

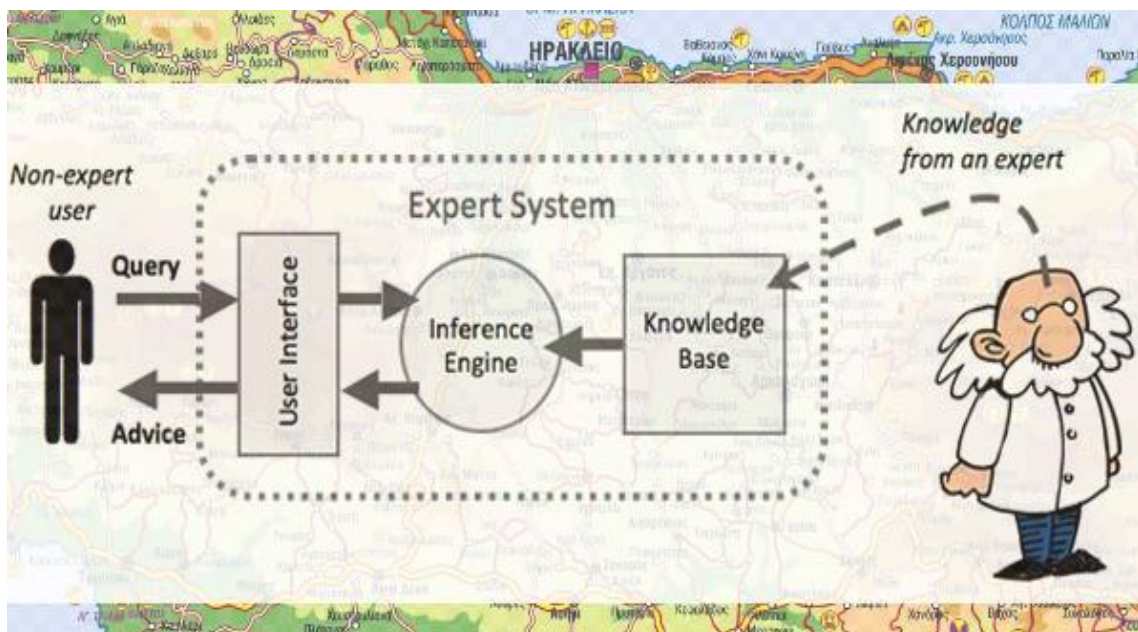


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Ανάπτυξη Βάσης Γνώσης για την Ανάλυση Εικόνων, σε Περιβάλλον
Γλώσσας Προγραμματισμού CLIPS, με Σκοπό την Ενημέρωση
Τοπογραφικών Χαρτών



C Language Integrated Production System



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΣΠΑΝΑΚΗΣ

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2017

Επιβλέπων: Αργιαλός Δημήτριος, Καθηγητής ΕΜΠ



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**Ανάπτυξη Βάσης Γνώσης για την Ανάλυση Εικόνων, σε Περιβάλλον
Γλώσσας Προγραμματισμού CLIPS, με Σκοπό την Ενημέρωση
Τοπογραφικών Χαρτών**

Διπλωματική Εργασία

Γεώργιος Σπανάκης

Επιβλέπων: Αργιαλάς Δημήτριος, Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή τον μήνα Οκτώβριο 2017

.....
.....

Δ. Αργιαλάς
Καθηγητής ΕΜΠ

Β. Καραθανάση
Αν. Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

Κ.Καράντζαλος
Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Οκτώβριος 2017

Η Παρούσα Διπλωματική Εργασία Αφιερώνεται,

Στη Μητέρα όλου του Κόσμου,

Τη Μεγαλόχαρη Παναγία..

Ευχαριστίες

Θα ήθελα πρωτίστως να ευχαριστήσω τον κ. Δημήτριο Αργιαλά, Καθηγητή της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του ΕΜΠ, για τη δυνατότητα που μου έδωσε να εκπονήσω την παρούσα διπλωματική εργασία και την αμέριστη βοήθεια και συμβολή του, στην επιτυχή ολοκλήρωση της.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Διδάκτορα κ. Αργυρό Αργυρίδη, ο οποίος στάθηκε δίπλα μου όποτε τον χρειάστηκα, οποιαδήποτε ώρα και μέρα, βοηθώντας με σημαντικά με τις συμβουλές του και τις γνώσεις του στην πραγμάτωση της παρούσας εργασίας.

Τέλος, δεν θα μπορούσα να παραλείψω τις ευχαριστίες μου, σε όλους τους Καθηγητές της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του ΕΜΠ και στην οικογένεια μου, τόσο στη γυναίκα μου και το γιό μου Ζαχαρία, όσο και στους γονείς μου και τον αδερφό μου για την αμέριστη, αγόγγυστη και συνεχή στήριξή τους, όλα αυτά τα χρόνια που συνεχίζω τις σπουδές μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Είναι σαφές ότι η διαδικασία επίλυσης προβλημάτων στην φωτοερμηνεία είναι ακόμη, πέρα από επιστήμη και τέχνη (Argialas & Mintzer 1992). Το διαδικαστικό πλαίσιο για την επίλυση του προβλήματος ακόμη λείπει και τα βιβλία δεν αναπτύσσουν τις απαραίτητες θεωρίες και στρατηγικές που είναι απαραίτητες προκειμένου να καθοδηγηθούν οι αρχάριοι στην διαδικασία του προσδιορισμού των χρήσεων / καλύψεων γης με φωτοερμηνεία. Δημιουργείται έτσι η ανάγκη να μελετηθεί συστηματικά η διαδικασία του προσδιορισμού συμπερασμάτων στην φωτοερμηνεία χρήσεων / καλύψεων γης, προκειμένου να κατανοηθεί καλύτερα και να τυποποιηθεί αυτή η διαδικασία, και να αναπτυχθεί ένα συστηματικό πλαίσιο για την αναγνώριση τους μέσα από τη διαδικασία ανάλυσης εικόνας.

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 (βάση γνώσης) αναπαριστούν την γνώση με συστήματα παραγωγής, προσφέρουν μεθόδους και εργαλεία για την αναπαράσταση τόσο των γεγονότων, όσο και της διαδικασίας επίλυσης προβλημάτων, μέσω των κανόνων παραγωγής. Έτσι μπορούν να βοηθήσουν στην ανακάλυψη και τυποποίηση των δένδρων απόφασης για την διαδικασία της φωτοερμηνείας που δεν περιγράφεται απόλυτα στην βιβλιογραφία.

Ο σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας έγκειται στην δημιουργία μιας βάσης γνώσης (έμπειρου συστήματος), όπου η αναπαράσταση του εννοιολογικού πλαισίου για την φωτοερμηνεία των χρήσεων / καλύψεων γης πραγματοποιείται, μέσω της γλώσσας προγραμματισμού Clips 6.3 (C Language Integrated Production System). Με στόχο την "παροχή" καταλυτικής βοήθειας σ' έναν άπειρο φωτοερμηνευτή, ο οποίος με την εκμετάλλευση των απλούστερων φωτοαναγνωριστικών στοιχείων μπορεί να διακρίνει και να φωτοερμηνεύσει την εκάστοτε κατηγορία χρήσεων / καλύψεων γης, συμβάλλοντας κατ' επέκταση στην ανανέωση των τοπογραφικών χαρτών.

Η παρούσα διπλωματική εργασία χωρίζεται σε τρία κεφάλαια. Συγκεκριμένα, το πρώτο κεφάλαιο στοχεύει να οριοθετήσει το πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης και των έμπειρων συστημάτων (βάση γνώσης) 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. Επίσης παρουσιάζονται οι τρεις βασικές

μορφές συλλογισμού, το συμπέρασμα, η απαγωγή και η επαγωγή. Τέλος, πραγματοποιείται σύντομη αναφορά στη γλώσσα προγραμματισμού Clips 6.3.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναπτύσσεται διεξοδικά η μεθοδολογία που επιλέχθηκε έτσι ώστε να δημιουργηθεί τελικά μια βάση γνώσης, η οποία συμβάλλει στη φωτοερμηνεία χρήσεων / καλύψεων γης. Παρατίθενται τα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν ως μια γραφική αναπαράσταση της γνώσης και αναλύονται οι τρόποι που επελέχθησαν ώστε να εκφραστεί η κάθε κατηγορία με μοναδικό τρόπο. Εκτελείται το πρόγραμμα για τυχαίες κατηγορίες, διασταυρώνονται τα αποτελέσματα και σχολιάζονται οι αδυναμίες.

Τέλος στο τρίτο κεφάλαιο παραθέτονται τα συμπεράσματά και οι προοπτικές της βάσης γνώσης που αναπτύχθηκε.

Λέξεις Κλειδιά: Βάση Γνώσης, Κανόνες Παραγωγής, Κλάσης, Αντικείμενα, Στρατηγική, Ατζέντα, Χρήσεις / Κάλυψεις Γης, Φωτοερμηνευτικά Χαρακτηριστικά, Τοπογραφικοί Χάρτες, Clips

ABSTRACT

Land cover / land use interpretation is still an art without a formal theory (Argialas & Mintzer 1992). A procedural framework for problem solving is missing and the books do not elaborate on the strategies needed to guide a novice to the process required for land use/land cover identification. There is, therefore, a need to methodically study the photointerpretation of land use/land cover reasoning process and, to better understand this process, develop a systematic framework for the photointerpretation of land use / land cover.

A tool for representation of problem solving process that has to do with knowledge and experience are expert systems (knowledge base). Expert systems represent the knowledge within production systems and offer methods and tools for representing both facts and problem solving process within the production rules. Furthermore expert systems can be used to formalize and program decision trees for the process of photointerpretation that is not described fully in the literature.

The purpose of this thesis is the creation of a knowledge base (expert system) where the photointerpretation vocabulary of land use / land cover composed of photointerpretation elements is represented within the programming language Clips 6.3 (C Language Integrated Production System). This can be also used to enhance the perceptual and mental models of a novice interpreter and guide him during the photo interpretation of land use / land cover.

This thesis is divided into three chapters. Specifically, the first chapter aims to delineate the field of artificial intelligence and expert systems (knowledge base) quoting some of the proposed definitions of the field and making a brief historical overview. It focuses more on expert systems, of first and second generation, as well as in knowledge engineering which governs the creation of expert systems. Additionally presents the three main forms of reasoning, the conclusion syllogism (deduction), abduction and induction. Finally, it makes a brief reference in programming language Clips 6.3.

The second chapter describes in detail the methodology chosen in order to create a knowledge base, which contributes to photointerpretation of land use / land cover. A listed chart is created as a graphical representation of knowledge and discusses the ways that were selected to express each category in a unique way. Specific runs of the system are presented for random hypotheses, the results are discussed and weaknesses are indicated.

Finally the third chapter presents the conclusions and prospects.

Keywords: Knowledge Base, Rules Structures, Class, Objects, Strategy, Agenda, Land Cover / Land Use, Interpretation Features, Topographic Maps, Clips

Κατάλογος Περιεχομένων

1	Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας.....	17
1.1	Τεχνητή Νοημοσύνη - Έμπειρα Συστήματα και Ανάπτυξη Βάσης Γνώσης.....	17
1.1.1	Περί Τεχνητής Νοημοσύνης - Ιστορικά.....	17
1.1.2	Ο Όρος "Τεχνητή Νοημοσύνη"	18
1.1.3	Διαχωρισμός της Τεχνητής από τη Φυσική Νοημοσύνη.....	20
1.1.4	Έμπειρα Συστήματα	21
1.1.5	Ο Όρος "Έμπειρα Συστήματα"	22
1.1.6	Δομή Έμπειρου Συστήματος	25
1.1.7	Βάση γνώσης	28
1.1.7.1	Σημασιολογικά Δίκτυα	30
1.1.7.2	Τριπλέτες: Αντικείμενο – Ιδιότητα – Τιμή.....	31
1.1.7.3	Κανόνες.....	31
1.1.7.4	Πλαίσια.....	32
1.1.7.5	Λογικές Εκφράσεις.....	32
1.1.8	Μέθοδος Συμπερασματολογίας.....	32
1.1.9	Υλοποίηση Έμπειρων Συστημάτων	34
1.1.10	Βασικές Μορφές Συλλογισμού	36
1.1.10.1	Απαγωγή	36
1.1.10.2	Συμπέρασμα.....	37
1.1.10.3	Επαγωγή	38
1.1.11	Εργαλεία Ανάπτυξης	40
1.1.11.1	Γλώσσες Προγραμματισμού TN.....	41
1.1.11.2	Κελύφη Έμπειρων Συστημάτων	42
1.1.12	Χρησιμότητα – Εφαρμογές Έμπειρων Συστημάτων.....	45
1.2	Χρήσεις / Καλύψεις Γης κατά την Ανάλυση Εικόνας για την Ενημέρωση Τοπογραφικών Χαρτών	48
1.2.1	Φωτοερμηνευτικά Κλειδιά.....	48
1.2.2	Φωτοαναγνωριστικά Στοιχεία	50
1.2.3	Ο Τοπογραφικός Χάρτης.....	52
1.2.3.1	Σύντομη Περιγραφή Υδάτινων Επιφανειών.....	59

1.2.3.2	Σύντομη Περιγραφή Μη Υδάτινων Επιφανειών (Ξηρά).....	69
1.3	Η Γλώσσα Προγραμματισμού CLIPS (C Language Integrated Production System)	84
1.3.1	Περιγραφή της Γλώσσας Προγραμματισμού CLIPS.....	84
1.3.2	Το Περιβάλλον της Γλώσσας Προγραμματισμού CLIPS	86
1.3.3	Αλγόριθμοι Επίλυσης Συγκρούσεων	91
2	Μεθοδολογία	94
2.1	Τοποθέτηση του Προβλήματος.....	94
2.2	Εισαγωγή στη Βάση Γνώσης, μέσω της Γλώσσας Προγραμματισμού CLIPS.....	96
2.3	Διαχωρισμός Υδάτινων και μη Επιφανειών.....	98
2.4	Διαχωρισμός Επιφανειών της Ξηράς.....	99
2.5	Διαχωρισμός Υδάτινων Επιφανειών	100
2.6	Διαχωρισμός Επιφανειών Βλάστησης	101
2.7	Διαχωρισμός Φυσικών Επιφανειών	102
2.8	Διαχωρισμός Τεχνητών Επιφανειών.....	104
2.9	Παραδείγματα Εκτέλεσης της Βάσης Γνώσης – Μορφή των Κανόνων	105
2.9.1	Παράδειγμα Αναγνώρισης "Λίμνης".....	105
2.9.2	Παράδειγμα Αναγνώρισης "Αειθαλούς Δάσους".....	113
2.9.3	Παράδειγμα Αναγνώρισης "Ηφαιστείου".....	118
2.9.4	Παράδειγμα Αναγνώρισης "Τουνελ".....	122
3	Συμπεράσματα – Παρατηρήσεις	127
3.1	Δυνατότητες Έμπειρων Συστημάτων.....	127
3.2	Πλεονεκτήματα Έμπειρων Συστημάτων	128
3.3	Περιορισμοί - Μειονεκτήματα Έμπειρων Συστημάτων.....	129
3.4	Προοπτικές	131
3.5	Σύγκριση Έμπειρων Συστημάτων.....	131
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	133
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	137
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ "Α": Κώδικας Βάσης Γνώσης, στη Γλώσσα Προγραμματισμού CLIPS 6.3	138
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ "Β": Πίνακας Φωτοαναγνωριστικών Χαρακτηριστικών (Ιδιότητες – Μεταβλητές).....	182

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Σύστημα Βάσης Γνώσης	22
Εικόνα 2: Συνοπτική Δομή Έμπειρου Συστήματος	25
Εικόνα 3: Δομή Έμπειρου Συστήματος.....	27
Εικόνα 4: Αρχιτεκτονική Έμπειρου Συστήματος,.....	28
Εικόνα 5: Διαδικασία Αποθήκευσης της Γνώσης σε μια Βάση Γνώσης.....	29
Εικόνα 6: Βαθιά (Deer) και Ρηχή (Shallow) Γνώση	30
Εικόνα 7: Απόσπασμα Υπομνήματος, με τα Θεματικά Στοιχεία Τοπογραφικού Χάρτη	55
Εικόνα 8, 9: Πισίνα.....	59
Εικόνα 10: Τεχνητή Δεξαμενή Νερού.....	60
Εικόνα 11: Στέρνα.....	60
Εικόνα 12: Ιχθυοκαλλιέργεια που Περιβάλλεται	61
από Χερσαία Επιφάνεια,.....	61
Εικόνα 13: Λίμνη.....	61
Εικόνα 14, 15: Φυσική Πισίνα	62
Εικόνα 16: Φυσική Δεξαμενή Νερού	62
Εικόνα 17: Μόνιμα Υγρή Περιοχή της Γης Αποτελούμενη από Σάπια Οργανική Ύλη.....	63
Εικόνα 18, 19: Εποχιακά Πλημμυρισμένος Υγρότοπος Αποτελούμενος από Ξυλώδη Φυτά.....	63
Εικόνα 20: Λασπώδης Βάλτος σε Πυκνό Άλσος με Παλιρροιακές Πλημύρες.....	64
Εικόνα 21, 22: Βάλτος.....	64
Εικόνα 23: Παλιρροιακά Ύδατα	65
Εικόνα 24: Ποτάμι	65
Εικόνα 25: Κανάλι	66
Εικόνα 26: Κεκλιμένο Κανάλι για τη Μεταφορά του Νερού από Απόσταση .	66
Εικόνα 27: Καταρράκτης.....	67
Εικόνα 28: Ρηχό "Σώμα" Νερού που Επιτρέπει τη Διέλευση	67
Εικόνα 29: Τμήματα Υδατορεύματος με Επιταχυμένη Ροή	68
Εικόνα 30: Ιχθυοκαλλιέργεια που Περιβάλλεται από Υδάτινο Σώμα	68
Εικόνα 31, 32: Όαση.....	69
Εικόνα 33, 34: Λόχμη.....	69

Εικόνα 35, 36: Σύστημα Δέντρων των οποίων ο Θόλος δεν έχει "Κλείσει"	70
Εικόνα 37, 38: Δεντροστοιχίες	70
Εικόνα 39: Λιβάδι	71
Εικόνα 40, 41: Αμπελώνας	71
Εικόνα 42, 43: Ορυζώνες	72
Εικόνα 44, 45: Οπωρώνας	72
Εικόνα 46: Πάρκο	73
Εικόνα 47: Ζωολογικός Κήπος	73
Εικόνα 48: Καλλιεργήσιμες Εκτάσεις	74
Εικόνα 49, 50: Ομοιογενής Περιοχή ως προς ένα Χαρακτηριστικό του	74
Εικόνα 51: Απότομο Έδαφος	75
Εικόνα 52: Άγονες – Ημι-άνυδρες Περιοχές	75
Εικόνα 53: Ηφαίστειο	76
Εικόνα 54: Χιονισμένο ή Παγωμένο Πεδίο	76
Εικόνα 55: Νησί	77
Εικόνα 56: Δομημένη Περιοχή	77
Εικόνα 57, 58: Ελαφριές Δομές που Χρησιμοποιούνται ως Κατοικίες	78
Εικόνα 59: Στρατιωτική Εγκατάσταση	78
Εικόνα 60: Χερσαίο Αεροδρόμιο	79
Εικόνα 61: Νεκροταφείο	79
Εικόνα 62, 63: Αρχαιολογικός Χώρος	80
Εικόνα 64, 65: Εξόρυξη Φυσικών Πόρων	80
Εικόνα 66: Χώρος Διάθεσης Απορριμμάτων	81
Εικόνα 67: Δρόμος	81
Εικόνα 68: Σιδηροδρομικό Δίκτυο	82
Εικόνα 69: Μονοπάτι	82
Εικόνα 70: Γέφυρα	83
Εικόνα 71: Τούνελ	83
Εικόνα 72: Περιβάλλον Γλώσσας Προγραμματισμού CLIPS 6.3	87
Εικόνα 73: Σύνολο των Κανόνων, της Φωτοερμηνευτικής Βάσης Γνώσης, κατά την "Φόρτωση" (load) και των δύο Αρχείων "Wordpad", στο Dialog Window, της Clips 6.3	110

Εικόνα 74: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" του Προγράμματος – Επιλογή: "Execution - Run"	110
Εικόνα 75: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" του Προγράμματος, για τον Χαρακτηρισμό της προς Αναγνώριση Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Λίμνη" (Lake).....	111
Εικόνα 76: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" και Αναγνώριση της Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Λίμνη" (Lake).....	111
Εικόνα 77: Περιβάλλον της Clips 6.3, με όλα τα Παράθυρα Κατάστασης (Status Windows), κατά την "Φόρτωση" (load) και των δύο Αρχείων "Wordpad", στο Dialog Window, της Clips 6.3	112
Εικόνα 78: Σύνολο των Κανόνων, στο Παράθυρο Κατάστασης – Agenda, που "Πυροδοτούνται", κατά την "Εκτέλεση" και Αναγνώριση της Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Λίμνη" (Lake), μέσω της Clips 6.3	112
Εικόνα 79: Σύνολο των Γεγονότων - Συνθηκών, στο Παράθυρο Κατάστασης – Facts, που Τίθενται προς "Εξέταση", κατά την "Εκτέλεση" και Αναγνώριση της Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Λίμνη" (Lake), μέσω της Clips 6.3.....	113
Εικόνα 80: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" του Προγράμματος, για τον Χαρακτηρισμό της προς Αναγνώριση Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Αειθαλές Δάσος" (Evergreen Wood)	117
Εικόνα 81: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" του Προγράμματος, για τον Χαρακτηρισμό της προς Αναγνώριση Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Αειθαλές Δάσος" (Evergreen Wood)	117
Εικόνα 82: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" και Αναγνώριση της Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Αειθαλές Δάσος" (Evergreen Wood).....	118
Εικόνα 83: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" του Προγράμματος, για τον Χαρακτηρισμό της προς Αναγνώριση Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Ηφαίστειο" (Volcano).....	121
Εικόνα 84: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" του Προγράμματος, για τον Χαρακτηρισμό της προς Αναγνώριση Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Ηφαίστειο" (Volcano).....	121
Εικόνα 85: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" και Αναγνώριση της Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Ηφαίστειο" (Volcano).....	122
Εικόνα 86: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" του Προγράμματος, για τον Χαρακτηρισμό της προς Αναγνώριση Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Τούνελ" (Tunnel)	125
Εικόνα 87: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" του Προγράμματος, για τον Χαρακτηρισμό της προς Αναγνώριση Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Τούνελ" (Tunnel)	126

Εικόνα 88: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" και Αναγνώριση της Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Τούνελ" (Tunnel) 126

Εικόνα 89: Χώρος Απαιτούμενης και Διαθέσιμης Γνώσης από Ειδικό Επιστήμονα και Έμπειρο Σύστημα 130

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Η Αλληλουχία των Πέντε (5) Σταδίων Ανάπτυξης.....	35
ενός Έμπειρου Συστήματος,	35
Διάγραμμα 2: Ροή Συλλογισμού.....	36
Διάγραμμα 3: Εργαλεία Ανάπτυξης Έμπειρων Συστημάτων	41
Διάγραμμα 4: Διαχωρισμός Υδάτινων και μη Επιφανειών	98
Διάγραμμα 5: Διαχωρισμός Επιφανειών της Ξηράς.....	98
Διάγραμμα 6: Διαχωρισμός Υδάτινων Επιφανειών	100
Διάγραμμα 7: Διαχωρισμός Επιφανειών Βλάστηση	101
Διάγραμμα 8: Διαχωρισμός Φυσικών Επιφανειών	103
Διάγραμμα 9: Διαχωρισμός Τεχνητών Επιφανειών.....	104

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Οι Στόχοι του Μηχανικού Γνώσης και του Έμπειρου κατά την Υλοποίηση ενός Έμπειρου Συστήματος	34
Πίνακας 2: Τα Πέντε (5) Αλληλεξαρτώμενα και Επικαλυπτόμενα Στάδια Ανάπτυξης ενός Έμπειρου Συστήματος.....	35
Πίνακας 3: Πίνακας Υδάτινων Επιφανειών	57
Πίνακας 4: Πίνακας Μη Υδάτινων Επιφανειών (Ξηρά: Βλάστηση,	59
Φυσικές και Τεχνητές Επιφάνειες)	59
Πίνακας 5: Σύνολο Κανόνων, η Επαλήθευση των οποίων Χαρακτηρίζει την προς Αναγνώριση Χρήση / Καλύψη γης, ως "Λίμνη" (Lake).....	107
Πίνακας 6: Σύνολο Κανόνων, η Επαλήθευση των οποίων Χαρακτηρίζει την προς Αναγνώριση Χρήση / Καλύψη γης, ως "Αειθαλές Δάσος".....	116
(Evergreen Wood)	116
Πίνακας 7: Σύνολο Κανόνων, η Επαλήθευση των οποίων Χαρακτηρίζει την προς Αναγνώριση Χρήση / Καλύψη γης, ως "Ηφαίστειο" (Volcano).....	120
Πίνακας 8: Σύνολο Κανόνων, η Επαλήθευση των οποίων Χαρακτηρίζει την προς Αναγνώριση Χρήση / Καλύψη γης, ως "Τούνελ" (Tunnel)	125
Πίνακας 9: Συγκριτικός Πίνακας Έμπειρων Συστημάτων.....	132

1 Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

Η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για την διεκπεραίωση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας έχει σχέση με τις επιστήμες της τεχνητής νοημοσύνης και των έμπειρων συστημάτων (ανάπτυξη βάσης γνώσης), της φωτοερμηνείας – τηλεπισκόπησης στην ανάλυση εικόνας για την ενημέρωση τοπογραφικών χαρτών, και της περιγραφής, ανάλυσης και ανάπτυξης της γλώσσας προγραμματισμού Clips 6.3 (C Language Integrated Production System).

1.1 Τεχνητή Νοημοσύνη - Έμπειρα Συστήματα και Ανάπτυξη Βάσης Γνώσης

Η συνοπτική μελέτη τόσο της μακρόχρονης και πολυδιάστατης ιστορικής αναδρομής, όσο και της μελέτης του όρου της τεχνητής νοημοσύνης (TN), σε συνδυασμό με την ανάπτυξη και ανάλυση του όρου και της "αρχιτεκτονικής" των έμπειρων συστημάτων, θα συμβάλλουν καταλυτικά και αποφασιστικά στην ουσιαστική κατανόηση του "ρόλου" (αξίας) και των τρόπων αναπαράστασης μιας βάσης γνώσης. Επίσης κρίνεται σκόπιμο και αναγκαίο να οριοθετηθεί η τεχνητή από τη φυσική νοημοσύνη, καθώς να αναπτυχθούν οι μορφές συλλογισμού (απαγωγή, συμπέρασμα, επαγωγή) και η χρησιμότητα και οι εφαρμογές των έμπειρων συστημάτων πρώτης και δεύτερης γενιάς.

1.1.1 Περί Τεχνητής Νοημοσύνης - Ιστορικά

Το πεδίο της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) είναι περίπου σαράντα (40) ετών. 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 υποστήριξή 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 ΤΝ, κυρίως στην Ευρώπη.

Ανατρέχοντας πολύ πιο πίσω από τα παραπάνω γεγονότα, οι ρίζες της ΤΝ 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 ΤΝ, 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.). (Κερανού Ε., (2000), "Τεχνητή Νοημοσύνη και Έμπειρα Συστήματα")

1.1.2 Ο Όρος "Τεχνητή Νοημοσύνη"

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 πρώτου ορισμού. Πιο προσεκτική εξέταση όμως δείχνει ότι υπάρχει μια ουσιαστική διαφορά. Ο δεύτερος ορισμός μας προτείνει ότι ΤΝ είναι η μελέτη κατανόησης της φύσης της ανθρώπινης ευφυούς συμπεριφοράς. Επομένως, δεν προϋποθέτει τον προσδιορισμό της "ευφυούς συμπεριφοράς", όπως ο πρώτος ορισμός. Φυσικά και ο δεύτερος ορισμός παραμένει απεριοριστός.

Ένας τρίτος εναλλακτικός ορισμός, ο οποίος έχει προταθεί από διάφορους ερευνητές και είναι πιο συγκεκριμένος και επομένως πιο περιοριστικός, από τους δύο παραπάνω ορισμούς, 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 μέθοδοι, δηλαδή καθαρά αλγοριθμικές μέθοδοι, είναι "ανίκανες" να επιλύσουν, τουλάχιστο μέσα σε λογικά χρονικά πλαίσια. Με έμμεσο τρόπο, αυτός ο ορισμός επικαλείται τη χρήση ευρετικών μεθόδων. Η σύνδεση του τρίτου ορισμού 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 τρίτος ορισμός είναι πολύ πιο συγκεκριμένος από τους δύο παραπάνω ορισμούς, υπονοεί μια περιοριστική αντίληψη της έννοιας της ευφυΐας, στην ικανότητα επίλυσης δύσκολων προβλημάτων, δεν καλύπτει επαρκώς τις διάφορες ερευνητικές περιοχές που περιλαμβάνονται στη TN. 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 κάνουνε τον υπολογιστή να "πράξει" κάτι που επί του παρόντος ο άνθρωπος μπορεί να "πράξει" καλύτερα.

Ο τέταρτος ορισμός, όπως και ο τρίτος, αποφεύγει την απευθείας αναφορά σε ευφυΐα. Από πρακτικής απόψεως το τι ορίζεται εδώ είναι αρκετά χειροπιαστό και επίσης, συγκριτικά με τον τρίτο ορισμό, ο τέταρτος είναι πιο ευρύς σε εμβέλεια και φαίνεται να καλύπτει αρκετά ικανοποιητικά το πεδίο. Η οριοθέτηση της TN 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 TN. Κοινός παρανομαστής αυτών των ερευνητικών δραστηριοτήτων είναι η αναπαράσταση γνώσης με συμβολικό τρόπο και η ευρετική αναζήτηση. (Κεραυνού Ε., (2000), "Τεχνητή Νοημοσύνη και Έμπειρα Συστήματα")

1.1.3 Διαχωρισμός της Τεχνητής από τη Φυσική Νοημοσύνη

Η εφαρμογή της Τεχνητής Νοημοσύνης σε μηχανές καθιστούν τις μηχανές αυτές ευφυείς και τις κάνουν να συμπεριφέρονται σχεδόν όπως ο άνθρωπος.

Ο διαχωρισμός των μηχανών αυτών ως ευφυείς ή όχι καθορίζεται με τη βοήθεια του κριτηρίου που έθεσε ο Turing (Δοκιμασία Turing).

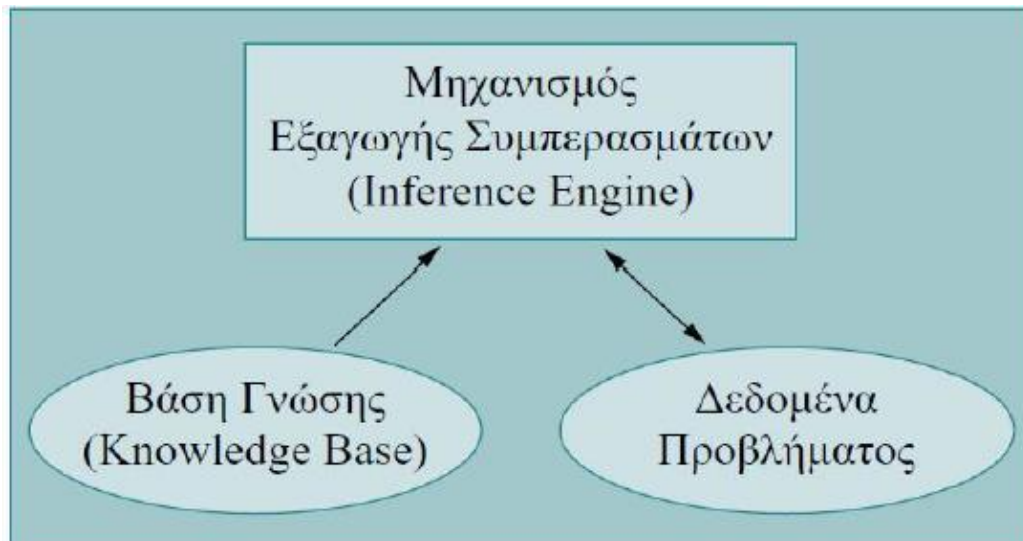
Ο Alan Turing (1912 - 1953), ο οποίος θεωρείται ο πατέρας της ΤΝ, εμπνεύστηκε το 1950 μία δοκιμασία η οποία πήρε και το όνομα του (Turing Test - Δοκιμασία Turing), για το χαρακτηρισμό των μηχανών. Αυτό βασίζεται σε μία σειρά από ερωτήσεις που υποβάλει κάποιος ταυτόχρονα σε έναν άνθρωπο και μία μηχανή χωρίς να γνωρίζει εκ των προτέρων "ποιος είναι τι". Αν στο τέλος δεν καταφέρει να ξεχωρίσει τον άνθρωπο από τη μηχανή, τότε η μηχανή πετυχαίνει στη δοκιμασία και θεωρείται ευφυής. Αν και η αποτελεσματικότητα της Δοκιμασίας Turing εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, θεωρείται μέχρι σήμερα ένα καλό μέτρο σύγκρισης της φυσικής με την τεχνητή νοημοσύνη και πολλοί διαγωνισμοί διοργανώνονται σε ετήσια βάση, χωρίς όμως ιδιαίτερα σοβαρά ή τουλάχιστο χρήσιμα αποτελέσματα.

Ο προγραμματισμός ενός υπολογιστή για να περάσει τη δοκιμασία Turing απαιτεί τη συμμετοχή αρκετών επιστημονικών περιοχών, όπως της επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (natural language processing) για επικοινωνία σε φυσική γλώσσα, της αναπαράστασης γνώσης (knowledge representation) για την αποθήκευση της γνώσης πριν και κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας, της αυτοματοποιημένης συλλογιστικής (automated reasoning) για τη χρήση της αποθηκευμένης πληροφορίας και την εξαγωγή συμπερασμάτων, της μηχανικής μάθησης (machine learning) για προσαρμογή σε νέες περιπτώσεις, κλπ.

Στην αρχική της μορφή, η δοκιμασία Turing δεν προέβλεπε φυσική επαφή ανθρώπου μηχανής. Ωστόσο μια επέκταση της (Πλήρης Δοκιμασία Turing) περιλαμβάνει και την αναγνώριση εικόνων και αντικειμένων που ανταλλάσσονται μέσα από κάποια θυρίδα ώστε να μην υπάρχει οπτική επαφή με το δοκιμαζόμενο για τον έλεγχο των δυνατοτήτων αντίληψης του. Για το σκοπό αυτό απαιτείται η συμμετοχή και άλλων δύο επιστημονικών περιοχών, της μηχανικής όρασης (machine vision) για την αναγνώριση και της ρομποτικής (robotics) για τη μετακίνηση τους. (Αποστόλου, (2004))

1.1.4 Έμπειρα Συστήματα

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 απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 1: Σύστημα Βάσης Γνώσης,

Πηγή: Κερανού Ε., (2000), "Τεχνητή Νοημοσύνη και Έμπειρα Συστήματα"

1.1.5 Ο Όρος "Έμπειρα Συστήματα"

Τα έμπειρα συστήματα είναι συστήματα που αναπτύσσονται από τον άνθρωπο αλλά και τους Η/Υ και εκτελούν διαδικασίες επίλυσης 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 νέο-αναδυόμενη 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 Buchanam 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 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 Έμπειρου Συστήματος: 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.

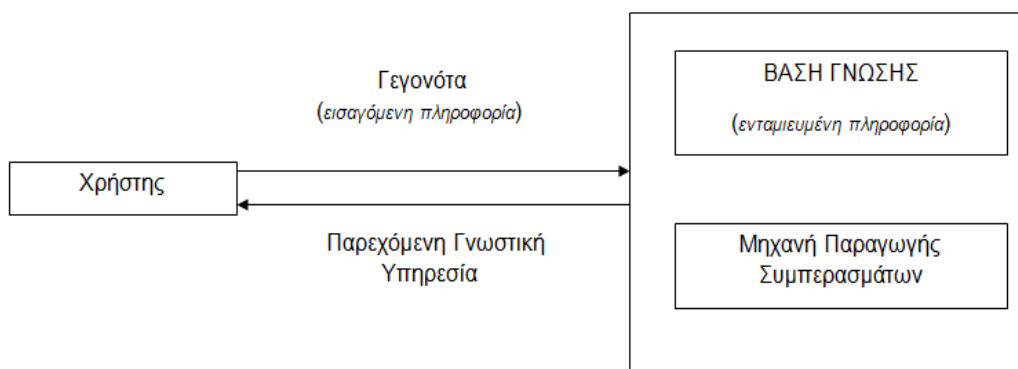
Κεντρική Αρχή Τεχνολογίας: Η "ευρεία" εξάπλωση της εν λόγω εμπειρογνωμοσύνης να κοινωνικούς, οικονομικούς ή άλλους λόγους. Ο τυπικός χρήστης ενός εμπειρού συστήματος αναμένεται μεν να ανήκει στο σχετικό γνωστικό πεδίο, αλλά να μην είναι ο ίδιος εμπειρός. Το εμπειρο σύστημα βοηθά αυτό το χρήστη να αποδίδει σε βαθμό ικανότητας συγκρίσιμο με αυτόν του εμπειρού. Ακόμη και ο εμπειρός μπορεί να χρησιμοποιήσει το σύστημα με σημαντικά οφέλη. (Κεραυνού Ε., (2000), "Τεχνητή Νοημοσύνη και Έμπειρα Συστήματα")

1.1.6 Δομή Έμπειρου Συστήματος

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

- τη βάση γνώσης και
- τη μηχανή παραγωγής συμπερασμάτων

τα παραπάνω στοιχεία συνεργάζονται μεταξύ τους και με το χρήστη, όπως απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 2: Συνοπτική Δομή Έμπειρου Συστήματος

Ο χρήστης τροφοδοτεί το σύστημα με γεγονότα - πληροφορίες και λαμβάνει "συμβουλές" - απαντήσεις από το σύστημα. Οι "συμβουλές" - απαντήσεις που

λαμβάνει ο χρήστης είναι τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγει η μηχανή παραγωγής - εξαγωγής συμπερασμάτων.

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

Τη Μονάδα Συνεργασίας Εμπείρου Συστήματος - Χρήστη (user interface). Είναι ο μηχανισμός επικοινωνίας χρήστη και εμπείρου 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.

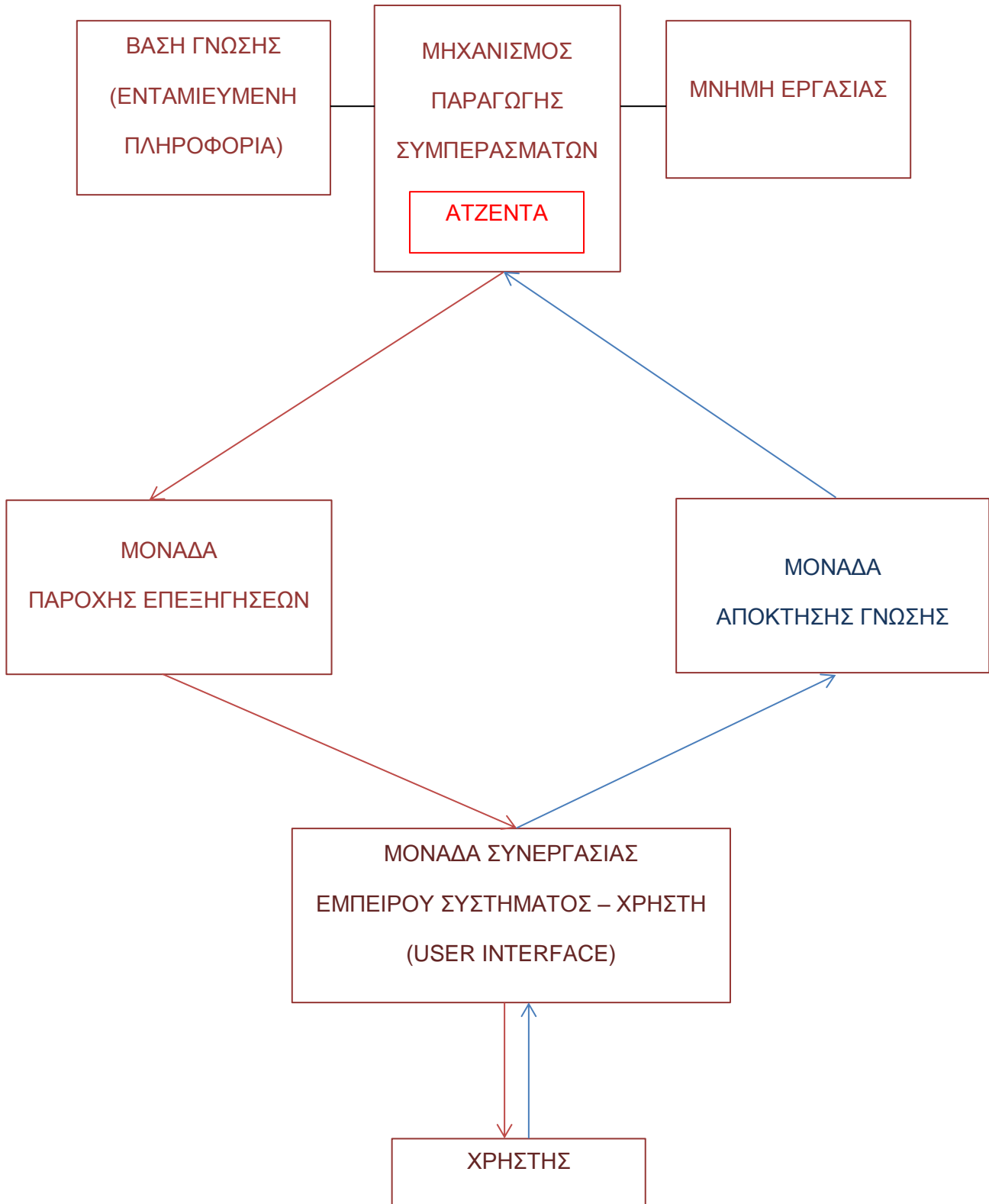
Τη Μονάδα Παροχής Επεξηγήσεων (explanation facility), μέσω της οποίας παρέχονται υπηρεσίες επεξηγήσεων.

Τη Μνήμη Εργασίας (working memory). Είναι μία βάση δεδομένων, όπου ενταμιεύονται - αποθηκεύονται τα γεγονότα που χρησιμοποιούνται από τους κανόνες του συστήματος.

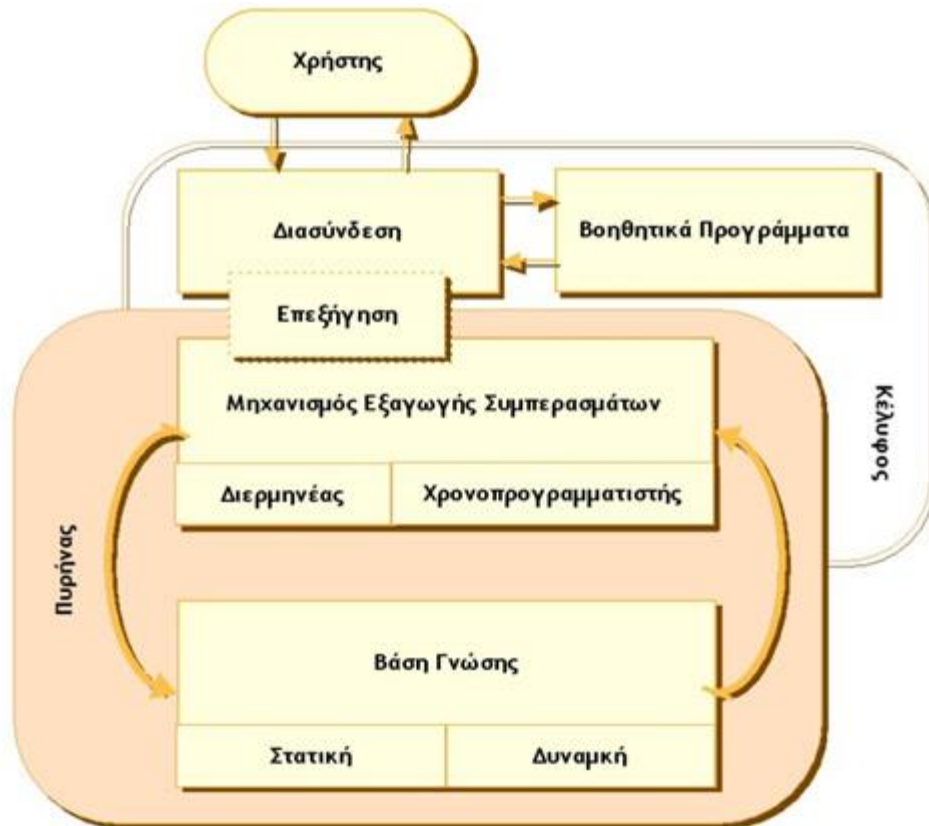
Τη Μηχανή Παραγωγής Συμπερασμάτων (inference engine), η οποία παράγει τις υπηρεσίες διαγνώσεως και επεξηγήσεων, αποφασίζοντας ποιοι κανόνες ικανοποιούνται από τα γεγονότα, ταξινομώντας τους κανόνες κατά σειρά προτεραιότητας και εκτελώντας τον κανόνα με τη μέγιστη προτεραιότητα.

