



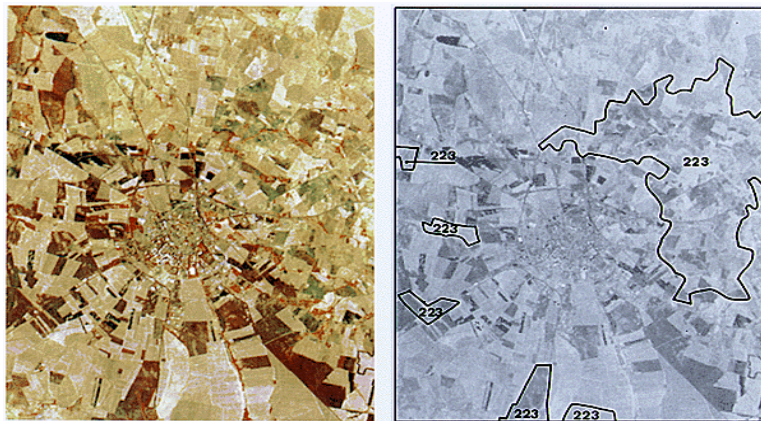
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

«ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΜΠΕΙΡΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΓΛΩΣΣΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ **CLIPS** ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗΝ ΦΩΤΟΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ 3^{ου} ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΤΟΥ CORINE LAND COVER.»



ΜΙΧΕΛΑΚΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ
Διπλωματική Εργασία

Αθήνα, Ιούλιος 2009

Επιβλέπων:
Καθηγητής Δημήτρης Π. Αργιαλάς

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο Τόμος αυτός, χωρίζεται σε τρία μέρη. Συγκεκριμένα, το πρώτο κεφάλαιο στοχεύει να οριοθετήσει το πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης και των έμπειρων συστημάτων παραθέτοντας κάποιους από τους προτεινόμενους ορισμούς του πεδίου και κάνοντας μία σύντομη ιστορική αναδρομή. Στο πρώτο κεφάλαιο θα επικεντρωθούμε ακόμα σε αρχιτεκτονικές έμπειρων συστημάτων, πρώτης και δεύτερης γενεάς, καθώς επίσης στην τεχνολογία γνώσης (knowledge engineering), που διέπει τη δημιουργία έμπειρων συστημάτων. Συγκεκριμένα, τι είναι έμπειρο σύστημα, ποιος είναι ο σκοπός της εν λόγω τεχνολογίας και ποια είναι τα διακριτά χαρακτηριστικά αυτών των συστημάτων. Το κεφάλαιο αυτό παρουσιάζει επίσης τις τρεις βασικές μορφές συλλογισμού, το συμπέρασμα, την απαγωγή και την επαγωγή. Αναλύονται ακόμα διεξοδικά οι κατηγορίες του τρίτου επιπέδου του Corine Land Cover όπως αυτές εμφανίζονται στο εγχειρίδιο του Corine. Αναφερόμαστε επίσης στη γλώσσα προγραμματισμού CLIPS. Γίνεται σύντομη αναφορά στον τρόπο λειτουργίας της γλώσσας και τους αλγόριθμους επίλυσης συγκρούσεων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναπτύσσεται διεξοδικά η μεθοδολογία που επέλεξαμε έτσι ώστε να δημιουργήσουμε τελικά ένα έμπειρο σύστημα το οποίο φωτοερμηνεύει τις κατηγορίες 3^{ου} επιπέδου του Corine Land Cover. Παραθέτουμε τα διαγράμματα που δημιουργήσαμε ως μια γραφική αναπαράσταση της γνώσης και αναλύουμε τους τρόπους που επιλέξαμε ώστε να εκφράσουμε την κάθε κατηγορία με μοναδικό τρόπο. Εκτελούμε το πρόγραμμα για τρεις τυχαίες κατηγορίες, διασταυρώνουμε τα αποτελέσματα και σχολιάζουμε τις αδυναμίες.

Τέλος στο τρίτο κεφάλαιο παραθέτουμε τα συμπεράσματά μας και τις προοπτικές του έμπειρου συστήματος που αναπτύχθηκε.

ABSTRACT

In the beginning of this study we aim to delimit the field of Artificial intelligence and expert systems by mentioning some of the suggested definitions of the field and by doing a short historical review. In the first chapter we also focus on the architecture of expert systems of first and second generation and in the knowledge engineering that is required for the development of one such system. Specifically, what is an expert system, what is the purpose of this technology, and the distinguishable characteristics of those systems. The first chapter also presents three basic categories of thinking: the conclusion, the deduction and the induction. We also analyze in detail the Corine Land Cover 3rd level categories as they appear in the manual. We mention the basic principles of CLIPS programming language, the way it works and the conflict resolution strategies it uses.

In the second chapter we demonstrate in detail the methodology chosen so we can develop an expert system that can interpretate the Corine land Cover 3rd level categories. We demonstrate the plans that analyze in depth the way each of these categories is defined uniquely. We execute the program for 3 random categories, check the results and discuss its weaknesses.

Finally in the 3rd chapter we discuss our conclusions and options of the expert system developed.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας.....	9
1.1.	Τεχνητή Νοημοσύνη και Έμπειρα συστήματα.....	9
1.1.1.	Περί τεχνητής νοημοσύνης – Ιστορικά.....	9
1.1.2.	Ο Όρος «Τεχνητή νοημοσύνη».....	10
1.1.3.	Έμπειρα συστήματα – Γενικά.....	13
1.1.4.	Ο Όρος «Έμπειρα συστήματα».....	13
1.1.5.	Δομή ενός έμπειρου συστήματος.....	16
1.1.6.	Βάση γνώσης.....	20
1.1.6.1.	Σημασιολογικά δίκτυα.....	21
1.1.6.2.	Τριπλέτες: αντικείμενο-ιδιότητα-τιμή.....	21
1.1.6.3.	Κανόνες.....	21
1.1.6.4.	Πλαίσια.....	22
1.1.6.5.	Λογικές εκφράσεις.....	22
1.1.7.	Βασικές μορφές συλλογισμού.....	22
1.1.7.1.	Απαγωγή.....	23
1.1.7.2.	Συμπεράσματα.....	24
1.1.7.3.	Επαγωγή.....	25
1.2.	Το Corine Land Cover και οι κατηγορίες του.....	29
1.2.1.	Φωτοερμηνευτικά κλειδιά.....	29
1.2.2.	Φωτοαναγνωριστικά στοιχεία.....	31
1.2.3.	Οι κατηγορίες του Corine Land Cover.....	33
1.3.	Η γλώσσα προγραμματισμού CLIPS.....	81
1.3.1.	Αλγόριθμοι επίλυσης συγκρούσεων.....	82
1.3.2.	Τελεστές AND, OR, NOT.....	85
2.	Μεθοδολογία.....	87
2.1.	Τοποθέτηση του Προβλήματος.....	87
2.2.	Εννοιολογική Σύλληψη και Αναπαράσταση γνώσης.....	88
2.2.1.	Φωτοαναγνωριστικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν.....	88
2.2.2.	Διαχωρισμός κατηγοριών που κυρίαρχο στοιχείο έχουν το νερό.....	93
2.2.3.	Διαχωρισμός κατηγοριών που κυρίαρχο στοιχείο έχουν τις τεχνητές επιφάνειες.....	97
2.2.4.	Διαχωρισμός κατηγοριών που κυρίαρχο στοιχείο έχουν την βλάστηση.....	99
2.2.5.	Διαχωρισμός κατηγοριών που κυρίαρχο στοιχείο έχουν το γυμνό έδαφος.....	102
2.3.	Υλοποίηση του συστήματος.....	104
2.3.1.	Μορφή κανόνων.....	104
2.4.	Παραδείγματα εκτέλεσης του έμπειρου συστήματος.....	107
2.4.1.	Παράδειγμα αναγνώρισης «Επιφάνειας στάσιμου ύδατος».....	107
2.4.2.	Παράδειγμα αναγνώρισης «Αερολιμένα και συνεχής αστικού ιστού».....	110
2.4.3.	Παράδειγμα αναγνώρισης «Μόνιμα αρδευόμενης αρόσιμης γης».....	115
3.	Συμπεράσματα – Παρατηρήσεις.....	119
3.1.	Δυνατότητες έμπειρων συστημάτων.....	120
3.2.	Πλεονεκτήματα έμπειρων συστημάτων.....	120
3.3.	Περιορισμοί – μειονεκτήματα έμπειρων συστημάτων.....	122
3.4.	Προοπτικές.....	123
4.	Βιβλιογραφία.....	124
5.	Παραρτήματα.....	127

Εικόνα 1: Luxembourg/Area: Luxembourg City, Landsat TM 4.3.2 1:100.000 , August 1989.	38
Εικόνα 2: Belgium/Area: Brasschaat, , Landsat TM 4.5.3 1:100.000 , May 1989	39
Εικόνα 3: Portugal/Area: Sines, Landsat MSS 7.5.4 1:100 000, August 1985	40
Εικόνα 4: France/Area: Arcachon SPOT 3.2.1 1:100 000, March 1989	41
Εικόνα 5: Portugal/Area: Porto, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, July 1987	42
Εικόνα 6: Great Britain/Area: Bedford, Landsat TM 4.5.3.. 1:100000	43
Εικόνα 7: Portugal/Area: Sesimbra, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, August 1985	44
Εικόνα 8: Luxembourg/Area: Differdange, Landsat TM 4.3.2. 1:100 000, August 1989	45
Εικόνα 9: Belgium/Area: Antwerp, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, May 1989	46
Εικόνα 10: France/Area: Bordeaux, SPOT XS 3.2.1, July 1987	47
Εικόνα 11: Portugal/Area: Faro, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, August 1985	48
Εικόνα 12: Netherlands/Area: Hardenwijk, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, May 1989	49
Εικόνα 13: Spain/Area: Guadalquivir, Landsat TM 4.3.2. 1:100 000, July 1986	50
Εικόνα 14: Portugal/Area: Coimbra, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, August 1985	51
Εικόνα 15: France/Area: Saint-Laurent-et-Benon, SPOT 3.2.1. 1:100 000, May 1989	52
Εικόνα 16: France/Area: Orange, SPOT 3.2.1. 1:100 000, June 1989	53
Εικόνα 17: Portugal/Area: Beja, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, August 1985	54
Εικόνα 18: France/Area: Digne, Landsat MSS 7.5.4., September 1987	55
Εικόνα 19: France/Area: Orange, SPOT 3.2.1. 1:100 000, June 1989	56
Εικόνα 20: Luxembourg/Area: Diekirch, Landsat TM 4.3.2. 1:100 000, August 1989	57
Εικόνα 21: Portugal/Area: Alcadour do Sal, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, August 1985	58
Εικόνα 22: France/Area: Pau, Spot 3.2.1 1:100000, July 1988	59
Εικόνα 23: Netherlands/Area: Hardewijk, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, May 1989	60
Εικόνα 24: Luxembourg/Area: Clervaux, Landsat TM 4.3.2. 1:100000, August 1989	61
Εικόνα 25: France/Area: cause de Sauveterre, Landsat TM 4.2.1. 1:100000, August 1989	62
Εικόνα 26: Netherlands/Area: Veluwe, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, May 1989	63
Εικόνα 27: France/Area: Toulon, SPOT 3.2.1. 1:100000, August 1989	64
Εικόνα 28: Spain/Area: Tresp, Landsat TM 4.5.3. 1:100000, September 1987	65
Εικόνα 29: Portugal/Area: Lagos, Landsat TM 4.5.3.. 1:100000, August 1985	66
Εικόνα 30: France/Area: Pau, SPOT 3.2.1. 1:100000, July 1988	67
Εικόνα 31: Spain/Area: Vic, Landsat TM 4.5.3. 1:100000, September 1987	68
Εικόνα 32: France/Area: Aix-en-Provence, SPOT 3.2.1., June 1989	69
Εικόνα 33: France/Area: Vanoise, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, June 1991	70
Εικόνα 34: France/Area: Carcassonne, Landsat TM 4.2.1. 1:100000, July 1988	71
Εικόνα 35: Ireland/Area: Rathagan, Landsat TM 4.5.3. 1:100000, May 1990	72
Εικόνα 36: Portugal/Area: Aveiro, Landsat TM 4.5.3., August 1985	73
Εικόνα 37: France/Area: Toulon, SPOT 3.2.1. 1:100000, March 1988	74
Εικόνα 38: Netherlands/Area: Hansweert, Landsat TM 4.5.3. 1:100000, May 1989	75
Εικόνα 39: Portugal/Area: Cavtasco, Landsat TM 4.5.3. 1:100000, August 1985	76
Εικόνα 40: Spain/Area: Tresp, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, September 1987	77
Εικόνα 41: France/Area: Montpellier, Landsat MSS 4.2.1. 1:100000, July 1988	78
Εικόνα 42: Portugal/Area: Caminha, Landsat TM 4.5.3. 1:100000, July 1987	79
Εικόνα 43: France/Area: Arcachon, SPOT 3.2.1. 1:100 000, March 1989	80
Εικόνα 44: Υπό εξέταση περιοχή στο νομό Καρδίτσας	107

Εικόνα 45: Έγχρωμο σύνθετο Landsat TM RGB 435	108
Εικόνα 46: Το Corine της περιοχής Νομού Καρδίτσας	109
Εικόνα 47: Τμήμα περιοχής Καλαμάτας	110
Εικόνα 48: Έγχρωμο σύνθετο Landsat TM RGB435 για την περιοχή της Καλαμάτας	111
Εικόνα 49: Έγχρωμο σύνθετο Landsat TM RGB741 για την περιοχή της Καλαμάτας	111
Εικόνα 50: Έγχρωμο σύνθετο Landsat TM RGB371 για την περιοχή της Καλαμάτας	112
Εικόνα 51: περιοχή γύρω από την πόλη της Καρδίτσας.....	115
Εικόνα 52: Έγχρωμο σύνθετο Landsat TM RGB341 για την περιοχή της Καλαμάτας	115
Εικόνα 53: light red in a Landsat TM 432 RGB color composite	117
Εικόνα 54: Το Coine της Καρδίτσας και η κατηγορία “Permenanetly Irrigated Land”	118

Πίνακας 1 : Κατηγορίες Εδαφοκάλυψης	34
Πίνακας 2: Τα φωτοαναγνωριστικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν	92
Πίνακας 3: κανόνας που υπαγορεύει στο πρόγραμμα ποια τιμή να ζητήσει	104
Πίνακας 4: κανόνας που επιτρέπει την εισαγωγή δεδομένων από διαφορετικές πηγές....	105
Πίνακας 5: Το τρίτο είδος κανόνων που εισάγει τις κατηγορίες.....	106

Σχήμα 1: Σύστημα βάσης γνώσης.....	13
Σχήμα 2:Συνοπτική δομή Έμπειρου Συστήματος	17
Σχήμα 3: Δομή Έμπειρου Συστήματος.....	19
Σχήμα 4: Ροή συλλογισμού	23
Σχήμα 5: Η κατηγορία/μονάδα υπό εξέταση.....	88
Σχήμα 6 : Διαχωρισμός κατηγοριών που κυρίαρχο στοιχείο έχουν το νερό (Μέρος 1 ^ο).....	93
Σχήμα 7: Διαχωρισμός κατηγοριών που κυρίαρχο στοιχείο έχουν το νερό (Μέρος 2 ^ο).....	95
Σχήμα 8: Κατηγορίες που κυρίαρχο στοιχείο έχουν τις τεχνητές επιφάνειες.....	97
Σχήμα 9: κατηγορίες που κυρίαρχο στοιχείο έχουν την βλάστηση (μέρος 1 ^ο).....	99
Σχήμα 10: κατηγορίες που κυρίαρχο στοιχείο έχουν την βλάστηση (μέρος 2 ^ο).....	100
Σχήμα 11: κατηγορίες που κυρίαρχο στοιχείο έχουν το γυμνό έδαφος	102
Σχήμα 12: Συνοπτικά η διαδικασία αναγνώρισης της κατηγορίας “Water Bodies”	109
Σχήμα 13: Συνοπτικά η διαδικασία αναγνώρισης της κατηγορίας “Continous Urban Fabric”	113
Σχήμα 14: Συνοπτικά η διαδικασία αναγνώρισης της κατηγορίας “Airport”	114
Σχήμα 15: Αναγνώριση της κατηγορίας “Continous Urban Fabric” μη κανονικού σχήματος.....	114
Σχήμα 16: Η διαδικασία αναγνώρισης της κατηγορίας “Permenanetly Irrigated Land”	117
Σχήμα 17: Χώρος απαιτούμενης και χώρος διαθέσιμης γνώσης	122

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με το Corine Land Cover Project η επιφάνεια της γης καλύπτεται από έναν συγκεκριμένο αριθμό κατηγοριών ειδών εδαφοκάλυψης χρήσης γης. Οι κατηγορίες αυτές αποτελούνται από άλλες υποκατηγορίες πιο «συγκεκριμένης» εδαφοκάλυψης και το όλο project είναι δομημένο τελικά ιεραρχικά από την πιο γενική στην πιο ειδική κατηγορία εδαφοκάλυψης.

Σκοπός αυτού του τόμου είναι η δημιουργία ενός έμπειρου συστήματος σε γλώσσα προγραμματισμού CLIPS το οποίο με τη βοήθεια ενός άπειρου φωτοερμηνευτή , και με εκμετάλευση των απλούστερων φωτοαναγνωριστικών στοιχείων να μπορεί να διακρίνει και να φωτοερμηνεύσει την εκάστοτε κατηγορία εδαφοκάλυψης/χρήσης γης αν και εφόσον αυτή ανήκει σε μία από τις προβλεπόμενες κατηγορίες του Corine.

Για το σκοπό αυτό γίνεται εισαγωγή του χρήστη στη φιλοσοφία των έμπειρων συστημάτων και ανάλυση του τρόπου «σκέψης» και λειτουργίας τους. Στη συνέχεια επιλέγονται, μέσα από πλήθος φωτοαναγνωριστικών στοιχείων, τα καταλληλότερα για τη διάκριση των κατηγοριών, και κάθε εδαφοκάλυψη/χρήση γης ορίζεται σύμφωνα με αυτά. Τέλος ερμηνεύονται οι ερωτήσεις του προγράμματος και οι έννοιες που χρησιμοποιεί έτσι ώστε να αποφευχθούν τυχών παρανοήσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

1. Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

Η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για την διεκπεραίωση του παρών τόμου έχει σχέση με τις επιστήμες της τεχνητής νοημοσύνης και των έμπειρων συστημάτων, της φωτοερμηνείας-τηλεπισκόπησης, και την θεωρία του προγράμματος Corine Land Cover.

1.1. Τεχνητή Νοημοσύνη και Έμπειρα συστήματα

1.1.1. Περί τεχνητής νοημοσύνης – Ιστορικά

Το πεδίο της Τεχνητής νοημοσύνης (TN) είναι περίπου σαράντα ετών. Είναι γεγονός ότι η έρευνα σε TN άρχισε πολύ πριν επινοηθεί ο όρος «Τεχνητή Νοημοσύνη» από τον John McCarthy, ενώ το πρώτο επίσημο διεθνές συνέδριο διεξήχθη το 1969 στη Βόρειο Αμερική. Επίσης είναι γεγονός ότι το προβάδισμα σε αυτό το πεδίο δόθηκε από ερευνητές σε πανεπιστήμια και ερευνητικά κέντρα της Βορείου Αμερικής και σε μεγάλο βαθμό το πεδίο εξακολουθεί να «κυριαρχείται» από τους Αμερικανούς ερευνητές, παρόλο που τώρα η Ευρώπη δεν είναι πλέον ο φτωχός συγγενής, αλλά έχει και αυτή να επιδείξει αξιόλογα ερευνητικά αποτελέσματα. Κάποιες ατυχείς συγκυρίες είχαν ως αποτέλεσμα το κάπως αργό ξεκίνημα της TN στην Ευρώπη. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, για παράδειγμα, το «συμπέρασμα» του Sir James Lighthill ότι η TN δημιουργήθηκε από άντρες που στόχο είχαν την κατασκευή του μηχανικού ανθρώπου ως υποκατάστατο της κυοφορίας, είχε ως αποτέλεσμα το «πάγωμα» της κρατικής υποστήριξης προς την σχετική έρευνα μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 80, όταν πλέον έγινε αντιληπτή η σημασία των ερευνητικών στόχων της TN και αποφασίστηκε να διατεθούν σημαντικά κρατικά κονδύλια προς την υποστήριξη της. Σε αυτή την αλλαγή πνεύματος συνέτεινε σε μεγάλο βαθμό η ανακοίνωση της Ιαπωνικής κυβέρνησης για τη διάθεση τεράστιων ποσών προς τη δημιουργία του υπολογιστή πέμπτης γενεάς (fifth-generation computer), ο οποίος θα είχε ικανότητες ευφυΐας. Η Ιαπωνική προσπάθεια μπορεί να μην επέφερε τα αναμενόμενα αποτελέσματα, συνέβαλε όμως τα μέγιστα στην αναζωπύρωση του ενδιαφέροντος ως προς την TN, κυρίως στην Ευρώπη.

Πηγαίνοντας πολύ πιο πίσω από τα πιο πάνω γεγονότα, οι ρίζες της TN μπορούν να χρονολογηθούν στο έργο των αρχαίων Ελλήνων φιλοσόφων, κυρίως του Αριστοτέλη, και σε μεταγενέστερο στάδιο, στο έργο διάσημων μαθηματικών όπως του George Boole. Στην Ευρώπη ο Άγγλος μαθηματικός Alan Turing, ο οποίος θεωρείται ένας από τους πατέρες της TN, ήταν ο πρώτος που διατύπωσε, κατά τη μεταπολεμική περίοδο, την έννοια της ευφυούς υπολογιστικής μηχανής και

προσδιόρισε τη δοκιμή με την οποία μπορεί να «αποδειχθεί», με εμπειρικό τρόπο, η ύπαρξη ή μη ευφυΐας σε έναν υπολογιστή. Ο τομέας της Κυβερνητικής (Cybernetics), κυρίως το μέρος αυτού του τομέα που ασχολήθηκε με τη δημιουργία μηχανών, οι οποίες προσομοίωναν κάποια χαρακτηριστικά ανθρώπινης συμπεριφοράς, μπορεί να θεωρηθεί σαν ένας από τους άμεσους προγόνους της ΤΝ. Σε γενικές γραμμές, η ουσία είναι ότι η ΤΝ αντλεί από πολλούς και διαφορετικούς τομείς (Φιλοσοφία, Μαθηματικά, Γνωστική Ψυχολογία, Μηχανική, κτλ.), πράγμα το οποίο της δίνει τον πολυεπιστημονικό της χαρακτήρα και οι εφαρμογές της αφορούν πολλούς και διαφορετικούς τομείς (Ιατρική, Νομική, Εκπαίδευση, Γλωσσολογία, Γεωλογία, Βιολογία, Αστρονομία, κτλ.).

1.1.2. Ο Όρος «Τεχνητή νοημοσύνη»

Αναμφισβήτητα, οι λέξεις «τεχνητή» και «νοημοσύνη» (ή ευφυΐα) δεν είναι απολύτως σαφής. Επομένως δεν πρέπει να μας παραξενεύει το γεγονός, ότι ο όρος «τεχνητή νοημοσύνη» έχει οδηγήσει σε έντονες συζητήσεις, ακόμη και σε διαμάχες, εντός και εκτός της ερευνητικής κοινότητας, για το τι τέλος πάντων σημαίνει. Τέτοιες συζητήσεις είναι αναμενόμενες και καλοδεχούμενες, για οποιοδήποτε σχετικά νέο πεδίο, τα «σύνορα» του οποίου δεν έχουν ακόμη σταθεροποιηθεί και συνεχώς επεκτείνονται σε νέες κατευθύνσεις. Κανένας από τους κατά καιρούς προτεινόμενους ορισμούς του τι σημαίνει «τεχνητή νοημοσύνη» δεν είναι καθολικά αποδεκτός. Κανένας από αυτούς δεν καλύπτει επακριβώς τις διάφορες περιοχές που περιλαμβάνονται σε αυτό το πεδίο. Επομένως, από πρακτικής απόψεως, ο καλύτερος τρόπος οριοθέτησης της ΤΝ στην παρούσα φάση ανάπτυξής της, είναι μέσω των ερευνητικών περιοχών που την αποτελούν, όπως αυτές διαφαίνονται στα πρακτικά διεθνών συνεδρίων σε ΤΝ. Σε αυτή την ενότητα θα αναφερθούμε σε κάποιους από τους προτεινόμενους ορισμούς της ΤΝ.

Οι Luger και Stubblefield (1998) προτείνουν καταρχήν τον ακόλουθο ορισμό:

Ορισμός 1: Τεχνητή Νοημοσύνη είναι ένας κλάδος της Πληροφορικής, ο οποίος ασχολείται με την αυτοματοποίηση ευφυούς συμπεριφοράς.

Κατά τους Luger και Stubblefield το δυνατό σημείο αυτού του ορισμού είναι η τοποθέτηση της ΤΝ ως κλάδου της Πληροφορικής, το οποίο σημαίνει ότι η ΤΝ κληρονομεί όλες τις μεθοδολογίες, τεχνικές, μηχανισμούς και πρότυπα που υπογραμμίζουν όλα τα υπολογιστικά συστήματα. Όμως, από πρακτικής απόψεως, το αδύνατο σημείο του ορισμού είναι ότι εξαρτάται από το τι είναι «ευφυΐα» ή

«ευφυής συμπεριφορά», κάτι για το οποίο δεν υπάρχει σύγκλιση απόψεων. Στο τελευταίο κεφάλαιο του βιβλίου τους, οι Luger και Stubblefield, δίνουν τον ακόλουθο τροποποιημένο ορισμό:

Ορισμός 2: Τεχνητή Νοημοσύνη είναι η μελέτη των μηχανισμών που διέπουν ευφυή συμπεριφορά, μέσω της κατασκευής και αξιολόγησης συστημάτων τα οποία παριστάνουν αυτούς τους μηχανισμούς.

Εκ πρώτης όψεως αυτός ο ορισμός φαίνεται να είναι παράφραση του ορισμού 1. Πιο προσεκτική εξέταση όμως δείχνει ότι υπάρχει μια ουσιαστική διαφορά. Ο ορισμός 2 μας προτείνει ότι ΤΝ είναι η μελέτη κατανόησης της φύσης της ανθρώπινης ευφυούς συμπεριφοράς. Επομένως, δεν προϋποθέτει τον προσδιορισμό της «ευφυούς συμπεριφοράς», όπως ο ορισμός 1. Φυσικά και ο ορισμός 2 παραμένει απεριόριστος.

Ένας τρίτος εναλλακτικός ορισμός, ο οποίος έχει προταθεί από διάφορους ερευνητές και είναι πιο συγκεκριμένος και επομένως πιο περιοριστικός, από τους ορισμούς 1 και 2, είναι ο ακόλουθος:

Ορισμός 3: Τεχνητή Νοημοσύνη είναι η ανάπτυξη υπολογιστικών συστημάτων για την επίλυση δύσκολων προβλημάτων, τα οποία δεν μπορούν να επιλυθούν με την εξαντλητική εξέταση όλων των πιθανών λύσεων μια και αυτές μπορεί να είναι πάρα πολλές.

Η έμφαση εδώ είναι σε δύσκολα προβλήματα, τα οποία παραδοσιακές υπολογιστικές μεθόδους, δηλαδή καθαρά αλγοριθμικές μεθόδους, είναι ανίκανες να επιλύσουν, τουλάχιστο μέσα σε λογικά χρονικά πλαίσια. Με έμμεσο τρόπο, αυτός ο ορισμός επικαλείται τη χρήση ευρετικών μεθόδων. Η σύνδεση του ορισμού 3 με την «ευφυΐα» απορρέει από τη γενική αποδοχή ότι ο άνθρωπος, που μπορεί να επιλύσει τέτοια δύσκολα προβλήματα, αποδοτικά και αποτελεσματικά, χαρακτηρίζεται από ευφυΐα. Επίσης χαρακτηρίζεται από εκτενή γνώση και εμπειρία. Ευφυΐα, γνώση και εμπειρία είναι αλληλένδετες έννοιες. Βέβαια, δεν έπεται ότι ο ίδιος άνθρωπος είναι εξίσου ικανός στην επίλυση όλων των ειδών δύσκολων προβλημάτων.

Παρόλο που ο ορισμός 3 είναι πολύ πιο συγκεκριμένος από τους ορισμούς 1 και 2, μια και υπονοεί μια περιοριστική αντίληψη της έννοιας της ευφυΐας, την ικανότητα επίλυσης δύσκολων προβλημάτων, δεν καλύπτει επαρκώς τις διάφορες ερευνητικές περιοχές που περιλαμβάνονται στη ΤΝ. Για παράδειγμα, αυτός ο ορισμός δεν καλύπτει τις προσπάθειες δημιουργίας υπολογιστικών συστημάτων τα

οποία επιδεικνύουν «κοινή λογική» (commonsense reasoning). Ο κάθε άνθρωπος, κανονικού επιπέδου νοημοσύνης, κατέχει κοινή λογική, η εφαρμογή της οποίας δεν χαρακτηρίζεται ως δύσκολη πράξη.

Τέλος ένας τέταρτος ορισμός ο οποίος έχει προταθεί από τους Rich και Knight (1991) είναι ο ακόλουθος:

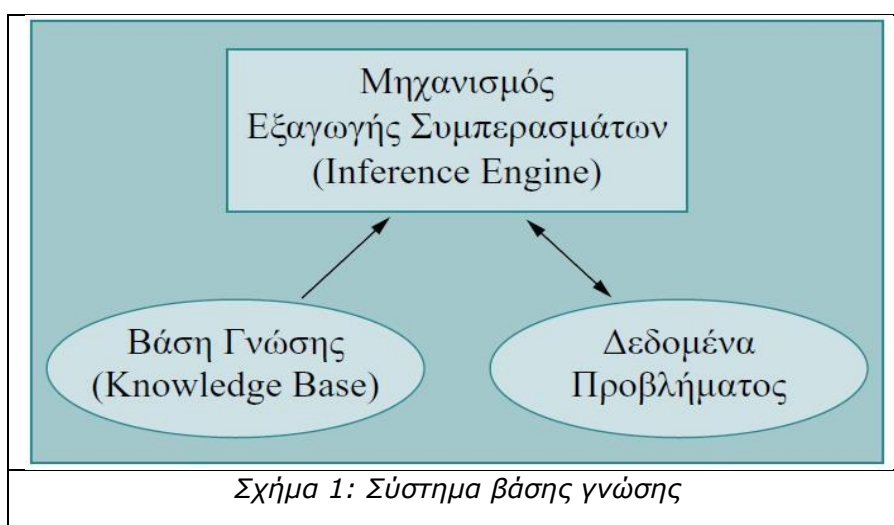
Ορισμός 4: Τεχνητή Νοημοσύνη είναι η μελέτη του πώς να κάνουμε τον υπολογιστή να πράξει κάτι που επί του παρόντος ο άνθρωπος μπορεί να πράξει καλύτερα.

Ο ορισμός 4, όπως και ο ορισμός 3, αποφεύγει την απευθείας αναφορά σε ευφυΐα. Από πρακτικής απόψεως το τι ορίζεται εδώ είναι αρκετά χειροπιαστό και επίσης, συγκριτικά με τον ορισμό 3, ο ορισμός 4 είναι πιο ευρύς σε εμβέλεια και φαίνεται να καλύπτει αρκετά ικανοποιητικά το πεδίο. Η οριοθέτηση της ΤΝ διαμέσου αυτού του ορισμού είναι δυναμική, αφού το σύνολο των ικανοτήτων, στις οποίες ο άνθρωπος υπερέχει του υπολογιστή, αναμένεται να μεταβάλλεται με το χρόνο.

Επί του παρόντος πολλά είναι εκείνα, στα οποία ο άνθρωπος υπερέχει του υπολογιστή, όπως για παράδειγμα η ικανότητα όρασης, μάθησης, ομιλίας, η συνδιάλεξη και η επιχειρηματολογία, η επίλυση δύσκολων προβλημάτων, κτλ. Αυτές είναι ικανότητες, οι οποίες ενισχύονται με τις γνώσεις και την εμπειρία. Ο υπολογιστής δεν έχει ακόμη φτάσει στο σημείο να επιδεικνύει οποιαδήποτε από αυτές τις ικανότητες σε βαθμό συγκρίσιμο με αυτό του ανθρώπου, εκτός από την επίλυση εξειδικευμένων προβλημάτων. Μηχανική μάθηση και όραση, κατανόηση ομιλίας, κατανόηση και μετάφραση φυσικής γλώσσας, κτλ., αποτελούν από την αρχή μέχρι τώρα ενεργές ερευνητικές περιοχές της ΤΝ. Κοινός παρανομαστής αυτών των ερευνητικών δραστηριοτήτων είναι η αναπαράσταση γνώσης με συμβολικό τρόπο και η ευρετική αναζήτηση.

1.1.3. Έμπειρα συστήματα – Γενικά

Όπως είδαμε προηγουμένως, η αρχική προσπάθεια στο πεδίο της ΤΝ στόχευε στη δημιουργία συστημάτων γενικής επίλυσης προβλημάτων (general problem solvers). Μέσα από αυτή την προσπάθεια, και συγκεκριμένα την αποτυχία της, διεφάνη, ότι η αποδοτική και αποτελεσματική επίλυση ρεαλιστικών προβλημάτων, είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη χρήση συγκεκριμένης γνώσης. Αυτό οδήγησε στη δημιουργία των συστημάτων βάσης γνώσης (knowledge based systems). Η γενική αρχιτεκτονική ενός συστήματος βάσης γνώσης δίνεται στο Σχήμα 1.



1.1.4. Ο Όρος «Έμπειρα συστήματα»

Τα έμπειρα συστήματα είναι συστήματα που υποστηρίζονται από τον άνθρωπο αλλά και τους Η/Υ και εκτελούν διαδικασίες επιλύσεις προβλημάτων για συγκεκριμένους τομείς. Χρησιμοποιούν κανόνες, ευριστικούς κανόνες (heuristics), και τεχνικές όπως αυτή της «first-order» λογικής ή των σημασιολογικών δικτύων (semantic networks), για την αναπαράσταση της γνώσης και τη δημιουργία και λειτουργία των μηχανισμών εξαγωγής συμπερασμάτων, με τελικό σκοπό την παραγωγή συμπερασμάτων από την αποθηκευμένη πληροφορία αλλά και την πληροφορία που θα εισαγάγει ο χρήστης στο σύστημα. Τα παραπάνω Συστήματα, ως νεοαναδυόμενη τεχνολογία στο χώρο της πληροφορικής και των συστημάτων λήψεως αποφάσεων, αποδεικνύονται χρήσιμα εργαλεία σε πλήθος εφαρμογών.

Τα Έμπειρα Συστήματα δομούνται σύμφωνα με τον τρόπο και τη μεθοδολογία που ο ειδικός αντιμετωπίζει το πρόβλημα και σχεδιάζονται για να

παράγουν συμπεράσματα της ίδιας ποιότητας, αξιοπιστίας και πληρότητας με αυτά των ειδικών.

Κοινής αποδοχής ορισμός για τα συστήματα αυτά δεν υπάρχει. Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν διάφοροι ορισμοί όπως οι ακόλουθοι:

- ❖ «Τα περισσότερα από τα έμπειρα συστήματα λειτουργούν στον αναλυτικό τομέα, όπου η επίλυση ενός προβλήματος αποτελείται από την αναγνώριση της σωστής λύσης μέσα από προκαθορισμένες πεπερασμένες λίστες πιθανών απαντήσεων (Merry,1985)».
- ❖ «Τα έμπειρα συστήματα είναι προγράμματα Η/Υ που εφαρμόζουν την τεχνητή νοημοσύνη, προκειμένου να ξεκαθαρίσουν διάφορα προβλήματα. Έχουν πάρει το όνομά τους από το βασικό χαρακτηριστικό τους: επιλύουν προβλήματα, τα οποία απαιτούν την εμπειρία, τη γνώση, την προσέγγιση και τη μεθοδολογία του ειδικού (Ortolano και Perman, 1987)».
- ❖ Ένα έμπειρο σύστημα είναι ένα σύστημα Η/Υ που ενσωματώνει την γνώση ενός συγκεκριμένου τομέα εξειδίκευσης και είναι ικανό να δίνει έξυπνες αποφάσεις και συμπεράσματα για προβλήματα που ανήκουν στον τομέα αυτό (Forsyth,1984).
- ❖ Ένα έμπειρο σύστημα μεταχειρίζεται πραγματικά πολύπλοκα προβλήματα που απαιτούν την ερμηνεία ενός εμπείρου, και επιλύει τα προβλήματα αυτά χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο προσομοίωσης της συλλογιστικής του ειδικού, φθάνοντας στα ίδια συμπεράσματα που ο έμπειρος θα έφθανε αν αντιμετώπιζε ένα αντίστοιχο πρόβλημα (Weiss and Kulikowski, 1984).
- ❖ Υπάρχουν ωστόσο ακόμη πιο απαιτητικοί ορισμοί. Οι Buchanan και Shortlitle στην περιγραφή του MYCIN, ενός κλασσικού έμπειρου συστήματος ορίζουν το έμπειρο σύστημα ως ακολούθως:
- ❖ «..... είναι ένα πρόγραμμα τεχνητής νοημοσύνης σχεδιασμένο (α) να παράγει λύσεις σε πολύπλοκα προβλήματα αντίστοιχες με αυτές των ειδικών, (β) να είναι κατανοητό και (γ) να είναι εύπλαστο και δυναμικό ώστε να μπορεί να ενημερώνεται με νέες πληροφορίες «γνώσης» εύκολα (Buchanan και Shortlitle, 1984)».
- ❖ Ένας από τους εκτενείς ορισμούς και πιο αισιόδοξους ορισμούς προέρχεται από τους Hayes-Roth σύμφωνα με τους οποίους : «Ένα έμπειρο σύστημα είναι ένα πρόγραμμα «γνώσης» που επιλύει προβλήματα τα οποία σε κανονικές συνθήκες απαιτούν τη μεσολάβηση ειδικού. Παράγει πολλές δευτερογενείς συναρτήσεις όπως ένας έμπειρος, ρωτώντας σχετικές ερωτήσεις και εξηγώντας τη συλλογιστική τους.

Γενικός Ορισμός: Έμπειρο σύστημα είναι υπολογιστικό σύστημα, το οποίο μπορεί να επιλύσει αποδοτικά και αποτελεσματικά ρεαλιστικά προβλήματα, η επίλυση των οποίων εκ μέρους του ανθρώπου συνεπάγεται την ύπαρξη κάποιας μορφής εμπειρογνωμοσύνης.

Ο γενικός ορισμός απλώς οριοθετεί το πεδίο δράσεως της τεχνολογίας, χωρίς να κάνει καμία δέσμευση ως προς τον τρόπο επίλυσης των προβλημάτων. Απλά μας λέει ότι απώτερος στόχος είναι η επίλυση προβλημάτων, τα οποία μπορούν να επιλυθούν ικανοποιητικά μόνο από έμπειρους. Σε έναν (εξειδικευμένο) τομέα οι πραγματικά έμπειροι είναι συνήθως συγκριτικά λίγοι σε αριθμό, διότι η απόκτηση εμπειρογνωμοσύνης είναι επίπονη διεργασία που επιτυγχάνεται μέσω εκτενέστατης εμπειρίας. Επομένως, πίσω από το γενικό ορισμό κρύβεται ο (γενικός) σκοπός της τεχνολογίας.

Σκοπός Τεχνολογίας Έμπειρων Συστημάτων: Η εξάπλωση, σε ευρεία κλίμακα, της ικανότητας επίλυσης προβλημάτων, που απαιτούν εμπειρογνωμοσύνη, για κοινωνικούς, οικονομικούς ή άλλους λόγους.

Αναφορικά με τη συγκεκριμενοποίηση του γενικού ορισμού του έμπειρου συστήματος, υπάρχουν δύο σχολές σκέψεως. Η μία σχολή σκέψεως πρεσβεύει ότι ένα έμπειρο σύστημα θα πρέπει να αποτελεί όσο γίνεται πιο ακριβή προσομοίωση της εν λόγω εμπειρογνωμοσύνης ή τουλάχιστον των στοιχείων αυτής που μπορούν να εξωτερικευτούν. Σημασία, δηλαδή, δεν έχει μόνο το τελικό αποτέλεσμα για κάποιο πρόβλημα, αλλά και ο τρόπος εξαγωγής του. Επομένως, το μέτρο σύγκρισης σε σχέση με την εν γένει απόδοση του συστήματος αποτελεί αυτός καθ' αυτός ο έμπειρος. Στόχος είναι το έμπειρο σύστημα να επιλύει προβλήματα εξίσου ικανοποιητικά με τον έμπειρο και ίσως και καλύτερα, αφού δεν θα έχει τις αδυναμίες του ανθρώπινου οργανισμού (μείωση μνήμης, αισθήματα που μπορεί να επηρεάζουν αρνητικά τη σκέψη, κτλ.)

Η άλλη σχολή σκέψεως πρεσβεύει, ότι σημασία έχει μόνο το τελικό αποτέλεσμα και επομένως ένα έμπειρο σύστημα δεν είναι κατ' ανάγκη η προσομοίωση της εν λόγω εμπειρογνωμοσύνης. Στόχος, δηλαδή, θα πρέπει να είναι η δημιουργία συστημάτων που μπορούν να επιλύσουν «ορθά» αυτά τα προβλήματα με όσο το δυνατό υψηλότερη απόδοση (υψηλότερη από αυτήν των έμπειρων).

Συνηγορούμε με την προσέγγιση που πρεσβεύει η πρώτη σχολή σκέψεως, διότι συνάδει καλύτερα με τη φύση αυτών των συστημάτων, ως συμβούλων υποστήριξης αποφάσεων, που χρειάζεται να συνδιαλέγονται με το χρήστη τους και

να παρέχουν τεκμηριώσεις των εισηγήσεών τους. Επομένως, δεν είναι μόνο το τελικό αποτέλεσμα που έχει σημασία, αλλά και ο συλλογισμός και η γνώση που οδήγησε σε αυτό. Παραθέτουμε λοιπόν, τον ακόλουθο εκλεπτυσμένο ορισμό του τι είναι έμπειρο σύστημα:

Εκλεπτυσμένος ορισμός: Έμπειρο σύστημα είναι σύστημα βάσης γνώσης, το οποίο μοντελοποιεί εκτενώς την εμπειρογνωμοσύνη ενός ή περισσότερων εμπειρών του σχετικού (εξειδικευμένου) τομέα. Η απόδοση του συστήματος στην επίλυση των εν λόγω ρεαλιστικών προβλημάτων πρέπει να είναι συγκρίσιμη με αυτήν των εμπειρών.

Με βάση τον εκλεπτυσμένο ορισμό, ο σκοπός, η κεντρική αρχή της τεχνολογίας των εμπειρών συστημάτων, μπορεί να διατυπωθεί σαφέστερα.

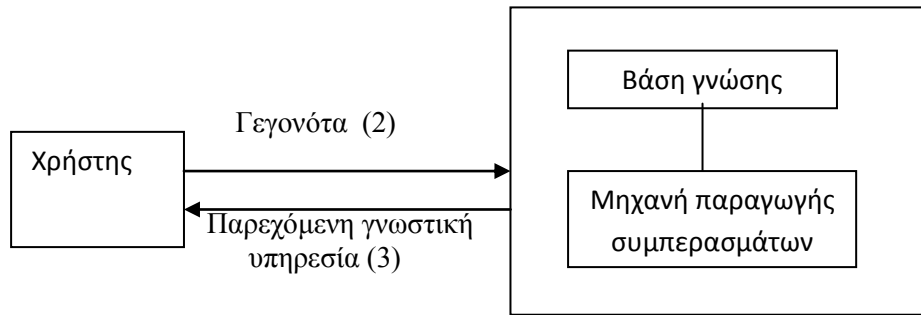
Κεντρική Αρχή Τεχνολογίας: Η (ευρεία) εξάπλωση της εν λόγω εμπειρογνωμοσύνης για κοινωνικούς, οικονομικούς ή άλλους λόγους. Ο τυπικός χρήστης ενός έμπειρου συστήματος αναμένεται μεν να ανήκει στο σχετικό γνωστικό πεδίο, αλλά να μην είναι ο ίδιος έμπειρος. Το έμπειρο σύστημα βοηθά αυτό το χρήστη να αποδίδει σε βαθμό ικανότητας συγκρίσιμο με αυτόν του έμπειρου. Ακόμη και ο έμπειρος μπορεί να χρησιμοποιήσει το σύστημα με σημαντικά οφέλη.

1.1.5. Δομή ενός έμπειρου συστήματος

Σε πρώτη προσέγγιση του θέματος, ένα έμπειρο σύστημα περιλαμβάνει δύο βασικά στοιχεία:

- ***Τη βάση γνώσης*** και
- ***Τη μηχανή παραγωγής συμπερασμάτων***

Τα παραπάνω στοιχεία συνεργάζονται μεταξύ τους και με το χρήστη όπως φαίνεται στο σχήμα 2 :



- (1) Ενταμιευμένη πληροφορία(γνώση)
 (2) Εισαγόμενη πληροφορία(γεγονότα)
 (3)Παρεχόμενη γνωστική υπηρεσία

Σχήμα 2:Συνοπτική δομή Έμπειρου Συστήματος

Ο χρήστης τροφοδοτεί το σύστημα με γεγονότα και λαμβάνει συμβουλές και απαντήσεις από το σύστημα. Οι συμβουλές και απαντήσεις που λαμβάνει ο χρήστης είναι τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγει η μηχανή παραγωγής συμπερασμάτων.

Σε δεύτερη προσέγγιση , η οποία τυγχάνει γενικής αποδοχής , ένα έμπειρο σύστημα αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία:

Τη μονάδα συνεργασίας Έμπειρου Συστήματος-Χρήστη (user interface).

Είναι ο μηχανισμός επικοινωνίας χρήστη και Έμπειρου Συστήματος. Μέσω της μονάδας αυτής ο χρήστης παρέχει στο σύστημα πληροφορίες και γεγονότα και λαμβάνει από αυτό υπηρεσίες διαγνώσεως και επεξηγήσεων .

Τη βάση γνώσης (knowledge base), όπου καταχωρείται η παρεχόμενη από το Σύστημα γνώση, με τη μορφή λογικών κανόνων.

Τη μονάδα παροχής επεξηγήσεων (explanation facility), μέσω της οποίας παρέχονται υπηρεσίες επεξηγήσεων.

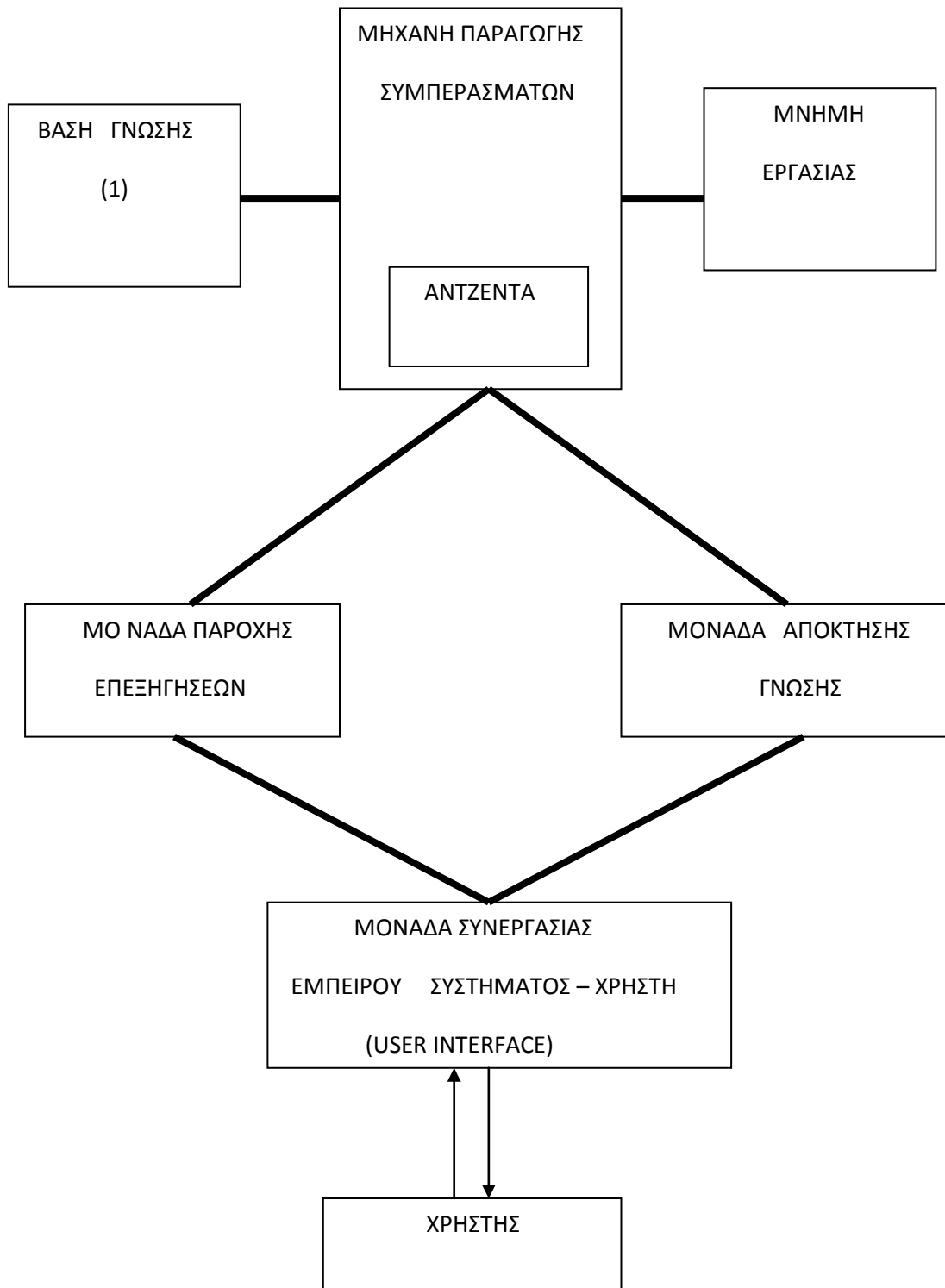
Τη μνήμη εργασίας (working memory). Είναι μία βάση δεδομένων, όπου ενταμιεύονται τα γεγονότα που χρησιμοποιούνται από τους κανόνες του Συστήματος.

