

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ
& ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:
Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων
της του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία
με την χρήση δορυφορικών εικόνων

ΦΟΙΤΗΤΕΣ: ΚΥΡΙΜΗΣ ΚΩΣΤΑΣ
ΜΠΕΤΣΗΣ ΑΛΚΗΣ



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΕΡΑΚΗΣ ΚΩΣΤΑΣ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 1341/1
Ημερ. Εισ.: 19-11-1998
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΜΧΠΠΑ
1998
ΚΥΡ

Στους γονείς μας

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί προϊόν της συνεργασίας των δύο συντακτών και εκπονήθηκε στο πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, κατά το ακαδημαϊκό έτος 1997-1998. Για την ολοκλήρωση της, εκτός από εμάς, συνέβαλλαν και άλλα άτομα, που είναι καθήκον μας να τους ευχαριστήσουμε. Καταρχάς, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Περάκη Κώστα, για την πολύτιμη συμβολή του και τις γνώσεις που μας παρείχε καθόλη την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας. Επίσης, το καθηγητή κ. Γούσιο Δημήτρη, για τις χρήσιμες συμβουλές του και την διάθεση του εξοπλισμού του Εργαστηρίου Αγροτικού Χώρου, στο χώρο του οποίου εκπονήθηκε, κατά ένα μεγάλο βαθμό, η παρούσα εργασία. Ευχαριστίες αποδίδονται και σε ένα μεγάλο αριθμό φίλων και συναδέλφων, που μέσα στο χώρο του Πανεπιστημίου παρείχαν σημαντική βοήθεια σε πολλά τμήματα της εργασίας. Αυτοί είναι ο διδακτορικός φοιτητής Σταθάκης Δημήτρης, το μέλος Ε.Δ.Τ.Π. Γιαννέλος Λεγαντής, ο υπεύθυνος του Εργαστηρίου Αγροτικού Χώρου Φαρασλής Γιάννης, ο διδακτορικός φοιτητής Hannay Denis και ο διδακτορικός φοιτητής Κοζανίδης Γιώργος.

Βόλος, Σεπτέμβριος 1998

Κυρίμης Κων/νος
Μπέτσης Αλκιβιάδης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

I. Σκοποί και στόχοι της παρούσας εργασίας	1
II. Λόγοι επιλογής του συγκεκριμένου θέματος	1
III. Δομή της εργασίας	3
IV. Υλικότεχνική Υποδομή	5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο ΧΩΡΟΤΑΞΙΑ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

1.1 Εισαγωγικά	7
1.2 Θεμελιώδεις Έννοιες	7
1.3 Πηγές Ενέργειας και Μήκη Κύματος	9
1.4 Εφαρμογές της Τηλεπισκόπησης	10
1.5 Χωροταξία και Τηλεπισκόπηση	11
1.5.1 Το Κοινοτικό Πρόγραμμα LIFE	12
1.5.2 Το Πρόγραμμα Corine Land Cover	15
1.6 Επίλογος - Συμπεράσματα	17

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΜΑΓΝΗΣΙΑ: Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 Εισαγωγικά	19
2.2 Ιστορικά και Γεωγραφικά Χαρακτηριστικά	19
2.3 Εδαφολογικά, Γεωλογικά και Κλιματολογικά Χαρακτηριστικά	21
2.4 Δασικοί και Ορυκτοί Πόροι	22
2.5 Ποιότητα Περιβάλλοντος	22
2.6 Εξέλιξη του πληθυσμου	24
2.7 Διοικητική και θεσμική οργάνωση	26
2.8 Οικονομικά Χαρακτηριστικά. Γενική διάρθρωση παραγωγής και απασχόλησης	28
2.9 Παραγωγική Βάση: Πρωτογενής Τομέας	30
2.9.1 Δευτερογενής Τομέας	31
2.9.2 Τριτογενής τομέας	33
2.10 Τεχνική και Κοινωνική Υποδομή	34
2.11 Το Πρόγραμμα Ανάπτυξης του Νομού	35
2.12 Επίλογος – Συμπεράσματα	38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

3.1 Εισαγωγικά	40
3.2 Είδη Δορυφορικών Συστημάτων	40
3.2.1 Μετεωρολογικοί Δορυφόροι	40
3.2.2 Οι Δορυφόροι Ανίχνευσης Φυσικών Πόρων	41
3.2.2.1 Οι δορυφόροι Landsat	41
3.2.2.2 Οι δορυφόροι SPOT	45
3.3 Η λειτουργία των Δορυφορικών Συστημάτων στην παρούσα εργασία	47
3.4 Επίλογος – Συμπεράσματα	50

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο ΤΟ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΘΕΣΕΩΣ (G.P.S.)

4.1 Εισαγωγικά	51
4.2 Γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς	51
4.3 Προβολικά Συστήματα	53
4.3.1 Γεωδαιτικά και προβολικά συστήματα στην Ελλάδα	53
4.4 Το Δορυφορικό Σύστημα Εντοπισμού Θέσεως (Global Positioning System, G.P.S.)	54
4.5 Εφαρμογές των G.P.S.	59
4.6 Η χρήση των G.P.S. στην παρούσα εργασία	60
4.7 Επίλογος – Συμπεράσματα	63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

5.1 Εισαγωγικά	65
5.2 Η διαδικασία της γεωμετρικής διόρθωσης	66
5.2.1 Λειτουργία του μετασχηματισμού της εικόνας στο λογισμικό Idrisi 2.0 for Windows	67
5.3 Εφαρμογές της γεωμετρικής διόρθωσης - Χρωματική επεξεργασία εικόνας	75
5.4 Επίλογος – Συμπεράσματα	79

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΕΙΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

6.1 Εισαγωγικά	81
6.2 Μη Επιβλεπόμενη Ταξινόμηση (Unsupervised Classification)	81
6.3 Επιβλεπόμενη Ταξινόμηση (Supervised Classification)	82
6.3.1 Η μέθοδος ταξινόμησης των ελαχίστων αποστάσεων (mindist)	84

6.3.2 Η μέθοδος ταξινόμησης των παραλληλεπιπέδων (riped)	85
6.3.3 Η μέθοδος ταξινόμησης της μέγιστης πιθανοφάνειας (maxlike)	87
6.4 Το Δειγματοληπτικό Στάδιο	89
6.5 Έλεγχος της ακρίβειας της ταξινόμησης	91
6.6 Έλεγχος της ακρίβειας των καλύψεων γης	92
6.7 Η διαδικασία της ταξινόμησης στην παρούσα εργασία	92
6.7.1 Δημιουργία δειγματοληπτικών περιοχών	93
6.7.2 Εντοπισμός και οριοθέτηση των δειγματοληπτικών περιοχών	98
6.7.3 Έλεγχος των φασματικών υπογραφών	104
6.7.4 Η διαδικασία των ταξινομήσεων	109
6.7.5 Έλεγχος της ακρίβειας της ταξινόμησης	113
6.7.6 Έλεγχος της ακρίβειας των καλύψεων γης	118
6.8 Επίλογος-Συμπεράσματα	124

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΚΑΛΥΨΕΩΝ ΓΗΣ

7.1 Εισαγωγικά	126
7.2. Βασικές μέθοδοι και τεχνικές υπολογισμού των διαχρονικών μεταβολών δύο εικόνων	126
7.2.1 Η μέθοδος των διαφορών μεταξύ των εικόνων (image differencing)	126
7.2.2 Η μέθοδος του λόγου μεταξύ των εικόνων (image rationing)	127
7.2.3 Η μέθοδος διαφοράς των παλινδρομήσεων (regression differencing)	127
7.2.4 Η μέθοδος Change Vector Analysis	127
7.2.5 Η μέθοδος των πινάκων διπλής εισόδου (crossstabulation / crossclassification)	128
7.3 Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία	128
7.4 Συμπεράσματα για τις διαχρονικές μεταβολές κάθε κατηγορίας κάλυψης γης	129
7.4.1 Η περίπτωση του Δάσους Κωνοφόρων	130
7.4.2 Η περίπτωση του Δάσους Πλατυφύλλων	131
7.4.3 Η περίπτωση της Διακεκομμένης αστικής δόμησης	132
7.4.4 Η περίπτωση των Ελαιώνων	133
7.4.5 Η περίπτωση των Χώρων εξόρυξης ορυκτών	134
7.4.6 Η περίπτωση της Μη αρδεύσιμης αρώσιμης γης	135
7.4.7 Η περίπτωση της Μόνιμα αρδευόμενης γης	137
7.4.8 Η περίπτωση του Μικτού Δάσους	138
7.4.9 Η περίπτωση των Οπωροφόρων δένδρων	139

7.4.10 Η περίπτωση της Σκληροφυλλικής βλάστησης και των φυσικών εκτάσεων	140
7.4.11 Η περίπτωση της Συνεχούς αστικής δόμησης	142
7.4.12 Η περίπτωση των Παραθαλάσσιων βάλτων	143
7.4.13 Η περίπτωση των Θάμνων και χερσότοπων	144
7.5 Επίλογος - Συμπεράσματα	145
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	146
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	152

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

A/A	Όνομασία Χάρτη	Μετά από σελ.
1	Το πρόγραμμα Corine για την περιοχή μελέτης	17
2	Ομαδοποίηση των κατηγοριών του Corine σε αυτές που θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα εργασία	17
3	Ανάγλυφη απεικόνιση της περιοχής μελέτης	20
4	Χάρτης θερμοκρασιών της περιοχής μελέτης υπολογισμένων από το θερμικό κανάλι του Landsat το 1986	21
5	Χάρτης απεικόνισης του συνόλου των σημείων που ελήφθησαν από G.P.S.	60
6	Ψευδοχρωματική απεικόνιση της περιοχής μελέτης για το 1986	76
7	Ψευδοχρωματική απεικόνιση της σύμπτωσης των δορυφορικών εικόνων Landsat και SPOT του 1993	78
8	Χάρτης απεικόνισης των σημείων δειγματοληπτικού ελέγχου που ελήφθησαν από G.P.S.	113
9	Χάρτης απεικόνισης των σημείων που ελήφθησαν από G.P.S. για την ακρίβεια των καλύψεων γης (ground truth)	119
10	Χαρτογραφική απεικόνιση του δείκτη N.D.V.I. για το 1986	103
11	Χαρτογραφική απεικόνιση του δείκτη N.D.V.I. για το 1993	103
12	Ταξινόμηση ελαχίστων αποστάσεων για το 1997	108
13	Ταξινόμηση ελαχίστων αποστάσεων για το 1993	108
14	Ταξινόμηση ελαχίστων αποστάσεων για το 1986	108
15	Ταξινόμηση παραλληλεπιπέδων για το 1997	109
16	Ταξινόμηση παραλληλεπιπέδων για το 1993	109
17	Ταξινόμηση παραλληλεπιπέδων για το 1986	109
18	Ταξινόμηση μέγιστης πιθανοφάνειας για το 1997	111
19	Ταξινόμηση μέγιστης πιθανοφάνειας για το 1993	111

20	Ταξινόμηση μέγιστης πιθανοφάνειας για το 1986	111
21	Διαχρονικές μεταβολές καλύψεων γης του Ν.Μαγνησίας κατά τις τρεις χρονικές περιόδους ανά κατηγορία. Κατηγορία: Δάσος Κωνοφόρων	129
22	«» Κατηγορία: Δάσος Πλατυφύλλων	130
23	«» Κατηγορία: Διακεκομμένη αστική δόμηση	131
24	«» Κατηγορία: Ελαιώνες	132
25	«» Κατηγορία: Χώροι εξορύξεως ορυκτών	133
26	«» Κατηγορία: Μη αρδευόμενη αρώσιμη γη	135
27	«» Κατηγορία: Μόνιμα αρδευόμενη γη	136
28	«» Κατηγορία: Μικτό δάσος	137
29	«» Κατηγορία: Οπωροφόρα δένδρα	138
30	«» Κατηγορία: Σκληροφυλλική βλάστηση και φυσικές εκτάσεις	140
31	«» Κατηγορία: Συνεχής αστική δόμηση	141
32	«» Κατηγορία: Παραθαλάσσιοι βάλτοι	142
33	«» Κατηγορία: Θάμνοι και χερσότοποι	143

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

1.1	Προτεινόμενες εργασίες 2 ^{ης} Φάσης του Κοινοτικού Προγράμματος LIFE	15
2.1	Κατανομή εκτάσεως και πληθυσμού κατά υψομετρική κατηγορία	20
3.1	Χαρακτηριστικά των μέχρι τώρα αποστολών Landsat	42
3.2	Χαρακτηριστικά και ημερομηνίες λήψεως εικόνων που θα χρησιμοποιηθούν	48
4.1	Κατάλογος σημείων που ελήφθησαν με το GPS 12 Garmin	61
5.1	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου του κοντινότερου σημείου	72
5.2	Χαρακτηριστικά των νέων εικόνων που θα χρησιμοποιηθούν	73
6.1	Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Μεθόδου της Ελάχιστης Αποστάσεως	85
6.2	Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Μεθόδου των Παραλληλεπιπέδων	87
6.3	Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Μεθόδου της Μέγιστης Πιθανοφάνειας	89
6.4	Ομαδοποίηση των κατηγοριών του Corine στις νέες κατηγορίες κάλυψης γης που θα χρησιμοποιηθούν στις ταξινομήσεις	94
6.5	Συντελεστές βαρύτητας για κάθε κατηγορία κάλυψης γης για το 1986, 1993, και 1997 (ποσοστό επί %)	110
6.6	Error matrix των δειγματικών περιοχών της μεθόδου ταξινόμησης των ελάχιστων αποστάσεων για το 1997	115
6.7	Error matrix των δειγματικών περιοχών της μεθόδου ταξινόμησης των παραλληλεπιπέδων για το 1997	116
6.8	Error matrix των δειγματικών περιοχών της μεθόδου ταξινόμησης της μέγιστης πιθανοφάνειας για το 1997	117
6.9	Error matrix των καλυψεων γης της μεθόδου ταξινόμησης της ελάχιστης αποστάσεως για το 1997	119
6.10	Error matrix των καλυψεων γης της μεθόδου ταξινόμησης των παραλληλεπιπέδων για το 1997	120
6.11	Error matrix των καλυψεων γης της μεθόδου ταξινόμησης της μέγιστης πιθανοφάνειας για το 1986	121
6.12	Error matrix των καλυψεων γης της μεθόδου ταξινόμησης της μέγιστης πιθανοφάνειας για το 1993	122

6.13	Εγγρα matrix των καλυψεων γης της μεθόδου ταξινόμησης της μέγιστης πιθανοφάνειας για το 1997	123
------	--	-----

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

2.1	Πληθυσμιακή εξέλιξη του νομού Μαγνησίας 1951-1991	25
2.2	Μέσοι ρυθμοί μεταβολής πληθυσμού ανά δεκαετία για τον νομό Μαγνησίας και την Θεσσαλία	25
2.3	Ποσοστιαία τομεακή Σύνθεση του ΑΕΠ για τον Ν. Μαγνησίας κατά τα έτη 1971, 1981, 1991	29
2.4	Ποσοστιαία τομεακή σύνθεση της απασχόλησης για το Νομό Μαγνησίας, κατά τα έτη 1971, 1981 και 1991	29
6.1	Φασματικές Υπογραφές 7 κατηγοριών κάλυψης γης	105
6.2	Φασματικές Υπογραφές 6 κατηγοριών κάλυψης γης	105
6.3	Φασματικές υπογραφές 7 κατηγοριών κάλυψης γης χωρίς το 6ο φασματικό κανάλι	107
6.4	Φασματικές υπογραφές 6 κατηγοριών κάλυψης γης χωρίς το 6ο φασματικό κανάλι	107

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΟΡΓΑΝΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

4.1	Η χρήση των συστημάτων GPS στην παρούσα εργασία	64
5.1	Η διαδικασία της γεωμετρικής διόρθωσης στην παρούσα εργασία	80
6.1	Η διαδικασία της ταξινόμησης στην παρούσα εργασία	125

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

G.I.S.	Geographical Information Systems
G.P.S.	Global Positioning System
Γ.Σ.Π.	Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών
Ε.Σ.Υ.Ε.	Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος
Π.Σ.	Πολεοδομικό Συγκρότημα
ΒΙ.ΠΕ.	Βιομηχανική Περιοχή
Ι.Γ.Μ.Ε.	Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών
Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.	Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων
Ν.	Νομός ή Νόμος
Π.Δ.	Προεδρικό Διάταγμα
Τ.Α.	Τοπική Αυτοδιοίκηση
Ο.Τ.Α.	Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης
Σ.Π.	Συμβούλιο Περιοχής
Α.Ε.Π.	Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν
Κ.Α.Π.	Κοινή Αγροτική Πολιτική
Ε.Ε.	Ευρωπαϊκή Ένωση
Βιο.Πα	Βιοτεχνικό Πάρκο
Κ.Π.Σ.	Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης
Π.Ε.Π.	Περιφερειακό Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Β.Α.	Βόρειο Ανατολικά
Ν.Δ.	Νότιο Δυτικά
Κατ.	Κάτοικοι
Τ. Χλμ	Τετραγωνικό Χιλιόμετρο
Δηλ.	Δηλαδή
Κ.λ.π.	Και τα λοιπά
Βλ.	Βλέπε
Π.χ.	Παραδείγματος χάρη
Λ.χ.	Λόγου χάρη

ΕΙΣΑΓΟΓΗ

I. Σκοποί και στόχοι της παρούσας εργασίας

Ο άμεσος σκοπός της παρούσας εργασίας είναι **να αναδειχθεί η άμεση χρήση μεθοδολογικών εργαλείων της Τηλεπισκόπησης με ουσιαστικά θεματικά προβλήματα**. Έτσι, με την χρησιμοποίηση ορισμένων τεχνικών (ταξινομήσεις, διαχρονικές μεταβολές, διαφορές δυαδικών εικόνων κ.α) εξυπηρετούνται διάφοροι θεματικοί τομείς (π.χ. δημιουργία θεματικών χαρτών, χάρτες μεταβολών κάλυψης γης κ.α). Επίσης, βασικός σκοπός της παρούσας εργασίας είναι **η ουσιαστική και πρακτική χρήση εργαλείων** (γεωγραφικό σύστημα υπολογισμού θέσεως G.P.S. κ.α.) **και μεθόδων** (ταξινομήσεις) **απαραίτητων για μια γεωγραφική – χωροταξική έρευνα**, όπως είναι και η παρούσα. Τέλος, **η δημιουργία ενός οδηγού-εργαλείου τόσο διδακτικού, όσο και επιστημονικής εφαρμογής με την χρήση λογισμικού G.I.S. και Τηλεπισκόπησης**, που θα είναι χρήσιμο για την μελέτη διαχρονικών μεταβολών, με απαραίτητο τμήμα των έλεγχου και την αξιοπιστία των παραπάνω. Οι στόχοι της παρακάτω εργασίας είναι οι εξής:

- Να αναδειχθεί η χρησιμότητα των εργαλείων αιχμής (λογισμικό – G.P.S.- Hardware) στην χρήση Τηλεπισκόπηση και για την δημιουργία θεματικών χαρτών
- Να τονιστεί η χρήση σύγχρονων δεδομένων (δορυφορικά και ψηφιακά δεδομένα. μετρήσεις με G.P.S) για περιβαλλοντικές και χωροταξικές μελέτες (Κοινοτικό Πρόγραμμα LIFE, FAIR κτλ).
- Να δειχθεί ότι σε μια πλήρη έρευνα του τύπου αυτού, η παράλληλη χρήση τόσο εργαστηριακών μεθόδων όσο και επιτόπιων δειγματοληψιών και επαληθεύσεων οδηγεί σε ικανοποιητικά χαρτογραφικά αποτελέσματα ως προς την πραγματικότητα
- Να αποδειχθεί ότι η κατάλληλη εκλογή μεθοδολογικών αλυσίδων, η εφαρμογή και η σωστή σύνδεσή τους με χαρτογραφικά ή ψηφιακά δεδομένα οδηγεί σε υψηλού ποσοστού ακρίβειας θεματικών χαρτών
- Να αναδειχθούν τυχόν υπάρχουσες μελλοντικές τάσεις και να προβλεφθούν τρόποι ελέγχου ανεπιθύμητων χωρικών εξελίξεων.

II. Λόγοι επιλογής του συγκεκριμένου θέματος

Μέσα από την πληθώρα των θεμάτων που θα μπορούσαμε να ασχοληθούμε, επιλέξαμε το συγκεκριμένο θέμα λόγω των πολλαπλών πρωτότυπων στοιχείων που αυτό έχει αλλά και λόγω των σημαντικών ιδιαιτεροτήτων που παρουσιάζει.

Παρακάτω, παραθέτουμε αναλυτικά τους λόγους που μας οδήγησαν στην επιλογή αυτή, ούτως ώστε να γίνει κατανοητή η σημασία της, όχι μόνο ως διπλωματική εργασία αλλά και ως μεθοδολογικό εργαλείο ανάλυσης και σχεδιασμού πάνω στα θέματα που πραγματεύεται. Πιο αναλυτικά, οι λόγοι για τους οποίους επιλέχθηκε η παραπάνω εργασία είναι οι εξής:

- **Η απουσία παρόμοιων ερευνητικών προσπαθειών στον Ελλαδικό χώρο και η πρωτοτυπία του θέματος.** Η προσπάθεια σύνδεσης των μεθόδων της Τηλεπισκόπησης με την θεματικότητα της Χωροταξίας, είναι πρωτότυπο είδος εργασίας για τα ελληνικά δεδομένα. Στο πλαίσιο των σύγχρονων αντιλήψεων για τον χωρικό σχεδιασμό, που πηγάζουν από την έννοια της αειφορίας, της βιώσιμης ανάπτυξης και της προστασίας του περιβάλλοντος, είναι απαραίτητη η επόπτευση του Χώρου, μιας και βοηθά στην σωστή λειτουργία των χωρικών συστημάτων. Εκτός, δηλαδή, από το πλεονέκτημα της σωστής εκτίμησης και προστασίας του χώρου μπορούν να ελεγχθούν οι τάσεις και τα αποτελέσματα των πολιτικών και παρεμβάσεων που έχουν γίνει, με την βοήθεια της Τηλεπισκόπησης.
- **Οι μελλοντικές τάσεις στον χώρο της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στην χρήση τους στον χωρικό σχεδιασμό.** Οι νέες γενιές δορυφόρων, που θα τεθούν στην διάθεση της τεχνολογικής Κοινότητας και ειδικότερα των επιστημόνων της κατεύθυνσής μας (χωροτακτών και περιφερειολόγων) όπως και οι εφαρμογές που αποκτά η Τηλεπισκόπηση και αφορούν μεγαλύτερο εύρος σχετικά με τα χωρικά επίπεδα που θα εφαρμοστεί, θα θέσουν την επιστήμη και τις τεχνικές της Τηλεπισκόπησης και των ΓΣΠ ως ένα σημαντικό εργαλείο της Χωροταξίας και της Περιφερειακής Ανάπτυξης. Επίσης, με τη νέα τεχνολογία δορυφόρων, δημιουργείται ένας νέος τομέας, αυτός της **αστικής Τηλεπισκόπησης**, που θα έχει να κάνει με τον έλεγχο των διαχρονικών αλλαγών του δομημένου χώρου, την καταγραφή πόρων, την απογραφή κυκλοφοριακών δικτύων, τις εκτιμήσεις πληθυσμού και ποιότητας δομημένου χώρου κ.α. Πολλοί μάλιστα τολμούν να πουν πως το μέλλον στα ΓΣΠ και την Τηλεπισκόπηση περνά από τα γεωγραφικά συστήματα διανυσμάτων (Vector GIS) στα συστήματα καννάβου (Raster GIS) μιας και τέτοιου είδους εικόνες μπορούν να καταγράψουν όλες τις καλύψεις επί του εδάφους, με την ακρίβεια ελάχιστων μέτρων.
- **Η περίπτωση της Μαγνησίας ως περιοχή μελέτης και τα διαθέσιμα δορυφορικά δεδομένα.** Αφού καθορίστηκε το πλαίσιο στο οποίο θα κινηθούμε (χρησιμοποίηση τεχνικών και εργαλείων της Τηλεπισκόπησης και σύνδεση με το θεματικό στοιχείο της Χωροταξίας) έπρεπε να βρεθεί το case study επάνω στο οποίο θα γινόταν η επεξεργασία αυτή. Όσο αφορά την Μαγνησία, είναι μια περιοχή που οι καλύψεις γης είναι πάνω – κάτω γνωστές, σε μικρή απόσταση από τον χώρο εργασίας, ώστε να μπορούν να γίνουν και επιτόπιοι έλεγχοι τους.

Το σημαντικότερο στοιχείο είναι ότι υπάρχουν διαθέσιμα δορυφορικά δεδομένα για τρεις διαφορετικές ημερομηνίες (1986, 1993 και 1997) από την Βιβλιοθήκη δορυφορικών δεδομένων του τομέα Τηλεπισκόπησης του Εργαστηρίου Αγροτικού Χώρου και του Εργαστηρίου Γεωγραφικών Ερευνών και Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού, για την περιοχή μελέτης, τα οποία και χρησιμοποιούνται.

- Τέλος, η συγκεκριμένη Διπλωματική εργασία αποτελεί **συνέχεια του Κοινοτικού Προγράμματος LIFE** με κωδικό αριθμό LIFE96ENV/GR/580, με τίτλο: «Πληροφόρηση και Συναίνεση, Προϋποθέσεις για την Αειφόρο Διαχείριση των ακτών του Ν. Μαγνησίας» που εκπονείται με την συνεργασία της Αναπτυξιακής Εταιρείας Μαγνησίας (ΑΝ.Ε.Μ.) και του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, σύμφωνα με την εγκεκριμένη από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή σχετική πρόταση της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Μαγνησίας. Αντικείμενο του παρόντος σχεδίου είναι η δημιουργία Ψηφιακής Βάσεως Δεδομένων με τα χαρακτηριστικά του Νομού Μαγνησίας και ειδικά για 10 πιλοτικές περιοχές μελέτης που βρίσκονται στα όρια του νομού.

Για τους παραπάνω λόγους, η συγκεκριμένη εργασία πιστεύουμε πως δεν είναι μια τυπική Διπλωματική εργασία, αλλά αποτελεί μια ολοκληρωμένη επιχειρησιακή μελέτη, άμεσα εφαρμόσιμη και λειτουργική, η οποία εκπονείται στο πλαίσιο ενός Κοινοτικού Προγράμματος. Επιπλέον, για να γίνει μια εργασία και μάλιστα σε επίπεδο διπλωματικής πρέπει το αντικείμενο με το οποίο θα ασχοληθούμε να ανήκει στα άμεσα ενδιαφέροντά μας. Είναι φανερό πως ο τομέας της Τηλεπισκόπησης και των ΓΣΠ και η προσπάθεια σύνδεσης τους με τον σχεδιασμό και την ανάλυση του Χώρου, εμπίπτει στα ουσιαστικά και θεμελιώδη ενδιαφέροντα κάθε χωροτάκτη.

III. Δουή της εργασίας

Η Διπλωματική εργασία διαπραγματεύεται την μελέτη της διαχρονικής μεταβολής των καλύψεων γης στον νομό Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία, με την χρήση δορυφορικών εικόνων. Το θέμα αυτό αναλύεται σε 7 θεματικές ενότητες (κεφάλαια) με το κάθε ένα από αυτά να περιέχει, στο πρώτο μέρος του τις θεωρητικές και εννοιολογικές αποσαφηνίσεις του θέματος που εξετάζεται και στο δεύτερο μέρος την διαδικασία που ακολουθήθηκε στην παρούσα εργασία. Τα αποτελέσματα, χαρτογραφούνται με την χρησιμοποίηση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και της Τηλεπισκόπησης, που η σημασία τους ως εργαλεία ανάλυσης, σχεδιασμού και λήψεως αποφάσεων, είναι κάτι που τονίζεται ιδιαίτερα μέσα από την παρούσα εργασία, ώστε να γίνει κατανοητή η σημασία τους και να επεκταθεί η χρήση τους, που μέχρι σήμερα είναι αρκετά περιορισμένη.

Το πρώτο κεφάλαιο πραγματεύεται με την σύνδεση των εννοιών της Τηλεπισκόπησης και της Χωροταξίας και προσδιορίζονται, σε γενικές γραμμές η έννοια, οι βασικές αρχές και οι εφαρμογές της Τηλεπισκόπησης, η σύνδεση τους με την Χωροταξία και κάποια Κοινοτικά προγράμματα που στηρίζονται στην σχέση αυτή (Life, Corine). Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στο επίπεδο χωρικής μελέτης, που είναι ο Νομός Μαγνησίας, με την ανάλυση βασικών χαρακτηριστικών του (δημογραφικά, οικονομικά κοινωνικά, κ.α) και ένα ενδεχόμενο Πρόγραμμα Ανάπτυξης του νομού (στο πλαίσιο αυτών των χαρακτηριστικών). Τα δύο επόμενα κεφάλαια, αναφέρονται στα τεχνικά χαρακτηριστικά που θα χρησιμοποιηθούν δηλαδή, τα δορυφορικά συστήματα και τα G.P.S. Το τρίτο κεφάλαιο ασχολείται με τα δορυφορικά συστήματα και ειδικότερα με δεδομένα αυτών που θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα εργασία δηλαδή, τους δορυφόρους Landsat και SPOT. Έπειτα από την παρουσίαση των βασικών χαρακτηριστικών των δορυφορικών συστημάτων, αναφέρεται η χρησιμότητά τους στην παρούσα εργασία. Το ίδιο ακριβώς συμβαίνει και στο τέταρτο κεφάλαιο, που πραγματεύεται με το δορυφορικό σύστημα εντοπισμού θέσεως (G.P.S.). Επίσης, γίνεται μια αναφορά στα γεωδαιτικά και προβολικά συστήματα αναφοράς τόσο στον παγκόσμιο, όσο στον ελληνικό χώρο.

Τα επόμενα κεφάλαια, αποτελούν το κύριο και πιο σημαντικό τμήμα της εργασίας καθώς από τις δορυφορικές εικόνες που δεν βρίσκονται σε κάποιο σύστημα συντεταγμένων, φτάνουμε στην διαχρονική μελέτη τους, με την βοήθεια των ταξινομήσεων, σε κοινό σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων (ΕΓΣΑ 87). Στο πέμπτο κεφάλαιο, εξετάζεται η διαδικασία της γεωμετρικής διόρθωσης των δορυφορικών εικόνων. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, και δορυφορικές εικόνες που δεν βρίσκονται σε κάποιο σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων ανορθώνονται, με κάποια διαδικασία που αναφέρεται, στο ελληνικό σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87. Με αυτό τον τρόπο, όλες οι δορυφορικές εικόνες θα έχουν ένα μέτρο σύγκρισης και θα μπορούν να είναι υπερθέσιμες. Το επόμενο κεφάλαιο, είναι αυτό των ταξινομήσεων. Αρχικά, αναφέρονται οι βασικές μέθοδοι ταξινόμησης και ειδικότερα αυτές που θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα εργασία, παραθέτονται τα χαρτογραφικά αποτελέσματά τους (χρήση G.I.S.), ο έλεγχος της ακρίβειας των ταξινομήσεων και των καλύψεων γης, με την βοήθεια πινάκων σφαλμάτων. Τελευταίο και πιο σημαντικό κεφάλαιο είναι αυτό των διαχρονικών μεταβολών. Έπειτα από τον σχολιασμό των μεθόδων ελέγχου των διαχρονικών μεταβολών εξετάζεται, με την βοήθεια μιας εξ' αυτών, οι διαχρονικές μεταβολές των κατηγοριών κάλυψης γης που χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία και αναπαριστούνται με την βοήθεια χαρτών, για κάθε ημερομηνία που έχουμε δορυφορικά δεδομένα. Τέλος, παρουσιάζονται ορισμένα βασικά συμπεράσματα, όσο αφορά την εργασία και προτάσεις για την λύση των προβλημάτων που παρουσιάστηκαν. Πρέπει να σημειωθεί ότι, η προβολή όλων των χαρτογραφικών αποτελεσμάτων, όπως και κάθε άλλου στοιχείου που θα φανεί χρήσιμο και μπορεί

να απεικονιστεί σε χάρτη, θα γίνει με την χρησιμοποίηση λογισμικών και hardware που έχουν σχέση με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.

IV. Υλικότεχνική Υποδομή

Τα δορυφορικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, ανήκουν στην βιβλιοθήκη δορυφορικών δεδομένων του τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η επεξεργασία τους έγινε με τον εξοπλισμό του Εργαστηρίου Αγροτικού Χώρου και του Εργαστηρίου Γεωγραφικών Ερευνών και Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού. Κατά πρώτο, η επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων, μέχρι και τις διαχρονικές μεταβολές έγινε με την χρήση των εξής ηλεκτρονικών υπολογιστών:

- Ηλεκτρονικός υπολογιστής **Kayak Xu (Hewlett Packard)**, με επιμέρους τεχνικά χαρακτηριστικά α) Επεξεργαστή Intel Pentium II MMX β) Μνήμη 128 MB RAM γ) Πλατφόρμα Windows NT 4.0
- Ηλεκτρονικός υπολογιστής **Compaq Professional Workstation**, με επιμέρους τεχνικά χαρακτηριστικά α) Δύο επεξεργαστές Intel Pentium Pro β) Μνήμη 128 MB RAM γ) Πλατφόρμα Windows NT 4.0
- Ηλεκτρονικός υπολογιστής **Vectra Xu (Hewlett Packard)**, με επιμέρους τεχνικά χαρακτηριστικά α) Δύο επεξεργαστές Intel Pentium 150 MHz β) Μνήμη 64 MB RAM γ) Πλατφόρμα Windows 95
- Ηλεκτρονικός υπολογιστής με επιμέρους τεχνικά χαρακτηριστικά α) Δύο επεξεργαστές Intel Pentium II στα 400 MHz β) Μνήμη 256 MB RAM γ) Πλατφόρμα Windows NT 4.0

και την χρησιμοποίηση των προγραμμάτων Τηλεπισκόπησης και G.I.S (για την ανόρθωσή τους στο ΕΓΣΑ 87)

- **Idrisi for Windows 2.0**
- **E.R Mapper 5.5**
- **P.C.I Easy Pace**
- **Arc – Info 7.0** για πλατφόρμα NT
- **ERDAS 8.3.1 Imagine**

Τα σημεία επί του εδάφους που χρησιμοποιήθηκαν για τον έλεγχο των ταξινομήσεων και των καλύψεων γης πάρθηκαν με την χρησιμοποίηση των μοντέλων συστημάτων εντοπισμού θέσεως G.P.S:

- **SCA-12S** μονής συχνότητας L1 (C/A code), της εταιρείας **Ashtech** και
- **GPS12** της εταιρείας **Garmin**

του τμήματος ΜΧΠΑ και των αντίστοιχων προγραμμάτων επεξεργασίας και μετασχηματισμού συντεταγμένων **Ashtech Office Suite for Survey** και **MetaSX 4.0**™. Τέλος, για την εξαγωγή των χαρτογραφικών αποτελεσμάτων και την παραγωγή των κειμένων χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα:

- **ArcView 3.0a**
- **Arc – Info 7.0** για πλατφόρμα NT
- **Adobe Photoshop 4.0**
- **Corel Draw 8.0** και
- **Microsoft Word 97**

και τυπώθηκαν στους εκτυπωτές:

- **Plotter Hewlett Packard Design Jet 755CM**
- **Printer Hewlett Packard LaserJet 4000 N**
- **Printer Hewlett Packard DeskJet 1600C** και
- **Printer Hewlett Packard Laserjet 5 MP**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑ

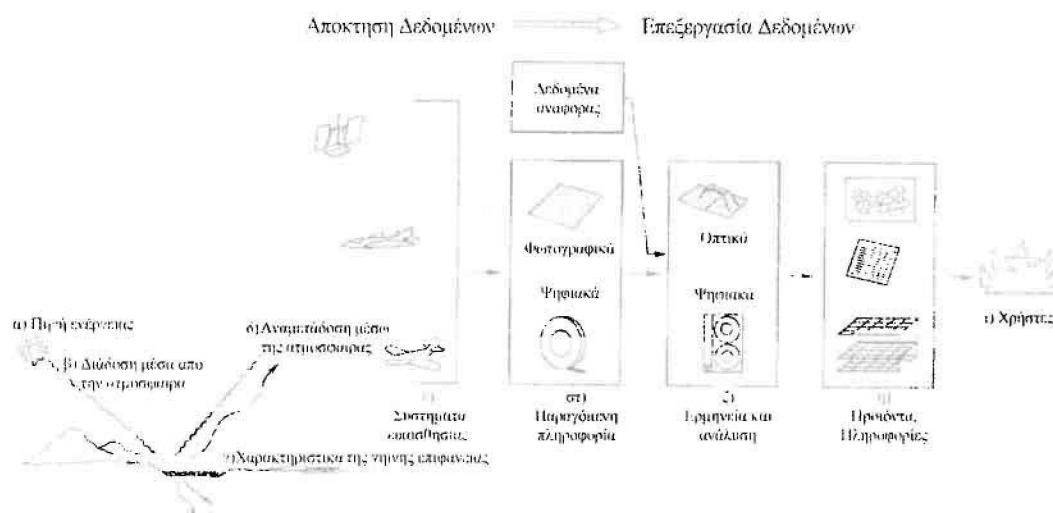


1.1 Εισαγωγικά

Η έννοια της Τηλεπισκόπησης ορίζεται ως εξής: «Η Τηλεπισκόπηση είναι η επιστήμη¹ και η τεχνική της αποκόμισης πληροφορίας για ένα αντικείμενο, περιοχή ή φαινόμενο, μέσα από την ανάλυση της πληροφορίας από ένα μέσο, που δεν βρίσκεται σε επαφή με το αντικείμενο, την περιοχή ή το φαινόμενο που εξετάζεται» (Lillesand & Keifer, 1994). Από πολλές απόψεις, η τηλεπισκόπηση μπορεί να θεωρηθεί ως μια γραπτή διαδικασία, χρησιμοποιώντας διάφορους αισθητήρες ανίχνευσης, συλλέγοντας στοιχεία που μπορούν να αναλυθούν για την λήψη πληροφοριών για τα αντικείμενα, περιοχές ή φαινόμενα που εξετάζονται. Η πληροφορία και τα στοιχεία που συλλέγονται και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην Τηλεπισκόπηση, μπορεί να είναι διαφόρων τύπων, συμπεριλαμβάνοντας μεταβολές στην διανομή μιας δύναμης, διανομή ακουστικών κυμάτων ή διανομή ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων.

1.2 Θεμελιώδεις έννοιες

Συνήθως, όταν αναφερόμαστε στην Τηλεπισκόπηση, εννοούμε αυτή με την χρήση ηλεκτρομαγνητικών ανιχνευτών, που λειτουργούν από εναέριες ή διαστημικές πλατφόρμες (αεροπλάνα ή δορυφόρους ανά περίπτωση) και βοηθούν σε συνηθισμένου τύπου χαρτογράφηση και στην παρακολούθηση των γήινων πηγών



Εικόνα 1.1 Από την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια στην Τηλεπισκόπηση (πηγή: Lillesand & Keifer, 1994)

¹ Σύμφωνα με άλλους επιστήμονες και ερευνητές (J. Richards, 1993), η Τηλεπισκόπηση δεν θεωρείται επιστήμη

ενέργειας. Το παραπάνω σχήμα παρουσιάζει τις γενικευμένες διαδικασίες και στοιχεία που αφορούν την ηλεκτρομαγνητικού τύπου Τηλεπισκόπηση των επίγειων πηγών ενέργειας. Οι δύο βασικές διαδικασίες είναι: η **απόκτηση** των δεδομένων και η **επεξεργασία** τους. Η απόκτηση δεδομένων περιγράφεται στα βήματα (α) έως (στ) και τα υπόλοιπα αφορούν την επεξεργασία τους. Εν συντομία, οι ανιχνευτές χρησιμοποιούνται για να καταγράψουν τις μεταβολές με τις οποίες τα επίγεια χαρακτηριστικά αντανακλούν και εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ενέργεια.

Οι μετρήσεις αυτές γίνονται σε μεγάλο αριθμό σημείων που χωροθετούνται είτε κατά την μία διάσταση, κάτω ακριβώς από την πλατφόρμα στην επιφάνεια της γης, ή επάνω σε μία δισδιάστατη επιφάνεια σε κάθε μία από τις πλευρές της πλατφόρμας, που τοποθετούνται στην γήινη επιφάνεια. Οι ανιχνευτές, ανιχνεύουν την επιφάνεια σε κάθε πλευρά της πλατφόρμας, είτε εναέριως (αεροπλάνο) ή διαστημικής (δορυφόρος) και όπως η πλατφόρμα κινείται προς τα εμπρός, μια εικόνα της γήινης επιφάνειας δημιουργείται. Κάθε «ανιχνευμένη» γραμμή από μια «δορυφορική» εικόνα είναι μια ψηφιακή ή αριθμητική καταγραφή ραδιομετρικών τιμών σε τακτά (ίσα) χρονικά διαστήματα, επάνω στην γραμμή. Ένα σύνολο από συνεχόμενες ανιχνευμένες γραμμές, δημιουργεί την δορυφορική εικόνα.

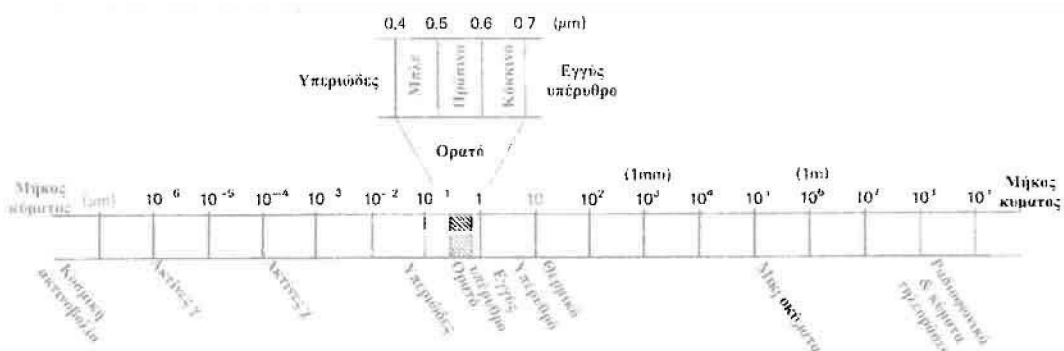
Όπως είδαμε και παραπάνω, η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια, καθώς έρχεται σε επαφή την επιφάνεια της Γης, μπορεί να αντανακλαθεί, να διαχυθεί ή να απορροφηθεί από την ίδια την επιφάνεια. Η αντανακλώμενη ενέργεια, κινείται προς τα επάνω και αντιδρά με την ατμόσφαιρα: αυτό το τμήμα της ενέργειας, ανιχνεύεται, ποσοτικοποιείται και μεταδίδεται στον επίγειο σταθμό. Το ποσό και το φάσμα της εκλύομενης ενέργειας, χρησιμοποιείται στην Τηλεπισκόπηση για να συμπεραίνει την φύση της επιφάνειας που αντιδρά. Βασική προϋπόθεση είναι, βασικοί στόχοι (διαφόρου τύπου εδάφη, νερό με κάποιο ποσοστό ρύπανση, βράχοι με διαφορετική λιθολογική δομή και βλάστηση διαφόρων ειδών) να έχουν έναν μοναδικό και χαρακτηριστικό τρόπο αντίδρασης στην στιγμιαία ενέργεια που περιγράφεται από την ραδιομετρική τιμή αυτού του στόχου. Η καμπύλη των ραδιομετρικών τιμών περιγράφει την φασματική αντίδραση ενός στόχου στο διάστημα των 0,4-2,5 μm^2 . Σε μερικές περιπτώσεις, η φύση της αντίδρασης μεταξύ της στιγμιαίας ενέργειας και της γήινης επιφάνειας, θα διαφέρει από χρόνο σε χρόνο, για παράδειγμα, «όπως μπορεί να περιμένει κανείς από την βλάστηση που αναπτύσσεται σε στάδια, από την δημιουργία των φύλλων, ως την γήρανσή τους» (Mather, 1993). Η ραδιομετρική τιμή ενός στόχου, βασίζεται επίσης και σε άλλους παράγοντες όπως, η τοποθέτηση του ήλιου (ηλιακό αζιμούθιο), το ύψος του ήλιου στον ουρανό (ηλιακή γωνία ανύψωσης-elevation angle-), η γωνία που έχει ο παρατηρητής με το ηλιακό αζιμούθιο (γωνία όρασης) και η κατάσταση της βλάστησης, εάν αυτός είναι ο στόχος. Έτσι και αλλιώς, εάν η υπόθεση ότι, ξεχωριστοί στόχοι χαρακτηρίζονται από ξεχωριστή ραδιομετρική τιμή δεν ήταν σωστή, τότε η έννοια της Τηλεπισκόπησης θα ήταν έξω από τα όρια της πραγματικότητας.

² Η μονάδα μm αναφέρεται σε μήκος κύματος (wavelength)

1.3 Πηγές Ενέργειας και Μήκη Κύματος

Οι ανιχνευτές μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες: στους ενεργητικούς και τους παθητικούς. Οι παθητικοί ανιχνευτές μετρούν την παρεχόμενη ενέργεια από διάφορες πηγές. Το μεγαλύτερο ποσοστό της Τηλεπισκόπησης λειτουργεί με τους παθητικούς ανιχνευτές, για τους οποίους ο ήλιος είναι η πιο σημαντική πηγή ενέργειας όχι όμως η μόνη καθώς, οι θερμικοί και οι ανιχνευτές μικροκυμάτων μετρούν την έκλυση ενέργειας από την γήινη επιφάνεια.

Αντίθετα, οι ενεργητικοί ανιχνευτές παρέχουν την πηγή ενέργειας, με πιο σημαντικό παράδειγμα το ραντάρ, που εκπέμπει ενέργεια στην περιοχή των κυμάτων του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (βλ. εικόνα παρακάτω). Η ανάκλαση της ενέργειας αυτής από την επιφάνεια της γης, έπειτα μετριέται για να δώσει την εικόνα της περιοχής.



Εικόνα 1.2 Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα (πηγή: Lillesand & Keifer, 1994)

Όπως αναφέρθηκε, οι περισσότερες διατάξεις στην Τηλεπισκόπηση χρησιμοποιούν την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια. Όμως, το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα είναι αρκετά πλατύ και τα μήκη κύματος δεν αντιδρούν όλα το ίδιο σε κάθε εφαρμογή της Τηλεπισκόπησης και όλες οι αντιδράσεις που συμβαίνουν στην γήινη επιφάνεια, είναι τόσο σημαντικές ώστε να μας ενδιαφέρουν. Τι συμβαίνει όμως με το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα; Η ατμόσφαιρα, απορροφά σημαντικό ποσοστό των χαμηλών μήκους κυμάτων, όπως και τα τμήματα ορισμένων ανιχνευτών (των υπεριωδών ακτινών, UV). Ως αποτέλεσμα, το πρώτο σημαντικό παράθυρο³ «ανοίγει» στην περιοχή του ορατού μήκους κύματος. Αν και παρουσιάζονται ορισμένα προβλήματα με τα μηκη κύματος στο χρώμα του μπλε, αυτά στο πράσινο, κόκκινο και στο εγγύς υπέρυθρο, παρέχουν σημαντικές πιθανότητες για την εκτίμηση των αντιδράσεων της γήινης επιφάνειας, χωρίς την επίδραση της ατμόσφαιρας. Επίσης, οι περιοχές αυτές, παρέχουν σημαντικά στοιχεία για την φύση πολλών χαρακτηριστικών της επιφάνειας, για παράδειγμα, η χλωροφύλλη απορροφάει σημαντικό ποσοστό μήκους κύματος στο κόκκινο χρώμα, παρόλο ότι τα εγγύς υπέρυθρο μήκη κύματος παρέχουν στοιχεία για την δομή των φύλλων των

³ Παράθυρο εννοούμε την περιοχή που η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια μπορεί να περάσει στην ατμόσφαιρα

φυτών. Γι αυτό τον λόγο, το κυριότερο τμήμα των δορυφορικών εικόνων που χρησιμοποιούνται για εφαρμογές στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, λαμβάνονται από αυτές τις περιοχές.

Όσο αφορά την εγγύς και θερμική υπέρυθρη περιοχή των μηκών κύματος, παρέχει μια ποικιλία παραθύρων, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για γεωλογικές εφαρμογές (εγγύς υπέρυθρα) και σε ένα μεγάλο αριθμό εφαρμογών ξεκινώντας από την πρόληψη πυρκαγιών έως την διανομή των ζώων σε διαφορετικές συνθήκες υγρασίας (Eastman, 1997), όσο αφορά το θερμικά υπέρυθρο μήκος κύματος.

Έπειτα από το θερμικό, η επόμενη σημαντική περιοχή για την περιβαλλοντική Τηλεπισκόπηση είναι η περιοχή των μικροκυμάτων, όπου υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός παραθύρων, ειδικά για την χρήση των ραντάρ. Η δομή της γήινης επιφάνειας δημιουργεί πολλές αντιδράσεις με αρκετές από τις περιοχές των μικροκυμάτων. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συμπλήρωμα των πληροφοριών που αποκτούνται σε άλλα μήκη κύματος και επίσης, προσφέρει το σημαντικό πλεονέκτημα της χρησιμοποίησης του την νύχτα (ως ένα ενεργό σύστημα που είναι ανεξάρτητο από την ηλιακή ακτινοβολία) και σε περιοχές μεγάλης νέφωσης (αφού τα μήκη κύματος του ραντάρ δεν επηρεάζονται από τα σύννεφα).

1.4 Εφαρμογές της Τηλεπισκόπησης

Η Τηλεπισκόπηση, ως αναπτυσσόμενη επιστήμη, έχει αρχίσει να έχει εφαρμογή σε διάφορους τομείς της τεχνολογίας και σε διάφορες επιστήμες, όπου είναι χρήσιμο εργαλείο στην απεικόνιση, μέσω των δορυφορικών εικόνων, χαρακτηριστικών που δεν είναι εμφανίσιμα με την χρησιμοποίηση άλλων μέσων. Οι τομείς που είναι εφαρμόσιμη η Τηλεπισκόπηση είναι οι εξής⁴:

- Στην **Γεωλογία, Γεωμορφολογία** και **Γεωδεσία**, με τον προσδιορισμό του τύπου του γεωλογικού στρώματος, τον εντοπισμό γεωλογικών ρηγμάτων και ανωμαλιών και παρατήρηση τεκτονικών κινήσεων ακόμα και τον εντοπισμό ορυκτών (Lillesand & Keifer, 1994)
- Στην **Γεωργία, Δασολογία** και **Βοτανολογία**, με την εμφάνιση της έκτασης και του τύπου της κάλυψης από βλάστηση και της κατάστασης της υγείας της, έτσι ώστε να προσδιορίζονται τα παράσιτα και οι ασθένειες των φυτών, την περιεκτικότητά τους σε νερό και την πρόβλεψη του όγκου της παραγωγής και στην περίπτωση των παραγωγών, τον έλεγχο της κατάστασης της σοδειάς (βλαστητικό ημερολόγιο)
- Στην **Ωκεανογραφία**, με την καταγραφή της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας, την χαρτογράφηση των θαλάσσιων ρευμάτων και του φάσματος της ενέργειας που προέρχεται από τα κύματα

⁴ και από Περάκης, 1998

- Στην **Μετεωρολογία**, με την παρουσίαση του προφίλ της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας, πίεσης και υδατικής εξάτμισης και την μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου
- Στην **Υδρολογία**, με την καταγραφή των υδάτινων πόρων, την πρόβλεψη της ροής του ύδατος και του προερχόμενου από πάγους, της εύρεσης του ποσοστού ευτροφισμού των λιμνών και της μολυσμένης επιφάνειας των θαλασσών, μερικές φορές και του τύπου της μόλυνσης (το πετρέλαιο διαφέρει από τις αποθέσεις χωμάτων)
- Στον **έλεγχο καταστροφών**, με προειδοποίηση για καταιγίδες, χιονοστοιβάδες, πλημμύρες, κατολισθήσεις, πυρκαγιές και καταγραφή της πληγούμενης έκτασης (λ.χ η περίπτωση της Αττικής)
- Στην **Τοπογραφία και Χαρτογραφία**, με την λήψη ακριβών υψομετρικών δεδομένων και ένταξη τους σε ένα δεδομένο σύστημα συντεταγμένων, καθώς και την παραγωγή και ανανέωση χαρτών
- Στην **Χωροταξία και Σχεδιασμό Χώρου** με την δημιουργία απογραφών χρήσεως γης, τον έλεγχο των διαχρονικών αλλαγών του δομημένου χώρου, την καταγραφή πόρων και την απογραφή κυκλοφοριακών δικτύων, τις εκτιμήσεις πληθυσμού και της ποιότητας του δομημένου χώρου κ.α
- Για **στρατιωτική χρήση**, με την καταγραφή κινήσεως οχημάτων και στρατιωτικών σχηματισμών και τον εντοπισμό στρατιωτικών εγκαταστάσεων.

1.5 Τηλεπισκόπηση και Χωροταξία

Τα τελευταία χρόνια, η τάση για την χρήση των μεθόδων και των τεχνικών των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και της Τηλεπισκόπησης έχει αυξηθεί σημαντικά, ειδικότερα με την βοήθεια των δορυφορικών εικόνων. Η χρήση της Τηλεπισκόπησης στην Χωροταξία είναι πολύ σημαντική καθώς παρέχει χρήσιμα εργαλεία, όπως οι ταξινομήσεις και οι διαχρονικές μελέτες καλύψεων γης, οι οποίες επιτρέπουν την μελέτη και την ορθολογική διαχείριση του χώρου, σε πραγματικές συντεταγμένες. Η μέθοδοι της Τηλεπισκόπησης χρησιμοποιούνται ανάλογα με την διακριτική ικανότητα (resolution) των δορυφορικών δεδομένων, σε πλήθος εφαρμογών που αφορούν την Πολεοδομία, την Χωροταξία και την Περιφερειακή Ανάπτυξη.

Οι εφαρμογές αυτές κυμαίνονται από τον εντοπισμό της ποιότητας του δομημένου χώρου και την εκτίμηση του πληθυσμού, όσο αφορά την Πολεοδομία (όπου χρειάζεται και μεγάλη διακριτική ικανότητα³) μέχρι την δημιουργία απογραφών χρήσεων γης, τον έλεγχο των διαχρονικών αλλαγών των καλύψεων και τον εντοπισμό τυχόν αυθαιρέτων κτισμάτων στην Χωροταξία. Βέβαια, η Τηλεπισκόπηση είναι σημαντικό εργαλείο και για την Περιφερειακή Ανάπτυξη

³ Με την χρησιμοποίηση των νέων δορυφόρων IKONOS που έχουν διακριτική ικανότητα μέχρι και 1 μέτρο.

καθώς, με την μελέτη όλων των παραπάνω, μπορεί να επιτευχθεί μια χωρική μελέτη των πολιτικών που αναφέρονται στις καλύψεις γης (για παράδειγμα η Κοινή Αγροτική Πολιτική) και να εξαχθούν ορισμένα συμπεράσματα για το αν η εφαρμογή της πολιτικής αυτής πέτυχε ή όχι (π.χ. με τον έλεγχο των διαχρονικών αλλαγών των καλύψεων γης). Επίσης, όσο αφορά την Τοπική Ανάπτυξη, οι τεχνικές της Τηλεπισκόπησης μπορούν να βοηθήσουν στον καθορισμό και την ανάλυση του Διαγνωστικού μιας περιοχής και να βοηθήσουν στην αξιολόγηση και τον Σχεδιασμό των ειδικών και τοπικών φορέων.

Τα εργαλεία και οι τεχνικές της Τηλεπισκόπησης έχουν αρχίσει πλέον να χρησιμοποιούνται ευρέως και σε διάφορα Κοινοτικά Προγράμματα. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η παρούσα Διπλωματική εργασία αποτελεί συνέχεια του Κοινοτικού προγράμματος LIFE, το οποίο αναφέρεται εκτενέστερα παρακάτω, όπως επίσης και το Κοινοτικό πρόγραμμα καλύψεων γης Corine, το οποίο έχει δημιουργηθεί βασικά με την χρήση εικόνων του δορυφόρου Landsat 5. Στις παρακάτω παραγράφους γίνεται μια εκτενέστερη αναφορά στα δύο Κοινοτικά Προγράμματα που χρησιμοποιούν ως βασικό εργαλείο τους την Τηλεπισκόπηση.

1.5.1 Το Κοινοτικό Πρόγραμμα LIFE

Τα τελευταία χρόνια, τα περιβαλλοντικά προβλήματα αποκτούν όλο και μεγαλύτερη βαρύτητα και παγκόσμια εμβέλεια. Η αλλαγή του κλίματος, η εξάντληση του όζοντος, η μείωση της βιοποικιλότητας, η αποδάσωση, η ενεργειακή κρίση, η ρύπανση της ατμόσφαιρας και των ωκεανών απειλούν πλέον την οικολογική ισορροπία ολόκληρου του πλανήτη.

Η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το περιβάλλον επικεντρώθηκε αρχικά στην θεραπεία και την εξάλειψη των συνεπειών του υποβαθμισμένου περιβάλλοντος. Πλέον, δίνεται μεγάλη έμφαση στην πρόληψη με την χρησιμοποίηση ενός εκτεταμένου φάσματος μέσων που θα περιλαμβάνουν νομοθετικά και οικονομικά μέτρα και κίνητρα, αλλά και εθελοντικούς κώδικες συμπεριφοράς και συμφωνίες.

Το 1992, η Ευρωπαϊκή Κοινότητα ενέκρινε το 5ο Πρόγραμμα Δράσης για το περιβάλλον με τίτλο: «Στόχος η Αειφορία». Με τους φιλόδοξους στόχους του το πρόγραμμα αυτό έχει διευρύνει θεμελιακά την περιβαλλοντική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης και στηρίζεται στις εξής βασικές διαπιστώσεις:

- Όσον αφορά στην κατάσταση του περιβάλλοντος, η δράση που αναπτύσσετε μπόρεσε να αμβλύνει, αλλά δεν κατάφερε να αναστρέψει τις αρνητικές τάσεις που παρατηρήθηκαν στο παρελθόν. Η υποβάθμιση του περιβάλλοντος στην Ευρωπαϊκή Ένωση συνεχίζεται

- Είναι αδύνατη η εσαεί ανάπτυξη του σημερινού πρότυπου πολλών τομέων – βιομηχανία, γεωργία μεταφορές, τουρισμός, ενέργεια - διότι δεν είναι βιώσιμο, ούτε μεταβιβάζεται στις επόμενες γενιές
- Δεν είναι δυνατή η αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών μόνο με την θέσπιση ρυθμίσεων. Οι δράσεις θα πρέπει επιπλέον να επικαλούνται το αίσθημα ευθύνης των παραγόντων ανάπτυξης και του κοινού.

Συνέχεια του προγράμματος αυτού είναι το Πρόγραμμα LIFE, που είναι το μοναδικό ειδικό μέσο στήριξης της ανάπτυξης και εφαρμογής της κοινοτικής νομοθεσίας για το περιβάλλον. Για την υλοποίηση των σχεδίων προστασίας της φύσης και του περιβάλλοντος σε τοπικό επίπεδο, η Ευρωπαϊκή Ένωση διαθέτει πλέον κάθε χρόνο μέσω των προγραμμάτων του LIFE ποσό μεγαλύτερο από 100 εκατομμύρια ECU. Το γεγονός αυτό δείχνει και την μεγάλη σημασία που δίνει κατά προτεραιότητα στο περιβάλλον και την φύση η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Το LIFE είναι ένα χρηματοδοτικό μέσο. Πριν από αυτό, διάφορα άλλα χρηματοδοτικά μέσα παρείχαν υποστήριξη σε δράσεις στον τομέα του περιβάλλοντος όπως το ACE, MEDSPA, NORSPA κ.λπ. Τα πρώτα προγράμματα του LIFE άρχισαν να πραγματοποιούνται το 1992 και ενώ η πρώτη φάση του ολοκληρώθηκε το 1995, η δεύτερη φάση -LIFE II- θα συνεχιστεί μέχρι το 1999.

Ο γενικός στόχος που επιδιώκεται με την υλοποίηση των προγραμμάτων του LIFE, από την πλευρά της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι να αποτραπεί και να καταπολεμηθεί η ρύπανση ή να διαφυλαχθούν οι φυσικές περιοχές που αξίζει να διατηρηθούν, αλλά και τα απειλούμενα είδη ζώων. Αντικείμενό του είναι η οικονομική υποστήριξη της ανάπτυξης και της υλοποίησης της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το περιβάλλον με την συγχρηματοδότηση κατά προτεραιότητα περιβαλλοντικών δράσεων στην Ευρωπαϊκή Ένωση και δράσεων τεχνικής αρωγής σε τρίτες χώρες από την περιφέρεια της Μεσογείου και της Ρωσίας. Η επιτροπή αναμένει αποτελέσματα από τα προγράμματα επίδειξης του LIFE σε 2 έως 5 χρόνια.

Τα αποτελέσματα των προγραμμάτων αυτών μπορεί να καθοδηγήσουν την ανάπτυξη μελλοντικών περιβαλλοντικών πολιτικών πρωτοβουλιών και την κατανομή δομικής οικονομικής ενίσχυσης. Από το LIFE μπορούν να ενισχυθούν προγράμματα που ανήκουν σε τρεις ανεξάρτητες κατηγορίες:

- Προστασία του περιβάλλοντος
- Διατήρηση και προστασία της φύσης
- Περιβαλλοντικές δράσεις σε αναπτυσσόμενες χώρες εκτός της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Όλες αυτές οι κατηγορίες στοχεύουν συνολικά στην βελτίωση του περιβάλλοντος, αλλά κάθε μία έχει τις δικές τις προτεραιότητες.

Το LIFE – Περιβάλλον χρηματοδοτεί δράσεις προπαρασκευαστικές, επίδειξης, τεχνικής βοήθειας, στήριξης ή παροχής κινήτρων που αποσκοπούν:

- Στην προώθηση της αειφόρου ανάπτυξης και την ενσωμάτωση περιβαλλοντικών ζητημάτων στις βιομηχανικές δραστηριότητες
- Στην παροχή βοήθειας προς την τοπική αυτοδιοίκηση προκειμένου να ενσωματώσουν τον περιβαλλοντικό προβληματισμό στον χωροταξικό σχεδιασμό
- Στην ενίσχυση της σύνδεσης και της συμπληρωματικότητας μεταξύ των περιβαλλοντικών ρυθμίσεων και της διαρθρωτικής χρηματοδοτικής βοήθειας, που προέρχεται κυρίως από κοινοτικούς πόρους και περιβαλλοντικά χρηματοδοτικά μέσα.

Η παρούσα εργασία αποτελεί συνέχεια του με κωδικό αριθμό LIFE96ENV/GR/580 σχεδίου του Κοινοτικού Προγράμματος LIFE, με τίτλο: «Πληροφόρηση και Συναίνεση, Προϋποθέσεις για την Αειφόρο Διαχείριση των ακτών του Ν. Μαγνησίας» που εκπονείται με την συνεργασία της Αναπτυξιακής Εταιρείας Μαγνησίας (ΑΝ.Ε.Μ.) και του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, σύμφωνα με την εγκεκριμένη από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή σχετική πρόταση της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Μαγνησίας.

Αντικείμενο του παρόντος σχεδίου είναι η δημιουργία Ψηφιακής Βάσεως Δεδομένων με τα χαρακτηριστικά του Νομού Μαγνησίας και ειδικά για 10 πιλοτικές περιοχές μελέτης που βρίσκονται στα όρια του νομού. Το ερευνητικό έργο (κατά συνέπεια και η παρούσα εργασία) εκπονείται στους χώρους και με τον εξοπλισμό του τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στον Βόλο από τους επιστημονικούς συνεργάτες (που συμμετέχουν και οι εκπονούντες την παρούσα εργασία) του έργου, υπό την επιστημονική επίβλεψη του καθ. Σπ. Βλιάμου. Από την πλευρά της ΑΝ.Ε.Μ., υπεύθυνη για το έργο ορίζεται η Κα Ιφιγένεια Γκέσκου. Η διάρκεια του έργου ορίζεται σε 8 μήνες, με ημερομηνία λήξεως την 23η Μαΐου 1998.

Η πρώτη φάση της μελέτης ασχολείται με τις 10 πιλοτικές περιοχές που βρίσκονται στον Νομό και περισσότερο με την συλλογή και μετατροπή αεροφωτογραφιών των πιλοτικών περιοχών σε ψηφιακή μορφή με αναγωγή στο γεωδαιτικό σύστημα ΕΓΣΑ 87 και την κατασκευή χάρτη κάλυψης – χρήσης με την επεξεργασία των αεροφωτογραφιών, της δορυφορικής εικόνας SPOT και ψηφιακών υποβάθρων. Η δεύτερη φάση της μελέτης, που ασχολείται και η παρούσα ομάδα εργασίας παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1.1 Προτεινόμενες εργασίες 2^{ης} Φάσης του Κοινοτικού Προγράμματος LIFE

A/a	Περιοχή	Κλίμακα	Εργασίες
1	N. Μαγνησίας	1:100000	Ψηφιοποιημένο υπόβαθρο καλύψεων γης CORINE αναδιαρθρωμένο και προσαρμοσμένο στην ομαδοποίηση της 1 ^{ης} φάσης. Τεχνική έκθεση
2	N. Μαγνησίας	1:100000	Κατασκευή χαρτών κάλυψης – χρήσης στις διαθέσιμες δορυφορικές εικόνες και για επιλεγμένες χρονικές περιόδους. Τεχνική έκθεση
3	N. Μαγνησίας		Διαχρονική μελέτη των αλλαγών και της εξέλιξης των προτεινόμενων καλύψεως γης
4	N. Μαγνησίας		Ποσοτική εκτίμηση των εκτάσεων των επιφανειών κάθε κατηγορίας κάλυψης γης που έχει υποστεί αλλαγές κατά τις επιλεγμένες χρονικές περιόδους. Εκτίμηση διαχρονικών τάσεων και πιθανή εύρεση του ρυθμού μεταβολής. Συνοπτική πίνακες αλλαγών
5	N. Μαγνησίας	1:100000	Χαρτογραφημένα αποτελέσματα των αλλαγών καλύψεων γης μεταξύ κάθε διαθέσιμου διαχρονικού ζεύγους εικόνων. Τεχνική έκθεση
6	N. Μαγνησίας	1:100000	Χάρτες – μοντέλα πιθανών μελλοντικών εξελίξεων εφ' όσον εντοπισθούν. Τεχνική έκθεση.

1.5.2 Το πρόγραμμα Corine Land Cover

Στις 27 Ιουνίου του 1985 το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, με πρόταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, ενέκρινε το πρόγραμμα Corine. Η Επιτροπή που ασχολήθηκε με αυτό το χαρακτήρισε ως “ ένα πειραματικό πρόγραμμα, με σκοπό τη συλλογή, το συντονισμό και την εξασφάλιση της ακριβούς πληροφορίας που αφορά το πεδίο του περιβάλλοντος και των πηγών ενέργειας της Κοινότητας”. (Official Journal, L 176, 6.7.1985).

Οι τρεις βασικοί στόχοι του CORINE (Coordination of Information on the Environment) είναι:

- Η συλλογή πληροφορίας όσον αφορά το περιβάλλον και συγκεκριμένα θέματα που έχουν προτεραιότητα για όλα τα μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

- Ο συντονισμός της συλλογής πληροφορίας και η οργάνωσή της εντός των ορίων των κρατών-μελών ή και σε διεθνές επίπεδο.
- Η εξασφάλιση της ακρίβειας και της συμφωνίας των πληροφοριών.

Με σκοπό τον προσδιορισμό της Κοινοτικής Πολιτικής για το περιβάλλον, την εκτίμηση των επιπτώσεων της πολιτικής αυτής και την ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης σε άλλες κοινοτικές πολιτικές, πρέπει να κατανοήσουμε τα διαφορετικά στοιχεία που απαρτίζουν το περιβάλλον:

- Την κατάσταση του ατομικού περιβάλλοντος
- Την γεωγραφική κατανομή και την κατάσταση των φυσικών περιοχών.
- Την γεωγραφική κατανομή και αφθονία της άγριας χλωρίδας και πανίδας.
- Την ποιότητα και αφθονία των υδάτινων αποθεμάτων.
- Τη διάρθρωση των χρήσεων γης και την κατάσταση του εδάφους.
- Τις ποσότητες των τοξικών ουσιών εναποτίθενται στο περιβάλλον.
- Κατάλογοι φυσικών καταστροφών, κλπ.

Ένας άλλος στόχος του προγράμματος CORINE είναι να συγκεντρώσει και να ενώσει όλες τις προσπάθειες που έχουν γίνει κατά καιρούς σε όλα τα επίπεδα (διεθνές, κοινοτικό, περιφερειακό) για άντληση περισσότερης πληροφορίας πάνω στο περιβάλλον και τον τρόπο με το οποίο αυτό αλλάζει.

Για την πραγματοποίηση των στόχων του CORINE, δύο μέθοδοι δράσης ακολουθήθηκαν:

- Ο καταμερισμός εργασιών για την παραβολή, προτυποποίηση και ανταλλαγή πληροφορίας που αφορά το περιβάλλον στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- Η δημιουργία ενός γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών για την παροχή πληροφορίας για το περιβάλλον, κάτι που είναι απαραίτητο κατά το σχεδιασμό και την εφαρμογή των Κοινοτικών πολιτικών.

Χάρη σε φωτογραφίες από τον δορυφόρο Landsat 5, το σχέδιο CORINE επέτρεψε να δημιουργηθεί μια πλήρης βάση δεδομένων για τις χρήσεις γης και τις μεταβολές τους στο σύνολο του εδάφους της Ένωσης. Η απογραφή αυτή βασίζεται σε 44 ξεχωριστές ταξινομήσεις της κάλυψης του εδάφους και, σε συνδυασμό με παρόμοιες βάσεις δεδομένων, θα επιτρέψει την διευκόλυνση του σχεδιασμού, της παρακολούθησης και της αξιολόγησης των χωροταξικών πολιτικών σε τρεις τομείς:

1. **Συνολική εποπτεία του εδάφους.** Η κάλυψη του συνόλου του εδάφους της Ένωσης, στην οποία αποσκοπεί η βάση δεδομένων, θα παρέχει μια συνολική εποπτεία της κατάστασης και θα επιτρέπει συγκρίσεις που ξεπερνούν τα διοικητικά σύνορα, οι οποίες ήταν αδύνατες προηγουμένως. Στο εξής θα είναι

άμεσα διαθέσιμες πληροφορίες για την κατανομή των μεγάλων οικοσυστημάτων και βιοτόπων καθώς και για τις πιέσεις που προκαλεί η αστικοποίηση ή ορισμένοι τύποι γεωργικής εκμετάλλευσης. Θα είναι επίσης δυνατό να εντοπίζονται οι ζώνες που η εδαφική τους συνέχεια απαιτεί ειδικά μέτρα.

2. **Αξιολόγηση και πρόβλεψη.** Η γνώση των εξελίξεων στις χρήσεις γης με συχνότητα παρατήρησης πολλών ετών φαίνεται απαραίτητη για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των εφαρμοζόμενων πολιτικών και τον προσανατολισμό της μελλοντικής πολιτικής. Ο εντοπισμός των τάσεων αυτών και η πρόβλεψη των πιθανών εξελίξεων, ιδίως σε ζώνες που υπόκεινται ισχυρές πιέσεις, όπως οι παράκτιες ζώνες, θα επιτρέψουν τον καθορισμό κατάλληλων στρατηγικών συντήρησης.
3. **Αειφόρος χωροταξία.** Ανεξάρτητα από την φύση τους, τα διαρθρωτικά αναπτυξιακά προγράμματα θα πρέπει όλο και περισσότερο να σέβονται τα οικολογικά χαρακτηριστικά των ζωνών στις οποίες επιδρούν. Συνδυάζοντας τα δεδομένα Land Cover με άλλες συμβατές γεωγραφικές πληροφορίες, είναι πλέον εφικτή μια συνθετική αντίληψη των συνεπειών ορισμένων σχεδίων ή μέτρων σε ένα συγκεκριμένο έδαφος και συνεπώς να γίνει ο ανάλογος προγραμματισμός.

Στην παρούσα εργασία, εκτός από την παρουσίαση του χάρτη 1 που απεικονίζει το σχέδιο Corine Land Cover για την περιοχή μελέτης, η χρησιμότητά του είναι πολύ σημαντική καθώς, η ομαδοποίηση των 44 κατηγοριών καλύψεως γης που παρέχεται από αυτό σε 19 νέες κατηγορίες, που παρουσιάζονται στον χάρτη 2, ορίζει τις κατηγορίες καλύψεως γης που θα χρησιμοποιηθούν στις ταξινομήσεις.

Η λογική της ομαδοποίησης των καλύψεων γης του Corine από 44 σε 19 κατηγορίες, αφενός μειώνει την πληροφορία, αλλά την κάνει πιο συγκεκριμένη, αφού ορισμένες κατηγορίες είτε είναι πολύ μικρής έκτασης ή δεν εμφανίζονται καν, αφετέρου, πλησιάζει περισσότερο στις κατηγορίες καλύψεως γης που έχουν οριστεί για το κοινοτικό πρόγραμμα LIFE.

1.6 Επίλογος – Συμπεράσματα

Με το πέρασμα του χρόνου, η Τηλεπισκόπηση τείνει να γίνει ένα απαραίτητο επιστημονικό εργαλείο σε πληθος εφαρμογών. Οι βασικές αρχές που την διέπουν, αν και φαίνονται καταρχήν δυσκολονόητες, επιτρέπουν σε κάποιον που θέλει να ασχοληθεί σοβαρά με την επιστήμη αυτή, να επιτυγχάνει εφαρμογές που μέχρι πριν από μερικά χρόνια θα φάνταζαν εκτός πραγματικότητας. Όσο αφορά την Χωροταξία και τις υπόλοιπες έννοιες που έχουν σχέση με αυτήν, η Τηλεπισκόπηση τείνει να γίνει ένα απαραίτητο εργαλείο, όχι μόνο στον καθορισμό αλλά και στον Σχεδιασμό του Χώρου καθώς οι τεχνικές της μπορούν να εντοπίσουν από αυθαίρετη δόμηση έως τις χωρικές επιπτώσεις των πολιτικών της Κοινότητας. Επίσης, με την εξέλιξη της τεχνολογίας, άρα και των δορυφορικών συστημάτων, στα οποία βασίζεται κατά

Διπλωματική εργασία:

Θεματική διαχρονική ανάλυση
 βασικών καλύψεων γης
 του Νομού Μαγνησίας
 την τελευταία δεκαετία με
 την χρήση δορυφορικών εικόνων

Κυρίμης Κώστας
 Μπέτσης Αλκης

ΧΑΡΤΗΣ 1

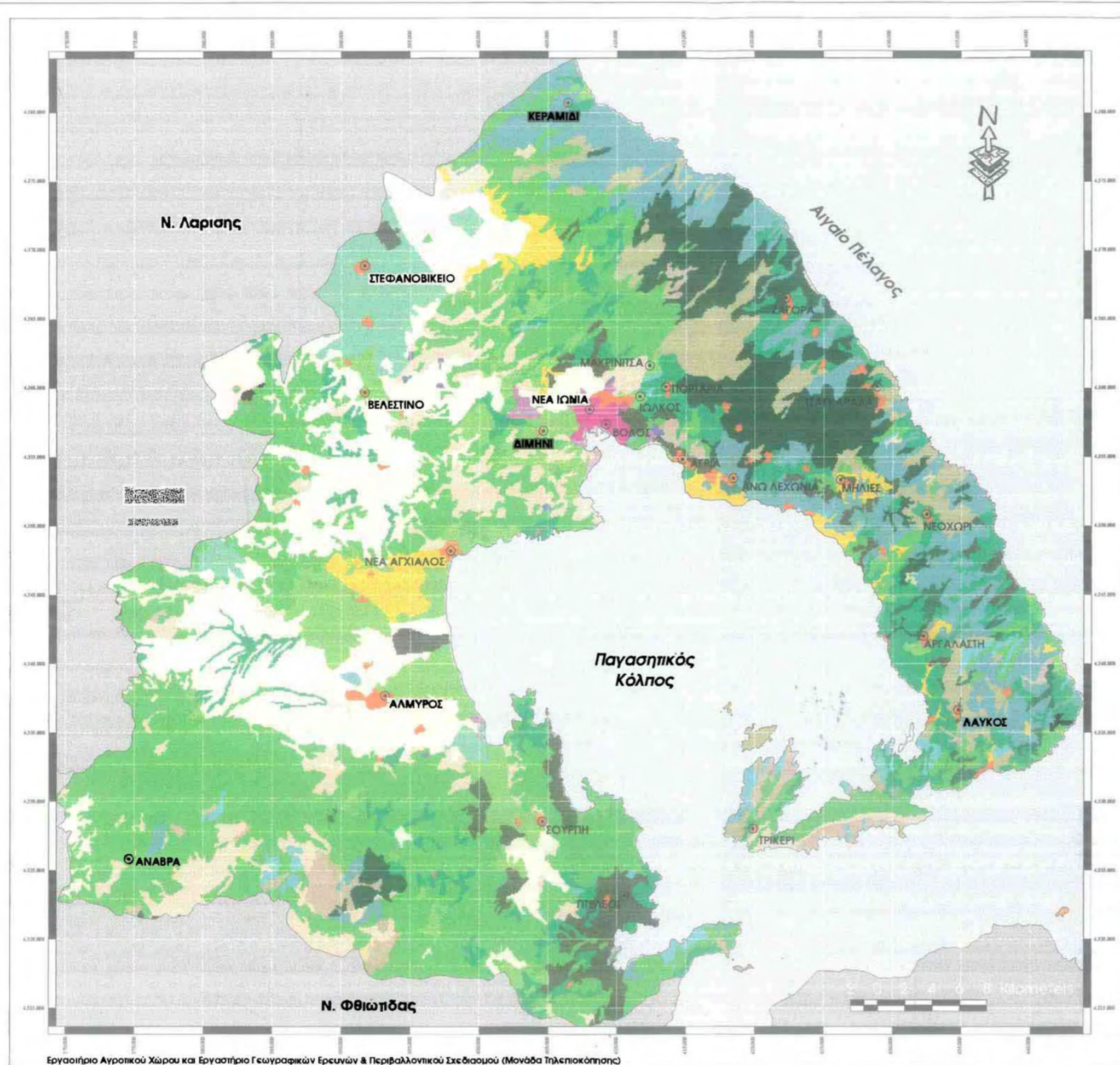
**Το Πρόγραμμα Corine για την
 περιοχή μελέτης**

Κατηγορίες του Corine

- Συνεχής αστική δόμηση
- Διακεκομμένη αστική δόμηση
- Βιομηχανικές ή εμπορικές ζώνες
- Ζώνες λιμένων
- Αεροδρόμια
- Χώροι εξορύξεως ορυκτών
- Χώροι οικοδόμησης
- Μη αρδεύσιμη αρώσιμη γη
- Μονιμα αρδεύομενη γη
- Αμπελώνες
- Οπωροφόρα δέντρα
- Ελαιώνες
- Ετήσιες καλλιέργειες
- Συνθετα συστήματα καλλιέργειας
- Γεωργική γη με φυσική βλάστηση
- Γεωργοδασικές περιοχές
- Δάσος πλατύφυλλων
- Δάσος κωνοφόρων
- Μικτό δάσος
- Φυσικοί βοσκότοποι
- Θάμνοι και χερσότοποι
- Σκληροφυλλική βλάστηση
- Μεταβατικές δασώδεις-θαμνώδεις εκτάσεις
- Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές
- Εκτάσεις με αραιή βλάστηση
- Αποτεφρωμένες εκτάσεις
- Παραθαλάσσιο βάλτο
- Θάλασσα

Σύστημα Γεωγραφικών Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

Βόλος Σεπτέμβριος 1998



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

Διπλωματική εργασία:

Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων

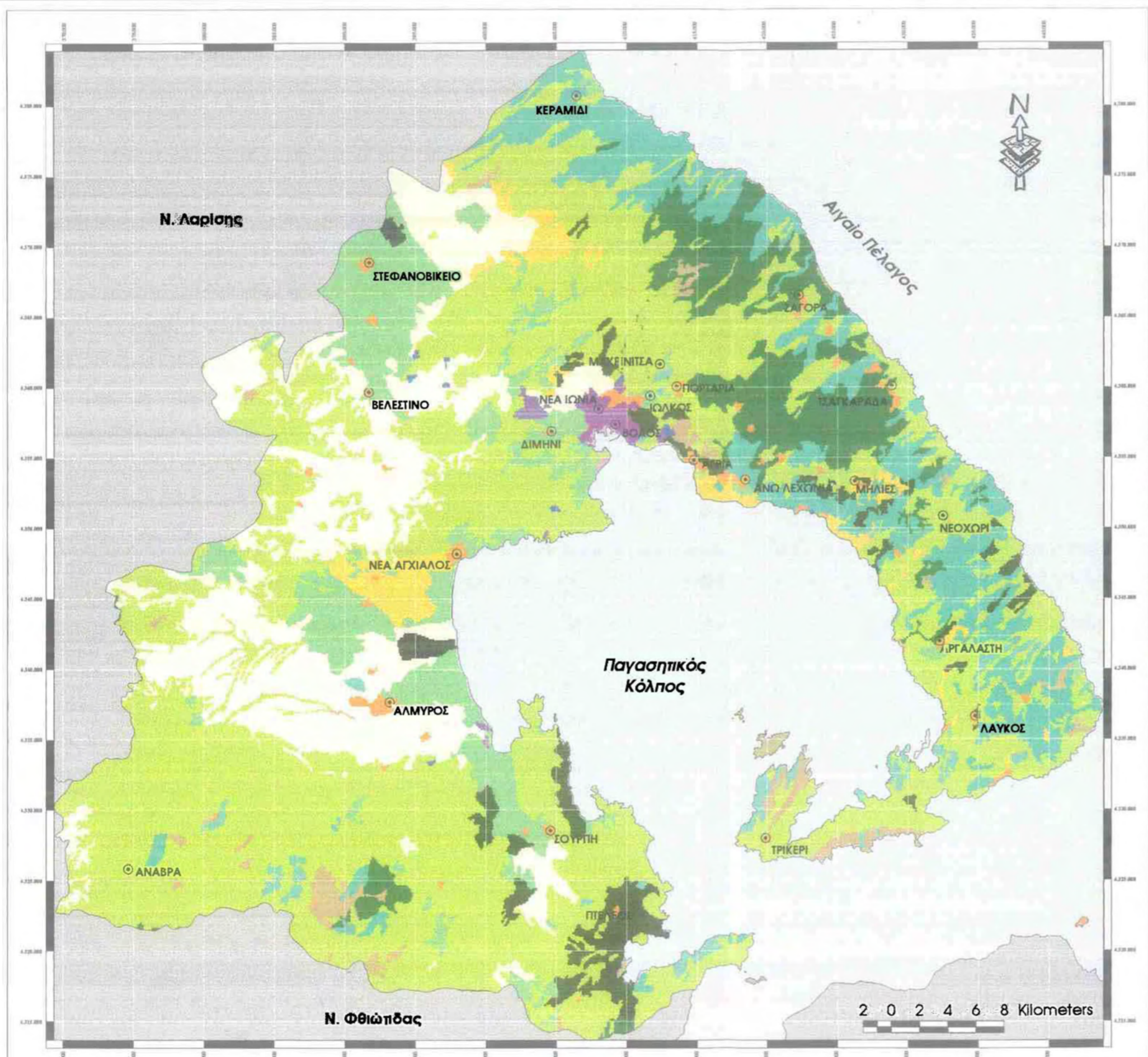
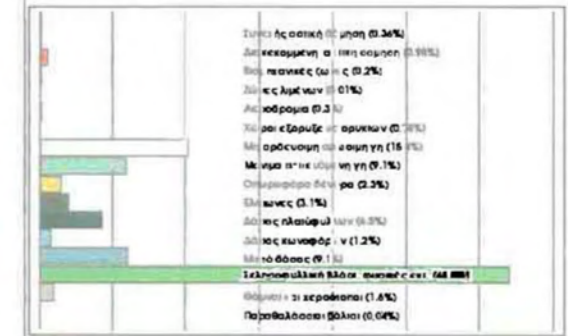
Κυρίνης Κώστας
Μπέτσας Αλκης

ΧΑΡΤΗΣ 2

Ομαδοποίηση των κατηγοριών του Corine σε αυτές που θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα εργασία



Ποσοστά (%) κάλυψης γης για την κάθε ομαδοποιημένη κατηγορία του Corine στον Ν. Μαγνησίας



Εργαστήριο Αγροτικού Χώρου και Εργαστήριο Γεωγραφικών Ερευνών & Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού (Μονάδα Τηλεπισκόπησης)

μεγάλο βαθμό η Τηλεπισκόπηση, δημιουργούνται και νέοι τομείς, όπως η **Αστική Τηλεπισκόπηση**, όπου με την χρησιμοποίηση εικόνων μεγαλύτερης διακριτικής ικανότητας εξηγούνται πλήθος εφαρμογών, που αφορούν τον οικιστικό χώρο (Πολεοδομία).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

ΜΑΓΝΗΣΙΑ: Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ



2.1 Εισαγωγικά

Στο παρακάτω κεφάλαιο αναλύονται τα βασικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης που είναι ο νομός Μαγνησίας. Τα στοιχεία που παρουσιάζονται, έχουν ληφθεί κυρίως από μελέτες και Ερευνητικά προγράμματα που έχουν εκπονηθεί⁶ ή εκπονούνται⁷ στο Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, όπως και από στοιχεία από σελίδες Υπουργείων⁸ στο δίκτυο του Internet. Η ανάλυση της περιοχής μελέτης ξεκινά με την παρουσίαση των ιστορικών, γεωγραφικών και άλλων περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών, για να ακολουθήσουν η διοικητική οργάνωση, τα οικονομικά και παραγωγικά χαρακτηριστικά, οι τεχνικές υποδομές και τέλος ένα ενδεχόμενο πρόγραμμα Ανάπτυξης του νομού, όπως παρουσιάζεται μέσα από τα Ερευνητικά προγράμματα.