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 στο σύστημα τις απαραίτητες πληροφορίες. Η μονάδα αυτή αποτελεί προαιρετικό στοιχείο για πολλά έμπειρα συστήματα. Ο τρόπος σύνδεσης και συνεργασίας των παραπάνω μονάδων φαίνεται στα παρακάτω σχήματα:



Εικόνα 3: Δομή Έμπειρου Συστήματος



Εικόνα 4: Αρχιτεκτονική Έμπειρου Συστήματος,
 Πηγή: Καρόπουλος Π., (2005)

1.1.7 Βάση γνώσης

Η γνώση που καταχωρείται στην βάση γνώσης διακρίνεται σε:

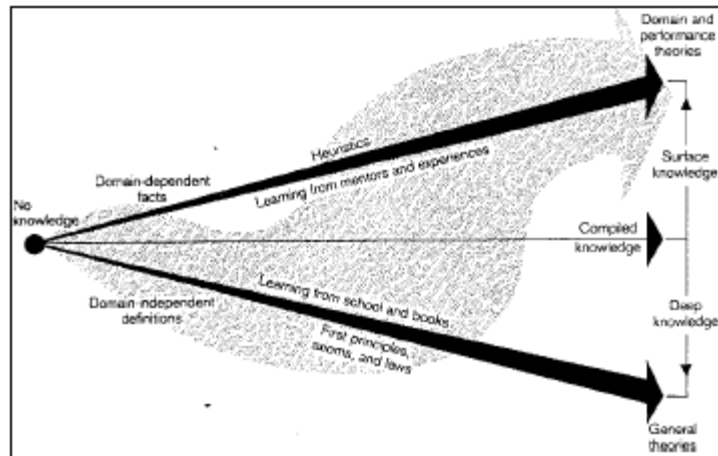
- Περιγραφική Γνώση, (δομική γνώση, γνώση γεγονότων) και αναφέρεται στις έννοιες και τα γεγονότα (αντικείμενα) του προβλήματος.
- Διαδικαστική Γνώση, αναφέρεται στην στρατηγική επίλυσης του προβλήματος. Η διαδικαστική γνώση επενεργεί στην περιγραφική γνώση για να εξαχθούν συμπεράσματα και αποφάσεις.



Εικόνα 5: Διαδικασία Αποθήκευσης της Γνώσης σε μια Βάση Γνώσης,
Πηγή: Καστραντάς Κ., (2002), "Αναπαράσταση Γνώσης για Περιβάλλοντα
Εξατομικευμένης Μάθησης"

Η γνώση ανάλογα με τον τρόπο απόκτησή της μπορεί να διακριθεί κατά τον Ignisio (1992) σε βαθιά (deep) και ρηχή γνώση (shallow - surface), όπως αναλύονται παρακάτω:

- 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.



Εικόνα 6: Βαθιά (Deep) και Ρηχή (Shallow) Γνώση,
Πηγή: Harmon – King, (1985)

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

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

- Σημασιολογικά Δίκτυα (Semantic Networks)
- Τριπλέτες: Αντικείμενο – Ιδιότητα - Τιμή (Triplets: Object - Attribute - Value)
- Κανόνες (Rules)
- Πλαίσια (Frames)
- Λογικές εκφράσεις (Logical Expressions)

1.1.7.1 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).

1.1.7.2 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.

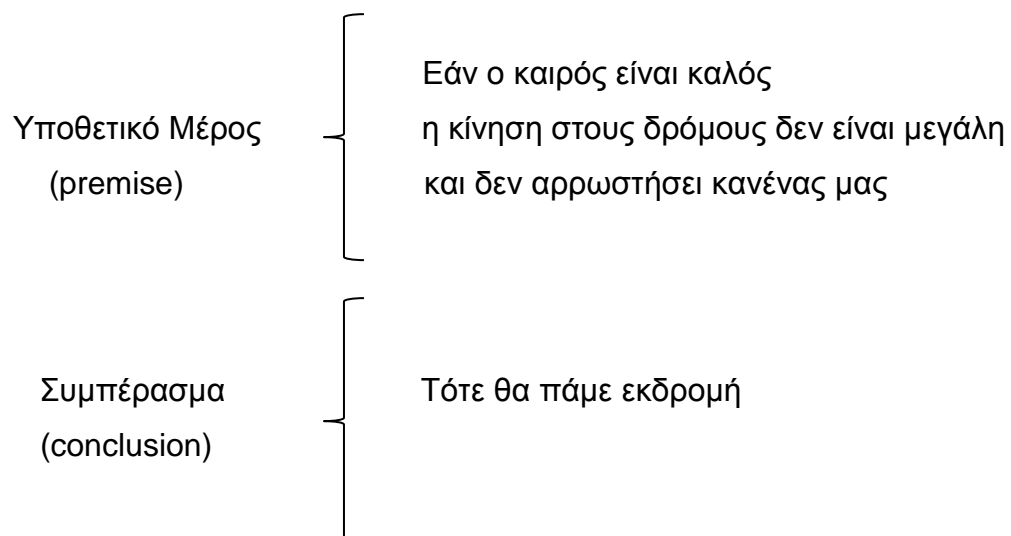
Για παράδειγμα στη λογική πρόταση "το μήλο είναι κόκκινο", η τριπλέτα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναπαράσταση της σε ένα έμπειρο σύστημα είναι η ακόλουθη:

- Αντικείμενο (O) → Μήλο
- Ιδιότητα (A) → Χρώμα
- Τιμή (V) → Κόκκινο

1.1.7.3 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:



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".

1.1.7.4 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.

1.1.7.5 Λογικές Εκφράσεις

Υπάρχουν δύο κοινοί τρόποι αναπαράστασης της γνώσης η Υποθετική Λογική (Propositional Logic) και η Συμπερασματική Λογική (Predicate Calculus), όπως αναλύονται παρακάτω:

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.

1.1.8 Μέθοδος Συμπερασματολογίας

Η Μεθοδολογία Εξαγωγής Συμπερασμάτων (inference engine) εφαρμόζει τα δεδομένα της βάσης γνώσης στην επίλυση του προβλήματος. Οι μέθοδοι συμπερασματολογίας (inference engine) σε ένα έμπειρο σύστημα διακρίνονται ως προς τρία χαρακτηριστικά (Harmon και King1985):

α. Μεθοδολογία Αναζήτησης σε ένα Κανόνα Παραγωγής:

- *Ορθή Συλλογιστική Αλυσίδα*, όπου ελέγχεται η αντιστοιχία των υποθέσεων των κανόνων παραγωγής με τα δεδομένα.
- *Ανάστροφη Συλλογιστική Αλυσίδα*, όπου ο συλλογισμός αρχίζει μετά του αποδεικτέου και οπισθοδρομώντας επιδιώκει να ελεγχθεί η αλήθεια των επιμέρους υποθέσεων ή γεγονότων που χρειάζονται για την απόδειξη του.
- *Αμφίδρομη Συλλογιστική Αλυσίδα*, στην οποία ενεργοποιούνται ορθές και ανάστροφες συλλογιστικές αλυσίδες ανάλογα με τις ανάγκες της ερμηνείας.

β. Μεθοδολογία Αναζήτησης στη Βάση Γνώσης:

- *Αναζήτηση σε Πλάτος* (Breadth - first search). Στην αναζήτηση αυτή οι συνθήκες όλων των κανόνων που ανήκουν στο ανταγωνιστικό υποσύνολο στην μνήμη εργασίας ενεργοποιούνται, πριν εξετασθούν σε βάθος τα γεγονότα και οι κανόνες που προκύπτουν από την υλοποίηση κάθε κανόνα.
- *Αναζήτηση σε Βάθος* (Depth - first search). Οι συνθήκες του κανόνα παραγωγής που έχει ενεργοποιηθεί και τα γεγονότα και οι κανόνες που ενεργοποιούνται από αυτόν, εξετάζονται μία - μία και εξαντλητικά σε όλο και μεγαλύτερο βάθος μέχρι να επαληθευτεί ο στόχος που έχει τεθεί ή να οδηγηθεί σε αδιέξοδο (dead end) η διαδικασία αναζήτησης οπότε και εξετάζονται τα εναλλακτικά σενάρια που έχουν ενεργοποιηθεί στο ανώτερο επίπεδο.

γ. Κατάσταση των Γεγονότων στην Διάρκεια της Διαδικασίας Αναζήτησης (Monotonic, non monotonic reasoning)

- *Στατική Κατάσταση Γεγονότων* (Monotonic Reasoning). Όλοι οι κανόνες και τα γεγονότα που αποδεικνύονται αληθή ή εσφαλμένα στην διάρκεια της διαδικασίας αναζήτησης διατηρούν την κατάσταση αυτή μέχρι να ολοκληρωθεί η αναζήτηση.
- *Δυναμική Κατάσταση Γεγονότων* (Non Monotonic Reasoning). Σε αυτή την διαδικασία γίνεται επαναδιαπραγμάτευση μίας υπόθεσης η οποία έχει αποδειχθεί ψευδής ή αληθής επειδή κάποια γεγονότα που οδηγούν στην υπόθεση αυτή έχουν μεταβληθεί από ψευδή σε αληθή και αντίστροφα.

Το αποτέλεσμα της μεθοδολογίας εξαγωγής συμπερασμάτων δημιουργεί ένα δίκτυο εξαγωγής συμπερασμάτων που υποδηλώνει τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιήθηκαν οι κανόνες παραγωγής ώστε να εξαχθούν τα τελικά συμπεράσματα.

Επιπλέον τα έμπειρα συστήματα χρησιμοποιούνται σε πεδία εφαρμογών στα οποία τα δεδομένα, οι κανόνες και κατά συνέπεια τα εξαγόμενα συμπεράσματα είναι αβέβαια, ασαφή ή ανακριβή. Για αυτό τον λόγο μέθοδοι στατιστικής συμπερασματολογίας (Θεώρημα Bayes) και ασαφούς λογικής (fuzzy logic) έχουν προταθεί και έχουν ενσωματωθεί τόσο στην μεθοδολογία αναπαράστασης της γνώσης όσο και στην μεθοδολογία συμπερασματολογίας. (Παναγιωτόπουλος, (1988))

1.1.9 Υλοποίηση Έμπειρων Συστημάτων

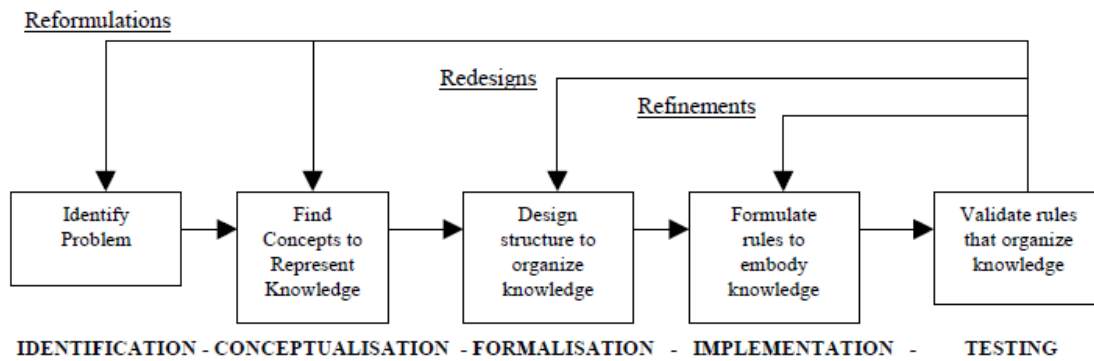
Οι άνθρωποι που εμπλέκονται κατά κύριο λόγο στην υλοποίηση ενός έμπειρου συστήματος, είναι ο Μηχανικός της Γνώσης (Knowledge Engineer) και ο Έμπειρος (Domain Expert).

Έμπειρος	✓ Παρέχει στην μηχανικό γνώσης, την εξειδικευμένη γνώση και εμπειρία (μεθοδολογία επίλυσης, δένδρα λήψης αποφάσεων, χειρισμός ασαφών και ελλείπων δεδομένων) που έχει αναπτύξει στο συγκεκριμένο πεδίο.
Μηχανικός γνώσης	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Επίλογή του λογισμικού του εμπειρού συστήματος. ✓ Πρόσληψη της γνώσης από τον έμπειρο. ✓ Αναπαράσταση της γνώσης στην βάση γνώσης του εμπειρού συστήματος.

Πίνακας 1: Οι Στόχοι του Μηχανικού Γνώσης και του Έμπειρου κατά την Υλοποίηση ενός Έμπειρου Συστήματος,
Πηγή: Luger και Stubblefield, (1993)

Αρχικά ο μηχανικός γνώσης αποκτά μία πρώτη επαφή με το αντικείμενο από βιβλιογραφικές πηγές, προκειμένου να είναι σε θέση να επικοινωνήσει στοιχειωδώς με τον έμπειρο. Στην συνέχεια ακολουθεί η διαδικασία της πρόσληψης του μηχανισμού επίλυσης του προβλήματος του εμπειρού (expert's problem - solving knowledge). Αυτό γίνεται (Lundberg και Holm 1990) με διαδοχικές συνεντεύξεις, με την παρακολούθηση της εργασίας του εμπειρού κατά την διάρκεια επίλυσης υποδειγματικών προβλημάτων, κ.τ.λ. Κατά κανόνα οι έμπειροι λόγω της εξοικείωσης που έχουν αποκτήσει με το πεδίο, θεωρούν αρκετά στοιχεία ή βήματα της διαδικασίας επίλυσης δεδομένα και δεν εξηγούν λεπτομερειακά ή δεν μπορούν να εκφράσουν την διαδικασία επίλυσης. Για αυτό είναι χρήσιμο ο μηχανικός γνώσης να είναι αρχάριος ή αδαής με το αντικείμενο μελέτης, προκειμένου, να μπορέσει να εντοπίσει τα κενά που παρουσιάζει η περιγραφή τον εμπειρού και να ζητήσει την συμπλήρωσή τους.

Όταν ο μηχανικός γνώσης διαμορφώσει μία ικανή εικόνα αρχίζει την υλοποίηση ενός πειραματικού συστήματος (prototype). Στην συνέχεια γίνονται διαδοχικοί έλεγχοι μαζί με τον έμπειρο με αποτέλεσμα την συμπλήρωση της βάσης γνώσης (Rich και Knight 1991). Τα στάδια της υλοποίησης – ανάπτυξης ενός έμπειρου συστήματος τυποποιούνται, όπως παρουσιάζονται παρακάτω με το αντίστοιχο διάγραμμα και πίνακα. (Μηλιαρέσης Γ., (2000))



**Διάγραμμα 1: Η Αλληλουχία των Πέντε (5) Σταδίων Ανάπτυξης ενός Έμπειρου Συστήματος,
Πηγή: Hayes - Roth et. Al, (1983)**

1. Τοποθέτηση του προβλήματος <i>(Identification)</i>	Αρχικός προσδιορισμός ✓ των δεδομένων, ✓ των υποθέσεων, των στόχων και ✓ των διαδικασιών επίλυσης.
2. Σύλληψη της δομής <i>(Conceptualization)</i>	1. Αποκάλυψη των εννοιών κλειδιών του προβλήματος (ονοματολογία-συμβολισμός για τις τάξεις, τα αντικείμενα, τις ιδιότητες των αντικειμένων/τάξεων και τις τιμές των ιδιοτήτων). 2. Προσδιορισμός των σχέσεων μεταξύ των εννοιών. 3. Σύνθεση των κανόνων παραγωγής που περιγράφουν τις προσδιορισθείσες σχέσεις.
3. Τυποποίηση της γνώσης <i>(Formalisation)</i>	Τα περιγραφικά δεδομένα και η διαδικαστική γνώση (κανόνες παραγωγής) που προσδιορίστηκαν στο προηγούμενο στάδιο αναπαρίστανται στις δομές γνώσης ενός εμπείρου συστήματος.
4. Υλοποίηση <i>(Implementation)</i>	Προγραμματισμός σε κατάλληλο λογισμικό εργαλείο (κέλυφος εμπείρου συστήματος).
5. Έλεγχος <i>(Testing)</i>	Αξιολόγηση του εμπείρου συστήματος.

**Πίνακας 2: Τα Πέντε (5) Αλληλεξαρτώμενα και Επικαλυπτόμενα Στάδια Ανάπτυξης ενός Έμπειρου Συστήματος,
Πηγή: Hayes - Roth et. Al, (1983)**

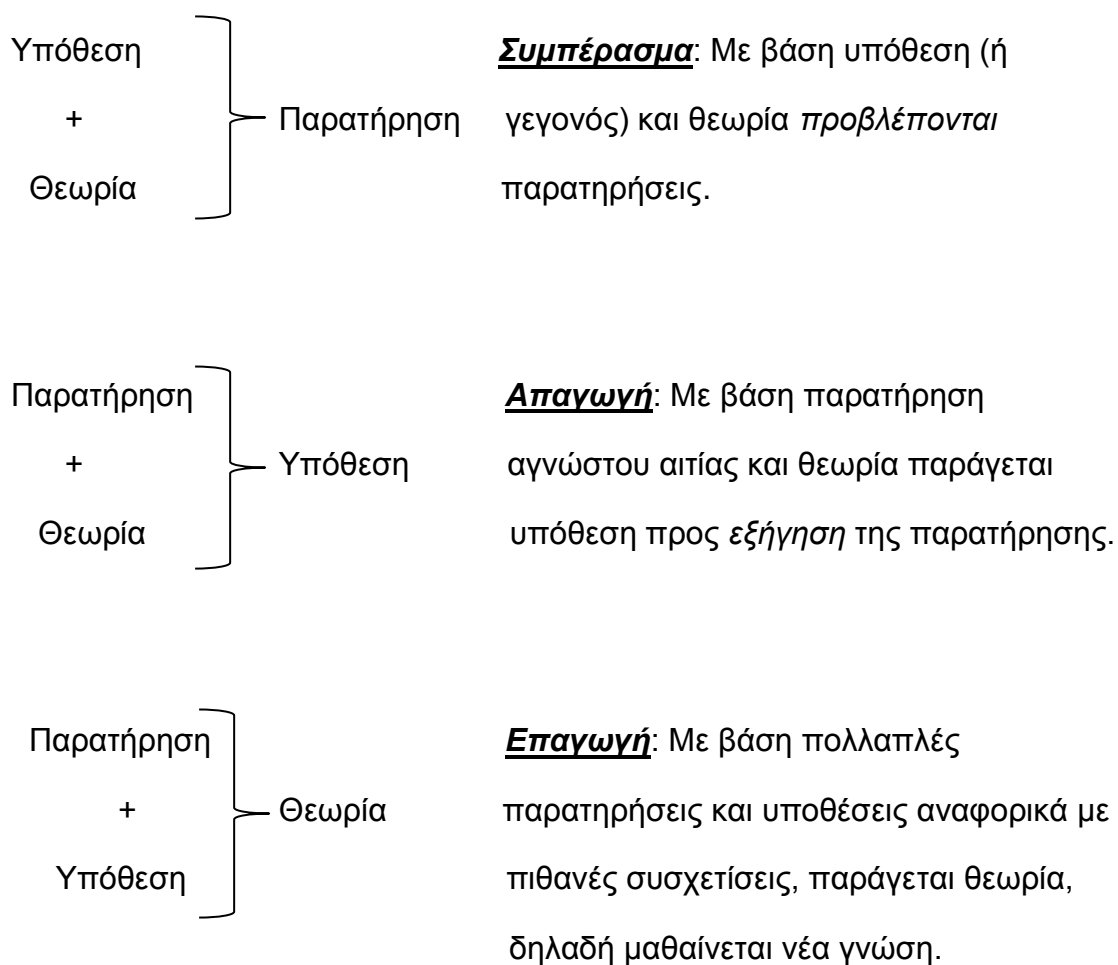
1.1.10 Βασικές Μορφές Συλλογισμού

Στο σημείο αυτό παρουσιάζονται, οι τρεις βασικές μορφές συλλογισμού. Η απαγωγή, το συμπέρασμα και η επαγωγή.

1.1.10.1 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 "γρίπης" ή της "ίλαράς".

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 απεικονίζεται, όπως στο παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 2: Ροή Συλλογισμού

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

Παράδειγμα Λογικής Έμπειρου Συστήματος:

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

$\forall x \text{ Έχει_ γρίπη } (x) \longrightarrow \text{ Εκδηλώνει } (x, \text{ πυρετό})$

$\forall x \text{ Έχει_ γρίπη } (x) \longrightarrow \text{ Εκδηλώνει } (x, \text{ πονοκέφαλο})$

$\forall x \text{ Έχει_ ιλαρά } (x) \longrightarrow \text{ Εκδηλώνει } (x, \text{ πυρετό})$

$\forall x \text{ Έχει_ ιλαρά } (x) \longrightarrow \text{ Εκδηλώνει } (x, \text{ κόκκινα_ ερεθίσματα})$

1.1.10.2 Συμπέρασμα

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 η 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:

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

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 υπο-διεργασία της απαγωγής. Αυτή η "σύμπραξη" αποτελεί το υποθετικό - συμπερασματικό (hypothetico - deductive) σχήμα, το οποίο εμφανίζεται σε πολλά έμπειρα συστήματα, κυρίως συστήματα που αφορούν διάγνωση και αποσφαλμάτωση. (Κεραυνού Ε., (2000), "Τεχνητή Νοημοσύνη και Έμπειρα Συστήματα")

1.1.10.3 Επαγωγή

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

$\forall x \text{ Έχει_γρίπη (Κώστας)} \longrightarrow \text{Εκδηλώνει (Κώστας, πυρετό)}$

$\forall x \text{ Έχει_γρίπη (Μαρία)} \longrightarrow \text{Εκδηλώνει (Μαρία, πυρετό)}$

$\forall x \text{ Έχει_γρίπη (Ελένη)} \longrightarrow \text{Εκδηλώνει (Ελένη, πυρετό)}$

$\forall x \text{ Έχει_γρίπη (Γιάννης)} \longrightarrow \text{Εκδηλώνει (Γιάννης, πυρετό)}$

Από αυτές μπορεί να εξαχθεί η γενική συσχέτιση ότι:

$\forall x \text{ Έχει_γρίπη (x)} \longrightarrow \text{Εκδηλώνει (x, πυρετό)}$

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 αυτό-βελτίωσης 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 εκλέπτυνση της γνώσης του συστήματος και κατά συνέπεια μειώνει το γνωστό "μποτιλιάρισμα" (bottleneck) που συνδέεται με την απόσπασση 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 - B1) 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 προσαύξηση 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 πραγματοποιήθηκε ο διαχωρισμός ανάμεσα σε περιγραφική επαγωγή ή μάθηση (descriptive learning) και προβλεπτική επαγωγή (predictive learning). Η πρώτη στοχεύει στην ανακάλυψη κατηγοριών, η δεύτερη στην ανακάλυψη κανόνων για την αναγνώριση περιστατικών δεδομένων κατηγοριών.

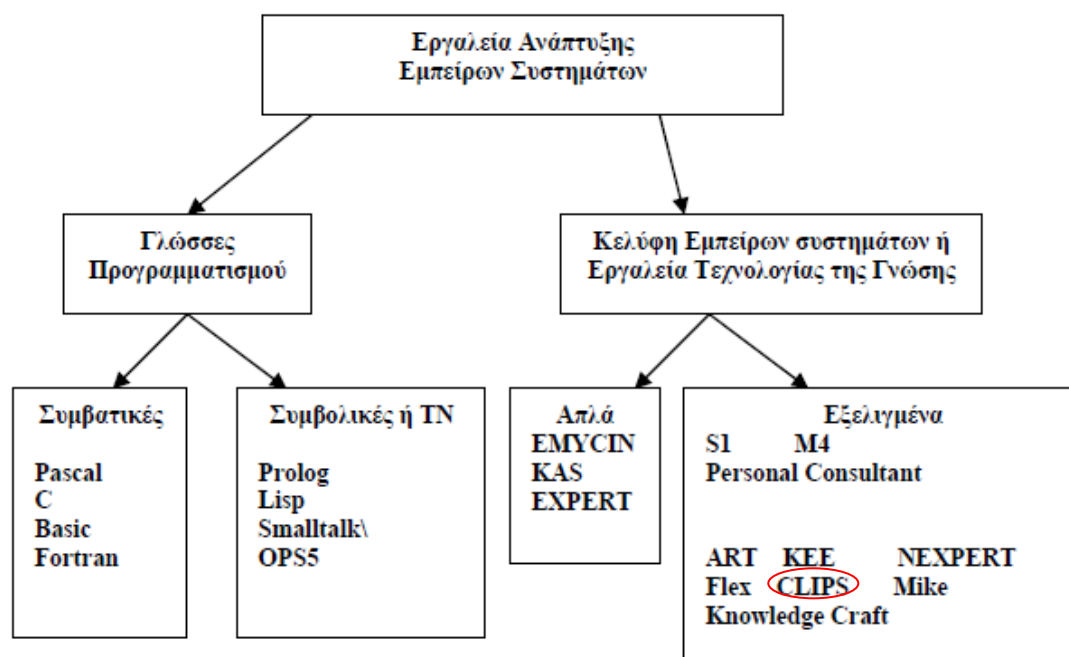
Η Επιλογή της Μεθόδου Συμπερασματολογίας εξαρτάται από τον τύπο του προβλήματος. Προβλήματα διάγνωσης επιλύονται καλύτερα με την "Ανάστροφη Συλλογιστική Αλυσίδα", ενώ προβλήματα πρόγνωσης, παρακολούθησης και ελέγχου με την "Ορθή Συλλογιστική Αλυσίδα". (Ελπίδα Κερανού, (2000), "Τεχνητή Νοημοσύνη και Έμπειρα Συστήματα")

1.1.11 Εργαλεία Ανάπτυξης

Ένα έμπειρο σύστημα μπορεί να αναπτυχθεί με δύο βασικές κατηγορίες εργαλείων (Διάγραμμα 3), τις γλώσσες προγραμματισμού και τα εργαλεία τεχνολογίας της γνώσης (knowledge engineering tools) ή κελύφη εμπειρών συστημάτων (expert system shells).

Οι γλώσσες προγραμματισμού χωρίζονται σε δυο κατηγορίες, στις συμβατικές και τις συμβολικές ή γλώσσες TN. Οι συμβατικές γλώσσες δεν ενδείκνυνται για το χειρισμό γνώσης και την έκφραση εννοιών, αλλά έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι συμβατές με την υπάρχουσα υπολογιστική υποδομή, όπως βάσεις δεδομένων και άλλα βοηθητικά προγράμματα. Τέτοιες γλώσσες είναι οι BASIC, FORTRAN, C/C++, PASCAL, κλπ. Αντίθετα οι γλώσσες TN, όπως LISP, PROLOG, κλπ είναι προσανατολισμένες στη χρήση συμβόλων και παρέχουν εξελιγμένους μηχανισμούς χειρισμού συμβολικών εκφράσεων και λιστών, μεταβλητές χωρίς προκαθορισμένο τύπο, αυτόματη διαχείριση μνήμης και ευέλικτες δομές ελέγχου. Οι γλώσσες TN είναι ευκολότερες στην εκμάθηση από τα εργαλεία τεχνολογίας της γνώσης, γιατί υποστηρίζουν ένα μόνο τρόπο αναπαράστασης γνώσης και συλλογιστικής.

Τα κελύφη είναι εξειδικευμένα εργαλεία για την ανάπτυξη εμπειρών συστημάτων. Ένα κέλυφος παρέχει στο μηχανικό της γνώσης μία ή περισσότερες μεθόδους αναπαράστασης γνώσης καθώς και έναν ή περισσότερους μηχανισμούς εξαγωγής συμπερασμάτων. Τέλος, παρέχει διάφορες ευκολίες διασύνδεσης με το χρήστη και με το περιβάλλον γενικότερα.



Διάγραμμα 3: Εργαλεία Ανάπτυξης Έμπειρων Συστημάτων

Τα εργαλεία προήλθαν από υπάρχοντα συστήματα, από τα οποία είχε απλά αφαιρεθεί η βάση γνώσης, όπως για παράδειγμα το EMYCIN. Τα απλά αυτά κελύφη συνήθως είναι προσανατολισμένα σε εφαρμογές ανάλογες με το έμπειρο σύστημα από το οποίο προήλθαν και έχουν περιορισμένες δυνατότητες αναπαράστασης γνώσης. Αν ένα από τα απλά αυτά κελύφη μετατραπεί έτσι ώστε να υποστηρίζει ευρύ φάσμα εφαρμογών καθώς και πολλούς τρόπους αναπαράστασης γνώσης και συλλογιστικής, τότε αποτελεί ένα εξελιγμένο κελύφος.

Τα περισσότερα από τα σύγχρονα και εξελιγμένα κελύφη αναπτύχθηκαν από την αρχή σε κάποια γλώσσα προγραμματισμού και δεν προήλθαν από κάποιο έμπειρο σύστημα. Αυτά τα κελύφη παρέχουν συνήθως εξελιγμένες δυνατότητες διασύνδεσης με το χρήστη και το κυριότερο, υποστηρίζουν πολλές διαφορετικές μεθόδους αναπαράστασης της γνώσης και συλλογιστικές. Τα κελύφη αυτά είναι συνήθως δυσκολότερα στην εκμάθηση από τα απλά, γιατί περιέχουν πολλές και ετερογενείς μεταξύ τους προγραμματιστικές έννοιες.

1.1.11.1 Γλώσσες Προγραμματισμού TN

Οι γλώσσες προγραμματισμού TN αποτελούν ένα εργαλείο για τη γρήγορη κατασκευή ενός πρωτότυπου του έμπειρου συστήματος. Συνήθως ο κώδικας

μπορεί να εκτελεστεί και να ελεγχθεί την ώρα που δημιουργείται. Παρ' όλα αυτά η διασύνδεση αυτών των γλωσσών με το χρήστη δεν είναι αρκετά εξελιγμένη αν και τα τελευταία χρόνια έχουν δημιουργηθεί βιβλιοθήκες, οι οποίες επεκτείνουν σημαντικά τις δυνατότητες των γλωσσών αυτών.

Οι γλώσσες προγραμματισμού διαθέτουν συνήθως έναν απλό μηχανισμό ελέγχου, αλλά επειδή είναι ευέλικτες, δίνουν στον προγραμματιστή τη δυνατότητα να "δημιουργήσει" το δικό του μηχανισμό ελέγχου για το έμπειρο σύστημα (συλλογιστική), όπως και το δικό του τρόπο αναπαράστασης της γνώσης, με τις δομές δεδομένων. Έτσι οι προγραμματιστές μπορούν να πειραματιστούν με διάφορες μεθόδους και να καταλήξουν στην προσφορότερη για το συγκεκριμένο έμπειρο σύστημα.

Ενδεικτικά αναφέρουμε τις τέσσερις κατηγορίες γλωσσών προγραμματισμού TN:

- Συναρτησιακός Προγραμματισμός (LISP)
- Λογικός Προγραμματισμός (PROLOG)
- Αντικειμενοστραφής Προγραμματισμός
- Προγραμματισμός με Κανόνες Παραγωγής (OPS5)

1.1.11.2 Κελύφη Έμπειρων Συστημάτων

Τα κελύφη είναι εξειδικευμένα εργαλεία για την ανάπτυξη εμπειρών συστημάτων και ονομάζονται έτσι γιατί ουσιαστικά αποτελούν έμπειρα συστήματα χωρίς τη βάση γνώσης, δηλαδή μπορούν να παρομοιαστούν ως περιβλήματα (κελύφη) μιας βάσης γνώσης. Ο παραπάνω ορισμός δεν προϋποθέτει πως τα κελύφη προέρχονται αποκλειστικά από υπάρχοντα έμπειρα συστήματα με αφαίρεση της αρχικής βάσης γνώσης τους. Υπάρχουν κελύφη γενικού σκοπού τα οποία αναπτύσσονται από την αρχή σε κάποια γλώσσα προγραμματισμού, χωρίς να είναι προσανατολισμένα σε κάποια συγκεκριμένη εφαρμογή.

Ένας πιο ουσιαστικός διαχωρισμός των κελυφών είναι σε απλά ή εξελιγμένα και γίνεται βάσει σημαντικών χαρακτηριστικών τους, όπως οι διάφορες μορφές αναπαράστασης της γνώσης και συλλογιστικής που παρέχει στο μηχανικό της γνώσης. Επίσης, τα διάφορα κελύφη διακρίνονται για τις διάφορες ευκολίες διασύνδεσης με το χρήστη και με το περιβάλλον γενικότερα.

➔ Απλά Κελύφη

Τα απλά κελύφη εμπείρων συστημάτων προήλθαν από υπάρχοντα έμπειρα συστήματα, με αφαίρεση της βάσης γνώσης τούς. Κλαστικότερο παράδειγμα το EMYCIN, το οποίο προήλθε από το έμπειρο σύστημα MYCIN για διάγνωση μικροβιολογικών μολύνσεων τον αίματος. Το EMYCIN χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή διαφόρων άλλων εμπείρων συστημάτων, για ιατρικά και μη προβλήματα, όπως για παράδειγμα:

- ✓ CLOT (ασθένειες του αίματος)
- ✓ PUFF (πνευμονικές ασθένειες)
- ✓ HEAD MED (ψυχιατρικές διαγνώσεις)
- ✓ LITHIO (γεωλογία)
- ✓ TAX-ADVISOR (νομική)
- ✓ SACON (δομική ανάλυση μηχανολογικών σχεδίων)

Το EMYCIN είναι γραμμένο σε INTERLISP, μια δημοφιλή διάλεκτο της γλώσσας LISP στη δεκαετία τον '70. Τα γεγονότα στο EMYCIN παριστάνονται σαν τριάδες της μορφής: "έννοια – παράμετρος - τιμή". Κάθε τριάδα συνοδεύεται και από ένα συντελεστή βεβαιότητας. Οι διάφορες έννοιες ιεραρχούνται σε ένα δένδρο (context tree) που οργανώνει τις πληροφορίες για ένα περιστατικό.

Ο τρόπος αναπαράστασης της γνώσης είναι οι κανόνες, οι οποίοι ταξινομούνται ανάλογα με τις έννοιες στις οποίες αναφέρονται. Οι κανόνες αποτελούνται από μια συνθήκη και μια ενέργεια. Ο τρόπος εκτέλεσης των κανόνων είναι η ανάστροφη ακολουθία εκτέλεσης, δηλαδή από την ενέργεια προς τη συνθήκη. Όταν επαληθεύεται η συνθήκη τότε προστίθενται στη μνήμη οι τριάδες που εμφανίζονται στην ενέργεια. Η ενέργεια του κανόνα συνοδεύεται και με συντελεστές βεβαιότητας.

Το EMYCIN υποστηρίζει και μετα - κανόνες (meta - rules), οι οποίοι χρησιμοποιούνται για να αποτρέψουν την εκτέλεση κάποιων κανόνων ή για να καθορίσουν τη σειρά εκτέλεσης των κανόνων. Οι μετα - κανόνες εξετάζουν τις συνθήκες των κανόνων που μπορούν να εκτελεστούν και καθορίζουν τη σειρά εκτέλεσης τους.

Ένα προφανές μειονέκτημα των απλών κελυφών είναι ότι δεν είναι δυνατόν να είναι κατάλληλα για την επίλυση όλων των προβλημάτων, εφόσον δημιουργήθηκαν από ένα έμπειρο σύστημα το οποίο επιλύει ένα συγκεκριμένο πρόβλημα. Για παράδειγμα, το MYCIN επιτελούσε διάγνωση,

συνεπώς το EMYCIN είναι κατάλληλο κυρίως για διαγνωστικά προβλήματα όπου η ανάστροφη συλλογιστική βοηθά στην επικέντρωση της έρευνας γύρω από ζητούμενες δυσλειτουργίες. Παρόλα αυτά είναι δυνατόν να γενικευθεί η χρησιμότητα συγκεκριμένων κελυφών για διάφορα προβλήματα, αφού το ίδιο πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπισθεί με πολλούς τρόπους, ενώ μια μεθοδολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλά διαφορετικά προβλήματα.

Το ουσιαστικότερο μειονέκτημα των απλών κελυφών είναι η υποστήριξη ενός μόνο είδους αναπαράστασης και δόμησης της γνώσης καθώς και συλλογιστική και αβεβαιότητας. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο υποστηρίζουν μικρό εύρος εφαρμογών.

➔ Εξελιγμένα Κελύφη

Εξελιγμένα κελύφη ονομάζονται τα εργαλεία της τεχνολογίας της γνώσης τα οποία υποστηρίζουν πολλαπλούς τρόπους αναπαράστασης γνώσης και συλλογιστικής και συνεπώς μεγαλύτερη γενικότητα εφαρμογών. Υπάρχουν δύο κατηγορίες εξελιγμένων κελυφών, ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο αναπτύχθηκαν. Κάποια εξελιγμένα κελύφη, όπως τα PERSONAL CONSULTANT, S1 και M4, δημιουργήθηκαν αρχικά από έμπειρα συστήματα και στη συνέχεια μετατράπηκαν και επεκτάθηκαν κατάλληλα ώστε να υποστηρίζουν περισσότερα είδη αναπαράστασης γνώσης και συλλογιστικής.

Μια άλλη κατηγορία εξελιγμένων κελυφών είναι αυτά που αναπτύχθηκαν από την αρχή σε κάποια γλώσσα προγραμματισμού και δεν προήλθαν από κάποιο έμπειρο σύστημα. Και αυτού του είδους τα κελύφη υποστηρίζουν πολλές διαφορετικές μεθόδους αναπαράστασης της γνώσης και συλλογιστικής καθώς και εξελιγμένες δυνατότητες διασύνδεσης με το χρήστη. Η κυριότερη διαφορά τους με τα απλά κελύφη είναι ότι επειδή φτιάχνονται από την αρχή, δε δεσμεύονται από τον τρόπο δόμησης και τους περιορισμούς του αρχικού έμπειρου συστήματος. Τα εργαλεία αυτά είναι συνήθως δυσκολότερα στην εκμάθηση από όλα τα προαναφερθέντα γιατί περιέχουν πολλές και ετερογενείς μεταξύ τους προγραμματιστικές έννοιες, πλην όμως δίνουν περισσότερες δυνατότητες στην κατασκευή και τη συντήρηση των εμπειρών συστημάτων. Η ανάμειξη διάφορων προγραμματιστικών μοντέλων σε αυτά τα εργαλεία γίνεται εντελώς πειραματικά από τους προγραμματιστές, γιατί δεν υπάρχουν καθιερωμένες θεωρίες υβριδικών τρόπων αναπαράστασης της γνώσης.

Οι κυριότεροι τρόποι αναπαράστασης γνώσης που αναμιγνύονται σε αυτά τα συστήματα είναι τα πλαίσια και οι κανόνες. Τα πλαίσια πλεονεκτούν στη

δομημένη αναπαράσταση σύνθετων φυσικών αντικειμένων και στο συμπαγή τρόπο χειρισμού τους. Από την άλλη, οι κανόνες πλεονεκτούν στο δηλωτικό τρόπο αναπαράστασης εμπειρικών συσχετίσεων μεταξύ παρατηρηθέντων δεδομένων (συνθηκών) και επαρκούντων δράσεων για την αντιμετώπιση των περιπτώσεων που αντιπροσωπεύουν οι συνθήκες. Ο συνδυασμός των δύο τρόπων αναπαράστασης γνώσης γίνεται ως εξής:

- ✓ Οι συνθήκες των κανόνων μπορούν να αναφέρονται σε τιμές των ιδιοτήτων (slots) των πλαισίων.
- ✓ Οι δράσεις των κανόνων μπορούν να αλλάζουν τις τιμές των ιδιοτήτων ή να δημιουργούν και να διαγράφουν πλαίσια.

Επίσης η ύπαρξη ορθής και ανάστροφης εκτέλεσης κανόνων ή/και άλλων ευριστικών τρόπων εκτέλεσης, καθώς και η δυνατότητα συνδυασμού των διαφόρων τρόπων εκτέλεσης στο ίδιο πρόγραμμα αποτελεί σημαντικό εργαλείο στα χέρια του προγραμματιστή για να επιβάλλει τον έλεγχο εκτέλεσης που κρίνει απαραίτητο σε κάθε φάση λειτουργίας του προγράμματος.

Μερικά τέτοια εξελιγμένα κελύφη είναι τα ART, KEE, και KNOWLEDGE CRAFT, τα οποία αναπτύχθηκαν σε LISP, τα FLEX και MIKE, που αναπτύχθηκαν σε PROLOG, τα NEXPERT και CLIPS, που αναπτύχθηκαν σε C/C++, κλπ.

1.1.12 Χρησιμότητα – Εφαρμογές Έμπειρων Συστημάτων

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 τον εντοπισμό 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 κοστών 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, εξάπλωση 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, τα 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, όπως παρακάτω:

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 εμπείρων.

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 αυτό-ανάπτυξης και αυτό-βελτίωσης.

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. (Κεραυνού Ε., (2000), "Τεχνητή Νοημοσύνη και Έμπειρα Συστήματα")

1.2 Χρήσεις / Καλύψεις Γης κατά την Ανάλυση Εικόνας για την Ενημέρωση Τοπογραφικών Χαρτών

Στην παρούσα ενότητα αναπτύσσονται τα βασικότερα στοιχεία της θεωρίας των φωτοερμηνευτικών κλειδιών, της επιστήμης φωτοερμηνεία – τηλεπισκόπηση, τα οποία συμβάλλουν καταλυτικά στην αναγνώριση - εντοπισμό, παρουσίαση και ανάλυση των χρήσεων / καλύψεων γης που προκύπτουν από την ανάλυση εικόνας και αναπτύχθηκαν στη βάση γνώσης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, με απώτερο στόχο την ενημέρωση των τοπογραφικών χαρτών.

1.2.1 Φωτοερμηνευτικά Κλειδιά

Πολλές φορές στη Φωτοερμηνεία - Τηλεπισκόπηση χρειάζεται να τεθούν υπο επεξεργασία, 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 περιγραφική έκφραση ενός επίγειου ελέγχου.

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

Ιδανικά ένα Φωτοερμηνευτικό 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 τους.

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.
- 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 παλιών αεροφωτογραφιών και για την οποία πρέπει πολύ σύντομα να διατυπώσουμε κάποιου τύπου εκτίμηση και συμπεράσματα. (Αργιαλάς Δ., (1999), Φωτοερμηνεία - Τηλεπισκόπηση)

1.2.2 Φωτοαναγνωριστικά Στοιχεία

Στο παράρτημα παρατίθεται λίστα (πίνακας) με όλα τα φωτοαναγνωριστικά στοιχεία που δύνανται να χρησιμοποιηθούν. Ενδεικτικά τα σημαντικότερα φωτοαναγνωριστικά στοιχεία για δορυφορικές εικόνες / αεροφωτογραφίες, είναι τα κάτωθι:

I. 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.

II. Μέγεθος

Το μέγεθος των αντικειμένων στις δορυφορικές εικόνες / 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.

III. 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.

IV. Απόχρωση

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

V. 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 δορυφορική εικόνα / αεροφωτογραφία, όπως τα φύλλα των δένδρων και οι σκιές του φυλλώματος. Είναι μια έκφραση των μεμονωμένων σχημάτων, μεγεθών, προτύπων, σκιών και τόνων των μικρών μοναδιαίων αυτών στοιχείων. Η υφή καθορίζει την "ομαλότητα" ή την "τραχύτητα" των αντικειμένων της εικόνας. Καθώς η κλίμακα μιας φωτογραφίας μειώνεται, η υφή ενός συγκεκριμένου αντικειμένου ή μιας περιοχής σταδιακά γίνεται ομαλότερη και τελικά εξαφανίζεται. Ο φωτοερμηνευτής συχνά μπορεί να διακρίνει χαρακτηριστικά εικόνων με παρόμοιες ανακλαστικότητες, στηριζόμενος σε διαφορές στην υφή. Ένα παράδειγμα θα μπορούσε να αποτελέσει και η ομαλή υφή του πράσινου γρασιδιού, καθώς αυτή αντιπαρατίθεται στη τραχεία υφή που παρουσιάζουν οι πράσινες κόμης των δέντρων σε φωτογραφίες μεσαίας κλίμακας.

VI. 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 φωτογραφίες (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 φωτογραφίες. Επίσης οι σκιές που έχουν προέλθει από μικρές διαφορές στο υψόμετρο του ανάγλυφου, ειδικά στην περίπτωση φωτογραφιών που ελήφθησαν με χαμηλή γωνία ύψους του ήλιου, μπορούν να βοηθήσουν στην αποτίμηση των φυσικών τοπογραφικών αποκλίσεων, οι οποίες με τη σειρά τους μπορεί να είναι ενδεικτικές διαφόρων ειδών γεωμορφών, χρήσεων / καλύψεων γης.

VII. 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, των γεωμορφών και των χρήσεων / καλύψεων γης. Για παράδειγμα, συγκεκριμένα είδη δένδρων αναμένεται να εμφανίζονται σε επαρκώς αποστραγγισμένες ορεινές τοποθεσίες, ενώ άλλα είδη δένδρων θα αναμένεται να εμφανίζονται σε ανεπαρκώς αποστραγγισμένες πεδινές τοποθεσίες.

VIII. 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. (Αργιαλάς Δ., (1999), Φωτοερμηνεία - Τηλεπισκόπηση)

1.2.3 Ο Τοπογραφικός Χάρτης

Η χαρτογραφία είναι μια επιστήμη η οποία έχει τις ρίζες της βαθιά στο παρελθόν της ανθρωπότητας. Από την αρχαία Αίγυπτο και την αρχαία Ελλάδα έχουν έρθει στο φως της δημοσιότητας οι πρώτες προσπάθειες απεικόνισης μιας γεωγραφικής περιοχής ή διαδρομής. Η σημασία της χαρτογραφίας, όμως επεκτείνεται καθώς οι ακριβείς κατασκευές χαρτών και η δίψα του ανθρώπου για γνώση οδήγησε στην ανακάλυψη της Αμερικής από τον Χ. Κολόμβο.

