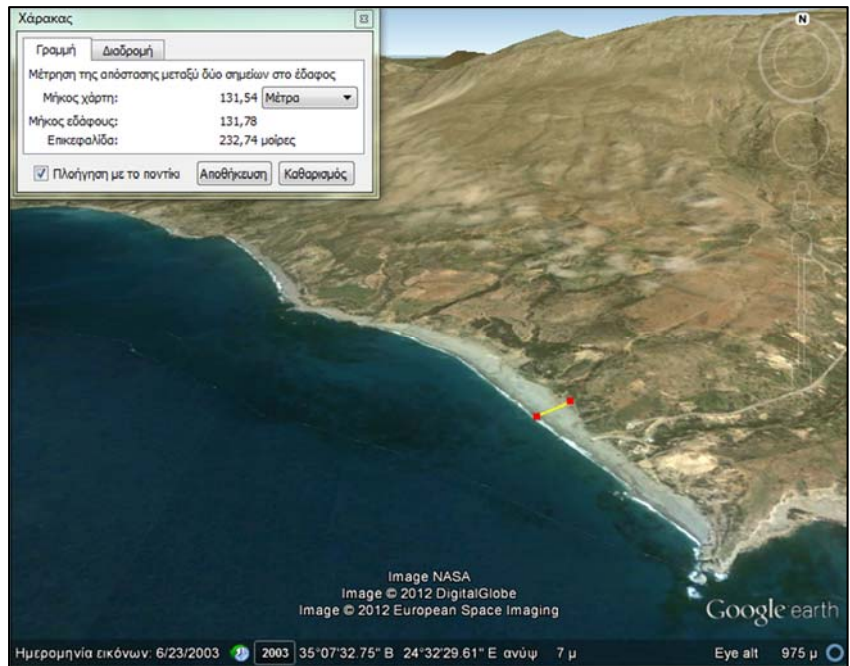


Εικόνα 3.60: Υπο εξέταση περιοχή για την κατηγοριοποίηση του 1^{ου} Δοκιμαστικού Αντικειμένου, νομός Ηρακλείου, 2003

Ιδιότητα	Τιμή	Περιγραφή
hasLandsatTmBand3Tone	bright	Ο τόνος στο κανάλι 3 του Landsat TM είναι φωτεινός
hasLandsatTmNdvITone	dark	Ο τόνος του δείκτη NDVI του Landsat TM είναι σκούρος
hasLandsatTmRgb321Color	white	Η απόχρωση στα διάφορα έγχρωμα σύνθετα του Landsat TM
hasLandsatTmRgb432Color	white, light_cyan	
hasLandsatTmRgb453Color	dark cyan	
hasLandsatTmRgb531Color	white, light_cyan	
hasTexture	fine	Η υφή είναι λεία
hasPhotoToneUniformity	uniform	Δεν υπάρχουν εναλλαγές του τόνου
hasBoundaryToneType	semi-discrete	Το είδος του τόνου περιγράμματος είναι ημι-διακριτό
hasShape2d	oblong	Το σχήμα σε 2 διαστάσεις είναι μακρόστενο
hasLengthWidth	proportion_not_the_same	Η αναλογία μήκους προς πλάτους διαφέρει σημαντικά
hasContrastWithSurrounding	yes	Το αντικείμενο παρουσιάζει αντίθεση με τον περίγυρο
isDarkerBrighterThanNeighbors	brighter	Το αντικείμενο είναι πιο φωτεινό από τα γειτονικά του

Πίνακας 3.14: Ιδιότητες, τιμές και περιγραφή αυτών για το 1^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο (α)

Όπως έχει αναφερθεί, ο χρήστης μπορεί να αυξήσει το επίπεδο βεβαιότητάς εισάγοντας και άλλες ιδιότητες του αντικειμένου οι οποίες τις περισσότερες φορές δεν είναι διαθέσιμες μόνο από την παρατήρηση δορυφορικών εικόνων. Στην Εικόνα 3.61 φαίνεται το υπο εξέταση αντικείμενο σε εικόνα του Google earth χρονολογίας 2003. Επιπλέον στοιχεία όπως το υψόμετρο, το ανάγλυφο και το πλάτος (που θα πρέπει να εξεταστεί καθώς πρόκειται για ένα μακρόστενο αντικείμενο) είναι διακριτά. Τα στοιχεία αυτά συγκεντρώνονται στον Πίνακα 3.15.



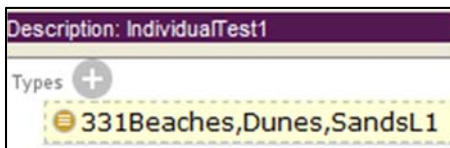
Εικόνα 3.61: Βοηθητική εικόνα για την κατηγοριοποίηση του 1^{ου} Δοκιμαστικού Αντικειμένου, νομός Ηρακλείου, 2003

Ιδιότητα	Τιμή	Περιγραφή
occursNextTo some	523SeaAndOcean	Βρίσκεται δίπλα από τη θάλασσα
hasAltitude	low	Το υψόμετρο είναι 7m (χαμηλό)
hasRelief	flat	Το ανάγλυφο είναι ομαλό
hasWidth	131	Το πλάτος είναι 131m
hasPattern	linear	Το πρότυπο του αντικειμένου είναι γραμμικό
hasHumanInfluence	no	Δεν φαίνονται σημάδια ανθρώπινης παρέμβασης
isWaterExistence	no	Δεν αποτελεί μια υδάτινη επιφάνεια

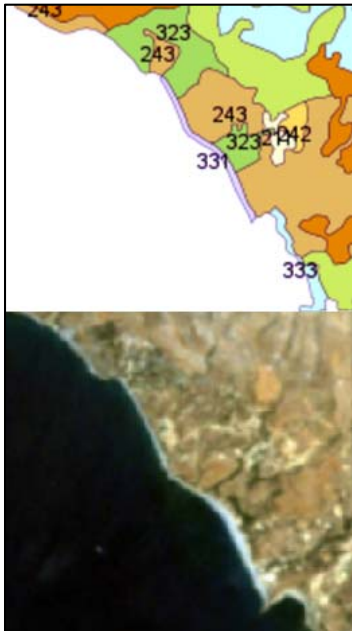
Πίνακας 3.15: Ιδιότητες, τιμές και περιγραφή αυτών για το 1^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο (β)

Βάσει των ιδιοτήτων που αναλύθηκαν στους Πίνακες 3.14 και 3.15 δημιουργείται το 1^ο Δοκιμαστικό αντικείμενο που φαίνεται στην Εικόνα 3.63.

Με την εκτέλεση της συλλογιστικής προκύπτει ότι το αντικείμενο ανήκει στην κατηγορία 3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές (Εικόνα 3.62) και τα αποτελέσματα επαληθεύονται και στην Εικόνα 3.64 όπου παρατίθεται ο χάρτης CLC της περιοχής.



Εικόνα 3.62: Αποτέλεσμα συλλογιστικής για 1^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο



Εικόνα 3.64: Αντιπαραβολή της υπό εξέταση περιοχής με τον χάρτη CLC 2000, περιοχή Ηρακλείου Κρήτης

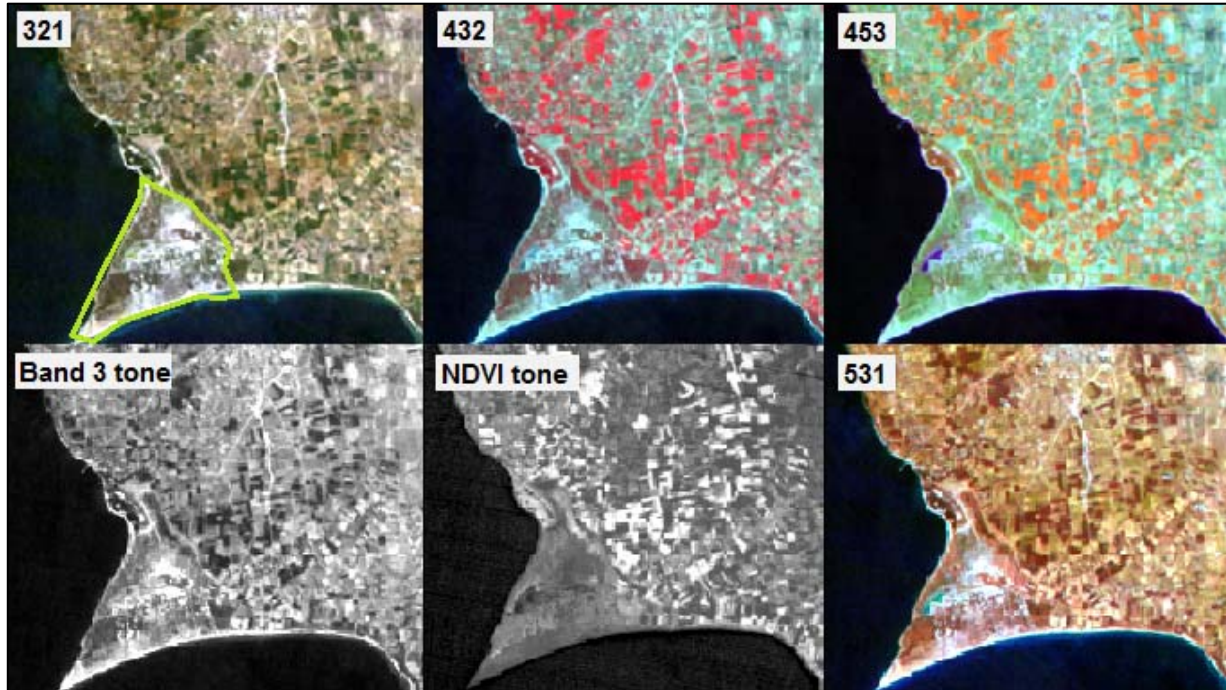
Property assertions: IndividualTest1	
Object property assertions	<ul style="list-style-type: none"> occursNextTo '5.2.3. Sea and ocean'
Data property assertions	<ul style="list-style-type: none"> hasBoundaryToneType "semi-discrete"^^string hasLandsatTmRgb432Color "white"^^string hasRelief "flat"^^string hasLandsatTmRgb453Color "dark_cyan"^^string hasTexture "fine"^^string hasLandsatTmRgb531Color "white"^^string hasLandsatTmBand3Tone "bright"^^string hasLandsatTmRgb432Color "light_cyan"^^string hasLandsatTmRgb321Color "bauge"^^string hasHumanInfluence "no"^^string hasPhotoToneUniformity "uniform"^^string hasAltitude "low"^^string isDarkerBrighterThanNeighbors "brighter"^^string hasContrastWithSurrounding "yes"^^string hasPattern "linear"^^string hasLandsatTmRgb321Color "white"^^string hasLandsatTmNdvITone "dark"^^string hasWidth 131 isWaterExistence "no"^^string hasCompactness "non-compact"^^string hasShape2d "oblong"^^string hasLengthWidth "proportion_not_the_same"^^string hasLandsatTmRgb531Color "light_cyan"^^string