2.2 Ιστορικά και Γεωγραφικά Χαρακτηριστικά

Ο νομός Μαγνησίας έχει μακρά ιστορική παράδοση. Οι πρώτοι νεολιθικοί οικισμοί στον ελληνικό χώρο εμφανίζονται στην περιοχή του Διμηνίου και του Σέσκλου (περίπου το 4000 π.χ.) και μαζί με τους υπόλοιπους οικισμούς που δημιουργήθηκαν τις μεταγενέστερες περιόδους (Πυράσος, η σημερινή Νέα Αγχίαλος, οι Φθιωτιδες Θήβες, οι σημερινές Μικροθήβες κ.τ.λ.) καθιστούν την περιοχή μελέτης ως σημαντικό ιστορικό κέντρο.

Τον 4ο αιώνα η Μαγνησία γίνεται επαρχία του Μακεδονικού κράτους και ιδρύεται η Δημητριάδα, κοντά στην πόλη των Παγασών, στον Παγασητικό κόλπο. Τον 12ο αιώνα, η πόλη του Αλμυρού θεωρείτο σαν η σημαντικότερη πόλη της Μαγνησίας, βρισκόταν κοντά στην θάλασσα και ο Παγασητικός ονομαζόταν κόλπος του Αλμυρού. Στα χρόνια της Τουρκικής κυριαρχίας, οι κάτοικοι εγκαταλείπουν τα παράλια και αναπτύσσονται τα ορεινά χωριά του Πηλίου.

Το κάστρο του Βόλου, στη σημερινή συνοικία «Παλιά», κτίστηκε στα μέσα του 6ου αιώνα. Η ανάπτυξη της πόλεως ήταν ραγδαία και με την ενσωμάτωση της Μαγνησίας στο νέο ελληνικό κράτος το 1881, ξεκινάει μια περίοδος ανοδικής πορείας για την εμποροβιομηχανική δραστηριότητα της πόλης του Βόλου.

⁶ Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Αναπτυξιακή Μελέτη Μαγνησίας, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Βόλος, 1995.

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Χωροταξικά και Περιβαλλοντικά Χαρακτηριστικά της Χερσονήσου Μαγνησίας, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Βόλος, 1997.

⁷ Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Ερευνητικό Πρόγραμμα: Το Σχέδιο Ανάπτυξης της Μαγνησίας για τον 21^ο αιώνα, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης και Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας, Βόλος, 1998.

⁸ www.ypes.gr

Επεκτείνονται οι εγκαταστάσεις στο λιμάνι, κατασκευάζεται ο σιδηρόδρομος και ακολουθεί αυξημένη οικοδομική και πολεοδομική δραστηριότητα. Στον μεσοπόλεμο, ο Βόλος καθιερώνεται ως το δεύτερο βιομηχανικό κέντρο της χώρας μετά τον Πειραιά. Η εγκατάσταση πολλών μικρασιατών προσφύγων στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου αυξάνει τον πληθυσμό της πόλης κατά 48% και αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα βιομηχανικής ανάπτυξης στους κλάδους της υφαντουργίας και της καπνοβιομηχανίας, όπως και στα κεραμικά και τις σιδηροβιομηχανικές μονάδες.

Στην μεταπολεμική περίοδο, η ανάπτυξη της Αθήνας έχει μια αρνητική επίπτωση στην ανάπτυξη της περιφέρειας γενικότερα. Οι καταστροφικοί σεισμοί της δεκαετίας του '50 οδήγησαν στην ανοικοδόμηση της περιοχής που άλλαξε ριζικά την όψη της πόλης. Στην περίοδο αυτή έχουμε μια συνέχιση εγκατάστασης νέων μεγάλων βιομηχανιών στην περιοχή. Η γενικότερη εκβιομηχάνιση της ελληνικής οικονομίας, η ύπαρξη εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού στην περιοχή, η δημιουργία της ΒΙΠΕ Βόλου το 1969 και η περαιτέρω ανάπτυξη του λιμανιού του Βόλου με εξαγωγές κυρίων προς Μέση Ανατολή κατά την δεκαετία του '80, ήταν λόγοι που οδήγησαν στην περαιτέρω ανάπτυξη της πόλης. Μετά το 1983, για πρώτη φορά, σημειώνεται μια κάμψη της μεταποίησης, η οποία εξακολουθεί μέχρι σήμερα.

Ο νομός Μαγνησίας βρίσκεται στο νοτιοανατολικό άκρο της Θεσσαλίας, στο κέντρο βάρους της ηπειρωτικής Ελλάδας, πάνω στον πρωτεύοντα συγκοινωνιακό άξονα Πάτρας – Αθήνας – Θεσσαλονίκης (βλ. χάρτη 3). Η θέση του είναι σχεδόν στο μέσο της απόστασης από τα δύο μεγάλα μητροπολιτικά κέντρα των Αθηνών και της Θεσσαλονίκης και συγχρόνως έχει καλή πρόσβαση στις δυτικές πύλες της χώρας, την Πάτρα και την Ηγουμενίτσα⁹.

Ο νομός καταλαμβάνει περίπου 2.638 τ. χλμ, το οποίο αντιπροσωπεύει ποσοστό 18 % της συνολικής έκτασης της περιφέρειας Θεσσαλίας. Η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από μια μεγάλη ποικιλία τοπίου και βλάστησης και ανατολικά βρέχεται από το Αιγαίο ενώ, το ακρωτήριο που σχηματίζεται από την οροσειρά του Πηλίου περιβάλλει τον Παγασητικό κόλπο. Βόρεια και δυτικά συνορεύει με τον νομό Λαρίσης και νότια με τον νομό Φθιώτιδας. Η μέση πυκνότητα του νομού είναι 75 κάτοικοι ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο, που είναι αντίστοιχο του μέσου όρου της πυκνότητας της Ελλάδος.

Πίνακας 2.1 Κατανομή εκτάσεως και πληθυσμού κατά υψομετρική κατηγορία

	Έκταση (στρ.)	(%)	Πληθ. 1991	(%)	Πυκνότητα ¹⁰
Πεδινά	777.178	29,6	147927	74,5	190
Ημιορεινά	667.003	25,4	21101	10,6	31
Ορεινά	1.179.680	44,9	29406	14,8	8
Σύνολο	2.623.861	100	194434	100	75

Πηγή: Αναπτυξιακή Μελέτη Μαγνησίας, 1995

⁹ Αναπτυξιακή Μελέτη Μαγνησίας, 1995.

¹⁰ Κάτοικοι ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

Διπλωματική εργασία:

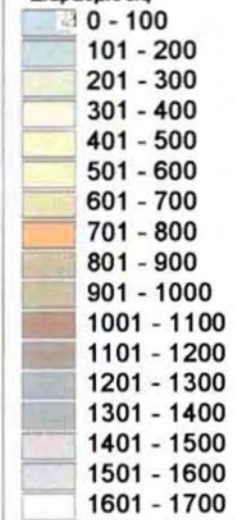
Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων

Κυρίως Κώστας Μπέτσης Αλκής

ΧΑΡΤΗΣ 3

Ανάγλυφη απεικόνιση της περιοχής μελέτης

Υψομετρικές Διαβαθμίσεις

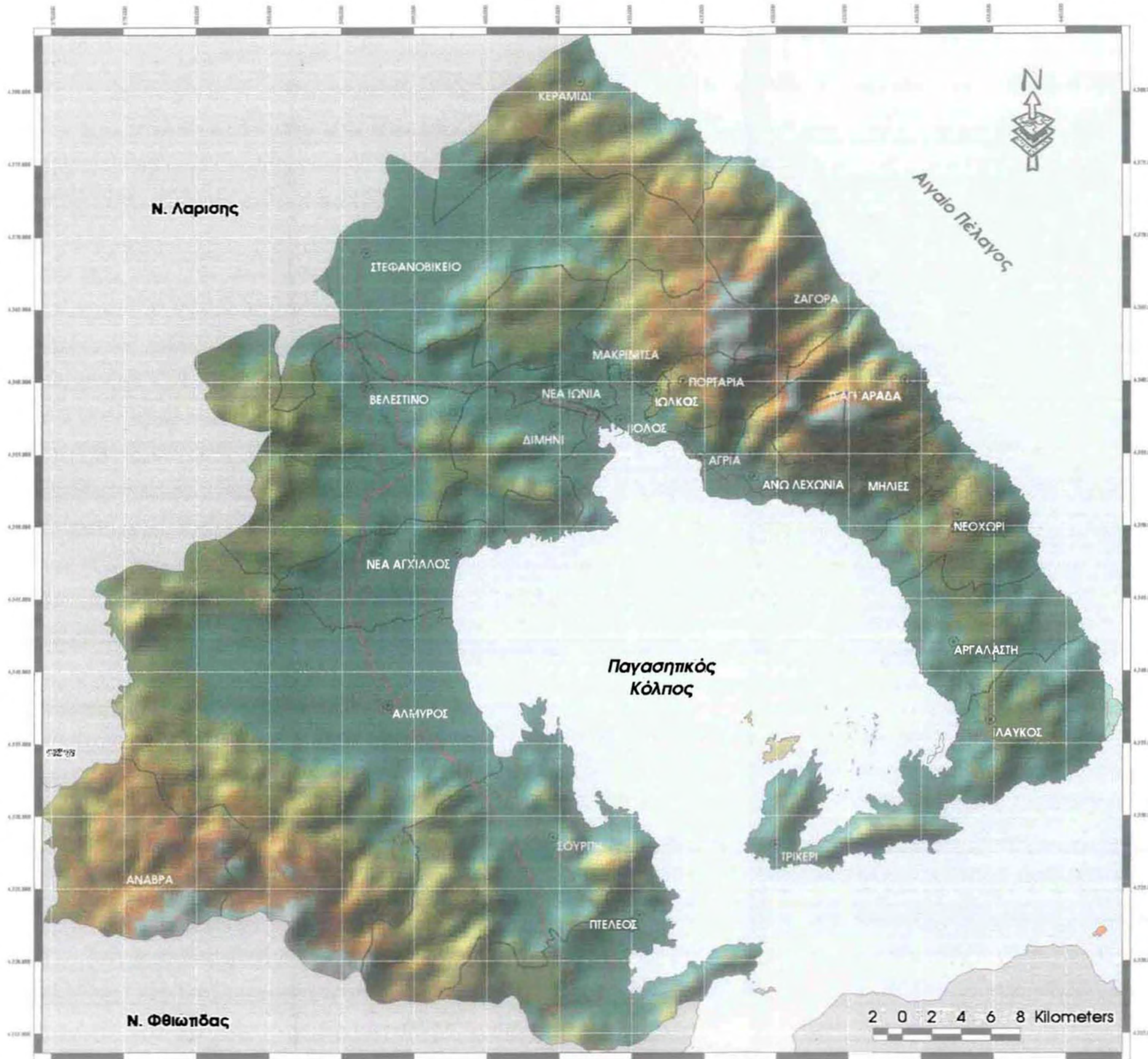


- Διαδικητικά όρια νέων Δήμων
- Έδρα νέων Δήμων
- Αυτοκινητόδρομοι
- Λοιπές Εθνικοί Οδοί
- Κύριες Επαρχιακοί Οδοί
- Λοιπές Οδοί
- Μονή σιδηροδρ. γραμμή
- Μονή μετρική σιδηροδρ. γραμμή
- Ειδικός σιδηρόδρομος



Σύστημα Γεωγραφικών Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

Βόλος Σεπτέμβριος 1998



2 0 2 4 6 8 Kilometers

2.3 Εδαφολογικά, Γεωλογικά και Κλιματολογικά Χαρακτηριστικά

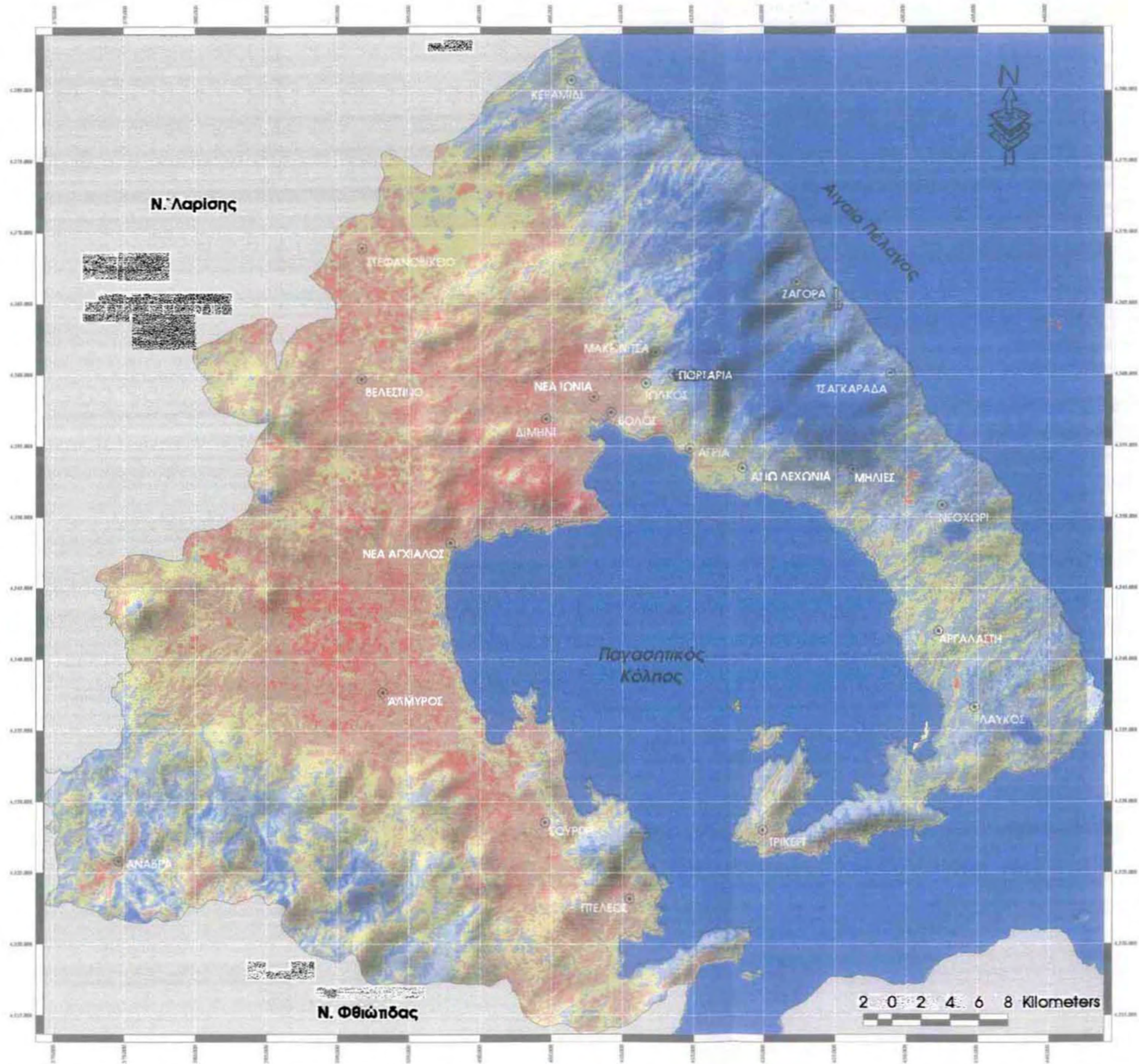
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ο νομός Μαγνησίας βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα της Θεσσαλίας και αποτελείται από ένα ηπειρωτικό και ένα νησιωτικό τμήμα (Β. Σποράδες). Το 44,9% της συνολικής έκτασης του νομού αποτελείται από ορεινές εκτάσεις, το 25,4% από ημιορεινές και το υπόλοιπο 29,6% από πεδινές εκτάσεις. Οι ορεινοί όγκοι που ξεχωρίζουν είναι το Μαυροβούνι – Πήλιο με ύψος 1610 μέτρα και το βόρειο τμήμα της Όθρυς με υψόμετρο 1716 μέτρα. Ανάμεσά τους εκτείνεται η πεδιάδα Αλμυρού – Νέας Αγχιάλου, η οποία είναι η βασική πεδιάδα του νομού και η πεδιάδα Βόλου – Βελεστίνου, που είναι η συνέχεια της πεδιάδας της Λάρισας και τμήμα της προέρχεται από την αποξήρανση της λίμνης της Κάρλας. Η χερσόνησος της Μαγνησίας καταλήγει στο ακρωτήριο Τρίκερι και δημιουργεί τον Παγασητικό κόλπο και στον βραχίονα της χερσονήσου αυτής (που ονομάζεται και χερσόνησος Τρικεριού) υπάρχει το όρος Τισσαίο (υψόμ. 644 μέτρα).

Στον νομό δεν υπάρχουν ποτάμια, εκτός από τον ποταμό Ενιπέα, που πηγάζει από τις πηγές της Ανάβρας (εντός των ορίων του νομού), στρέφεται προς Β.Α. και διασχίζει στο σύνολο του το δυτικό τμήμα του νομού Λαρίσης, προτού εκβάλλει στον Πηνειό. Οι χείμαρροι που ποτίζουν τον νομό είναι οι χείμαρροι Ξηριάς, Πλατανόρεμα και Χολόρεμα. Η Κάρλα ήταν η μόνη λίμνη του νομού, αλλά σήμερα είναι αποξηραμένη (με μελλοντική προοπτική να επαναδημιουργηθεί).

Τα εδάφη στις ορεινές και ημιορεινές περιοχές του νομού Μαγνησίας είναι σχιστολιθικά αργιλοαμμώδη με μέτρια ή μικρή γονιμότητα. Σε αυτά ευδοκμούν κυρίως δενδρώδεις καλλιέργειες. Όσον αφορά τις πεδινές περιοχές του νομού, τα εδάφη έχουν δημιουργηθεί από τα προϊόντα αποσάθρωσης των μητρικών πετρωμάτων και από αλλουβιακές αποθέσεις και έχουν ποικίλη σύσταση και γονιμότητα (Χωροταξικά και Περιβαλλοντικά Χαρακτηριστικά της Χερσονήσου Μαγνησίας, 1993).

Ο νομός ανήκει σε μια σεισμογενή ζώνη η οποία διασχίζει την ηπειρωτική Ελλάδα από Βορειοανατολικά προς Νοτιοδυτικά. Η ζώνη αυτή ξεκινά από την περιοχή των Σποράδων και καταλήγει στον Πατραϊκό κόλπο, όπου ενώνεται με το σεισμικό κέντρο των Επτανήσων.

Οι κλιματολογικές συνθήκες χαρακτηρίζονται ως μεσογειακές, με εξαίρεση το δυτικό τμήμα του νομού που απέχει περισσότερο από την θάλασσα, όπου επικρατούν ηπειρωτικές κλιματολογικές συνθήκες. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 16-17°C, με μεγαλύτερη μέση θερμοκρασία τον Αύγουστο (29,4°C) και μικρότερη τον Ιανουάριο (6,1°C) (βλ. χάρτη 4). Οι άνεμοι είναι συνήθως βορειοδυτικοί τον χειμώνα, την άνοιξη και το φθινόπωρο και νότιοι την άνοιξη, το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Οι βροχοπτώσεις φθάνουν περίπου το 480-500 χιλιοστά ενώ, στην περιοχή του ανατολικού Πηλίου, οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες και οι βροχοπτώσεις σχεδόν τριπλάσιες.



Εργαστήριο Αγροτικού Χώρου και Εργαστήριο Γεωγραφικών Ερευνών & Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού (Μονάδα Τηλεπισκόπησης)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

Διπλωματική εργασία:

Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων

Κυρίμης Κώστας
Μπέτσης Αλκης

ΧΑΡΤΗΣ 4

Χάρτης θερμοκρασιών της περιοχής μελέτης υπολογισμένων απο το θερμικό κανάλι του Landsat για την 25/6/1986

Θερμοκρασιακές Διαβαθμίσεις σε °C

0 - 5	25 - 28
5 - 13	28 - 31
13 - 16	31 - 34
16 - 19	34 - 37
19 - 22	Εδρα νέων Δήμων
22 - 25	



Σύστημα Γεωγραφικών Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

Βόλος Σεπτέμβριος 1998

2.4 Δασικοί και Ορυκτοί Πόροι

Τα δάση και οι δασικές εκτάσεις του νομού καταλαμβάνουν περίπου το 55% της εκτάσεως του νομού. Τα σπουδαιότερα δασικά συγκροτήματα είναι του Πηλίου, της Όθρυος και των ημιορεινών τμημάτων του νομού. Όσο αφορά το δασικό συγκρότημα του Πηλίου, το βορειοδυτικό τμήμα του καλύπτεται από δρυοδάση (Κανάλια, Κερασιά, Κεραμίδι), το κεντρικό και ανατολικό τμήμα καλύπτεται από δάση οξυάς και καστανιάς (Πουρί, Ζαγορά, Τσαγκαράδα, Κισσός, Ανήλιο, Μούρεσι, Ξουρίτσι, Μηλιές, Μακρινίτσα κλπ) και το νότιο τμήμα του καλύπτεται από αειφύλλα πλατύφυλλα (Αργαλαστή, Συκή, Ξινόβρυση κλπ). Στο δασικό τμήμα της Όθρυος κυριαρχούν τα δάση δρυός, ελάτης και αειφύλλων πλατυφύλλων ενώ, η λοιπή δασική έκταση του νομού περιλαμβάνει τα ημιορεινά τμήματα του νομού (περιοχές Βελεστίνου, Γλαφυρών, Περιβλέπτου κτλ) καλύπτεται από θαμνώδη δασική βλάστηση (πουρναρότοποι και μακί) και εκμεταλεύονται ως βοσκότοποι.

Η διαχείριση των δασών του νομού και η ανάπτυξή τους κρίνεται πλημμελής, εξαιτίας του πολύπλοκου καθεστώτος ιδιοκτησίας. Αποτέλεσμα αυτού είναι η άμεση οικονομική σημασία τους να είναι πολύ περιορισμένη. Επιπλέον, η παραγωγή καυσόξυλων και τεχνικής ξυλείας μειώνεται συνεχώς εξαιτίας της έλλειψης υποδομής για την εμπορευματοποίηση του λήμματος (Αναπτυξιακή Μελέτη Μαγνησίας, 1995).

Όσο αφορά τον ορυκτό πλούτο, ο νομός συγκεντρώνει την μεγαλύτερη εξορυκτική δραστηριότητα στη Θεσσαλία. Σημαντικές εκμεταλλεύσεις υπάρχουν κυρίως στην ευρύτερη περιοχή του Τισσαίου όρους, στην περιοχή του Τρικεριού, ενώ μικρότερες εκμεταλλεύσεις μαρμάρων υπάρχουν στην περιοχή του Μαυροβουνίου. Στην περιοχή του Βόλου υπάρχουν βωξίτες στις Αλυκές Βόλου, στον Άνω Βόλο και το Σέσκλο. Επίσης, στην περιοχή του Σέσκλου υπάρχουν κοιτάσματα αργίλου σε έκταση 300.000 στρεμμάτων που είναι ιδιοκτησία της «ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ Α.Ε.» και αποτελούνται από πλαστική άργιλο, σε οριζόντια στρώματα με λιμνιαίες ιζηματογενείς αποθέσεις και με υποτυπώδη τεκτονισμό. Επίσης, στα ορυχεία της «ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ Α.Ε.», κοντά στον Πλάτανο εξορύσσονται σημαντικές ποσότητες κρυόλιθου, οι οποίες μεταφέρονται –μέσω ταινιόδρομου που τέμνει κάθετα την εθνική οδό- στο ιδιωτικό λιμανάκι της εταιρείας στην παραλία του Πλάτανου και από εκεί μέσω θαλάσσης στις εγκαταστάσεις της εταιρείας στην Αγριά. Τέλος, στον νομό υπάρχουν και περιοχές αδρανών υλικών και μεταλλευμάτων χρωμίου, λιθανθράκων και μαγγανίου (Ι.Γ.Μ.Ε., 1988).

2.5 Ποιότητα Περιβάλλοντος

Το φυσικό περιβάλλον του Νομού Μαγνησίας είναι ευνοϊκό για την ανάπτυξη διαφόρων δραστηριοτήτων στην περιοχή, δεδομένου ότι συνδυάζει βουνό,

θάλασσα και κάμπο, καλύπτεται από από μεγάλη ποικιλία βλάστησης και παρουσιάζει μεγάλη φυσική ομορφιά.

Όσο αφορά την ατμόσφαιρα του νομού, οι μετεωρολογικές και οι κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή καθώς και οι γεωμορφολογία είναι παράγοντες που δεν ευνοούν την διάχυση των ρύπων. Ατμοσφαιρική μόλυνση παρουσιάζεται κυρίως στο πολεοδομικό συγκρότημα του Βόλου και οφείλεται, αφενός στις ρυπογόνες βιομηχανίες της περιοχής (κυρίως την ΑΓΕΤ) και αφετέρου στις εξατμίσεις των αυτοκινήτων και τις εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης. Η ατμοσφαιρική ρύπανση θα πρέπει να αντιμετωπιστεί με την μείωση του κυκλοφοριακού προβλήματος (δημιουργία περιφερειακής οδού) και της εύρεσης χώρων στάθμευσης όπως και με την εφαρμογή δειγματοληπτικών ελέγχων από κλιμάκια του ΥΠΕΧΩΔΕ στις βιομηχανίες και τις κεντρικές θερμάνσεις του νομού.

Η κατάσταση των επιφανειακών νερών, μέσω των μετρήσεων που γίνονται φαίνεται ότι δεν είναι καλή. Το πρόβλημα εντοπίζεται στα οικιακά λύματα, στα λύματα των ξενοδοχείων, στις ελαιοαποθήκες και τις κονσερβοποιίες, με αποτέλεσμα σε πολλά τμήματα του Παγασητικού κόλπου να εμφανίζονται ευτροφικές καταστάσεις. Γενικά, μπορεί να υποστηριχτεί ότι, η απουσία των εγκαταστάσεων καθαρισμού των λυμάτων των βιομηχανικών και των βιοτεχνικών μονάδων που δημιουργήθηκαν στον νομό τα τελευταία χρόνια, είχε ως αποτέλεσμα τα βιομηχανικά λύματα που συγκεντρώνονταν στην λεκάνη απορροής προς τον Παγασητικό, να συντελέσουν στην ρύπανσή του. Ειδικά στην περιοχή του Βόλου, η κατάσταση βελτιώθηκε σημαντικά τελευταία με την δημιουργία της Βιομηχανικής Περιοχής εκτός της πόλης του Βόλου, όπου συγκεντρώθηκαν οι μεγάλες μονάδες της περιοχής. Σημαντικό, επίσης, βήμα στην αναβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος της περιοχής αποτελεί και η ολοκλήρωση της κατασκευής του βιολογικού καθαρισμού των λυμάτων της πόλης και των εγκατεστημένων μονάδων στην ΒΙ.ΠΕ, με αποτέλεσμα, ο Παγασητικός να είναι σήμερα αρκετά καθαρός. Βέβαια, η κατάσταση μπορεί να βελτιωθεί ακόμα περισσότερο με κατασκευή συστημάτων βιολογικού καθαρισμού και σε άλλους οικισμούς (Αγριά, Καλά Νερά, Άφυσσος κτλ), την απαγόρευση στα ελαιοτριβεία και στις άλλες βιοτεχνικές μονάδες να αποχετεύουν στην θάλασσα ή τα ρέματα και τον αναγκασμό των βιομηχανικών μονάδων του νομού να εφαρμόζουν βιολογικό καθαρισμό των λυμάτων τους, είτε ανεξάρτητα, ή με την σύνδεση με αυτόν που βρίσκεται στον Βόλο.

Άλλοι παράγοντες υποβάθμισης του φυσικού περιβάλλοντος στον νομό είναι η εντατικοποίηση της καλλιέργειας από τις γεωργικές εκμεταλλεύσεις κυρίως των περιοχών Ανάβρας (βοσκότοποι) και Ζαγοράς (μήλα), η ανεξέλεκτη εξορυκτική δραστηριότητα που πραγματοποιείται στα πολλά λατομεία του νομού, η αισθητική ρύπανση από την ανεξέλεκτη οικοδομική δραστηριότητα και η έλλειψη προστασίας των βιοτόπων. Αναλυτικά, η εντατικοποίηση των καλλιεργειών με την χρήση λιπασμάτων μολύνει το έδαφος και το υπέδαφος της περιοχής, με όλες τις βλαβερές

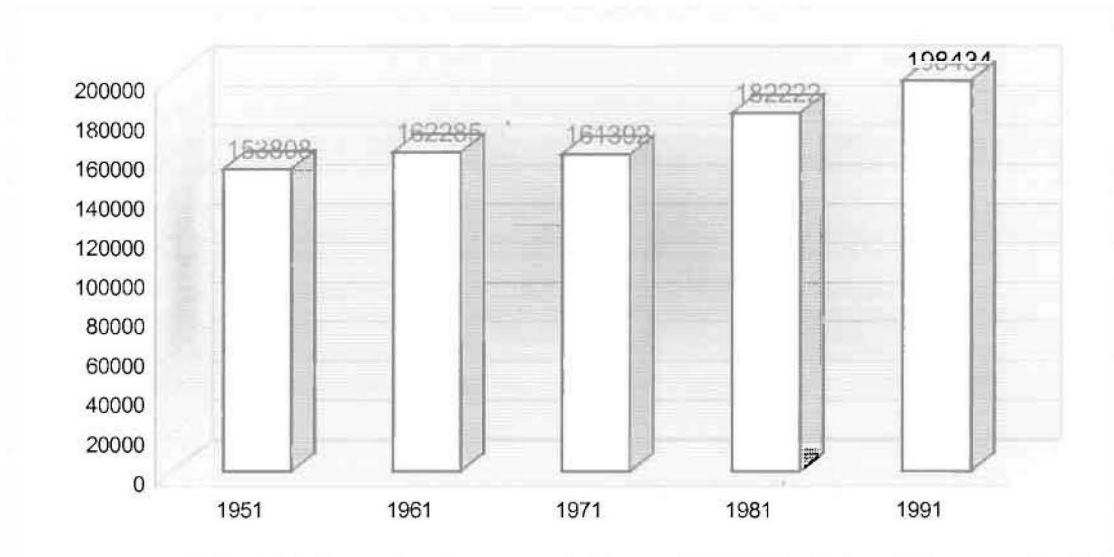
συνέπειες στην ποιότητα των υπόγειων νερών και των φυτικών προϊόντων. Η ανεξέλεγκτες εξορυκτικές δραστηριότητες, ειδικά αυτές που μετά το πέρας της λειτουργίας τους δεν αποκαθιστούν το φυσικό περιβάλλον με την διενέργεια δένδροφυτεύσεων, υποβαθμίζουν το περιβάλλον, ειδικά όταν βρίσκονται κοντά σε οικισμούς, όπως π.χ. τα παλιά λατομεία της Γορίτσας στον Βόλο και την Νέα Ιωνία (Αναπτυξιακή Μελέτη Μαγνησίας, 1995). Όσο αφορά τους τους βιότοπους, δεν έχουν εφαρμοστεί τα προβλεπόμενα από τον Ν. 1650/86, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατόν να ελεγχθούν και να προστατευτούν συστηματικά και ουσιαστικά. Για την προστασία τους χρειάζεται να γίνει καταγραφή τους¹¹ και να γίνουν μελέτες διαχείρισης και προστασίας τους. Τέλος, η άναρχη οικοδομική δραστηριότητα της δεκαετίας του '70 οδήγησε, αφενός στην καταστροφή πολλών παραδοσιακών κτιρίων στον νομό και αφετέρου στον περιορισμό των εκτάσεων πρασίνου που υπήρχαν στα αστικά κέντρα και κυρίως στην πόλη του Βόλου, της οποίας το κεντρικό τμήμα μεταμορφώθηκε σε μια σύγχρονη τσιμεντούπολη.

Από τα παραπάνω, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι, το περιβάλλον στον Νομό Μαγνησίας είναι σε ένα βαθμό επιβαρυνμένο και απαιτείται η ανάληψη πρωτοβουλιών για την αποφυγή μεγαλύτερης υποβάθμισής του. Εξάλλου, είναι γνωστό ότι το κόστος πρόληψης είναι σημαντικά μικρότερο από το κόστος αποκατάστασης.

2.6 Εξέλιξη του πληθυσμου

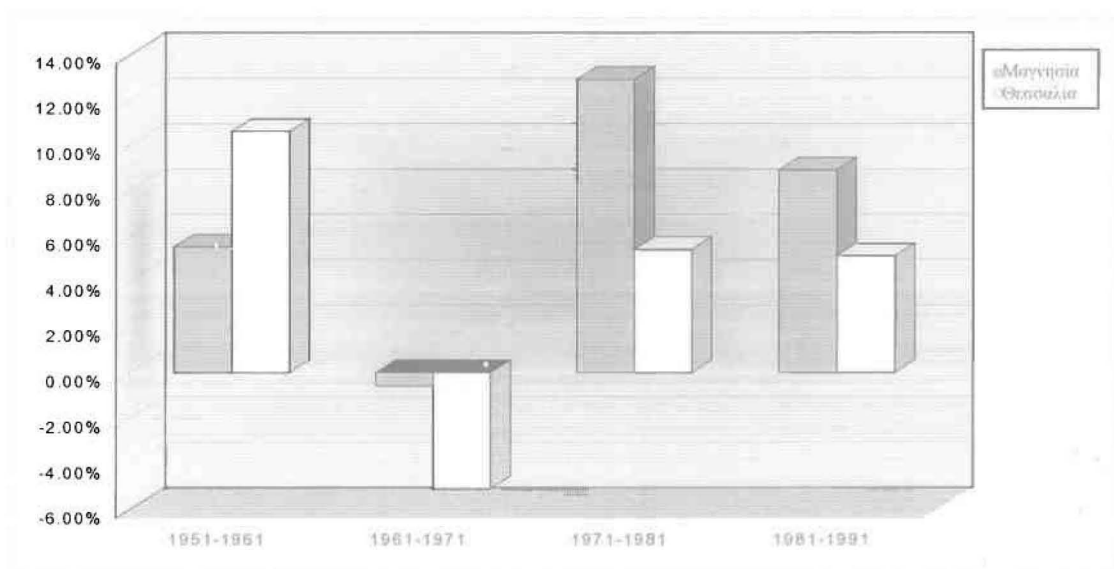
Σύμφωνα με στοιχεία της απογραφής του 1991 της ΕΣΥΕ, ο νομός Μαγνησίας είχε 198.434 κατοίκους, που αντιπροσωπεύει το 29% του πληθυσμού της Θεσσαλίας. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω διαγραμμα, ο νομός, κατά την δεκαετία 1961-1971 παρουσιάζει στασιμότητα και ελαφρά μείωση του πληθυσμού, ενώ απο το 1971 και έπειτα, ο πληθυσμός συνεχώς αυξάνεται. Αυτό οφείλεται κυρίως στη βιομηχανική δραστηριότητα και την αύξηση της συμμετοχής του ποσοστού του τριτογενή τομέα στη παραγωγική βάση.

¹¹ Κάτι που τείνει να ολοκληρωθεί αυτήν την περίοδο

Διάγραμμα 2.1 Πληθυσμιακή εξέλιξη του νομού Μαγνησίας 1951-1991

Πηγή: Απογραφές Ε.Σ.Υ.Ε.

Σημαντικά συμπεράσματα μπορούν να βγουν και από την εξέταση του διαγράμματος 2.2 που παρουσιάζει τους μέσους ρυθμούς μεταβολής του πληθυσμού της Μαγνησίας, σε αντιστοιχία με την Θεσσαλία, ανά δεκαετία. Φαίνεται ότι, ενώ κατά την δεκαετία 1951-1961, ο πληθυσμός της Θεσσαλίας αυξήθηκε σημαντικά έναντι του πληθυσμού της Μαγνησίας (αύξηση 10,5% σε σχέση με 5,5%), από το 1961 και πέρα, η αρχική μείωση και έπειτα η σημαντική αύξηση του πληθυσμού ευνοεί σημαντικά τον νομό Μαγνησίας. Αυτό δείχνει την ανάπτυξη του νομού σε σχέση με την υπόλοιπη Θεσσαλία, που την υποδηλώνει η σημαντική αύξηση του πληθυσμού.

Διάγραμμα 2.2 Μέσοι ρυθμοί μεταβολής πληθυσμού ανά δεκαετία για τον νομό Μαγνησίας και την Θεσσαλία

Η Μαγνησία είναι ο πιο πυκνοκατοικημένος νομός στην Θεσσαλία με πυκνότητα 75 κατοίκους ανά τετραγωνικό χλμ. ενώ η Θεσσαλία έχει πυκνότητα 52 κατ./τετρ. χλμ. Επίσης, σημαντικό στοιχείο είναι το ποσοστό αστικοποίησης που παρουσιάζει ο νομός που από το 41% του 1961 έφτασε στο 59% το 1991 (Αναπτυξιακή Μελέτη Μαγνησίας, 1995) και διατηρείται σταθερό, ενώ αντίθετα, στην υπόλοιπη Θεσσαλία υστερεί σημαντικά.

2.7 Διοικητική και θεσμική οργάνωση

Όσο αφορά την διοικητική οργάνωση του νομού Μαγνησίας παρουσιάζει τα ίδια προβλήματα που παρουσιάζονται στον ελληνικό χώρο δηλαδή την πολυδιάσπαση της Πρωτοβάθμιας Τοπικής Αυτοδιοίκησης σε πολλές κοινότητες και μικρούς δήμους και την αδυναμία τους να ανταπεξέλθουν στην αποστολή τους, όπως ορίζεται από το Σύνταγμα και την νομοθεσία δηλαδή, στον πολιτικό ρόλο τους (αναποτελεσματική πολιτική εκπροσώπηση των μικρών χωριών), στον διοικητικό ρόλο τους (αδυναμία παροχής επαρκών υπηρεσιών στους πολίτες) και στον αναπτυξιακό ρόλο τους (περιορισμένη συμμετοχή στις διαδικασίες της περιφερειακής και τοπικής ανάπτυξης).

Το πρόβλημα της πολυδιάσπασης, επειχηρήθηκε να λυθεί με διαφορους τρόπους, χωρίς όμως αυτοί να παρουσιάσουν σημαντικό αποτέλεσμα. Οι τρόποι αυτοί ήταν:

- Οι χωρίς σχέδιο και εθελοντικές συνενώσεις και οι αναπτυξιακοί σύνδεσμοι του Ν. 1416/1984, που είχαν αποτέλεσμα στον νομό μόνο ως προς την διακοινοτική συνεργασία και όχι στις συνενώσεις. Στους πιο δραστήριους Α.Σ. στον νομό περιλαμβάνονται αυτοί του Ανατολικού, Δυτικού και Νότιου Πηλίου, η περιοχή του Αλμυρού έχει ένα σύνδεσμο συλλογής και διαχείρισης απορριμάτων που εξυπηρετεί επιπλέον 15 κοινότητες, άλλοι απλοί σύνδεσμοι περιλαμβάνουν τον διάθεσης απορριμάτων Βόλου και ύδρευσης Αργαλαστής, Ξυνόβρυσης Μετοχίου.
- Οι σχεδιασμένες, αλλά εθελοντικές συνενώσεις του Ν. 1622/1986 που είχαν ως αποτέλεσμα την δημιουργία του Δήμου Ιωλκού από την συνένωση κοινοτήτων και τον ορισμό 19 Γεωγραφικών Περιοχών στον νομό με σκοπό την δημιουργία τεχνικών υπηρεσιών, την προμήθεια μηχανημάτων και υλικών, την προστασία του περιβάλλοντος, την αντιπυρική προστασία, την μελέτη και υλοποίηση συστημάτων ύδρευσης και αποχέτευσης, την συλλογή και επεξεργασία απορριμάτων, τη προμήθεια και τη διαχείριση συγκοινωνιακών μέσων και την βελτίωση βοσκοτόπων.
- Τα Συμβούλια Περιοχής του Ν. 2218/1994, που επέφεραν σημαντικές θεσμικές αλλαγές στο πλαίσιο της νέας Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης (β' βαθμός Γ.Α.) και καθιέρωσε την αναγκαστική συνεργασία των ΟΤΑ υπό την μορφή αυτή.

Στον νομό έχουν δημιουργηθεί 11 Σ.Π που αντικατέστησαν τους αναπτυξιακούς συνδέσμους και στους οποίους ανατέθηκε από τον νόμο η υποχρεωτική άσκηση ορισμένων αρμοδιοτήτων των δήμων και των κοινοτήτων που τα αποτελούν, οι οποίες αναφέρονται στον διαδημοτικό προγραμματισμό της ανάπτυξης, στην εκτέλεση των αντιστοίχων έργων και στην διαχείριση των διαθέσιμων πόρων από τα προγράμματα δημοσίων επενδύσεων και τα προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Οι μεταρρυθμιστικές αυτές προσπάθειες είχαν θετική κατεύθυνση, αλλά δεν είχαν ικανοποιητικά αποτελέσματα διότι η υλοποίηση της μεταρρύθμισης (συνεργασίας και συνένωσης) ανατέθηκε στους ίδιους τους Ο.Τ.Α. ενώ είναι, ουσιαστικά και νομικά, ευθύνη της Πολιτείας. Επίσης, οι θεσμικές ρυθμίσεις δεν συνοδεύτηκαν από μεσοχρόνιο ολοκληρωμένο πρόγραμμα υποστήριξης των νέων θεσμών και τα αναγκαία μέτρα πολιτικής.

Για την επίλυση των παραπάνω προβλημάτων δημιουργήθηκε το Πρόγραμμα Ανασυγκρότησης της Πρωτοβάθμιας Αυτοδιοίκησης «Ιωάννης Καποδίστριας», που είναι μια θεμελιώδης μεταρρύθμιση η οποία εντάσσεται μέσα στο συνολικό σχεδιασμό για την ανασυγκρότηση του κράτους, στη συνέχεια μιας σειράς άλλων παρεμβάσεων¹².

Οι στόχοι του προτεινόμενου προγράμματος είναι:

- Η παροχή υπηρεσιών ισοδύναμης αποτελεσματικότητας στους κατοίκους των πόλεων και των χωριών και επομένως, ο εκσυγχρονισμός του διοικητικού συστήματος
- Η ουσιαστικοποίηση του ρόλου των Ο.Τ.Α. και η αναβάθμιση των αιρετών και επομένως ο εκσυγχρονισμός του τοπικού πολιτικού συστήματος στη χώρα μας και η διερεύνηση της πολιτικής βαρύτητας της Πρωτοβάθμιας Τ.Α.
- Η δημιουργία ουσιαστικών προϋποθέσεων για την διοικητική και οικονομική αυτοτέλεια των Ο.Τ.Α.
- Ο συντονισμός των τοπικών δημοσίων επενδύσεων για έργα τεχνικής υποδομής και κοινωνικού εξοπλισμού
- Η ενίσχυση του «ενδογενούς» δυναμικού της ελληνικής περιφέρειας (Μαγνησία), που είναι αναγκαία προϋπόθεση για μια διαρκή και «βιώσιμη» περιφερειακή και τοπική ανάπτυξη
- Η διαφάνεια στη διαχείριση των πόρων και ο κοινωνικός έλεγχος της τοπικής εξουσίας, που οδηγούν στην εξασφάλιση της νομιμότητας και της προστασίας των πολιτών
- Οικονομίες κλίμακας στις λειτουργικές δαπάνες και αναβάθμιση του ανθρώπινου δυναμικού

¹² Οργάνωση της Περιφέρειας, νέες Αρμοδιότητες στην Πρωτοβάθμια Αυτοδιοίκηση, ενίσχυση της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης κ.α.

Σύμφωνα με το πρόγραμμα «Ιωάννης Καποδίστριας» στον νομό Μαγνησίας θα δημιουργηθούν 26 νέοι Δήμοι (όπως φαίνεται και στον χάρτη 1) η μεταρύθμιση θα είναι επί της αρχής αναγκαστική (υποχρεωτική συνένωση) αλλά με ήπια χαρακτηριστικά στην εφαρμογή της¹³. Κάποια προβλήματα που παρουσιάστηκαν με ορισμένες κοινότητες λόγω της μη επιλογής τους ως έδρα των νέων Δήμων, τείνουν να εξαληφθούν γιατί δεν επιχειρείται συνένωση των Ο.Τ.Α. μόνο με τον νόμο και διοικητικές διαδικασίες αλλά με ένα ολοκληρωμένο Πρόγραμμα που περιέχει τις αναγκαίες νομικές ρυθμίσεις, τη χρηματοδότηση τοπικών δημοσίων επενδύσεων και ενός ελάχιστου ύψους λειτουργικών δαπανών, την εξασφάλιση κατάλληλα καταρτισμένου προσωπικού κλπ.

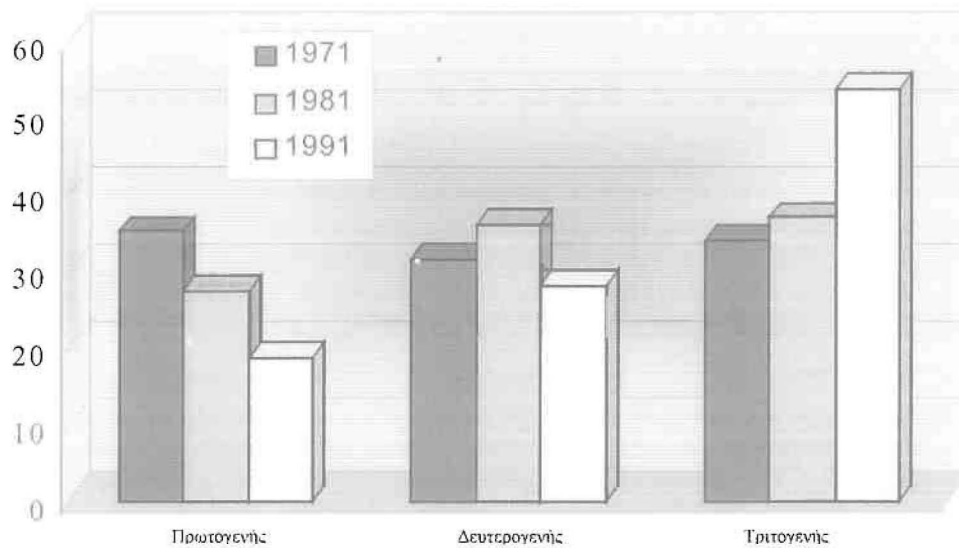
2.8 Οικονομικά Χαρακτηριστικά. Γενική διάρθρωση παραγωγής και απασχόλησης

Τα βασικότερα στοιχεία αξιολόγησης της οικονομικής δομής μιας περιοχής αποτελούν η τομεακή διάρθρωση τόσο της παραγωγής όσο και της απασχόλησης. Η δομή της παραγωγικής βάσης στον νομό Μαγνησίας παρουσιάζεται στο επόμενο διάγραμμα, που δίνει την τομεακή διάρθρωση της παραγωγής, όπως αυτή εκφράζεται από το ΑΕΠ, σε πρωτογενή, δευτερογενή και τριτογενή τομέα.

Από την μελέτη του παραπάνω διαγράμματος προκύπτει ότι, το 1991 βρίσκει την Μαγνησία με ένα πρωτογενή τομέα να κυμαίνεται στο μέσο επίπεδο της χώρας, ακολουθώντας διακυμάνσεις σε όλη την διάρκεια της εικοσαετίας. Την ίδια περίοδο, ο δευτερογενής τομέας παρουσίασε ραγδαία ανάπτυξη κατά την πρώτη δεκαετία, που ήταν δυνατή να το διατηρήσει σε υψηλό επίπεδο, παρά την πτώση της δεύτερης δεκαετίας. Τέλος, ο τριτογενής τομέας αναπτύχθηκε σημαντικά, χαμηλότερα όμως από το επίπεδο της χώρας.

¹³ Διατήρηση ονόματος πρώην κοινοτήτων με πολιτικά όργανα τα Τοπικά Συμβούλια που θα έχουν ουσιαστικές αρμοδιότητες, κατοχύρωση της εκπροσώπησης των πρώην κοινοτήτων με περισσότερους από 300 κατοίκους στο Δημοτικό Συμβούλιο, διατήρηση των σημερινών δικαιωμάτων των κατοίκων κλπ

Διάγραμμα 2.3 Ποσοστιαία τομεακή Σύνθεση του ΑΕΠ για τον Ν. Μαγνησίας κατά τα έτη 1971, 1981, 1991

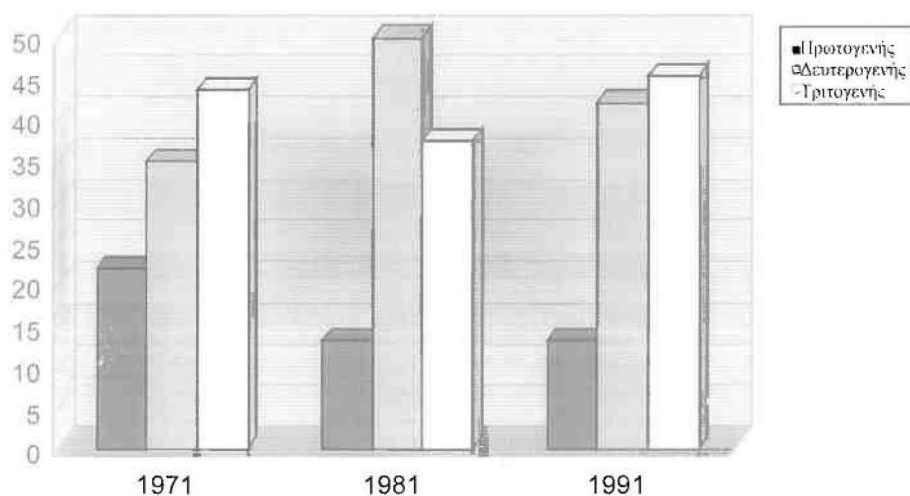


Πηγή: Αναπτυξιακή Μελέτη Μαγνησίας, 1995

Συνοπτικά, ο νομός παρουσίασε έντονη βιομηχανική ανάπτυξη στη δεκαετία του '70 και απέκτησε μια παραγωγική διάρθρωση ανεπτυγμένης βιομηχανικής οικονομίας, σαφώς ανώτερη από αυτή του συνόλου της χώρας. Στη δεκαετία του '80 όμως, παρουσιάστηκε ένα έντονο κύμα αποβιομηχάνισης, το οποίο συνεχίζεται μέχρι σήμερα και έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της συμμετοχής του δευτερογενούς τομέα στη διαμόρφωση του προϊόντος τόσο σε σχετικούς, όσο και σε απόλυτους όρους.

Αντίστοιχα, η τομεακή διάρθρωση της απασχόλησης για τον νομό, παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα.

Διαγραμμα 2.4 Ποσοστιαία τομεακή σύνθεση της απασχόλησης για το Νομό Μαγνησίας, κατά τα έτη 1971, 1981 και 1991.



Πηγή: Αναπτυξιακή Μελέτη Μαγνησίας, 1995

Σε ότι αφορά την απασχόληση βασικό σημείο είναι το μέγεθος της στον δευτερογενή τομέα (36% το 1981) που θα μπορούσε να συγκριθεί με τα αντίστοιχα ποσοστά βιομηχανικών χωρών.

Το κύμα αποβιομηχάνισης που πλήττει την χώρα στην δεκαετία του '80 οδηγεί σε συρρίκνωση της συμμετοχής του δευτερογενή τομέα στην απασχόληση σε όλα τα επίπεδα. Η συρρίκνωση αυτή είναι πιο έντονη στο νομό Μαγνησίας, στον οποίο η συμμετοχή του δευτερογενή τομέα το 1991 πλησιάζει αυτόν της χώρας.

2.9 Παραγωγική Βάση: Πρωτογενής Τομέας

Την παραγωγική και οικονομική φυσιογνωμία του Νομού στον πρωτογενή τομέα διαμορφώνουν σε πολύ μεγάλο βαθμό παραδοσιακές καλλιέργειες όπως τα σιτηρά, το καλαμπόκι, το κριθάρι, οι ελιές, οι μηλιές και αμυγδαλιές, αλλά και πιο πρόσφατα ανεπτυγμένες όπως τα ζαχαρότευτλα, το βαμβάκι, η βιομηχανική τομάτα, καθώς και στον τομέα της κτηνοτροφίας η αιγοπροβατοτροφία και τα βοειδή. Το ανθρώπινο αγροτικό δυναμικό της περιοχής, με βάση τις δυνατότητες που διαθέτει ως προς την αξιοποίηση των εδαφοκλιματικών συγκριτικών πλεονεκτημάτων και τους διαθέσιμους φυσικούς και υλικούς πόρους της περιοχής, μπορεί να θεωρηθεί ότι παρέμεινε προσδεμένο στις παραδοσιακές καλλιέργειες και την κτηνοτροφία και λιγότερο σε ειδικευμένες-δυναμικές καλλιέργειες έντασης εργασίας. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια σημαντική αύξηση της καλλιέργειας βαμβακιού και σε ορισμένες περιπτώσεις η ανθοκομία και λαχανοκομικές καλλιέργειες.

Γενικά, μπορούμε να πούμε ότι, το αγροτικό εισόδημα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις αποδόσεις των συγκεκριμένων καλλιεργούμενων ειδών και προσδιορίζεται, σε μεγάλο βαθμό, από τις επιδοτήσεις που δίνονται γι αυτά. Οι τιμολογιακές αυτές ενισχύσεις δεν ευνοούν την αναδιάρθρωση των καλλιεργειών καθώς αποτελούν αίτια διατήρησης της υπάρχουσας διάρθρωσης, που αποφέρει γενικά μεγάλα εισοδήματα. Ο μοναδικός τομέας που έχει μεγάλες βελτιώσεις είναι η εφαρμογή νέων μεθόδων ποτίσματος, κυρίως εξαιτίας της παρατηρούμενης μείωσης των υδάτινων αποθεμάτων και της ανάγκης εξεύρεσης τρόπων περιορισμού των χρησιμοποιούμενων ποσοτήτων. Επίσης, υπάρχει μεγάλη αδυναμία στην διάθεση των προϊόντων, καθώς οι συνεταιρισμοί δεν κατόρθωσαν να παίξουν τον ρόλο τους στο τομέα αυτό με επιτυχία, δεν υπάρχει συντονισμός των εξαγωγών και τρόπος προσέγγισης των αγορών. Τα προϊόντα που μεταποιούνται και πωλούνται με υψηλότερη τιμή, είναι ένα μικρό ποσοστό της συνολικής παραγωγής και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται δεν είναι τις περισσότερες φορές οι πλέον κατάλληλες, με αποτέλεσμα τα ανταγωνιστικά προϊόντα άλλων χωρών να προτιμούνται στις διεθνείς αγορές.

Η κτηνοτροφία έχει περιορισμένη σημασία για το αγροτικό εισόδημα, αν και στην περιοχή υπάρχουν προοπτικές ανάπτυξης, κυρίως στην αιγοπροβατοτροφία με τα ντόπια είδη. Η αλιεία αντιμετωπίζει σημαντικά προβλήματα ανθρώπινου

δυναμικού και ορθολογικοποίησης (παράλληλα με τα προβλήματα παράνομης αλιείας), ενώ δεν έχει προχωρήσει η αναδιάρθρωση του αλιευτικού στόλου. Τέλος, οι υδατοκαλλιέργειες, παρά τις σημαντικές δυνατότητες που υπάρχουν στον νομό, δεν έχουν αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό, λόγω έλλειψης ενημέρωσης για τις προοπτικές των πιθανών επενδύσεων στον τομέα αυτό.

Συμπεραίνοντας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι, η γεωργία, πέρα της βασικής παραγωγικής λειτουργίας της, που θα πρέπει να ενισχυθεί, καλείται να παίξει ένα ρόλο περιβαλλοντικό, εκπαιδευτικό και παιδαγωγικό αλλά και διαχειριστικό για τη διατήρηση της κληρονομιάς που ορίζεται από τη ταυτότητα του προϊόντος και του τοπίου και τη δημιουργία ενός χώρου υποδοχής για μια κοινωνία όπου οι σχέσεις εργασίας και ελεύθερου χρόνου εξελίσσονται ραγδαία. Από την άποψη αυτή, μια ολοκληρωμένη, αιεφόρος πολιτική για τον αγροτικό χώρο της Μαγνησίας, δεν θα πρέπει να περιοριστεί στη σχέση ΚΑΠ / αγροτικά προϊόντα, αλλά στη σχέση ΚΑΠ / παραγωγικά συστήματα (Το Σχέδιο Ανάπτυξης της Μαγνησίας για τον 21^ο αιώνα.,1998). Αυτή η διεύρυνση αποτελεί τον καλύτερο τρόπο για την αξιολόγηση των προοπτικών (ενίσχυση των θετικών στοιχείων της ΚΑΠ) και των επιπτώσεων (αποφυγή των αρνητικών στοιχείων της ΚΑΠ), εφ' όσον λαμβάνει υπ' όψη το σύνολο των χωρικών, κοινωνικών και οικονομικών παραμέτρων και μεταβλητών που προσδιορίζουν την ανάπτυξη του αγροτικού χώρου.

Βασικός στόχος είναι ο προσδιορισμός των ενδονομαρχιακών παραγωγικών και γεωγραφικών ζωνών στη βάση ομοειδών και συμπληρωματικών συστημάτων παραγωγής και διαχείρισης του χώρου, ύπαρξης τεχνογνωσιών στη βιοτεχνία και μεταποίηση γενικότερα καθώς και κοινωνικής αλληλεγγύης και χωρικής συνοχής. Οι ζώνες αυτές θα πρέπει ν' αποτελέσουν το πεδίο εκπόνησης μικροχωροταξικών και αναπτυξιακών μελετών (με την άμεση βοήθεια και την χρήση της Τηλεπισκόπησης). Τα μικροχωροταξικά μέτρα που θα προταθούν οφείλουν να προσδιορίσουν ένα πλαίσιο για την άρθρωση μεταξύ μιας ατομικής διαχείρισης στο επίπεδο των εκμεταλλεύσεων και μιας συντονισμένης ή και συλλογικής διαχείρισης στο επίπεδο μικροπεριοχών (λεκάνη τροφοδότησης μιας πηγής όπου τα νιτρικά ξεπερνούν τα όρια, διαχείριση βοσκοτόπων κλπ). Για παράδειγμα στο επίπεδο των εκμεταλλεύσεων που διαθέτουν αγροτεμάχια στη λεκάνη αυτή θα πρέπει να τροποποιηθεί το σύστημα καλλιέργειας και κτηνοτροφίας, ενώ στο επίπεδο της λεκάνης να προβλέπονται εναλλακτικές καλλιέργειες¹⁴.

2.9.1 Δευτερογενής Τομέας

Ο δευτερογενής τομέας και ιδιαίτερα η μεταποίηση, έχει τόσο μεγάλη σημασία για την ανάπτυξη μιας οικονομίας ώστε το σχετικό και απόλυτο μέγεθος του και η δομή του να αποτελούν κριτήριο κατάταξης και αξιολόγησης του επιπέδου ανάπτυξης. Έτσι, περιοχές με υποτυπώδη ή ασθενή δευτερογενή τομέα

¹⁴ Το Σχέδιο Ανάπτυξης της Μαγνησίας για τον 21^ο αιώνα, 1998

χαρακτηρίζονται συνήθως «λιγότερο ανεπτυγμένες» ή «αγροτικές» περιοχές, περιοχές με ισχυρό δευτερογενή τομέα χαρακτηρίζονται συνήθως «ανεπτυγμένες», ενώ στη δεκαετία του '80, μια άλλη κατηγορία περιοχών προστέθηκε στην παραπάνω τυπολογία και περιλαμβάνει τις «φθίνουσες βιομηχανικές περιοχές» (Αναπτυξιακή Μελέτη Μαγνησίας, 1995), δηλαδή τις σχετικά ανεπτυγμένες εκείνες περιοχές των οποίων η βιομηχανική βάση παρουσιάζει έντονα συμπτώματα συρρίκνωσης και κρίσης.

Η περιοχή της Μαγνησίας και ειδικότερα η πολη του Βόλου (που είναι ένα αστικό κέντρο με λιγότερα από 150 χρόνια ζωής) διαθέτει πλούσια βιομηχανική ιστορία, που ξεκινά σχεδόν αμέσως μετά την απελευθέρωση της περιοχής από τους Τούρκους και συνεχίζεται αδιάλειπτα ως τις μέρες μας. Η «βιομηχανική επανάσταση» στο Βόλο έλαβε χώρα μετά το 1881. Η κάμψη του εξωτερικού εμπορίου, που οφείλεται τόσο στην επιβολή δασμών στα προϊόντα της περιοχής, όσο και στην προοδευτική μείωση της ζήτησης, ώθησε αρκετούς να δοκιμάσουν την τύχη τους στην βιομηχανία.

Μετά το 1969, και με την ίδρυση της Βιομηχανικής περιοχής και την κρατική υποβοήθηση των βιομηχανικών επενδύσεων μέσω τραπεζικής χρηματοδότησης, σηματοδοτείται το ξεκίνημα μιας νέας περιόδου βιομηχανικής ανάπτυξης του νομού αλλά και της χώρας και πλέον οι επιχειρήσεις επιλέγουν τον Βόλο ως τόπο εγκατάστασης των παραγωγικών τμημάτων τους, λόγω των χωρικών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει η περιοχή. Έτσι, την περίοδο 1969-1974 ιδρύθηκαν μια σειρά νέων βιομηχανιών, οι οποίες εγκαταστάθηκαν στην περιοχή και συνέβαλαν στην αύξηση του βάρους της μεταποίησης στην τοπική οικονομία, στην εντατικοποίηση της συσσώρευσης βιομηχανικού κεφαλαίου και στην αύξηση της βιομηχανικής απασχόλησης. Ταυτόχρονα, σηματοδότησαν και την έναρξη μιας διαδικασίας αναδιάρθρωσης της τοπικής βιομηχανικής βάσης προς την κατεύθυνση των περισσότερο σύγχρονων κλάδων. Την περίοδο 1975-1982, η στροφή της μεταποίησης προς τους σύγχρονους κλάδους είναι πλέον φανερή και με βασικούς τους κλάδους της κλωστοϋφαντουργίας, ετοιμών ενδυμάτων, τροφίμων, μη μεταλλικών ορυκτών, μη μεταλλουργικών προϊόντων, μηχανοκατασκευών και μεταφορικών μέσων.

Από τα μέσα της δεκαετίας του '80 και μετά ξεκίνησε μια περίοδος αποβιομηχάνισης στον νομό, που έγινε αντιληπτή στο τέλος της δεκαετίας όταν η απογραφή της βιομηχανίας της ΕΣΥΕ κατέγραψε μια μείωση της απασχόλησης και είχε ήδη συσσωρευτεί ένας μεγάλος αριθμός χρεωκοπημένων επιχειρήσεων. Τα αίτια της ήταν τα εξής (Αναπτυξιακή Μελέτη Μαγνησίας, 1995):

- Η κρίση μιας σειράς βιομηχανικών κλάδων σε ευρωπαϊκό επίπεδο, λόγω σημαντικών τεχνολογικών αλλαγών αλλά και λόγω δυναμικής εισόδου στις διεθνείς αγορές και έντονου ανταγωνισμού των χωρών του χαμηλού κόστους εργασίας (Ν.Α. Ασία, Κίνα)

- Η χωρίς σοβαρή προετοιμασία ένταξης της χώρας στην Ε.Ε. και η ένταση του ενδο-ευρωπαϊκού ανταγωνισμού με τη μείωση του προστατευτισμού και την λειτουργία της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς
- Το αρνητικό μακροοικονομικό κλίμα (υψηλοί ρυθμοί πληθωρισμού και επιτόκια) και κατά συνέπεια, το αρνητικό επενδυτικό περιβάλλον που επικρατεί στην οικονομία τα τελευταία 20 χρόνια
- Η κρίση των ρυθμιστικών μηχανισμών της οικονομίας, όπως οι δημόσιες δαπάνες και η οικοδομική δραστηριότητα οι οποίοι έχουν εξαντλήσει, σε μεγάλο βαθμό, τα όρια και τις δυνατότητες στήριξης της βιομηχανίας
- Η υπερβολική προσφυγή μιας σειράς επιχειρήσεων στο δανεισμό σε αρνητικές συγκυρίες που δεν επέτρεψαν την εύρυθμη αποπληρωμή των χρεών.

Η κρίση αυτή εκφράστηκε με την παύση λειτουργίας μεγάλων βιομηχανικών μονάδων, τις σημαντικές απώλειες σε θέσεις εργασίας που οφείλονται στο κλείσιμο των μονάδων αυτών, την ανακοπή της επενδυτικής δραστηριότητας και την σημαντική μείωση της συμμετοχής του δευτερογενή τομέα στη διαμόρφωση του προϊόντος και της απασχόλησης. Οι επιπτώσεις είναι πολύ σημαντικές (μεγάλο ποσοστό ανεργίας, αποειδίκευση του εργατικού δυναμικού, μείωση της ενεργού ζήτησης κλπ) και δημιουργούν σοβαρές πιέσεις στη συνολική κερδοφορία και βιωσιμότητα των επιχειρήσεων που απειλούν, τόσο την ποιότητα των παρεχόμενων προϊόντων και υπηρεσιών, όσο και τις προσπάθειες ορθολογικοποίησης και εκσυγχρονισμού του τριτογενή τομέα.

2.9.2 Τριτογενής τομέας

Η προνομιακή θέση του νομού Μαγνησίας στον Ελλαδικό χώρο έχει βοηθήσει την ανάπτυξη σημαντικών δραστηριοτήτων του τριτογενή τομέα αφού, τόσο το εμπόριο, όσο οι υπηρεσίες και ο τουρισμός εμφανίζονται αρκετά ανεπτυγμένες. Χαρακτηρίζεται από το μικρό μέγεθος των επιχειρήσεων (μέσο μέγεθος 2,3 απασχολούμενοι ανά επιχείρηση¹⁵) και τη μεγάλη κινητικότητα και αστάθεια που εκδηλώνεται με την ίδρυση και διακοπή της λειτουργίας πολλών επιχειρήσεων, ιδίως των κλάδων του λιανικού εμπορίου και των υπηρεσιών. Χαρακτηρίζεται, επίσης, από την έντονη αλληλεπίδραση με τον δευτερογενή τομέα που εκδηλώθηκε με δύο τρόπους. Αφενός με την απορρόφηση μέρους της ανεργίας του δευτερογενή τομέα, μέσω της δημιουργίας πολλών μικρών μονάδων με επιπτώσεις όμως στην βιωσιμότητα των επιχειρήσεων λόγω κορεσμού της αγοράς και αφετέρου με την έντονη ύφεση που υπάρχει στην τοπική αγορά λόγω της μείωσης της ενεργού ζήτησης που επήλθε από το κλείσιμο των εργοστασίων.

Ο Νομός Μαγνησίας, τέλος, είναι προφανές ότι έχει ένα σημαντικό συγκριτικό πλεονέκτημα σε σχέση με τους άλλους νομούς της Θεσσαλίας, στον

¹⁵ Αναπτυξιακή Μελέτη Μαγνησίας, 1995

τομέα του τουρισμού. λόγω της ομορφιάς και ποικιλίας του φυσικού αλλά και του δομημένου περιβάλλοντος. Ο τουρισμός αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα ενίσχυσης του εισοδήματος και της απασχόλησης της περιοχής και μπορεί να ενισχυθεί με την βελτίωση των υποδομών και την αναβάθμιση και διαφοροποίηση των παρεχόμενων υπηρεσιών.

2.10 Τεχνική και Κοινωνική Υποδομή

Η κατάσταση στον νομό Μαγνησίας, όσο αφορά το ζήτημα των τεχνικών και κοινωνικών υποδομών ποικίλει. Εμφανίζεται ικανοποιητική σε ότι αφορά τις τεχνικές υποδομές, με παραγωγικό κατά βάση χαρακτήρα όπως το λιμάνι, η ΒΙ.ΠΕ., το συγκοινωνιακό δίκτυο και οι τηλεπικοινωνίες, χαρακτηρίζεται όμως και από την έλλειψη ενός εμπορικού και επιβατικού αεροδρομίου στον ευρύτερο Θεσσαλικό χώρο και την μέτρια έως κακή κατάσταση του οδικού κυκλώματος του Πηλίου και των Σποράδων. Στις κοινωνικού χαρακτήρα υποδομές όπως η ύδρευση, η αποχέτευση, η υγεία-πρόνοια και η εκπαίδευση, με εξαίρεση το Π.Σ. Βόλου, οι άλλες περιοχές παρουσιάζουν σημαντικές ελλείψεις¹⁶.

Το λιμάνι του Βόλου, είναι ένα από τα μεγαλύτερα της χώρας και η σημασία του για την περιοχή αλλά και για όλη την Θεσσαλία είναι πολύ μεγάλη. Τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει είναι η έλλειψη διασύνδεσης του με την Δυτική Ελλάδα (άξονας Βόλου-Ηγουμενίτσας) και ο συγχρονισμός και η επέκταση του εξοπλισμού του. Οι βασικές οδικές αρτηρίες του νομού, η Εθνική οδός και το βασικό Νομαρχιακό δίκτυο, δεν παρουσιάζουν σημαντικές ελλείψεις στο πεδινό τμήμα του νομού, χρειάζονται όμως σε αρκετά σημεία βελτιώσεις και διαπλατύνσεις. Σημαντικά προβλήματα παρουσιάζονται στο οδικό δίκτυο του Πηλίου και των Σποράδων, ειδικά από την ιδιαίτερα αυξημένη τουριστική κίνηση τους καλοκαιρινούς μήνες και την φθορά από τις καιρικές συνθήκες. Επίσης, ιδιαίτερα σημαντική είναι η έλλειψη περιφερειακής οδού στο Π.Σ. Βόλου. Ο δρόμος αυτός θα μεταφέρει την κίνηση από και προς το Πήλιο έξω από το οδικό δίκτυο της πόλης, μέσω του οποίου γίνεται σήμερα. θα αποσυμφορήσει σε μεγάλο βαθμό την κίνηση μέσα στο Π.Σ., θα μειώσει τον χρόνο μετακίνησης και θα διευκολύνει την τουριστική κίνηση στον νομό.

Η σιδηροδρομική σύνδεση με τον κύριο κορμό της γραμμής Αθήνας-Θεσσαλονίκης, που περνάει από την Λάρισα, θα πρέπει να αναβαθμιστεί. Το βασικότερο μειονέκτημα προκύπτει από την χάραξη του δικτύου που υποχρεώνει σε έναν μεγάλο κύκλο στην κατεύθυνση από και προς την Αθήνα και στην περιορισμένη ύπαρξη δρομολογίων τρένων intercity ιδιαίτερα προς την Θεσσαλονίκη αλλά και προς την Αθήνα. Τα δίκτυα ύδρευσης-αποχέτευσης παρουσιάζουν μεγάλες ελλείψεις στους περισσότερους οικισμούς του νομού, εκτός

¹⁶ Ανυπαρξία αποχετευτικών δικτύων και βιολογικών καθαρισμών, περιορισμένο δίκτυο Κέντρων Υγείας.

του Π.Σ., καθώς επίσης σημαντικό πρόβλημα δημιουργείται από την έλλειψη συστημάτων βιολογικού καθαρισμού στις περιοχές με αυξημένη τουριστική κίνηση.

Στον τομέα των υποδομών της Υγείας, με την επέκταση του «Αχιλλοπούλειου» Νομαρχιακού Νοσοκομείου θα καλυφθούν σε μεγάλο βαθμό οι ανάγκες για περίθαλψη, ελλείψεις υπάρχουν όμως στο επίπεδο των τοπικά παρεχόμενων υπηρεσιών υγείας με υποτυπώδη κάλυψη των αναγκών από τα Κέντρα Υγείας και τα Περιφερειακά Ιατρεία. Στον τομέα της Εκπαίδευσης, η κατάσταση βρίσκεται σε ανεκτά επίπεδα με τα προβλήματα να διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή¹⁷. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην κάλυψη των αναγκών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, το οποίο θα πρέπει να αποτελέσει ένα από τα συγκριτικά πλεονεκτήματα για την ανάπτυξη του νομού στο μέλλον. Συνεπώς, ο σωστός προγραμματισμός στη δημιουργία των απαραίτητων, για την ανάπτυξη του Πανεπιστημίου υποδομών, θα οφελήσει σημαντικά την περιοχή.

Στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του Νομού Μαγνησίας, σε σχέση με άλλες «ανταγωνιστικές» περιοχές, μπορούν να συμπεριληφθούν η ΒΙ.ΠΕ. και το Τεχνολογικό Πάρκο Βόλου (μαζί με το Βιο.Πα.) υποδομές που θα αποτελέσουν ισχυρά συγκριτικά πλεονεκτήματα της περιοχής στην προσπάθεια προσέλκυσης επενδυτικής δραστηριότητας, ιδίως σε εκείνους τους τομείς που αποτελούν σήμερα την «ατμομηχανή» της ανάπτυξης σε παγκόσμια κλίμακα δηλαδή ανάπτυξη νέων υλικών, τηλεπικοινωνίες, ηλεκτρονικά κλπ (Αναπτυξιακή Μελέτη Μαγνησίας, 1995).

2.11 Το Πρόγραμμα Ανάπτυξης του Νομού

Τα τελευταία χρόνια, με την βοήθεια κάποιων παραγόντων (Κοινοτικές πρωτοβουλίες, Αναπτυξιακή Εταιρεία, Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση κλπ) έχει αρχίσει να χαράσσεται ένα είδος αναπτυξιακής πολιτικής για τον νομό, με στόχο την περαιτέρω ανάπτυξη του. Όμως, οι παράγοντες που ασκούν επίδραση στο τοπικό παραγωγικό σύστημα δεν είναι πάντα θετικοί, γιατί αφορούν εξωγενείς και ενδογενείς περιορισμούς αλλά και δυνατότητες που δημιουργούνται από την αλληλεξάρτηση του τοπικού με το εθνικό και το διεθνές επίπεδο αναφοράς και η κατανόηση τους αφενός συμβάλλει σε μια ρεαλιστική αντίληψη των ορίων και του είδους των αναπτυξιακών προτάσεων και πολιτικών και αφετέρου αποτελεί ένα ορθολογικό μέτρο αξιολόγησης του περιεχομένου τους.

Οι εξωγενείς περιορισμοί, οι οποίοι ασκούν μια δυσμενή επίδραση και μια πίεση στο παραγωγικό σύστημα του νομού, οφείλονται κατά ένα λόγο στο νέο διεθνές περιβάλλον της χώρας μας και είναι η αδυναμία προσαρμογής σε ένα συγκεκριμένο πρότυπο βιομηχανικής ανάπτυξης, οι αυστηρές συνέπειες από την λειτουργία της Εννιαίας Ευρωπαϊκής Αγοράς, η κρίση που υφίστανται στις διεθνείς

¹⁷ Στο Π.Σ. Βόλου παρατηρείται έλλειψη κατάλληλων χώρων ενώ στις άλλες περιοχές σημαντικότερη είναι η έλλειψη τεχνικής υποδομής (εργαστήρια)

αγορές μια σειρά κλάδοι στους οποίους η χώρα μας παρουσιάζει παραγωγική εξειδίκευση και τέλος, η αυξανόμενη «τριτογενοποίηση» των οικονομιών διεθνώς και ο οικονομικός μετασχηματισμός και το άνοιγμα των Βαλκανικών χωρών και των χωρών της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης στις διεθνείς ανταλλαγές.

Οι δύο τελευταίοι παράγοντες, η τριτογενοποίηση της οικονομίας και το άνοιγμα των Βαλκανικών αγορών, ισχυροποιούν τον ρόλο της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης σε εθνικό επίπεδο και μεγαλώνουν τις ανισότητες μεταξύ του Κέντρου και της Περιφέρειας. Άλλοι δυσμενείς παράγοντες, σε εθνικό επίπεδο, είναι η έλλειψη αποτελεσματικών διεθνών διασυνδέσεων (αεροδρόμιο) που εξαιρούν την περιοχή από τις λίστες επιλογής ως τοποθεσία εγκατάστασης μεγάλων ξένων επιχειρήσεων, η δυσκολία υλοποίησης του ΚΠΣ σε περιφερειακό επίπεδο και η χαμηλή απορροφητικότητα των ΠΕΠ Θεσσαλίας¹⁸, η έλλειψη συνέχειας στον περιφερειακό σχεδιασμό και τέλος, η τοπική ανταγωνιστικότητα και διαμάχη σε περιφερειακό επίπεδο που εμποδίζει μια ευρύτερη συνεννόηση και μια σταθερή συνεργασία τοπικών φορέων.

Πέρα από τους περιορισμούς στην ανάπτυξη, η περιοχή μελέτης παρουσιάζει και σημαντικές δυνατότητες για ανάπτυξη. Εκτός από το φυσικό και δομημένο περιβάλλον υψηλής αισθητικής αξίας, που μπορεί να προσελκύσει όχι μόνο τουρισμό αλλά (με την κατάλληλη αξιοποίηση) και την εγκατάσταση παραγωγικών δραστηριοτήτων και πόρων υψηλής ποιότητας, ο νομός παρουσιάζει με σειρά από πλεονεκτήματα που είναι η υπάρχουσα, αλλά και οι υπό δημιουργία, παραγωγικές υποδομές (π.χ. λιμάνι, ΒΙ.ΠΕ.), η αγορά σημαντικού μεγέθους που παρέχει η κεντροβαρική θέση του νομού στον ελλαδικό χώρο, τα χαρακτηριστικά της βιομηχανίας (υψηλή παρουσία κεφαλαιουχικών κλάδων, έμπειρο εργατικό δυναμικό με εργασιακή νοοτροπία και σημαντική εξειδίκευση κλπ) που ενισχύουν σημαντικά την ελκτικότητα της περιοχής και τις προοπτικές για ανάπτυξη, το νέο θεσμικό πλαίσιο για την Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση και την εμπειρία που διαθέτει η Τοπική Αυτοδιοίκηση σε θέματα ανάπτυξης και τέλος, η ανάπτυξη του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Αν και οι δυσμενείς παράγοντες είναι πολλοί και σημαντικοί, αφορούν στις περισσότερες περιπτώσεις το σύνολο της Ελληνικής Περιφέρειας και η αναφορά τους αποσκοπεί, κυρίως, στην κατανόηση του νέου περιβάλλοντος και των περιορισμών που προκύπτουν από αυτό για την χάραξη μιας ρεαλιστικής και ταυτόχρονα αποτελεσματικής στρατηγικής ανάπτυξης. Από την άλλη πλευρά, τα περισσότερα πλεονεκτήματα δεν είναι γενικά, αφορούν την ίδια την περιοχή μελέτης και πρέπει να αξιοποιηθούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Η στρατηγική ανάπτυξης που θα πρέπει να ακολουθηθεί από τον νομό θα πρέπει να αξιοποιεί πλήρως (αλλά και να διατηρεί μακροπρόθεσμα) τα υπάρχοντα

¹⁸ Λόγω των εγγενών αδυναμιών σχεδιασμού-προγραμματισμού και υλοποίησης προγραμμάτων του ευρύτερου Δημοσίου τομέα (Αναπτυξιακή Μελέτη Θεσσαλίας, 1995)

πλεονεκτήματα της περιοχής και αφετέρου να συμβάλλει στην δημιουργία νέων πλεονεκτημάτων¹⁹. Η στρατηγική στηρίζεται σε αυτά τα πλεονεκτήματα με στόχο:

- Την προσέλκυση ενός νέου κύματος επενδύσεων σε όλο το φάσμα των παραγωγικών δραστηριοτήτων
- Τον εμπλουτισμό και την διαφοροποίηση της παραγωγικής βάσης
- Την ενίσχυση των οικονομιών χωρικής συγκέντρωσης
- Την ενδογενή ανάπτυξη με την βελτίωση των συνθηκών λειτουργίας των υπάρχουσων επιχειρήσεων και την ενθάρυνση επιχειρηματικών πρωτοβουλιών από μικρούς και μεσαίους τοπικούς επιχειρηματίες
- Την ενεργητική δραστηριοποίηση της Νομαρχιακής και Τοπικής Αυτοδιοίκησης

Για την υλοποίηση των στόχων της στρατηγικής ανάπτυξης απαιτείται μια ολοκληρωμένη προσέγγιση και ενεργοποίηση σε πάμπολλους άξονες παρέμβασης σε τοπικό και κεντρικό επίπεδο. Με δεδομένο τον διαρθρωτικό χαρακτήρα της βιομηχανικής κρίσης, η βελτίωση του ευρύτερου μακροοικονομικού περιβάλλοντος ή η βελτίωση της απόδοσης του δημόσιου τομέα, δεν αρκούν για την ανατροπή της σημερινής κατάστασης. Εκείνο που απαιτείται είναι σαφείς άξονες δράσεις με υλοποιήσιμες πολιτικές, που απορρέουν από την ανάλυση των αναγκών, προτεραιοτήτων και δυνατοτήτων της περιοχής, συμβάλλου στη συνοχή και συνεργία των πολιτικών και μέτρων, στηρίζουν τα νέα και τα υπάρχοντα συγκριτικά πλεονεκτήματα της περιοχής και είναι οι εξής²⁰:

- Η προσέλκυση και η ενίσχυση νέων επενδύσεων, γιατί πρόποθέτει ευνοϊκό επιχειρηματικό περιβάλλον, ευνοϊκή θέση και μια σειρά άλλα χαρακτηριστικά του εργατικού δυναμικού (τεχνογνωσία, εξειδικεύσεις, παραγωγικότητα) και της τοπικής παραγωγικής βάσης
- Οι παρεμβάσεις στον τομέα των παραγωγικών και τεχνολογικών υποδομών, που θα συμβάλλουν στην αύξηση της αποτελεσματικότητας και ελκτικότητας του τοπικού παραγωγικού συμπλέγματος εξασφαλίζοντας εξωτερικές οικονομίες κλίμακας από την μεταφορά και την διάχυση της τεχνολογίας, την δημιουργία δικτύων διακίνησης προϊόντων, επιστημόνων και πληροφοριών και την βελτίωση της πρόσβασης των τοπικών επιχειρήσεων στις περιφερειακές και εθνικές αγορές (π.χ. λειτουργία Τεχνολογικού και Βιοτεχνικού Πάρκου Βόλου)
- Οι παρεμβάσεις στον τομέα εκσυγχρονισμού της παραγωγικής βάσης και βελτίωσης του επιχειρηματικού περιβάλλοντος όπως η αναδιάρθρωση των καλλιεργειών κυρίως σε περιοχές μονοκαλλιέργειας και σε ορεινούς και ημιορεινούς όγκους, με στόχο την διατήρηση του πληθυσμού, την επέκταση της ημικτατικής κτηνοτροφίας. Οσο αφορά την βιομηχανία, την διάσωση βιώσιμων

¹⁹ Α.χ. την ανάπτυξη του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και του Τεχνολογικού Πάρκου

²⁰ Σύμφωνα με την Αναπτυξιακή Μελέτη Μαγνησίας, 1995

βιομηχανικών μονάδων σε κρίση, καθώς και των υφιστάμενων εξειδικεύσεων και τεχνογνωσίας, την δημιουργική επαναξιοποίηση του αδρανούς βιομηχανικού κεφαλαίου της περιοχής και την ενίσχυση της ενδογενούς ανάπτυξης με την δημιουργία μηχανισμών υποστήριξης και μεταφοράς τεχνογνωσίας

- Οι παρεμβάσεις στον τομέα καταπολέμησης της διαρθρωτικής και μακροχρόνιας ανεργίας με την υλοποίηση προγραμμάτων ανέργων, την υλοποίηση προγραμμάτων υποστήριξης και ενίσχυσης δημιουργίας επιχειρήσεων από ομάδες ανέργων και την ένταξη μακροχρόνιων ανέργων στο κατασκευαστικό και κοινωνικό πρόγραμμα της Τοπικής και Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης
- Η προστασία επαπειλούμενων ανθρώπινων πόρων με την υιοθέτηση προγραμμάτων προστασίας ανθρώπινων πόρων (στην ίδια ακριβώς λογική με τα προγράμματα προστασίας του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων, αλλά για σαφώς σημαντικότερους λόγους)
- Οι παρεμβάσεις στον τομέα του θεσμικού πλαισίου ανάπτυξης, που θα επιτρέπει τομές στους μηχανισμούς παρέμβασης, θα μεγιστοποιεί τις δυνατότητες της τοπικής κοινωνίας, θα δημιουργεί ευρύτερες συγκλίσεις και συνενέσεις καθώς και να επιτρέπει την διεκδίκηση ανακατανομής ρόλων στην άσκηση πολιτικών ανάμεσα στο τοπικό και το κεντρικό επίπεδο²¹
- Οι παρεμβάσεις στον τομέα των τεχνικών και κοινωνικών υποδομών, με την ενίσχυση των οδικών, σιδηροδρομικών και θαλάσσιων μεταφορικών υποδομών της περιοχής μελέτης και η βελτίωση της σύνδεσης με το περιφερειακό, εθνικό και διεθνές δίκτυο μεταφορών. Επίσης, η βελτίωση του Νομαρχιακού δικτύου, των αστικών υποδομών (υδρευση, αποχέτευση, πολεοδομικές παρεμβάσεις και πράξεις εφαρμογής) και των κοινωνικών υποδομών (Νοσοκομείο, Εκπαίδευση, Αθλητισμός, Πολιτισμός).