Τη μηχανή παραγωγής συμπερασμάτων (inference engine), η οποία παράγει τις υπηρεσίες διαγνώσεως και επεξηγήσεων, αποφασίζοντας ποίοι κανόνες ικανοποιούνται από τα γεγονότα, ταξινομώντας τους κανόνες κατά σειρά προτεραιότητας και εκτελώντας τον κανόνα με τη μέγιστη προτεραιότητα.

Την ατζέντα (agenda). Είναι ταξινομημένος κατάλογος κανόνων, ο οποίος δημιουργείται από την μηχανή παραγωγής συμπερασμάτων, αφού έχει προηγηθεί η ικανοποίηση των κανόνων αυτών από τα εισαγόμενα στη μνήμη εργασίας του συστήματος γεγονότα.

Τη μονάδα απόκτησης γνώσεως (knowledge acquisition facility), μέσω της οποίας ο χρήστης τροφοδοτεί με αυτόματο τρόπο το σύστημα τις απαραίτητες πληροφορίες. Η μονάδα αυτή αποτελεί προαιρετικό στοιχείο για πολλά έμπειρα συστήματα.

Ο τρόπος σύνδεσης και συνεργασίας των παραπάνω μονάδων φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα 3.



- (1) Ενταμιευμένη πληροφορία (γνώση)
 (2) Εισαγόμενη πληροφορία (γεγονότα)
 (3) Παρεχόμενη γνωστική υπηρεσία

Σχήμα 3: Δομή Εμπειρου Συστήματος

1.1.6. Βάση γνώσης

Η γνώση που καταχωρείται στην βάση γνώσης διακρίνεται σε:

- ❖ **περιγραφική γνώση** (δομική γνώση, γνώση γεγονότων) και αναφέρεται στις έννοιες και τα γεγονότα (αντικείμενα) του προβλήματος.
- ❖ **διαδικαστική γνώση** και αναφέρεται στην στρατηγική επίλυσης του προβλήματος. Η διαδικαστική γνώση επενεργεί στην περιγραφική γνώση για να εξαχθούν συμπεράσματα και αποφάσεις.

Η γνώση ανάλογα με τον τρόπο απόκτησή της μπορεί να διακριθεί κατά τον Ignisio (1992) σε βαθιά (deep) και (shallow – surface) ρηχή γνώση.

- ❖ **Η βαθιά γνώση** (deep knowledge) προσλαμβάνεται μέσα από την εκπαιδευτική διαδικασία και την τυπική μελέτη (σχολείο, βιβλία, επιστημονικά εγχειρίδια κλπ) του συγκεκριμένου επιστημονικού πεδίου και είναι διαθέσιμη με τη μορφή ορισμών, αξιωμάτων, αρχών, θεωριών, νόμων κλπ. Η βαθιά γνώση στην ουσία αποτελεί το επιστημονικό υπόβαθρο που αναπτύσσεται διαμέσου της εκπαιδευτικής διαδικασίας.
- ❖ **Η ρηχή γνώση** (shallow knowledge) αποτελεί την εμπειρία που έχει αποκτήσει ο ειδικός επιστήμονας στην επίλυση εξειδικευμένων προβλημάτων. Η εμπειρία αυτή αποτυπώνεται σε ευριστικούς κανόνες (heuristics rules) οι οποίοι εύκολα μπορούν να διαχειρίζονται ώστε να δίνουν αποτέλεσμα.

Ο σωστός συνδυασμός της «ρηχής» και της «βαθιάς» γνώσης οδηγεί στην εύρεση βέλτιστου τρόπου επίλυσης των προβλημάτων.

Η αναπαράσταση της γνώσης στη βάση γνώσης μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους όπως:

- ❖ Σημασιολογικά δίκτυα (semantic networks)
- ❖ Τριπλέτες – αντικείμενο- ιδιότητα- τιμή (object – attribute –value triplets)
- ❖ Κανόνες (rules)
- ❖ Πλαίσια (frames)
- ❖ Λογικές εκφράσεις (logical expressions)

1.1.6.1. Σημασιολογικά δίκτυα

Τα σημασιολογικά δίκτυα είναι μία συλλογή αντικειμένων που καλούνται κόμβοι (nodes). Οι κόμβοι συνδέονται μεταξύ τους με τόξα ή συνδέσμους (links). Συνήθως και οι κόμβοι και τα τόξα έχουν ονοματολογία. Τα προτερήματα της τεχνικής αυτής είναι η ευελιξία (εύκολα μπορούν να προστεθούν νέοι κόμβοι και σύνδεσμοι) και η κληρονομικότητα (κάθε κόμβος μπορεί να κληρονομήσει στους κόμβους με τους οποίους συνδέεται χαρακτηριστικά και ιδιότητες).

1.1.6.2. Τριπλέτες: αντικείμενο-ιδιότητα-τιμή

Στο σχήμα αναπαράστασης αυτό χρησιμοποιούνται:

- ❖ *Αντικείμενα*, που μπορεί να είναι φυσικές οντότητες (physical entities) ή εννοιολογικές οντότητες (conceptual entities).
- ❖ *Ιδιότητες*, που αποδίδονται στα αντικείμενα ή γενικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων.
- ❖ *Τιμές*, που αφορούν ιδιότητες συγκεκριμένων αντικειμένων.

Για παράδειγμα στη λογική πρόταση «το μήλο είναι κόκκινο», η τριπλέτα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναπαράσταση της σε ένα έμπειρο σύστημα είναι η ακόλουθη:

- *Αντικείμενο (O)* → μήλο
- *Ιδιότητα (A)* → χρώμα
- *Τιμή (V)* → κόκκινο

1.1.6.3. Κανόνες

Οι κανόνες χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση των σχέσεων. Μπορεί να είναι απλοί ή και σύνθετοι. Αποτελούνται από το *υποθετικό μέρος (premise)* και το *συμπέρασμα (conclusion)*.

Έστω ο παρακάτω κανόνας:

Υποθετικό μέρος (premise)	{ Εάν ο καιρός είναι καλός η κίνηση στους δρόμους δεν είναι μεγάλη και δεν αρρωστήσει κανένας μας
Συμπέρασμα (conclusion)	{ Τότε θα πάμε εκδρομή

Κάθε ένας από τους τρεις υποθετικούς όρους καλείται έκφραση ή υποθετική πρόταση (expression or if clause) και συνδέονται μεταξύ τους με τη *λογική έκφραση και*.

1.1.6.4. Πλαίσια

Στην τεχνική αυτή αναπαράστασης γεγονότων και σχέσεων καλούμε πλαίσιο την περιγραφή ενός αντικειμένου. Κάθε πλαίσιο περιέχει «σχισμές» (slots) όπου καταχωρούνται όλες οι πληροφορίες που αφορούν το αντικείμενο. Στις «σχισμές» μπορεί να καταχωρούνται τιμές ιδιοτήτων, ή δείκτες ή διαδικασίες παρακολούθησης των τιμών των ιδιοτήτων.

1.1.6.5. Λογικές εκφράσεις

Υπάρχουν δύο κοινοί τρόποι αναπαράστασης της γνώσης η *υποθετική λογική* (propositional logic) και η *συμπερασματική λογική* (predicate calculus).

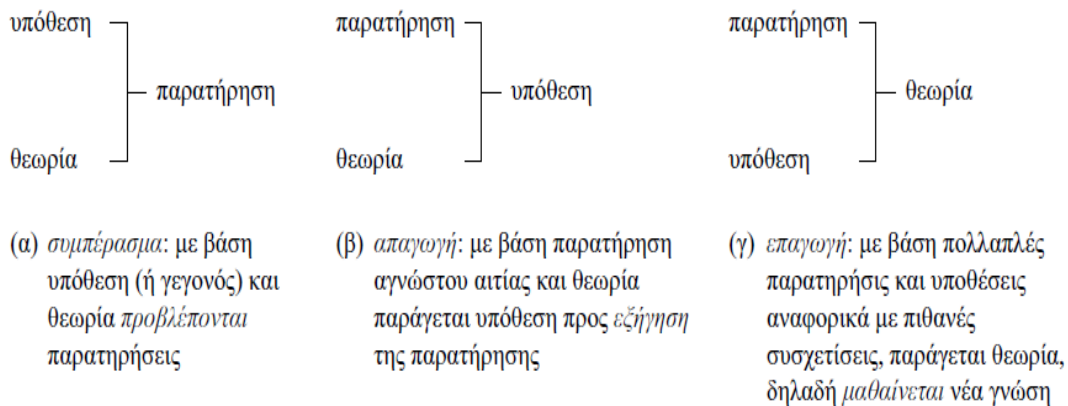
- ❖ Σύμφωνα με την *υποθετική λογική* (propositional logic) μία υποθετική πρόταση μπορεί να είναι είτε ψευδής είτε αληθής. Οι υποθετικές προτάσεις είναι δυνατό να συνδέονται με λογικές εκφράσεις όπως AND, OR, NOT, IMPLIES και EQUIVALENT. Υπάρχουν κανόνες προκειμένου να αποδειχθεί ένας συνδυασμός προτάσεων αληθής ή ψευδής, που εξαρτάται από τις λογικές εκφράσεις με τις οποίες είναι συνδεδεμένες οι προτάσεις. Έτσι για παράδειγμα εάν η πρόταση X είναι αληθής και η πρόταση Y είναι ψευδής, τότε ο συνδυασμός « X AND Y » είναι ψευδής ενώ ο συνδυασμός « X OR Y » είναι αληθής.
- ❖ Η *συμπερασματική λογική* (predicate calculus) είναι επέκταση της υποθετικής λογικής. Το βασικό στοιχείο στη συμπερασματική λογική είναι το αντικείμενο βάση του οποίου σχηματίζονται λογικές προτάσεις. Για παράδειγμα η έκφραση «είναι-κόκκινη (μπάλα)» είναι μία λογική πρόταση που εισαγάγει το συμπέρασμα για την μπάλα ότι είναι κόκκινη. Αυτό το συμπέρασμα μπορεί να είναι είτε ψευδές είτε αληθές.

1.1.7. Βασικές μορφές συλλογισμού

Στο σημείο αυτό παρουσιάζονται οι 3 βασικές μορφές συλλογισμού. Η απαγωγή, τα συμπεράσματα και η επαγωγή.

1.1.7.1. Απαγωγή

Απαγωγή είναι συλλογισμός με υποθέσεις (hypothetical reasoning). Με βάση τη δεδομένη θεωρία και την παρατήρηση ότι ο Κώστας εκδηλώνει πυρετό, αξιόπιστες υποθέσεις, αναφορικά με την αιτία του πυρετού αποτελούν τα ενδεχόμενα της γρίππης ή της ιλαράς. Το Ο φιλόσοφος C.S. Peirce διαχώρισε τρεις βασικές μορφές συλλογισμού, το συμπέρασμα (deduction), την απαγωγή (abduction) και την επαγωγή (induction), οι οποίες αντιστοίχως αφορούν πρόβλεψη (prediction), εξήγηση (explanation) και μάθηση (learning). Η ροή του συλλογισμού σε καθεμία από αυτές τις μορφές δίνεται στο σχήμα 4:



Σχήμα 4: Ροή συλλογισμού

Η πιο απλή ανάμεσα στις τρεις μορφές είναι το συμπέρασμα, το οποίο έχουμε ήδη συναντήσει. Ο συλλογισμός σε κατηγορηματική λογική είναι συμπερασματικός.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΛΟΓΙΚΗΣ ΕΝΟΣ ΕΜΠΕΙΡΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Έστω η ακόλουθη θεωρία, δηλαδή γνώση, η οποία λέει ότι ο καθένας που πάσχει από γρίππη εκδηλώνει πυρετό κτλ.

- | | | |
|---------------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| $\forall x \text{ Έχει_γρίππη } (x)$ | \Rightarrow | Εκδηλώνει (x, πυρετό) |
| $\forall x \text{ Έχει_γρίππη } (x)$ | \Rightarrow | Εκδηλώνει (x, πονοκέφαλο) |
| $\forall x \text{ Έχει_ιλαρά } (x)$ | \Rightarrow | Εκδηλώνει (x, πυρετό) |
| $\forall x \text{ Έχει_ιλαρά } (x)$ | \Rightarrow | Εκδηλώνει (x, κόκκινα_ερεθίσματα) |

1.1.7.2. Συμπεράσματα

Με βάση τη θεωρία και την υπόθεση (ή το γεγονός) ότι ο Κώστας έχει γρίπη (Έχει_γρίπη(Κώστας)), μπορεί να εξαχθούν τα συμπεράσματα ότι Εκδηλώνει(Κώστας, πυρετό) και Εκδηλώνει(Κώστας, πονοκέφαλο). Με άλλα λόγια προβλέπονται οι συνέπειες της δεδομένης υπόθεσης με βάση τη δεδομένη θεωρία. Ο συμπερασματικός συλλογισμός χρησιμοποιείται, όταν χρειάζεται να αποδειχθεί κατά πόσο δεδομένη πρόταση ευσταθεί, π.χ. κατά πόσο ο Κώστας θα εκδηλώσει πυρετό με βάση την ιατρική μας θεωρία/γνώση και το δεδομένο/υπόθεση ότι έχει γρίπη.

Κρίσιμο ερώτημα είναι ποια είναι η «καλύτερη» ανάμεσα στις αξιόπιστες υποθέσεις με άλλα λόγια ποια είναι η καλύτερη εξήγηση της ύπαρξης του πυρετού στο Κώστα. Επομένως, χρειάζεται να αξιολογηθούν οι αντίπαλες αξιόπιστες υποθέσεις με στόχο την επιλογή αυτής που αποτελεί την καλύτερη εξήγηση. Αυτή η αξιολόγηση/διερεύνηση εμπλέκει συμπερασματικό συλλογισμό: Εάν η αιτία είναι γρίπη, αυτό συνεπάγεται την εκδήλωση πονοκεφάλου. Εάν όμως η αιτία είναι ιλαρά, αυτό συνεπάγεται την εκδήλωση κόκκινων ερεθισμάτων. Η επιβεβαίωση του πονοκεφάλου, αλλά όχι των κόκκινων ερεθισμάτων, αυξάνει την αξιοπιστία της υπόθεσης της γρίπης και μειώνει την αξιοπιστία της υπόθεσης της ιλαράς. Γενικά, αντίθετες συνεπαγωγές εκ μέρους αντίπαλων υποθέσεων αποτελούν καλά σημεία διαχωρισμού. Για παράδειγμα, εάν $H_1(A)$ και $H_2(A)$ αποτελούν αντίπαλες υποθέσεις στα πλαίσια κάποιου απαγωγικού συλλογισμού και η θεωρία διατυπώνει:

$$\forall x H_1(x) \Rightarrow P(x) \text{ και } \forall x H_2(x) \Rightarrow \sim P(x)$$

το ερώτημα $P(A)$ αποτελεί καλό σημείο διαχωρισμού ανάμεσα στις αντίπαλες υποθέσεις.

Σε συμπερασματικό συλλογισμό, πρόθεση είναι να αποδειχθεί κατά πόσον κάτι ευσταθεί, ενώ σε απαγωγικό συλλογισμό πρόθεση είναι να απαντηθεί γιατί κάτι ευσταθεί. Όπως είδαμε, προς απάντηση κάποιου γιατί είναι σημαντικό να αποφασισθεί κατά πόσον. Επομένως, το συμπέρασμα μπορεί να θεωρηθεί υποδιεργασία της απαγωγής. Αυτή η «σύμπραξη» αποτελεί το υποθετικο-συμπερασματικό (hypothetico-deductive) σχήμα, το οποίο εμφανίζεται σε πολλά έμπειρα συστήματα, κυρίως συστήματα που αφορούν διάγνωση και αποσφαλμάτωση.

1.1.7.3. Επαγωγή

Ο επαγωγικός συλλογισμός στοχεύει στην ανάπτυξη θεωριών και στην ανακάλυψη γνώσης. Επομένως, αφορά τη μάθηση. Έστω ότι έγιναν οι ακόλουθες παρατηρήσεις:

$\forall x \text{ Έχει_γρίππη (Κώστας)} \Rightarrow \text{Εκδηλώνει (Κώστας, πυρετό)}$

$\forall x \text{ Έχει_γρίππη (Μαρία)} \Rightarrow \text{Εκδηλώνει (Μαρία, πυρετό)}$

$\forall x \text{ Έχει_γρίππη (Ελένη)} \Rightarrow \text{Εκδηλώνει (Ελένη, πυρετό)}$

$\forall x \text{ Έχει_γρίππη (Γιάννης)} \Rightarrow \text{Εκδηλώνει (Γιάννης, πυρετό)}$

Από αυτές μπορεί να εξαχθεί η γενική συσχέτιση ότι:

$\forall x \text{ Έχει_γρίππη (x)} \Rightarrow \text{Εκδηλώνει (x, πυρετό)}$

Η απαγωγή και το συμπέρασμα αφορούν την επίλυση προβλημάτων εκ μέρους του έμπειρου συστήματος, το συλλογισμό του συστήματος αναφορικά με την παραγωγή λύσεων. Η επαγωγή αφορά το αναπτυξιακό στοιχείο του συστήματος. Ένα έμπειρο σύστημα πρέπει να έχει την ικανότητα σταδιακής αυτοβελτίωσης με βάση τις εμπειρίες του στην επίλυση προβλημάτων. Η ικανότητα μάθησης κατά προσαύξηση (incremental learning) που χρειάζεται να έχει ένα έμπειρο σύστημα, οδηγεί στη σταδιακή εκτέλεση της γνώσης του συστήματος και κατά συνέπεια μειώνει το γνωστό «μποτιλιάρισμα» (bottleneck) που συνδέεται με την απόσπαση της γνώσης των εμπειρών. Αδυναμίες στην αρχική εκδοχή της γνώσης του συστήματος είναι επιτρεπτές, εφόσον η ικανότητα μάθησης εκ μέρους του συστήματος μπορεί να οδηγήσει στην απαλοιφή αυτών των αδυναμιών σε εύλογο χρονικό διάστημα. Για να μπορεί ένα σύστημα να μαθαίνει πρέπει να καταγράφει με κάποιο τρόπο τις εμπειρίες του, δηλαδή τα περιστατικά (του γενικού προβλήματος), με τα οποία έχει καταπιαστεί, το συλλογισμό που διεξήγαγε σε σχέση με αυτά τα περιστατικά, τις λύσεις στις οποίες κατέληξε και κατά πόσον αυτές ήταν ορθές ή όχι και γιατί. Αυτή η μνημόνευση προηγούμενων περιστατικών βοηθά το σύστημα να επαναλαμβάνει τις επιτυχίες του σε παρόμοια μελλοντικά περιστατικά και κυρίως να αποφεύγει σοβαρά λάθη. Το πεδίο της μάθησης με χρήση μίας βάσης περιστατικών (Case Based Learning – CBL) είναι αρκετά αναπτυγμένο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί με σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη μάθηση που χρειάζεται να εκδηλώνει ένα έμπειρο σύστημα.

Η κατά προσαύξηση μάθηση διαφέρει από τις παραδοσιακές μεθόδους της μηχανικής μάθησης. Μία παραδοσιακή μέθοδος συνήθως χρειάζεται τη

συσσώρευση μίας εκτενούς βάσης περιστατικών, η οποία θα χρησιμοποιηθεί π.χ. για την επαγωγή κάποιων γενικών κανόνων (δηλαδή γενικών συσχετίσεων), οι οποίοι στη συνέχεια μπορεί να τεθούν σε λειτουργία στα πλαίσια κάποιου έμπειρου συστήματος. Η μάθηση γίνεται στατικά, εκ των προτέρων, ως ξεχωριστή διεργασία. Η κατά προσάυξηση μάθηση ενσωματώνεται στη διεργασία της επίλυσης προβλημάτων, με άλλα λόγια διεξάγεται με δυναμικό τρόπο. Για παράδειγμα, το σύστημα αρχίζει με κάποιους κανόνες, ίσως αρκετά ανακριβείς. Η χρήση κάποιου κανόνα στα πλαίσια επίλυσης πραγματικών περιστατικών παρακολουθείται και αυτό μπορεί να οδηγήσει στη σταδιακή τροποποίηση ή και διαγραφή του κανόνα. Φυσικά, παραδοσιακές μέθοδοι μάθησης μπορούν να συνδυαστούν με δυναμικές μεθόδους μάθησης. Η (αρχική) γνώση που παράγεται με στατικό τρόπο μπορεί στη συνέχεια να εκλεπτυνθεί με δυναμικό τρόπο.

Πρόσφατα στο πεδίο της μηχανικής μάθησης έχει γίνει ο διαχωρισμός ανάμεσα σε περιγραφική επαγωγή ή μάθηση (descriptive learning) και προβλεπτική επαγωγή (predictive learning). Η μεν πρώτη στοχεύει στην ανακάλυψη κατηγοριών, η δε δεύτερη στην ανακάλυψη κανόνων για την αναγνώριση περιστατικών δεδομένων κατηγοριών.

Η επιλογή της μεθόδου συμπερασματολογίας εξαρτάται από τον τύπο του προβλήματος. Προβλήματα διάγνωσης επιλύονται καλύτερα με την ανάστροφη συλλογιστική αλυσίδα, ενώ προβλήματα πρόγνωσης, παρακολούθησης και ελέγχου με την ορθή συλλογιστική αλυσίδα.

1.1.8. Χρησιμότητα – Εφαρμογές

Το εύρος της επιθυμητής εξάπλωσης κάποιας εμπειρογνωμοσύνης εξαρτάται από τον τομέα. Η εμβέλεια της χρησιμότητας ενός έμπειρου συστήματος μπορεί να είναι ολόκληρη η υφήλιος ή να περιορίζεται στα πλαίσια κάποιας εταιρείας/οργανισμού, που μπορεί φυσικά να είναι πολυεθνική/ός. Ένα έμπειρο διαγνωστικό σύστημα για γενική παθολογία, όπως π.χ. το INTERNIST-1, προφανώς θα είχε χρησιμότητα σε παγκόσμια κλίμακα. Ένα σύστημα για τη συναρμολόγηση υπολογιστών δεδομένης εταιρείας, π.χ. το XCON για την εταιρεία DEC, θα είχε χρησιμότητα μέσα στα πλαίσια της εν λόγω εταιρείας ή το πολύ και σε άλλες εταιρείες με παρόμοιο αντικείμενο.

Οι τομείς εφαρμογής των πρώτων έμπειρων συστημάτων περιελάμβαναν την επιστημονική ανάλυση (το σύστημα DENDRAL, το οποίο είχε μεγάλη επιτυχία και θεωρείται το πρώτο έμπειρο σύστημα, ανακάλυπτε τη μοριακή δομή οργανικών ενώσεων), τη γεωλογία (το σύστημα PROSPECTOR για την εντόπιση πηγών ορυκτών φημολογείται ότι εντόπισε μία πολύ πλούσια πηγή ορυκτών), τη μηχανική

(η επιτυχία του XCON, το οποίο εξακολουθεί να παρέχει τις υπηρεσίες του στους μηχανικούς της DEC, είναι αναμφισβήτητη μετά τη δήλωση της εταιρείας ότι η χρήση του είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση των κόστων της κατά πολλά εκατομμύρια δολάρια), την ιατρική (διάσημα συστήματα όπως το MYCIN, INTERNIST-1, CASNET και πολλά άλλα συνέβαλαν σημαντικά στην εξέλιξη της τεχνολογίας), κτλ. Καθένα από αυτά τα πρωταρχικά συστήματα αναπτύχθηκε ως ένα αυτοδύναμο (stand-alone) σύστημα, για την εκτέλεση του οποίου συνήθως απαιτείτο ειδική υπολογιστική μηχανή, η λεγόμενη LISP-machine. Σε αυτά τα συμφραζόμενα, εξαπλωση σήμαινε τη διανομή ξεχωριστών αντιτύπων του συστήματος και τη σταδιακή ενημέρωση με την παροχή νέων αντιτύπων.

Τα Έμπειρα συστήματα δεν θεωρούνται πλέον ότι είναι οπωσδήποτε ξεχωριστά, αυτοδύναμα συστήματα, αλλά μπορεί να είναι τμήματα ευρύτερων υπολογιστικών συστημάτων.

Όπως ήδη αναφέραμε, έμπειρα συστήματα ανήκουν στα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων (decision support systems). Χρησιμοποιούνται κυρίως σε ρόλο συμβούλου (consultant, advisor), αλλά επίσης και σε ρόλο κριτή (critic) ή φροντιστή (tutor). Όλοι αυτοί οι ρόλοι συνεπάγονται τη διεξαγωγή συνδιάλεξης ανάμεσα στο χρήστη και το σύστημα. Επομένως, έμπειρα συστήματα ανήκουν στα διαλογικά συστήματα. Η ποιότητα της διασύνδεσης ανάμεσα στο σύστημα και το χρήστη αποτελεί κρίσιμο παράγοντα. Οι απαιτήσεις αυτής της διασύνδεσης, όταν το σύστημα χρησιμοποιείται ως σύμβουλος, συνοψίζονται στο πλαίσιο που ακολουθεί.

Απαιτήσεις Διασύνδεσης Έμπειρου Συστήματος με Χρήστη

Το σύστημα συνδιαλέγεται με το χρήστη για να:

- ❖ «κατανοήσει» καλύτερα το πρόβλημα,
- ❖ αποσπάσει περισσότερες πληροφορίες για το πρόβλημα.

Ο χρήστης συνδιαλέγεται με το σύστημα για να:

- ❖ προσφέρει περισσότερες πληροφορίες για το πρόβλημα,
- ❖ κατανοήσει καλύτερα τη συλλογιστική του συστήματος,
- ❖ πεισθεί για την εγκυρότητα της προτεινόμενης λύσης,
- ❖ εντοπίσει κενά ή λάθη στη βάση γνώσης του συστήματος για σκοπούς βελτίωσης (knowledge debugging) – εδώ νοείται ότι ο χρήστης ανήκει στην κατηγορία των εμπειρών.

Οι ερωτήσεις και επεξηγήσεις του συστήματος πρέπει να είναι κατανοητές και λογικές προς το χρήστη, π.χ. το σύστημα, υπό το ρόλο του συμβούλου, δεν θα πρέπει να θέτει ερωτήματα, των οποίων οι απαντήσεις μπορούν να εξαχθούν από τα μέχρι τότε λεχθέντα. Οι δομές διαλόγου και επεξηγήσεων θα πρέπει να αποτελούν σημαντικό στοιχείο του σχεδιασμού του συστήματος από την αρχή, αφού συμβάλλουν σημαντικά στην όλη αποδοχή του συστήματος.

Η ιδιάζουσα φύση του διαλογικού στοιχείου ενός έμπειρου συστήματος, σε σχέση με παραδοσιακά υπολογιστικά συστήματα, αποτελεί ένα από τα διακριτικά χαρακτηριστικά αυτών των συστημάτων. Άλλο διακριτικό χαρακτηριστικό είναι η ικανότητα αυτοανάπτυξης και αυτοβελτίωσης.

Εμπειρογνωμοσύνη είναι κάτι το δυναμικό που συνεχώς βελτιώνεται, είτε με νέες προσωπικές εμπειρίες ή ως αποτέλεσμα νέων εξελίξεων στο συγκεκριμένο τομέα. Είναι σημαντικό ένα έμπειρο σύστημα να ενσωματώνει και το αναπτυξιακό στοιχείο της ανθρώπινης εμπειρογνωμοσύνης.

1.2. Το Corine Land Cover και οι κατηγορίες του

Στο σημείο αυτό παρουσιάζονται τα βασικότερα στοιχεία της θεωρίας των φωτοερμηνευτικών κλειδιών καθώς και τα κλειδιά που βρίσκονται στο εγχειρίδιο του Corine.

1.2.1. Φωτοερμηνευτικά κλειδιά

Πολλές φορές στη Φωτοερμηνεία και την τηλεπισκόπηση χρειάζεται να δουλέψουμε, παραβάλλοντας δειγματοληπτικά, χαρακτηριστικά τμήματα απεικονίσεων διαφόρων τηλεπισκοπικών δεκτών, φωτογραφικών και μη, με στοιχεία, γεγονότα και φαινόμενα της αντίστοιχης φυσικής και κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας, όπως αυτά έχουν απομνημονευθεί εμπειρικά, ή καταχωρήθηκαν σε κατάλληλες μορφές, σε εικόνες, πίνακες, εκθέσεις κ.λ.π.

Στη θέση αυτή θα εξετάσουμε, με ποια λογική και τεχνική μπορούμε να παραβάλουμε συγκεκριμένα στοιχεία μιας αεροφωτογραφίας με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά του πεδίου και πως τελικά είναι δυνατό ν' αξιοποιηθούν τα αποτελέσματα αυτής της δουλειάς, ως οδηγός παράταση, έτσι ώστε κάθε φορά που βλέπουμε μια συγκεκριμένη μορφή, μ αυτά τα εξωτερικά και εσωτερικά χαρακτηριστικά σε μια εικόνα, να μπορούμε με σημαντικό βαθμό αξιοπιστίας να βεβαιώσουμε την ταυτότητα ενός, ή μιας σειράς από εναλλακτικές πιθανές κατηγορίες, αντικειμένων ή προτύπων.

Έτσι δημιουργούμε τα πολύ χρήσιμα εργαλεία, στη φωτοερμηνευτική διαδικασία, τα «φωτοερμηνευτικά κλειδιά». Οριακή περίπτωση φωτοερμηνευτικού κλειδιού θα μπορούσε να θεωρηθεί, η εικονιστική, ή και περιγραφική έκφραση ενός επίγειου ελέγχου.

Με τον όρο λοιπόν φωτοερμηνευτικά κλειδιά, εννοούμε, εικονιστικά, αριθμητικά(ψηφιακά) ή και περιγραφικά στοιχεία τεκμηρίωσης κι αναφοράς της συγκεκριμένης πραγματικότητας, τα οποία ανάγονται σε θεμελιώδεις γνώσεις κάποιου επιστημονοτεχνικού πεδίου, απ' τη σκοπιά του οποίου κάνουμε ερμηνεία κάποιων απεικονίσεων.

Ιδανικά ένα κλειδί αποτελείται από δύο τμήματα:

- ❖ Μία συλλογή στερεοζευγών με σχόλια ή υποτίτλους που αποτελούν επεξήγηση των προς αναγνώριση αντικειμένων ή των συνθηκών τους.
- ❖ Μία γραφική ή λεκτική περιγραφή, η οποία διατυπώνει κατά ένα συστηματικό τρόπο τα χαρακτηριστικά αναγνώρισης αυτών των αντικειμένων ή των συνθηκών.

Υπάρχουν δύο γενικοί τύποι φωτοερμηνευτικών κλειδιών οι οποίοι διακρίνονται από τη μέθοδο παρουσίασης των διαγνωστικών χαρακτηριστικών. Τα κλειδιά επιλογής τα οποία περιέχουν πολυάριθμα φωτογραφικά παραδείγματα με κατάλληλο επεξηγηματικό κείμενο και τα κλειδιά αποκλεισμού τα οποία χρησιμοποιούνται έτσι ώστε η φωτοερμηνεία να διεξαχθεί βήμα προς βήμα, από το γενικό προς το ειδικό, και να οδηγήσει στον αποκλεισμό όλων των αντικειμένων, εκτός από το ζητούμενο.

Τα φωτοερμηνευτικά κλειδιά μπορεί να είναι χρήσιμα :

- ❖ Επειδή εξασφαλίζουν ταχύτητα επεξεργασίας μεγάλου όγκου αεροφωτογραφιών/απεικονίσεων.
- ❖ Επειδή μπορούν να βοηθήσουν στη συλλογή ταυτόχρονα πολλών τύπων πληροφοριών μια που είναι εύκολη η εκπαίδευση σε σύντομο χρόνο, μεγάλου αριθμού προσωπικού στη χρήση ειδικών φωτοερμηνευτικών κλειδιών, έτσι ώστε να μπορεί να γίνεται, «εν σειρά» και με ειδικό καταμερισμό η φωτοερμηνευτική αναγνώριση.
- ❖ Όταν δεν υπάρχει δυνατότητα καμιάς άλλης πληροφοριακής υποδομής και προσπέλασης σε μια μεγάλη περιοχή, στην οποία διατίθενται κάποιες σειρές παλλιών αεροφωτογραφιών και για την οποία πρέπει πολύ σύντομα να διατυπώσουμε κάποιου τύπου εκτίμηση και συμπεράσματα.

1.2.2. Φωτοαναγνωριστικά στοιχεία

Στο παράρτημα παρατίθεται λίστα με όλα τα φωτοαναγνωριστικά στοιχεία που δύνανται να χρησιμοποιηθούν. Ενδεικτικά τα σημαντικότερα φωτοαναγνωριστικά στοιχεία είναι:

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 αποκλειστικά μ' αυτό το κριτήριο.

Μέγεθος

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

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.

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 υπερυθρες και παγχρωματικές απεικονίσεις αντίστοιχα. Για το λόγο αυτό κρίνεται σκόπιμο η αποχρώσεις και τόνοι συγκεκριμένων αντικειμένων να αναδέρνονται μαζί με το είδος των απεικονίσεων στις οποίες αντιστοιχούν.

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 δένδρων και οι σκίες 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. Ένα παράδειγμα θα μπορούσε να αποτελέσει και η ομαλή υφή του πράσινου γρασιδιού, καθώς αυτή αντιπαρατίθεται στη τραχειά υφή που παρουσιάζουν οι πράσινες κόμμες των δέντρων σε αεροφωτογραφίες μεσαίας κλίμακας.

Σκιές

Οι σκιές είναι σημαντικές για τους Φωτοερμηνευτές για δύο αντιφατικούς λόγους: (1) η σκιά ή το περίγραμμα μιας σκιάς προσδίδει την εντύπωση του προφίλ των αντικειμένων (γεγονός που υποβοηθά την Φωτοερμηνεία), και (2) 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 κτλ) μπορούν σίγουρα να συντείνουν στη αναγνώριση τους στις αεροφωτογραφίες. Επίσης οι σκιές που έχουν προέλθει από μικρές διαφορές στο υψόμετρο του αναγλύφου, 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 δένδρων θα αναμενόταν να εμφανίζονται σε επαρκώς αποστραγγιζόμενες ορεινές τοποθεσίες, ενώ άλλα είδη δένδρων 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 σ' ένα λούνα παρκ μπορεί να είναι δύσκολο να αναγνωρισθεί εάν είναι σταθμευμένος σ' ένα

χώρο κοντά σε μια σιταποθήκη, αλλά θα ήταν εύκολο να αναγνωρισθεί, εάν βρισκόταν σε μία περιοχή, η οποία έχει αναγνωρισθεί ως ένα πάρκο ψυχαγωγίας.

Μια πιο λεπτομερής περιγραφή των φωτοαναγνωριστικών στοιχείων βρίσκεται στο παράρτημα Β του τόμου.

1.2.3. Οι κατηγορίες του Corine Land Cover

Το CLC Project είναι μέρος του προγράμματος Corine και επιδιώκει την ακριβή παροχή τοπικής γεωγραφικής πληροφορίας οσων αφορά την εδαφοκάλυψη των 12 κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Το σχέδιο είναι απαραίτητο για τους ακόλουθους λόγους:

- ❖ Προκαταρκτική εργασία στο σύστημα πληροφορίας του CORINE έδειξε ότι δεδομένα σχετικά με την εδαφοκάλυψη σε συνδυασμό με δίκτυα απορροής, κλίσεις του εδάφους κτλ. ήταν ουσιώδη για τη διαχείριση περιβαλλοντικών και φυσικών πόρων. Γι αυτό και η βάση δεδομένων του CORINE αποτελεί ένα σύστημα αναφοράς για πολλές περιβαλλοντικές εργασίες.
- ❖ Σε όλες τις χώρες της κοινότητας, οι πληροφορίες για την εδαφοκάλυψη σε κρατικό επίπεδο είναι ετερογενής και δύσκολο να αποκτηθούν.
- ❖ Σε κοινοτικό επίπεδο, στο σύστημα του CORINE, οι πληροφορίες για την εδαφοκάλυψη και τις μεταβολές της μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με άλλα στοιχεία και είναι άμεσα χρήσιμες για την λήψη αποφάσεων και διευθέτηση περιβαλλοντικής πολιτικής που στόχο έχει να εξάγει συμπεράσματα από πολύπλοκες υποθέσεις όπως για παράδειγμα χαρτογράφηση διάβρωσης και των ανάλογων κινδύνων που εμπεριέχει.

Για τη χρήση ενός μόνο κοινού σχεδίου σε κοινοτικό, κρατικό αλλά και τοπικό επίπεδο είναι απαραίτητη η μεταβολή της γενικής ορολογίας που περιγράφει την εδαφοκάλυψη. Έτσι χρειάζεται κοινή αποδοχή της χρησιμοποιούμενης κλίμακας, της μικρότερης χαρτογραφήσιμης επιφάνειας και της ονοματολογίας. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κατηγορίες του Corine 3^{ου} επιπέδου όπως βρίσκονται στο βασικό εγχειρίδιο του Corine. Για οικονομία χώρου οι λεκτικές περιγραφές που χρησιμοποιήκαν είναι τέτοιες ώστε το κάθε κλειδί να καταλαμβάνει μία σελίδα.

Πίνακας 1 : Κατηγορίες Εδαφοκάλυψης

<p>1.ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ</p>	<p>1.1. ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ</p>	<p>1.1.1. Συνεχής αστικός ιστός Το μεγαλύτερο μέρος του εδάφους καλύπτεται από κατασκευές και δίκτυο μεταφοράς. Κτήρια δρόμοι και άλλες τεχνητές επιφάνειες καλύπτουν πάνω από το 80% της συνολικής επιφάνειας. Μη γραμμικές περιοχές βλάστησης και γυμνού εδάφους είναι σπάνιες.</p> <p>1.1.2. Ασυνεχής αστικός ιστός Το μεγαλύτερο μέρος του εδάφους καλύπτεται από κατασκευές. Κτήρια δρόμοι και άλλες τεχνητές επιφάνειες συνδέονται με μερικές βλάστησης και γυμνού εδάφους και καταλαμβάνουν ασυνεχής αλλά σημαντικές εκτάσεις.</p>
	<p>1.2. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ</p>	<p>1.2.1. Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες Τεχνητές επιφάνειες από τσιμέντο, άσφαλο χωρίς βλάστηση καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής στην οποία περιέχονται κτήρια και βλάστηση.</p> <p>1.2.2. Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυου Η κατηγορία αυτή αποτελείται από αυτοκινητοδρόμους και σιδηροδρομικές οδούς καθώς επίσης και τις σχετικές με αυτά εγκαταστάσεις.</p> <p>1.2.3. Ζώνες λιμένων Η κατηγορία περιλαμβάνει τους χώρους λιμανιών.</p> <p>1.2.4. Αεροδρόμια Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει: Αεροδιαδρόμους, υπόστεγα, αποθήκες καθώς επίσης και τη γύρω περιοχή.</p>
	<p>1.3. ΟΡΥΧΕΙΑ, ΧΩΡΟΙ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΧΩΡΟΙ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗΣ</p>	<p>1.3.1. Χώροι εξορύξεως ορυκτών Περιοχές εξορύξεως δομικών υλικών και άλλων ορυκτών.</p> <p>1.3.2. Χώροι απορριμμάτων Χώροι δημόσιων, βιομηχανικών ή ορυκτών αποβλήτων.</p> <p>1.3.3. Χώροι οικοδόμησης, εργοτάξια Χώροι υπό κατασκευή, εκσκαφές ή άλλα έργα.</p>
	<p>1.4. ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΜΗ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΠΡΑΣΙΝΟΥ</p>	<p>1.4.1. Περιοχές αστικού πρασίνου Χώροι εντός του αστικού ιστού που χαρακτηρίζονται από την παρουσία βλάστησης όπως πάρκα, νεκροταφεία, κτλ.</p> <p>1.4.2. Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει χώρους Camping, πάρκα αναψυχής, γήπεδα γκολφ και άλλες αθλητικές εγκαταστάσεις καθώς και πίστες αγώνων.</p>

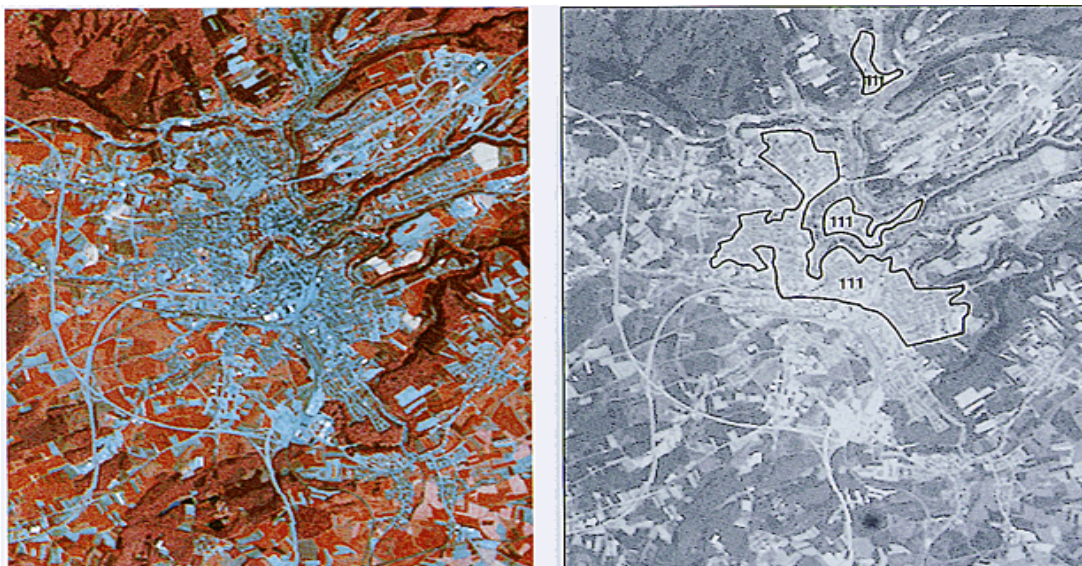
2. ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	2.1. ΑΡΩΣΙΜΗ ΓΗ	<p>2.1.1. Μη αρδευόμενη αρώσιμη γη Δημητριακά, όσπρια, συγκομιδές χορτονομής, συγκομιδές ρίζας και έδαφος αγραναπαύσεων. Περιλαμβάνει τα λουλούδια και τα δέντρα (καλλιέργεια σε φυτώρια και λαχανικά, είτε ανοικτός τομέας είτε κάτω από το πλαστικό είτε το γυαλί (περιλαμβάνει την κηπουρική αγοράς). Περιλαμβάνει τα αρωματικά, ιατρικά και μαγειρικά φυτά. Δεν περιλαμβάνει το μόνιμο λιβάδια.</p> <p>2.1.2. Μόνιμα αρδευόμενη γη Συγκομιδές που ποτίζονται μόνιμα ή περιοδικά, χρησιμοποιώντας μια μόνιμη υποδομή (κανάλια άρδευσης, δίκτυο αποξηράνσεων). Οι περισσότερες από αυτές τις συγκομιδές δεν θα μπορούσαν να καλλιεργηθούν χωρίς παροχή νερού. Δεν περιλαμβάνεται το σποραδικά αρδευόμενο έδαφος.</p> <p>2.1.3. Ορυζώνες Έδαφος που προετοιμάζεται για την καλλιέργεια ρυζιού. Επίπεδες επιφάνειες με τα κανάλια άρδευσης. Επιφάνειες που πλημμυρίζουν περιοδικά.</p>
	2.2. ΜΟΝΙΜΕΣ ΚΑΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	<p>2.2.1. Αμπελώνες Πρόκειται για εκτάσεις καλλιέργειας ποικιλιών σταφυλιού.</p> <p>2.2.2. Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς Γεωτεμάχια όπου φυτεύονται οπωροφόρα δέντρα και θάμνοι: καλλιέργειες ενός ή περισσότερων ειδών οπωροφόρων δέντρων που συνδυάζονται με μόνιμωσ καλυμμένες με χλόη εκτάσεις.</p> <p>2.2.3. Ελαιώνες Οι περιοχές που φυτεύονται με ελιές, συμπεριλαμβανομένου της μεικτής ύπαρξης των ελιών και των αμπέλων στο ίδιο αγροτεμάχιο.</p>
	2.3. ΛΙΒΑΔΙΑ	<p>2.3.1. Λιβάδια Μεγάλες εκτάσεις που καλύπτονται από ποικιλόμορφη χαμηλή βλάστηση και χρησιμοποιούνται κυρίως ως βοσκότοποι.</p>

	<p>2.4. ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ</p>	<p>2.4.1. Ετήσιες καλλιέργειες που σχετίζονται με μόνιμες καλλιέργειες Προσωρινές καλλιέργειες (αρώσιμη γη ή λιβάδια) που συνυπάρχουν με μόνιμες καλλιέργειες στο ίδιο γεωτεμάχιο. Οι μόνιμες καλλιέργειες είναι είτε αναμεμιγμένες με αρώσιμη γη/λιβάδια ή βρίσκονται κατά μήκος των ορίων των γεωτεμαχίων.</p> <p>2.4.2. Σύνθετες καλλιέργειες Σύνθεση μικρών αγροτεμαχίων διαφόρων ετήσιων καλλιεργειών, λιβαδιών και/ή μόνιμων καλλιεργειών.</p> <p>2.4.3. Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης Περιοχές στις οποίες κυριαρχεί η γεωργική κάλυψη που όμως συγγέεται με σημαντικές εκτάσεις φυσικής επιφάνειας.</p> <p>2.4.4. Γεωργο-δασικές περιοχές Ετήσιες καλλιέργειες ή βοσκότοποι που καλύπτονται από είδη δέντρων που κατατάσσονται στα δασικά είδη.</p>
<p>3. ΔΑΣΗ ΚΑΙ ΗΜΙΦΥΣΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ</p>	<p>3.1. ΔΑΣΗ</p>	<p>3.1.1. Δάσος πλατύφυλλων Διάταξη βλάστησης, από δένδρα και θάμνους, στην οποία κυριαρχούν τα πλατύφυλλα είδη.</p> <p>3.1.2. Δάσος κωνοφόρων Διάταξη βλάστησης, από δένδρα και θάμνους, στην οποία κυριαρχούν τα κωνοφόρα είδη.</p> <p>3.1.3. Μικτό δάσος Διάταξη βλάστησης, από δένδρα και θάμνους, στην οποία δεν κυριαρχούν ούτε τα κωνοφόρα ούτε τα πλατύφυλλα είδη.</p>
	<p>3.2. ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΘΑΜΝΩΔΟΥΣ Η/ΚΑΙ ΠΟΩΔΟΥΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ</p>	<p>3.2.1. Φυσικοί βοσκότοποι Βοσκότοποι χαμηλής παραγωγικότητας . Βρίσκονται συχνά σε περιοχές με ανώμαλο έδαφος. Μπορεί να περιλαμβάνουν περιοχές με βάτους, χερσότοπους και βραχώδεις περιοχές.</p> <p>3.2.2. Θάμνοι και χερσότοποι Θαμνώδης βλάστηση με χαμηλή και πυκνή κάλυψη που κυριαρχείται από θάμνους, χαμόδεντρα και ποώδη φυτά (χερσότοποι, ρείκια, αμμόχορτα, σχοίνα, λαβούρνο κλπ).</p> <p>3.2.3. Σκληροφυλλική βλάστηση Αειθαλείς σκληροφυλλικοί θάμνοι που συντίθενται από ρεικότοπους, χαμόδεντρα και φρύγανα.</p> <p>3.2.4. Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις Θαμνώδης και ποώδης βλάστηση με διάσπαρτα δέντρα. Μπορεί να παριστά είτε υποβάθμιση των δασικών περιοχών είτε αναδημιουργία του δάσους.</p>
	<p>3.3. ΑΝΟΙΧΤΟΙ ΧΩΡΟΙ ΜΕ ΛΙΓΗ Η ΚΑΘΟΛΟΥ ΒΛΑΣΤΗΣΗ</p>	<p>3.3.1. Παραλίες, αμμόλοφοι, Αμμουδιές Σ' αυτή την κατηγορία ανήκουν οι γκρι αμμόλοφοι που έχουν σταθεροποιηθεί από βλάστηση όπως γρασίδι, σπαθόχορτο, βρύα και λειχήνες.</p>

		<p>3.3.2. Απογυμνωμένοι βράχοι Απότομες πλαγιές που δε καλύπτονται από βλάστηση, βράχοι, πέτρες.</p> <p>3.3.3. Εκτάσεις με αραιή βλάστηση Περιλαμβάνει στέππες , τούνδρες και ερημότοπους, διάσπαρτη βλάστηση σε μεγάλα υψόμετρα</p> <p>3.3.4. Αποτεφρωμένες εκτάσεις Εκτάσεις καμένες από πρόσφατες πυρκαγιές, κυρίως μαύρες.</p> <p>3.3.5. Παγετώνες και αέναο χιόνι Γη που καλύπτεται από πάγο ή άλλες μόνιμα χιονισμένες περιοχές.</p>
4. ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ	4.1. ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ ΕΝΔΟΧΩΡΑΣ	<p>4.1.1. Βάλτοι στην ενδοχώρα Πεδινή έκταση , ελάχιστα υψωμένη από τη θάλασσα, πλημμυρισμένη το χειμώνα και λίγο ως πολύ διαποτισμένη με γλυκό νερό καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.</p> <p>4.1.2. Τυρφώνες Τυρφώδες έδαφος που αποτελείται κυρίως από μούσκλα και ύλη από βλάστηση σε αποσύνθεση. Μπορεί να είναι ή να μην είναι υπό εκμετάλλευση.</p>
	4.2. ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΟΙ ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ	<p>4.2.1. Παραθαλάσσιοι βάλτοι Περιοχές με παρουσία βλάστησης κυρίως αλοφυλικών φυτών οι οποίες βρίσκονται σε χαμηλό υψόμετρο και πλυμμηρίζουν με θαλασσινό νερό</p> <p>4.2.2. Αλυκές Ο τόπος παραγωγής του αλατιού. επίπεδο τμήμα της παραλίας κατάλληλα διαμορφωμένο, όπου παρασκευάζεται αλάτι, αφού εξατμιστεί το θαλασσινό νερό.</p> <p>4.2.3. Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα Λασπώδεις , αμμώδεις ή βραχώδεις εκτάσεις χωρίς βλάστηση οι οποίες βρίσκονται μεταξύ παλίρροιας και άμπωτης σε μηδενικό υψόμετρο.</p>
5. ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΣ	5.1. ΧΕΡΣΑΙΑ ΥΔΑΤΑ	<p>5.1.1. Υδατορρέυματα Φυσικά και τεχνητά υδατορρέυματα συμπεριλαμβανομένων των καναλιών με ελάχιστο πλάτος 100m</p> <p>5.1.2. Επιφάνειες στάσιμου ύδατος Τεχνητές ή φυσικές επιφάνειες στάσιμου ύδατος όπως λίμνες, υδατοταμιετήρες κτλ.</p>
	5.2. ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΥΔΑΤΑ	<p>5.2.1. Παράκτιες λιμνοθάλασσες Παράκτιες συγκεντρώσεις αλμυρών υδάτων οι οποίες χωρίζονται από την θάλασσα με μία λωρίδα ξηράς ή άλλη παρεμφερή τοπογραφία</p> <p>5.2.2. Εκβολές ποταμών Σχηματίζεται στο σημείο που ο ποταμός εκβάλλει στη θάλασσα ή σε κάποια άλλη συγκέντρωση υδάτων.</p> <p>5.2.3. Θάλασσες και ωκεανοί Ζώνες πέρα από το χαμηλότερο σημείο της παλίρροιας</p>

Συνεχής αστικός ιστός (1.1.1)

Το μεγαλύτερο μέρος του εδάφους καλύπτεται από κατασκευές και δίκτυο μεταφοράς. Κτήρια δρόμοι και άλλες τεχνητές επιφάνειες καλύπτουν πάνω από το 80% της συνολικής επιφάνειας. Μη γραμμικές περιοχές βλάστησης και γυμνού εδάφους είναι σπάνιες.