Εικόνα 3.63: 1^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο

2^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο

Παράδειγμα αναγνώρισης «4.2.1 Παραθαλάσσιοι βάλτοι»

Το παράδειγμα αυτό αφορά στην αναγνώριση ενός αντικειμένου της κατηγορίας 4.2.1 Παραθαλάσσιοι βάλτοι. Όπως και στο προηγούμενο παράδειγμα αρχικά θα γίνει παρατήρηση στα διάφορα έγχρωμα σύνθετα της Εικόνας 3.65 και θα συμπληρωθεί ο πίνακας ιδιότητας-τιμής.



Εικόνα 3.65: Υπο εξέταση περιοχή για την κατηγοριοποίηση του 2^{ου} Δοκιμαστικού Αντικείμενου, νομός Θεσσαλονίκης, 2003

Ιδιότητα	Τιμή
hasLandsatTmBand3Tone	bright_to_medium, medium
hasLandsatTmNdviTone	medium
hasLandsatTmRgb321Color	bauge, light_brown, white
hasLandsatTmRgb432Color	dark_red, light brown, white
hasLandsatTmRgb453Color	bauge, light_brown, white
hasLandsatTmRgb531Color	brown, light_brown
hasTexture	medium, heterogeneous
hasPhotoToneUniformity	non-uniform
hasBoundaryToneType	semi-discrete
hasShape2d	undefined
hasContrastWithSurrounding	no

Πίνακας 3.16: Ιδιότητες και τιμές αυτών για το 2^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο (α)

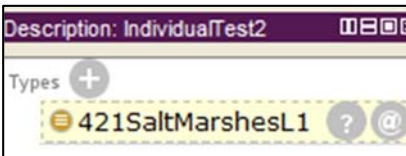
Η ύπαρξη βλάστησης (κόκκινη απόχρωση στο έγχρωμο σύνθετο 432 του Landsat TM), η ύπαρξη νερού, η γειτονία με υδάτινη επιφάνεια καθώς και οι αποχρώσεις στα υπόλοιπα έγχρωμα σύνθετα μαρτυρούν ότι πρόκειται για την κατηγορία 4.2.1 Παραθαλάσσιοι βάλτοι.

Έπειτα παρατίθεται μια εικόνα Google earth (Εικόνα 3.67) της περιοχής ώστε να εισαχθούν όσο περισσότερα στοιχεία γίνεται στο αντικείμενο που θα δημιουργηθεί (Πίνακας 3.17) για την αύξηση εγκυρότητας των αποτελεσμάτων.

Ιδιότητα	Τιμή
hasRelief	flat
hasAltitude	low
hasFloraHeight	very_low
isWaterExistence	yes
hasWaterType	saline
occursAdjacentTo	523SeaAndOcean

Πίνακας 3.17: Ιδιότητες και τιμές αυτών για το 2^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο (β)

Εκτελείται η διαδικασία συλλογιστικής (Εικόνα 3.66) και επιβεβαιώνεται ότι πρόκειται για ένα αντικείμενο της κατηγορίας 4.2.1 Παραθαλάσσιοι βάλτοι. Το αποτέλεσμα διασταυρώνεται με το χάρτη του CLC της περιοχής (Εικόνα 3.69).



Εικόνα 3.66: Αποτέλεσμα συλλογιστικής για το 2^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο



Εικόνα 3.69: Αντιπαραβολή της υπό εξέταση περιοχής με τον χάρτη CLC 2000, περιοχή Θεσσαλονίκης



Εικόνα 3.67: Βοηθητική εικόνα για την κατηγοριοποίηση του 2^{ου} Δοκιμαστικού Αντικειμένου, νομός Θεσσαλονίκης, 2003

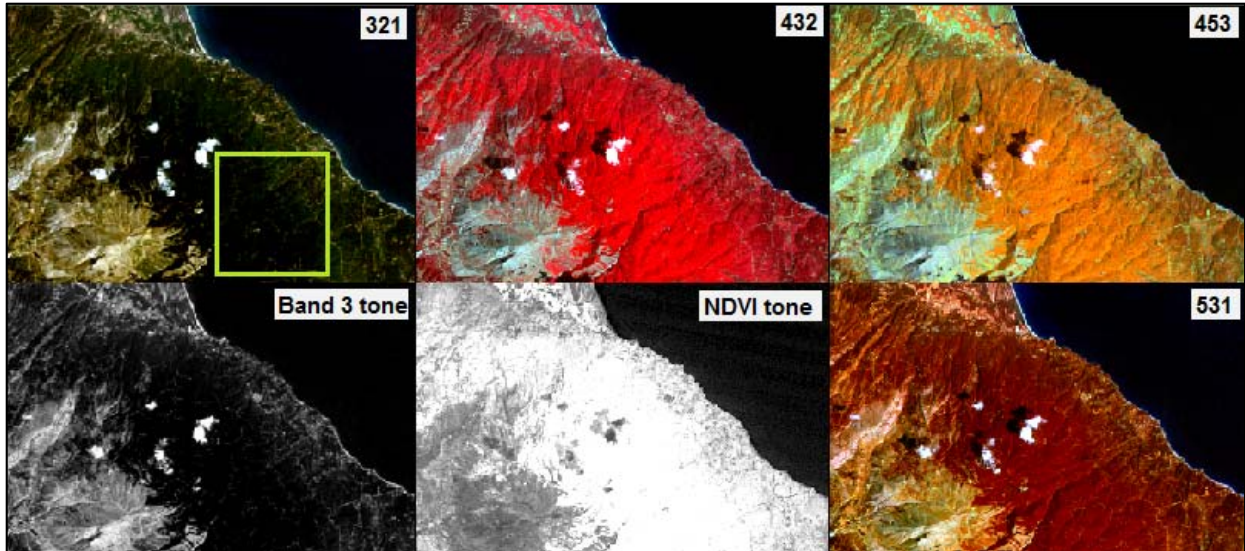


Εικόνα 3.68: 2^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο

3^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο

Παράδειγμα αναγνώρισης «3.1.1 Δάσος πλατύφυλλων»

Το παράδειγμα αυτό θα πραγματοποιηθεί στην οντολογία όπου έχει αναπτυχθεί με χρήση ιδιοτήτων τύπου δεδομένων (CLC Percentages) για την έκφραση των υπο-αντικειμένων των κατηγοριών του CLC (Παράγραφο 3.4.2), ώστε να εξεταστούν οι δυνατότητες και αυτής της μεθόδου.