2.12 Επίλογος – Συμπεράσματα

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω χαρακτηριστικά, που αποτελούν σημαντικά φυσικά και επίκτητα πλεονεκτήματα του νομού Μαγνησίας και τις ενδογενείς δυνατότητες προώθησης των αναπτυξιακών πολιτικών, μπορεί να υποστηριχτεί ότι οι προτεινόμενες πολιτικές, εφόσον υλοποιηθούν, θα έχουν μια σημαντική επίδραση στην ανάπτυξη της περιοχής μελέτης. Τα δύο στοιχεία που διαφοροποιούν θετικά την κατάσταση της υπαίθρου του νομού Μαγνησίας, σε σχέση με την αντίστοιχη μέση κατάσταση που χαρακτηρίζει την Ελλάδα είναι πρώτο, η ποικιλία των συστημάτων παραγωγής και η ποιότητα των προϊόντων, ως αποτέλεσμα, περισσότερο των γεωομορφολογικών και κλιματολογικών συνθηκών, παρά την υιοθέτηση της σύγχρονης τεχνογνωσίας σε όλη την αλυσίδα παραγωγής / εμπορίας. Δεύτερο, η ύπαρξη εναλλακτικών ή συμπληρωματικών δραστηριοτήτων

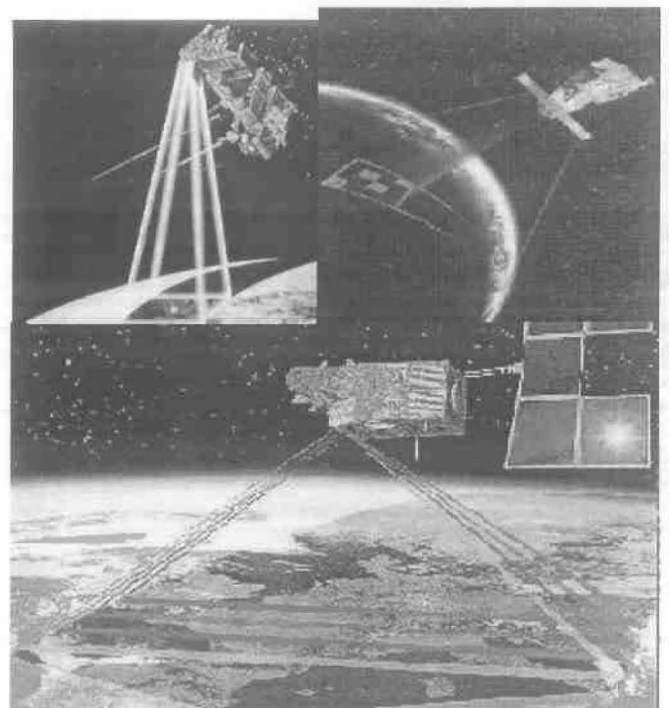
²¹ Π.χ. με την δημιουργία Αναπτυξιακού Φορέα σε Νομαρχιακό επίπεδο που θα έχει την κατάλληλη νομική υπόσταση για την διεκδίκηση ανακατανομής των ρόλων μεταξύ τοπικού και κεντρικού επιπέδου στο πλαίσιο ενός πιλοτικού προγράμματος μεταφοράς πόρων και αρμοδιοτήτων για άσκηση αναπτυξιακής πολιτικής σε τοπικό επίπεδο.

για την συνδυασμένη-ολοκληρωμένη ανάπτυξη γεωγραφικών ενοτήτων-περιοχών της υπαίθρου (τουρισμός, Β' κατοικία).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ



3.1 Εισαγωγικά

Η σύγχρονη Τηλεπισκόπηση έχει άμεσα συνδεθεί με την εξέλιξη και την ανάπτυξη των δορυφορικών συστημάτων. Η πρώτη προσπάθεια φωτογράφισης της Γης από κάποιο ύψος έγινε το 1891 από μια πατέντα του Ludwig Rahrman, που εκτόξευσε ένα πύραυλο με μια κάμερα κρεμασμένη επάνω του, σε μεγάλο ύψος και τον επανέφερε με αλεξίπτωτο. Η πραγματικά σύγχρονη Τηλεπισκόπηση ξεκίνησε στο τέλος του 2ου Παγκοσμίου Πολέμου, με την χρήση κάμερας επάνω στους πασίγνωστους πυραύλους V2. Με το πέρασμα του χρόνου, πάρα πολλές πτήσεις επιτεύχθηκαν με ρουκέτες, βαλλιστικούς πυραύλους, δορυφόρους και επανδρωμένα αεροσκάφη, για την παραγωγή φωτογραφιών που χρησιμοποιήθηκαν στην Τηλεπισκόπηση.

Τα σύγχρονα δορυφορικά συστήματα καταρχήν χρησιμοποιήθηκαν για μετεωρολογικούς σκοπούς. Ξεκίνησαν με τον δορυφόρο TIROS-1 το 1960, που παρείχε πληροφορίες για τα καιρικά φαινόμενα και την κίνηση των νεφών. Όμως, η επανάσταση στα δορυφορικά συστήματα επήλθε με τα διαστημικά προγράμματα κατά την διάρκεια της δεκαετίας του '60, Mercury, Gemini και Apollo, όπου επανδρωμένες πτήσεις έλαβαν σημαντικό αριθμό φωτογραφιών της Γης, συνήθως με κάμερα 35 mm. Έπειτα, τέθηκαν σε λειτουργία τα διαστημικά εργαστήρια Skylab και Space Shuttle από τις Η.Π.Α και Salut από την Ε.Σ.Σ.Δ. με την δυνατότητα λήψης σημαντικού αριθμού δορυφορικών φωτογραφιών. Τέλος, φτάσαμε στα σημερινά συστήματα υψηλής τεχνολογίας, όπου όλες οι επεξεργασίες των εικόνων, όπως και τα αποτελέσματα παράγονται με την χρήση Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και παρέχουν σημαντικές πληροφορίες στους τομείς που είναι εφαρμόσιμη η Τηλεπισκόπηση (βλ. παραπάνω, η έννοια της Τηλεπισκόπησης)

3.2 Είδη Δορυφορικών Συστημάτων

Τα δύο βασικά είδη δορυφορικών συστημάτων είναι οι μετεωρολογικοί δορυφόροι και αυτοί της καταγραφής των γήινων πόρων.

3.2.1 Μετεωρολογικοί Δορυφόροι

Η βασική διαφοροποίηση των μετεωρολογικών δορυφόρων είναι το μέγεθος της διακριτικής ικανότητας (resolution) που έχουν, σε σχέση με τους άλλους δορυφόρους, δηλαδή το μέγεθος του pixel (picture element: στοιχειώδες εικονίδιο από αυτά που αποτελείται μια ψηφιακή εικόνα). Αυτό βέβαια, δεν είναι απαραίτητα

και πλεονέκτημα καθώς αν και από την μία οι μετεωρολογικοί δορυφόροι έχουν μεγαλύτερη κάλυψη της γήινης επιφάνειας ανά εικόνα (μεγαλύτερο pixel), από την άλλη για περιοχές που χρειάζεται λεπτομερής εξέταση, δηλαδή μικρή διακριτική ικανότητα, δεν προτείνεται η χρήση τους.

Ένας μεγάλος αριθμός κρατών έχει εκτοξεύσει μετεωρολογικούς δορυφόρους διαφόρων τύπων, τροχιάς και ανίχνευτών, με πιο βασικούς αυτούς που έχουν εκτοξευτεί από τις Η.Π.Α., όπως τους δορυφόρους N.O.A.A. (National Oceanic and Atmospheric Administration), με τροχιές παρόμοιες με αυτές των δορυφόρων Landsat και Spot, τους δορυφόρους G.O.E.S. (Geostationary Operational Environmental Sattelite), που έχουν εκτοξευτεί υπό την αιγίδα της N.O.A.A. και αντίστοιχα από την Ευρώπη, την E.S.A (European Space Agency) με τους δορυφόρους METEOSAT 1 και 2 και από το πρόγραμμα EUMESAT, με τρεις δορυφόρους METEOSAT ακόμα (το 1988, 1989 και 1990 αντίστοιχα, με την βοήθεια του πυραύλου Αριάνη).

Το βασικό χαρακτηριστικό των δορυφόρων N.O.A.A. είναι το Εξελιγμένο Πολύ Υψηλής Συχνότητας Ραδιόμετρο (Advanced Very High Resolution Radiometer-AVHRR), που δίνει πληροφορίες στα κανάλια που αντιστοιχούν στο ορατό, στο εγγύς, το μεσαίο και θερμικό υπέρυθρο φάσμα, με διακριτική ικανότητα επί του εδάφους 1,1 Km (Κ. Περάκης, 1998).

3.2.2 Οι Δορυφόροι Ανίχνευσης Φυσικών Πόρων

3.2.2.1 Οι δορυφόροι Landsat

Ο πρώτος από τους δορυφόρους Landsat αποτέλεσε το πρώτο δορυφορικό σύστημα που σχεδιάστηκε ειδικά ειδικά για την παραγωγή πληροφορίας, όσο αφορά την ανίχνευση φυσικών πόρων στην επιφάνεια της Γης, σε μια συστηματική, επαναλαμβανομένη βάση, με μεσαίου τύπου πολυφασματική διακριτική ικανότητα (Lillesand & Keifer, 1993). Η ιδέα προήλθε από το Υπουργείο Εσωτερικών των Η.Π.Α., σε συνεργασία με την N.A.S.A (National Aeronautics and Space Administration), ανέπτυξαν και εκτόξευσαν τον πρώτο δορυφόρο ανίχνευσης και καταγραφής φυσικών



Εικόνα 3.1 Ο δορυφόρος Landsat (πηγή:www.nasda.com)

πόρων, ιδιαίτερα λόγω της ανάγκης των επιστημόνων για έρευνα σε αυτό το πεδίο. Στις 23 Ιουλίου 1972, η Ν.Α.Σ.Α εκτόξευσε τον δορυφόρο **ERTS-1** (Earth Resources Technology Sattelite), που έπειτα μετονομάστηκε σε Landsat 1, λειτουργώντας και στέλνοντας πληροφορία για πάνω από 5 χρόνια, καθώς η λειτουργία το παύθηκε τον Ιανουάριο του 1978. Ο δεύτερος, στην σειρά δορυφόρος (Landsat 2), εκτοξεύτηκε το 1975 για να ακολουθήσουν τρεις ακόμα της ίδιας σειράς, τους Landsat 3, 4, και 5, που εκτοξεύτηκαν το 1978, το 1982 και το 1984 αντίστοιχα. Καθένα από αυτά τα επιτυχημένα δορυφορικά συστήματα ανέπτυξε συνεχώς τις δυνατότητες ανίχνευσης και επικοινωνίας. Το 1993, απέτυχε κατά την εκτόξευσή του ο έκτος δορυφόρος της σειράς Landsat 6 μεταφέροντας έναν Ενισχυμένο Θεματικό Χαρτογράφο (Enhanced Thematic Mapper-ETM), που θα αναφερθούμε εκτενέστερα παρακάτω. Ο έβδομος δορυφόρος Landsat 7, που αναμένεται να εκτοξευτεί τα επόμενα χρόνια, έπειτα από πολλές δοκιμές, λόγω της αποτυχίας του προηγούμενου, θα βρίσκεται κάτω από την αιγίδα της Ν.Α.Σ.Α και του Υπουργείου Αμύνης των Η.Π.Α., με σκοπό την ικανοποίηση των αναγκών για αμυντικούς και για ιδιωτικούς σκοπούς. Μαζί με τον Landsat 5 θα είναι οι μόνοι που θα βρίσκονται σε λειτουργία, με βασικούς ανιχνευτές τον **Ενισχυμένο Θεματικό Χαρτογράφο** + (Enhanced Thematic Mapper Plus-ETM+) και τον Υψηλής Διακριτικής Ικανότητας **Πολυφασματικό Στερεογράφο** (High Resolution Multispectral Stereo Imager-HRMSI).

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των έξι αποστολών Landsat με τους ανιχνευτές και τις τροχιές τους.

Πίνακας 3.1 Χαρακτηριστικά των μέχρι τώρα αποστολών Landsat

Δορυφόρος	Εκτόξευση	Παύση Λειτουργίας	RBV Μπάντες	MSS Μπάντες	TM Μπάντες	Τροχιά
Landsat-1	23-07-1972	06-01-1978	1,2,3	4,5,6,7	Καμία	18 ημ / 900 Χλμ
Landsat-2	22-01-1975	25-02-1982	1,2,3	4,5,6,7	Καμία	18 ημ / 900 Χλμ
Landsat-3	05-03-1978	31-03-1983	A,B,C,D	4,5,6,7, 8α	Καμία	18 ημ / 900 Χλμ
Landsat-4	16-07-1982	12-09-1989	Καμία	1,2,3,4	1,2,3,4,5, 6,7	16 ημ / 705 Χλμ
Landsat-5	01-03-1984	-	Καμία	1,2,3,4	1,2,3,4,5, 6,7	16 ημ / 705 Χλμ
Landsat-6	05-10-1993	Αποτυχία κατά την εκτόξευση	Καμία	Καμία	1,2,3,4,5, 6,7 και 8 (πανχρω ματική)	16 ημ / 705 Χλμ

Πηγή: Lillesand & Keifer, 1994

Επειδή οι τρεις πρώτες αποστολές έχουν πάψει πια να λειτουργούν, δεν χρειάζεται να αναφερθούν εκτενέστερα τα χαρακτηριστικά τους. Γι αυτό τον λόγο, αναφερόμαστε στα βασικά χαρακτηριστικά του Landsat 5, που βρίσκεται ακόμα σε λειτουργία, και είναι ο Πολυφασματικός Σαρωτής (MultiSpectral Scanner-MSS) και ο Θεματικός Χαρτογράφος (Thematic Mapper-TM). Ο πρώτος, που από εδώ και πέρα για συντομία θα αναφέρεται ως MSS, είναι ο ίδιος που χρησιμοποιήθηκε στις προηγούμενες αποστολές, μόνο που η διακριτική του ικανότητα (resolution) έχει αυξηθεί από τα 82 μέτρα στα 79 μέτρα ανά ρixel και έχει τέσσερα φασματικά κανάλια (bands), για την συλλογή πληροφοριών.

Οι διαφορές του από τον δεύτερο, που εν συντομία θα αναφέρεται ως TM, είναι αρκετές, με σημαντικότερες τις εξής:

1. Στον TM, η συλλογή της πληροφορίας γίνεται σε 7 φασματικά κανάλια αντί για 4 του MSS, καθώς έχουν προστεθεί το ορατό (μπλε), το μεσαίο υπέρυθρο και το θερμικό.
2. Η ψηφιακή πληροφορία συλλέγεται σε 256 στάθμες πυκνότητας-λαμπρότητας (Αστάρας, 1995) και σε 8 bit, αντίθετα με τον MSS που έχει 64 στάθμες σε 6 bits.
3. Η διακριτική ικανότητα του TM είναι 30 μέτρα (για το 6^ο θερμικό κανάλι είναι 120 μέτρα) ενώ, αντίστοιχα, για τον MSS είναι 79 μέτρα. Αυτό δείχνει μια μείωση στην γραμμική απεικόνιση της επιφάνειας του ρixel περίπου κατά 2,6 φορές ή μια μείωση στην επιφάνεια της διακριτικής ικανότητας περίπου κατά 7 φορές (Lillesand & Keifer, 1994).

Οι εικόνες από τον TM, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό εφαρμογών από τον MSS, λόγω των παραπάνω διαφορών. Ο μεγάλος αριθμός των καναλιών, όπως και η μεγάλη διακριτική ικανότητα καθιστούν τον TM ικανό για τις περισσότερες από τις εφαρμογές της Τηλεπισκόπησης, ενώ αντίστοιχα, ο MSS, λόγω κυρίως του μεγάλου ρixel, είναι ικανός για εφαρμογές γεωλογικού περιεχομένου.

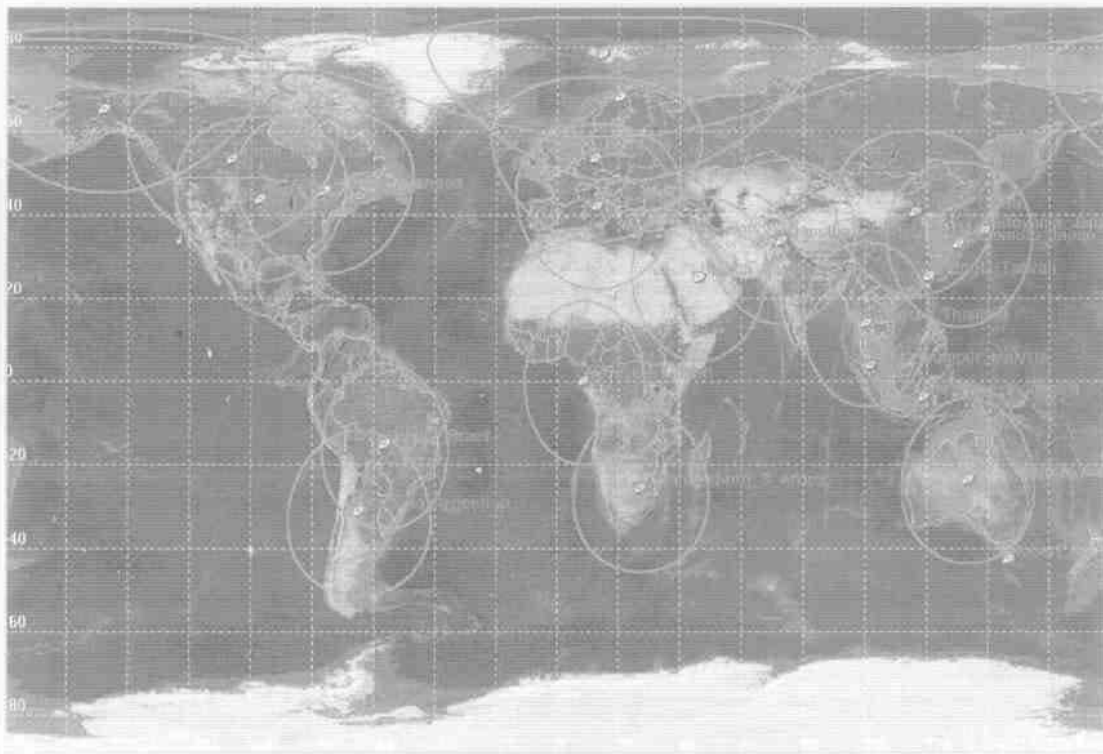
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η διαφοροποίηση του δορυφόρου Landsat 6 από τους προηγούμενους ήταν ο Ενισχυμένος Θεματικός Χαρτογράφος, εν συντομία ETM. Το μεγάλο πλεονέκτημα του ETM ήταν ότι, εκτός από τα 7 φασματικά κανάλια, με την ίδια διακριτική ικανότητα του TM, προσθέτονταν ένα 8^ο κανάλι, το «πανχρωματικό», με διακριτική ικανότητα 15 μέτρα και μετάδοση πληροφορίας σε 9 bit, και όχι 8 bit που είχε ο TM. Βέβαια, τα πλεονεκτήματα αυτά, δεν έγιναν ποτέ εφικτά καθώς ο δορυφόρος προσέκρουσε στο έδαφος κατά την εκτόξευσή του το 1993.

Τέλος, όσο αφορά την σχεδιαζόμενη αποστολή του Landsat 7²², τα βασικά του πλεονεκτήματα (βλ. παραπάνω) είναι ο Ενισχυμένος Θεματικός Χαρτογράφος +,

²² Η εκτόξευση του αναβλήθηκε για τον Μάρτιο του 1999.

εν συντομία ETM+ και το Υψηλής Διακριτικής Ικανότητας Πολυφασματικό Στερεοσκόπιο, εν συντομία HRMSI. Η βασική διαφοροποίηση του ETM+, σε σχέση με τον προηγούμενο ETM είναι ότι, ο ETM+ θα περιλαμβάνει τα ίδια 8 κανάλια (με την προσθήκη του πανχρωματικού) αλλά, το θερμικό του κανάλι θα έχει διακριτική ικανότητα 60 μέτρων. Επίσης, η πληροφορία θα μπορεί να στέλνεται στους επίγειους σταθμούς με τρεις διαφορετικούς τρόπους: απευθείας, μέσω του Συστήματος Ανίχνευσης και Αναμετάδοσης Πληροφορίας (Tracking and Data Relay Satellite System-TDRSS) ή μπορεί να αποθηκευτεί και να το μεταδίδει αργότερα. Λόγω του γεγονότος ότι ο σταθμός περιέχει και GPS (Global Positioning System), διαδοχικές γεωμετρικές διαδικασίες της πληροφορίας θα διευκολυνθούν.

Όσο αφορά το HRSMI, θα έχει σημαντική λειτουργία ως ανιχνευτής καθώς έχει σχεδιαστεί να περιέχει ένα «πανχρωματικό» κανάλι με διακριτική ικανότητα 5 μέτρων και τέσσερα πολυφασματικά κανάλια με αντίστοιχη διακριτική ικανότητα 10 μέτρων. Στην παρακάτω εικόνα 3.2 παρουσιάζεται η γεωγραφική κάλυψη του Landsat 7 ως προς τους επίγειους σταθμούς.



Εικόνα 3.2 Γεωγραφική κάλυψη Landsat 7 (πηγή www.noaa.gov)

Τελειώνοντας την περιγραφή των δορυφόρων Landsat, κρίθηκε σκόπιμο να τονισθούν ορισμένα χαρακτηριστικά των εικόνων τους, τα οποία δίνουν μια υπεροχή απέναντι στις «συμβατικές» αεροφωτογραφίες (κυρίως τις ασπρόμαυρες πανχρωματικές, που χορηγούνται στην χώρα μας από την Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού και άλλους κρατικούς οργανισμούς). Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι τα εξής (Αστάρας, 1995):

- Η **συνοπτική (εκτεταμένη) κάλυψη** (synoptic view) περιοχής της επιφάνειας της Γης εκτάσεως 185 x 185 χιλιομέτρων.
- Η **επαναλαμβανόμενη κάλυψη** (καταγραφή) της παραπάνω περιοχής ανά 8 ημέρες (συνδιασμός των Landsat 4 και 5) και ανά 18 ημέρες στο παρελθόν (Landsat 1-3).
- Η σχεδόν **ορθογραφική προβολή των εικόνων** και
- Η **πολυφασματική ικανότητα** των εικόνων Landsat

Το μόνο μειονέκτημα των εικόνων Landsat είναι η απουσία της στερεοσκοπικής κάλυψης στις εικόνες (αυτή υπάρχει μόνο στα περιθώρια των εικόνων, λόγω πλευρικών επικαλύψεων), κάτι που θα εξασφαλιστεί με το HMRSI της αποστολής Landsat 7.

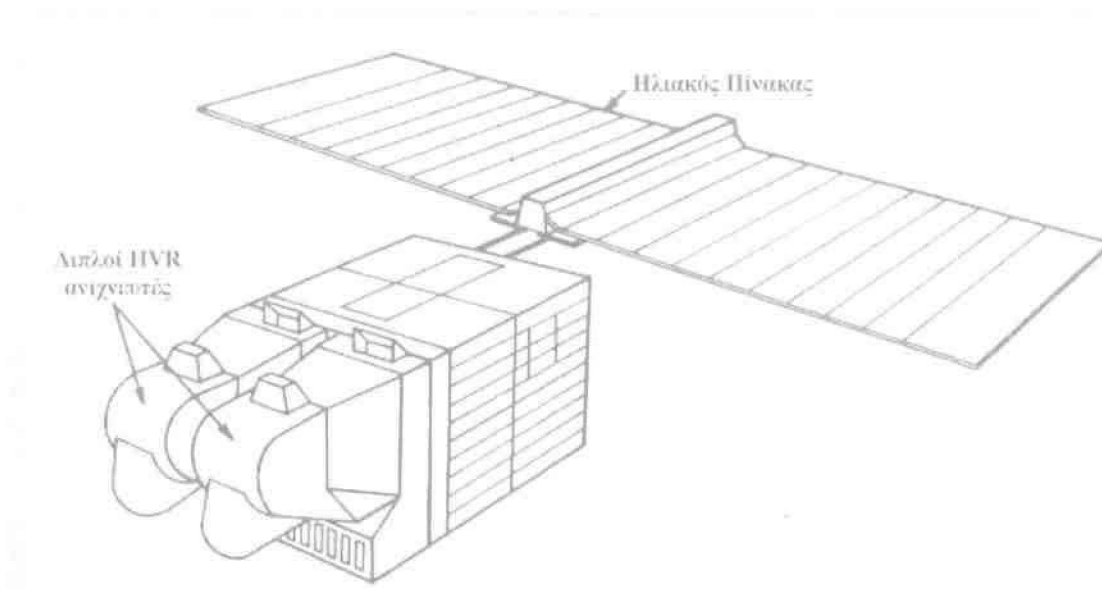
3.2.2.2 Οι δορυφόροι SPOT

Στις αρχές του 1978, η Γαλλική Κυβέρνηση αποφάσισε να χρηματοδοτήσει την ανάπτυξη του Συστήματος Παρατήρησης της Γης (Systeme Pour l'Observation de la Terre) ή πιο απλά του προγράμματος SPOT. Μετά από λίγο καιρό, το Βέλγιο και η Σουηδία αποφάσισαν να συμμετέχουν στο πρόγραμμα με σκοπό την εκτόξευση του πρώτου δορυφόρου της σειράς SPOT.

Η κατασκευή και η διαχείριση των δορυφόρων SPOT έγινε από το Εθνικό Κέντρο Διαστημικών Επιστημών της Γαλλίας (French Centre National d'Etudes Spatiales, CNES) που ανέπτυξε ένα διεθνές πρόγραμμα με ένα δίκτυο επιγείων σταθμών καταγραφής και επεξεργασίας της πληροφορίας σε πάνω από 30 χώρες. Ο πρώτος δορυφόρος του προγράμματος, SPOT 1, εκτοξεύτηκε στις 21 Φεβρουαρίου 1986, σε ένα πύραυλο Αριάνη. Ο δορυφόρος αυτός ξεκίνησε με νέα σελίδα στην δορυφορική Τηλεπισκόπηση καθώς ήταν το πρώτο δορυφορικό σύστημα ανίχνευσης πλουτοπαραγωγικών πηγών που περιλάμβανε έναν γραμμικό ανιχνευτή σε μορφή πίνακα με νέες τεχνικές ανίχνευσης. Η λειτουργία του διακόπηκε στις 31 Δεκεμβρίου του 1990²³. Ο δορυφόρος SPOT 2 εκτοξεύτηκε στις 21 Ιανουαρίου 1990 και ο SPOT 3 στις 25 Σεπτεμβρίου 1993. Και οι τρεις δορυφόροι είχαν παρόμοιες τροχιές και ανιχνευτές, που περιγράφονται παρακάτω.

Όπως και οι δορυφόροι Landsat, οι SPOT 1, 2 και 3 έχουν ηλιοσύγχρονη, περίπου κυκλική τροχιά και πετούν σε ύψος 832 χιλιομέτρων. Η τροχιά τους επαναλαμβάνεται κάθε 26 ημέρες, δηλαδή κάθε σημείο της γήινης επιφάνειας μπορεί να επαναποτυπωθεί με αυτή την συχνότητα. Η σχηματική απεικόνιση των παρατηρητηρίων των τριών δορυφόρων φαίνεται παρακάτω. Το σύστημα ζυγίζει περίπου 1750 κιλά και είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε, να μπορούν να γίνουν αλλαγές στον τύπο των ανιχνευτών που μεταφέρει.

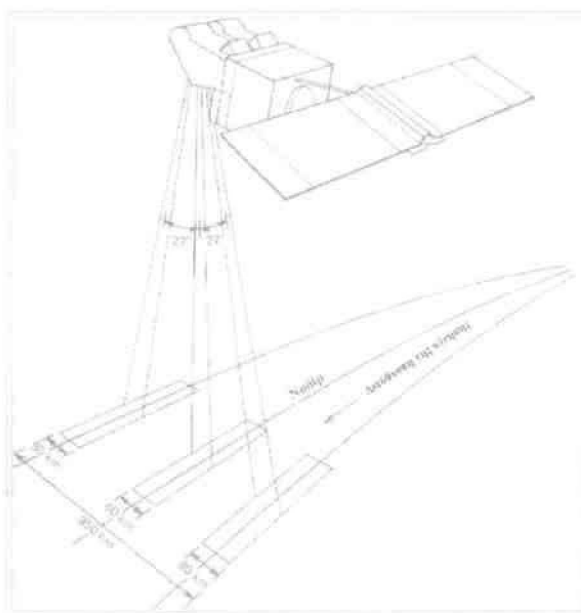
²³ Όχι ολοκληρωτικά, αφού χρησιμοποιήθηκε ως λύση ανάγκης



Εικόνα 3.3 Διαμόρφωση των παρατηρητηρίων του SPOT (πηγή: Lillesand & Keifer, 1994)

Οι βασικοί ανιχνευτές είναι δυο πανομοιότυπα Υψηλής Ορατής Διακριτικής Ικανότητας (High Resolution Visible, HRV) συστήματα με βοηθητικούς μαγνητικούς καταγραφείς. Κάθε ένα από αυτά τα συστήματα, που εν συντομία θα αναφέρονται ως HRV, έχει σχεδιαστεί να περιέχει δύο είδη φασματικών καναλιών:

ένα «πανχρωματικό» φασματικό κανάλι με διακριτική ικανότητα 10 μέτρων και τρία «πολυφασματικά» κανάλια με διακριτική ικανότητα 20 μέτρων. Το σύστημα περιλαμβάνει μια ανίχνευση «εν κινήσει», χωρίς ξεχωριστούς ανιχνευτές, καθώς ο ηλιακός πίνακας είναι ενιαίος. Το χαρακτηριστικό αυτό, αυξάνει την ζωή του συστήματος και μειώνει την πιθανότητα γεωμετρικού σφάλματος από την ανίχνευση. Σημαντικό πλεονέκτημα είναι και η δυνατότητα λήψης ζεύγους στερεοσκοπικών φωτογραφιών²⁴ λόγω της δυνατότητας του συστήματος να φωτογραφίζει off nadir²⁵ (βλ. εικόνα



Εικόνα 3.4 Εύρος κάλυψης του SPOT (πηγή: Lillesand & Keifer, 1994)

3.4). Πρέπει να καταστεί σαφές ότι ο δορυφόροι SPOT 1, 2 και 3 παρέχουν ένα

²⁴ εικόνες από την ίδια περιοχή που καταγράφονται σε διαφορετικά δορυφορικά τμήματα και μπορούν να φανούν σε στερεοσκοπική μορφή.

²⁵ Η ικανότητα των δεκτών (κατόπτρων) του να περιστρέφονται μέχρι 27 από Ανατολή προς Δύση, γύρω από κατακόρυφο άξονα. Η κίνηση αυτή του σαρωτή προσφέρει την δυνατότητα σάρωσης ενός γήινου στόχου από πολλές οπτικές γωνίες (βλ. και εικόνα 4)

σημαντικό εύρος στον τρόπο απόδοσης της εικόνας και στον φασματικό τρόπο λειτουργίας. Η κάθε παρατήρηση, σε όποια συχνότητα γίνεται, καταγράφεται στον κεντρικό υπολογιστή του επιγείου σταθμού της Toulouse, όταν ο δορυφόρος βρίσκεται στο πεδίο παρατήρησης. Η συχνότητα λειτουργίας για κάθε HRV καταγράφεται ανεξάρτητα και περιέχει τις γωνίες κλίσεως των ανιχνευτών, την φασματική απόδοση (πανχρωματική ή πολυφασματική), τον χρόνο που συλλέχθηκε η πληροφορία και τον τύπο μετάδοσης της. Συνήθως, η πληροφορία μεταδίδεται απευθείας όταν ο δορυφόρος βρίσκεται στην ακτίνα κάλυψης του επίγειου σταθμού (περίπου 2600 χιλιόμετρα γύρω από τον σταθμό).

Όπως και στην περίπτωση των δορυφόρων Landsat, το πρόγραμμα SPOT έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να παρέχει συνεχόμενη πληροφορία για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα, λόγω κυρίως του μεγάλου αριθμού δορυφόρων που έχουν εκτοξευτεί. Για αυτό τον σκοπό, ένας σημαντικός αριθμός αλλαγών προτείνονται για τον SPOT 4 όπως, η πρόσθεση ενός φασματικού καναλιού με διακριτική ικανότητα 20 μέτρων στο εγγύς υπέρυθρο του φάσματος, που θα παρέχει σημαντικές πληροφορίες για την βλάστηση. Επίσης, η σύμπτωση²⁶ του 20μετρου με το 10μετρο κανάλι θα μπορεί να γίνεται μέσα στο δορυφορικό σύστημα, αντί να επεξεργάζεται στο σταθμό εδάφους²⁷. Μία άλλη αλλαγή στον SPOT 4, που ετοιμάζεται να πετάξει μέσα στο 1998, είναι ο ανιχνευτής Παρατηρησης Βλάστησης (Vegetation Monitoring Instrument, VMI), που θα χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο αριθμό εφαρμογών όπου η κάλυψη μεγάλης εκτάσεως είναι το βασικό ζήτημα καθώς το εύρος κάλυψης του είναι 2000 χιλιόμετρα (με διακριτική ικανότητα 1 χιλιόμετρο) σε τέσσερα φασματικά κανάλια. Τέλος, ο σχεδιασμός για την αποστολή του SPOT έχει αρχίσει, με βασικό σκοπό την δημιουργία ενός φασματικού καναλιού με διακριτική ικανότητα 5 μέτρων και δυνατότητα λήψεως και στερεοσκοπικών εικόνων.

3.3 Η λειτουργία των Δορυφορικών Συστημάτων στην παρούσα εργασία

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούνται ως δεδομένα τέσσερις δορυφορικές εικόνες, τρεις από τον δορυφόρο Landsat μία από τον δορυφόρο SPOT. Οι εικόνες αυτές ελήφθησαν χωρίς να βρίσκονται σε συγκεκριμένο σύστημα συντεταγμένων (plane system) και έπειτα από επεξεργασία, ανορθώθηκαν στο ελληνικό σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87 (βλ. επόμενο κεφάλαιο). Τα χαρακτηριστικά των δορυφορικών εικόνων που θα επεξεργαστούν και οι ημερομηνίες που ελήφθησαν παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

²⁶ Η έννοια της σύμπτωσης θα αναφερθεί σε παρακάτω κεφάλαιο

²⁷ Αυτό θα πραγματοποιηθεί με την αντικατάσταση του πανχρωματικού καναλιού των SPOT1,2,3 με το κανάλι αυτών των δορυφόρων που βρίσκεται σε μήκος κύματος πιο κοντά στο κόκκινο χρώμα. Το κανάλι αυτό θα παράγει και 10μετρες ασπρόμαυρες εικόνες και 20μετρη φασματική πληροφορία

Πίνακας 3.2 Χαρακτηριστικά και ημερομηνίες λήψεως εικόνων που θα χρησιμοποιηθούν

Δορυφόρος	Ημερομηνία Λήψεως	Path/Row
Landsat	22/05/1986	183 – 33
Landsat	03/07/1993	184 – 33
Landsat	14/07/1997	183 – 33 & 184 – 33
SPOT	1993	

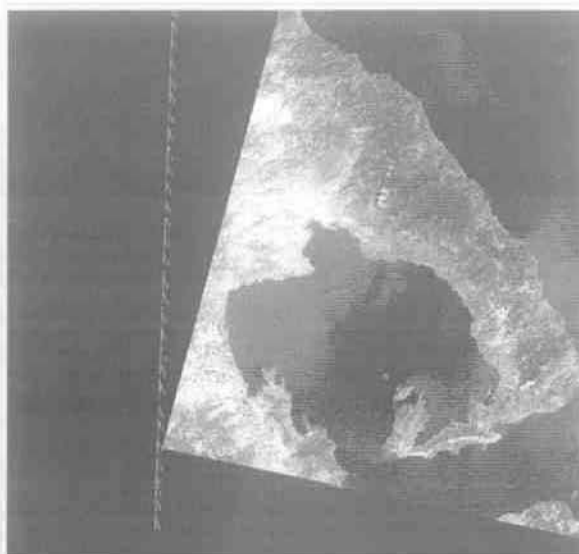
Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

Παρόλο που η χρησιμότητα των συγκεκριμένων δορυφορικών εικόνων είναι πολύ σημαντική, παρουσιάζουν ορισμένα προβλήματα που καθιστούν την εργασία προβληματική σε διάφορους τομείς (π.χ. ταξινομήσεις). Τα προβλήματα αυτά είναι τα εξής:

- Ενώ η δορυφορική εικόνα Landsat του 1986 περιέχει στο σύνολό της την χερσόνησο της Μαγνησίας και τις Β.Σποράδες, δεν συμβαίνει το ίδιο και στις εικόνες του 1993 και του 1997 του δορυφόρου, όπως και σε αυτήν του δορυφόρου SPOT. καθώς μεγάλο τμήμα της χερσονήσου της Μαγνησίας και οι Σποράδες, δεν εμφανίζονται λόγω της σάρωσης του δορυφόρου την συγκεκριμένη ημερομηνία. Έτσι, η διαδικασία των ταξινομήσεων θα γίνει λαμβάνοντας υπόψη το κοινό τμήμα των εικόνων, δηλαδή το παράθυρο της εικόνας του 1993, που είναι και η μικρότερου μεγέθους εικόνα που παρουσιάζεται.
- Αν και η εικόνα του 1986 είναι αυτή που περιλαμβάνει ολόκληρη την χερσόνησο της Μαγνησίας και τις Β. Σποράδες, η νεφοκάλυψη, που κυμαίνεται στο επίπεδο του 10%, δεν επιτρέπει την εξέταση ορισμένων περιοχών (βλ. εικόνα παρακάτω), με αποτέλεσμα απο την μία να μην έχουμε αποτελέσματα για τις περιοχές αυτές και από την άλλη, να θεωρείται η νεφοκάλυψη ως κάλυψη γης!. Τέτοιου είδους πρόβλημα δεν παρουσιάζεται στις εικόνες του 1993 και του 1997.

Οι παρακάτω εικόνες είναι οι εικόνες που θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα εργασία. Σημειωτέον, οι εικόνες δεν παρουσιάζονται έτσι όπως ελήφθησαν, αλλά έχουν ανορθωθεί στο ελληνικό σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87 με την διαδικασία της γεωμετρικής διόρθωσης που θα αναφερθεί σε παρακάτω κεφάλαιο. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η δορυφορική εικόνα SPOT του 1993 και είναι και η μόνη που δεν θα χρησιμοποιηθεί στις ταξινομήσεις και παρακάτω οι δορυφορικές εικόνες Landsat του 1986, 1993 και 1997 αντίστοιχα.

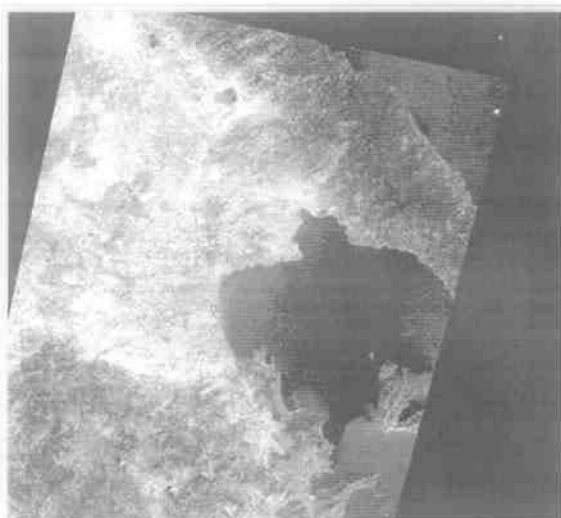
Επειδή για τον δορυφόρο SPOT δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα πέρα της δορυφορικής εικόνας του 1993, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην διαδικασία των ταξινομήσεων και των διαχρονικών αλλαγών λόγω του γεγονότος ότι αφενός, δεν υπάρχει κάποια άλλη ημερομηνία διαθέσιμη για την σύγκριση, αφετέρου το «κοινό παράθυρο» με την μικρότερη εικόνα του Landsat (1993) είναι τόσο μικρό που δεν επιτρέπει την εξαγωγή



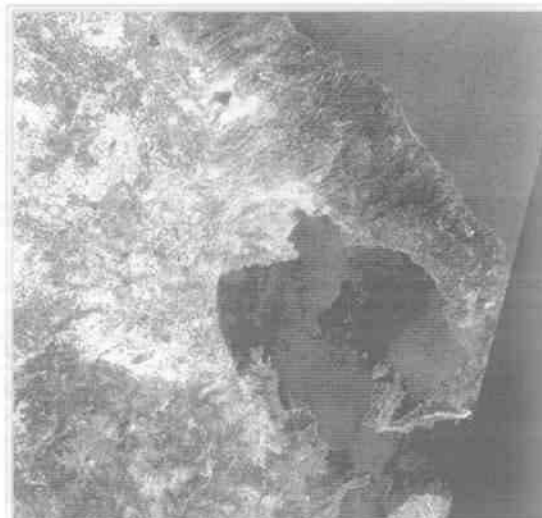
Εικόνα 3.5 Η δορυφορική εικόνα SPOT του 1993



Εικόνα 3.6 Η δορυφορική εικόνα Landsat του 1986



Εικόνα 3.7 Η δορυφορική εικόνα Landsat του 1993



Εικόνα 3.8 Η δορυφορική εικόνα Landsat του 1997

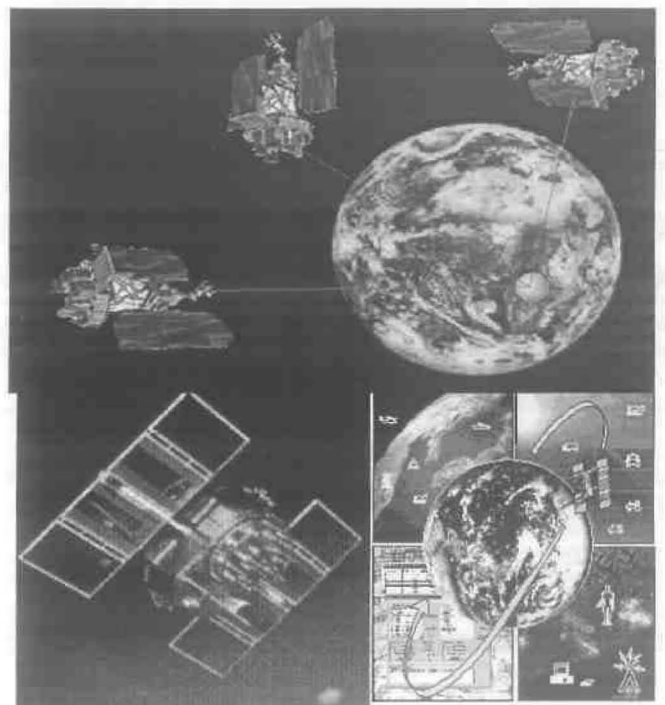
ασφαλών συμπερασμάτων. Γι αυτό τον λόγο, από εδώ και πέρα, εκτός από την σύμπτωση των δορυφορικών εικόνων του Landsat και του SPOT, η δορυφορική εικόνα του SPOT, δεν θα χρησιμοποιηθεί σε κανένα άλλο σημείο της παρούσας εργασίας.

3.4 Επίλογος – Συμπεράσματα

Απ' ότι φάνηκε και παραπάνω, χάρις την εξέλιξη και την ανάπτυξη των δορυφορικών συστημάτων, ουσιαστικά γεννήθηκε η δορυφορική τηλεπισκόπηση. Τα τελευταία χρόνια, με την δημιουργία νέων τεχνολογιών και την εξέλιξη της υπάρχουσας, η δορυφορική τηλεπισκόπηση έχει αρχίσει να εφαρμόζεται και σε τομείς που πριν μερικά χρόνια θα ήταν αδιανόητο ότι θα μπορούσε να εφαρμοστεί, για παράδειγμα σε μικροχωροταξικές και πολεοδομικές εφαρμογές, με την χρήση δορυφορικών συστημάτων που παρέχουν πολύ μεγάλη διακριτική ικανότητα, η οποία μπορεί να φτάσει μέχρι και το ένα μέτρο (δορυφόροι IKONOS και Carterra I-PSM, της εταιρείας Space Imaging). Βέβαια, το κόστος παροχής τέτοιου είδους υπηρεσιών είναι αρκετά σημαντικό αλλά ελπίζεται ότι, με την πάροδο του χρόνου, τέτοιου είδους δορυφορικές εικόνες θα είναι πιο βατές, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μεγαλύτερο πλήθος εφαρμογών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 40

ΤΟ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΘΕΣΕΩΣ (G.P.S.)



4.1 Εισαγωγικά

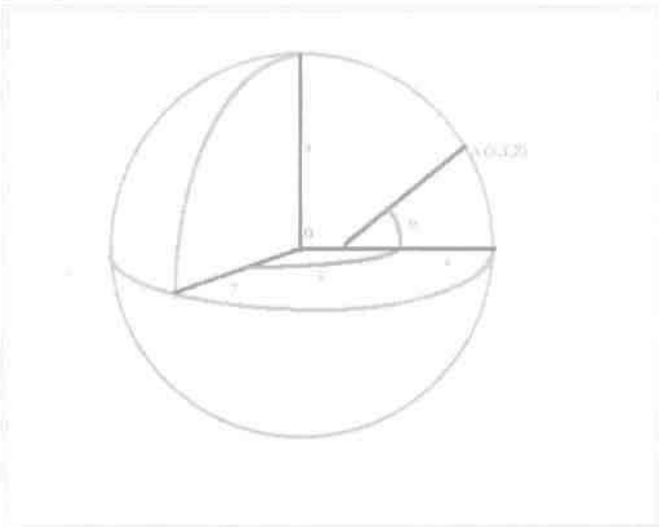
Η τεχνολογία των συστημάτων εντοπισμού θέσεως (Global Positioning System, εν συντομία G.P.S.) έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο, από καθημερινές εφαρμογές (λ.χ. έλεγχος κίνησης αεροπλάνων, πλοίων ακόμα και αυτοκινήτων) έως πολύπλοκες εφαρμογές υψηλής τεχνολογίας (παραμορφώσεις τεχνικών έργων). Στο κεφάλαιο αυτό, πριν αναφερθούν τα γενικά στοιχεία των συστημάτων G.P.S. και το πού χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία, παραθέεται μια εκτενής αναφορά στα γεωδαιτικά και προβολικά συστήματα αναφοράς και την κατάσταση που επικρατεί στον ελληνικό χώρο. Τελειώνοντας, πρέπει να τονισθεί η σημασία των συστημάτων G.P.S. στην παρούσα εργασία καθώς, χωρίς την χρήση τους θα παρουσιάζονταν προβλήματα σε βασικά τμήματα της εργασίας, όπως π.χ. στον έλεγχο των ταξινομήσεων.

4.2 Γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς

Τα διάφορα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς ή Datum ορίζουν με διαφορετικούς τρόπους το σχήμα και το μέγεθος της Γης. Η θέση ενός σημείου στον χώρο μπορεί να ορισθεί ως προς ένα τέτοιο σύστημα αναφοράς από την προβολή του πάνω σε αυτό και το μήκος της προβάλλουσας, που είναι η γραμμή με γνωστή διεύθυνση ως προς την επιφάνεια αναφοράς (π.χ. κάθετη). Η προβολή του σημείου πάνω στην επιφάνεια ορίζεται από τις συντεταγμένες του που αναφέρονται σε ένα καθορισμένο σύστημα αξόνων.

Μέχρι τώρα, έχουν χρησιμοποιηθεί εκατοντάδες διαφορετικά Datum για την γήινη σφαίρα ή τοπικά σε διάφορα κράτη. Σήμερα, τα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς μπορεί να είναι από

επίπεδες επιφάνειες για μικρής έκτασης τοπογραφικές εργασίες μέχρι σύνθετα συστήματα που καλύπτουν ολόκληρη την Γη και περιγράφουν το μέγεθος και την



Εικόνα 4.1 Συντεταγμένες στο γήινο ελλειψοειδές

μορφή της, καθώς και άλλα στοιχεία, όπως το πεδίο της γήινης βαρύτητας και την γωνιώδη ταχύτητα περιστροφής της Γης.

Για την μελέτη του ακριβούς σχήματος της Γης, ορίζεται μια επιφάνεια απαλλαγμένη κατά το δυνατό από τις επιδράσεις των ανωμαλιών του αναγλύφου²⁸. Η επιφάνεια αυτή ονομάζεται γεωειδές (Geoid) και είναι επιφάνεια πολύπλοκη, και η οποία δεν μπορεί να αναπαρασταθεί με κάποιες απλές μαθηματικές εκφράσεις. Για τον προσδιορισμό του γεωειδούς χρησιμοποιούνται γεωδαιτικές μετρήσεις, μετρήσεις GPS, μετρήσεις του πεδίου της γήινης βαρύτητας και αστρονομικές παρατηρήσεις.

Το γεωειδές δεν ανήκει σε καμιά από τις γνωστές μαθηματικές επιφάνειες, ούτε είναι δύνατη η εκτέλεση υπολογισμών πάνω σε αυτό, ώστε να καθορίζονται οι συντεταγμένες των προβολών των σημείων. Έτσι, η επιφάνεια του γεωειδούς πρέπει να αντικατασταθεί από κάποια άλλη επιφάνεια με εντελώς καθορισμένη μαθηματική έκφραση. Τετοιες επιφάνειες είναι το οριζόντιο επίπεδο (για περιορισμένα τμήματα της γήινης επιφάνειας), η γήινη σφαίρα (για μεγαλύτερα τμήματα της γήινης επιφάνειας, όταν το επιτρέπει η απαιτούμενη ακρίβεια) και το ελλειψοειδές εκ περιστροφής που είναι πεπλατυσμένο στους πόλους, έχει για κέντρο το κέντρο μάζας της Γης και ο άξονας περιστροφής του συμπίπτει περίπου με τον άξονα περιστροφής της. Αυτό το ελλειψοειδές ονομάζεται **γήινο ελλειψοειδές**. Η θέση ενός σημείου πάνω στο γήινο ελλειψοειδές μπορεί να οριστεί από τις **καρτεσιανές συντεταγμένες** του X, Y, Z ως προς ένα τρισσορθωγώνιο σύστημα αξόνων $Oxyz$, όπου η αρχή O συμπίπτει με το γεώκεντρο, ο άξονας Oz με τον άξονα περιστροφής του ελλειψοειδούς και οι άξονες Ox και Oy κείτονται επάνω στο ισημερινό επίπεδο (βλ. εικόνα παραπάνω). Η θέση ενός σημείου μπορεί να προσδιοριστεί με τις **ελλειψοειδείς ή γεωδαιτικές συντεταγμένες** του που είναι το **πλάτος φ** και το **μήκος λ** .

Το πλάτος φ ενός σημείου A πάνω στην επιφάνεια του γήινου ελλειψοειδούς είναι η γωνία που σχηματίζεται, από την κάθετο στο γήινο ελλειψοειδές (στο σημείο A) με το ισημερινό επίπεδο. Το μήκος λ ενός σημείου A πάνω στην επιφάνεια του γήινου ελλειψοειδούς είναι η διεδρη γωνία που σχηματίζεται από το μηδενικό μεσημβρινό επίπεδο και το αντίστοιχο μεσημβρινό επίπεδο που διέρχεται από το A .

²⁸ Θεωρούμε τη μέση στάθμη της θάλασσας να προεκτείνεται κάτω από την ξηρά και να περικλείει ολόκληρη την Γη, με τρόπο ώστε σε κάθε σημείο της επιφάνειας αυτής, η δύναμη της βαρύτητας να είναι κάθετη στην επιφάνεια.

4.3 Προβολικά Συστήματα

Τα προβολικά συστήματα χρησιμοποιούνται για να απεικονίζουν ή να προβάλλουν σημεία που ανήκουν σε μία επιφάνεια αναφοράς πάνω σε μία άλλη επιφάνεια. Με τον τρόπο αυτό, τα γεωμετρικά ή φυσικά χαρακτηριστικά της πρώτης επιφάνειας μεταφέρονται μέσω μιας αμφιμονοσήμαντης αντιστοιχίας πάνω στην δεύτερη. Όταν η πρώτη επιφάνεια είναι το ελλειψοειδές αναφοράς, τότε η προβολή πάνω σε ένα επίπεδο παράγει έναν χάρτη που ονομάζεται γεωδαιτικός. Όταν η πρώτη επιφάνεια είναι η σφαιρική Γη, τότε παράγεται ένας χάρτης που ονομάζεται γεωγραφικός.

4.3.1 Γεωδαιτικά και προβολικά συστήματα στην Ελλάδα

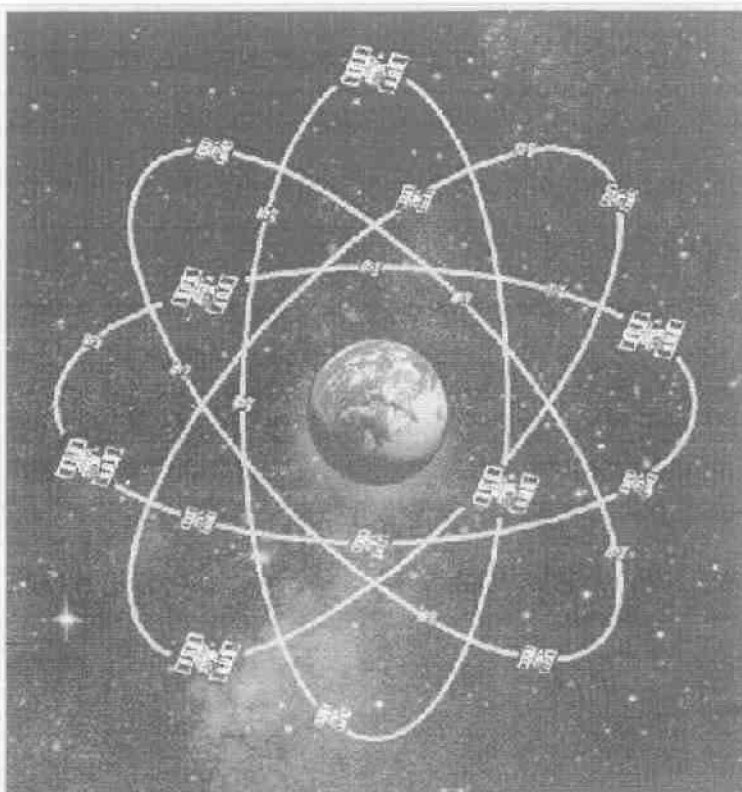
Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται σήμερα διάφορα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς σε συνδυασμό με διάφορα προβολικά συστήματα. Μέχρι πριν από λίγα χρόνια, υπήρχαν σε χρήση δύο κυρίως συστήματα αναφοράς, το (παλιό) Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς ή (παλιό) Ελληνικό Datum (GRD) και το Ευρωπαϊκό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς ED 50. Τα τελευταία χρόνια υπολογίστηκε το Νέο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ 87), συμβατό με τα παγκόσμια γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς WGS 84 και BTS. Το ΕΓΣΑ 87 χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές GRS 80 και τοποθετήθηκε με παράλληλη μετάθεση ως προς το Παγκόσμιο Σύστημα BTS 87 έτσι ώστε να προσαρμόζεται καλύτερα στο γεωειδές που καλύπτει τον ηπειρωτικό χώρο της Ελλάδος. Έχει την ίδια κλίμακα και προσανατολισμό με το Παγκόσμιο Σύστημα Αναφοράς ITRF, το Ευρωπαϊκό EUREF και το σύστημα WGS 84 του GPS. Με τα παραπάνω συστήματα συνδέεται με ικανοποιητική ακρίβεια (περίπου 1 μέτρο) με τρεις απλές μεταθέσεις (Δx , Δy , Δz). Ως θεμελιώδες σημείο λαμβάνεται το βάθρο του δορυφορικού σταθμού στον Διόνυσο Αττικής.

Ως προβολικό σύστημα χρησιμοποιείται η Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή, σε μια ζώνη με κεντρικό μεσημβρινό $\lambda = 24^\circ$, συντελεστή κλίμακας κατά μήκος του κεντρικού μεσημβρινού ίσο με 0.9996 και προσθετική σταθερά 500.000 μέτρα στις τετμημένες. Το ΕΓΣΑ 87, ορίστηκε με βάση τα πλέον πρόσφατα γεωδαιτικά στοιχεία και παρέχει ένα εννιαίο και μοναδικό σύστημα συντεταγμένων για όλο τον ελλαδικό χώρο. Το προφανές πλεονέκτημα του γεγονότος αυτού είναι η δυνατότητα εννιαίας αναλυτικής έκφρασης των κάθε είδους πληροφοριών που σχετίζονται με τον χώρο για όλη την Ελλάδα, χωρίς μετασχηματισμούς που είναι απαραίτητοι στα άλλα συστήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω. Ακόμη, το ΕΓΣΑ 87 δίνει την δυνατότητα άμεσης εφαρμογής του δορυφορικού συστήματος εντοπισμού θέσης G.P.S., αφού είναι απόλυτα συμβατό με το Παγκόσμιο Σύστημα WGS 84 που χρησιμοποιείται από το G.P.S.

Το ΕΓΣΑ 87 έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια για όλες τις νέες γεωδαιτικές εργασίες που γίνονται στην Ελλάδα, αναμένεται δε να είναι επαρκές τουλάχιστον για τα επόμενα 20 χρόνια.

4.4 Το Δορυφορικό Σύστημα Εντοπισμού Θέσεως (Global Positioning System, G.P.S.)

Το Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης (Global Positioning System, εν συντομία G.P.S.) είναι ένα δορυφορικό σύστημα εντοπισμού θέσης, ταχύτητας και διανομής χρόνου. Ο βασικός προορισμός του συστήματος αυτού από το 1978, οπότε έγινε και η εκτόξευση του πρώτου δορυφόρου, είναι ο έλεγχος της κίνησης πλοίων, οχημάτων και αεροπλάνων σε παγκόσμια κλίμακα και αρχικά για στρατιωτικούς σκοπούς. Την ευθύνη της λειτουργίας του έχει το Υπουργείο Αμύνης των Η.Π.Α. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί ραδιοσήματα από δορυφόρους που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη Γη (εικόνα 4.2). Με την πάροδο του χρόνου και με την βελτίωση της ακριβειάς του, οι εφαρμογές του επεκτάθηκαν αρκετά και επεκτείνονται και σε άλλους τομείς, όπως η μέτρηση γεωδαιτικών δικτύων και γενικά οι τοπογραφικές μετρήσεις, παρακολούθηση των μικρομετακινήσεων του στερεού φλοιού της Γης (Γεωδυναμική), η παρακολούθηση των παραμορφώσεων τεχνικών έργων κ.λ.π. Το GPS τέθηκε σε πλήρη λειτουργία τον Ιούλιο του 1995.



Εικόνα 4.2 Το σύστημα G.P.S. (πηγή: www.utexas.edu)

Το GPS αποτελείται από τρία τμήματα: το δορυφορικό τμήμα, το τμήμα ελέγχου και το τμήμα χρήσης. Το δορυφορικό τμήμα αποτελείται από 24 δορυφόρους (21 σε κανονική λειτουργία και 3 εφεδρικούς, αλλά σε λειτουργία) που κατανέμονται σε 6 τροχιακά επίπεδα κλίσης 55° σε ύψος 20.200 χιλιόμετρα πάνω από την επιφάνεια της Γης. Οι 24 δορυφόροι του συστήματος ανήκουν στην δεύτερη

γενιά (Block II και IIA) με χρόνο ζωής περίπου 7.5 χρόνια, αναμένεται δε η σταδιακή αντικατάστασή τους με δορυφόρους Block IIR και στη συνέχεια με δορυφόρους Block IIF.

Ο υφιστάμενος τροχιακός σχηματισμός παρέχει πλέον πλήρη κάλυψη σε όλο τον κόσμο (4 τουλάχιστον δορυφόροι ορατοί ταυτόχρονα σε κάθε τόπο) καθόλη την διάρκεια του 24ώρου. Κάθε δορυφόρος εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά σήματα στη συχνότητα $L1 = 1575.42$ MHz (μήκος κύματος περίπου 19 cm) και στη συχνότητα $L2 = 1227.60$ MHz (μήκος κύματος περίπου 24 cm). Η συχνότητα $L1$ φέρει τον κώδικα C/A²⁹ και στην συχνότητα $L2$ περιέχεται ο ακριβής κώδικας P³⁰, ο οποίος χρησιμοποιείται για την διόρθωση της καθυστέρησης των σημάτων κατά την μετάδοση τους μέσα στην ιονόσφαιρα. Εκτός από τον P και τον C/A κώδικα, υπάρχει και ο κώδικας D³¹ που υπερτίθεται και στις δύο συχνότητες και περιέχει τα απαραίτητα στοιχεία για την γνώση της θέσης των δορυφόρων κάθε χρονική στιγμή.

Το τμήμα ελέγχου αποτελείται από πέντε σταθμούς παρακολούθησης των δορυφόρων και εκπομπής πληροφοριών προς αυτούς με κύριο σταθμο ελέγχου αυτόν που βρίσκεται στο Colorado των Η.Π.Α. Εκεί, γίνεται επεξεργασία όλων των παρατηρήσεων που πραγματοποιούνται από τους σταθμούς παρακολούθησης και υπολογίζονται οι δορυφορικές τροχιές και άλλα στοιχεία. Όλες αυτές οι πληροφορίες διαβιβάζονται στους δορυφόρους, που από εκεί εκπέμπονται με τη μορφή του D κώδικα.

Το τμήμα χρήσης αποτελείται από τους δέκτες GPS. Οι δέκτες που χρησιμοποιούνται για τοπογραφικές εφαρμογές είναι πολυκάναλοι, δηλαδή μπορούν να λαμβάνουν σήματα από τέσσερις ή παραπάνω³² δορυφόρους την ίδια στιγμή, αφιερώνοντας ένα κανάλι για κάθε συχνότητα $L1$ ή $L2$ του δορυφόρου. Οι δέκτες αυτοί μπορούν να παρακολουθούν όλους τους ορατούς κάθε στιγμή δορυφόρους (all in view) και να υπολογίζουν έτσι θέση και ταχύτητα με μεγαλύτερη ακρίβεια. Υπάρχουν δέκτες που λαμβάνουν μόνο την συχνότητα $L1$ και τον C/A κώδικα και δέκτες που λαμβάνουν και τους δύο συχνότητες $L1$ και $L2$ και τους δύο κώδικες C και P. Κατά τις μετρήσεις, παράγεται στο εσωτερικό του δεκτή ένα ακριβές αντίγραφο του P ή του C/A κώδικα. Στη συνέχεια, ο δέκτης προσπαθεί να συσχετίσει τον δικό του κώδικα με αυτόν που λαμβάνει από τον δορυφόρο. Με τον τρόπο αυτό προκύπτει ο χρόνος που χρειάστηκε το σήμα για να φτάσει μέχρι τον δέκτη. Πολλαπλασιάζοντας τον χρόνο αυτό με την ταχύτητα του φωτός, υπολογίζεται η απόσταση δορυφόρου-δέκτη. Η απόσταση αυτή δεν είναι καθαρή γεωμετρική απόσταση δορυφόρου δέκτη για την δεδομένη χρονική στιγμή, αλλά μια ψευδοαπόσταση που περιλαμβάνει καθυστερήσεις του σήματος λόγω ατμόσφαιρας και σφαλμάτων των χρονομέτρων δορυφόρου και δέκτη. Με την ταυτόχρονη μέτρηση τεσσάρων ψευδοαποστασεων προς τέσσερις δορυφόρους, μπορούμε για

²⁹ Coarse Acquisition Code, C/A

³⁰ Precise Code, P

³¹ Data Code, D

³² μέχρι δώδεκα

κάθε δεδομένη στιγμή να υπολογίζουμε την θέση του δέκτη ως προς το σύστημα αναφοράς του GPS, που είναι το γεωκεντρικό σύστημα αναφοράς WGS 84. Μεγαλύτερη ακρίβεια προσδιορισμού δίνει η χρησιμοποίηση της φάσης των εκπεμπόμενων σημάτων. Στην περίπτωση αυτή, πρέπει να εντοπιστεί ο ακέραιος αριθμός μηκών κύματος που πέρασαν από την εκπομπή ενός σήματος από τον δορυφόρο μέχρι την λήψη του από τον δέκτη³³.

Η ακρίβεια προσδιορισμού της θέσης ενός σημείου με τον παραπάνω τρόπο κυμαίνεται μεταξύ ± 15 -100 μέτρων και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Για γεωδαιτική χρήση, χρησιμοποιείται πάντοτε δύο δέκτες, και αυτός ο σχετικός προσδιορισμός θέσης μπορεί να δώσει ακρίβεια της τάξης του ± 1 εκατοστού. Όταν γίνεται μέτρηση από δύο δέκτες προς κοινό δορυφόρο την ίδια χρονική στιγμή, τότε ελαχιστοποιούνται τα σφάλματα του δορυφόρου. Με κοινές μετρήσεις από δύο δέκτες προς δύο δορυφόρους, την ίδια χρονική στιγμή, εξαλείφονται τα σφάλματα των δεκτών. Τέλος, με κοινές μετρήσεις δύο δεκτών προς δύο δορυφόρους σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, βελτιώνεται ακόμη περισσότερο η ακρίβεια.

Μια παράμετρος που παρέχει την αναμενόμενη ακρίβεια του προσδιορισμού της θέσης ενός σημείου είναι το DOP (Dilution Of Precision), που βασίζεται στην γεωμετρία των δορυφόρων, παρέχεται από τους δέκτες κατά την διάρκεια των μετρήσεων ή από το λογισμικό κατά τη διάρκεια του προγραμματισμού των μετρήσεων και εμφανίζεται με διάφορες μορφές³⁴. Το DOP θα πρέπει να χρησιμοποιείται ενδεικτικά, διότι δεν καλύπτει όλες τις πιθανές πηγές σφαλμάτων, οπότε μπορεί να δώσει υπερεκτίμηση της ακρίβειας. Οι τιμές του DOP (στις διάφορες παραλλαγές του) θα πρέπει να βρίσκονται κάτω από την τιμή 5³⁵, ενώ η εμφάνιση υψηλών τιμών κατά τον προγραμματισμό της εκτέλεσης μετρήσεων θα πρέπει να μας οδηγήσει σε αλλαγές των χρονικών περιόδων παρατήρησης.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, για την γεωδαιτική χρήση του συστήματος GPS απαιτούνται δύο τουλάχιστον δέκτες. Αναλόγως με το είδος των μετρήσεων, διακρίνουμε τις παρακάτω περιπτώσεις μεθόδων μέτρησης:

- Όταν θέλουμε να μετρήσουμε ένα νέο τριγωνομετρικό δίκτυο ή να κάνουμε πύκνωση ενός υφιστάμενου τριγωνομετρικού δικτύου, τότε ο πρώτος δέκτης τοποθετείται σε ένα από τα (νέα ή υπάρχοντα) τριγωνομετρικά σημεία και ο δεύτερος τοποθετείται σε κάποιο άλλο, όπου παραμένει και μετράει συγχρόνως με τον πρώτο για όσο χρονικό διάστημα απαιτείται (**στατικός υπολογισμός, static mode**). Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρι να μετρηθούν όλες οι πλευρές του δικτύου σύμφωνα με κάποιο πρόγραμμα που καθοδηγεί τη σειρά

³³ ασάφειες φάσεις, integer ambiguities

³⁴ GeometryDOP για την γεωμετρία, PositionDOP για την ακρίβεια θέσης στον χώρο, TimeDOP για την ακρίβεια μέτρησης του χρόνου, HorizontalDOP για την ακρίβεια οριζόντιας θέσης και VerticalDOP για την ακρίβεια των υψομέτρων.

³⁵ Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως θα δούμε σε παρακάτω κεφάλαιο, η τιμή του DOP μπορεί να είναι και κάτω από 15, ανάλογα την ακρίβεια που θέλουμε να πετύχουμε (π.χ. το pixel του Landsat είναι 30 μέτρα οπότε είμαστε μέσα στο pixel, από περίπτωση ακρίβειας

των μετρήσεων. Σε περιπτώσεις όπως αυτή, όπου απαιτείται υψηλή ακρίβεια, εφαρμόζεται η στατική μέθοδος μέτρησης σε χρόνο που προτείνει ο κατασκευαστής των δεκτών που χρησιμοποιούνται. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, ο ελάχιστος χρόνος μέτρησης εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες μέτρησης.

- Για τον ίδιο σκοπο, της μέτρησης ενός νέου τριγωνομετρικού δικτύου ή πυκνώσης ενός υφιστάμενου τριγωνομετρικού δικτύου, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και η **ψευδοκινηματική** μέθοδος μέτρησης (**pseudokinematic** ή **reoccupation mode**) κατά την οποία, ο πρώτος δέκτης τοποθετείται σε ένα τριγωνομετρικό και ο δεύτερος περιφέρεται σε άλλα σημεία όπου μετράει για χρονικό διάστημα 5-10 λεπτών για να επανέλθει στα σημεία αυτά μετά την πάροδο μιας τουλάχιστον ώρας, για να επαναληφθούν οι μετρήσεις για άλλα 5-10 λεπτά με διαφορετική γεωμετρία δορυφόρων. Οι επιτυγχανόμενες ακρίβειες είναι σχεδόν ταυτόσημες με τη στατική μέθοδο.
- Όταν θέλουμε να μετρήσουμε σημεία για να χρησιμοποιηθούν ως στάσεις αποτύπωσης, υποκαθιστώντας έτσι την πολυγωνομετρία, τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν η ψευδοκινηματική μέθοδος που καταγράφηκε παραπάνω, καθώς και η γρήγορη στατική (rapid static) με δέκτες δύο συχνοτήτων. Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή, ο πρώτος δέκτης τοποθετείται σε ένα γνωστό τριγωνομετρικό σημείο, ενώ ο δεύτερος μετρά άλλα σημεία για χρονικό διάστημα 5-10 λεπτών³⁶. Αυτή είναι μια μέθοδος που μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για μέτρηση φωτοσταθερών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, αν ο πρώτος δέκτης τοποθετηθεί σε γνωστό τριγωνομετρικό, τότε είναι δυνατόν να υπολογιστούν οι συντεταγμένες των άλλων σημείων που μετρήθηκαν, όπως αναφέρθηκαν παραπάνω. Στη περίπτωση αυτή όμως, δεν γίνεται κανένας έλεγχος γιατί η λύση που έχουμε είναι μοναδική. Για τον έλεγχο ή την βελτίωση της ακρίβειας, μπορούν να γίνουν τα εξής: α) σε περίπτωση ίδρυσης αριθμού πολυγωνομετρικών σημείων ή μέτρησης φωτοσταθερών, θα ήταν σκόπιμη η επανάληψη των μετρήσεων όλων των σημείων με τον πρώτο δέκτη τοποθετημένο, πρώτα σε ένα γνωστό τριγωνομετρικό σημείο και στη συνέχεια, σε άλλο γνωστό σημείο. Έτσι, μπορούν να προκύψουν πλεονάζουσες παρατηρήσεις και να επιτευχθεί μια συνόρθωση των παρατηρήσεων με κάποιο πρόγραμμα H/Y που συνήθως παρέχει ο κατασκευαστής των δεκτών GPS και με αποτέλεσμα, την βελτίωση της ακρίβειας των τελικών αποτελεσμάτων β) εκτός από αυτό, θα μπορούσαμε να μετρήσουμε τρία, τουλάχιστον, άλλα γνωστά σημεία και στη συνέχεια να κάνουμε έναν μετασχηματισμό βασισμένο στο γεγονός ότι για τα γνωστά αυτά σημεία έχουμε, τόσο τις «αληθείς» συντεταγμένες, όσο και τις συντεταγμένες που υπολογίστηκαν από τις μετρήσεις GPS. Μετά, μπορούμε να διορθώσουμε και τα υπόλοιπα σημεία που μετρήθηκαν

³⁶ τα σημεία που μετρώνται δεν πρέπει να απέχουν περισσότερο από 15 χιλιόμετρα από το σταθερό δέκτη

- Για την αποτύπωση μιας περιοχής (π.χ. για κτηματογράφηση, αποτύπωση ζώνης οδοποιίας, αποτύπωση υφιστάμενου οδικού δικτύου κτλ) μπορούν να χρησιμοποιηθούν η μέθοδος **stop and go** ή η **κινηματική** μέθοδος που είναι παραπλήσιες. Κατά την χρησιμοποίηση της μεθόδου stop and go, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται δέκτες δύο συχνοτήτων για αυξημένη ακρίβεια και μέγιστη απόδοση. Ο πρώτος δέκτης τοποθετείται σε γνωστό τριγωνομετρικό σημείο, ενώ ο δεύτερος τοποθετείται σε ένα άλλο σημείο (γνωστό ή όχι) κοντά συνήθως στον πρώτο. Οι δύο δέκτες μετρούν τα σήματα των δορυφόρων για περίπου 10 λεπτά (δέκτες δύο συχνοτήτων) η 20-30 λεπτά (δέκτες μιας συχνότητας) με σκοπό τον προσδιορισμό των ασαφειών φάσης. Στη συνέχεια, ο δεύτερος δέκτης μετακινείται πάνω σε ράβδο και τοποθετείται σε σημεία που πρέπει να αποτυπωθούν, όπου παραμένει καταγράφοντας 2-10 μετρήσεις σημάτων των δορυφόρων (epochs). Οι δέκτες, είναι κατά τη μέθοδο αυτή ρυθμισμένοι να καταγράφουν μετρήσεις συνήθως ανά 5 δευτερόλεπτα, οπότε ο χρόνος που απαιτείται για την μέτρηση ενός σημείου είναι από 10-50 δευτερόλεπτα. Αυτά ισχύουν για δέκτες δύο συχνοτήτων και η τελικώς επιτυγχανόμενη ακρίβεια είναι της τάξης των $\pm 5 - 10$ εκατοστών. Κατά την εφαρμογή της μεθόδου stop and go είναι απαραίτητο να διατηρείται συνεχής επαφή με τέσσερις τουλάχιστον δορυφόρους, τόσο από τον σταθερό, όσο και από τον κινητό δέκτη. Αν αυτό κάποια στιγμή δεν τηρείται, τότε είναι απαραίτητο ο κινητός δέκτης να σταματήσει σε ένα σημείο και να μετρήσει για 10 λεπτά περίπου, συγχρόνως με τον σταθερό κάνοντας επανέναρξη των μετρήσεων. Στη συνέχεια, συνεχίζονται οι μετρήσεις όπως περιγράφηκαν παραπάνω. Πάντως, συνιστάται σε κάθε περίπτωση, κατά την εφαρμογή της μεθόδου, να γίνεται σε κάποιο τυχαίο σημείο ένας γρήγορος υπολογισμός, για την βελτίωση της ακρίβειας των παρατηρήσεων. Αυτό μπορεί να γίνεται κάθε 2 περίπου ώρες μετρήσεων ή κάθε περίπου 200 μέτρα, αν γίνεται αποτύπωση μηκοτομών ή κατά πλάτος διατομών για αποτύπωση ζώνης οδοποιίας.
- Παρόμοια μέθοδος μέτρησης είναι και η κινηματική, όπου όμως γίνεται συνεχής καταγραφή της θέσης του δεύτερου (κινητού) δέκτη ανά χρονικό διάστημα που ορίζεται από τον χρήστη (π.χ. 1 δευτερόλεπτο). Ετσι, μπορεί να γίνει παρακολούθηση της κίνησης οχήματος, αποτύπωση οδικού δικτύου, υδρογραφικές αποτυπώσεις κτλ. Η μέθοδος προβλέπει πάλι μια σύγχρονη γρήγορη στατική μέτρηση των δύο δεκτών και στη συνέχεια, τη μετακίνηση του δεύτερου δέκτη.

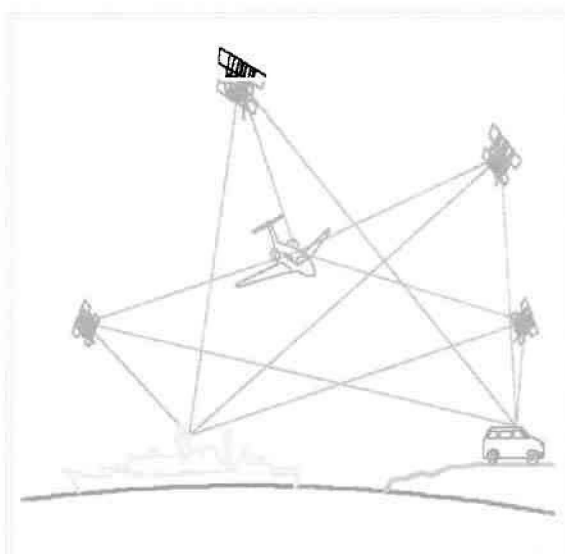
Στην περίπτωση του κινηματικού προσδιορισμού, πέρα από τις πηγές σφαλμάτων που έχουν αναφερθεί παραπάνω, σημαντικό ρόλο παίζουν και οι ακόλουθοι παράγοντες:

- Ο αριθμός των διαθέσιμων δορυφόρων. Για να είναι δυνατός ο κινηματικός προσδιορισμός, απαιτείται η μέτρηση προς τουλάχιστον τέσσερις δορυφόρους και είναι εύλογο ότι μεγαλύτερος αριθμός δορυφόρων βελτιώνει την ακρίβεια.
- Εμπόδια που σκιάζουν τον κινητό δέκτη και προκαλούν διακοπή επαφής με τους δορυφόρους. Προϋπόθεση για την ομαλή εφαρμογή του κινηματικού προσδιορισμού είναι η συνεχής και αδιατάρακτη μέτρηση προς τους διαθέσιμους δορυφόρους. Σε περίπτωση που ο κινητός δέκτης διέρχεται κοντά από φυσικά ή τεχνητά «εμπόδια» (π.χ κτίρια, πυκνά δέντρα κτλ) που τον «σκιάζουν», τότε διακόπτεται η επαφή και πρέπει να επαναρχίσει μια διαδικασία προσδιορισμού των ασαφειών φάσης και υπολογισμού πάλι της ακριβούς θέσης του δέκτη. Για όσο χρονικό διάστημα διαρκεί η διαδικασία αυτή, υπάρχει μειωμένη ακρίβεια προσδιορισμού της θέσης του δέκτη. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με κατάλληλο λογισμικό για υπολογισμούς σε πραγματικό χρόνο ή στο γραφείο μετά τις μετρήσεις, με απώτερο σκοπό την ελαχιστοποίηση του παραπάνω χρονικού διαστήματος.

4.5 Εφαρμογές του GPS

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το δορυφορικό σύστημα εντοπισμού θέσεως GPS τυχαίνει εφαρμογών σε διάφορους τομείς, με σημαντικότερους τους εξής:

- Έλεγχος της κίνησης των αεροπλάνων, αυτοκινήτων και πλοίων (εικόνα 4.3)
- Μέτρηση γεωδαιτικών δικτύων και τοπογραφικές μετρήσεις
- Γεωδυναμική
- Παρακολούθηση των παραμορφώσεων των τεχνικών έργων
- Μέτρηση και πύκνωση τριγωνομετρικών δικτύων
- Μέτρηση των συντεταγμένων μεμονωμένων σημείων
- Αποτύπωση μιας περιοχής (κτηματογράφηση, αποτύπωση ζώνης οδοποιίας και υφιστάμενου οδικού δικτύου)
- Υδρογραφικές αποτυπώσεις.



Εικόνα 4.3 Εφαρμογές του G.P.S.

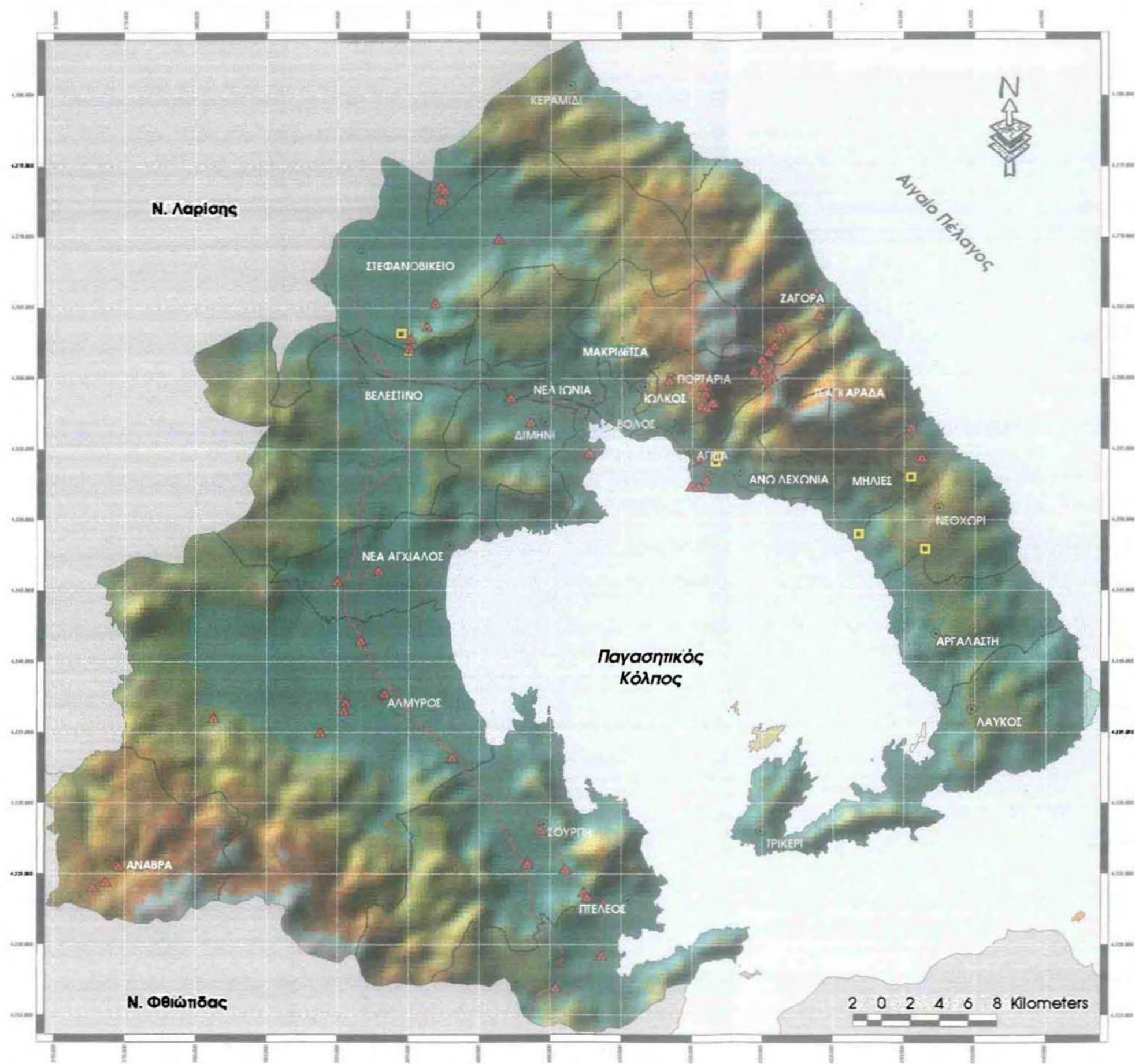
4.6 Η γρήση των G.P.S. στην παρούσα εργασία

Στη παρούσα εργασία, θα χρησιμοποιηθούν δύο ειδών G.P.S, ένα μεγάλης και ένα μέτριας ακρίβειας. Το μεγάλης ακρίβειας είναι μοντέλο της αμερικάνικης εταιρείας **Ashtech**, με δύο δέκτες **GPS SCA-12**, αντένα **marine IV** και μπορεί να φτάσει σε ακρίβεια εκατοστού. Το μέτριας ακρίβειας είναι το μοντέλο χειρός **GPS 12** της εταιρείας **Garmin** με ακρίβεια που μπορεί να φτάσει το 10 μέτρα. Επειδή η φύση της παρούσας εργασίας είναι τέτοια που δεν χρειάζεται τόσο μεγάλη ακρίβεια (ακρίβεια 10 μέτρων είναι αρκετή, αφού το σφάλμα βρίσκεται πάλι μέσα στο pixel), χρησιμοποιείται και το μέτριας ακρίβειας GPS, χωρίς να παρουσιάζονται σημαντικά προβλήματα.