Εικόνα 1: Luxembourg/Area: Luxembourg City, Landsat TM 4.3.2 1:100.000 , August 1989

Ο συνεχής αστικός ιστός εμφανίζεται μπλε ή σκούρο μπλε-γκρι στις δορυφορικές απεικονίσεις. Τα κέντρα των αστικών περιοχών μπορούν εύκολα να αναγνωριστούν με αναφορά σε τοπογραφικούς χάρτες.

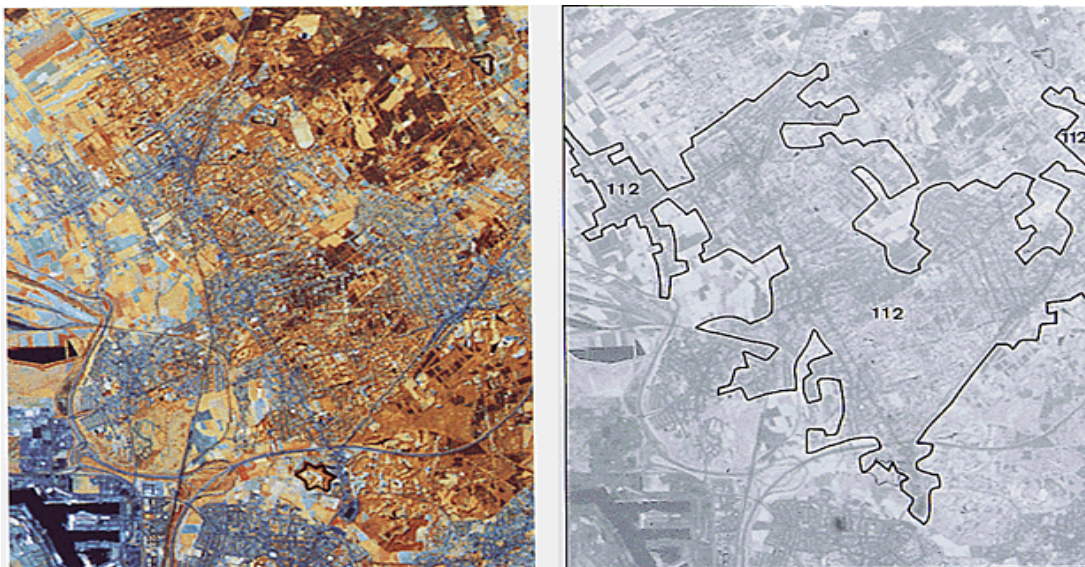
Σε πολλές περιπτώσεις ο διαχωρισμός μεταξύ της συνεχής και της ασυνεχούς αστικής δόμησης μπορεί να είναι δύσκολος. Το όριο καθορίζεται αρχικά από την παρουσία και την ποσότητα της βλάστησης.



Τοπογραφικός χάρτης 1:100.000

Ασυνεχής αστικός ιστός (1.1.2)

Το μεγαλύτερο μέρος του εδάφους καλύπτεται από κατασκευές. Κτήρια, δρόμοι και άλλες τεχνητές επιφάνειες συνδέονται με μεριοχές βλάστησης και γυμνού εδάφους και καταλαμβάνουν ασυνεχής αλλά σημαντικές εκτάσεις.



Εικόνα 2: Belgium/Area: Brasschaat, , Landsat TM 4.5.3 1:100.000 , May 1989

Ο ασυνεχής αστικός ιστός αποτελεί οικιστικές περιοχές γύρω από τα όρια κεντρικών αστικών εκτάσεων αλλά και συγκεκριμένες περιοχές μέσα σε αυτές. Αποτελείται από μονοκατοικίες κήπους, δρόμους και πάρκα με το καθένα από αυτά να καταλαμβάνει εκτάσεις μικρότερες από 25 εκτάρια.

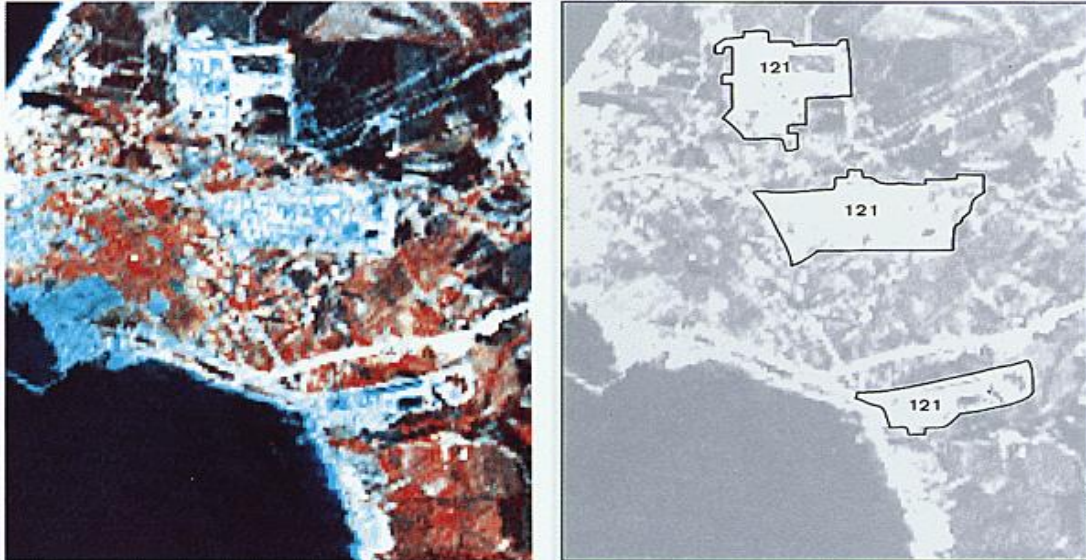


Αεροφωτογραφία , φυσικά χρώματα

Κτήρια , δρόμοι και άλλες τεχνητές επιφάνειες καλύπτουν το 50-80% του εδάφους.

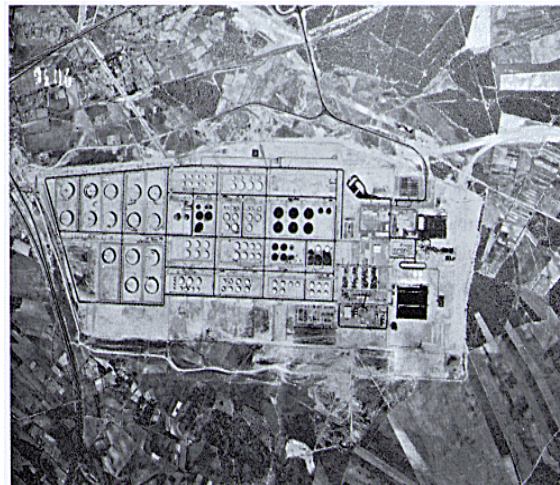
Βιομηχανικές ή εμπορικές εγκαταστάσεις (1.2.1)

Τεχνητές επιφάνειες από τσιμέντο, άσφαλτο χωρίς βλάστηση καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής στην οποία περιέχονται κτήρια και βλάστηση.



Εικόνα 3: Portugal/Area: Sines, Landsat MSS 7.5.4 1:100 000, August 1985

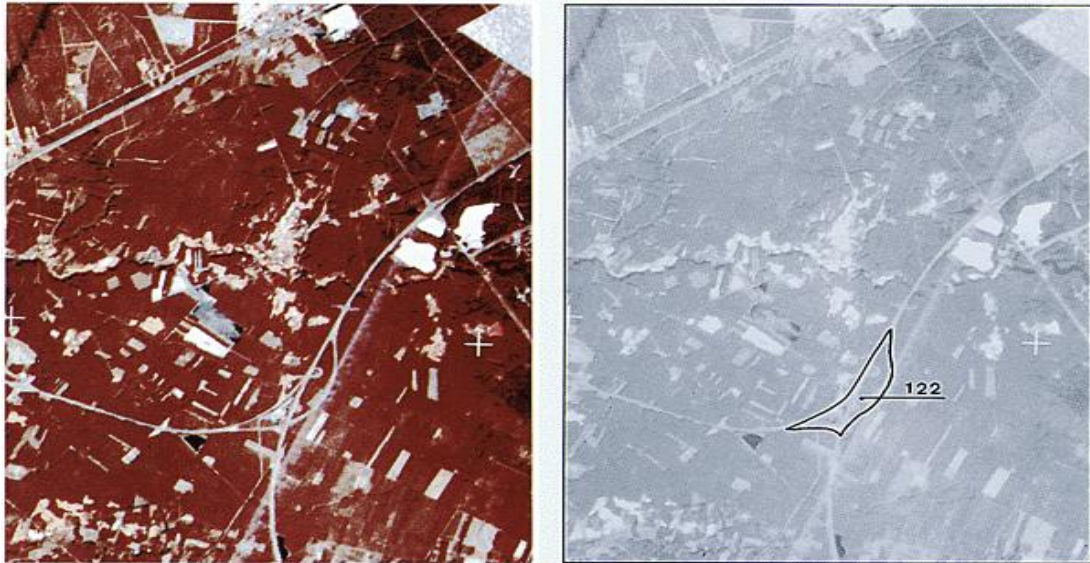
Η κατηγορία αυτή εδαφοκάλυψης αναγνωρίζεται κυρίως με τη βοήθεια τοπογραφικών χαρτών και αεροφωτογράφιων. Είναι πιθανό να αναγνωριστούν και να ψηφιοποιηθούν νέες βιομηχανικές επιφάνειες οι οποίες δεν φαίνονται στους τοπογραφικούς χάρτες της περιοχής με σύγκριση της δομής και της υφής τους με ανάλογες προϋπάρχουσες επιφάνειες που ήδη εμφανίζονται στους χάρτες. Συνήθως η υφή των επιφανειών αυτών θα είναι ετερογενής (μεγάλα κτήρια, αυτοκίνητα, θέσεις στάθμευσης).



Πανχρωματική αεροφωτογραφία

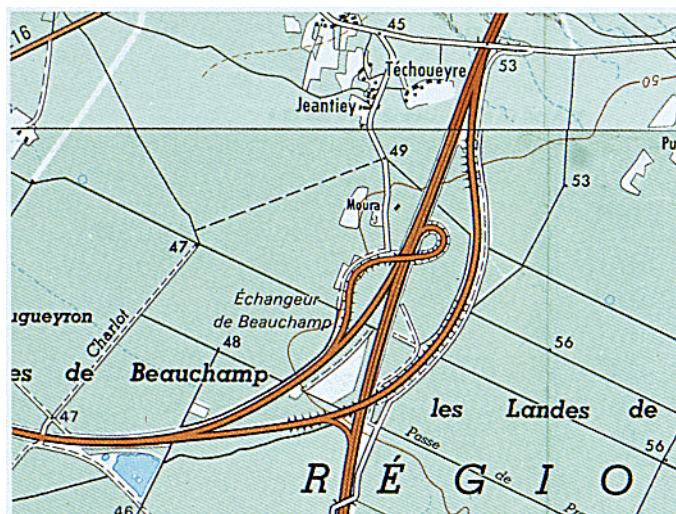
Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα (1.2.2)

Η κατηγορία αυτή αποτελείται από αυτοκινητοδρόμους και σιδηροδρομικές οδούς καθώς επίσης και τις σχετικές με αυτά εγκαταστάσεις.



Εικόνα 4: France/Area: Arcachon SPOT 3.2.1 1:100 000, March 1989

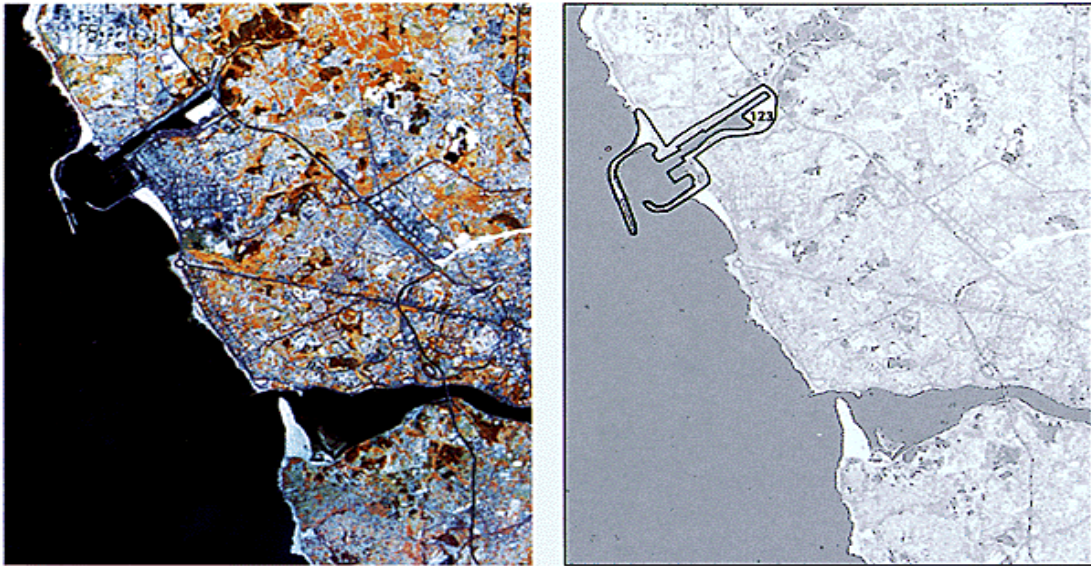
Η προς χαρτογράφηση επιφάνεια πρέπει να έχει τουλάχιστον 100m πλάτος και έκταση πάνω από 25 εκτάρια. Η κατηγορία αυτή περιέχει κυρίως μεγάλες οδικές διασταυρώσεις με τη σχετική υποδομή τους και τις περιοχές πρασίνου που τις περιστοιχίζουν.



Τοπογραφικό διάγραμμα 1:50000

Λιμένες (1.2.3)

Η κατηγορία περιλαμβάνει τους χώρους λιμανιών.



Εικόνα 5: Portugal/Area: Porto, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, July 1987

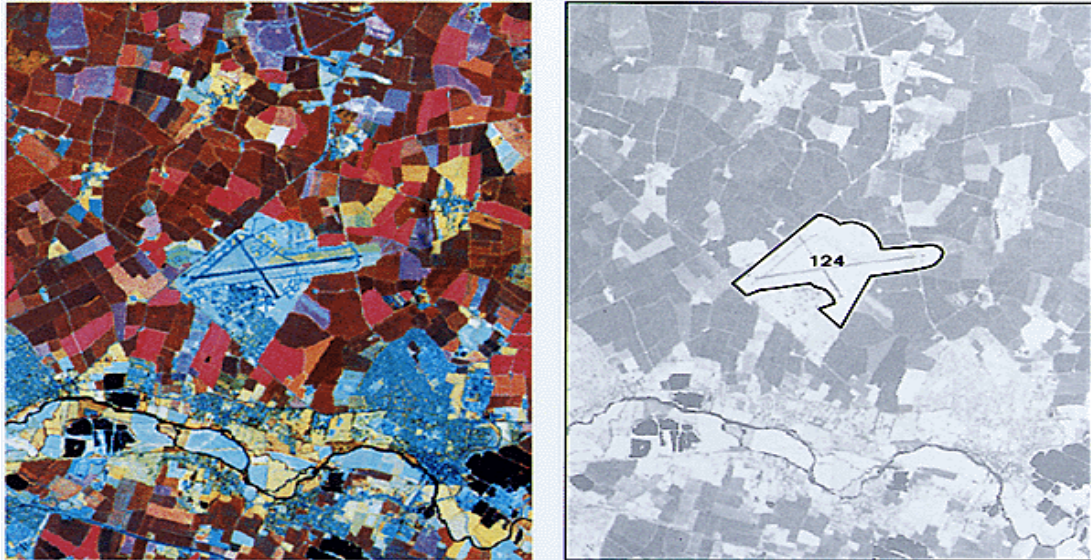
Η περιοχή του λιμένα περιλαμβάνει αυστηρά μόνο τα μέρη ενός λιμένα όπως τις μαρίνες, τις αποθήκες κτλ.



Πανχρωματική αεροφωτογραφία

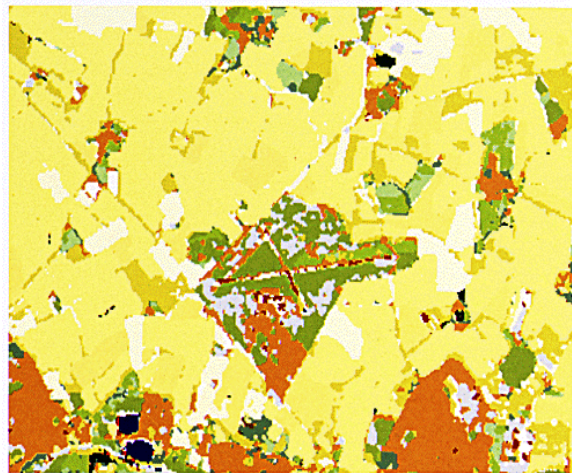
Αερολιμένες (1.2.4)

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει: Αεροδιαδρόμους, υπόστεγα, αποθήκες καθώς επίσης και τη γύρω περιοχή.



Εικόνα 6: Great Britain/Area: Bedford, Landsat TM 4.5.3.. 1:100000

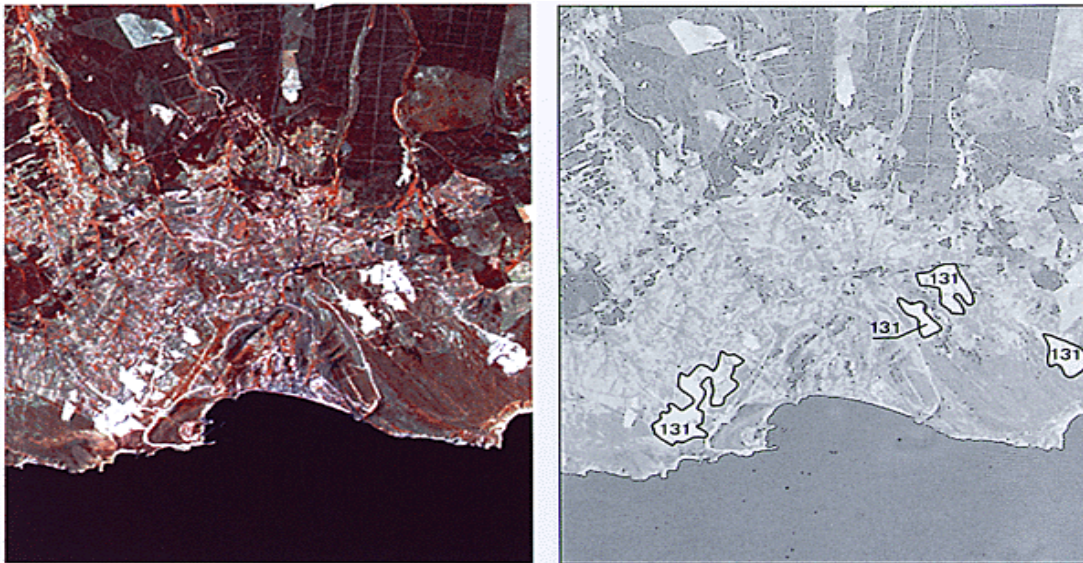
Οι τεχνητοί αεροδιάδρομοι που περιβάλλονται από βλάστηση κυρίως χορτάρι είναι εύκολα διακριτοί στις δορυφορικές εικόνες. Ελικοδρόμια περιλαμβάνονται στα αεροδρόμια εάν το μέγεθος τους είναι πάνω από 25 εκτάρια.



Αυτόματη ταξινόμηση

Ορυχεία (1.3.1)

Περιοχές εξόρυξης δομικών υλικών και άλλων ορυκτών.



Εικόνα 7: Portugal/Area: Sesimbra, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, August 1985

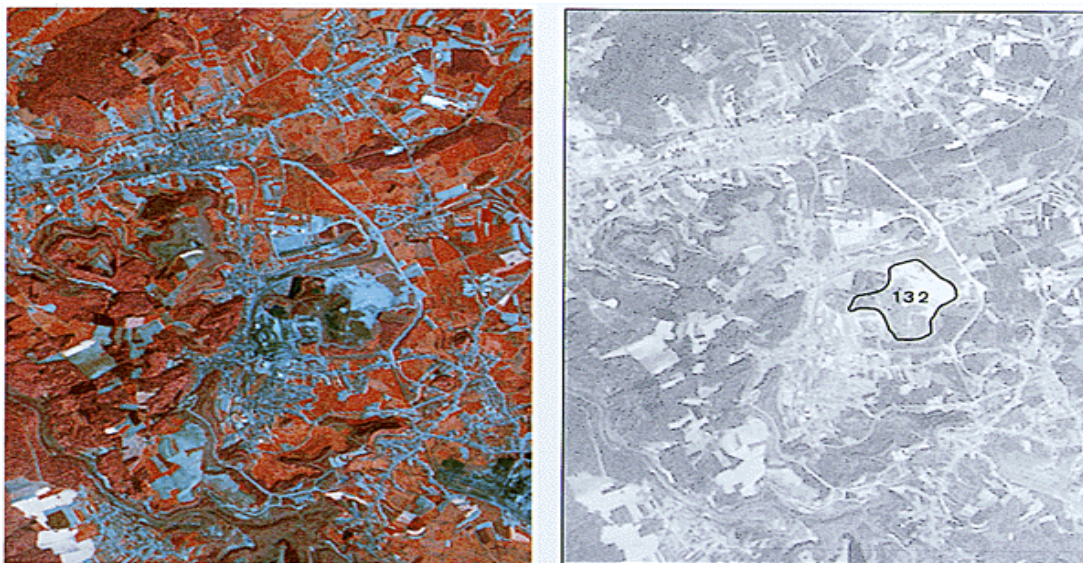
Τα ορυχεία είναι εύκολα αναγνωρίσιμα στις δορυφορικές απεικονίσεις λόγω της αντίθεσης που παρουσιάζουν με το περιβάλλον τους.



Πανχρωματική αεροφωτογραφία

Χώροι απορριμμάτων (1.3.2)

Χώροι δημόσιων, βιομηχανικών ή ορυκτών αποβλήτων.



Εικόνα 8: Luxembourg/Area: Differdange, Landsat TM 4.3.2. 1:100 000, August 1989

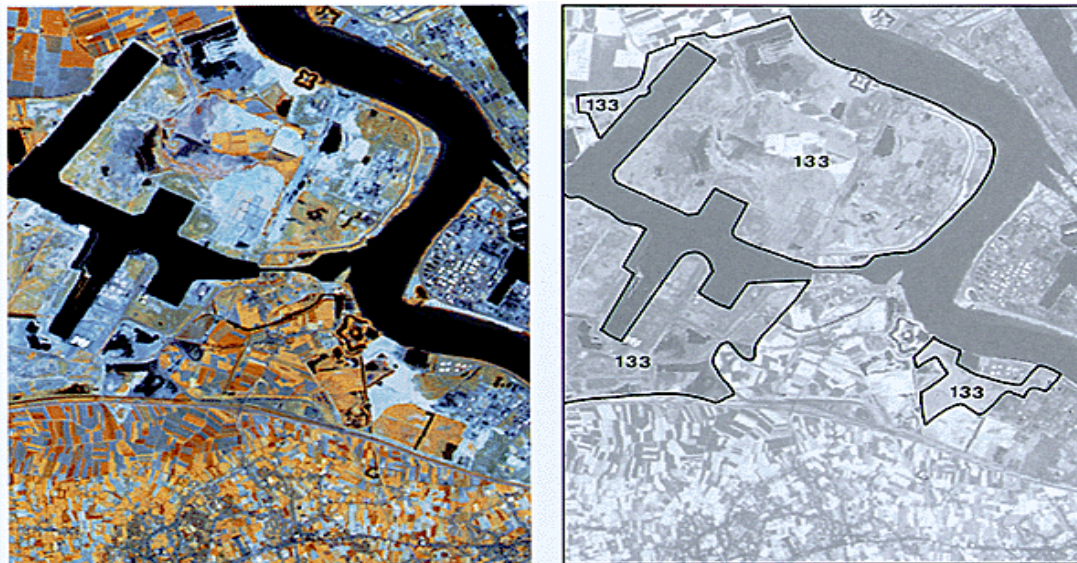
Οι χώροι απορριμμάτων είναι συνήθως δύσκολο να αναγνωριστούν στις δορυφορικές εικόνες λόγω του ότι η φασματική τους υπογραφή καθώς και τα φωτοαναγνωριστικά στοιχεία τους ποικίλουν σημαντικά στις διάφορες απεικονίσεις. Τυπικό στοιχείο για την αναγνώρισή τους είναι το στρογγυλό σχήμα τους και η τοποθέτησή τους κοντά σε μεγάλες πόλεις ή βιομηχανικές ζώνες.



Τοπογραφικός χάρτης 1:20.000

Εργοτάξια (1.3.3)

Χώροι υπό κατασκευή, εκσκαφές ή άλλα έργα.



Εικόνα 9: Belgium/Area: Antwerp, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, May 1989

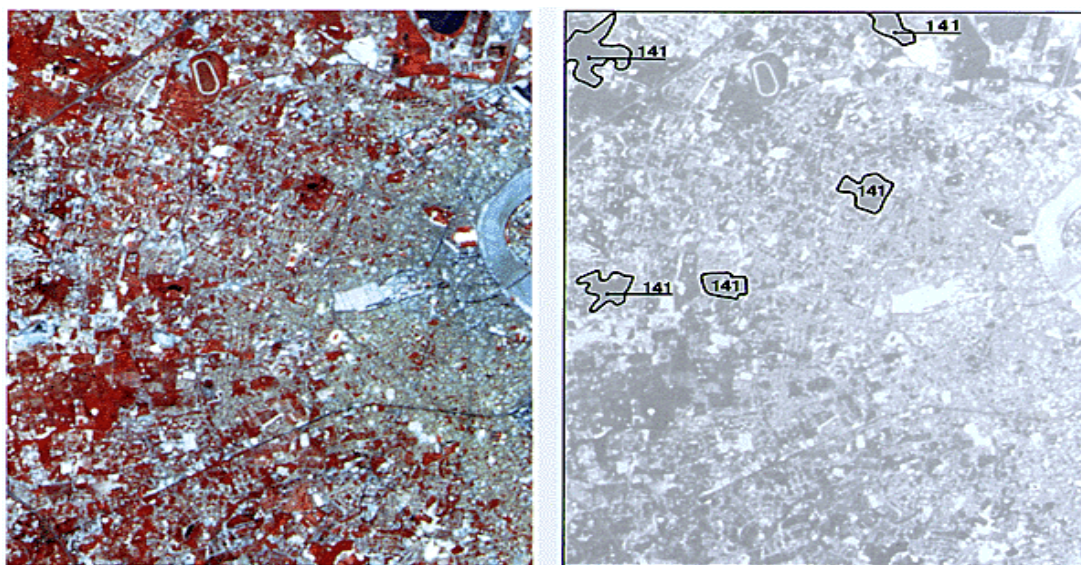
Τα εργοτάξια είναι εύκολα αναγνωρίσιμα στις δορυφορικές εικόνες. Στην περίπτωση σύγκρισης τους με ορυχεία, οι αεροφωτογραφίες μπορούν εύκολα να δώσουν λύση στο πρόβλημα.



Τοπογραφικός χάρτης 1:50000

Περιοχές αστικού πρασίνου (1.4.1)

Χώροι εντός του αστικού ιστού που χαρακτηρίζονται από την παρουσία βλάστησης όπως πάρκα, νεκροταφεία, κτλ.



Εικόνα 10: France/Area: Bordeaux, SPOT XS 3.2.1, July 1987

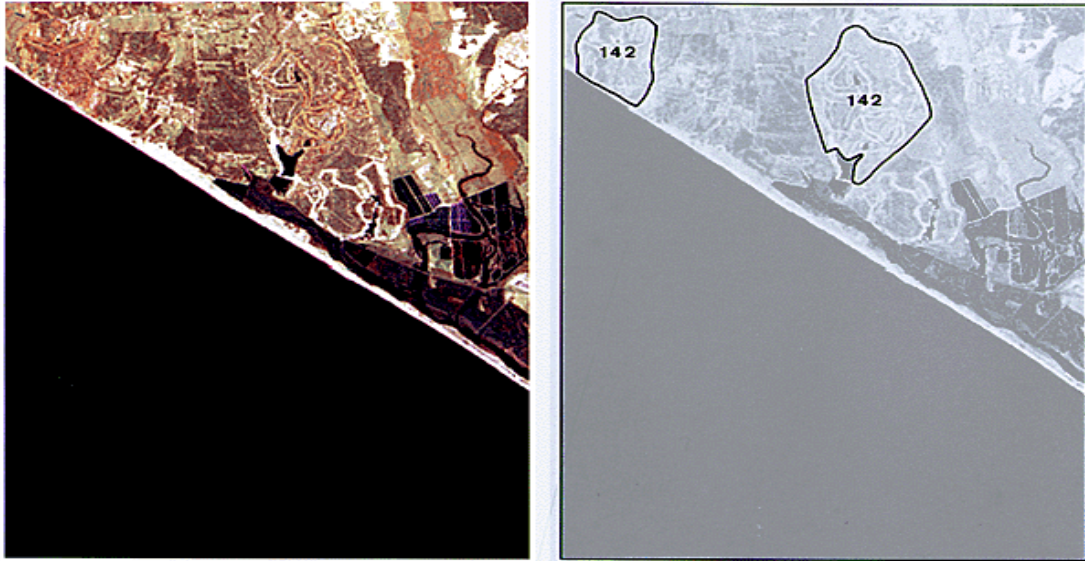
Η κατηγορία αυτή καλύπτει μια μεγάλη ποικιλία από τοπογραφικές επιφάνειες. Η συνδρομή της αεροφωτογραφίας στον διαχώρισμό και την ψηφιοποίηση των επιφανειών αυτών είναι πολύ σημαντική.



Τοπογραφικός χάρτης 1:25000

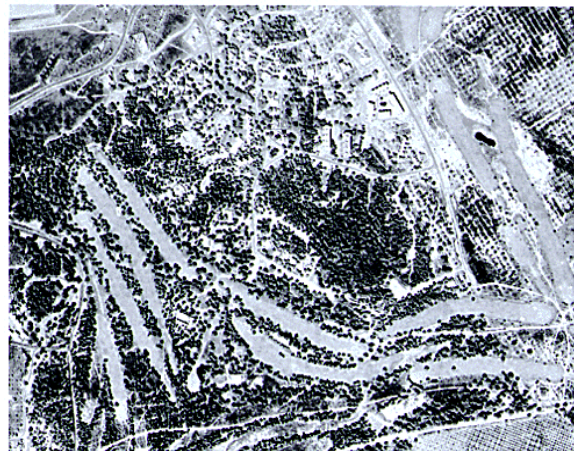
Χώροι αθλητισμού και αναψυχής (1.4.2)

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει χώρους Camping, πάρκα αναψυχής, γήπεδα γκολφ και άλλες αθλητικές εγκαταστάσεις καθώς και πίστες αγώνων.



Εικόνα 11: Portugal/Area: Faro, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, August 1985

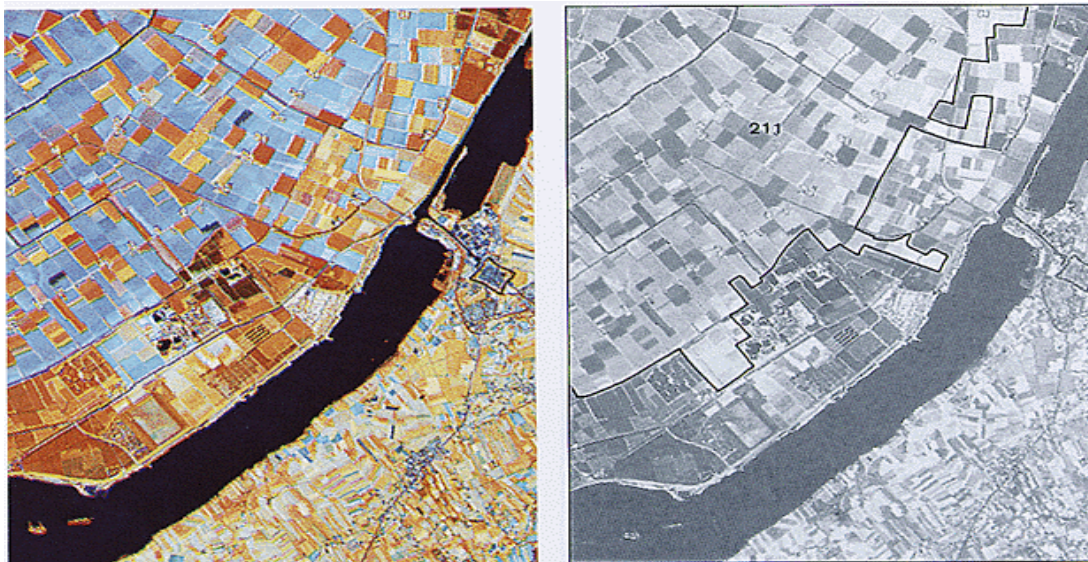
Πολλά στοιχεία των αθλητικών εγκαταστάσεων και των χώρων αναψυχής είναι πιο εύκολα αναγνωρίσιμα σε αεροφωτογραφίες ή από επίγειους ελέγχους. Ο διαχωρισμός μεταξύ αυτής της κατηγορίας και των περιοχών αστικού πρασίνου μπορεί να είναι δύσκολος, και βασίζεται κυρίως στην έκταση που καταλαμβάνει η υπο εξέταση περιοχή.



Πανχρωματική αεροφωτογραφία

Μη αρδεύσιμη – αρόσιμη γη (2.1.1)

Δημητριακά, όσπρια, συγκομιδές χορτονομής, συγκομιδές ρίζας και έδαφος αγραναπαύσεων. Περιλαμβάνει τα λουλούδια και τα δέντρα (καλλιέργεια σε φυτώρια και λαχανικά, είτε ανοικτός τομέας είτε κάτω από το πλαστικό είτε το γυαλί (περιλαμβάνει την κηπουρική αγοράς). Περιλαμβάνει τα αρωματικά, ιατρικά και μαγειρικά φυτά. Δεν περιλαμβάνει το μόνιμο λιβάδι.

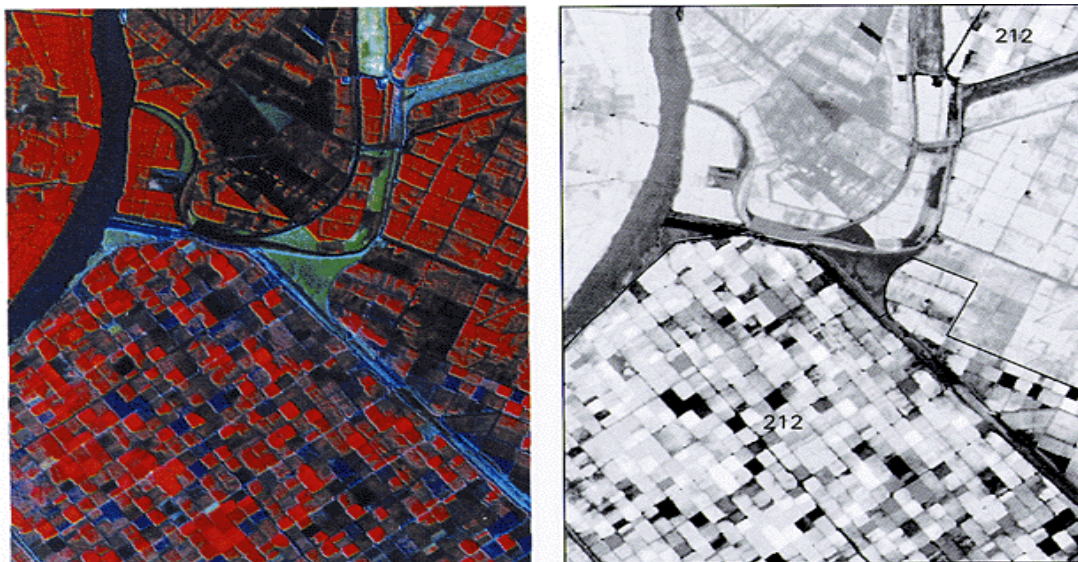


Εικόνα 12: Netherlands/Area: Hardenwijk, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, May 1989

Το καλλιεργήσιμο έδαφος που παρουσιάζεται εδώ αποτελείται από έναν μεγάλο αριθμό πρόσφατα οργωμένων αγροτεμαχίων (μπλε τόπος στην εικόνα). Χρειάζεται προσοχή προς αποφυγήν σύγχυσης του στοιχείου αυτού με άλλη γεωργική κάλυψη. Για αποφυγή λάθους συμβουλεύεται η χρήση βοηθητικών στοιχείων όπως αεροφωτογραφίες, γεωργικά ημερολόγια, στατιστικές. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει επίσης και το προσωρινό και τεχνητό λιβάδι (συγκομιδές χορτονομής) με εναλλαγή καθώς επίσης και το οργωμένο έδαφος χωρίς την παραγωγική φυτική κάλυψη κατά την ημερομηνία της απόκτησης στοιχείων.

Μόνιμα αρδευόμενη γη (2.1.2)

Συγκομιδές που ποτίζονται μόνιμα ή περιοδικά, χρησιμοποιώντας μια μόνιμη υποδομή (κανάλια άρδευσης, δίκτυο αποξηράνσεων). Οι περισσότερες από αυτές τις συγκομιδές δεν θα μπορούσαν να καλλιεργηθούν χωρίς παροχή νερού. Δεν περιλαμβάνεται το σποραδικά αρδευόμενο έδαφος.



Εικόνα 13: Spain/Area: Guadalquivir, Landsat TM 4.3.2. 1:100 000, July 1986

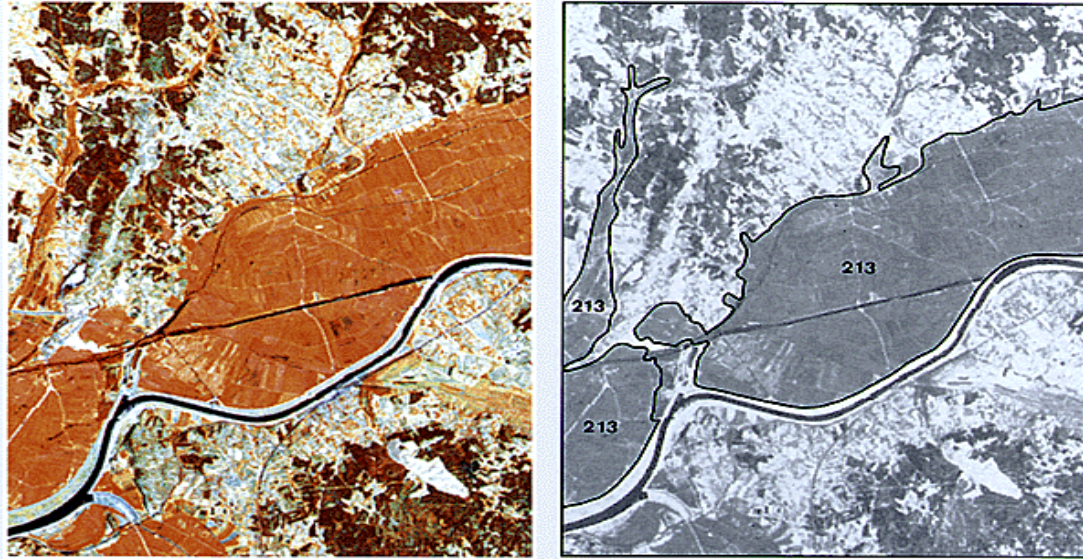
Η ημερομηνία στην οποία αποκτούνται τα δορυφορικά στοιχεία πρέπει να είναι προσεκτικά επιλεγμένη ώστε να διευκολύνει τον προσδιορισμό του μόνιμα αρδευόμενου καλλιεργήσιμου εδάφους. Οι θερινές εικόνες ερμηνεύονται ευκολότερα από τις ανοιξιάτικες. Οι ορυζώνες δεν συμπεριλαμβάνονται σε αυτήν την κατηγορία. Η ορογραφία και η υδρογραφία του εδάφους θα προσδιορίσουν ποιες περιοχές πρόκειται τελικά να ταξινομηθούν σε αυτήν την κατηγορία. Οι οπωρώνες που βρίσκονται στο μόνιμα αρδευόμενο έδαφος ανήκουν σε αυτή τη κατηγορία. Η άρδευση μέσω ψεκαστήρων δεν πρόκειται να εξεταστεί εδώ. Λαμβάνονται υπόψη μόνο η πλημμύρα και οι επίπεδες τεχνικές άρδευσης.



TM false-colour composite 4.7.2

Ορυζώνες (2.1.3)

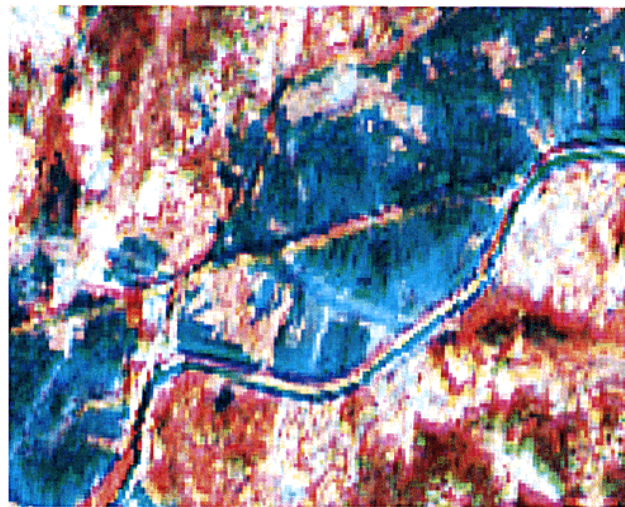
Έδαφος που προετοιμάζεται για την καλλιέργεια ρυζιού. Επίπεδες επιφάνειες με τα κανάλια άρδευσης. Επιφάνειες που πλημμυρίζουν περιοδικά.



Εικόνα 14: Portugal/Area: Coimbra, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, August 1985

Αυτή η κατηγορία προσδιορίζεται εύκολα χρησιμοποιώντας ιαφορετικά χρονικά εικόνες.

Οι ανοιξιάτικες εικόνες, στις οποίες οι τομείς ρυζιού είναι πάντα πλημμυρισμένοι, και οι θερινές εικόνες, όπου οι νέες εγκαταστάσεις μπορούν να είναι τοποθετημένες σε πολύ υψηλό βαθμό αντανάκλασης στην κοντινή υπέρυθρη φασματική ζώνη. Οι εγκαταλελειμμένοι τομείς ρυζιού δεν

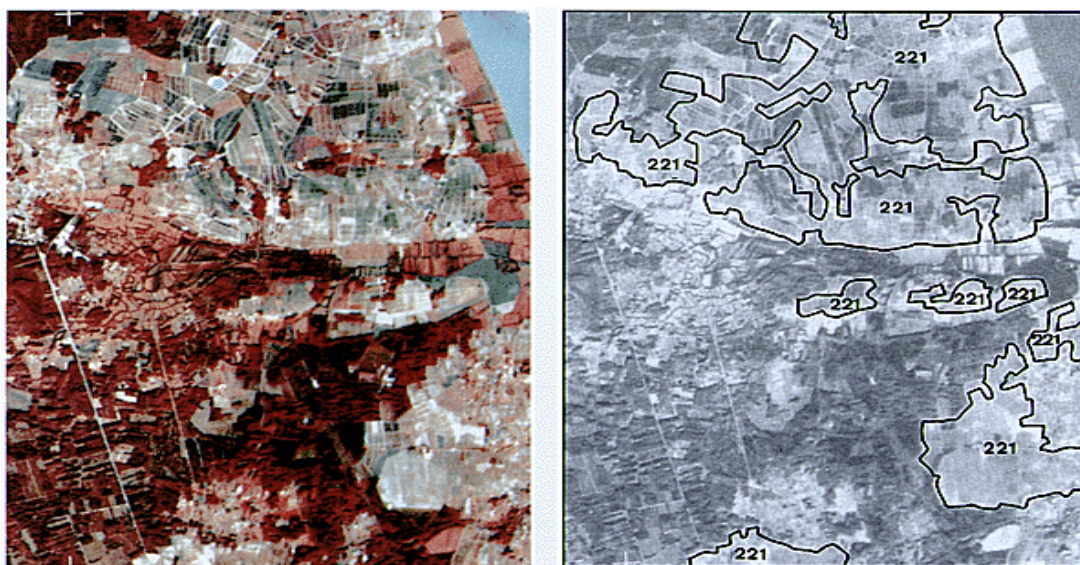


Landsat MSS 7.5.4, scale 1:100 000, May 1986)

συμπεριλαμβάνονται υπό αυτόν τον τίτλο. Οι ορυζώνες χρησιμοποιούνται επίσης ως τεχνητοί βιότοποι όπου βρίσκουν καταφύγιο πάρα πολλά είδη ζώων και πουλιών λόγω της μεγάλης παροχής νερού.