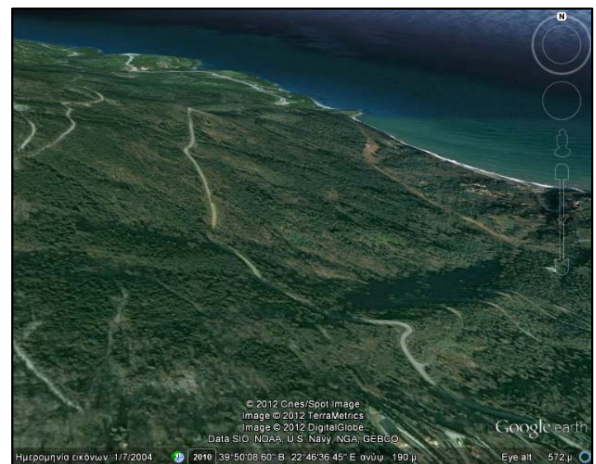


Εικόνα 3.70: Υπο εξέταση περιοχή για την κατηγοριοποίηση του 3^{ου} Δοκιμαστικού Αντικείμενου, νομός Θεσσαλονίκης, 2003

Ιδιότητα	Τιμή
hasLandsatTmBand3Tone	medium_to_dark
hasLandsatTmNdviTone	bright
hasLandsatTmRgb321Color	green, dark_green
hasLandsatTmRgb432Color	light_red, red
hasLandsatTmRgb453Color	orange, dark_orange
hasLandsatTmRgb531Color	brown, dark_brown
hasTexture	coarse
hasPhotoToneUniformity	non-uniform
hasBoundaryToneType	non-discrete
hasShape2D	undenfined
hasContrastWithSurrounding	yes
isDarkerBrighterThanNeighbors	darker

Πίνακας 3.18: Ιδιότητες και τιμές αυτών για το 3^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο (α)

Μια εικόνα Google earth θα μπορούσε να προσφέρει επιπλέον πληροφορία για το υπο εξέταση αντικείμενο. Όπως αναφέρθηκε και στο 2^ο παράδειγμα υποβολής ερωτήματος DL, οι κατηγορίες που ανήκουν στις δασώδεις περιοχές του CLC (κατηγορία 3.1 Δάση) ταυτίζονται βάσει του ποσοστού πλατύφυλλων και κωνοφόρων δέντρων καθώς και βάσει της πυκνότητας δέντρων. Θα μπορούσε να εκτιμηθεί ότι η πυκνότητα δέντρων όπως διακρίνεται στην Εικόνα 3.71 είναι γύρω στο 80% ενώ το έντονο κόκκινο χρώμα στο έγχρωμο σύνθετο RGB 432 του Landsat TM μαρτυράει ότι το ποσοστό των πλατύφυλλων δέντρων αντιστοιχεί περίπου στο 90% αυτών των δέντρων. Όλα αυτά τα στοιχεία φαίνονται στον Πίνακα 3.19.

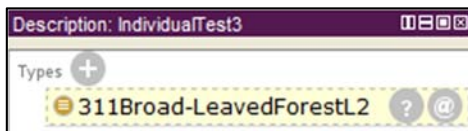


Εικόνα 3.71: Βοηθητική εικόνα για την κατηγοριοποίηση του 3^{ου} Δοκιμαστικού Αντικείμενου, νομός Θεσσαλονίκης, 2003

Ιδιότητα	Τιμή
hasTreesPerCent	80
hasBroad-leavedTreesPerCent	90
contains	Shrubs
dominate	Broad-leavedTrees
hasFloraHeight	high

Πίνακας 3.19: Ιδιότητες και τιμές αυτών για το 3^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο (β)

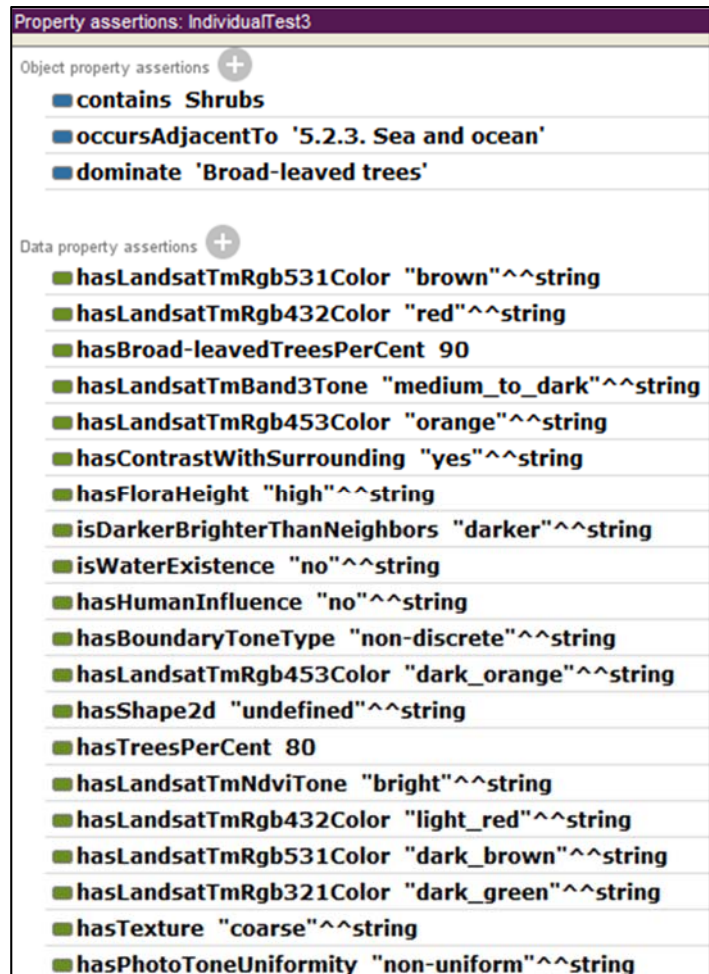
Ακολουθεί η δημιουργία του 3^{ου} Δοκιμαστικού Αντικειμένου (Εικόνα 3.73), το αποτέλεσμα της συλλογιστικής (Εικόνα 3.72) που ισχυρίζεται ότι πρόκειται για ένα δάσος πλατύφυλλων δέντρων και ο χάρτης του CLC (Εικόνα 3.74) για την περιοχή της Θεσσαλονίκης που επιβεβαιώνει το αποτέλεσμα της διαδικασίας.



Εικόνα 3.72: Αποτέλεσμα συλλογιστικής για το 3^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο



Εικόνα 3.74: Αντιπαραβολή της υπό εξέταση περιοχής με τον χάρτη CLC 2000, περιοχή Θεσσαλονίκης

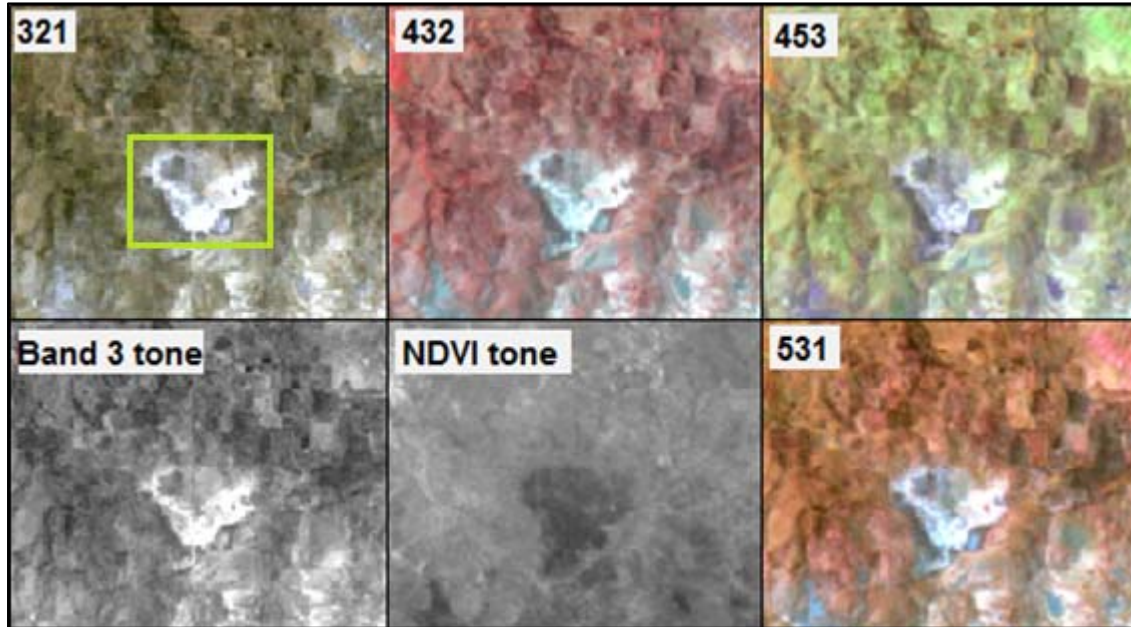


Εικόνα 3.73: 3^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο

4^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο

Παράδειγμα αναγνώρισης «3.3.2 Απογυμνωμένοι Βράχοι»

Το συγκεκριμένο παράδειγμα αφορά στην αναγνώριση ενός αντικειμένου με λίγη ή καθόλου βλάστηση. Όπως και στα προηγούμενα παραδείγματα η αναγνώριση ξεκινά με παρατήρηση του αντικειμένου στα διάφορα έγχρωμα σύνθετα και συμπλήρωση του βασικού πίνακα ιδιότητας – τιμή ιδιότητας (Πίνακας 3.20).