Γιατί όμως χρησιμοποιήθηκαν τα GPS στην παρούσα εργασία και ποιος είναι ο ρόλος που έπαιξαν; Τα GPS χρησιμοποιούνται σε δύο βασικά στάδια της παρούσας εργασίας: στις ταξινομήσεις και στην επαλήθευση των καλύψεων γης (ground truth). Η διαδικασία των ταξινομήσεων βασίζεται στην εύρεση πολυγώνων των διαφορετικών καλύψεων γης (19 κατηγορίες, που έχουν προέλθει από την ομαδοποίηση των 44 κατηγοριών του προγράμματος Corine) που θα χρησιμοποιηθούν ως «αμιγείς» καλύψεις. Με την χρησιμοποίηση των GPS, υπολογίζονται οι συντεταγμένες των άκρων των πολυγώνων, στο συγκεκριμένο σύστημα συντεταγμένων, άρα υπολογίζεται η αμιγής κάλυψη γης σε πραγματικές συντεταγμένες, έτσι ώστε να μπορούν να μεταφερθούν σε ψηφιακή μορφή, δηλαδή σε θεματικούς χάρτες. Σε περίπτωση που δεν υπολογίζονται τα πολύγωνα, με την βοήθεια του GPS «παίρνεται» ένα σημείο στο κέντρο της αμιγούς περιοχής και με τον υπολογισμό κάποιας συγκεκριμένης ακτίνας που δίνει την αμιγή κάλυψη γης (διαδικασία buffering). Στην παρούσα εργασία έχουν υπολογιστεί 43 σημεία διαφορετικών καλύψεων γης, 35 από αυτά έχουν υπολογιστεί με την χρήση του GPS χειρός της εταιρείας Garmin. Η χωροθέτηση των σημείων στην περιοχή μελέτης παρουσιάζεται στον χάρτη 5 που ακολουθεί.

Ο δεύτερος ρόλος των GPS στην παρούσα εργασία είναι ο έλεγχος της ποιότητας και της ακρίβειας των ταξινομήσεων με τον επιτόπιο έλεγχο των καλύψεων γης (διαδικασία ground truth). Επειτα από την διαδικασία των ταξινομήσεων πρέπει να ελέγχει αν τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι, σε κάποιο ποσοστό τους, πραγματικά. Έτσι, οι καλύψεις γης που έχουν προκύψει βάσει των ταξινομήσεων ελέγχονται από επιτόπιες επισκέψεις και φαίνεται σε ποιο ποσοστό η ταξινόμηση είναι σωστή. Περισσότερες λεπτομέρειες για τον επιτόπιο έλεγχο των καλύψεων γης παρουσιάζονται σε επόμενο κεφάλαιο.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα σημεία που ελήφθησαν με το GPS της μέτριας ακρίβειας. Πρέπει να σημειωθεί ότι η δεύτερη στήλη που παρουσιάζει την ονομασία του κάθε σημείου όπως έχει ληφθεί από το GPS και η τρίτη στήλη δίνει το FOM (Figure Of Merit) που είναι η τιμή της ελεγχόμενης ακρίβειας της θέσης που μετριέται δηλαδή ο μέσος όρος του σφάλματος της θέσης που πέρνει ο



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

Διπλωματική εργασία:

Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων

Κυρίως Κώστας Μπέτσης Αλκής

ΧΑΡΤΗΣ 5

Χάρτης απεικόνισης του συνόλου των σημείων που ελήφθησαν από G.P.S.

- | | | | |
|---|------------------------------|---|-------------------------------|
| □ | Μετρήσεις με G.P.S. Ashleach | ⚡ | Διακηρικά όρια νέων Δήμων |
| ▲ | Μετρήσεις με G.P.S. Garmin | ⊙ | Έδρα νέων Δήμων |
| ⚡ | Αυτοκινητόδρομοι | ⚡ | Μονή σιδηροδρ. γραμμή |
| ⚡ | Λιπές Εθνικοί Οδοί | ⚡ | Μονή μετρική σιδηροδρ. γραμμή |
| ⚡ | Κύριες Επαρχιακοί Οδοί | ⚡ | Ειδικός σιδηρόδρομος |
| ⚡ | Λιπές Οδοί | | |



Σύστημα Γεωγραφικών Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

Βόλος Σεπτέμβριος 1998

δέκτης του GPS. Ο αριθμός αυτός κυμαίνεται από 10 έως 15, κάτι που δείχνει ότι το ελεγχόμενο σφάλμα είναι το πολύ 15 μέτρα, μέσα στα όρια του pixel.

Πίνακας 4.1 Κατάλογος σημείων που ελήφθησαν με το GPS 12 Garmin

Σημείο	Ονομασία	FOM	Συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ 87
1	LATO	12,3	394949.628 , 4361954.635
2	LA	12,1	394949.712 , 4361960.801
3	LA1	12,2	395012.375 , 4362172.714
4	LA2	14,4	395119.119 , 4362815.718
5	BAMB	13	394484.604 , 4363296.069
6	BAMB1	13	394478.434 , 4363370.156
7	BAMB2	13	394403.634 , 4363321.836
8	CHECK		394483.433 , 4363209.748
9	XE	13,8	396283.562 , 4363681.973
10	EXOR	13,1	396870.252 , 4365360.818
11	STARI	11,3	401341.975 , 4369912.475
12	STAR	11,9	401348.986 , 4369900.052
13	ELIA1	13,8	416843.784 , 4354552.359
14	ELIA2	13,9	416795.314 , 4354497.379
15	ELIA3	14,1	416649.991 , 4354116.617
16	AK	9,2	414912.333 , 4352414.956
17	POR	10,9	415450.673 , 4352369.027
18	C	10,3	415961.203 , 4352853.739
19	ELIA4	12,6	415638.525 , 4354460.469
20	ACHLA1	10,3	426787.200 , 4349004.985
21	ACH1	10	426794.386 , 4349004.918
22	PEVKA	11,1	431461.842 , 4347976.055
23	PEVKA1	11,1	431500.095 , 4347966.471
24	NEOX	13,1	430490.818 , 4353022.268
25	MIKTO1	11,8	430473.838 , 4352997.755
26	MIKTO2	11,5	431250.435 , 4354446.066
27	MIKTO3	11,3	430529.563 , 4356567.413
28	MHLA	11,1	424012.933 , 4364483.973
29	ZAGORI	12,7	423761.363 , 4366139.001
30	MHLA2	12,5	423641.756 , 4365887.357
31	MHLA3	13,1	421285.204 , 4363583.062
32	MIKTO4	13,3	420863.821 , 4362357.154
33	OXIA	13,1	420457.424 , 4361908.071
34	SHMEIO	15,6	416529.722 , 4358314.106
35	PORTAR	13,6	413361.997 , 4359877.957

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

Στον παραπάνω πίνακα, οι συντεταγμένες των σημείων που ελήφθησαν δίνονται στο ελληνικό σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87, αλλά στην πραγματικότητα, δεν ελήφθησαν με αυτό τον τρόπο από τα GPS. Όλα τα συστήματα

υπολογισμού θέσεως παρέχουν τις μετρήσεις τους στο σύστημα συντεταγμένων WGS_84, άρα θα πρέπει με κάποιο τρόπο να μετασχηματιστούν στο ελληνικό σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87. Ο μετασχηματισμός αυτός γίνεται με την χρήση του προγράμματος **ΜΕΤΑΣΧ**³⁷, το οποίο μετατρέπει τις συντεταγμένες που παρέχει το GPS σε μορφή WGS_84, σε συντεταγμένες του συστήματος ΕΓΣΑ 87. Η λειτουργία αυτού του προγράμματος είναι πολύ σημαντική διότι, ξέχωρα από το γεγονός ότι κάνει την μετατροπή, κρατεί και αρχείο μετατροπών σε μορφή .txt, το οποίο έπειτα, με την χρησιμοποίηση του προγράμματος NT Arc Info 7.1, μεταφέρει τα σημεία επί του χάρτη, σε πραγματικές συντεταγμένες.

Αντίστοιχα, με την χρήση του λογισμικού³⁷ το οποίο παρέχεται με το GPS μεγάλης ακρίβειας της εταιρείας Ashtech έχουμε την εξής διαδικασία: Πρώτα πρώτα, για τον έλεγχο της ακρίβειας του GPS, υπολογίστηκαν οι συντεταγμένες δύο γνωστών τριγωνομετρικών σημείων στην περιοχή μελέτης³⁸ και με αυτό τον τρόπο ελέγχθηκε η ακρίβεια του GPS (ακρίβεια 1 cm). Έπειτα, για την λειτουργία του GPS θα πρέπει ο ένας από τους δύο σταθμούς να βρίσκεται σε σταθερό, γνωστών συντεταγμένων, σημείο και ο άλλος δέκτης να μετρά τις συντεταγμένες των άγνωστων σημείων. Έτσι, για την ευκολότερη χρήση του υπολογίστηκε ένα σταθερό σημείο στον περιβάλλοντα χώρο του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, ώστε ο σταθερός σταθμός να βρίσκεται εκεί και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και μελλοντικά για κάθε είδους τοπογραφικές εργασίες. Οι συντεταγμένες του σημείου αυτού σε ΕΓΣΑ 87 είναι **E:407786.2162** και **N:4356965.9830** με υψόμετρο **2,3837** μέτρα. Με την βοήθεια του σημείου αυτού, υπολογίζονται οι αποστάσεις Δx, Δy και Δz από το μετρούμενο σημείο (λογισμικό Ashtech) και μεταφέρονται στο πρόγραμμα **ΜΕΤΑΣΧ**³⁷, όπου και υπολογίζονται οι πραγματικές του συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ 87. Αυτή η διαδικασία ισχύει για κάθε σημείο που υπολογίζεται με την χρήση του GPS της εταιρείας Ashtech.

Το λογισμικό αυτό, ξέχωρα από τις μεγάλες δυνατότητες που έχει, για κάθε «ζευγάρι» σημείων που υπολογίζονται παρέχει και μία αναφορά στατικής³⁹ διαδικασίας (**static processing report**), με όλες τις λεπτομέρειες της μέτρησης και τις συντεταγμένες που ζητούνται. Παράδειγμα τις αναφοράς αυτής παραθέτεται στο παράρτημα.

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι, ορισμένα σημεία που πάρθηκαν με το GPS 12 της εταιρείας Garmin και για τον έλεγχο της ακρίβειάς τους, έχουν παρθεί και με το μεγάλης ακρίβειας GPS της εταιρείας Ashtech, γι αυτό και στον χάρτη 7 φαίνεται σαν να «πέφτει» το ένα σημείο πάνω στο άλλο.

³⁷ Ashtech Office Suite – AOS – Version 1.01

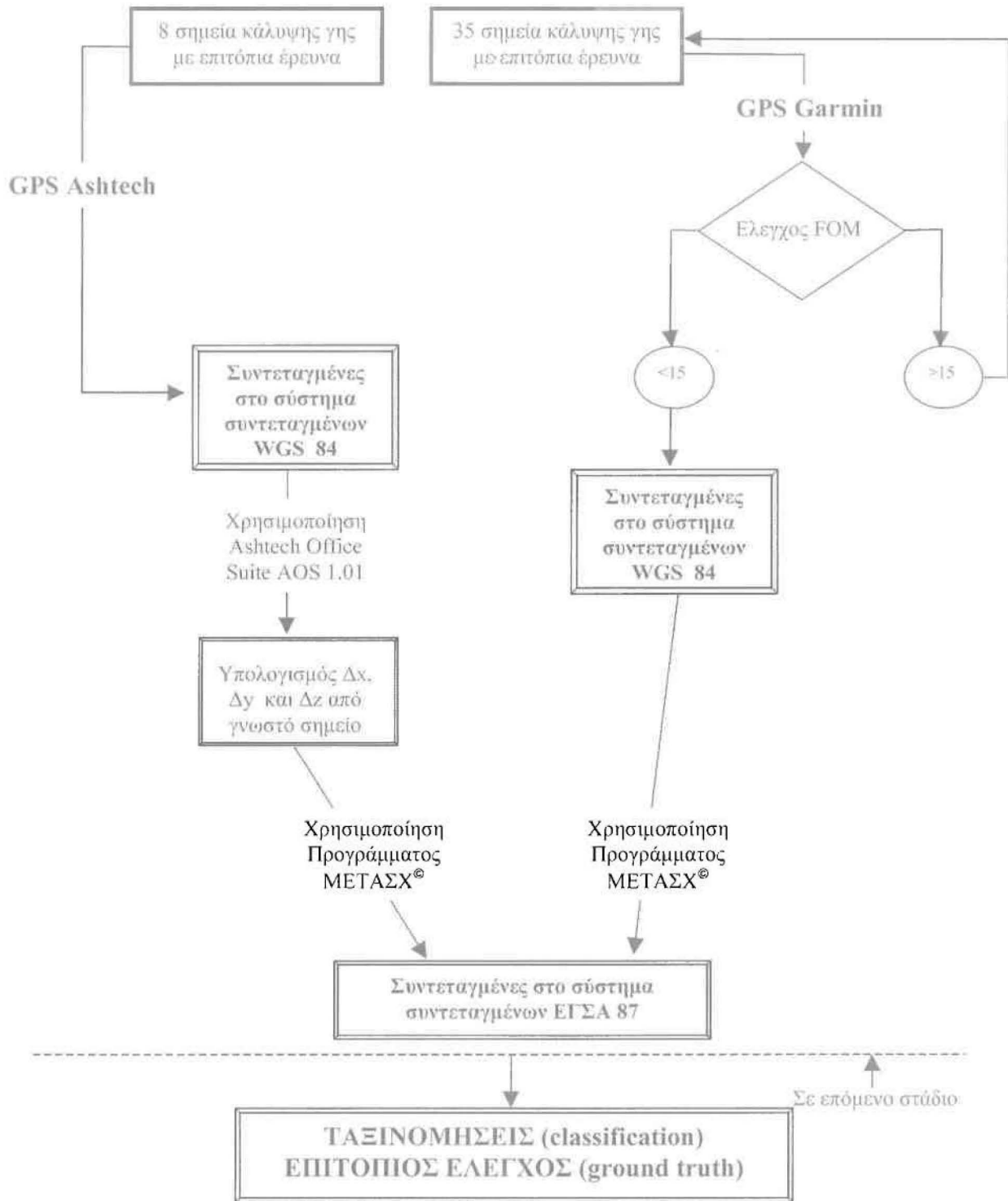
³⁸ τα σημεία 15 (Σωρός) και 21 (Γορίτσα) του Τριγωνομετρικού Δικτύου του νομού Μαγνησίας

³⁹ αφού ακολουθείται η στατική μέθοδος μέτρησης (βλ. παραπάνω)

4.7 Επίλογος – Συμπεράσματα

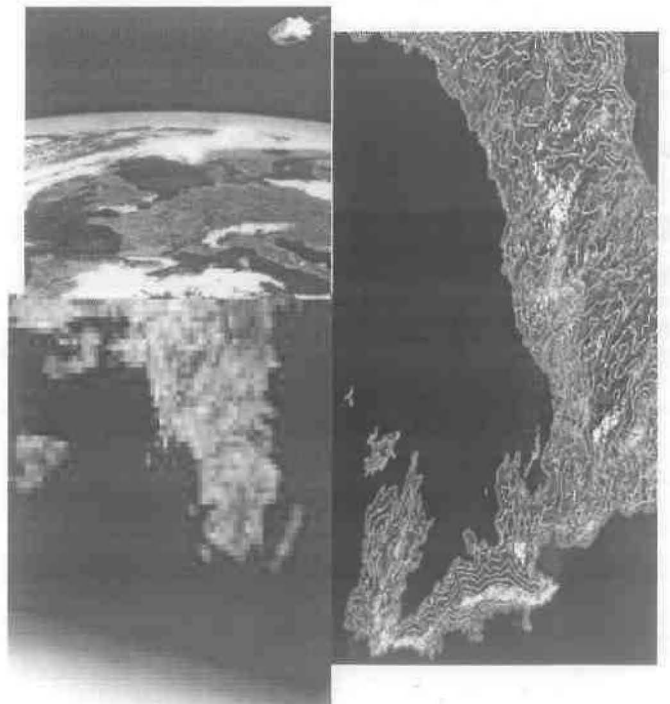
Όπως φάνηκε και παραπάνω η χρησιμότητα των GPS πολύ σημαντική εκτός από τις καθημερινές εφαρμογές και στην παρούσα εργασία. Τα τελευταία χρόνια, έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται περισσότερο και σε άλλου είδους εφαρμογές, όπως είναι η δορυφορική τηλεοραση, αφού μπορούν πλέον να παρέχουν τεράστιες ακρίβειες στις μετρήσεις τους που μπορούν να φτάσουν μέχρι και το χιλιοστό του μέτρου. Ξέχωρα από αυτά, στο παρακάτω οργανόγραμμα παρουσιάζονται επιγραμματικά οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν με την χρήση των δύο GPS και το αποτέλεσμά τους, για την παρούσα εργασία.

Οργανόγραμμα 4.1 Η χρήση των συστημάτων GPS στην παρούσα εργασία



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ



5.1 Εισαγωγικά

Πριν από την χρησιμοποίηση των δορυφορικών εικόνων στις διάφορες εφαρμογές, είναι αναγκαίο να γίνουν διάφορες διορθώσεις, όπως γεωμετρικές και ραδιομετρικές⁴⁰. Οι γεωμετρικές διορθώσεις, σκοπεύουν στην εξάλειψη των παραμορφώσεων της εικόνας (σφάλματα) από την περιστροφή της Γης, το γεωγραφικό πλάτος, και γενικά την καμπυλότητά της (Συλλαίος, 1990) και χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, ως προς τα σφάλματα που μπορεί να παρουσιάσει μια ψηφιακή δορυφορική εικόνα: στα **συστηματικά**, που είναι δυνατόν να προβλεφθούν και στα **μη συστηματικά**. Ως συστηματικά σφάλματα μπορούν να θεωρηθούν η απόκλιση σάρωσης, η παραμόρφωση από το σύστημα σάρωσης και διαφοροποιήσεις στην ταχύτητα του καθρέφτη του συστήματος. Η παραμόρφωση της εικόνας από το ίδιο το σύστημα (scanner distortion) οφείλεται στο γεγονός της δειγματοληψίας των δεδομένων κατά μήκος της γραμμής σάρωσης, σε τακτά χρονικά διαστήματα. Η απόκλιση της σάρωσης προκαλείται από την εμπρόσθια κίνηση του δορυφόρου κατά την διάρκεια του χρόνου που απαιτείται για την πλήρη περιστροφή του καθρέφτη του (solar array). Η λωρίδα εδάφους που σαρώνεται στην πραγματικότητα, δεν αντιστοιχεί με την προδιεγραμμένη λωρίδα και καταγράφεται σε λοξή θέση με αυτήν.

Ως μη συστηματικά σφάλματα, αυτά δηλαδή που δεν μπορούν να προβλεφθούν, θεωρούνται η αλλαγή θέσης, ύψους τροχιάς και ταχύτητας όπως και η κύλιση (roll), η μετάπτωση (pitch) και η εκτροπή (yaw) του δορυφόρου. Τα σφάλματα αυτά θα πρέπει να υπολογιστούν για κάθε εικόνα, για την ακριβέστερη διόρθωσή τους⁴¹.

Υπάρχουν δύο τεχνικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την διόρθωση και των δύο τύπων γεωμετρικών σφαλμάτων στις δορυφορικές εικόνες (Richards, 1993). Η μία είναι, η μοντελοποίηση της φύσης και του μεγέθους των πηγών των σφαλμάτων και η χρησιμοποίηση του για την δημιουργία μιας φόρμουλας διόρθωσης. Η τεχνική αυτή είναι εφαρμόσιμη και αποτελεσματική όταν τα σφάλματα είναι γνωστού τύπου, όπως το σφάλμα από την περιστροφή της Γης. Η δεύτερη τεχνική βασίζεται στην δημιουργία μαθηματικών σχέσεων ανάμεσα στις ραδιομετρικές τιμές των pixel σε μια εικόνα και των πραγματικών τους συντεταγμένων στο έδαφος (μέσω ενός χάρτη). Οι σχέσεις αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην γεωμετρική διόρθωση μιας εικόνας, άσχετα από την πηγή και

⁴⁰ Συνήθως, η μόνη ραδιομετρική διόρθωση είναι η απαλοιφή του θορύβου, κάτι που δεν κρίθηκε αναγκαίο να αναλυθεί στην παρούσα εργασία, λόγω του μικρού μεγέθους του

⁴¹ Με τον εντοπισμό και την αναγνώριση των σταθερών σημείων επιφανείας (ground control points, GCPs, που θα αναφερθούν παρακάτω

τον τύπο του σφάλματος. Η διαδικασία αυτή είναι η περισσότερο χρησιμοποιημένη και έτσι θα χρησιμοποιηθεί και σε αυτή την περίπτωση, καθώς είναι ανεξάρτητη από τον τρόπο και τύπο μετάδοσης της πληροφορίας (δορυφορική εικόνα ή αεροφωτογραφία).

Πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση αυτής της τεχνικής, πρέπει να σημειωθεί ότι, κάθε ένα από τα κανάλια της δορυφορικής εικόνας θα πρέπει να διορθωθεί γεωμετρικά, αφού η διαδικασία που ακολουθείται θα είναι ακριβώς η ίδια και για τα υπόλοιπα κανάλια.

5.2 Η διαδικασία της γεωμετρικής διόρθωσης

Ξεκινώντας, η βασική προϋπόθεση που τίθεται είναι, να υπάρχει κάποιος χάρτης της περιοχής, όπου τμήμα της είναι και η δορυφορική εικόνα και να είναι γεωδαιτημένος στο σύστημα συντεταγμένων που θα χρησιμοποιηθεί.

Για την υπέρθεση της γεωμετρικά διορθωμένης εικόνας και της εικόνας με τα γεωμετρικά σφάλματα, χρησιμοποιούνται δύο εξισώσεις μετασχηματισμού συντεταγμένων⁴² που δείχνουν τους συντελεστές αλληλοεξάρτησης των δύο εικόνων. Εφόσον ο συντελεστής αυτοί υπολογιστούν, υπολογίζονται και οι συντεταγμένες των σημείων της εικόνας με τα γεωμετρικά σφάλματα⁴³. Παρουσιάζοντας το σε αριθμητική μορφή:

$$X = f_1(x,y)$$

$$Y = f_2(x,y)$$

Όπου (x,y) οι συντεταγμένες κάποιου σημείου της μη γεωμετρικά διορθωμένης εικόνας (σε γραμμές και στήλες), (X,Y) , οι γεωδαιτημένες συντεταγμένες του αντίστοιχου σημείου και f_1, f_2 οι συναρτήσεις μετασχηματισμού.

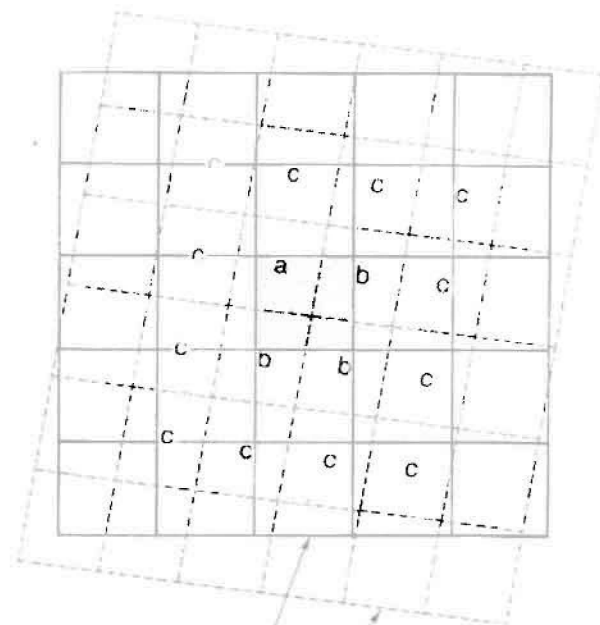
Ποια είναι όμως η διαδικασία της γεωμετρικής διόρθωσης; Σύμφωνα με τους Lillesand και Keifer, πρώτα καθορίζεται μια εικόνα με κενά κελιά (pixel) που δεν είναι γεωμετρικά διορθωμένα και κάθε ένα από αυτά συμπληρώνεται με μια γκρι απόχρωση του αντίστοιχου pixel της διορθωμένης εικόνας, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.

⁴² που ισχύουν για κάθε σημείο που υπάρχει στις δύο εικόνες

⁴³ ως προς το σύστημα συντεταγμένων της γεωμετρικά διορθωμένης εικόνας

Εδώ παρουσιάζεται η γεωμετρικά διορθωμένη εικόνα (matrix) που είναι η συνεχόμενη γραμμή, σε υπέρθεση με τα pixel της γεωδαιτημένης εικόνας (διακεκομμένη γραμμή). Επειτα από την παραγωγή των συναρτήσεων μετασχηματισμού (f_1 κατά X και f_2 κατά Y), χρησιμοποιείται μια διαδικασία για την επίθεση (υπέρθεση) των δύο εικόνων και την δημιουργία της νέας γεωδαιτημένης εικόνας. Η διαδικασία αποτελείται από τα εξής στάδια:

1. Οι συντεταγμένες κάθε στοιχείου στην παλιά, μη γεωδαιτημένη εικόνα (matrix), μετασχηματίζονται, βάση των παραπάνω συναρτήσεων, για να προσδιορίσουν της θέση τους στην καινούρια, γεωδαιτημένη εικόνα.
2. Γενικά, κάποιο pixel (κελί) στην καινούρια εικόνα, δεν είναι απαραίτητο να επικαλύπτει ένα pixel στη μη γεωδαιτημένη εικόνα. Η ραδιομετρική τιμή που εμφανίζεται σε ένα κελί στην τελική εικόνα βασίζεται, στην αρχική τιμή των γειτονικών pixel στην αρχικά μη γεωδαιτημένη εικόνα⁴⁴.



Εικόνα 5.1 Η διαδικασία της γεωμετρικής διόρθωσης (πηγή Lillesand & Keifer, 1994)

5.2.1 Λειτουργία του μετασχηματισμού της εικόνας στο λογισμικό Idrisi 2.0 for Windows

Η διαδικασία μετασχηματισμού μιας εικόνας στις συντεταγμένες κάποιου γεωγραφικού συστήματος ή με συστημα αναφοράς κάποια άλλη εικόνα επιτυγχάνεται με την χρήση των συναρτήσεων f_1 και f_2 , όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Οι συναρτήσεις αυτές δημιουργούν ένα μετασχηματισμό της αρχικής εικόνας, που μπορεί να είναι γραμμικός, διγραμμικός ή μεγαλύτερου βαθμού.

Οι εξισώσεις στις οποίες υπεισέρχονται οι συναρτήσεις αυτές αποτελούν ένα σύστημα του οποίου οι συντελεστές των όρων x και y αποτελούν τους αγνώστους και προσδιορίζονται από την επίλυση του συστήματος αυτού, με γνωστά μεγέθη

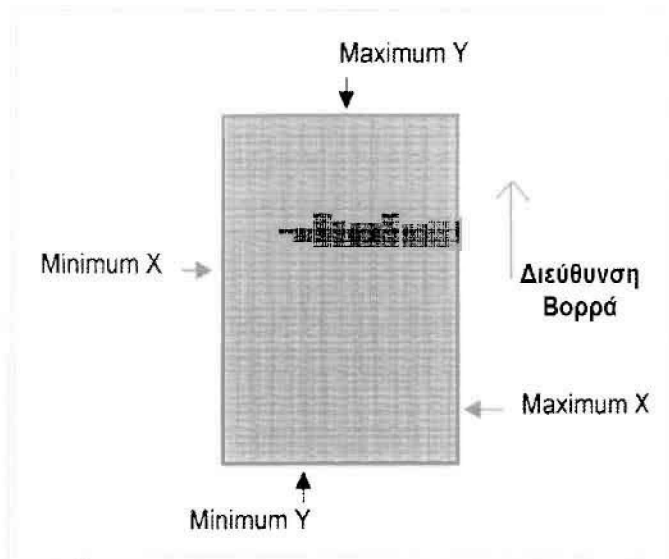
⁴⁴ Παρακάτω θα δούμε ότι, για την διαδικασία αυτή χρησιμοποιούνται τρεις μέθοδοι

(συντελεστές) τις συντεταγμένες σημείων (φωτοσταθερών) στη γεωμετρικά και στη μη γεωμετρικά διορθωμένη εικόνα.

Στην παρούσα εργασία, ο μετασχηματισμός για την γεωδαίτηση των εικόνων που χρησιμοποιήθηκαν, έγινε με την βοήθεια του υποπρογράμματος Resample του λογισμικού Idrisi 2.0 for Windows. Η διαδικασία μετασχηματισμού αναφέρεται λεπτομερειακά στη συνέχεια:

Για την επίθεση (υπέρθηση) μιας αεροφωτογραφίας ή δορυφορικής εικόνας με μια γεωμετρικά διορθωμένη εικόνα ή αρχείο γραμμών (vector file), στο σύστημα συντεταγμένων που βρίσκεται, χρησιμοποιείται η εντολή Resample, στο πρόγραμμα Idrisi 2.0 for Windows. Βέβαια, πριν εκτελεσθεί η εντολή, θα πρέπει να έχουν γίνει κάποιες διαδικασίες, όπως για παράδειγμα, η δημιουργία του συστήματος συντεταγμένων, αν δεν παρέχεται από το πρόγραμμα.

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής:



Εικόνα 5.2 Δορυφορική εικόνα σε τυχαίο σύστημα συντεταγμένων (πηγή: Σημειώσεις Προγράμματος Idrisi)

1. **Δημιουργία αρχείου συστήματος συντεταγμένων** στο πρόγραμμα Idrisi
2. **Δημιουργία αρχείου φωτοσταθερών σημείων της επιφάνειας του εδάφους** (ground control points, **GCPs**)
3. **Υπέρθηση των δύο εικόνων** με την χρήση της εντολής **Resample**
4. Αποδοχή ή όχι της υπέρθεσης, με τον **έλεγχο του μέσου σφάλματος** (Root Mean Square, **RMS error**).

Πιο αναλυτικά:

Όλα τα αρχεία του προγράμματος Idrisi που μπορούν να βρίσκονται σε ψηφιακή μορφή (π.χ. αεροφωτογραφία ή δορυφορική εικόνα), θεωρητικά βρίσκονται σε ένα σύστημα συντεταγμένων όπου ο Βορράς βρίσκεται στην κατεύθυνση από κάτω προς τα πάνω (βλ. Εικόνα 5.2). Ως αποτέλεσμα, το ελάχιστο x βρίσκεται στην κάτω αριστερή πλευρά της εικόνας και το μέγιστο y στην πάνω αριστερή πλευρά της εικόνας⁴⁵.

Στο πρόγραμμα Idrisi, κάθε αρχείο εικόνας, πρέπει απαραίτητα να συνοδεύεται από ένα αρχείο της μορφής .doc (μορφή Word document) που πρέπει να

⁴⁵ Η ίδια λογική παρουσιάζεται και στα αρχεία γραμμών (vector files)

περιέχει το σύστημα συντεταγμένων, όταν αναφέρονται τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της εικόνας. Επίσης, τα χαρακτηριστικά αυτά θα πρέπει να περιγράφονται σε ένα αρχείο παραμέτρων του συστήματος των συντεταγμένων (Reference System Parameter File, REF). Κάθε σύστημα συντεταγμένων περιέχει ένα REF και μέσα σε αυτό παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του (βλ. παρακάτω).

Στην περίπτωση που η εικόνα δεν βρίσκεται σε κάποιο συγκεκριμένο σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων, τότε το σύστημα χαρακτηρίζεται ως «επίπεδο» (plane) με άγνωστες γεωδαιτικές και προβολικές παραμέτρους⁴⁶. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, όσο αφορά την παρούσα εργασία, οι τέσσερις δορυφορικές εικόνες που χρησιμοποιούνται (τρεις του δορυφόρου Landsat και μία του SPOT) ελήφθησαν με plane σύστημα συντεταγμένων, οπότε πρέπει να μετασχηματιστούν στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87, που τα χαρακτηριστικά του έχουν αναφερθεί παραπάνω⁴⁷. Επειδή το πρόγραμμα δεν παρέχει έτοιμο το reference file σε ΕΓΣΑ 87, είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί με την χρήση της εντολής Edit Reference File. Το αρχείο που δημιουργείται ονομάζεται EGSA87 και έχει τα εξής χαρακτηριστικά (όπως παρουσιάζονται στο πρόγραμμα):

- Reference System: Tranfer Mercator (TM)
- Projection: Tranfer Mercator (TM)
- Datum : GRS 80
- Delta WGS 84 : -199,72 74,03 243,02
- Ellipsoid : GRS 80
- Major Axis : 6378137,00
- Minor Axis : 6356752,314
- Origin Longitude : 24° E
- Origin Latitude : 0° N
- Origin X : 500,000 E
- Origin Y : 0 N
- Scale Factor : 0,9996
- Units :Meters

Για να γίνει η γεωμετρική διόρθωση της εικόνας, με την χρήση της εντολής Resamble, πρέπει να δημιουργηθεί ένα αρχείο γεωγραφικών στοιχείων στην εικόνα, που ονομάζονται **σταθερά σημεία επιφάνειας (ground control points, GCPs)** των οποίων η θέση είναι δυνατό να εντοπιστεί και στην εικόνα αναφοράς (γεωδαιτημένη) και στην εικόνα που πρέπει να γεωδαιτηθεί. Τα σημεία αυτά μπορούν να είναι διασταυρώσεις οδών, σημεία της ακτογραμμής (κόλποι, ακρωτήρια), τα λεγόμενα και ως φωτοσταθερά σημεία, καθώς μπορούν εύκολα να ξεχωρισθούν και να αναγνωρισθούν επί των εικόνων. Οι διαφορές μεταξύ των πραγματικών (στο

⁴⁶ Το πρόγραμμα Idrisi 2.0 for Windows περιέχει 400 περίπου αρχεία παραμέτρων (reference files), αν και κάποιο που δεν υπάρχει μπορεί να δημιουργηθεί με την εντολή Edit

⁴⁷ βλ. κεφ. «Η έννοια του GPS»

έδαφος) και των παρατηρούμενων (στην εικόνα) σταθερών σημείων, χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό των γεωμετρικών μετασχηματισμών που απαιτούνται για την διόρθωση των εικόνων (Συλλαίος, 1990).

Η χρησιμοποίηση των GCPs στο πρόγραμμα Idrisi, προϋποθέτει την δημιουργία ενός αρχείου, που ονομάζεται **correspondence file** και περιέχει τα σημεία που χρησιμοποιούνται κατά την διαδικασία της επίθεσης των εικόνων. Το αρχείο αυτό είναι τύπου ASCII, σε μορφή κειμένου με κατάληξη .cor και σε αυτό καταγράφονται τα ίδια σημεία και από τις δύο εικόνες ή αρχεία γραμμών (vector files), δηλαδή αυτή που είναι γεωδαιτημένη και αυτή που περιέχει τα γεωμετρικά σφάλματα. Κάθε γραμμή περιέχει τις συντεταγμένες της γεωδαιτημένης εικόνας, στο σύστημα συντεταγμένων που γίνεται η εργασία (στη παρούσα περίπτωση στο ΕΓΣΑ 87) και τις συντεταγμένες (σε γραμμές και στήλες) της εικόνας που θα γεωδαιτηθεί. Ο αριθμός των σημείων που περιέχει το αρχείο, διαφέρει ανάλογα με την πολυωνυμική εξίσωση που θα εκτελέσει η εντολή (στην περίπτωση της γραμμικής linear απαιτούνται τουλάχιστον 3 σημεία, για την τετραγωνική quadratic 6 σημεία και στην κυβική cubic τουλάχιστον 10 σημεία)⁴⁸. Όσο το δυνατόν περισσότερα σημεία παρθούν και από τις δύο εικόνες, τόσο πιο ακριβής θα είναι και η επίθεση των δορυφορικών εικόνων⁴⁹.

Βασικός κανόνας είναι, τα σημεία αυτά πρέπει να παίρνονται σε ολόκληρη την έκταση της εικόνας, ώστε η γεωμετρική διόρθωση να είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα. Στην περίπτωση της Μαγνησίας που εξετάζεται, τα σημεία αυτά δεν παίρνονται μόνο από το δεξιό τμήμα της εικόνας, που βρίσκεται η ακτογραμμή και είναι εύκολο να υπολογιστούν, αλλά και από το αριστερό τμήμα της, με την εύρεση φωτοσταθερών σημείων. Ο συνολικός αριθμός των σημείων που πάρθηκαν είναι 14 και είναι τα ίδια για κάθε ημερομηνία.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η τιμή του pixel στην μη γεωδαιτημένη εικόνα, δεν είναι απαραίτητο να παρουσιαστεί στο ίδιο ακριβώς σημείο και με την ίδια τιμή στην καινούρια εικόνα. Για τον υπολογισμό αυτών των στοιχείων χρησιμοποιούνται τριών ειδών μετασχηματισμοί: ο γραμμικός (linear), ο τετραγωνικός (quadratic) και ο κυβικός (cubic).

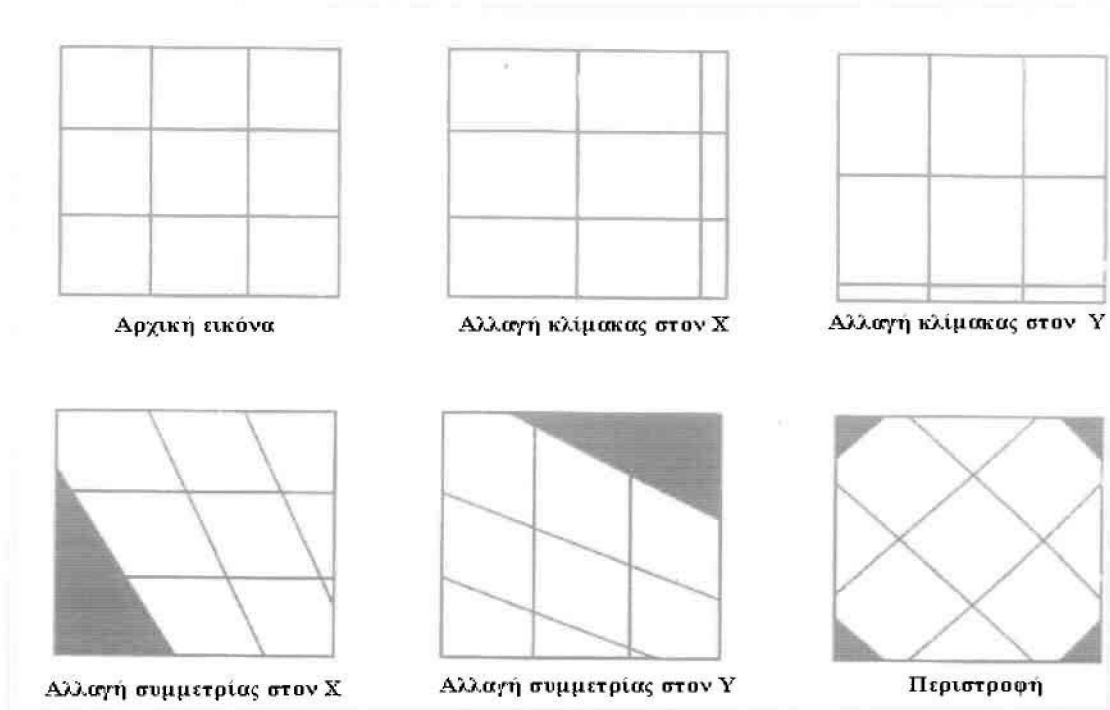
Με την βοήθεια του γραμμικού μετασχηματισμού, μπορούν να επέλθουν οι αλλαγές που παρουσιάζονται στο σχήμα παρακάτω. Τα ίδια ακριβώς χαρακτηριστικά μετασχηματίζονται και στα δύο άλλα είδη μετασχηματισμού, όμως δεν γίνονται γραμμικά.

Το πλεονέκτημα του γραμμικού μετασχηματισμού σε σχέση με τους μη γραμμικούς είναι ότι παρέχει διόρθωση σε ολόκληρη την εικόνα, χωρίς σοβαρά σφάλματα στα άκρα της εικόνας. Όμως, στη συγκεκριμένη περίπτωση, επειδή στην δορυφορική εικόνα της Μαγνησίας η προσοχή δεν επικεντρώνεται τόσο στα άκρα όσο στο κέντρο της εικόνας, χρησιμοποιείται ο τετραγωνικός μετασχηματισμός που,

⁴⁸ Σημειώσεις Προγράμματος Idrisi σελ. 8-11

⁴⁹ Αυτό ελέγχεται με το RMS error παρακάτω

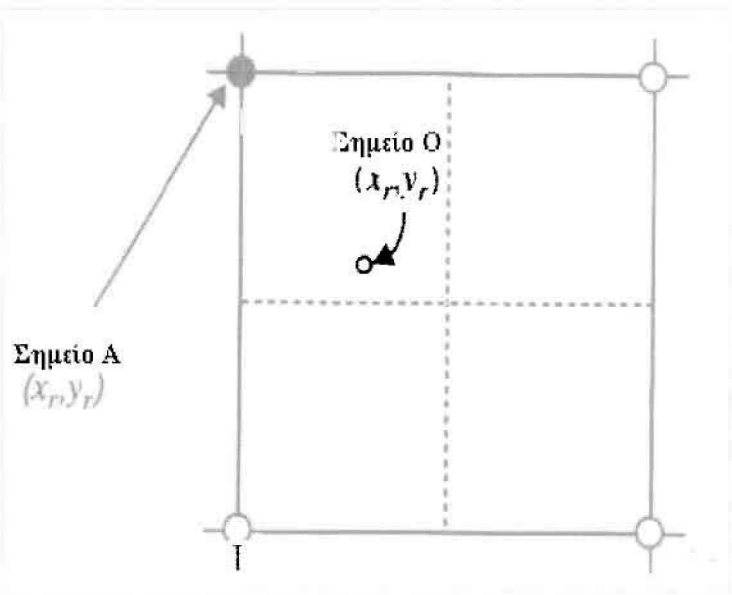
μπορεί να παρέχει μικρά σφάλματα στα άκρα, είναι περισσότερο ακριβής όμως στο κέντρο της εικόνας. Τέλος, ο μεγάλος αριθμός των GCPs που έχουν παρθεί (14



Εικόνα 5.3 Η λειτουργία του γραμμικού μετασχηματισμού (πηγή: Σημειώσεις Προγράμματος

σημεία, ενώ το ελάχιστο του τετραγωνικού μετασχηματισμού είναι 6 σημεία) δεν επιτρέπει την παρουσία μεγάλων σφαλμάτων (μετατοπίσεων) στην γεωμετρική διόρθωση⁵⁰.

Με την χρησιμοποίηση του κατάλληλου μετασχηματισμού, το πλέγμα (grid) των pixel της νέας γεωδαιτημένης εικόνας, συμπίπτει με αυτό της αρχικά γεωδαιτημένης. Επόμενο στάδιο είναι η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου που θα κάνει την μετατροπή (interpolation) των ραδιομετρικών τιμών των pixel, από την «παλιά» εικόνα στην καινούρια. Υπάρχουν δύο μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στο πρόγραμμα Idrisi: Η μέθοδος του κοντινότερου σημείου (nearest neighbor) και η



Εικόνα 5.4 Η μέθοδος του κοντινότερου σημείου (πηγή: Σημειώσεις Προγράμματος Erdas)

⁵⁰ Αυτό βέβαια μπορεί να ελεγχθεί και με την οπτική παρατήρηση κατά επόμενο στάδιο

διγραμμική μέθοδος (bilinear)²¹.

Σύμφωνα με την μέθοδο του κοντινότερου σημείου, που είναι η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί και παρακάτω, η τιμή του σημείου στη νέα γεωδαιτημένη εικόνα εξασφαλίζεται από την τιμή του κοντινότερου, σε αυτό, pixel στην γεωδαιτημένη εικόνα. Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα, Ο είναι το σημείο στη νέα γεωδαιτημένη εικόνα και παίρνει τις συντεταγμένες του σημείου Α, που είναι και το κοντινότερο pixel. Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί

Πίνακας 5.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου του κοντινότερου σημείου

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Για την εύρεση νέων συντεταγμένων δεν χρειάζεται να υπολογιστεί κάποιος μέσος όρος κάποιου αριθμού συντεταγμένων, όπως γίνεται στις άλλες μεθόδους και έτσι δεν χάνονται κάποιες τιμές στα άκρα που θα είχαν χαθεί	Όταν χρησιμοποιείται στην διαδικασία του resample από μεγαλύτερο σε μικρότερο μέγεθος grid, παρατηρούνται προβλήματα στον μετασχηματισμό των διαγωνίων και των καμπυλών
Είναι η κατάλληλη μέθοδος πριν από την ταξινόμηση	Ορισμένα στοιχεία μπορούν να αντιγραφούν από πάνω
Είναι η πιο εύκολη μέθοδος υπολογισμού και η πιο γρήγορη ως διαδικασία	Σε γραμμικού τύπου δεδομένα, μπορεί να εμφανιστούν «κενά» μετά από την χρησιμοποίηση της μεθόδου
Κατάλληλη για θεματικού τύπου συστήματα (ποιοτικά και ποσοτικά)	

Πηγή: Σημειώσεις Προγράμματος Erdas

Αντίθετα, στη διγραμμική μέθοδο, οι συντεταγμένες του σημείου υπολογίζονται από τον μέσο όρο των συντεταγμένων των τεσσάρων κοντινότερων pixel. Αν και είναι πιο ακριβής μέθοδος από την προηγούμενη, δεν χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία λόγω του γεγονότος ότι χάνεται (λόγω του μέσου όρου) μεγάλος αριθμός συντεταγμένων.

Επειτα από την επιλογή του κατάλληλου μετασχηματισμού και της μεθόδου παρεμβολής (interpolation), βασικό στοιχείο στην διαδικασία της υπέρθεσης είναι η επιλογή του συστήματος γεωγραφικών συντεταγμένων, στο καινούριο σύστημα, που θα αποτελέσουν τα άκρα της γεωδαιτημένης εικόνας. Τα σημεία αυτά, επιλέγονται από την γεωδαιτημένη εικόνα και βρίσκονται στο σύστημα συντεταγμένων που θα χρησιμοποιηθεί, δηλαδή στο ΕΓΣΑ 87, έτσι ώστε η καινούρια, χωρίς σφάλματα, εικόνα να έχει ακριβώς το ίδιο «παράθυρο» με την γεωδαιτημένη εικόνα που

²¹ Υπάρχει και η μέθοδος της κυβικής συνέλιξης (cubic convolution), που όμως δεν παρέχεται από το πρόγραμμα Idrisi, αλλά από άλλα προγράμματα Τηλεπισκόπησης όπως το Erdas και το PCI

χρησιμοποιείται για την επίθεση (στη περίπτωση αυτή πρόκειται για το γεωδαιτημένο αρχείο γραμμών –vector file- της Θεσσαλίας).

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι ο αριθμός των γραμμών και στηλών που θα περιέχει η εικόνα. Όπως είναι γνωστό, κάθε δορυφορική εικόνα έχει έναν συγκεκριμένο αριθμό γραμμών και στηλών (rows & columns) που δίνουν τον αριθμό των ρίκελ και την διακριτική τους ικανότητα (resolution). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ο αριθμός των γραμμών και των στηλών θα πρέπει να επιλεγεί έτσι ώστε, η διακριτική ικανότητα να είναι ίδια με αυτή των δορυφόρων Landsat και SPOT. Όταν οι εικόνες βρίσκονται σε ένα τυχαίο σύστημα συντεταγμένων (plane), αντίστοιχα τυχαίος είναι και ο αριθμός των γραμμών και των στηλών, άρα και η διακριτική ικανότητα. Επειδή η διακριτική ικανότητα θα χρησιμοποιηθεί σε επόμενο στάδιο, θα πρέπει να είναι γνωστή και ίδια με αυτή που παρέχουν οι συγκεκριμένοι δορυφόροι. Στον πίνακα 5.2 που παρουσιάζεται παρακάτω φαίνονται τα χαρακτηριστικά που θα έχουν οι νέες γεωδαιτημένες εικόνες που θα χρησιμοποιηθούν.

Το τελευταίο στάδιο της υπέρθεσης των δορυφορικών εικόνων ή αρχείων γραμμών (vector files) είναι ο έλεγχος του μέσου σφάλματος (RMS error). Εξαιτίας του γεγονότος ότι τα σημεία ελέγχου GCPs δεν είναι δυνατόν να έχουν εντοπισθεί τέλεια, δηλαδή χωρίς απόκλιση

Πίνακας 5.2 Χαρακτηριστικά των νέων εικόνων που θα χρησιμοποιηθούν

	1986 Landsat	1993 Landsat	1993 SPOT	1997 Landsat
Resampled Files	TEST861-867	TEST931-937	TESTSP1-3	TEST971-977
Παράθυρα από δορυφορική εικ.	86TM1-TM7	93TM1-TM7	RPELIO	97TM1-TM7
Columns & Rows	2482,2343	2482,2343	3724,3515	2482,2343
Reference System	EGSA87	EGSA87	EGSA87	EGSA87
RMS error	0,814	1,287	1,330	0,908
Resolution	30,005 m	30,005 m	19,998 m	30,005 m

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

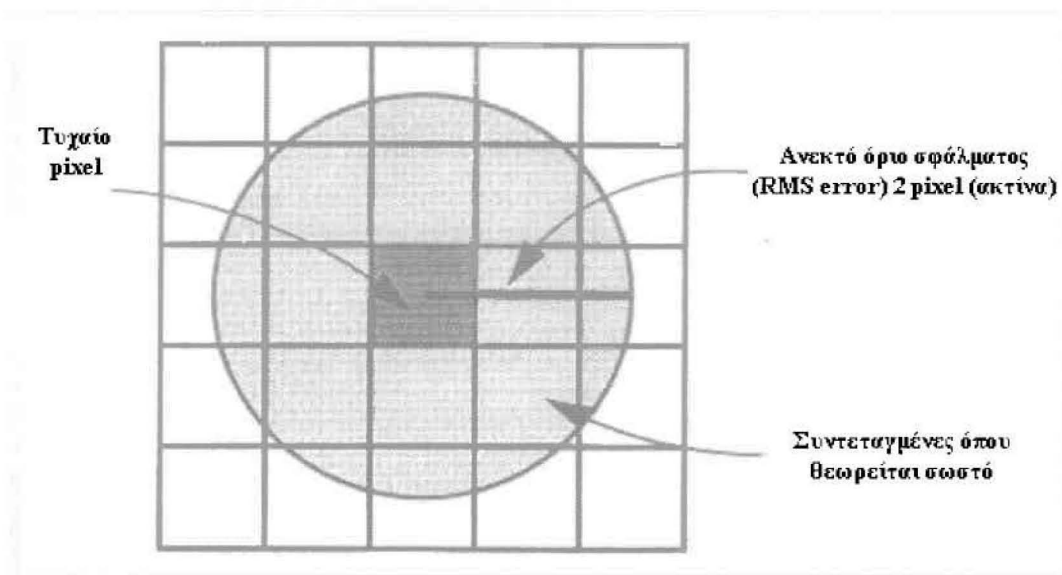
το ένα από το άλλο, παρέχεται από το πρόγραμμα ένα ανεκτό όριο σφάλματος, που υπολογίζεται με τον επαναπροσδιορισμό των σχέσεων των GCPs μεταξύ τους.

Το RMS error ενός σημείου είναι η ευκλείδεια απόσταση μεταξύ ενός GCP στην γεωδαιτημένη και του αντίστοιχου στη μη γεωδαιτημένη εικόνα και υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\text{RMS error} = \sqrt{(x_1 - x_i)^2 + (y_1 - y_i)^2}$$

Όπου (x_1, y_1) οι συντεταγμένες της γεωδαιτημένης εικόνας και (x_i, y_i) οι συντεταγμένες της μετασχηματισμένης εικόνας 5.3

Το RMS error δίνεται ως απόσταση στο χρησιμοποιούμενο σύστημα συντεταγμένων και μετριέται σε pixel. Δηλαδή, αν το υπολογιζόμενο RMS error είναι 2, τότε το pixel της μετασχηματισμένης εικόνας είναι 2 pixel μακριά από το pixel της γεωδαιτημένης εικόνας (εικόνα 5.5).



Εικόνα 5.5 Παράδειγμα ανεκτού ορίου σφάλματος (πηγή: Σημειώσεις Προγράμματος Erdas)

Κατά τον έλεγχο του RMS error, το ανεκτό όριο σφάλματος στην παρούσα εργασία, είναι περίπου ένα pixel κάτι που σημαίνει ότι, κατά την διαδικασία της γεωμετρικής διόρθωσης, το pixel της νέας εικόνας «έπεσε» το μέγιστο ένα pixel μακριά από το αντίστοιχο pixel της γεωδαιτημένης εικόνας. Στον πίνακα 5.2 που παρουσιάζεται παραπάνω, φαίνεται ότι τα RMS error που έχουν υπολογιστεί κυμαίνονται γύρω στη μονάδα οπότε, το σφάλμα κατά τη γεωμετρική διόρθωση είναι ανεκτό.

Η διαδικασία που παρέχεται στο πρόγραμμα Idrisi, δίνει την δυνατότητα μεταβολής του συνολικού RMS error με την απόρριψη κάποιων σημείων ελέγχου του εδάφους (GCPs) που παρουσιάζουν μεγάλο σφάλμα. Έτσι, ενώ κατά την δημιουργία του αρχείου σημείων (correspondence file) είχαν ληφθεί 16 GCPs, τελικά επιλέχθηκαν 14, λόγω του γεγονότος ότι τα άλλα δύο παρουσίαζαν μεγάλο σφάλμα, που επηρέαζε το συνολικό RMS error.

Επειτα από την λειτουργία της εντολής Resample, οι εικόνες είναι πλέον γεωδαιτημένες στο σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87 και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την διαδικασία των ταξινομήσεων. Ένας έλεγχος της γεωμετρικής διορθωσης που γίνεται οπτικά είναι η πρόσθεση στην γεωδαιτημένη εικόνα του αρχείου γραμμών της Μαγνησίας, που έχει ληφθεί σε πραγματικές συντεταγμένες, και ο έλεγχος στο αν «πέφτει» καλά πάνω στην γεωδαιτημένη εικόνα.

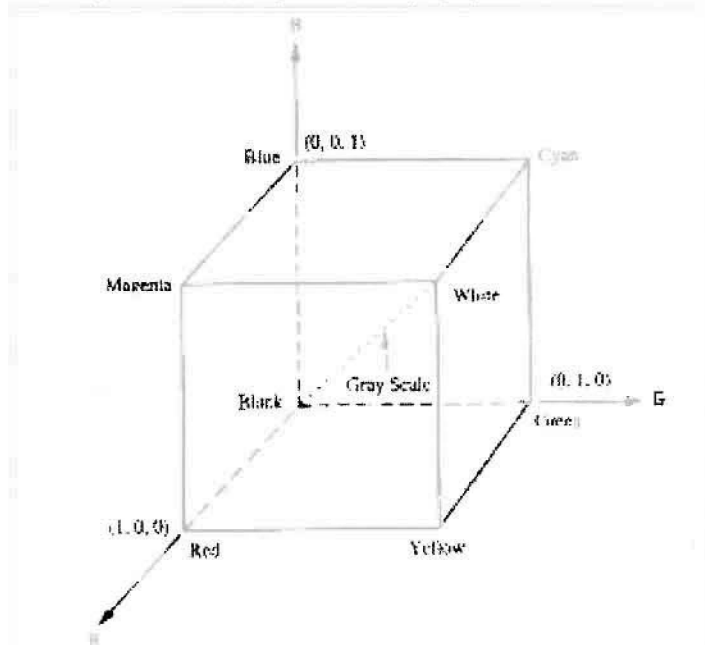
5.3 Εφαρμογές της γεωμετρικής διόρθωσης - Χρωματική επεξεργασία εικόνας

Επειτα από την διαδικασία της γεωμετρικής διόρθωσης των εικόνων, παρουσιάζονται ορισμένα παραδείγματα – εφαρμογές που δείχνουν ότι η διαδικασία έγινε σωστά. Οι εφαρμογές αυτές είναι η ψευδοχρωματική απεικόνιση της δορυφορικής εικόνας (false color composite) και η σύμπτωση των εικόνων Landsat και SPOT, σε μια νέα δορυφορική εικόνα, με την χωρική πληροφορία του pixel του δορυφόρου SPOT (20 μέτρα) και την πολυφασματική απεικόνιση του pixel του δορυφόρου Landsat.

Συνήθως, τα παραδείγματα επεξεργασίας παρουσιάζονται σε μονοχρωματική μορφή, δηλαδή, στις αποχρώσεις του γκρι (άσπρο έως μαύρο). Η χρησιμοποίηση των χρωμάτων στην παρουσίαση των πολυφασματικών δορυφορικών εικόνων είναι πολύ σημαντική, όπως και στην αύξηση της οπτικής πληροφορίας από την εικόνα. Το βασικό σύστημα εμφάνισης και παρουσίασης των δορυφορικών εικόνων βασίζεται στα τρία βασικά χρώματα, το μπλε, το πράσινο και το κόκκινο (σύστημα RGB). Η απεικόνιση του χρωματικού συστήματος RGB παρουσιάζεται στην εικόνα 5.6 παρακάτω

Το μοντέλο βασίζεται σε ένα καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων (Gonzalez & Woods, 1993) που εκτός από τις κορυφές των τριών αξόνων όπου τοποθετούνται τα βασικά χρώματα, σε τρεις άλλους τοποθετούνται το κυανό, το magenta και το κίτρινο και στους άλλους δύο το άσπρο και το μαύρο. Η νοητή γραμμή που ενώνει τις κορυφές όπου βρίσκονται το άσπρο και το μαύρο χρώμα είναι η χρωματική διαβάθμιση του γκρι. Βασικό χαρακτηριστικό του χρωματικού συστήματος RGB, είναι ότι, κάθε pixel της δορυφορικής εικόνας, εμφανίζεται ως μια γραμμή (vector) κάπου μέσα στον όγκο του θεωρούμενου κύβου⁵², ώστε να παίρνει τιμές και από τα τρία χρώματα.

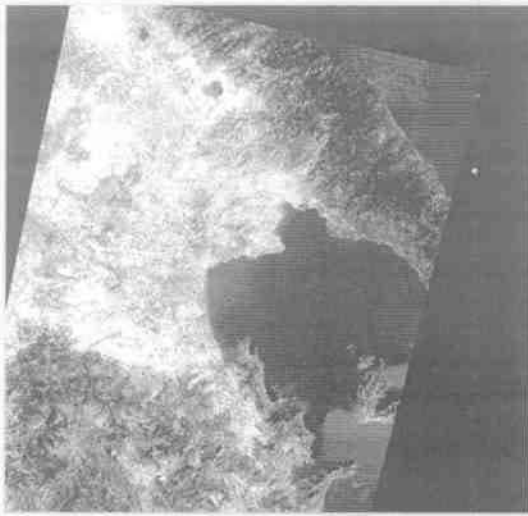
Για την δημιουργία της εικόνας σε ψευδοχρωματική μορφή



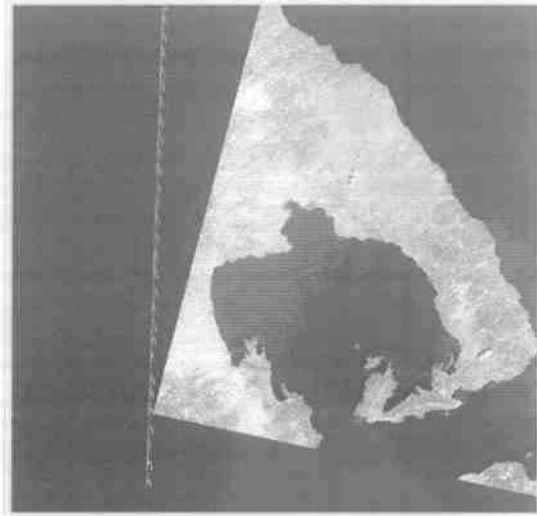
Εικόνα 5.6 Ο χρωματικός κύβος RGB (πηγή: Lillesand & Keifer, 1994)

⁵² στην εικόνα 5.6 για διευκόλυνση, θεωρείται ότι ο κύβος είναι ο μοναδιαίος έτσι ώστε όλες οι τιμές των χρωμάτων να βρίσκονται στο διάστημα [0,1].

(false color composite) χρησιμοποιούνται τα τρία πρώτα κανάλια του δορυφόρου Landsat και τα κανάλια του δορυφόρου SPOT. Κάθε ένα από τα τρία κανάλια χαρακτηρίζεται με ένα χρώμα δηλαδή το φασματικό κανάλι 1 παρέχεται με το μπλε χρώμα, το κανάλι 2 με το πράσινο και το κανάλι 3 με το κόκκινο. Το αποτέλεσμα που προκύπτει παρουσιάζεται με την παλέττα Composite 256 του προγράμματος Idrisi 2.0 for Windows, στον χάρτη 6 παρακάτω, όσο αφορά την εικόνα του Landsat για το 1986, και στις εικόνες 5.7, 5.8 και 5.9 όσο αφορά τον Landsat του 1993, τον SPOT του 1993 και τον Landsat του 1997 αντίστοιχα.



Εικόνα 5.7 Color Composite Landsat 1993



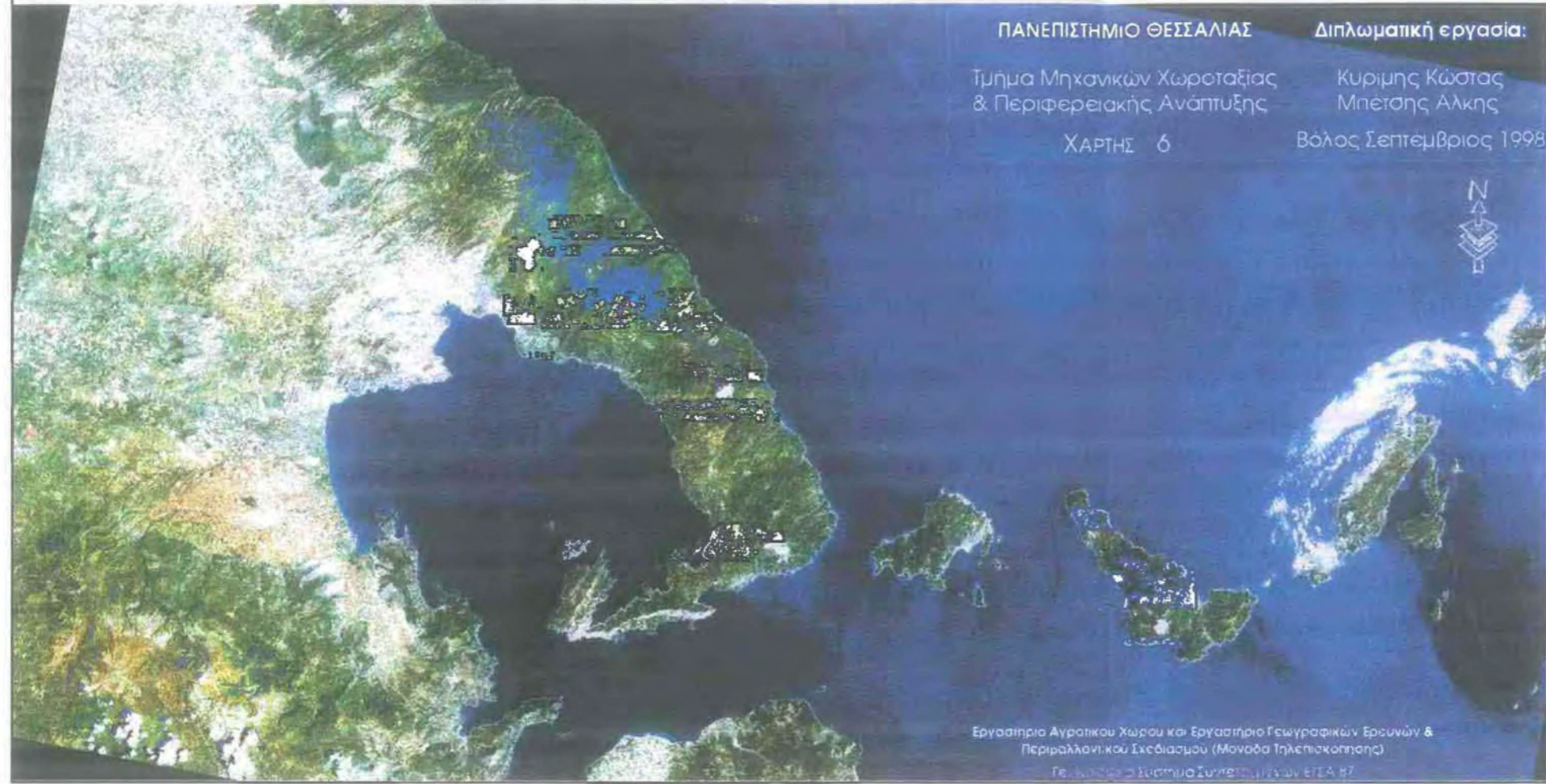
Εικόνα 5.8 Color Composite SPOT 1993



Εικόνα 5.9 Color Composite Landsat 1997

Ψευδοχρωματική απεικόνιση (False Color Composite) της περιοχής μελέτης για το 1986 (περιλαμβάνονται και οι Σποράδες)

Η παρακάτω εικόνα προκύπτει από τον συνδυασμό φασματικών καναλιών του Landsat και βασικών χρωμάτων, με τον ακόλουθο τρόπο:
στο Μπλε χρώμα το 1ο φασματικό κανάλι,
στο Πράσινο χρώμα το 2ο φασματικό κανάλι,
και στο Κόκκινο το χρώμα το 3ο φασματικό κανάλι.



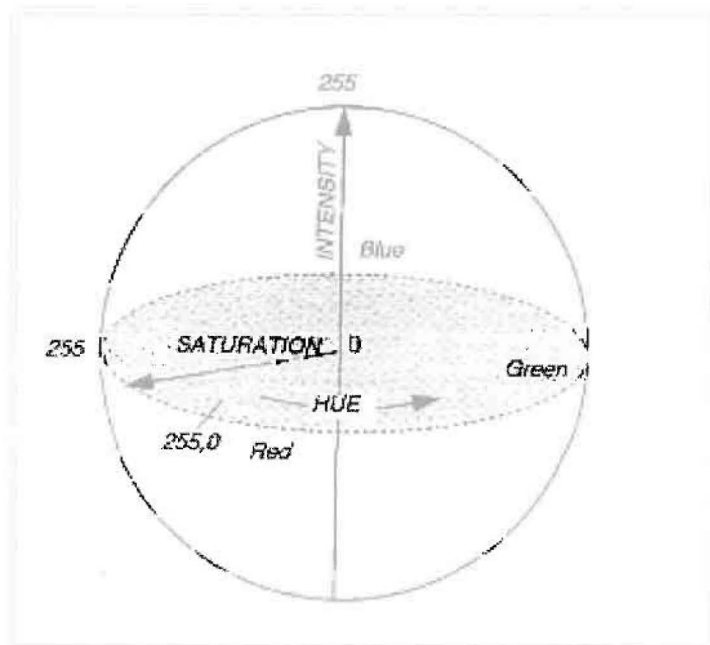
Βόλος Σεπτέμβριος 1998

Μια άλλη εφαρμογή της γεωμετρικής διόρθωσης που βασίζεται στο μετασχηματισμό του χρωματικού μοντέλου RGB (Red, Green, Blue) στο χρωματικό μοντέλο HIS (Hue = απόχρωση, Idensity = ένταση, Saturation = χρωματικός κορεσμός) είναι η σύμπτωση των δορυφορικών εικόνων Landsat και SPOT. Κατά την διαδικασία αυτή, όπως και αναφέρθηκε και παραπάνω, το pixel του δορυφόρου Landsat με διακριτική ικανότητα (resolution) 30 μέτρα, μετασχηματίζεται, με την βοήθεια της εντολής Resample (που αναφέρθηκε και παραπάνω), σε pixel με διακριτική ικανότητα 20 μέτρα, ίδιο με αυτό του δορυφόρου SPOT. Έτσι, εμφανίζεται η χωρική διακριτική ικανότητα του δορυφόρου SPOT με τα χρωματικά χαρακτηριστικά του δορυφόρου Landsat (Lillesand & Keifer, 1994). Κατά την διάρκεια της επεξεργασίας, τρία από τα κανάλια του δορυφόρου Landsat, που εν γένει βρίσκονται σε μορφή RGB, μετατρέπονται σε μορφή HIS, με την αλλαγή των χρωματικών τιμών τους. Βασική προϋπόθεση είναι, τα παράθυρα των εικόνων του Landsat και του SPOT να είναι ίδιου μεγέθους (ίδιος αριθμός γραμμών κα στηλών) και με ίδιες συντεταγμένες στα άκρα τους.

Το χρωματικό μοντέλο HIS χρησιμοποιείται διότι, παρουσιάζει τα χρώματα με τέτοιο τρόπο ώστε ο παρατηρητής τα αντιλαμβάνεται καλύτερα (Sabins, 1986).

Το σύστημα βασίζεται στην χρωματική σφαίρα που παρουσιάζεται στην εικόνα 5.10 δίπλα όπου, ο κάθετος άξονας είναι η ένταση (Idensity), η ακτίνα του κύκλου δίνει το μέγεθος της χρωματικής καθαρότητας (saturation) και η περιφέρεια δίνει την απόχρωση (hue).

Ο άξονας της έντασης αντιπροσωπεύει την φωτεινότητα και κυμαίνεται από 0 (μαύρο), έως 255 (άσπρο) και δεν παίζει κανένα ρόλο στο ποιο χρώμα παρουσιάζεται. Η απόχρωση αντιπροσωπεύει το κυρίαρχο

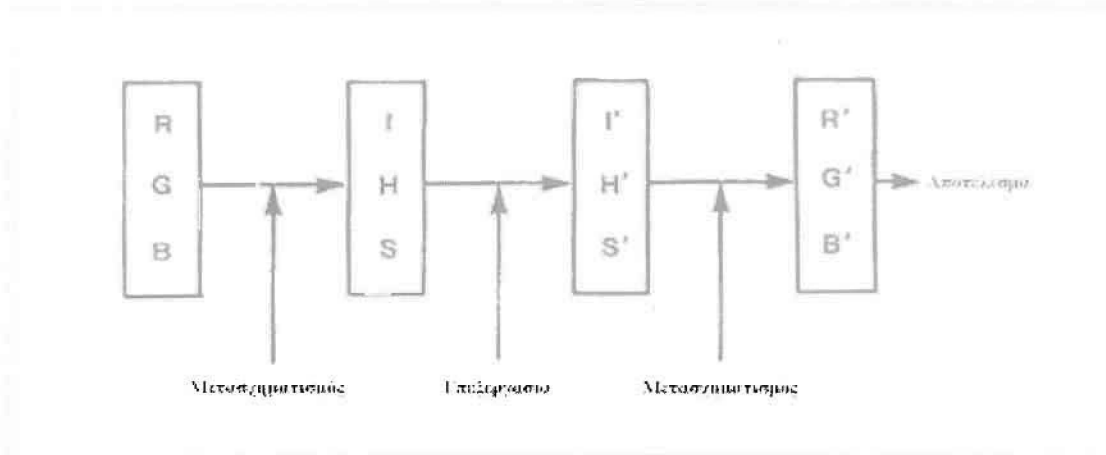


Εικόνα 5.10 Ο χρωματικός κύκλος HIS (πηγή: Mather, 1993)

μήκος κύματος του χρώματος και έχει την τιμή 0 στο μέσο της σφαίρας και αυξάνει μέχρι το 255, σύμφωνα με τους δείκτες του ρολογιού. Η χρωματική καθαρότητα παίρνει την τιμή 0 στο μέσο της σφαίρας και την μέγιστη τιμή 255 στην περιφέρεια. Η καθαρότητα τιμής 0 αντιπροσωπεύει ένα «μη καθαρό» χρώμα στο οποίο, όλα τα μήκη κύματος παρουσιάζονται το ίδιο και το ανθρώπινο μάτι τα αντιλαμβάνεται σαν μια γκρι σκιά, ανάλογα με την ένταση που έχει (Mather, 1993).

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, για την σύμπτωση των δορυφορικών εικόνων, πρέπει να ακολουθηθεί η διαδικασία που παρουσιάζεται στην εικόνα 5.11:

Όταν τα τρία κανάλια του Landsat παρουσιάζονται με το σύστημα RGB, συνήθως, το αποτέλεσμα στερείται χρωματικής καθαρότητας (saturation), αν και τα κανάλια μπορεί να έχουν τονισθεί με την χρήση διαφόρων μεθόδων⁵³ (λ.χ. stretching). Με την μετατροπή από RGB σε HIS, τα κανάλια του Landsat μετατρέπονται σε τρεις ξεχωριστές εικόνες, μια της έντασης, μια της χρωματικής καθαρότητας και μία της απόχρωσης (βλ. εικόνα 5.11). Μετά από διαδικασία τονισμού της εικόνας και μετατροπή του pixel από 30 μέτρων διακριτική ικανότητα σε 20 μέτρα, έτσι ώστε να είναι ίδιο με το pixel του SPOT (με την χρήση της εντολής Resample), οι εικόνες μετασχηματίζονται ξανά σε μορφή RGB, με



Εικόνα 5.11 Η διαδικασία σύμπτωσης δορυφορικών εικόνων (πηγή: Schowengerdt, 1983)

μεγαλύτερη χρωματική καθαρότητα και έτοιμες για την σύμπτωση. Οι τιμές του HIS μπορούν να προέλθουν και από τις τιμές του RGB με την βοήθεια των παρακάτω εξισώσεων (Sabins, 1986):

$$H = G - B / I - 3B$$

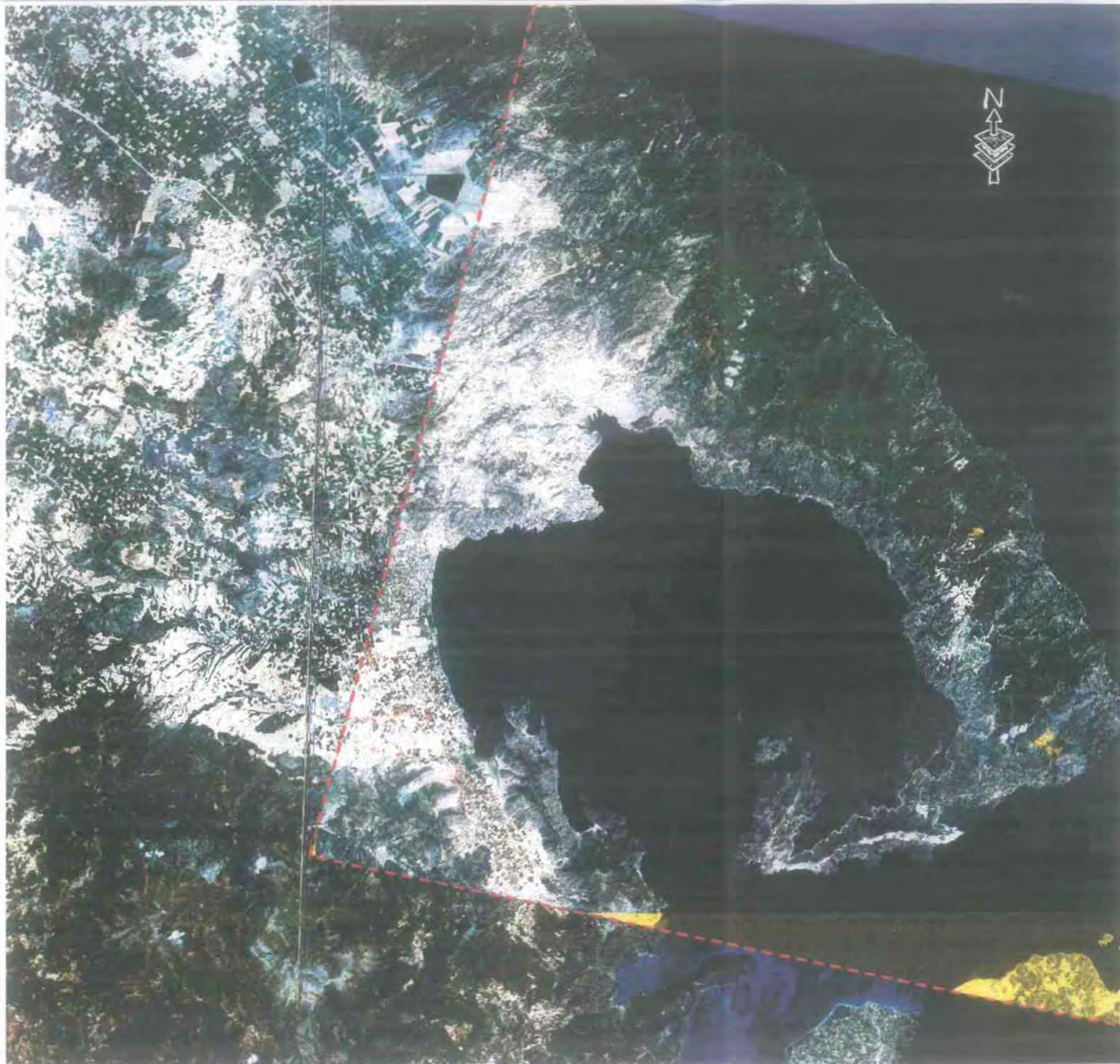
$$I = R + B + G$$

$$S = I - 3B / I$$

Με διάστημα $0 < H < 1$ που μετατρέπεται σε $1 < H < 3$.

Παράδειγμα σύμπτωσης δορυφορικών εικόνων των δορυφόρων Landsat και SPOT παρουσιάζεται στον χάρτη 7, σε ψευδοχρωματική απεικόνιση με την χρησιμοποίηση της παλέτας Composite του προγράμματος Idrisi. Ο συνδυασμός των καναλιών που χρησιμοποιήθηκαν ήταν για το μπλε το 1ο κανάλι του Landsat, για το πράσινο, το 2ο κανάλι του SPOT και για το κόκκινο το 3ο του Landsat. Η σύμπτωση, ως εφαρμογή της γεωμετρικής διόρθωσης είναι πολύ σημαντική καθώς μπορεί να δώσει σημαντικές πληροφορίες σε μεγάλο εύρος εφαρμογών (λ.χ. γεωλογικές) με την χρησιμοποίηση κάποιου άλλου συνδυασμού καναλιών. Αυτή

⁵³ Schowengerdt, 1983



Εργαστήριο Αγροτικού Χώρου και Εργαστήριο Γεωγραφικών Ερευνών & Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού (Μονάδα Τηλεπισκόπησης)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

Διπλωματική εργασία:

Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων

Κυρίμης Κώστας
Μπέτσης Αλκης

ΧΑΝΟΣΌ 7

Ψευδοχρωματική απεικόνιση της σύμπτωσης των δορυφορικών εικόνων Landsat και SPOT του 1993

Στην διπλανή εικόνα συνυπάρχουν ψευδοχρωματικές απεικονίσεις του Landsat, στο Δυτικό και Νότιο κομμάτι της εικόνας, και της σύμπτωσης Landsat - SPOT (περιοχή που περικλείεται από την κόκκινη διακεκομμένη γραμμή).

Για την ψευδοχρωματική απεικόνιση της σύμπτωσης Landsat - SPOT χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω συνδυασμός καναλιών και βασικών χρωμάτων:

Κόκκινο: 3ο φασματικό κανάλι του Landsat
Πράσινο: 2ο φασματικό κανάλι του SPOT
Μπλε: 1ο φασματικό κανάλι του Landsat



Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

Βόλος Σεπτέμβριος 1998

είναι μία ακόμη απόδειξη της χρησιμότητας της πολυφασματικότητας των δορυφόρων Landsat και SPOT.

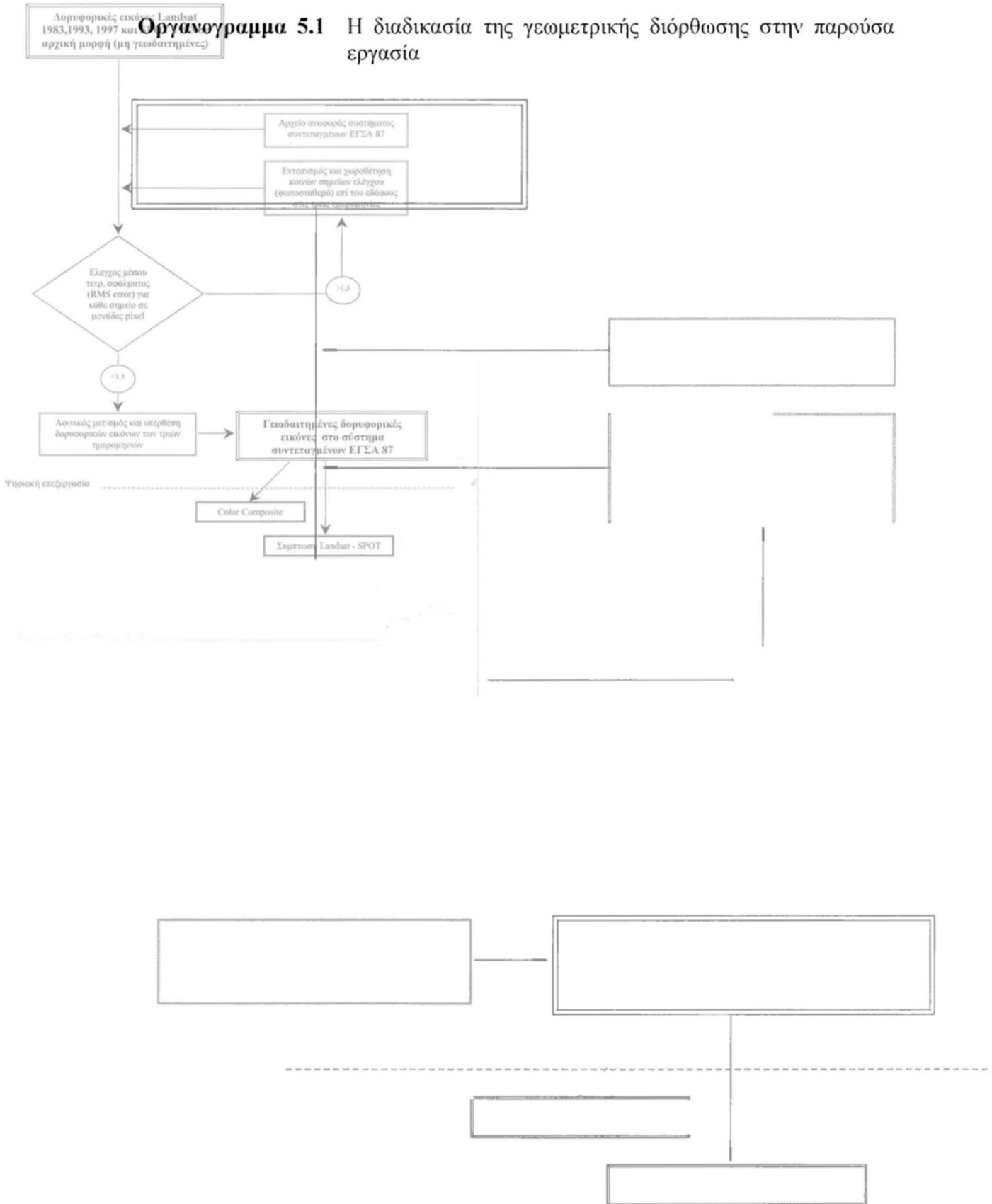
5.4 Επίλογος – Συμπεράσματα

Η προεργασία των εικόνων, με την διαδικασία της γεωμετρικής διόρθωσης είναι ένα από τα πιο σημαντικά βήματα που θα ακολουθηθούν στην παρούσα εργασία καθώς επιτρέπει την συγκρισιμότητα των δορυφορικών εικόνων βάση ενός κοινού συστήματος, που είναι το ελληνικό σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87. Με την ανόρθωση των εικόνων στο ελληνικό σύστημα συντεταγμένων, ξέχωρα από την συγκρισιμότητα που μπορεί να επιτευχθεί μεταξύ των δορυφορικών εικόνων που χρησιμοποιούνται, μπορεί να γίνει και σύγκριση και με άλλες εφαρμογές που έχουν επιτευχθεί (π.χ. πρόγραμμα Corine) και να βγουν ορισμένα χρήσιμα συμπεράσματα (βλ. παρακάτω κεφάλαιο).

Η διαδικασία που χρησιμοποιήθηκε για την διόρθωση των δορυφορικών εικόνων στο ελληνικό σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87, με την βοήθεια του προγράμματος Idrisi 2.0 for Windows δεν είναι και η μοναδική. Η ανόρθωση μπορεί να επιτευχθεί και με την χρήση και άλλων πακέτων προγραμμάτων που αφορούν την Τηλεπισκόπηση (π.χ. PCI Easy Pace και Erdas) αλλά, σχεδόν πάντα, η «θεωρητική» διαδικασία είναι η ίδια. Στο παρακάτω οργανόγραμμα παρουσιάζεται η διαδικασία της γεωμετρικής διόρθωσης, στο πρόγραμμα Idrisi, από το πρώτο στάδιο όπου οι δορυφορικές εικόνες βρίσκονται σε τυχαίο σύστημα συντεταγμένων, ως την ανόρθωση τους στο ελληνικό σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87.