Σε όλα αυτά τα χρόνια πρωταγωνιστικό στοιχείο της χαρτογραφίας είναι ο χάρτης, κατέχοντας τα πρωτεία σαν αντικείμενο μελέτης των χαρτογράφων. Οι χαρτογράφοι ασχολούνται με την συλλογή γεωγραφικών δεδομένων, με την επεξεργασία τους, την απλοποίηση ή τον εμπλουτισμό τους, με την στατιστική τους επεξεργασία. Επίσης ασχολούνται με την ανάλυση των γεωγραφικών δεδομένων, τη συσχέτιση και τη μοντελοποίηση τους, επιχειρώντας με αυτό τον τρόπο να αποδώσουν όσο πιστότερα το περιβάλλον που απεικονίζουν. Ο χάρτης επιτελεί μέχρι σήμερα δύο βασικές λειτουργίες:

➤ Μέσο Αποθήκευσης Γεωγραφικών Πληροφοριών

Ο χάρτης αποτελεί σαν φυσική ύπαρξη, έναν αποθηκευτικό χώρο για τις γεωγραφικές πληροφορίες που έχουν συλλεχθεί, επεξεργαστεί, αναλυθεί και αξιοποιηθεί για την κατασκευή αυτού. Όπως σήμερα παραδείγματος χάριν μια βάση δεδομένων αποθηκεύει τις πληροφορίες που διαθέτει και τις θέτει προς χρήση των ενδιαφερόμενων (ψηφιακός χάρτης), κατά ανάλογο τρόπο λειτουργεί και ο αναλογικός χάρτης. Οι πληροφορίες που εμφανίζει ο χάρτης μπορεί να είναι υπαρκτές ή και όχι, όπως π.χ. ένας χάρτης να απεικονίζει τις μετακινήσεις πληθυσμών από το 1000 π. Χ. ένας τέτοιος χάρτης θα

αποτελούσε σήμερα για τους χαρτογράφους μια σημαντικότερη πηγή πληροφοριών καθώς μπορεί να μην υπάρχουν άλλες πηγές όπως μόνο γραπτά κείμενα ή ευρήματα. Επίσης υπάρχουν χάρτες από τους πρώτους εξερευνητές ή χάρτες πλανητών οι οποίοι είναι μεγάλοι σε χρηματική αξία και σπανιότητα.

➤ Μέσο Παρατήρησης Γεωγραφικού Χώρου

Ο χάρτης τις περισσότερες φορές, αποτελεί μια σμίκρυνση της πραγματικότητας. Επιτρέπει στο χρήστη να παρατηρήσει, να αναλύσει και να συγκρίνει τις πληροφορίες και τα δεδομένα μιας περιοχής του ενδιαφέροντος του.

Τα Βασικά Χαρακτηριστικά των Χαρτών Αποτελούν:

- Οι Χωρικές Πληροφορίες
- Η Κλίμακα
- Η Προβολή
- Η Αφαίρεση (απλοποίηση της γεωγραφικής πληροφορίας, διατηρώντας τα ποιοτικά της χαρακτηριστικά)
- Ο Συμβολισμός

Ως προς το Σκοπό που Χρησιμοποιείται (εξυπηρετεί) ο Χάρτης, Διακρίνεται:

- Αποθήκευση Γεωγραφικής Πληροφορίας
- Μετακίνηση - Πλοήγηση
- Χρήση σε Αναλυτικές Μεθόδους (υπολογισμούς, μετρήσεις μεγεθών)
- Σύνοψη Μεγάλου Όγκου Στατιστικών Πληροφοριών
- Πρόβλεψη Χωρικών Φαινομένων - Κοινωνικών Τάσεων
- Οπτικοποίηση μη Ορατών Φαινομένων

- Ανάπτυξη Χωρικής Σκέψης.

Η Ταξινόμηση των Χαρτών Πραγματοποιείται με Βάση:

- Την Κλίμακα του Χάρτη
- Την Λειτουργία που Επιθυμείται να Επιτελέσει
- Το Περιεχόμενο (αντικείμενο) τους

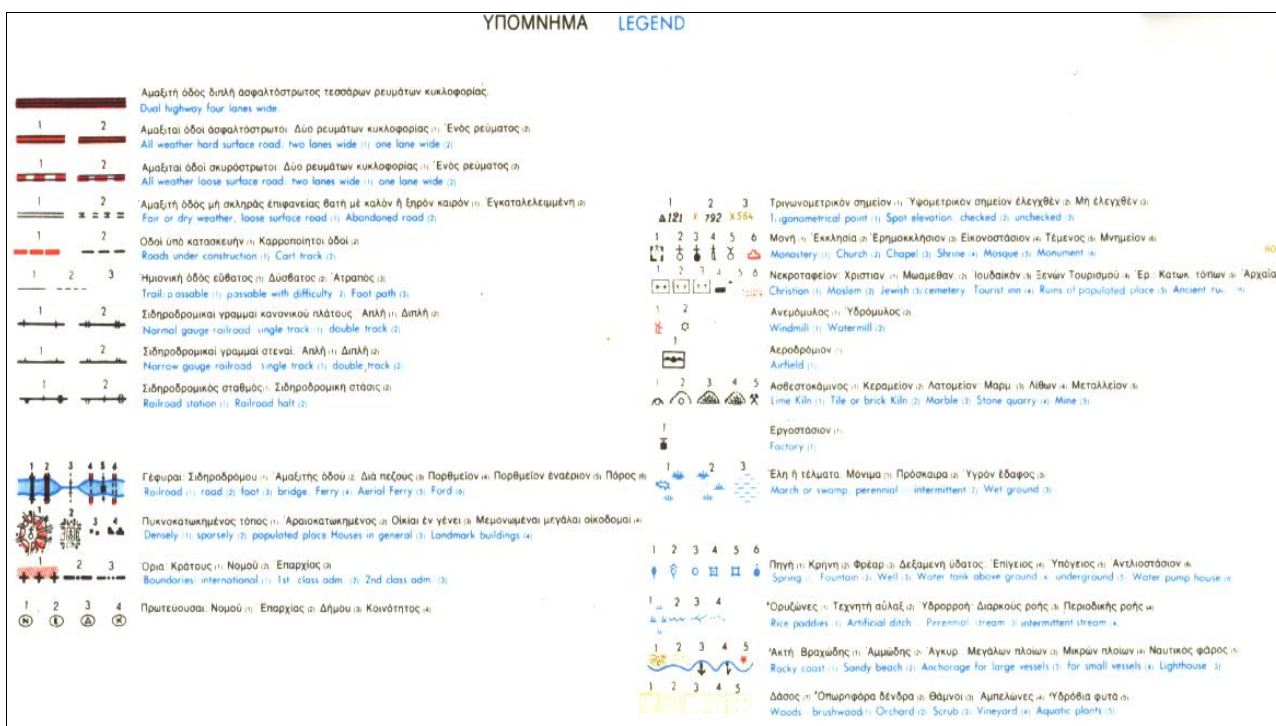
Οι χάρτες με βάση τη λειτουργία τους διακρίνονται στους χάρτες Γενικής Αναφοράς, στους Θεματικούς Χάρτες και στα Διαγράμματα. Οι μεγάλης κλίμακας χάρτες (χάρτες με κλίμακες μεγαλύτερες του 1:75.000 περίπου) Γενικής Αναφοράς που απεικονίζουν περιοχές της ξηράς καλούνται τοπογραφικοί χάρτες. Συνήθως κατασκευάζονται από δημόσιες υπηρεσίες, μέσω των γνωστικών αντικειμένων και μεθόδων της τηλεπισκόπησης και της φωτογραμμετρίας και εκδίδονται με τη μορφή μιας σειράς ανεξάρτητων φύλλων. (Robinson A., (2002), "Στοιχεία Χαρτογραφίας")

Το ελάχιστο μέγεθος των χαρτογραφικών μονάδων εξαρτάται από την κλίμακα χαρτογράφησης και από την σημασία στην πρόβλεψη της χρήσης του και της ορθότερης εκμετάλλευσής του. Σε περιοχές εντατικής χρήσης χαρτογραφούνται περιοχές μεγέθους ακόμη και 2-4 στρεμμάτων. Εάν είναι πολύ μικρές αλλά σημαντικές, αντί ορίου μπορεί να συμβολίζονται με σύμβολο και στο υπόμνημα να διευκρινίζεται το μέγεθος της έκτασης που αντιπροσωπεύει.

Βασικά ισχύει ο τύπος "πυκνότητα παρατηρήσεων = 1 παρατήρηση / cm² χάρτου ορισμένης κλίμακας". Π.χ. για κλίμακα 1:5.000 το 1 cm στον χάρτη είναι στην πραγματικότητα 50 μέτρα και το 1 cm² είναι 50 x 50 μ. = 2.500 μέτρα, δηλαδή 2,5 στρέμματα, άρα θεωρητικά πρέπει να γίνεται μια παρατήρηση ανά 2,5 στρέμματα. Βεβαίως αυτό είναι κάτι το σχετικό, γιατί πολλά εξαρτώνται από την ομοιομορφία των εδαφών, την εμπειρία του χαρτογράφου, τη χρήση τηλεπισκόπησης, Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) και Παγκόσμιων Συστημάτων Εντοπισμού Θέσης (GPS). (N. Συλλαίος, Γ. Μπίλας & N. Καραπέτσας, (2007), "Χαρτογράφηση Γεωργικών Εδαφών με τη Χρήση Σύγχρονων Μεθόδων Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και Τηλεπισκόπησης"). Στην παρούσα διπλωματική εργασία, ως ελάχιστη χαρτογραφική μονάδα ορίστηκαν τα 2,5 στρέμματα (acres), εξυπηρετώντας παράλληλα τόσο τις ανάγκες που προκύπτουν από τις κλίμακες χαρτογράφησης των τοπογραφικών χαρτών,

όσο και από την αναγκαιότητα καθορισμού πληθώρας χρήσεων / καλύψεων γης.

Ο Τοπογραφικός Χάρτης εκτός από τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά, περιλαμβάνει και ένα σύνολο πολυποίκιλων – πολύ-επίπεδων θεματικών στοιχείων, των οποίων το είδος, ο συμβολισμός που χρησιμοποιείται και ο αριθμός τους, εξαρτάται και καθορίζεται άμεσα από την κλίμακα και το σκοπό που εξυπηρετεί ο εκάστοτε χάρτης. Τα θεματικά στοιχεία μπορούν να αποδοθούν με σύμβολα σημειακά, γραμμικά και επιφανειακά, όπως απεικονίζονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 7: Απόσπασμα Υπομνήματος, με τα Θεματικά Στοιχεία Τοπογραφικού Χάρτη, Πηγή: Χάρτης ΓΥΣ, Κλίμακας: 1:50.000

Τα Θεματικά Στοιχεία ενός Τοπογραφικού Χάρτη της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ), που αποτελεί τη μεγαλύτερη επίσημη δημόσια υπηρεσία διαχείρισης χωρικών δεδομένων, σύμφωνα και με το παραπάνω απόσπασμα υπομνήματος συνοψίζονται στα κάτωθι:

- Οδικό – Σιδηροδρομικό Δίκτυο (κατάταξη ως προς το είδος κατασκευής, μέγεθος – "τάξη", χρήση)
- Οικιστικό Δίκτυο (κατάταξη ως προς της πυκνότητα του οικισμού)

- Όρια Κράτους, Νομού, Επαρχίας
- Πρωτεύουσες Νομού, Επαρχίας, Δήμου, Κοινότητας
- Τριγωνομετρικό – Υψομετρικό Σημείο (με το χαρακτηρισμό: ελεγχθέν και μη ελεγχθέν)
- Εκκλησία, Μονή, Ερημοκλήσι, Εικονοστάσι, Τέμενος, Μνημείο
- Νεκροταφείο (διακρίνοντας το, ως προς τη θρησκευτική προέλευση)
- Ανεμόμυλος, Υδρόμυλος
- Αεροδρόμιο
- Χώρο Εξόρυξης Φυσικού – Ορυκτού Πλούτου
- Χώρο Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων (εργοστάσια)
- Υγροβιότοποι (έλη, τέλματα, μόνιμα ή πρόσκαιρα και γενικότερα υγρά έδαφος)
- Σημεία – Περιοχές Ύδατος (πηγή, κρήνη, φρέαρ, δεξαμενή ύδατος – επίγειος ή υπόγειος, αντλιοστάσιο)
- Ορυζώνες, Τεχνητό Αυλάκι, Υδρορροή Διαρκούς ή Περιοδικής Ροής
- Ακτή (αμμώδης, βραχώδης), Αγκυροβόλιο (μικρών – μεγάλων πλοίων), Ναυτικό Φάρο
- Περιοχές Βλάστησης (δάσος, οπωροφόρα δέντρα, θάμνοι, αμπελώνες, υδρόβια φυτά)

Σύμφωνα με τα παραπάνω θεματικά στοιχεία (χρήσεις / καλύψεις γης) και την προσθήκη ορισμένων ακόμα, που αποτελούν είτε εξειδικεύσεις είτε προεκτάσεις των παραπάνω (θεματικών στοιχείων) στο ευρύτερο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον, δίνοντας μας παράλληλα και τη δυνατότητα απόδοσης τοπογραφικών χαρτών μεγαλύτερης κλίμακας, αναπτύχθηκε η βάση γνώσης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Στην οποία, η πρώτη, βασική και ουσιαστική διάκριση των χρήσεων / καλύψεων γης, περιλαμβάνει

τον διαχωρισμό τους, σε υδάτινες (19 κατηγορίες) και μη επιφάνειες. Στη συνέχεια οι επιφάνειες της ξηράς κατατάσσονται στις περιοχές με βλάστηση (15 κατηγορίες), στις φυσικές (15 κατηγορίες) και τεχνητές (17 κατηγορίες) περιοχές. Οι πιο αντιπροσωπευτικές χρήσεις / καλύψεις γης που αναπτύχθηκαν στη βάση γνώσης, παρουσιάζονται κατά "επίπεδο" διάκρισης – κατάταξης, συνοπτικά και ως επί το πλείστον με τρόπο περισσότερο εικονιστικό απ' ότι περιγραφικό - λεκτικό, παρακάτω. Επίσης για οικονομία χώρου "αφιερώνεται" στην εκάστοτε χρήση / κάλυψη γης περίπου μισή σελίδα, καθώς περιλαμβάνεται πέρα από την ελληνική τους ορολογία και η αντίστοιχη αγγλική, η οποία χρησιμοποιήθηκε και κατά την υλοποίηση της βάσης γνώσης, μέσω της γλώσσας προγραμματισμού Clips 6.3 (C Language Integrated Production System). Συγκεντρωτικά οι χρήσεις / καλύψεις γης που χρησιμοποιήθηκαν (66 κατηγορίες συνολικά), περιλαμβάνονται στους παρακάτω πίνακες.

Υδάτινες Επιφάνειες (Water)	Πισίνα (Swimming Pool)
	Τεχνητή Δεξαμενή Νερού (Man Made Reservoir)
	Στέρνα (Cistern)
	Ιχθυοκαλλιέργεια που Περιβάλλεται από Χερσαία Επιφάνεια (Fish Farm Land)
	Λίμνη (Lake)
	Φυσική Πισίνα (Natural Pool)
	Φυσική Δεξαμενή Νερού (Natural Reservoir)
	Μόνιμα Υγρή Περιοχή της Γης Αποτελούμενη από Σάπια Οργανική Ύλη (Bog)
	Εποχιακά Πλημμυρισμένος Υγρότοπος Αποτελούμενος από Ξυλώδη Φυτά (Swamp)
	Λασπώδης Βάλτος σε Πυκνό Άλσος με Παλιρροιακές Πλημύρες (Mangrove Swamp)
	Βάλτος (Marsh)
	Παλιρροιακά Ύδατα (Tidal Water)
	Ποτάμι (River)
	Κανάλι (Canal)
	Κεκλιμένο Κανάλι για τη Μεταφορά του Νερού από Απόσταση (Flume)
	Καταρράκτης (Waterfall)
	Ρηχό "Σώμα" Νερού που Επιτρέπει τη Διέλευση (Ford)
	Τμήματα Υδατορεύματος με Επιταχυμένη Ροή (χωρίς μεταβολή της κλίσης της κοίτης) (Rapids)
	Ιχθυοκαλλιέργεια που Περιβάλλεται από Υδάτινο Σώμα (Fish Farm Water)

Πίνακας 3: Πίνακας Υδάτινων Επιφανειών

Ξηρά (μη υδάτινες επιφάνειες) (Land)	Βλάστηση (Vegetation)	Όαση (Oasis)
		Λόχμη (Thicket)
		Σύστημα Δέντρων των οποίων ο Θόλος δεν έχει "Κλείσει" (Wood)
		Φυλλοβόλα (Deciduous)
		Αειθαλή (Evergreen)
		Σύστημα Φυλλοβόλων – Αειθαλών Δέντρων (Mixed)
		Δεντροστοιχίες (Hedgerow)
		Λιβάδι (Grassland)
		Αμπελώνας (Vineyard)
		Ορυζώνες (Rice Fields)
		Οπωρώνας (Orchard)
		Πάρκο (Park)
		Ζωολογικός Κήπος (Zoo)
		Καλλιεργήσιμες Εκτάσεις (Crop Land)
		Αστικό Πράσινο (Urban Green)
	Φυσικές Περιοχές (Natural Regions)	Περιοχή Επιφάνειας του Εδάφους (Ομοιογενής Περιοχή ως προς ένα Χαρακτηριστικό του Εδάφους) (Soil Surface Region)
		Περιοχή με Ογκόλιθους (Boulders)
		Περιοχή με Χαλίκι (Gravel)
		Περιοχή με Λάβα (Lava)
		Περιοχή με Κίτρινη Ασβεστώδη Λάσπη (Loess)
		Λασπώδης Περιοχή (Mud)
		Βραχώδης Περιοχή (Rock)
		Περιοχή με Αλάτι (Salt)
		Αμμώδης Περιοχή (Sand)
		Περιοχή με Ασβεστόλιθο (Limestone)
		Απότομο Έδαφος (Steep Terrain Face)
		Άγονες – Ημι-άνυδρες Περιοχές (Sabkha)
		Ηφαιστειο (Volcano)
		Χιονισμένο ή Παγωμένο Πεδίο (Snow or Ice Field)
		Νησί (Island)
	Τεχνητές Περιοχές (Artificial Regions)	Δομημένη Περιοχή (Built up Area)
		Αραιή Δομημένη Περιοχή (Sparse Built up Area)
		Πυκνή Δομημένη Περιοχή (Dense Built up Area)
		Ελαφριές Δομές που Χρησιμοποιούνται ως Κατοικίες (καλύβες, σκηνές) (Deprived Urban Areas - Settlement)
		Βιομηχανική Δομημένη Περιοχή (Industrial Built up Area)
		Στρατιωτική Εγκατάσταση (Military Installation)
Χερσαίο Αεροδρόμιο (Land Aerodrome)		
Νεκροταφείο (Cemetery)		
Βιομηχανική Περιοχή (Industrial Area)		
Αρχαιολογικός Χώρος (Archaeological Site)		

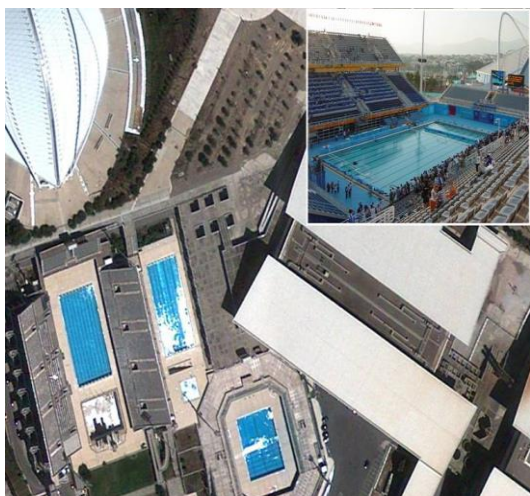
Ξηρά (μη υδάτινες επιφάνειες) (Land)	Τεχνητές Περιοχές (Artificial Regions)	Εξόρυξη Φυσικών Πόρων (Extraction Mine)
		Χώρος Διάθεσης Απορριμμάτων (Disposal Site)
		Δρόμος (οδικό δίκτυο) (Road)
		Σιδηροδρομικό Δίκτυο (Railway)
		Μονοπάτι (Trail)
		Γέφυρα (Bridge)
		Τούνελ (Tunnel)

Πίνακας 4: Πίνακας Μη Υδάτινων Επιφανειών (Ξηρά: Βλάστηση, Φυσικές και Τεχνητές Επιφάνειες)

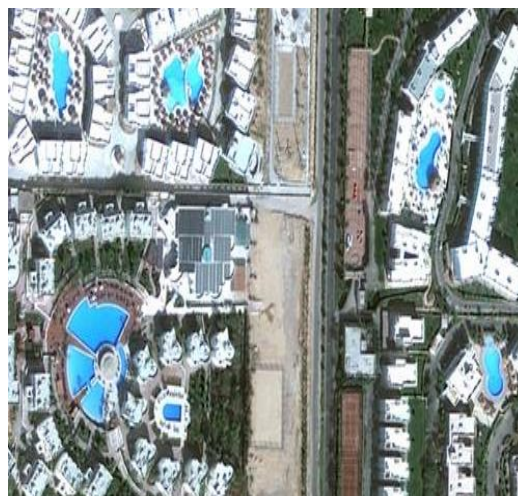
1.2.3.1 Σύντομη Περιγραφή Υδάτινων Επιφανειών

Οι Υδάτινες Επιφάνειες, ως χρήσεις / καλύψεις γης, που χρησιμοποιήθηκαν κατά την ανάπτυξη της βάσης γνώσης είναι συνολικά δεκαεννιά (19) κατηγορίες και παρακάτω πραγματοποιείται μια σύντομη κυρίως εικονιστική ανάλυση – περιγραφή, των βασικότερων εξ' αυτών.

➤ Πισίνα (Swimming Pool)

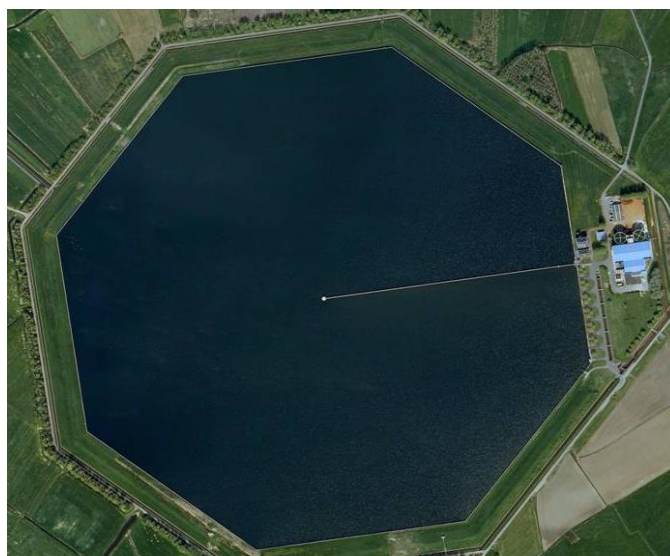


Εικόνα 8: Πισίνα,
Πηγή: google. Image



Εικόνα 9: Πισίνα,
Πηγή: google. Image

➤ Τεχνητή Δεξαμενή Νερού (Man Made Reservoir)



Εικόνα 10: Τεχνητή Δεξαμενή Νερού,
Πηγή: google. Image

➤ Στέρνα (Cistern)



Εικόνα 11: Στέρνα,
Πηγή: google. Image

- Ιχθυοκαλλιέργεια που Περιβάλλεται από Χερσαία Επιφάνεια (Fish Farm Land)



Εικόνα 12: Ιχθυοκαλλιέργεια που Περιβάλλεται από Χερσαία Επιφάνεια, Πηγή: google. Image

- Λίμνη (Lake)



Εικόνα 13: Λίμνη, Πηγή: google. Image

➤ Φυσική Πισίνα (Natural Pool)



Εικόνα 14: Φυσική Πισίνα,
Πηγή: google. Image



Εικόνα 15: Φυσική Πισίνα,
Πηγή: google. Image

➤ Φυσική Δεξαμενή Νερού (Natural Reservoir)



Εικόνα 16: Φυσική Δεξαμενή Νερού,
Πηγή: google. Image

- Μόνιμα Υγρή Περιοχή της Γης Αποτελούμενη από Σάπια Οργανική Ύλη (Bog)

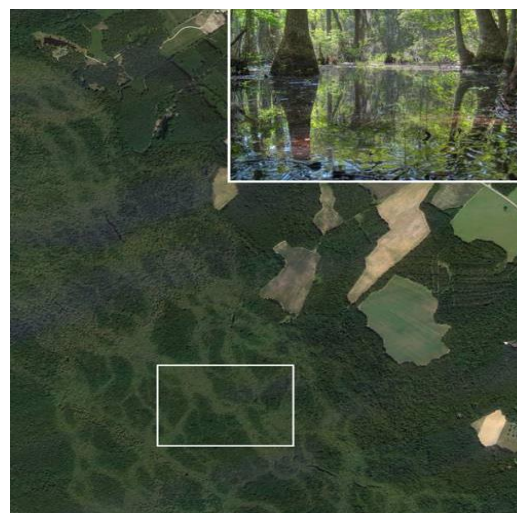


Εικόνα 17: Μόνιμα Υγρή Περιοχή της Γης Αποτελούμενη από Σάπια Οργανική Ύλη,
Πηγή: google. Image

- Εποχιακά Πλημμυρισμένος Υγρότοπος Αποτελούμενος από Ξυλώδη Φυτά (Swamp)



Εικόνα 18: Εποχιακά Πλημμυρισμένος Υγρότοπος Αποτελούμενος από Ξυλώδη Φυτά,
Πηγή: google. Image



Εικόνα 19: Εποχιακά Πλημμυρισμένος Υγρότοπος Αποτελούμενος από Ξυλώδη Φυτά,
Πηγή: google. Image

- Λασπώδης Βάλτος σε Πυκνό Άλσος με Παλιρροιακές Πλημύρες (Mangrove Swamp)



Εικόνα 20: Λασπώδης Βάλτος σε Πυκνό Άλσος με Παλιρροιακές Πλημύρες,
Πηγή: google. Image

- Βάλτος (Marsh)



Εικόνα 21: Βάλτος,
Πηγή: google. Image



Εικόνα 22: Βάλτος,
Πηγή: google. Image

➤ Παλιρροιακά Ύδατα (Tidal Water)



Εικόνα 23: Παλιρροιακά Ύδατα,
Πηγή: google. Image

➤ Ποτάμι (River)



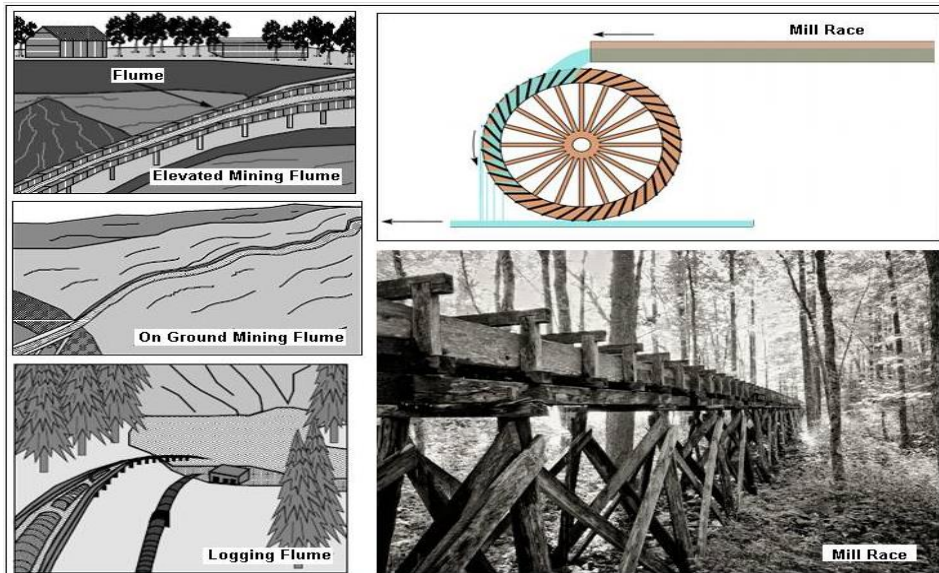
Εικόνα 24: Ποτάμι,
Πηγή: google. Image

➤ Κανάλι (Canal)



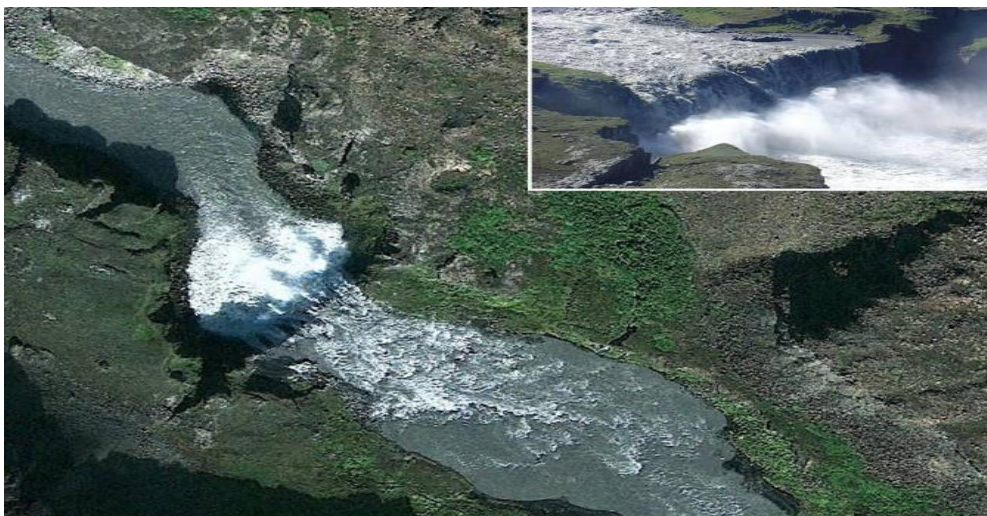
Εικόνα 25: Κανάλι,
Πηγή: google. Image

➤ Κεκλιμένο Κανάλι για τη Μεταφορά του Νερού από Απόσταση (Flume),



Εικόνα 26: Κεκλιμένο Κανάλι για τη Μεταφορά του
Νερού από Απόσταση,
Πηγή: google. Image

➤ Καταρράκτης (Waterfall)



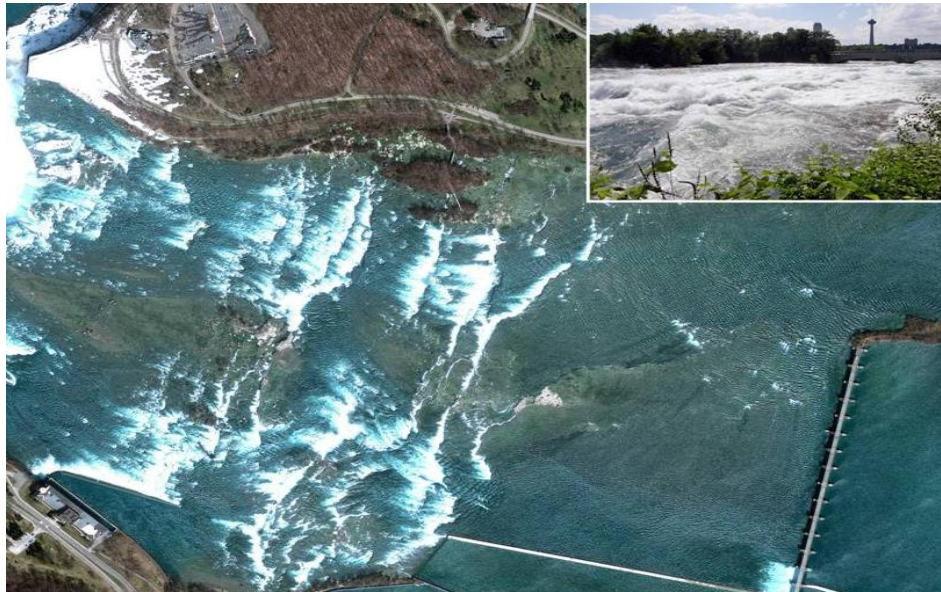
Εικόνα 27: Καταρράκτης,
Πηγή: google. Image

➤ Ρηχό "Σώμα" Νερού που Επιτρέπει τη Διέλευση (Ford)



Εικόνα 28: Ρηχό "Σώμα" Νερού
που Επιτρέπει τη Διέλευση,
Πηγή: google. Image

- Τμήματα Υδατορεύματος με Επιταχυμένη Ροή (χωρίς μεταβολή της κλίσης της κοίτης) (Rapids)



Εικόνα 29: Τμήματα Υδατορεύματος με Επιταχυμένη Ροή,
Πηγή: google. Image

- Ιχθυοκαλλιέργεια που Περιβάλλεται από Υδάτινο Σώμα (Fish Farm Water)



Εικόνα 30: Ιχθυοκαλλιέργεια που Περιβάλλεται
από Υδάτινο Σώμα,
Πηγή: google. Image

1.2.3.2 Σύντομη Περιγραφή Μη Υδάτινων Επιφανειών (Ξηρά)

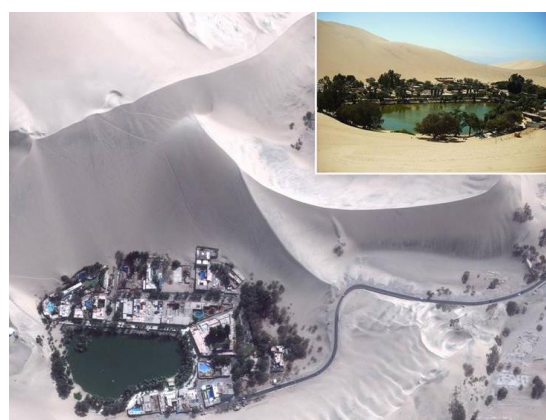
Οι μη Υδάτινες Επιφάνειες (Ξηρά), ως χρήσεις / καλύψεις γης, που χρησιμοποιήθηκαν κατά την ανάπτυξη της βάσης γνώσης, διακρίνονται στη βλάστηση (15 κατηγορίες), στις φυσικές (15 κατηγορίες) και τις τεχνητές (17 κατηγορίες) επιφάνειες - περιοχές. Παρακάτω πραγματοποιείται μια σύντομη κυρίως εικονιστική ανάλυση – περιγραφή, των βασικότερων εξ' αυτών.

- i. Η Βλάστηση, περιλαμβάνει συνολικά δεκαπέντε (15) κατηγορίες χρήσεων / καλύψεων γης.

➤ Όαση (Oasis)

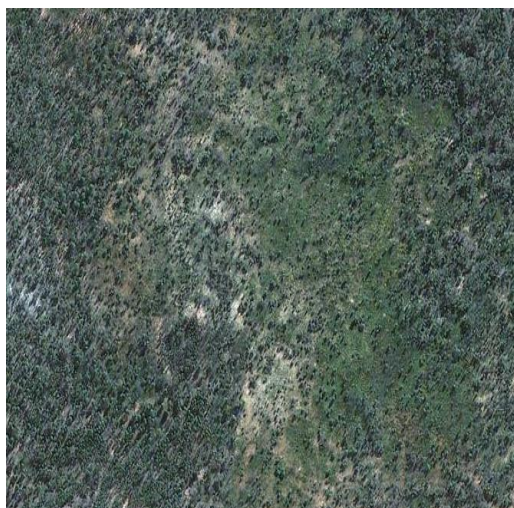


Εικόνα 31: Όαση,
Πηγή: google. Image



Εικόνα 32: Όαση,
Πηγή: google. Image

➤ Λόχμη (Thicket)



Εικόνα 33: Λόχμη,
Πηγή: google. Image



Εικόνα 34: Λόχμη,
Πηγή: google. Image

➤ Σύστημα Δέντρων των οποίων ο Θόλος δεν έχει "Κλείσει" (Wood)



Εικόνα 35: Σύστημα Δέντρων των οποίων ο Θόλος δεν έχει "Κλείσει",
Πηγή: google. Image

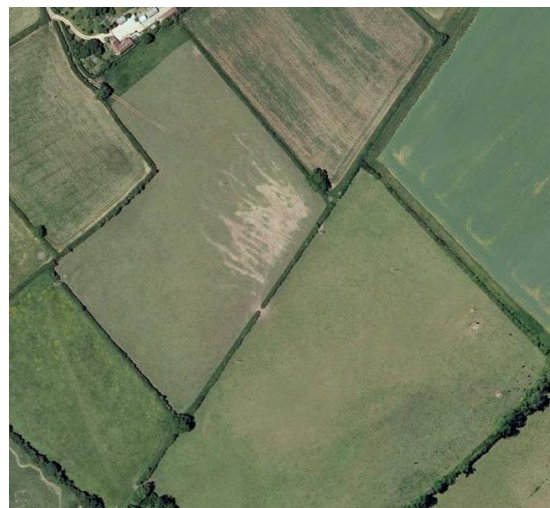


Εικόνα 36: Σύστημα Δέντρων των οποίων ο Θόλος δεν έχει "Κλείσει",
Πηγή: google. Image

➤ Δεντροστοιχίες (Hedgerow)



Εικόνα 37: Δεντροστοιχίες,
Πηγή: google. Image



Εικόνα 38: Δεντροστοιχίες,
Πηγή: google. Image

➤ Λιβάδι (Grassland)



Εικόνα 39: Λιβάδι,
Πηγή: google. Image

➤ Αμπελώνας (Vineyard)



Εικόνα 40: Αμπελώνας,
Πηγή: google. Image



Εικόνα 41: Αμπελώνας,
Πηγή: google. Image

➤ Ορυζώνες (Rice Fields)



Εικόνα 42: Ορυζώνες,
Πηγή: google. Image



Εικόνα 43: Ορυζώνες,
Πηγή: google. Image

➤ Οπωρώνας (Orchard)



Εικόνα 44: Οπωρώνας,
Πηγή: google. Image



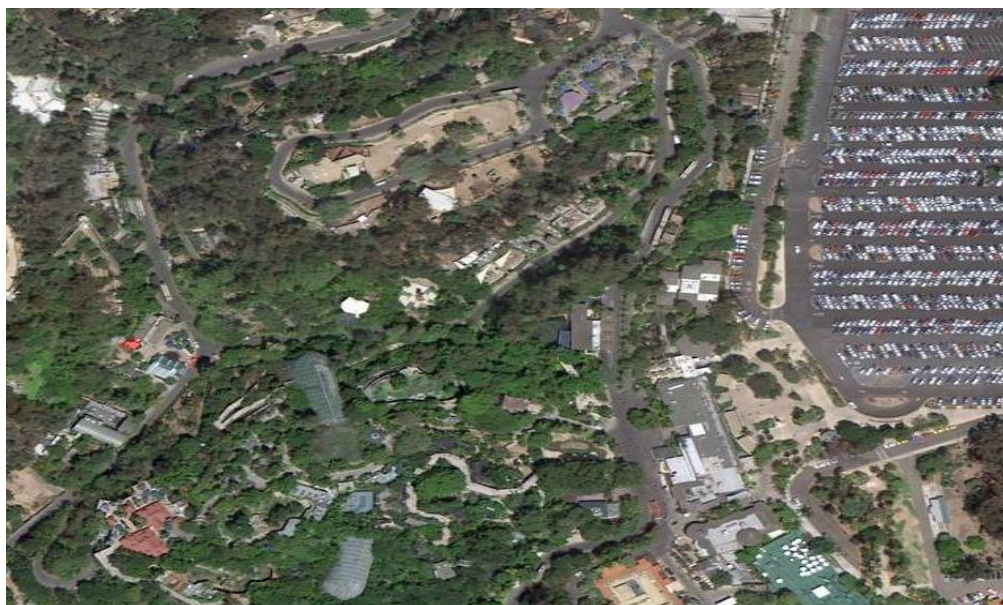
Εικόνα 45: Οπωρώνας,
Πηγή: google. Image

➤ Πάρκο (Park)



Εικόνα 46: Πάρκο,
Πηγή: google. Image

➤ Ζωολογικός Κήπος (Zoo)



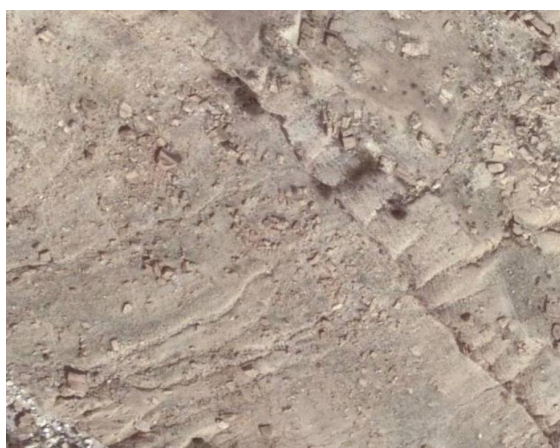
Εικόνα 47: Ζωολογικός Κήπος,
Πηγή: google. Image

➤ Καλλιεργήσιμες Εκτάσεις (Crop Land)

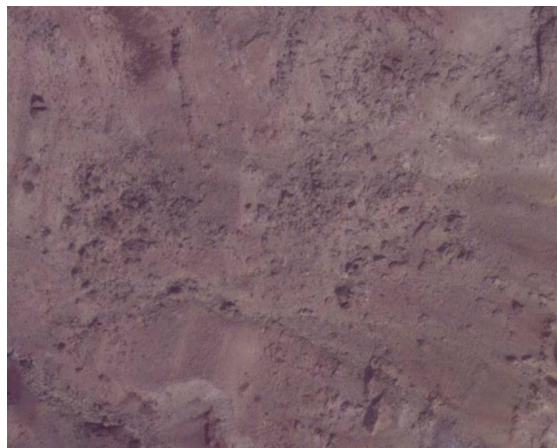


Εικόνα 48: Καλλιεργήσιμες Εκτάσεις,
Πηγή: google. Image

- ii. Οι Φυσικές Περιοχές, περιλαμβάνουν συνολικά δεκαπέντε (15) κατηγορίες χρήσεων / καλύψεων γης.
- Περιοχή Επιφάνειας του Εδάφους (Ομοιογενής Περιοχή ως προς ένα Χαρακτηριστικό του Εδάφους) (Soil Surface Region)



Εικόνα 49: Ομοιογενής Περιοχή ως
προς ένα Χαρακτηριστικό του Εδάφους,
Πηγή: google. Image



Εικόνα 50: Ομοιογενής Περιοχή ως
προς ένα Χαρακτηριστικό του Εδάφους,
Πηγή: google. Image

➤ Απότομο Έδαφος (Steep Terrain Face)



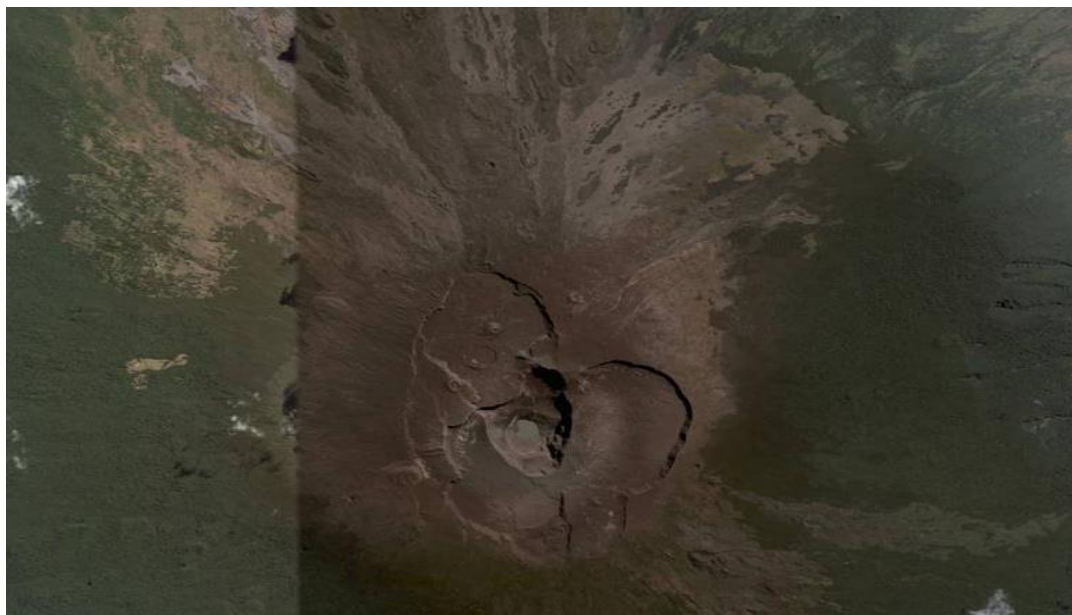
Εικόνα 51: Απότομο Έδαφος,
Πηγή: google. Image

➤ Άγονες – Ημι-άνυδρες Περιοχές (Sabkha)



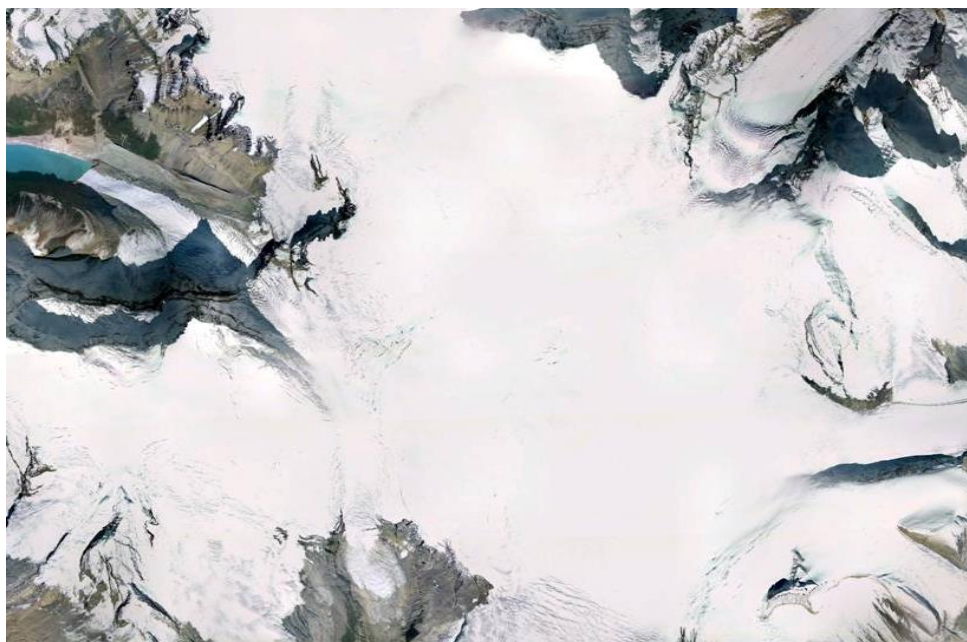
Εικόνα 52: Άγονες – Ημι-άνυδρες Περιοχές,
Πηγή: google. Image

➤ Ηφαίστειο (Volcano)



Εικόνα 53: Ηφαίστειο,
Πηγή: google. Image

➤ Χιονισμένο ή Παγωμένο Πεδίο (Snow or Ice Field)



Εικόνα 54: Χιονισμένο ή Παγωμένο Πεδίο,
Πηγή: google. Image

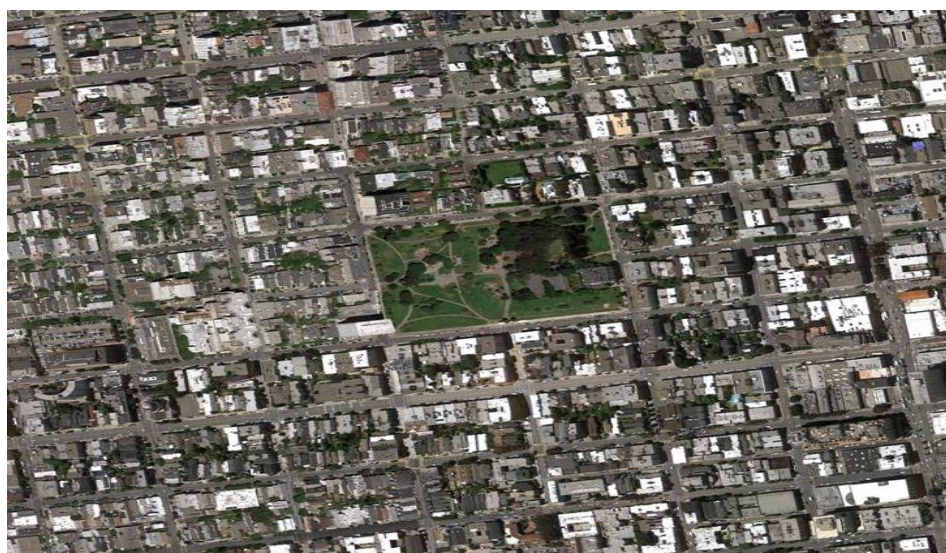
➤ Νησί (Island)



Εικόνα 55: Νησί,
Πηγή: google. Image

- iii. Οι Τεχνητές Περιοχές, περιλαμβάνουν συνολικά δεκαεφτά (17) κατηγορίες χρήσεων / καλύψεων γης.