Εικόνα 3.75: Υπο εξέταση περιοχή για την κατηγοριοποίηση του 4^{ου} Δοκιμαστικού Αντικείμενου, νομός Χανίων, 2003

Ιδιότητα	Τιμή
hasLandsatTmBand3Tone	bright
hasLandsatTmNdvITone	dark
hasLandsatTmRgb321Color	white
hasLandsatTmRgb432Color	white, light_cyan
hasLandsatTmRgb453Color	cyan
hasLandsatTmRgb531Color	white, light_cyan
hasTexture	fine, medium
hasPhotoToneUniformity	semi-uniform
hasBoundaryToneType	non-discrete
hasShape2d	undefined
hasContrastWithSurrounding	yes
isDarkerBrighterThanNeighbors	brighter

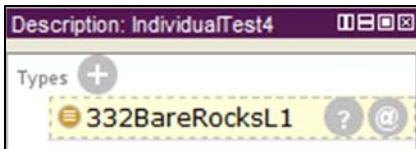
Πίνακας 3.20: Ιδιότητες και τιμές αυτών για το 4^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο (α)

Ο σκούρος τόνος του δείκτη NDVI καθώς και η απόχρωση στα διάφορα έγχρωμα σύνθετα μαρτυρούν ότι πιθανώς πρόκειται για μία περιοχή με λίγη ή καθόλου βλάστηση με το γυμνό έδαφος να καλύπτει πάνω από το 90%. Τα στοιχεία αυτά φαίνονται στον Πίνακα 3.21

Ιδιότητα	Τιμή
hasRelief	mountainous
hasBareSoil	95
hasVegetation	5
hasRockyAreas	80

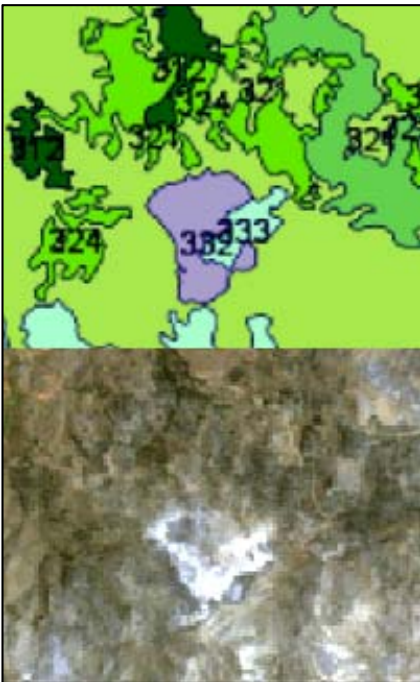
Πίνακας 3.21: Ιδιότητες και τιμές αυτών για το 4^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο (β)

Δημιουργείται το 4^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο (Εικόνα 3.76), εκτελείται η συλλογιστική και το αποτέλεσμα υποδεικνύει ότι πρόκειται για ένα αντικείμενο της κατηγορίας 3.3.2 Απογυμνωμένοι βράχοι (Εικόνα 3.77).



Εικόνα 3.77: Αποτέλεσμα συλλογιστικής για το 4^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο

Στην Εικόνα 3.78 φαίνεται ο χάρτης του CLC και επαληθεύονται τα αποτελέσματα.



Εικόνα 3.78: Αντιπαραβολή της υπό εξέταση περιοχής με τον χάρτη CLC 2000, περιοχή Θεσσαλονίκης

Property assertions: IndividualTest4

Object property assertions +

- contains 'Bare soil 90-100%'
- contains 'Vegetation 0-9%'
- contains 'Rocky areas 75-100%'

Data property assertions +

- hasLandsatTmNdviTone "dark"^^string
- hasLandsatTmRgb432Color "white"^^string
- hasContrastWithSurrounding "yes"^^string
- isWaterExistence "no"^^string
- hasLandsatTmRgb453Color "white"^^string
- isDarkerBrighterThanNeighbors "brighter"^^string
- hasLandsatTmRgb321Color "white"^^string
- hasShape2d "undefined"^^string
- hasLandsatTmRgb531Color "light_cyan"^^string
- hasLandsatTmRgb432Color "light_cyan"^^string
- hasLandsatTmBand3Tone "bright"^^string
- hasHumanInfluence "no"^^string
- hasCompactness "non-compact"^^string
- hasLandsatTmRgb453Color "cyan"^^string
- hasTexture "medium"^^string
- hasPhotoToneUniformity "semi-uniform"^^string
- hasTexture "fine"^^string
- hasBoundaryToneType "non-discrete"^^string
- hasLandsatTmRgb531Color "white"^^string
- hasRelief "mountainous"^^string

Εικόνα 3.76: 4^ο Δοκιμαστικό Αντικείμενο

3.5.3 Βαθμός δυσκολίας στο διαχωρισμό και τη σχετική οριοθέτηση των κατηγοριών

Ολοκληρώνοντας τα παραδείγματα, θα ήταν χρήσιμο να δημιουργηθεί ένας πίνακας, ο οποίος θα περιγράφει τις δυσκολίες αναγνώρισης των κατηγοριών του CLC που πραγματεύεται η εργασία για τη βοήθεια και καθοδήγηση των μελλοντικών χρηστών του συστήματος (Πίνακας 3.22).

Όσον αφορά τα στοιχεία του πίνακα, αυτά αναπαριστούν:

- Δυσκολία αναγνώρισης: Αναφέρεται στο σχετικό βαθμό δυσκολίας αναγνώρισης και ταυτοποίησης της κατηγορίας σε μια από τις κατηγορίες του CLC (σε αύξουσα κλίμακα από το 1 έως το 3).
- Λόγος Ευκολίας/Δυσκολίας: Περιγράφεται ο λόγος ευκολίας/δυσκολίας αναγνώρισης της συγκεκριμένης κατηγορίας.
- Βαθμός δυσκολίας οριοθέτησης σχετικού πολυγώνου: Εκφράζει την ευκολία/δυσκολία εντοπισμού και οριοθέτησης σχετικού πολυγώνου για την αναγνώρισή του (σε αύξουσα κλίμακα από το 1 έως το 3).
- Συμπληρωματικά στοιχεία: Όπως ορίζεται και στον 1^ο οδηγό του CLC (Corine Land Cover – Technical guide, 1994), λόγω της φύσης ορισμένων κατηγοριών, απαιτούνται ορισμένα στοιχεία για την ταυτοποίησή τους τα οποία δεν είναι ορατά σε μια δορυφορική εικόνα. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να ληφθούν από διάφορα συμπληρωματικά δεδομένα. Λόγω της ευκολής πρόσβασης, της ελεύθερης διάθεσης και της μεγάλης διακριτικής ικανότητας, συνιστάται ο χρήστης να εξετάζει σε 1^η φάση την περιοχή σε χάρτες Google earth (GE) όπου είναι απαραίτητο και έπειτα να προσφεύγει σε περαιτέρω στοιχεία όπως Χάρτες βλάστησης (XB), Θεματικούς χάρτες (ΘΜ), Τοπογραφικούς χάρτες (ΤΧ), κλπ.

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να επισημανθεί η δυσκολία εντοπισμού αντιπροσωπευτικών παραδειγμάτων για ορισμένες κατηγορίες. Καθώς το CLC είναι ένα πρόγραμμα Ευρωπαϊκής κλίμακας, η ονοματολογία του περιλαμβάνει κατηγορίες όπου δεν έχουν υψηλή συχνότητα εμφάνισης στην Ελλάδα (Πχ. Τυρφώνες, Παγετώνες και αένας χιόνι, κλπ.).

Κατηγορία	Βαθμός δυσκολίας αναγνώρισης κατηγορίας	Λόγος δυσκολίας	Βαθμός δυσκολίας οριοθέτησης σχετικού πολυγώνου	Συμπληρωματικά στοιχεία
		Λόγος ευκολίας		
3.1.1 Δάσος πλατύφυλλων	2	Πυκνότητα δέντρων και ποσοστό πλατύφυλλων δέντρων	2	GE, XB
3.1.2 Δάσος κωνοφόρων	2	Πυκνότητα δέντρων και ποσοστό κωνοφόρων δέντρων	2	GE, XB
3.1.3 Μικτό δάσος	3	Πυκνότητα δέντρων και ποσοστό πλατύφυλλων/κωνοφόρων δέντρων - Πιθανή σύγχυση με 311 και 312	2	GE, XB
3.2.1 Φυσικοί βοσκότοποι	3	Πιθανή σύγχυση με 322	3	GE, XB
3.2.2 Θάμνοι και χερσότοποι	3	Προσδιορισμός είδους βλάστησης - Πιθανή σύγχυση με 321	3	GE, XB
3.2.3 Σκληροφυλλική βλάστηση	3	Προσδιορισμός είδους βλάστησης - Πιθανή σύγχυση με 312	3	GE, XB
3.2.4 Μεταβατικές θαμνώδεις και δασώδεις εκτάσεις	3	Πυκνότητα δέντρων και πυκνότητα θάμνων	3	GE, XB
3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές	1	Απόχρωση στα έγχρωμα σύνθετα Landsat TM RGB 321 και RGB 432 και μακρόστενο σχήμα	1	GE
3.3.2 Απογυμνωμένοι βράχοι	1	Απόχρωση στα έγχρωμα σύνθετα Landsat TM RGB 321 και RGB 432	1	GE, TX
3.3.3 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	3	Ποσοστό γυμνού εδάφους και βλάστησης	3	
3.3.4 Αποτεφρωμένες εκτάσεις	1	Απόχρωση στα έγχρωμα σύνθετα Landsat TM RGB 321 και RGB 432	1	GE, XB
3.3.5 Παγετώνες και αέναο χιόνι	1	Απόχρωση στα έγχρωμα σύνθετα Landsat TM RGB 321 και RGB 453	1	TX
4.1.1 Βάλτοι στην ενδοχώρα	3	Πιθανή σύγχυση με 412	2	GE, XB
4.1.2 Турφώνες	3	Πιθανή σύγχυση με 411	2	GE, XB
4.2.1 Παραθαλάσσιοι βάλτοι	2	Ποικίλες αποχρώσεις	2	GE, XB
4.2.2 Αλυκές	1	Επιφάνειες ύδατος τεμαχισμένες παράπλευρα της ακτής	1	GE
4.2.3 Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα	2	Ανάλογα με την περίοδο μπορεί να βρίσκεται και κάτω από το νερό	3	GE, TX
5.1.1 Υδατορρέυματα	1	Ύδατα με μακρόστενο σχήμα και γραμμικό πρότυπο	1	GE, TX
5.1.2 Επιφάνειες στάσιμου ύδατος	1	Ύδατα που βρίσκονται μακριά από την ακτή με μήκος περίπου ίσο με το πλάτος	1	GE, TX
5.2.1 Παράκτιες λιμνοθάλασσες	1	Επιφάνειες ύδατος που βρίσκονται παράπλευρα της ακτής	1	GE, TX
5.2.2 Εκβολές ποταμών	2	Δύσκολος ο καθορισμός του ορίου με την 511	2	GE, TX
5.2.3 Θάλασσες και ωκεανοί	1	Εύκολη αναγνώριση λόγω της φύσης της κατηγορίας	1	GE