Οργανογράμμα 5.1

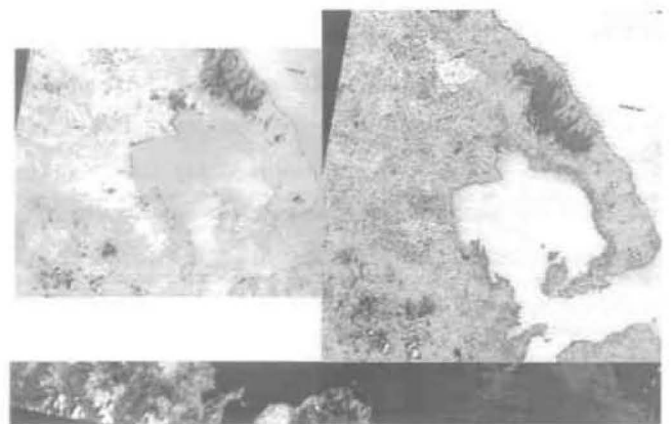
Η διαδικασία της γεωμετρικής διόρθωσης στην παρούσα εργασία



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 60

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 60

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΕΙΣ ΕΙΚΟΝΩΝ



6.1 Εισαγωγικά

Με την ευρεία έννοια του, ο όρος ταξινόμηση σημαίνει ομαδοποίηση ατόμων ή μεταβλητών. Στην Τηλεπισκόπηση, η ταξινόμηση (classification) σημαίνει διαχωρισμό μιας δορυφορικής πολυφασματικής εικόνας σε ομάδες από ομοειδή, ως προς την ραδιομετρία τους, pixel. Εδώ, διευκρινίζονται δύο έννοιες που λέχθηκαν παραπάνω: 1ο «ο διαχωρισμός σε ομάδες» πραγματοποιείται βασισμένος σε κάποιον από τους αλγόριθμους ταξινόμησης που εφαρμόζονται στην Τηλεπισκόπηση και 2ο «τα ομοειδή ως προς την ραδιομετρία τους pixel» σημαίνει ότι κάθε ομάδα συγκεντρώνει εκείνα τα pixel που έχουν «μικρή» ραδιομετρική απόσταση μεταξύ τους και «μεγάλη» ραδιομετρική απόσταση με τα pixel κάποιας άλλης ομάδας.

Εκτός όμως από την ποσοτική (αριθμητική) έννοια της ταξινόμησης σε σχέση με τις ραδιομετρικές τιμές των pixel της ψηφιακής εικόνας, η ταξινόμηση παίζει ένα σημαντικό ρόλο στην θεματική υπόστασή της. Μία ταξινόμηση, μετά την εφαρμογή της, ομαδοποιεί τα pixel μιας δορυφορικής εικόνας (βάσει του αλγορίθμου που επιλέχθηκε και των ραδιομετρικών τιμών τους) κατά θεματική ενότητα. Αυτό σημαίνει ότι μια ταξινομημένη εικόνα θα εμφανίζει έναν συγκεκριμένο αριθμό κλάσεων αρκετά μικρότερο του 256 (που είναι το πλήθος των κλάσεων μιας 8-bit εικόνας SPOT ή Landsat) και το κυριότερο που κάθε μία από αυτές θα παριστά μια συγκεκριμένη κάλυψη γης πχ. Πολεοδομικό συγκρότημα, θάλασσα, δάσος, καλλιέργειες κ.τλ (Κ. Περάκης, υπό έκδοση, 1998). Οι ταξινομήσεις χωρίζονται σε δύο μεγάλες βασικές κατηγορίες: της **επιβλεπόμενες** και τις **μη επιβλεπόμενες**.

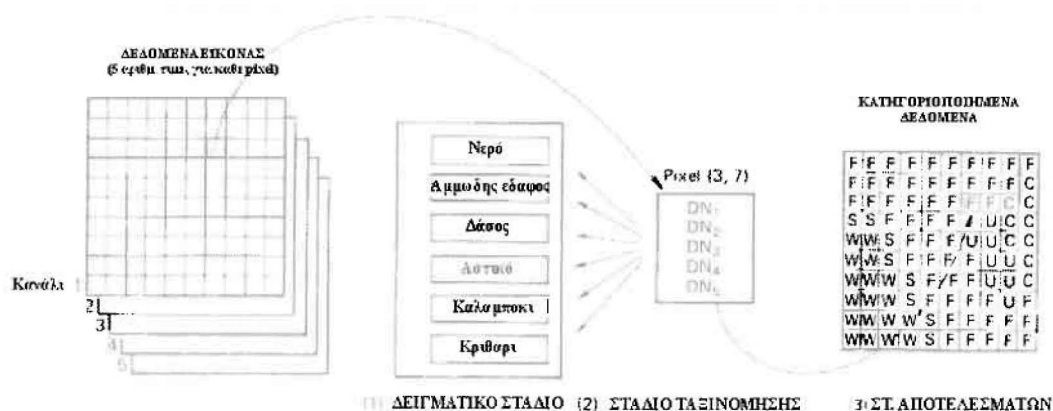
6.2 Μη Επιβλεπόμενη Ταξινόμηση (Unsupervised Classification)

Όπως και στην επιβλεπόμενη ταξινόμηση, η διαδικασία αναλύεται σε δύο ξεχωριστά στάδια. Η θεμελιώδης διαφορά μεταξύ των δύο τεχνικών είναι ότι, η επιβλεπόμενη περιλαμβάνει το δειγματοληπτικό στάδιο ακολουθούμενο από το στάδιο της ταξινόμησης ενώ, η μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση κατηγοριοποιεί όλα τα pixel της εικόνας, χωρίζοντάς τα σε συσσωρευμένες ομάδες (ομάδες μεγάλου ή μικρού όγκου συχνότητων με ξεχωριστά pic που διαχωρίζονται ορισμένες φορές και οπτικά) χωρίς την χρήση περιοχών γνωστών καλύψεων γης. Αυτό σημαίνει ότι στη μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση, όπως το λέει και το όνομά της, δεν χρειάζεται εκ των προτέρων γνώση πεδίου της υπό ταξινόμηση περιοχής (Κ. Περάκης, υπό έκδοση, 1998). Το αποτέλεσμά της είναι η ομαδοποίηση σε κατηγορίες οι οποίες δεν είναι γνωστές. Ο χρήστης, βασισμένος σε οποιοδήποτε πληροφοριακό υλικό έχει,

αποφασίζει για την ονοματολογία των κατηγοριών που δίνει η μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση. Υπάρχουν διάφοροι αλγόριθμοι που υποστηρίζουν την μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση και βασίζονται στον διαχωρισμό των κατηγοριών κάλυψης γης σε cluster (π.χ. η μέθοδος K-means).

6.3 Επιβλεπόμενη Ταξινόμηση (Supervised Classification)

Είναι η διαδικασία που χρησιμοποιείται στην ομαδοποίηση ραδιομετρικών δεδομένων στην Τηλεπισκόπηση. Στηρίζεται στην χρησιμοποίηση των κατάλληλων αλγορίθμων για την απεικόνιση των pixel σε προκαθορισμένες κατηγορίες ή κλάσεις¹ (Richards, 1993). Για να γίνει αυτό, χαρακτηριστικά δείγματα γνωστής κάλυψης γης, που ονομάζονται “δειγματοληπτικές περιοχές” (training sites), χρησιμοποιούνται για την σύνθεση μιας αμιγούς «αριθμητικά» ομάδας



Εικόνα 6.1 Τα βασικά στάδια της επιβλεπόμενης ταξινόμησης (πηγή: Lillesand & Keifer, 1994)

ραδιομετρικών τιμών, για κάθε κατηγορία κάλυψης γης. Κάθε pixel από την εικόνα, συγκρίνεται αριθμητικά με τις αμιγείς περιοχές και ταξινομείται σε εκείνη που «ταιριάζει» περισσότερο. Όπως θα δούμε παρακάτω, υπάρχουν αρκετοί τρόποι τεχνικών (ταξινομήσεων) που δίνουν την σχέση μεταξύ των «αγνώστων» pixel και των δειγματοληπτικών περιοχών.

Η διαδικασία της επιβλεπόμενης ταξινόμησης περιγράφεται στην παρακάτω εικόνα. Πρέπει να σημειωθεί ότι το παράδειγμα² αναφέρεται στα 5 φασματικά κανάλια του δορυφόρου Landsat, γι αυτό εμφανίζονται 5 αριθμητικές τιμές³ για κάθε pixel.

Στο πρώτο στάδιο, συλλέγονται αριθμητικά δεδομένα από δειγματοληπτικές περιοχές (training sites) με ίδια κατηγορία κάλυψης γης. Στο δεύτερο στάδιο, κάθε

¹ Ο επιστήμονας «επιβλέπει» την διαδικασία κατηγοριοποίησης των pixel δίνοντας στον αλγόριθμο του υπολογιστή αριθμητικά χαρακτηριστικά των διαφόρων τύπων κάλυψης γης που παρουσιάζονται στην εικόνα

² Lillesand and Kiefer, 1994, σελ. 589-590.

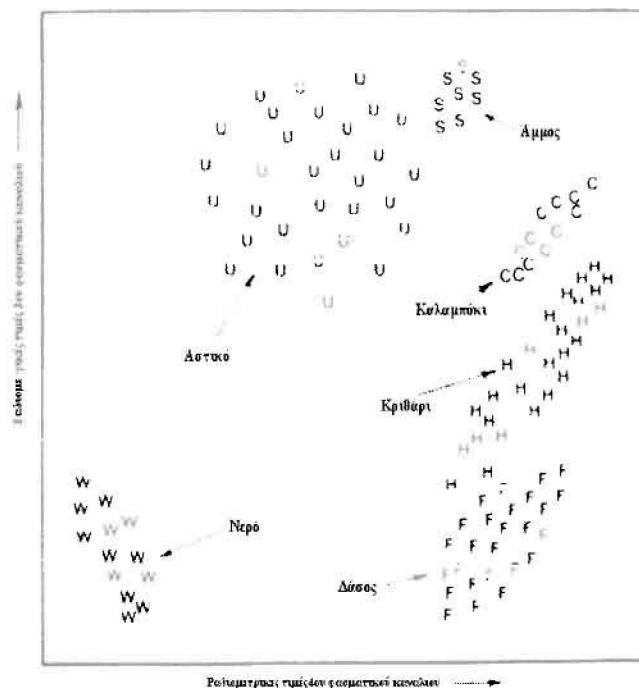
³ Που είναι οι ραδιομετρικές τιμές

ρίxel με άγνωστη κάλυψη γης κατηγοριοποιείται στην κατηγορία κάλυψης γης που έχει τα περισσότερα κοινά χαρακτηριστικά (classification stage) και τέλος, στο τελευταίο στάδιο, απεικονίζονται τα αποτελέσματα της ταξινόμησης και παρουσιάζονται σε χάρτες, πίνακες ή σε μορφή δεδομένων με την χρήση GIS (output stage). Σε γενικές γραμμές, αυτή είναι η διαδικασία που ακολουθείται στην επιβλεπόμενη ταξινόμηση.

Στην περίπτωση αυτή, υποθέτουμε ότι υπάρχει ένα δείγμα παρατηρήσεων από pixels δύο φασματικών καναλιών του δορυφόρου Landsat που παρουσιάζονται – γραφικά – σε μορφή νέφους σημείων (scatter diagram) στην εικόνα 6.2. Οι αριθμητικές τιμές του 3ου φασματικού καναλιού παρουσιάζονται στον άξονα y και αυτές του 4ου φασματικού καναλιού στον άξονα x. Οι δύο τιμές που αναφέρονται σε κάθε pixel εκτός από τον «χώρο μέτρησης» (measurement space) του διαγράμματος, δίνουν την ραδιομετρική τιμή του pixel στα δύο κανάλια.

Έτσι, αν η ραδιομετρική τιμή ενός pixel είναι 25 στο 3ο φασματικό κανάλι και 98 στο 4ο φασματικό κανάλι, το pixel αυτό παρουσιάζεται στο διάγραμμα με την μορφή σημείου με συντεταγμένες (25,98). Επίσης, γίνεται η υπόθεση ότι, οι παρατηρήσεις για τα pixels της εικόνας 6.2 είναι από γνωστές κατηγορίες κάλυψης γης (δηλαδή, γνωστές δειγματοληπτικές περιοχές και έχουν τοποθετηθεί στο διάγραμμα με γράμματα που υποδηλώνουν την κάλυψή τους (Νερό: F, Άμμος: S, Αστικό: U, Δάσος: F, Καλαμπόκι: C, Κριθάρι: H).

Πρέπει να σημειωθεί ότι, τα “νέφη σημείων” αναπαριστούν πολυδιάστατη περιγραφή των φασματικών υπογραφών για κάθε κατηγορία κάλυψης γης και χρησιμοποιούνται δειγματοληπτικές περιοχές για κάθε μέθοδο επιβλεπόμενης ταξινόμησης.

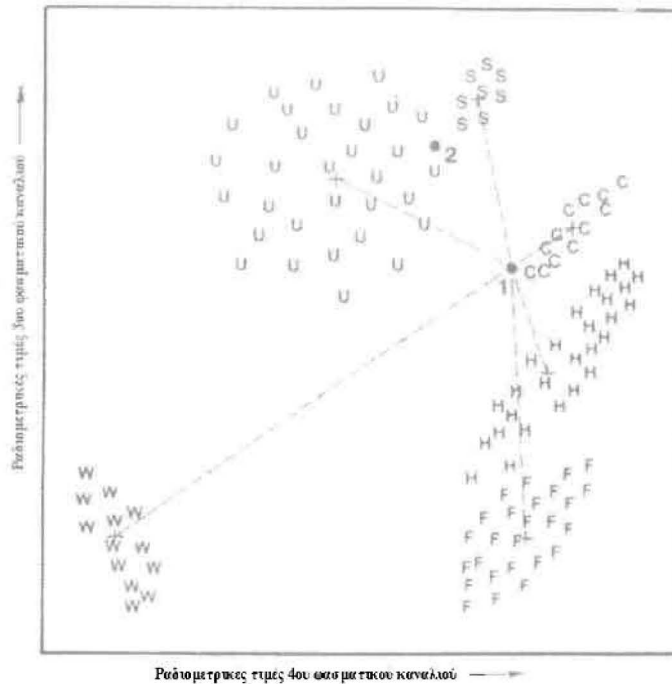


Εικόνα 6.2 Παράδειγμα δείγματος παρατηρήσεων για τυχαίες δειγματοληπτικές περιοχές κατηγοριών καλύψεων γης (πηγή: Lillesand & Keifer, 1994)

χρησιμοποιηθούν είναι η μέθοδος της ελάχιστης απόστασης (mean to minimum distance, εν συντομία mindist), η μέθοδος του παραλληλεπίπεδου (parallelepiped, εν συντομία riped) και η μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας (maximum likelihood, εν συντομία maxlike).

6.3.1 Η μέθοδος ταξινόμησης των ελαχίστων αποστάσεων (mindist)

Η μέθοδος ταξινόμησης της ελάχιστης αποστάσεως (minimum to mean distance), είναι μια από τις πιο απλές μεθόδους ταξινόμησης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Σε πρώτο στάδιο, υπολογίζεται ο μέσος όρος των ραδιομετρικών τιμών, για κάθε φασματικό κανάλι για κάθε κατηγορία κάλυψης γης και απεικονίζεται σε ένα σημείο, μέσα στο «νέφος» σημείων της κατηγορίας κάλυψης γης (βλ. εικόνα 6.3. που η μέση ραδιομετρική τιμή απεικονίζεται με ένα +). Για την ταξινόμηση ενός pixel άγνωστης κατηγορίας, που οι ραδιομετρικές τιμές του τοποθετούνται μέσα στο δυσδιάστατο διάγραμμα, υπολογίζεται η **απόσταση** του από το σημείο της μέσης ραδιομετρικής τιμής κάθε κατηγορίας κάλυψης γης. Στην περίπτωση της εικόνας 6.3, που δίνει ένα παράδειγμα της μεθόδου της ελάχιστης αποστάσεως, το άγνωστο σημείο είναι το σημείο 1. Η απόστασή του από τα «κέντρα» κάθε κατηγορίας κάλυψης γης υπολογίζεται με την διακεκκομένη γραμμή. Επειτα από τον υπολογισμό των αποστάσεων, το άγνωστο σημείο κατανέμεται (ταξινομείται) στην πιο κοντινή, ως προς τον μέσο όρο, κατηγορία κάλυψης γης.



Εικόνα 6.3 Η μέθοδος ταξινόμησης της ελάχιστης αποστάσεως (πηγή: Lillesand & Keifer, 1994)

Η μέθοδος της ελάχιστης αποστάσεως είναι μαθηματικά απλή και δίνει σίγουρα αποτελέσματα, απλώς, έχει ορισμένους περιορισμούς, με πιο σημαντικό την ευαισθησία σε διαφορετικούς βαθμούς διακύμανσης στις δεδομένες ραδιομετρικές τιμές. Για παράδειγμα, το σημείο 2 που φαίνεται στην εικόνα 6.3, με την χρήση της μεθόδου της ελάχιστης αποστάσεως θα κατανεμηθεί στην κατηγορία S (άμμος).

Η μέθοδος της ελάχιστης αποστάσεως είναι μαθηματικά απλή και δίνει σίγουρα αποτελέσματα, απλώς, έχει ορισμένους περιορισμούς, με πιο σημαντικό την ευαισθησία σε διαφορετικούς βαθμούς διακύμανσης στις δεδομένες ραδιομετρικές τιμές. Για παράδειγμα, το σημείο 2 που φαίνεται στην εικόνα 6.3, με την χρήση της μεθόδου της ελάχιστης αποστάσεως θα κατανεμηθεί στην κατηγορία S (άμμος).

παρόλο το γεγονός ότι η μεγαλύτερη διακύμανση (variability) της κατηγορίας U (αστικό) θα ταίριαζε περισσότερο στο να ταξινομηθεί εκεί. Λόγω τέτοιου είδους προβλημάτων, αυτό το είδος ταξινόμησης δεν τυγχάνει ευρεία χρησιμοποίηση σε εφαρμογές που οι κατηγορίες κάλυψης γης είναι κοντά η μία στην άλλη και έχουν και υψηλή διακύμανση. Γενικά, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου της ελάχιστης αποστάσεως παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6.1 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Μεθόδου της Ελάχιστης Αποστάσεως

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Από την στιγμή που κάθε άγνωστο pixel κατανέμεται στον πιο κοντινό μέσο όρο, δεν παρουσιάζονται αταξινόμητα pixel	Κάποια pixel που δεν θα έπρεπε να ταξινομηθούν (που δεν είναι δηλαδή κοντά σε κάποιο μέσο όρο κάποιας κατηγορίας κάλυψης γης) στην περίπτωση αυτή ταξινομούνται
Είναι η γρήγορη μέθοδος ταξινόμησης, λίγο πιο αργή όμως από την μέθοδο των παραλληλεπιπέδων	Δεν λαμβάνεται υπόψη η διασπορά της κλάσης

Πηγή: Σημειώσεις Προγράμματος Erdas

6.3.2 Η μέθοδος ταξινόμησης των παραλληλεπιπέδων (ripened)

Η μέθοδος ταξινόμησης των παραλληλεπιπέδων βασίζεται στην διακύμανση των ραδιομετρικών τιμών των διαφόρων κατηγοριών κάλυψης γης, λαμβάνοντας, δηλαδή, υπόψη το **εύρος** των ραδιομετρικών τιμών, που ορίζεται από την υψηλότερη και χαμηλότερη ραδιομετρική τιμή σε κάθε φασματικό κανάλι. Οι τιμές αυτές περικλείονται σε ένα ορθογώνιο τετράπλευρο, στο διάγραμμα ραδιομετρικών τιμών της εικόνας 6.4. Κάθε άγνωστο pixel ταξινομείται ανάλογα με το αν βρίσκεται η όχι στο ορθογώνιο κάποιας κατηγορίας κάλυψης γης. Στην περίπτωση που δεν βρίσκεται μέσα σε κάποιο από αυτά θεωρείται αταξινόμητο⁴. Επειδή αναφερόμαστε σε πολλά φασματικά κανάλια και λαμβάνοντας υπόψη την πολυδιάστατη φύση των φασματικών καναλιών, οι όγκοι αυτοί ονομάζονται παραλληλεπίπεδα και η μέθοδος ταξινόμησης, μέθοδος των παραλληλεπιπέδων.

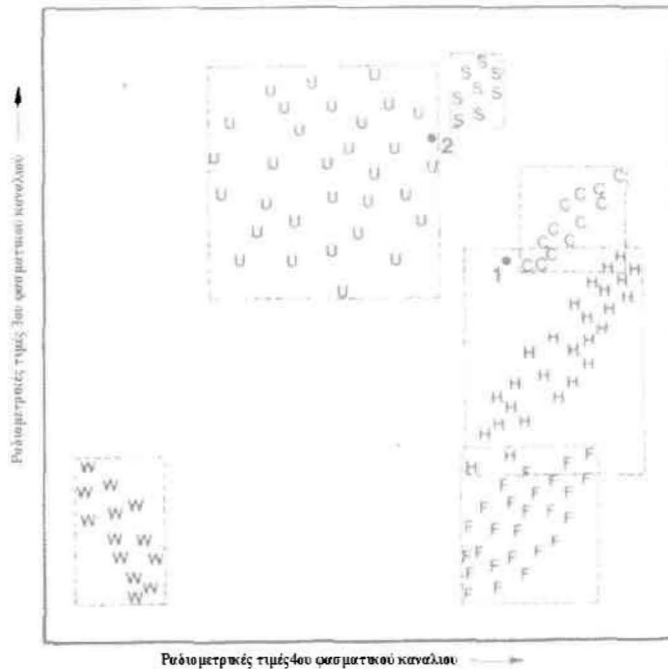
Ενα αδύνατο σημείο της μεθόδου αυτής είναι η ευαισθησία της, που παρουσιάζεται, ως παράδειγμα, στην εικόνα 6.4. Στην εικόνα αυτή, το σημείο 2, αν και βρίσκεται κοντά στην «πυκνή» κατηγορία κάλυψης γης, ωστόσο κατανέμεται στην περισσότερο μεταβλητή κατηγορία, λόγω μόνο του γεγονότος ότι βρίσκεται μέσα στο παραλληλεπίπεδο της. Επίσης, το σημαντικότερο πρόβλημα

⁴ όπως θα δούμε και παρακάτω, κατά την εφαρμογή της μεθόδου των παραλληλεπιπέδων στην παρούσα εργασία, εμφανίζονται πολλά αταξινόμητα σημεία

παρουσιάζεται όταν τα παραλληλεπίπεδα συμπίπτουν (overlap) κατά ορισμένα τμήματά τους και έχουν μεγάλο αριθμό κοινών σημείων. Στην περίπτωση αυτή, κάποιο «άγνωστο» pixel που βρίσκεται σε αυτό το τμήμα, είτε θα ταξινομηθεί ως «μη σίγουρο» ή θα ταξινομηθεί τυχαία σε μια από τις δύο (ή και στις δύο) κατηγορίες κάλυψης γης. Η σύμπτωση των κατηγοριών εμφανίζεται λόγω του γεγονότος ότι, η συνεισφορά κάποιας

κατηγορίας με υψηλό συντελεστή συσχέτισης ή συνδιακύμανσης, δεν εξηγείται σωστά από τις περιοχές που περικλείει το παραλληλεπίπεδο. Συνδιακύμανση είναι η τάση των ραδιομετρικών τιμών δύο διαφορετικών φασματικών καναλιών να μεταβάλλονται κατά όμοιο τρόπο, όπως φαίνεται και από τα «νέφη» των σημείων τους. Για παράδειγμα, στην εικόνα 6.4, η κατηγορία C (καλαμπόκι) και H (κριθάρι) έχουν θετική συνδιακύμανση καθώς, οι υψηλές τιμές του 4ου φασματικού καναλιού συσχετίζονται με τις υψηλές τιμές του 3ου καναλιού, αντίστοιχα το ίδιο συμβαίνει και με τις χαμηλές ραδιομετρικές τιμές. Αντίθετα, η κατηγορία W (νερό) παρουσιάζει χαμηλή συνδιακύμανση καθώς οι υψηλές τιμές στο 3ο κανάλι δεν ακολουθούνται από υψηλές τιμές στο 4ο κανάλι αλλά από μικρότερες.

Η περίπτωση της συνδιακύμανσης των ραδιομετρικών τιμών δύο διαφορετικών κατηγοριών κάλυψης γης, προκαλεί ορισμένες φορές προβλήματα στη μέθοδο αυτή διότι δίνει πολύ φτωχά αποτελέσματα⁵. Στην περίπτωση της εικόνας 6.4, το σημείο 1, λόγω της ευαισθησίας της συνδιακύμανσης ταξινομείται στην κατηγορία H, αντί της C. Δυστυχώς, τις περισσότερες φορές, οι κατηγορίες κάλυψης γης είναι στενά συνδεδεμένες και με υψηλή συνδιακύμανση, οπότε, για την λύση (κατά κάποιο τρόπο) του προβλήματος αυτού, μπορούν να δημιουργούνται παραλληλεπίπεδα, όχι μόνο λαμβάνοντας υπόψη τις υψηλότερες και χαμηλότερες ραδιομετρικές τιμές αλλά και κάποια ενδιάμεσα όρια. Έτσι, το παραλληλεπίπεδο θα παρουσιάζεται μικρότερο, με ορισμένα όρια, ώστε να αποφεύγονται οι συμπτώσεις



Εικόνα 6.4 Η μέθοδος ταξινόμησης των παραλληλεπίπεδων (πηγή: Lillesand & Keifer, 1994)

⁵ Λόγω της παρουσίας της συνδιακύμανσης

μεταξύ των διαφορετικών κατηγοριών κάλυψης γης. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της μεθόδου των παραλληλεπιπέδων.

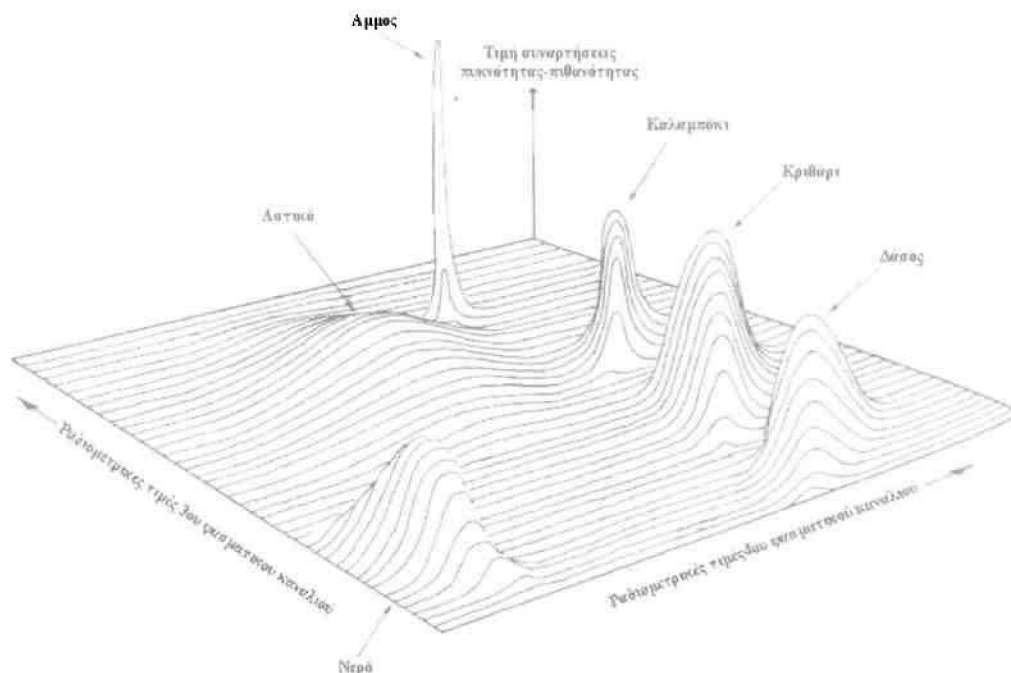
Πίνακας 6.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Μεθόδου των Παραλληλεπιπέδων

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Είναι πιο γρήγορη και απλή μέθοδος, αφού όλα τα σημεία συγκρίνονται με όρια που παραμένουν σταθερά, για κάθε φασματικό κανάλι για κάθε φασματική υπογραφή	Από την στιγμή που τα παραλληλεπίπεδα έχουν «γωνίες», κάποια ρixel που είναι αρκετά μακριά, μπορεί να μην ταξινομηθούν σε καμιά κατηγορία κάλυψης γης
Χρησιμοποιείται αρκετά στην περίπτωση που χρειάζεται να υπολογιστούν, άμεσα και εύκολα, οι κατηγορίες κάλυψης γης, στις οποίες ένα άγνωστο ρixel μπορεί να κατανομηθεί	
Δεν βασίζεται σε κανονική κατανομή	

Πηγή: Σημειώσεις Προγράμματος Erdas

6.3.3 Η μέθοδος ταξινόμησης της μέγιστης πιθανοφάνειας (maxlike)

Η μέθοδος ταξινόμησης της μέγιστης πιθανοφάνειας βασίζεται στην πιθανότητα ότι ένα ρixel να ανήκει σε μια συγκεκριμένη κατηγορία κάλυψης γης. Η βασική εξίσωση θεωρεί ότι, οι πιθανότητες είναι ίδιες για όλες τις κατηγορίες και τα φασματικά κανάλια έχουν κανονική κατανομή στην ταξινόμηση. Η υπόθεση αυτή δίνεται από τον πίνακα συνδιακύμανσης (covariance matrix) και το διάνυσμα μέσων τιμών (mean vector). Σύμφωνα με την υπόθεση αυτή και με ορισμένες παραμέτρους μπορεί να υπολογιστεί η στατιστική πιθανότητα κάποιου «άγνωστου» ρixel να ταξινομείται ή όχι σε κάποια κατηγορία κάλυψης γης. Για παράδειγμα, στην εικόνα 6.5 παρουσιάζονται οι πιθανές τιμές που μπορεί να πάρει ένα άγνωστο ρixel σε τρισδιάστατο διάγραμμα. Ο κάθετος άξονας εκφράζει την πιθανότητα κάποιου ρixel να ανήκει σε κάποιο από τα φασματικά κανάλια και οι εξογκωμένες επιφάνειες, που ονομάζονται συναρτήσεις πυκνότητας-πιθανότητας, εμφανίζονται μία φορά, για κάθε συγκεκριμένη κατηγορία κάλυψης γης.



Εικόνα 6.5 Οι συναρτήσεις πυκνότητας – πιθανότητας για κάθε κατηγορία κάλυψης γης (πηγή: Lillesand & Keifer, 1994)

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι συναρτήσεις πυκνότητας πιθανότητας χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση ενός «άγνωστου» pixel υπολογίζοντας την πιθανότητα του να βρίσκεται σε κάποια συγκεκριμένη κατηγορία κάλυψης γης, δηλαδή την **μέγιστη πιθανοφάνεια** (maximum likelihood) που καθορίζεται από την τιμή πιθανότητας του⁶.

Μία επέκταση της μεθόδου της μέγιστης πιθανοφάνειας είναι η θεωρία του Bayes. Σύμφωνα με αυτή, κάθε κατηγορία κάλυψης γης έχει το ίδιο βάρος (πιθανότητα) για την ταξινόμηση ενός άγνωστου pixel σε αυτήν. Στην περίπτωση, όμως, που είναι γνωστά ορισμένα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης (όπως στην παρούσα εργασία) ή υπάρχουν ορισμένες υπόνοιες ότι δεν έχουν όλες οι κατηγορίες την ίδια πιθανότητα ταξινόμησης σε αυτές, τότε, ορίζονται κάποιοι «**παράγοντες χαρακτηριστικής βαρύτητας**» (weight factors) που δίνουν την ευκαιρία στο «άγνωστο» pixel να ταξινομηθεί σωστά. Το βασικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι ο μεγάλος αριθμός υπολογισμών που πρέπει να γίνουν για κάθε pixel ώστε να ταξινομηθεί σωστά. Αυτό ισχύει περισσότερο αν ο αριθμός των φασματικών καναλιών είναι μεγάλος (δορυφόρος Landsat) ή όταν εξετάζονται πολλές κατηγορίες κάλυψης γης. Στην περίπτωση αυτή, η μέθοδος καθυστερεί ακόμα περισσότερο. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου της μέγιστης πιθανοφάνειας.

⁶ Υπάρχει περίπτωση, κάποιο pixel να μην ταξινομείται σύμφωνα με την μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας, στην περίπτωση που η τιμή πιθανότητας να είναι μικρότερη από ένα όριο πιθανοφάνειας (threshold) που έχει τεθεί από τον επιστήμονα.

Πίνακας 6.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Μεθόδου της Μέγιστης Πιθανοφάνειας

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Είναι η πιο ακριβής από τις μεθόδους ταξινόμησης διότι λαμβάνει υπόψη τον μεγαλύτερο αριθμό μεταβλητών	Είναι χρονοβόρα διαδικασία και ο χρόνος υπολογισμού αυξάνει με την αύξηση των φασματικών καναλιών
Παίρνει υπόψη την πιθανότητα ταξινόμησης των κατηγοριών, χρησιμοποιώντας τον πίνακα συνδιακύμανσης	Είναι παραμετρικού τύπου, που βασίζεται κατά μεγάλο ποσοστό στην συνεισφορά δεδομένων κάθε φασματικού καναλιού
	Τείνει στο να επαναταξινομεί φασματικές υπογραφές με μεγάλη τιμή πιθανότητας στον πίνακα συνδιακύμανσης

Πηγή: Σημειώσεις Προγράμματος Erdas

6.4 Το Δειγματοληπτικό Στάδιο

Αν και η διαδικασία ταξινόμησης των πολυφασματικών δορυφορικών εικόνων είναι αυτόματη, ο καθορισμός των δειγματοληπτικών περιοχών βάσει των οποίων θα «τρέξει» η ταξινόμηση, κάθε άλλα παρά αυτόματη διαδικασία είναι. Για τον υπολογισμό των δειγματοληπτικών περιοχών, εκτός από την εμπειρία, ο επιστήμονας χρειάζεται να γνωρίζει γεωγραφικά την περιοχή που ταξινομείται διότι η ποιότητα των δειγματοληπτικών περιοχών καθορίζει την επιτυχία της ταξινόμησης, όπως επίσης και η ποσότητα της πληροφορίας που δημιουργείται.

Ο βασικός σκοπός του δειγματικού ελέγχου είναι ο υπολογισμός ενός αριθμού στατιστικών παρατηρήσεων που περιγράφουν τις φασματικές υπογραφές κάθε κατηγορίας κάλυψης γης που συμμετέχει στην διαδικασία της ταξινόμησης⁷. Για να έχει η ταξινόμηση αποδεκτά αποτελέσματα θα πρέπει οι δειγματοληπτικές περιοχές να είναι παραστατικές και συμπληρωμένες (Lillesand & Keifer, 1994). Αυτό σημαίνει ότι ο επιστήμονας θα πρέπει να αναπτύξει δειγματοληπτικά χαρακτηριστικά για κάθε κατηγορία που περιέχεται στην ταξινόμηση, δηλαδή για κάθε κάλυψη γης που αναφέρεται.

Η τοποθεσία των δειγματοληπτικών περιοχών επί της εικόνας καθορίζεται συνήθως από πολύγωνα, που σχεδιάζονται έτσι ώστε να περικλείουν «αμιγή» κάλυψη γης. Αυτό σημαίνει ότι τα πολύγωνα δημιουργούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγονται τα pixels που βρίσκονται κοντά στα όρια με μία η παραπάνω

⁷ Στο προηγούμενο παράδειγμα, ο υπολογισμός της θέσης και της ποσότητας των «νεφών» σημείων για κάθε κατηγορία κάλυψης γης

κατηγορίες, έτσι ώστε οι δειγματοληπτικές περιοχές να είναι όσο πιο ομογενείς γίνεται.

Σημαντικό στοιχείο είναι επίσης η τοποθέτηση των δειγματοληπτικών περιοχών επί της εικόνας. Για παράδειγμα, είναι καλύτερο να καθοριστούν 20 δειγματοληπτικές περιοχές μιας κάλυψης γης που περιέχουν 50 pixel η κάθε μία, παρά να καθοριστεί μια μόνο περιοχή επιφάνειας 1000 pixel. Η διάχυση των δειγματοληπτικών περιοχών σε όλη της εικόνα αυξάνει την πιθανότητα ότι η δειγματοληπτική πληροφορία είναι παραστατική και αναφέρεται σε όλες τις κατηγορίες κάλυψης γης, που βρίσκονται επί της εικόνας.

Ενα τμήμα της διαδικασίας του δειγματικού ελέγχου είναι ο έλεγχος της φασματικής διάκρισης των κατηγοριών κάλυψης γης που επιτυγχάνεται με την παρουσίαση των φασματικών υπογραφών για κάθε κατηγορία. Με αυτό τον τρόπο, οι κατηγορίες κάλυψης γης μπορούν να γίνουν πιο ομογενείς καθώς μπορεί να απορριφθούν pixel μιας κατηγορίας που εμφανίζουν κοινή φασματική υπογραφή με κάποια άλλη κατηγορία, όπως επίσης και καινούριες δειγματοληπτικές περιοχές μπορεί να παρθούν σε περιπτώσεις που η κάποια κατηγορία κάλυψης γης είναι φτωχά παρουσιαζόμενη. Υπάρχουν πολλοί τρόποι παρουσίασης των φασματικών υπογραφών των κατηγοριών κάλυψης γης σε κάθε φασματικό κανάλι⁸ με σημαντικό αποτέλεσμα καθώς οι φασματικές υπογραφές, όπως θα δούμε και παρακάτω στην παρούσα εργασία, καθορίζουν το εύρος των ραδιομετρικών τιμών κάθε κατηγορίας ώστε να μπορούν να αποφευχθούν οι συμπτώσεις.



Ενας άλλος τρόπος να μην «τέμνονται» οι κατηγορίες κάλυψης γης παρέχεται από την ταξινόμηση των ίδιων των δειγματοληπτικών περιοχών. Όπως θα δούμε και στο επόμενο κεφάλαιο, η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται και για τον έλεγχο της ακρίβειας της ταξινόμησης, με τον εντοπισμό του ποσοστού των pixel που ταξινομούνται στην πραγματικότητα, μέσα στην περιοχή ελέγχου (training sites) κάποιας κατηγορίας κάλυψης γης με τα ποσοστά αυτά να παρουσιάζονται σε ένα πίνακα σφαλμάτων (error matrix). Συνήθως, δεν εμφανίζονται μεγάλα σφάλματα όταν οι δειγματοληπτικές περιοχές είναι ομογενείς. Πρέπει να σημειωθεί ότι, ο πίνακας σφαλμάτων χρησιμοποιείται μόνο για τον έλεγχο της ακρίβειας της ταξινόμησης και όχι για τον έλεγχο της ακρίβειας των καλύψεων γης που ισχύουν σε ολόκληρη την εικόνα. Όπως θα δούμε σε παρακάτω κεφάλαιο, αυτό επιτυγχάνεται με την μέθοδο παρατήρησης των αληθινών καλύψεων γης (ground truth) και την σύγκρισή τους με τις καλύψεις γης της ταξινόμησης.

Τέλος, η διαδικασία εύρεσης αμιγών δειγματοληπτικών περιοχών είναι το κλειδί για την πιο ακριβή ταξινόμηση. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις που, οι φασματικές υπογραφές δύο διαφορετικών καλύψεων γης είναι τόσο πανομοιότυπες, που μετά την διαδικασία της ταξινόμησης να μην μπορούν να ξεχωριστούν ή να

⁸ παρουσίαση ανά κατηγορία κάλυψης γης σε κάθε κανάλι ξεχωριστά, παρουσίαση ενός φασματικού καναλιού και κατανομή των κατηγοριών σε αυτό κτλ.

εμφανίζουν σφάλματα⁹. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν άλλες μέθοδοι (λ.χ. επιτόπιος έλεγχος) για τον σαφή διαχωρισμό των κατηγοριών κάλυψης γης.

6.5 Έλεγχος της ακρίβειας της ταξινόμησης

Τα τελευταία χρόνια, με την αύξηση των μεθόδων ελέγχου της ακρίβειας έχει γίνει απαραίτητο στάδιο στην διαδικασία της ταξινόμησης. Μια από τις πιο γνωστές μεθόδους ελέγχου της ακρίβειας είναι η δημιουργία του **πίνακα σφαλμάτων** (error matrix) που συγκρίνει κατηγορία παρά κατηγορία την σχέση των γνωστών δεδομένων (δειγματοληπτικά σημεία ή δειγματοληπτικές περιοχές) που έχουν ληφθεί για την ταξινόμηση, στην απεικόνιση τους στην εικόνα. Οι πίνακες αυτοί είναι τετράγωνοι, με αριθμό γραμμών και στηλών ίδιο με των αριθμό των κατηγοριών κάλυψης γης που εμφανίζονται στην ταξινόμηση. Στον οριζόντιο άξονα τοποθετούνται οι δειγματοληπτικές περιοχές κάλυψης γης και στον κάθετο άξονα οι ίδιες περιοχές, ως αποτελέσματα της ταξινόμησης.

Στους πίνακες αυτούς παρουσιάζονται τα ποσοστικά χαρακτηριστικά της ταξινόμησης. Πρώτα, πρώτα, τα σημεία ή οι περιοχές που ανήκουν στην ίδια κατηγορία, τόσο στις δειγματοληπτικές περιοχές, όσο και μετά την ταξινόμηση τοποθετούνται στην διαγώνιο του πίνακα. Όποιο σημείο ή περιοχή δεν βρίσκεται επάνω στην διαγώνιο, είναι σφάλμα παράλειψης (omission) ή επιφόρτισης (commission), με τα σφάλματα παράλειψης να εμφανίζονται στον κάθετο άξονα κάποιας κατηγορίας ενώ τα σφάλματα επιφόρτισης στον οριζόντιο άξονα.

Η ακρίβεια της ταξινόμησης εμφανίζεται με πολλούς τρόπους, με βασικότερη την συνολική ακρίβεια (overall accuracy) που υπολογίζεται από την διαίρεση του συνόλου των περιοχών ή σημείων που βρίσκονται επάνω στην διαγώνιο του πίνακα προς το συνολικό αριθμό περιοχών ή σημείων. Εκτός από αυτήν, μπορούν να υπολογιστούν η ακρίβεια των δειγματοληπτικών περιοχών που υπολογίζεται για κάθε κατηγορία με την διαίρεση του συνόλου των σημείων ή περιοχών που βρίσκονται επάνω στην διαγώνιο προς το σύνολο της κατηγορίας ανά γραμμή. Το ποσοστό αυτό υπολογίζει το σφάλμα επιφόρτισης και δείχνει την πιθανότητα που έχει ένα pixel, που έχει ταξινομηθεί σε κάποια κατηγορία, να παρουσιάζεται σε αυτήν και επί της εικόνας (Story & Congalton, 1986). Επίσης, η ακρίβεια της ταξινόμησης, που υπολογίζεται από την διαίρεση των σημείων ή περιοχών που βρίσκονται επάνω στην διαγώνιο προς το σύνολο της κατηγορίας ανά στήλη και υπολογίζει πόσο καλά ταξινομούνται οι δειγματοληπτικές περιοχές ή σημεία κάποιας κατηγορίας κάλυψης γης.

Τελειώνοντας, σημαντική παρατήρηση που πρέπει να αναφερθεί είναι ότι, η παραπάνω διαδικασία ελέγχει την ακρίβεια της ταξινόμησης, δηλαδή το αν οι

⁹ Στην παρούσα εργασία, το παράδειγμα των οπωροφόρων με την διακεκομμένη αστική δόμηση (βλ. παρακάτω)

δειγματοληπτικές περιοχές ή σημεία που ελήφθησαν, τοποθετούνται στην ίδια κατηγορία κάλυψης γης, έπειτα από την διαδικασία της ταξινόμησης, άρα, δεν ελέγχεται το σύνολο των καλύψεων γης που εμφανίζονται στην περιοχή μελέτης, αλλά ο έλεγχος αυτός γίνεται με την δημιουργία καινούριων περιοχών ελέγχου κάλυψης γης (μέθοδος ground truth) με διαδικασία που αναφέρεται στο παρακάτω κεφάλαιο. Εάν τα ποσοστά ακρίβειας είναι μεγάλα, δεν σημαίνει τίποτα άλλο παρά ότι οι δειγματοληπτικές περιοχές ή σημεία που ελήφθησαν είναι ομογενείς και οι φασματικές υπογραφές για κάθε κατηγορία κάλυψης γης είναι, στο σύνολο τους, διαχωρισμένες.

6.6 Έλεγχος της ακρίβειας των καλύψεων γης

Οι περιοχές που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ακρίβειας των καλύψεων γης που δίνει η ταξινόμηση είναι αντιπροσωπευτικές, αμιγείς περιοχές, σαφώς διαφορετικές από τις δειγματοληπτικές περιοχές που χρησιμοποιούνται στο στάδιο της ταξινόμησης. Οι βαθμοί ακρίβειας που εμφανίζονται σε αυτές τις περιοχές, παρουσιάζουν περίπου την απόδοση της ταξινόμησης σε όλο το εύρος της εικόνας (Lillesand & Keifer, 1994). Αν και μπορούν να είναι ομογενείς, υπάρχει περίπτωση να μην εμφανίζουν ενδεικτική απεικόνιση της ακρίβειας της ταξινόμησης σε κάθε ξεχωριστό pixel της κάθε κατηγορίας κάλυψης γης.

Ένας τρόπος παρουσίασης επαρκούς ακρίβειας είναι η σύγκριση pixel-pixel της ταξινόμησης με την πραγματική κάλυψη γης, με επιτόπιους ελέγχους. Η διαδικασία αυτή, όμως, είναι χρονοβόρα και πολυδάπανη και η ταξινόμηση, ως διαδικασία, χάνει την αξία της. Άρα, για τον έλεγχο της ακρίβειας των καλύψεων γης, δημιουργείται και σε αυτήν την περίπτωση ένας πίνακας σφαλμάτων (error matrix) που δείχνει εάν οι περιοχές που έχουν ληφθεί ανήκουν πραγματικά στην ίδια κατηγορία κάλυψης γης.

6.7 Η διαδικασία της ταξινόμησης στην παρούσα εργασία

Η διαδικασία των ταξινομήσεων αποτελεί το πιο πολύπλοκο και συγχρόνως σημαντικότερο τμήμα της παρούσας εργασίας. Αρχικά πραγματοποιείται ο εντοπισμός των δειγματοληπτικών περιοχών και η εξαγωγή των φασματικών υπογραφών των διαφορετικών κατηγοριών κάλυψης γης, έπειτα εφαρμόζονται τα τρία είδη επιβλεπόμενης ταξινόμησης για κάθε μία από τις τρεις ημερομηνίες λήψης του δορυφόρου Landsat και τέλος, ελέγχεται η ακρίβεια της ταξινόμησης και η ακρίβεια των καλύψεων γης με την χρήση πινάκων σφαλμάτων (error matrix). Αυτή είναι η διαδικασία που ακολουθείται σε αυτό το κεφάλαιο και στη συνέχεια, αναφερόμαστε ξεχωριστά και αναλυτικότερα για κάθε στάδιο.

6.7.1 Δημιουργία δειγματοληπτικών περιοχών

Ξεκινώντας, ένα από τα πιο σημαντικά στάδια στην διαδικασία των επιβλεπόμενων ταξινόμησεων¹⁰ είναι η δημιουργία δειγματοληπτικών περιοχών, οι οποίες αποτελούν τα υποδείγματα σύμφωνα με τα οποία όλες οι μέθοδοι επιβλεπόμενης ταξινόμησης προσπαθούν να κατατάξουν το σύνολο των pixels της δορυφορικής εικόνας. Έτσι, γίνεται φανερό πόσο σημαντικό τμήμα της εργασίας είναι ο καθορισμός αυτών των περιοχών αφού από αυτά εξαρτάται η επιτυχία της ταξινόμησης, που θα δώσει τον αντικειμενικό σκοπό, δηλαδή τους θεματικούς χάρτες.

Η διαδικασία διαμόρφωσης των 18 κατηγοριών των δειγματοληπτικών περιοχών είναι η εξής: Αρχικά, γίνεται ακριβής αριθμητικός προσδιορισμός και ονοματολογία των συγγενεύσεων των κατηγοριών κάλυψης γης (από Corine), οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν στην ταξινόμηση και πρέπει να ληφθούν υπόψη ως καθοριστικοί παράγοντες, στη συνέχεια λαμβάνεται υπόψη η πληροφορία για το ποιες και πόσες είναι οι σημαντικές καλύψεις γης στην περιοχή μελέτης και τέλος συνοψολογίζεται ως περιοριστικός παράγοντας οι περιορισμένες τεχνικές δυνατότητες, τόσο στα αρχικά δεδομένα (δορυφορικές εικόνες) όσο και στα όρια που τίθενται στις μεθόδους ταξινόμησης που χρησιμοποιούνται. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν ως βάση, οι κατηγορίες κάλυψης γης που αναφέρονται στο πρόγραμμα Corine Land Cover¹¹ σε Πανευρωπαϊκή κλίμακα, ομαδοποιημένες στις υπάρχουσες ανάγκες, ανάλογα με το ποιες κατηγορίες κάλυψης γης εμφανίζονται στην περιοχή μελέτης. Βέβαια, κάποιες κατηγορίες του Corine δεν μπορούσαν να μεταβληθούν, άλλες δεν εμφανίστηκαν καθόλου και άλλες ομαδοποιήθηκαν σύμφωνα με τον Πίνακα 6.4 που παρατίθεται παρακάτω.

¹⁰ όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε μόνο με τρεις διαφορετικές μεθόδους επιβλεπόμενης ταξινόμησης

¹¹ Βλ. παραπάνω σελ. \$\$\$

Πίνακας 6.4 Ομαδοποίηση των κατηγοριών του Corine στις νέες κατηγορίες κάλυψης γης που θα χρησιμοποιηθούν στις ταξινομήσεις

Κωδικός Corine	Κατηγορίες Corine	Νέες κατηγορίες
1.1.1	Συνεχής αστική δόμηση	Συνεχής αστική δόμηση
1.1.2	Διακεκομμένη αστική δόμηση	Διακεκομμένη αστική δόμηση
1.3.3	Χώροι οικοδόμησης	//
1.2.1	Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες	Βιομηχανικές ζώνες
1.2.3	Ζώνες λιμένων	Ζώνες λιμένων
1.2.4	Αεροδρόμια	Αεροδρόμια
1.3.1	Χώροι εξορυξείω ορυκτών	Χώροι εξορυξείω ορυκτών
1.3.2	Χώροι απορρίψεως απορριμμάτων	Δεν εμφανίστηκαν
1.2.2	Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα	Δεν εμφανίστηκαν
1.4.1	Περιοχές αστικού πρασίνου	Δεν εμφανίστηκαν
1.4.2	Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής	Δεν εμφανίστηκαν
2.1.1	Μη αρδεύσιμη αρώσιμη γη	Μη αρδεύσιμη αρώσιμη γη
2.1.2	Μόνιμα αρδευόμενη γη	Μόνιμα αρδευόμενη γη
2.4.1	Ετήσιες καλλιέργειες	//
2.4.2	Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας	//
2.2.2	Οπωροφόρα δένδρα	Οπωροφόρα δένδρα
2.2.1	Αμπελώνες	Ελαιώνες
2.2.3	Ελαιώνες	//
2.1.3	Οριζώνες	Δεν εμφανίστηκαν
2.3.1	Λιβάδια	Δεν εμφανίστηκαν
3.1.1	Δάσος πλατυφύλλων	Δάσος πλατυφύλλων
3.1.2	Δάσος κωνοφόρων	Δάσος κωνοφόρων
2.4.4	Γεωργοδασικές περιοχές	Μικτό δάσος
3.1.3	Μικτό δάσος	//
2.4.3	Γεωργική βλάστηση με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης	Σκληροφυλλική βλάστηση και φυσικές εκτάσεις
3.2.1	Φυσικοί βοσκότοποι	//
3.2.3	Σκληροφυλλική βλάστηση	//
3.2.4	Μεταβατικές δασώδεις – θαμνώδεις εκτάσεις	//
3.2.2	Θάμνοι και χερσότοποι	Θάμνοι και χερσότοποι
3.3.1	Παραλίες-αμμόλοφοι αμμουδιές	//
3.3.3	Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	//
3.3.4	Αποτεφρωμένες εκτάσεις	//
3.3.2	Απογυμνωμένοι βράχοι	Δεν εμφανίστηκαν
4.2.1	Παραθαλάσσιοι βάλτοι	Παραθαλάσσιοι βάλτοι
4.1.2	Τυρφώνες	Δεν εμφανίστηκαν
4.2.2	Αλυκές	Δεν εμφανίστηκαν
4.3.3	Παλιρροιακά επίπεδα	Δεν εμφανίστηκαν
		Θαλάσσια περιοχή με ρυπαντικό φορτίο
5.1.1	Ροές υδάτων	Θάλασσα
5.2.3	Θάλασσα	//
5.1.2	Συλλογές υδάτων	Δεν εμφανίστηκαν
5.2.1	Παράκτιες λιμνοθάλασσες	Δεν εμφανίστηκαν
5.2.2	Εκβολές ποταμών	Δεν εμφανίστηκαν

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

Απ' ότι φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, ιδιαίτερο σχολιασμό χρήζουν οι περιπτώσεις των ομαδοποιημένων καλύψεων γης που είναι επτά. Η πρώτη, που είναι η **διάσπαρτη αστική δόμηση**, προκύπτει από την όμοια κατηγορία του Corine αλλά και από τις περιοχές οικοδόμησης, που συνήθως εμφανίζονται σε περιοχές τέτοιου τύπου και παρουσιάζουν όμοιες φασματικές συμπεριφορές στα διάφορα κανάλια. Η επόμενη ομάδα είναι αυτή της **μόνιμα αρδευόμενης γης**, που αποτελείται από την συγχώνευση της ομόνυμης κατηγορίας του Corine, των ετήσιων καλλιεργειών και των σύνθετων συστημάτων καλλιέργειας. Η ομαδοποίηση αυτή έγινε με την λογική ότι οι τρεις αυτές ομάδες είναι κατά βάση αρδευόμενες στην περιοχή μελέτης, με κύριο εκπρόσωπό τους το βαμβάκι, που είναι μία από τις βασικές καλλιέργειες στα αρδευόμενα τμήματα του Θεσσαλικού κάμπου. Οι δύο άλλες καλύψεις γης, είναι κατά μεγάλο ποσοστό τους, αρδευόμενες εκτάσεις και εμφανίζονται στις δορυφορικές εικόνες με περίπου τις ίδιες ραδιομετρικές τιμές, ώστε από την μία, να μην είναι εύκολο να διαχωριστούν, από την άλλη να είναι σχεδόν παρόμοιες. Άλλη κατηγορία είναι αυτή των **ελαιώνων**, που αποτελείται από την ομόνυμη κατηγορία του Corine και τους αμπελώνες, αφενός γιατί βρίσκονται σε πολύ μικρό ποσοστό στην περιοχή μελέτης, κατά βάση στις περιοχές της Νέας Αγχιάλου, του Αλμιρού και της Ευξεινούπολης, αφετέρου πρόκειται για καλύψεις γης με παρόμοια φασματική συμπεριφορά στα διάφορα κανάλια – η ελιά, λόγω του χαρακτηριστικού της φυλλώματος δίνει υψηλές ραδιομετρικές τιμές, το ίδιο και οι αμπελώνες στους οποίους δεν υπάρχει πλήρη εδαφοκάλυψη, άρα υψηλές ραδιομετρικές τιμές -.

Οι δύο επόμενες ομαδοποιημένες κατηγορίες είναι και οι πιο δύσκολες στον διαχωρισμό και την ομαδοποίησή τους αφού εμφανίζονται στις ίδιες περιοχές και έχουν περίπου τις ίδιες ραδιομετρικές τιμές στην δορυφορική εικόνα. Οι κατηγορίες αυτές αποτελούνται από τις καλύψεις, από μικτό δάσος έως την χέρσα και ξερή γη. Η πρώτη κατηγορία ονομάζεται **σκληροφυλλική βλάστηση και φυσικές εκτάσεις** και περιλαμβάνει τις εξής κατηγορίες του Corine: α) γεωργική βλάστηση με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης β) φυσικοί βοσκότοποι γ) μεταβατικές θαμνώδεις – δασώδεις εκτάσεις και δ) η ομόνυμη κατηγορία του Corine σκληροφυλλική βλάστηση. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τις εκτάσεις από την πυκνή σκληροφυλλική βλάστηση έως τους φυσικούς βοσκότοπους που αν και πιο αραιή βλάστηση, δεν διαφέρουν και πολύ στις φασματικές τους υπογραφές, άρα μπορούν να ομαδοποιηθούν. Η επόμενη κατηγορία που περιλαμβάνει την υπόλοιπη έκταση ονομάζεται **θάμνοι και χερσότοποι** και περιλαμβάνει α) την ομόνυμη κατηγορία του Corine β) τις εκτάσεις με αραιή βλάστηση και γ) αποτεφρωμένες εκτάσεις που είναι λιγιστές στον νομό¹². Με την ομαδοποίηση αυτή, καλύπτονται ικανοποιητικά οι καλύψεις γης του χώρου αυτού, χωρίς να δημιουργούνται πολλές κατηγορίες (μόνο δύο), που θα δυσκόλευαν την διαδικασία της ταξινόμησης, αφού

¹² Μπορεί βέβαια να υπάρχουν περισσότερες αποτεφρωμένες εκτάσεις στην πραγματικότητα, αλλά δεν διαχωρίζονται σαφώς από τις άλλες κατηγορίες κάλυψης γης επί της δορυφορικής εικόνας

θα γινόταν κατάταξη των περιοχών με παρόμοιες φασματικές υπογραφές, σε λάθος κατηγορίες.

Ως ομαδοποιημένη κατηγορία θεωρούμε και την **θάλασσα**, αφού περιλαμβάνει την ομόνυμη κατηγορία του Corine και τις ροές υδάτων (ποτάμια και χείμαρροι) που στην περιοχή μελέτης είναι ελάχιστες. Βέβαια, στον νομό Μαγνησίας παρουσιάζεται μια ιδιαίτερη περίπτωση που έχει να κάνει με την εμφάνιση, το καλοκαίρι του 1997, ενός ιδιότυπου τύπου θαλάσσιας μόλυνσης, που έμοιαζε με φυτοπλανγκτόν και απλώθηκε σε ολόκληρο τον Παγασητικό Κόλπο και στα παράλια του Ανατολικού Πηλίου. Η δορυφορική εικόνα του 1997, που χρησιμοποιείται ως δεδομένο στην παρούσα εργασία, έχει παρθεί στις 14 Ιουλίου οπότε, η θαλάσσια μόλυνση είναι οπτικά αναγνωρίσιμη επί της εικόνας. Γι αυτό τον λόγο, δημιουργείται μια νέα κατηγορία που ονομάζεται **θαλάσσιο ρυπαντικό φορτίο** και για το 1997 περιλαμβάνει την μόλυνση αυτή και για τις υπόλοιπες ημερομηνίες, που εμφανίζεται συνήθως γύρω από τις ακτές, είναι περιοχές μικρού βάθους. Πρέπει να σημειωθεί ότι, πριν από την δημιουργία της νέας αυτής κατηγορίας, σε μια πρώτη προσπάθεια ταξινόμησης, οι περιοχές αυτές δεν είχαν ταξινομηθεί.

Η τελευταία ομαδοποιημένη κατηγορία είναι αυτή του **μικτού δάσους**, που αποτελείται από την ομόνυμη κατηγορία του Corine και τις γεωργοδασικές εκτάσεις αφού, και φασματικά και πραγματικά είναι πολύ συγγενικές καλύψεις.

Οι υπόλοιπες κατηγορίες που θα χρησιμοποιηθούν είναι ομόνυμες κατηγορίες του Corine, που μπορούν σαφώς να διαχωριστούν από τις υπόλοιπες κατηγορίες, αφενός λόγω της φασματικής τους υπογραφής, αφετέρου από την πραγματική οπτική τους διαφορά επί του εδάφους. Επίσης, θεωρήσαμε σημαντικό πως αυτές οι κατηγορίες δεν θα έπρεπε για κανένα λόγο να ομαδοποιηθούν γιατί θα είναι χρήσιμο να εξαχθούν συμπεράσματα, μέσω της διαχρονικής μεταβολής τους, όπως είναι. Συνοπτικά οι κατηγορίες αυτές είναι:

- **Συνεχής αστική δόμηση**
- **Βιομηχανικές ζώνες**
- **Ζώνες λιμένων**
- **Αεροδρόμια**
- **Χώροι εξορύξεως ορυκτών**
- **Μη αρδεύσιμη αρώσιμη γη**
- **Οπωροφόρα δένδρα**
- **Δάσος πλατυφύλλων**
- **Δάσος κωνοφόρων**
- **Παραθαλάσσιοι βάλτοι**

Παρόλα αυτά ορισμένες από τις παραπάνω καλύψεις έχουν ιδιαιτερότητες, επειδή αποτελούν ειδικές περιπτώσεις όπως τα αεροδρόμια, οι λιμενικές εγκαταστάσεις και οι βιομηχανικές ζώνες που είναι χωρικά πολύ συγκεκριμένες και δεν έχουν υποστεί μεταβολές στην διάρκεια των τελευταίων χρόνων. Σε αυτές τις περιπτώσεις

κατηγοριών. θεωρήθηκε σκόπιμο να μην προκύψουν οι περιοχές αυτές από την διαδικασία της ταξινόμησης, γιατί όσο σωστή και ακριβής να ήταν, θα ταξινομούσε περιοχές με παρόμοιες φασματικές υπογραφές ως αεροδρόμια, λιμενικές



Εικόνα 6.6 Οι λιμενικές εγκαταστάσεις στην πόλη του Βόλου



Εικόνα 6.7 Το ελικοδρόμιο στην περιοχή της Κάρλας

εγκαταστάσεις ή βιομηχανικές ζώνες, χωρίς αυτό να είναι σωστό. Έτσι λοιπόν στην περίπτωση αυτή, ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία: Στην ψευδοχρωματική απεικόνιση της σύμπτωσης Landsat και SPOT, που παρουσιάζεται

στον χάρτη 6 παραπάνω, δηλαδή στην μεγαλύτερη δυνατή διακριτική ικανότητα και ακρίβεια επι του εδάφους ψηφιοποιήθηκαν τα όρια των αεροδρομίων, των λιμενικών εγκαταστάσεων, και των ορίων της βιομηχανικής περιοχής και τα πολύγωνα που



Εικόνα 6.8 Το στρατιωτικό αεροδρόμιο της Νέας Αγχιάλου



Εικόνα 6.9 Η βιομηχανική περιοχή

προέκυψαν εμφανίζονται σε όλες τις ταξινομήσεις ως ξεχωριστές καλύψεις. Αυτό έχει ως συνέπεια να μην εμφανίζονται οι τρεις παραπάνω καλύψεις στα διαγράμματα με τις υπόλοιπες κατηγορίες των ταξινόμησεων, στους χάρτες των ταξινόμησεων και επιπλέον, να μην παρουσιάζονται διαχρονικές μεταβολές (και σε χάρτες) για τις συγκεκριμένες περιπτώσεις καλύψεων γης.

Στις εικόνες 6.6, 6.7, 6.8 και 6.9 παρουσιάζονται τα ψηφιοποιημένα τμήματα των παραπάνω κατηγοριών κάλυψης γης επάνω στην δορυφορική εικόνα της σύμπτωσης Landsat και SPOT.

6.7.2 Εντοπισμός και οριοθέτηση των δειγματοληπτικών περιοχών

Μετά τον καθορισμό των κατηγοριών κάλυψης γης που θα χρησιμοποιηθούν κατά την διαδικασία των ταξινομήσεων, προκύπτει το ζήτημα της δημιουργίας των δειγματοληπτικών περιοχών για κάθε κατηγορία. Η δυσκολία του ακριβούς καθορισμού τους έχει να κάνει, τόσο με τις ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει κάθε κατηγορία, όσο και με το γεγονός ότι πρέπει να δημιουργηθούν δειγματοληπτικές περιοχές για τρεις ημερομηνίες που η πρώτη με την τελευταία διαφέρουν κατά έντεκα χρόνια. Αρα, η κάλυψη γης που θα παρθεί ως δειγματοληπτική περιοχή για κάθε κατηγορία θα πρέπει να έχει παραμείνει αμετάβλητη διαχρονικά. Επίσης, ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα εμφανίζεται με τις ημερομηνίες που έχουν ληφθεί τα δορυφορικά δεδομένα και είναι, για την δορυφορική εικόνα Landsat του 1986 η 22^α Μαΐου, του 1993 η 3^η Ιουλίου και του 1997 η 14^η Ιουλίου. Όπως μπορεί να γίνει αντιληπτό, μπορεί η διαφοροποίηση μεταξύ των ημερομηνιών να μην είναι τόσο μεγάλη, αφού αναφερόμαστε σε ένα διάστημα 2 μηνών και αρκετές κατηγορίες π.χ. δάση, δεν επηρεάζονται, αλλά εμφανίζονται οριακές καταστάσεις (βλ. σιτάρι παρακάτω) που και η αυτή η απόκλιση παίζει σημαντικό ρόλο, οπότε, η διαδικασία εύρεσης και καθορισμού των δειγματοληπτικών περιοχών πρέπει να γίνει συνετά και προσεκτικά. Επίσης, στην παρούσα φάση, για την εύρεση ομογενών δειγματοληπτικών περιοχών, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα και από άλλα ερευνητικά προγράμματα όπως π.χ. από το Χωροταξικό Σχέδιο της Θεσσαλίας. Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι ορισμένες δειγματοληπτικές περιοχές βασίστηκαν σε μετρήσεις από G.P.S. που πάρθηκαν από την ομάδα μελέτης και τα πολύγωνα που δημιουργήθηκαν από αυτές (οι δειγματοληπτικές περιοχές) έχουν το σημείο που έχει παρθεί από G.P.S. στο κέντρο τους. Με την βοήθεια σχεδιαγραμμάτων για το κάθε σημείο για το πώς είναι διαμορφωμένες οι καλύψεις γης γύρω από αυτό, αλλά και από την εμφάνιση των διαφόρων καναλιών των δορυφορικών εικόνων στην γύρω περιοχή, δημιουργούνται οι δειγματοληπτικές περιοχές.

Ένα σημαντικό στοιχείο που πρέπει να επισημανθεί είναι πως, για να επιτύχει η διαδικασία της ταξινόμησης θα πρέπει η δειγματοληψία επί του εδάφους να γίνει κοντά στις ημερομηνίες που έχουν παρθεί οι δορυφορικές εικόνες για να μην παρουσιάζονται μεταβολές, λόγω επιλογής λάθους ημερομηνίας, στις δειγματοληπτικές περιοχές των διαφόρων καλύψεων γης. Οι δειγματοληπτικές περιοχές ελήφθησαν κατά το χρονικό διάστημα από 30 Ιουνίου έως 4 Ιουλίου του 1998. Αυτό σημαίνει, όσο αφορά το 1997, δεν θα εμφανίζονταν φοβερές διαφοροποιήσεις, αλλά το πρόβλημα με το 1986 και το 1993 θα παρέμεινε αφού δεν υπήρχε η δυνατότητα να πάμε 5 και 12 χρόνια πίσω για να οριοθετηθούν ακριβείς

δειγματοληπτικές περιοχές. Έτσι, αναφέρεται ότι τα αποτελέσματα του 1997 θα βρίσκονται πιο κόντά στην πραγματικότητα από αυτά του 1993 και του 1986 αφού οι δειγματοληπτικές περιοχές, όσο προσεκτικά και να οριοθετηθούν, θα αναφέρονται στο 1997. Παρακάτω, αναφερόμαστε ξεχωριστά για το πώς ελήφθησαν οι δειγματοληπτικές περιοχές για κάθε κατηγορία κάλυψης γης ξεχωριστά.

Η πρώτη κατηγορία κάλυψης γης για την οποία οριοθετήθηκαν δειγματοληπτικές περιοχές είναι η συνεχής αστική δόμηση, και στην οποία, δεν παρουσιάστηκαν σημαντικά προβλήματα μιας και ως κάλυψη γης δεν διαφοροποιείται στις ραδιομετρικές τιμές με το πέρασμα των εποχών και οι πυρήνες των αστικών κέντρων δεν έχουν μεταβληθεί την τελευταία δεκαετία. Έτσι, ελήφθη ως δειγματική περιοχή το κέντρο του Π.Σ. Βόλου, το οποίο ορίστηκε χωρίς την χρήση σημείων G.P.S. αφού μπορεί να εντοπιστεί εύκολα επί της εικόνας. Η μοναδική κάλυψη που μπορεί να υπάρχει κάποια συγγένεια είναι η διακεκομμένη αστική δόμηση, αλλά ο διαχωρισμός τους δεν κρίνεται προβληματικός.

Η επόμενη κατηγορία είναι η διακεκομμένη αστική δόμηση. Στην περίπτωση αυτή, που αποτελεί και μία από τις δυσκολότερες περιπτώσεις καθορισμού των δειγματοληπτικών περιοχών, η οριοθέτησή τους έγινε με την βοήθεια των εγκεκριμένων ορίων των οικισμών που ελήφθησαν από το Χωροταξικό Σχέδιο Θεσσαλίας, που αποτελούν δηλαδή τα νόμιμα όρια των οικισμών του νομού. Το πρόβλημα παρουσιάζεται στο γεγονός ότι, στην πραγματικότητα, τα όρια αυτά δεν περιλαμβάνουν μόνο δομημένες εκτάσεις αλλά και μεγάλο ποσοστό φυτικών εκτάσεων, κυρίως οπωροφόρα δένδρα. Το φαινόμενο αυτό γίνεται εντονότερο στις περιπτώσεις που οι τοπικοί φορείς επιδιώκουν να συμπεριλάβουν όλο και μεγαλύτερες εκτάσεις στα όρια του σχεδίου πόλεως, για προφανείς λόγους. Επιπλέον, οι οικισμοί που βρίσκονται στο Πήλιο, περιβάλλονται από πυκνή φυσική βλάστηση. Για να αποφευχθούν τέτοιου είδους προβλήματα, επιλέξαμε δειγματοληπτικές περιοχές από το κέντρο των οικισμών αυτών, όπως και από τα περίχωρα της πόλης του Βόλου και του Αλμυρού, όπου η διάσπαρτη δόμηση ήταν εμφανίσιμη στην εικόνα, χωρίς όμως πάντα τα αποτελέσματα να είναι θετικά, λόγω της έντονης σχέσης των ραδιομετρικών τιμών της κατηγορίας αυτής και των οπωροφόρων δένδρων.

Τρίτη κατηγορία δημιουργίας δειγματοληπτικών περιοχών είναι οι χώροι εξορύξεως ορυκτών. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα λατομεία αδρανών υλικών και μαρμάρου που υπάρχουν στον νομό. Η οριοθέτηση των δειγματοληπτικών περιοχών έγινε με την βοήθεια σημείων που ελήφθησαν από G.P.S., έπειτα από επιτόπιο έλεγχο και σε αυτή την κατηγορία πιθανώς θα ταξινομηθούν, εκτός από τα πραγματικά λατομεία και περιοχές που εμφανίζουν υψηλές ραδιομετρικές τιμές όπως αμμώδεις ακτές, βραχώδεις εκτάσεις και αποτεφρωμένες εκτάσεις, οι οποίες στην περιοχή του Θεσσαλικού κάμπου κατά την διάρκεια του καλοκαιριού μπορεί να είναι και αποτεφρωμένες εκτάσεις σιτηρών.

Τέταρτη κατηγορία δημιουργίας δειγματοληπτικών περιοχών είναι τα οπωροφόρα δένδρα. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται οι μηλιές, που εμφανίζονται στην περιοχή του Πηλίου και ειδικότερα στην Ζαγορά, οι αμυγδαλιές που βρίσκονται κυρίως στην περιοχή της Κάρλας και τέλος, ορισμένες διάσπαρτες εκτάσεις με πορτοκαλιές (Λεχώνια) και αχλαδιές (Καλά Νερά). Το θετικό σε αυτή την περίπτωση είναι πως δεν υπάρχει διαφοροποίηση των καλύψεων γης στις διάφορες ημερομηνίες. Για την δημιουργία των δειγματοληπτικών περιοχών χρησιμοποιήθηκαν και εδώ σημεία που ελήφθησαν από G.P.S., για όλα τα είδη οπωροφόρων και περισσότερο για τις μηλιές, που είναι χωρικά συγκεντρωμένες. Πρέπει να τονισθεί ότι οι δειγματοληπτικές περιοχές που επιλέχθηκαν αποτελούνται από δένδρα ώριμης σχετικά ηλικίας οπότε, δεν παρουσιάζονται προβλήματα μεταβολής της κάλυψης γης με το πέρασμα του χρόνου.

Η επόμενη κατηγορία για την οποία ελήφθησαν δειγματοληπτικές περιοχές είναι οι ελαιώνες, που και αυτοί δεν παρουσιάζουν πρόβλημα μεταβολής κάλυψης γης αφού οι ελιές είναι δένδρα που χρειάζονται πολλά χρόνια για να αναπτυχθούν και δεν υπάρχει περίπτωση να έχουν δημιουργηθεί νέες τα τελευταία 12 χρόνια. Αρα, οι δειγματοληπτικές περιοχές που ελήφθησαν για το 1997 είναι οι ίδιες που χρησιμοποιούνται για τις ταξινομήσεις του 1993 και του 1986 αντίστοιχα. Το μόνο πρόβλημα που παρουσιάζεται είναι σχετικά με την πυκνότητα των δένδρων, που ποικίλει από περιοχή σε περιοχή (μην ξεχνάμε ότι και σε αυτή την κατηγορία συμπεριλαμβάνονται και οι αμπελώνες) με αποτέλεσμα να εμφανίζονται διαφορές στις ραδιομετρικές τιμές. Αυτό μπορεί να λυθεί με την χρησιμοποίηση δειγματοληπτικών περιοχών με διακύμανση στην πυκνότητα των δένδρων τους.

Στις κατηγορίες που αποτελούν φυσικά οικοσυστήματα, ανήκει πρώτα η κατηγορία των δασών πλατυφύλλων, με σημαντικότερο εκπρόσωπο στον νομό τα δάση οξυάς που βρίσκονται σε μεγάλο υψόμετρο στο Πήλιο αλλά και φυσικά δάση (κυρίως ελάτης) στο όρος Όθρυς στα νοτιοδυτικά του Νομού. Ο καθορισμός δειγματοληπτικών περιοχών σε αυτή την κατηγορία δεν είναι δύσκολος αφού μπορούν εύκολα να εντοπιστούν από την ραδιομετρική τους τιμή και δεν έχουν υποστεί σημαντικές μεταβολές με το πέρασμα του χρόνου. Επίσης, η διαφοροποίηση από Μάιο σε Ιούλιο δεν παίζει σημαντικό ρόλο στην οριοθέτηση των δειγματοληπτικών περιοχών αφού και στις δύο χρονικές περιόδους τα δένδρα διατηρούν το φύλλωμά τους (στοιχείο που διαφοροποιεί τις κατηγορίες των δασών), άρα δεν υπάρχουν μεταβολές στις ραδιομετρικές τιμές.

Η δεύτερη κατηγορία δασών είναι αυτή των κωνοφόρων, που δεν εμφανίζεται σε μεγάλο βαθμό στην περιοχή μελέτης, παρά μόνο στον λόφο της Γορίτσας, δίπλα στο Π.Σ. Βόλου και στην περιοχή του Νεοχωρίου, στο Πήλιο. Μεγάλο ποσοστό της κατηγορίας αυτής έχει δημιουργηθεί από ανθρώπινη παρέμβαση και στην περίπτωση αυτή ισχύει ότι οι δειγματοληπτικές περιοχές που έχουν ληφθεί χρησιμοποιούνται και για τις τρεις ημερομηνίες, αφού δεν υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις τα τελευταία 12 χρόνια. Και εδώ, οι δειγματοληπτικές

περιοχές ελήφθησαν με την χρήση G.P.S. και με οπτική αναγνώριση επί της εικόνας, αφού το δάσος πεύκης της Γορίτσας είναι οπτικά αναγνωρίσιμο.

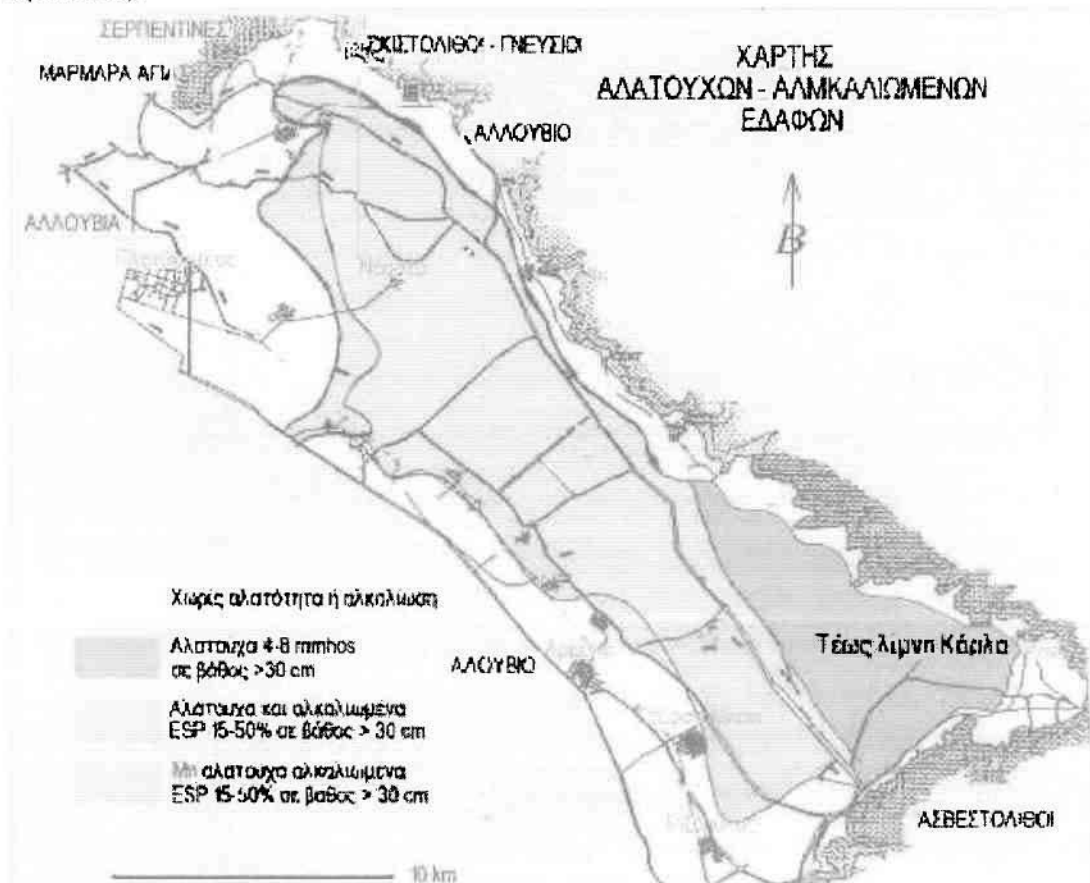
Η τελευταία κατηγορία δασών είναι αυτή του μικτού δάσους που αποτελεί μία από τις σημαντικότερες καλύψεις γης στον νομό και περιλαμβάνει δάση καστανιών, αγριολευκών, κουμαριών και πλατανιών. Η οριοθέτηση των δειγματοληπτικών περιοχών έγινε με την χρήση G.P.S. όπου και χρησιμοποιήθηκαν περισσότερα σημεία από κάθε άλλη κατηγορία (5 στο σύνολο).

Τα ίδια ισχύουν και για την οριοθέτηση των δειγματοληπτικών περιοχών της σκληροφυλλικής βλάστησης και των φυσικών εκτάσεων που έχουν ληφθεί με την βοήθεια σημείων G.P.S. Οι εκτάσεις αυτές αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό κάλυψης γης στον νομό, μαζί με την κατηγορία των θάμνων και χερσότοπων και οι δειγματοληπτικές περιοχές τους έχουν ληφθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μην περιλαμβάνουν περιοχές που η κάλυψη να μεταβάλλεται ανάλογα με την εποχή ή κατά το διάστημα των 12 τελευταίων ετών. Πρέπει να σημειωθεί ότι, και σε αυτή την οριοθέτηση των δειγματοληπτικών περιοχών χρησιμοποιήθηκαν σημεία που ελήφθησαν από G.P.S. Το πρόβλημα που εμφανίζεται με την συγκεκριμένη κάλυψη είναι ότι κατά την διάρκεια των 11 τελευταίων χρόνων υπάρχει περίπτωση να εμφανίστηκε αλλαγή κάλυψης γης στην συγκεκριμένη κατηγορία δηλαδή, μια περιοχή που το 1997 ήταν χέρσα γη, μπορεί το 1986 να ήταν δάσος που με εκχέρσωση ή πυρκαγιά, να μετατράπηκε σε χέρσα γη. Τέτοια παραδείγματα δείχνουν ότι η επιλογή των δειγματοληπτικών περιοχών πρέπει να γίνεται με σύνεση και προσεκτικό τρόπο γιατί μπορεί να εμφανιστούν προβλήματα, αφού η ταξινόμηση θα βασιστεί στις δειγματοληπτικές περιοχές και αν αυτές είναι λανθασμένες, τότε λανθασμένη θα είναι και η ταξινόμηση. Στη συγκεκριμένη κατηγορία, για την οριοθέτηση των δειγματοληπτικών περιοχών, εκτός από την χρήση των G.P.S. βοήθησαν και μαρτυρίες των κατοίκων της περιοχής μελέτης που υποδείκνυαν περιοχές που η κάλυψη γης παρέμεινε αναλλοίωτη στον χρόνο.

Επόμενη κατηγορία οριοθέτησης και εντοπισμού δειγματοληπτικών περιοχών είναι οι παραθαλάσσιοι βάλτοι. Στην περίπτωση αυτή, οι δειγματοληπτικές περιοχές καθορίζονται από ψηφιοποίηση επί της εικόνας (on screen digitizing) των οριοθετημένων παραθαλασσιων βάλτων της Σούρπης και της Λιχούρας (στα νότια του νομού) που δεν έχουν μεταβληθεί σημαντικά τα 11 τελευταία χρόνια. Με αυτό τον τρόπο, ταξινομούνται και οι υπόλοιποι παραθαλάσσιοι βάλτοι του νομού.

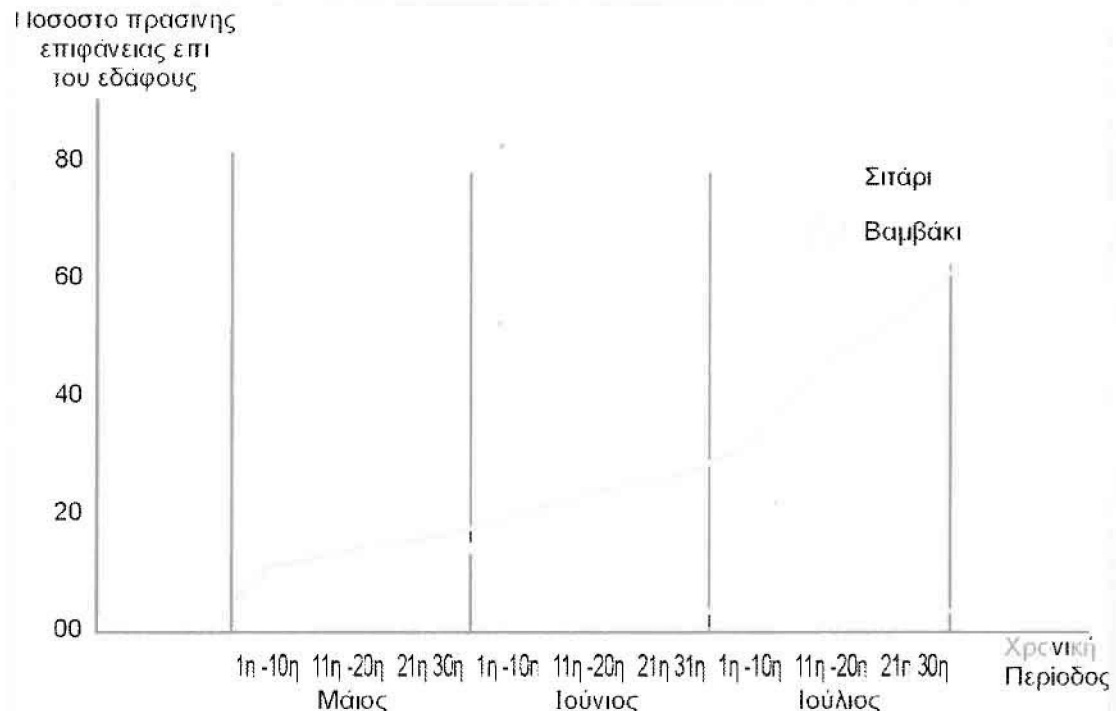
Οι δύο επόμενες κατηγορίες, όπου και η οριοθέτηση των δειγματοληπτικών περιοχών είναι σαφώς πιο εύκολη υπόθεση, είναι οι δύο θαλάσσιες καλύψεις. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, εκτός από την θάλασσα, έχει δημιουργηθεί και μια νέα κατηγορία που ονομάζεται θαλάσσια περιοχή με ρυπαντικό φορτίο. Η οριοθέτηση τέτοιων δειγματοληπτικών περιοχών όπως και της «καθαρής» θάλασσας έγινε με ψηφιοποίηση επί της εικόνας, αφού οι διαφορές ανάμεσα στις δύο κατηγορίες είναι εμφανείς. Βέβαια, οι περιοχές που το 1997 ήταν μολυσμένες, το 1993 και το 1986 φαίνονται περισσότερο ως ρηχή θάλασσα αφού η ρύπανση δεν εμφανίζεται.