➤ Δομημένη Περιοχή (Built up Area)



Εικόνα 56: Δομημένη Περιοχή,
Πηγή: google. Image

- Ελαφριές Δομές που Χρησιμοποιούνται ως Κατοικίες (καλύβες, σκηνές)
(Deprived Urban Areas - Settlement)

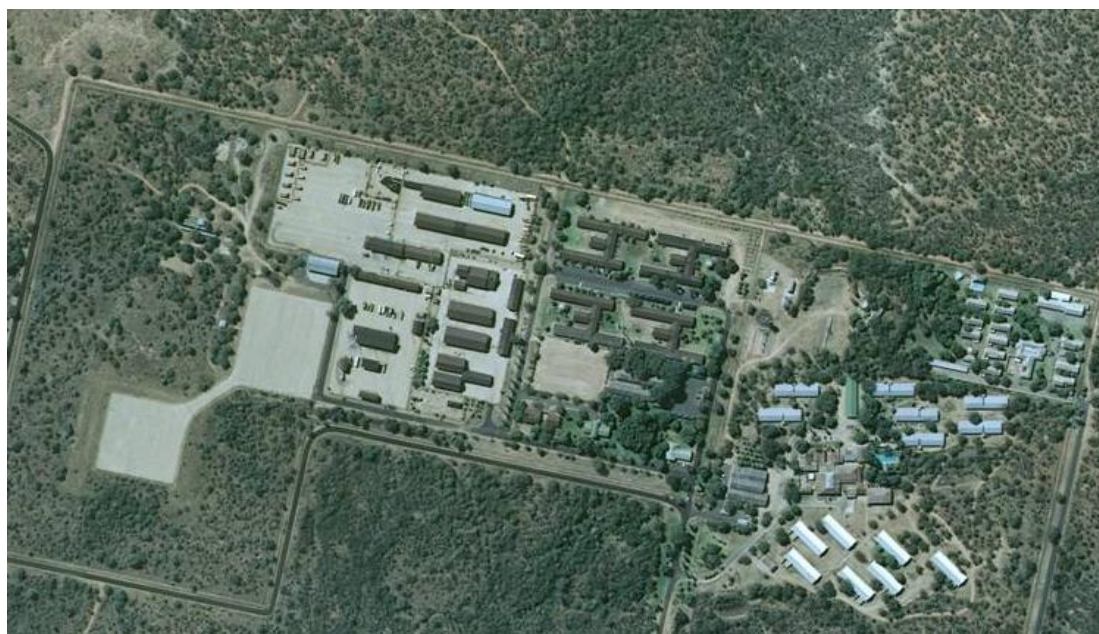


Εικόνα 57: Ελαφριές Δομές που Χρησιμοποιούνται ως Κατοικίες,
Πηγή: google. Image



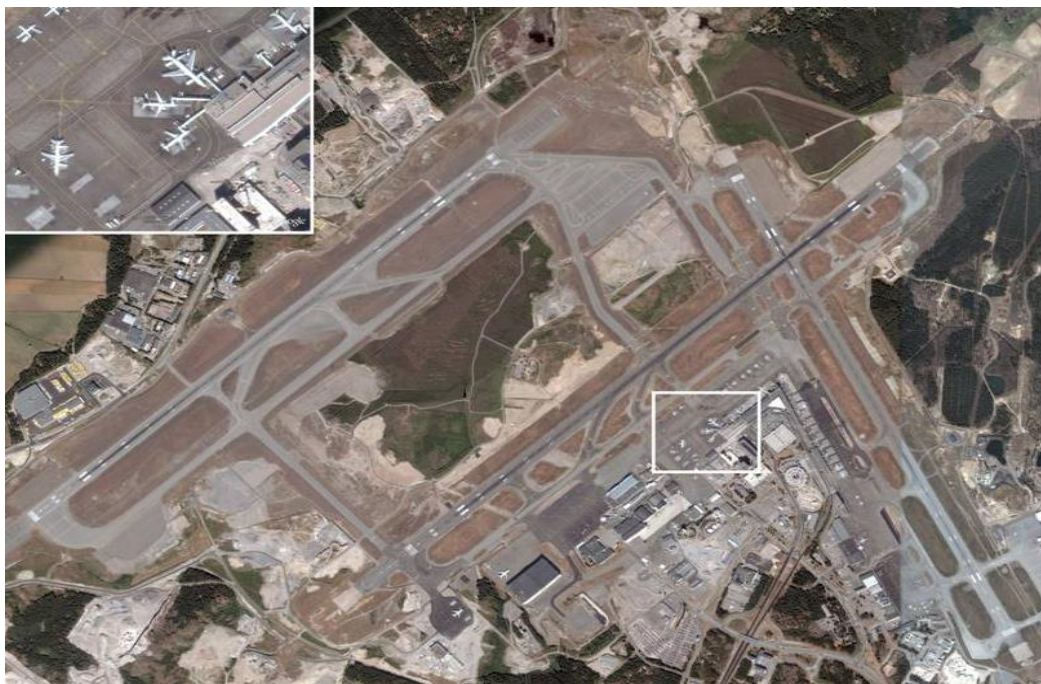
Εικόνα 58: Ελαφριές Δομές που Χρησιμοποιούνται ως Κατοικίες,
Πηγή: google. Image

- Στρατιωτική Εγκατάσταση (Military Installation)



Εικόνα 59: Στρατιωτική Εγκατάσταση,
Πηγή: google. Image

➤ Χερσαίο Αεροδρόμιο (Land Aerodrome)



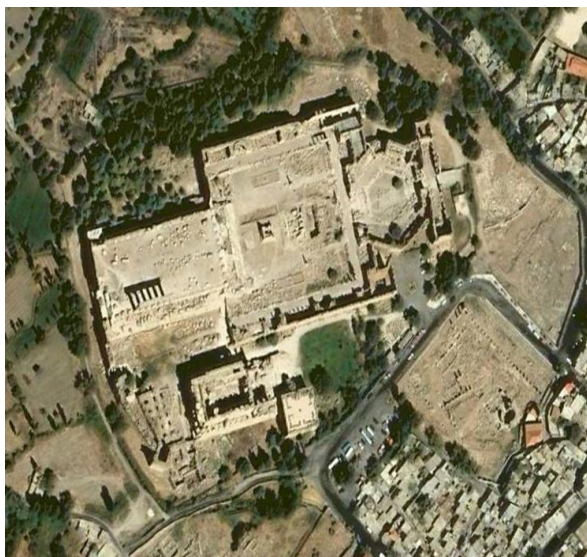
Εικόνα 60: Χερσαίο Αεροδρόμιο,
Πηγή: google. Image

➤ Νεκροταφείο (Cemetery)



Εικόνα 61: Νεκροταφείο,
Πηγή: google. Image

➤ Αρχαιολογικός Χώρος (Archaeological Site)



Εικόνα 62: Αρχαιολογικός Χώρος,
Πηγή: google. Image



Εικόνα 63: Αρχαιολογικός Χώρος,
Πηγή: google. Image

➤ Εξόρυξη Φυσικών Πόρων (Extraction Mine)



Εικόνα 64: Εξόρυξη Φυσικών Πόρων,
Πηγή: google. Image



Εικόνα 65: Εξόρυξη Φυσικών Πόρων,
Πηγή: google. Image

➤ Χώρος Διάθεσης Απορριμμάτων (Disposal Site)



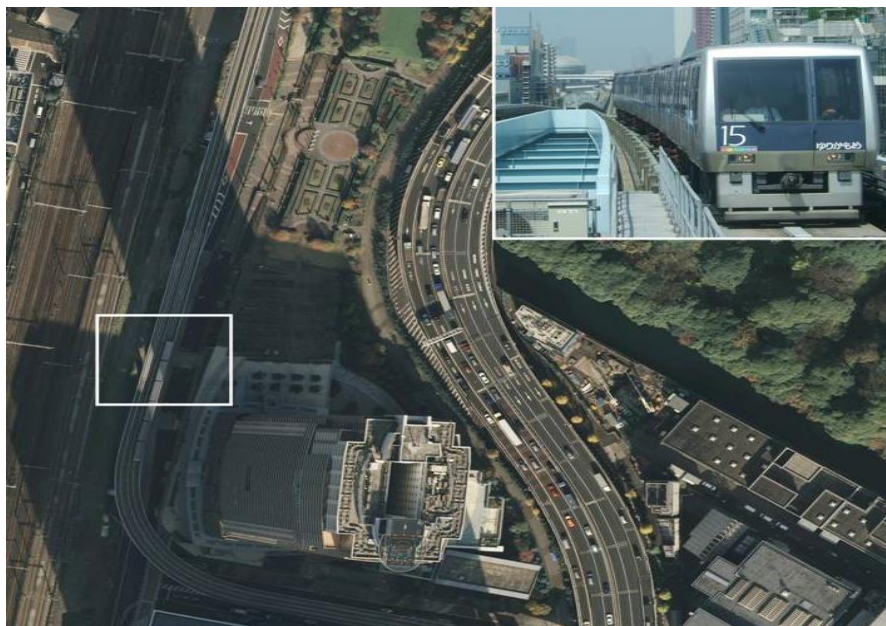
Εικόνα 66: Χώρος Διάθεσης Απορριμμάτων,
Πηγή: google. Image

➤ Δρόμος (οδικό δίκτυο) (Road)



Εικόνα 67: Δρόμος,
Πηγή: google. Image

➤ Σιδηροδρομικό Δίκτυο (Railway)



Εικόνα 68: Σιδηροδρομικό Δίκτυο,
Πηγή: google. Image

➤ Μονοπάτι (Trail)



Εικόνα 69: Μονοπάτι,
Πηγή: google. Image

➤ Γέφυρα (Bridge)



Εικόνα 70: Γέφυρα,
Πηγή: google. Image

➤ Τούνελ (Tunnel)



Εικόνα 71: Τούνελ,
Πηγή: google. Image

1.3 Η Γλώσσα Προγραμματισμού CLIPS (C Language Integrated Production System)

Η γλώσσα προγραμματισμού CLIPS, είναι ένα κέλυφος εμπείρου συστήματος που αναπτύχθηκε από το Software Technology Branch (STB), NASA/ Lyndon B. Johnson Space Center. Από την πρώτη του έκδοση (1986) μέχρι σήμερα έχει υποστεί συνεχείς αναβαθμίσεις και βελτιώσεις και χρησιμοποιείται από χιλιάδες ανθρώπους σε όλο τον κόσμο. Οι εντολές της CLIPS είναι ενσωματωμένες σε δυναμικές βιβλιοθήκες διασύνδεσης (DLL) και έτσι μπορεί να ολοκληρωθεί σε εφαρμογές στα Windows 95 (DELPHI, Visual BASIC, C++). Υπάρχει διαθέσιμο περιβάλλον (Fuzzy Clips) στο οποίο ενσωματώνονται οι κανόνες της ασαφούς λογικής, ενώ το WxCLIPS παρέχει μια ανεξάρτητη βιβλιοθήκη γραφικών και ένα GUI κάτω από Windows 95.

1.3.1 Περιγραφή της Γλώσσας Προγραμματισμού CLIPS

Η CLIPS είναι ένα εργαλείο σχεδιασμένο για τη δημιουργία προγραμμάτων και εφαρμογών στην περιοχή των έμπειρων συστημάτων, είναι ένα περιβάλλον σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να μοντελοποιεί την ανθρώπινη γνώση. Το όνομα CLIPS είναι ένα ακρωνύμιο του C Language Integrated Production System. Η σύνταξη και το όνομα αυτής της γλώσσας είναι εμπνευσμένα από το OPS (Official production system) του Charles Forgy. Οι πρώτες εκδοχές της CLIPS αναπτύχθηκαν περίπου το 1985 στο διαστημικό κέντρο Johnson της NASA μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1990 όπου οι έρευνες για την τεχνολογία έμπειρων συστημάτων σταμάτησαν. Η πρώτη επίσημη έκδοση της γλώσσας ήταν το 1986.

Η CLIPS καλείται εργαλείο έμπειρων συστημάτων επειδή είναι ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον για την ανάπτυξη τους και περιλαμβάνει χαρακτηριστικά όπως ο ενσωματωμένος συντάκτης κειμένου editor και το εργαλείο αποσφαλμάτωσης. Η λέξη κέλυφος (shell) είναι το κομμάτι της CLIPS, που συμβάλλει στην εξαγωγή συμπερασμάτων. Το κέλυφος της Clips παρέχει τα βασικά στοιχεία ενός εμπείρου συστήματος όπως (Joseph C. Giarratano 2002):

- ✓ Λίστα Γεγονότων (Fact List) η οποία αντιστοιχεί στη μνήμη εργασίας των έμπειρων συστημάτων. Πρόκειται για τον χώρο στον οποίο αποθηκεύονται τα γεγονότα (Facts), τόσο εκείνα που ορίζονται αρχικά όσο και εκείνα κατά την διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος
- ✓ Βάση Γνώσης (Knowledge Base), που περιέχει όλους τους κανόνες οι οποίοι αποτελούν τη Βάση Κανόνων (Rule Base)

- ✓ Μηχανή Εξαγωγής Συμπερασμάτων (Inference Engine), που ελέγχει τη λειτουργία του συστήματος και περιέχει στρατηγικές επίλυσης συγκρούσεων για την επιλογή του κανόνα προς πυροδότηση. Το σύνολο των "υποψήφιων" προς πυροδότηση κανόνων αποτελεί την ατζέντα (agenda) του συστήματος.

Η CLIPS είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα εργαλεία για την δημιουργία έμπειρων συστημάτων επειδή είναι γρήγορη, εύκολη στη χρήση, ευέλικτη και παρέχεται δωρεάν. Αναβαθμίζεται και υποστηρίζεται συχνά από τον αυθεντικό συγγραφέα Gary Riley, ακόμα και τώρα που παρέχεται δωρεάν. Ενσωματώνει μια αντικειμενοστραφή προσέγγιση όσον αφορά την γλώσσα προγραμματισμού ονομαζόμενη COOL, που χρησιμοποιείται για την κατασκευή έμπειρων συστημάτων. Ενώ είναι γραμμένη σε C, η διεπαφή χρήστη μοιάζει περισσότερο με εκείνη της προγραμματιστικής γλώσσας LISP. Προεκτάσεις μπορούν να γραφτούν σε C και η CLIPS μπορεί να καλεστεί και μέσω της C.

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

- ✓ 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.

Ένα πρόγραμμα γραμμένο σε τέτοια γλώσσα μπορεί να αποτελείται από κανόνες (rules), από γεγονότα (facts) και από αντικείμενα (objects), συναρτήσεις (deffunctions) και γενικές συναρτήσεις (generic functions). Ένα βασισμένο σε κανόνες έμπειρο σύστημα γραμμένο σε CLIPS μπορεί να είναι ένα οδηγούμενο από δεδομένα πρόγραμμα όπου τα γεγονότα και τα αντικείμενα, είναι τα δεδομένα που "διεγείρουν" την εκτέλεση με την βοήθεια της μηχανής εξαγωγής συμπερασμάτων .

Η CLIPS, ως ένα σύνολο από κανόνες και γεγονότα, συνίσταται σε μια ακολουθία από πυροδοτήσεις κανόνων των οποίων οι συνθήκες ικανοποιούνται. Η ικανοποίηση των συνθηκών, γίνεται μέσω ταυτοποίησής τους με γεγονότα που υπάρχουν στη λίστα γεγονότων. Η "εκτέλεση" τερματίζεται όταν δεν υπάρχουν άλλοι κανόνες προς πυροδότηση.

Οι βελτιώσεις της έκδοσης 6.0, επιτρέπουν σε κανόνες να ταιριάζουν αντικείμενα και γεγονότα (Joseph C. Giarratano 2002). Στην CLIPS, ο βαθμός προτεραιότητας (salience), επιτρέπει σε ένα χρήστη να δώσει βάρος ή προτεραιότητα σε ένα κανόνα.

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)

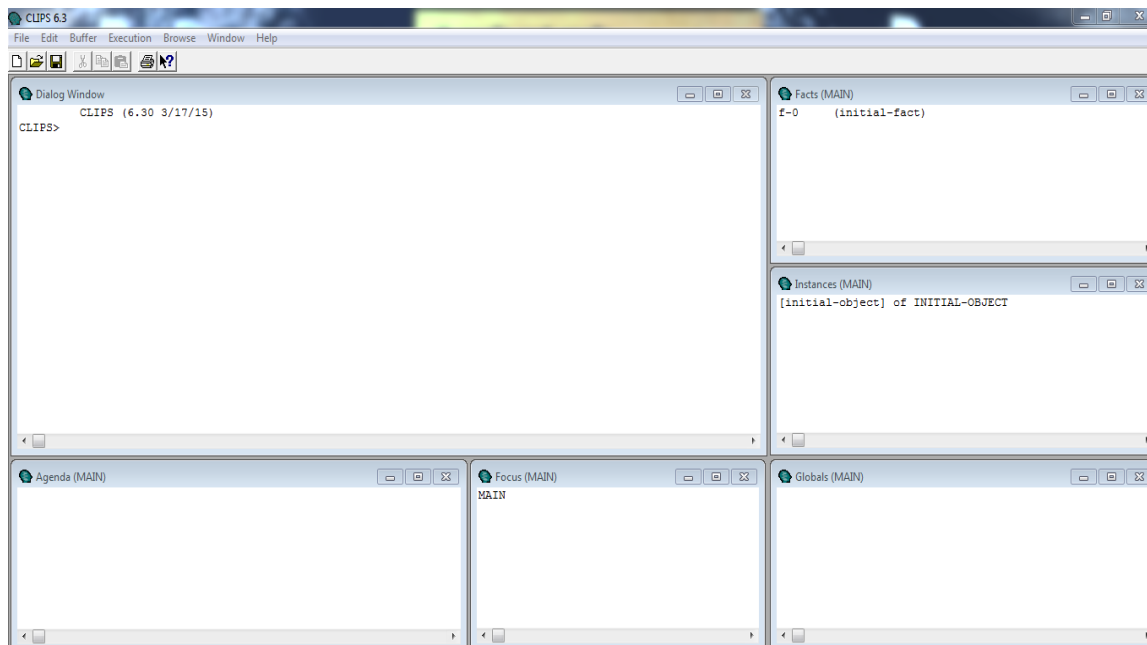
Η μέθοδος της Ορθής Συλλογιστικής Αλυσίδας καταλήγει σε συμπέρασμα ξεκινώντας από τα δεδομένα π.χ. "εάν δεις ότι βρέχει πριν φύγεις από το σπίτι (γεγονός) τότε θα πρέπει να πάρεις ομπρέλα (συμπέρασμα)". Η Ανάστροφη Συλλογιστική Αλυσίδα συμπερασματολογεί αντίστροφα ξεκινώντας από την υπόθεση που συνδέεται 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.

1.3.2 Το Περιβάλλον της Γλώσσας Προγραμματισμού CLIPS

Το περιβάλλον της γλώσσας προγραμματισμού CLIPS ξεκινά σε MS-Windows εκτελώντας το αρχείο CLIPSIDE64.EXE. Αμέσως μετά εμφανίζεται στην οθόνη το περιβάλλον της CLIPS, όπως απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα, όπου είναι ανοικτά όλα τα "παράθυρα".

Στο "Dialog Window", πραγματοποιείται η "εκτέλεση" των προγραμμάτων και εμφανίζονται τα αποτελέσματα. Στο παράθυρο "Facts" εμφανίζονται τα περιεχόμενα της λίστας γεγονότων, καθώς αντίστοιχα στο "Agenda" τα περιεχόμενα της ατζέντας. "Φορτώνουμε" ένα πρόγραμμα σε CLIPS, επιλέγοντας από το μενού "File" την επιλογή "Load" και μέσα από το σχετικό "παράθυρο" επιλέγουμε το αρχείο, που συνήθως έχει κατάληξη *.clp. Εκτελούμε

ένα πρόγραμμα σε CLIPS, επιλέγοντας – εκτελώντας, την εντολή "Reset" από το μενού επιλογής "Execution" και στη συνέχεια, επιλέγουμε την εντολή "Run" από το ίδιο μενού. Για να εξέλθουμε από το περιβάλλον της CLIPS χρησιμοποιούμε την εντολή "exit": CLIPS> (exit).



Εικόνα 72: Περιβάλλον Γλώσσας Προγραμματισμού CLIPS 6.3

Βασικά Δομικά Στοιχεία της CLIPS, είναι τα εξής:

- Σύμβολα (symbols): Οποιαδήποτε ακολουθία εκτυπώσιμων χαρακτήρων που δεν ξεκινά, από <, |, \, &, (,), \$, ?, +, - και δεν περιέχει κανέναν από τους χαρακτήρες <, |, \, &, (,), ;
- Αλφαριθμητικά (strings): Οποιαδήποτε ακολουθία εκτυπώσιμων χαρακτήρων ανάμεσα σε διπλά εισαγωγικά, π.χ. "This is a nice program", "2A"
- Αριθμοί (numbers): 23, -23, +23 (integers), 23.34, +23.0, 23e4, -23.2e-5 (floats)
- Σχόλια: από το ";" μέχρι το τέλος της γραμμής

Τα Είδη Μεταβλητών της CLIPS είναι δύο, οι μονότιμες και οι πολλαπλών τιμών:

- Μονότιμες (singlevalue): ξεκινούν με ? (Π.χ. ?x, ?day και οι επιτρεπτές τιμές που μπορεί να πάρει είναι: 32, flight34, mary, "a12").

- ➔ Πολλαπλών τιμών (multivalued): ξεκινούν με \$?. (Π.χ. \$?days με επιτρεπτές τιμές: (28 29 30 31), (mon tues wedn)).

Οι Μεταβλητές, ανάλογα με την Εμβέλειά τους, διακρίνονται σε:

- ➔ Καθολικές μεταβλητές (global variables): οι οποίες είναι προσπελάσιμες από παντού και ορίζονται ως: (defglobal ?*<σύμβολο>* = <έκφραση>). Π.χ. (defglobal ?*x* = 0)
- ➔ Τοπικές μεταβλητές (local variables): οι οποίες είναι προσπελάσιμες μόνο μέσα από τη δομή (π.χ. κανόνας, συνάρτηση) που χρησιμοποιούνται.

Τα Γεγονότα, είναι λίστες από σύμβολα τα οποία περικλείονται σε παρενθέσεις, αποτελώντας την πληροφορία την οποία το σύστημα γνωρίζει και βάσει της οποίας εξάγει συμπεράσματα, είναι δύο ειδών:

- ➔ Διατεταγμένα: Πρόκειται για λίστες από τιμές, που παριστάνουν σχετικά απλά γεγονότα, όπου παίζει ρόλο η σειρά των τιμών, π.χ. (flight 734 DELTA), (person George), (class "A1" 1995).
- ➔ Μη Διατεταγμένα ή Προτύπου: Πρόκειται για ονοματοποιημένες λίστες που περιέχουν λίστες δύο στοιχείων, οι οποίες σχετίζονται με αντίστοιχο πρότυπο γεγονότων (fact template), και παριστάνουν πιο σύνθετα γεγονότα, π.χ. (student (age 19) (year a) (sex male))

Εισαγωγή & Διαγραφή Γεγονότων, στη λίστα γεγονότων πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

- ➔ Με την εντολή assert: Εισάγει ένα γεγονός και χρησιμοποιείται συνήθως στο δεξιό μέρος των κανόνων. Σύνταξη: (assert <fact>). π.χ. (assert (water-tank empty))
- ➔ Με την εντολή deffacts: Χρησιμοποιείται για τη μαζική εισαγωγή γεγονότων, με σύνταξη, όπως παρακάτω:

```
(defacts <όνομα>
  "σχόλιο"
  <fact1>
  <fact2>
  ...
  <factn>)
```

Διαγράφη ενός γεγονότος από τη λίστα, πραγματοποιείται με την εντολή "retract", με σύνταξη, όπως παρακάτω:

```
(retract <fact-index>)
```

Συνήθως όμως σε έναν κανόνα δεν ξέρουμε τον αριθμό του γεγονότος, οπότε τότε θα χρησιμοποιούμε τον ειδικό τελεστή "<-", όπως παρακάτω

```
?x <- (car AudiA4 1600 8 nai idravliki 25700)
(retract ?x)
```

Πρότυπα Γεγονότων, είναι μια δομή αναπαράστασης πιο σύνθετων γεγονότων. Συγκεκριμένα κάθε πρότυπο έχει ένα σύνολο από ιδιότητες (slots) στις οποίες μπορεί να ανατεθούν τιμές αυτόνομα, ενώ επιπλέον μπορεί να ορισθούν και οι τύποι των τιμών αυτών ώστε να γίνονται οι απαραίτητοι έλεγχοι. Ο ορισμός των προτύπων γεγονότων γίνεται με τη συνάρτηση "deftemplate", με σύνταξη, όπως παρακάτω:

```
(deftemplate <template name>
(slot <slotname1> (type <type1>)) ;ιδιότητα 1 τύπου1
(multislot <slotname2> (type <type2>)) ;ιδιότητα 2 τύπου2
...
(slot <slotnameN> (type <typeN>)) ;ιδιότητα N τύπουN
)
```

όπου το "slotnameN" είναι το όνομα της ιδιότητας και το όρισμα (type <typeN>) καθορίζει τον τύπο της συγκεκριμένης ιδιότητας. Οι ιδιότητες "slot" μπορούν να πάρουν σαν τιμές ένα σύμβολο ή αριθμό και οι ιδιότητες "multislot", λαμβάνουν πολλαπλές τιμές. Στο παρακάτω πίνακα, απεικονίζονται οι διαθέσιμοι τύποι τιμών για τις ιδιότητες των προτύπων:

Τύπος	Ιδιότητα που περιέχει
SYMBOL	Σύμβολα
STRING	Αλφαριθμητικά
LEXEME	Σύμβολα ή Αλφαριθμητικά
INTEGER	Ακέραιες Τιμές
FLOAT	Πραγματικές Τιμές
NUMBER	Ακέραιες ή Πραγματικές Τιμές
FACT-ADDRESS	Διεύθυνση Γεγονότος
?VARIABLE	Τιμές οποιουδήποτε τύπου

Οι κανόνες στη CLIPS, όπως και σε όλα τα έμπειρα συστήματα, αποτελούνται από δύο μέρη, τις συνθήκες και τις ενέργειες, όπως παρακάτω:

if <συνθήκες> then <ενέργειες>

που αναπαριστούν την ευρετική γνώση (heuristic knowledge) στη βάση γνώσης.

Οι συνθήκες είναι τις περισσότερες φορές ένα σύνολο από γεγονότα, τα οποία πρέπει να υπάρχουν στη λίστα γεγονότων για να ικανοποιείται ο κανόνας. Οι συνθήκες ενός κανόνα μπορεί να περιέχουν μεταβλητές και έτσι να ταυτοποιούνται με περισσότερα του ενός γεγονότα της λίστας γεγονότων. Αυτό επιτρέπει να ικανοποιείται ο κανόνας με περισσότερους από έναν τρόπους, έχοντας κάθε φορά διαφορετικές αναθέσεις τιμών στις μεταβλητές του. Στην περίπτωση αυτή στην ατζέντα εισάγεται ο κανόνας τόσες φορές, όσοι είναι οι διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους ικανοποιείται και φυσικά με διαφορετικές αναθέσεις στις αντίστοιχες μεταβλητές.

Στις ενέργειες του κανόνα περιγράφεται το τι θα λάβει χώρα κατά την "πυροδότησή" του. Οι ενέργειες μπορεί να περιλαμβάνουν οποιαδήποτε συνάρτηση της CLIPS, όπως για παράδειγμα την εισαγωγή ή διαγραφή ενός γεγονότος από τη λίστα γεγονότων, την εκτύπωση αποτελεσμάτων, υπολογισμό τιμών, κτλ. Οι κανόνες ορίζονται μέσω της συνάρτησης "defrule" της CLIPS, με σύνταξη, όπως παρακάτω:

```
(defrule <rule-name> ;Όνομα Κανόνα (μοναδικό)
"<comments>" ;Επεξηγηματικά σχόλια για τον κανόνα
(condition 1) ;Συνθήκη 1
(condition 2) ;Συνθήκη 2
....
(condition n) ;Συνθήκη n
=>
(command 1) ;Εντολή 1
(command 2) ;Εντολή 2
....
(command n) ;Εντολή n
)
```

Το σύμβολο "=>" διαχωρίζει τις συνθήκες από τις ενέργειες του κανόνα. Το όνομα του κανόνα πρέπει να είναι μοναδικό. Εντολές της παραπάνω μορφής,

είναι δυνατό, να εισαχθούν από τη γραμμή εντολών του συστήματος, συνήθως αποθηκεύονται σε κάποιο αρχείο κειμένου και φορτώνονται στη CLIPS.

1.3.3 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 απο 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 απο 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. Έαν 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 τη δυνατότητα επιλογής επτά (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 "strategy", η οποία θα επαναπροσδιορίσει την ατζέντα σύμφωνα με τον καινούριο αλγόριθμο, οι οποίοι αναπτύσσονται, όπως παρακάτω:

➤ Βάθους (Depth Strategy)

Οι πιο πρόσφατα ενεργοποιημένοι κανόνες τοποθετούνται πάνω απο τους κανόνες ίσης σημασίας (salience). Για παράδειγμα έστω οτι 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.

➤ Απλοικότητας (Simplicity Strategy)

Ανάμεσα σε κανόνες με ίση σημασία, οι πιο πρόσφατοι ενεργοποιημένοι κανόνες τοποθετούνται πάνω από όλες τις ενεργοποιήσεις κανόνων με ίση ή 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.

➤ Πολυπλοκότητας (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. Οπότε, 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 ψευδοετικέτες 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.

➤ MEA Strategy

Ανάμεσα από κανόνες της ίδιας σημασίας (salience), πρόσφατα ενεργοποιημένοι κανόνες έχουν τοποθετηθεί χρησιμοποιώντας την αντίστοιχητακτική που υπήρχε στην στρατηγική OPS5.

2 Μεθοδολογία

Στην παρούσα ενότητα επιδιώκεται η ανάλυση, όλων των επιλογών και διαδικασιών που συνέβαλαν στην ανάπτυξη της βάσης γνώσης, η οποία συνεισφέρει στη παροχή ακρίβειας, πιστότητας και ταχύτητας κατά τη φωτοερμηνευτική διαδικασία, βοηθώντας ακόμα και ένα έμπειρο φωτοερμηνευτή, με απώτερο στόχο την ανανέωση Τοπογραφικών Χαρτών. Συγκεκριμένα θα αναπτυχθούν τα διαγράμματα που υλοποιήθηκαν στη βάση γνώσης, καθώς θα παρουσιαστούν κατά το δυνατό διεξοδικότερα αντιπροσωπευτικά παραδείγματα από το σύνολο των χρήσεων / καλύψεων γης που χρησιμοποιήθηκαν.

2.1 Τοποθέτηση του Προβλήματος

Ο άνθρωπος, αποτελεί το "τελειότερο" ολοκληρωμένο τηλεπισκοπικό σύστημα κατά τη διαδικασία αντίληψης, κατανόησης, ανάλυσης και έρευνας του εξωτερικού κόσμου, όπως τον προσλαμβάνει οπτικά, αμέσως ή μέσω αναλογικών - ψηφιακών απεικονίσεων του, λειτουργεί αφετηριακά με βάση την ψυχολογική διέγερσή του. Η ψυχολογική διέγερση του φωτοερμηνευτή πραγματοποιείται:

α. Με την απόκριση / αντίδρασή του στα βασικά φωτοαναγνωριστικά στοιχεία μιας ή ενός ζεύγους τηλεπισκοπικών απεικονίσεων (Τόνος / Απόχρωση Χρώματος, Σχήμα / Μορφή, Μέγεθος, Πρότυπο, Υφή, Σκιά, Αίσθηση / Μέτρηση της 3^{ης} Διάστασης, Θέση / Τοποθεσία, Σχέση με το Περιβάλλον (Χωρικές Σχέσεις)).

β. Με την προοδευτική βήμα προς βήμα αξιοποίησή τους, απ' τα απλούστερα κατανοητά (τόνος / απόχρωση χρώματος), ως τα αντικειμενικά πιο σύνθετα, (σχέση με το περιβάλλον), για την εξαγωγή μονοσήμαντων ή πιθανολογικών συμπερασμάτων και πληροφοριών. (Ρόκος Δ., (1988))

Είναι φανερό ότι οι τηλεπισκοπικές απεικονίσεις μιας συγκεκριμένης περιοχής / περιφέρειας μπορεί να είναι:

- αναλογικής ή ψηφιακής μορφής, (αεροφωτογραφίες ή δισκέτες / ταινίες / κασέτες / οπτικοί δίσκοι κ.λ.π.)
- ίδιας ή διαφορετικών κλιμάκων, λόγω μεταβολής του ύψους πτήσης ή της εστιακής απόστασης του τηλεπισκοπικού δέκτη)

- ίδιας ή διαφορετικής διαχωριστικής / διακριτικής ικανότητας / δυνατότητας (ΔΔ / ΔΙ)
- μονοεικονικές ή σε μορφή στερεοζευγών
- ίδιας ή διαφορετικών χρονολογιών
- ίδιας ή διαφορετικών εποχών του χρόνου
- ίδιας ή διαφορετικών ωρών λήψης
- κάτω απ' τις ίδιες, ή διαφορετικές ατμοσφαιρικές / μετεωρολογικές συνθήκες
- ευαισθητοποιημένες στην ίδια, ή σε διαφορετικές περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος
- με τον ίδιο ή διαφορετικούς προσανατολισμούς του άξονα πτήσης
- "παρμένες" με τον ίδιο ή διαφορετικούς τηλεπισκοπικούς δέκτες / σύστημα
- κάτω απ' τις ίδιες / ή διαφορετικές / ειδικές (τεχνικές) συνθήκες λήψης (π.χ. άξονας λήψης κατακόρυφος / κεκλιμένος, πόλωση σε radar λήψεις οριζόντια ή κατακόρυφη κ.λ.π.)

Οι τηλεπισκοπικές αυτές απεικονίσεις είναι δυνατόν ν' αναλυθούν απ' τον φωτοερμηνευτή, είτε με την παραδοσιακή αναλογική φωτοερμηνευτική μέθοδο, η οποία αποτελεί την "οικειότερη" στον άνθρωπο (ως το πιο ολοκληρωμένο δυνατό "τηλεπισκοπικό σύστημα") διαδικασία, ή με την βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστών και αλγορίθμων ψηφιακών επεξεργασιών ή τέλος με μεικτές υβριδικές μεθόδους ολοκλήρωσης των δυνατοτήτων των αναλογικών και ψηφιακών μεθόδων και τεχνικών της τηλεπισκόπησης με τις δυνατότητες των Συστημάτων Πληροφοριών Γης και Περιβάλλοντος.

Οπότε λοιπόν τα βασικά φωτοαναγνωριστικά στοιχεία αποτελούν την κοινή αναφορά των αναλογικών και των ψηφιακών διαδικασιών, αποκάλυψης / εξακρίβωσης ταυτοτήτων αντικειμένων / φαινομένων και λύσης σχετικών προβλημάτων, ο τρόπος αξιοποίησής τους αυτονόητα επηρεάζεται απ' τις αντικειμενικές δυνατότητες και τους περιορισμούς των αντίστοιχων μεθόδων,

τεχνικών και των διατιθέμενων στοιχείων υποδομής / στήριξης της φωτοερμηνευτικής τηλεπισκοπικής μεθοδολογίας.

Σύμφωνα με τα παραπάνω και λαμβάνοντας υπόψη, το στόχο και τον απώτερο σκοπό της παρούσας διπλωματικής εργασίας, σχετικά με την ανάπτυξη μιας βάσης γνώσης που θα συμβάλει καταλυτικά στη φωτοερμηνευτική διαδικασία για την ανανέωση Τοπογραφικών Χαρτών, διαπιστώνεται η διαχρονική αναγκαιότητα βελτίωσης των μεθόδων, των συστημάτων και των ενεργειών προς αυτή την κατεύθυνση, καθώς ο κόσμος μας αποτελεί κατά κάποιο τρόπο ένα "δυναμικό" σύστημα, το οποίο συνεχώς μεταβάλλεται, εξελίσσεται και τελικώς διαμορφώνεται συναρτήσει του χρόνου.

2.2 Εισαγωγή στη Βάση Γνώσης, μέσω της Γλώσσας Προγραμματισμού CLIPS

Όπως αναπτύχθηκε και στην ενότητα του Τοπογραφικού Χάρτη (1.2.3), η βάση γνώσης που αναπτύχθηκε, περιλαμβάνει συνολικά εξήντα έξι (66) κατηγορίες χρήσεων / καλύψεων γης (landcover / landuse), υδάτινων και μη επιφανειών. Συγκεκριμένα, οι υδάτινες επιφάνειες είναι δεκαεννέα (19) κατηγορίες. Οι μη υδάτινες επιφάνειες διαχωρίζονται στη βλάστηση με δεκαπέντε (15) κατηγορίες, στις φυσικές επιφάνειες με δεκαπέντε (15) και στις τεχνητές περιοχές με δεκαεφτά (17) αντίστοιχα κατηγορίες. Το σύνολο των παραπάνω χρήσεων / καλύψεων γης αναπτύχθηκε, κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να "λειτουργεί" ως μια ενιαία βάση γνώσης, καθώς για λόγους ευελιξίας και βέλτιστης χρηστικότητας αποφεύχθηκε, όπως διαπιστώθηκε από ποικίλους "πειραματισμούς", η χρήση πολλαπλών βάσεων γνώσης, ως ξεχωριστά αρχεία. Οπότε το σύνολο της γνώσης, που περιλαμβάνει η βάση γνώσης αναπτύσσεται σ' ένα "γνωσιακό" – γνωστικό επίπεδο ή σε μια γνωστική νησίδα (knowledge island), η οποία όμως κατά κάποιο τρόπο εμπεριέχει τέσσερις (4) επιμέρους γνωστικές νησίδες, τις χρήσεις / καλύψεις γης των υδάτινων επιφανειών, της βλάστησης, των φυσικών και τεχνητών περιοχών, άρα μπορούμε να πούμε, κατά κάποιο τρόπο, ότι έχουμε τη φωτοερμηνευτική γνωστική νησίδα, η οποία περιλαμβάνει τις νησίδες των υδάτινων επιφανειών, της βλάστησης, των φυσικών και τεχνητών περιοχών.

Αξίζει, όμως να σημειωθεί, βάση των ανωτέρω, ότι η βάση γνώσης αναπτύχθηκε κατά τρόπο, ώστε να "λειτουργεί" ως μια ενιαία - αυτοτελής βάση γνώσης (knowledge island), με το σύνολο του κώδικα – κανόνων, να εμπεριέχονται σε δύο διαφορετικά αρχεία "Wordpad". Το πρώτο αρχείο (Spanakis_ Clips_1) περιλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του κώδικα –

κανόνων και κατ' επέκταση της βάσης γνώσης και το δεύτερο (Spanakis_Clips_2_Artificial_Regions) εμπεριέχει μόνο το μέρος του κώδικα – κανόνων, που αφορούν τις τεχνητές χρήσεις / καλύψεις γης που αναπτύχθηκαν. Η διαφοροποίηση, αυτή της βάσης γνώσης σε δύο αρχεία, οφείλεται στο γεγονός ότι αρχικά, η ανάπτυξη – προσθήκη κώδικα – κανόνων, στο "by default" αρχείο που δημιουργεί η Clips, με κατάληξη *.CLP, δεν είναι εφικτή από τα 30kb, κατά προσέγγιση, μεγέθους του αρχείου και πάνω. Η δυσχέρεια αυτή ξεπεράστηκε μετατρέποντας το αρχείο (*.CLP), σε "Wordpad", οπότε η εισαγωγή – ανάπτυξη – προσθήκη κώδικα - κανόνων, πραγματοποιήθηκε χωρίς κανένα πρόβλημα. Στη συνέχεια, όταν το αρχείο "Wordpad", ξεπέρασε κατά προσέγγιση τα 70kb, δεν ήταν εφικτή η "φόρτωση" (load) του αρχείου στο περιβάλλον της Clips, οπότε δημιουργήθηκαν δύο αρχεία "Wordpad", τα οποία "φορτώνονται" (load) εξ' αρχής μαζί, όντας πλέον δυνατή η "εκτέλεση" του συνόλου του κώδικα – κανόνων της βάσης γνώσης, μέσω της Clips 6.3.

Επίσης, οι απαντήσεις στο σύνολο των ερωτήσεων, που καλείται να "δώσει" ο εκάστοτε χειριστής, κατά την αλληλεπίδραση του με τη βάση γνώσης, ώστε να εξαχθεί το είδος της προς αναγνώριση χρήσης / κάλυψης γης, αποτελείται από δεσμευμένες – συγκεκριμένες απαντήσεις, οι οποίες είναι "yes" ή "no" και μόνο στην περίπτωση εξακρίβωσης της ύπαρξης ή μη ανθρωπογενούς παρέμβασης (human influence), μπορεί να εισαχθεί και η απάντηση, από μέρους του εκάστοτε χειριστή, "unknown". Αρχικά, για τη διάκριση των υδάτινων και μη επιφανειών, γίνεται χρήση των φασματικών χαρακτηριστικών και συγκεκριμένα του χρώματος της προς αναγνώριση χρήσης / κάλυψης γης, στα έγχρωμα σύνθετα "RGB321" και "RGB432", όπου η αντιστοίχιση της αρίθμησης των καναλιών βασίζεται στο Landsat Thematic Mapper (TM).