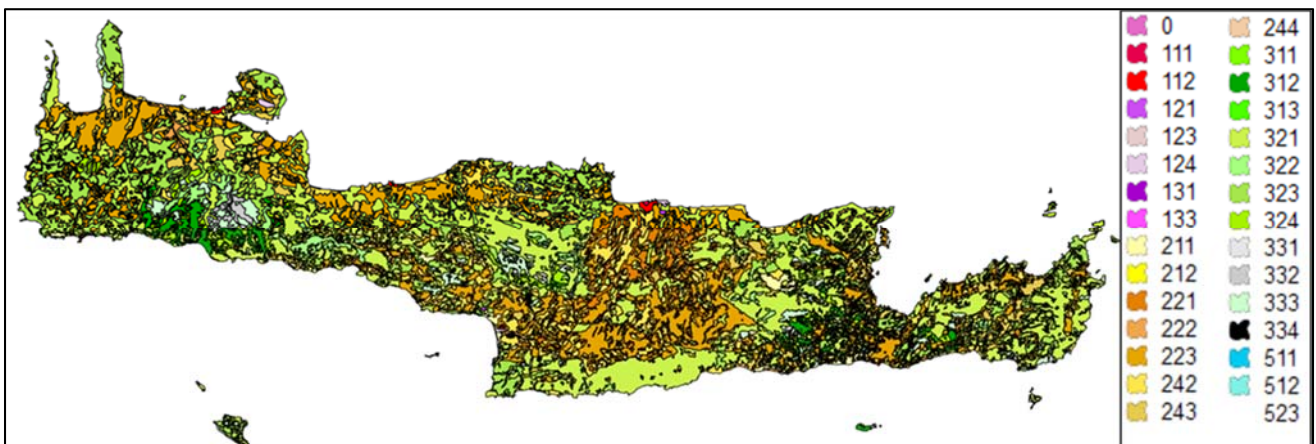
Πίνακας 3.22: Συγκεντρωτικός πίνακας δυσκολιών

3.6 Η χωρική βάση δεδομένων του Corine Land Cover

Ένας από τους στόχους του προγράμματος CORINE είναι η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων για τις καλύψεις γης του Ευρωπαϊκού χώρου. Η βάση δεδομένων αυτή, αποτελεί μια Χωρική Βάση Δεδομένων (ΧΒΔ) και περιέχει χωρική πληροφορία. Αυτό το κεφάλαιο περιγράφει ορισμένες από τις ιδιότητες όπου έγινε προσπάθεια να εξεταστούν σε αυτήν τη ΧΒΔ για την περιοχή της Κρήτης.

3.6.1 Η χωρική βάση δεδομένων του Corine Land Cover

Η ΧΒΔ του CLC είναι ελεύθερα διαθέσιμη σε οποιονδήποτε επιθυμεί να τη χρησιμοποιήσει. Στην ιστοσελίδα Δημόσιων Ανοικτών Δεδομένων - geodata.gov.gr (<http://www.geodata.gov.gr/>), που αποτελεί μια προσπάθεια για τη δωρεάν διάθεση δεδομένων της ευρύτερης Δημόσιας Διοίκησης, μπορεί κανείς να βρει ανάμεσα σε πολλά αλλά και τους θεματικούς χάρτες CLC είτε ανά νομό είτε για το σύνολο της χώρας.



Εικόνα 3.79: Χάρτης του Corine Land Cover 2000 για την περιοχή της Κρήτης

Ένας πίνακας της ΧΒΔ του CLC μπορεί να περιέχει μερικές από τις παρακάτω πληροφορίες:

- gid: κωδικός πολυγώνου στην βάση δεδομένων.
- area: η στήλη αυτή έχει το εμβαδόν του πολυγώνου.
- perimeter: η περίμετρος πολυγώνου.
- cor: κωδικός της κατηγορίας CLC όπου ανήκει το πολύγωνο.
- the_geom: περιέχονται στοιχεία για τη γεωμετρία του πολυγώνου.

gid integer	area double precision	perimeter double precision	corine_ integer	cor_id integer	cor integer	the_geom geometry
1	1119190	6302.39	23064	23063	321	
2	35806300	55421.5	23065	23064	323	
3	468267	3141.43	23066	23065	321	010300000
4	10116900	26296.5	23067	23066	333	
5	872145	6310.56	23068	23067	321	
6	573645	4433.56	23069	23068	321	010300000
7	714782	5057.93	23070	23069	321	010300000
8	386581	3906.69	23071	23070	321	010300000
9	632967	3910.17	23072	23071	321	010300000
76	376264	4189.87	23139	23138	312	010300000

Πίνακας 3.23: Στιγμιότυπο από τη χωρική βάση δεδομένων του Corine Land Cover

Ο χρήστης λοιπόν, όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο των Χωρικών βάσεων δεδομένων (Παράγραφος 2.5), μπορεί να υποβάλλει διάφορα ερωτήματα στη ΧΒΔ όπως για παράδειγμα, να εξετάσει το μέγεθος ενός πολυγώνου ή αν δύο πολύγωνα βρίσκονται κοντά. Όλα τα ερωτήματα θα μπορούσαν να υλοποιηθούν σε αρκετές ΧΒΔ με μια εντολή ή το πάτημα ενός εικονιδίου. Στα πλαίσια όμως της διπλωματικής εργασίας, επιλέχθηκε οι συγκεκριμένες εφαρμογές να πραγματοποιηθούν στο σύστημα

PostgreSQL με την προσθήκη της επέκτασης PostGIS. Τα ερωτήματα εδώ ακολουθούν τη μορφή της SQL με χρήση συναρτήσεων για επεξεργασία των χωρικών δεδομένων που προσφέρει η PostGIS.

3.6.2 Παραδείγματα ερωτημάτων στην χωρική βάση δεδομένων του Corine Land Cover

Σε αυτό το σημείο αναφέρονται ορισμένα από τα παραδείγματα των ιδιοτήτων που εξετάστηκαν στην ΧΒΔ του CLC. Οι ιδιότητες εξετάστηκαν με σκοπό να χρησιμοποιηθούν για τον εμπλουτισμό και την επιβεβαίωση στοιχείων της φωτοερμηνευτικής γνώσης για το CLC και να χρησιμοποιηθούν ως αντιπροσωπευτικές ιδιότητες για την περιοχή της Κρήτης. Ωστόσο όμως αρκετοί περιορισμοί, όπως ο αριθμός των κατηγοριών οι οποίες ήταν διαθέσιμες στην Κρήτη (όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3.25, εμφανίζονται μόνο 14 εκ των 22 που αφορούσε η παρούσα διπλωματική), ο μικρός αριθμός των πολυγώνων για τις κατηγορίες όπου ήταν διαθέσιμες και η μεγάλη διασπορά των τιμών δεν επέτρεπε τη χρήση τους στην βάση γνώσης της οντολογίας.