Αμπελώνες (2.2.1)

Πρόκειται για εκτάσεις καλλιέργειας ποικιλιών σταφυλιού.



Εικόνα 15: France/Area: Saint-Laurent-et-Benon, SPOT 3.2.1. 1:100 000, May 1989

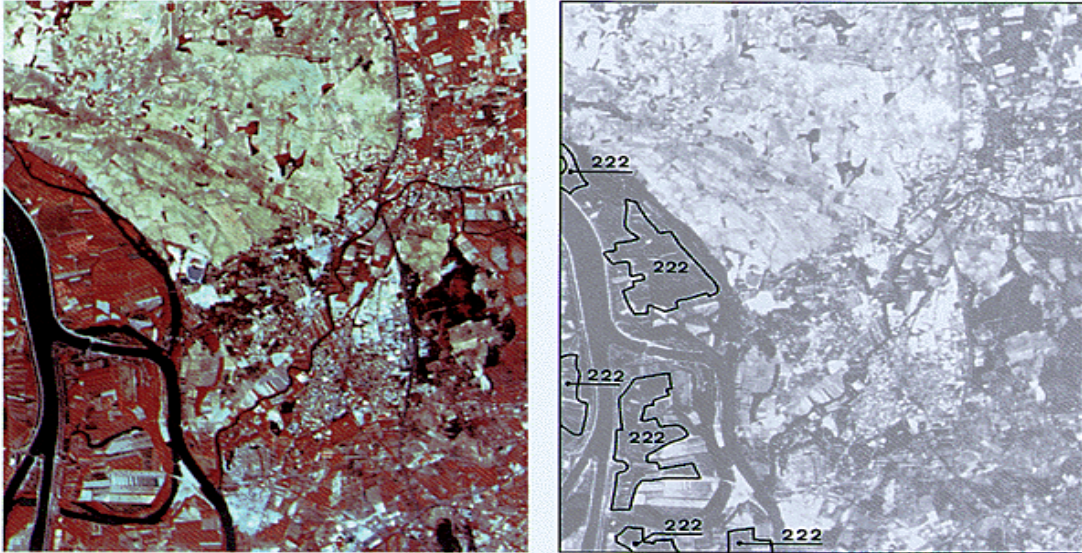
Δεν υπάρχει ακριβές φωτοερμηνευτικό κλειδί για την ταξινόμηση των αμπελώνων. Η συμβολή χαρτών και αγροτικών στατιστικών είναι σημαντική και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψην όποτε είναι διαθέσιμα. Τοπογραφικοί χάρτες δείχνουν συχνά τη διαφορά μεταξύ αυτής της κατηγορίας και των άλλων καλλιεργειών αν και η χρήση μεγάλης κλίμακας αεροφωτογραφιών είναι αποτελεσματικότερη.



Τοπογραφικός χάρτης 1:100000

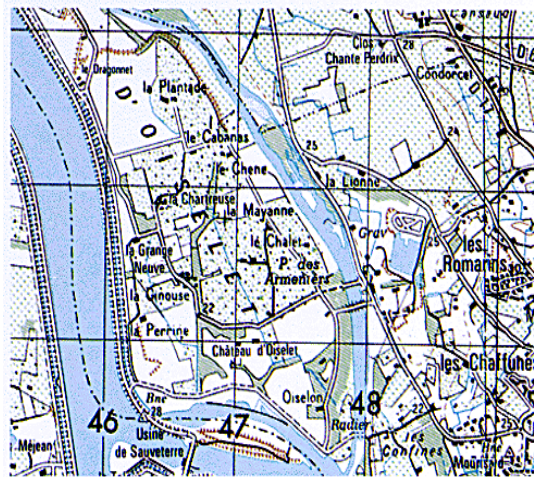
Οπωροφόρα δέντρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς (2.2.2)

Γεωτεμάχια όπου φυτεύονται οπωροφόρα δέντρα και θάμνοι: καλλιέργειες ενός ή περισσότερων ειδών οπωροφόρων δέντρων που συνδυάζονται με μονίμως καλυμμένες με χλόη εκτάσεις.



Εικόνα 16: France/Area: Orange, SPOT 3.2.1. 1:100 000, June 1989

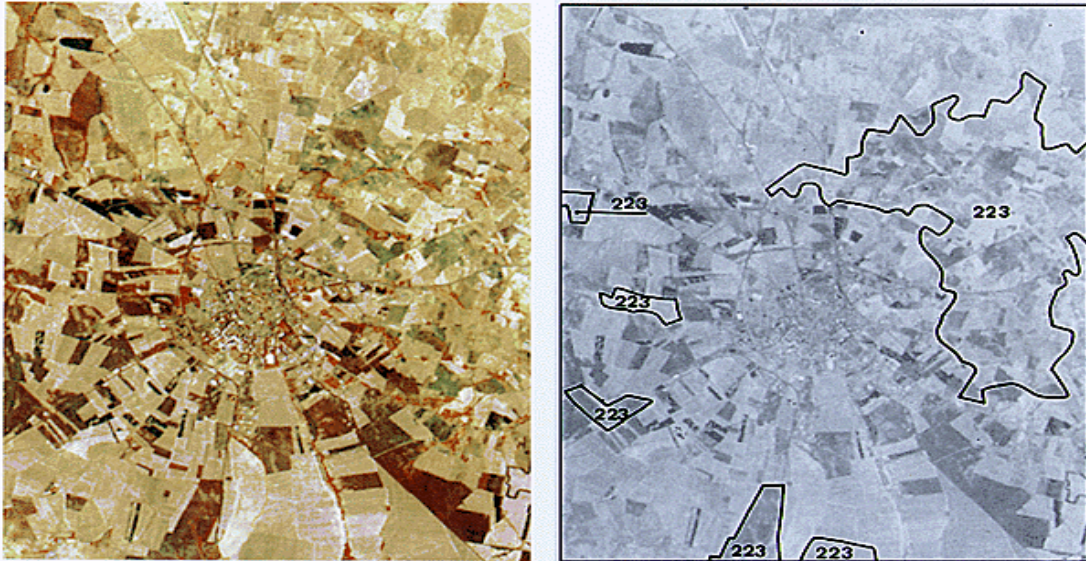
Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει γραμμικές καλλιέργειες και φυτείες δέντρων για την παραγωγή καρυδιών, κάστανων και ύτανων. Οπωρώνες επιφάνειας μικρότερης των 25ha που περιβάλλονται από γεωργική γη (λιβάδια ή αρώσιμη γη) περιλαμβάνονται στην κατηγορία Σύνθετες καλλιέργειες. Φυτώρια και λιβάδια φυτεμένα με δέντρα δεν περιλαμβάνονται σ' αυτή την κατηγορία. Οι δορυφορικές εικόνες είναι φτωχό εργαλείο για τον εντοπισμό οπωρώνων και φυτειών με σαρκώδεις καρπούς. Είναι απαραίτητη η χρήση βοηθητικού υλικού (αεροφωτογραφιών, τοπογραφικών χαρτών και διάφορων θεματικών χαρτών).



Τοπογραφικός χάρτης 1:50000

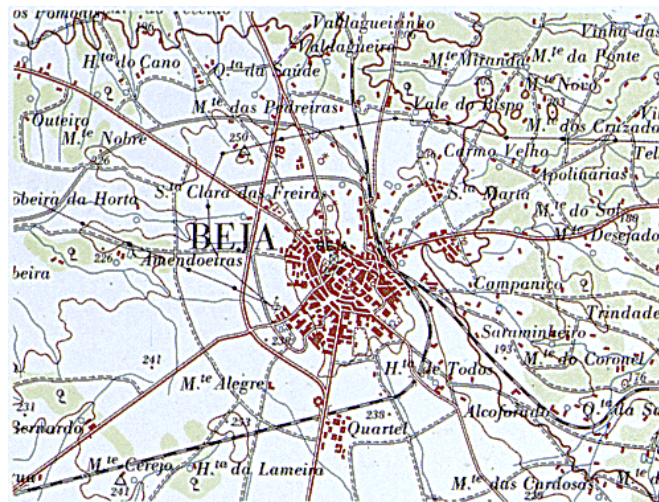
Ελαιώνες (2.2.3)

Οι περιοχές που φυτεύονται με ελιές, συμπεριλαμβανομένου της μεικτής ύπαρξης των ελιών και των αμπέλων στο ίδιο αγροτεμάχιο.



Εικόνα 17: Portugal/Area: Beja, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, August 1985

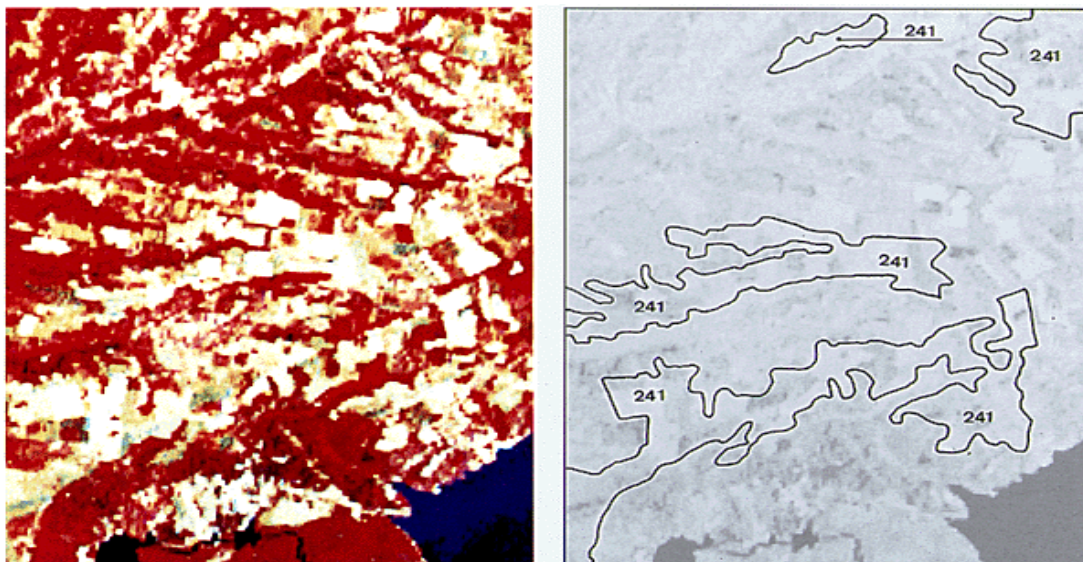
Αεροφωτογραφίες, των γεωργικών στατιστικών και των σχετικών θεματικών χαρτών είναι αναπόφευκτα εργαλεία για τη ερμηνεία των ελαιώνων. Είναι δύσκολο να διακριθούν και να χωριστούν οι κατηγορίες Ελαιώνες και γεωργοδασικές περιοχές. Μια επίσκεψη στην περιοχή θα είναι μερικές φορές απαραίτητη.



Τοπογραφικός χάρτης 1:100000

Ετήσιες καλλιέργειες που συνδέονται με μόνιμες καλλιέργειες (2.4.1)

Προσωρινές καλλιέργειες (αρώσιμη γη ή λιβάδια) που συνυπάρχουν με μόνιμες καλλιέργειες στο ίδιο γεωτεμάχιο. Οι μόνιμες καλλιέργειες είναι είτε αναμεμιγμένες με αρώσιμη γη/λιβάδια ή βρίσκονται κατά μήκος των ορίων των γεωτεμαχίων.



Εικόνα 18: France/Area: Digne, Landsat MSS 7.5.4., September 1987

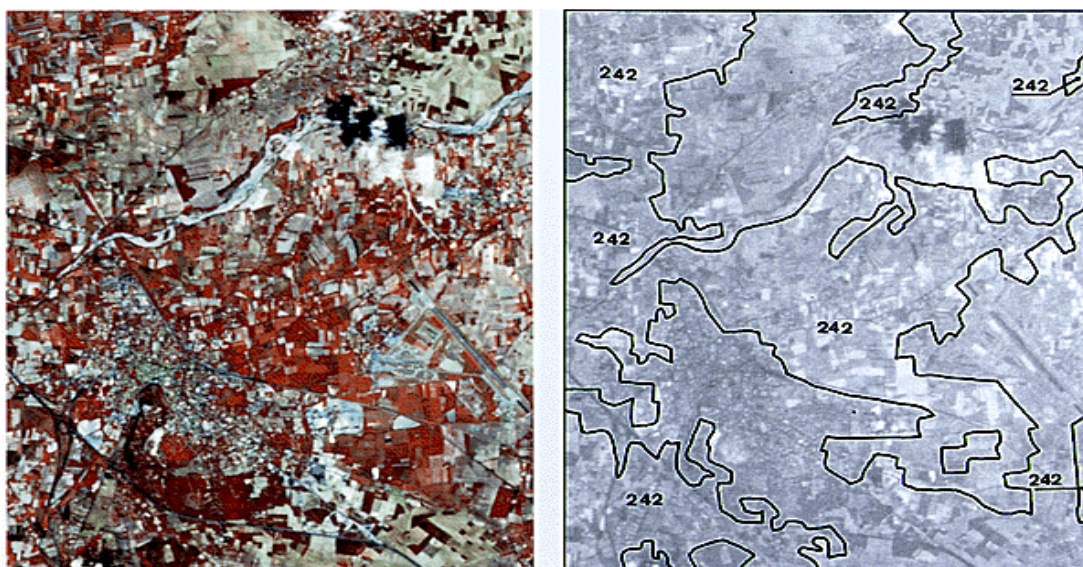
Αυτή η κατηγορία καλύπτει συνυπάρχοντα είδη, στο ίδιο γεωτεμάχιο, που αναγνωρίζονται από τις χωριστές φασματικές υπογραφές και που ανήκουν στις ετήσιες ή στις μόνιμες καλλιέργειες. Γεωτεμάχια σε τυπικής μορφής μωσαϊκό μικρών γεωτεμαχίων ετήσιων καλλιεργειών, λιβαδιών και μόνιμων καλλιεργειών θα πρέπει να ταξινομούνται στην



κατηγορία Σύνθετες καλλιέργειες. Τα γεωτεμάχια που καλύπτονται από οπωρώνες αναμεμιγμένους με ετήσιες καλλιέργειες θα πρέπει να αντιπροσωπεύουν λιγότερο από το 25% της συνολικής επιφάνειας

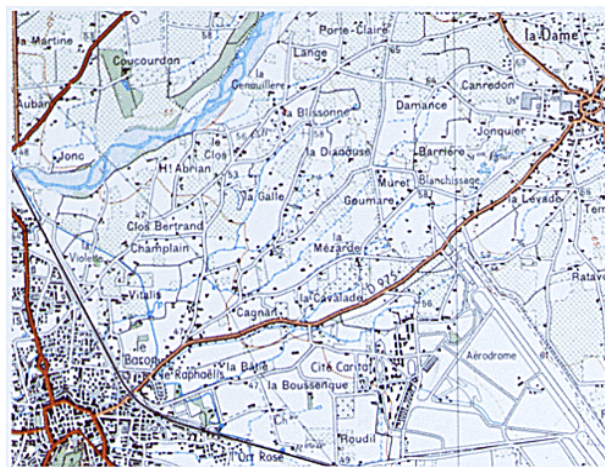
Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας (2.4.2)

Σύνθεση μικρών αγροτεμαχίων διαφόρων ετήσιων καλλιεργειών, λιβαδιών και/ή μόνιμων καλλιεργειών.



Εικόνα 19: France/Area: Orange, SPOT 3.2.1. 1:100 000, June 1989

Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει σύνθεση μικρών αγροτεμαχίων ετήσιων καλλιεργειών, γρασίδι σε κήπους πόλεων, γη σε αγρανάπαυση, και/ή μόνιμες καλλιέργειες με διάσπαρτες οικίες ή κήπους. Καλύπτει περιοχές που προσδιορίζονται από χαρακτηριστικές φασματικές υπογραφές και συντίθενται από μικρά γεωτεμάχια διαφορετικών τύπων ετήσιων καλλιεργειών, λιβαδιών και/ή μόνιμων καλλιεργειών, υπό την προϋπόθεση ότι καμία από αυτές τις τρεις κατηγορίες δεν καλύπτει από μόνη της ένα προσδιορισμένο πολύγωνο μεγαλύτερο των 25ha. Σ' αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται επίσης αρόσιμη γη, λιβάδια και οπωρώνες αν και εφόσον καλύπτουν λιγότερο από το 75% της συνολικής υπό μελέτη επιφάνειας καθώς επίσης και κήποι σε αστικές περιοχές.

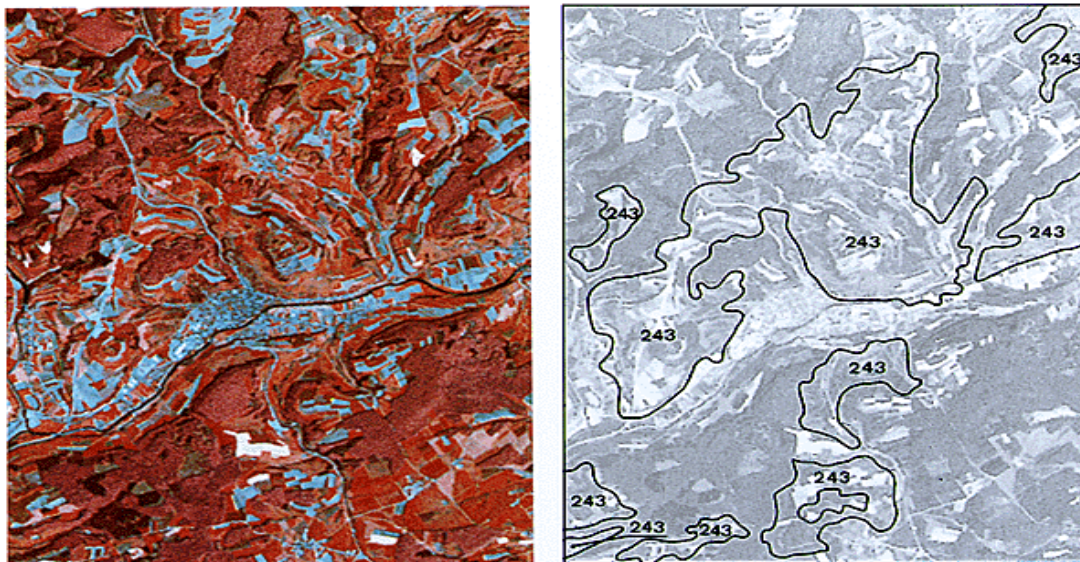


Τοπογραφικός χάρτης 1:70000

καλλιεργειών, υπό την προϋπόθεση ότι καμία από αυτές τις τρεις κατηγορίες δεν καλύπτει από μόνη της ένα προσδιορισμένο πολύγωνο μεγαλύτερο των 25ha. Σ' αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται επίσης αρόσιμη γη, λιβάδια και οπωρώνες αν και εφόσον καλύπτουν λιγότερο από το 75% της συνολικής υπό μελέτη επιφάνειας καθώς επίσης και κήποι σε αστικές περιοχές.

Γη που καλύπτεται κυρίως από γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης (2.4.3)

Περιοχές στις οποίες κυριαρχεί η γεωργική κάλυψη που όμως συγγέεται με σημαντικές εκτάσεις φυσικής επιφάνειας.



Εικόνα 20: Luxembourg/Area: Diekirch, Landsat TM 4.3.2. 1:100 000, August 1989

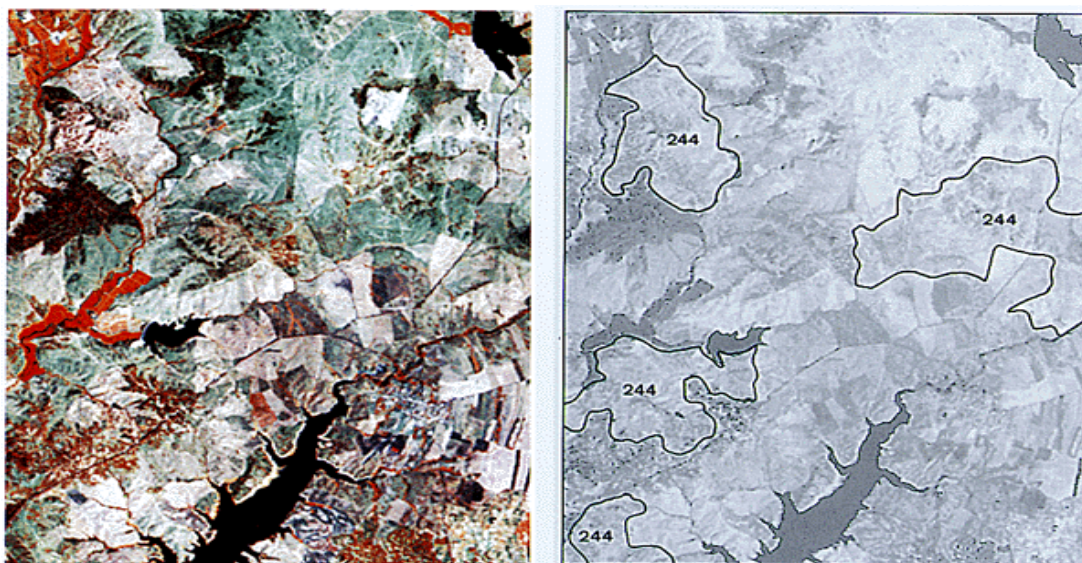
Αυτά τα μη ομοιογενή πολύγωνα , που έχουν έκταση μεγαλύτερη των 25ha, θα πρέπει να διαχωρίζονται από την αμιγή γεωργική γη ή τη φυσική βλάστηση (δάση , άγωνα , τυρφώδη έκταση, περιοχές με γρασίδι, υδάτινες επιφάνειες, γυμνούς βράχους). Σ' αυτή την κατηγορία η γεωργική γη καλύπτει επιφάνεια μεταξύ 25 και 75% της συνολικής επιφάνειας του πολυγώνου.



Έγχρωμη υπέρυθρη αεροφωτογραφία

Δασικογεωργικές περιοχές (2.4.4)

Ετήσιες καλλιέργειες ή βοσκότοποι που καλύπτονται από είδη δέντρων που κατατάσσονται στα δασικά είδη.



Εικόνα 21: Portugal/Area: Alcador do Sal, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, August 1985

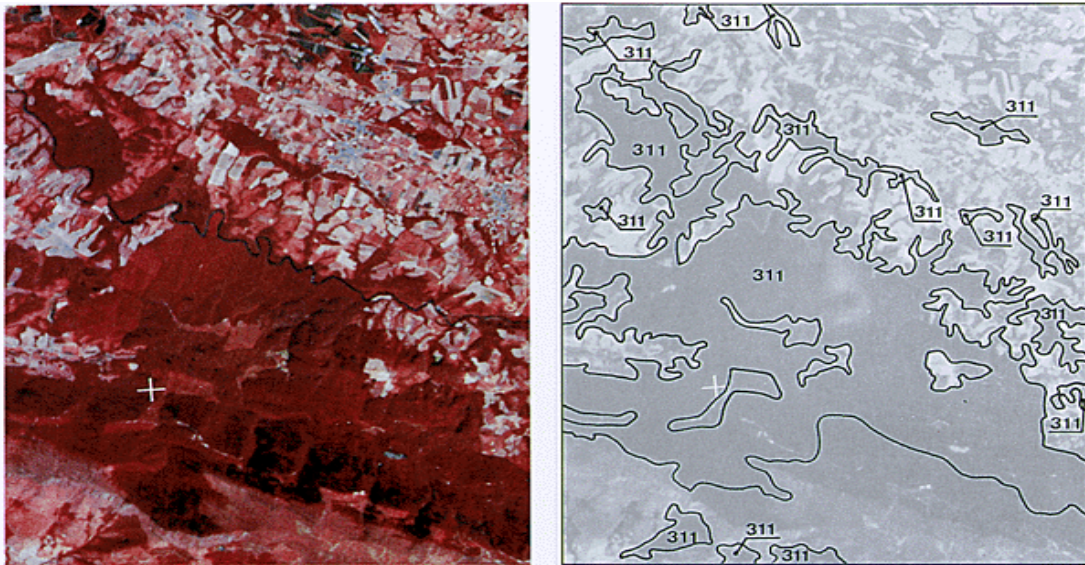
Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει ετήσιες καλλιέργειες ή βοσκότοπους και γη σε αγρανάπαυση που καλύπτει λιγότερο από το 50% της επιφάνειας. Συνήθως παρουσιάζεται σε πολύ εκτεταμένες περιοχές με μεγάλες διαφοροποιήσεις στη φασματική υπογραφή (ανάλογα με τα διαφορετικά είδη, την πυκνότητα των δέντρων, τον τύπο του εδάφους).



Επίγεια φωτογραφία

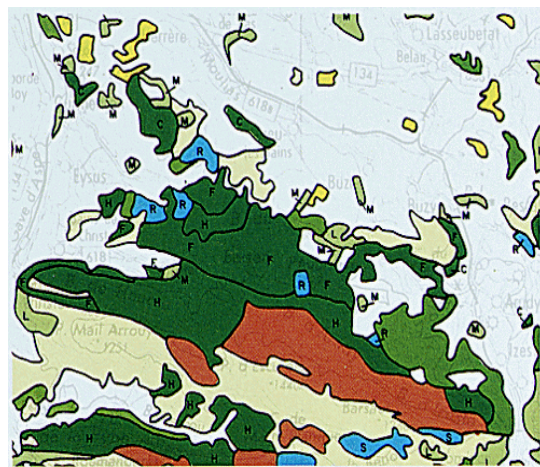
Δάσος πλατυφύλλων (3.1.1)

Διάταξη βλάστησης, από δένδρα και θάμνους, στην οποία κυριαρχούν τα πλατύφυλλα είδη.



Εικόνα 22: France/Area: Pau, Spot 3.2.1 1:100000, July 1988

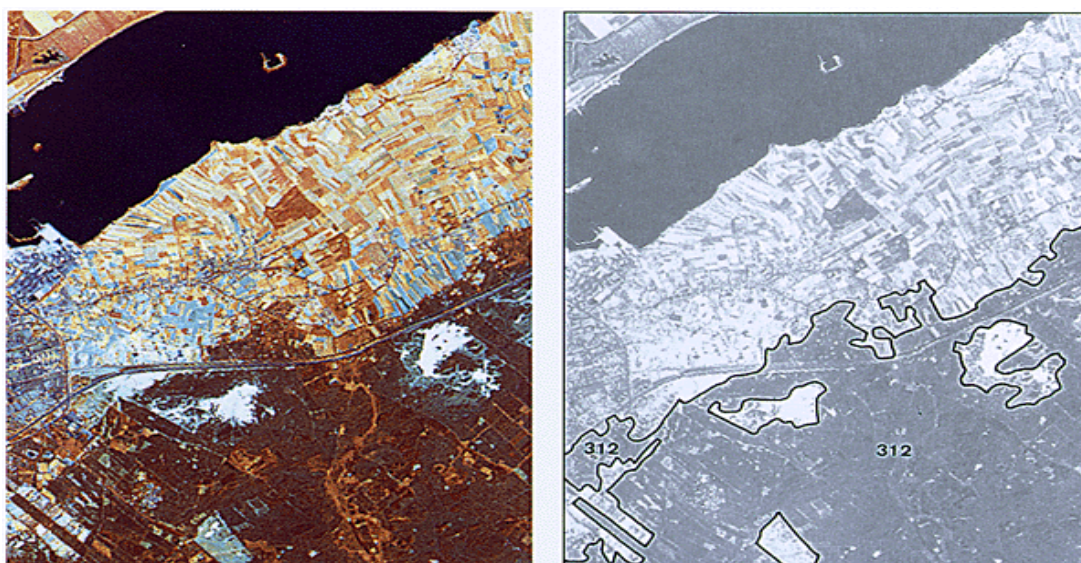
Η μόνη δυσκολία στον προσδιορισμό του δάσους πλατύφυλλων προέρχεται από την επίδραση της σκιάς στις εκτάσεις που καταλαμβάνουν, οπότε και μπορεί να γίνει σύγχυση με το δάσος κωνοφόρων. Συνίσταται η μέθοδος επιβλεπόμενης ταξινόμησης δορυφορικών εικόνων για τον προσδιορισμό όλων των περιοχών που ταξινομούνται στην κατηγορία. Η ανάλυση πρωτογενών συστατικών (principal component analysis) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μείωση των επιπτώσεων της σκίασης.



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

Δάσος κωνοφόρων (3.1.2)

Διάταξη βλάστησης, από δένδρα και θάμνους, στην οποία κυριαρχούν τα κωνοφόρα είδη.



Εικόνα 23: Netherlands/Area: Hardewijk, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, May 1989

Το Δάσος κωνοφόρων αναγνωρίζεται από το σκούρο χρώμα του που ξεχωρίζει από τους ανοιχτούς τόνους πλατυφύλλων στα ψευδο-χρωμα σύνθετα. Στην περίπτωση νεαρών δένδρων 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.

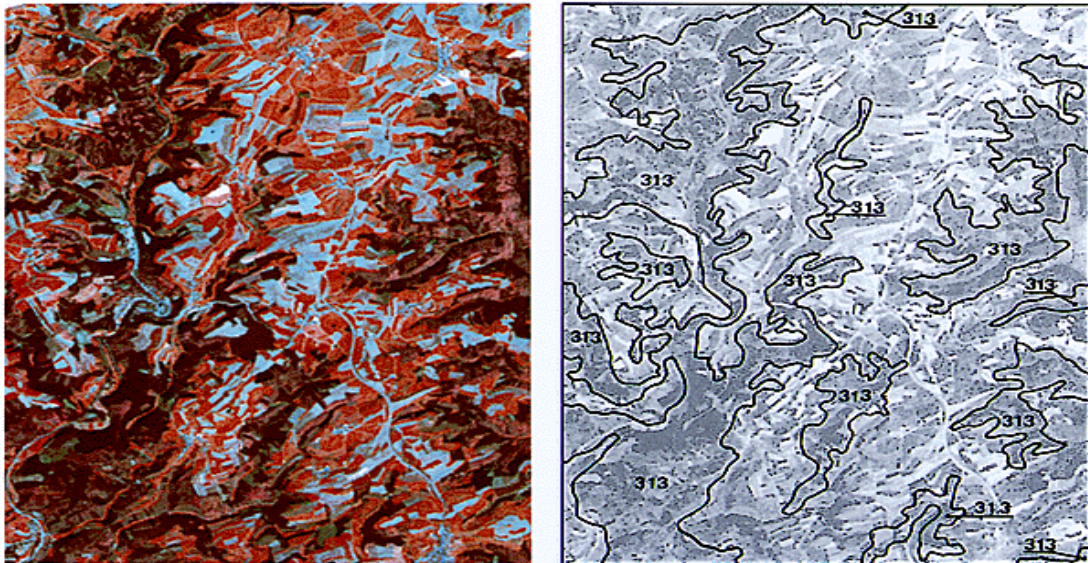


Τοπογραφικός χάρτης 1:100000

Όταν τα κωνοφόρα δεν αντιπροσωπεύουν το 75% της επιφάνειας, το δάσος κατατάσσεται στο μικτό.

Μικτό δάσος (3.1.3)

Διάταξη βλάστησης, από δένδρα και θάμνους, στην οποία δεν κυριαρχούν ούτε τα κωνοφόρα ούτε τα πλατύφυλλα είδη.



Εικόνα 24: Luxembourg/Area: Clervaux, Landsat TM 4.3.2. 1:100000, August 1989

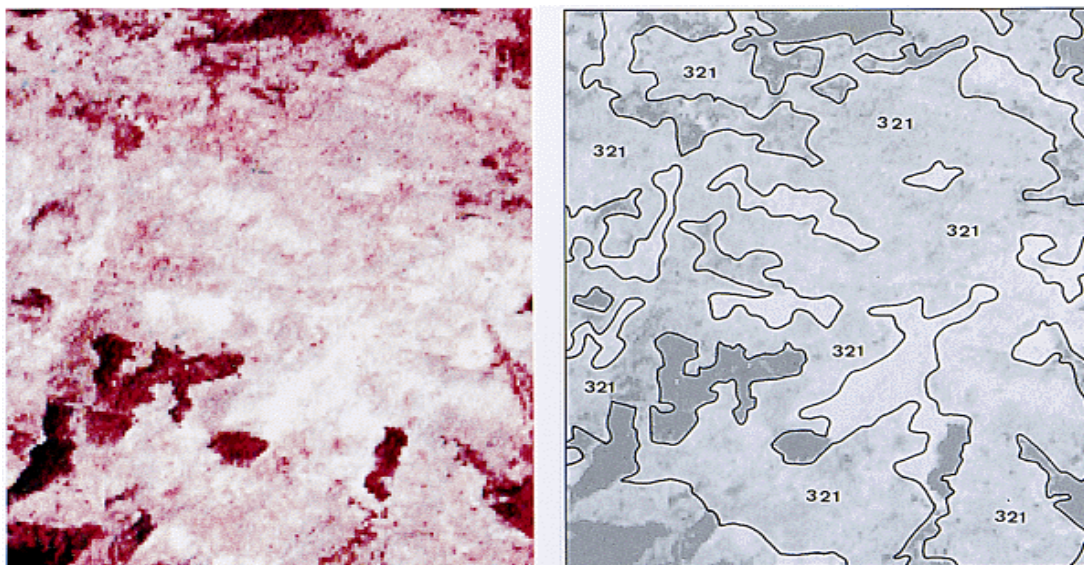
Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει όχι μόνο το μικτό δάσος με την αυστηρή δασοκαλλιεργητική έννοια (μεμονωμένα δέντρα ή συστάδες δέντρων) αλλά και πολύπλοκης κάλυψης γεωτεμάχια που περιλαμβάνουν μωσαϊκό από πλατύφυλλα και κωνοφόρα είδη στα οποία δεν υπάρχει ομοιογενής συστάδα επιφάνειας μεγαλύτερης των 25ha.



Έγχρωμη υπέρυθρη αεροφωτογραφία

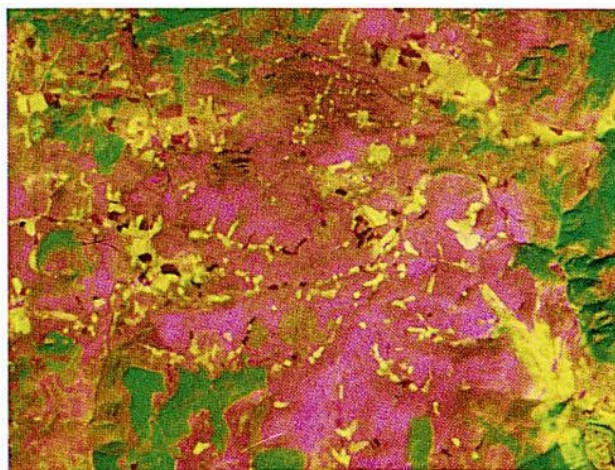
Φυσικοί βοσκότοποι (3.2.1)

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



Εικόνα 25: France/Area: cause de Sauveterre, LandsatTM 4.2.1. 1:100000, August 1989

Οι φυσικοί βοσκότοποι είναι περιοχές με ποώδη βλάστηση (μέγιστο ύψος 15 εκ. με υπερισχύοντα τα αγρωστώδη είδη) που καλύπτουν τουλάχιστον 75% της επιφάνειας που καλύπτεται από βλάστηση και που αναπτύχθηκαν με ελάχιστη παρέμβαση του ανθρώπου (μη θερισμένα , μη λιπασμένα , μη ενισχυμένα από χημικά που θα επηρέαζαν την παραγωγή

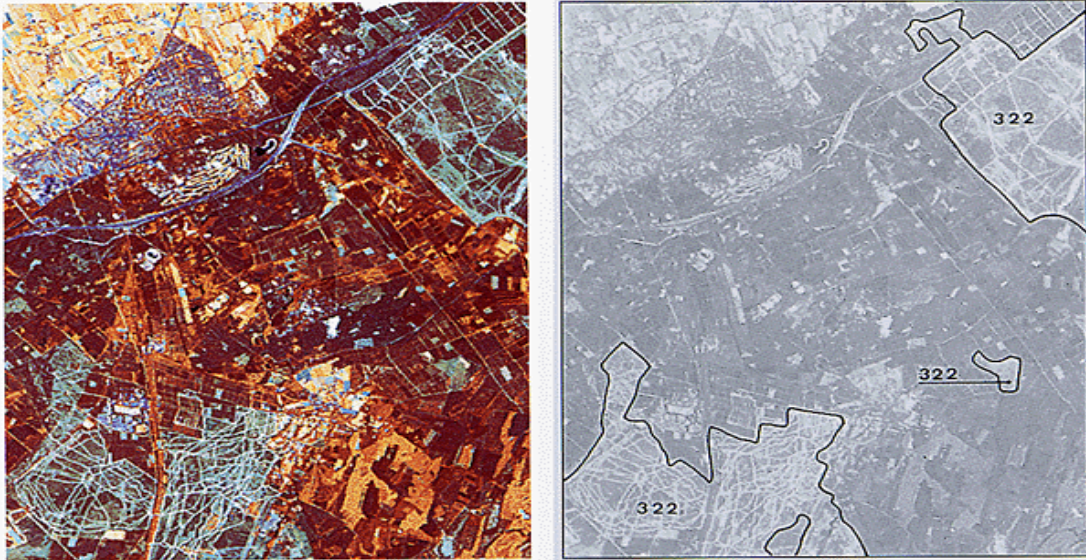


SPOT ACP1/ACP2/XS2

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.

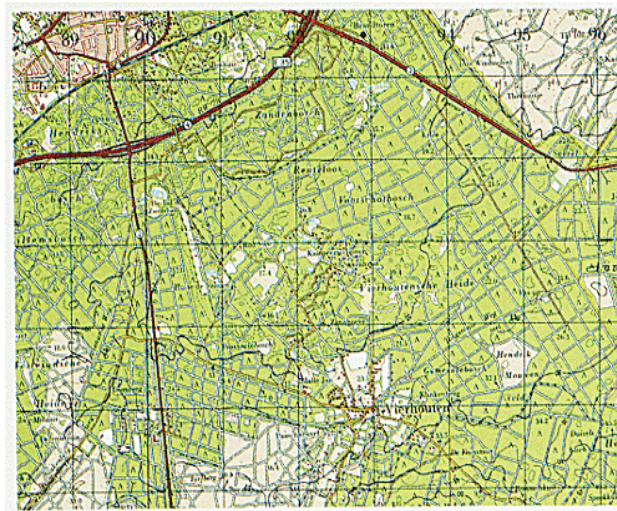
Θάμνοι και χερσότοποι (3.2.2)

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



Εικόνα 26: Netherlands/Area: Veluwe, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, May 1989

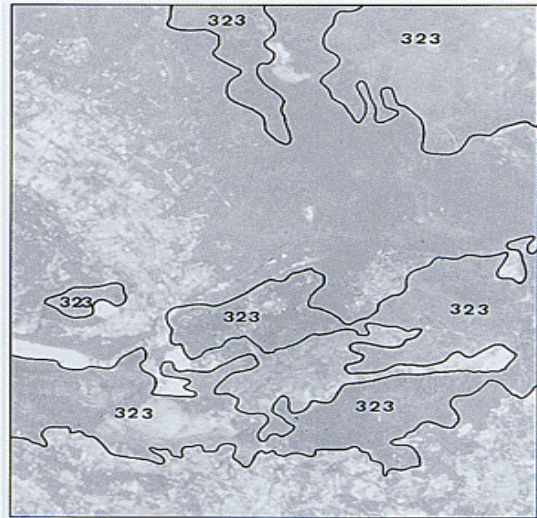
Η ανάλυση του βιογεωγραφικού περιβάλλοντος και η γνώση του εδάφους γενικά οδηγούν στον επιτυχή εντοπισμό των θάμνων και χερσότοπων στις δορυφορικές εικόνες. Όμως, συνιστάται το αποτέλεσμα της φωτοερμηνείας να επαληθεύεται και με αεροφωτογραφίες. Υπάρχει κίνδυνος σύγχυσης με τα δάση κωνοφόρων και τους βάλτους σε επικλινές έδαφος (κατηγορία 4.1.2).



Τοπογραφικός χάρτης 1:100000

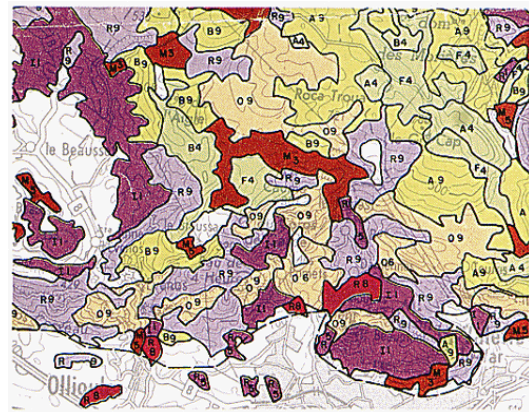
Σκληροφυλλική βλάστηση (3.2.3)

Αειθαλείς σκληροφυλλικοί θάμνοι που συντίθενται από ρεικότοπους, χαμόδεντρα και φρύγανα.



Εικόνα 27: France/Area: Toulon, SPOT 3.2.1. 1:100000, August 1989

Ρεικότοποι είναι οι συνδυασμοί πυκνής βλάστησης που αποτελούνται από πολλά χαμόδεντρα 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.



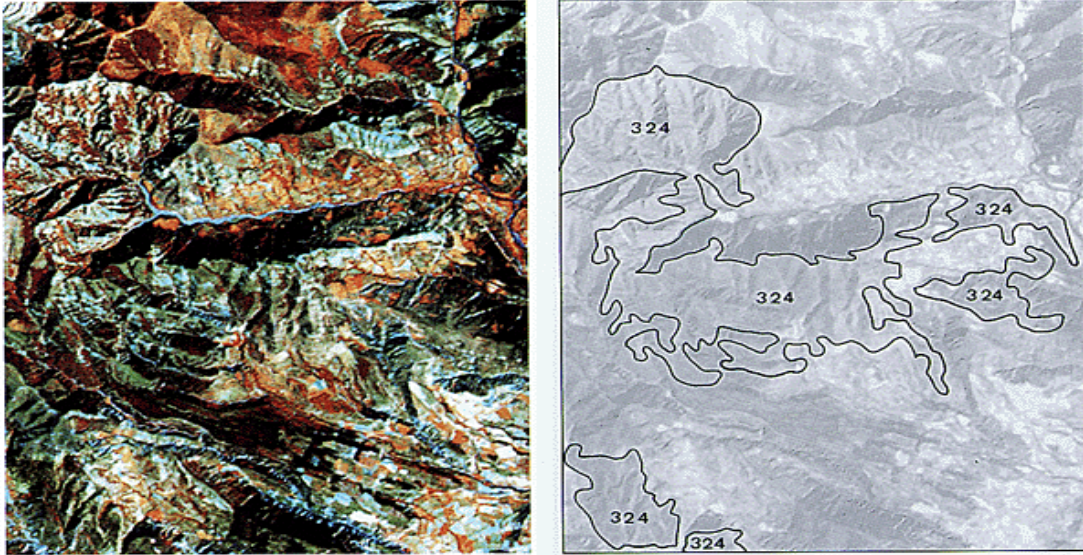
Θεματικός χάρτης 1:200000

Χαμόδεντρα είναι οι διακεκομμένοι θαμνώδεις συνδυασμοί Μεσογειακών ασβεστολιθικών υψιπέδων. Πολύ συχνά αποτελείται από κοκκοφόρους δρεις κέδρους, κουμαριές, λεβάντα, θυμάρι, κίστους (λουβιδιές) κλπ. Μπορεί να υπάρχουν μερικά μεμονωμένα δένδρα. Τα χαμόδεντρα απαντώνται σε στεγνά, διηθητικά υποστρώματα (συνήθως ασβεστολιθικά).

Η θαμνώδης σκληροφυλλική βλάστηση είναι ένας σχηματισμός κοντά σε δάσος, που 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).

Μεταβατικές δασώδεις-θαμνώδεις εκτάσεις (3.2.4)

Θαμνώδης και ποώδης βλάστηση με διάσπαρτα δέντρα. Μπορεί να παριστά είτε υποβάθμιση των δασικών περιοχών είτε αναδημιουργία του δάσους.



Εικόνα 28: Spain/Area: Tremp, Landsat TM 4.5.3. 1:100000, September 1987

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 εκφυλλισμού λόγω βιομηχανικής ρύπανσης κλπ.

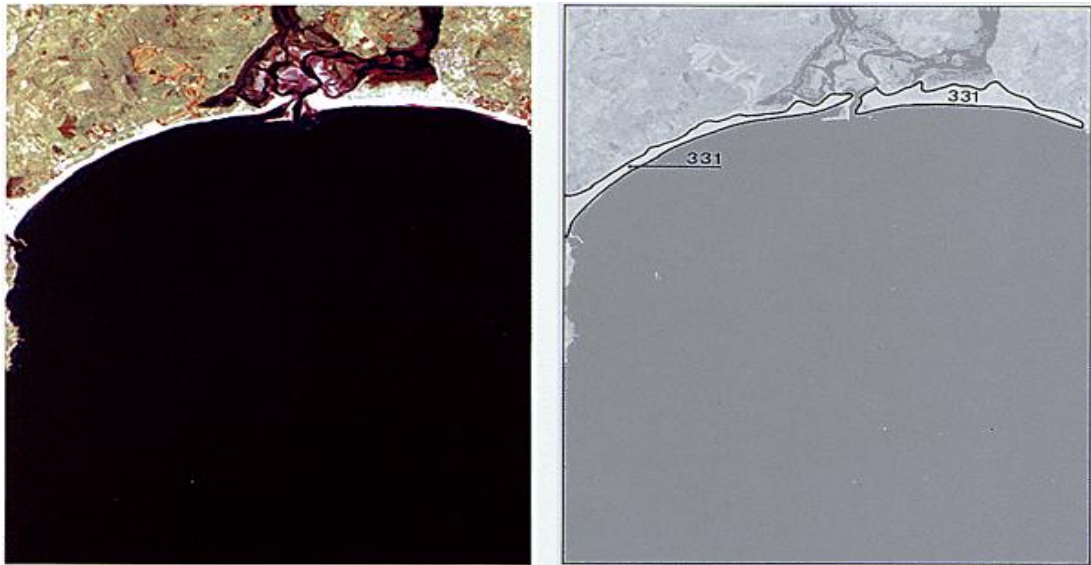


Πανχρωματική αεροφωτογραφία

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 αυτή από αεροφωτογραφίες.

Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές (3.3.1)

Σ' αυτή την κατηγορία ανήκουν οι γκρι αμμόλοφοι που έχουν σταθεροποιηθεί από βλάστηση όπως γρασιδί, σπαθόχορτο, βρύα και λειχήνες.