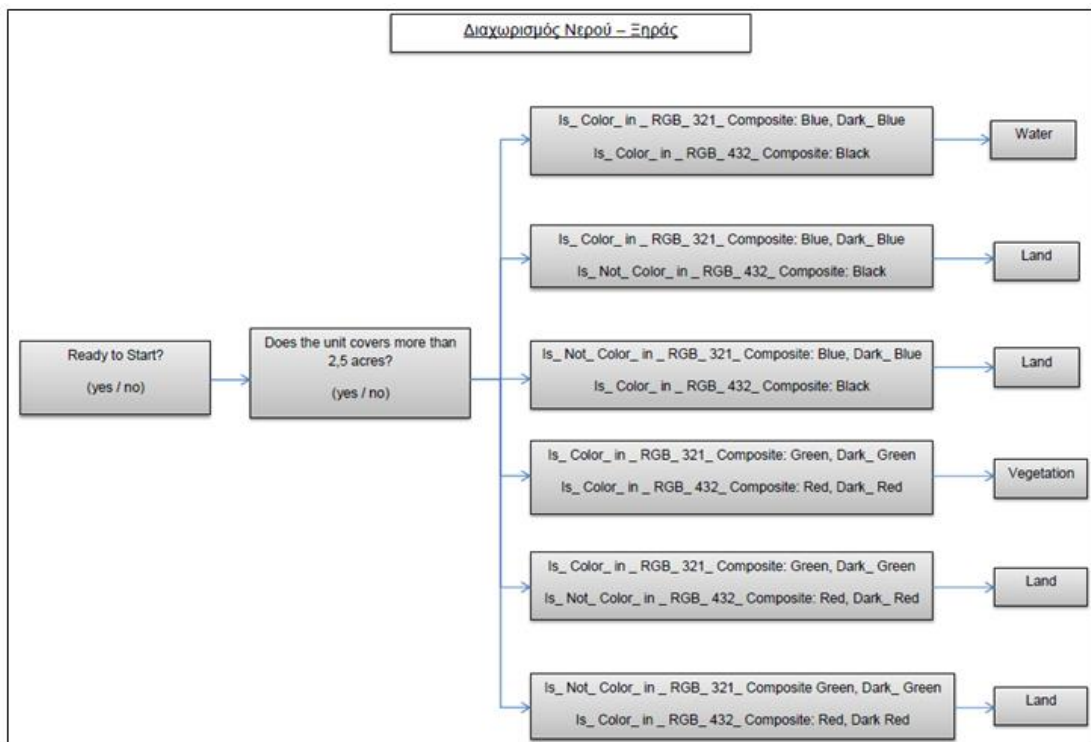
Οπότε, μέσω της γλώσσας προγραμματισμού Clips 6.3, αναπτύχθηκε μια φωτοερμηνευτική βάση γνώσης, με ελάχιστη χαρτογραφική μονάδα τα 2,5 στρέμματα (acres) και με δεσμευμένες - συγκεκριμένες απαντήσεις, από μέρους του εκάστοτε χειριστή, ελαχιστοποιώντας, κατά αυτό τον τρόπο, σε μεγάλο βαθμό προβλήματα – δυσχέρειες που προκύπτουν από την ύπαρξη συγκεκριμένης λίστας πιθανών απαντήσεων (διαφορετικής σε κάθε ερώτηση) ή δυνατότητας εισαγωγής "πλειάδας" ποικίλων απαντήσεων, κατά την κρίση του εκάστοτε χειριστή, επιτυγχάνοντας τον πιο ακριβή προσδιορισμό – χαρακτηρισμό της προς αναγνώρισης χρήσης / κάλυψης γης, μέσα από την φωτοερμηνευτική διαδικασία.

Παρακάτω απεικονίζονται τα διαγράμματα, που "αναπαριστούν" τον τρόπο ανάπτυξης της βάσης γνώσης, καθώς στη συνέχεια παρουσιάζονται αντιπροσωπευτικά παραδείγματα, από το σύνολο των χρήσεων / καλύψεων

γης που χρησιμοποιήθηκαν. Ακόμα, ο κώδικας που προέκυψε σε αρχείο "Wordpad", από τη γλώσσα προγραμματισμού Clips 6.3 (C Language Integrated Production System) και ο πίνακας φωτοαναγνωριστικών χαρακτηριστικών (attributes) που χρησιμοποιήθηκε, με την επιμέρους διάκριση αυτών σε φασματικά, γεωμετρικά, θέση στο χώρο – σχέση με το περιβάλλον και εννοιολογικά χαρακτηριστικά, περιλαμβάνονται στο Παράρτημα "Α" και "Β", κατά αντιστοιχία.

2.3 Διαχωρισμός Υδάτινων και μη Επιφανειών

Παρακάτω παρουσιάζεται διαγραμματικά, η "αναπαράσταση" της ανάπτυξης της βάσης γνώσης, στο "πρώτο" – "θεμελιακό" στάδιο της διάκρισης – διαχωρισμού των χρήσεων / καλύψεων γης, που περιλαμβάνει το διαχωρισμό των υδάτινων και μη επιφανειών.



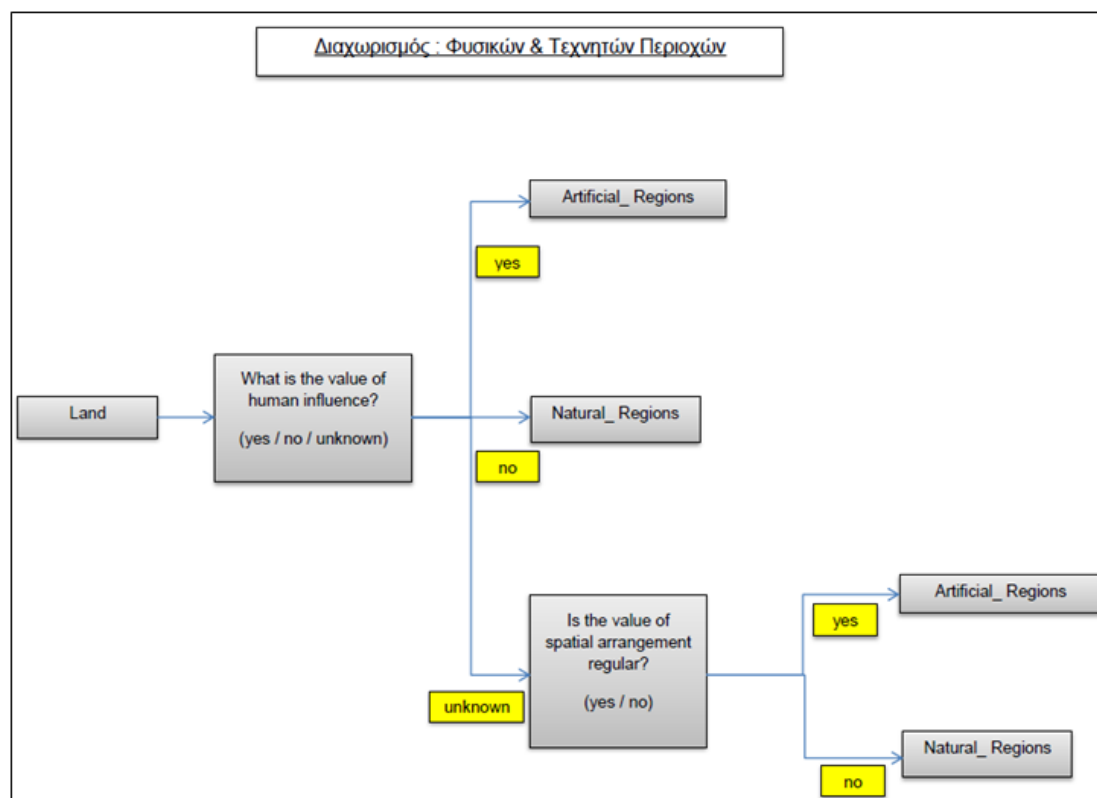
Διάγραμμα 4: Διαχωρισμός Υδάτινων και μη Επιφανειών

Σύμφωνα με το διάγραμμα 4, επιδιώκεται ο διαχωρισμός των υδάτινων και μη επιφανειών. Ο ανωτέρο διαχωρισμός – διάκριση των χρήσεων / καλύψεων γης, σε υδάτινες και μη επιφάνειες, επιδιώκεται με βάση φασματικά χαρακτηριστικά - ιδιότητες και συγκεκριμένα με το χρώμα της προς αναγνώριση επιφάνειας στα έγχρωμα σύνθετα "RGB321" και "RGB432".

Επισημαίνεται, ότι κάθε "βέλος" στο παραπάνω διάγραμμα, υποδηλώνει τον "τρόπο" ανάπτυξης της βάσης γνώσης και αντιστοιχίζεται αμφιμονοσήμαντα σ' ένα κανόνα (rule) αυτής. Το σύνολο των κανόνων που έχουν αναπτυχθεί, στη βάση γνώσης, μέσω της γλώσσας προγραμματισμού Clips 6.3, είναι εκατόν πενήντα δύο κανόνες (152 rules), ίσης προτεραιότητας (salience) – βάρους, με εξαίρεση τους δυο πρώτους κανόνες, της βάσης γνώσης, όπως απεικονίζονται στο ανωτέρω διάγραμμα.

2.4 Διαχωρισμός Επιφανειών της Ξηράς

Οι επιφάνειες της ξηράς διαχωρίζονται, στη βλάστηση, στις φυσικές και τεχνητές περιοχές. Παρακάτω παρουσιάζεται διαγραμματικά, η "αναπαράσταση" της ανάπτυξης της βάσης γνώσης, ως προς τις επιφάνειες της ξηράς (μη υδάτινες επιφάνειες), καθώς η ύπαρξη ή μη βλάστησης, στη προς αναγνώριση περιοχή, έχει "εξαχθεί" – καθοριστεί, όπως απεικονίζεται και στο διάγραμμα 4, από τους κανόνες, που αντιστοιχίζονται στα φασματικά χαρακτηριστικά.

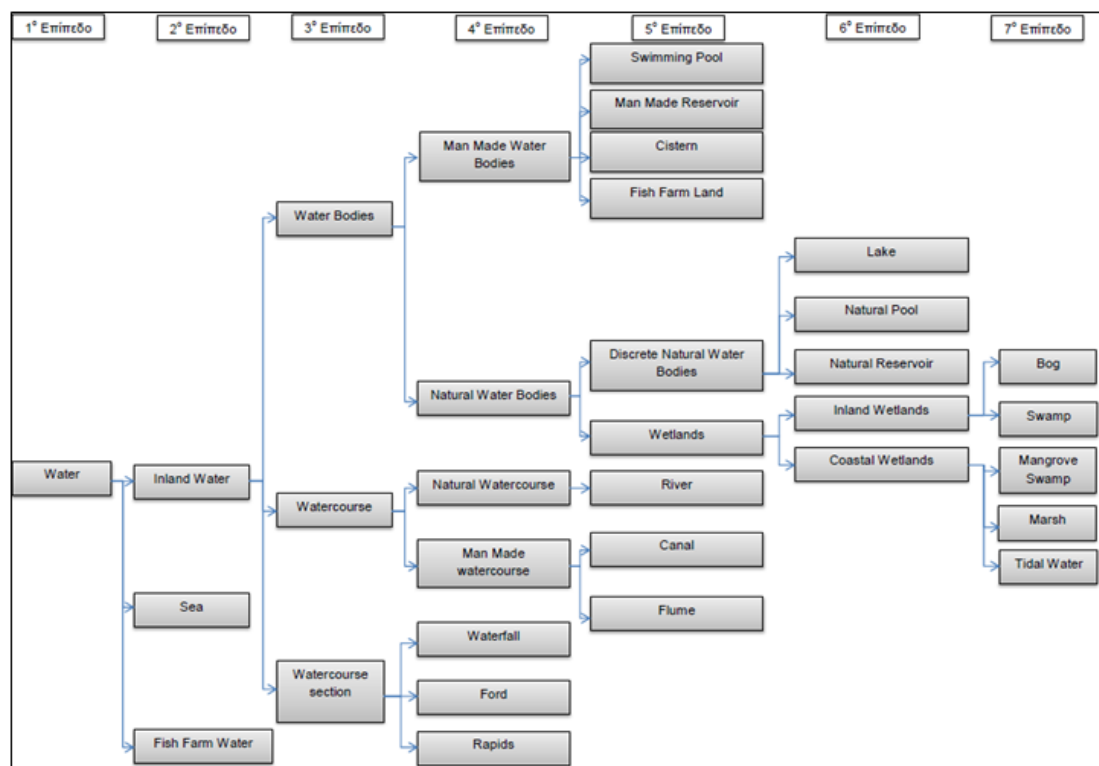


Διάγραμμα 5: Διαχωρισμός Επιφανειών της Ξηράς

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα "επιδιώκεται" με λογικούς κανόνες (rules), μέσω του προγράμματος, που αντιστοιχούν σε "ερωτήσεις", βασισμένες σε ιδιότητες ως προς τη "θέση στο χώρο – σχέση με το περιβάλλον" και ανάλογα με τις πιθανές απαντήσεις του εκάστοτε χειριστή σε κάθε περίπτωση (απεικονίζονται στα πλαίσια με κίτρινο χρώμα), να "εξαχθεί" – καθοριστεί το είδος – φύση της επιφάνειας, ως προς το χαρακτηριστικό, φυσική ή τεχνητή επιφάνεια.

2.5 Διαχωρισμός Υδάτινων Επιφανειών

Παρακάτω παρουσιάζεται διαγραμματικά, η αναπαράσταση της ανάπτυξης της βάσης γνώσης, ως προς τις υδάτινες επιφάνειες.



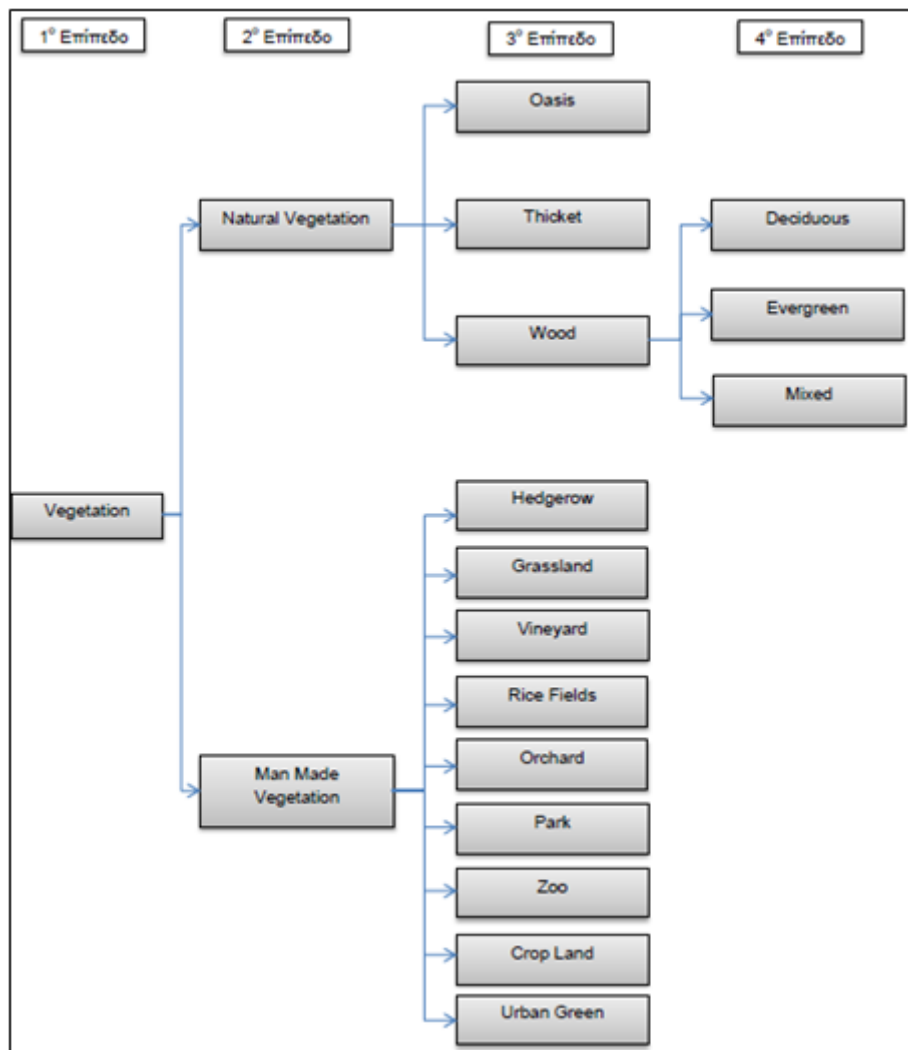
Διάγραμμα 6: Διαχωρισμός Υδάτινων Επιφανειών

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα, "επιδιώκεται", μέσω του προγράμματος, με λογικούς κανόνες, που αντιστοιχίζονται σε "ερωτήσεις", βασισμένες κυρίως σε "γεωμετρικά" και ως προς τη "θέση στο χώρο – σχέση με το περιβάλλον" χαρακτηριστικά και κατ' ελάχιστο σε εννοιολογικά χαρακτηριστικά, που υποβάλλονται στο χρήστη, να "εξαχθεί" – καθοριστεί το είδος – φύση της εκάστοτε υδάτινης επιφάνειας. Αξίζει να σημειωθεί, ότι πέραν των δεκαεννέα (19) προς αναγνώριση υδάτινων επιφανειών, που

έχουν αναφερθεί - αναλυθεί στην ενότητα του Τοπογραφικού Χάρτη (1.2.3) και επιδιώκεται να αναγνωριστούν, στο ανωτέρω διάγραμμα περιλαμβάνονται, κατά κάποιο τρόπο και ενδιάμεσες κατηγορίες υδάτινων επιφανειών, οι οποίες συμβάλλουν στην "ομαλή", "τμηματική" και "ιεραρχική" ανάπτυξη των κανόνων της φωτοερμηνευτικής βάσης γνώσης, καθώς περιλαμβάνουν (γκρουπάρουν), κατά περίπτωση μέρος εξ' αυτών (δεκαεννέα (19) προς αναγνώριση υδάτινων επιφανειών), ανάλογα με τα "κοινά" τους χαρακτηριστικά.

2.6 Διαχωρισμός Επιφανειών Βλάστησης

Παρακάτω παρουσιάζεται διαγραμματικά, η αναπαράσταση της ανάπτυξης της βάσης γνώσης, ως προς τη βλάστηση.

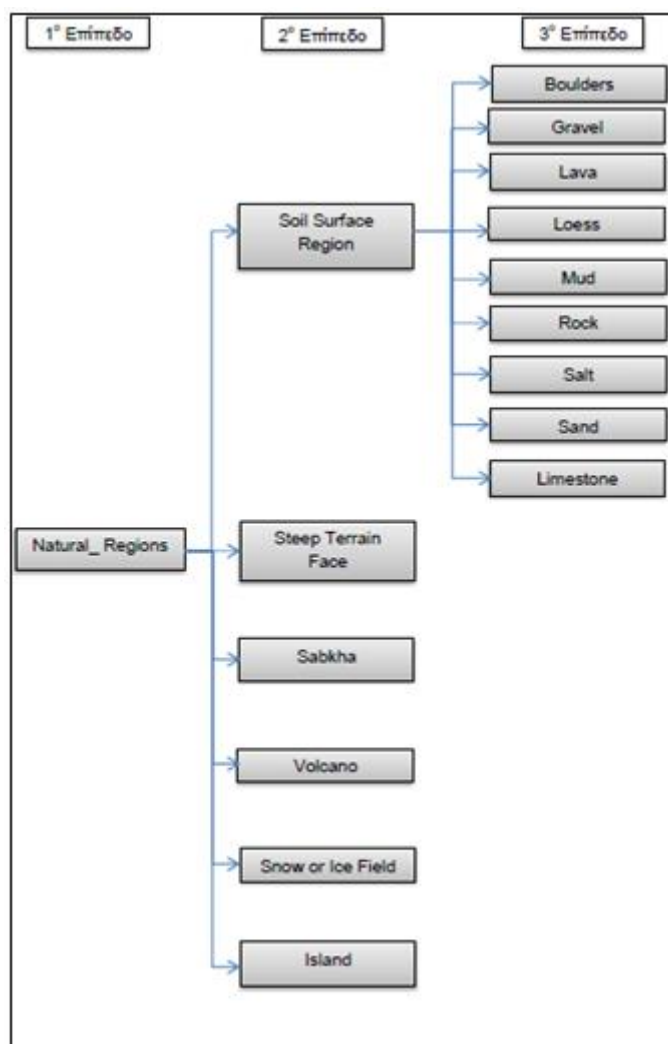


Διάγραμμα 7: Διαχωρισμός Επιφανειών Βλάστηση

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα, "επιδιώκεται", μέσω του προγράμματος, με λογικούς κανόνες, που αντιστοιχίζονται σε "ερωτήσεις", βασισμένες κυρίως σε "γεωμετρικά" και ως προς τη "θέση στο χώρο – σχέση με το περιβάλλον" χαρακτηριστικά και κατ' ελάχιστο σε εννοιολογικά χαρακτηριστικά, που υποβάλλονται στο χρήστη, να "εξαχθεί" – καθοριστεί το είδος – φύση της εκάστοτε επιφάνειας βλάστησης. Αξίζει να σημειωθεί, ότι πέραν των δεκαπέντε (15) προς αναγνώριση επιφανειών βλάστησης, που έχουν αναφερθεί - αναλυθεί στην ενότητα του Τοπογραφικού Χάρτη (1.2.3) και επιδιώκεται να αναγνωριστούν, στο ανωτέρω διάγραμμα περιλαμβάνονται, κατά κάποιο τρόπο και ενδιάμεσες κατηγορίες επιφανειών βλάστησης, οι οποίες συμβάλλουν στην "ομαλή", "τμηματική" και "ιεραρχική" ανάπτυξη των κανόνων της φωτοερμηνευτικής βάσης γνώσης, καθώς περιλαμβάνουν (γκρουπάρουν), κατά περίπτωση μέρος εξ' αυτών (δεκαπέντε (15) προς αναγνώριση επιφανειών βλάστησης), ανάλογα με τα "κοινά" τους χαρακτηριστικά.

2.7 Διαχωρισμός Φυσικών Επιφανειών

Παρακάτω παρουσιάζεται διαγραμματικά, η αναπαράσταση της ανάπτυξης της βάσης γνώσης, ως προς τις φυσικές περιοχές.



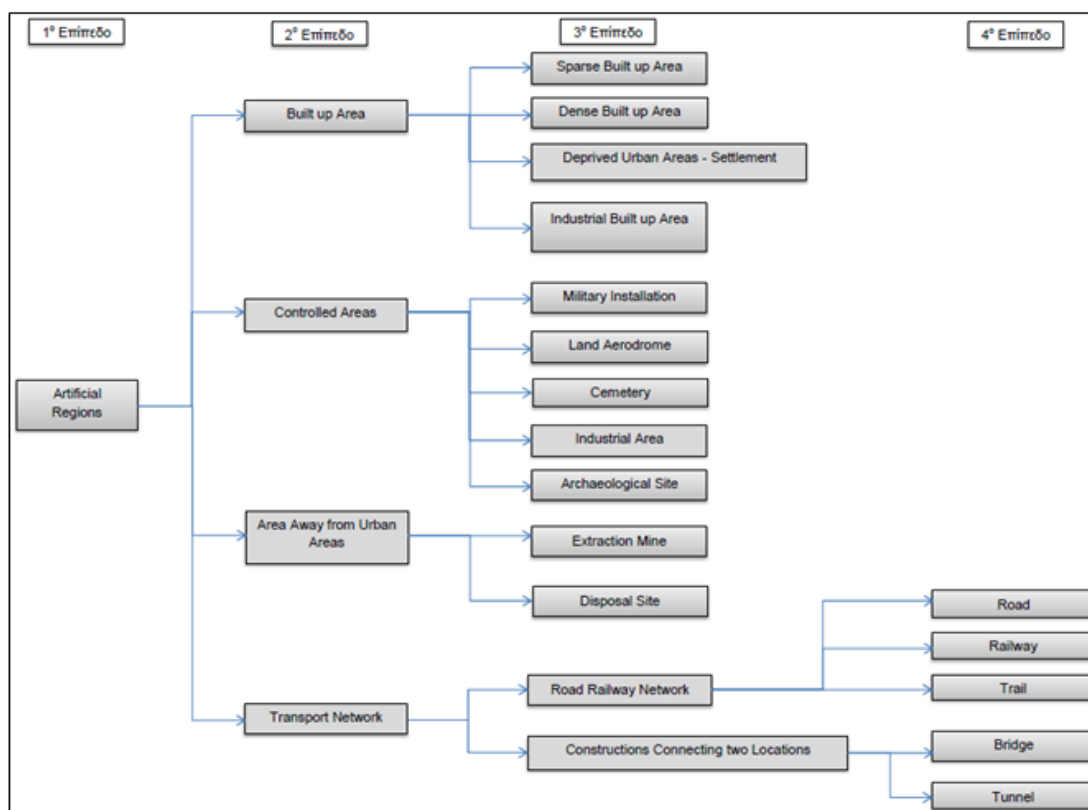
Διάγραμμα 8: Διαχωρισμός Φυσικών Επιφανειών

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα, "επιδιώκεται", μέσω του προγράμματος, με λογικούς κανόνες, που αντιστοιχίζονται σε "ερωτήσεις", βασισμένες κυρίως σε "γεωμετρικά" και ως προς τη "θέση στο χώρο – σχέση με το περιβάλλον" χαρακτηριστικά και κατ' ελάχιστο σε εννοιολογικά χαρακτηριστικά, που υποβάλλονται στο χρήστη, να "εξαχθεί" – καθοριστεί το είδος – φύση της εκάστοτε φυσικής επιφάνειας. Αξίζει να σημειωθεί, ότι πέραν των δεκαπέντε (15) προς αναγνώριση φυσικών επιφανειών, που έχουν αναφερθεί - αναλυθεί στην ενότητα του Τοπογραφικού Χάρτη (1.2.3) και επιδιώκεται να αναγνωριστούν, στο ανωτέρω διάγραμμα περιλαμβάνονται, κατά κάποιο τρόπο και ενδιάμεσες κατηγορίες φυσικών επιφανειών, οι οποίες συμβάλλουν στην "ομαλή", "τμηματική" και "ιεραρχική" ανάπτυξη των κανόνων της φωτοερμηνευτικής βάσης γνώσης, καθώς περιλαμβάνουν (γκρουπάρουν), κατά περίπτωση μέρος εξ' αυτών (δεκαπέντε (15) προς

αναγνώριση φυσικών επιφανειών), ανάλογα με τα "κοινά" τους χαρακτηριστικά.

2.8 Διαχωρισμός Τεχνητών Επιφανειών

Παρακάτω παρουσιάζεται διαγραμματικά, η αναπαράσταση της ανάπτυξης της βάσης γνώσης, ως προς τις τεχνητές περιοχές.



Διάγραμμα 9: Διαχωρισμός Τεχνητών Επιφανειών

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα, "επιδιώκεται", μέσω του προγράμματος, με λογικούς κανόνες, που αντιστοιχίζονται σε "ερωτήσεις", βασισμένες κυρίως σε "γεωμετρικά" και ως προς τη "θέση στο χώρο – σχέση με το περιβάλλον" χαρακτηριστικά και κατ' ελάχιστο σε εννοιολογικά χαρακτηριστικά, που υποβάλλονται στο χρήστη, να "εξαχθεί" – καθοριστεί το είδος – φύση της εκάστοτε τεχνητής επιφάνειας. Αξίζει να σημειωθεί, ότι πέραν των δεκαεφτά (17) προς αναγνώριση φυσικών επιφανειών, που έχουν αναφερθεί - αναλυθεί στην ενότητα του Τοπογραφικού Χάρτη (1.2.3) και επιδιώκεται να αναγνωριστούν, στο ανωτέρω διάγραμμα περιλαμβάνονται, κατά κάποιο τρόπο και ενδιάμεσες κατηγορίες τεχνητών επιφανειών, οι οποίες

συμβάλλουν στην "ομαλή", "τμηματική" και "ιεραρχική" ανάπτυξη των κανόνων της φωτοερμηνευτικής βάσης γνώσης, καθώς περιλαμβάνουν (γκρουπάρουν), κατά περίπτωση μέρος εξ' αυτών (δεκαεφτά (17) προς αναγνώριση τεχνητών επιφανειών), ανάλογα με τα "κοινά" τους χαρακτηριστικά.

2.9 Παραδείγματα Εκτέλεσης της Βάσης Γνώσης – Μορφή των Κανόνων

Στη παρούσα ενότητα παρουσιάζεται η "εκτέλεση" τεσσάρων (4) παραδειγμάτων χρήσεων / καλύψεων γης (ένα από κάθε κατηγορία), μέσα από το περιβάλλον της γλώσσας προγραμματισμού Clips 6.3 (C Language Integrated Production System), καθώς και το σύνολο των κανόνων, όπως "εμφανίζονται" στα αρχεία "Wordpad", της φωτοερμηνευτικής βάσης γνώσης που αναπτύχθηκε, οι οποίοι κατά την εκτέλεση του προγράμματος "πυροδοτούνται" και στη συνέχεια "υλοποιούνται" - "επαληθεύονται", για την επαλήθευση της αντίστοιχης χρήσης / κάλυψης γης.

2.9.1 Παράδειγμα Αναγνώρισης "Λίμνης"

Σύμφωνα με το διάγραμμα διαχωρισμού των υδάτινων επιφανειών, (διάγραμμα 5), για να επαληθευτεί η χρήση / κάλυψη γης "Λίμνη" (Lake), θα πρέπει να "πυροδοτηθούν" και να " υλοποιηθούν" με τη σειρά που παρουσιάζονται οι κανόνες, όπως απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Ονομασία Κανόνα	Κώδικας – Κανόνες (defrules)
start	<pre>(defrule start (declare (salience 200)) ?init <- (initial-fact) => (printout t "Welcome to the expert Landuse / Landcover identification system !" crlf "This program can identify the following landcover categories: " crlf) (retract ?init) (assert (print-list list)))</pre>
ready	<pre>(defrule ready ?print <- (print-list list) => (retract ?print) (printout t crlf) (printout t "Ready to Start ? (yes/no)...")</pre>

	(assert (ready =(read))))
determine-landuse-landcover	(defrule determine-landuse-landcover ?query <- (query) (not (a landuse-landcover ?lulc)) => (retract ?query) (printout t crlf) (printout t "Does the unit covers more than 2,5 acres (yes/no) ? ") (assert (a landuse-landcover =(read))))
is-a-landuse-landcover-1	(defrule is-a-landuse-landcover-1 ?f1 <- (a landuse-landcover yes) (not (color in RGB 321 composite is blue, dark blue ?RGB321)) (not (color in RGB 432 composite black ?RGB432)) => (retract ?f1) (assert (this-is-a-landuse-landcover)) (printout t "Does the value of color in RGB 321 composite is blue, dark blue (yes/no)?" crlf) (printout t "Does the value of color in RGB 432 composite is black (yes/no)?" crlf) (assert (color in RGB 321 composite is blue, dark blue =(read))) (assert (color in RGB 432 composite black =(read))))
water	(defrule water ?f3 <- (color in RGB 321 composite is blue, dark blue yes) ?f4 <- (color in RGB 432 composite black yes) (not (located on land ?lol)) => (retract ?f3) (retract ?f4) (printout t crlf) (printout t "Probably the identification landuse - landcover is Water " crlf) (printout t "The identification landuse - landcover located on land (yes/no)? " crlf) (assert (located on land =(read))))
inland-water	(defrule inland-water ?f11 <- (located on land yes) (not (surrounded by land ?sbl)) => (retract ?f11) (printout t crlf) (printout t "Probably the identification Water surface constitutes Inland Water " crlf) (printout t "What is the value of surrounded by land (yes/no)? " crlf) (assert (surrounded by land =(read))))
water-bodies	(defrule water-bodies ?f17 <- (surrounded by land yes) (not (human influence water bodies ?hiwb)) => (retract ?f17) (printout t crlf) (printout t "Probably the identification Inland Water surface constitutes

	<p>Water Bodies " crlf) (printout t "What is the value of human influence (yes/no/unknown)? " crlf) (assert (human influence water bodies =(read))))</p>
natural-water-bodies-1	<p>(defrule natural-water-bodies-1 ?f34 <- (human influence water bodies no) (not (shape 2D undefined natural water bodies ?s2Dunwb)) (not (boundary tone type non discrete ?btnd)) => (retract ?f34) (printout t crlf) (printout t "Probably the identification Inland Water surface constitutes Natural Water Bodies " crlf) (printout t "Is the shape 2D undefined (yes/no)? " crlf "Is the boundary tone type non discrete (yes/no)? " crlf) (assert (shape 2D undefined natural water bodies =(read))) (assert (boundary tone type non discrete =(read))))</p>
discrete-natural-water-bodies	<p>(defrule discrete-natural-water-bodies ?f36 <- (shape 2D undefined natural water bodies no) ?f37 <- (boundary tone type non discrete no) (not (greater equal area square meters 15625 discrete natural water bodies ?geasm15625dnwb)) (not (is border to dam discrete natural water bodies ?ibtddnwb)) => (retract ?f36) (retract ?f37) (printout t crlf) (printout t "Probably the identification Natural Water Bodies constitutes Discrete Natural Water Bodies " crlf) (printout t "Is the area square meters is greater equal of 15625 (yes/no)? " crlf "Is the natural water bodies border to dam (yes/no)? " crlf) (assert (greater equal area square meters 15625 discrete natural water bodies =(read))) (assert (is border to dam discrete natural water bodies =(read))))</p>
lake	<p>(defrule lake ?f44 <- (greater equal area square meters 15625 discrete natural water bodies yes) ?f45 <- (is border to dam discrete natural water bodies no) => (retract ?f44) (retract ?f45) (printout t crlf) (printout t "Probably the identification Discrete Natural Water Bodies is a Lake " crlf))</p>

Πίνακας 5: Σύνολο Κανόνων, η Επαλήθευση των οποίων Χαρακτηρίζει την προς Αναγνώριση Χρήση / Καλύψη γης, ως "Λίμνη" (Lake)

Κατά την "εκτέλεση" και "επαλήθευση" του συνόλου των κανόνων, του ανωτέρου πίνακα, μέσα από το περιβάλλον της γλώσσας προγραμματισμού Clips 6.3, εξάγονται τα κάτωθι:

```

Dialog Window
CLIPS (6.30 3/17/15)
CLIPS> Loading Selection...
Defining defrule: start +j+j
Defining defrule: print-list +j+j+j
Defining defrule: ready =j+j
Defining defrule: start-to-id +j+j
Defining defrule: determine-landuse-landcover +j+j+j
Defining defrule: is-a-landuse-landcover-1 +j+j+j+j
Defining defrule: not-a-lulc +j+j
Defining defrule: find-another +j+j
Defining defrule: water +j+j+j+j
Defining defrule: land1 =j+j+j+j
Defining defrule: land2 +j+j+j+j
Defining defrule: land3 =j+j+j+j
Defining defrule: natural-or-artificial-region-1 +j+j+j+j
Defining defrule: identification-vegetation-1 +j+j+j+j
Defining defrule: vegetation +j+j+j
Defining defrule: natural-or-artificial-region-2 +j+j+j+j
Defining defrule: artificial-region-1 +j+j+j+j+j+j
Defining defrule: natural-region-1 +j+j+j+j
Defining defrule: identification-natural-artificial-region +j+j+j+j

Defining defrule: artificial-region-2 +j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: natural-region-2 +j+j+j+j
Defining defrule: man-made-vegetation-1 +j+j+j+j+j
Defining defrule: natural-vegetation-1 +j+j+j+j+j
Defining defrule: identification-vegetation-2 +j+j+j+j+j
Defining defrule: man-made-vegetation-2 +j+j+j+j+j
Defining defrule: natural-vegetation-2 +j+j+j+j+j
Defining defrule: inland-water +j+j+j+j
Defining defrule: Sea-or-FishFarmWater +j+j+j+j+j
Defining defrule: identification-sea +j+j+j+j+j
Defining defrule: sea +j+j+j
Defining defrule: identification-FishFarmWater +j+j+j+j+j+j
Defining defrule: fishfarmwater +j+j+j+j
Defining defrule: water-bodies +j+j+j+j
Defining defrule: identification-watercourse +j+j+j+j+j
Defining defrule: watercourse +j+j+j+j+j+j
Defining defrule: identification-watercourse-section =j+j+j+j+j+j
Defining defrule: watercourse-section +j+j+j+j+j+j
Defining defrule: man-made-watercourse-1 +j+j+j+j+j
Defining defrule: natural-watercourse-1 +j+j+j+j+j+j
Defining defrule: man-made-or-natural-watercourse +j+j+j+j+j

Defining defrule: man-made-watercourse-2 +j+j+j+j+j
Defining defrule: natural-watercourse-2 +j+j+j+j+j+j
Defining defrule: river +j+j+j+j+j
Defining defrule: flume +j+j+j+j
Defining defrule: identification-canal +j+j+j+j+j+j
Defining defrule: canal +j+j+j+j+j+j
Defining defrule: ford +j+j+j+j
Defining defrule: waterfall-or-rapids +j+j+j+j+j+j
Defining defrule: identification-rapids +j+j+j+j+j+j
Defining defrule: rapids +j+j+j+j
Defining defrule: identification-waterfall +j+j+j+j+j+j
Defining defrule: waterfall +j+j+j+j+j
Defining defrule: man-made-water-bodies-1 +j+j+j+j+j+j
Defining defrule: natural-water-bodies-1 +j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: man-made-or-natural-water-bodies +j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: man-made-water-bodies-2 +j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: natural-water-bodies-2 +j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: wetlands +j+j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: discrete-natural-water-bodies +j+j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: swimming-pool +j+j+j+j+j
Defining defrule: identification-cistern +j+j+j+j+j+j+j
    
```

```

Defining defrule: cistern +j+j
Defining defrule: identification-man-made-reservoir +j+j+j+j
Defining defrule: man-made-reservoir +j+j+j
Defining defrule: identification-fish-farm-land =j+j+j+j
Defining defrule: fish-farm-land +j+j+j
Defining defrule: lake +j+j+j
Defining defrule: natural-pool +j+j+j
Defining defrule: natural-reservoir =j+j+j
Defining defrule: coastal-wetlands +j+j+j+j+j
Defining defrule: identification-inland-wetlands +j+j+j+j
Defining defrule: inland-wetlands +j+j+j
Defining defrule: bog +j+j
Defining defrule: swamp +j+j
Defining defrule: mangrove-swamp +j+j+j+j
Defining defrule: marsh +j+j+j+j
Defining defrule: identification-tidal-water =j+j+j+j+j
Defining defrule: tidal-water +j+j
Defining defrule: thicket +j+j+j
Defining defrule: identification-wood +j+j+j+j
Defining defrule: wood +j+j+j+j
Defining defrule: identification-oasis =j+j+j+j+j

Defining defrule: oasis +j+j+j
Defining defrule: deciduous +j+j+j
Defining defrule: evergreen +j+j+j
Defining defrule: mixed =j+j+j
Defining defrule: identification-urban-green +j+j+j+j
Defining defrule: urban-green +j+j
Defining defrule: identification-crop-land +j+j+j+j
Defining defrule: crop-land +j+j
Defining defrule: identification-hedgerow =j+j+j+j+j
Defining defrule: hedgerow +j+j+j
Defining defrule: identification-vineyard =j+j+j+j+j
Defining defrule: vineyard +j+j+j
Defining defrule: identification-orchard =j+j+j+j
Defining defrule: orchard +j+j
Defining defrule: identification-rice-fields =j+j+j+j+j+j
Defining defrule: rice-fields +j+j+j+j
Defining defrule: identification-grassland =j+j+j+j+j+j
Defining defrule: grassland +j+j+j+j
Defining defrule: identification-park =j+j+j+j+j+j
Defining defrule: park +j+j+j+j
Defining defrule: identification-zoo =j+j+j+j+j

Defining defrule: zoo +j+j+j
Defining defrule: soil-surface-region +j+j+j+j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: boulders +j+j+j+j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: gravel +j+j+j+j+j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: lava =j+j+j+j+j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: loess =j+j+j+j+j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: mud =j=j=j=j=j=j=j=j=j=j+j+j+j
Defining defrule: rock =j=j=j=j=j=j=j=j=j=j+j+j+j
Defining defrule: salt =j=j=j=j=j=j=j=j=j=j+j+j+j
Defining defrule: sand =j=j=j=j=j=j=j=j=j=j+j+j+j
Defining defrule: limestone =j=j=j=j=j=j=j=j=j=j+j+j+j
Defining defrule: identification-steep-terrain-face-or-sbkha +j+j+j+j
Defining defrule: identification-steep-terrain-face +j+j+j+j+j
Defining defrule: steep-terrain-face +j+j+j
Defining defrule: identification-sbkha +j+j+j+j+j+j
Defining defrule: sbkha +j+j+j+j
Defining defrule: identification-volcano =j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: volcano +j+j+j+j+j+j
Defining defrule: identification-ice-snowy-regions =j+j+j+j+j
Defining defrule: ice-snowy-regions +j+j+j+j
Defining defrule: identification-island =j+j+j+j+j
    
```



```

Defining defrule: island +j+j+j
CLIPS> Loading Selection...
Defining defrule: built-up-area +j+j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: controlled-areas +j+j+j+j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: identification-transport-network =j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: transport-network +j+j+j+j+j
Defining defrule: area-away-from-urban-areas =j=j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: sparse-built-up-area +j+j+j+j+j
Defining defrule: dense-built-up-area +j+j+j+j+j
Defining defrule: deprived-urban-areas +j+j+j+j+j
Defining defrule: industrial-built-up-area =j+j+j+j+j
Defining defrule: millitary-installation +j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: identification-land-aerodrome +j+j+j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: land-aerodrome +j+j+j+j
Defining defrule: identification-cemetery =j+j+j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: cemetery +j+j+j
Defining defrule: industrial-area =j=j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: archaeological-site =j=j=j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: road-railway-network +j+j+j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: identification-constructions-connecting-two-locations +j+j+j+j+j
Defining defrule: constructions-connecting-two-locations +j+j+j+j+j

Defining defrule: railway-network +j+j+j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: road-network +j+j+j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: identification-trail-network =j+j+j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: trail-network +j+j+j+j+j
Defining defrule: bridge +j+j+j+j+j
Defining defrule: tunnel +j+j+j+j+j
Defining defrule: extraction-mine +j+j+j+j+j+j+j+j+j
Defining defrule: disposal-site +j+j+j+j+j+j+j+j+j
CLIPS>
    
```

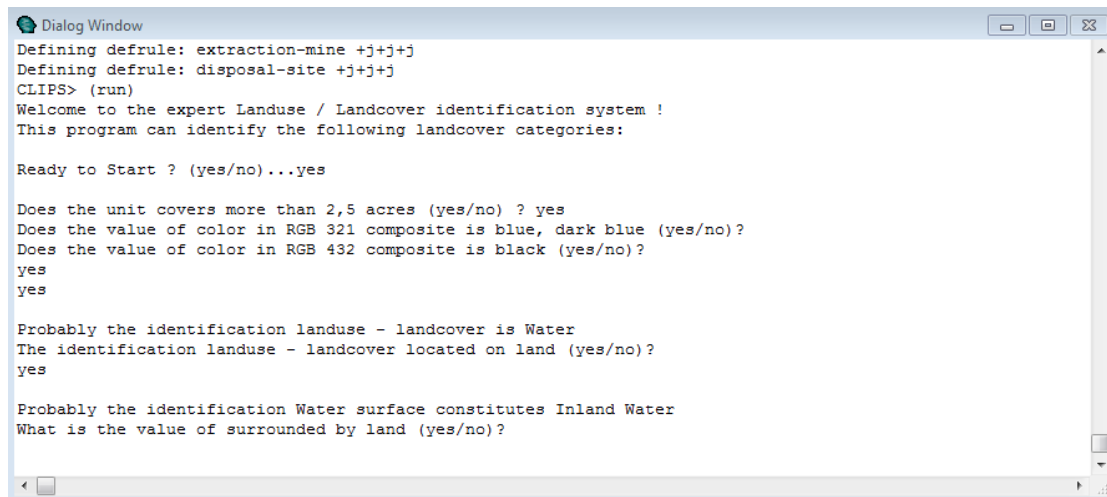
Εικόνα 73: Σύνολο των Κανόνων, της Φωτοερμηνευτικής Βάσης Γνώσης, κατά την "Φόρτωση" (load) και των δύο Αρχείων "Wordpad", στο Dialog Window, της Clips 6.3

```

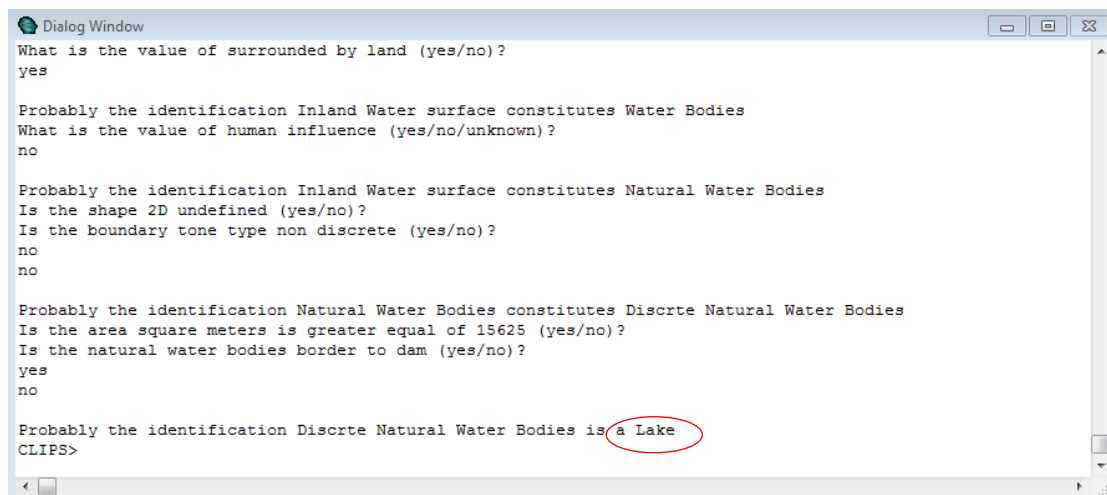
CLIPS> (run)
Welcome to the expert Landuse / Landcover identification system !
This program can identify the following landcover categories:

Ready to Start ? (yes/no)...
    
```