Ερώτημα 1

Ένα απλό παράδειγμα για να γίνει αντιληπτή η λειτουργία ενός ερωτήματος, είναι να επιλεγθούν τα πολύγωνα των οποίων το εμβαδόν τους είναι μεγαλύτερο από 9 000 000m² από τον πίνακα corine_krete και να εμφανιστούν για αυτά τα πολύγωνα η κατηγορία που ανήκουν, ο κωδικός της κατηγορίας του CLC και το εμβαδόν (Πίνακας 3.24). Για παράδειγμα:

```
select cor, cor_id, area
from corine_krete
where area>=9000000;
```

cor integer	cor_id integer	area double precision
323	23064	35806300
333	23066	10116900
323	23095	17781000
323	23134	9626320

Πίνακας 3.24: Τμήμα 1^{ου} ερωτήματος στην Χωρική Βάση Δεδομένων του CLC

Ερώτημα 2

Ακόμα ένα ερώτημα που θα μπορούσε να τεθεί, είναι ο αριθμός των πολυγώνων της κάθε κατηγορίας (Πίνακας 3.25). Για αυτό το σκοπό θα χρησιμοποιηθούν μερικές τυπικές εντολές της SQL, η εντολή count() και η εντολή sum() και όπως φαίνεται στο παράδειγμα παρακάτω, το ερώτημα αυτό έχει ως εξής:

```
select c1.cor, count(c1.cor) as "c_cor_count"
into count_table
from corine_krete as c1
group by c1.cor
order by c1.cor;
```

cor integer	c_cor_count bigint	cor integer	c_cor_count bigint
0	2	244	10
111	6	311	25
112	161	312	88
121	4	313	12
123	3	321	524
124	5	322	64
131	25	323	489
133	4	324	122
211	58	331	30
212	1	332	29
221	186	333	201
222	71	334	20
223	317	511	1
242	500	512	2
243	338	523	1

Πίνακας 3.25: Τμήμα 2^{ου} ερωτήματος στην Χωρική Βάση Δεδομένων του CLC

Ερώτημα 3

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία ήταν να βρεθούν τα πολύγωνα όπου έχουν κοινό όριο. Για αυτό το σκοπό χρησιμοποιήθηκε η συνάρτηση `st_touches(the_geom1, the_geom2)`. Συνεπώς τα πολύγωνα που εφάπτονται για παράδειγμα στα πολύγωνα της κατηγορίας 3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές (Πίνακας 3.26) θα μπορούσαν να βρεθούν ως εξής:

```
select c1.gid, c2.gid gidneigh, c2.cor, c2.the_geom into relative_border_to_331 from
corine_krete c1, corine_krete c2 where c1.cor = 331 and st_touches
(c1.the_geom,c2.the_geom) order by c2.cor;
```

```
select c1.cor, count(c1.cor) as "c_cor_count" ,sum(c1.cor) as "c_cor_sum" into coun
from corine_krete as c1
group by c1.cor
order by c1.cor;
```

```
select r1.cor, count(r1.cor) as "r_cor_count" ,sum(r1.cor) as "r_cor_sum" into rel
from relative_border_to_112 as r1
group by r1.cor
order by r1.cor;
```

```
alter table rel rename column cor to cor_r1;
alter table coun rename column cor to cor_c1;
select * into newtable from rel,coun where cor_r1=cor_c1;
select cor_r1,r_cor_count as "neighbours_next_to_331" ,c_cor_count number_of_cate-
gory_polygons", (r_cor_count *100/c_cor_count) as "percent_neighbours_to_331" from new-
table;
```

cor_r1 integer	neighbours_next_to_331 bigint	number_of_category_polygons bigint	percent_neighbours_to_331 bigint
112	3	161	1
124	1	5	20
133	1	4	25
211	5	58	8
221	5	186	2
222	7	71	9
223	12	317	3
242	16	500	3
243	7	338	2
311	1	25	4
312	2	88	2
313	1	12	8
321	15	524	2
323	19	489	3
333	3	201	1
512	2	2	100
523	22	1	2200

Πίνακας 3.26: Τμήμα 3^{ου} ερωτήματος στην Χωρική Βάση Δεδομένων του CLC

Ερώτημα 4

Ένα άλλο στοιχείο το οποίο αξίζει να αναφερθεί είναι η προσπάθεια τυποποίησης του μεγέθους των πολυγώνων. Σύμφωνα με τον οδηγό του CLC (Παράγραφος 2.6) ένα πολύγωνο είναι:

- μικρό για εμβαδόν μικρότερο από 1km²,
- μεσαίο για εμβαδόν μεταξύ 1km² και 5km² και
- μεγάλο για εμβαδόν πάνω από 5km².

Στο ερώτημα λοιπόν που φαίνεται στον Πίνακα 3.27, τα πολύγωνα των κατηγοριών ταξινομήθηκαν σε αυτά τα τρία διαστήματα και εμφανίζεται το ποσοστό της κάθε κατηγορίας στην ανάλογη τάξη μεγέθους.

cor_num integer	c_cor_count bigint	count1 bigint	small_per bigint	count2 bigint	medium_per bigint	count3 bigint	large_per bigint
0	2	2	100				
111	6	5	83	1	16		
112	161	158	98	2	1	1	0
121	4	3	75	1	25		
123	3	3	100				
124	5	1	20	4	80		
131	25	25	100				
133	4	4	100				
211	58	37	63	17	29	4	6
212	1	1	100				
221	186	127	68	45	24	14	7
222	71	51	71	18	25	2	2
223	317	140	44	116	36	61	19
242	500	282	56	189	37	29	5
243	338	179	52	127	37	32	9
244	10	7	70	3	30		
311	25	25	100				
312	88	54	61	26	29	8	9
313	12	11	91	1	8		
321	524	308	58	142	27	74	14
322	64	35	54	19	29	10	15
323	489	301	61	139	28	49	10
324	122	68	55	46	37	8	6
331	30	29	96	1	3		
332	29	20	68	8	27	1	3
333	201	137	68	51	25	13	6
334	20	14	70	6	30		
511	1	1	100				
512	2	2	100				
523	1					1	100
999	1	1	100				
1421	4	4	100				

Πίνακας 3.27: Τμήμα 4^{ου} ερωτήματος στην Χωρική Βάση Δεδομένων του CLC

Ερώτημα 5

Επιπλέον, σχετικά με το μέγεθος των πολυγώνων, επειδή τα τρία διαστήματα που ορίζονταν από τον οδηγό του CLC δεν ήταν αρκετά αντιπροσωπευτικά ώστε να καλύψουν ένα μεγάλο εύρος τιμών, δημιουργήθηκαν δέκα νέα μικρότερα διαστήματα (Πίνακας 3.28). Τα διαστήματα αυτής της κατανομής ήταν τα παρακάτω:

- 'count1' το πολύ 1km²
- 'count2' από 1 km² έως 2 km²
- 'count3' από 2 km² έως 3 km²
- 'count4' από 3 km² έως 4 km²
- 'count5' από 4 km² έως 5 km²
- 'count6' από 5 km² έως 6 km²
- 'count7' από 6 έως 7 km²
- 'count8' από 7 km² έως 8 km²
- 'count9' από 8 km² έως 9 km²
- 'count10' πάνω από 9 km²

cor_num integer	c_cor_count bigint	count1 bigint	count2 bigint	count3 bigint	count4 bigint	count5 bigint	count6 bigint	count7 bigint	count8 bigint	count9 bigint	count10 bigint
0	2	2									
111	6	5	1								
112	161	158	1	1				1			
121	4	3	1								
123	3	3									
124	5	1	1	2		1					
131	25	25									
133	4	4									
211	58	37	12	3	2		2		1		1
212	1	1									
221	186	127	30	8	4	3	4	1	3	1	5
222	71	51	14	2		2		1			1
223	317	140	61	24	21	10	18	1	7	3	32
242	500	282	99	53	27	10	4	4	3	2	16
243	338	179	79	24	14	10	9	6	4	2	11
244	10	7	3								
311	25	25									
312	88	54	16	6	4		1	1			6
313	12	11	1								
321	524	308	83	34	16	9	15	9	6	6	38
322	64	35	11	2	4	2	1	1	2	2	4
323	489	301	84	30	8	17	12	3	6	6	22
324	122	68	26	11	8	1	2	2	1	1	2
331	30	29	1								
332	29	20	6	2							1
333	201	137	36	6	7	2	4	1		1	7
334	20	14	3		2	1					
511	1	1									
512	2	2									
523	1										1
999	1	1									
1421	4	4									

Πίνακας 3.28: Τμήμα 5^{ου} ερωτήματος στην Χωρική Βάση Δεδομένων του CLC

Ερώτημα 6

Μια ακόμα συσχέτιση η οποία εξετάστηκε (Πίνακας 3.29), ήταν να βρεθούν οι κατηγορίες που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση. Η εντολή η οποία χρησιμοποιείται για αυτό είναι η `st_dwithin` (`the_geom1`, `the_geom2`, `distance`) όπου `the_geom` οι γεωμετρίες των πολυγώνων και `distance` η απόστασή τους. Στο παράδειγμα που ακολουθεί φαίνεται με τί συχνότητα οι διάφορες κατηγορίες βρίσκονται σε απόσταση εντός 1000m από τα πολύγωνα της κατηγορίας 3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές.

cor_r1 integer	polygons_near_to_331 bigint	number_of_category_polygons bigint	percent_near_to_331 bigint
112	9	161	5
124	1	5	20
133	2	4	50
211	10	58	17
221	9	186	4
222	8	71	11
223	34	317	10
242	41	500	8
243	20	338	5
311	1	25	4
312	8	88	9
313	1	12	8
321	52	524	9
323	45	489	9
324	1	122	0
331	40	30	133
333	9	201	4
334	1	20	5
512	2	2	100
523	23	1	2300

Πίνακας 3.29: Τμήμα 6^{ου} ερωτήματος στην Χωρική Βάση Δεδομένων του CLC

4 Συμπεράσματα και προοπτικές

Ολοκληρώνοντας την παρούσα εργασία, σημαντικό είναι να γίνει υποβολή των παρατηρήσεων και των σπουδαιότερων συμπερασμάτων από τη διαδικασία του οντολογικού σχεδιασμού, καθώς επίσης και των προοπτικών για μελλοντική έρευνα.