Τέλος, αναφέρονται οι καλύψεις γης που έχουν να κάνουν με τις καλλιέργειες δηλαδή, η κατηγορία της μόνιμα αρδευόμενης γεωργικής γης και αυτή της μη αρδευόμενης αρώσιμης γης και αυτό γιατί, είναι οι πιο δύσκολες κατηγορίες στην οριοθέτηση των δειγματοληπτικών περιοχών τους, λόγω της δυνατότητας των αγροτών να αλλάζουν, χρόνο με τον χρόνο, την κάλυψη γης. Οι κατηγορίες αυτές, αναφέρονται βασικά στο βαμβάκι, ως αρδευόμενη και στο σιτάρι, ως μη αρδευόμενη κάλυψη. Αυτό σημαίνει ότι οι αγρότες προτιμούν σε αρδευόμενες εκτάσεις την καλλιέργεια βαμβακιού, που είναι και πιο προσοδοφόρα, ενώ στις εκτάσεις που δεν υπάρχει αρκετό νερό, προτιμούν το σιτάρι. Ξεχωριστή περίπτωση είναι η περιοχή της αποξηραμένης λίμνης της Κάρλας, όπου αν και η έκταση αυτή αρδεύεται, λόγω της αλατότητας του εδάφους προτιμάται η καλλιέργεια του σιταριού (βλ. εικόνα 6.10 παρακάτω).



Εικόνα 6.10 Η αλατότητα του εδάφους στην περιοχή της Κάρλας (πηγή: Ζαλιδής, Δημητριάδης & Χατζηγιαννάκης, 1995)

Για την εύρεση κατάλληλων «αμιγών» δειγματοληπτικών περιοχών με το πέρασμα του χρόνου, πραγματοποιήθηκε μια διαδικασία που δεν έχει καμία σχέση με τις προηγούμενες, όσο αφορά το 1986 και το 1993. Για την ταξινόμηση του 1997, έπειτα από επιτόπιες παρατηρήσεις και συζητήσεις με τους αγρότες της περιοχής, και την λήψη σημείων με την χρήση G.P.S. οριοθετήθηκαν οι δειγματοληπτικές περιοχές, όσο αφορά το 1997. Οι χρονιές του 1986 και του 1993, εξετάζονται ξεχωριστά η κάθε μία, με την βοήθεια των χαρτών 10 και 11, που δείχνουν τον



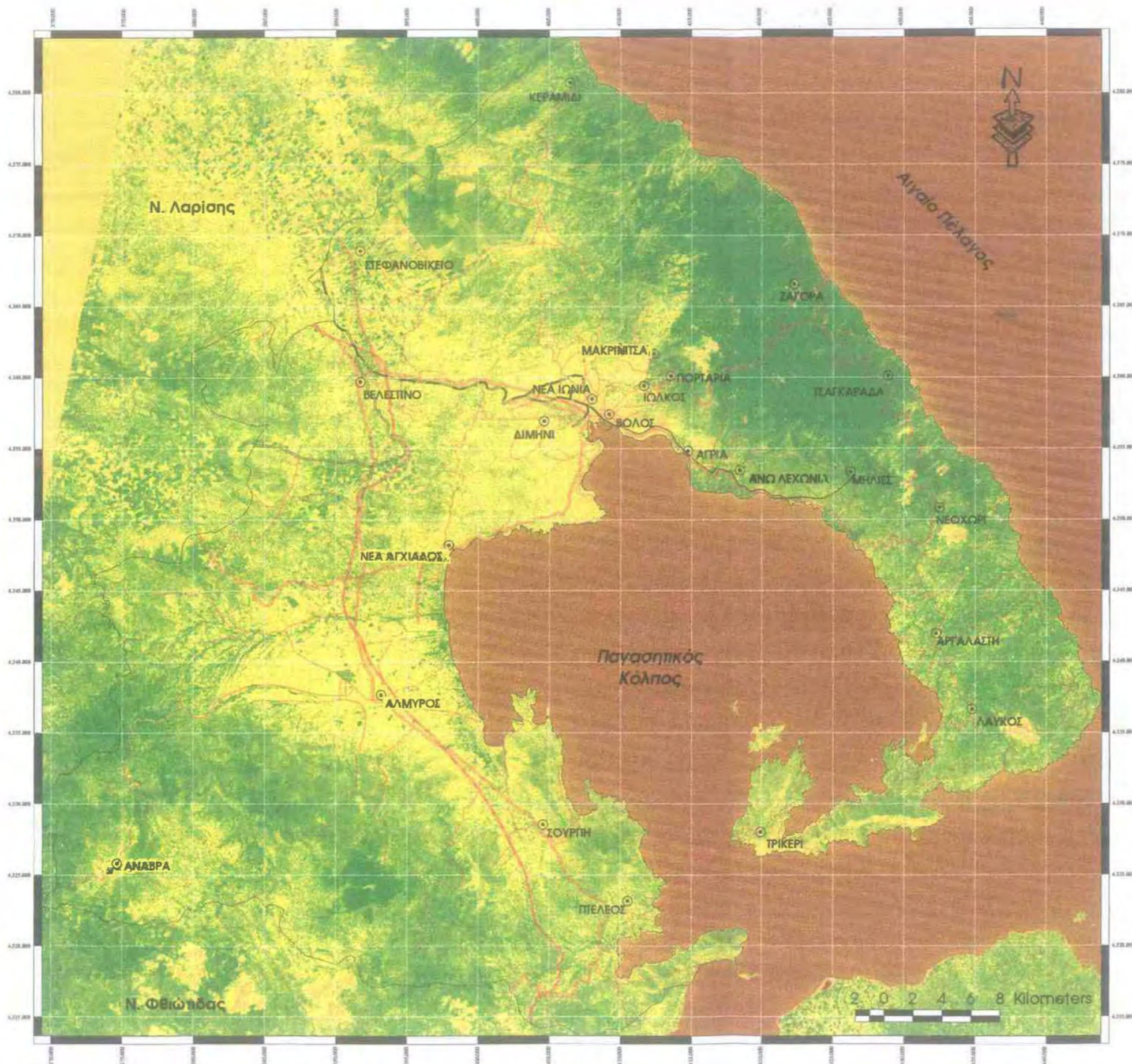
Εικόνα 6.11 Βλασθητικό ημερολόγιο για την περιοχή μελέτης (πηγή: Ίδια επεξεργασία)

δείκτη NDVI για την περιοχή μελέτης και του βλασθητικού ημερολογίου, που ένα παράδειγμα του για την περιοχή μελέτης φαίνεται στην εικόνα 6.11.

Ο δείκτης βλάστησης **NDVI** (Normalized Difference Vegetation Index) είναι ένα μέτρο της ποσότητας (και εμμέσως της ποιότητας) της επιφανειακής βλάστησης. Η σπουδαιότητά του σχετίζεται με το επίπεδο της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας στην παρατηρούμενη επιφάνεια (Λάμπρου & Μπέτσης, 1997). Ο δείκτης υπολογίζεται για κάθε δορυφορική εικόνα από ένα κλάσμα που έχει ως παράγοντες διαφορετικά, ανάλογα με τον δορυφόρο, φασματικά κανάλια. Στην περίπτωση του δορυφόρου Landsat που εξετάζεται, ο δείκτης βλάστησης NDVI δίνεται από τον εξής τύπο:

$$\text{NDVI} = (4\text{o κανάλι} - 3\text{o κανάλι}) / (4\text{o κανάλι} + 3\text{o κανάλι})$$

Οι τιμές που παίρνει ο δείκτης κυμαίνονται από -1 έως 1 , με τις αρνητικές τιμές να αντιπροσωπεύουν σύννεφα, υδάτινες επιφάνειες και εκτάσεις που δεν εμφανίζεται βλάστηση και τις θετικές αντιπροσωπεύουν, ανάλογα με το πόσο κοντά είναι στην μονάδα, πυκνή και υγιής βλάστηση. Για την εικόνα του 1993, που έχει ληφθεί στις 4 Ιουλίου, οι εκτάσεις με σιτάρι εμφανίζουν χαμηλό NDVI, μιας και σε αυτή την περίοδο, οι σιτοβωλώνες στην περιοχή μελέτης έχουν θεριστεί και στα χωράφια έχουν απομείνει μόνο ξερά καλάμια, από τα οποία απουσιάζει η χλωροφύλλη. Αντίθετα, στην περίπτωση του βαμβακιού, σε αυτή την περίοδο, μπορεί τα φυτά να μην έχουν αναπτύξει πλήρως το φύλλωμά τους αλλά έχουν



Εργαστήριο Αγροτικού Χώρου και Εργαστήριο Γεωγραφικών Ερευνών & Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού (Μονάδα Τηλεοπτική) (η)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

Διπλωματική εργασία:

Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων

Κυρίτης Κώστας
Μπέτσας Αλκης

ΧΑΡΤΗΣ 10

Χαρτογραφική απεικόνιση του δείκτη N.D.V.I της 22/5/1986 (Normalized Difference Vegetation Index)

Στον διπλανό χάρτη η διαβάθμιση από το καφέ προς το πράσινο απεικονίζει την διαβάθμιση από περιοχές με απουσία βλάστησης σε περιοχές με υψηλή κάλυψη σε φυτική βιομάζα

- | | | | |
|--|------------------------|--|-------------------------------|
| | Έδρα νέων Δήμων | | Λοιπές Οδοί |
| | Αυτοκινητόδρομοι | | Μονή σιδηροδρ. γραμμή |
| | Λοιπές Εθνικοί Οδοί | | Μονή μετρική σιδηροδρ. γραμμή |
| | Κύριες Επαρχιακοί Οδοί | | Ειδικός σιδηρόδρομος |



Σύστημα Γεωγραφικών Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

Βόλος Σεπτέμβριος 1998

Διπλωματική εργασία:

Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων

Κυρίμης Κώστας
Μπέτσας Αλκης

ΧΑΡΤΗΣ 11

Χαρτογραφική απεικόνιση του δείκτη N.D.V.I της 3/7/1993 (Normalized Difference Vegetation Index)

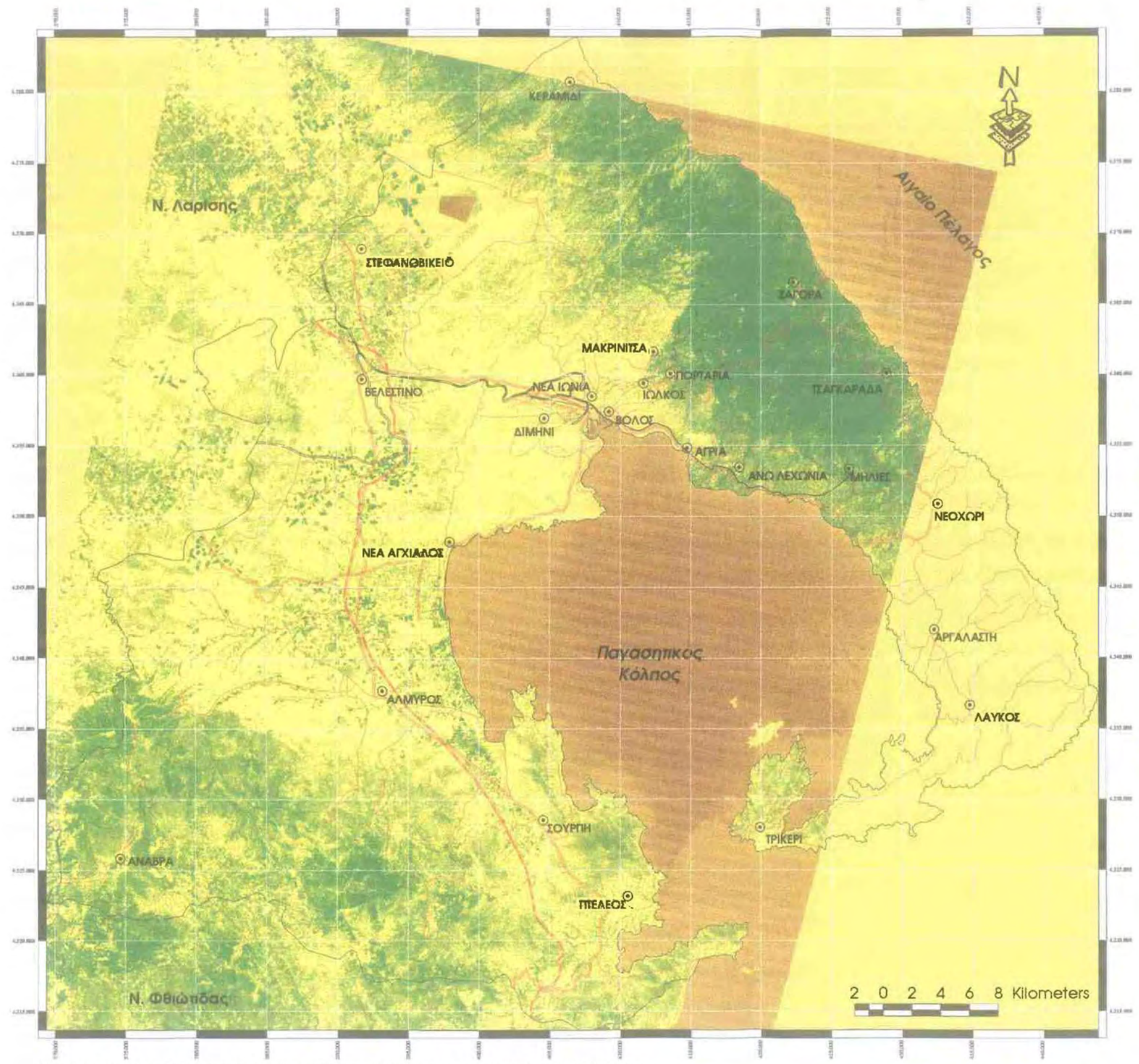
Στον διπλανο χάρτη η διαβάθμιση απο το καφέ προς το πράσινο απεικονίζει την διαβάθμιση απο περιοχές με απουσία βλάστησης σε περιοχές με υψηλή κάλυψη σε φυτική βιομάζα

- | | | | |
|--|------------------------|--|-------------------------------|
| | Έδρα νέων Δήμων | | Λοιπές Οδοί |
| | Αυτοκινητόδρομοι | | Μονή σιδηροδρ. γραμμή |
| | Λοιπές Εθνικοί Οδοί | | Μονή μετρική σιδηροδρ. γραμμή |
| | Κύριες Επαρχιακοί Οδοί | | Ειδικός σιδηρόδρομος |



Σύστημα Γεωγραφικών Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

Βόλος Σεπτέμβριος 1998



ικανοποιητική ποσότητα φυτικής βιομάζας που τα κάνει να φαίνονται πιο σκούρα στα φασματικά κανάλια 1 και 2 του δορυφόρου Landsat.

Όσο αφορά το 1986, επειδή η περίοδος που έχει ληφθεί η δορυφορική εικόνα είναι διαφορετική (22 Μαΐου), το σιτάρι δεν εμφανίζεται το ίδιο όπως το 1993, αλλά ανάλογα με την περιοχή δηλαδή, ο NDVI του σιταριού εξαρτάται από την περίοδο σποράς, το μικρόκλιμα και το έδαφος της κάθε υποπεριοχής, κάτι που κάνει πιο δύσκολο τον διαχωρισμό του από το βαμβάκι, που την περίοδο αυτή δεν έχει αναπτυχθεί ακόμα σημαντικά και δεν εμφανίζεται ως έντονο πράσινο στην εικόνα. Επίσης, τα σιτηρά που βρίσκονται στην περιοχή της Κάρλας, λόγω κυρίως των παραγόντων που αναφέρθηκαν παραπάνω και ιδιαίτερα της οξύτητας του εδάφους (Ζαλίδης, Δημητριάδης & Χατζηγιαννάκης, 1995) εμφανίζονται έντονα πράσινα, καθώς δεν έχουν μεγαλώσει σημαντικά ώστε να αρχίσουν να παίρνουν το κίτρινο χρώμα, όπως αυτά της περιοχής του Αλμυρού και της Ευξεινούπολης.

Το πρόβλημα αυτό λύθηκε με την οριοθέτηση δύο ειδών δειγματοληπτικών περιοχών για το σιτάρι, αφορούσε μια πρώτη ταξινόμηση που επιχειρήθηκε, τα σιτηρά της περιοχής του Αλμυρού εμφανίζονται ως αταξινομήτα εδάφη. Η πρώτου είδους δειγματοληπτική περιοχή για την μη αρδευόμενη αρώσιμη γη περιλάμβανε τα σιτηρά της περιοχής της αποξηραμένης λίμνης της Κάρλας (υψηλό NDVI) και η δεύτερου είδους τα σιτηρά της περιοχής του Αλμυρού και της Ευξεινούπολης (χαμηλό NDVI).

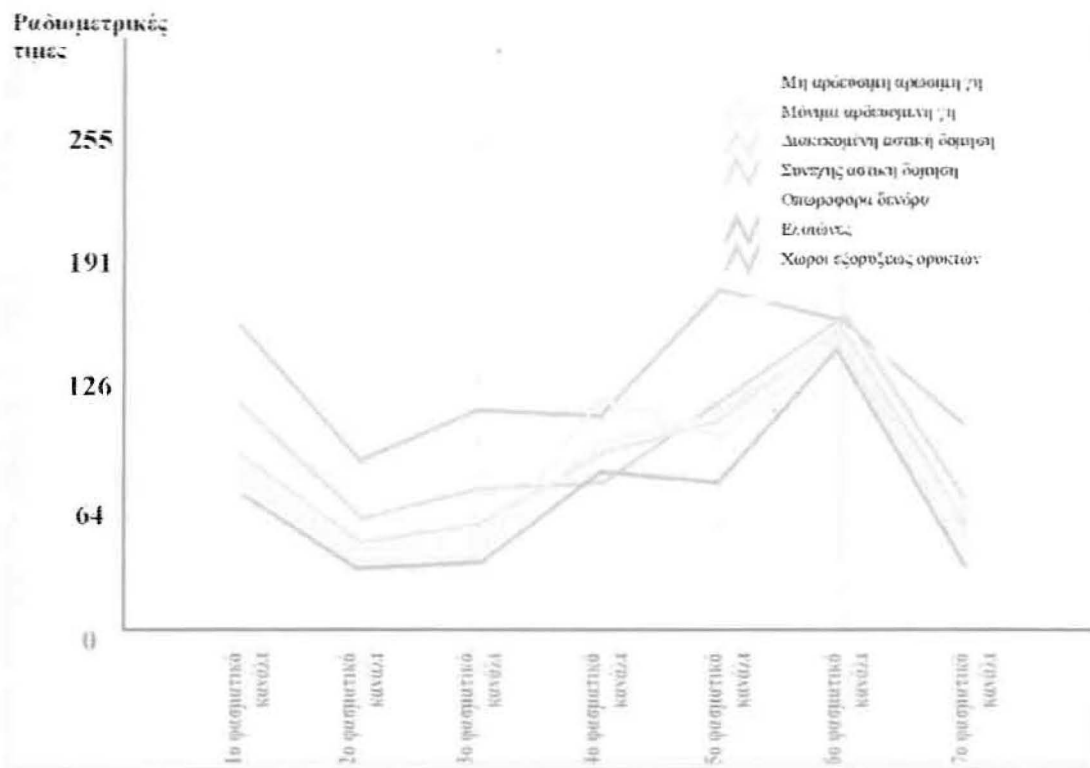
Κλείνοντας και αυτό το στάδιο πριν από τις μεθόδους της ταξινόμησης, ένα σημαντικό στοιχείο που πρέπει να αναφερθεί είναι η επίδραση της νεφοκάλυψης (σύννεφο), που εμφανίζεται στην δορυφορική εικόνα του 1986). Στην περίπτωση αυτή, όσο αφορά τις ταξινομήσεις του 1986, δημιουργήθηκε μια νέα κατηγορία κάλυψης γης που ονομάζεται **σύννεφο**, για να μην παραμείνουν τα εδάφη αταξινομήτα, σε κάποιες μεθόδους ταξινόμησης (μέθοδος riped) ή ταξινομηθούν λανθασμένα σε κάποιες άλλες (μέθοδος mindist).

6.7.3 Έλεγχος των φασματικών υπογραφών

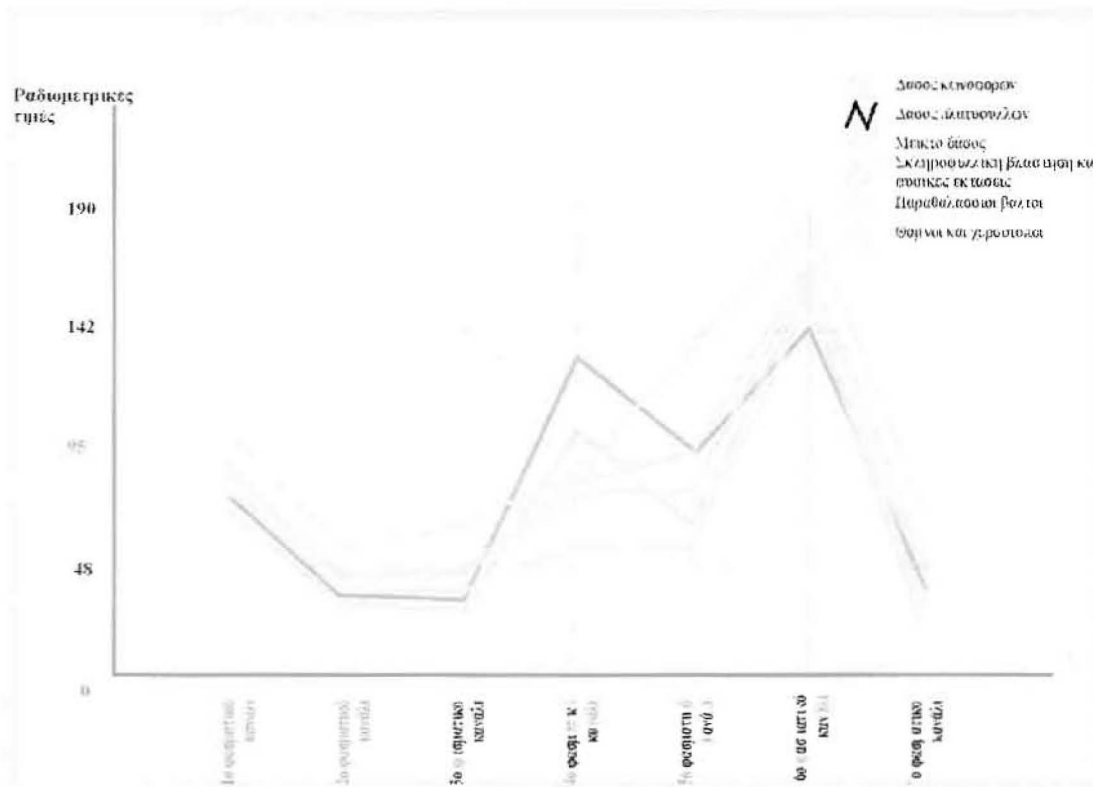
Έπειτα από τον καθορισμό των δειγματοληπτικών περιοχών, απαραίτητο στάδιο πριν από τις ταξινομήσεις είναι ο έλεγχος των φασματικών υπογραφών των κατηγοριών κάλυψης γης, που αναφέρονται σε κάθε φασματικό κανάλι και δημιουργούνται με βάση τα πολύγωνα που αντιστοιχούν σε κάθε κάλυψη γης, μέσω του προγράμματος Idrisi 2.0 for Windows. Οι φασματικές υπογραφές υπολογίζονται αμέσως μετά την δημιουργία των δειγματοληπτικών περιοχών και είναι οι τεθλασμένες που προκύπτουν από την ένωση των μέσων ραδιομετρικών τιμών των δειγματοληπτικών περιοχών κάθε κάλυψης γης για κάθε κανάλι. Πρέπει λοιπόν, οι φασματικές υπογραφές να είναι όσο το δυνατόν πιο διαφοροποιημένες μεταξύ τους για να είναι και τα αποτελέσματα της ταξινόμησης πιο σωστά. Αυτό βέβαια δεν είναι πάντα δυνατό και εξαρτάται από την κάθε κατηγορία, το πόσο μοιάζουν οι καλύψεις

μεταξύ τους αλλά και το πόσο σωστά έχουν δημιουργηθεί οι δειγματοληπτικές περιοχές. Για να διαπιστώσουμε το πόσο διαφέρουν οι φασματικές υπογραφές των καλύψεων μας δημιουργήσαμε τα παρακάτω διαγράμματα 6.1 και 6.2 στα οποία συγκριτικά παρουσιάζονται οι φασματικές υπογραφές όλων των καλύψεων γης εκτός από τις θαλάσσιες καλύψεις, οι οποίες διαχωρίζονται πλήρως από τις υπόλοιπες.

Διάγραμμα 6.1 Φασματικές Υπογραφές 7 κατηγοριών κάλυψης γης



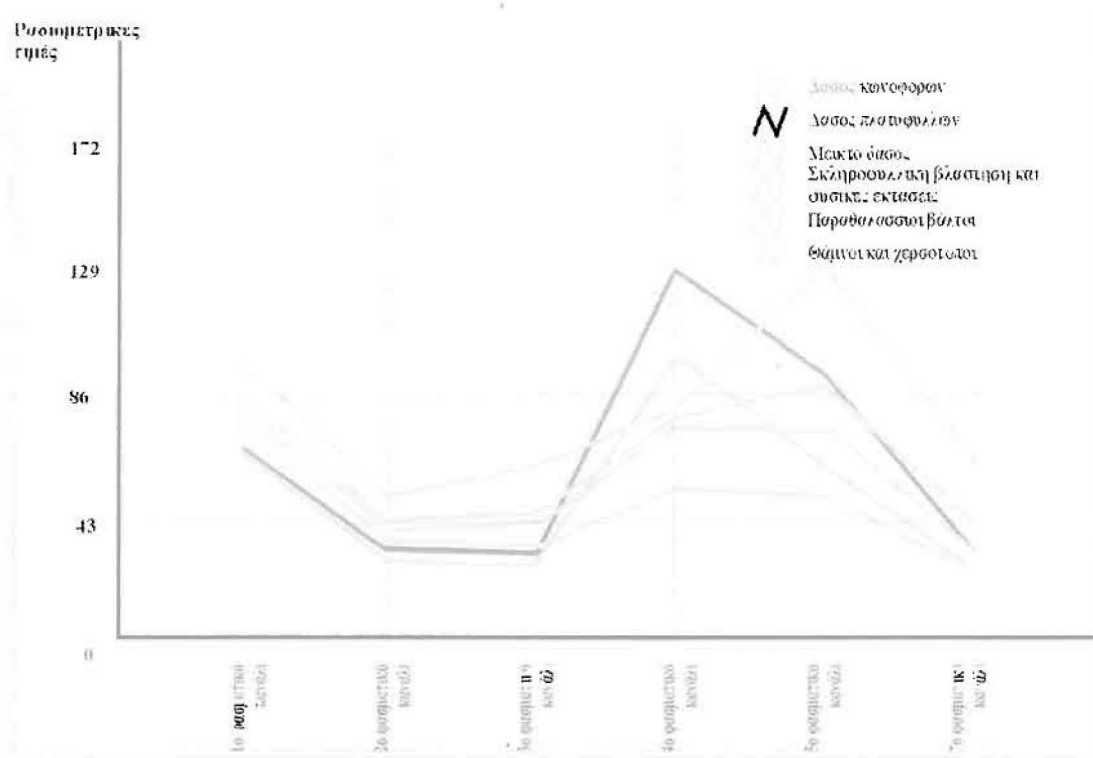
Διάγραμμα 6.2 Φασματικές Υπογραφές 6 κατηγοριών κάλυψης γης



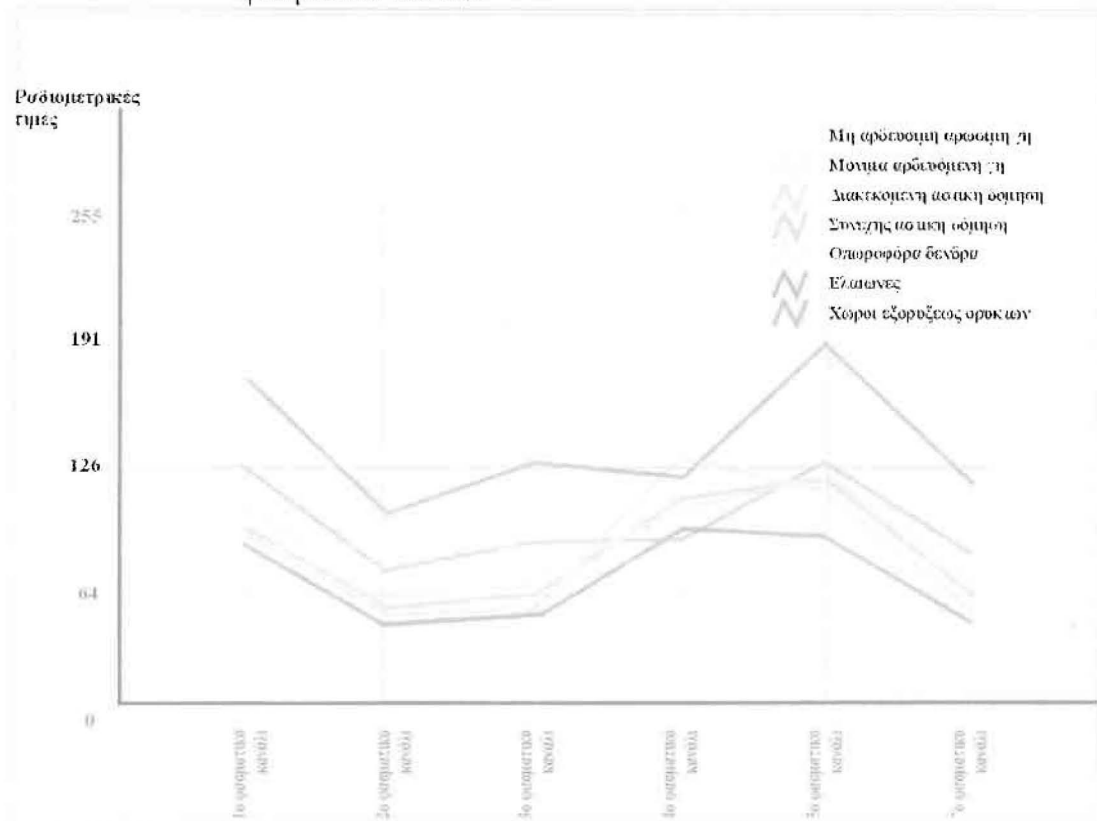
Οι φασματικές υπογραφές των κατηγοριών κάλυψης γης που παρουσιάζονται στα παραπάνω διαγράμματα, δεν μπορούν να παρουσιαστούν σε ένα, καθώς το πρόγραμμα Idrisi μπορεί να τοποθετήσει μόνο 9 φασματικές υπογραφές σε ένα διάγραμμα. Το μόνο σημαντικό πρόβλημα που παρουσιάζεται είναι ότι, οι τιμές των φασματικών υπογραφών που αναφέρονται στο 6^ο φασματικό κανάλι, για όλες τις καλύψεις γης, το οποίο είναι το θερμικό κανάλι του Landsat, είναι «μαζεμένες» σε ένα πολύ μικρό εύρος ραδιομετρικών τιμών με αποτέλεσμα να είναι ασαφής ο διαχωρισμός των κατηγοριών κάλυψης γης. Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται διότι, κατά πρώτο και σημαντικότερο λόγο, το pixel του 6^{ου} καναλιού είναι μεγαλύτερο από των άλλων καναλιών κατά 30 μέτρα σε κάθε διάσταση, άρα η μέση ραδιομετρική τιμή υπολογίζεται από μικρότερο αριθμό pixel. Επίσης, το κανάλι αυτό μετράει βασικά την θερμοκρασία, που δεν μεταβάλλεται σημαντικά στην περιοχή μελέτης κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (δεν υπάρχει μεγάλο εύρος τιμών) κάτι που φαίνεται και στο παραπάνω διάγραμμα, αφού η κατηγορία δάσος πλατυφύλλων, που εμφανίζεται κυρίως σε μεγάλα υψόμετρα έχει την μικρότερη μέση ραδιομετρική τιμή από όλες τις κατηγορίες στο 6^ο κανάλι.

Για τους λόγους αυτούς και για να μην παρουσιάζονται προβλήματα στην διαδικασία της ταξινόμησης με συγγενείς κατηγορίες που τυχόν θα ταξινομήσουν καλύψεις γης σε διαφορετικές κατηγορίες κάλυψης γης, αποφασίστηκε το 6^ο κανάλι να αφαιρεθεί από την διαδικασία δημιουργίας των φασματικών υπογραφών ώστε και οι κατηγορίες να ξεχωρίζονται πιο εύκολα από τις φασματικές τους υπογραφές και να μπορούν να βγουν συμπεράσματα για την φασματική συμπεριφορά κάθε κατηγορίας κάλυψης γης στα διάφορα φασματικά κανάλια. Στα διαγράμματα 6.3 και 6.4 παρουσιάζονται οι φασματικές υπογραφές των κατηγοριών που εξετάζονται στην παρούσα εργασία, χωρίς το 6^ο κανάλι.

Διάγραμμα 6.3 Φασματικές υπογραφές 7 κατηγοριών κάλυψης γης χωρίς το 6ο φασματικό κανάλι.



Διάγραμμα 6.4 Φασματικές υπογραφές 6 κατηγοριών κάλυψης γης χωρίς το 6ο φασματικό κανάλι.

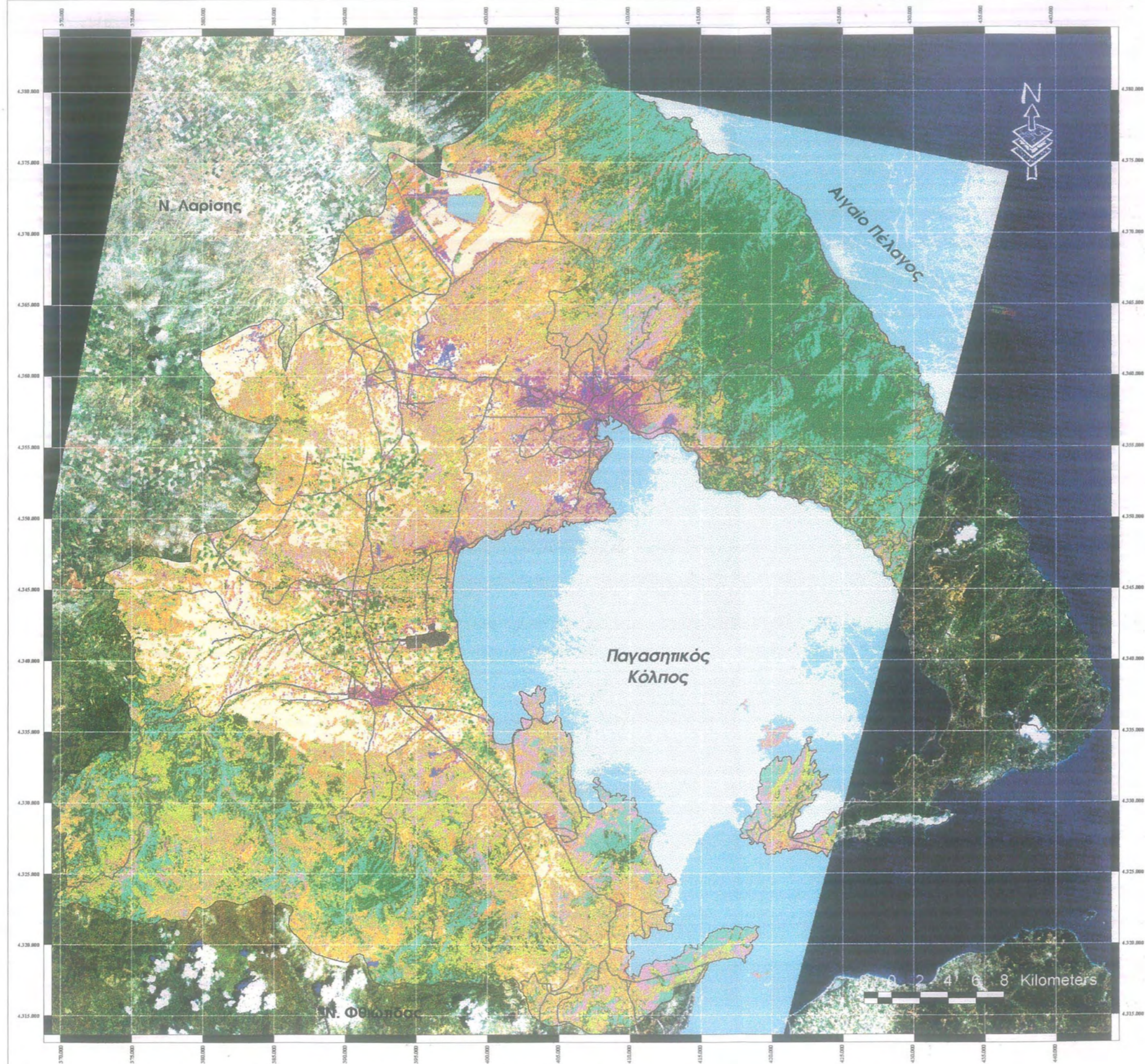


6.7.4 Η διαδικασία των ταξινομήσεων

Έπειτα από την εξέταση των φασματικών υπογραφών και την απόρριψη του βου φασματικού καναλιού για την διαδικασία των ταξινομήσεων, συνεχίζουμε με την ουσιαστική διαδικασία της ταξινόμησης. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι μέθοδοι ταξινόμησης που θα χρησιμοποιηθούν ανήκουν στον τύπο της επιβλεπόμενης ταξινόμησης και είναι, με την σειρά που θα γίνουν, η μέθοδος της ελάχιστης αποστάσεως (mindist), η μέθοδος των παραλληλεπιπέδων (riped) και τέλος, η μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας (maxlike). Η κάθε μία από τις ταξινομήσεις αυτές θα δημιουργηθεί και για τις τρεις ημερομηνίες που έχουμε διαθέσιμες δορυφορικές εικόνες δηλαδή για το 1997, το 1993 και το 1986, με την σειρά που θα παρουσιαστούν. Για κάθε μία από τις ταξινομήσεις, παρουσιάζονται ορισμένα συμπεράσματα για την ταξινόμηση των διάφορων κατηγοριών γης στην περιοχή μελέτης.

Ξεκινώντας, η πρώτη μέθοδος ταξινόμησης που εξετάζεται είναι αυτή της ελάχιστης αποστάσεως. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η μέθοδος αυτή ταξινομεί το «άγνωστο» pixel στην κατηγορία που η μέσος όρος των ραδιομετρικών τιμών της, βρίσκεται κοντινότερα. Τα αποτελέσματα της μεθόδου αυτής παρουσιάζονται στους χάρτες 12,13 και 14 για το 1997, 1993 και 1986 αντίστοιχα. Ως πρώτο γενικό συμπέρασμα, πρέπει να πούμε ότι, λόγω του τρόπου ταξινόμησης τα αποτελέσματα δεν είναι τόσο κοντά στην πραγματικότητα, χωρίς όμως να είναι και τελείως λάθος, αφού η ταξινόμηση αυτή βασίζεται κατά μεγάλο βαθμό στην χωροθέτηση και ποιότητα των δειγματοληπτικών περιοχών. Τα συμπεράσματα που καταλήγουμε με την βοήθεια της μεθόδου της ελάχιστης αποστάσεως παρουσιάζονται παρακάτω:

- Από μια πρώτη άποψη που έχουμε για την περιοχή μελέτης γνωρίζουμε ότι κατά την χρονική περίοδο που εξετάζουμε δεν πραγματοποιήθηκαν σημαντικές αλλαγές στις καλύψεις γης. Παρόλα αυτά όμως, όπως φαίνεται στους χάρτες ταξινόμησης με την μέθοδο της ελάχιστης αποστάσεως, οι αλλαγές που εμφανίζονται είναι χωρικά σημαντικές (μεγάλες εκτάσεις), κάτι που είναι σημαντικό σφάλμα.
- Σημαντικό στοιχείο, αρνητικό για την ταξινόμηση είναι πως, όπως είδαμε παραπάνω στο κεφάλαιο 6.3.1 η μέθοδος αυτή δημιουργεί αταξινομήτες περιοχές, άρα δεν δίνει την δυνατότητα να επισημανθούν οι περιπτώσεις των περιοχών που απέχουν σημαντικά από τις φασματικές συμπεριφορές των κατηγοριών και επομένως είναι μεγαλύτερος ο αριθμός των pixel που ταξινομούνται λανθασμένα, χωρίς καμιά ένδειξη για το ποια μπορεί να είναι αυτά.
- Ορισμένα χαρακτηριστικά σφάλματα που είναι χωρικά εντοπισμένα στον νομό είναι: α) οι σιτοβολώνες στην περιοχή της Κάρλας που ταξινομούνται ως περιοχές συνεχούς αστικής δόμησης β) οι μικρές κοινότητες του νομού εμφανίζονται σε ορισμένες περιπτώσεις ως περιοχές συνεχούς αστικής δόμησης,



Εργαστήριο Αγροτικού Χώρου και Εργαστήριο Γεωγραφικών Ερευνών & Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού (Μονάδα Τηλεπισκόπησης)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

Διπλωματική εργασία:

Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων

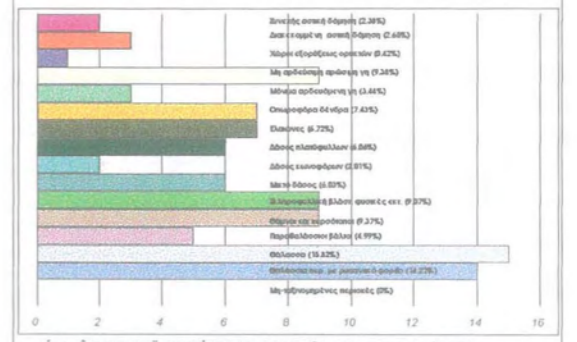
Κυρίτης Κώστας
Μπέτσας Αλκης

ΧΑΨΟΔΌ 13

Ταξινόμηση με την μέθοδο ελάχιστης αποστάσεως για το έτος 1993

- | | |
|----------------------------|---|
| Συνεχής αστική δόμηση | Δάσος κωνοφόρων |
| Διακεκομμένη αστική δόμηση | Μικτό δάσος |
| Βιομηχανικές ζώνες | Σκληροφυλλική βλάστηση και φυσικές εκτάσεις |
| Ζώνες λημένων | Θάμνοι και χερσότοποι |
| Αεροδρόμια | Παραθαλάσσιοι βάλτοι |
| Χώροι εξορύξεως ορυκτών | Θαλάσσια περιοχή με ρυπαντικό φορτίο |
| Μη αρδεύσιμη αρώσιμη γη | Θάλασσα |
| Μόνιμα αρδεύσιμη γη | Μη-ταξινομημένες περιοχές |
| Οπωροφόρα δένδρα | Οδικό δίκτυο |
| Ελαιώνες | Όρια νομού Μαγνησίας |
| Δάσος πλατύφυλλων | |

Ποσοστά (%) κάλυψης γής για την κάθε κατηγορία στον Ν. Μαγνησίας



Όσι: Όα οσίσοοι αιάογπιοάε αεα υεάο οεό +πππειάβαιο ίοι οοί ετίου επίυόε οοί αέεοί

Άυαπάσέου Όγόςοία Όοίαόάαίγίυι ΑΑΟΑ 87

Βόλος Σεπτέμβριος 1998

Διπλωματική εργασία:

Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων

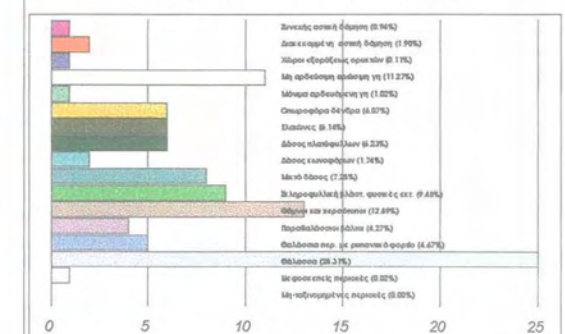
Κυρίμης Κώστας
Μπέσης Αλκης

ΧΑΡΤΗΣ 14

Ταξινόμηση με την μέθοδο ελάχιστης αποστάσεως για το έτος 1986

- | | |
|----------------------------|---|
| Συνεχής αστική δόμηση | Δάσος κωνοφόρων |
| Διακεκομμένη αστική δόμηση | Μικτό δάσος |
| Βιομηχανικές ζώνες | Σκληροφυλλική βλάστηση και φυσικές εκτάσεις |
| Ζώνες λιμένων | Θάμνοι και κερσότοποι |
| Αεροδρόμια | Παραθαλάσσιο βάλτο |
| Χώροι εξορύξεως ορυκτών | Θαλάσσια περιοχή με ρυπαντικό φορτίο |
| Μη αρδευόμενη αρόσημη γη | Θάλασσα |
| Μόνιμα αρδευόμενη γη | Μη-ταξινομημένες περιοχές |
| Οπωροφόρα δένδρα | Οδικό δίκτυο |
| Ελαιώνες | Όρια νομού Μαγνησίας |
| Δάσος πλατύφυλλων | |

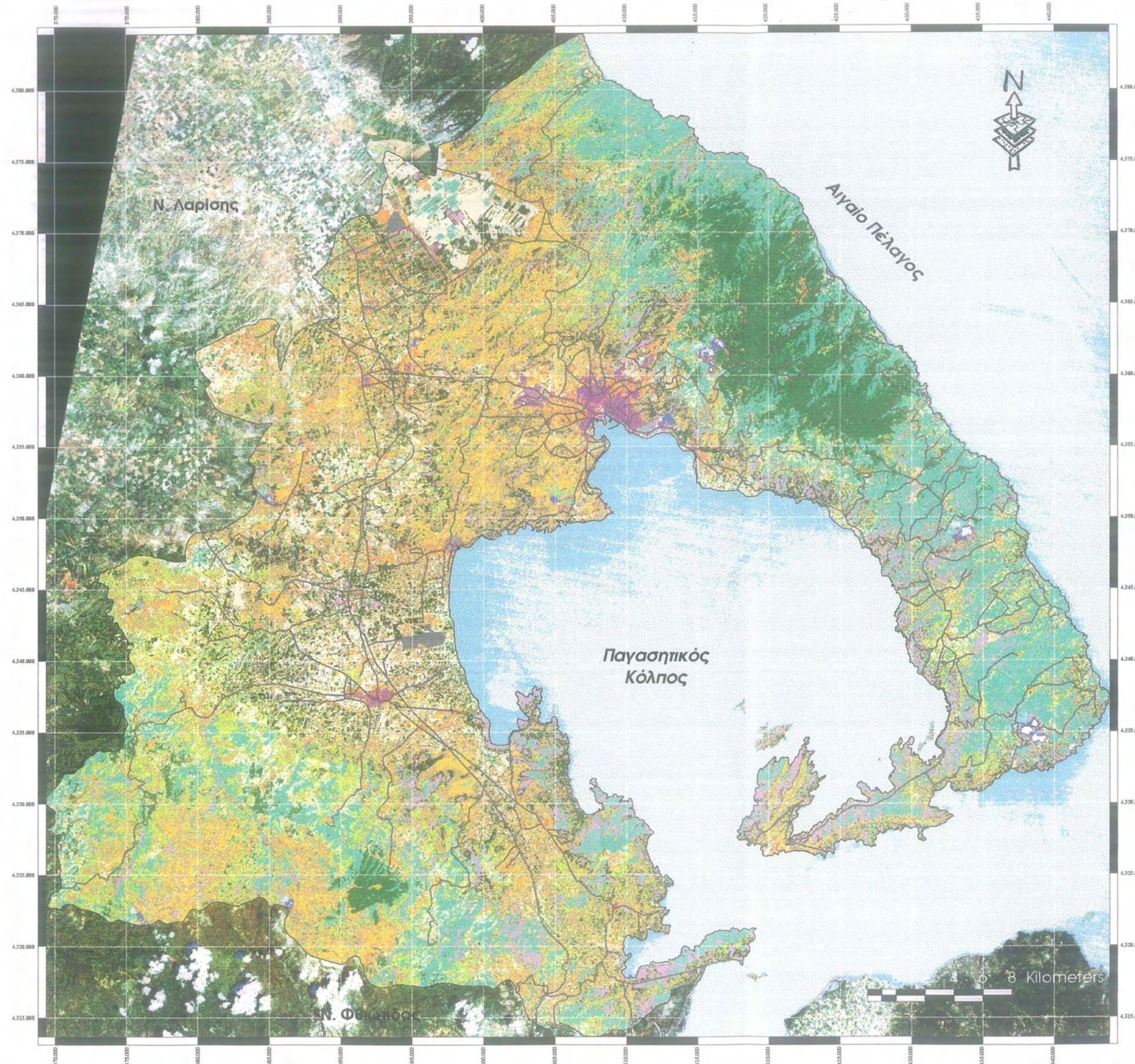
Ποσοστά (%) κάλυψης γης για την κάθε κατηγορία στον Ν. Μαγνησίας



Σημ: Τα ποσοστά αναφέρονται για όλες τις χρονολογίες μόνο στο κοινό κομμάτι των εικόνων

Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

Βόλος Σεπτέμβριος 1998



και άλλες φορές δεν εμφανίζονται καθόλου ως οικισμοί (π.χ. στα παράλια του Ανατολικού Πηλίου) γ) οι χώροι εξόρυξης ορυκτών που ταξινομούνται ως συνεχή αστική δόμηση δ) η ταξινόμηση παρουσιάζει παραθαλάσσιους βάλτους στο σύνολο της εικόνας, χωρίς αυτό να είναι σωστό ε) το σύνολο των θαλάσσιων περιοχών εμφανίζεται μολυσμένο, χωρίς αυτό να είναι σωστό

Η δεύτερη μέθοδος επιβλεπόμενης ταξινόμησης που εξετάζεται είναι η μέθοδος των παραλληλεπιπέδων. Σύμφωνα με αυτή, κάθε «άγνωστο» pixel ταξινομείται στην κατηγορία κάλυψης γης, της οποίας στο παραλληλεπίπεδο ανήκει (βλ. παραπάνω). Η μέθοδος ταξινόμησης των παραλληλεπιπέδων εμφανίζεται στους χάρτες 15,16 και 17 για το 1997, 1993 και 1986 αντίστοιχα. Το βασικό πρόβλημα που παρουσιάζεται στην μέθοδο αυτή είναι ότι βασίζεται στα παραλληλεπίπεδα που δημιουργεί το εύρος των ραδιομετρικών τιμών κάθε κατηγορίας κάλυψης γης. Έτσι, αν κάποια κατηγορία έχει ραδιομετρικές τιμές με μεγάλη συνδιασπορά στον χώρο των 6 φασματικών καναλιών που χρησιμοποιούνται, κατά πρώτο, το «άγνωστο» pixel ταξινομείται λανθασμένα και κατά δεύτερο λόγο, ορισμένες κατηγορίες, που δεν έχουν τόσο μεγάλο εύρος ραδιομετρικών τιμών, εμφανίζονται ελάχιστα. Στην περίπτωση αυτή, όπως φαίνεται και παρακάτω από τα συμπεράσματα, εμφανίζονται μεγάλα τμήματα με χώρους εξόρυξης ορυκτών ενώ αντίθετα, δεν εμφανίζεται καθόλου διακεκομμένη αστική δόμηση. Τα γενικά συμπεράσματα για την μέθοδο των παραλληλεπιπέδων εμφανίζονται παρακάτω:

- Όπως είδαμε και στην παράγραφο 6.3.2, η ταξινόμηση με την μέθοδο των παρ/δων επιτυγχάνεται με την χρησιμοποίησή τους, γύρω από κάθε δειγματική περιοχή, για την ταξινόμηση του «άγνωστου» pixel. Μερικές φορές, τα παρ/δα αυτά υπερτίθενται το ένα με το άλλο (overlap) με αποτέλεσμα ολόκληρες κατηγορίες κάλυψης γης να χάνονται (στη συγκεκριμένη περίπτωση χάνεται η κατηγορία της διακεκομμένης αστικής δόμησης, της μόνιμα αρδευόμενης γης, των ελαιώνων και των δασών κωνοφόρων). Αυτό συμπεραίνεται και από τον έλεγχο των φασματικών υπογραφών των κατηγοριών κάλυψης γης, όπου φαίνεται ότι οι κατηγορίες που χάνονται έχουν σχετικά μικρή ραδιομετρική τυπική απόκλιση στα 6 κανάλια, με αποτέλεσμα να «χάνονται» στο εσωτερικό των (υπέρ)παραλληλεπιπέδων των άλλων που παραμένουν. Αντίστοιχα, οι φασματικές υπογραφές των κατηγοριών κάλυψης γης που βρίσκονται υψηλότερα από τις προηγούμενες, κάνουν τις κατηγορίες αυτές να εμφανίζονται στο σύνολο της εικόνας δηλαδή, τις κατηγορίες των οπωροφόρων, της σκληροφυλλικής βλάστησης και ειδικά τους θάμνους και χερσότοπους και τους παραθαλάσσιους βάλτους που παρουσιάζουν πολύ μεγάλο ποσοστό.
- Η συνεχής αστική δόμηση, εκτός από την περιοχή του Βόλου και του Αλμυρού που εμφανίζεται αρκετά σωστά, εμφανίζεται και σε άσχετα σημεία όπως π.χ. στην περιοχή της Κάρλας.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

Διπλωματική εργασία:

Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων

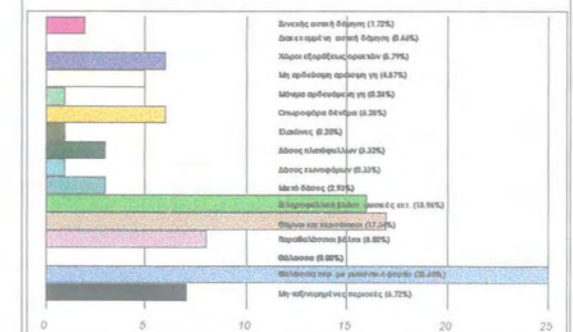
Κυρίμης Κώστας
Μπέτσης Αλκης

ΧΑΡΤΗΣ 15

Ταξινόμηση με την μέθοδο των παραλληλεπιπέδων για το έτος 1997

- | | |
|----------------------------|---|
| Συνεχής αστική δόμηση | Δάσος κωνοφόρων |
| Διακεκομμένη αστική δόμηση | Μικτό δάσος |
| Βιομηχανικές ζώνες | Σκληροφυλλική βλάστηση και φυσικές εκτάσεις |
| Ζώνες λιμένων | Θάμνοι και κερσότοποι |
| Αεροδρόμια | Παραθαλάσσιοι βάλτοι |
| Χώροι εξορύξεως ορυκτών | Θαλάσσια περιοχή με ρυπαντικό φορτίο |
| Μη αρδευόμενη αρόσημη γη | Θάλασσα |
| Μόνιμα αρδευόμενη γη | Μη-ταξινομημένες περιοχές |
| Οπωροφόρα δένδρα | Οδικό δίκτυο |
| Ελαιώνες | Όρια νομού Μαγνησίας |
| Δάσος πλατύφυλλων | |

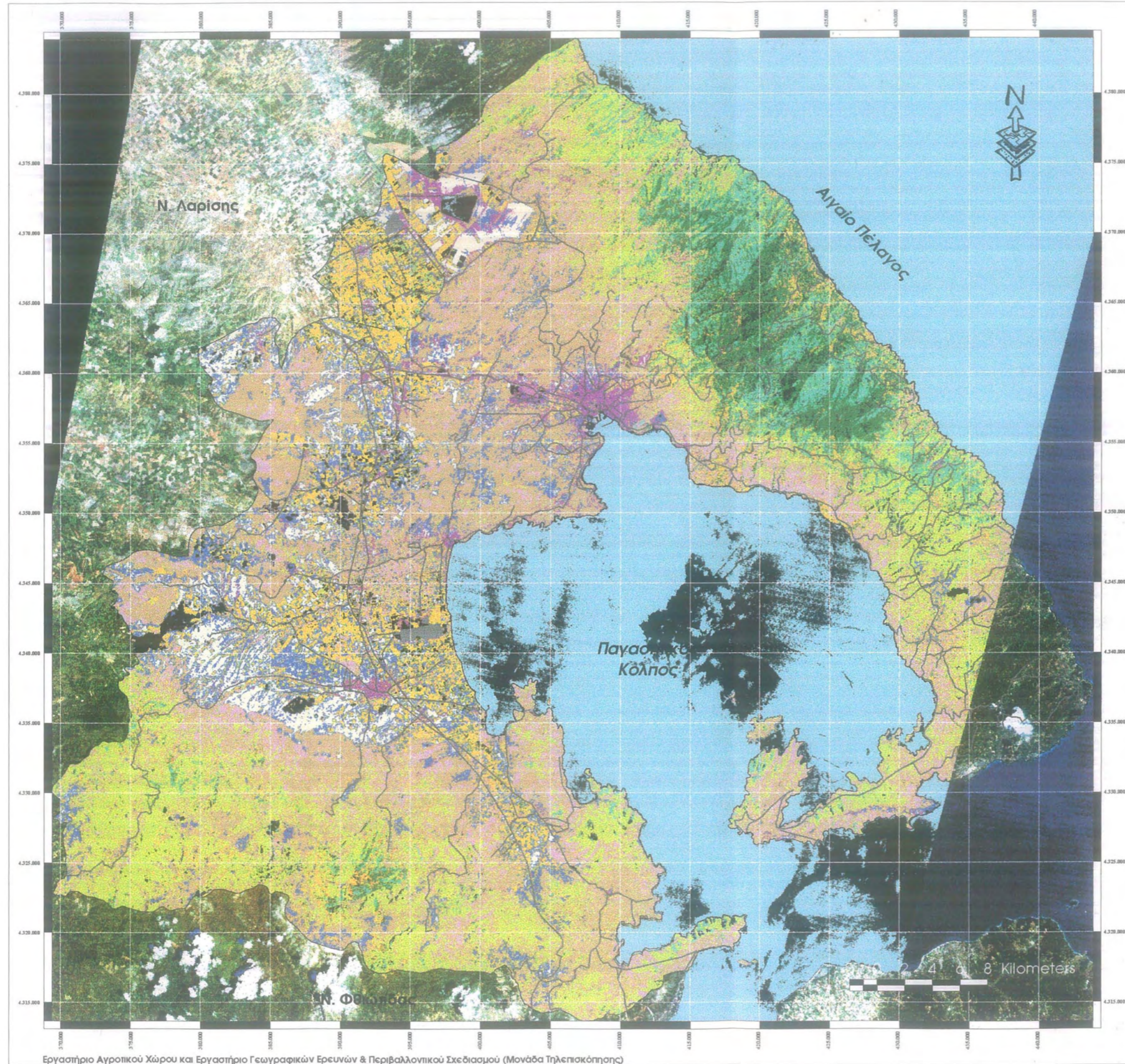
Ποσοστά (%) κάλυψης γης για την κάθε κατηγορία στον Ν. Μαγνησίας



Σημ: Τα ποσοστά αναφέρονται για όλες τις χρονολογίες μόνο στο κοινό κομμάτι των εικόνων

Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

Βόλος Σεπτέμβριος 1998



Εργαστήριο Αγροτικού Χώρου και Εργαστήριο Γεωγραφικών Ερευνών & Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού (Μονάδα Τηλεπισκόπησης)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

Διπλωματική εργασία:

Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων

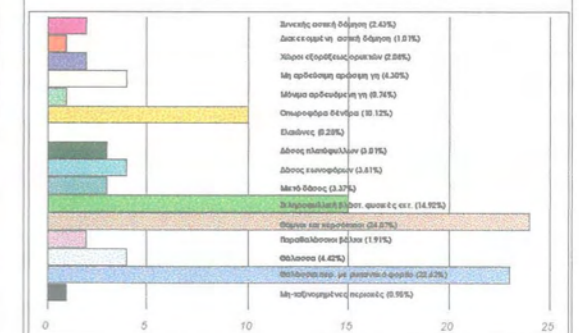
Κυρίμης Κώστας
Μπέτσας Αλκης

ΧΑΡΤΗΣ 16

Ταξινόμηση με την μέθοδο των παραλληλαπιπέδων για το έτος 1993

- | | |
|----------------------------|--|
| Συνεχής αστική δόμηση | Δάσος κωνοφόρων |
| Διακεκομμένη αστική δόμηση | Μικτό δάσος |
| Βιομηχανικές ζώνες | Σκληροφυλλική βλάστηση και φυσικές εκπτώσεις |
| Ζώνες λιμένων | Θάμνοι και κερσότοποι |
| Αεροδρόμια | Παραβαλάσσιοι βάλτοι |
| Χώροι εξορύξεως ορυκτών | Θαλάσσια περιοχή με ρυπαντικό φορτίο |
| Μη αρδεύσιμη αρώσιμη γη | Θάλασσα |
| Μόνιμα αρδεύσιμη γη | Μη-ταξινομημένες περιοχές |
| Οπωροφόρα δένδρα | Οδικό δίκτυο |
| Ελαιώνες | Όρια νομού Μαγνησίας |
| Δάσος πλατύφυλλων | |

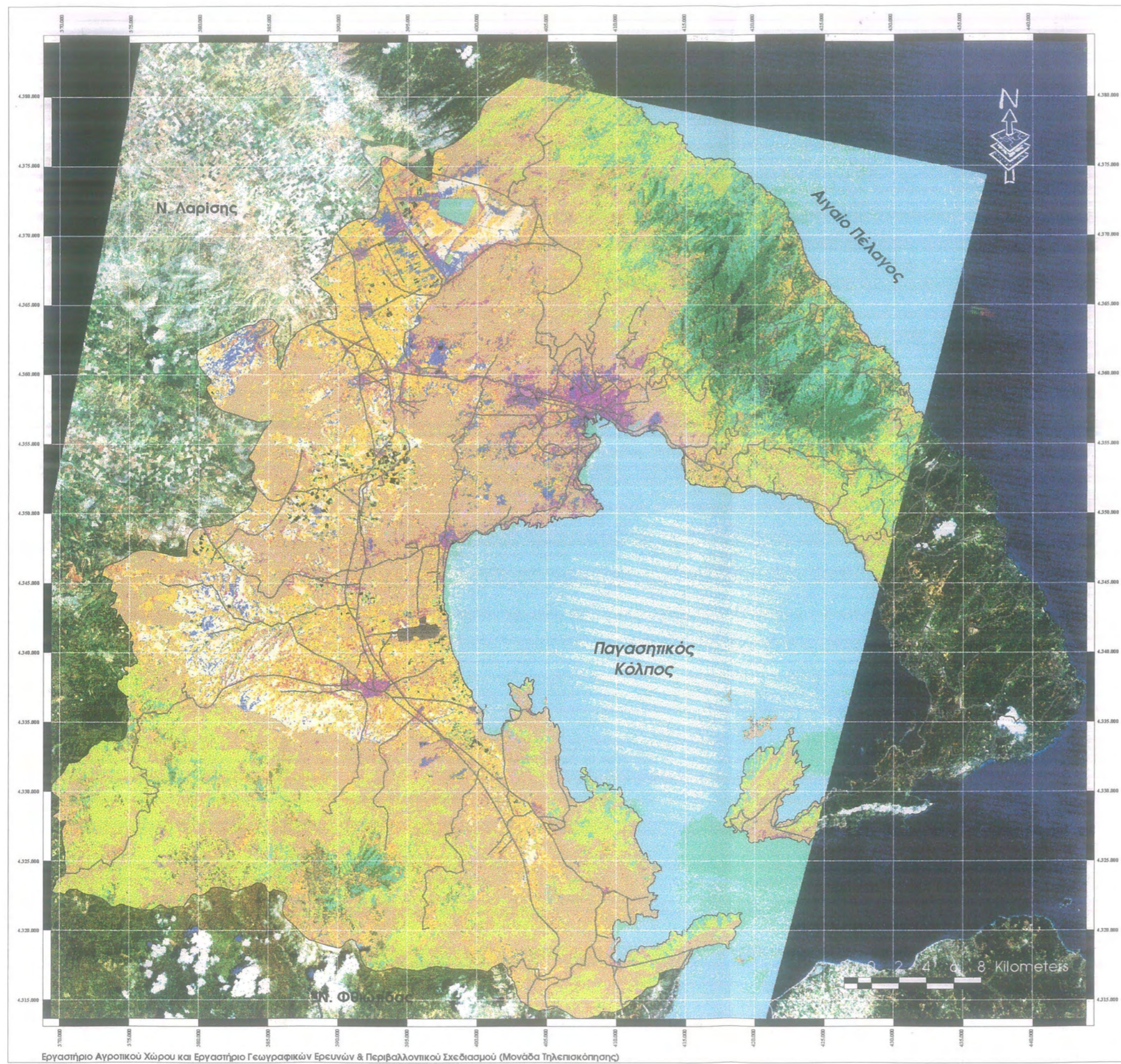
Ποσοστά (%) κάλυψης γης για την κάθε κατηγορία στον Ν. Μαγνησίας



Σημ: Τα ποσοστά αναφέρονται για όλες τις χρονολογίες μόνο στο κοινό κομμάτι των εικόνων

Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

Βόλος Σεπτέμβριος 1998



Διπλωματική εργασία:

Θεματική διαχρονική ανάλυση
βασικών καλύψεων γης
του Νομού Μαγνησίας
την τελευταία δεκαετία με
την χρήση δορυφορικών εικόνων

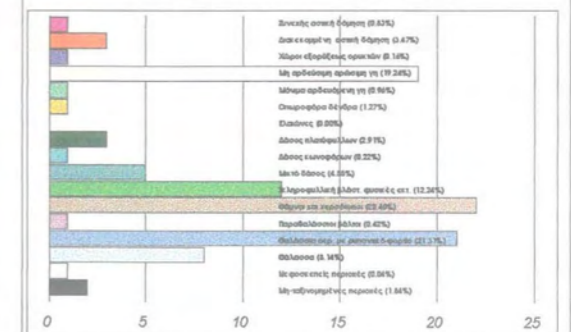
Κυρίμης Κώστας
Μπέτσης Αλκής

ΧΑΡΤΗΣ 17

**Ταξινόμηση με την μέθοδο των
παράλληλεπιπέδων για το έτος 1986**

- | | |
|----------------------------|---|
| Συνεχής αστική δόμηση | Δάσος κωνοφόρων |
| Διακεκομμένη αστική δόμηση | Μικτό δάσος |
| Βιομηχανικές ζώνες | Σκληροφυλλική βλάστηση και φυσικές εκτάσεις |
| Ζώνες λιμένων | Θάμνοι και κεράστοποι |
| Αεροδρόμια | Παραθαλάσσιοι βάλτοι |
| Χώροι εξορύξεως ορυκτών | Θαλάσσια περιοχή με ρυπαντικό φορτίο |
| Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη | Θάλασσα |
| Μόνιμα αρδευόμενη γη | Μη-ταξινομημένες περιοχές |
| Οπωροφόρα δένδρα | Οδικό δίκτυο |
| Ελαιώνες | Όρια νομού Μαγνησίας |
| Δάσος πλατύφυλλων | |

**Ποσοστά (%) κάλυψης γης για την κάθε
κατηγορία στον Ν. Μαγνησίας**



Σημ: Τα ποσοστά αναφέρονται για όλες τις χρονολογίες μόνο στο κοινό κομμάτι των εικόνων

Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

Βόλος Σεπτέμβριος 1998



Εργαστήριο Αγροτικού Χώρου και Εργαστήριο Γεωγραφικών Ερευνών & Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού (Μονάδα Τηλεπισκόπησης)

- Μεγάλες αταξινόμητες εκτάσεις εμφανίζονται μέσα στην θάλασσα, όπως και κωνοφόρα δένδρα, στην ταξινόμηση του 1986 στην θαλάσσια περιοχή του Τρικεριού.

Η τελευταία, και πιο σημαντική λόγω των αποτελεσμάτων της, μέθοδος επιβλεπόμενης ταξινόμησης είναι η μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας. Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή, το κάθε «άγνωστο» pixel ταξινομείται, υπολογίζοντας την πιθανότητα του να ανήκει σε κάποια συγκεκριμένη κατηγορία κάλυψης γης, δηλαδή την μέγιστη πιθανοφάνεια, που καθορίζεται από την τιμή πιθανότητάς του. Στην παρούσα εργασία, οι συντελεστές βαρύτητας (weight factors) που υπολογίζονται για κάθε κατηγορία κάλυψης γης ώστε να «τρέξει» η ταξινόμηση, είναι διαφορετικοί από την γενικευμένη περίπτωση όπου η κάθε κατηγορία έχει τον ίδιο συντελεστή βαρύτητας. Σύμφωνα με την υπόθεση αυτή, θα έπρεπε, αφού έχουμε 15 κατηγορίες κάλυψης γης, η κάθε μία να είχε συντελεστή βαρύτητας $100/15 = 6,66\%$ αλλά, λόγω του γεγονότος ότι η περιοχή μελέτης είναι σε γενικές γραμμές γνωστή, μπορούν να δοθούν, κατά προσέγγιση, διαφορετικοί συντελεστές βαρύτητας που να πλησιάζουν περισσότερο στην πραγματικότητα. Το δύσκολο σε αυτή την περίπτωση είναι ο καθορισμός των συντελεστών βαρύτητας για κάθε κατηγορία κάλυψης γης, αφού άλλο ποσοστό θα δοθεί στην κατηγορία χώροι εξορύξεως ορυκτών, που εμφανίζεται ελάχιστα στην περιοχή μελέτης και άλλο ποσοστό στους ελαιώνες, που εμφανίζονται σε μεγάλο ποσοστό στην περιοχή μελέτης. Έπειτα από εξέταση πολλών παραγόντων, οι συντελεστές βαρύτητας για κάθε κατηγορία κάλυψης γης παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 6.5 Συντελεστές βαρύτητας για κάθε κατηγορία κάλυψης γης για το 1986, 1993, και 1997 (ποσοστό επί %)

Κατηγορίες κάλυψης γης	1986	1993	1997
Συνεχής αστική δόμηση	0,066	0,066	0,066
Διακεκομμένη αστική δόμηση	0,066	0,066	0,066
Χώροι εξορύξεως ορυκτών	0,016	0,016	0,016
Μη αρδεύσιμη αρώσιμη γη	0,076	0,076	0,046
Μόνιμα αρδευόμενη γη	0,076	0,076	0,076
Οπωροφόρα δένδρα	0,066	0,066	0,066
Ελαιώνες	0,106	0,106	0,096
Δάσος πλατυφύλλων	0,076	0,076	0,076
Δάσος κωνοφόρων	0,066	0,066	0,066
Μικτό δάσος	0,066	0,066	0,066
Σκληροφυλλική βλάστηση και φυσικές εκτάσεις	0,076	0,076	0,076
Θάμνοι και χερσότοποι	0,086	0,086	0,086
Παραθαλάσσιοι βάλτοι	0,006	0,006	0,006
Θαλάσσια περιοχή με ρυπαντικό φορτίο	0,066	0,066	0,066
Θάλασσα	0,066	0,066	0,066
Μη αρδεύσιμη αρώσιμη γη*	0,030		

Νεφοσκεπείς περιοχές*	0,020		
Σύνολικό ποσοστό	100%	100%	100%

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

Πρέπει να σημειωθεί ότι, στις περιπτώσεις κατηγοριών κάλυψης γης που το ποσοστό τους στην πραγματικότητα δεν είναι γνωστό, τότε θεωρείται το ποσοστό της ισοβαρύτητας, δηλαδή το 6,66 % και όπως είναι φανερό, τα ποσοστά παρέμειναν αμετάβλητα για τις τρεις ημερομηνίες, για να μπορέσει να επιτύχει η διαχρονική σύγκριση. Επίσης, με το αστεράκι (*) σημειώνονται οι επιπλέον καλύψεις γης που εμφανίζονται το 1986 και είναι η «μη αρδεύσιμη αρώσιμη γη» και οι «νεφοσκεπείς εκτάσεις». Το ποσοστό των δύο αυτών κατηγοριών έχει δημιουργηθεί έτσι ώστε να μην επηρεάζει το συνολικό ποσοστό, εάν εμφανίζεται ως ξεχωριστή κάλυψη γης. Δηλαδή, οι δύο κατηγορίες μη αρδεύσιμης αρώσιμης γης έχουν ποσοστό βαρύτητας $3\% + 4,6\% = 7,6\%$, ίδιο με αυτό που παρουσιάζουν για το 1993 και το 1997. Αντίστοιχα, το 2,6% της κατηγορίας «νεφοσκεπείς περιοχές» προκύπτει από το ποσοστό της κατηγορίας «ελαιώνες» απ' όπου αφαιρείται, αφού παρουσιάζει μεγάλο ποσοστό τις προηγούμενες ημερομηνίες.

Η μέθοδος επιβλεπόμενης ταξινόμησης της μέγιστης πιθανοφάνειας για τις τρεις ημερομηνίες παρουσιάζεται στους χάρτες 18,19 και 20 με βασικό συμπέρασμα ότι, η μέθοδος αυτή έχει τα πιο σωστά αποτελέσματα από τις άλλες δύο μεθόδους που εξετάστηκαν. Αυτό θα φανεί και από την ακρίβεια των καλύψεων γης που θα εξεταστεί παρακάτω, με πολύ καλά αποτελέσματα, ειδικά για το 1997 που η περιοχή μελέτης είναι περισσότερο γνωστή. Τα βασικά συμπεράσματα φαίνονται παρακάτω:

- Ο αλγόριθμος σύμφωνα με τον οποίο λειτουργεί η μέθοδος αυτή είναι πιο πλήρης συγκριτικά με αυτόν της ελάχιστης αποστάσεως και των παραλληλεπίπεδων και αυτό συνίσταται στην διαδικασία με την οποία ταξινομείται το «άγνωστο» pixel. Η δυνατότητα προσάρτησης συντελεστών βαρύτητας στις κατηγορίες κάλυψης γης είναι σημαντικό πλεονέκτημα, ειδικά στην περίπτωση της εργασίας αυτής όπου υπάρχει και κάποια γνώση της περιοχής μελέτης.
- Σημαντικό πλεονέκτημα είναι και το γεγονός ότι η ταξινόμηση της μέγιστης πιθανοφάνειας επιτρέπει και την θέσπιση συντελεστή βαρύτητας και στις αταξινομήτες περιοχές. Αυτό βοηθά σημαντικά στις δύο ημερομηνίες του 1986 και του 1993 όπου οι δειγματοληπτικές περιοχές δεν είναι σίγουρα ομογενείς και με την χρησιμοποίηση των αταξινομήτων περιοχών, καθορίζονται οι προβληματικές περιοχές.

Επειδή η ταξινόμηση της μέγιστης πιθανοφάνειας, καταλήγει στα πιο σωστά αποτελέσματα, είναι αυτή που θα χρησιμοποιηθεί στο επόμενο κεφάλαιο, δηλαδή στην μελέτη των διαχρονικών μεταβολών των καλύψεων γης.