Εικόνα 29: Portugal/Area: Lagos, Landsat TM 4.5.3.. 1:100000, August 1985

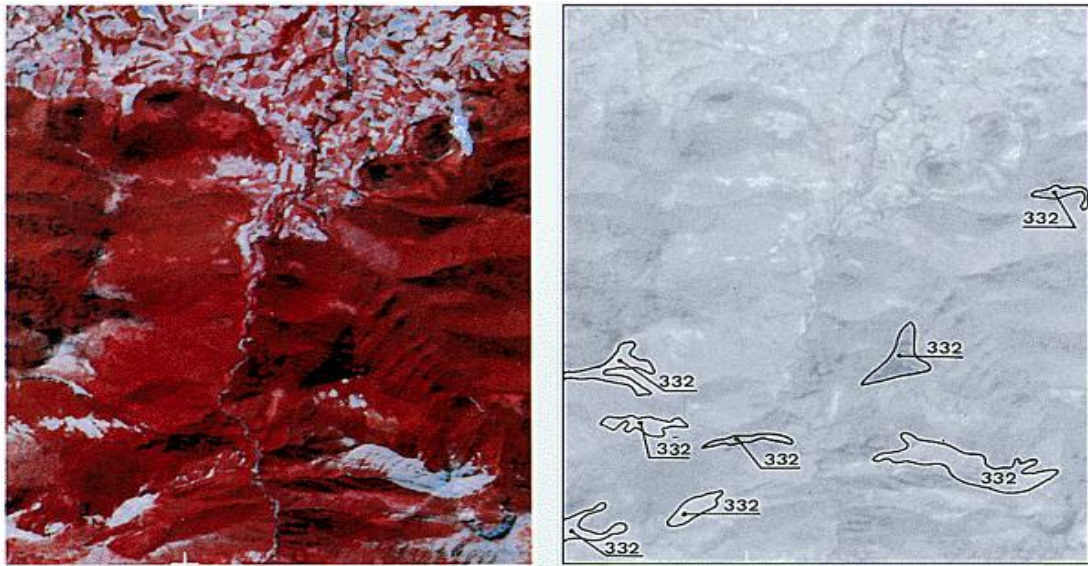
Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει επίσης σχηματισμούς αμμόλοφων στην άμεση γειτονιά μεγάλων ποταμών, αμμόλοφους στην ενδοχώρα και λιμναίους αμμόλοφους, μετακινούμενους αμμόλοφους με κινούμενους, μη καλυπτόμενους από βλάστηση ή ανοικτούς βοσκότοπους (άσπροι αμμόλοφοι) κτλ.



Τοπογραφικός χάρτης 1:100000

Απογυμνωμένοι βράχοι (3.3.2)

Απότομες πλαγιές που δε καλύπτονται από βλάστηση, βράχοι, πέτρες.



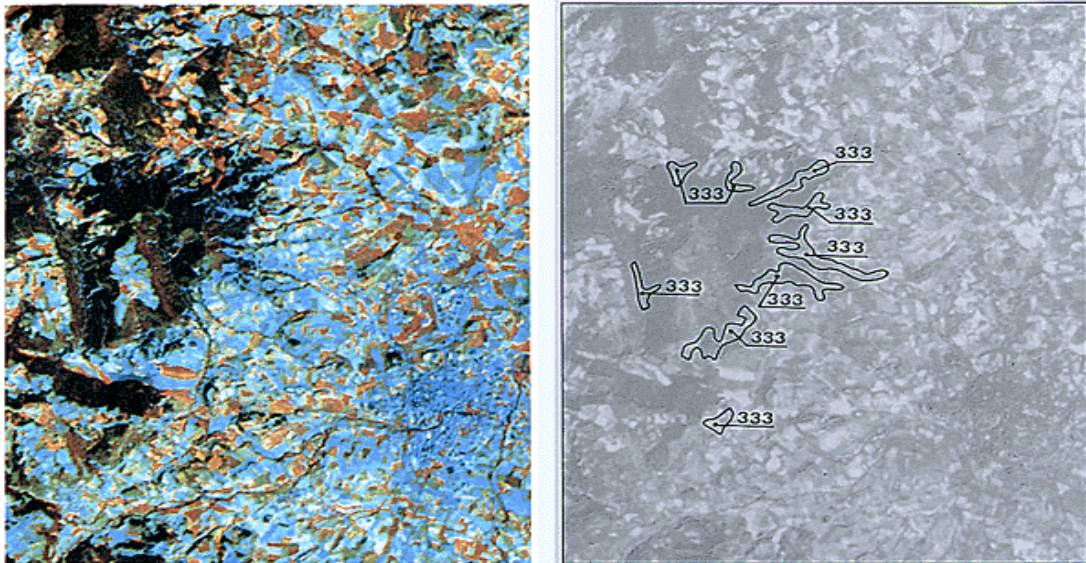
Εικόνα 30: France/Area: Pau, SPOT 3.2.1. 1:100000, July 1988



Τοπογραφικός χάρτης 1:50000

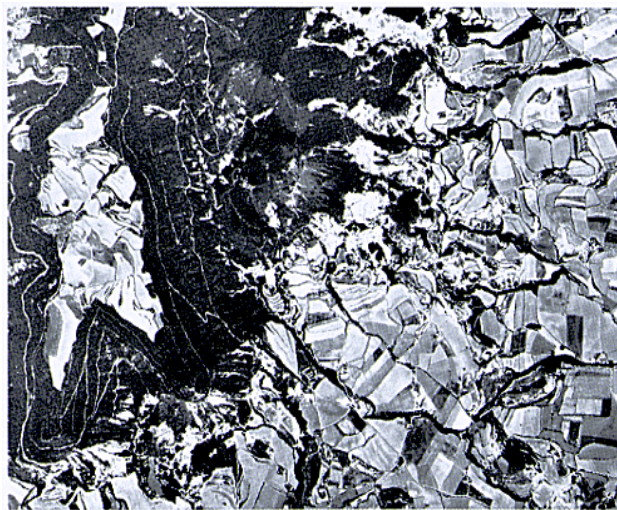
Εκτάσεις με αραιή βλάστηση (3.3.3)

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



Εικόνα 31: Spain/Area: Vic, Landsat TM 4.5.3. 1:100000, September 1987

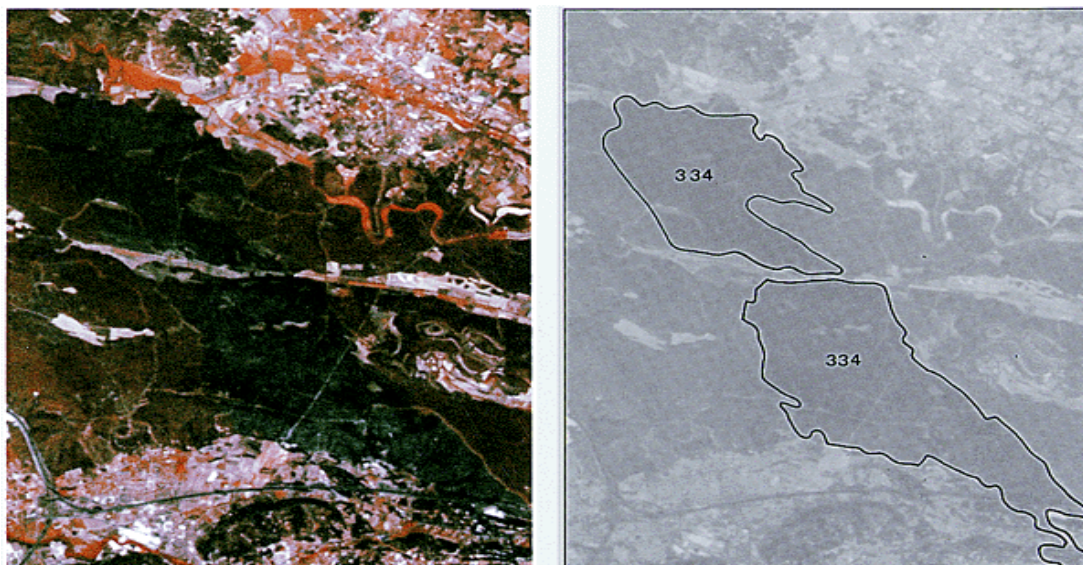
Περιοχές σε μεγάλα υψόμετρα με αραιή βλάστηση λόγω διάβρωσης ή αργού λιωσίματος του χιονιού ή του πάγου. Η αραιή βλάστηση συντίθεται από αγρωστώδη και/ή ξυλώδη και ημι-ξυλώδη βλάστηση. Συχνά απαιτούνται βοηθητικά στοιχεία (αεροφωτογραφίες, γεωλογικοί χάρτες κλπ) για να φωτοερμηνευθούν σωστά αυτά τα πολύγωνα.



Πανχρωμαματική αεροφωτογραφία

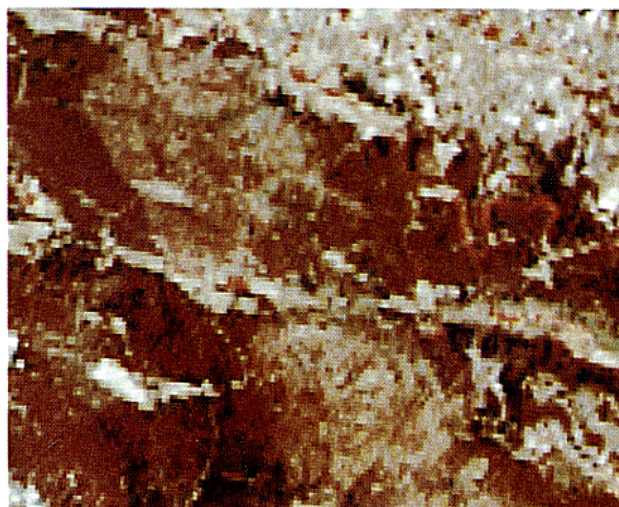
Αποτεφρωμένες εκτάσεις (3.3.4)

Εκτάσεις καμένες από πρόσφατες πυρκαγιές, κυρίως μαύρες.



Εικόνα 32: France/Area: Aix-en-Provence, SPOT 3.2.1., June 1989

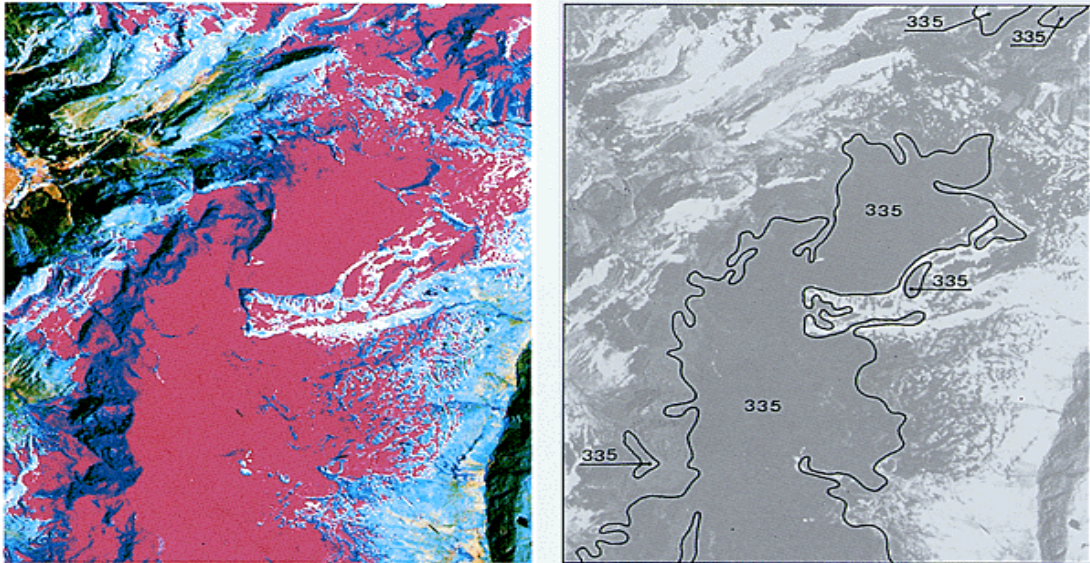
Η κατηγορία περιλαμβάνει φωτιές σε δάση και άλλες ημιφυσικές περιοχές. Η αναγνώριση και φωτοερμηνεία γίνεται ευκολότερα με δεδομένα πραγματικού χρόνου.



Landsat MSS 4.2.1 , July 1988

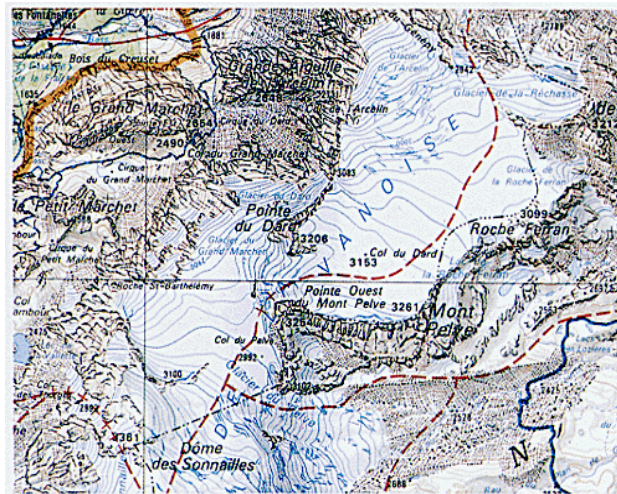
Παγετώνες και αέριο χιόνι (3.3.5)

Γη που καλύπτεται από πάγο ή άλλες μόνιμα χιονισμένες περιοχές.



Εικόνα 33: France/Area: Vanoise, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, June 1991

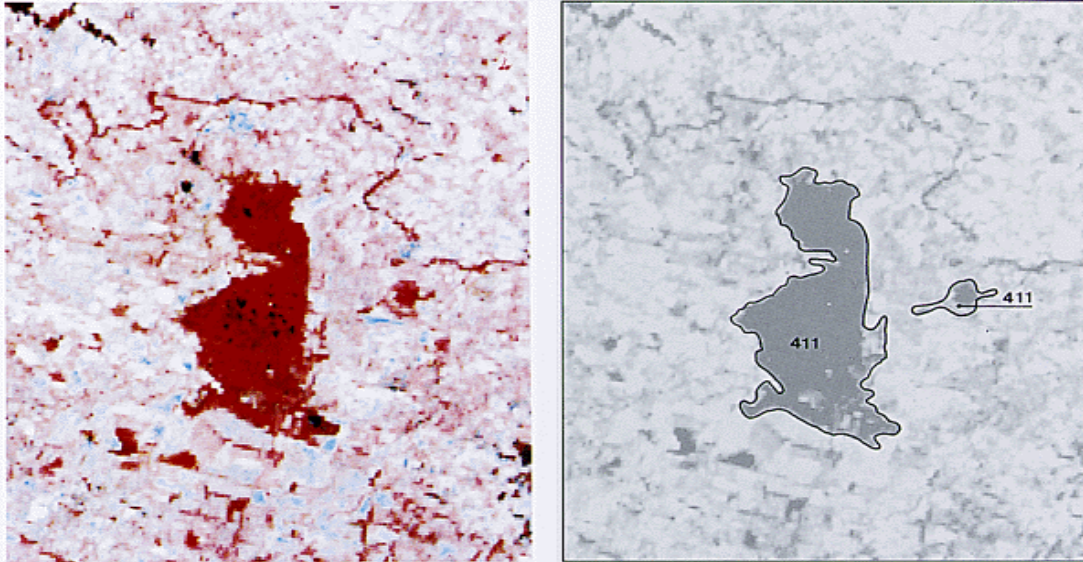
Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει περιοχές που καλύπτονται από στερεό πάγο ή πάγο που λιώνει και από χιόνι. Επιφάνειες που βρίσκονται σε σκιασμένες κλιτύς θα πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη.



Τοπογραφικός χάρτης 1:70000

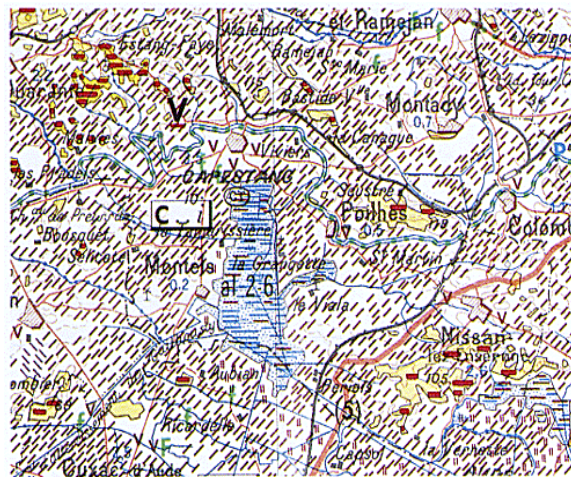
Βάλτοι στην ενδοχώρα (4.1.1)

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



Εικόνα 34: France/Area: Carcassonne, Landsat TM 4.2.1. 1:100000, July 1988

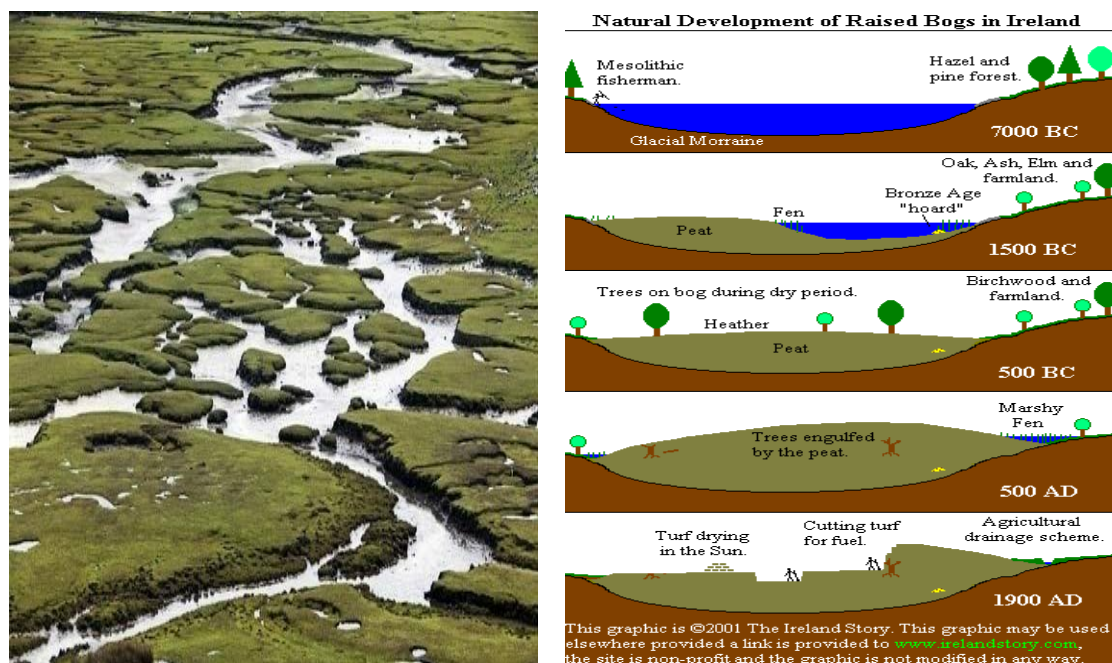
Οι βάλτοι μπορεί να έχουν δημιουργηθεί στις περιοχές όπου οι ποταμοί παρεκκλίνουν από την πορεία τους, στις περιοχές λάκκων όπου ο υδροφόρος ορίζοντας ανεβαίνει στην επιφάνεια του εδάφους μόνιμα ή εποχιακά και σε λεκάνες όπου συγκεντρώνεται το αποστραγγιζόμενο νερό.



Χάρτης βλάστησης 1:200000

Τυρφώνες (4.1.2)

Τυρφώδες έδαφος που αποτελείται κυρίως από μούσκλη και ύλη από βλάστηση σε αποσύνθεση. Μπορεί να είναι ή να μην είναι υπό εκμετάλλευση.



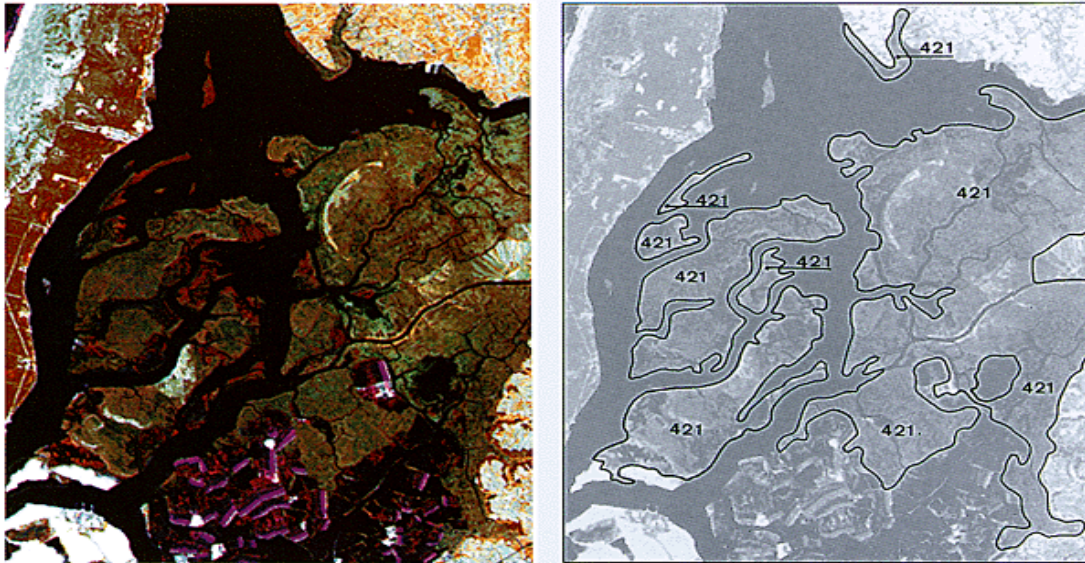
Εικόνα 35: Ireland/Area: Rathagan, Landsat TM 4.5.3. 1:100000, May 1990

Οι τυρφώνες είναι οικοσυστήματα τύρφης που αποτελούνται από υδρόφιλα φυτά που αναπτύσσονται σε πλημμυρισμένες κοιλότητες, 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 που 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 αργιλλώδη και τουλάχιστον 20% σε όλες τις άλλες περιπτώσεις και αφετέρου να έχουν πάχος τουλάχιστον 40 εκ.



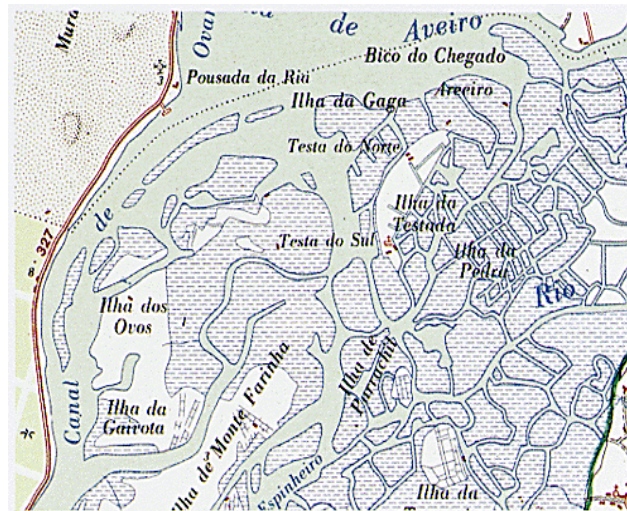
Παραθαλάσσιοι βάλτοι (4.2.1)

Περιοχές με παρουσία βλάστησης κυρίως αλλοφυλικών φυτών οι οποίες βρίσκονται σε χαμηλό υψόμετρο και πλυμμηρίζουν με θαλασσινό νερό.



Εικόνα 36: Portugal/Area: Aveiro, Landsat TM 4.5.3., August 1985

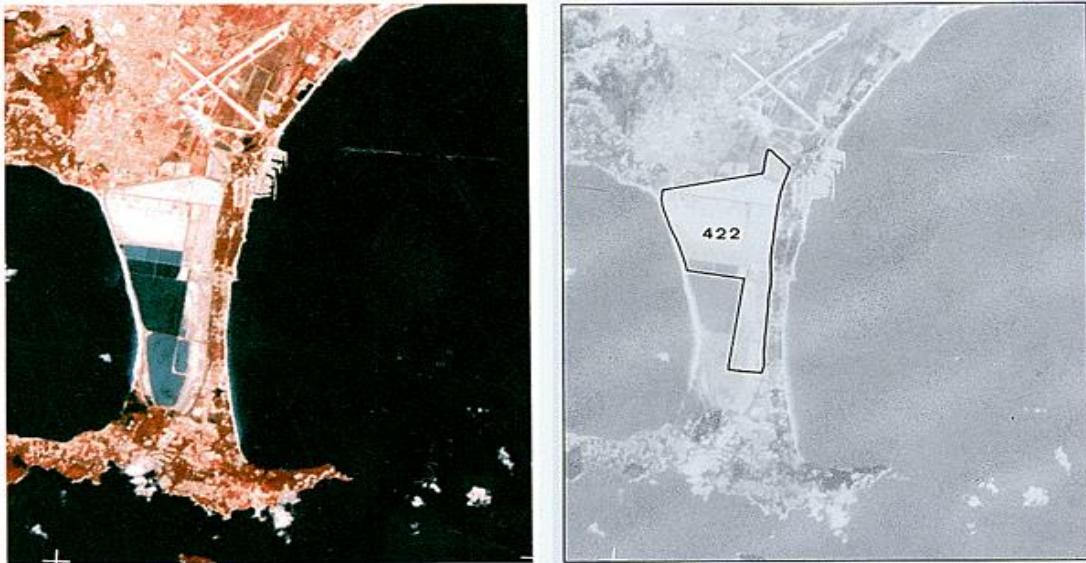
Οι περιοχές αυτές βρίσκονται συχνά κοντά σε εκβολές ποταμών και λαμβάνουν έτσι γλυκό αλλά και αλμυρό νερό. Κατά τη φωτοερμηνεία θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη το σημείο πλυμμηρίδας και άμπωτης έτσι ώστε να αποφευχθεί η σύγχυση του αντικειμένου με άλλα είδη βάλτων.



Τοπογραφικός χάρτης 1:100000

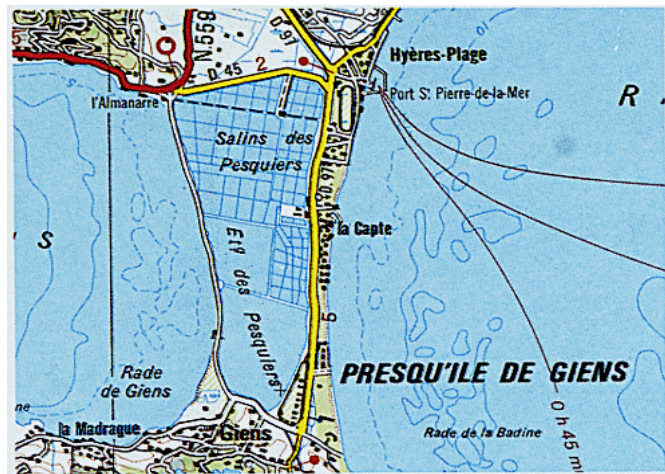
Αλυκές (4.2.2)

Ο τόπος παραγωγής του αλατιού. επίπεδο τμήμα της παραλίας κατάλληλα διαμορφωμένο, όπου παρασκευάζεται αλάτι, αφού εξατμιστεί το θαλασσινό νερό.



Εικόνα 37: France/Area: Toulon, SPOT 3.2.1. 1:100000, March 1988

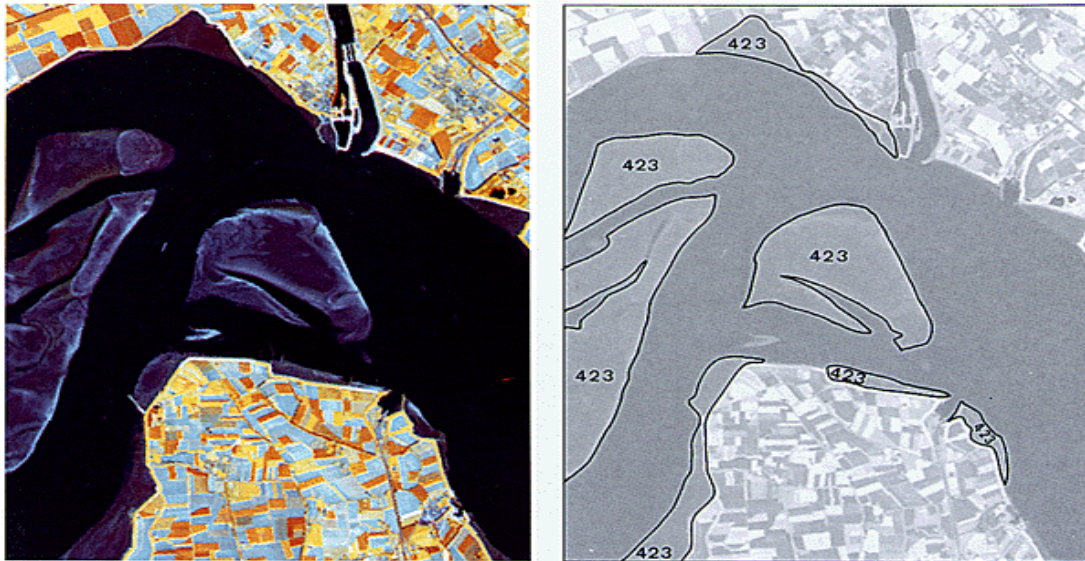
Οι Αλυκές αποτελούνται από αβαθείς δεξαμενές που διαιρούνται σε διάφορα διαμερίσματα και μέσα σε αυτές κυκλοφορεί θαλασσινό νερό που, μετά την εξατμίση του, αφήνει το αλάτι που περιείχε. Τα Βουνά αλατιού διαχωρίζονται από το Ηφαίστειο λόγω του μεγέθους τους και του λευκού χρώματός τους.



Τοπογραφικός χάρτης 1:100000

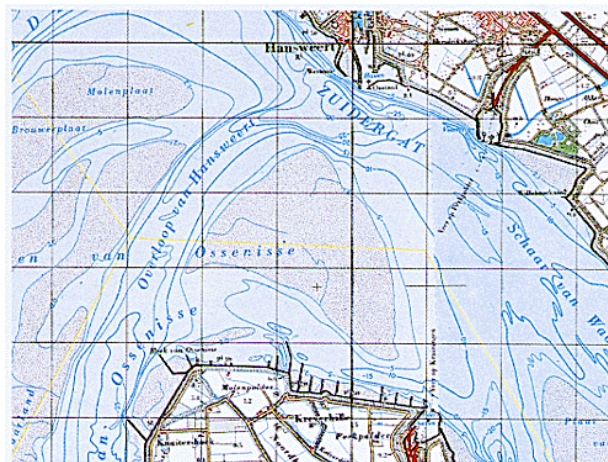
Παλιρροιακά επίπεδα (4.2.3)

Λασπώδεις, αμμώδεις ή βραχώδεις εκτάσεις χωρίς βλάστηση οι οποίες βρίσκονται μεταξύ παλιρροιας και άμπωτης σε μηδενικό υψόμετρο.



Εικόνα 38: Netherlands/Area: Hansweert, Landsat TM 4.5.3. 1:100000, May 1989

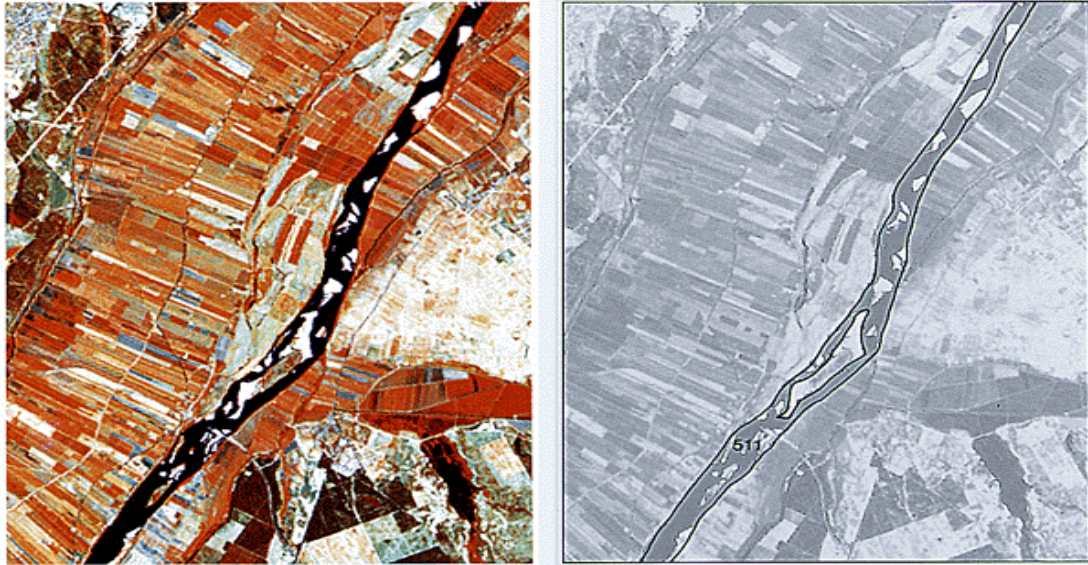
Επειδή κατά τη λήψη δορυφορικών εικόνων η στάθμη της θάλασσας μεταβάλλεται, η ακτογραμμή θα πρέπει να χαρτογραφείται με αναφορά στους πιο πρόσφατους τοπογραφικούς χάρτες της περιοχής κλίμακας 1:100000 ενώ θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη αλλαγές που επιφέρουν στην περιοχή η διάβρωση, αντιπλυμμηρικά έργα, κυματοθραύστες και λιμάνια.



Τοπογραφικός χάρτης 1:100000

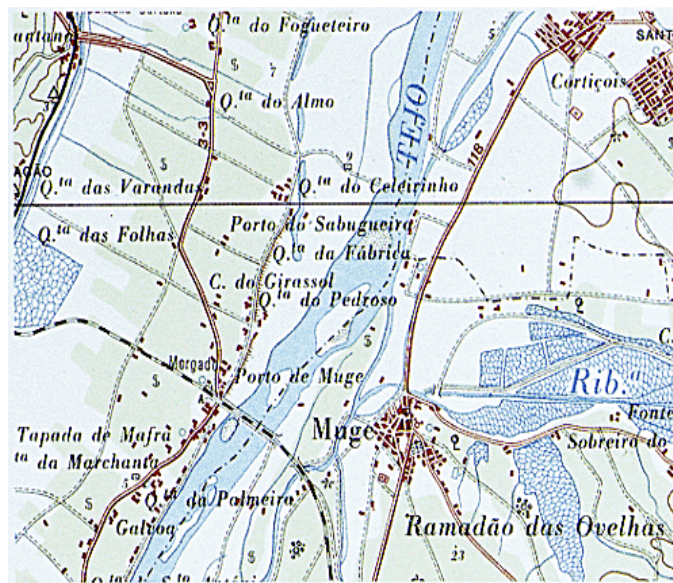
Υδατορεύματα (5.1.1)

Φυσικά και τεχνητά υδατορεύματα συμπεριλαμβανομένων των καναλιών με ελάχιστο πλάτος 100m.



Εικόνα 39: Portugal/Area: Cavtasco, Landsat TM 4.5.3. 1:100000, August 1985

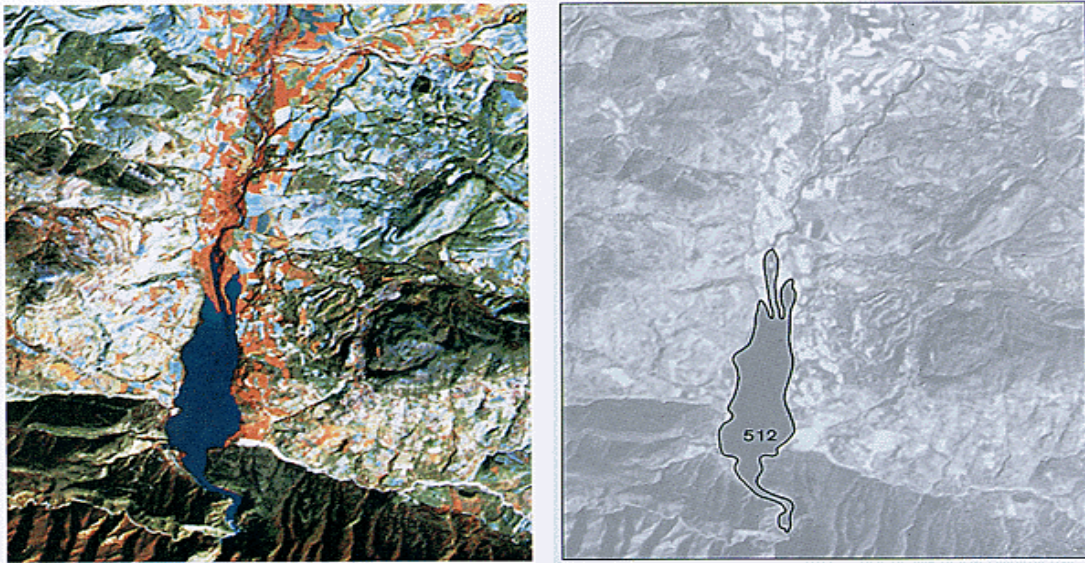
Κατά την φωτοερμηνεία και χαρτογράφηση των υδατορευμάτων μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί στο ελάχιστο πλάτος ώστε να μην δημιουργούνται ασυνέχειες στα γραμμικά στοιχεία του τοπίου.



Τοπογραφικός χάρτης 1:100000

Επιφάνειες στάσιμου ύδατος (5.1.2)

Τεχνητές ή φυσικές επιφάνειες στάσιμου ύδατος όπως λίμνες, υδατοταμιετήρες κτλ.



Εικόνα 40: Spain/Area: Tresp, Landsat TM 4.5.3. 1:100 000, September 1987

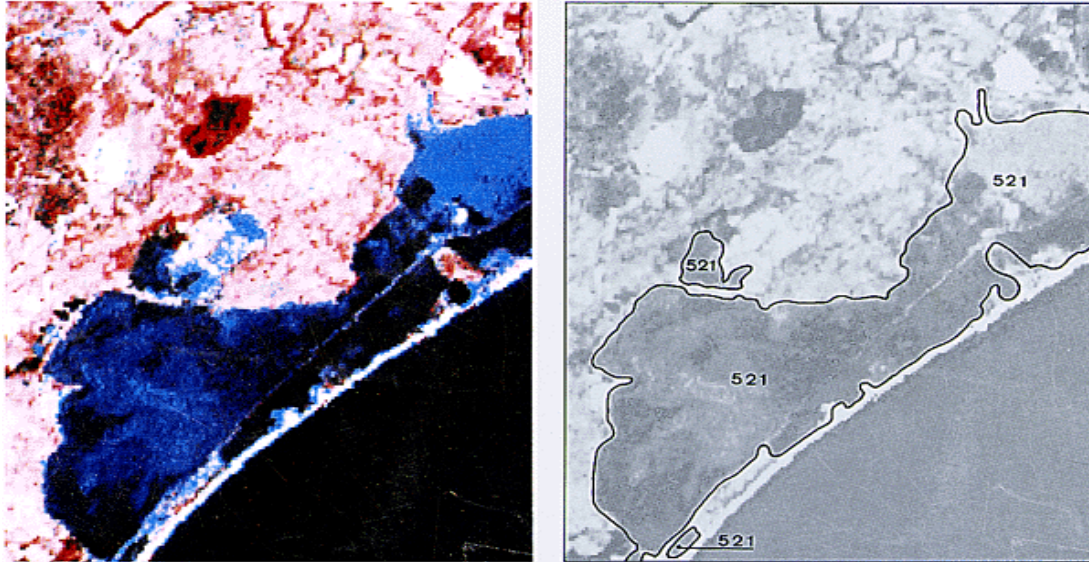
Στην κατηγορία αυτή υπάγονται και οι συγκεντρώσεις υδάτων που προκαλούνται από φράγματα.



Αυτόματη ταξινόμηση

Παράκτιες λιμνοθάλασσες (5.2.1)

Παράκτιες συγκεντρώσεις αλμυρών υδάτων οι οποίες χωρίζονται από την θάλασσα με μία λωρίδα ξηράς ή άλλη παρεμφερή τοπογραφία.



Εικόνα 41: France/Area: Montpellier, Landsat MSS 4.2.1. 1:100000, July 1988

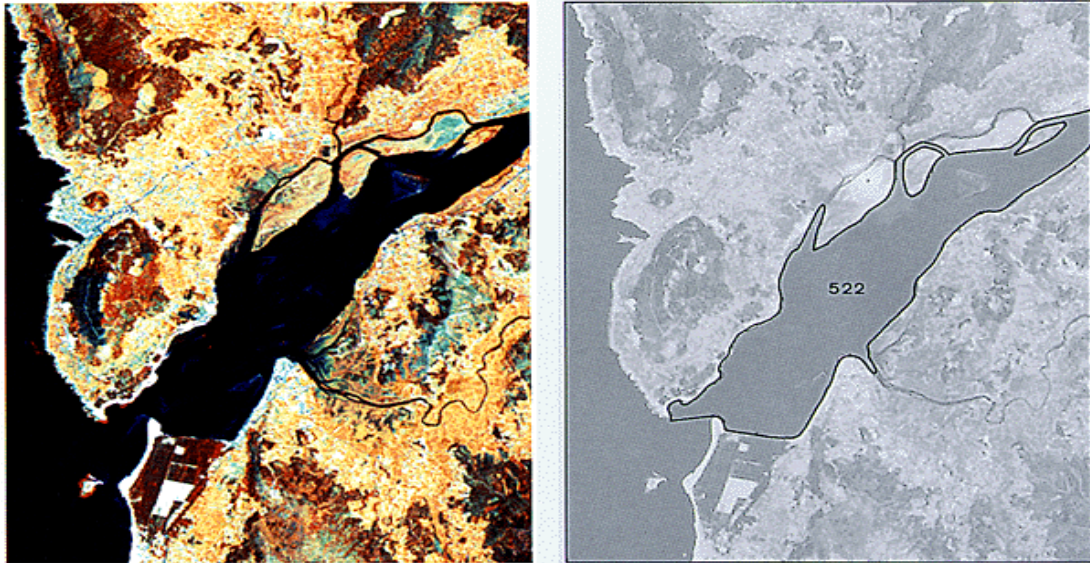
Οι παράκτιες λιμνοθάλασσες ενώνονται με τη θάλασσα μόνο σε ορισμένα σημεία, είτε μόνιμα είτε περιοδικά κατά τη διάρκεια του χρόνου και για το λόγο αυτό ταξινομούνται ως τμήματα στεριάς.



Πανχρωματική αεροφωτογραφία

Εκβολές ποταμών (5.2.2)

Σχηματίζεται στο σημείο που ο ποταμός εκβάλλει στη θάλασσα ή σε κάποια άλλη συγκέντρωση υδάτων.



Εικόνα 42: Portugal/Area: Caminha, Landsat TM 4.5.3. 1:100000, July 1987

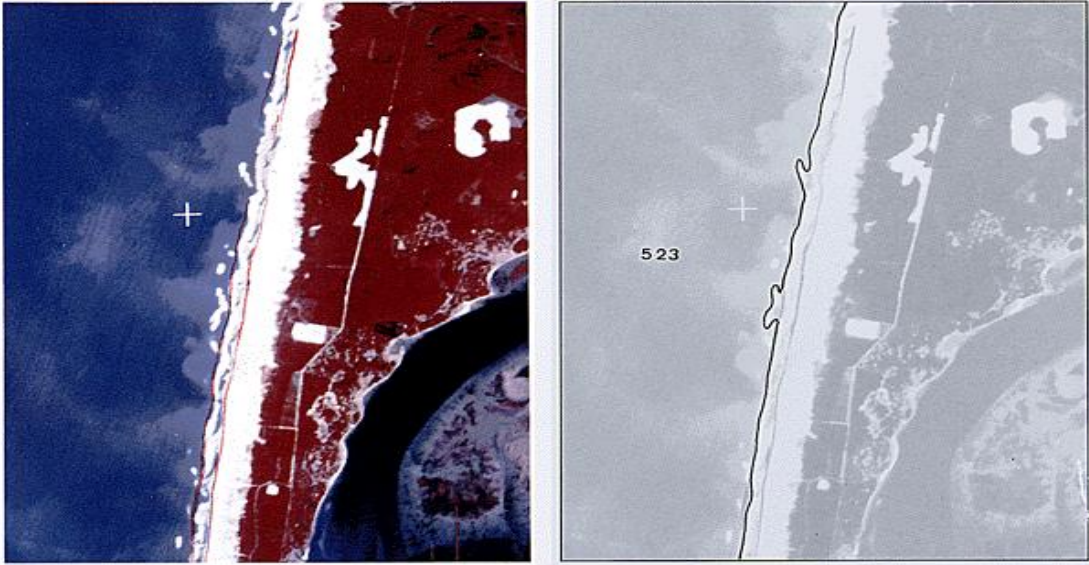
Η κατηγορία αυτή δεν σχετίζεται με τον διαχωρισμό των γλυκών από τα αλμυρά νερά κατά τη διάρκεια της άμπωτης. Η χαρτογράφηση των εκβολών γίνεται ενώνοντας τις κατώτερες άκρες από τις δύο όχθες του ποταμού.



Τοπογραφικός χάρτης 1:100000

Θάλασσα και ωκεανός (5.2.3)

Ζώνες πέρα από το χαμηλότερο σημείο της παλίρροιας



Εικόνα 43: France/Area: Arcachon, SPOT 3.2.1. 1:100 000, March 1989

Η κατηγορία αυτή βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στον καθορισμό της υψομετρικής καμπύλης 0 όπως αυτή φαίνεται σε τοπογραφικά διαγράμματα. Σημαντικό στοιχείο είναι ακόμα η σημαντική παρουσία θαλασσινού νερού.



Τοπογραφικός χάρτης 1:70000

1.3. Η γλώσσα προγραμματισμού CLIPS

Η παρούσα εφαρμογή εμπείρου συστήματος για διαχωρισμό και φωτοερμηνεία των κατηγοριών του Corine Land Cover υλοποιήθηκε στο περιβάλλον της **CLIPS** (C Language Integrated Production System). Η **CLIPS** είναι ένα κέλυφος εμπείρου συστήματος που αναπτύχθηκε από το Software Technology Branch (STB), NASA/ Lyndon B. Johnson Space Center. Από την πρώτη της έκδοση (1986) μέχρι σήμερα έχει υποστεί συνεχείς αναβαθμίσεις - βελτιώσεις και χρησιμοποιείται ευρέως σε όλο τον κόσμο.

Η CLIPS σχεδιάστηκε για την ανάπτυξη λογισμικού μοντελοποίησης της ανθρώπινης γνώσης και εμπειρίας. Διαθέτει τρεις τρόπους για την αναπαράσταση της γνώσης :

- ❖ **Κανόνες (rules)**, οι οποίοι κυρίως αφορούν «ευριστική γνώση» (heuristic knowledge) που βασίζεται στην γνώση του εμπείρου επιστήμονα.
- ❖ **Συναρτήσεις-λειτουργίες (Deffunctions and generic functions)**, οι οποίες αφορούν διαδικαστική γνώση.
- ❖ **Αντικειμενοστραφή προγραμματισμό (object-oriented programming)**, που αφορά διαδικαστική γνώση.

Είναι δυνατό να αναπτυχθούν εφαρμογές που χρησιμοποιούν αποκλειστικά κανόνες ή αντικείμενα ή τέλος σύνθεση κανόνων και αντικειμένων.

Υπάρχουν δύο γενικές μέθοδοι συμπερασματολογίας που χρησιμοποιούνται ευρέως ως στρατηγικές επίλυσης των προβλημάτων στα Έμπειρα Συστήματα:

- ❖ **Η ορθή συλλογιστική αλυσίδα (forward chaining)**

- ❖ **Η ανάστροφη συλλογιστική αλυσίδα (backward chaining).**

Η μέθοδος της *Ορθής Συλλογιστικής Αλυσίδας* καταλήγει σε συμπέρασμα ξεκινώντας από τα δεδομένα π.χ. «*εάν δεις ότι βρέχει πριν φύγεις από το σπίτι (γεγονός) τότε θα πρέπει να πάρεις ομπρέλα (συμπέρασμα)*».

Η *Ανάστροφη Συλλογιστική Αλυσίδα* συμπερασματολογεί αντίστροφα ξεκινώντας από την υπόθεση που συνδέεται με ένα πιθανό συμπέρασμα και μπορεί να την επαληθεύσει, και καταλήγοντας στο γεγονός που υποστηρίζει την υπόθεση αυτή π.χ. «*αν δεν κοιτάξεις έξω και κάποιος μπει μέσα με βρεγμένα παπούτσια και ομπρέλα τότε η υπόθεση είναι ότι βρέχει*».

Η επιλογή της μεθόδου συμπερασματολογίας εξαρτάται από τον τύπο του προβλήματος. Προβλήματα διάγνωσης επιλύονται καλύτερα με την ανάστροφη συλλογιστική αλυσίδα, ενώ προβλήματα πρόγνωσης, παρακολούθησης και ελέγχου με την ορθή συλλογιστική αλυσίδα.

1.3.1. Αλγόριθμοι επίλυσης συγκρούσεων

Η ατζέντα είναι η λίστα με όλους τους κανόνες των οποίων οι προϋποθέσεις έχουν ικανοποιηθεί αλλά οι κανόνες δεν έχουν ακόμα πυροδοτηθεί. Η ατζέντα αντιδρά το ίδιο με έναν σωρό από πράγματα. Ο κανόνας που βρίσκεται ψηλότερα θα είναι ο πρώτος που πυροδοτείται. Όταν ένας κανόνας ενεργοποιείται η θέση του στην ατζέντα εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες.