4.1 Ο οντολογικός σχεδιασμός

Οι οντολογίες αποτελούν μια κοινή γλώσσα επικοινωνίας ανθρώπου-μηχανής τυποποιώντας τη γνώση ενός πεδίου. Αρκετές μέθοδοι-τεχνολογίες είναι διαθέσιμες για την κωδικοποίηση της γνώσης. Ωστόσο οι δυνατότητες αναπαράστασης των οντολογιών σε συνδυασμό με τους εκλογικευτές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, τις καθιστούν ως μια ιδιαίτερης σημασίας τεχνολογία στον τομέα της αναπαράστασης γνώσης. Όσον αφορά τη διαδικασία της συλλογιστικής, αυτή παρέχει ταχύτητα και αιτιολογημένα αποτελέσματα εμφανίζοντας σχέσεις που υποκρύπτονται στη βάση γνώσης της οντολογίας. Τέλος, η σταδιακή μεταβολή του σημερινού διαδικτύου σε σημασιολογικό ιστό, φέρνει το πεδίο των οντολογιών στο προσκήνιο, δημιουργώντας πολλά υποσχόμενες προοπτικές για αυτές.

Παρ' όλα αυτά, η γνώση και κατ' επέκταση τα συμπεράσματα της οντολογίας, αφορούν το πεδίο για το οποίο αναπτύχθηκε και απέκτησε πληροφορίες, χωρίς να δημιουργεί άμεσα νέα γνώση. Σχετικά με την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων, αυτή εξαρτάται κυρίως από την ποιότητα των δεδομένων που δόμησαν τη βάση γνώσης αυτής.

4.2 Ο συντάκτης οντολογιών Protégé

Αναφορικά με το πρόγραμμα Protégé το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη της οντολογίας, επισημαίνεται το ιδιαίτερα φιλικό προς το χρήστη γραφικό περιβάλλον, που επιτρέπει σε κάποιον να «χτίσει» μια οντολογία χωρίς να έχει καμία γνώση σχετικά με τις διάφορες γλώσσες οντολογιών. Επίσης, η εκτενής βιβλιοθήκη πρόσθετων (plug-ins), η οποία διατίθεται από το πρόγραμμα, δίνει τη δυνατότητα να καλυφθεί ένα εύρος εφαρμογών, όπως η σύνδεση με βάσεις δεδομένων, η σύνδεση με διάφορες γλώσσες TN, καθώς και μία μεγάλη ποικιλία γραφικών απεικονίσεων. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι μετά την έκδοση 4, η οποία βασίζεται στη γλώσσα OWL 2, παρέχεται και η δυνατότητα χρήσης αριθμητικών πράξεων.

Όσον αφορά τους περιορισμούς/αδυναμίες του συντάκτη οντολογιών Protégé, αυτοί συνοψίζονται παρακάτω:

- Οι εκλογικευτές για το Protégé στην έκδοση 4.1 δεν υποστηρίζουν πλήρως την ταξινόμηση αντικειμένων, καταλήγοντας ορισμένες φορές σε εσφαλμένα αποτελέσματα.
- Το πρόγραμμα Protégé στην έκδοση 4.1 περιέχει σφάλματα (bugs) και συχνά η διαδικασία συλλογιστικής προκαλεί αναγκαστική και χωρίς δυνατότητα αποθήκευσης επανεκκίνηση, διαγράφοντας τα μη αποθηκευμένα δεδομένα.
- Ο μεγάλος όγκος δεδομένων, τα αρκετά αντικείμενα σε συνδυασμό με το μεγάλο αριθμό ιδιοτήτων και την αυξημένη υπολογιστική μνήμη που απαιτείται από τους εκλογικευτές, προϋποθέτει ένα ισχυρό υπολογιστικό σύστημα για να λειτουργήσει η συλλογιστική.
- Η έκδοση 4.1 στηρίζεται στη νέα γλώσσα οντολογιών OWL 2. Ως εκ τούτου πληθώρα πρόσθετων λειτουργιών που είναι διαθέσιμες στις προηγούμενες εκδόσεις δεν είναι πλήρως συμβατές με τη νέα έκδοση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το πρόσθετο για την εμφάνιση εικόνων στο περιβάλλον του συντάκτη Protégé ούτως ώστε, να είναι αποτελεσματικότερη η καθοδήγηση του χρήστη.

4.3 Το Wiki του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης του Ε.Μ.Π.

Η γνώση η οποία θα δομούσε την οντολογία, χρησιμοποιήθηκε για τη διόρθωση του Wiki και έπειτα, έγινε εξαγωγή αυτής σε μορφή RDF/XML για την εισαγωγή των δεδομένων στο πρόγραμμα Protégé και τη δημιουργία της οντολογίας σε αυτό. Η «σύνδεση» Wiki και συντάκτη οντολογιών

Protégé επέτρεψε τη μαζική εισαγωγή αρκετών αντικειμένων (individuals) και ιδιοτήτων αυτών στην οντολογία.

Ωστόσο, κατά τη διαδικασία δημιουργίας της οντολογίας στο πρόγραμμα Protégé, προέκυψαν ποικίλα προβλήματα λόγω της «σύνδεσης» αυτής, τα οποία δεν ήταν προβλέψιμα. Συγκεκριμένα, τα προβλήματα σχετίζονταν κυρίως με τον τρόπο αναπαράστασης της γνώσης στο Wiki. Καθώς η σύνταξη των άρθρων ακολουθεί κάποια τυποποιημένη μορφή, δεν επιτρέπεται η εισαγωγή των κλάσεων, των ιδιοτήτων και των τιμών αυτών, σύμφωνα με τα πρότυπα σύνταξης οντολογιών του Protégé. Όλες αυτές οι επεξεργασίες ολοκληρώθηκαν στο περιβάλλον του Protégé. Επίσης, ορισμένα στοιχεία του αρχείου το οποίο εξάχθηκε από το Wiki, δεν περιείχαν ωφέλιμη πληροφορία για το στόχο που έπρεπε να ικανοποιήσει η οντολογία, αλλά είναι απαραίτητα για τη σύνδεση των στοιχείων μέσα σε αυτή και την ομαλή λειτουργία της. Τα στοιχεία αυτά έπρεπε να αφαιρεθούν στο Protégé ώστε να είναι πιο αποτελεσματική η διαδικασία της συλλογιστικής.

Συμπερασματικά, η εισαγωγή των δεδομένων στο Wiki, η εξαγωγή των άρθρων αυτού και έπειτα η πραγματοποίηση των απαραίτητων διορθώσεων στο συντάκτη οντολογιών Protégé είχε περισσότερα οφέλη από την ανάπτυξη της οντολογίας εξ' ολοκλήρου στο Protégé.

4.4 Η οντολογία του Corine Land Cover που δημιουργήθηκε

Σχετικά με την οντολογία του CLC που δημιουργήθηκε, αυτή μπορεί να αποτελέσει ένα εργαλείο εκμάθησης φωτοερμηνείας σε αρχάριους φωτοερμηνευτές. Μέσω της διαδικασίας ερωταπαντήσεων στη βάση γνώσης της οντολογίας, οι χρήστες μπορούν να εξετάσουν την πιθανή κατηγορία του CLC στην οποία ανήκει μία περιοχή σε μία δορυφορική εικόνα.

Παράλληλα, αποτελεί ένα διαδικαστικό φωτοερμηνευτικό κλειδί για το Corine Land Cover. Η φωτοερμηνεία μπορεί να διεξαχθεί βήμα προς βήμα, από το γενικό προς το ειδικό και να οδηγήσει στον αποκλεισμό όλων εκείνων των αντικειμένων εκτός από το ζητούμενο.

Ακόμα, με την ανάπτυξη της οντολογίας πραγματοποιήθηκε τυποποίηση της φωτοερμηνευτικής γνώσης για τις 22 κατηγορίες του CLC.

4.5 Οι προοπτικές της παρούσας εργασίας

Όπως προαναφέρθηκε, οι οντολογίες αποτελούν έναν τρόπο αναπαράστασης γνώσης. Η οντολογία η οποία δημιουργήθηκε αναπαριστά τη γνώση για το CLC, περιγράφοντας τις κατηγορίες του και τα φωτοαναγνωριστικά χαρακτηριστικά τους, υποβοηθώντας και τυποποιώντας την φωτοερμηνευτική διαδικασία. Πέραν από την περιγραφή της γνώσης, η ανάπτυξη μιας οντολογίας είναι σαν τον καθορισμό ενός συνόλου δεδομένων και της δομής τους για τη χρήση τους από άλλα προγράμματα. Η συγκεκριμένη βάση γνώσης έχει τη δυνατότητα να αξιοποιηθεί από διάφορους αλγορίθμους επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων.

Στις προοπτικές της εργασίας επίσης, θα μπορούσε να συμπεριληφθεί και η συγχώνευση της οντολογίας που δημιουργήθηκε, με την οντολογία η οποία αναπτύχθηκε παράλληλα με τον Κ. Χαιρετάκη (Χαιρετάκης, 2012) και αφορούσε τις υπόλοιπες κατηγορίες του CLC (Τεχνητές επιφάνειες και Αγροτικές περιοχές). Η συγχώνευση των δύο οντολογιών πέρα από το τεχνικό κομμάτι της σύνδεσης, θα εξετάζει και το διαχωρισμό περιοχών που πιθανώς επικαλύπτονται.