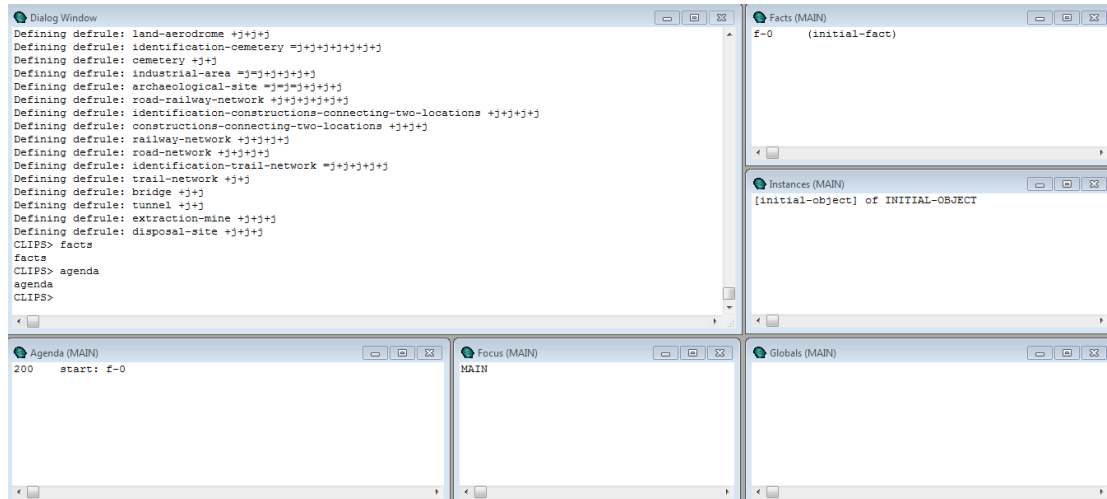
Εικόνα 74: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" του Προγράμματος – Επιλογή: "Execution - Run"



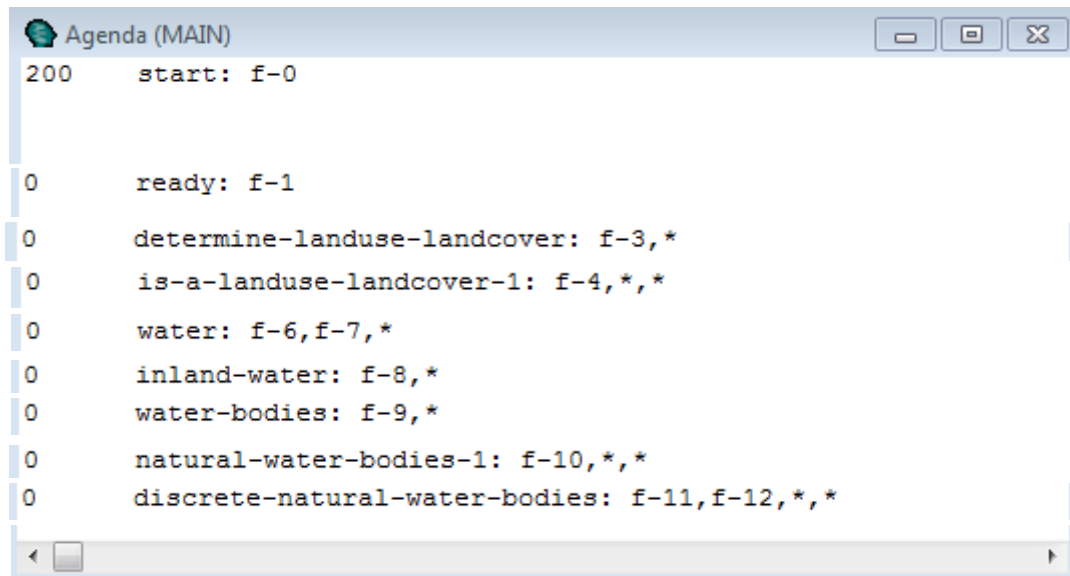
Εικόνα 75: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" του Προγράμματος, για τον Χαρακτηρισμό της προς Αναγνώριση Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Λίμνη" (Lake)



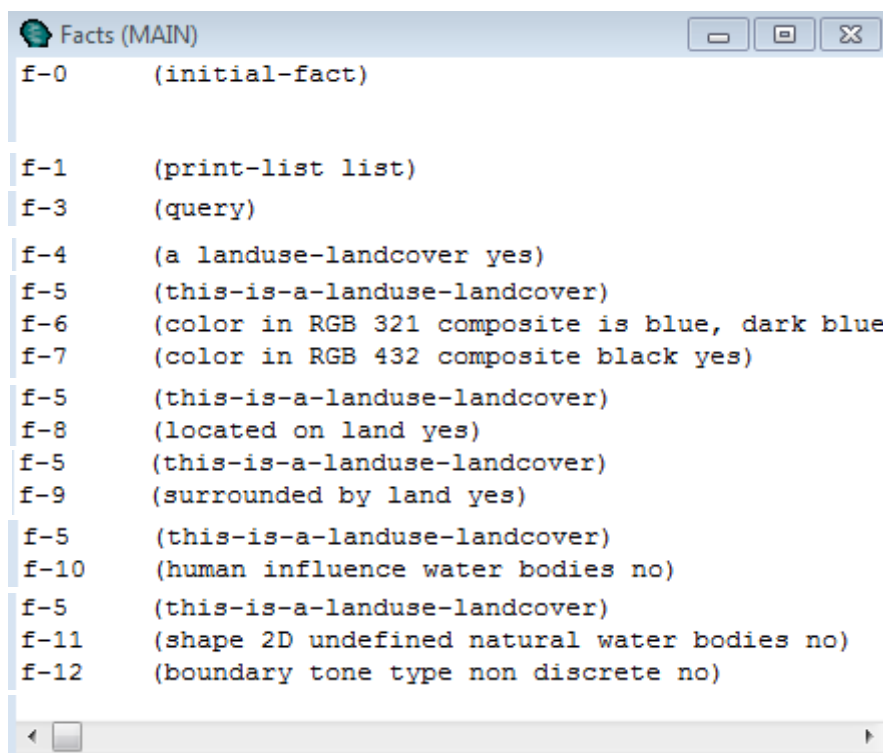
Εικόνα 76: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" και Αναγνώριση της Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Λίμνη" (Lake)



Εικόνα 77: Περιβάλλον της Clips 6.3, με όλα τα Παράθυρα Κατάστασης (Status Windows), κατά την "Φόρτωση" (load) και των δύο Αρχείων "Wordpad", στο Dialog Window, της Clips 6.3



Εικόνα 78: Σύνολο των Κανόνων, στο Παράθυρο Κατάστασης – Agenda, που "Πυροδοτούνται", κατά την "Εκτέλεση" και Αναγνώριση της Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Λίμνη" (Lake), μέσω της Clips 6.3



Εικόνα 79: Σύνολο των Γεγονότων - Συνθηκών, στο Παράθυρο Κατάστασης – Facts, που Τίθενται προς "Εξέταση", κατά την "Εκτέλεση" και Αναγνώριση της Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Λίμνη" (Lake), μέσω της Clips 6.3

2.9.2 Παράδειγμα Αναγνώρισης "Αειθαλούς Δάσους"

Σύμφωνα με το διάγραμμα διαχωρισμού των επιφανειών βλάστησης, (διάγραμμα 6), για να επαληθευτεί η χρήση / κάλυψη γης "Αειθαλές Δάσος" (Evergreen Wood), θα πρέπει να "πυροδοτηθούν" και να "υλοποιηθούν" με τη σειρά που παρουσιάζονται οι κανόνες, όπως απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Όνομασία Κανόνα	Κώδικας – Κανόνες (defrules)
start	<pre>(defrule start (declare (salience 200)) ?init <- (initial-fact) => (printout t "Welcome to the expert Landuse / Landcover identification system !" crlf "This program can identify the following landcover categories: " crlf) (retract ?init) (assert (print-list list)))</pre>

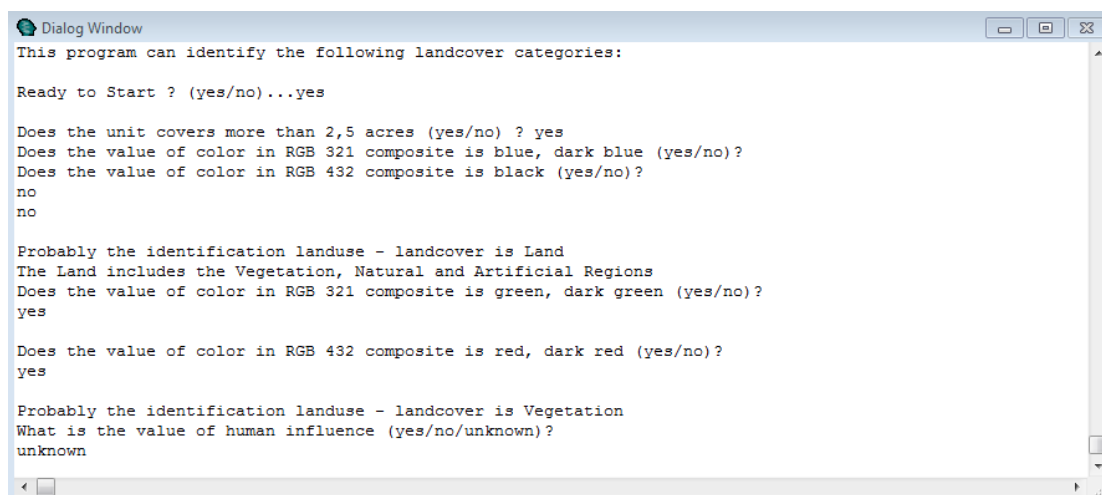
ready	<pre>(defrule ready ?print <- (print-list list) => (retract ?print) (printout t crlf) (printout t "Ready to Start ? (yes/no)... ") (assert (ready =(read))))</pre>
determine-landuse-landcover	<pre>(defrule determine-landuse-landcover ?query <- (query) (not (a landuse-landcover ?lulc)) => (retract ?query) (printout t crlf) (printout t "Does the unit covers more than 2,5 acres (yes/no) ? ") (assert (a landuse-landcover =(read))))</pre>
is-a-landuse-landcover-1	<pre>(defrule is-a-landuse-landcover-1 ?f1 <- (a landuse-landcover yes) (not (color in RGB 321 composite is blue, dark blue ?RGB321)) (not (color in RGB 432 composite black ?RGB432)) => (retract ?f1) (assert (this-is-a-landuse-landcover)) (printout t "Does the value of color in RGB 321 composite is blue, dark blue (yes/no)?" crlf) (printout t "Does the value of color in RGB 432 composite is black (yes/no)?" crlf) (assert (color in RGB 321 composite is blue, dark blue =(read))) (assert (color in RGB 432 composite black =(read))))</pre>
land3	<pre>(defrule land3 ?f3 <- (color in RGB 321 composite is blue, dark blue no) ?f4 <- (color in RGB 432 composite black no) (not (color in RGB 321 composite is green, dark green ?RGB321veget)) => (retract ?f3) (retract ?f4) (printout t crlf) (printout t "Probably the identification landuse - landcover is Land " crlf) (printout t "The Land includes the Vegetation, Natural and Artificial Regions " crlf) (printout t "Does the value of color in RGB 321 composite is green, dark green (yes/no)? " crlf) (assert (color in RGB 321 composite is green, dark green =(read))))</pre>
identification-vegetation-1	<pre>(defrule identification-vegetation-1 ?f5 <- (color in RGB 321 composite is green, dark green yes) (not (color in RGB 432 composite is red, dark red ?RGB432veget)) => (retract ?f5) (printout t crlf) (printout t "Does the value of color in RGB 432 composite is red, dark red (yes/no)? " crlf)</pre>

	(assert (color in RGB 432 composite is red, dark red =(read))))
vegetation	(defrule vegetation ?f6 <- (color in RGB 432 composite is red, dark red yes) (not (human influence veget ?hiveget)) => (retract ?f6) (printout t crlf) (printout t "Probably the identification landuse - landcover is Vegetation " crlf) (printout t "What is the value of human influence (yes/no/unknown)? " crlf) (assert (human influence veget =(read))))
identification-vegetation-2	(defrule identification-vegetation-2 ?f9 <- (human influence veget unknown) (not (spatial arrangement veget ?saveget)) => (retract ?f9) (printout t crlf) (printout t "Is the value of spatial arrangement regular(yes/no)? " crlf) (assert (spatial arrangement veget =(read))))
natural-vegetation-2	(defrule natural-vegetation-2 ?f10 <- (spatial arrangement veget no) (not (existence of woody plants thickly tangled natural vegetation ?eowpttnv)) (not (covered by trees natural vegetation ?cbtnv)) => (retract ?f10) (printout t crlf) (printout t "Probably the identification landuse - landcover is Natural Vegetation " crlf) (printout t "Is the identification natural vegetation existence of woody plants thickly tangled(yes/no)? " crlf "Is the identification natural vegetation covered by trees (yes/no)? " crlf) (assert (existence of woody plants thickly tangled natural vegetation =(read))) (assert (covered by trees natural vegetation =(read))))
identification-wood	(defrule identification-wood ?f54 <- (existence of woody plants thickly tangled natural vegetation no) ?f55 <- (covered by trees natural vegetation yes) (not (is similar to forest ?istf)) => (retract ?f54) (retract ?f55) (printout t crlf) (printout t "Is the identification natural vegetation is similar to forest (yes/no)? " crlf) (assert (is similar to forest =(read))))
wood	(defrule wood ?f56 <- (is similar to forest yes) (not (existence of trees that lose their leaves during the year wood

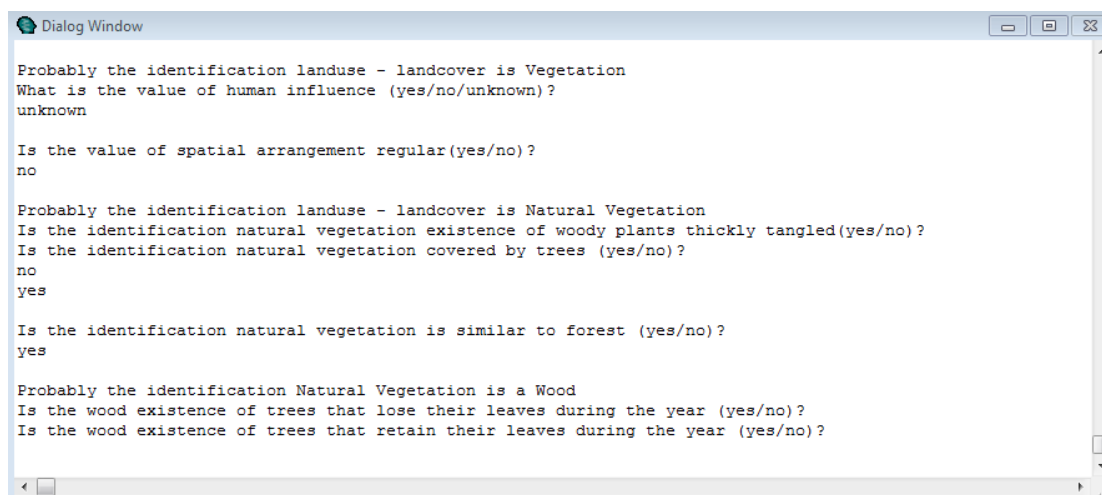
	<pre> ?eottrldtyw)) (not (existence of trees that retain their leaves during the year wood ?eottrldtyw)) => (retract ?f56) (printout t crlf) (printout t "Probably the identification Natural Vegetation is a Wood " crlf) (printout t "Is the wood existence of trees that lose their leaves during the year (yes/no)? " crlf "Is the wood existence of trees that retain their leaves during the year (yes/no)? " crlf) (assert (existence of trees that lose their leaves during the year wood =(read))) (assert (existence of trees that retain their leaves during the year wood =(read)))) </pre>
<p>evergreen</p>	<pre> (defrule evergreen ?f59 <- (existence of trees that lose their leaves during the year wood no) ?f60 <- (existence of trees that retain their leaves during the year wood yes) => (retract ?f59) (printout t crlf) (printout t "Probably the identification Wood is a Evergreen Wood " crlf)) </pre>

Πίνακας 6: Σύνολο Κανόνων, η Επαλήθευση των οποίων Χαρακτηρίζει την προς Αναγνώριση Χρήση / Καλύψη γης, ως "Αειθαλές Δάσος" (Evergreen Wood)

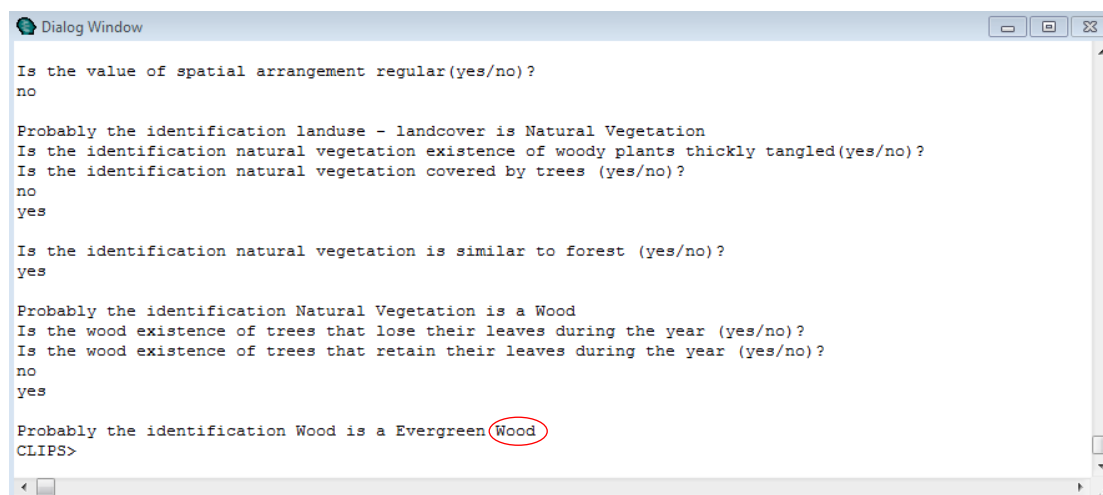
Κατά την "εκτέλεση" και "επαλήθευση" του συνόλου των κανόνων, του ανωτέρου πίνακα, μέσα από το περιβάλλον της γλώσσας προγραμματισμού Clips 6.3, εξάγονται τα κάτωθι:



Εικόνα 80: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" του Προγράμματος, για τον Χαρακτηρισμό της προς Αναγνώριση Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Αειθαλές Δάσος" (Evergreen Wood)



Εικόνα 81: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" του Προγράμματος, για τον Χαρακτηρισμό της προς Αναγνώριση Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Αειθαλές Δάσος" (Evergreen Wood)



Εικόνα 82: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" και Αναγνώριση της Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Αειθαλές Δάσος" (Evergreen Wood)

2.9.3 Παράδειγμα Αναγνώρισης "Ηφαιστείου"

Σύμφωνα με το διάγραμμα διαχωρισμού των φυσικών επιφανειών, (διάγραμμα 7), για να επαληθευτεί η χρήση / κάλυψη γης "Ηφαίστειο" (Volcano), θα πρέπει να "πυροδοτηθούν" και να "υλοποιηθούν" με τη σειρά που παρουσιάζονται οι κανόνες, όπως απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα.

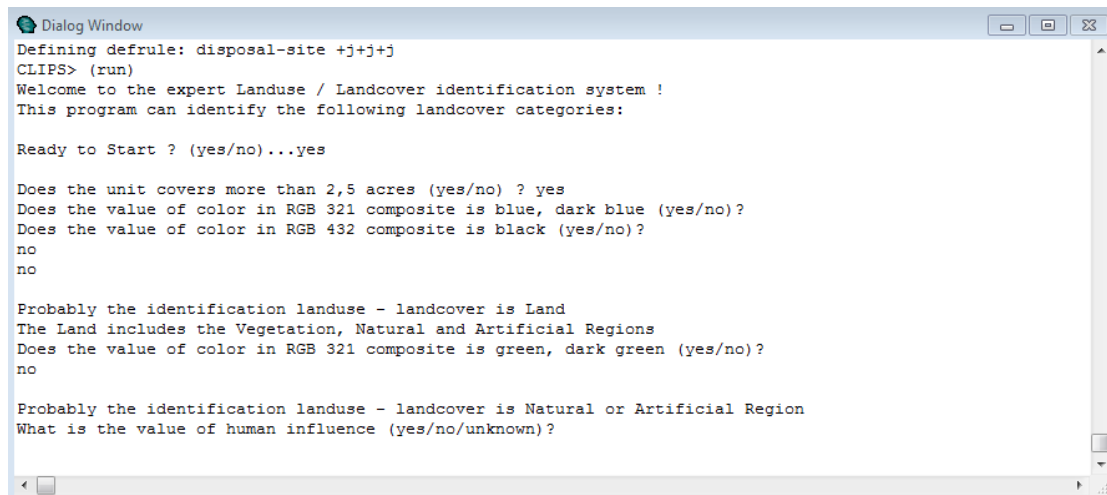
Όνομασία Κανόνα	Κώδικας – Κανόνες (defrules)
start	<pre> (defrule start (declare (salience 200)) ?init <- (initial-fact) => (printout t "Welcome to the expert Landuse / Landcover identification system !" crlf "This program can identify the following landcover categories: " crlf) (retract ?init) (assert (print-list list))) </pre>
ready	<pre> (defrule ready ?print <- (print-list list) => (retract ?print) (printout t crlf) (printout t "Ready to Start ? (yes/no)...") (assert (ready =(read)))) </pre>
determine-landuse-	<pre> (defrule determine-landuse-landcover </pre>

landcover	<pre>?query <- (query) (not (a landuse-landcover ?lulc)) => (retract ?query) (printout t crlf) (printout t "Does the unit covers more than 2,5 acres (yes/no) ? ") (assert (a landuse-landcover =(read))))</pre>
is-a-landuse-landcover-1	<pre>(defrule is-a-landuse-landcover-1 ?f1 <- (a landuse-landcover yes) (not (color in RGB 321 composite is blue, dark blue ?RGB321)) (not (color in RGB 432 composite black ?RGB432)) => (retract ?f1) (assert (this-is-a-landuse-landcover)) (printout t "Does the value of color in RGB 321 composite is blue, dark blue (yes/no)?" crlf) (printout t "Does the value of color in RGB 432 composite is black (yes/no)?" crlf) (assert (color in RGB 321 composite is blue, dark blue =(read))) (assert (color in RGB 432 composite black =(read))))</pre>
land3	<pre>(defrule land3 ?f3 <- (color in RGB 321 composite is blue, dark blue no) ?f4 <- (color in RGB 432 composite black no) (not (color in RGB 321 composite is green, dark green ?RGB321veget)) => (retract ?f3) (retract ?f4) (printout t crlf) (printout t "Probably the identification landuse - landcover is Land " crlf) (printout t "The Land includes the Vegetation, Natural and Artificial Regions " crlf) (printout t "Does the value of color in RGB 321 composite is green, dark green (yes/no)? " crlf) (assert (color in RGB 321 composite is green, dark green =(read))))</pre>
natural-or-artificial-region-1	<pre>(defrule natural-or-artificial-region-1 ?f5 <- (color in RGB 321 composite is green, dark green no) (not (human influence ?hi)) => (retract ?f5) (printout t crlf) (printout t "Probably the identification landuse - landcover is Natural or Artificial Region " crlf) (printout t "What is the value of human influence (yes/no/unknown)? " crlf) (assert (human influence =(read))))</pre>
natural-region-1	<pre>(defrule natural-region-1 ?f7 <- (human influence no) (not (photo tone uniform natural regions ?ptunr)) => (retract ?f7) (printout t crlf)</pre>

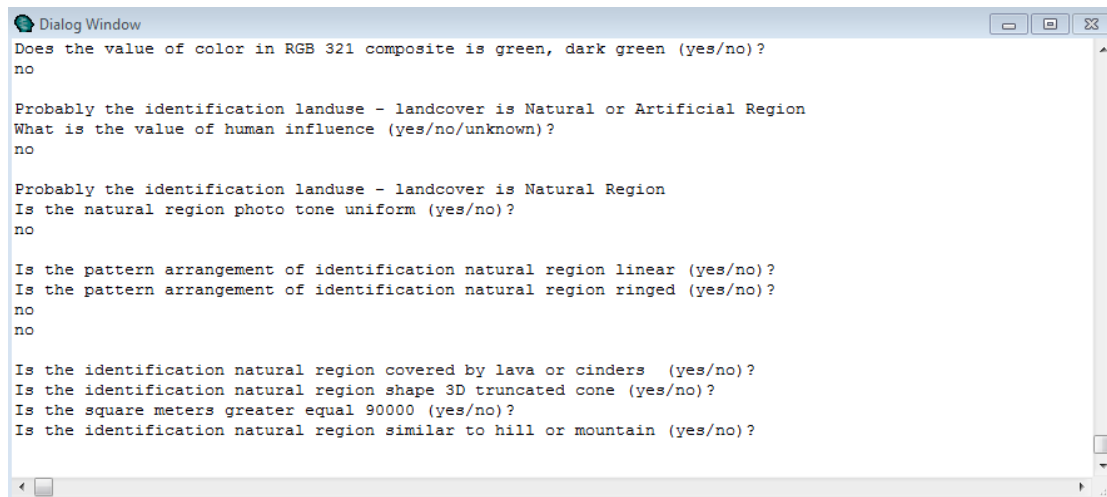
	<pre>(printout t "Probably the identification landuse - landcover is Natural Region ") (printout t "Is the natural region photo tone uniform (yes/no)? " crlf) (assert (photo tone uniform natural regions =(read))))</pre>
identification- volcano	<pre>(defrule identification-volcano ?f90 <- (pattern arrangement linear natural regions no) ?f91 <- (pattern arrangement ringed natural regions no) (not (is covered by lava, cinders natural regions ?icblcnr)) (not (shape 3D truncated cone natural regions ?s3Dtc)) (not (greater equal square meters 90000 natural regions ?gesm90000)) (not (similar to hill, mountain natural regions ?sthmnr)) => (retract ?f90) (retract ?f91) (printout t crlf) (printout t "Is the identification natural region covered by lava or cinders (yes/no)? " crlf "Is the identification natural region shape 3D truncated cone (yes/no)? " crlf "Is the square meters greater equal 90000 (yes/no)? " crlf "Is the identification natural region similar to hill or mountain (yes/no)? " crlf) (assert (is covered by lava, cinders natural regions =(read))) (assert (shape 3D truncated cone natural regions =(read))) (assert (greater equal square meters 90000 natural regions =(read))) (assert (similar to hill, mountain natural regions =(read))))</pre>
volcano	<pre>(defrule volcano ?f96 <- (is covered by lava, cinders natural regions yes) ?f97 <- (shape 3D truncated cone natural regions yes) ?f98 <- (greater equal square meters 90000 natural regions yes) ?f99 <- (similar to hill, mountain natural regions yes) => (retract ?f96) (retract ?f97) (retract ?f98) (retract ?f99) (printout t crlf) (printout t "Probably the identification Natural Region is Volcano " crlf))</pre>

Πίνακας 7: Σύνολο Κανόνων, η Επαλήθευση των οποίων Χαρακτηρίζει την προς Αναγνώριση Χρήση / Καλύψη γης, ως "Ηφαίστειο" (Volcano)

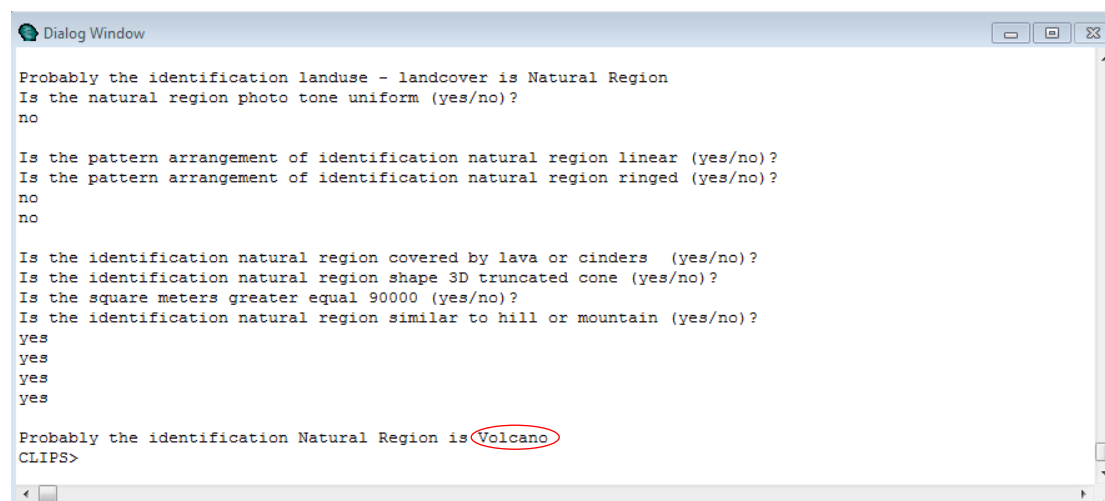
Κατά την "εκτέλεση" και "επαλήθευση" του συνόλου των κανόνων, του ανωτέρου πίνακα, μέσα από το περιβάλλον της γλώσσας προγραμματισμού Clips 6.3, εξάγονται τα κάτωθι:



Εικόνα 83: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" του Προγράμματος, για τον Χαρακτηρισμό της προς Αναγνώριση Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Ηφαίστειο" (Volcano)



Εικόνα 84: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" του Προγράμματος, για τον Χαρακτηρισμό της προς Αναγνώριση Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Ηφαίστειο" (Volcano)



Εικόνα 85: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" και Αναγνώριση της Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Ηφαίστειο" (Volcano)

2.9.4 Παράδειγμα Αναγνώρισης "Τουνελ"

Σύμφωνα με το διάγραμμα διαχωρισμού των φυσικών επιφανειών, (διάγραμμα 8), για να επαληθευτεί η χρήση / κάλυψη γης "Τούνελ" (Tunnel), θα πρέπει να "πυροδοτηθούν" και να "υλοποιηθούν" με τη σειρά που παρουσιάζονται οι κανόνες, όπως απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Ονομασία Κανόνα	Κώδικας – Κανόνες (defrules)
start	(defrule start (declare (salience 200)) ?init <- (initial-fact) => (printout t "Welcome to the expert Landuse / Landcover identification system !" crlf "This program can identify the following landcover categories: " crlf) (retract ?init) (assert (print-list list)))
ready	(defrule ready ?print <- (print-list list) => (retract ?print) (printout t crlf) (printout t "Ready to Start ? (yes/no)... ") (assert (ready =(read))))
determine-landuse-landcover	(defrule determine-landuse-landcover ?query <- (query) (not (a landuse-landcover ?lulc))

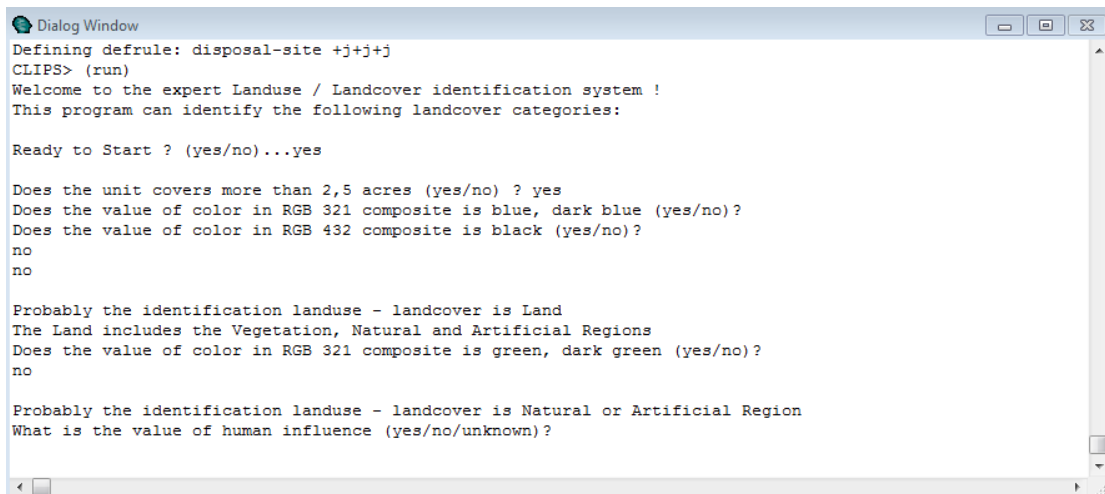
	<pre>=> (retract ?query) (printout t crlf) (printout t "Does the unit covers more than 2,5 acres (yes/no) ? ") (assert (a landuse-landcover =(read))))</pre>
is-a-landuse-landcover-1	<pre>(defrule is-a-landuse-landcover-1 ?f1 <- (a landuse-landcover yes) (not (color in RGB 321 composite is blue, dark blue ?RGB321)) (not (color in RGB 432 composite black ?RGB432)) => (retract ?f1) (assert (this-is-a-landuse-landcover)) (printout t "Does the value of color in RGB 321 composite is blue, dark blue (yes/no)?" crlf) (printout t "Does the value of color in RGB 432 composite is black (yes/no)?" crlf) (assert (color in RGB 321 composite is blue, dark blue =(read))) (assert (color in RGB 432 composite black =(read))))</pre>
land3	<pre>(defrule land3 ?f3 <- (color in RGB 321 composite is blue, dark blue no) ?f4 <- (color in RGB 432 composite black no) (not (color in RGB 321 composite is green, dark green ?RGB321veget)) => (retract ?f3) (retract ?f4) (printout t crlf) (printout t "Probably the identification landuse - landcover is Land " crlf) "The Land includes the Vegetation, Natural and Artificial Regions " crlf) (printout t "Does the value of color in RGB 321 composite is green, dark green (yes/no)? " crlf) (assert (color in RGB 321 composite is green, dark green =(read))))</pre>
natural-or-artificial-region-1	<pre>(defrule natural-or-artificial-region-1 ?f5 <- (color in RGB 321 composite is green, dark green no) (not (human influence ?hi)) => (retract ?f5) (printout t crlf) (printout t "Probably the identification landuse - landcover is Natural or Artificial Region " crlf) (printout t "What is the value of human influence (yes/no/unknown)? " crlf) (assert (human influence =(read))))</pre>
artificial-region-1	<pre>(defrule artificial-region-1 ?f7 <- (human influence yes) (not (existence of buildings or generals buildings ar ?eobogbar)) (not (surrounded by fence ar ?sbfar)) (not (pattern arrangement linear ar ?palar)) (not (located on away from built up area ar ?loafbuaar)) => (retract ?f7)</pre>

	<pre>(printout t crlf) (printout t "Probably the identification landuse - landcover is Artificial Region " crlf) (printout t "Is the identification artificial region existence of buildings or generals buildings (yes/no)? " crlf "Is the identification artificial region surrounded by fence (yes/no)? " crlf "Is the pattern arrangement of identification artificial region linear (yes/no)? " crlf "Is the identification artificial region located on away from built up area (yes/no)? " crlf) (assert (existence of buildings or generals buildings ar =(read))) (assert (surrounded by fence ar =(read))) (assert (pattern arrangement linear ar =(read))) (assert (located on away from built up area ar =(read)))</pre>
<p>identification-transport-network</p>	<pre>(defrule identification-transport-network ?f104 <- (existence of buildings or generals buildings ar no) ?f105 <- (surrounded by fence ar no) ?f106 <- (pattern arrangement linear ar yes) ?f107 <- (located on away from built up area ar no) (not (possible indicator of communications and transport network ar ?piocatnar)) => (retract ?f104) (retract ?f105) (retract ?f106) (retract ?f107) (printout t crlf) (printout t "Is the identification artificial region possible indicator of communications and transport network (yes/no)? " crlf) (assert (possible indicator of communications and transport network ar =(read))))</pre>
<p>transport-network</p>	<pre>(defrule transport-network ?f108 <- (possible indicator of communications and transport network ar yes) (not (greater equal length meters 300 tn ?gelm300tn)) (not (used for connecting's two locations tn ?ufctln)) => (retract ?f108) (printout t crlf) (printout t "Probably the identification Artificial Region is Transport Network " crlf) (printout t "Is greater equal to 300 length meters the identification transport network (yes/no)? " crlf "Is the identification transport network used for connecting's two locations (yes/no)? " crlf) (assert (greater equal length meters 300 tn =(read))) (assert (used for connecting's two locations tn =(read))))</pre>
<p>identification-constructions-connecting-two-locations</p>	<pre>(defrule identification-constructions-connecting-two-locations ?f120 <- (greater equal length meters 300 tn yes no) ?f121 <- (used for connecting's two locations tn yes) (not (greater equal area square meters 50000 tn ?geasm50000tn)) => (retract ?f120) (retract ?f121) (printout t crlf) (printout t "Is greater equal to 50000 area square meters of transport</pre>

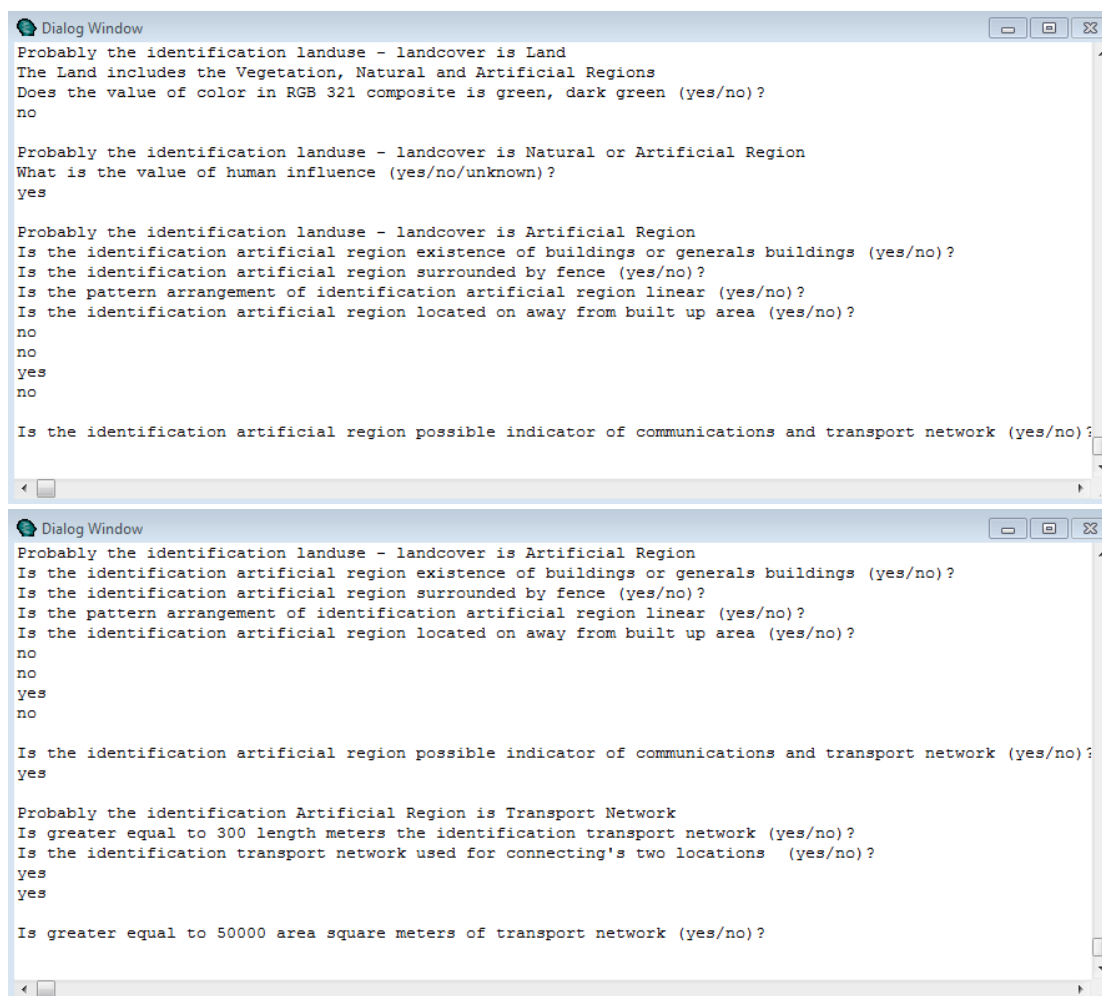
	network (yes/no)? " crlf) (assert (greater equal area square meters 50000 tn =(read))))
constructions- connecting-two- locations	(defrule constructions-connecting-two-locations ?f122 <- (greater equal area square meters 50000 tn yes) (not (occurs higher than surrounding area cctl ?ohtsacctl)) => (retract ?f122) (printout t crlf) (printout t "Probably the Transport Network is Constructions Connecting Two Locations " crlf) (printout t "Is the constructions connecting two locations occurs higher than surrounding area (yes/no)? " crlf) (assert (occurs higher than surrounding area cctl =(read))))
tunnel	(defrule tunnel ?f127 <- (occurs higher than surrounding area cctl no) => (retract ?f127) (printout t crlf) (printout t "Probably the Constructions Connecting Two Locations is a Tunnel "))

Πίνακας 8: Σύνολο Κανόνων, η Επαλήθευση των οποίων Χαρακτηρίζει την προς Αναγνώριση Χρήση / Καλύψη γης, ως "Τούνελ" (Tunnel)

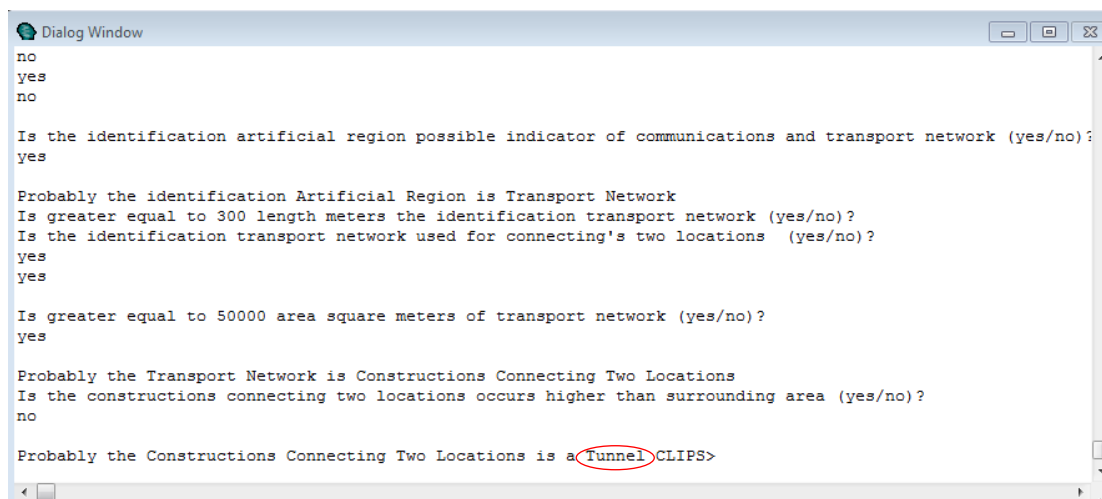
Κατά την "εκτέλεση" και "επαλήθευση" του συνόλου των κανόνων, του ανωτέρου πίνακα, μέσα από το περιβάλλον της γλώσσας προγραμματισμού Clips 6.3, εξάγονται τα κάτωθι:



Εικόνα 86: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" του Προγράμματος, για τον Χαρακτηρισμό της προς Αναγνώριση Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Τούνελ" (Tunnel)



Εικόνα 87: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" του Προγράμματος, για τον Χαρακτηρισμό της προς Αναγνώριση Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Τούνελ" (Tunnel)



Εικόνα 88: Dialog Window, της Clips 6.3, κατά την "Εκτέλεση" και Αναγνώριση της Χρήσης / Καλύψης γης, ως "Τούνελ" (Tunnel)

3 Συμπεράσματα – Παρατηρήσεις

Στην παρούσα ενότητα αναφέρονται, αναπτύσσονται και αναλύονται, οι δυνατότητες, τα πλεονεκτήματα, οι περιορισμοί – μειονεκτήματα και οι προοπτικές των έμπειρων συστημάτων (ανάπτυξη βάσης γνώσης).

3.1 Δυνατότητες Έμπειρων Συστημάτων

Γενικά οι δυνατότητες των έμπειρων συστημάτων, μπορούν σε ορισμένα και σαφώς καθορισμένα γνωστικά αντικείμενα να "ταυτιστούν" με εκείνες των ειδικών και μάλιστα των ειδικών με πλήρη ενημέρωση. Οι δυνατότητες των έμπειρων συστημάτων συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Αντιμετωπίζουν πολύ δύσκολα και πολύπλοκα προβλήματα, σε κάποιο βαθμό συγκρίσιμο με τους "ειδικούς".
- Ακολουθούν ευριστική συλλογιστική, χρησιμοποιώντας κατά κάποιο τρόπο, ότι και οι έμπειροι θεωρούν ως αποτελεσματικό από την πείρα τους και αλληλεπιδρούν με τους ανθρώπους με συγκεκριμένους τρόπους, όπως τη φυσική γλώσσα.
- Χειρίζονται και αιτιολογούν, κατά περίπτωση 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, σε κάποιο βαθμό και ανάλογα την περίπτωση, γιατί "ρωτούν" μία ερώτηση.
- Μπορούν να αιτιολογήσουν τα συμπεράσματά τους, με βάση την "ενταμειευμένη" γνώση τους.