Οι πιο πρόσφατα ενεργοποιημένοι κανόνες τοποθετούνται πάνω απ τους κανόνες που έχουν χαμηλότερη σημασία (salience) και κάτω απ τους κανόνες με υψηλότερη.

Όταν ενεργοποιούνται ταυτόχρονα δύο κανόνες ίσης σημασίας τότε χρησιμοποιείται ένας από τους αλγόριθμους επίλυσης συγκρούσεων που παρατίθενται παρακάτω, έτσι ώστε να αποφασιστεί ποιος θα πυροδοτηθεί πρώτος.

Εάν ένας κανόνας ενεργοποιηθεί ταυτόχρονα με κάποιον άλλον της ίδιας σημασίας και οι αλγόριθμοι επίλυσης δεν δύνανται να παρέχουν λύση ως προς το ποιος θα πυροδοτηθεί πρώτος τότε η σειρά πυροδότησης επιλέγεται αυθαίρετα.

Η CLIPS παρέχει στον χρήστη την δυνατότητα επιλογής 7 αλγορίθμων επίλυσης συγκρούσεων. Τους depth (βάθους), breadth, simplicity (απλός), complexity (πολυπλοκότητας), lex, mea, και random (τυχαίος). Προεπιλογή είναι ο αλγόριθμος Depth. Ο χρήστης μπορεί να αλλάξει την προεπιλογή με την εντολή setstrategy η οποία θα επαναπροσδιορίσει την ατζέντα σύμφωνα με τον καινούριο αλγόριθμο.

Βάθους (Depth Strategy)

Οι πιο πρόσφατα ενεργοποιημένοι κανόνες τοποθετούνται πάνω απ τους κανόνες ίσης σημασίας (salience). Για παράδειγμα έστω ότι το γεγονός A ενεργοποιεί τους κανόνες 1 και 2 και το γεγονός B τους κανόνες 3 και 4. Αν το γεγονός A εισαχθεί πριν το B τότε οι κανόνες 3 και 4 θα είναι πάνω απ τους 1 και 2 στην ατζέντα. Η θέση όμως του 1 σχετικά με τον κανόνα 2 και η θέση του 3 σχετικά με τον 4 θα είναι αυθαίρετες.

Breadth Strategy

Οι πιο πρόσφατα ενεργοποιημένοι κανόνες τοποθετούνται κάτω από τους κανόνες ίσης σημασίας. Για παράδειγμα έστω ότι το γεγονός A ενεργοποιεί τους κανόνες 1 και 2 και το γεγονός B τους κανόνες 3 και 4. Αν το γεγονός A εισαχθεί πριν το B τότε οι κανόνες 3 και 4 θα είναι κάτω από τους 1 και 2 στην ατζέντα. Η θέση όμως του 1 σχετικά με τον κανόνα 2 και η θέση του 3 σχετικά με τον 4 θα είναι αυθαίρετες.

Απλοικότητα (Simplicity Strategy)

Ανάμεσα σε κανόνες με ίση σημασία, οι πιο πρόσφατοι ενεργοποιημένοι κανόνες τοποθετούνται πάνω από όλες τις ενεργοποιήσεις κανόνων με ίση η υψηλότερη ακρίβεια (specificity). Η ακρίβεια του κάθε κανόνα είναι αποτέλεσμα των συγκρίσεων που πρέπει να γίνουν στο αριστερό κομμάτι του κανόνα (LHS of rule). Κάθε εισαγωγή μιας μεταβλητής ή μια ήδη δεδομένη προϋπόθεση προσθέτουν +1 στην ακρίβεια του κανόνα.

Παράδειγμα:

```
(defrule example
(item ?x ?y ?x)
(test (and (numberp ?x) (> ?x (+ 10 ?y)) (< ?x 100)))
=>)
```

Ο παραπάνω κανόνας έχει ακρίβεια 5.

Πολυπλοκότητα (Complexity Strategy)

Ανάμεσα σε κανόνες με ίση σημασία, οι πιο πρόσφατοι ενεργοποιημένοι κανόνες τοποθετούνται πάνω από όλες τις ενεργοποιήσεις κανόνων με ίση η χαμηλότερη ακρίβεια (specificity).

Random Strategy

Κάθε ενεργοποίηση λαμβάνει έναν τυχαίο αριθμό ο οποίος χρησιμοποιείται για να οριστεί η θέση της στην ατζέντα σε σχέση με τις ενεργοποιήσεις κανόνων ίσης σημασίας. Ο τυχαίος αυτός αριθμός διατηρείται ακόμα και αν αλλάξει η στρατηγική επίλυσης συγκρούσεων έτσι ώστε να διατηρηθεί η σειρά των ενεργοποιήσεων σε περίπτωση που η στρατηγική επανεκλεχθεί.

LEX Strategy

Ανάμεσα από κανόνες της ίδιας σημασίας (salience), πρόσφατα ενεργοποιημένοι κανόνες έχουν τοποθετηθεί χρησιμοποιώντας την αντίστοιχη ονομασία που υπήρχε στην στρατηγική OPS5. Αρχικά, η ενεργοποίηση του κανόνα προκύπτει από την τελευταία χρονικά οντότητα του προτύπου που ενεργοποίησε τον κανόνα. Κάθε δεδομένο στιγμιότυπο χαρακτηρίζεται εσωτερικά από μια 'χρονική ετικέτα' που υποδεικνύει την χρονική του εξάρτηση σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο στιγμιότυπο στο σύστημα. Οι οντότητες του προτύπου, που συνδέονται με ενεργοποίηση του κάθε κανόνα, ταξινομούνται σε φθίνουσα σειρά

για τον προσδιορισμό της τοποθέτησης τους στο πρότυπο. Η ενεργοποίηση με τις πιο πρόσφατες οντότητες προηγείται των άλλων ενεργοποιήσεων με λιγότερο πρόσφατες οντότητες. Έτσι για να αποφασιστεί η προτεραιότητα μεταξύ 2 ενεργοποιήσεων, γίνεται σύγκριση μεταξύ των ταξινομημένων χρονικών ετικετών των δύο ενεργοποιήσεων μία προς μία, ξεκινώντας με τις μεγαλύτερες χρονικά ετικέτες. Η σύγκριση συνεχίζεται μέχρι μία ετικέτα της μιας ενεργοποίησης να είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη ετικέτα της άλλης ενεργοποίησης. Η ενεργοποίηση με την μεγαλύτερη χρονικά ετικέτα τοποθετείται πρώτη στην ατζέντα.

Αν μία ενεργοποίηση έχει περισσότερες οντότητες προτύπου από μια άλλη ενεργοποίηση και οι συγκρινόμενες χρονικές ετικέτες είναι πανομοιότυπες, τότε η ενεργοποίηση με τις περισσότερες χρονικές ετικέτες τοποθετείται πρώτη στην ατζέντα. Αν δύο ενεργοποιήσεις έχουν την ίδια χρονική προέλευση, η πιο συγκεκριμένη ενεργοποίηση με την (specificity) τοποθετείται πρώτη. Σε αντίθεση με την OPS5, τα μη 'υπό συνθήκη' στοιχεία στην CLIPS έχουν χρονικές ψευδο-ετικέτες που χρησιμοποιούνται από τον αλγόριθμο επίλυσης συγκρούσεων LEX. Η χρονική ετικέτα ενός μη 'υπό συνθήκη' στοιχείου είναι πάντα μικρότερη από την χρονική ετικέτα μιας οντότητας προτύπου, αλλά μεγαλύτερη από την ετικέτα ενός μη 'υπό συνθήκη' στοιχείου που επαναπροσδιορίστηκε σε 'υπό συνθήκη' στοιχείο μετά από αμφισβήτηση.

Για παράδειγμα, οι παρακάτω 6 ενεργοποιήσεις έχουν ταξινομηθεί στην σειρά LEX (όπου το κόμμα στο τέλος μιας ενεργοποίησης δείχνει την παρουσία ενός μη 'υπό συνθήκη' στοιχείου). Παρατηρήθηκε ότι η χρονική ετικέτα ενός δεδομένου δεν είναι απαραίτητα η ίδια με αυτή του περιεχομένου του (δεδομένου ότι οι προϋποθέσεις έχουν δικές τους χρονικές ετικέτες), αλλά αν το περιεχόμενο ενός δεδομένου είναι μεγαλύτερο από το περιεχόμενο ενός άλλου δεδομένου, τότε η χρονική του ετικέτα είναι επίσης μεγαλύτερη. Γι' αυτό το παράδειγμα, υποθέτουμε ότι οι χρονικές ετικέτες και τα περιεχόμενα είναι τα ίδια.

rule-6: f-1,f-4

rule-5: f-1,f-2,f-3,

rule-1: f-1,f-2,f-3

rule-2: f-3,f-1

rule-4: f-1,f-2,

rule-3: f-2,f-1

Παρακάτω φαίνονται οι ίδιες ενεργοποιήσεις με τα δεδομένα γεγονότα ταξινομημένα σύμφωνα με τον αλγόριθμο επίλυσης συγκρούσεων LEX.

rule-6: f-4,f-1

rule-5: f-3,f-2,f-1,

rule-1: f-3,f-2,f-1

rule-2: f-3,f-1

rule-4: f-2,f-1,

rule-3: f-2,f-1

MEA Strategy

Ανάμεσα από κανόνες της ίδιας σημασίας (saliency), πρόσφατα ενεργοποιημένοι κανόνες έχουν τοποθετηθεί χρησιμοποιώντας την αντίστοιχη τακτική που υπήρχε στην στρατηγική OPS5. Το ίδιο παράδειγμα ακολουθώντας τον αλγόριθμο MEA γίνεται:

rule-2: f-3,f-1

rule-3: f-2,f-1

rule-6: f-1,f-4

rule-5: f-1,f-2,f-3,

rule-1: f-1,f-2,f-3

rule-4: f-1,f-2,

1.3.2. Τελεστές AND, OR, NOT.

Το έμπειρο σύστημα χρησιμοποιεί συνδυασμούς των στοιχείων και των τελεστών AND , OR , NOT έτσι ώστε να εκφράσει με μοναδικό τρόπο την κάθε κατηγορία.

Ο τελεστής AND

Ο τελεστής AND δηλώνει την τομή δύο συνόλων. Αν το ενδεχόμενο C προκύπτει από τα A AND B τότε το C πραγματοποιείται όταν πραγματοποιούνται τα A ΚΑΙ B δηλαδή το ενδεχόμενο $A \cap B$

Ο τελεστής AND δεν αναγράφεται πάντα στον κώδικα αλλά πολλές φορές εννοείται. Ο τελεστής AND αναγράφεται πάντα όταν υπάρχει και OR στον ίδιο κανόνα. Τις υπόλοιπες φορές παραλείπεται.

Ο τελεστής OR

Ο τελεστής OR δηλώνει την ένωση δύο συνόλων. Έτσι αν για το ενδεχόμενο C ισχύει $C = A \text{ OR } B$ τότε για να πραγματοποιηθεί το C αρκεί να πραγματοποιηθεί ένα εκ των A ή B δηλαδή $A \cup B$.

Ο τελεστής NOT

Ο τελεστής NOT χρησιμοποιείται για να δηλώσει το συμπληρωματικό ενός ενδεχομένου. Έστω το ενδεχόμενο C, το NOT C σημαίνει C' και πραγματοποιείται αν και μόνο αν δεν πραγματοποιηθεί το C.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Μεθοδολογία

2. Μεθοδολογία

Στη συνέχεια αναπτύσσεται διεξοδικά η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε ώστε το έμπειρο σύστημα να φωτοερμηνεύει επιτυχώς κατηγορίες 3^{ου} επιπέδου του Corine Land Cover.

2.1. Τοποθέτηση του Προβλήματος

Είναι σαφές ότι η διαδικασία επίλυσης προβλημάτων στην φωτοερμηνεία είναι ακόμη, πέρα από επιστήμη και τέχνη. Δημιουργείται έτσι η ανάγκη να μελετηθεί συστηματικά η διαδικασία του προσδιορισμού συμπερασμάτων, προκειμένου να κατανοηθεί καλύτερα και να τυποποιηθεί η κάθε διαδικασία, και να αναπτυχθεί ένα συστηματικό πλαίσιο για την αναγνώριση των διαφόρων θεματικών ενοτήτων – αντικειμένων από αεροφωτογραφίες /δορυφορικές εικόνες.

Ένα εργαλείο για την ικανοποιητική αναπαράσταση των διαδικασιών επίλυσης προβλημάτων που έχουν να κάνουν με την γνώση και εμπειρία είναι τα έμπειρα συστήματα. Τα έμπειρα συστήματα αναπαριστούν την γνώση με συστήματα παραγωγής και προσφέρουν μεθόδους και εργαλεία για την αναπαράσταση τόσο των γεγονότων, όσο και της διαδικασίας επίλυσης προβλημάτων (κανόνες παραγωγής). Έτσι μπορούν να βοηθήσουν στην ανακάλυψη και τυποποίηση των δένδρων απόφασης για την φωτοερμηνεία που δεν περιγράφεται απόλυτα στην βιβλιογραφία, με αποτέλεσμα ανθρώπινη εμπειρία να απαιτείται για τον προσδιορισμό της.

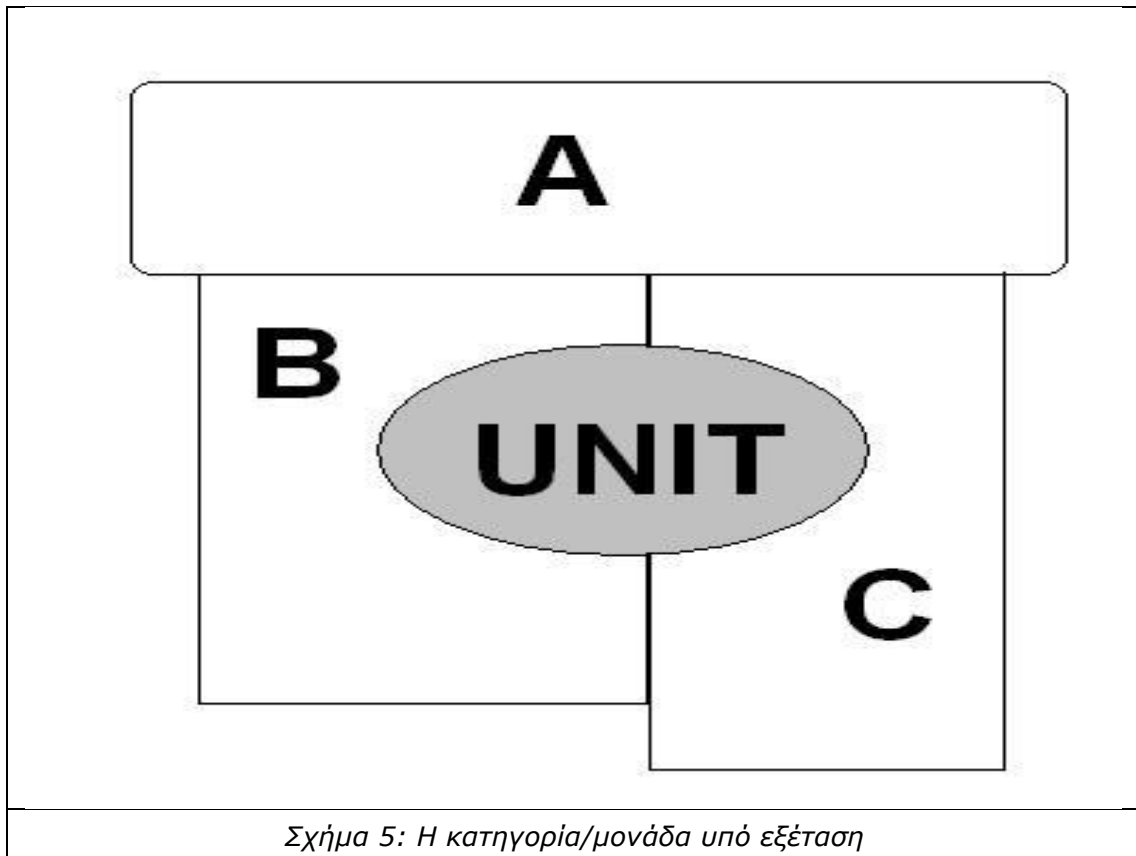
Σύμφωνα με το Corine Land Cover Project η επιφάνεια της γης καλύπτεται από έναν συγκεκριμένο αριθμό «θεματικών ενοτήτων». Οι κατηγορίες αυτές αποτελούνται από άλλες υποκατηγορίες πιο «συγκεκριμένης» εδαφοκάλυψης/χρήσης γης και το όλο project είναι δομημένο τελικά ιεραρχικά από την πιο γενική στην πιο ειδική κατηγορία.

Κάθε κατηγορία/χρήση γης επιπέδου 3 ονομάζεται «μονάδα» (unit) και όπως περιγράφηκε προηγουμένως απαρτίζεται από αντικείμενα τα οποία της προσδίδουν μια σειρά από ιδιότητες όπως το χρώμα, το σχήμα, την υφή το πρότυπο, τη θέση και άλλα.

Το ζητούμενο είναι το έμπειρο σύστημα έχοντας ως δεδομένα τις ιδιότητες της κατηγορίας που του παρέχει ο χρήστης, μέσω συγκεκριμένων ερωταπαντήσεων, να αναγνωρίσει περι ποιας κατηγορίας πρόκειται. Οι απαντήσεις στις ερωτήσεις του συστήματος θα πρέπει να δύνανται να απαντηθούν μόνο από τα δεδομένα που θα μπορούσε να έχει ο χρήστης δηλαδή κυρίως δορυφορικές εικόνες και χάρτες.

2.2. Εννοιολογική Σύλληψη και Αναπαράσταση γνώσης

Για την καλύτερη κατανόηση των φωτοαναγνωριστικών στοιχείων που θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια, των εννοιών του Corine αλλά και των ερωτήσεων του προγράμματος και τον μεταξύ τους συσχετισμό παρατίθεται το παρακάτω σχήμα.



Στο σχήμα φαίνεται η υπο εξέταση κατηγορία ή αλλιώς μονάδα κατά το εγχειρίδιο του Corine «unit».

Οι σχέσεις της κατηγορίας με το περιβάλλον χώρο ορίζονται μέσω του περιγράμματος της. Η μονάδα είναι:

- Εφαπτόμενη στην θεματική ενότητα B
- Εφαπτόμενη στην θεματική ενότητα C
- Κόντα (Near to) στην θεματική ενότητα A

2.2.1. Φωτοαναγνωριστικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν

Τα φωτοαναγνωριστικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για να διαχωρίσουν την υπό εξέταση μονάδα από τις υπόλοιπες, εκτός της σχετικής τοποθεσίας, αναφέρονται μόνο στο εσωτερικό της και φαίνονται στον πίνακα 2.

Όνομα	Ορισμός	Τιμές		Πηγή	Κατηγορίες
Υφή (texture)	Κατανομή διαφόρων τόνων στην εικόνα. Η υφή ορίζεται από την διάταξη των στοιχείων που είναι πολύ μικρά για να εξεταστούν χωριστά. Η υφή εκφράζει το μέγεθος των στοιχείων που αποτελούν την μονάδα.	Λεία (Smooth)		CLC Manual	
		Λεπτόκοκκη <150μ (fine)			
		Χονδροκοκκη >150μ (coarse)			
		Ετερογενής (heterogeneous)			Agro-forestry area
Σχήμα (shape)	Το σχήμα του περιγράμματος της μονάδας (κατηγορίας).	Κανονικό (Regular)		CLC Manual	Salines
			Γραμμικό (linear)		Water courses
			Κυκλικό (circular)		Water bodies, Coastal Lagoons
			Τριγωνικό (triangular)		Estuaries
			Τετράγωνο (rectangular)		
			Παραλληλόγραμμο (parallelogram)		
			Ακανόνιστο (Irregular)		
Μέγεθος (size)	Το μέγεθος σε ha της επιφάνειας της μονάδας (κατηγορίας).	Μικρό (Small)		CLC Manual	Estuaries
		Μεσαίο (medium)			
		Μεγάλο (large)			Sea and ocean
Πλάτος (width)	Η αναλογία πλευρών της μονάδας.	Στενό (narrow)			
		Φαρδύ (wide)			

Όνομα	Ορισμός	Τιμές		Πηγή	Κατηγορίες
Τοποθεσία (Εφαπτόμενο σε) Location (adjacent to)	Άλλα είδη εδαφοκάλυψης με τα οποία συνορεύει η μονάδα.	Νερό (water)			
		Ακτογραμμή (coastline)			Estuaries, Sea and ocean, Coastal lagoons
		Ακτογραμμή (coastline) [NOT]			Water courses, Water Bodies
		Τεχνητές επιφάνειες (human structures)			
Έγχρωμο σύνθετο (321)	Αναφέρεται στο χρώμα της μονάδας στο έγχρωμο σύνθετο LandsatTM RGB321.	Ανοιχτό μπλε (light blue)		Δορυφορικές εικόνες, CLC Manual	Estuaries, Coastal lagoons
		Μπλε (Blue)			Sea and ocean
		Μαύρο (Black)			Burnt areas
		Λευκό (White)			Bare rock, Glaciers and perpetual snow, Salines
Έγχρωμο σύνθετο (432)	Αναφέρεται στο χρώμα της μονάδας στο έγχρωμο σύνθετο LandsatTM RGB432.	Ροζ (Pink)		Δορυφορικές εικόνες, CLC Manual	Glaciers and perpetual snow
		Κίτρινο (Yellow)			Rice fields
		Ανοιχτό κόκκινο (Light red)			Non-irrigated arable land
Ύπαρξη (existence of)	Ανίχνευση άλλων ειδών πέραν της χαρακτηριστικής κυρίαρχης εδαφοκάλυψης μέσα στην κατηγορία.	Δένδρα (trees)		Δορυφορικές εικόνες, CLC Manual	Fruit trees and berries plantations, Olive groves, Complex cultivation with natural vegetation, agro forestry areas, broad leaved forest, coniferous forest, mixed forest
		Αρδευτικά κανάλια (irrigation channels)			Permanently irrigated land, fruit trees and berries plantations
		Γραμμική βλάστηση (linear vegetation)			

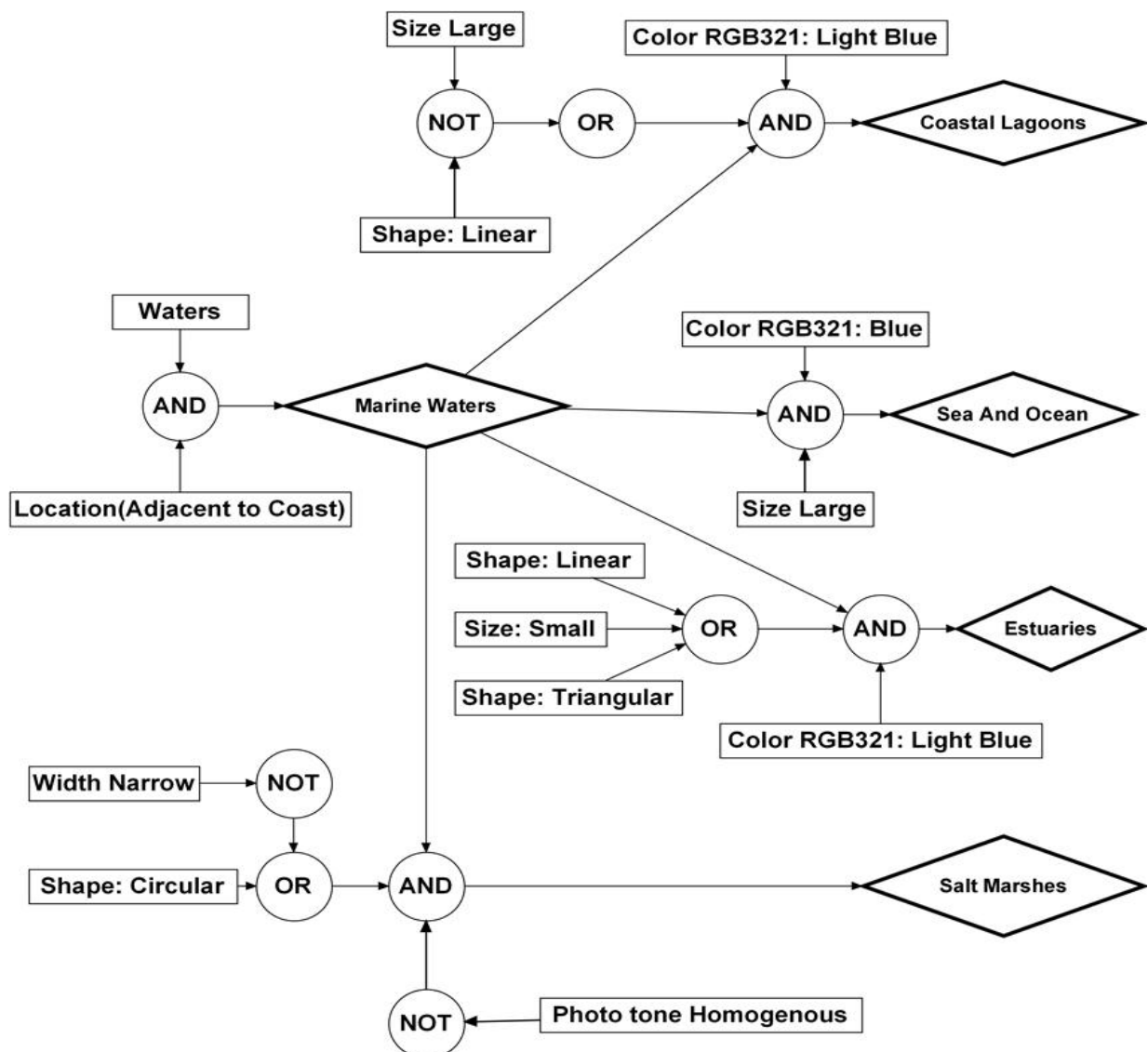
Όνομα	Ορισμός	Τιμές		Πηγή	Κατηγορίες
Πυκνότητα δένδρων (Tree density)	Δένδρα ανά εκτάριο γης (10000 μ ²) (Προσεγγιστικά)	High (>100 trees/ha)			Fruit trees and berries plantations, olive groves, agro forestry areas, broad leaved forest, coniferous forest, mixed forest
		Low			
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$ Όπου NIR και RED οι μετρήσεις στο εγγύς υπέρυθρο και στο υπέρυθρο αντίστοιχα.	0,3-0,5			Olive groves
		0,6 +			agro forestry areas, broad leaved forest, coniferous forest, mixed forest
Πρότυπο (Pattern)	Spatial organization of the constituent element of the image, describes solely in terms of their spatial properties.	Αγροτικό (Βλ σελ.) (Agricultural)			
		Γραμμικό (Linear)			
		Ακανόνιστο (Irregular)			
		(Spaghetti)			
Έγχρωμο σύνθετο (453)	Αναφέρεται στο χρώμα της μονάδας στο έγχρωμο σύνθετο LandsatTM RGB432.	Κίτρινο (Yellow)		Δορυφορικές εικόνες, CLC Manual	Olive groves
		Πρασινωπό μπλε (Greenish blue)			Agro-forestry area
		Καφέ (brown)			Coniferous forest
		Ανοιχτό κόκκινο (Light red)			Broad leaved forest

Όνομα	Ορισμός	Τιμές		Πηγή	Κατηγορίες
Έγχρωμο σύνθετο (543)	Αναφέρεται στο χρώμα της μονάδας στο έγχρωμο σύνθετο LandsatTM RGB543.	Μωβ (mauve)		Δορυφορικές εικόνες, CLC Manual	Artificial surfaces, Bare soil
Έγχρωμο σύνθετο (456)	Αναφέρεται στο χρώμα της μονάδας στο έγχρωμο σύνθετο LandsatTM RGB456.	Μπλε (blue)		Δορυφορικές εικόνες, CLC Manual	Artificial surfaces
Έγχρωμο σύνθετο (435)	Αναφέρεται στο χρώμα της μονάδας στο έγχρωμο σύνθετο LandsatTM RGB435.	Πράσινο (green)		Δορυφορικές εικόνες, CLC Manual	water

Πίνακας 2: Τα φωτοαναγνωριστικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν

2.2.2. Κατηγορίες που κυρίαρχο στοιχείο έχουν το νερό

Το έμπειρο σύστημα βασίζει την φωτοερμηνεία του 3^{ου} επιπέδου των κατηγοριών του Corine στα φωτοαναγνωριστικά στοιχεία του πίνακα 2 και τους τελεστές AND, OR, NOT με στόχο να εκφράσει με μοναδικό τρόπο την κάθε κατηγορία. Για τη καλύτερη κατανόηση της χρήσης των φωτοαναγνωριστικών αυτών στοιχείων και την τελική εξαγωγή του αποτελέσματος επιλέξαμε μια γραφική αναπαράσταση του τρόπου λειτουργίας του που παρατίθεται στα σχήματα 6,7,8,9,10



Σχήμα 6 : Διαχωρισμός κατηγοριών που κυρίαρχο στοιχείο έχουν το νερό (Μέρος 1^ο)

Στο σχήμα 6 παρατηρούμε ότι οι κατηγορίες εκφράζονται με μοναδικό τρόπο συναρτήσει των στοιχείων και των τελεστών:

Αρχικά η κατηγορία «Θαλάσσια ύδατα» εκφράζεται από την ύπαρξη «υδάτων» ΚΑΙ την τοποθεσία αυτών «Εφαπτόμενα στην Ακτή».

Η κατηγορία «Παράκτιες λιμνοθάλασσες» ορίζεται από την ύπαρξη «θαλάσσιων υδάτων» ΚΑΙ από το «Ανοιχτό μπλε χρώμα στο 321 έγχρωμο σύνθετο» ΚΑΙ ένα εκ των «ΟΧΙ μεγάλο μέγεθος» Ή «ΟΧΙ γραμμικό σχήμα».

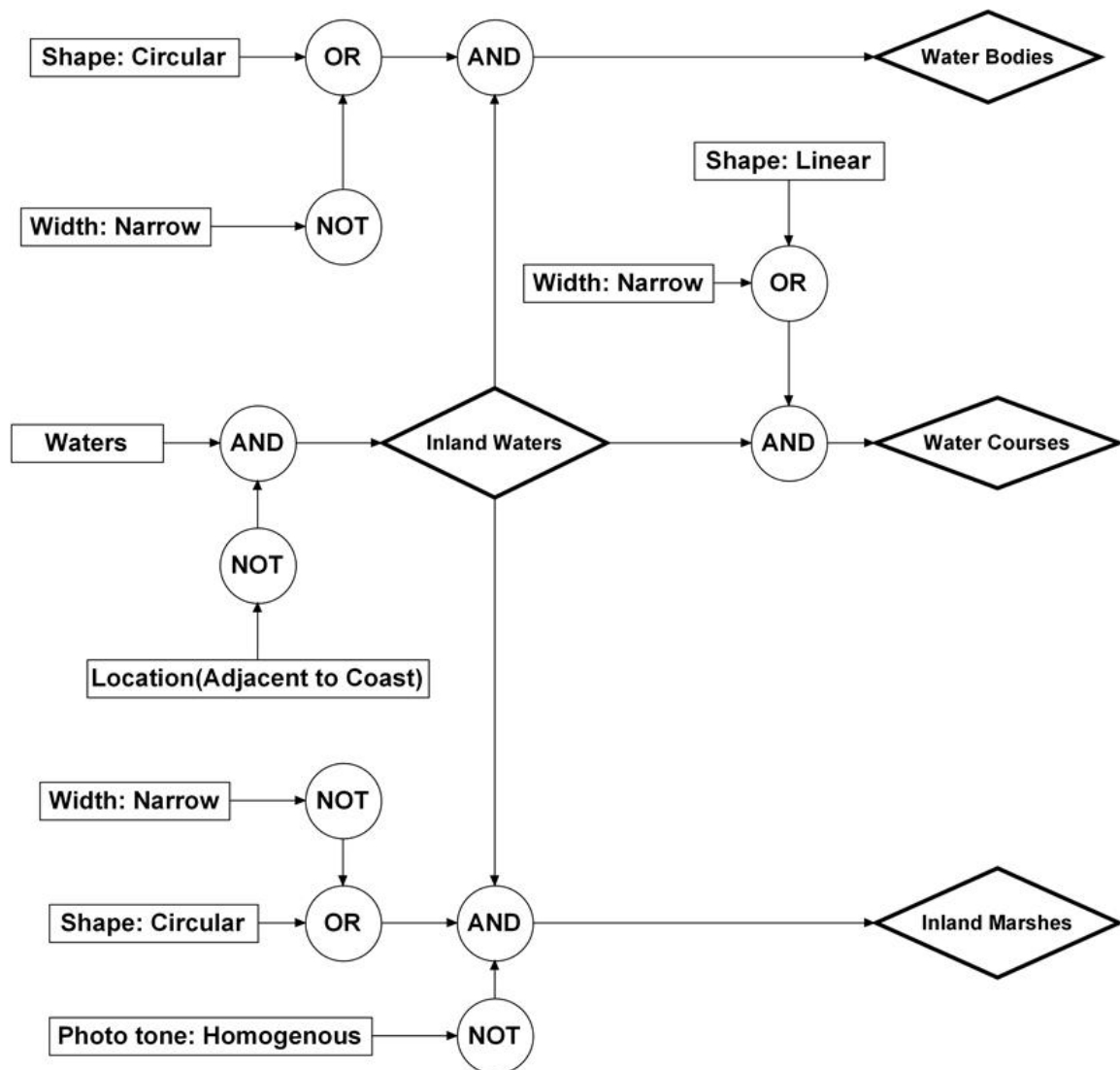
Η κατηγορία «Θάλασσα και Ωκεανός» ορίζεται πάλι από την ύπαρξη «θαλάσσιων υδάτων» ΚΑΙ το «μεγάλο μέγεθος» ΚΑΙ το «Μπλε χρώμα στο έγχρωμο σύνθετο 321»

Η κατηγορία «εκβολές ποταμών» ορίζεται από την ύπαρξη «θαλάσσιων υδάτων» ΚΑΙ το «Ανοιχτό μπλε χρώμα στο 321 έγχρωμο σύνθετο» ΚΑΙ ένα εκ των «γραμμικό σχήμα» Ή «Τριγωνικό σχήμα» Ή «Μικρό μέγεθος».

Τέλος η κατηγορία «Παραθαλάσσιοι βάλτοι» από την ύπαρξη «θαλάσσιων υδάτων» ΚΑΙ το «ΟΧΙ ομοιογενές χρώμα» της ΚΑΙ ένα εκ των «κυκλικό σχήμα» Ή «ΟΧΙ στενό σχήμα»

Για να αποδειχθεί λοιπόν μία από αυτές τις κατηγορίες θα πρέπει πρώτα να αποδειχθεί η ύπαρξη νερών, εφαπτόμενων στην ακτή. Στη συνέχεια η πληροφορία για το χρώμα και το σχήμα μας οδηγεί σε μία μόνο κατηγορία. Η μοναδική περίπτωση που θα χρειαστεί να εξετάσουμε και την ομοιογένεια του χρώματος είναι αν καταλήξουμε μεταξύ των κατηγοριών «Παράκτιες λιμνοθάλασσες» και «παραθαλάσσιοι βάλτοι».

Στο σχήμα 7 φαίνεται η περίπτωση που αντί για «θαλάσσια ύδατα» έχουμε «χερσαία ύδατα». Στην περίπτωση αυτή διαφοροποιούμαστε ως προς την θέση των υδάτων τα οποία δεν είναι «εφαπτόμενα σε ακτή»



Σχήμα 7: Διαχωρισμός κατηγοριών που κυρίαρχο στοιχείο έχουν το νερό (Μέρος 2^ο)

Αναπτύσσοντας το σχήμα 7 παρατηρούμε ότι οι κατηγορίες εκφράζονται με μοναδικό τρόπο συναρτήσεως των στοιχείων και των τελεστών ως εξής:

Αρχικά η κατηγορία «Χερσαία ύδατα» ορίζεται από την «Υπαρξη υδάτων» ΚΑΙ με «ΟΧΙ τοποθεσία εφαιπόμενα σε ακτή».

Η κατηγορία «Επιφάνειες στάσιμου ύδατος» ορίζεται από την «Υπαρξη Χερσαίων Υδάτων» ΚΑΙ ένα εκ των «ΟΧΙ στενό σχήμα» Ή «Κυκλικό σχήμα»

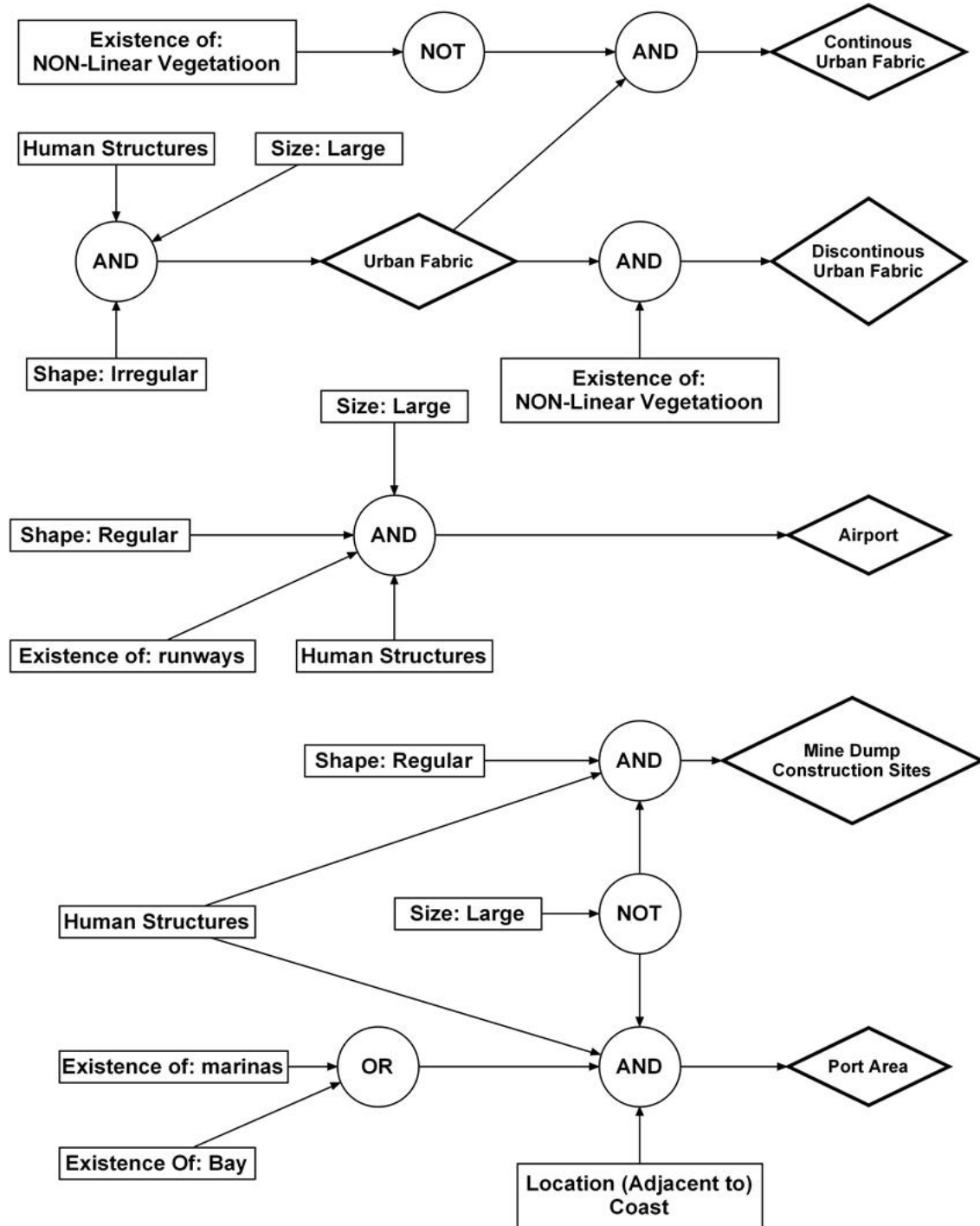
Η κατηγορία «Υδατορεύματα» ορίζεται από την «Υπαρξη Χερσαίων Υδάτων» ΚΑΙ ένα εκ των «στενού σχήματος» Ή «γραμμικού σχήματος».

Τέλος η κατηγορία των «χερσαίων βάλτων» ορίζεται από την «Υπαρξη Χερσαίων Υδάτων» ΚΑΙ «ΌΧΙ ομοιογενή τόνο» ΚΑΙ ένα εκ των «ΟΧΙ στενό σχήμα» Ή «Κυκλικό σχήμα».

Για να αποδειχθεί λοιπόν μία από αυτές τις κατηγορίες θα πρέπει πρώτα να αποδειχθεί η ύπαρξη νερών, μη εφραπτόμενων στην ακτή. Στη συνέχεια η πληροφορία για το σχήμα θα διαχωρίσει αμέσως αν πρόκειται για υδατορεύματα ή επιφάνεια στάσιμου ύδατος. Μόνο στην περίπτωση των υδατορευμάτων θα χρειαστεί να εξετάσουμε και την ομοιογένεια του χρώματος έτσι ώστε να ξεχωρίσουμε για παράδειγμα τους βάλτους απ τις λίμνες.

2.2.3. Διαχωρισμός κατηγοριών που κυρίαρχο στοιχείο έχουν τις τεχνητές επιφάνειες

Στη συνέχεια (σχήμα 8) παραθέτουμε την αναπαράσταση της γνώσης για κατηγορίες που κυρίαρχο στοιχείο έχουν τις τεχνητές επιφάνειες.



Σχήμα 8: Κατηγορίες που κυρίαρχο στοιχείο έχουν τις τεχνητές επιφάνειες

Στο σχήμα 8 οι κατηγορίες εκφράζονται με μοναδικό τρόπο συναρτήσεων των στοιχείων και των τελεστών ως εξής:

Αρχικά η υπερκατηγορία «Αστικός ιστός» ορίζεται αν υπάρχει από την ύπαρξη «Τεχνητών επιφανειών» ΚΑΙ «μεγάλου μεγέθους» ΚΑΙ «Ακανόνιστου σχήματος»

Η κατηγορία «συνεχής αστική δόμηση» ορίζεται από την ύπαρξη «Αστικού ιστού» ΚΑΙ «ΟΧΙ ύπαρξη Μη γραμμικής βλάστησης» σε αντίθεση με την κατηγορία «Ασυνεχής αστικός ιστός» που ορίζεται από τον «αστικό ιστό» ΚΑΙ την «ύπαρξη μη γραμμικής βλάστησης».

Η κατηγορία «Αερολιμένα» ορίζεται από τα «τεχνητές επιφάνειες» ΚΑΙ «μεγάλο μέγεθος» ΚΑΙ «κανονικό σχήμα» ΚΑΙ «ύπαρξη αεροδιαδρόμων».

Η κατηγορία «λιμάνια» ορίζεται από τις «τεχνητές επιφάνειες» ΚΑΙ «εφαπτόμενες σε ακτή» ΚΑΙ «Όχι μεγάλο μέγεθος» ΚΑΙ ένα εκ των «ύπαρξη μαρίνας» Ή «ύπαρξη κόλπου».

Οι κατηγορίες χώροι εξορύξεως ορυκτών, χώροι απορριμάτων, χώροι οικοδόμησης – εργοτάξια, έχουν ομαδοποιηθεί στην πιο γενική κατηγορία «Ορυχεία, χώροι απορριμάτων και χώροι οικοδόμησης» . Η κατηγορία αυτή ορίζεται από το «ΟΧΙ μεγάλο μέγεθος» ΚΑΙ το «κανονικό σχήμα» ΚΑΙ την «ύπαρξη τεχνητών επιφανειών».

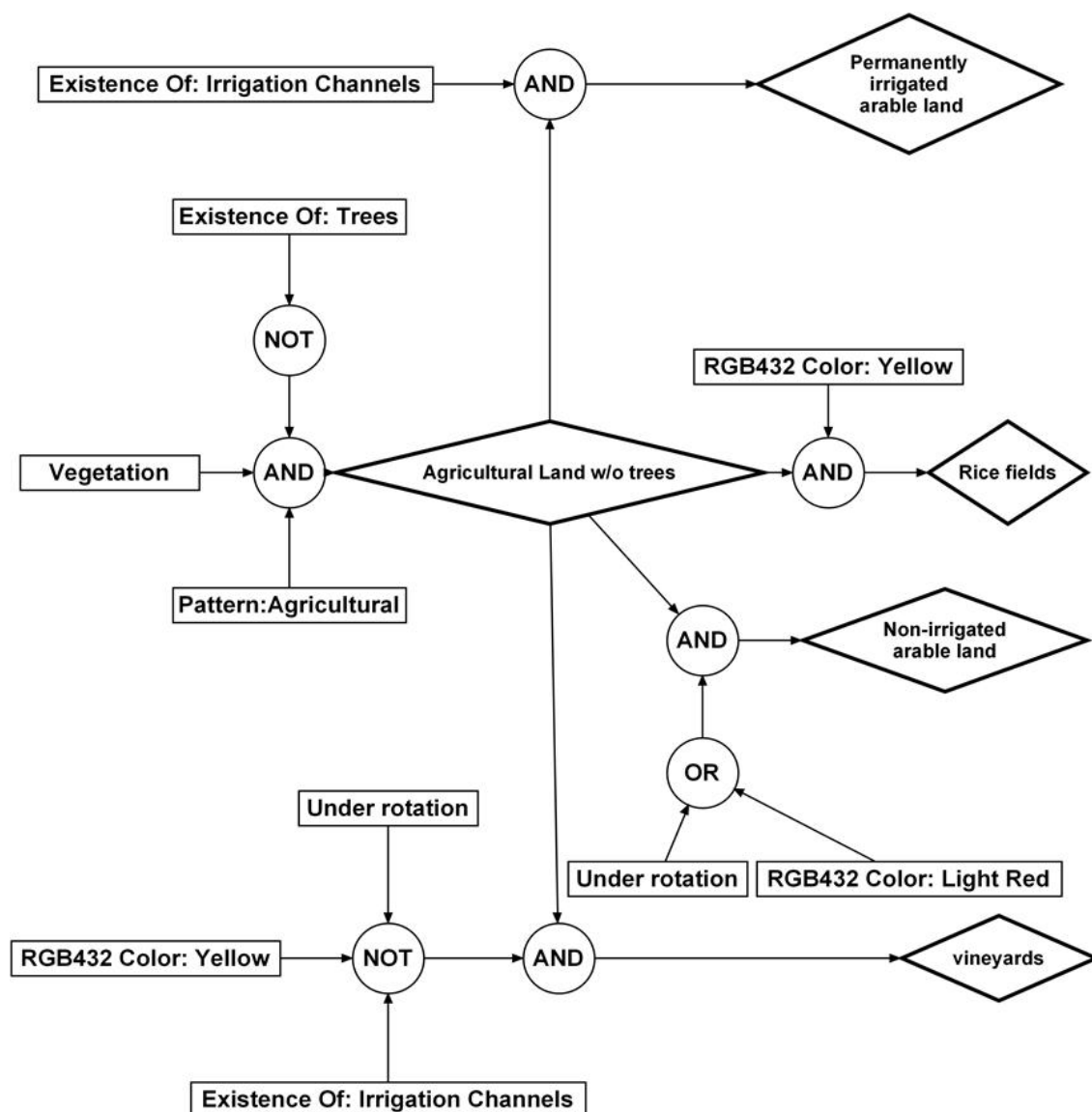
2.2.4. Διαχωρισμός κατηγοριών που κυρίαρχο στοιχείο έχουν την βλάστηση

Στο σχήμα 9 θα αναπτύξουμε τις κατηγορίες που κυρίαρχο στοιχείο έχουν την βλάστηση.

Αρχικά η υπερκατηγορία «Αγροτική γη χωρίς δένδρα» ορίζεται εφόσον υπάρχει από την «Υπαρξη βλάστησης» ΚΑΙ την «Υπαρξη Αγροτικού προτύπου» ΚΑΙ την «ΟΧΙ ύπαρξη δένδρων».