Διπλωματική εργασία:

Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων

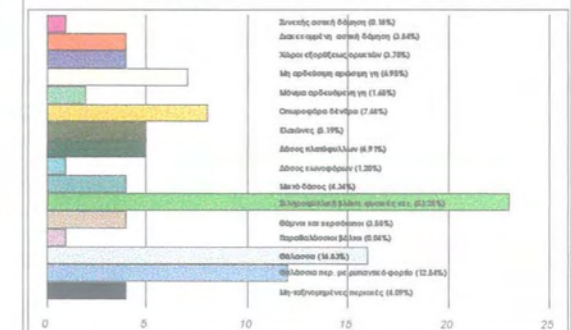
Κυρίμης Κώστας
Μπέτσας Αλκης

ΧΑΡΤΗΣ 18

Ταξινόμηση με την μέθοδο μεγίστης πιθανοφάνειας για το έτος 1997

- | | |
|----------------------------|---|
| Συνεχής αστική δόμηση | Δάσος κωνοφόρων |
| Διακεκομμένη αστική δόμηση | Μικτό δάσος |
| Βιομηχανικές ζώνες | Σκληροφυλλική βλάστηση και φυσικές εκτάσεις |
| Ζώνες λιμένων | Θάμνοι και κερσότοποι |
| Αεροδρόμια | Παραθαλάσσιοι βάλτοι |
| Χώροι εξορύξεως ορυκτών | Θαλάσσια περιοχή με ρυπαντικό φορτίο |
| Μη αρδευόμενη αρώσιμη γη | Θάλασσα |
| Μόνιμα αρδευόμενη γη | Μη-ταξινομημένες περιοχές |
| Οπωροφόρα δένδρα | Οδικό δίκτυο |
| Ελαιώνες | Όρια νομού Μαγνησίας |
| Δάσος πλατύφυλλων | |

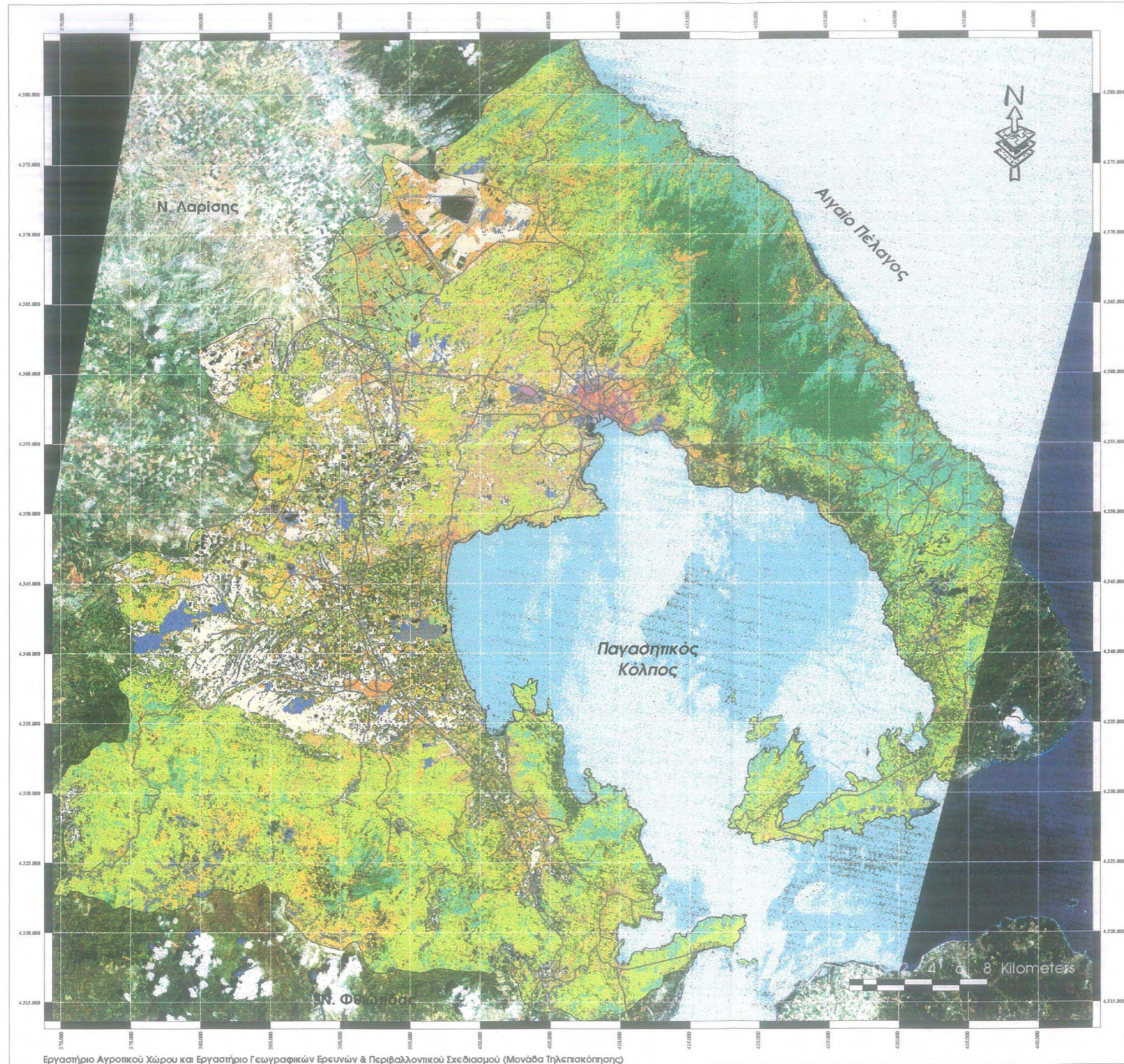
Ποσοστά (%) κάλυψης γης για την κάθε κατηγορία στον Ν. Μαγνησίας



Σημ: Τα ποσοστά αναφέρονται για όλες τις χρονολογίες μόνο στο κοινό κομμάτι των εικόνων

Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

Βόλος Σεπτέμβριος 1998



Διπλωματική εργασία:

Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων

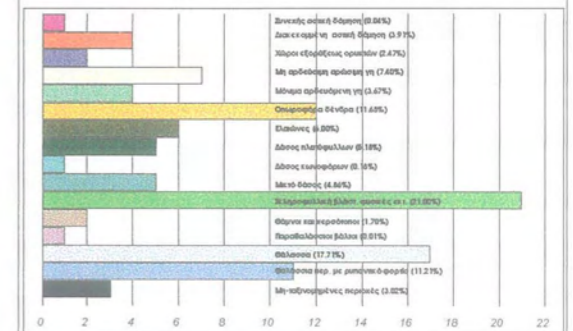
Κυρίνης Κώστας
Μπέτσης Αλκης

ΧΑΡΤΗΣ 19

Ταξινόμηση με την μέθοδο μεγίστης πιθανοφάνειας για το έτος 1993

- | | |
|----------------------------|---|
| Συνεχής αστική δόμηση | Δάσος κωνοφόρων |
| Διακεκομμένη αστική δόμηση | Μικτό δάσος |
| Βιομηχανικές ζώνες | Σκληροφυλλική βλάστηση και φυσικές εκτάσεις |
| Ζώνες λιμένων | Θάμνοι και κερσότοποι |
| Αεροδρόμια | Παραθαλάσσιοι βάλτοι |
| Χώροι εξορύξεως ορυκτών | Θαλάσσια περιοχή με ρυπαντικό φορτίο |
| Μη αρδεύσιμη αρώσιμη γη | Θάλασσα |
| Μόνιμα αρδεύσιμη γη | Μη-ταξινομημένες περιοχές |
| Οπωροφόρα δένδρα | Οδικό δίκτυο |
| Ελαιώνες | Όρια νομού Μαγνησίας |
| Δάσος πλατύφυλλων | |

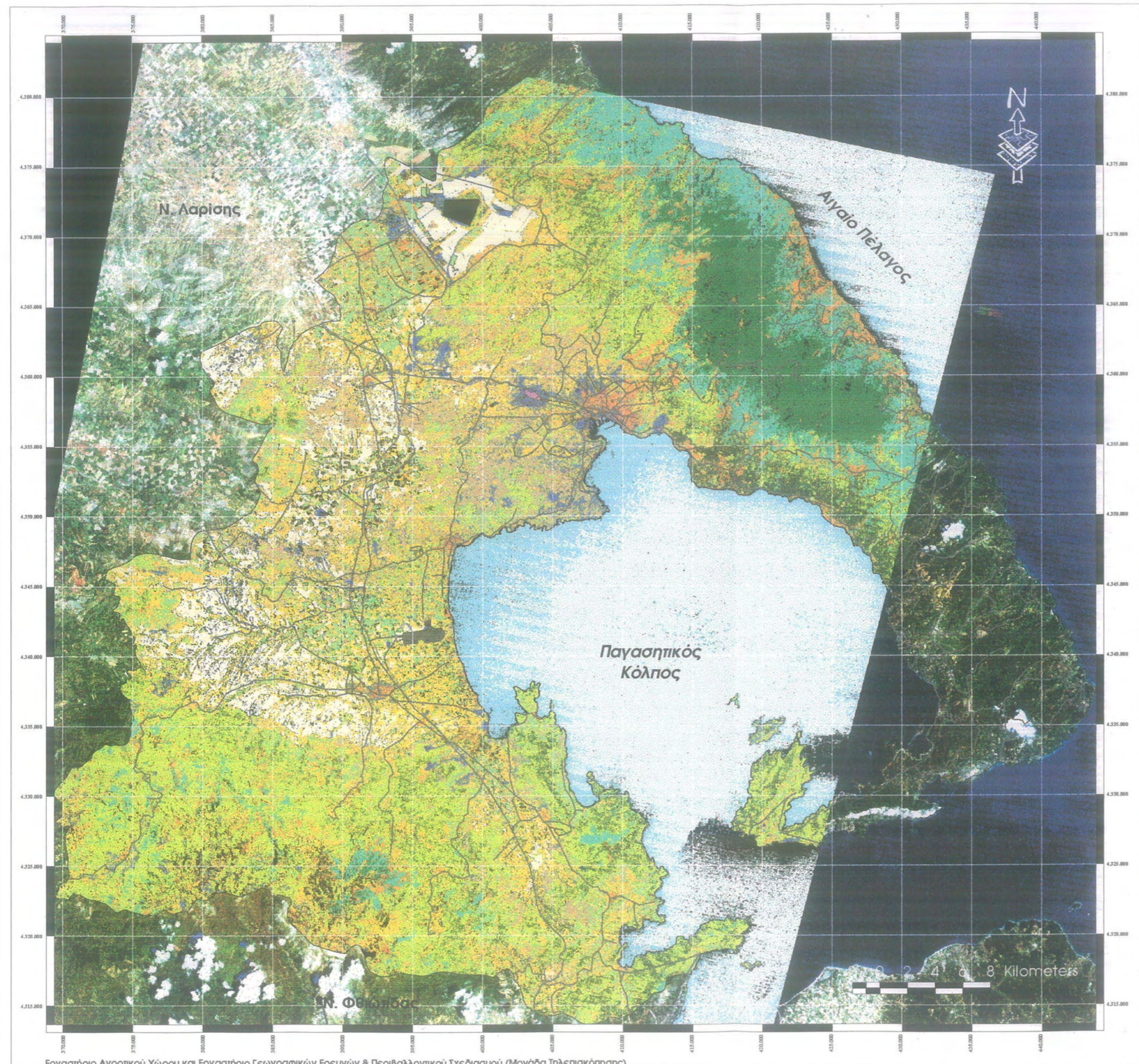
Ποσοστά (%) κάλυψης γης για την κάθε κατηγορία στον Ν. Μαγνησίας



Σημ: Τα ποσοστά αναφέρονται για όλες τις χρονολογίες μόνο στο κοινό κομμάτι των εικόνων

Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

Βόλος Σεπτέμβριος 1998



Εργαστήριο Αγροτικού Χώρου και Εργαστήριο Γεωγραφικών Ερευνών & Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού (Μονάδα Τηλεπισκόπησης)

Διπλωματική εργασία:

Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων

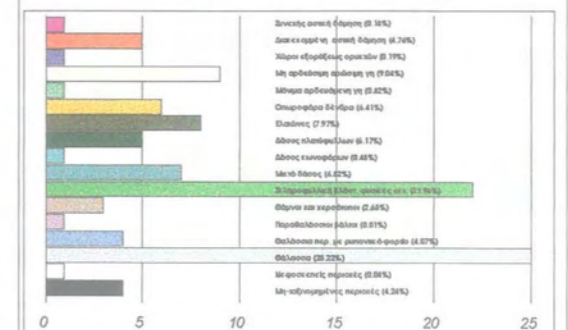
Κυρίμης Κώστας
Μπέτσας Αλκης

ΧΑΡΤΗΣ 20

Ταξινόμηση με την μέθοδο μέγιστης πιθανοφάνειας για το έτος 1986

- | | | | |
|---|----------------------------|---|---|
|  | Συνεχής αστική δόμηση |  | Δάσος κωνοφόρων |
|  | Διακεκομμένη αστική δόμηση |  | Μικτό δάσος |
|  | Βιομηχανικές ζώνες |  | Σκληροφυλλική βλάστηση και φυσικές εκτάσεις |
|  | Ζώνες λιμένων |  | Θάμνοι και κερσότοποι |
|  | Αεροδρόμιο |  | Παραθαλάσσιοι βάλτοι |
|  | Χώροι εξορύξεως ορυκτών |  | Θαλάσσια περιοχή με ρυπαντικό φορτίο |
|  | Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη |  | Θάλασσα |
|  | Μόνιμα αρδευόμενη γη |  | Μη-ταξινομημένες περιοχές |
|  | Οπωροφόρα δένδρα |  | Οδικό δίκτυο |
|  | Ελαιώνες |  | Όρια νομού Μαγνησίας |
|  | Δάσος πλατύφυλλων | | |

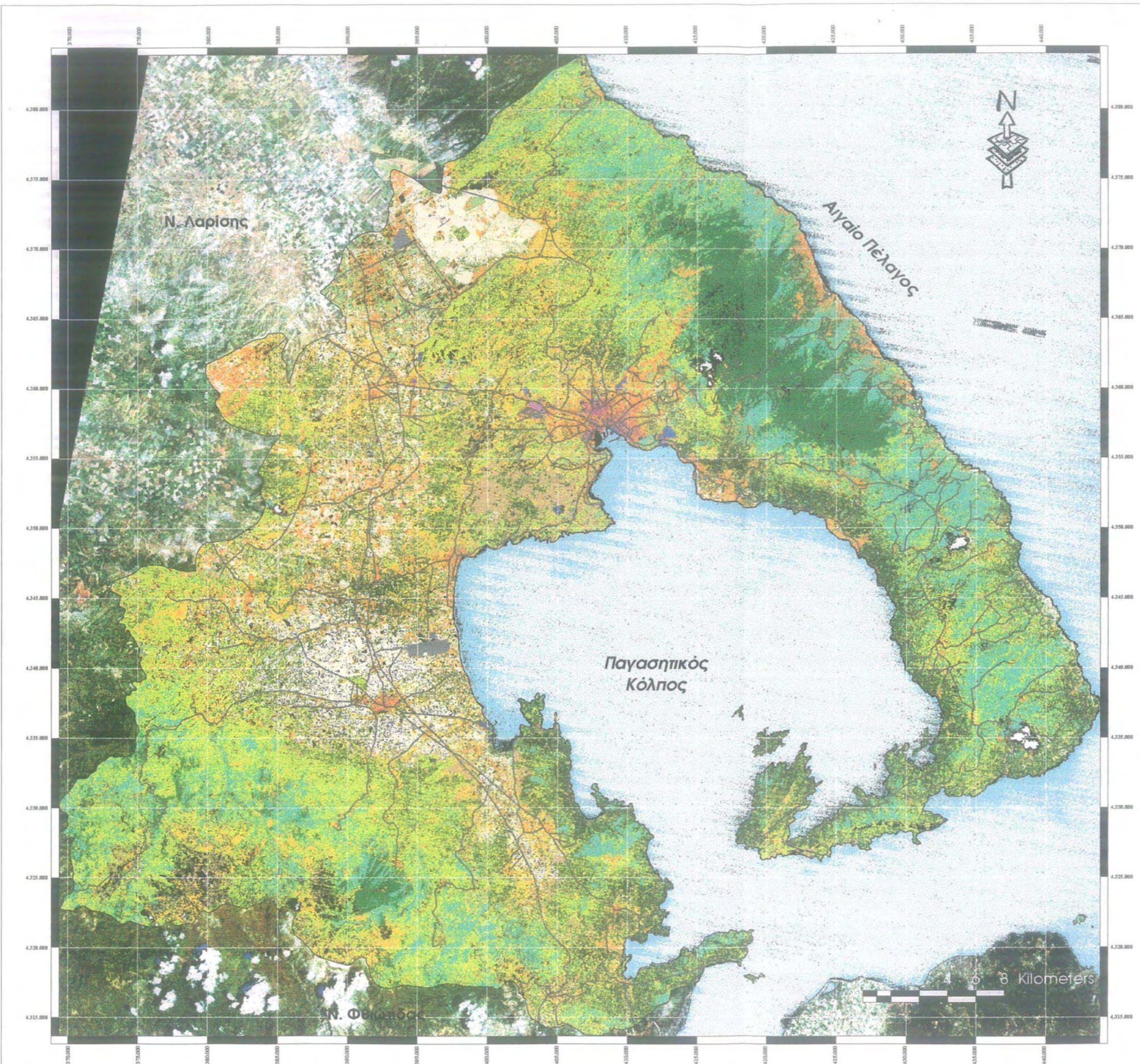
Ποσοστά (%) κάλυψης γης για την κάθε κατηγορία στον Ν. Μαγνησίας



Σημ: Τα ποσοστά αναφέρονται για όλες τις χρονολογίες μόνο στο κοινό κομμάτι των εικόνων

Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

Βόλος Σεπτέμβριος 1998



Εργαστήριο Αγροτικού Χώρου και Εργαστήριο Γεωγραφικών Ερευνών & Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού (Μονάδα Τηλεπισκόπησης)

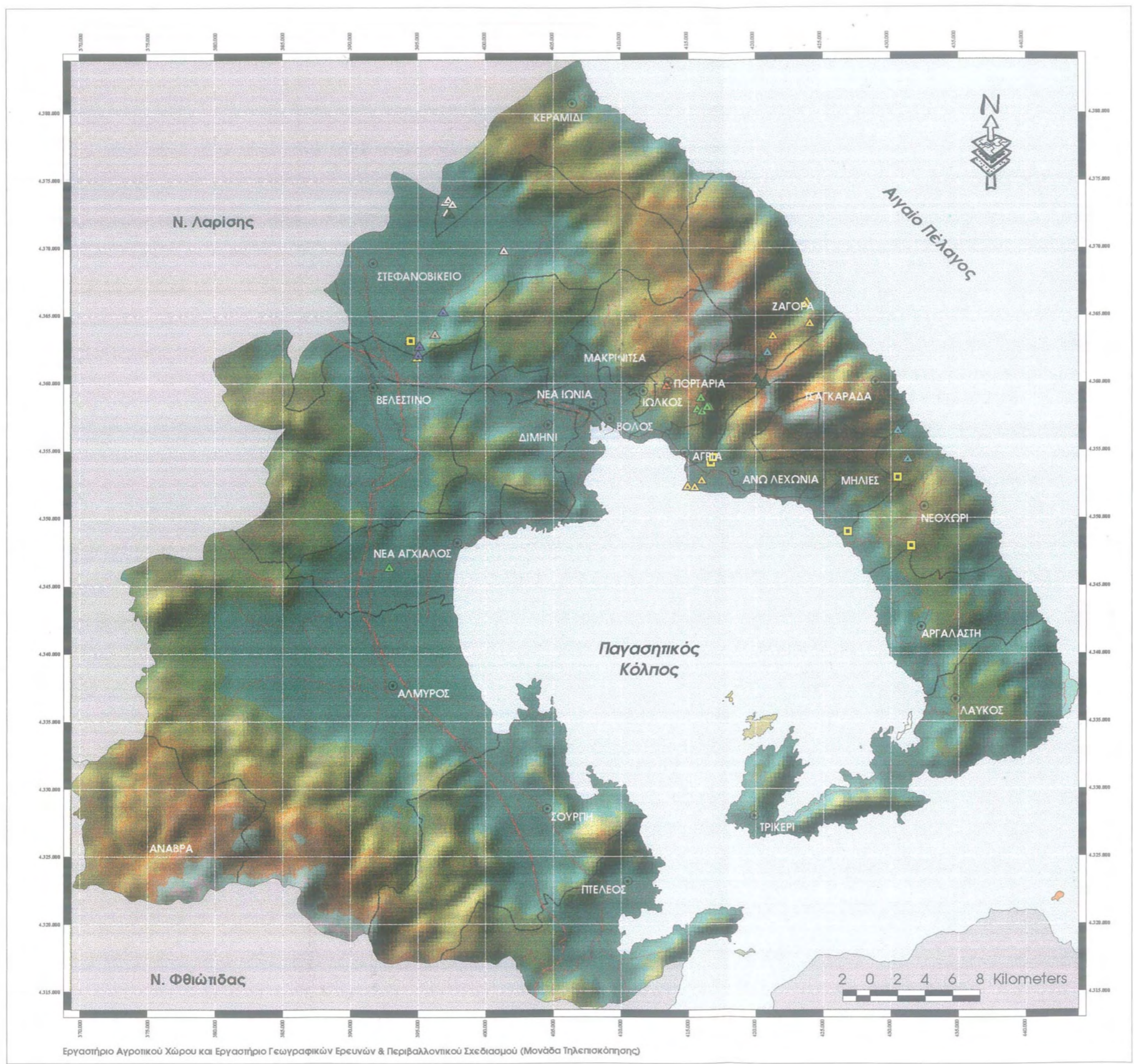
6.7.5 Έλεγχος της ακρίβειας της ταξινόμησης

Έπειτα από το στάδιο της ταξινόμησης, που είναι το βασικότερο τμήμα της διαδικασίας στην παρούσα εργασία, θα πρέπει να ελεγχθούν δύο πράγματα: πρώτα, η ακρίβεια της ταξινόμησης των δειγματοληπτικών περιοχών και κατά δεύτερο λόγο, η ακρίβεια της ταξινόμησης ως προς τις πραγματικές καλύψεις γης. Η πρώτη, αφορά τον έλεγχο των δειγματοληπτικών περιοχών που πάρθηκαν πριν από την διαδικασία της ταξινόμησης και δείχνει εάν οι δειγματοληπτικές περιοχές ταξινομήθηκαν στην ίδια κάλυψη γης, με αυτήν που στην πραγματικότητα έχουν. Ο έλεγχος αυτός γίνεται από τον πίνακα σφάλματος (error matrix) που είναι τετραγωνικός. Στις γραμμές τοποθετούνται τα δεδομένα της ταξινόμησης και στις στήλες τα δεδομένα της δειγματοληψίας. Η ακρίβεια (accuracy) η οποία υπολογίζεται, δείχνει αν η ταξινόμηση είναι επιτυχής, αφού αν δεν ταξινομηθούν σωστά οι δειγματοληπτικές περιοχές, τότε δεν μπορούμε να έχουμε απαιτήσεις ώστε να είναι σωστή η ταξινόμηση και στην υπόλοιπη εικόνα. Η ακρίβεια της ταξινόμησης και στην υπόλοιπη εικόνα, δηλαδή των καλύψεων γης εξετάζεται και αυτή με ένα πίνακα σφαλμάτων, απλά, σε αυτή την περίπτωση, την θέση των δειγματοληπτικών περιοχών, παίρνουν δειγματοληπτικά rixel που έχουν ληφθεί με την βοήθεια G.P.S. (βλ. χάρτη 8) στην ταξινομημένη περιοχή και με την βοήθειά τους εξετάζεται εάν η ταξινόμηση πέτυχε, και στην υπόλοιπη περιοχή μελέτης.

Στους παρακάτω πίνακες, 6.6, 6.7 και 6.8, παρουσιάζεται ο πίνακας σφαλμάτων για κάθε μία από τις μεθόδους επιβλεπόμενης ταξινόμησης, όσο αφορά την ακρίβεια των δειγματοληπτικών περιοχών. Για κάθε μία από αυτές, έχουν ληφθεί σημεία με G.P.S που δείχνουν την πραγματική κάλυψη γης. Το σύνολο των σημείων αυτών είναι 35 και απ' ό,τι φαίνεται στους παρακάτω πίνακες, δεν έχουν ληφθεί για όλες τις κατηγορίες κάλυψης γης¹³. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι, η ακρίβεια των δειγματοληπτικών περιοχών δεν εξετάζεται για το 1993 και το 1986 αφού, δεν είναι σίγουρη η αμιγής κάλυψη των δειγματοληπτικών περιοχών για τις δύο ημερομηνίες.

Στον πίνακα 6.6 υπολογίζεται η ακρίβεια των δειγματοληπτικών περιοχών για την ταξινόμηση της ελάχιστης αποστάσεως (που δίνεται στον χάρτη 12) για το 1997. Η ακρίβεια των δειγματοληπτικών περιοχών κυμαίνεται γύρω στο **50%**, ποσοστό όχι και τόσο ικανοποιητικό, αφού οι δειγματοληπτικές περιοχές σε κατηγορίες όπως οι χώροι εξορύξεως ορυκτών, τα οπωροφόρα δένδρα, το μικτό δάσος και οι ελαιώνες, δεν ταξινομούνται καθόλου σωστά στην περίπτωση αυτή. Ο πίνακας 6.7 δίνει την ακρίβεια των δειγματοληπτικών περιοχών για την ταξινόμηση με την βοήθεια της μεθόδου των παραλληλεπίπεδων, για το 1997. Η ακρίβεια αυτή κυμαίνεται γύρω στο **57%**, καλύτερη από την ακρίβεια της προηγούμενης

¹³ Στις κατηγορίες θάλασσα και θαλάσσια περιοχή με ρυπαντικό φορτίο, δεν είναι τόσο σημαντικό το ενδιαφέρον για την ακρίβεια των δειγματικών περιοχών. Επίσης, οι παραθαλάσσιοι βάλτοι είναι ακριβώς οριοθετημένοι έτσι ώστε να μην παρουσιάζεται πρόβλημα με την ακρίβειά τους. Τέλος, η συνεχής αστική δόμηση εμφανίζεται στο κέντρο των οικισμών του Βόλου και του Αλμυρού, οπότε δεν είναι απαραίτητη η οριοθέτηση τέτοιου είδους περιοχών.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

Διπλωματική εργασία:

Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων

Κυρίμης Κώστας
Μπέσης Αλκης

ΧΑΡΤΗΣ 8

Χάρτης απεικόνισης σημείων δειγματικού ελέγχου που ελήφθησαν από G.P.S.

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Μετρήσεις με G.P.S. AshTech ▲ Μετρήσεις με G.P.S. Garmin ▲ Διακεκομμένη αστική δόμηση ▲ Χώροι εξορύξεως ορυκτών ▲ Μη αρδευσιμη αρώσιμη γη ▲ Μόνιμα αρδευόμενη γη ▲ Οπωροφόρα δένδρα ▲ Ελαιώνες ▲ Δάσος πλατύφυλλον ▲ Δάσος κωνοφόρων ▲ Μικτό δάσος | <ul style="list-style-type: none"> ▲ Σκληροφυλλική βλάστηση και φυσικές εκτάσεις ▲ Θάμνοι και χερσότοποι ● Έδρα νέων Δήμων ▲ Αυτοκινητόδρομοι ▲ Λοιπές Εθνικοί Οδοί ▲ Κύριες Επαρειακοί Οδοί ▲ Λοιπές Οδοί ▲ Μονή σιδηροδρ. γραμμή ▲ Μονή μετρική σιδηροδρ. γραμμή ▲ Ειδικός σιδηρόδρομος |
|--|---|



Σύστημα Γεωγραφικών Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

Βόλος Σεπτέμβριος 1998

ταξινόμησης, με σημαντικότερα όμως προβλήματα αφού σε ορισμένες κατηγορίες, όπως στην διακεκομμένη αστική δόμηση, τους ελαιώνες και την μόνιμα αρδευόμενη γη, κανένα από τα σημεία δεν ταξινομείται σωστά. Γι αυτό τον λόγο σε αυτή τη μέθοδο ταξινόμησης, δεν εμφανίζονται καθόλου ή εμφανίζονται ελάχιστα αυτές οι κατηγορίες. Τέλος, στον πίνακα 6.8 υπολογίζεται η ακρίβεια των δειγματοληπτικών περιοχών για την ταξινόμηση της μέγιστης πιθανοφάνειας (χάρτης 18), που κυμαίνεται γύρω στο **77%**, ποσοστό που δείχνει ότι η μέθοδος αυτή είναι η πιο ακριβής από τις μεθόδους επιβλεπόμενης ταξινόμησης που χρησιμοποιούνται. Το μόνο πρόβλημα που παρουσιάζεται με την ακρίβεια είναι, για την κατηγορία των οπωροφόρων, που συγχέονται σε ορισμένες περιπτώσεις με τους ελαιώνες. Κατά τα άλλα η μέθοδος αυτή είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα γι αυτό τον λόγο, η ακρίβεια των καλύψεων γης θα εξεταστεί διαχρονικά **μόνο** για την μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας.

Πίνακας 6.6 Error matrix των δειγματοληπτικών περιοχών της μεθόδου ταξινόμησης των ελάχιστων αποστάσεων για το 1997

Δειγμένο Δείγμα/Δειγματοληψίες (trees)	Δείγμα Δείγμα/Δειγματοληψίες (trees)	Δείγμα Δείγμα/Δειγματοληψίες (trees)	Δείγμα Δείγμα/Δειγματοληψίες (trees)	Χώροι εξαρτήσεων ορκαίων	Εισόδες	Μη ορκαϊκή ορκαϊκή ορκαϊκή	Μόνιμα ορκαϊκή ορκαϊκή	Μικρά δέντρα	Οπισθοδρομικά δέντρα	Σύμφορα βλάστηση και φυσικές εκτάσεις	Θάλασσα περιοχή με ρυπατικό φορτίο	Θάλασσα	Συμμετοχική ορκαϊκή ορκαϊκή	Προβλεπόμενη βλάστηση	Θάμνοι και χερσότοποι	Σύνολο σημείων ανά κάλυψη
Δείγμα κοκκίμων	2															2
Δείγμα πλατανίων		1														1
Δείγμα ορκαϊκή ορκαϊκή			-											1		1
Χώροι εξαρτήσεων ορκαίων			2	2		1										5
Εισόδες	1				1				1	1						4
Μη ορκαϊκή ορκαϊκή ορκαϊκή						2										2
Μόνιμα ορκαϊκή ορκαϊκή			1				3									4
Μικρά δέντρα		1						2	1					1		5
Οπισθοδρομικά δέντρα		2			3			1	2	1						9
Σύμφορα βλάστηση και φυσικές εκτάσεις															1	1
Θάλασσα περιοχή με ρυπατικό φορτίο																-
Θάλασσα																-
Συμμετοχική ορκαϊκή ορκαϊκή																-
Προβλεπόμενη βλάστηση																-
Θάμνοι και χερσότοποι															1	1

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

Πίνακας 6.8 Error matrix των δειγματοληπτικών περιοχών της μεθόδου ταξινόμησης της μεγίστης πιθανοφάνειας για το 1997

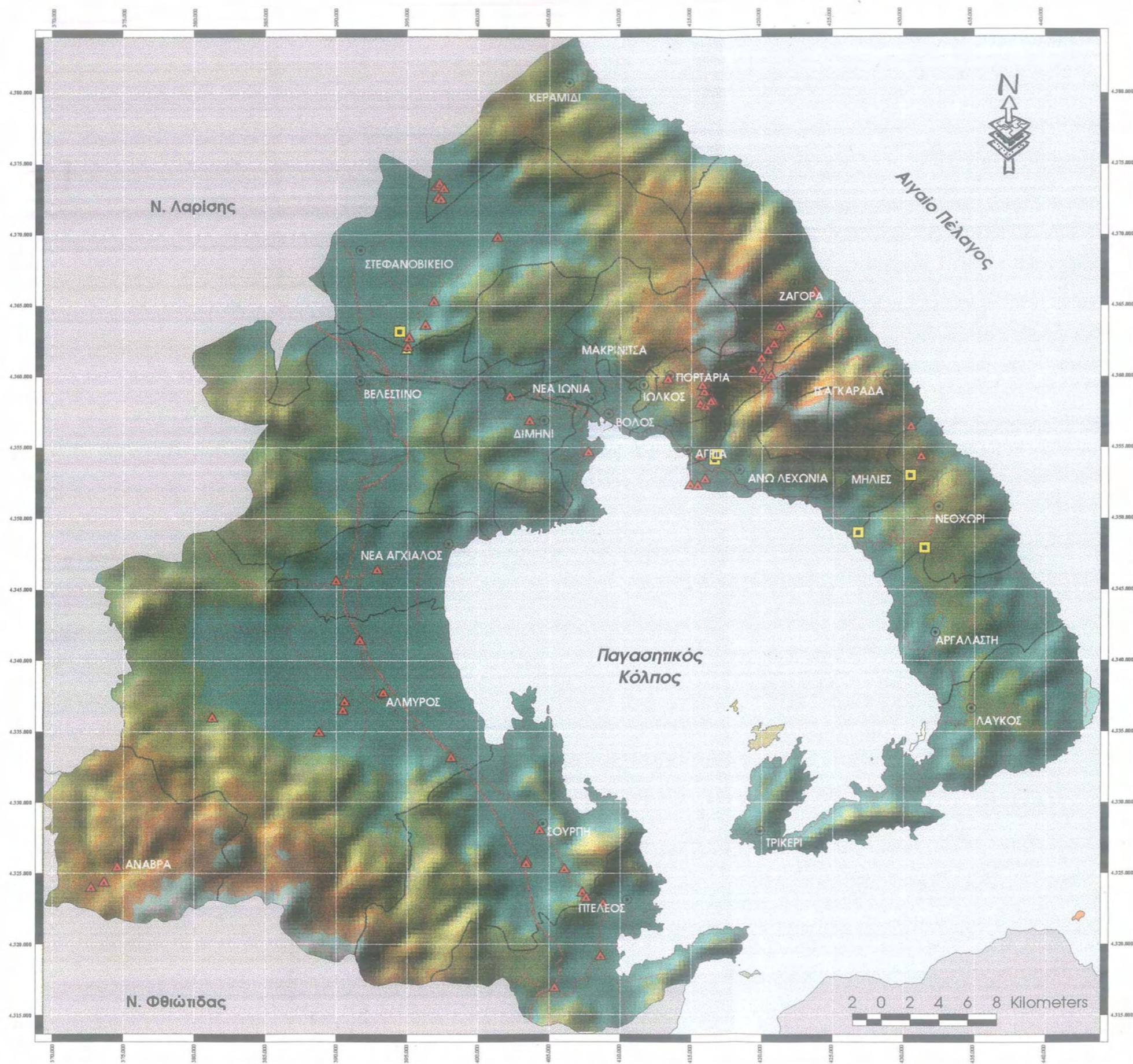
Δείγματο Δειγματοληψίες (true)	Δείγματο περίοχτες (true)	Δάσος κολοράρον	Δάσος πλαταφύλων	Διασκορπική ασπική δάμνη	Χώρα εγγύς ορικών	Ελαίες	Μη αρέσιμη αρόσιμη γη	Μόνιμα αρέσιμη γη	Μικτό δάσος	Οπωροφόρα δέντρα	Συμφορμική βλάστηση και φυσικές εκτάσεις	Θάλασσα περιοχή με ρυπατικό φορτίο	Θάλασσα	Συμφορμική δάμνη	Παραβλάσσει βλάστηση	Θάμνοι και χερσότοποι	Σύνολο σημείων ανά κάλυψη
Δάσος κολοράρον		2															2
Δάσος πλαταφύλων			1														1
Διασκορπική ασπική δάμνη				1													1
Χώρα εγγύς ορικών					5												5
Ελαίες				2		1				1							4
Μη αρέσιμη αρόσιμη γη							2										2
Μόνιμα αρέσιμη γη								4									4
Μικτό δάσος						1			3		1						5
Οπωροφόρα δέντρα			1			2					6						9
Συμφορμική βλάστηση και φυσικές εκτάσεις											1						1
Θάλασσα περιοχή με ρυπατικό φορτίο																	-
Θάλασσα																	-
Συμφορμική δάμνη																	-
Παραβλάσσει βλάστηση																	-
Θάμνοι και χερσότοποι																1	1

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία 6.7.6 Έλεγχος της ακρίβειας των καλύψεων γης

Εκτός από την εξέταση της ακρίβειας των δειγματοληπτικών περιοχών, θα πρέπει να εξεταστεί και η ακρίβεια των πραγματικών καλύψεων γης και στο υπόλοιπο της εικονας. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται με ίδιο ακριβώς τρόπο, δηλαδή με την δημιουργία πινάκων σφαλμάτων για την ακρίβεια των καλύψεων γης. Κατά την διαδικασία αυτή, έχουν παρθεί 65 σημεία, με την χρήση G.P.S., γνωστής και αμετάβλητης την περίοδο 97-98 κάλυψης γης (βλ. χάρτη 9), που βοηθούν στην εύρεση του ποσοστού ακρίβειας. Όσο αφορά τις ταξινομήσεις που εξετάζονται, αυτές είναι οι τρεις για το 1997 και αυτές της μέγιστης πιθανοφάνειας για το 1993 και το 1986, που όπως είδαμε και παραπάνω, καταλήγει σε αποτελέσματα που βρίσκονται κοντά στην πραγματικότητα.

Ο πίνακας 6.9 παρουσιάζει τα σφάλματα των καλύψεων γης για την μέθοδο της ελάχιστης αποστάσεως για το 1997. Το ποσοστό ακρίβειας που υπολογίζεται είναι περίπου **43%**, ποσοστό από την μία ικανοποιητικό καθώς η ακρίβεια των δειγματοληπτικών περιοχών ήταν 50%, αλλά από την άλλη η ακρίβεια των καλύψεων γης είναι λιγότερη από το μισό, όσο αφορά την πραγματική κατάσταση. Τα βασικά προβλήματα παρουσιάζονται στις κατηγορίες μικτό δάσος, οπωροφόρα δένδρα και σκληροφυλλική βλάστηση. Στον πίνακα 6.10 παρουσιάζονται τα σφάλματα των καλύψεων γης της μεθόδου των παραλληλεπιπέδων, με ποσοστό ακρίβειας περίπου στο **25%**, που δείχνει ότι η ταξινόμηση αυτή, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, απέχει πολύ από την πραγματικότητα άρα είναι ανώφελο να εξεταστούν οι περιπτώσεις για το 1986 και το 1993.

Στον πίνακα 6.11 παρουσιάζονται τα σφάλματα ακρίβειας των καλύψεων γης που αφορούν της ταξινόμηση της μέγιστης πιθανοφάνειας για το 1986. Το ποσοστό ακρίβειας είναι στο **60%**, σαφώς μικρότερο από το 77% των δειγματοληπτικών περιοχών, κάτι που δείχνει ότι οι αμιγείς περιοχές δεν μπορούσαν να ληφθούν τόσο σωστά ώστε να ήταν αμιγείς και το 1986. Το βασικό πρόβλημα εμφανίζεται στις κατηγορίες μικτό δάσος και σκληροφυλλική βλάστηση, που κατέχουν το σημαντικότερο ποσοστό έκτασης στον νομό. Στον πίνακα 6.12 παρουσιάζονται τα σφάλματα ακρίβειας των καλύψεων γης για την ταξινόμηση της μέγιστης πιθανοφάνειας του 1993. Το ποσοστό ακρίβειας είναι και εδώ **60%** (!) για τους ίδιους λόγους και τα ίδια προβλήματα. Τέλος, στον πίνακα 6.13 παρουσιάζονται τα σφάλματα ακρίβειας για την μέθοδο του 1997, με ποσοστό ακρίβειας περίπου στο **70%**, ποσοστό σημαντικό, αν σκεφτεί κανείς πως αυτό της ακρίβειας των δειγματοληπτικών περιοχών είναι 77%. Το μοναδικό πρόβλημα που παρουσιάζεται είναι με την ακρίβεια των καλύψεων γης στο μικτό δάσος, που όμως τα σημεία δεν «πέφτουν» μακριά και λιγότερο με τα οπωροφόρα δένδρα. Σε γενικές γραμμές, όμως η ταξινόμηση αυτή είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα από όλες τις προηγούμενες, λόγω κυρίως του ποσοστού ακρίβειας των δειγματοληπτικών περιοχών και της μεθόδου αυτής καθεαυτής.



Εργαστήριο Αγροτικού Χώρου και Εργαστήριο Γεωγραφικών Ερευνών & Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού (Μονάδα Τηλεπισκόπησης)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

Διπλωματική εργασία:

Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων

Κυρίμης Κώστας
Μπέτσας Αλκης

ΧΑΡΤΗΣ 9

Χάρτης απεικόνισης σημείων που ελήφθησαν με GPS για την ακρίβεια των καλύψεων γης (Ground Truth)

- | | |
|------------------------------|---|
| ▲ Μετρήσεις με G.P.S Garmin | ▲ Σκληροφυλλική βλάστηση και φυσικές εκτάσεις |
| ▲ Διακεκομμένη αστική δόμηση | ▲ Θάμνοι και χερσότοποι |
| ▲ Χώροι εξορύξεως ορυκτών | ● Έδρα νέων Δήμων |
| ▲ Μη αρδευσίμη αρώσιμη γη | ▲ Αυτοκινητόδρομοι |
| ▲ Μόνιμα αρδευόμενη γη | ▲ Λοιπές Εθνικοί Οδοί |
| ▲ Οπωροφόρα δένδρα | ▲ Κύριες Επαρχιακοί Οδοί |
| ▲ Ελαιώνες | ▲ Λοιπές Οδοί |
| ▲ Δάσος πλατύφυλλων | ▲ Μονή σιδηροδρ. γραμμή |
| ▲ Δάσος κωνοφόρων | ▲ Μονή μετρική σιδηροδρ. γραμμή |
| ▲ Μικτό δάσος | ▲ Ειδικός σιδηρόδρομος |



Σύστημα Γεωγραφικών Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

Βόλος Σεπτέμβριος 1998

Πίνακας 6.9 Error matrix των καλυψεων γης της μεθόδου ταξινόμησης της ελάχιστης αποστάσεως για το 1997

Δεδομένο Δεδομένα Δημιανάλυση (rows)	Δόσος κοινοτόπων	Δόσος πυλωρίλων	Διασκευμένη αστική έδαμνη	Χώρα εργαζίας ορυκτών	Ελασιές	Μη αρθροση απόσημη γη	Μόνιμα αρθροση μη γη	Μικτό δόσος	Οποροφόρα δάμνη	Σύμμερμη βλάστηση και φυσικές επίσες	Θάλασσα περιοχή με ρηνπηνικό φορτίο	θάλασσα	Συμμή: αστική έδαμνη	Πορηνόθάλασσα βλάμνη	Θάμνοι και χερσότοποι	Σύνολο σημείων ανά κάλυψη
Δόσος κοινοτόπων	4									1						5
Δόσος πυλωρίλων		6						1		2						9
Διασκευμένη αστική έδαμνη			3										2		1	6
Χώρα εργαζίας ορυκτών				1		2										3
Ελασιές			1		-				1							2
Μη αρθροση απόσημη γη						5	1						3			9
Μόνιμα αρθροση μη γη					1		1									2
Μικτό δόσος		2			1			-		3					2	8
Οποροφόρα δάμνη		1	1				1		1					2		4
Σύμμερμη βλάστηση και φυσικές επίσες	1	1			1					5				1	5	14
Θάλασσα περιοχή με ρηνπηνικό φορτίο																-
θάλασσα												-				-
Συμμή: αστική έδαμνη													2			2
Πορηνόθάλασσα βλάμνη														-		-
Θάμνοι και χερσότοποι						1									4	5

Πηγή: Ίδια Ελεξεργασία

Πίνακας 6.10 Error matrix των καλυψεων γης της μεθόδου ταξινόμησης των παραλληλεπιπέδων για το 1997

Δείκτης Δείκτης Δημοσιότητα (ranks)	Δείκτης κοινοτήτων	Δείκτης παραρτών	Διακεκομμένη αστική όχληση	Χώρα εργασίας αρκτών	Ελαϊκές	Μη αρθρώσιμη αρόσημη γη	Μόνιμη αρθρώσιμη γη	Μικτό δασος	Οπισθορόρα δάφρα	Σύμφορμική βλάστηση και φυσικές εκτάσεις	Θάλασσα παροχήμε ρυπατικό αφρώ	Θάλασσα	Συμμετρί- αστική όχληση	Παραβλάσσεια βλάσι	Θάμνοι και χερσότοποι	Αταξινόμη- τα εδάφη	Σύνολο σημείων ανά κάλυψη
Δείκτης κοινοτήτων	1									1				3			5
Δείκτης παραρτών		4						2	2	1							9
Διακεκομμένη αστική όχληση													2		4		6
Χώρα εργασίας αρκτών				2		1											3
Ελαϊκές															2		2
Μη αρθρώσιμη αρόσημη γη				1		4							1		1	2	9
Μόνιμη αρθρώσιμη γη									2								2
Μικτό δάσος		1			1			1	1	2							8
Οπισθορόρα δάφρα			1						2					1			4
Σύμφορμική βλάστηση και φυσικές εκτάσεις		1							1	3				1	8		14
Θάλασσα παροχήμε ρυπατικό αφρώ																	-
Θάλασσα																	-
Συμμετρί-αστική όχληση													2				2
Παραβλάσσεια βλάσι																	-
Θάμνοι και χερσότοποι						1			1						2	1	5

Πηγή: Ιδία Ελεξεργασία

Πίνακας 6.12 Error matrix των καλυψεων γης της μεθόδου ταξινόμησης της μέγιστης πιθανοφάνειας για το 1993

Δείγμα Δημιανήγριος (r1c1) Δείγμα πρόσμιση (r1c2)	Δάσος κοκκαρένικ'	Δάσος πυλαυρώνων	Δοκαυμένη ασπιή δάμηση	Χόρτα εγγύξιος φρυκτών'	Ελαίος	Μη φρύξιμη φρύξιμη γη	Μόνιμη φρύξιμη γη	Μικτό δάσος	Οποροφύρα δάμηση	Συδηροφυλλική βλάστηση και φυσικές αποκλίσεις	Θάλασσα περιοχή με ριπιδωτικό φρύξιμο	Θάλασσα	Συμμετρήσιμη ασπιή δάμηση	Παραβλάσσει βλάμια	Θάμνοι και χερσότοποι	Αταξινόμη τα εδάφη	Σύνολο σημείων ανά κάλυψη
Δάσος κοκκαρένικ'	3				1					1							5
Δάσος πυλαυρώνων		2						7									9
Δοκαυμένη ασπιή δάμηση			5						1								6
Χόρτα εγγύξιος φρυκτών'				1					2								3
Ελαίος					2												2
Μηφρύξιμη φρύξιμη γη				1		6									1	1	9
Μόνιμη φρύξιμη γη						1	1										2
Μικτό δάσος		1						5		2							8
Οποροφύρα δάμηση			1					1	2								4
Συδηροφυλλική βλάστηση και φυσικές αποκλίσεις			1					2		8					3		14
Θάλασσα περιοχή με ριπιδωτικό φρύξιμο											-						-
Θάλασσα												-					-
Συμμετρήσιμη ασπιή δάμηση			1	1									-				2
Παραβλάσσει βλάμια														-			-
Θάμνοι και χερσότοποι				1					2						2		5

Πηγή: Ίδια Επεξεργασία

Πίνακας 6.13 Error matrix των καλυψεων γης της μεθόδου ταξινόμησης της μέγιστης πιθανοφάνειας για το 1997

Δείγμα Δημιανάλυσης (rows)	Δείγμα περίληψης (cols)	Δάσος κονιόφυτον	Δάσος πλαταγύλων	Δασοκαμμένη αστική έδαρη	Χώρα εργαζόμενοι αρκάτων	Ελαίος	Μη αρθρώσιμη αρόσιμη γη	Μόνιμα αρθρώσιμη γη	Μικτό δάσος	Οπωροφόρα δάδρα	Συμμεταβολική βλάστηση και φυσικές εκτάσεις	Θάλασσα περιοχή με ριπιδωτικό φάρδο	Θάλασσα	Συμμεταβολική αστική έδαρη	Παραβλάσσεια βάλυ	Θάμνοι και χερσότοποι	Αταξινόμη τα εδάφη	Σύνολο σημείων ανά κάλυψη
Δάσος κονιόφυτον		3									2							5
Δάσος πλαταγύλων			8						1									9
Δασοκαμμένη αστική έδαρη				5						1								6
Χώρα εργαζόμενοι αρκάτων					2		1				1							3
Ελαίος						1				1								2
Μη αρθρώσιμη αρόσιμη γη							8										1	9
Μόνιμα αρθρώσιμη								1		1								2
Μικτό δάσος			2						3		3							8
Οπωροφόρα δάδρα									1	3								4
Συμμεταβολική βλάστηση και φυσικές εκτάσεις		1	1							1	9					2		14
Θάλασσα περιοχή με ριπιδωτικό φάρδο												-						-
Θάλασσα													-					-
Συμμεταβολική αστική έδαρη														2				2
Παραβλάσσεια βάλυ															-			-
Θάμνοι και χερσότοποι										1						4		5

Πηγή: Ίδια Επεξεργασία

6.8 Επίλογος-Συμπεράσματα

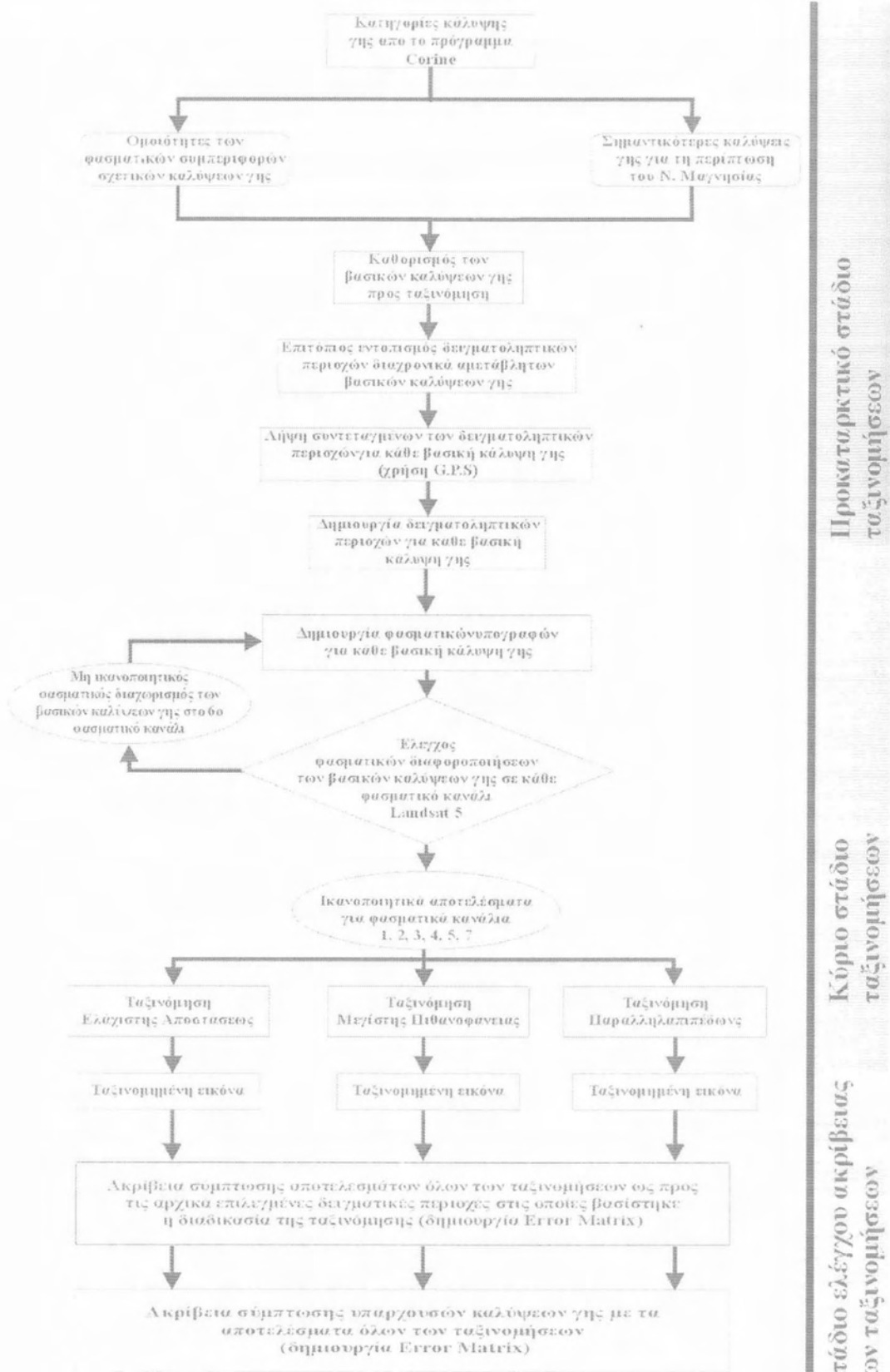
Η ταξινόμηση, ως διαδικασία αλλά βασικά ως αποτέλεσμα, αποτελεί ένα από τα βασικότερα στοιχεία της παρούσας εργασίας. Εκτός από τα αποτελέσματα που παρέχονται για το παρόν (που μπορεί να θεωρηθεί το 1997), μπορούν να ταξινομηθούν δορυφορικές εικόνες του παρελθόντος, ορισμένες φορές χωρίς στοιχεία, με αρκετά μεγάλη ακρίβεια (όπως οι ταξινομήσεις με την χρησιμοποίηση της μεθόδου της μέγιστης πιθανοφάνειας για το 1986 και το 1993). Στην εν γένει διαδικασία της ταξινόμησης, σημαντικό ρόλο έχουν το στάδιο του καθορισμού των κατηγοριών κάλυψης γης που θα ταξινομηθούν και η οριοθέτηση των δειγματοληπτικών περιοχών των κατηγοριών κάλυψης γης που πρέπει να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο ομογενείς και να μην έχουν μεταβληθεί διαχρονικά, ώστε η ταξινόμηση να έχει επιτυχία.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, τα αποτελέσματα που δίνουν οι μέθοδοι ταξινόμησης της ελάχιστης αποστάσεως και των παραλληλεπιπέδων, απέχουν πολύ σε ακρίβεια (τόσο των δειγματοληπτικών περιοχών, όσο και των καλύψεων γης) από την μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας. Γι αυτό, θεωρείται συνετό, για να αποφεύγεται το χάσιμο πολύτιμου χρόνου στην προσπάθεια ταξινόμησης κάποιας περιοχής, να χρησιμοποιείται η μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας, που εμφανίζει αποτελέσματα κοντά στην πραγματικότητα¹. Τελειώνοντας, για την εμφάνιση αποτελεσμάτων που να είναι και οπτικά χρησιμοποιήσιμα, θα πρέπει η ταξινόμηση να γίνεται με την χρησιμοποίηση δορυφορικών εικόνων με μικρότερο pixel (που η νέα τεχνολογία το παρέχει) που έχουν εφαρμογές, από ταξινομήσεις μικρο-χωροταξικού επιπέδου μέχρι και σε πολεοδομικό (οικιστικός ιστός). Με αυτό το εργαλείο (ταξινόμηση) θα μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα και για την διαχρονική εξέλιξη λ.χ. μιας πόλεως.

Στο παρακάτω οργανόγραμμα, παρουσιάζεται συνοπτικά η διαδικασία που ακολουθήθηκε σε αυτό το κεφάλαιο και που ισχύει για το σύνολο των ταξινομήσεων.

¹ Εκτός από κάποιες ειδικές περιπτώσεις (βλ. Lillesand & Keifer, 1994).

Οργανόγραμμα 6.1 Η διαδικασία της ταξινόμησης στην παρούσα εργασία



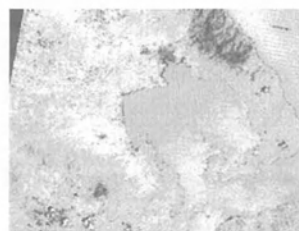
Προκαταρκτικό στάδιο ταξινόμησης

Κόριο στάδιο ταξινόμησης

Στάδιο ελέγχου ακρίβειας των ταξινόμησεων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο

ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΚΑΛΥΨΕΩΝ ΓΗΣ



7.1 Εισαγωγικά

Το κεφάλαιο αυτό αναφέρεται στις διαχρονικές μεταβολές των καλύψεων γης. Κατά την διαδικασία τους, υπολογίζονται οι τυχόν αλλαγές στις κατηγορίες κάλυψης γης που έχουν επέλθει στον χρόνο, με την χρήση ορισμένων μεθόδων και τεχνικών που παραθέτονται παρακάτω. Πρέπει να σημειωθεί ότι αναφερόμαστε κάθε φορά στις διαχρονικές αλλαγές μεταξύ δύο, διαφορετικής ημερομηνίας, εικόνων και όχι για τις διαφορές μεταξύ πολλαπλών εικόνων. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στη διαδικασία που ακολουθήθηκε στην παρούσα εργασία, από την χρησιμοποίηση της κατάλληλης μεθόδου υπολογισμού των διαχρονικών αλλαγών έως το αποτέλεσμα, που είναι η εξαγωγή χαρτών που δείχνουν τις μεταβολές κάλυψης γης ανά κατηγορία⁶⁸. Τέλος, για κάθε μία από τις κατηγορίες αυτές, παρουσιάζονται ορισμένα βασικά συμπεράσματα για το πώς επήλθαν οι αλλαγές αυτές με το πέρασμα του χρόνου.

7.2. Βασικές μέθοδοι και τεχνικές υπολογισμού των διαχρονικών μεταβολών δύο εικόνων

Στο τμήμα αυτό της εργασίας αναφέρονται οι βασικές τεχνικές υπολογισμού των διαχρονικών μεταβολών κάλυψης γης. Οι τεχνικές αυτές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: στις ποσοτικές και τις ποιοτικές μεθόδους. Οι ποσοτικές μέθοδοι παραθέτονται παρακάτω:

7.2.1 Η μέθοδος των διαφορών μεταξύ των εικόνων (image differencing)

Είναι η πιο απλή ποσοτική μέθοδος και αυτή που θα χρησιμοποιηθεί για την μελέτη των διαχρονικών αλλαγών κάλυψης γης στην παρούσα εργασία. Επιτυγχάνεται με την αφαίρεση της μιας εικόνας από την άλλη (με την χρήση της εντολής OVERLAY στο πρόγραμμα Idrisi 2.0 for Windows). Με την αφαίρεση των εικόνων, δημιουργείται ένα μεγάλο εύρος τιμών, που θα πρέπει να ομαδοποιηθούν, για να δείξουν εάν η μεταβολή σε κάποια κάλυψη γης είναι θετική ή αρνητική. Ελέγχοντας το ιστόγραμμα της νέας εικόνας που έχει δημιουργηθεί έπειτα από την

⁶⁸ Αναφερόμαστε στις γνωστές κατηγορίες κάλυψης γης που έχουμε δημιουργήσει νωρίτερα.

αφαίρεση, δημιουργούνται τρεις κλάσεις ραδιομετρικών τιμών, που δείχνουν είτε την θετική αλλαγή (αύξηση κάλυψης γης), την αρνητική ή την έλλειψη μεταβολών.

7.2.2 Η μέθοδος του λόγου μεταξύ των εικόνων (image rationing)

Αν και η παραπάνω μέθοδος υπολογίζει την απόλυτη διαφορά μεταξύ των εικόνων, η μέθοδος του λόγου μεταξύ των εικόνων υπολογίζει την σχετική διαφορά τους. Επιτυγχάνεται και εδώ με την χρήση της εντολής OVERLAY, που λύνει και το πρόβλημα διαιρέσεως με το 0. Διαιρώντας το 0 με το 0, δίνει 1 (καμία μεταβολή) και όχι κάποιο σφάλμα εκτέλεσης. Διαιρώντας, επίσης, κάποιο θετικό ή αρνητικό αριθμό με το 0, δίνει πάλι θετικό ή αρνητικό αριθμό και όχι σφάλμα εκτέλεσης. Επειδή, όμως, η κλίμακα των αποτελεσμάτων δεν είναι συμμετρική ως προς το 1 (τιμή έλλειψης μεταβολής) πρέπει να γίνει λογαριθμικός μετασχηματισμός⁶⁹ πριν παρουσιαστεί η εικόνα των αποτελεσμάτων

7.2.3 Η μέθοδος διαφοράς των παλινδρομήσεων (regression differencing)

Η τρίτη ποσοτική μέθοδος ελέγχου των διαχρονικών μεταβολών μεταξύ δύο δορυφορικών εικόνων είναι η μέθοδος της διαφοράς των παλινδρομήσεων. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται όταν το σύστημα μέτρησης (ανιχνευτές δορυφόρου) έχει αλλάξει τα μετρίσιμα χαρακτηριστικά του μεταξύ των δύο ημερομηνιών λήψεως. Εδώ, η παλιότερη εικόνα θεωρείται η ανεξάρτητη μεταβλητή, σε μια γραμμική παλινδρόμηση (με την χρησιμοποίηση της εντολής REGRESS) και η νεότερη εικόνα θεωρείται η εξαρτημένη μεταβλητή. Η κλίση της παλινδρόμησης αντιπροσωπεύει την μετατόπιση που χρειάζεται για την μετατροπή της παλαιότερης εικόνας, ώστε να έχει τα ίδια μετρήσιμα χαρακτηριστικά με την νεότερη (χρησιμοποίηση της εντολής SCALAR για την μετατόπιση της κλίσης). Η νέα εικόνα που θα δημιουργηθεί αποτελεί μία μετασχηματισμένη έκδοση της παλαιότερης εικόνας που έπειτα μπορεί να συγκριθεί (μέσω της διαφοράς) με την νεότερη.

7.2.4 Η μέθοδος Change Vector Analysis

Με χρησιμοποίηση της μεθόδου αυτής δημιουργούνται εικόνες διαφορών για κάθε ένα φασματικό κανάλι. Οι εικόνες αυτές υψώνονται στο τετράγωνο (με την χρήση της εντολής TRANSFORM), προσθέτονται σε μία (με την χρήση της εντολής OVERLAY) και ως αποτέλεσμα λαμβάνεται η τετραγωνική ρίζα του τετραγώνου του αποτελέσματος αυτού (εντολή TRANSFORM) και χρησιμοποιούνται για

⁶⁹ Με την χρήση της εντολής TRANSFORM

παρουσιάσουν της σημασία του change vector. Στην περίπτωση των δύο φασματικών καναλιών, είναι δυνατόν να δημιουργηθεί μια εικόνα κατεύθυνσης (direction image) που δείχνει την κατεύθυνση της αλλαγής ανάμεσα στα δύο φασματικά κανάλια και απαιτεί την εκτίμηση της εφαπτομένης της μιας εικόνας προς την άλλη.

7.2.5 Η μέθοδος των πινάκων διπλής εισόδου (crosstabulation / crossclassification)

Η μόνη ποιοτική μέθοδος μελέτης των διαχρονικών αλλαγών κάλυψης γης είναι η μέθοδος crosstabulation. Στην μέθοδο αυτή, δημιουργούνται πίνακες διπλής εισόδου που δείχνουν την συχνότητα που οι κατηγορίες κάλυψης γης παρέμειναν οι ίδιες (συχνότητες επάνω στην διαγώνιο του πίνακα) ή μεταβλήθηκαν (συχνότητες έξω από την διαγώνιο του πίνακα). Ο συντελεστής KIA (Kappa Index of Agreement)⁷⁰ παρουσιάζει τον βαθμό συμφωνίας μεταξύ των δύο εικόνων, συνολικά και ανά κατηγορία. Ως τελευταίο στάδιο, η εικόνα επαναταξινομείται σε μια εικόνα αλλαγών (change image) και σε μια εικόνα συμφωνιών (agreement image). Πρέπει να σημειωθεί ότι, οι αριθμητικές τιμές των κατηγοριών κάλυψης γης πρέπει να είναι αναγνωρίσιμες και στους δύο πίνακες ώστε το αποτέλεσμα⁷¹ να έχει κάποιο νόημα.

7.3 Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η μελέτη των διαχρονικών μεταβολών εξετάζεται **μόνο** μεταξύ δύο εικόνων και όχι περισσότερων. Έτσι, οι ημερομηνίες του 1986, 1993 και 1997 χωρίζονται σε δυάδες και έχουμε τις μεταβολές ανάμεσα στο 1986 και το 1993, τις μεταβολές ανάμεσα στο 1993 και το 1997 και τις μεταβολές ανάμεσα στο 1986 και το 1997⁷². Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν αυτή της διαφοράς μεταξύ των ταξινομημένων εικόνων, που είναι η πιο απλή και ουσιαστική μέθοδος μελέτης των διαχρονικών μεταβολών κάλυψης γης.

Σε πρώτο στάδιο, ως δεδομένα πάνω στα οποία θα εμφανίζονταν οι αλλαγές, χρησιμοποιήθηκαν οι ταξινομήσεις μεγίστης πιθανοφάνειας για τις τρεις ημερομηνίες (που παρουσιάζονται στους χάρτες 18, 19 και 20). Οι ταξινομήσεις αυτές απομονώθηκαν με την χρήση της εντολής RECLASS δίνοντας την τιμή 1 για τα pixel της κατηγορίας που θα εξετάζονταν και 0 σε όλα τα υπόλοιπα pixel. Με αυτό τον τρόπο, εμφανίζονται σε κάθε χάρτη ξεχωριστά οι μεταβολές για κάθε μία κατηγορία κάλυψης γης, σε όλες τις ημερομηνίες. Έπειτα, με την χρησιμοποίηση εντολών (πάντα στο πρόγραμμα Idrisi 2.0 for Windows) αριθμητικών πράξεων

⁷⁰ για άλλους συγγραφείς (Congalton) ο συντελεστής ονομάζεται KHAT.

⁷¹ Έπειτα από την λειτουργία της εντολής CROSSTAB.

⁷² Αν και εμφανίζονται οι διαφορές με την χρησιμοποίηση μιας ενδιάμεσης ημερομηνίας, η διαφοράς μεταξύ του 1986 και του 1997 θα δείξουν το μέγεθος της αλλαγής που πραγματοποιήθηκε

μεταξύ εικόνων (OVERLAY) αφαιρείται η νεότερη, σε ημερομηνία, ταξινομημένη εικόνα από την παλαιότερη ταξινομημένη εικόνα, για κάθε ξεχωριστή κατηγορία κάλυψης γης. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν, είναι (-1), στην περίπτωση που έχουμε δημιουργία κάλυψης γης (0), στην περίπτωση που η έκταση της κατηγορίας έμεινε αμετάβλητη και (+1) όταν εμφανίζεται αλλαγή στην κάλυψη γης.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, οι αλλαγές αυτές αναφέρονται μόνο στο κοινό τμήμα των εικόνων, δηλαδή στην εικόνα του 1993, η οποία περιλαμβάνει την μικρότερη έκταση στον νομό. Η χαρτογραφική απεικόνιση γίνεται, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, για κάθε κατηγορία ξεχωριστά. Στον κάθε χάρτη εμφανίζονται οι εικόνες των διαφορών μεταξύ των τριών ημερομηνιών για να μπορεί να γίνεται διαχρονική ανάλυση από τις αλλαγές της συγκεκριμένης κάλυψης. Όλοι οι χάρτες έχουν κοινό υπόμνημα, στο οποίο με πράσινο χρώμα εμφανίζονται τα pixel που αναφέρονται στις περιπτώσεις δημιουργίας μιας συγκεκριμένης κάλυψης γης, με κόκκινο χρώμα εμφανίζονται οι περιοχές που με το πέρασμα του χρόνου η κατηγορία κάλυψης γης χάθηκε και τέλος με γκρι χρώμα απεικονίζονται οι περιοχές που δεν παρουσιάστηκε μεταβολή στην κατηγορία κάλυψης γης.

Βέβαια, αυτός ο τρόπος παρουσίασης εμφανίζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Το σημαντικότερο μειονέκτημα είναι πως οι αλλαγές στις καλύψεις γης εμφανίζονται, όχι σε έναν χάρτη αλλά σε τρεις μαζί, και δεν είναι εύκολο να γίνουν συγκρίσεις και να διαπιστωθούν οι τάσεις των καλύψεων γης. Επίσης, απαιτείται μεγάλος αριθμός χαρτών, αφού αναφερόμαστε σε κάθε κατηγορία κάλυψης γης ξεχωριστά και υπάρχει δυσκολία στην ανατύπωσή τους. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα είναι πως αυτός ο τρόπος παρουσίασης είναι πιο απλός και ευκολονόητος, παρουσιάζει το σύνολο των αποτελεσμάτων για όλες τις ημερομηνίες μαζί, και είναι πιο εύκολη η εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων. Επιπλέον, είναι μια καλή ευκαιρία για να σχολιαστούν παράλληλα με τις μεταβολές και τα αποτελέσματα της ταξινόμησης της μέγιστης πιθανοφάνειας, διαχρονικά, για κάθε κατηγορία κάλυψης γης.

7.4 Συμπεράσματα για τις διαχρονικές μεταβολές κάθε κατηγορίας κάλυψης γης

Παρακάτω, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που εξάγονται από την μελέτη των χαρτών ξεχωριστά για κάθε κατηγορία κάλυψης γης. Οι κατηγορίες αναφέρονται με την σειρά που έχουν ληφθεί οι δειγματικές περιοχές τους. Πρέπει να αναφερθεί ότι οι μεταβολές αναφέρονται σε 13 κατηγορίες κάλυψης γης, αφού έχουν αφαιρεθεί οι τρεις κατηγορίες, αεροδρόμια, ζώνες λιμένων και βιομηχανικές ζώνες, που δεν συμμετέχουν και στην διαδικασία της ταξινόμησης (βλ. παραπάνω κεφ 6), όπως και οι θαλάσσιες κατηγορίες οι οποίες δεν παρουσιάζουν μεταβολές με το

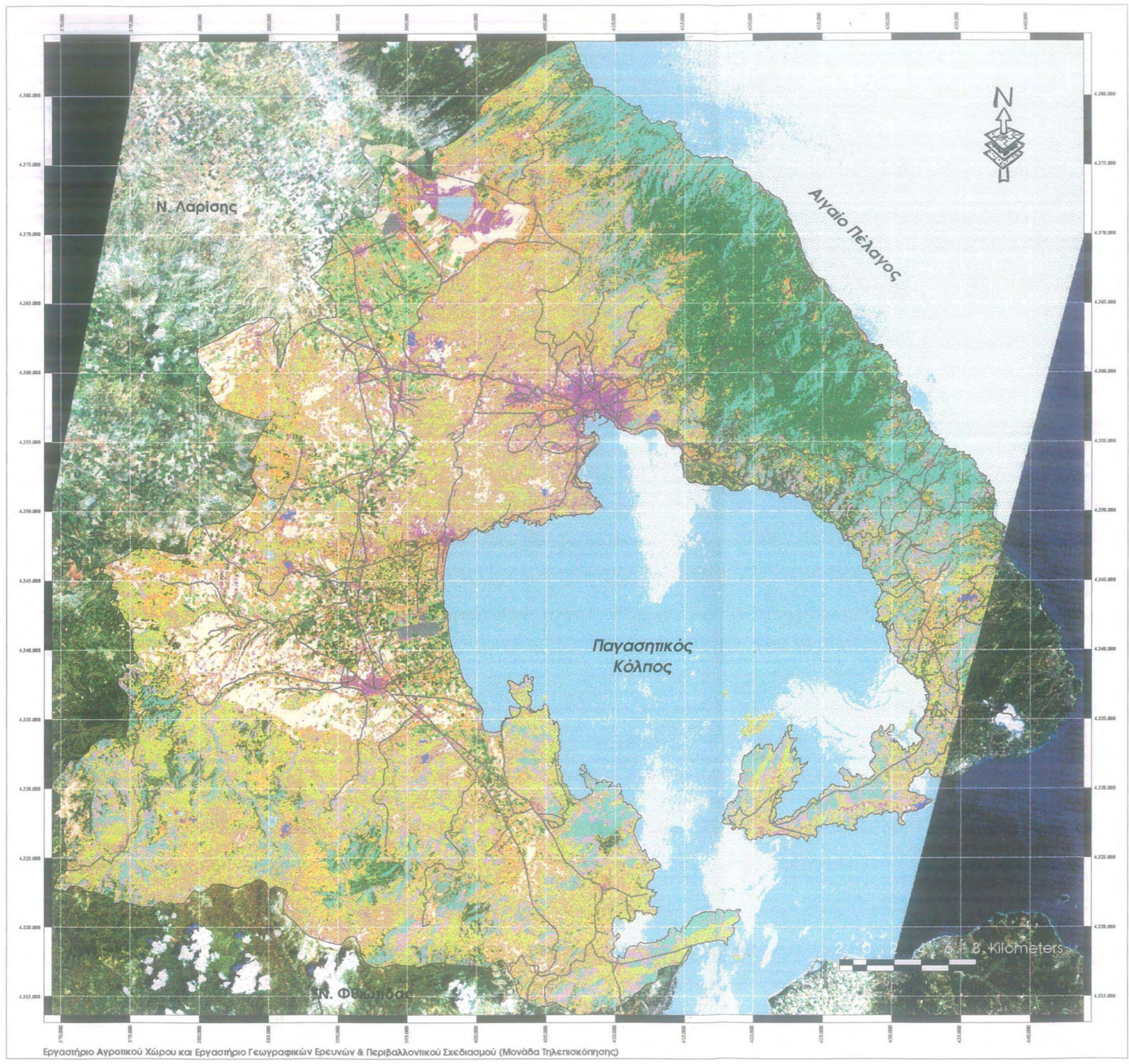
πέραςμα του χρόνου⁷³. Σημαντικό ρόλο στις μεταβολές των καλύψεων γης παίζουν διαφόρων ειδών φαινόμενα (πυρκαγιές, χιονοπτώσεις κ.α) που διαφοροποιούν το αποτέλεσμα των παρακάτω χαρτών. Γι αυτά όμως θα αναφερθούμε εκτενέστερα παρακάτω.

7.4.1 Η περίπτωση του Δάσους Κωνοφόρων

Η περίπτωση αυτή δεν παρουσιάζει σημαντικά προβλήματα καθώς έτσι και αλλιώς δεν εμφανίζεται μεγάλο ποσοστό επί της εικόνας, οπότε δεν εμφανίζονται και μεγάλες διαφοροποιήσεις. Στην πραγματικότητα, δάση κωνοφόρων (βασικά πεύκα) εμφανίζονται στην περιοχή της Γορίτσας, έξω από την πόλη του Βόλου και ανάμεσα στις κοινότητες Νεοχωρίου, Αφετών και Αργαλαστής (αναδασωμένη περιοχή). Το μόνο πρόβλημα που καταγράφεται είναι η εμφάνιση κωνοφόρων στην περιοχή της Σούρπης, του Πτελεού και του Τρικερίου, στην ταξινόμηση του 1993, που είναι λανθασμένη. Σωστή η καταστροφή του δάσους πεύκων της Γορίτσας ανάμεσα στο 1986 και το 1997, λόγω πυρκαγιών, όπως και στην περιοχή της ΑΓΕΤ λόγω της εξόρυξης ορυκτών. Επίσης, σωστά εμφανίζεται η κατηγορία αυτή στην περιοχή του Νεοχωρίου, ως αποτέλεσμα της τεχνητής αναδάσωσης με πεύκα. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι, εκτός από την καταστροφή στην περιοχή της ΑΓΕΤ και της Γορίτσας, οι υπόλοιπες μεταβολές αναφέρονται σε δημιουργία δάσους κωνοφόρων, αποτέλεσμα προβληματικό αφού σε πολλές περιπτώσεις φαίνεται να μην ξεχωρίζεται από την φασματική υπογραφή της σκληροφυλλικής βλάστησης, οπότε την ανατικαθιστά.

Στον χάρτη 21 απεικονίζονται οι διαχρονικές μεταβολές της κατηγορίας «δάσος κωνοφόρων» ανάμεσα στις τρεις ημερομηνίες.

⁷³ Η περίπτωση της κατηγορίας του θαλάσσιου ρυπαντικού φορτίου ήταν ένα φαινόμενο που παρουσιάστηκε μόνο το 1997 οπότε δεν υπάρχει λόγος να εξεταστεί διαχρονικά



Εργαστήριο Αγροτικού Χώρου και Εργαστήριο Γεωγραφικών Ερευνών & Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού (Μονάδα Τηλεπισκόπησης)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
 Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

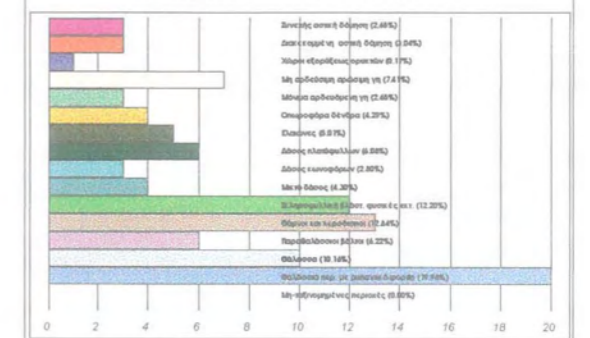
Διπλωματική εργασία:
 Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων

Κυρίτης Κώστας Μπέτσης Αλκης ΧΑΡΤΗΣ 12

Ταξινόμηση με την μέθοδο ελάχιστης αποστάσεως για το έτος 1997

- | | |
|----------------------------|---|
| Συνεχής αστική δόμηση | Δάσος κωνοφόρων |
| Διακεκομμένη αστική δόμηση | Μικτό δάσος |
| Βιομηχανικές ζώνες | Σκληροφυλλική βλάστηση και φυσικές εκτάσεις |
| Ζώνες λιμένων | Θάμνοι και κερσότοποι |
| Αεροδρόμια | Παραθαλάσσια βάλτοι |
| Χώροι εξορύξεως ορυκτών | Θάλασσα περιοχή με ρυπαντικό φορτίο |
| Μη αρδευόμενη αρόσημη γη | Θάλασσα |
| Μόνιμα αρδευόμενη γη | Μη-ταξινομημένες περιοχές |
| Οπωροφόρα δένδρα | Οδικό δίκτυο |
| Ελαιώνες | Όρια νομού Μαγνησίας |
| Δάσος πλατύφυλλων | |

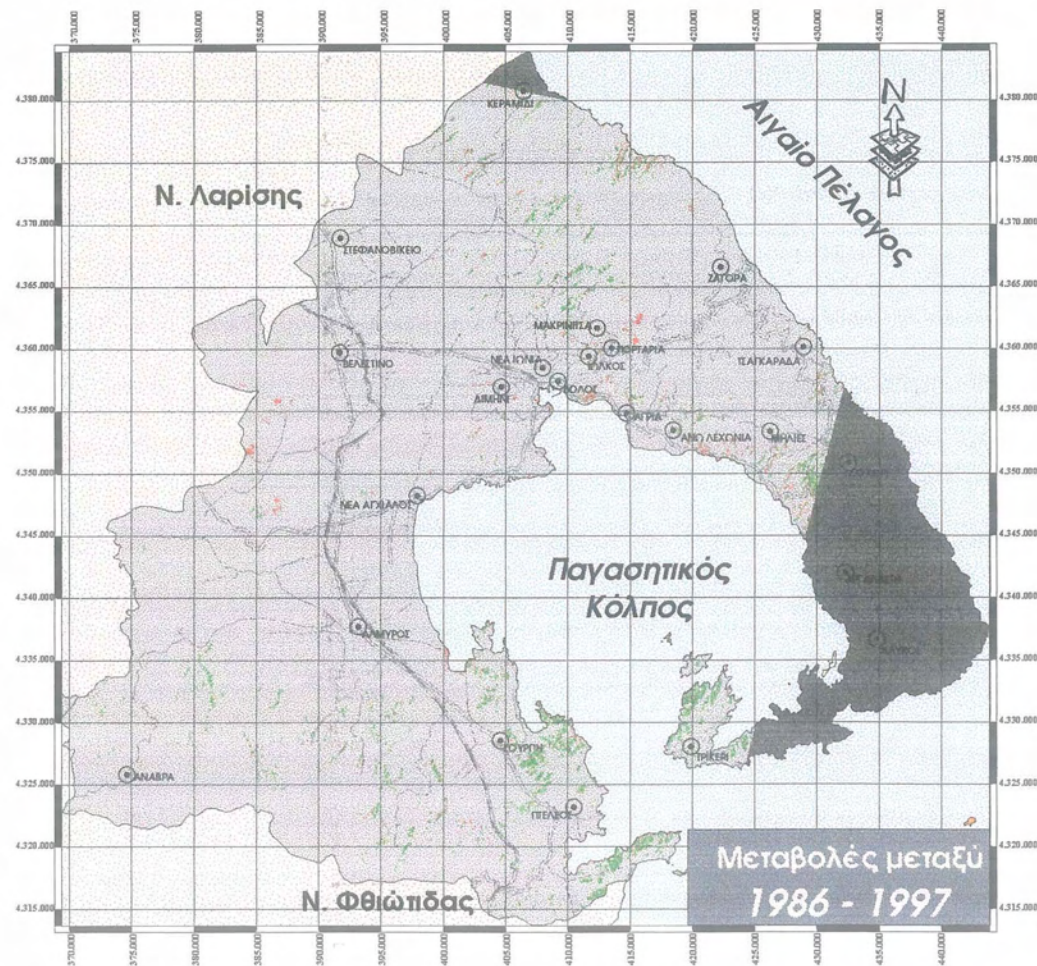
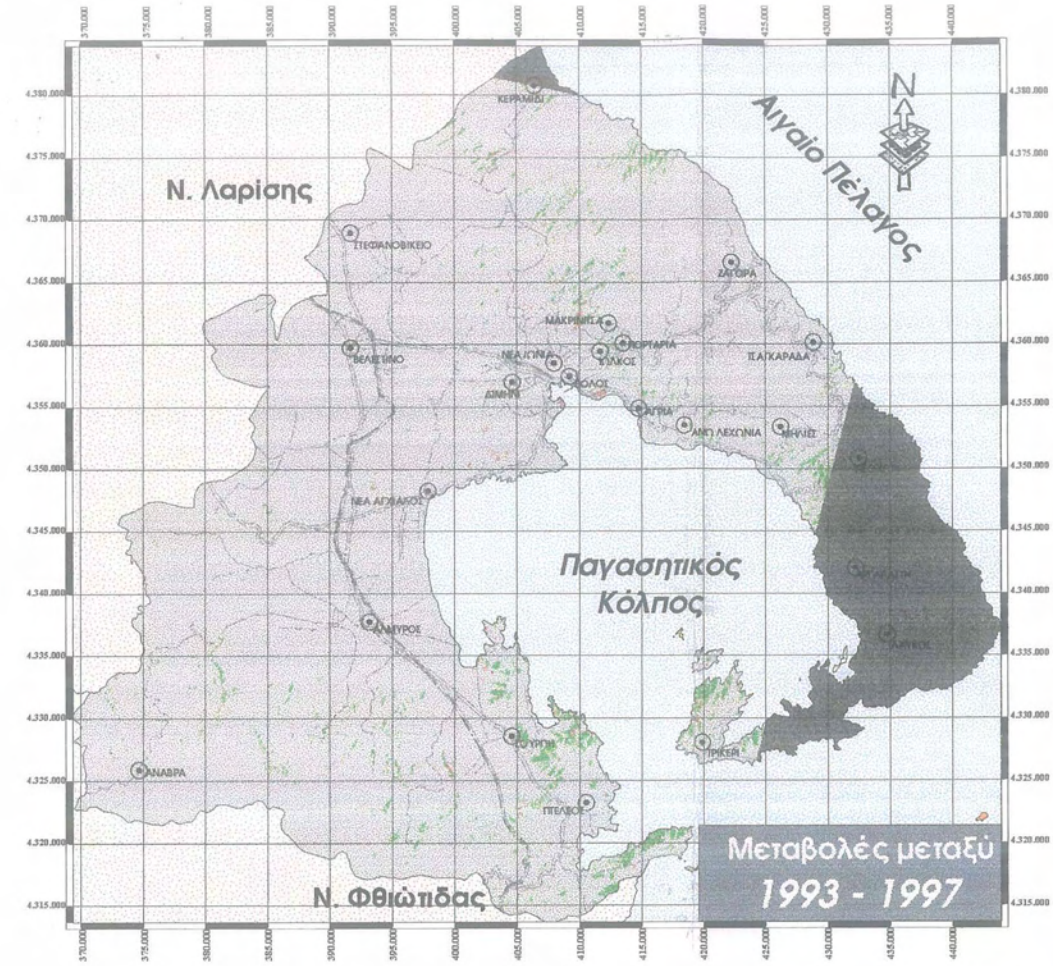
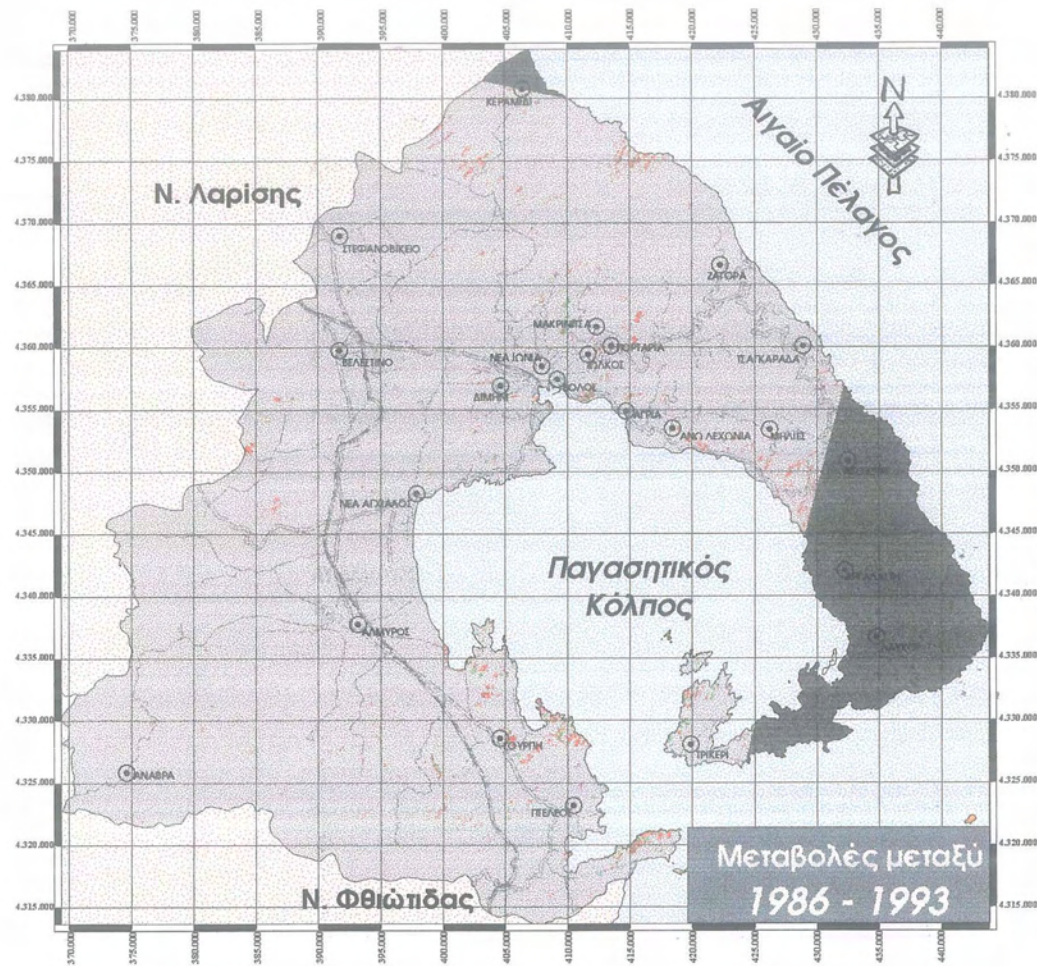
Ποσοστά (%) κάλυψης γης για την κάθε κατηγορία στον Ν. Μαγνησίας



Σημ: Τα ποσοστά αναφέρονται για όλες τις χρονολογίες μόνο στο κοινό κομμάτι των εικόνων

Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

Βόλος Σεπτέμβριος 1998



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

Διπλωματική εργασία: Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων	Κυρίμης Κώστας	ΧΑΡΤΗΣ 21
	Μπέτσης Αλκης	
Διαχρονικές μεταβολές καλύψεων γης του Ν. Μαγνησίας, κατά τις τρεις χρονικές περιόδους ανα κατηγορία		
Κατηγορία : Δάσος Κωνοφόρων		

□ Περιοχές εκτός του Ν. Μαγνησίας	⊙ Έδρα νέων Δήμων
■ Περιοχές έλλειψης στοιχείων	↗ Αυτοκινητόδρομοι
□ Περιοχές χωρίς μεταβολή κάλυψης	↘ Λοιπές Εθνικοί Οδοί
■ Περιοχή καταστροφής καλύψεως γης	↖ Κύριες Επαρχιακοί Οδοί
■ Περιοχή δημιουργίας καλύψεως γης	↗ Λοιπές Οδοί

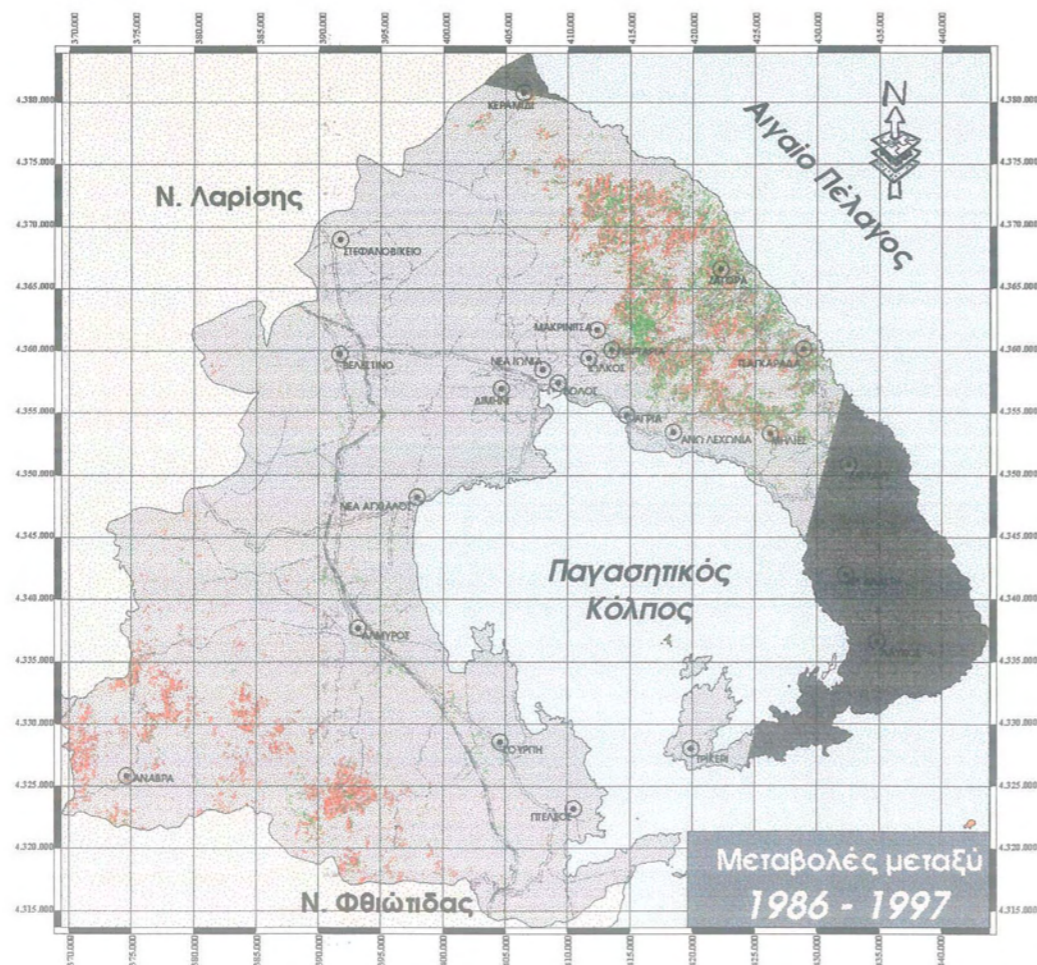
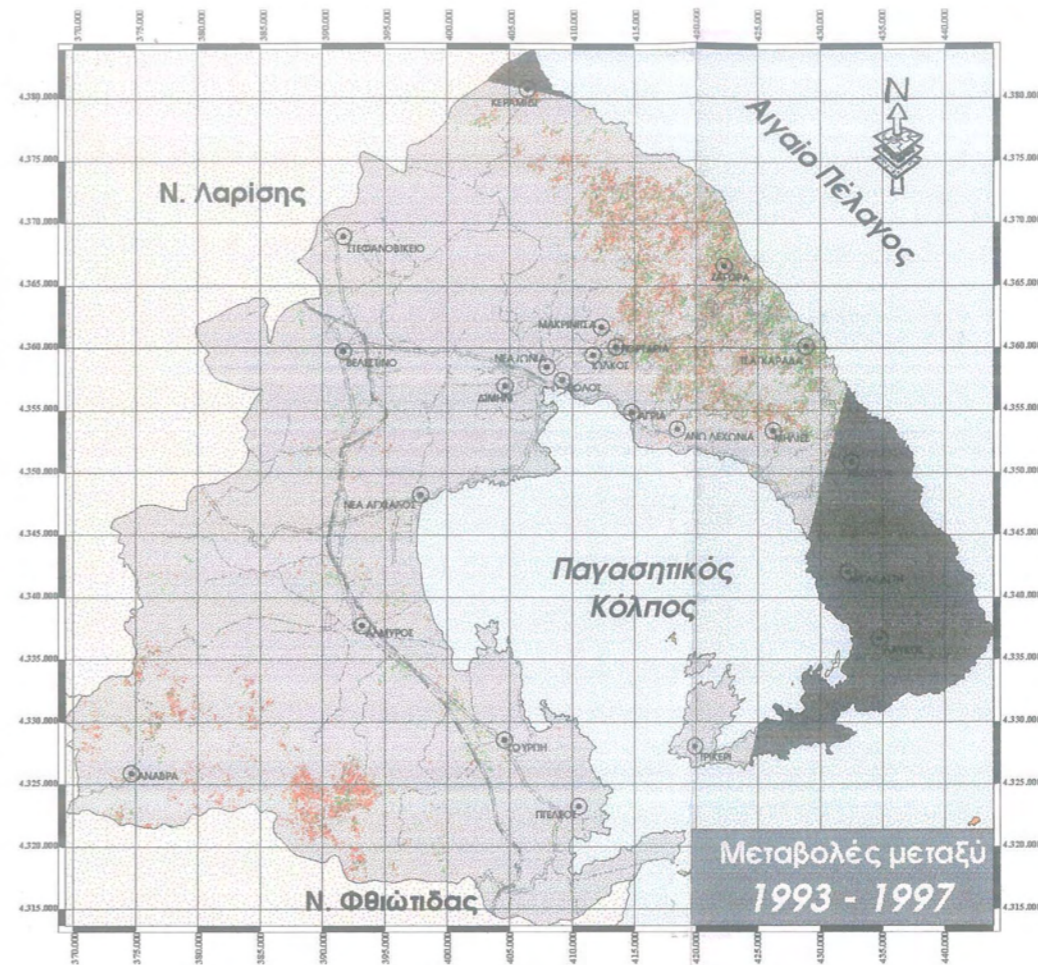
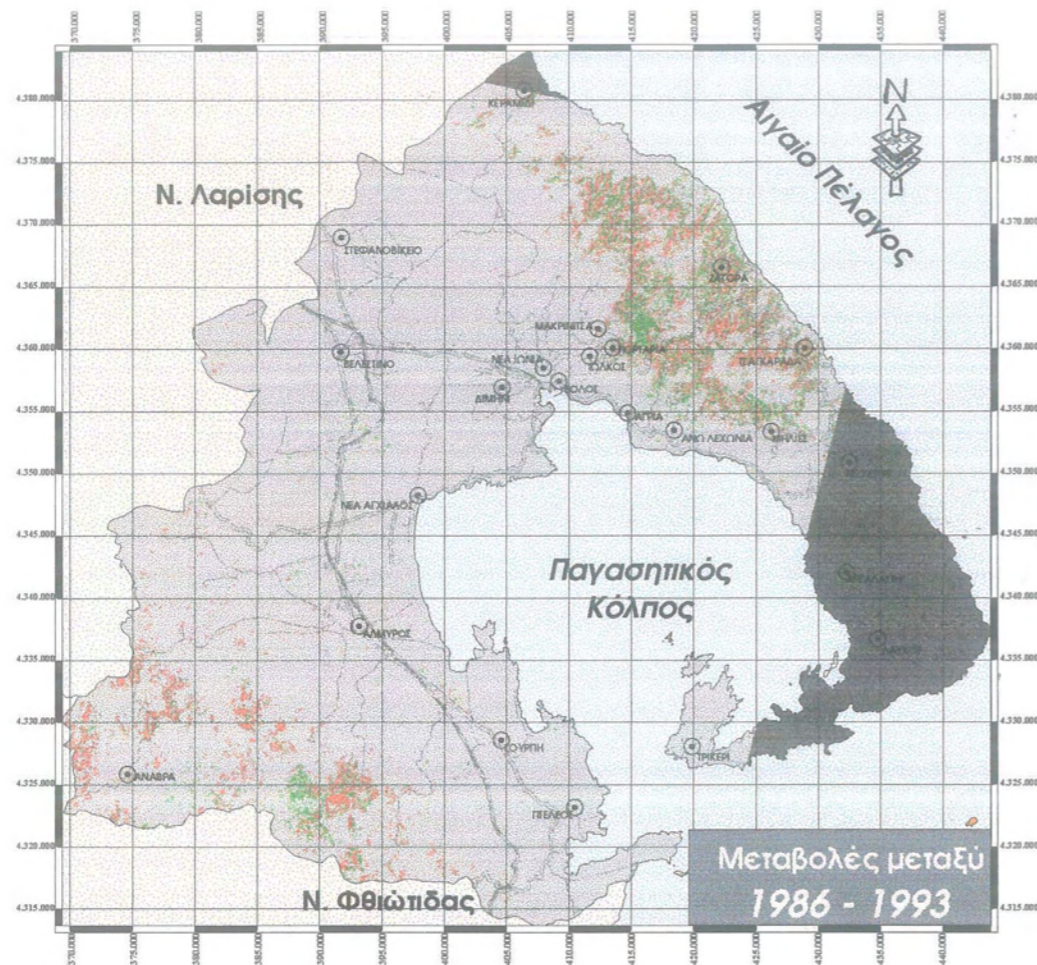
Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

0 5 10 15 Kilometers

7.4.2 Η περίπτωση του Δάσους Πλατυφύλλων

Παρόμοια με την προηγούμενη κατηγορία, τα δάση πλατυφύλλων εμφανίζονται, στην πραγματικότητα, σε συγκεκριμένες περιοχές του νομού, δηλαδή στα μεγάλα υψόμετρα του Πηλίου και της Όθρυος. Εκεί, βασικά εμφανίζονται οι μεταβολές, εκτός από ελάχιστες περιοχές στην Σούρπη και τον Αλμυρό όπου εμφανίζεται λανθασμένα δημιουργία δάσους πλατυφύλλων. Μεγάλα προβλήματα δεν εμφανίζονται, εκτός από την περίπτωση της Πορταριάς όπου το δάσος πλατυφύλλων που εμφανίζεται να έχει δημιουργηθεί οφείλεται στην παρουσία του συννέφου στην δορυφορική εικόνα του 1986, ενώ στην πραγματικότητα υφίσταται ως δάσος. Η δραστική μείωση που εμφανίζεται ανάμεσα στο 1986 και το 1997 στην περιοχή της Όθρυος πρέπει να οφείλεται, είτε σε πυρκαγιά ή στον ανταγωνισμό του δάσους πλατυφύλλων με τα κωνοφόρα, την σκληροφυλλική βλάστηση και τα μικτά δάση. Στην περίπτωση του Πηλίου, η εναλλαγή ανάμεσα στην δημιουργία και την καταστροφή δάσους πλατυφύλλων οφείλεται στην δάσωση και τον καθαρισμό των αγρών, στην αυξημένη βιομάζα των οπωροφόρων που τα κάνει να φαίνονται ως πλατύφυλλα και στην αύξηση των κτηνοτροφικών και δασικών εκμεταλλεύσεων που είχε ως αποτέλεσμα την εκχέρσωση και καταστροφή μεγάλου μέρους δασών.