3.2 Πλεονεκτήματα Έμπειρων Συστημάτων

Τα ποικίλα, πολυάριθμα και πολυδιάστατα ή πολύ-επίπεδα πλεονεκτήματα των έμπειρων συστημάτων, συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Μεγάλη Διαθεσιμότητα (availability). Η "εξειδικευμένη γνώση" του έμπειρου συστήματος δύναται να παρασχεθεί από οποιοδήποτε κατάλληλο υπολογιστή (λειτουργικό σύστημα). Έτσι τα έμπειρα συστήματα μπορούν να θεωρηθούν κατά κάποιο τρόπο "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 ανάπτυξης του έμπειρου 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, με την προϋπόθεση ότι ανανεώνεται και ενημερώνεται, μπορεί να θεωρηθεί κατά κάποιο τρόπο "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 έμπειρων συστημάτων που λειτουργούν μέρα - νύχτα συνεχώς με διατήρηση της ενότητας και συνέχειας της "γνωστικής ικανότητας". Τα παραπάνω δεν μπορούν να ισχύσουν, ως προς τη διάρκεια, 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 μόνο ειδικού, στον οποίο θα μπορούσε να ανατεθεί η εκπόνηση μιας τέτοιας εκτίμησης, για συγκεκριμένο βέβαια πάντα και σαφώς καθορισμένο "γνωστικό χώρο". 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 ή των παράλληλα (ταυτόχρονα) εργαζόμενων ειδικών επιστημόνων.

- Ταχύτητα Απόκρισης. Οι εκτιμήσεις με έμπειρο σύστημα, σε ορισμένες περιπτώσεις, απαιτούν μικρότερο χρόνο από ότι οι εκτιμήσεις από ειδικό επιστήμονα.
- Αιτιολόγηση Αποφάσεων. Τα έμπειρα συστήματα μπορούν να εξηγούν, κατά περίπτωση, τους λόγους που οδηγούν σε κάποια απόφαση, όποτε αν αυτό ζητηθεί. Αντίθετα ο ειδικός μπορεί να παρουσιάζει απροθυμία ή και αδυναμία να παράσχει τις ίδιες εξηγήσεις.
- Αυξημένη Αξιοπιστία. Από τον τρόπο λειτουργίας των έμπειρων συστημάτων προκύπτει ότι οι αποφάσεις που λαμβάνει, για όσα θέματα μπορεί να λάβει αποφάσεις, έχουν αυξημένη αξιοπιστία και ρητή αιτιολόγηση (σε κάποιο βαθμό). Η αξιοπιστία των αποφάσεων αυτών μπορεί να διασταυρωθεί, ως προς την εγκυρότητα της, με την απόφαση που θα ληφθεί από ένα ειδικό επιστήμονα.

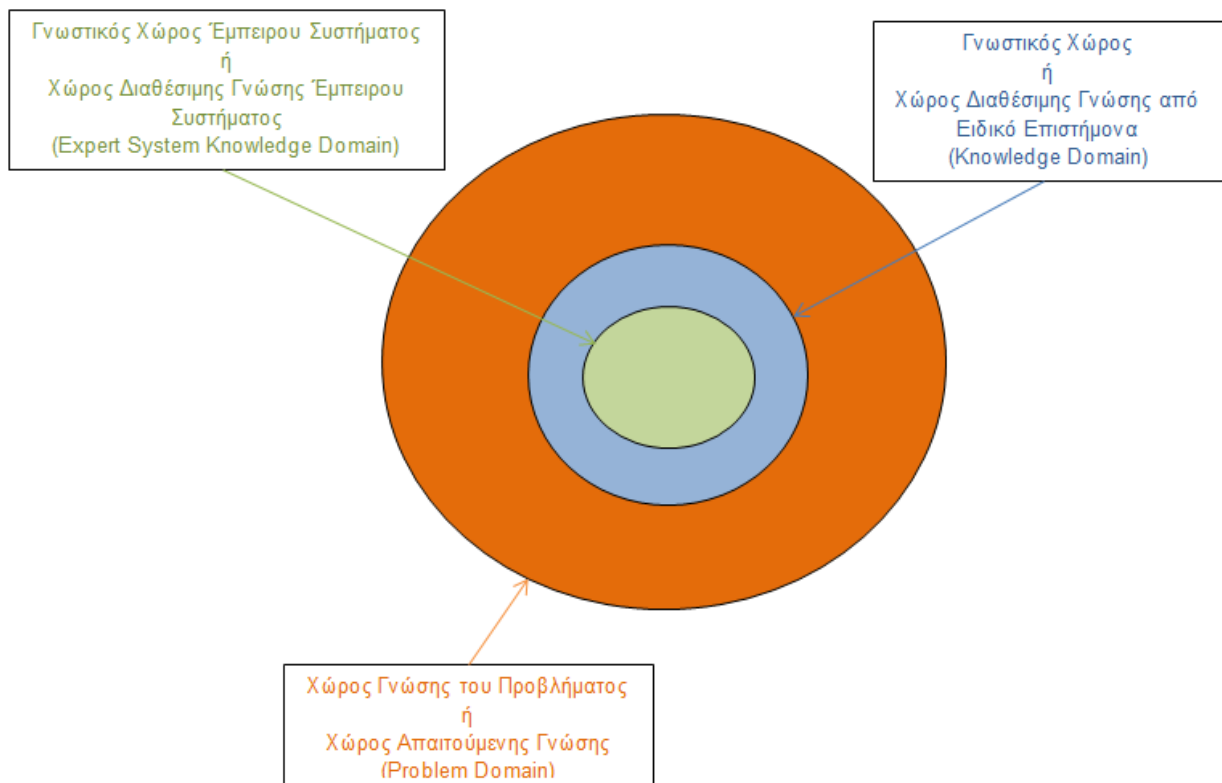
3.3 Περιορισμοί - Μειονεκτήματα Έμπειρων Συστημάτων

Σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα, τα οποία αποτελούν κατά κάποιο τρόπο τους περιορισμούς – μειονεκτήματα των έμπειρων συστημάτων, όπως παρακάτω:

- Ένα έμπειρο σύστημα μπορεί να δώσει συμβουλές μόνο για το συγκεκριμένο και σαφώς καθορισμένο "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 ο ειδικός επιστήμονας παράγει) αλλά συμβάλλουν έμμεσα κατά κάποιο τρόπο στην παραγωγή της, επειδή παρέχουν γνώσεις με υψηλή οργάνωση και μεγάλη διαθεσιμότητα.
- Η "γνωστική ικανότητα" ενός έμπειρου 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 γενέσει" γνώση δεν πρέπει και δεν μπορεί να αποθηκεύεται στο σύστημα.
- Η "γνωστική ικανότητα" ενός έμπειρου συστήματος δεν μπορεί να ταυιστεί με εκείνη του ταλαντούχου και πλήρως ενημερωμένου

ειδικού. Όμως αυτή μπορεί να είναι εφάμιλλη (ίσης αξίας) ή και καλύτερη της "γνωστικής ικανότητας" ενός ειδικού με συνήθεις ικανότητες (σε ειδικές περιπτώσεις).

- 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). Η "διαθέσιμη γνώση" από το έμπειρο σύστημα, ως επι το πλείστον είναι ακόμα μικρότερη από το "γνωστικό χώρο" και πάντα για σαφώς καθορισμένο και συγκεκριμένο "γνωστικό χώρο" και με την προϋπόθεση της ενημέρωσης και ανανέωσης του έμπειρου συστήματος ως προς αυτών ("γνωστικό χώρο"), ειδάλλως δεν τίθεται θέμα και μέτρο σύγκρισης. Η "αρχή" αυτή απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 89: Χώρος Απαιτούμενης και Διαθέσιμης Γνώσης από Ειδικό Επιστήμονα και Έμπειρο Σύστημα

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, ενημέρωση, πιστότητα, ακρίβεια και μεγάλη διαθεσιμότητα (long term development).

Οπότε μελλοντικά, ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη, ο έλεγχος και η συνεχής ενημέρωση μιας βάσης γνώσης, σε οποιοδήποτε γνωστικό χώρο – αντικείμενο, μέσω του συγκεκριμένου προγράμματος ή άλλων ανάλογων προγραμμάτων, καθίσταται περισσότερο δυνατή, εφικτή και προσιτή από τον κάθε "ειδικό επιστήμονα" κάποιου "γνωστικού αντικειμένου". Βέβαια θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη, αποτελεσματική και καθοριστική η διαδικτυακή ανάπτυξη σε τέτοιες βάσης γνώσης. Επιπλέον, καθίσταται ιδιαίτερα αναγκαία, για την βελτιστοποίηση του στόχου, της βάσης γνώσης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η προσθήκη ικανού αριθμού χρήσεων / καλύψεων γης σε όλα τα "επίπεδα", με ιδιαίτερη έμφαση τις τεχνητές επιφάνειες, καθώς και η διεύρυνση ή "εξειδίκευση" των κανόνων (ως προς τις συνθήκες) των ήδη υπαρχόντων χρήσεων / καλύψεων γης, για την εξεύρεση και ειδικών κατηγοριών αυτών.

3.5 Σύγκριση Έμπειρων Συστημάτων

Στον πίνακα που ακολουθεί έγινε μια προσπάθεια σύγκρισης στα κελύφη των εμπείρων συστημάτων, Nexpert Object και Clips. Η σύγκριση θα πραγματοποιηθεί, με βάση της μεθόδου που χρησιμοποιούν για να αναπαραστήσουν την γνώση και τον μηχανισμού εξαγωγής συμπερασμάτων. Όπως προκύπτει και από τον ακόλουθο πίνακα, η γνώση μπορεί να αναπαρασταθεί πέρα από τις γνωστές μεθόδους και με άλλες πιο εξελιγμένες. Κυρίαρχη μέθοδος και πιο διαδεδομένη, αποτελεί η αναπαράσταση με κανόνες και η αναπαράσταση με πλαίσια.

Κέλυφος Εμπειρών Συστημάτων		Nexpert Object	Clips
Κριτήρια Σύγκρισης			
Αναπαράσταση Γνώσης	Κανόνες (Rules)	✓	✓
	Μορφή Πίνακα (Table Form)		
	Βάση το Πλαίσιο (Frame Based)	✓	
	Δέντρο Αποφάσεων (Decision Tree)		
	Προαιρετική Επέκταση Πλαισίου (Optional Frame Extension)		
	Αντικειμενοστραφής (Object Oriented)		
Μηχανισμός Εξαγωγής Συμπερασμάτων	Ορθή Συλλογιστική Αλυσίδα (Forward Chaining)	✓	✓
	Ανάστροφη Συλλογιστική Αλυσίδα (Backward Chaining)	✓	
	Επαγωγή (Induction)		
	Ορισμός Λογικής (Set Logic)		
	Ανακριβής Λογική (Inexact Logic)		
	Μικτή Ορθή & Ανάστροφη Συλλογιστική Αλυσίδα (Mixed Forward & Backward Chaining)		

Πίνακας 9: Συγκριτικός Πίνακας Έμπειρων Συστημάτων

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ακαδημαϊκά Συγγράματα

Αργιαλάς Δ., (1994), Πώς η Ψηφιακή Τηλεπισκόπηση Προσεγγίζει τη Νοημοσύνη του Φωορμηνευτή, Πυρφόρος (Μαρτίος - Απρίλιος), σελ. 52-60.

Κερανού Ε., (2000), Τεχνητή Νοημοσύνη και Έμπειρα Συστήματα

Αργιαλάς Δ., (2001), "Introduction to Knowledge - Based Expert System", Πανεπιστημιακές Παραδόσεις στο μάθημα των Υπολογιστικών Μεθόδων στη Γεωπληροφορική, Ε.Μ.Π.

Αποστόλου Α., (2004), Εφαρμογές Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων στην Επίλυση Προβλημάτων Χρονοπρογραμματισμού Συστημάτων Παραγωγής, Ε.Μ.Π.

Ν. Συλλαίος, Γ. Μπίλας & Ν. Καραπέτσας, (2007), Χαρτογράφηση Γεωργικών Εδαφών με τη Χρήση Σύγχρονων Μεθόδων Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και Τηλεπισκόπησης

Γιαλούρης Κ., (2011), Εισαγωγή στην Τεχνητή Νοημοσύνη και στα "Έμπειρα Συστήματα, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις στο μάθημα "Έμπειρα Συστήματα, Γ.Π.Α.

Διδακτορικές Διατριβές

Μηλιαρέσης Γ., (2000), Αναγνώριση Γεωμορφών από Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους και Τηλεπισκοπικές Απεικονίσεις με Τεχνικές Έμπειρων Συστημάτων, Αναγνώρισης Προτύπων

Διπλωματικές / Πτυχιακές Εργασίες – Άρθρα

Καρόπουλος Π., (2005), Μελέτη Εργαλείων Υλοποίησης Έμπειρων Συστημάτων για Εφαρμογή στο Χρονοπρογραμματισμό Παραγωγής

Καρυστιάνης Γ., (2008), Χρήση του Περιβάλλοντος CLIPS για τη δημιουργία ενός Έμπειρου Συστήματος Λήψης Απόφασης στην Ιατρική

Καραγιάννη Α., (2009), Ανάπτυξη Έμπειρου Συστήματος Χαρακτηρισμού Δασών και Δασικών Εκτάσεων

Μιχελακάκης Ε., (2009), Δημιουργία Έμπειρου Συστήματος σε Περιβάλλον Γλώσσας Προγραμματισμού CLIPS με Σκοπό τη Φωτοερμηνεία των Κατηγοριών 3^{ου} Επιπέδου του Corine Land Cover

Μουχτούρης Ι., (2009), Δημιουργία Έμπειρου Συστήματος σε Γλώσσα Προγραμματισμού Matlab με Graphical User Interface με Σκοπό τη Φωτοερμηνεία Κατηγοριών 3^{ου} Επιπέδου του Corine Land Cover

Τζετζούμης Ε., (2012), Σύγκριση Μεθόδων Δημιουργίας Έμπειρων Συστημάτων με Κανόνες για Προβλήματα Κατηγοριοποίησης από Σύνολα Δεδομένων

Χαιρετάκης Ι. Κ., (2012), Ανάπτυξη Οντολογίας για την Φωτοερμηνευτική Αναγνώριση των Κατηγοριών Τεχνητές Επιφάνειες και Αγροτικές Περιοχές του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Corine Land Cover

Δημόπουλος Φ., (2012), Ανάπτυξη Έμπειρου Συστήματος για τις Ασθένειες και τους Εχθρούς της Πατάτας

Ξυλάκης Ε., (2012), Ανάπτυξη Οντολογίας για τη Φωτοερμηνευτική των Κατηγοριών Δάση Ημι-φυσικές Περιοχές, Υγρότοποι και Υδάτινες Επιφάνειες του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Corine Land Cover

Καραθάνος Χ., (2014), Σημασιολογική Τυποποίηση Υποκατηγοριών του Corine Land Cover σε Περιβάλλον Media Wiki

Ξένη Βιβλιογραφία

Davis R., Buchanam B., Shortliffe E. (1977), Production rules as a representation for a knowledge-based consultation program

Palmer B., (1984), Symbolic feature analysis and expert systems

Kahney, H., (1989), Knowledge Engineering

Harrison S. R., (1991), Validation agricultural expert systems, 35, 265-285

Neuron Data, (1991), Nexpert Object user guide, Neuron Data. Palo Alto, CA.

Argialas D. and O. Mintzer, (1992), The potential of hypermedia to photointerpretation education and training. In:L. Fritz and J. Lucas (eds.): International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, XVII ISPRS Congress, Washington DC., August 2-14 1992, Commission VI, XXIX, part B:375-381.

Neuron Data, (1993), Smart Elements user guide, Neuron Data. Palo Alto, CA.

Luger G.F., Stubblefield J., (1993), Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem – Solving, The Benjamin/Cummings Publishing Company, 740 p.

Argialas D., Miliareisis G., (1996), Physiographic Knowledge Acquisition: Identification, Conceptualization and Representation, Technical Paper, Annual Convention of America Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 1 , pp. 311-320.

O’Keefe, R.M., Preece, D. A., (1996), The Development, Validation and Implementation of Knowledge - Based System

Krishnamoorthy C.S., S. Rajeev (1996), Artificial Intelligence and Expert Systems for Engineers

Argialas D., Miliareisis G., (1997), Landform Spatial Knowledge Acquisition: Identification, Conceptualization and Representation, Technical Paper, Annual Convention of America Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. , pp.

Giarratano J., Riley G., (1998), Expert Systems Principles and Programming

Negnevitsky M., (2005), Artificial Intelligence, a Guide to Intelligent Systems, Pearson Education, p.440, 2005.

Kendal S.L., Creen M., (2007), An Introduction to Knowledge Engineering

Demetre Argialas, Angelos Tzotsos, Expert System for Water Shortage Preparedness Planning

Διαδικτυακοί Τόποι

http://147.102.106.42/rs/wiki/index.php/Αρχική_σελίδα, Remote Sensing
(τελευταία πρόσβαση: 09/2017)

<http://147.102.106.42/rs/wiki/index.php/> Μελέτη της κάλυψης γης με βάση κανόνες με την χρήση εικόνων τηλεπισκόπησης υψηλής ανάλυσης (τελευταία πρόσβαση: 09/2017)

Google Earth, Google Maps, google. image (τελευταία πρόσβαση: 09/2017)

Ηλεκτρονική Εγκυκλοπαίδεια Wikipedia, <http://el.wikipedia.org> (τελευταία πρόσβαση: 09/2017)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ "Α": Κώδικας Βάσης Γνώσης, στη Γλώσσα Προγραμματισμού CLIPS 6.3

```

;;;=====
;;; Landuse - Landcover Expert System
;;;
;;;This Expert System, was created in my Thesis the year 2017,
;;;under the supervision of Professor Argialas Dimitrios
;;;through the program CLIPS Version 6.3 with the ultimate
;;;goal and purpose to facilitate and contribute successfully
;;;and decisively to photointerpretation process of the
;;;various Land Cover(LC)/ Land Use(LU)classes.
;;;
;;;To execute, merely load, reset and run.
;;;
;;;=====
;;;
;;;*****
;;;* STARTUP RULES *
;;;*****

(defrule start
(declare (salience 200))
?init <- (initial-fact)
=>
(printout t "Welcome to the expert Landuse / Landcover
identification system !" crlf "This program can identify the
following landcover categories: " crlf)
(retract ?init)
(assert (print-list list)))

(defrule print-list
(declare (salience 200))
(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 Start ? (yes/no)..." )
(assert (ready =(read))))

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

```

```

(assert (query)) )

(defrule determine-landuse-landcover
  ?query <- (query)
  (not (a landuse-landcover ?lulc))
=>
  (retract ?query)
  (printout t crlf)
  (printout t "Does the unit covers more than 2,5 acres (yes/no)
  ? ")
  (assert (a landuse-landcover =(read))))

(defrule is-a-landuse-landcover-1
  ?f1 <- (a landuse-landcover yes)
  (not (color in RGB 321 composite is blue, dark blue ?RGB321))
  (not (color in RGB 432 composite black ?RGB432))
=>
  (retract ?f1)
  (assert (this-is-a-landuse-landcover))
  (printout t "Does the value of color in RGB 321 composite is
  blue, dark blue (yes/no)?" crlf)
  (printout t "Does the value of color in RGB 432 composite is
  black (yes/no)?" crlf)
  (assert (color in RGB 321 composite is blue, dark blue
  =(read)))
  (assert (color in RGB 432 composite black =(read))))

(defrule not-a-lulc
  ?f1 <- (a landuse-landcover no)
=>
  (retract ?f1)
  (printout t crlf)
  (printout t "The minimum cartographic unit for landuse -
  landcover in this expert system is of size 2,5 acres." crlf
  "Would you like to
  identify another one : (yes /no )... ?")
  (assert (find-another =(read))) )

(defrule find-another
  ?f2 <- (find-another yes)
=>
  (assert (query))
  (retract ?f2))

;;;*****
;;;* QUERY RULES *
;;;*****

(defrule water
  ?f3 <- (color in RGB 321 composite is blue, dark blue yes)
  ?f4 <- (color in RGB 432 composite black yes)
  (not (located on land ?lol))

```

```

=>
(retract ?f3)
(retract ?f4)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification landuse - landcover
is Water " crlf)
(printout t "The identification landuse - landcover located on
land (yes/no)? " crlf)
(assert (located on land =(read)))

(defrule land1
?f3 <- (color in RGB 321 composite is blue, dark blue yes)
?f4 <- (color in RGB 432 composite black no)
(not (human influence ?hi))
=>
(retract ?f3)
(retract ?f4)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification landuse - landcover
is Land and specific constitutes Natural or Artificial Region
" crlf)
(printout t "What is the value of human influence
(yes/no/unknown)? " crlf)
(assert (human influence =(read)))

(defrule land2
?f3 <- (color in RGB 321 composite is blue, dark blue no)
?f4 <- (color in RGB 432 composite black yes)
(not (human influence ?hi))
=>
(retract ?f3)
(retract ?f4)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification landuse - landcover
is Land and specific constitutes Natural or Artificial Region
" crlf)
(printout t "What is the value of human influence
(yes/no/unknown)? " crlf)
(assert (human influence =(read)))

(defrule land3
?f3 <- (color in RGB 321 composite is blue, dark blue no)
?f4 <- (color in RGB 432 composite black no)
(not (color in RGB 321 composite is green, dark green
?RGB321veget))
=>
(retract ?f3)
(retract ?f4)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification landuse - landcover
is Land " crlf "The Land includes the Vegetation, Natural and
Artificial Regions " crlf)

```

```
(printout t "Does the value of color in RGB 321 composite is
green, dark green (yes/no)? " crlf)
(assert (color in RGB 321 composite is green, dark green
=(read))))
```

```
(defrule natural-or-artificial-region-1
?f5 <- (color in RGB 321 composite is green, dark green no)
(not (human influence ?hi))
=>
(retract ?f5)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification landuse - landcover
is Natural or Artificial Region " crlf)
(printout t "What is the value of human influence
(yes/no/unknown)? " crlf)
(assert (human influence =(read))))
```

```
(defrule identification-vegetation-1
?f5 <- (color in RGB 321 composite is green, dark green yes)
(not (color in RGB 432 composite is red, dark red
?RGB432veget))
=>
(retract ?f5)
(printout t crlf)
(printout t "Does the value of color in RGB 432 composite is
red, dark red (yes/no)? " crlf)
(assert (color in RGB 432 composite is red, dark red
=(read))))
```

```
(defrule vegetation
?f6 <- (color in RGB 432 composite is red, dark red yes)
(not (human influence veget ?hiveget))
=>
(retract ?f6)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification landuse - landcover
is Vegetation " crlf)
(printout t "What is the value of human influence
(yes/no/unknown)? " crlf)
(assert (human influence veget =(read))))
```

```
(defrule natural-or-artificial-region-2
?f6 <- (color in RGB 432 composite is red, dark red no)
(not (human influence ?hi))
=>
(retract ?f6)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification landuse - landcover
is Natural or Artificial Region " crlf)
(printout t "What is the value of human influence
(yes/no/unknown)? " crlf)
(assert (human influence =(read))))
```

```

(defrule artificial-region-1
?f7 <- (human influence yes)
(not (existence of buildings or generals buildings ar
?eobogbar))
(not (surrounded by fence ar ?sbfar))
(not (pattern arrangement linear ar ?palar))
(not (located on away from built up area ar ?loafbuaar))
=>
(retract ?f7)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification landuse - landcover
is Artificial Region " crlf)
(printout t "Is the identification artificial region existence
of buildings or generals buildings (yes/no)? " crlf "Is the
identification artificial region surrounded by fence (yes/no)?
" crlf "Is the pattern arrangement of identification
artificial region linear (yes/no)? " crlf "Is the
identification artificial region located on away from built up
area (yes/no)? " crlf)
(assert (existence of buildings or generals buildings ar
=(read)))
(assert (surrounded by fence ar =(read)))
(assert (pattern arrangement linear ar =(read)))
(assert (located on away from built up area ar =(read))))

(defrule natural-region-1
?f7 <- (human influence no)
(not (photo tone uniform natural regions ?ptunr))
=>
(retract ?f7)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification landuse - landcover
is Natural Region " crlf)
(printout t "Is the natural region photo tone uniform
(yes/no)? " crlf)
(assert (photo tone uniform natural regions =(read))))

(defrule identification-natural-artificial-region
?f7 <- (human influence unknown)
(not (spatial arrangement ?sa))
=>
(retract ?f7)
(printout t crlf)
(printout t "Is the value of spatial arrangement
regular(yes/no)? " crlf)
(assert (spatial arrangement =(read))))

(defrule artificial-region-2
?f8 <- (spatial arrangement yes)
(not (existence of buildings or generals buildings ar
?eobogbar))

```



```
(not (surrounded by fence ar ?sbfar))
(not (pattern arrangement linear ar ?palar))
(not (located on away from built up area ar ?loafbuaar))
=>
(retract ?f8)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification landuse - landcover
is Artificial Region " crlf)
(printout t "Is the identification artificial region existence
of buildings or generals buildings (yes/no)? " crlf "Is the
identification artificial region surrounded by fence (yes/no)?
" crlf "Is the pattern arrangement of identification
artificial region linear (yes/no)? " crlf "Is the
identification artificial region located on away from built up
area (yes/no)? " crlf)
(assert (existence of buildings or generals buildings ar
=(read)))
(assert (surrounded by fence ar =(read)))
(assert (pattern arrangement linear ar =(read)))
(assert (located on away from built up area ar =(read)))

(defrule natural-region-2
?f8 <- (spatial arrangement no)
(not (photo tone uniform natural regions ?ptunr))
=>
(retract ?f8)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification landuse - landcover
is Natural Region " crlf)
(printout t "Is the natural region photo tone uniform
(yes/no)? " crlf)
(assert (photo tone uniform natural regions =(read)))

(defrule man-made-vegetation-1
?f9 <- (human influence veget yes)
(not (pattern arrangement linear man made vegetation ?palmmv))
(not (pattern arrangement agricultural, grid man made
vegetation ?paagmmv))
=>
(retract ?f9)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification landuse - landcover
is Man Made Vegetation " crlf)
(printout t "Is the value of pattern arrangement linear
(yes/no)? " crlf "Is the value of pattern arrangement
agricultural or grid (yes/no)? " crlf)
(assert (pattern arrangement linear man made vegetation
=(read)))
(assert (pattern arrangement agricultural, grid man made
vegetation =(read)))

(defrule natural-vegetation-1
```

```

?f9 <- (human influence veget no)
(not (existence of woody plants thickly tangled natural
vegetation ?eowpttnv))
(not (covered by trees natural vegetation ?cbtnv))
=>
(retract ?f9)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification landuse - landcover
is Natural Vegetation " crlf)
(printout t "Is the identification natural vegetation
existence of woody plants thickly tangled (yes/no)? " crlf "Is
the identification natural vegetation covered by trees
(yes/no)? " crlf )
(assert (existence of woody plants thickly tangled natural
vegetation =(read)))
(assert (covered by trees natural vegetation =(read))))

(defrule identification-vegetation-2
?f9 <- (human influence veget unknown)
(not (spatial arrangement veget ?saveget))
=>
(retract ?f9)
(printout t crlf)
(printout t "Is the value of spatial arrangement
regular(yes/no)? " crlf)
(assert (spatial arrangement veget =(read))))

(defrule man-made-vegetation-2
?f10 <- (spatial arrangement veget yes)
(not (pattern arrangement linear man made vegetation ?palmmv))
(not (pattern arrangement agricultural, grid man made
vegetation ?paagmmv))
=>
(retract ?f10)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification landuse - landcover
is Man Made Vegetation " crlf)
(printout t "Is the value of pattern arrangement linear
(yes/no)? " crlf "Is the value of pattern arrangement
agricultural or grid (yes/no)? " crlf)
(assert (pattern arrangement linear man made vegetation
=(read)))
(assert (pattern arrangement agricultural, grid man made
vegetation =(read))))

(defrule natural-vegetation-2
?f10 <- (spatial arrangement veget no)
(not (existence of woody plants thickly tangled natural
vegetation ?eowpttnv))
(not (covered by trees natural vegetation ?cbtnv))
=>
(retract ?f10)

```

```

(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification landuse - landcover
is Natural Vegetation " crlf)
(printout t "Is the identification natural vegetation
existence of woody plants thickly tangled(yes/no)? " crlf "Is
the identification natural vegetation covered by trees
(yes/no)? " crlf )
(assert (existence of woody plants thickly tangled natural
vegetation =(read)))
(assert (covered by trees natural vegetation =(read)))

(defrule inland-water
?f11 <- (located on land yes)
(not (surrounded by land ?sbl))
=>
(retract ?f11)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Water surface
constitutes Inland Water " crlf)
(printout t "What is the value of surrounded by land (yes/no)?
" crlf)
(assert (surrounded by land =(read))))

(defrule Sea-or-FishFarmWater
?f11 <- (located on land no)
(not (border to land ?bt1))
(not (shape 2D ?s2D))
=>
(retract ?f11)
(printout t crlf)
(printout t "What is the value of border to land (yes/no)? "
crlf "Is the shape 2D undefined (yes/no)? " crlf)
(assert (border to land =(read)))
(assert (shape 2D =(read))))

(defrule identification-sea
?f12 <- (border to land yes)
?f13 <- (shape 2D yes)
(not (altitude meters is zero ?ami0))
=>
(retract ?f12)
(retract ?f13)
(printout t crlf)
(printout t "Is the value of altitude meters zero (yes/no)? "
crlf)
(assert (altitude meters is zero =(read))))

(defrule sea
?f14 <- (altitude meters is zero yes)
=>
(retract ?f14)
(printout t crlf)

```

```
(printout t "Probably the identification Water surface
constitutes Sea " crlf))

(defrule identification-FishFarmWater
?f12 <- (border to land no)
?f13 <- (shape 2D no)
(not (surrounded by water ?sbw))
(not (band IR value high ?bIRvh))
=>
(retract ?f12)
(retract ?f13)
(printout t crlf)
(printout t "What is the value of surrounded by water
(yes/no)? " crlf "Is the value of band IR high (yes/no)? "
crlf)
(assert (surrounded by water =(read)))
(assert (band IR value high =(read))))

(defrule fishfarmwater
?f15 <- (surrounded by water yes)
?f16 <- (band IR value high yes)
=>
(retract ?f15)
(retract ?f16)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Water surface
constitutes Fish Farm Water " crlf))

(defrule water-bodies
?f17 <- (surrounded by land yes)
(not (human influence water bodies ?hiwb))
=>
(retract ?f17)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Water surface
constitutes Water Bodies " crlf)
(printout t "What is the value of human influence
(yes/no/unknown)? " crlf)
(assert (human influence water bodies =(read))))

(defrule identification-watercourse
?f17 <- (surrounded by land no)
(not (shape 2D linear ?s2Dl))
(not (pattern arrangement elongated ?pae))
=>
(retract ?f17)
(printout t crlf)
(printout t "Is the shape 2D linear (yes/no)? " crlf "Is the
pattern arrangement elongated (yes/no)? " crlf)
(assert (shape 2D linear =(read)))
(assert (pattern arrangement elongated =(read))))
```

```

(defrule watercourse
?f18 <- (shape 2D linear yes)
?f19 <- (pattern arrangement elongated yes)
(not (human influence watercourse ?hiw))
=>
(retract ?f18)
(retract ?f19)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Water surface
constitutes Watercourse " crlf)
(printout t "What is the value of human influence
(yes/no/unknown)? " crlf)
(assert (human influence watercourse =(read))))

(defrule identification-watercourse-section
?f17 <- (surrounded by land no)
(not (a part of watercourse ?apow))
(not (greater equal length meters 25 ?gelm25))
=>
(retract ?f17)
(printout t crlf)
(printout t "Is a part of watercourse (yes/no)? " crlf "Is the
length greater equal of 25 meters (yes/no)? " crlf)
(assert (a part of watercourse =(read)))
(assert (greater equal length meters 25 =(read))))

(defrule watercourse-section
?f20 <- (a part of watercourse yes)
?f21 <- (greater equal length meters 25 yes)
(not (is covered by shallow reaches of rivers ?icbsror))
=>
(retract ?f20)
(retract ?f21)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Water surface
constitutes Watercourse Section " crlf)
(printout t "Is covered by shallow reaches of rivers (yes/no)?
" crlf)
(assert (is covered by shallow reaches of rivers =(read))))

(defrule man-made-watercourse-1
?f22 <- (human influence watercourse yes)
(not (rate of change watercourse slope equal zero ?rocwsez))
=>
(retract ?f22)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Water surface
constitutes a Man Made Watercourse " crlf)
(printout t "Is the rate of change watercourse slope equal
zero (yes/no)? " crlf)
(assert (rate of change watercourse slope equal zero
=(read))))

```

```

(defrule natural-watercourse-1
?f22 <- (human influence watercourse no)
(not (greater equal length meters 300 river ?gelm300r))
(not (greater equal width meters 25 river ?gelm25r))
=>
(retract ?f22)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Water surface
constitutes a Natural Watercourse " crlf)
(printout t "Is the length greater equal of 300 meters
(yes/no)? " crlf "Is the width greater equal of 25 meters
(yes/no)? " crlf)
(assert (greater equal length meters 300 river =(read)))
(assert (greater equal width meters 25 river =(read))))

(defrule man-made-or-natural-watercourse
?f22 <- (human influence watercourse unknown)
(not (spatial arrangement watercourse ?saw))
=>
(retract ?f22)
(printout t crlf)
(printout t "Is the value of spatial arrangement regular
(yes/no)? " crlf)
(assert (spatial arrangement watercourse =(read))))

(defrule man-made-watercourse-2
?f23 <- (spatial arrangement watercourse yes)
(not (rate of change watercourse slope equal zero ?rocwsez))
=>
(retract ?f23)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Water surface
constitutes a Man Made Watercourse " crlf)
(printout t "Is the rate of change watercourse slope equal
zero (yes/no)? " crlf)
(assert (rate of change watercourse slope equal zero
=(read))))

(defrule natural-watercourse-2
?f23 <- (spatial arrangement watercourse no)
(not (greater equal length meters 300 river ?gelm300r))
(not (greater equal width meters 25 river ?gelm25r))
=>
(retract ?f23)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Water surface
constitutes a Natural Watercourse " crlf)
(printout t "Is the length greater equal of 300 meters
(yes/no)? " crlf "Is the width greater equal of 25 meters
(yes/no)? " crlf)
(assert (greater equal length meters 300 river =(read)))

```

```

(assert (greater equal width meters 25 river =(read)))

(defrule river
?f24 <- (greater equal length meters 300 river yes)
?f25 <- (greater equal width meters 25 river yes)
=>
(retract ?f24)
(retract ?f25)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Water surface
constitutes a Natural Watercourse and specific is a River "
crlf))

(defrule flume
?f26 <- (rate of change watercourse slope equal zero yes)
=>
(retract ?f26)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Water surface
constitutes a Man Made Watercourse and specific is a Flume "
crlf))

(defrule identification-canal
?f26 <- (rate of change watercourse slope equal zero no)
(not (greater equal length meters 300 canal ?gelm300c))
(not (greater equal width meters 25 canal ?gelm25c))
=>
(retract ?f26)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Water surface
constitutes a Man Made Watercourse and specific is a Flume "
crlf)
(printout t "Is the length greater equal of 300 meters
(yes/no)? " crlf "Is the width greater equal of 25 meters
(yes/no)? " crlf)
(assert (greater equal length meters 300 canal =(read)))
(assert (greater equal width meters 25 canal =(read)))

(defrule canal
?f27 <- (greater equal length meters 300 canal yes)
?f28 <- (greater equal width meters 25 canal yes)
=>
(retract ?f27)
(retract ?f28)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Water surface
constitutes a Man Made Watercourse and specific is a Canal "
crlf))

(defrule ford
?f29 <- (is covered by shallow reaches of rivers yes)
=>

```



```
(retract ?f29)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Water surface
constitutes Watercourse Section and specific is a Ford "
crlf))
```

```
(defrule waterfall-or-rapids
?f29 <- (is covered by shallow reaches of rivers no)
(not (rate of change watercourse slope equal zero ws
?rocsezws))
(not (photo tone white ws ?ptwws))
=>
```

```
(retract ?f29)
(printout t crlf)
(printout t "Is the rate of change watercourse slope equal
zero (yes/no)? " crlf "Is the photo tone white (yes/no)? "
crlf)
(assert (rate of change watercourse slope equal zero ws
=(read)))
(assert (photo tone white ws =(read))))
```

```
(defrule identification-rapids
?f30 <- (rate of change watercourse slope equal zero ws yes)
?f31 <- (photo tone white ws yes)
(not (greater equal width meters 25 rapids ?gewm25r))
=>
(retract ?f30)
(retract ?f31)
(printout t crlf)
(printout t "Is the width greater equal of 25 meters (yes/no)?
" crlf)
(assert (greater equal width meters 25 rapids =(read))))
```

```
(defrule rapids
?f32 <- (greater equal width meters 25 rapids yes)
=>
(retract ?f32)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Water surface
constitutes Watercourse Section and specific is a Rapids "
crlf))
```

```
(defrule identification-waterfall
?f30 <- (rate of change watercourse slope equal zero ws no)
?f31 <- (photo tone white ws yes)
(not (rate of change watercourse slope less zero ws
?rocswlzws))
=>
(retract ?f30)
(retract ?f31)
(printout t crlf)
```

```

(printout t "Is the rate of change watercourse slope less zero
(yes/no)? " crlf)
(assert (rate of change watercourse slope less zero ws
=(read)))

(defrule waterfall
?f33 <- (rate of change watercourse slope less zero ws yes)
=>
(retract ?f33)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Water surface
constitutes Watercourse Section and specific is a Waterfall "
crlf))

(defrule man-made-water-bodies-1
?f34 <- (human influence water bodies yes)
(not (is located in built up area man made water bodies
?ilimmwb))
=>
(retract ?f34)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Water surface
constitutes Man Made Water Bodies " crlf)
(printout t "Is the man made water bodies located in built up
area (yes/no)? " crlf)
(assert (is located in built up area man made water bodies
=(read)))

(defrule natural-water-bodies-1
?f34 <- (human influence water bodies no)
(not (shape 2D undefined natural water bodies ?s2Dunwb))
(not (boundary tone type non discrete ?btnd))
=>
(retract ?f34)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Water surface
constitutes Natural Water Bodies " crlf)
(printout t "Is the shape 2D undefined (yes/no)? " crlf "Is
the boundary tone type non discrete (yes/no)? " crlf)
(assert (shape 2D undefined natural water bodies =(read)))
(assert (boundary tone type non discrete =(read)))

(defrule man-made-or-natural-water-bodies
?f34 <- (human influence water bodies unknown)
(not (spatial arrangement water bodies ?sawb))
=>
(retract ?f34)
(printout t crlf)
(printout t "Is the value of spatial arrangement regular
(yes/no)? " crlf)
(assert (spatial arrangement water bodies =(read)))

```

```
(defrule man-made-water-bodies-2
?f35 <- (spatial arrangement water bodies yes)
(not (is located in built up area man made water bodies
?ilimmwb))
=>
(retract ?f35)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Water surface
constitutes Man Made Water Bodies " crlf)
(printout t "Is the man made water bodies located in built up
area (yes/no)? " crlf)
(assert (is located in built up area man made water bodies
=(read))))
```

```
(defrule natural-water-bodies-2
?f35 <- (spatial arrangement water bodies no)
(not (shape 2D undefined natural water bodies ?s2Dunwb))
(not (boundary tone type non discrete ?btnd))
=>
(retract ?f35)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Water surface
constitutes Natural Water Bodies " crlf)
(printout t "Is the shape 2D undefined (yes/no)? " crlf "Is
the boundary tone type non discrete (yes/no)? " crlf)
(assert (shape 2D undefined natural water bodies =(read)))
(assert (boundary tone type non discrete =(read))))
```

```
(defrule wetlands
?f36 <- (shape 2D undefined natural water bodies yes)
?f37 <- (boundary tone type non discrete yes)
(not (occurs adjacent to sea, ocean, river, lake, estuaries,
muddy coast, salt marshes wetlands ?oatsorlemcamw))
(not (is located on inland regions wetlands ?iloirw))
=>
(retract ?f36)
(retract ?f37)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Natural Water Bodies
constitutes Wetlands " crlf)
(printout t "Is the identification wetlands occurs adjacent to
sea or ocean or river or lake or estuaries or muddy coast or
salt marshes (yes/no)? " crlf "Is the identification wetlands
located on inland regions (yes/no)? " crlf)
(assert (occurs adjacent to sea, ocean, river, lake,
estuaries, muddy coast, salt marshes wetlands =(read)))
(assert (is located on inland regions wetlands =(read))))
```

```
(defrule discrete-natural-water-bodies
?f36 <- (shape 2D undefined natural water bodies no)
?f37 <- (boundary tone type non discrete no)
```

```
(not (greater equal area square meters 15625 discrete natural
water bodies ?geasm15625dnwb))
(not (is border to dam discrete natural water bodies
?ibtddnwb))
=>
(retract ?f36)
(retract ?f37)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Natural Water Bodies
constitutes Discrete Natural Water Bodies " crlf)
(printout t "Is the area square meters is greater equal of
15625 (yes/no)? " crlf "Is the natural water bodies border to
dam (yes/no)? " crlf)
(assert (greater equal area square meters 15625 discrete
natural water bodies =(read)))
(assert (is border to dam discrete natural water bodies
=(read))))
```

```
(defrule swimming-pool
?f38 <- (is located in built up area man made water bodies
yes)
=>
(retract ?f38)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Water surface
constitutes Man Made Water Bodies and specific is a Swimming
Pool " crlf))
```

```
(defrule identification-cistern
?f38 <- (is located in built up area man made water bodies no)
(not (is located in rural areas man made water bodies
?ilirammb))
=>
(retract ?f38)
(printout t crlf)
(printout t "Is the man made water bodies located in rural
areas (yes/no)? " crlf)
(assert (is located in rural areas man made water bodies
=(read))))
```

```
(defrule cistern
?f39 <- (is located in rural areas man made water bodies yes)
=>
(retract ?f39)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Water surface
constitutes Man Made Water Bodies and specific is a Cistern "
crlf))
```

```
(defrule identification-man-made-reservoir
?f39 <- (is located in rural areas man made water bodies no)
(not (is border to dam man made water bodies ?ibtdmmwb))
```

```
(not (greater equal area square meters 15625 man made water
bodies ?geasm15625mmwb))
=>
(retract ?f39)
(printout t crlf)
(printout t "Is the man made water bodies border to dam
(yes/no)? " crlf "Is the area square meters is greater equal
of 15625 (yes/no)? " crlf)
(assert (is border to dam man made water bodies =(read)))
(assert (greater equal area square meters 15625 man made water
bodies =(read)))

(defrule man-made-reservoir
?f40 <- (is border to dam man made water bodies yes)
?f41 <- (greater equal area square meters 15625 man made water
bodies yes)
=>
(retract ?f40)
(retract ?f41)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Water surface
constitutes Man Made Water Bodies and specific is a Man Made
Reservoir " crlf))

(defrule identification-fish-farm-land
?f39 <- (is located in rural areas man made water bodies no)
(not (occurs adjacent to river or stream man made water bodies
?oatrosmmwb))
(not (band IR value high man made water bodies ?bIRvhmmwb))
=>
(retract ?f39)
(printout t crlf)
(printout t "Is the man made water bodies occurs adjacent to
river or stream (yes/no)? " crlf "Is the value of band IR high
(yes/no)? " crlf)
(assert (occurs adjacent to river or stream man made water
bodies =(read)))
(assert (band IR value high man made water bodies =(read)))

(defrule fish-farm-land
?f42 <- (occurs adjacent to river or stream man made water
bodies yes)
?f43 <- (band IR value high man made water bodies yes)
=>
(retract ?f42)
(retract ?f43)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Water surface
constitutes Man Made Water Bodies and specific is a Fish Farm
Land " crlf))

(defrule lake
```

```
?f44 <- (greater equal area square meters 15625 discrete
natural water bodies yes)
?f45 <- (is border to dam discrete natural water bodies no)
=>
(retract ?f44)
(retract ?f45)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Discrete Natural
Water Bodies is a Lake " crlf))

(defrule natural-pool
?f44 <- (greater equal area square meters 15625 discrete
natural water bodies no)
?f45 <- (is border to dam discrete natural water bodies no)
=>
(retract ?f44)
(retract ?f45)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Discrete Natural Water
Bodies is a Natural Pool " crlf))

(defrule natural-reservoir
?f44 <- (greater equal area square meters 15625 discrete
natural water bodies yes)
?f45 <- (is border to dam discrete natural water bodies yes)
=>
(retract ?f44)
(retract ?f45)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Discrete Natural Water
Bodies is a Natural Reservoir " crlf))

(defrule coastal-wetlands
?f46 <- (occurs adjacent to sea, ocean, river, lake,
estuaries, muddy coast, salt marshes wetlands yes)
?f47 <- (is located on inland regions wetlands no)
(not (is existence of thicket coastal wetlands ?ieotcw))
(not (is existence of non woody plants, grasses, reeds,
herbaceous vegetation coastal wetlands ?ieonwpgrhvcw))
(not (is existence of tide and ebb coastal wetlands
?ieotaecw))
=>
(retract ?f46)
(retract ?f47)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Wetlands is a Coastal
Wetlands " crlf)
(printout t "Is the coastal wetlands existence of thicket
(yes/no)? " crlf "Is the coastal wetlands existence of non
woody plants or grasses or reeds or herbaceous vegetation
(yes/no)? " crlf "Is the coastal wetlands existence of tide
and ebb (yes/no)? " crlf)
```

```

(assert (is existence of thicket coastal wetlands =(read)))
(assert (is existence of non woody plants, grasses, reeds,
herbaceous vegetation coastal wetlands =(read)))
(assert (is existence of tide and ebb coastal wetlands
=(read)))

(defrule identification-inland-wetlands
?f46 <- (occurs adjacent to sea, ocean, river, lake,
estuaries, muddy coast, salt marshes wetlands no)
?f47 <- (is located on inland regions wetlands yes)
(not (is existence of vegetation, grassland wetlands ?ieovgw))
=>
(retract ?f46)
(retract ?f47)
(printout t crlf)
(printout t "Is the identification wetlands existence of
vegetation, grassland (yes/no)? " crlf)
(assert (is existence of vegetation, grassland wetlands
=(read))))

(defrule inland-wetlands
?f48 <- (is existence of vegetation, grassland wetlands yes)
(not (covered with surface water all the period at the year
inland wetlands ?cswatpatyiw))
=>
(retract ?f48)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Wetlands is a Inland
Wetlands " crlf)
(printout t "Is the inland wetlands covered with surface water
all the period at the year (yes/no)? " crlf)
(assert (covered with surface water all the period at the year
inland wetlands =(read))))

(defrule bog
?f49 <- (covered with surface water all the period at the year
inland wetlands yes)
=>
(retract ?f49)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Wetlands is a
Bog " crlf))

(defrule swamp
?f49 <- (covered with surface water all the period at the year
inland wetlands no)
=>
(retract ?f49)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Inland Wetlands is a
Swamp " crlf))