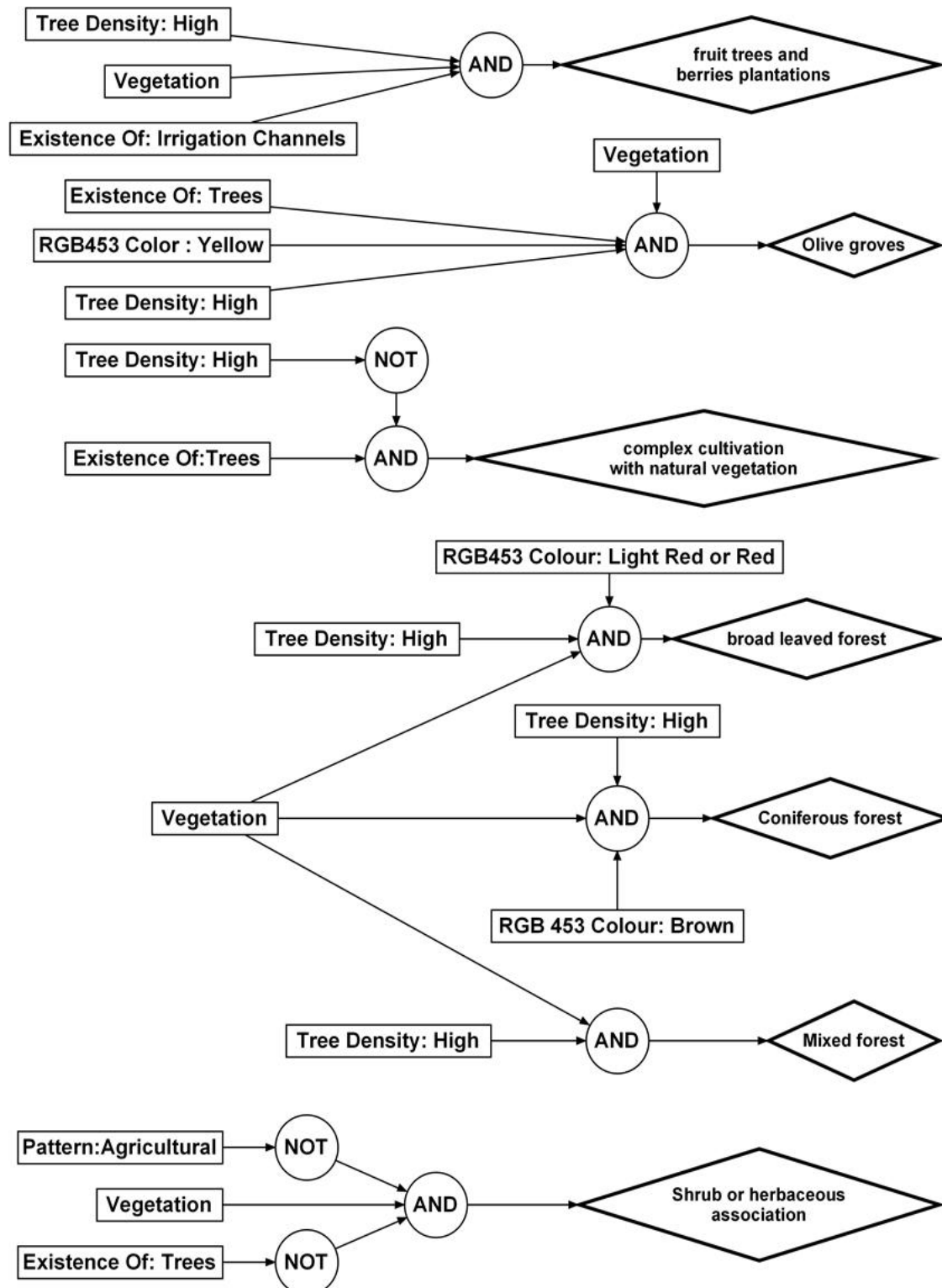
Στη συνέχεια η «Μόνιμα αρδευόμενη γη» ορίζεται από την «Αγροτική γη χωρίς δένδρα» ΚΑΙ την «ύπαρξη αρδευτικών καναλιών».

Η κατηγορία ορυζώνες ορίζεται από την «Αγροτική γη χωρίς δένδρα» ΚΑΙ «Κίτρινο χρώμα στο 432 έγχρωμο σύνθετο».



Σχήμα 9: κατηγορίες που κυρίαρχο στοιχείο έχουν την βλάστηση (μέρος 1^ο)

Στη συνέχεια (σχήμα 10) φαίνονται οι κατηγορίες που κυρίαρχο στοιχείο έχουν την βλάστηση αλλά χαρακτηρίζονται και από την ύπαρξη δένδρων.



Σχήμα 10: κατηγορίες που κυρίαρχο στοιχείο έχουν την βλάστηση (μέρος 2^ο)

Η κατηγορία «δάσος κωνοφόρων» ορίζεται από την «ύπαρξη βλάστησης» ΚΑΙ την «Πυκνότητα των δένδρων: υψηλή» ΚΑΙ το «καφέ χρώμα στο έγχρωμο σύνθετο 453»

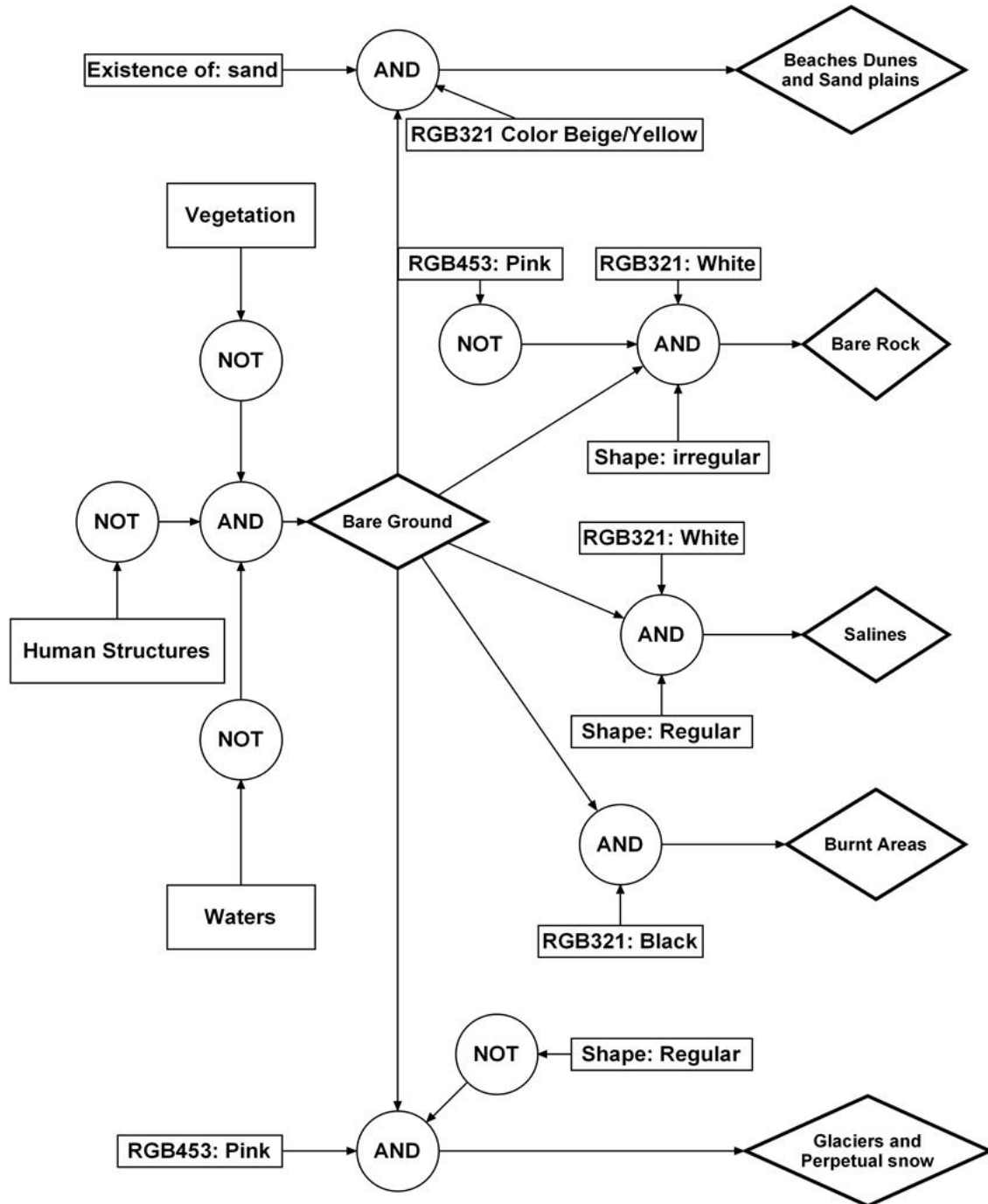
Η κατηγορία «Δάσος πλατυφύλλων» ορίζεται από την «ύπαρξη βλάστησης» ΚΑΙ την «Πυκνότητα των δένδρων: υψηλή» ΚΑΙ το «κόκκινο ή ανοιχτό κόκκινο χρώμα στο έγχρωμο σύνθετο 453»

Η κατηγορία «ελαιώνες» ορίζεται από την «ύπαρξη βλάστησης» ΚΑΙ την «Πυκνότητα των δένδρων: υψηλή» ΚΑΙ το «κίτρινο χρώμα στο έγχρωμο σύνθετο 453»

Οι κατηγορίες «φυσικοί βοσκότοποι», «θάμνοι και χερσότοποι» και «σκληροφυλλική βλάστηση» λόγω αδυναμίας αξιόπιστου διαχωρισμού τους έχουν ομαδοποιηθεί στην κατηγορία «συνδυασμοί θαμνώδους ή/και ποώδους βλάστησης» ή οποία ορίζεται από την «Υπαρξη βλάστησης» ΚΑΙ «ΟΧΙ ύπαρξη δένδρων» ΚΑΙ «ΟΧΙ αγροτικό πρότυπο».

2.2.5. Διαχωρισμός κατηγοριών που κυρίαρχο στοιχείο έχουν το γυμνό έδαφος

Τέλος στο σχήμα 11 παρατίθεται ο σχεδιασμός για τον διαχωρισμό των κατηγοριών που κυρίαρχο στοιχείο έχουν το γυμνό έδαφος.



Σχήμα 11: κατηγορίες που κυρίαρχο στοιχείο έχουν το γυμνό έδαφος

Οι κατηγορίες που κυρίαρχο στοιχείο έχουν το γυμνό έδαφος ορίζονται κυρίως από τον αποκλεισμό της βλάστησης, των τεχνητών επιφανειών, και των νερών.

Έτσι αρχικά ορίζεται το «γυμνό έδαφος» από τα στοιχεία «ΟΧΙ ύπαρξη νερών» ΚΑΙ «ΟΧΙ ύπαρξη τεχνητών επιφανειών» ΚΑΙ «ΟΧΙ ύπαρξη βλάστησης».

Η κατηγορία «καμένες εκτάσεις» ορίζεται από την κατηγορία «γυμνό έδαφος» ΚΑΙ «μαύρο χρώμα στο 321 έγχρωμο σύνθετο».

Η κατηγορία «παγετώνες και αέναο χιόνι» ορίζεται από το «γυμνό έδαφος» ΚΑΙ «ΟΧΙ κανονικό σχήμα» ΚΑΙ «Ροζ χρώμα στο έγχρωμο σύνθετο 453».

2.3. Υλοποίηση του συστήματος

2.3.1. Μορφή κανόνων

Το έμπειρο σύστημα χρησιμοποιεί ως μέθοδο συμπεραματολογίας την ορθή συλλογιστική αλυσίδα και για το χειρισμό της γνώσης ευθύνονται κυρίως 3 είδη κανόνων.

Το πρώτο είδος κανόνα είναι αυτό το οποίο υπαγορεύει στο πρόγραμμα ποια τιμή θα ζητήσει μετά, με δεδομένα τις τιμές που έχει ήδη πάρει νωρίτερα. Ένας τέτοιος κανόνας εμφανίζεται στον πίνακα 3

Πίνακας 3: κανόνας που υπαγορεύει στο πρόγραμμα ποια τιμή να ζητήσει

Κανόνας παραγωγής	<pre>(defrule aaaa (marinewaters) (rgb321c 2) (not (shape ?value)) => (printout t crlf) (printout t "Is the shape of unit 1. Circular or 2. Triangular ? (1/2)...") (assert (shapex = (read))))</pre>
Επεξήγηση των συμβόλων της γλώσσας CLIPS	Defrule: ορίζει ότι πρόκειται για κανόνα (marinewaters) (rgb321c 2): τα facts τα οποία πρέπει να ισχύουν. (not (shape ?value)): το Fact shape δεν θα πρέπει να έχει τιμή. => : τότε Printout : τύπωσε Assert : εισαγωγή
Ερμηνεία του κανόνα	Σε περίπτωση που ισχύουν τα γεγονότα «θαλάσσια ύδατα» και «χρώμα στο έγχρωμο σύνθετο 2» αλλά δεν υπάρχει τιμή για το σχήμα του αντικειμένου τότε ζητά την απ τον χρήστη και εισήγαγε το ανάλογο γεγονός (fact).

Δεύτερο είδος κανόνα είναι οι κανόνες που επιτρέπουν την εισαγωγή δεδομένων τα οποία προέρχονται από πηγές έκτος των εικόνων που κανονικά χρησιμοποιούνται στο Corine, όπως τοπογραφικοί χάρτες, εικόνες IKONOS ή SPOT, αεροφωτογραφίες κτλ. Ένας τέτοιος κανόνας για παράδειγμα εμφανίζεται στον πίνακα 4.

Πίνακας 4: κανόνας που επιτρέπει την εισαγωγή δεδομένων από διαφορετικές πηγές

Κανόνας παραγωγής	<pre>(defrule node21a ?f1 <- (hyperc 2) ?f2 <- (this-is-a-landuse) (not (exoftrees ?value)) => (retract ?f1 ?f2) (printout t crlf) (printout t "Existence of trees in the unit?" crlf "-You can recognise trees by defining stems and crowns- (yes/no/unknown)...") (assert (exoftrees =(read))))</pre>
Επεξήγηση των συμβόλων της γλώσσας CLIPS	<p>?f1<- : το γεγονός εισάγεται στη θέση 1 Retract : τα γεγονότα που χρησιμοποιήθηκαν σβήνονται απ τη μνήμη.</p>
Ερμηνεία του κανόνα	<p>Μετά τον έλεγχο ότι η κατηγορία που εξετάζουμε ανήκει στις κατηγορίες του Corine και αφού αναγνωρίσουμε την παρουσία «βλάστησης» ως κυρίαρχο στοιχείο, δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να εξετάσει άλλα εξωτερικά δεδομένα όπως αεροφωτογραφίες και να πιστοποιήσει την παρουσία δένδρων από το στέμμα τους. Στην περίπτωση που ο χρήστης δεν δύναται να κάνει κάτι τέτοιο υπάρχει η επίλογη με την οποία μπορεί να δηλώσει άγνοια.</p>

Τέλος το τρίτο είδος κανόνα είναι αυτό με το οποίο αναγνωρίζονται τελικά οι υπό εξέταση κατηγορίες.

Πίνακας 5: Το τρίτο είδος κανόνων που εισάγει τις κατηγορίες

<p>Κανόνας παραγωγής</p>	<pre>(defrule Estuaries (marinewaters) (rgb321c lightblue) (Or (size small)(shape triangular)) => (printout t crlf) (assert (landuse Estuaries)) (assert (id-criteria "1. Waters with" "2. RGB321 Color Light Blue, small size, triangular or linear shape" "3. Location adjacent to coast")))</pre>
<p>Επεξήγηση των συμβόλων της γλώσσας CLIPS</p>	<p>Defrule: define rule name (fact): γεγονός που ισχύει (Or (fact1)(fact2)): (fact1 'H fact2 Assert : εισαγωγή</p>
<p>Ερμηνεία του κανόνα</p>	<p>Σε περίπτωση που ισχύουν τα γεγονότα «θαλάσσια ύδατα» ΚΑΙ «χρώμα στο έγχρωμο σύνθετο 321 ανοιχτό μπλε» ΚΑΙ ένα εκ των «μικρό μέγεθος» 'H «τριγωνικό σχήμα» τότε εισάγεται το γεγονός «Εκβολές ποταμών» και τα κριτήρια με τα οποία ανιχνεύτηκε.</p>

2.4. Παραδείγματα εκτέλεσης του έμπειρου συστήματος

Στη συνέχεια εκτελέσαμε το πρόγραμμα με σκοπό να φωτοερμηνεύσουμε 3 τυχαίες κατηγορίες του Corine Land Cover και να αξιολογήσουμε τα αποτελέσματα καθώς επίσης να εντοπίσουμε και τυχών αδυναμίες του συστήματος.

2.4.1. Παράδειγμα αναγνώρισης «Επιφάνειας στάσιμου ύδατος»

Στη συνέχεια με χρήση του έμπειρου συστήματος και δορυφορικών εικόνων από δέκτες Landsat TM των περιοχών Καλαμάτας και Καρδίτσας θα γίνει προσπάθεια να φωτοερμηνεύσουμε συγκεκριμένες εδαφοκαλύψεις που εμφανίζονται στις εικόνες, και τα αποτελέσματα θα διασταυρωθούν με τους ήδη υπάρχοντες χάρτες εδαφοκάλυψης του Corine για τις συγκεκριμένες περιοχές.

Αρχικά λοιπόν περιγράφουμε την υπό μελέτη περιοχή την οποία και θέλουμε να φωτοερμηνεύσουμε έτσι ώστε να μάθουμε περί ποιας κατηγορίας 3^{ου} επιπέδου του Corine πρόκειται. Για το σκοπό αυτό δημιουργούμε ένα έγχρωμο σύνθετο (RGB) με τα κανάλια 3,2,1 αντίστοιχα (true-color composite). Η επίλογη του συγκεκριμένου σύνθετου κρίνεται ως καλύτερη λόγω της οικειότητας του φωτοερμηνευτή (έμπειρου ή άπειρου) με τα πραγματικά χρώματα των αντικειμένων που εμφανίζονται.

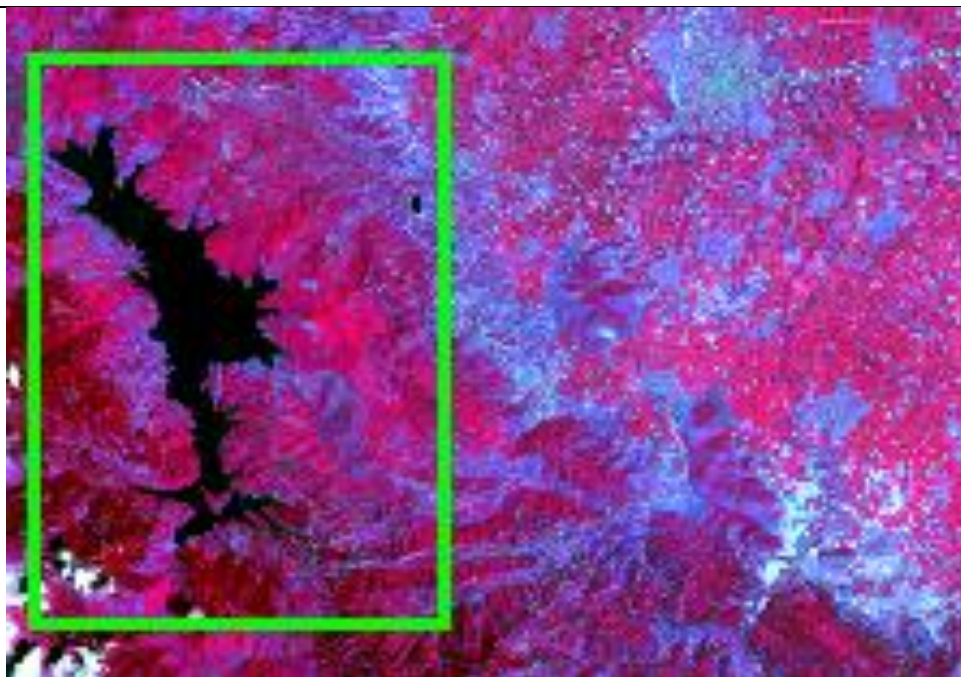
Έστω λοιπόν ότι η υπό μελέτη περιοχή, είναι η περιοχή που εμφανίζεται στην εικόνα 44 με κόκκινο περίγραμμα.



Εικόνα 44: Υπό εξέταση περιοχή στο νομό Καρδίτσας

Γίνεται εκκίνηση του προγράμματος το οποίο αρχικά προσπαθεί να ορίσει την υπερκατηγορία στην οποία ανήκει το αντικείμενο μας.

Does the dominant element of the unit appear very dark green or blue in a Landsat TM RGB435 Color Composite ? (yes/no) ... yes



Εικόνα 45: Έγχρωμο σύνθετο Landsat TM RGB 435

Στο εγχρωμο σύνθετο 435 το πολύ σκούρο χρώμα δηλώνει την παρουσία υδάτινης μάζας. Στη συνέχεια το πρόγραμμα προσπαθεί να εντάξει την υδάτινη μάζα που ανιχνεύτηκε στα χερσαία ή θαλάσσια ύδατα.

Is the unit adjacent to coast ? (yes/no) ... no

Εφόσον η υπό εξέταση υδάτινη μάζα δεν είναι εφαιπόμενη σε ακτή πρόκειται για χερσαία ύδατα. Τη στιγμή αυτή οι πιθανές εδαφοκαλύψεις είναι οι χερσαίοι βάλτοι, τα ποτάμια και οι λίμνες. Το πρόγραμμα καταφεύγει στην εξέταση του σχήματος, και της ομοιογένειας του χρώματος.

Is the shape of the unit linear ? (yes/no) ... no

Is the phototone of the item homogenous ? (yes/no) ... yes

Όπως παρατηρούμε από τις εικόνες 44 και 45 το σχήμα δεν είναι γραμμικό και ο τόνος της μονάδας είναι ομοιογενής. Συνοπτικά η όλη διαδικασία φαίνεται στο σχήμα 12.

```

Does the dominant element of the unit appear very dark green or blue
in a Landsat TM RGB435 Color composite? (yes/no)...yes

Is the unit adjacent to coast ? (yes/no)...no

Is the shape of the unit linear ? (yes/no)...no

Is the photo tone of the item homogenous ? (yes/no)...yes

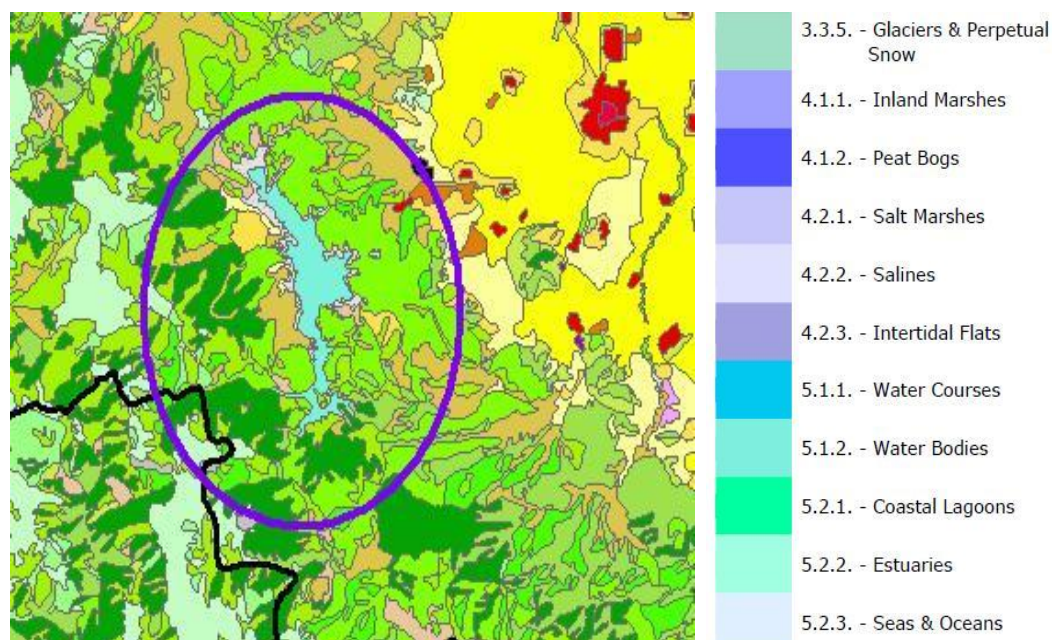
Identification : key   Water_Bodies

Characteristics: 1. Waters with
                  2. Wide or NOT narrow width, Circular shape
                  3. NOT location adjacent to coast.

continue id : (yes/no) ?
    
```

Σχήμα 12: Συνοπτικά η διαδικασία αναγνώρισης της κατηγορίας "Water Bodies"

Ο έλεγχος της εγκυρότητας των αποτελεσμάτων γίνεται με χρήση του χάρτη Corine της περιοχής.



Εικόνα 46: Το Corine της περιοχής Νομού Καρδίτσας

2.4.2. Παράδειγμα αναγνώρισης «Αερολιμένα και συνεχής αστικού ιστού»

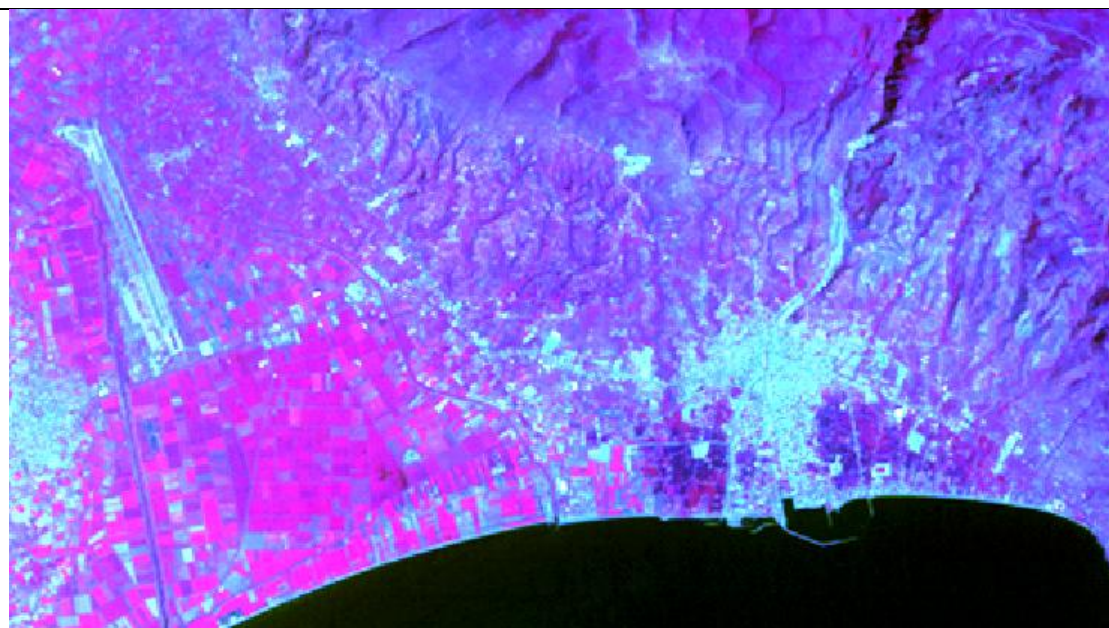
Ακολουθεί δεύτερο παράδειγμα στις δορυφορικές εικόνες της Καλαμάτας όπου θα φωτοερμηνευθεί η συνεχής αστική δόμηση και το αεροδρόμιο τα οποία έχουν μερικά κοινά χαρακτηριστικά όπως το μεγάλο μέγεθος και τα κοινά χρώματα. Αρχικά εξετάζουμε την περιοχή της συνεχής αστικής δόμησης.



Εικόνα 47: Τμήμα περιοχής Καλαμάτας

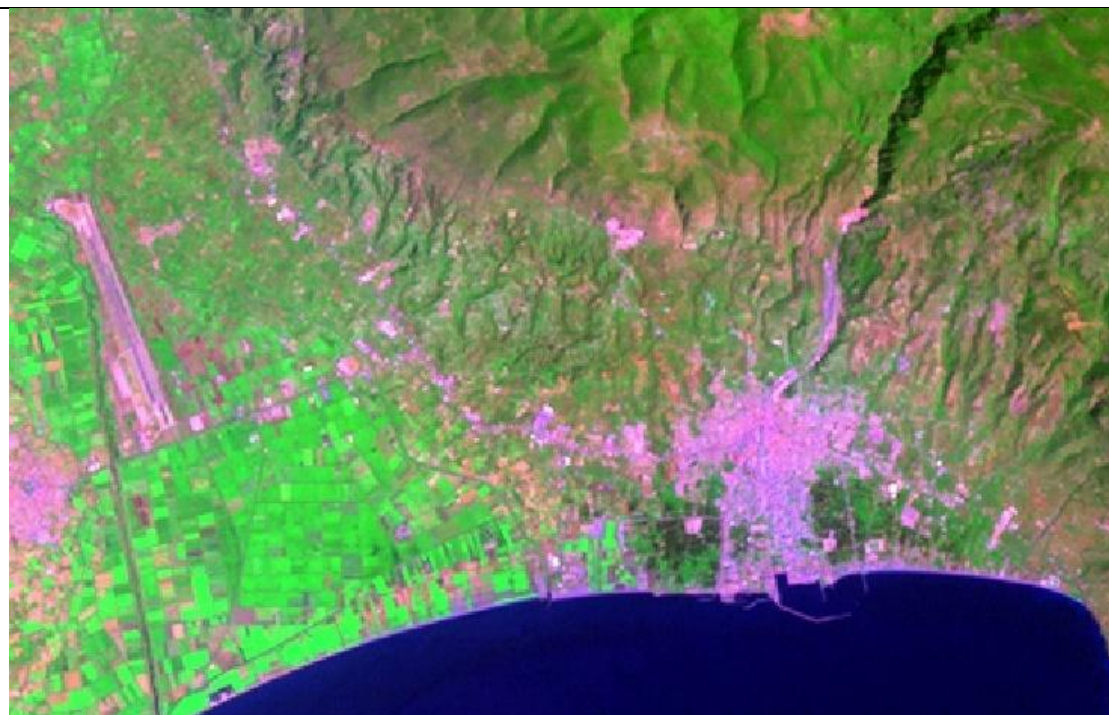
Όπως και προηγουμένως γίνεται ορισμός της υπερκατηγορίας στην οποία πιθανώς να βρίσκεται η μονάδα. Για το σκοπό αυτό επιλέγεται ξανά η ίδια με πριν ερώτηση μόνο που αυτή τη φορά η απάντηση του χρήστη είναι αρνητική αναγκάζοντας το πρόγραμμα να ακολουθήσει διαφορετική πορεία.

Does the dominant element of the unit appear very dark green or blue in a Landsat TM RGB435 Color Composite ? (yes/no) ... no



Εικόνα 48: Έγχρωμο σύνθετο Landsat TM RGB435 για την περιοχή της Καλαμάτας

Does the dominant element of the unit appear mauve in a Landsat TM RGB741 Color Composite ? (yes/no) ... yes



Εικόνα 49: Έγχρωμο σύνθετο Landsat TM RGB741 για την περιοχή της Καλαμάτας

Τη στιγμή αυτή το έμπειρο σύστημα γνωρίζει ότι πρόκειται για κάτι μωβ στο έγχρωμο σύνθετο 741 το οποίο σημαίνει δύο εκδοχές εδαφοκάλυψης. Γυμνό έδαφος ή τεχνητές επιφάνειες. Θα χρειαστεί λοιπόν άλλο ένα έγχρωμο σύνθετο για να τα ξεχωρίσει.

Does the dominant element of the unit appear white in a Landsat TM RGB371 Color Composite ? (yes/no) ... yes



Εικόνα 50: Έγχρωμο σύνθετο Landsat TM RGB371 για την περιοχή της Καλαμάτας

Πλέον το έμπειρο σύστημα γνωρίζει ότι πρόκειται για τεχνητές επιφάνειες και σε αυτήν την υπερκατηγορία θα αναζητήσει το συγκεκριμένο είδος εδαφοκάλυψης. Από την κλίμακα των δορυφορικών εικόνων ο χρήστης μπορεί να υπολογίσει περίπου την επιφάνεια που καλύπτει η υπο εξέταση περιοχή. Συνήθως ο αστικός ιστός και τα αεροδρόμια καλύπτουν μεγάλες επιφάνειες ενώ τα λιμάνια, το οδικό δίκτυο και άλλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις πολύ μικρότερες.

Is the size of the unit Large ? (yes/no) ... yes

Εφόσον τώρα το έμπειρο σύστημα γνωρίζει ότι πρόκειται για αεροδρόμιο ή συνεχή/ασυνεχή αστικό ιστό ρωτάει τα μεμονωμένα στοιχεία τα οποία ορίζουν μονάδικα την κάθε μία από αυτές τις κατηγορίες. Το αεροδρόμιο έχει χαρακτηριστικό μακρόστενο σχήμα που προκαλείται από την ύπαρξη διαδρόμων προσγείωσης των αεροσκαφών και το οποίο θα μπορούσε να χαρακτηριστεί κανονικό. Ο αστικός ιστός απ'την άλλη όπως φαίνεται και στην εικόνα δεν

υπακούει σε κανένα πρότυπο σχήμα αλλά τα όρια του είναι συνήθως εξαρτημένα από το ανάγλυφο της περιοχής. Ο συνεχής αστικός ιστός ξεχωρίζει από τον ασυνεχή εξορισμό από την ύπαρξη μη γραμμικής βλάστησης στον δεύτερο. Η μη γραμμική βλάστηση μπορεί να ανιχνευθεί εύκολα από το έγχρωμο σύνθετο που ήδη χρησιμοποιήθηκε προηγουμένως (741) και στο οποίο η υπό εξέταση τεχνητή επιφάνεια εμφανίζεται ομοιογενής χωρίς την παρουσία άλλων τόνων χρώματος που θα δήλωναν και κάποιο άλλο είδος εδαφοκάλυψης στην μονάδα.

Is the shape of the unit regular ? (yes/no) ... no

Any NON-Linear Vegetation Presence ? (yes/no) ... no

Συνοπτικά η διαδικασία φαίνεται στο σχήμα 13.

Does the dominant element of the unit appear very dark green or blue in a Landsat TM RGB435 Color composite? (yes/no)...no
Does the dominant element of the unit appear mauve in a Landsat TM RGB741 Color Composite? (yes/no)...yes
Does the dominant element of the unit appear white in a Landsat TM RGB371 Color Composite? (yes/no)...yes
Is the size of the unit large ? (yes/no)...yes
Is the shape of the unit regular ? (yes/no)...no
Any NON-LINEAR Vegetation Presence ? (yes/no)...no
Identification : key Continous_Urban_Fabric
Characteristics: 1. Human Structures with, 2. Irregular Shape, large size, 3. existence of only linear vegetation
continue id : (yes/no) ?

Σχήμα 13: Συνοπτικά η διαδικασία αναγνώρισης της κατηγορίας "Continous Urban Fabric"

Στη συνέχεια εξετάζεται η περίπτωση του αεροδρομίου η οποία όπως φαίνεται στην εικόνα 47 διαφοροποιείται στο σχήμα, και για τον λόγο αυτό είναι ανεξάρτητη της βλάστησης η οποία βέβαια συνήθως υπάρχει στα αεροδρόμια.

Does the dominant element of the unit appear very dark green or blue in a Landsat TM RGB435 Color composite? (yes/no)...no

Does the dominant element of the unit appear mauve in a Landsat TM RGB741 Color Composite? (yes/no)...yes

Does the dominant element of the unit appear white in a Landsat TM RGB371 Color Composite? (yes/no)...yes

Is the size of the unit large ? (yes/no)...yes

Is the shape of the unit regular ? (yes/no)...yes

Can u distinct runways
-long lines of dark tone usually black or grey in an RGB321-? (yes/no)...yes

Identification : key Airport

Characteristics: 1. Human Structures with,
2. Regular Shape, large size, runways
3. existence of non linear vegetation

continue id : (yes/no) ?

Σχήμα 14: Συνοπτικά η διαδικασία αναγνώρισης της κατηγορίας "Airport"

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι περιπτώσεις φωτοερμηνείας κατηγοριών οι οποίες δεν είναι αντιπροσωπευτικά δείγματα του πληθυσμού στον οποίο ανήκουν. Τέτοιες κατηγορίες στις τεχνητές επιφάνειες για παράδειγμα θα ήταν ο συνεχής/ασυνεχής αστικός ιστός με κανονικό σχήμα. Το έμπειρο σύστημα θα καταλήξει σε κάτι τέτοιο εφόσον εξετάσει την περίπτωση του αεροδρομίου και λάβει αρνητική απάντηση στην ερώτηση που αφορά την ύπαρξη αεροδιαδρόμων. Μια τέτοια περίπτωση φαίνεται στο σχήμα 15.

Does the dominant element of the unit appear very dark green or blue in a Landsat TM RGB435 Color composite? (yes/no)...no

Does the dominant element of the unit appear mauve in a Landsat TM RGB741 Color Composite? (yes/no)...yes

Does the dominant element of the unit appear white in a Landsat TM RGB371 Color Composite? (yes/no)...yes

Is the size of the unit large ? (yes/no)...yes

Is the shape of the unit regular ? (yes/no)...yes

Can u distinct runways
-long lines of dark tone usually black or grey in an RGB321-? (yes/no)...no

Any NON-LINEAR Vegetation Presence ? (yes/no)...no

Identification : key Continous_Urban_Fabric

Characteristics: 1. Human Structures with,
2. Irregular Shape, large size,
3. existence of only linear vegetation

continue id : (yes/no) ?

Σχήμα 15: Διαδικασία αναγνώρισης της κατηγορίας "Continous Urban Fabric" μη κανονικού σχήματος

2.4.3. Παράδειγμα αναγνώρισης «Μόνιμα αρδευόμενης αρόσιμης γης»

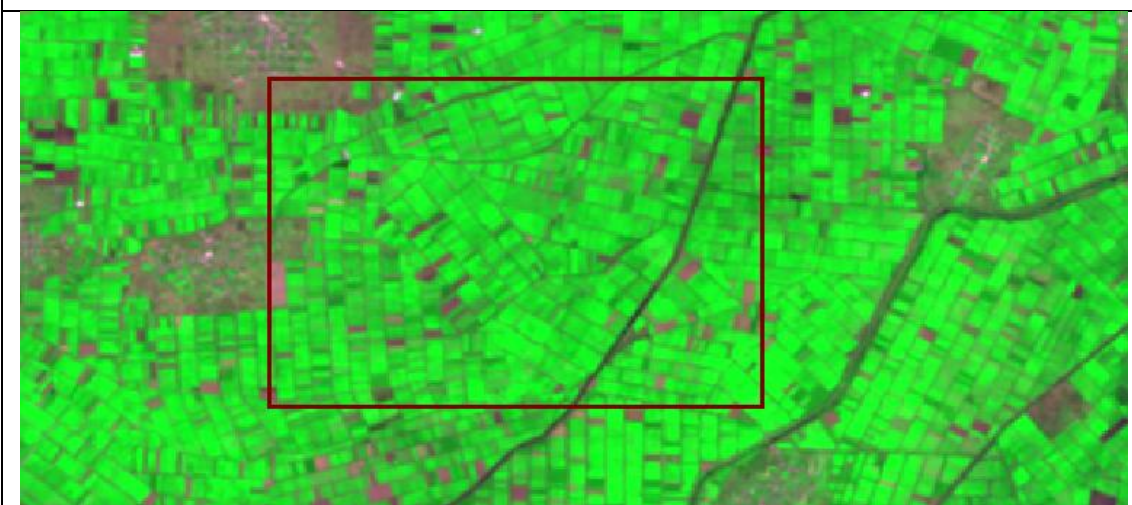
Τέλος παρατίθεται ένα παράδειγμα που αφορά την φωτοερμηνεία διαφόρων ειδών βλάστησης καθώς και καλλιεργειών. Το έμπειρο σύστημα θα φωτοερμηνεύσει την περιοχή γύρω από την πόλη της Καρδίτσας η οποία περιγράφεται με κόκκινο πλαίσιο στην εικόνα 51.



Εικόνα 51: περιοχή γύρω από την πόλη της Καρδίτσας

Γίνεται και πάλι εκκίνηση του συστήματος και ορισμός της υπερκατηγορίας στην οποία ανήκει.

Does the dominant element of the unit appear in various green colours in a Landsat TM RGB341 Color Composite ? (yes/no) ... yes



Εικόνα 52: Έγχρωμο σύνθετο Landsat TM RGB341 για την περιοχή της Καλαμάτας

Το έμπειρο σύστημα σε πολλές περιπτώσεις δίνει την δυνατότητα στο χρήστη να εισάγει στοιχεία για την μονάδα που εξετάζει και από άλλες πηγές πέραν των δορυφορικών εικόνων του Landsat TM. Τέτοιες πηγές θα μπορούσε να είναι εικόνες SPOT, IKONOS, τοπογραφικά διαγράμματα κτλ.

Έτσι για τον ευκολότερο διαχωρισμό της βλάστησης ο χρήστης ερωτάται για την ύπαρξη δένδρων στην περιοχή, τα οποία μπορεί να αναγνωρίσει από το χαρακτηριστικό κυκλικό σχήμα του στέμματός τους. Κάτι τέτοιο βέβαια προϋποθέτει να φαίνονται τα δένδρα το οποίο σημαίνει να έχει στη διάθεση του, μεγαλύτερης κλίμακας δορυφορικές εικόνες ή ακόμα και αεροφωτογραφίες.

Σε μία τέτοια περίπτωση συνήθως, δίνεται στον χρήστη, η δυνατότητα να δηλώσει άγνοια και έτσι το έμπειρο σύστημα να επιλέξει άλλη πορεία ερωταπαντήσεων.

Existence of trees in the unit?

*-You can recognise trees by defining stems and crowns-
(yes/no/unknown) ... unknown*

Το έμπειρο σύστημα ρώταει και για το πρότυπο το οποίο ακολουθεί η εδαφοκάλυψη που εξετάζουμε. Ειδικά για την περίπτωση της αρώσιμης γης, λόγω του ότι τα αγροτεμάχια φαίνονται σαν πολλά τετράγωνα, κυρίως πράσινα που χωρίζονται με ανοιχτόχρωμες γραμμές (χωματόδρομοι), έχουμε υιοθετήσει το «αγροτικό» πρότυπο. Το αγροτικό πρότυπο είναι στην ουσία ένα κοινό τετραγωνικό πρότυπο μόνο που περιέχει και την πληροφορία του πράσινου χρώματος.

Is the pattern of unit agricultural? (yes/no) ... yes

Does the unit appear in light red in a Landsat TM 432 RGB color composite? (yes/no)...yes



Εικόνα 53: light red in a Landsat TM 432 RGB color composite

Συνοπτικά το παράδειγμα φαίνεται στο σχήμα 16.

Does the dominant element of the unit appear very dark green or blue
in a Landsat TM RGB435 Color composite? (yes/no)...no

Does the dominant element of the unit appear mauve in a Landsat TM RGB741 Color Composite? (yes/no)...no

Does the dominant element of the unit appear various green color,
in a Landsat TM RGB341 Color Composite? (yes/no)...yes

Existence of trees in the unit?

-You can recognise trees by defining stems and crowns- (yes/no/unknown)...unknown

Is the pattern of unit agricultural? (yes/no)...yes

Does the unit appear in light red in a Landsat TM 432 RGB color composite? (yes/no)...yes

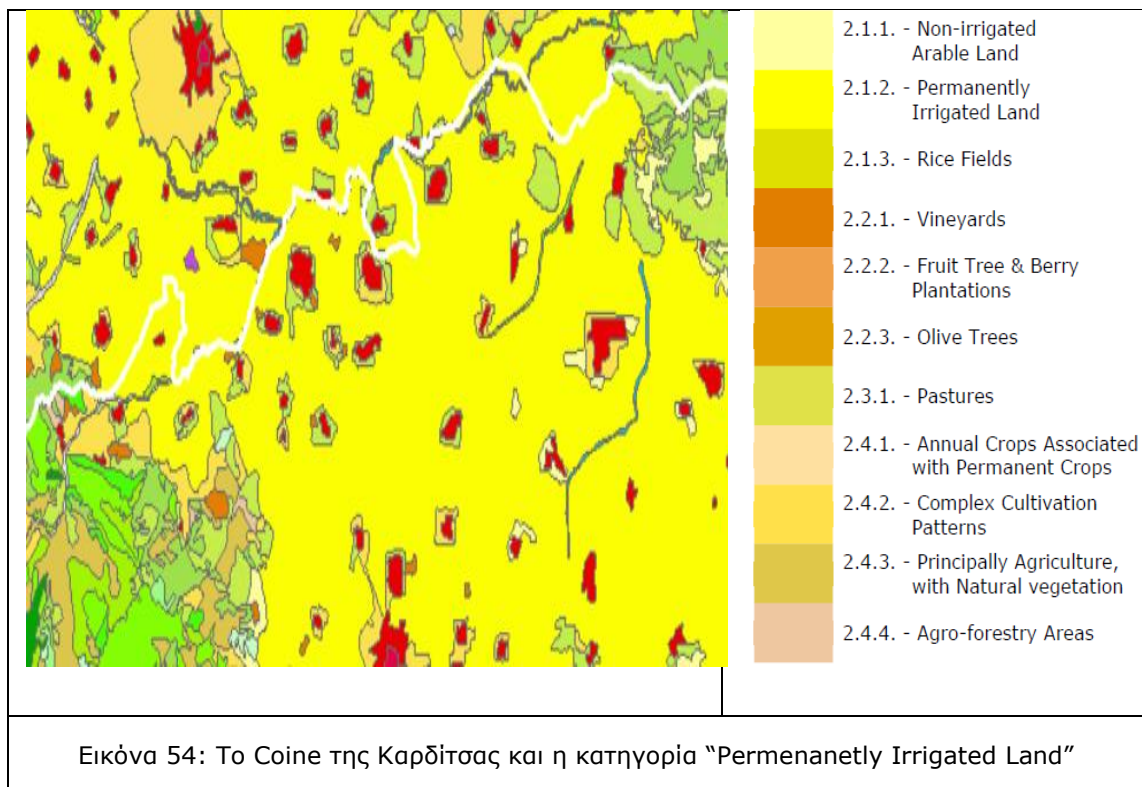
Identification : key Permanently_Irrigated_land

Characteristics: 1. Vegetation that,
2. follows Agricultural pattern, is irrigated via irrigation channels
3. without trees

continue id : (yes/no) ?

Σχήμα 16: Η διαδικασία αναγνώρισης της κατηγορίας "Permenanetly Irrigated Land"

Ο έλεγχος για την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων γίνεται με εξέταση του Corine της περιοχής το οποίο φαίνεται στην εικόνα 54.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Συμπεράσματα - Παρατηρήσεις

3.1. Δυνατότητες εμπειρών συστημάτων

Γενικά οι δυνατότητες των Εμπειρών Συστημάτων ταυτίζονται με εκείνες των ειδικών και μάλιστα των ειδικών με πλήρη ενημέρωση. Οι δυνατότητες των εμπειρών συστημάτων συνοψίζονται στα ακόλουθα:

Αντιμετωπίζουν πολύ δύσκολα και πολύπλοκα προβλήματα τόσο καλά όσο και οι ειδικοί.

- ❖ Ακολουθούν ευριστική συλλογιστική, χρησιμοποιώντας ότι και οι έμπειροι θεωρούν ως αποτελεσματικό από την πείρα τους και αλληλεπιδρούν με τους ανθρώπους σε συγκεκριμένους τρόπους που περιλαμβάνουν τη φυσική γλώσσα.
- ❖ Χειρίζονται και αιτιολογούν συμβολικές περιγραφές
- ❖ Μπορούν να χρησιμοποιούν δεδομένα που περιέχουν σφάλματα, μέσω κανόνων που δομούνται βάση των πιθανοτήτων να συμβεί ένα γεγονός.
- ❖ Μπορούν να «συλλογίζονται» πολλαπλά, τρέχοντας πολλές υποθέσεις ταυτόχρονα.
- ❖ Μπορούν να εξηγήσουν γιατί ρωτούν μία ερώτηση.
- ❖ Μπορούν να αιτιολογήσουν τα συμπεράσματά τους (Hayes –Roth.1984).