Κατά τη διαδικασία συγκέντρωσης της φωτοερμηνευτικής γνώσης, πραγματοποιήθηκαν ορισμένες επεξεργασίες στην ΧΒΔ του CLC για την περιοχή της Κρήτης, με σκοπό να εξεταστούν ορισμένες συσχετίσεις των πολυγώνων των κατηγοριών. Η έρευνα αυτή θα μπορούσε να επεκταθεί στο σύνολο της χώρας και με τη χρήση στατιστικών μεθόδων να εξαχθούν αντιπροσωπευτικές (για τον ελλαδικό χώρο) ιδιότητες για τις κατηγορίες του CLC.

Τέλος, ως μελλοντική έρευνα, προτείνεται επιπλέον και η επέκταση της ονοματολογίας του CLC σε ένα 4^ο επίπεδο και η οντολογία να επεκταθεί για υποστήριξη εφαρμογών σε μεγαλύτερες κλίμακες.

Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

(Αργιαλάς, 1999) Δ. Αργιαλάς “Φωτοερμηνεία-Τηλεπισκόπηση” Εγχειρίδιο μαθήματος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999

(Αργιαλάς, 1999) Δ. Αργιαλάς “Ψηφιακή Τηλεπισκόπηση” Εγχειρίδιο μαθήματος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999

(Βλαχάβας και άλλοι, 2011) Ι. Βλαχάβας, Π. Κεφαλάς, Ν. Βασιλειάδης, Φ. Κόκκορας, Η. Σακελλαρίου “Τεχνητή Νοημοσύνη - Γ' Έκδοση” ISBN: 978-960-8396-64-7, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Μακεδονίας, 2011

(Στοίλος, 2011) Γ. Στοίλος “Εισαγωγή στις Περιγραφικές Λογικές - Σύνταξη, Σημασιολογία και Αλγόριθμοι Συλλογιστικής” Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2011

(Τομαή, 2005) Ε. Τομαή “Ανάπτυξη τυπικών οντολογιών στη γεωπληροφορική για την διαλειτουργικότητα βάσεων γεωγραφικής γνώσης” Διδακτορική διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2005

(Μουχτούρης, 2009) Ι. Μουχτούρης “Δημιουργία έμπειρου συστήματος σε γλώσσα προγραμματισμού matlab με graphical user interface με σκοπό την φωτοερμηνεία κατηγοριών 3^{ου} επιπέδου του Corine Land Cover.” Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2009

(Μιχελακάκης, 2009) Ε. Μιχελακάκης “Δημιουργία έμπειρου συστήματος σε περιβάλλον γλώσσας CLIPS με σκοπό την φωτοερμηνεία των κατηγοριών 3^{ου} επιπέδου του Corine Land Cover.” Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2009

(Παπαδάκη, 2002) Α. Παπαδάκη “Οι ontology-editors στην τεκμηρίωση βάσεων γεωγραφικών δεδομένων - Εφαρμογή στο Corine Land Cover.” Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2002

(Χαιρετάκης, 2012) Κ. Χαιρετάκης “Ανάπτυξη οντολογίας για την φωτοερμηνευτική αναγνώριση των κατηγοριών Τεχνητές επιφάνειες και Γεωργικές περιοχές του Ευρωπαϊκού προγράμματος Corine Land Cover.” Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2012

Ξένη Βιβλιογραφία

(Crevier, 1993) D. Crevier “AI: The Tumultuous Search for Artificial Intelligence.” New York, NY: BasicBooks, ISBN 0-465-02997-3, 1993

(McCarthy, 2007) J. McCarthy “What Is Artificial Intelligence?” Stanford University, 2007

(Davis et al., 1993) R. Davis, H. Shrobe, and P. Szolovits “What is a Knowledge Representation?” AI Magazine, 14(1):17-33, 1993

(Baader et al., 2003) F. Baader, D. Calvanese, D. L. McGuinness, D. Nardi, and P. F. Patel-Schneider “The Description Logic Handbook: Theory, implementation and applications.” Cambridge University Press, 2003

(Neches et al., 1991) R. Neches, R. E. Fikes, T. Finin, T. R. Gruber, T. Senator, and W. R. Swartout “Enabling technology for knowledge sharing.” AI Magazine, 12(3):36–56, 1991

(Gruber, 1993) T. R. Gruber “A Translation Approach to Portable Ontologies.” Knowledge Acquisition, 5(2):199–220, 1993

(Gruber,2009) T. R. Gruber “Ontology” Entry in the Encyclopedia of Database Systems, Ling Liu and M. Tamer Özsu (Eds.), Springer-Verlag, 2009

(Borst, 1997) W. N. Borst “Construction of Engineering Ontologies.” PhD thesis, University of Twente, Enschede, 1997

(Perez and Benjamins, 1999) A.G. Pérez and V.R. Benjamins “Overview of knowledge sharing and reuse components: Ontologies and problem-solving methods.” In Proceedings of the IJCAI-99 workshop on Ontologies and Problem-solving Methods (KRR5), Stockholm, Sweden, Citeseer, 1999

(Noy and McGuinness, 2001) N. F. Noy and D. L. McGuinness “Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology.” Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880, March 2001

(Uschold and Gruninger, 1996) M. Uschold M. Gruninger “Ontologies Principles. Methods and Applications” AIAI TR, February 1996

(Guarino, 1998) N. Guarino (ed.) “Formal Ontology in Information Systems.” Proceedings of FOIS’98, Trento, Amsterdam, IOS Press, pp. 3-15. Italy, 6-8 June 1998

(Berners-Lee et al., 2001) T. Berners-Lee, J. Hendler and O. Lassila “The Semantic Web.” Scientific American, p. 29-37, May 2001

(Horridge, 2011) M. Horridge “A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using Protege 4 and CO-ODE Tools Edition 1.3” University of Manchester, 2011

(Corine Land Cover – Technical Guide, 1994) “Corine Land Cover – Technical Guide” Published by the European Commission, EUR 12585 EN, Luxemburg, 1994

(Bossard et al., 2000) M. Bossard, J. Feranec, J. Otahel “Corine Land Cover Technical Guide – Addendum 2000” Technical report No 40, EEA, European Commission, Copenhagen, 2000

Ιστοσελίδες

Ιστοσελίδα World Wide Web Consortium – OWL features (Ημερομηνία προσπέλασης 10 Σεπτεμβρίου 2012)

<http://www.w3.org/TR/owl-features/>

Ιστοσελίδα World Wide Web Consortium – Ontology editors (Ημερομηνία προσπέλασης 10 Σεπτεμβρίου 2012)

http://www.w3.org/wiki/Ontology_editors/

Ιστοσελίδα World Wide Web Consortium – OWL 2 new features (Ημερομηνία προσπέλασης 29 Ιουνίου 2012)

<http://www.w3.org/TR/2009/REC-owl2-new-features-20091027/diff-from-20090922/>

Ιστοσελίδα προγράμματος Protégé (Ημερομηνία προσπέλασης 16 Μαρτίου 2012)

<http://protege.stanford.edu/>

Wikipedia – Artificial Intelligence (Ημερομηνία προσπέλασης 2 Σεπτεμβρίου 2012)

<http://en.wikipedia.org/wiki/AI/>

Wikipedia – Knowledge representation and reasoning (Ημερομηνία προσπέλασης 2 Σεπτεμβρίου 2012)

http://en.wikipedia.org/wiki/Knowledge_representation_and_reasoning/

Wikipedia – Description Logic (Ημερομηνία προσπέλασης 4 Σεπτεμβρίου 2012)

http://en.wikipedia.org/wiki/Description_logic/

Ιστοσελίδα Description Logic (Ημερομηνία προσπέλασης 4 Σεπτεμβρίου 2012)

<http://dl.kr.org/>

Ιστοσελίδα MediaWiki (Ημερομηνία προσπέλασης 3 Οκτωβρίου 2012)

<http://www.mediawiki.org/wiki/MediaWiki/>

Ιστοσελίδα Semantic MediaWiki (Ημερομηνία προσπέλασης 3 Οκτωβρίου 2012)

<http://semantic-mediawiki.org/>

Δημόσια ανοιχτά δεδομένα - geodata.gov.gr (Ημερομηνία προσπέλασης 10 Οκτωβρίου 2012)

<http://www.geodata.gov.gr/>

Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδος - ΟΚΧΕ (Ημερομηνία προσπέλασης 10 Οκτωβρίου 2012)

<http://www.okxe.gr/el/>

Ιστοσελίδα Open Geospatial Consortium (Ημερομηνία προσπέλασης 15 Οκτωβρίου 2012)

<http://www.opengeospatial.org/>

Ιστοσελίδα προγράμματος PostgreSQL (Ημερομηνία προσπέλασης 17 Οκτωβρίου 2012)

<http://postgresql.gr/>

Wiki Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης Ε.Μ.Π. (Ημερομηνία προσπέλασης 05 Μαρτίου 2012)

<http://147.102.106.42/rs/wiki/>

Ιστοσελίδα European Environment Agency (Ημερομηνία προσπέλασης 07 Μαΐου 2012)

<http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover/>

Ιστοσελίδα European Environment Agency (Ημερομηνία προσπέλασης 08 Οκτωβρίου 2012)

<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/geographic-view-of-land-cover-and-its-44-classes/>