```



```
(defrule mangrove-swamp
?f50 <- (is existence of thicket coastal wetlands yes)
?f51 <- (is existence of non woody plants, grasses, reeds,
herbaceous vegetation coastal wetlands no)
?f52 <- (is existence of tide and ebb coastal wetlands no)
=>
(retract ?f50)
(retract ?f51)
(retract ?f52)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Coastal Wetlands is a
Mangrove Swamp " crlf))

(defrule marsh
?f50 <- (is existence of thicket coastal wetlands no)
?f51 <- (is existence of non woody plants, grasses, reeds,
herbaceous vegetation coastal wetlands yes)
?f52 <- (is existence of tide and ebb coastal wetlands no)
=>
(retract ?f50)
(retract ?f51)
(retract ?f52)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Coastal Wetlands is a
Marsh " crlf))

(defrule identification-tidal-water
?f50 <- (is existence of thicket coastal wetlands no)
?f51 <- (is existence of non woody plants, grasses, reeds,
herbaceous vegetation coastal wetlands no)
?f52 <- (is existence of tide and ebb coastal wetlands yes)
(not (contains muddy sandy or rocky without vegetation coastal
wetlands ?cmsorwv))
=>
(retract ?f50)
(retract ?f51)
(retract ?f52)
(printout t crlf)
(printout t "Is the coastal wetlands contains muddy sandy or
rocky without vegetation (yes/no)? " crlf)
(assert (contains muddy sandy or rocky without vegetation
coastal wetlands =(read))))

(defrule tidal-water
?f53 <- (contains muddy sandy or rocky without vegetation
coastal wetlands yes)
=>
(retract ?f53)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Coastal Wetlands is a
Tidal Water " crlf))
```

```
(defrule thicket
?f54 <- (existence of woody plants thickly tangled natural
vegetation yes)
?f55 <- (covered by trees natural vegetation no)
=>
(retract ?f54)
(retract ?f55)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Natural Vegetation is
a Thicket"))
```

```
(defrule identification-wood
?f54 <- (existence of woody plants thickly tangled natural
vegetation no)
?f55 <- (covered by trees natural vegetation yes)
(not (is similar to forest ?istf))
=>
(retract ?f54)
(retract ?f55)
(printout t crlf)
(printout t "Is the identification natural vegetation is
similar to forest (yes/no)? " crlf)
(assert (is similar to forest =(read))))
```

```
(defrule wood
?f56 <- (is similar to forest yes)
(not (existence of trees that lose their leaves during the
year wood ?eottltdtyw))
(not (existence of trees that retain their leaves during the
year wood ?eottrtdtyw))
=>
(retract ?f56)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Natural Vegetation is
a Wood " crlf)
(printout t "Is the wood existence of trees that lose their
leaves during the year (yes/no)? " crlf "Is the wood existence
of trees that retain their leaves during the year (yes/no)? "
crlf)
(assert (existence of trees that lose their leaves during the
year wood =(read)))
(assert (existence of trees that retain their leaves during
the year wood =(read))))
```

```
(defrule identification-oasis
?f54 <- (existence of woody plants thickly tangled natural
vegetation no)
?f55 <- (covered by trees natural vegetation no)
(not (surrounded by desert, arid region natural vegetation
?sb darnv))
(not (existence of source of water natural vegetation ?eosow))
=>
```

```
(retract ?f54)
(retract ?f55)
(printout t crlf)
(printout t "Is the identification natural vegetation
surrounded by desert or arid region (yes/no)? " crlf "Is the
identification natural vegetation existence of source of water
(yes/no)? " crlf)
(assert (surrounded by desert, arid region natural vegetation
=(read)))
(assert (existence of source of water natural vegetation
=(read)))
```

```
(defrule oasis
?f57 <- (surrounded by desert, arid region natural vegetation
yes)
?f58 <- (existence of source of water natural vegetation yes)
=>
(retract ?f57)
(retract ?f58)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Natural Vegetation is
a Oasis"))
```

```
(defrule deciduous
?f59 <- (existence of trees that lose their leaves during the
year wood yes)
?f60 <- (existence of trees that retain their leaves during
the year wood no)
=>
(retract ?f59)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Wood is a Deciduous
Wood " crlf))
```

```
(defrule evergreen
?f59 <- (existence of trees that lose their leaves during the
year wood no)
?f60 <- (existence of trees that retain their leaves during
the year wood yes)
=>
(retract ?f59)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Wood is a Evergreen
Wood " crlf))
```

```
(defrule mixed
?f59 <- (existence of trees that lose their leaves during the
year wood yes)
?f60 <- (existence of trees that retain their leaves during
the year wood yes)
=>
(retract ?f59)
```

```

(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Wood is a Mixed Wood
" crlf))

(defrule identification-urban-green
?f61 <- (pattern arrangement linear man made vegetation yes)
?f62 <- (pattern arrangement agricultural, grid man made
vegetation no)
(not (is located on built up area man made vegetation
?ilobuammv))
=>
(retract ?f61)
(retract ?f62)
(printout t crlf)
(printout t "Is the identification man made vegetation located
on built up area (yes/no)? " crlf)
(assert (is located on built up area man made vegetation
=(read))))

(defrule urban-green
?f63 <- (is located on built up area man made vegetation yes)
=>
(retract ?f63)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Man Made Vegetation
is Urban Green " crlf))

(defrule identification-crop-land
?f61 <- (pattern arrangement linear man made vegetation no)
?f62 <- (pattern arrangement agricultural, grid man made
vegetation yes)
(not (existence of crops man made vegetation ?eocmmv))
=>
(retract ?f61)
(retract ?f62)
(printout t crlf)
(printout t "Is the identification man made vegetation
existence of crops (yes/no)? " crlf)
(assert (existence of crops man made vegetation =(read))))

(defrule crop-land
?f64 <- (existence of crops man made vegetation yes)
=>
(retract ?f64)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Man Made Vegetation
is Crop Land " crlf))

(defrule identification-hedgerow
?f61 <- (pattern arrangement linear man made vegetation yes)
?f62 <- (pattern arrangement agricultural, grid man made
vegetation no)

```

```
(not (existence of shurbs man made vegetation ?eosmmv))
(not (greater equal length meters 300 man made vegetation
?gelm300mmv))
=>
(retract ?f61)
(retract ?f62)
(printout t crlf)
(printout t "Is the identification man made vegetation
existence of shurbs (yes/no)? " crlf "Is the length meters is
greater equal of 300 (yes/no)? " crlf)
(assert (existence of shurbs man made vegetation =(read)))
(assert (greater equal length meters 300 man made vegetation
=(read)))

(defrule hedgerow
?f65 <- (existence of shurbs man made vegetation yes)
?f66 <- (greater equal length meters 300 man made vegetation
yes)
=>
(retract ?f65)
(retract ?f66)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Man Made Vegetation
is Hedgerow " crlf))

(defrule identification-vineyard
?f61 <- (pattern arrangement linear man made vegetation yes)
?f62 <- (pattern arrangement agricultural, grid man made
vegetation no)
(not (existence of vines man made vegetation ?eovmmv))
(not (is located on rolling lands, hillsides, sloping shores
of river and lakes man made vegetation ?ilorlhssoralmmv))
=>
(retract ?f61)
(retract ?f62)
(printout t crlf)
(printout t "Is the identification man made vegetation
existence of vines (yes/no)? " crlf "Is the identification man
made vegetation located on rolling lands or hillsides or
sloping shores of river and lakes (yes/no)? " crlf)
(assert (existence of vines man made vegetation =(read)))
(assert (is located on rolling lands, hillsides, sloping
shores of river and lakes man made vegetation =(read)))

(defrule vineyard
?f67 <- (existence of vines man made vegetation yes)
?f68 <- (is located on rolling lands, hillsides, sloping
shores of river and lakes man made vegetation yes)
=>
(retract ?f67)
(retract ?f68)
(printout t crlf)
```

```
(printout t "Probably the identification Man Made Vegetation
is Vineyard " crlf))

(defrule identification-orchard
?f61 <- (pattern arrangement linear man made vegetation yes)
?f62 <- (pattern arrangement agricultural, grid man made
vegetation no)
(not (existence of trees man made vegetation ?eotmmv))
=>
(retract ?f61)
(retract ?f62)
(printout t crlf)
(printout t "Is the identification man made vegetation
existence of trees (yes/no)? " crlf)
(assert (existence of trees man made vegetation =(read))))

(defrule orchard
?f69 <- (existence of trees man made vegetation yes)
=>
(retract ?f69)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Man Made Vegetation
is Orchard " crlf))

(defrule identification-rice-fields
?f61 <- (pattern arrangement linear man made vegetation no)
?f62 <- (pattern arrangement agricultural, grid man made
vegetation no)
(not (occurs adjacent to source of water man made vegetation
?oatsowmmv))
(not (located on flat regions, steps man made vegetation
?lofrsmmv))
(not (existence of growing rice man made vegetation ?eogrmmv))
=>
(retract ?f61)
(retract ?f62)
(printout t crlf)
(printout t "Is the identification man made vegetation occurs
adjacent to source of water (yes/no)? " crlf "Is the
identification man made vegetation located on flat regions or
steps (yes/no)? " crlf "Is the identification man made
vegetation existence of growing rice (yes/no)? " crlf)
(assert (occurs adjacent to source of water man made
vegetation =(read)))
(assert (located on flat regions, steps man made vegetation
=(read)))
(assert (existence of growing rice man made vegetation
=(read))))

(defrule rice-fields
?f70 <- (occurs adjacent to source of water man made
vegetation yes)
```

```

?f71 <- (located on flat regions, steps man made vegetation
yes)
?f72 <- (existence of growing rice man made vegetation yes)
=>
(retract ?f70)
(retract ?f71)
(retract ?f72)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Man Made Vegetation
is Rice Field " crlf))

(defrule identification-grassland
?f61 <- (pattern arrangement linear man made vegetation no)
?f62 <- (pattern arrangement agricultural, grid man made
vegetation no)
(not (occurs adjacent to cropland, tops of mountains man made
vegetation ?oatctommmv))
(not (photo tone uniform man made vegetation ?ptummv))
(not (existence of grasses, woody tissue man made vegetation
?eogwtmmv))
=>
(retract ?f61)
(retract ?f62)
(printout t crlf)
(printout t "Is the identification man made vegetation occurs
adjacent to cropland or tops of mountains (yes/no)? " crlf "Is
the photo tone of identification man made vegetation is
uniform (yes/no)? " crlf "Is the identification man made
vegetation existence of grasses, woody tissue (yes/no)? "
crlf)
(assert (occurs adjacent to cropland, tops of mountains man
made vegetation =(read)))
(assert (photo tone uniform man made vegetation =(read)))
(assert (existence of grasses, woody tissue man made
vegetation =(read))))

(defrule grassland
?f73 <- (occurs adjacent to cropland, tops of mountains man
made vegetation yes)
?f74 <- (photo tone uniform man made vegetation yes)
?f75 <- (existence of grasses, woody tissue man made
vegetation yes)
=>
(retract ?f73)
(retract ?f74)
(retract ?f75)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Man Made Vegetation
is Grassland " crlf))

(defrule identification-park
?f61 <- (pattern arrangement linear man made vegetation no)

```

```
?f62 <- (pattern arrangement agricultural, grid man made
vegetation no)
(not (located on built up area man made vegetation ?lobuammv))
(not (contains parking, lake, sports fields, playground man
made vegetation ?cplsfpmmv))
(not (existence of grasses, trees man made vegetation
?eogtmmv))
=>
(retract ?f61)
(retract ?f62)
(printout t crlf)
(printout t "Is the identification man made vegetation located
on built up area (yes/no)? " crlf "Is the identification man
made vegetation contains parking, lake, sports fields,
playground (yes/no)? " crlf "Is the identification man made
vegetation existence of grasses, trees (yes/no)? " crlf)
(assert (located on built up area man made vegetation
=(read)))
(assert (contains parking, lake, sports fields, playground man
made vegetation =(read)))
(assert (existence of grasses, trees man made vegetation
=(read)))

(defrule park
?f76 <- (located on built up area man made vegetation yes)
?f77 <- (contains parking, lake, sports fields, playground man
made vegetation yes)
?f78 <- (existence of grasses, trees man made vegetation yes)
=>
(retract ?f76)
(retract ?f77)
(retract ?f78)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Man Made Vegetation
is Park " crlf))

(defrule identification-zoo
?f61 <- (pattern arrangement linear man made vegetation no)
?f62 <- (pattern arrangement agricultural, grid man made
vegetation no)
(not (is surrounded by fence man made vegetation ?isbfmmv))
(not (existence of buildings of animal enclosure man made
vegetation ?eoboammv))

=>
(retract ?f61)
(retract ?f62)
(printout t crlf)
(printout t "Is the identification man made vegetation
surrounded by fence (yes/no)? " crlf "Is the identification
man made vegetation existence of buildings of animal enclosure
(yes/no)? " crlf)
```



```

(assert (located on built up area man made vegetation
=(read)))
(assert (existence of grasses, trees man made vegetation
=(read)))

(defrule zoo
?f79 <- (is surrounded by fence man made vegetation yes)
?f80 <- (existence of buildings of animal enclosure man made
vegetation yes)
=>
(retract ?f79)
(retract ?f80)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Man Made Vegetation
is Zoo " crlf))

(defrule soil-surface-region
?f81 <- (photo tone uniform natural regions yes)
(not (is covered by boulders natural regions ?icbbnr))
(not (is covered by gravel natural regions ?icbgnr))
(not (is covered by lava natural regions ?icblnr))
(not (is covered by sedimentary deposit natural regions
?icbsdnr))
(not (is covered by mud natural regions ?icbmnr))
(not (is covered by rock natural regions ?icbrnr))
(not (is covered by salt natural regions ?icsnr))
(not (is covered by sand natural regions ?icsnr))
(not (is covered by limestone natural regions ?icblnr))
=>
(retract ?f81)
(printout t crlf)
(printout t "Is the identification natural region covered by
boulders (yes/no)? " crlf "Is the identification natural
region covered by gravel (yes/no)? " crlf "Is the
identification natural region covered by lava (yes/no)? " crlf
"Is the identification natural region covered by sedimentary
deposit (yes/no)? " crlf "Is the identification natural region
covered by mud (yes/no)? " crlf "Is the identification natural
region covered by rock (yes/no)? " crlf "Is the identification
natural region covered by salt (yes/no)? " crlf "Is the
identification natural region covered by sand (yes/no)? " crlf
"Is the identification natural region covered by limestone
(yes/no)? " crlf)
(assert (is covered by boulders natural regions =(read)))
(assert (is covered by gravel natural regions =(read)))
(assert (is covered by lava natural regions =(read)))
(assert (is covered by sedimentary deposit natural regions
=(read)))
(assert (is covered by mud natural regions =(read)))
(assert (is covered by rock natural regions =(read)))
(assert (is covered by salt natural regions =(read)))
(assert (is covered by sand natural regions =(read)))

```

```
(assert (is covered by limestone natural regions =(read))))

(defrule boulders
?f81 <- (is covered by boulders natural regions yes)
?f82 <- (is covered by gravel natural regions no)
?f83 <- (is covered by lava natural regions no)
?f84 <- (is covered by sedimentary deposit natural regions no)
?f85 <- (is covered by mud natural regions no)
?f86 <- (is covered by rock natural regions no)
?f87 <- (is covered by salt natural regions no)
?f88 <- (is covered by sand natural regions no)
?f89 <- (is covered by limestone natural regions no)
=>
(retract ?f81)
(retract ?f82)
(retract ?f83)
(retract ?f84)
(retract ?f85)
(retract ?f86)
(retract ?f87)
(retract ?f88)
(retract ?f89)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Natural Region is
soil surface region with Boulders " crlf))

(defrule gravel
?f81 <- (is covered by boulders natural regions no)
?f82 <- (is covered by gravel natural regions yes)
?f83 <- (is covered by lava natural regions no)
?f84 <- (is covered by sedimentary deposit natural regions no)
?f85 <- (is covered by mud natural regions no)
?f86 <- (is covered by rock natural regions no)
?f87 <- (is covered by salt natural regions no)
?f88 <- (is covered by sand natural regions no)
?f89 <- (is covered by limestone natural regions no)
=>
(retract ?f81)
(retract ?f82)
(retract ?f83)
(retract ?f84)
(retract ?f85)
(retract ?f86)
(retract ?f87)
(retract ?f88)
(retract ?f89)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Natural Region is
soil surface region with Gravel " crlf))

(defrule lava
?f81 <- (is covered by boulders natural regions no)
```

```
?f82 <- (is covered by gravel natural regions no)
?f83 <- (is covered by lava natural regions yes)
?f84 <- (is covered by sedimentary deposit natural regions no)
?f85 <- (is covered by mud natural regions no)
?f86 <- (is covered by rock natural regions no)
?f87 <- (is covered by salt natural regions no)
?f88 <- (is covered by sand natural regions no)
?f89 <- (is covered by limestone natural regions no)
=>
(retract ?f81)
(retract ?f82)
(retract ?f83)
(retract ?f84)
(retract ?f85)
(retract ?f86)
(retract ?f87)
(retract ?f88)
(retract ?f89)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Natural Region is
soil surface region with Lava " crlf))

(defrule loess
?f81 <- (is covered by boulders natural regions no)
?f82 <- (is covered by gravel natural regions no)
?f83 <- (is covered by lava natural regions no)
?f84 <- (is covered by sedimentary deposit natural regions
yes)
?f85 <- (is covered by mud natural regions no)
?f86 <- (is covered by rock natural regions no)
?f87 <- (is covered by salt natural regions no)
?f88 <- (is covered by sand natural regions no)
?f89 <- (is covered by limestone natural regions no)
=>
(retract ?f81)
(retract ?f82)
(retract ?f83)
(retract ?f84)
(retract ?f85)
(retract ?f86)
(retract ?f87)
(retract ?f88)
(retract ?f89)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Natural Region is
soil surface region with Loess " crlf))

(defrule mud
?f81 <- (is covered by boulders natural regions no)
?f82 <- (is covered by gravel natural regions no)
?f83 <- (is covered by lava natural regions no)
?f84 <- (is covered by sedimentary deposit natural regions no)
```

```
?f85 <- (is covered by mud natural regions yes)
?f86 <- (is covered by rock natural regions no)
?f87 <- (is covered by salt natural regions no)
?f88 <- (is covered by sand natural regions no)
?f89 <- (is covered by limestone natural regions no)
=>
(retract ?f81)
(retract ?f82)
(retract ?f83)
(retract ?f84)
(retract ?f85)
(retract ?f86)
(retract ?f87)
(retract ?f88)
(retract ?f89)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Natural Region is
soil surface region with Mud " crlf))

(defrule rock
?f81 <- (is covered by boulders natural regions no)
?f82 <- (is covered by gravel natural regions no)
?f83 <- (is covered by lava natural regions no)
?f84 <- (is covered by sedimentary deposit natural regions no)
?f85 <- (is covered by mud natural regions no)
?f86 <- (is covered by rock natural regions yes)
?f87 <- (is covered by salt natural regions no)
?f88 <- (is covered by sand natural regions no)
?f89 <- (is covered by limestone natural regions no)
=>
(retract ?f81)
(retract ?f82)
(retract ?f83)
(retract ?f84)
(retract ?f85)
(retract ?f86)
(retract ?f87)
(retract ?f88)
(retract ?f89)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Natural Region is
soil surface region with Rock " crlf))

(defrule salt
?f81 <- (is covered by boulders natural regions no)
?f82 <- (is covered by gravel natural regions no)
?f83 <- (is covered by lava natural regions no)
?f84 <- (is covered by sedimentary deposit natural regions no)
?f85 <- (is covered by mud natural regions no)
?f86 <- (is covered by rock natural regions no)
?f87 <- (is covered by salt natural regions yes)
?f88 <- (is covered by sand natural regions no)
```

```
?f89 <- (is covered by limestone natural regions no)
=>
(retract ?f81)
(retract ?f82)
(retract ?f83)
(retract ?f84)
(retract ?f85)
(retract ?f86)
(retract ?f87)
(retract ?f88)
(retract ?f89)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Natural Region is
soil surface region with Salt " crlf))

(defrule sand
?f81 <- (is covered by boulders natural regions no)
?f82 <- (is covered by gravel natural regions no)
?f83 <- (is covered by lava natural regions no)
?f84 <- (is covered by sedimentary deposit natural regions no)
?f85 <- (is covered by mud natural regions no)
?f86 <- (is covered by rock natural regions no)
?f87 <- (is covered by salt natural regions no)
?f88 <- (is covered by sand natural regions yes)
?f89 <- (is covered by limestone natural regions no)
=>
(retract ?f81)
(retract ?f82)
(retract ?f83)
(retract ?f84)
(retract ?f85)
(retract ?f86)
(retract ?f87)
(retract ?f88)
(retract ?f89)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Natural Region is
soil surface region with Sand " crlf))

(defrule limestone
?f81 <- (is covered by boulders natural regions no)
?f82 <- (is covered by gravel natural regions no)
?f83 <- (is covered by lava natural regions no)
?f84 <- (is covered by sedimentary deposit natural regions no)
?f85 <- (is covered by mud natural regions no)
?f86 <- (is covered by rock natural regions no)
?f87 <- (is covered by salt natural regions no)
?f88 <- (is covered by sand natural regions no)
?f89 <- (is covered by limestone natural regions yes)
=>
(retract ?f81)
(retract ?f82)
```

```

(retract ?f83)
(retract ?f84)
(retract ?f85)
(retract ?f86)
(retract ?f87)
(retract ?f88)
(retract ?f89)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Natural Region is
soil surface region with Limestone " crlf))

(defrule identification-steep-terrain-face-or-sbkha
?f81 <- (photo tone uniform natural regions no)
(not (pattern arrangement linear natural regions ?palnr))
(not (pattern arrangement ringed natural regions ?parnr))
=>
(retract ?f81)
(printout t crlf)
(printout t "Is the pattern arrangement of identification
natural region linear (yes/no)? " crlf "Is the pattern
arrangement of identification natural region ringed (yes/no)?
" crlf)
(assert (pattern arrangement linear natural regions =(read)))
(assert (pattern arrangement ringed natural regions =(read)))

(defrule identification-steep-terrain-face
?f90 <- (pattern arrangement linear natural regions yes)
?f91 <- (pattern arrangement ringed natural regions no)
(not (is covered by soil, rock natural regions ?icbsrnr))
(not (greater equal length meters 125 natural regions
?gelml25nr))
=>
(retract ?f90)
(retract ?f91)
(printout t crlf)
(printout t "Is the identification natural region covered by
soil or rock (yes/no)? " crlf "Is the length meters is greater
equal of 125 (yes/no)? " crlf)
(assert (is covered by soil, rock natural regions =(read)))
(assert (greater equal length meters 125 natural regions
=(read)))

(defrule steep-terrain-face
?f92 <- (is covered by soil, rock natural regions yes)
?f93 <- (greater equal length meters 125 natural regions yes)
=>
(retract ?f92)
(retract ?f93)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Natural Region is
Steep Terrain Face " crlf))

```

```
(defrule identification-sbkha
?f90 <- (pattern arrangement linear natural regions no)
?f91 <- (pattern arrangement ringed natural regions yes)
(not (is covered by salt encrusted clayey soil natural regions
?icbecsnr))
(not (located on arid or semi-arid region natural region
?loaosarnr))
=>
(retract ?f90)
(retract ?f91)
(printout t crlf)
(printout t "Is the identification natural region covered by
salt encrusted clayey soil (yes/no)? " crlf "Is the
identification natural region located on arid or semi-arid
region (yes/no)? " crlf)
(assert (is covered by salt encrusted clayey soil natural
regions =(read)))
(assert (located on arid or semi-arid region natural region
=(read))))
```

```
(defrule sbkha
?f94 <- (is covered by salt encrusted clayey soil natural
regions yes)
?f95 <- (located on arid or semi-arid region natural region
yes)
=>
(retract ?f94)
(retract ?f95)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Natural Region is
Sbkha " crlf))
```

```
(defrule identification-volcano
?f90 <- (pattern arrangement linear natural regions no)
?f91 <- (pattern arrangement ringed natural regions no)
(not (is covered by lava, cinders natural regions ?icblcnr))
(not (shape 3D truncated cone natural regions ?s3Dtc))
(not (greater equal square meters 90000 natural regions
?gesm90000))
(not (similar to hill, mountain natural regions ?sthmnr))
=>
(retract ?f90)
(retract ?f91)
(printout t crlf)
(printout t "Is the identification natural region covered by
lava or cinders (yes/no)? " crlf "Is the identification
natural region shape 3D truncated cone (yes/no)? " crlf "Is
the square meters greater equal 90000 (yes/no)? " crlf "Is the
identification natural region similar to hill or mountain
(yes/no)? " crlf)
(assert (is covered by lava, cinders natural regions =(read)))
(assert (shape 3D truncated cone natural regions =(read)))
```

```

(assert (greater equal square meters 90000 natural regions
=(read)))
(assert (similar to hill, mountain natural regions =(read)))

(defrule volcano
?f96 <- (is covered by lava, cinders natural regions yes)
?f97 <- (shape 3D truncated cone natural regions yes)
?f98 <- (greater equal square meters 90000 natural regions
yes)
?f99 <- (similar to hill, mountain natural regions yes)
=>
(retract ?f96)
(retract ?f97)
(retract ?f98)
(retract ?f99)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Natural Region is
Volcano " crlf))

(defrule identification-ice-snowy-regions
?f81 <- (photo tone uniform natural regions yes)
(not (photo tone white natural regions ?ptwnr))
(not (is covered by ice, snowy natural regions ?icbisnr))
=>
(retract ?f81)
(printout t crlf)
(printout t "Is the photo tone of identification natural
region is uniform (yes/no)? " crlf "Is the identification
natural region covered by ice or snowy (yes/no)? " crlf)
(assert (photo tone white natural regions =(read)))
(assert (is covered by ice, snowy natural regions =(read))))

(defrule ice-snowy-regions
?f100 <- (photo tone white natural regions yes)
?f101 <- (is covered by ice, snowy natural regions yes)
=>
(retract ?f100)
(retract ?f101)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Natural Region is Ice
or Snowy Region " crlf))

(defrule identification-island
?f81 <- (photo tone uniform natural regions no)
(not (surrounded by water natural regions ?sbwnr))
(not (greater equal square meters 15625 natural regions
?gesm15625nr))
=>
(retract ?f81)
(printout t crlf)

```



```
(printout t "Is the identification natural region surrounded
by water (yes/no)? " crlf "Is the square meters greater equal
15625 (yes/no)? " crlf)
(assert (surrounded by water natural regions =(read)))
(assert (greater equal square meters 15625 natural regions
=(read)))

(defrule island
?f102 <- (surrounded by water natural regions yes)
?f103 <- (greater equal square meters 15625 natural regions
yes)
=>
(retract ?f102)
(retract ?f103)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Natural Region is
Island " crlf))

(defrule built-up-area
?f104 <- (existence of buildings or generals buildings ar yes)
?f105 <- (surrounded by fence ar no)
?f106 <- (pattern arrangement linear ar no)
?f107 <- (located on away from built up area ar no)
(not (greater equal distance between buildings in meters 25
bua ?gedbbim25bua))
(not (contains densely packed shacks, tents, lightweight fixed
structures bua ?cdpstlfsbua))
(not (contains industrial units bua ?ciubua))
=>
(retract ?f104)
(retract ?f105)
(retract ?f106)
(retract ?f107)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Artificial Region is
Built Up Area " crlf)
(printout t "Is greater equal to 25 meters the distance
between buildings (yes/no)? " crlf "Is th built up area
contains densely packed shacks, tents, lightweight fixed
structures (yes/no)? " crlf "Is th built up area contains
industrial units (yes/no)? " crlf)
(assert (greater equal distance between buildings in meters 25
bua =(read)))
(assert (contains densely packed shacks, tents, lightweight
fixed structures bua =(read)))
(assert (contains industrial units bua =(read))))

(defrule controlled-areas
?f104 <- (existence of buildings or generals buildings ar no)
?f105 <- (surrounded by fence ar yes)
?f106 <- (pattern arrangement linear ar no)
?f107 <- (located on away from built up area ar no)
```

```
(not (contains military buildings ca ?cmbca))
(not (contains planes ca ?cpca))
(not (contains graves headstones and vegetation ca ?cghavca))
(not (contains industrial units ca ?ciuca))
(not (contains remains of past civilizations or human activity
ca ?cropcohaca))
=>
(retract ?f104)
(retract ?f105)
(retract ?f106)
(retract ?f107)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Artificial Region is
Controlled Areas " crlf)
(printout t "Is the controlled area contains military
buildings (yes/no)? " crlf "Is the controlled area contains
planes (yes/no)? " crlf "Is the controlled area contains
graves headstones and vegetation (yes/no)? " crlf "Is the
controlled area contains industrial units (yes/no)? " crlf "Is
the controlled area contains remains of past civilizations or
human activity (yes/no)? " crlf)
(assert (contains military buildings ca =(read)))
(assert (contains planes ca =(read)))
(assert (contains graves headstones and vegetation ca
=(read)))
(assert (contains industrial units ca =(read)))
(assert (contains remains of past civilizations or human
activity ca =(read))))

(defrule identification-transport-network
?f104 <- (existence of buildings or generals buildings ar no)
?f105 <- (surrounded by fence ar no)
?f106 <- (pattern arrangement linear ar yes)
?f107 <- (located on away from built up area ar no)
(not (possible indicator of communications and transport
network ar ?piocatnar))
=>
(retract ?f104)
(retract ?f105)
(retract ?f106)
(retract ?f107)
(printout t crlf)
(printout t "Is the identification artificial region possible
indicator of communications and transport network (yes/no)? "
crlf)
(assert (possible indicator of communications and transport
network ar =(read))))

(defrule transport-network
?f108 <- (possible indicator of communications and transport
network ar yes)
(not (greater equal length meters 300 tn ?gelm300tn))
```

```
(not (used for connecting's two locations tn ?ufctltn))
=>
(retract ?f108)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Artificial Region is
Transport Network " crlf)
(printout t "Is greater equal to 300 length meters the
identification transport network (yes/no)? " crlf "Is the
identification transport network used for connecting's two
locations (yes/no)? " crlf)
(assert (greater equal length meters 300 tn =(read)))
(assert (used for connecting's two locations tn =(read))))

(defrule area-away-from-urban-areas
?f104 <- (existence of buildings or generals buildings ar no)
?f105 <- (surrounded by fence ar no)
?f106 <- (pattern arrangement linear ar no)
?f107 <- (located on away from built up area ar yes)
(not (possible indicator of excavation made in the terrain ar
?pioemittar))
(not (possible indicator of deposition of refuse ar
?piodorar))
=>
(retract ?f104)
(retract ?f105)
(retract ?f106)
(retract ?f107)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the identification Artificial Region is
Area Away From Urban Areas " crlf)
(printout t "Is the area away from urban areas possible
indicator of excavation made in the terrain (yes/no)? " crlf
"Is the area away from urban areas possible indicator of
deposition of refuse (yes/no)? " crlf)
(assert (possible indicator of excavation made in the terrain
ar =(read)))
(assert (possible indicator of deposition of refuse ar
=(read))))

(defrule sparse-built-up-area
?f109 <- (greater equal distance between buildings in meters
25 bua yes)
?f110 <- (contains densely packed shacks, tents, lightweight
fixed structures bua no)
?f111 <- (contains industrial units bua no)
=>
(retract ?f109)
(retract ?f110)
(retract ?f111)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the Built Up Area is a Sparse Built Up
Area ")
```

```

(defrule dense-built-up-area
?f109 <- (greater equal distance between buildings in meters
25 bua no)
?f110 <- (contains densely packed shacks, tents, lightweight
fixed structures bua no)
?f111 <- (contains industrial units bua no)
=>
(retract ?f109)
(retract ?f110)
(retract ?f111)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the Built Up Area is a Dense Built Up
Area "))

(defrule deprived-urban-areas
?f109 <- (greater equal distance between buildings in meters
25 bua no|yes)
?f110 <- (contains densely packed shacks, tents, lightweight
fixed structures bua yes)
?f111 <- (contains industrial units bua no)
=>
(retract ?f109)
(retract ?f110)
(retract ?f111)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the Built Up Area is a Deprived Urban
Areas "))

(defrule industrial-built-up-area
?f109 <- (greater equal distance between buildings in meters
25 bua no|yes)
?f110 <- (contains densely packed shacks, tents, lightweight
fixed structures bua no)
?f111 <- (contains industrial units bua yes)
=>
(retract ?f109)
(retract ?f110)
(retract ?f111)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the Built Up Area is a Industrial Built
Up Area "))

(defrule millitary-installation
?f112 <- (contains military buildings ca yes)
?f113 <- (contains planes ca no)
?f114 <- (contains graves headstones and vegetation ca no)
?f115 <- (contains industrial units ca no)
?f116 <- (contains remains of past civilizations or human
activity ca no)
=>
(retract ?f112)

```

```

(retract ?f113)
(retract ?f114)
(retract ?f115)
(retract ?f116)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the Controlled Area is a Military
Installation ")

(defrule identification-land-aerodrome
?f112 <- (contains military buildings ca no)
?f113 <- (contains planes ca yes)
?f114 <- (contains graves headstones and vegetation ca no)
?f115 <- (contains industrial units ca no)
?f116 <- (contains remains of past civilizations or human
activity ca no)
(not (pattern arrangement elongated ca ?paeca))
(not (occurs next to transport network ca ?onttnca))
=>
(retract ?f112)
(retract ?f113)
(retract ?f114)
(retract ?f115)
(retract ?f116)
(printout t crlf)
(printout t "Is the identification controlled area pattern
arrangement elongated (yes/no)? " crlf "Is the identification
controlled area occurs next to transport network (yes/no)? "
crlf)
(assert (pattern arrangement elongated ca =(read)))
(assert (occurs next to transport network ca =(read)))

(defrule land-aerodrome
?f117 <- (pattern arrangement elongated ca yes)
?f118 <- (occurs next to transport network ca yes)
=>
(retract ?f117)
(retract ?f118)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the Controlled Area is a Land Aerodrome
"))

(defrule identification-cemetery
?f112 <- (contains military buildings ca no)
?f113 <- (contains planes ca no)
?f114 <- (contains graves headstones and vegetation ca yes)
?f115 <- (contains industrial units ca no)
?f116 <- (contains remains of past civilizations or human
activity ca no)
(not (occurs next to church ca ?ontcca))
=>
(retract ?f112)
(retract ?f113)

```

```

(retract ?f114)
(retract ?f115)
(retract ?f116)
(printout t crlf)
(printout t "Is the identification controlled area occurs next
to church (yes/no)? " crlf)
(assert (occurs next to church ca =(read)))

(defrule cemetery
?f119 <- (occurs next to church ca yes)
=>
(retract ?f119)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the Controlled Area is a Cemetery"))

(defrule industrial-area
?f112 <- (contains military buildings ca no)
?f113 <- (contains planes ca no)
?f114 <- (contains graves headstones and vegetation ca no)
?f115 <- (contains industrial units ca yes)
?f116 <- (contains remains of past civilizations or human
activity ca no)
=>
(retract ?f112)
(retract ?f113)
(retract ?f114)
(retract ?f115)
(retract ?f116)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the Controlled Area is a Industrial Area
"))

(defrule archaeological-site
?f112 <- (contains military buildings ca no)
?f113 <- (contains planes ca no)
?f114 <- (contains graves headstones and vegetation ca no)
?f115 <- (contains industrial units ca no)
?f116 <- (contains remains of past civilizations or human
activity ca yes)
=>
(retract ?f112)
(retract ?f113)
(retract ?f114)
(retract ?f115)
(retract ?f116)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the Controlled Area is a Archaeological
Site "))

(defrule road-railway-network
?f120 <- (greater equal length meters 300 tn yes)
?f121 <- (used for connecting's two locations tn no)

```

```
(not (surface material type metal rrn ?smtmrrn))
(not (surface material type asphalt rrn ?smtarrn))
(not (surface material type soil rrn ?smtsrrn))
=>
(retract ?f120)
(retract ?f121)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the Transport Network is Road Railway
Network " crlf)
(printout t "Is the road railway network surface material type
metal (yes/no)? " crlf "Is the road railway network surface
material type asphalt (yes/no)? " crlf "Is the road railway
network surface material type soil (yes/no)? " crlf)
(assert (surface material type metal rrn =(read)))
(assert (surface material type asphalt rrn =(read)))
(assert (surface material type soil rrn =(read)))

(defrule identification-constructions-connecting-two-locations
?f120 <- (greater equal length meters 300 tn yes|no)
?f121 <- (used for connecting's two locations tn yes)
(not (greater equal area square meters 50000 tn
?geasm50000tn))
=>
(retract ?f120)
(retract ?f121)
(printout t crlf)
(printout t "Is greater equal to 50000 area square meters of
transport network (yes/no)? " crlf)
(assert (greater equal area square meters 50000 tn =(read)))

(defrule constructions-connecting-two-locations
?f122 <- (greater equal area square meters 50000 tn yes)
(not (occurs higher than surrounding area cctl ?ohtsacctl))
=>
(retract ?f122)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the Transport Network is Constructions
Connecting Two Locations " crlf)
(printout t "Is the constructions connecting two locations
occurs higher than surrounding area (yes/no)? " crlf)
(assert (occurs higher than surrounding area cctl =(read)))

(defrule railway-network
?f123 <- (surface material type metal rrn yes)
?f124 <- (surface material type asphalt rrn no)
?f125 <- (surface material type soil rrn no)
=>
(retract ?f123)
(retract ?f124)
(retract ?f125)
(printout t crlf)
```

```
(printout t "Probably the Road Railway Network is a Railway
Network ")
```

```
(defrule road-network
?f123 <- (surface material type metal rrn no)
?f124 <- (surface material type asphalt rrn yes)
?f125 <- (surface material type soil rrn no)
=>
(retract ?f123)
(retract ?f124)
(retract ?f125)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the Road Railway Network is a Road
Network ")
```

```
(defrule identification-trail-network
?f123 <- (surface material type metal rrn no)
?f124 <- (surface material type asphalt rrn no)
?f125 <- (surface material type soil rrn yes)
(not (located on mountainous areas tn ?lomatn))
=>
(retract ?f123)
(retract ?f124)
(retract ?f125)
(printout t crlf)
(printout t "Is the road railway network located on
mountainous areas (yes/no)? " crlf)
(assert (located on mountainous areas tn =(read))))
```

```
(defrule trail-network
?f126 <- (located on mountainous areas tn yes)
=>
(retract ?f126)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the Road Railway Network is a Trail
Network
"))
```

```
(defrule bridge
?f127 <- (occurs higher than surrounding area cctl yes)
=>
(retract ?f127)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the Constructions Connecting Two
Locations is a Bridge ")
```

```
(defrule tunnel
?f127 <- (occurs higher than surrounding area cctl no)
=>
(retract ?f127)
(printout t crlf)
```



```
(printout t "Probably the Constructions Connecting Two
Locations is a Tunnel ")

(defrule extraction-mine
?f128 <- (possible indicator of excavation made in the terrain
ar yes)
?f129 <- (possible indicator of deposition of refuse ar no)
=>
(retract ?f128)
(retract ?f129)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the Area Away From Urban Areas is
Extraction Mine "))

(defrule disposal-site
?f128 <- (possible indicator of excavation made in the terrain
ar no)
?f129 <- (possible indicator of deposition of refuse ar yes)
=>
(retract ?f128)
(retract ?f129)
(printout t crlf)
(printout t "Probably the Area Away From Urban Areas is
Disposal Site "))
```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ "B": Πίνακας Φωτοαναγνωριστικών Χαρακτηριστικών (Ιδιότητες – Μεταβλητές)

Είδος Χαρακτηριστικού (Type of Variables)	Χαρακτηριστικά (Variables)
Φασματικά Χαρακτηριστικά (Spectral Characteristics)	τόνος του γκρι (photo tone)
	είδος τόνου περιγράμματος (boundary tone type)
	υφή (texture)
	ομοιογένεια τόνου (photo tone uniformity)
	τιμή καναλιού ..., (band ... value)
	μέση τιμή καναλιού (mean band value)
	απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 321 (color in RGB 321 composite)
	απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB 432 (color in RGB 432 composite)
	απόχρωση σε έγχρωμο σύνθετο RGB (color in RGB composite)
Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά (Geometric Characteristics)	σχήμα σε 2 διαστάσεις (2D shape)
	σχήμα σε 3 διαστάσεις (3D shape)
	σχετικό μέγεθος (relative size)
	απόλυτο μέγεθος (absolute size)
	ύψος (height)
	πλάτος (width)
	μήκος (length)
	βάθος (depth)
	εμβαδόν (area)
	μήκος προς πλάτος (length/width)
	περίμετρος (border length)
	κύρια διεύθυνση / προσανατολισμός (main direction)
	ρυθμός μεταβολής (rate of change)

Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά (Geometric Characteristics)	κανονικότητα σχήματος (compactness)
	αριθμός εμπειριεχόμενων ακμών ή πυκνότητα γραμμικού προτύπου (number of embedded edges)
	πρότυπο / διάταξη (pattern / arrangement)
	αναγυφο (relief)

Θέση στο Χώρο / Σχέσεις με το Περιβάλλον (Regional Context / Relation to Neighbors)	πιο σκούρο / φωτεινό από τους γείτονες (darker / brighter than neighbors)
	περιλαμβάνεται σε (is contained in)
	βρίσκεται μακριά από (located away from)
	βρίσκεται (is located on)
	βρίσκεται σε (is located in)
	περιλαμβάνει (contains)
	καλύπτεται από (is covered by)
	καλυμμένος με (covered with)
	συνδέεται με (is associated with)
	αναμένεται (is expected in)
	βρίσκεται γύρω από (occurs around)
	περιβάλλεται από (is surrounded by)
	βρίσκεται ψηλότερα από (occurs higher than)
	βρίσκεται χαμηλότερα από (occurs lower than)
	βρίσκεται στο ίδιο ύψος με (located at the same height)
	κλιματική ζώνη της περιοχής ενδιαφέροντος (climatic zone of the area of interest)
	υψόμετρο (altitude)
	είναι μέρος από (is a part of)
	είδος υλικού επιφανείας (surface material type)
βρίσκεται κοντά σε	

<p>Θέση στο Χώρο / Σχέσεις με το Περιβάλλον (Regional Context / Relation to Neighbors)</p>	(occurs adjacent to)
	βρίσκεται δίπλα σε (occurs next to)
	εμφανίζεται σε (occurs to)
	συμβαίνει σε (occurs in)
	αριθμός γειτόνων (number of neighbors)
	σχετικό κοινό όριο με (relative border to)
	κοινό όριο με (border to)
	χωρική κατανομή (spatial distribution)
	χωρική διάταξη (spatial arrangement)
	απόσταση από (distance to)
	η απόσταση είναι... (the distance is...)
	απόσταση μεταξύ των κτιρίων (distance between buildings)
	ύπαρξη από (existence of)
	αντίθεση με τον περίγυρο (contrast to surrounding)
μεγαλώνει σε (grows into)	
αναπτύσσεται σε (grows on)	

<p>Εννοιολογικά Χαρακτηριστικά (Semantic Characteristics)</p>	σύνηθες όνομα (preferred name)
	ελληνικό όνομα (greek name)
	όνομα σπουδαστή (student name)
	επιπλέον ονόματα (non preferred names)
	περιγραφή (description)
	πηγή (reference)
	είναι είδος (is a kind of)
	έχει υποκατηγορίες (has subclasses)
	είναι όμοιο με (is similar to)
	είναι πιθανή ένδειξη για (is possible indicator of)
	είναι απόλυτη ένδειξη για (is

Εννοιολογικά Χαρακτηριστικά (Semantic Characteristics)	definite indicator of)
	είναι αιτία (cause)
	είναι αποτέλεσμα (caused by)
	χρησιμοποιείται για (used for)
	συγγενεύει με (corellationships)
	ανήκει στο Corine Land Cover
	ανήκει στα κλειδιά του "Ζέρβα"
	έχει τύπο (για διάκριση μεταξύ κλειδιών και άρθρων) (article type)
	δορυφορικό σύστημα (satelite)