3.2. Πλεονεκτήματα εμπειρών συστημάτων

Η μέθοδος εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων με έμπειρα συστήματα συγκρινόμενη με τον συμβατικό τρόπο εκτίμησης από έμπειρους ειδικούς επιστήμονες, παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- ❖ **Μεγάλη διαθεσιμότητα (availability).** Η “εξειδικευμένη γνώση” του Έμπειρου συστήματος δύναται να παρασχεθεί από οποιοδήποτε κατάλληλο υπολογιστή. Έτσι τα έμπειρα συστήματα μπορούν να θεωρηθούν «ως μέσο μαζικής παραγωγής εξειδικευμένης γνώσης» (mass production expertise).
- ❖ **Μικρό κόστος.** Το συνολικό κόστος παροχής «εξειδικευμένης γνώσης» συμπεριλαμβάνει το λειτουργικό κόστος και το κόστος απόσβεσης των δαπανών αναπτύξεως του εμπειρού συστήματος. Ακόμη και για τις περιπτώσεις που η συχνότητα χρήσεως της μεθόδου είναι πολύ μικρή το συνολικό κόστος της προτεινομένης μεθόδου είναι πολύ μικρότερο από το κόστος εκτίμησης με συμβατικό τρόπο.
- ❖ **Μονιμότητα.** Η παροχή της «εξειδικευμένης γνώσης» από τα έμπειρα συστήματα είναι μόνιμη ενώ η παροχή από ειδικό έχει απροσδιόριστη

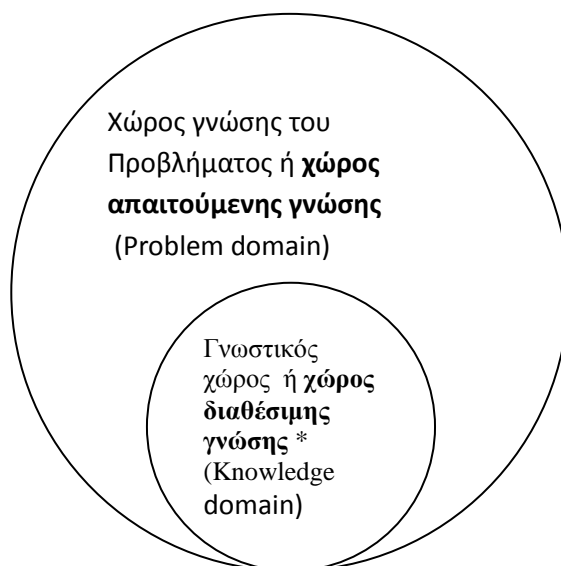
διάρκεια, αφού μπορεί να διακοπεί από ασθένεια, κούραση ή απασχόληση του ειδικού σε άλλο έργο.

- ❖ **Πολλαπλή εμπειρία.** Η παροχή συμβουλών μπορεί να γίνει από την παράλληλη λειτουργία πολλών εμπείρων συστημάτων που λειτουργούν μέρα νύχτα συνεχώς με διατήρηση της ενότητας και συνέχεια της γνωστικής ικανότητας. Τα παραπάνω προφανώς δεν ισχύουν όταν εργάζονται παράλληλα πολλοί ειδικοί. Οι γνώσεις ενός Έμπειρου συστήματος μπορεί να αντιπροσωπεύουν τις γνώσεις πολλών ειδικών επιστημόνων. Κατά συνέπεια η γνώση του υπόψη συστήματος μπορεί να ξεπεράσει το επίπεδο γνώσης ενός ειδικού, στον οποίο θα μπορούσε να ανατεθεί η εκπόνηση μιας τέτοιας εκτίμησης. Πλέον αυτού ένα Έμπειρο Σύστημα μπορεί να λειτουργεί για την πραγματοποίηση της εκτίμησης αυτής μέρα και νύχτα πραγματοποιώντας παράλληλα πάνω από μία εργασία, το οποίο δεν μπορεί να συμβεί στην περίπτωση του ειδικού επιστήμονα.
- ❖ **Ταχύτητα απόκρισης.** Οι εκτιμήσεις με έμπειρο σύστημα προφανώς απαιτούν πολύ μικρότερο χρόνο από ότι οι εκτιμήσεις από ειδικό επιστήμονα.
- ❖ **Αιτιολόγηση αποφάσεων.** Τα έμπειρα συστήματα μπορούν να εξηγούν τους λόγους που οδηγούν σε κάποια απόφαση, οποτεδήποτε ετούτο ζητηθεί. Αντίθετα ο ειδικός μπορεί να παρουσιάζει απροθυμία ή και αδυναμία να παράσχει τις ίδιες εξηγήσεις.
- ❖ **Αυξημένη αξιοπιστία.** Από τον τρόπο λειτουργίας των εμπείρων συστημάτων προκύπτει ότι οι αποφάσεις που λαμβάνει –για όσα θέματα μπορεί να λάβει αποφάσεις- έχουν αυξημένη αξιοπιστία και ρητή αιτιολόγηση. Η αξιοπιστία των αποφάσεων αυτών μπορεί να διασταυρωθεί με την απόφαση που θα ληφθεί από ένα ειδικό επιστήμονα.

3.3. Περιορισμοί – μειονεκτήματα εμπειρών συστημάτων

Από όσα προαναφέρθηκαν προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- ❖ Ένα έμπειρο σύστημα μπορεί να δώσει συμβουλές μόνο για το συγκεκριμένο γνωστικό χώρο , για τον οποίο σχεδιάστηκε ή αλλιώς για τον χώρο για τον οποίο το σύστημα απέκτησε γνώση.
- ❖ Τα έμπειρα συστήματα δεν παράγουν άμεσα νέα γνώση, (όπως ενδεχόμενα ένας ειδικός επιστήμονας παράγει) αλλά συμβάλλουν έμμεσα στην παραγωγή της επειδή παρέχουν γνώσεις με υψηλή οργάνωση και μεγάλη διαθεσιμότητα.
- ❖ Η «γνωστική ικανότητα» ενός εμπείρου συστήματος εξαρτάται από την ποιότητα και την πληρότητα της γνώσης που απέκτησε. Η γνώση αυτή πρέπει να είναι σαφής και αξιόπιστη. Άτυπη, ασαφής και «εν τη γεννέση» γνώση δεν πρέπει να αποθηκεύεται στο σύστημα.
- ❖ Η «γνωστική ικανότητα» ενός εμπείρου συστήματος οριακά μπορεί να ταυτιστεί με εκείνη του ταλαντούχου και πλήρως ενημερωμένου ειδικού. Όμως αυτή μπορεί να είναι εφάμιλλη ή και καλύτερη της γνωστικής ικανότητας ενός ειδικού με συνήθεις ικανότητες.
- ❖ Η «διαθέσιμη γνώση» από τον άριστα ενημερωμένο ειδικό (γνωστικός χώρος) είναι πάντοτε μικρότερη από την «απαιτούμενη γνώση» για την αντιμετώπιση όλων των στοιχείων του προβλήματος (χώρος γνώσης του προβλήματος). Το ίδιο ισχύει και για τη διαθέσιμη γνώση από το έμπειρο σύστημα. Η αρχή αυτή παρίσταται στο σχήμα 17.



*Από ειδικό επιστήμονα ή Έμπειρο σύστημα

Σχήμα 17: Χώρος απαιτούμενης και χώρος διαθέσιμης γνώσης

3.4. Προοπτικές

Ένα έμπειρο σύστημα προφανώς έχει τη δυνατότητα να αναθεωρείται κατά καιρούς και να εναρμονίζεται με τις γνώσεις που αποκτήθηκαν στο διάστημα που πέρασε ή με τις γνώσεις που προϋπήρχαν αλλά δεν αποθηκεύτηκαν στο σύστημα. Η συστηματική αυτή βελτίωση οδηγεί τελικά στη δημιουργία μίας **«βάσης γνώσης»** που διακρίνεται από πληρότητα, ενημερότητα και μεγάλη διαθεσιμότητα (long term development).

Ο σχεδιασμός ενός έμπειρου συστήματος με την γλώσσα προγραμματισμού CLIPS έχει το πλεονέκτημα της συμβατότητας που παρουσιάζει η CLIPS με την JESS.

Το αποτέλεσμα της συμβατότητας αυτής είναι η χρήση του έμπειρου συστήματος διαμέσου διαδικτύου (σε μια κοινή .html σελίδα) και η πρόσβαση σε αυτό πολύ περισσότερων χρηστών. Πλεονεκτήματα αυτού θα ήταν ο συνεχής εμπλουτισμός του συστήματος και η χρήση του ακόμα και για εκπαιδευτικούς σκοπούς από άπειρους χρήστες. Επιπλέον η άμεση πρόσβαση κάνει δυνατή την χρήση του και σε μέρη όπου δεν υπάρχει εγκατεστημένο προαπαιτούμενο λογισμικό.

Κατά την άποψη μας η ανάπτυξη τέτοιων έμπειρων συστημάτων και η συνεχής βελτίωση τους θα συμβάλλει σημαντικά στην μετάδοση της γνώσης από τους έμπειρους χρήστες.

Βιβλιογραφία

Αργιαλάς Δ. 1999. Φωτοερμηνεία – Τηλεπισκόπηση. ΕΜΠ

Αργιαλάς Δ. 1998. Ψηφιακή Τηλεπισκόπηση. ΕΜΠ

Αργιαλάς Δ. 1995. Έμπειρα συστήματα : Εργαλεία για την συμβολική αναπαράσταση των γεωμορφών. 4^ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο. Αθήνα.

Argialas D., 1995. Towards Structured Knowledge Models for Landform Representation. Zeitschrift für Geomorphologie N.F Supplement-Bd., 101, pp. 85-108.

Argialas D., Miliareisis G., 1996. Physiographic Knowledge Acquisition: Identification, Conceptualization and Representation. Proceedings of the ASPRS, Vol. 3, Baltimore, MD, pp. 311-320.

Argialas D., Miliareisis G., 1997a. Landform Spatial Knowledge Acquisition: Identification, Conceptualization and Representation. Proceedings of the ASPRS, Vol. 3, Seattle, Washington, pp. 733-740.

Argialas D., Miliareisis G., 1997b. An Object Oriented Representation Model for the Landforms of an Arid Climate Intermontane Basin: Case Study of Death Valley/CA. 23rd Conference of the Remote Sensing Society, Reading, U.K , pp. 199-205.

Argialas D., Miliareisis G., 2000. Physiographic Region Interpretation: Formalization with Rule Based Structures and Object Hierarchies.

Nziengui, M., Tchindjang, M., Couprie, P., Nji. Fogwe Z., Rudant, J., 2003. The application of Remote Sensing Data for Description of Forest Tree Stands and of Land Cover Changes: Cases Studies of Grande Chartreuse in France, the protected area of the Mondah Forest and the Cristal Mountains in Gabon. Durban, South Africa, 10 . 16 August 2003

Slovenian Forestry Institute, Testing criteria for classifying Slovenian forests into European Forest Types using Palearctic and FFH habitat classification

Hadipriono F., Lyon J., Li T., Argialas D., 1989. The Development of a Knowledge-Based Expert System for Analysis of Drainage Patterns.

Ρόκος Δ. 1999. Φωτοερμηνεία – Τηλεπισκόπηση. ΕΜΠ

Κεραυνού Ε. 2000. Τεχνητή Νομοσύνη και Έμπειρα Συστήματα

Giarratano J. 1998. Expert Systems Principles and Programming 3rd Ed.

Giarratano J. 2007. CLIPS User's Guide (Quicksilver Beta)

Giarratano J. 2007. CLIPS Basic Programming Guide (Quicksilver Beta)

Giarratano J. 2008. CLIPS Advanced Programming Guide (Quicksilver Beta)

Siler W., Buckley J. 2005. Fuzzy Expert Systems and Fuzzy Reasoning.

<http://clipsrules.sourceforge.net/>

<http://www.dblab.ece.ntua.gr/courses/AI/2003/>

<http://archive.comlab.ox.ac.uk/comp/ai.html>

http://gis.kkal.gr/xriseis_tilepiskopisis.html

<http://wikimediafoundation.org/wiki/Home>

<http://www.topografoi.com/rs/wiki>

Παραρτήματα

- A. Κώδικας
- B. Φωτοαναγνωριστικά στοιχεία

A. Κώδικας

```
(defrule start
  (declare (salience 500))
  ?init <- (initial-fact)
  =>
  (printout t "Welcome to the expert Corine Landcover
identification system !" crlf
           "This program can identify the following landcover
categories: " crlf)
  (retract ?init)
  (assert (print-list list))
  )

(defrule print-list
  (declare (salience 500))
  (print-list list)
  ?key <- (key ?name)
  =>
  (retract ?key)
  (printout t "          key " ?name crlf)
  )

(defrule ready
  ?print <- (print-list list)
  =>
  (retract ?print)
  (printout t crlf)
  (printout t "Ready to work ? (yes/no)..." )
  (assert (ready =(read)))
  )

(defrule start-to-id
  ?ready <- (ready yes)
  =>
  (retract ?ready)
  (assert (query))
  )

(defrule determine-landuse
  ?query <- (query)
  (not (a landuse ?lu))
  =>
  (retract ?query)
  (printout t crlf)
```



```

(printout t "Does the unit covers more than 25 ha ?
(yes/no)...")
(assert (a landuse =(read)))
)

(defrule is-a-landuse-1
  ?f1 <- (a landuse yes)
  =>
  (retract ?f1)
  (assert (this-is-a-landuse))
)

(defrule not-a-lu
  ?f1 <- (a landuse no)
  =>
  (retract ?f1)
  (printout t crlf)
  (printout t "Corine Land Cover Categories are of a minimum
size of 25ha. " crlf
            "This program only identifies Level 3 Corine Land
Cover Categories." crlf
            " "crlf
            "Identify another one : (yes /no )... ?")
  (assert (find-another =(read)))
)

(defrule find-another
  ?f4 <- (find-another yes)
  =>
  (assert (query))
  (retract ?f4)
)

(defrule hyperc
  (this-is-a-landuse)
  (not (step1 ?value))
  =>
  (printout t crlf)
  (printout t "We are now going to identify the Dominant
element of the unit." crlf
            "If there is significant coverage of concrete and
manmade objects within the" crlf
            "boundaries of the unit, then the dominant
element of the unit is human structures," crlf
            "and the unit will fall under the category of
artificial surfaces, even if there are also," crlf

```

```

                "other elements like water, vegetation or bare
soil within the boundaries of the unit." crlf)
    (printout t crlf)
    (printout t "If there is significant coverage of waters
within the boundaries of the unit," crlf
                "then the dominant element of the unit is water,"
crlf
    crlf
                "and the unit will fall under the category of
water bodies and wetlands" crlf)
    (printout t crlf)
    (printout t "If there is significant coverage of plants and
trees within the" crlf
                "boundaries of the unit, then the dominant
element of the unit is vegetation," crlf
                "and the unit will fall under the category of
agricultural areas and forests." crlf)
    (printout t crlf)
    (printout t "The unit will fall under the category of bare
soil if" crlf
                "it doesnt belong to artificial surfaces," crlf
                "waters or vegetation, and it appears mauve in a
Landsat TM RGB543." crlf)
    (printout t crlf)
    (printout t "Does the dominant element of the unit appear
very dark green or blue" crlf
                "in a Landsat TM RGB435 Color composite?
(yes/no)..."
    (assert (step1 =(read)))
    )

(defrule step1
  ?f1 <- (step1 yes)
  =>
  (retract ?f1)
  (assert (hyperc 4))
  )

(defrule step15
  ?f1 <- (step1 no)
  (not (step2 ?value34))
  =>
  (retract ?f1)
  (printout t crlf)
  (printout t "Does the dominant element of the unit appear
mauve in a Landsat TM RGB741 Color Composite? (yes/no)..."
  (assert (step2 =(read)))
  )

```

```

(defrule step2
  ?f1 <- (step2 no)
  (not (step8 ?value55))
  =>
  (retract ?f1)
  (printout t crlf)
  (printout t "Does the dominant element of the unit appear
various green color,"crlf
              "in a Landsat TM RGB341 Color Composite?
(yes/no)...")
  (assert (step8 =(read)))
  )

(defrule step8
  ?f1 <- (step8 yes)
  =>
  (retract ?f1)
  (assert (hyperc 2))
  )

(defrule step82
  ?f1 <- (step8 no)
  =>
  (retract ?f1)
  (assert (hyperc 3))
  )

(defrule step25
  ?f1 <- (step2 yes)
  (not (step3 ?value66))
  =>
  (retract ?f1)
  (printout t crlf)
  (printout t "Does the dominant element of the unit appear
white in a Landsat TM RGB371 Color Composite? (yes/no)...")
  (assert (step3 =(read)))
  )

(defrule step3a
  ?f1 <- (step3 yes)
  =>
  (retract ?f1)
  (assert (hyperc 1))
  )

(defrule step3b
  ?f1 <- (step3 no)
  =>

```

```

(retract ?f1)
(assert (hyperc 3))
)
;;;===== Artificial Surfaces

(defrule node11b
  ?f1 <- (this-is-a-landuse)
  ?f2 <- (hyperc 1)
  (not (sizelarge ?answer))
=>
  (retract ?f1 ?f2)
  (printout t crlf)
  (printout t "Is the size of the unit large ? (yes/no)...")
  (assert (sizelarge =(read)))
)

(defrule node11a
  ?f3 <- (sizelarge yes)
=>
  (retract ?f3)
  (printout t crlf)
  (printout t "Is the shape of the unit regular ?
(yes/no)...")
  (assert (shapereg =(read)))
)

(defrule confirmAirport
  ?f5 <- (shapereg yes)
  (not (exofrunways ?valueconf))
=>
  (retract ?f5)
  (printout t crlf)
  (printout t "Can u distinct runways" crlf
              "-long lines of dark tone usually black or grey
in an RGB321-? (yes/no)...")
  (assert (exofrunways =(read)))
)

(defrule Airport
  ?f5 <- (exofrunways yes)
=>
  (retract ?f5)
  (printout t crlf)
  (assert (landuse Airport))
  (assert (id-criteria "1. Human Structures with,"

```

```

                "2. Regular Shape, large size, runways"
                "3. existence of non linear
vegetation"))
    )

(defrule exofveget39
  ?f4 <- (shapereg no)
  =>
  (retract ?f4)
  (printout t crlf)
  (printout t "Any NON-LINEAR Vegetation Presence ?
(yes/no)...")
  (assert (exofveget =(read)))
  )

(defrule Continous_Urban_Fabric
  ?f4 <- (exofveget no)
  =>
  (retract ?f4)
  (printout t crlf)
  (assert (landuse Continous_Urban_Fabric))
  (assert (id-criteria "1. Human Structures with,"
                      "2. Irregular Shape, large size,"
                      "3. existence of only linear
vegetation"))
  )

(defrule Discontinous_Urban_Fabric
  ?f5 <- (exofveget yes)
  =>
  (retract ?f5)
  (printout t crlf)
  (assert (landuse Discontinous_Urban_Fabric))
  (assert (id-criteria "1. Human Structures with,"
                      "2. Irregular Shape, large size,"
                      "3. existence of non linear
vegetation"))
  )

(defrule secondtry
  ?f5 <- (exofrunways no)
  =>
  (retract ?f5)
  (assert (shapereg no))
  )

```

```

(defrule node13a
  ?f3 <- (sizelarge no)
  (not (locadjto2 ?value13a))
=>
  (retract ?f3)
  (printout t crlf)
  (printout t "Is the unit Adjacent to coast ? (yes/no)...")
  (assert (locadjto2 =(read)))
)

(defrule confirmPort_Area
  ?f6 <- (locadjto2 yes)
  (not (exofmarinas ?valueport))
=>
  (retract ?f6)
  (printout t crlf)
  (printout t "Can you distinct marinas or the existance of a
bay attached to the unit?" crlf
              "marinas-long lines of grey or white tone
surrounded by dark tone of waters- (yes/no)...")
  (assert (exofmarinas =(read)))
)

(defrule Port_Area
  ?f6 <- (exofmarinas yes)
=>
  (retract ?f6)
  (printout t crlf)
  (assert (landuse Port_Area))
  (assert (id-criteria "1. Human Structures with,"
                      "2. Not large size, Heterogenous
texture"
                      "3. Location adjacent to coast"))
)

(defrule Mine_Dump_or_construction_sites2
  ?f6 <- (exofmarinas no)
=>
  (retract ?f6)
  (printout t crlf)
  (assert (landuse Mine_Dump_or_construction_sites))
  (assert (id-criteria "1. Human Structures with,"
                      "2. Not large size, Heterogenous
texture"
                      "3. located inside urban fabric"))
)

```

```

)

(defrule Mine_Dump_or_construction_sites
  ?f6 <- (locadjto2 no)
  =>
  (retract ?f6)
  (printout t crlf)
  (assert (landuse Mine_Dump_or_construction_sites))
  (assert (id-criteria "1. Human Structures with,"
                      "2. Not large size, smooth texture"
                      "3. Location NOT adjacent to coast"))
)

;;;===== Vegetation

(defrule node21a
  ?f1 <- (hyperc 2)
  ?f2 <- (this-is-a-landuse)
  (not (texturesmooth ?valuethis))
  =>
  (retract ?f1 ?f2)
  (printout t crlf)
  (printout t "Existence of trees in the unit?" crlf
             "-You can recognise trees by defining stems and
crowns- (yes/no/unknown)...")
  (assert (exoftrees02 =(read)))
  )

(defrule node21c
  ?f1 <- (exoftrees02 yes)
  (not (treedensity ?value21c))
  =>
  (retract ?f1)
  (printout t crlf)
  (printout t "How many trees can you recognise per hectare
high>100trees/ha or low? (high/low)...")
  (assert (treedensity =(read)))
  )

(defrule node21d
  ?f2 <- (treedensity low)
  (not (exofhumstruc ?value21c))
  =>
  (retract ?f2)
  (printout t crlf)

```

```

(printout t "Can you define any human structures in the
unit? (yes/no)...")
(assert (exofhumstruc =(read)))
)

(defrule Complex_Cultivation
?f3 <- (exofhumstruc yes)
=>
(retract ?f3)
(printout t crlf)
(assert (landuse Complex_Cultivation))
(assert (id-criteria "1. Vegetation with,"
                    "2. some trees, "
                    "3. sparsely distributed human
structures"))
)

(defrule Land_Occupied_by_agriculture_with_natural_Vegetation
?f3 <- (exofhumstruc no)
=>
(retract ?f3)
(printout t crlf)
(assert (landuse
Land_Occupied_by_agriculture_with_natural_Vegetation))
(assert (id-criteria "1. Vegetation with,"
                    "2. some trees, "
                    "3. NOT existence of human
structures"))
)

(defrule node22d
?f2 <- (treedensity high)
(not (agripattern02 ?value22d))
=>
(retract ?f2)
(printout t crlf)
(printout t "Is the pattern of unit agricultural?
(yes/no)...")
(assert (agripattern02 =(read)))
)

(defrule node22y
?f8 <- (agripattern02 yes)
(not (exofir22y ?value22y))
=>
(retract ?f8)
(printout t crlf)

```



```

(printout t "Are there any irrigation channels in the unit?
(yes/no)...")
(assert (exofir22y =(read)))
)

(defrule Olive_Groves
?f3 <- (exofir22y no)
=>
(retract ?f3)
(printout t crlf)
(assert (landuse Olive_Groves))
(assert (id-criteria "1. Vegetation with,"
                    "2. existence of trees with high
density, in agricultural pattern,"
                    "3. NOT existence of irrigation "))
)

(defrule Fruit_trees_and_berries_plantations
?f3 <- (exofir22y yes)
=>
(retract ?f3)
(printout t crlf)
(assert (landuse Fruit_trees_and_berries_plantations))
(assert (id-criteria "1. Vegetation with,"
                    "2. existence of trees with high
density, in agricultural pattern,"
                    "3. and existence of irrigation "))
)

(defrule node23d
?f9 <- (agripattern02 no)
(not (rgb453c23d ?value23d))
=>
(retract ?f9)
(printout t crlf)
(printout t "Whats the color of unit in an RGB453 Landsat TM
composite?" crlf
           "1. Yellow-Bright Orange 2. Greenish Blue 3.
Brown 4. Red-Light red (1/2/3/4)...")
(assert (rgb453c23d =(read)))
)

(defrule Agroforestry_Area
?f4 <- (rgb453c23d 2)
=>
(retract ?f4)
(printout t crlf)

```

```

(assert (landuse Agroforestry_Area))
(assert (id-criteria "1. Vegetation with,"
                    "2. existence of trees with high
density,"
                    "3. Greenish Blue Color in RGB453
Landsat TM composite "))
)

(defrule Broad_Leaved_Forest
?f4 <- (rgb453c23d 4)
=>
(retract ?f4)
(printout t crlf)
(assert (landuse Broad_Leaved_Forest))
(assert (id-criteria "1. Vegetation with,"
                    "2. existence of trees with high
density,"
                    "3. Light red or red Color in RGB453
Landsat TM composite "))
)

(defrule Coniferous_Forest
?f4 <- (rgb453c23d 3)
=>
(retract ?f4)
(printout t crlf)
(assert (landuse Coniferous_Forest))
(assert (id-criteria "1. Vegetation with,"
                    "2. existence of trees with high
density,"
                    "3. Brown Color in RGB453 Landsat TM
composite "))
)

(defrule Olive_groves
?f4 <- (rgb453c23d 1)
=>
(retract ?f4)
(printout t crlf)
(assert (landuse Olive_groves))
(assert (id-criteria "1. Vegetation that sometimes follows
agricultural pattern,"
                    "2. high density of trees, without
irrigation channels"
                    "3. Yellow-Bright Orange Color in
RGB453 Landsat TM composite."))
)

```

```

)

(defrule node25c
  ?f1 <- (exoftrees02 no)
  (not (pattern25c ?value25c))
  =>
  (retract ?f1)
  (printout t crlf)
  (printout t "Does the unit follow an agricultural pattern?
(yes/no)...")
  (assert (pattern25c =(read)))
  )

(defrule Pastures_Shrub_or_herbaceous_association
  ?f4 <- (pattern25c no)
  =>
  (retract ?f4)
  (printout t crlf)
  (assert (landuse Pastures_Shrub_or_herbaceous_association))
  (assert (id-criteria "1. Vegetation with,"
                      "2. existence of shrubs without trees,"
                      "3. NOT following any pattern  "))
  )

(defrule node25d
  ?f1 <- (pattern25c yes)
  (not (exofir25d ?value25d))
  =>
  (retract ?f1)
  (printout t crlf)
  (printout t "Can you distinct any irrigation channels?
(yes/no)...")
  (assert (exofir25d =(read)))
  )

(defrule Permanently_Irrigated_land
  ?f4 <- (exofir25d yes)
  =>
  (retract ?f4)
  (printout t crlf)
  (assert (landuse Permanently_Irrigated_land))
  (assert (id-criteria "1. Vegetation that,"
                      "2. follows Agricultural pattern, is
irrigated via irrigation channels"
                      "3. without trees  "))
  )

(defrule node25f

```

```

?f3 <- (exofir25d no)
(not (rgb432c25f ?value25f))
=>
(retract ?f3)
(printout t crlf)
(printout t "Whats the dominant color of the unit in an
RGB432 Landsat TM composite?" crlf
          "1.Light red 2.Yellow 3.None of the above
(1/2/3)...")
(assert (rgb432c25f =(read)))
)

(defrule Non-Irrigated_Arable_Land
?f4 <- (rgb432c25f 1)
=>
(retract ?f4)
(printout t crlf)
(assert (landuse Non-Irrigated_Arable_Land))
(assert (id-criteria "1. Vegetation that,"
                    "2. follows agricultural pattern,
without trees and irrigation channels"
                    "3. Light red Color in RGB432 Landsat
TM composite "))
)

(defrule Rice_Fields
?f4 <- (rgb432c25f 2)
=>
(retract ?f4)
(printout t crlf)
(assert (landuse Rice_Fields))
(assert (id-criteria "1. Vegetation that,"
                    "2. follows agricultural pattern,
without trees and irrigation channels"
                    "3. Yellow Color in RGB432 Landsat TM
composite "))
)

(defrule Vineyards
?f4 <- (rgb432c25f 3)
=>
(retract ?f4)
(printout t crlf)
(assert (landuse Vineyards))
(assert (id-criteria "1. Vegetation that,"
                    "2. follows agricultural pattern,
without trees and irrigation channels"

```

```

                                "3. without any particular Color in
RGB432 Landsat TM composite ")
)

(defrule nodeadd1
  ?f2 <- (exoftrees02 unknown)
  (not (agripattern022 ?value22d))
=>
  (retract ?f2)
  (printout t crlf)
  (printout t "Is the pattern of unit agricultural?
(yes/no)...")
  (assert (agripattern022 =(read)))
  )

(defrule nodeadd2
  ?f1 <- (agripattern022 yes)
  (not (col2432rgb ?val5d))
=>
  (retract ?f1)
  (printout t crlf)
  (printout t "Does the unit appear in light red in a Landsat
TM 432 RGB color composite? (yes/no)...")
  (assert (col2432rgb =(read)))
  )

(defrule Permanently_Irrigated_land2
  ?f4 <- (col2432rgb yes)
=>
  (retract ?f4)
  (printout t crlf)
  (assert (landuse Permanently_Irrigated_land))
  (assert (id-criteria "1. Vegetation that,"
                        "2. follows Agricultural pattern, is
irrigated via irrigation channels"
                        "3. without trees  "))
  )

(defrule nodeadd3
  ?f3 <- (col2432rgb no)
  (not (rgb432c25f2 ?value25f))
=>
  (retract ?f3)
  (printout t crlf)
  (printout t "Whats the dominant color of the unit in an
RGB453 Landsat TM composite?" crlf
              "1.Light Blue 2.Yellow/Orange 3.None of the
above (1/2/3)...")

```

```

(assert (rgb432c25f2 =(read)))
)

(defrule Non-Irrigated_Arable_Land2
?f4 <- (rgb432c25f2 1)
=>
(retract ?f4)
(printout t crlf)
(assert (landuse Non-Irrigated_Arable_Land))
(assert (id-criteria "1. Vegetation that,"
                    "2. follows agricultural pattern,
without trees and irrigation channels"
                    "3. Light red Color in RGB432 Landsat
TM composite "))
)

(defrule Rice_Fields2
?f4 <- (rgb432c25f2 2)
=>
(retract ?f4)
(printout t crlf)
(assert (landuse Rice_Fields))
(assert (id-criteria "1. Vegetation that,"
                    "2. follows agricultural pattern,
without trees and irrigation channels"
                    "3. Yellow Color in RGB432 Landsat TM
composite "))
)

(defrule Vineyards2
?f4 <- (rgb432c25f2 3)
=>
(retract ?f4)
(printout t crlf)
(assert (landuse Vineyards))
(assert (id-criteria "1. Vegetation that,"
                    "2. follows agricultural pattern,
without trees and irrigation channels"
                    "3. without any particular Color in
RGB432 Landsat TM composite "))
)

(defrule backtotop
?f9 <- (agripattern022 no)
=>
(retract ?f9)
(assert (agripattern02 no))

```

```

)

;;;===== Bare Soil

(defrule node31a
  ?f1 <- (hyperc 3)
  ?f2 <- (this-is-a-landuse)
  (not (exofsand1 ?value31a))
  =>
  (retract ?f1 ?f2)
  (printout t crlf)
  (printout t "Is the RGB321 Color of unit beige or yellow?
(yes/no)...")
  (assert (exofsand1 =(read)))
  )

(defrule addon1
  ?f3 <- (exofsand1 yes)
  (not (exofsand ?value39a))
  =>
  (retract ?f3)
  (printout t crlf)
  (printout t "Is there significant presence of sand?
(yes/no)...")
  (assert (exofsand =(read)))
  )

(defrule Beaches_Dunes_and_Sand_Plains
  ?f3 <- (exofsand yes)
  =>
  (retract ?f3)
  (printout t crlf)
  (assert (landuse Beaches_Dunes_and_Sand_Plains))
  (assert (id-criteria "1. Bare Soil with"
                      "2. Significant presence of sand"
                      "3. RGB321 color beige or light
yellow"))
  )

(defrule node3b
  ?f3 <- (exofsand1 no)
  (not (rgb321cblack ?value3b))
  =>
  (retract ?f3)
  (printout t crlf)
  (printout t "Does the unit appear black in LandsatTM RGB321
Compoosite ? (yes/no)...")

```

```

(assert (rgb321cblack =(read)))
)

(defrule node3bb
?f3 <- (exofsand1 no)
(not (rgb321cblack ?value3b))
=>
(retract ?f3)
(printout t crlf)
(printout t "Does the unit appear black in LandsatTM RGB321
Composite ? (yes/no)...")
(assert (rgb321cblack =(read)))
)

(defrule Burnt_Area
?f1 <- (rgb321cblack yes)
=>
(retract ?f1)
(printout t crlf)
(assert (landuse Burnt_Area))
(assert (id-criteria "1. Bare soil with, "
                    "2. RGB321 color black"
                    "3. "))
)

(defrule node3c
?f4 <- (rgb321cblack no)
(not (shaperegular ?value3c))
=>
(retract ?f4)
(printout t crlf)
(printout t "Is the Shape of unit Regular ? (yes/no)...")
(assert (shaperegular =(read)))
)

(defrule Salines
?f5 <- (shaperegular yes)
=>
(retract ?f5)
(printout t crlf)
(assert (landuse Salines))
(assert (id-criteria "1. Bare soil with, "
                    "2. RGB321 color white or beige, shape
regular"
                    "3. Location adjacent to coast"))
)

```



```

(defrule node3d
  ?f5 <- (shaperegular no)
  (not (rgb453cpink ?value3d))
  =>
  (retract ?f5)
  (printout t crlf)
  (printout t "Does the unit appear pink in LandsatTM RGB453
Color Composite ? (yes/no)...")
  (assert (rgb453cpink =(read)))
  )

(defrule Glaciers_and_perpetual_snow
  ?f6 <- (rgb453cpink yes)
  =>
  (retract ?f6)
  (printout t crlf)
  (assert (landuse Glaciers_and_perpetual_snow))
  (assert (id-criteria "1. Bare soil with, "
                      "2. RGB321 color white,RGB453 color
pink,"
                      "3. Shape NOT regular"))
  )

(defrule Bare_rock
  ?f6 <- (rgb453cpink no)
  =>
  (retract ?f6)
  (printout t crlf)
  (assert (landuse Bare_Rock))
  (assert (id-criteria "1. Bare soil with, "
                      "2. RGB321 color white or beige,RGB453
color not pink"
                      "3. NOT regular Shape"))
  )

;;;=====          Water Bodies          =====;;;

(defrule node41a
  ?f1 <- (hyperc 4)
  ?f2 <- (this-is-a-landuse)
  (not (locadjtocoast ?value41a))
  =>
  (retract ?f1 ?f2)
  (printout t crlf)
  (printout t "Is the unit adjacent to coast ? (yes/no)...")
  (assert (locadjtocoast =(read)))
  )

```

```

(defrule marine_waters
  ?f3 <-(locadjtocoast yes)
  =>
  (retract ?f3)
  (assert (marinewaters))
  )

(defrule inland_waters
  ?f3 <-(locadjtocoast no)
  =>
  (retract ?f3)
  (assert (inlandwaters))
  )

(defrule node4b
  (inlandwaters)
  (not (shape ?value4b))
  =>
  (printout t crlf)
  (printout t "Is the shape of the unit linear ? (yes/no)...")
  (assert (shapelinear = (read)))
  )

(defrule water_course
  (inlandwaters)
  (shapelinear yes)
  =>
  (printout t crlf)
  (assert (landuse Water_Course))
  (assert (id-criteria "1. Waters with"
                      "2. Narrow width, linear shape"
                      "3. NOT location adjacent to coast."))
  )

(defrule node5b
  (inlandwaters)
  (shapelinear no)
  (not (homogen ?value67))
  =>
  (printout t crlf)
  (printout t "Is the photo tone of the item homogenous ?
  (yes/no)...")
  (assert (homogen = (read)))
  )

(defrule water_bodies
  (inlandwaters)

```

```

(shapelinear no)
(homogen yes)
=>
(printout t crlf)
(assert (landuse Water_Bodies))
(assert (id-criteria "1. Waters with"
                    "2. Wide or NOT narrow width, Cilcular
shape"
                    "3. NOT location adjacent to coast.))
)

(defrule Inland_marshes
  (inlandwaters)
  (shapelinear no)
  (homogen no)
  =>
  (printout t crlf)
  (assert (landuse Inland_marshes))
  (assert (id-criteria "1. Waters with increasing amounts of
dissolved inorganic materials"
                    "2. Wide or NOT narrow width, Cilcular
shape"
                    "3. NOT location adjacent to coast.))
)

(defrule node42b
  (marinewaters)
  (not (rgb321c ?value42b))
  =>
  (printout t crlf)
  (printout t "Does the unit appear 1.blue or 2.light blue in
LandsatTM RGB321 Color Composite ? (1/2)...")
  (assert (rgb321c = (read)))
)

(defrule Sea_And_Ocean
  (marinewaters)
  (rgb321c 1)
  =>
  (printout t crlf)
  (assert (landuse Sea_And_Ocean))
  (assert (id-criteria "1. Waters with"
                    "2. RGB321 Color Blue, "
                    "3. Location adjacent to coast"))
)

```

```

(defrule add23
  (marinewaters)
  (rgb321c 2)
  (not (shapex ?valueads))
  =>
  (printout t crlf)
  (printout t "Is the shape of unit 1. Circular or 2.
Triangular ? (1/2)...")
  (assert (shapex = (read)))
  )

(defrule Estuaries
  (marinewaters)
  (rgb321c 2)
  (shapex 2)
  =>
  (printout t crlf)
  (assert (landuse Estuaries))
  (assert (id-criteria "1. Waters with"
                        "2. RGB321 Color Light Blue, small
size, triangular or linear shape"
                        "3. Location adjacent to coast"))
  )

(defrule noderee
  (marinewaters)
  (rgb321c 2)
  (shapex 1)
  (not (homogen2 ?value53c))
  =>
  (printout t crlf)
  (printout t "Is the photo tone of the item homogenous ?
(yes/no)...")
  (assert (homogen2 = (read)))
  )

(defrule Coastal_Lagoons
  (marinewaters)
  (rgb321c 2)
  (shapex 1)
  (homogen2 yes)
  =>
  (printout t crlf)
  (assert (landuse Coastal_Lagoons))
  (assert (id-criteria "1. Waters with"

```

```

                "2. RGB321 Color Light Blue, NOT large
size, cilcular shape"
                "3. Location adjacent to coast"))
    )

```

```

(defrule Salt_marshes
  (marinewaters)
  (rgb321c 2)
  (shapex 1)
  (homogen2 no)
  =>
  (printout t crlf)
  (assert (landuse Salt_marshes))
  (assert (id-criteria "1. Waters with increasing amounts of
dissolved inorganic materials"
                      "2. NOT large size, cilcular shape or
wide width"
                      "3. Location adjacent to coast"))
  )

```

```

;;; =====Phase control rules

```

```

(defrule print-landuse
  (declare (salience -20))
  ?lu <- (landuse ?key)
  =>
  (retract ?lu)
  (assert (lu ?key))
  (printout t "Identification : ")
  (printout t "key    " ?key crlf crlf)
  )

```

```

(defrule print-characteristics
  (declare (salience -30))
  ?id <- (id-criteria ?fact1 ?fact2 ?fact3)
  =>
  (retract ?id)
  (printout t "Characteristics: " ?fact1 crlf
            "                " ?fact2 crlf
            "                " ?fact3 crlf crlf
            "continue id : (yes/no) ?" crlf)
  (assert (find-another =(read)))
  )

```

```

(defrule print-db-query

```

```

?f1 <- (find-another no)
(lu ?key)
=>
(retract ?f1)
(printout t "Print out landuse identified so far : (yes/no)
?" crlf)
(assert (print =(read)))
)

```

```

(defrule print-final-db-yes
  (declare (salience 10))
  ?print <- (print yes)
  ?lu <- (lu ?key)
  =>
  (retract ?lu)
  (assert (lu-id ?key))
  (printout t "      key " ?key crlf)
)

```

```

(defrule print-final-db-no
  (declare (salience 10))
  ?print <- (print no)
  ?lu <- (lu ?key)
  =>
  (retract ?lu)
  (assert (lu-id ?key))
)

```

```

(defrule query-modification
  ?f1 <- (print ?any)
  (lu-id ?key)
  =>
  (retract ?f1)
  (printout t "Is there any data manipulation you want to do :
"
           "(add/delete/search/no) ?" crlf)
  (assert (add-delete-search =(read)))
)

```

```

(defrule add-to-list
  ?f1 <- (add-delete-search add)
  =>
  (retract ?f1)
  (printout t "Which landuse -- input key name ? " crlf)
  (bind ?lu (read))
  (assert (lu-id ?lu))
  (printout t "key " ?lu " is added to the list." crlf)
)

```

```

                "More to modify -- (add/delete/search/no) ? "
crlf)
  (assert (add-delete-search =(read)))

)

(defrule delete-from-list-1
  ?f1 <- (add-delete-search delete)
  =>
  (retract ?f1)
  (printout t "Which landuse -- input key name ? " crlf)
  (assert (delete =(read)))
)

(defrule delete-from-list-2
  ?f1 <- (delete ?lu)
  ?f2 <- (lu-id ?landuse)
  (test (eq ?lu ?landuse))
  =>
  (retract ?f1 ?f2)
  (printout t "key " ?landuse " is deleted from the list."
crlf
                "More to modify -- (add/delete/search/no) ? "
crlf)
  (assert (add-delete-search =(read)))
)

(defrule search-database
  ?f1 <- (add-delete-search search)
  =>
  (retract ?f1)
  (printout t "which landuse : input key name ?" crlf)
  (assert (search =(read)))
)

(defrule data-found
  (declare (salience 10))
  ?search <- (search ?lu)
  (lu-id ?landuse)
  (test (eq ?lu ?landuse))
  =>
  (printout t "key " ?lu " is in the identified list." crlf)
  (retract ?search)
  (printout t "More to modify -- (add/delete/search/no) ? "
crlf)
  (assert (add-delete-search =(read)))
)

```

```

(defrule data-not-found
  ?search <- (search ?lu)
  =>
  (printout t "key " ?lu " is not found in the identified
list." crlf)
  (retract ?search)
  (printout t "More to modify -- (add/delete/search/no) ? "
crlf)
  (assert (add-delete-search =(read)))
  )

```

```

(defrule print-list-again-query
  ?f1 <- (add-delete-search no)
  =>
  (retract ?f1)
  (printout t "Print final list : (yes/no) ?" crlf)
  (assert (print-again =(read)))
  )

```

```

(defrule print-final-list
  (declare (saliency 10))
  (print-again yes)
  ?lu <- (lu-id ?key)
  =>
  (retract ?lu)
  (assert (luid ?key))
  (printout t "      key " ?key crlf)
  )

```

```

;(defrule exit-program
;(declare (saliency -100))
;($?)
; =>
; (printout t "Bye !" crlf)
; )

```



```
(defacts key-included

(key Continuous_Urban_Fabric)
(key Discontinuous_Urban_Fabric)
(key Mine_Dump_or_construction_sites)
(key Port_Area)
(key Green_Urban_Area)
(key Complex_Cultivation)
(key Land_Occupied_by_agriculture_with_natural_Vegetation)
(key Olive_groves)
(key Fruit_trees_and_berries_plantations)
(key Beaches_Dunes_and_Sand_Plains)
(key Salines)
(key Glaciers_and_perpetual_snow)
(key Bare_rock)
(key Water_Course)
(key Water_Bodies)
(key Sea_And_Ocean)
(key Estuaries)
(key Coastal_Lagoons)
(key Broad_Leaved_Forest)
(key Coniferous_Forest)
(key Mixed_Forest)
(key Agroforestry_Area)
(key Pastures_Shrub_or_herbaceous_association)
(key Permanently_Irrigated_land)
(key Non-Irrigated_Arable_Land)
(key Rice_Fields)
(key Vineyards)
(key Salt_marshes)
(key Inland_marshes)
)
```

Β. Φωτοαναγνωριστικά στοιχεία

	Φωτοαναγνωριστικά στοιχεία	Τιμές
Φασματικά χαρακτηριστικά (Spectral characteristics)	Τόνος του γκρι (Photo tone)	Πολύ ανοικτός(σχεδόν άσπρος), φαιός, μεσαίοι τόνοι, σκούρος, πολύ σκούρος(σχεδόν μαύρος)
	Απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 (Color in RGB 321 composite)	Χρώματα
	Υφή (Texture)	Λεία, τραχειά (ή λεπτόκκοκη, χονδρόκκοκη)
	Ομοιογένεια τόνου (Photo tone uniformity)	Ομοιογενής, εναλλαγή τόνων
	Είδος τόνου περιγράμματος (Boundary tone type)	Έντονα διακριτό, ασαφώς διακριτό

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά (Geometric characteristics)	Σχήμα σε 2 διαστάσεις (2D shape)	Ορθογώνιο, παραλληλόγραμμο, κυκλικό, τετράγωνο, πολυγωνικό, ελλειπτικό, τριγωνικό, ακαθόριστο
	Σχήμα σε 3 διαστάσεις (3D shape)	(Ημι)κυλινδρικό, (ημι)σφαιρικό, (ημι)κωνικό, κύβος, πρίσμα, παραλληλεπίπεδο
	Σχετικό μέγεθος (Relative size)	Μικρότερο από, όμοιο με, μεγαλύτερο από
	Απόλυτο μέγεθος (Absolute size)	X μέτρα(m), χιλιόμετρα(km) (μονάδα μέτρησης μήκους)
	Ύψος (Height)	X μέτρα(m)
	Πλάτος (Width)	X μέτρα(m)
	Μήκος (Length)	X μέτρα(m)
	Βάθος (Depth)	X μέτρα(m)
	Εμβαδόν (Area)	X τετραγωνικά μέτρα (μονάδα μέτρησης εμβαδού)
	Μήκος προς πλάτος (Length/width)	Λόγος (m/m)
	Περίμετρος (Border length)	X μέτρα(m)
	Κύρια διεύθυνση / προσανατολισμός (Main direction)	Βορράς, Νότος, Ανατολή, Δύση
	Κανονικότητα σχήματος (Compactness)	Κανονικό, ακαθόριστο
	Αριθμός εμπεριεχόμενων ακμών ή πυκνότητα γραμμικού προτύπου (Number of embedded edges)	Υψηλή, χαμηλή
Πρότυπο / διάταξη (Pattern / arrangement)	Γραμμικό, κανάβου, παραλληλίας	

Θέση στο χώρο / σχέσεις με το περιβάλλον (Regional context / relation to neighbors)	Πιο σκούρο/φωτεινό από τους γείτονες (Darker/brighter than neighbors)	Αμμώδης ακτή είναι πιο φωτεινή από τη θάλασσα
	Περιλαμβάνεται σε (Is contained in)	Πύργος ελέγχου περιλαμβάνεται σε αεροδρόμιο
	Περιλαμβάνει (Contains)	Αεροδρόμιο περιλαμβάνει αεροδιάδρομο
	Καλύπτεται από (Is covered by)	Έδαφος καλύπτεται από βλάστηση
	Βρίσκεται γύρω από (Occurs around)	Μανδρότοιχος βρίσκεται γύρω από αεροδρόμιο
	Περιβάλλεται από (Is surrounded by)	Αεροδρόμιο περιβάλλεται από μανδρότοιχο
	Βρίσκεται ψηλότερα από (Occurs higher than)	Βουνοκορφές βρίσκονται ψηλότερα από κάμπους
	Βρίσκεται χαμηλότερα από (Occurs lower than)	Κάμποι βρίσκονται χαμηλότερα από βουνοκορφές
	Βρίσκεται κοντά σε (Occurs adjacent to)	Πισίνα βρίσκεται κοντά σε κτίσματα
	Βρίσκεται δίπλα σε (Occurs next to)	Πεζοδρόμιο βρίσκεται δίπλα σε δρόμο
	Αριθμός γειτόνων (Number of neighbors)	Ο αριθμός γειτόνων μιας πολυκατοικίας κυμαίνεται μεταξύ 0 και 3
	Σχετικό κοινό όριο με (Relative border to)	Μια νησίδα έχει σχετικό κοινό όριο με τη λεωφόρο
	Κοινό όριο με (Border to)	Νησί έχει κοινό όριο με την υδάτινη μάζα
Απόσταση από (Distance to)	Ένα ελαιόδενδρο έχει απόσταση από ένα άλλο ίση με 5m	

Εννοιολογικά χαρακτηριστικά (Semantic characteristics)	Σύνηθες όνομα (Preferred name)	Αστικός ιστός
	Επιπλέον ονόματα (Other names)	Αστική οικοδόμηση
	Πηγή (Citation)	
	Είναι είδος (Is a kind of)	Η πσίνα είναι είδος υδάτινης μάζας
	Έχει υποκατηγορίες (Has subclasses)	Οι υδάτινες μάζες έχουν υποκατηγορία τα ποτάμια, τις λίμνες
	Είναι όμοιο με (Is similar to)	Ένα αλλουβιακό ριπίδιο είναι όμοιο με έναν αλλουβιακό κώνο
	Είναι πιθανή ένδειξη για (Is possible indicator of)	Το δενδριτικό υδρογραφικό δίκτυο είναι πιθανή ένδειξη για ομοιόμορφο πέτρωμα
	Είναι απόλυτη ένδειξη για (Is definite indicator of)	Μαύρη επίπεδη επιφάνεια σε υπέρυθρο κανάλι είναι απόλυτη ένδειξη για υδάτινη μάζα
	Είναι αιτία (Cause)	Η χλωροφύλλη των δέντρων είναι αιτία της υψηλής ανακλαστικότητας στο υπέρυθρο
Είναι αποτέλεσμα (Caused by)	Οι υψηλές τιμές ανακλαστικότητας στο υπέρυθρο είναι αποτέλεσμα παρουσίας χλωροφύλλης	