Στον χάρτη 22 απεικονίζονται οι μεταβολές των δασών πλατυφύλλων στις τρεις ημερομηνίες.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

Διπλωματική εργασία:	Κυρίμης Κώστας Μπέτσης Αλκης	ΧΑΡΤΗΣ 22
Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων	Διαχρονικές μεταβολές καλύψεων γης του Ν. Μαγνησίας, κατά τις τρεις χρονικές περιόδους ανα κατηγορία	
	Κατηγορία : Δάσος Πλατυφύλλων	

<ul style="list-style-type: none"> Περιοχές εκτός του Ν. Μαγνησίας Περιοχές έλλειψης στρεβίων Περιοχές χωρίς μεταβολή κάλυψης Περιοχή καταστροφής καλύψεως γης Περιοχή δημιουργίας καλύψεως γης 	<ul style="list-style-type: none"> Έδρα νέων Δήμων Αυτοκινητόδρομοι Λοιπές Εθνικοί Οδοί Κύριες Επαρχιακοί Οδοί Λοιπές Οδοί
---	---

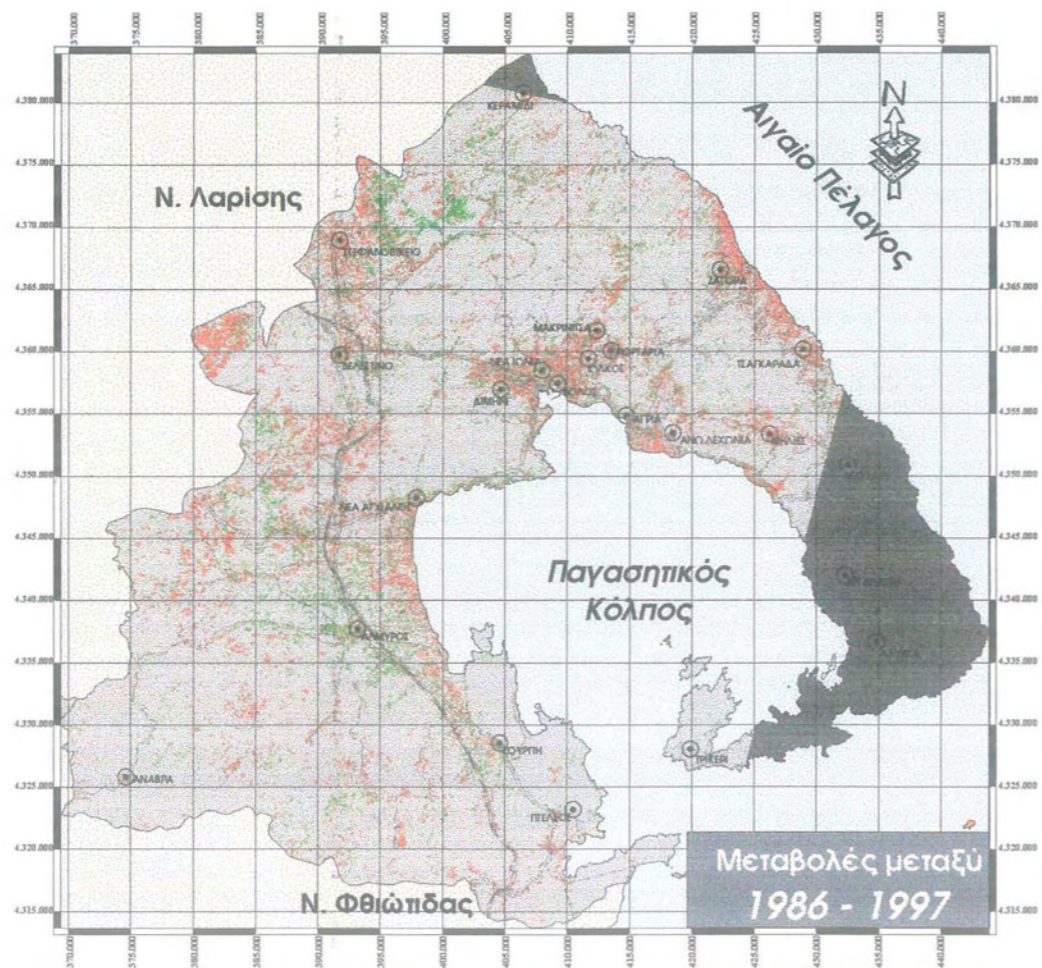
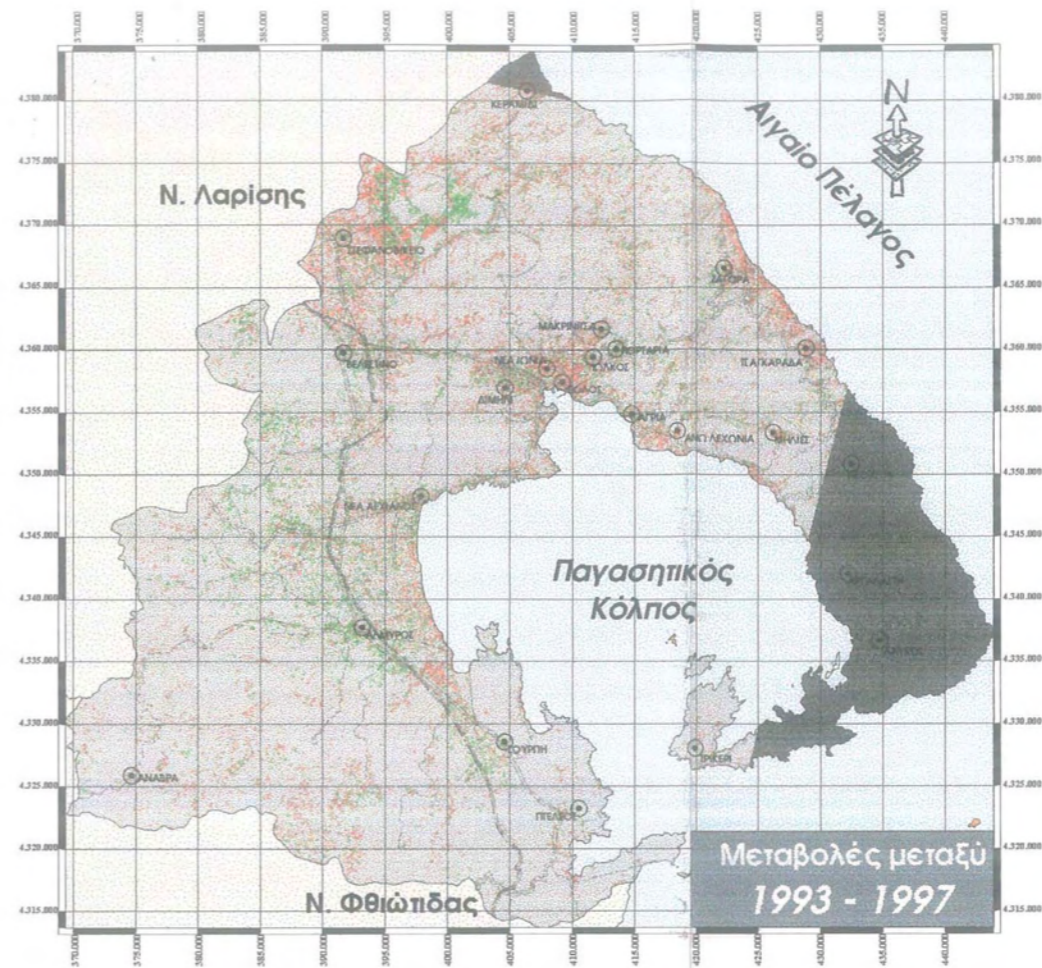
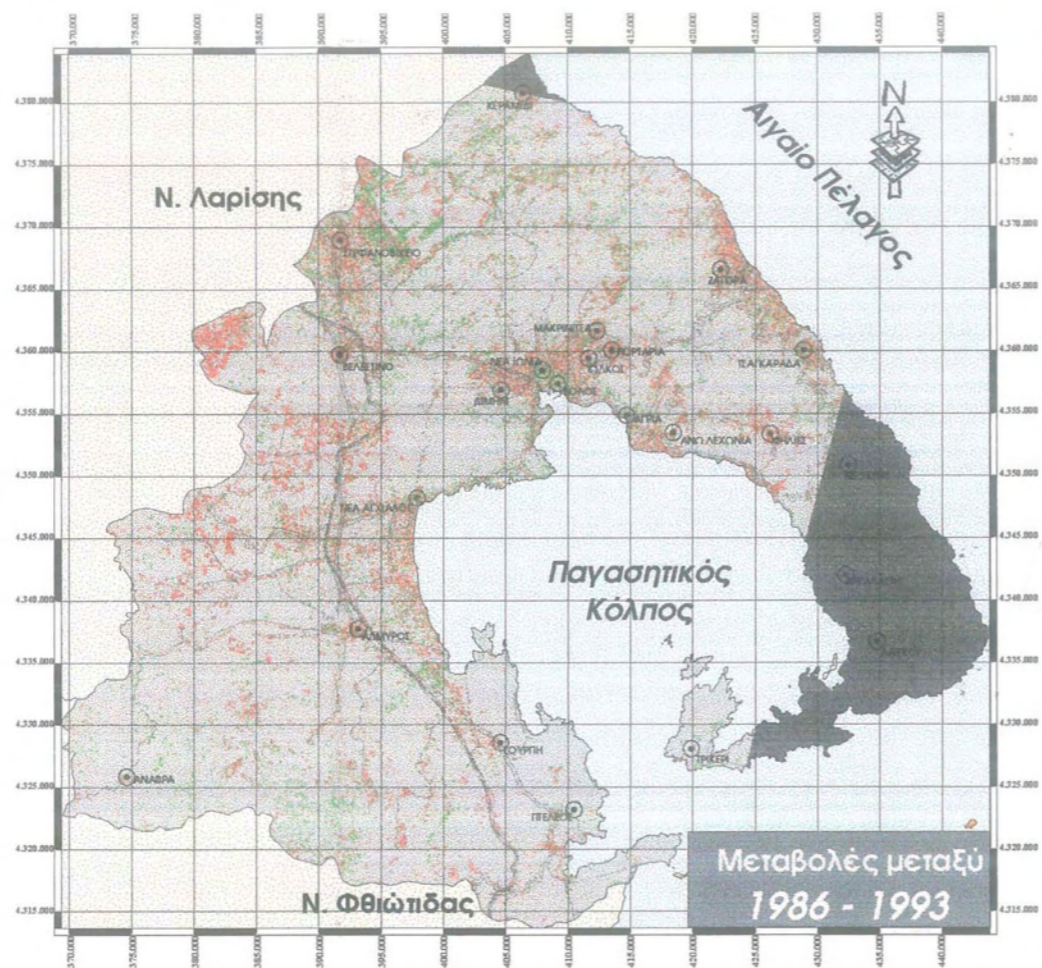
Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

7.4.3 Η περίπτωση της Διακεκομμένης αστικής δόμησης

Όπως είχαμε τονίσει και σε προηγούμενο κεφάλαιο εμφανίστηκε σημαντικό πρόβλημα στην ταξινόμηση των περιοχών της διάκεκομμένης αστικής δόμησης. Συγκεκριμένα, η φασματική υπογραφή της κατηγορίας αυτής παρουσίασε σημαντικό πρόβλημα, μιας και εμφάνιζε μεγάλη ομοιότητα με την φασματική υπογραφή της κάλυψης των οπωροφόρων δένδρων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι περιοχές με διάκεκομμένη αστική δόμηση είναι περιοχές που ανήκουν και διάσπαρτες επιφάνειες από οπωροφόρα και αλλά δένδρα. Έτσι, αποτελεί μια περιοχή από την φύση της ανομοιογενή και εμπεριέχει δύο κατηγορίες.

Παρόλα αυτά, η ταξινόμηση των μικρών οικισμών είναι σωστή και ακριβής σε γενικές γραμμές και αυτό φαίνεται από την σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα γνωστά σημεία των οικισμών με τα οποία γίνεται επαλήθευση. Το πρόβλημα, λοιπόν, εστιάζεται στην ταξινόμηση περιοχών που δεν είναι στην πραγματικότητα περιοχές διακεκομμένης δόμησης. Τέτοια παραδείγματα εμφανίζονται κυρίως στην ταξινόμηση του 1986 με τις περιοχές δυτικά του Βελεστίνου και την ζώνη των ανατολικών ακτών του Πηλίου. Στην δεύτερη περίπτωση, υπάρχουν ζώνες παραθεριστικής κατοικίας σε περιοχές εκτός σχεδίου δόμησης αλλά στην έκταση που παρουσιάζονται το 1986 είναι μάλλον αδύνατον (λάθος της ταξινόμησης) και αυτό δικαιολογείται και από το γεγονός ότι η ζώνη αυτή καταστρέφεται στις άλλες δύο χρονολογίες. Πρέπει σε αυτό το σημείο να τονίσουμε ότι, η δυσκολία ταξινόμησης των αυθαιρέτων κτισμάτων και των περιοχών με διάσπαρτη δόμηση είναι προβληματική, εξαιτίας της διακριτικής ικανότητας του δορυφόρου Landsat (30X30m) επί του εδάφους, με αποτέλεσμα να μην διακρίνονται μεμονωμένες περιπτώσεις.

Κάτω από το πρίσμα όλων όσων αναφέρθηκαν παραπάνω, τα μόνα σχόλια που μπορούμε να κάνουμε για τις μεταβολές στην συγκεκριμένη κάλυψη γης είναι πως παρατηρείτε μια επέκταση της διακεκομμένης δόμησης στα όρια του πολεοδομικού συγκροτήματος του Βόλου κυρίως προς την περιοχή του Δημινίου και της Ιωλκού. Επέκταση παρατηρείται και στα όρια του οικισμού της Πορταριάς και του Αλμυρού. Αυτό είναι ενδεικτικό της επέκτασης των πραγματικών ορίων αυτών των οικισμών σε αυτήν την κατηγορία, ακόμη και στην περίπτωση του Βόλου μιας και οι επεκτάσεις των δομημένων περιοχών στα αστικά κέντρα γίνεται, αρχικά, με την μορφή της διάσπαρτης αστικής δόμησης. Οι υπόλοιπες περιοχές που δεν συγκεντρώνονται χωρικά, είναι μάλλον λανθασμένες περιπτώσεις του αλγορίθμου της ταξινόμησης. Τα αποτελέσματα των διαχρονικών μεταβολών της κατηγορίας αυτής παρουσιάζονται στον χάρτη 23.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
 Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

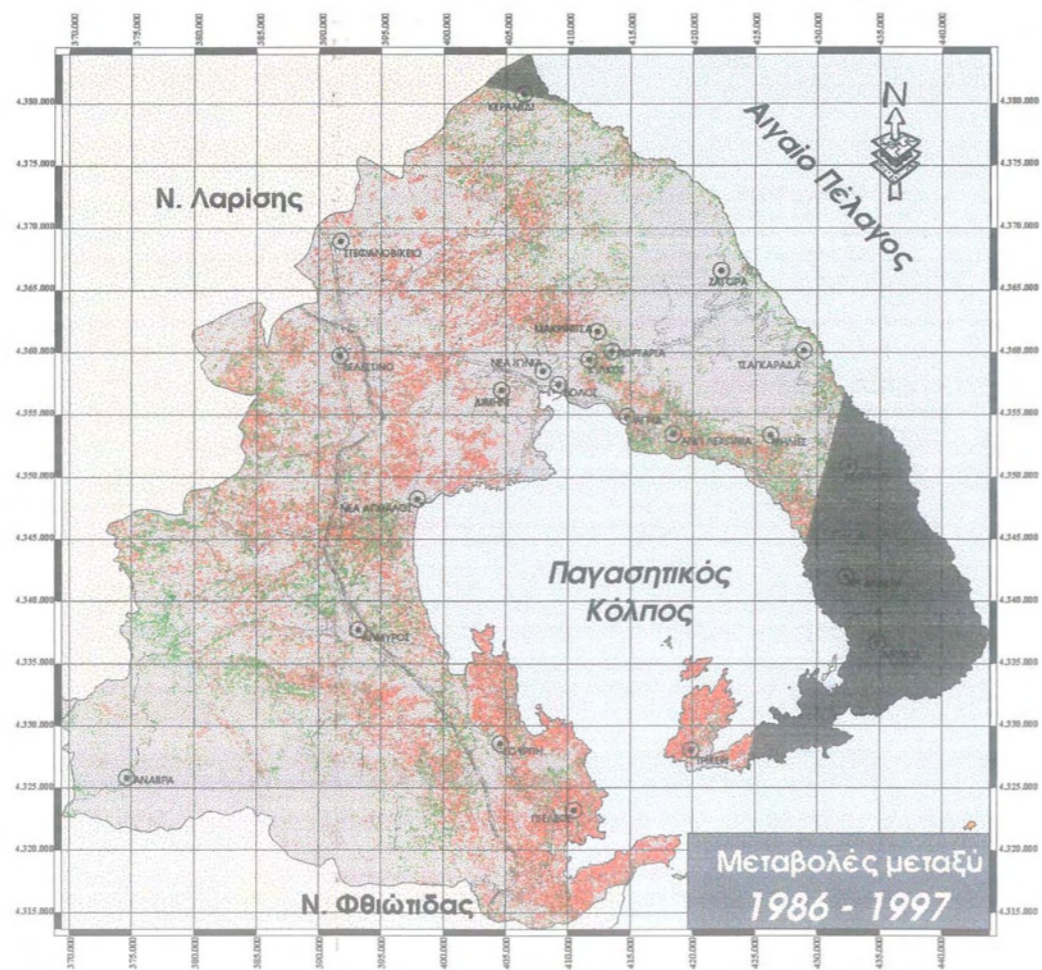
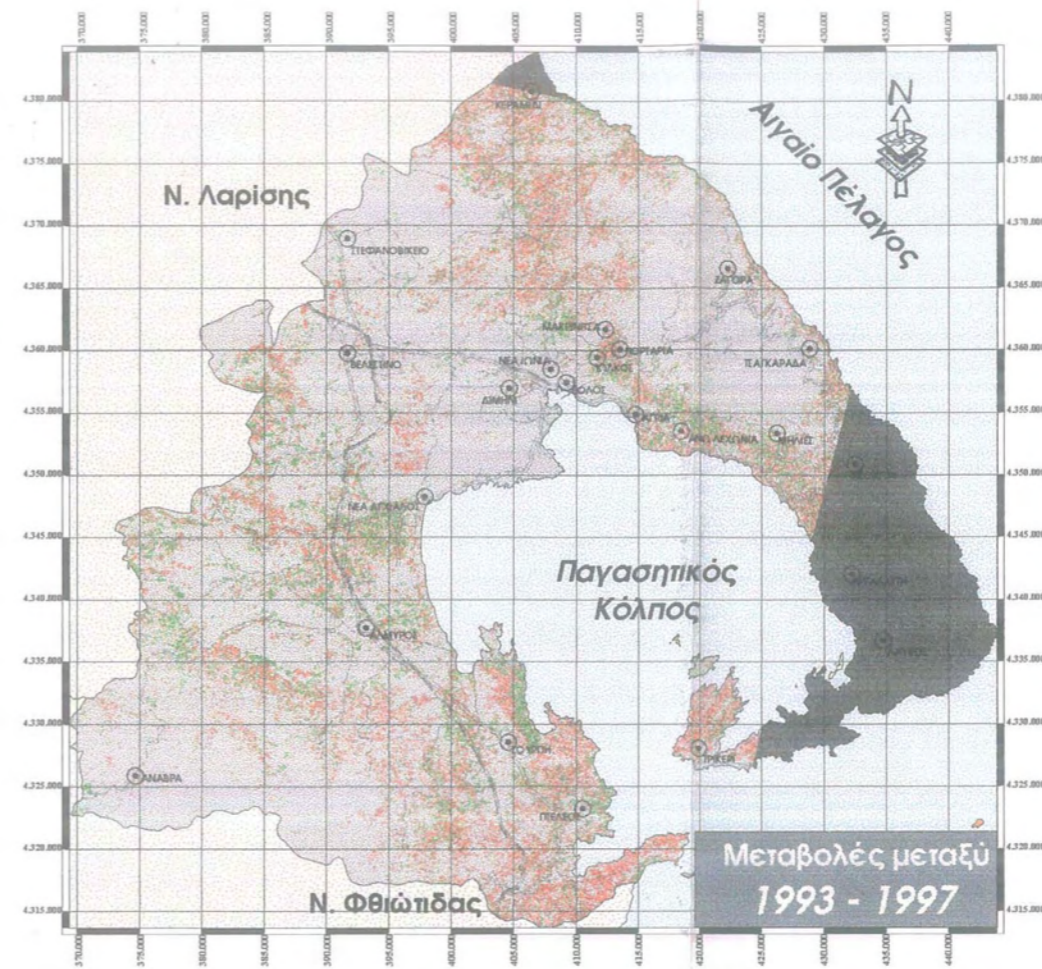
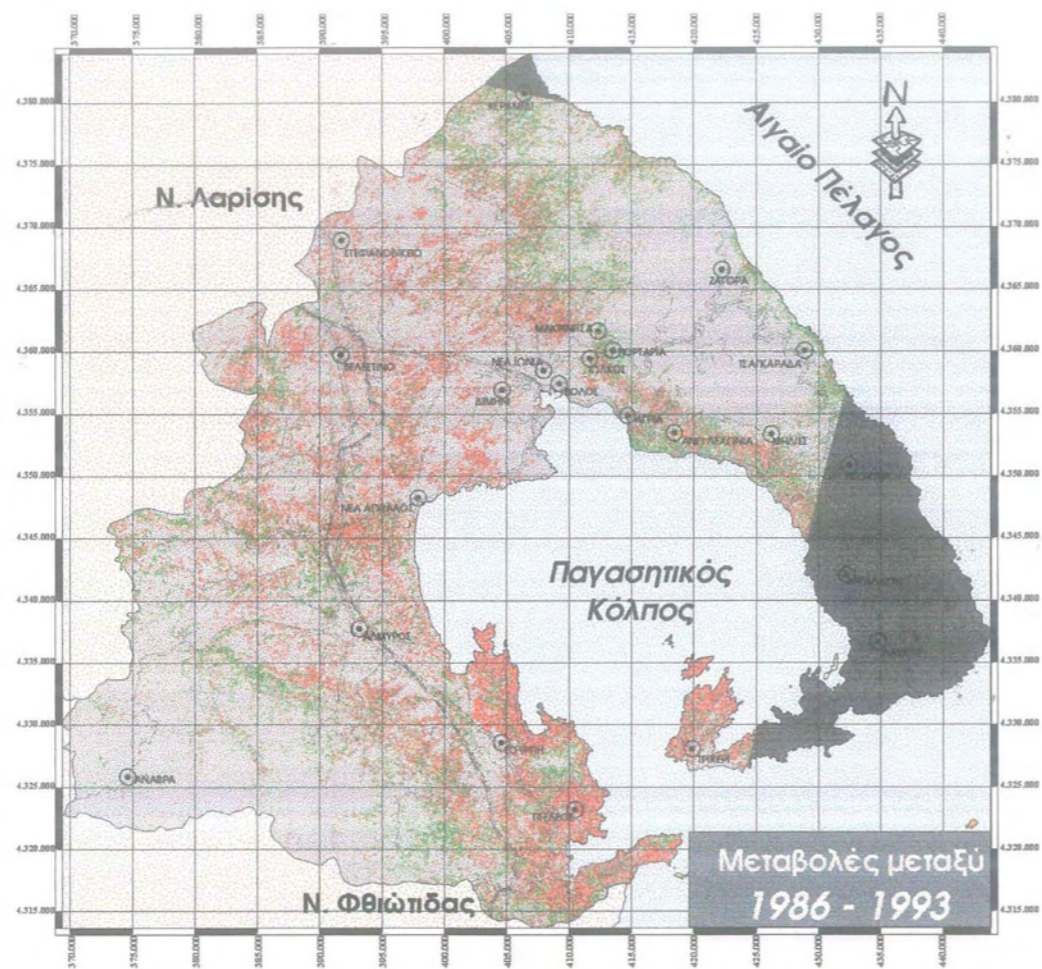
<p>Διπλωματική εργασία: Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων</p>	<p>Κυρίμης Κώστας Μπέτσης Αλκή</p>	<p>ΧΑΡΤΗΣ 23</p>			
<p>Διαχρονικές μεταβολές καλύψεων γης του Ν. Μαγνησίας, κατά τις τρεις χρονικές περιόδους ανα κατηγορία Κατηγορία : Διακεκομμένη Αστική Δόμηση</p>					
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%; border: none;"> <ul style="list-style-type: none"> Περιοχές εκτός του Ν. Μαγνησίας Περιοχές έλλειψης στοιχείων Περιοχές χωρίς μεταβολή κάλυψης Περιοχή καταστροφής καλύψεως γης Περιοχή δημιουργίας καλύψεως γης </td> <td style="width: 33%; border: none;"> <ul style="list-style-type: none"> Έδρα νέων Δήμων Αυτοκινητόδρομοι Λοιπές Εθνικοί Οδοί Κύριες Επαρχιακοί Οδοί Λοιπές Οδοί </td> <td style="width: 33%; border: none; vertical-align: bottom;"> <p style="text-align: center; font-size: small;">Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87</p> </td> </tr> </table>			<ul style="list-style-type: none"> Περιοχές εκτός του Ν. Μαγνησίας Περιοχές έλλειψης στοιχείων Περιοχές χωρίς μεταβολή κάλυψης Περιοχή καταστροφής καλύψεως γης Περιοχή δημιουργίας καλύψεως γης 	<ul style="list-style-type: none"> Έδρα νέων Δήμων Αυτοκινητόδρομοι Λοιπές Εθνικοί Οδοί Κύριες Επαρχιακοί Οδοί Λοιπές Οδοί 	<p style="text-align: center; font-size: small;">Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87</p>
<ul style="list-style-type: none"> Περιοχές εκτός του Ν. Μαγνησίας Περιοχές έλλειψης στοιχείων Περιοχές χωρίς μεταβολή κάλυψης Περιοχή καταστροφής καλύψεως γης Περιοχή δημιουργίας καλύψεως γης 	<ul style="list-style-type: none"> Έδρα νέων Δήμων Αυτοκινητόδρομοι Λοιπές Εθνικοί Οδοί Κύριες Επαρχιακοί Οδοί Λοιπές Οδοί 	<p style="text-align: center; font-size: small;">Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87</p>			

Εργαστήριο Αγροτικού Χώρου και Εργαστήριο Γεωγραφικών Ερευνών & Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού (Μονάδα Τηλεπισκόπησης)

7.4.4 Η περίπτωση των Ελαιώνων

Οι διαφοροποιήσεις στην περίπτωση αυτή είναι σημαντικές. Καταρχήν, η υπερβολική κάλυψη με ελαιώνες στον κάμπο του Βελεστίου και του Αλμυρού είναι προβληματική καθώς υπάρχουν ελαιώνες, αλλά όχι σε τόσο μεγάλο βαθμό. Η πραγματική κάλυψη των ελαιώνων τοποθετείται στα παράλια του Παγασητικού, από την περιοχή της ΑΓΕΤ έως τους Αφέτες, στα παράλια του Ανατολικού Πηλίου, στο Τρίκερι και στην περιοχή του Πτελεού και της Σούρπης (σε αρκετά μεγάλο βαθμό). Η καταστροφή ελαιώνων που εμφανίζεται βασικά στην περιοχή αυτή και ειδικότερα σε όλη την έκταση του νομού από το 1986 έως το 1993 οφείλεται βασικά στις χιονοπτώσεις και τον παγετό του Μαρτίου του 1987, που κατέστρεψαν σε μεγάλο βαθμό τους ελαιώνες, είτε ολοκληρωτικά, ώστε να φαίνονται πλέον ως θάμνοι και χερσότοποι (ελάχιστες περιπτώσεις), ή τμηματικά (κόψιμο του δένδρου σε κάποιο σημείο του), οπότε με την αλλαγή της ραδιομετρική τιμής αφού το δένδρο αραιώνει, φαίνεται ως σκληροφυλλική βλάστηση. Η καταστροφή του 1987 έκανε μεγάλη ζημιά στους ελαιοπαραγωγούς της περιοχής, με αποτέλεσμα να δοθούν επιδοτήσεις από το Κράτος, που και να εμφανίζεται δημιουργία ελαιώνων στην περιοχή από το 1993 και έπειτα.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, η εμφάνιση ελαιώνων οφείλεται στην εναλλαγή χρήσης εγκαταλελειμμένων ελαιώνων και αυτό παρουσιάζεται ιδιαίτερα στο πυκνό «στρώμα» που εμφανίζεται στα παράλια του Παγασητικού και φτάνει έως το υψόμετρο των 400 μέτρων. Επίσης, ξέχωρα από τις επιδοτήσεις, από την καταστροφή του 1987 και έπειτα, τα μικρά δένδρα που είχαν σωθεί, άρχισαν να μεγαλώνουν, οπότε εμφανίζεται δημιουργία ελαιώνων σε βάρος της σκληροφυλλικής βλάστησης από το 1993 και έπειτα και ειδικότερα στην περιοχή του Πτελεού και της Σούρπης. Τέλος, οι επιδοτήσεις αυτές βοήθησαν στην δημιουργία και νέων ελαιώνων ειδικότερα στην περιοχή της Νέας Αγχιάλου. Τα αποτελέσματα των διαχρονικών μεταβολών ανάμεσα στις τρεις ημερομηνίες εμφανίζονται στον χάρτη 24.



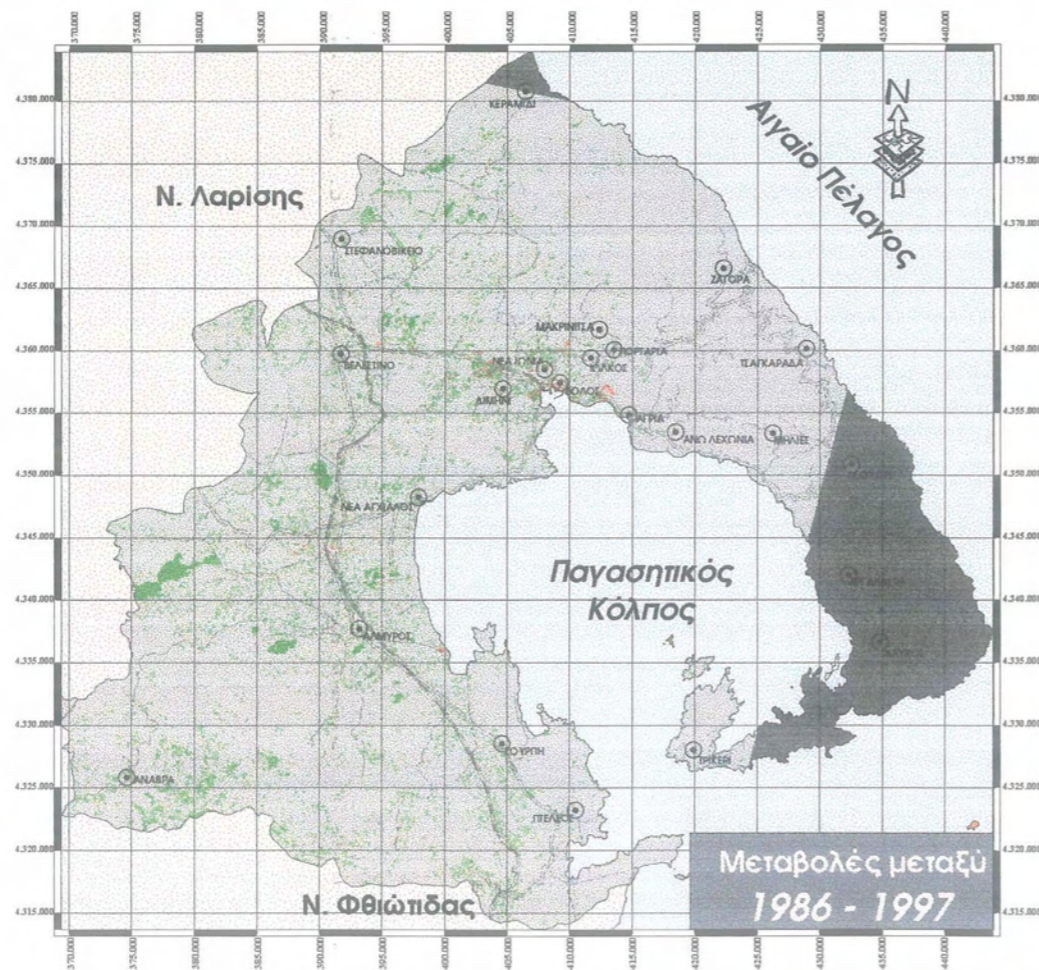
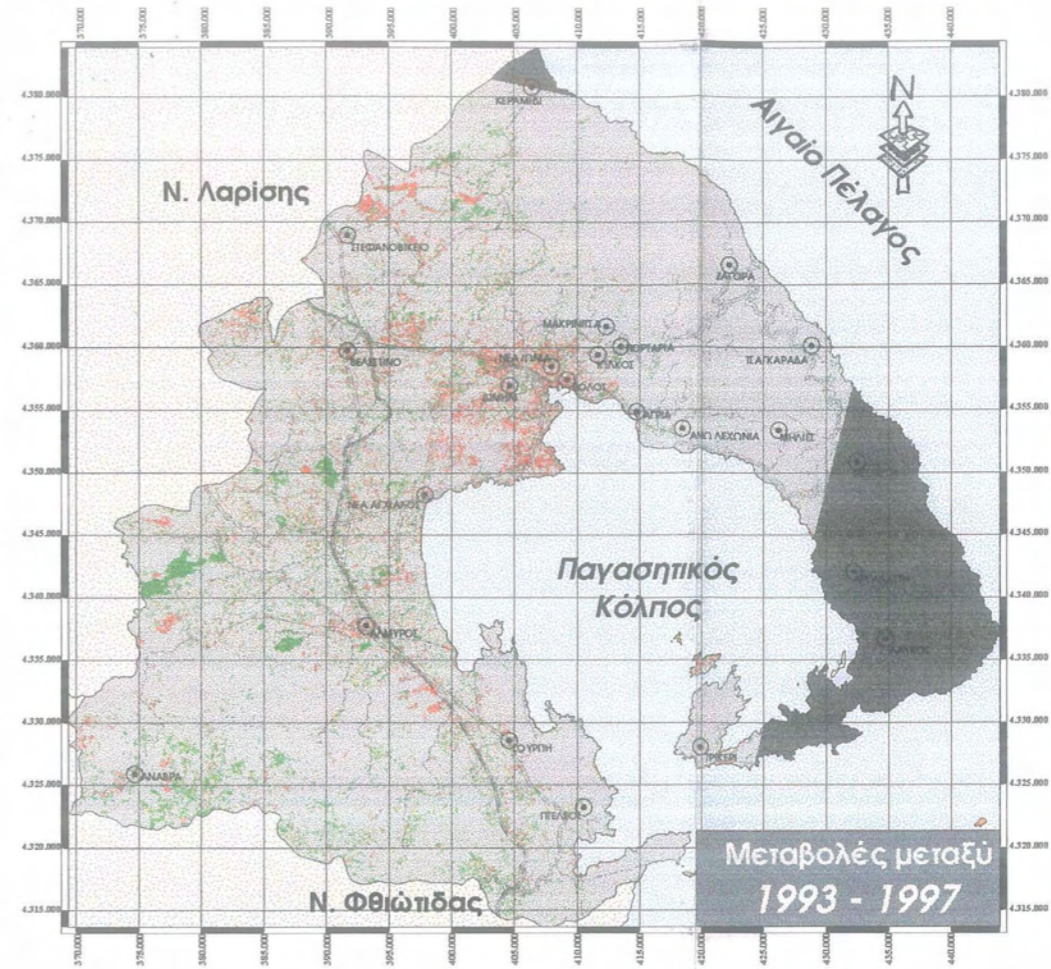
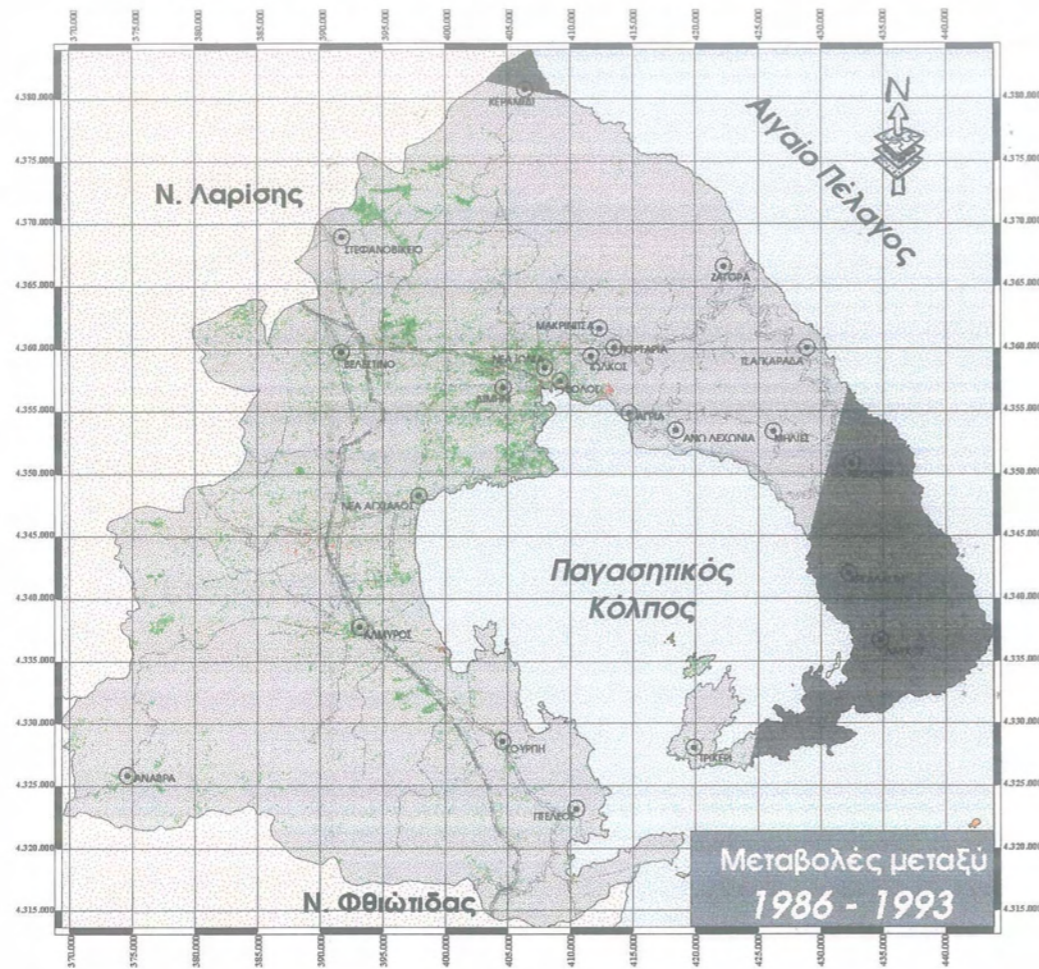
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας
& Περιφερειακής Ανάπτυξης

<p>Διπλωματική εργασία: Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων</p>	<p>Κυρίμης Κώστας Μπέτσης Αλκης</p>	<p>ΧΑΡΤΗΣ 24</p>			
<p>Διαχρονικές μεταβολές καλύψεων γης του Ν. Μαγνησίας, κατά τις τρεις χρονικές περιόδους ανα κατηγορία</p> <p>Κατηγορία : Ελαιώνες</p>					
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%; border: none;"> <ul style="list-style-type: none"> Περιοχές εκτός του Ν. Μαγνησίας Περιοχές έλλειψης στοιχείων Περιοχές χωρίς μεταβολή κάλυψης Περιοχή καταστροφής καλύψεως γης Περιοχή δημιουργίας καλύψεως γης </td> <td style="width: 33%; border: none;"> <ul style="list-style-type: none"> Έδρα νέων Δήμων Αυτοκινητόδρομοι Λοιπές Εθνικοί Οδοί Κύριες Επαρχιακοί Οδοί Λοιπές Οδοί </td> <td style="width: 33%; border: none; vertical-align: bottom;"> <p style="text-align: center;">Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87</p> <p style="text-align: center;">0 5 10 15 Kilometers</p> </td> </tr> </table>			<ul style="list-style-type: none"> Περιοχές εκτός του Ν. Μαγνησίας Περιοχές έλλειψης στοιχείων Περιοχές χωρίς μεταβολή κάλυψης Περιοχή καταστροφής καλύψεως γης Περιοχή δημιουργίας καλύψεως γης 	<ul style="list-style-type: none"> Έδρα νέων Δήμων Αυτοκινητόδρομοι Λοιπές Εθνικοί Οδοί Κύριες Επαρχιακοί Οδοί Λοιπές Οδοί 	<p style="text-align: center;">Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87</p> <p style="text-align: center;">0 5 10 15 Kilometers</p>
<ul style="list-style-type: none"> Περιοχές εκτός του Ν. Μαγνησίας Περιοχές έλλειψης στοιχείων Περιοχές χωρίς μεταβολή κάλυψης Περιοχή καταστροφής καλύψεως γης Περιοχή δημιουργίας καλύψεως γης 	<ul style="list-style-type: none"> Έδρα νέων Δήμων Αυτοκινητόδρομοι Λοιπές Εθνικοί Οδοί Κύριες Επαρχιακοί Οδοί Λοιπές Οδοί 	<p style="text-align: center;">Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87</p> <p style="text-align: center;">0 5 10 15 Kilometers</p>			

7.4.5 Η περίπτωση των χώρων εξόρυξης ορυκτών

Στον νομό Μαγνησίας, δεν υπάρχουν οι πολλοί χώροι εξόρυξης ορυκτών που εμφανίζονται στις ταξινομήσεις, συνεπώς και στους χάρτες των διαχρονικών μεταβολών. Επειδή η κάλυψη αυτή εμφανίζει υψηλές ραδιομετρικές τιμές, υπάρχει περίπτωση να συγχέεται με άλλες καλύψεις που εμφανίζουν αντίστοιχες ραδιομετρικές τιμές, οι οποίες είναι βραχώδεις εκτάσεις, άγονες περιοχές και μεγάλα κτίρια με τσιμέντο ή ελενίτ. Γι αυτούς τους λόγους εμφανίζεται δημιουργία χώρων εξόρυξης ορυκτών σε διάφορες περιοχές σημειακά (βραχώδεις και άγονες εκτάσεις) όπως και στην περιοχή της ΒΙ.ΠΕ, όπου υπάρχουν πολλά κτίρια με τσιμέντο και ελενίτ. Στη ταξινόμηση του 1986 εμφανίζεται μεγάλος αριθμός χώρων εξόρυξης ορυκτών στην περιοχή του Σωρού και γύρω από την πόλη του Βόλου, κάτι λανθασμένο αφού οι περιοχές αυτές καλύπτονται από χέρσα και άγονη γη. Η περίπτωση αυτή διορθώνεται στην ταξινόμηση του 1993.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, οι μεγάλοι χώροι εξόρυξης του νομού εμφανίζονται επί των ταξινομήσεων (περιοχή της ΑΓΕΤ, Βελεστίνο και Πτελεός) μάλλον σωστά ενώ οι μεγάλοι χώροι εξορύξεως ορυκτών που εμφανίζονται στην ταξινόμηση του 1997 στα δυτικά του νομού, αφορούν περιπτώσεις πυρκαγιών του Ιουνίου του 1997, που κατέστρεψαν περιοχές σιτηρών και σκληροφυλλικής εκτάσεως. Όμως, επειδή όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι ραδιομετρικές τιμές των χώρων εξόρυξης ορυκτών είναι υψηλές, συγχέονται με αυτές των καμμένων εκτάσεων και αυτές ταξινομούνται σε αυτή την κάλυψη γης. Οι μεταβολές των καλύψεων γης που αναφέρθηκαν παραπάνω εμφανίζονται στον χάρτη 25.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
 Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

Διπλωματική εργασία:	Κυρίμης Κώστας	ΧΑΡΤΗΣ 25
Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων	Μπέτσας Αλκης	
Διαχρονικές μεταβολές καλύψεων γης του Ν. Μαγνησίας, κατά τις τρεις χρονικές περιόδους ανα κατηγορία		
Κατηγορία : Χώροι Εξορύξεως Ορυκτών		

□ Περιοχές εκτός του Ν. Μαγνησίας	⊙ Έδρα νέων Δήμων
■ Περιοχές έλλειψης στοιχείων	↗ Αυτοκινητόδρομοι
□ Περιοχές χωρίς μεταβολή κάλυψης	↘ Λοιπές Εθνικοί Οδοί
■ Περιοχή καταστροφής καλύψεως γης	↖ Κύριες Επαρχιακοί Οδοί
■ Περιοχή δημιουργίας καλύψεως γης	↗ Λοιπές Οδοί

Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

0 5 10 15 Kilometers

7.4.6 Η περίπτωση της Μη αρδεύσιμης αρώσιμης γης

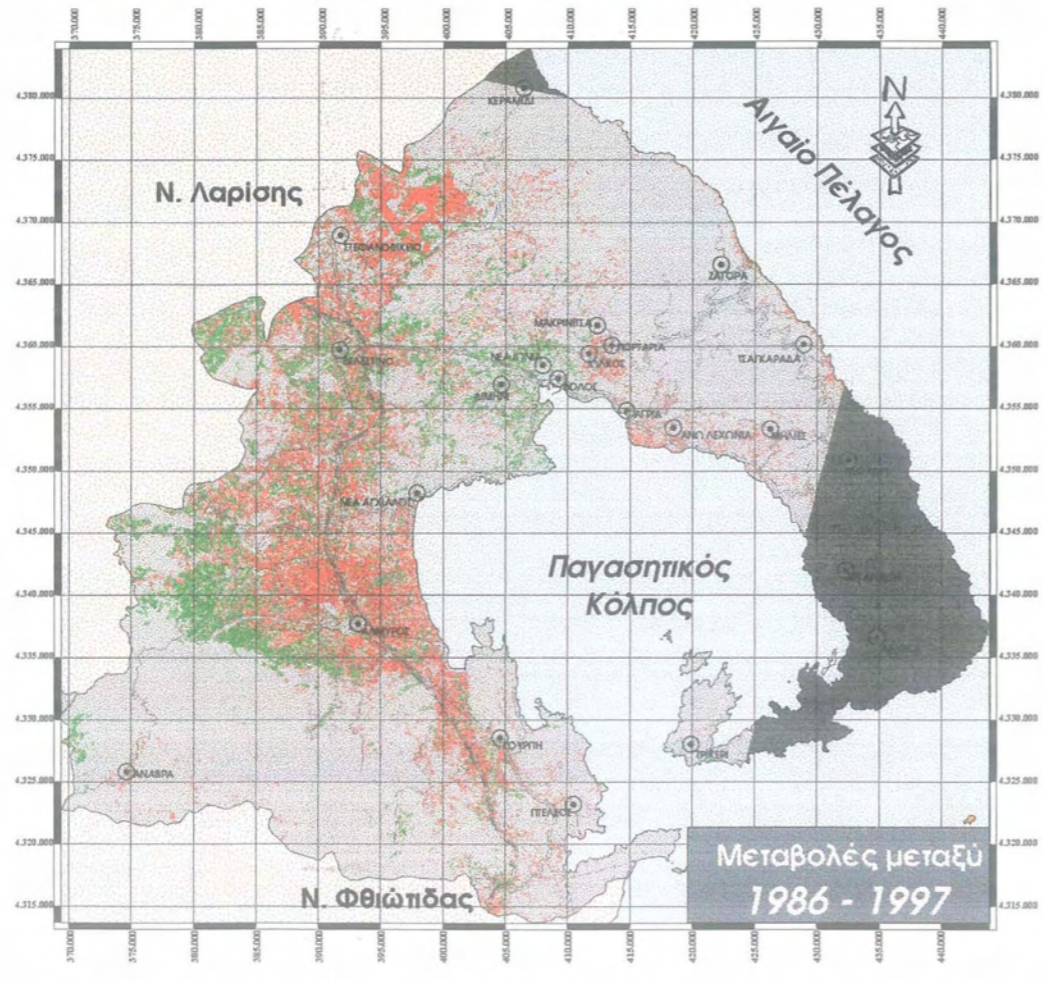
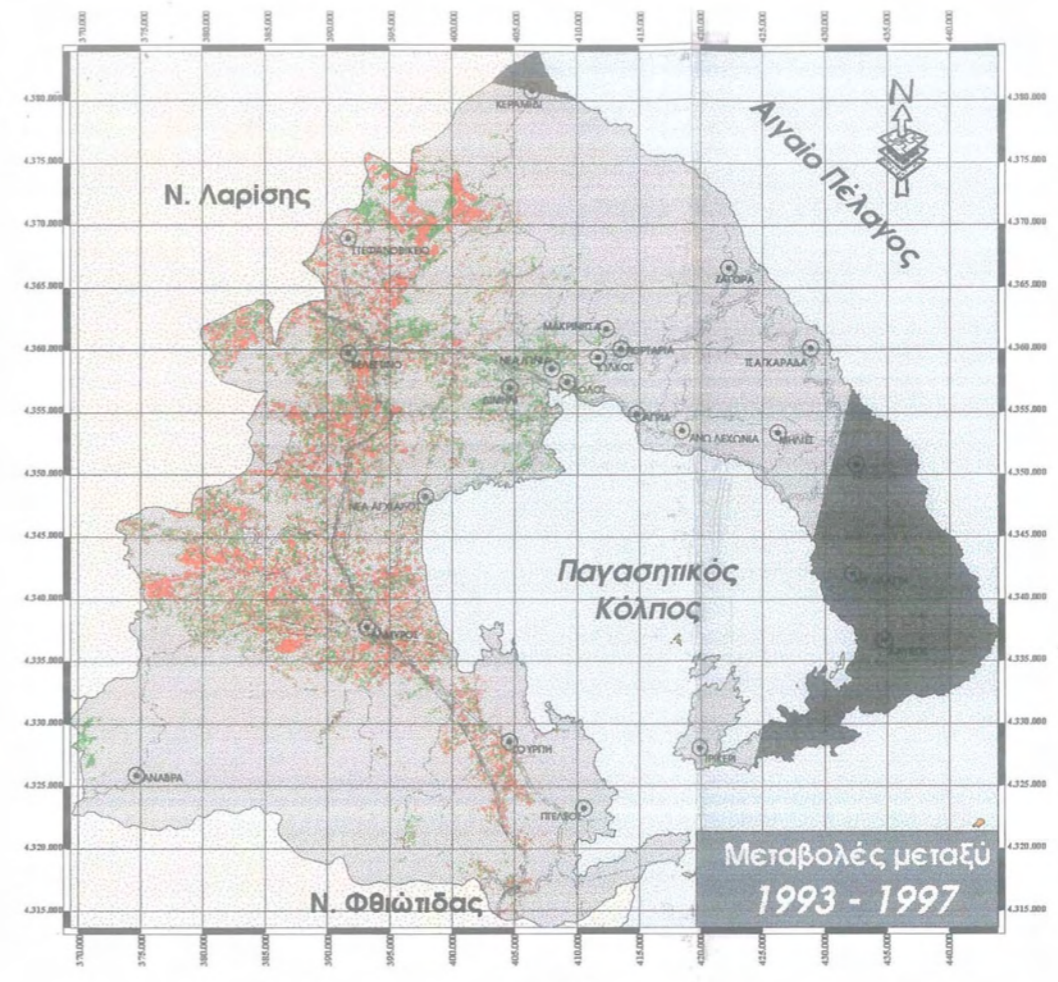
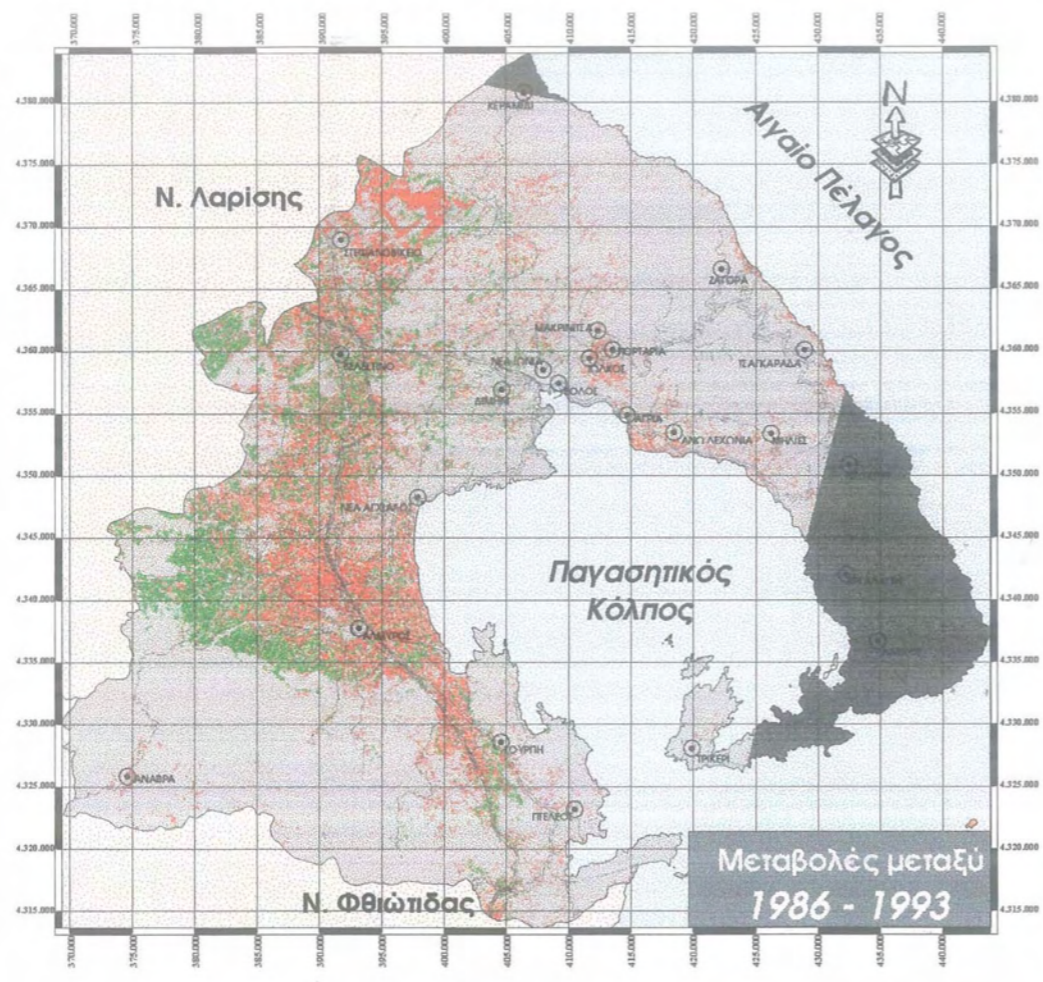
Η κατηγορία της μη αρδεύσιμης αρώσιμης γης στην Θεσσαλία γενικότερα αλλά και στον Νομό Μαγνησίας ειδικότερα είναι μια κάλυψη με σημαντικά ποσοστά και μια παραδοσιακή, για τον θεσσαλικό κάμπο, καλλιέργεια με μεγάλη σημασία για την οικονομία της περιοχής. Ένα χαρακτηριστικό αυτού του είδους καλλιεργειών είναι ότι είναι μονοετείς και επομένως, πολύ εύκολο για τον καλλιεργητή να μπορεί να αλλάξει την καλλιέργεια του, χρόνο με τον χρόνο. Το γεγονός κάνει την συγκεκριμένη καλλιέργεια να είναι πολύ ελαστική σε μεταβολές και να είναι εμφανή πολύ πιο άμεσα και έντονα τα αποτελέσματα στον χώρο των διαφόρων πολιτικών που έχουν επιδράσει με οποιοδήποτε τρόπο στην γη.

Είναι, λοιπόν, σημαντικές οι όποιες αλλαγές έχουν εισέλθει με την πάροδο του χρόνου στην περίπτωση της μη αρδεύσιμης γης, οι οποίες, στην περίπτωση του Ν. Μαγνησίας είναι στην συντριπτική τους πλειοψηφία σιτηρά. Οι αλλαγές αυτές συγκεντρώνονται σε δύο περιοχές με πρώτη την περιοχή της Κάρλας. Σε αυτήν, κατά την διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου, δημιουργήθηκε ο ταμιευτήρας υδάτων (το 1989) με αποτέλεσμα, ορισμένες καλλιεργούμενες εκτάσεις να μετατραπούν σε ποτιστικά κτήματα, να μειωθούν οι εκτάσεις των σιτηρών και να αντικατασταθούν από ποτιστικές καλλιέργειες, με σημαντικότερη αυτήν του βαμβακιού, το οποίο παρουσιάζει την μεγαλύτερη χρηματική απόδοση. Η μεγαλύτερη μεταβολή πραγματοποιείται μεταξύ του 1986 και του 1993 και λιγότερο μεταξύ της περιόδου 1993 - 1997. Μπορούμε πάντως να υποστηρίξουμε πως στην συγκεκριμένη περιοχή, κατά την διάρκεια των τελευταίων χρόνων παρουσιάζεται σημαντική μεταβολή στην κάλυψη γης.

Η δεύτερη περίπτωση μεταβολής στα σιτηρά εντοπίζεται στον κάμπο του Αλμυρού. Στην περιοχή αυτή, εμφανίζεται μια υποχώρηση των σιτηρών από περιοχές πεδινές σε περιοχές όλο και πιο ορεινές. Η πεδινή ζώνη η οποία το 1986 καλυπτόταν από καλλιέργειες σιτηρών καταστρέφεται και εμφανίζεται μετατόπιση της προς δυτικές περιοχές, βαθύτερα στην ενδοχώρα με μεγαλύτερο υψόμετρο. Σε αυτήν την περίπτωση, όπως και παραπάνω, το μεγαλύτερο μέρος της μεταβολής έλαβε χώρα μέχρι το 1993. Στη περίοδο από το 1993 ως το 1997 δεν εμφανίζονται παρά μόνον μικρές και διάσπαρτες μεταβολές οι οποίες δείχνουν όμως επίσης αρνητικές τάσεις για τα σιτηρά. Γεννιέται λοιπόν το ερώτημα τι είδους περιοχές είναι αυτές στις οποίες επεκτείνονται τα σιτηρά; Οι περιοχές αυτές, όπως θα φανεί παρακάτω, είναι περιπτώσεις σκηροφυλλικών εκτάσεων οι οποίες, για την επίτευξη μεγαλύτερης παραγωγής και αύξηση του αγροτικού εισοδήματος εκχερσώνονται και μετατρέπονται σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις, διαδικασία που έλαβε χώρα σε περιπτώσεις εδαφών με σχετικά μικρή κλίση, όπου είναι δυνατή η καλλιέργεια.

Η παραπάνω διαπίστωση είναι σημαντική για την μορφή του χώρου αλλά και για την λειτουργία των παραγωγικών συστημάτων της περιοχής μελέτης, τα οποία μεταβάλλονται και προσαρμόζονται σε έναν νέο τρόπο παραγωγής, όπου πιθανόν να εγκαταλείπεται η κτηνοτροφία και να δίνεται περισσότερο βάρος στην αγροτική καλλιέργεια.

Όπως θα τονιστεί παρακάτω, η δυνατότητα διερεύνησης τέτοιων μεταβολών στον χώρο, όχι μόνο ποιοτική αλλά και ποσοτική, παρέχεται από τις μεθόδους και τις τεχνικές της Τηλεπισκόπησης και είναι πολύ σημαντική για όποιον ασχολείται με τον σχεδιασμό του χώρου. Οι διαχρονικές μεταβολές της κατηγορίας αυτής εξετάζονται στον χάρτη 26 παρακάτω.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
 Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

ΧΑΡΤΗΣ 26

Διπλωματική εργασία: Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων

Κυρίτης Κώστας Μπέτσης Αλκης

Διαχρονικές μεταβολές καλύψεων γης του Ν. Μαγνησίας, κατά τις τρεις χρονικές περιόδους ανα κατηγορία
 Κατηγορία : Μη Αρδεύσιμη Αρώσιμη Γη

- Περιοχές εκτός του Ν. Μαγνησίας
- Περιοχές έλλειψης στοιχείων
- Περιοχές χωρίς μεταβολή κάλυψης
- Περιοχή καταστροφής καλύψεως γης
- Περιοχή δημιουργίας καλύψεως γης
- Έδρα νέων Δήμων
- Αυτοκινητόδρομοι
- Λοιπές Εθνικοί Οδοί
- Κύριες Επαρχιακοί Οδοί
- Λοιπές Οδοί

Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

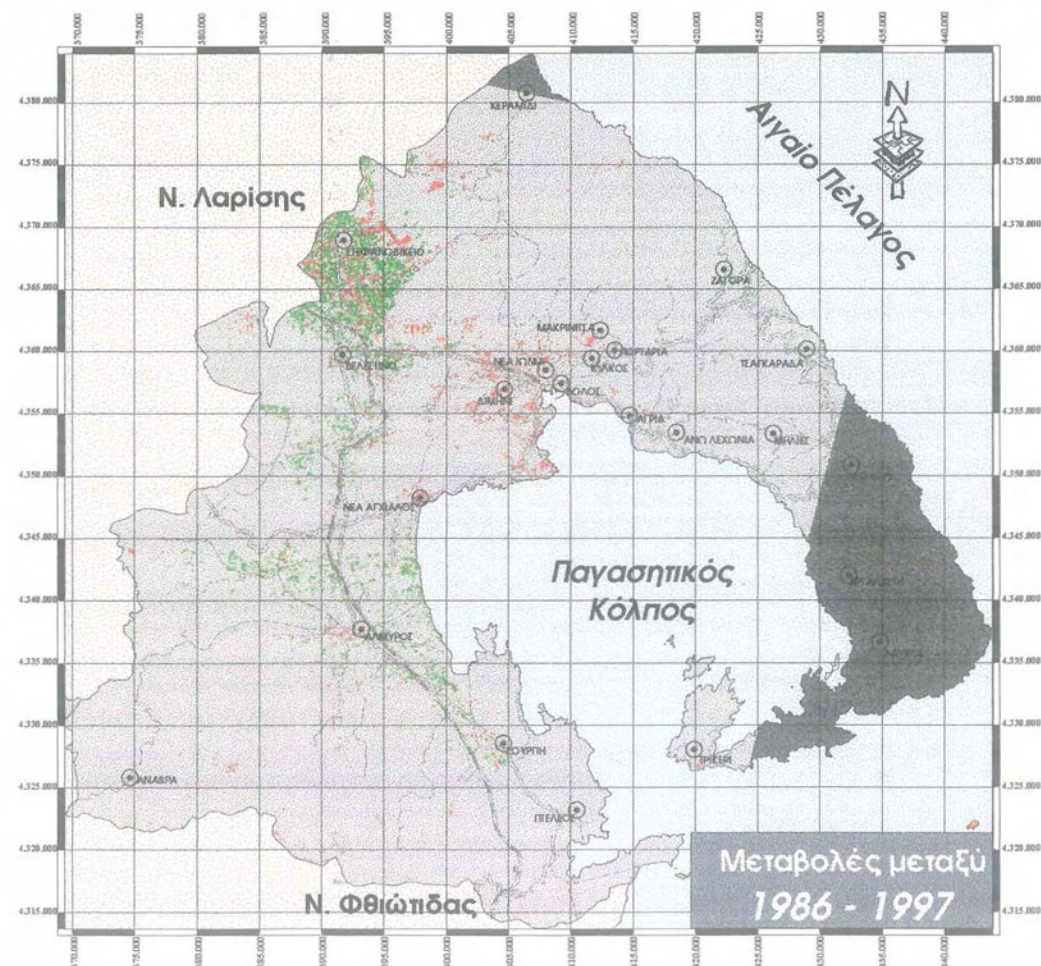
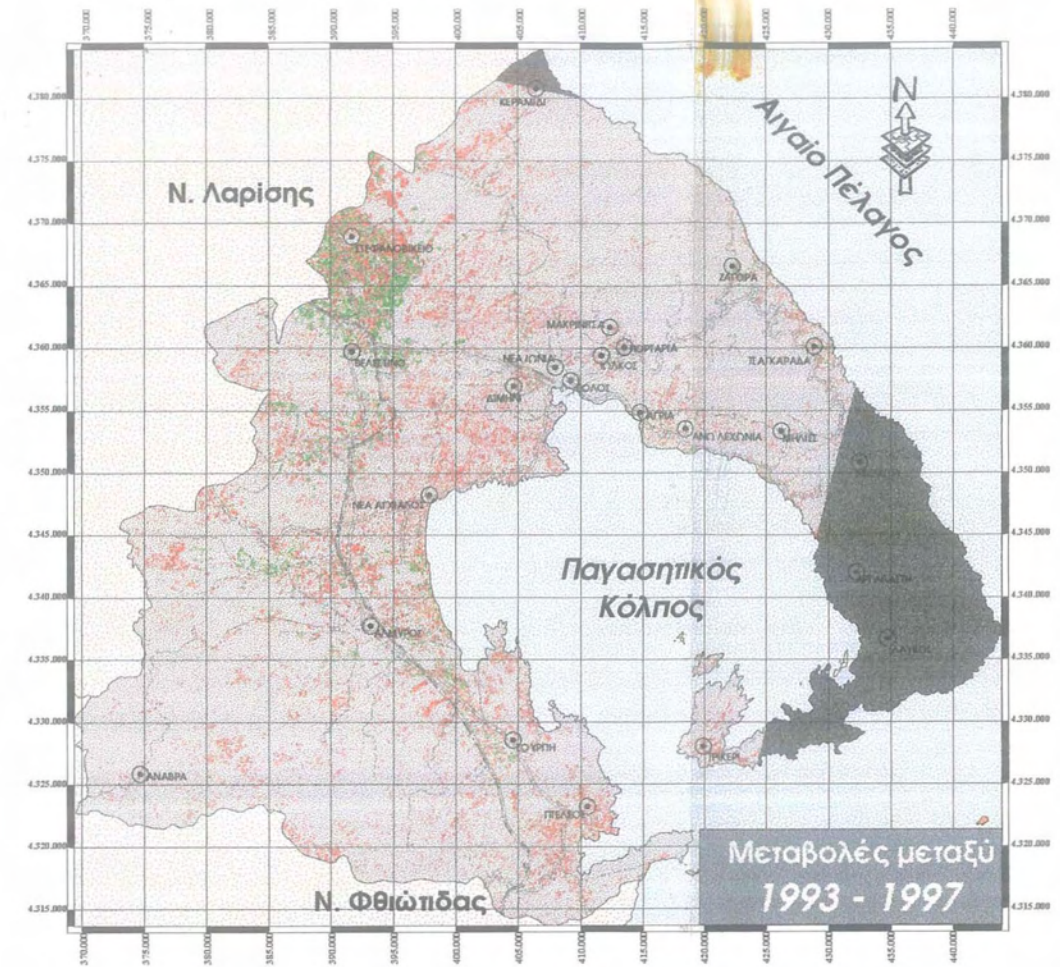
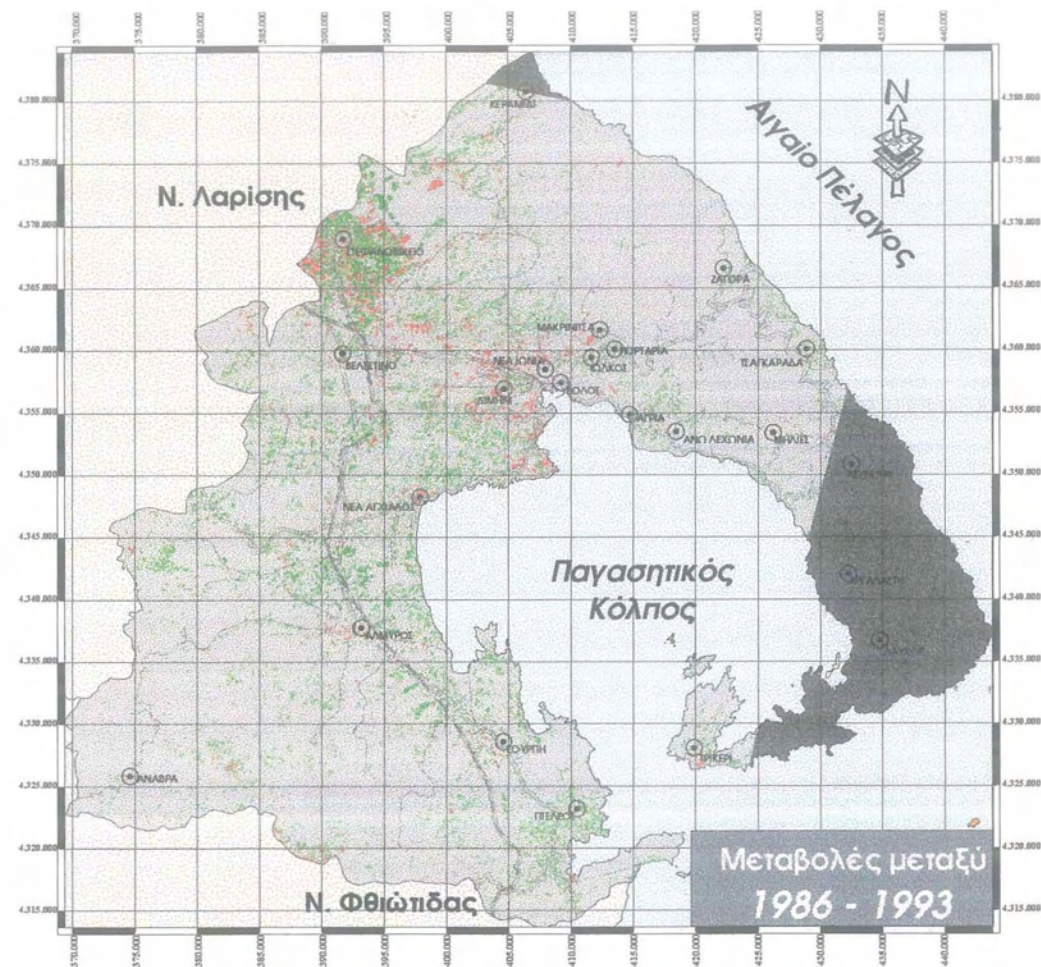
0 5 10 15 Kilometers

7.4.7 Η περίπτωση της Μόνιμα αρδευόμενης γης

Η μόνιμα αρδευόμενη γη είναι περίπτωση κάλυψης γης με δυναμική παρουσία στον νομό κατά την τελευταία δεκαετία και βασικά αφορά την περίπτωση του βαμβακιού, η καλλιέργεια του οποίου είναι με διαφορά η πιο προσοδοφόρα καλλιέργεια στο Θεσσαλικό κάμπο. Γενικά είναι αποδεκτό πως στην Μαγνησία, εξαιτίας της βελτίωσης της τεχνολογίας για την άντληση νερών, και της κατασκευής του ταμιευτήρα στην Κάρλα έχουν αυξηθεί οι εκτάσεις που αρδεύονται. Η αύξηση αυτών των εκτάσεων μαζί με την αύξηση που παρουσιάζουν τα οπωροφόρα δένδρα οδήγησαν στην μετακίνηση των σιτηρών προς περιοχές με σκληροφυλλική βλάστηση.

Παρατηρείται, λοιπόν, σημαντική αύξηση της συγκεκριμένης κατηγορίας στην περιοχή του Στεφανοβικείου πιθανώς λόγω της δημιουργίας του ταμιευτήρα αλλά και εξαιτίας της υπερεκμετάλλευσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Σημαντική θεωρείται ακόμη και η αύξηση αυτών των περιοχών στην περιοχή του Αλυρού. Όμως, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ταξινομήσεων η αύξηση των εκτάσεων των αρδευόμενων εκμεταλλεύσεων δεν είναι η αναμενόμενη και την μεγαλύτερη αύξηση στην περιοχή την παρουσιάζει η κατηγορία των οπωροφόρων δένδρων, τα οποία αυξάνονται με ποσοστό μεγαλύτερο από τις μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις, γεγονός το οποίο είναι μάλλον λανθασμένο.

Η μεταβολή των καλλιεργειών στον νομό έχει ως αποτέλεσμα πλήθος αλλαγών, οι οποίες έχουν να κάνουν με την οργάνωση του χώρου και την δημιουργία στο μέλλον προβλημάτων όπως, υποβάθμιση του υδροφόρου ορίζοντα και των εδαφών. Τα προβλήματα αυτά μπορούν να αντιμετωπιστούν με παρεμβάσεις στον χώρο και μέσα από έναν ορθολογικό χωροταξικό σχεδιασμό που θα λαμβάνει ως εισροή την τάση των εκμεταλλεύσεων σε πολύ συγκεκριμένες περιοχές. Τα αποτελέσματα των διαχρονικών αλλαγών της μόνιμα αρδευόμενης γης παρουσιάζονται στον χάρτη 27.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

ΧΑΡΤΗΣ 27

Διπλωματική εργασία:
Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων

Κυρίμης Κώστας
Μπέτσης Αλκης

Κατηγορία : Μόνιμα Αρδευόμενη Γη

- Περιοχές εκτός του Ν. Μαγνησίας
- Περιοχές έλλειψης στοιχείων
- Περιοχές χωρίς μεταβολή κάλυψης
- Περιοχή καταστροφής καλύψεως γης
- Περιοχή δημιουργίας καλύψεως γης
- Έδρα νέων Δήμων
- Αυτοκινητόδρομοι
- Λοιπές Εθνικοί Οδοί
- Κύριες Επαρχιακοί Οδοί
- Λοιπές Οδοί

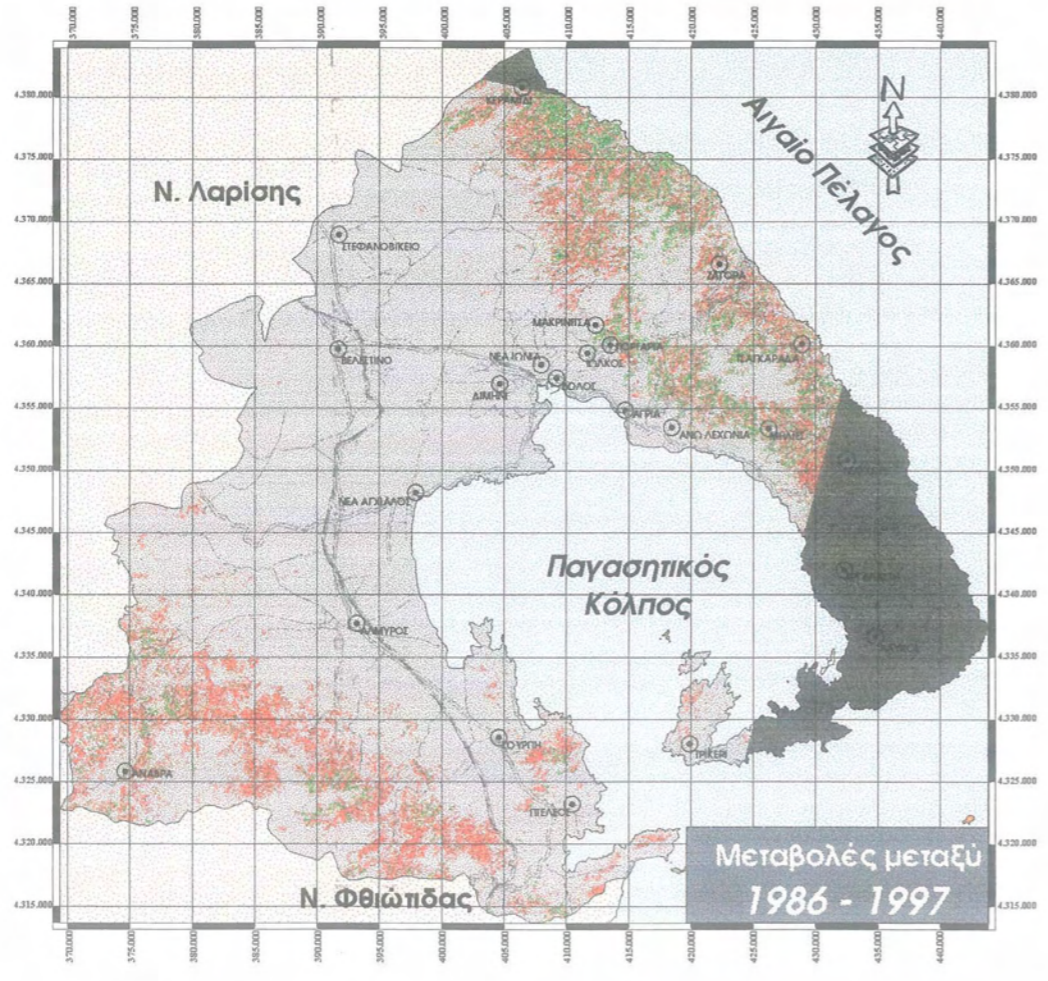
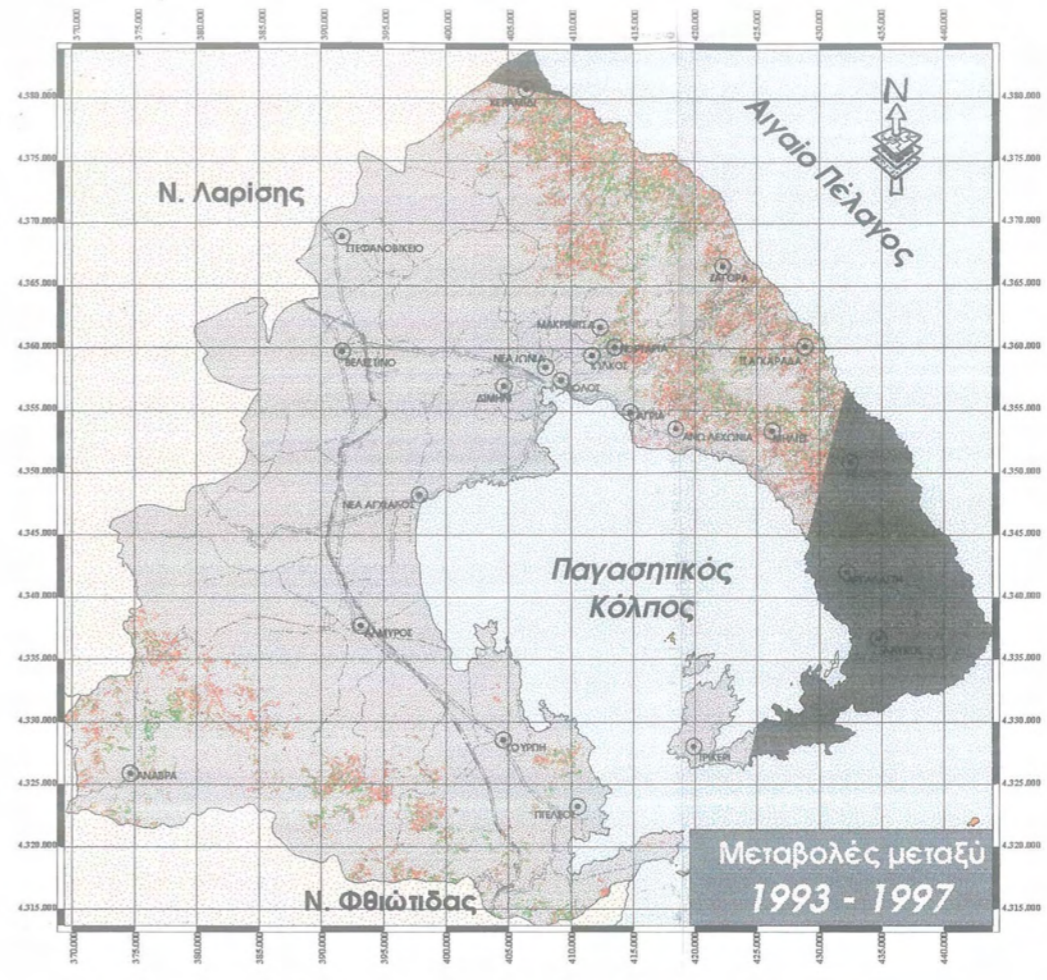
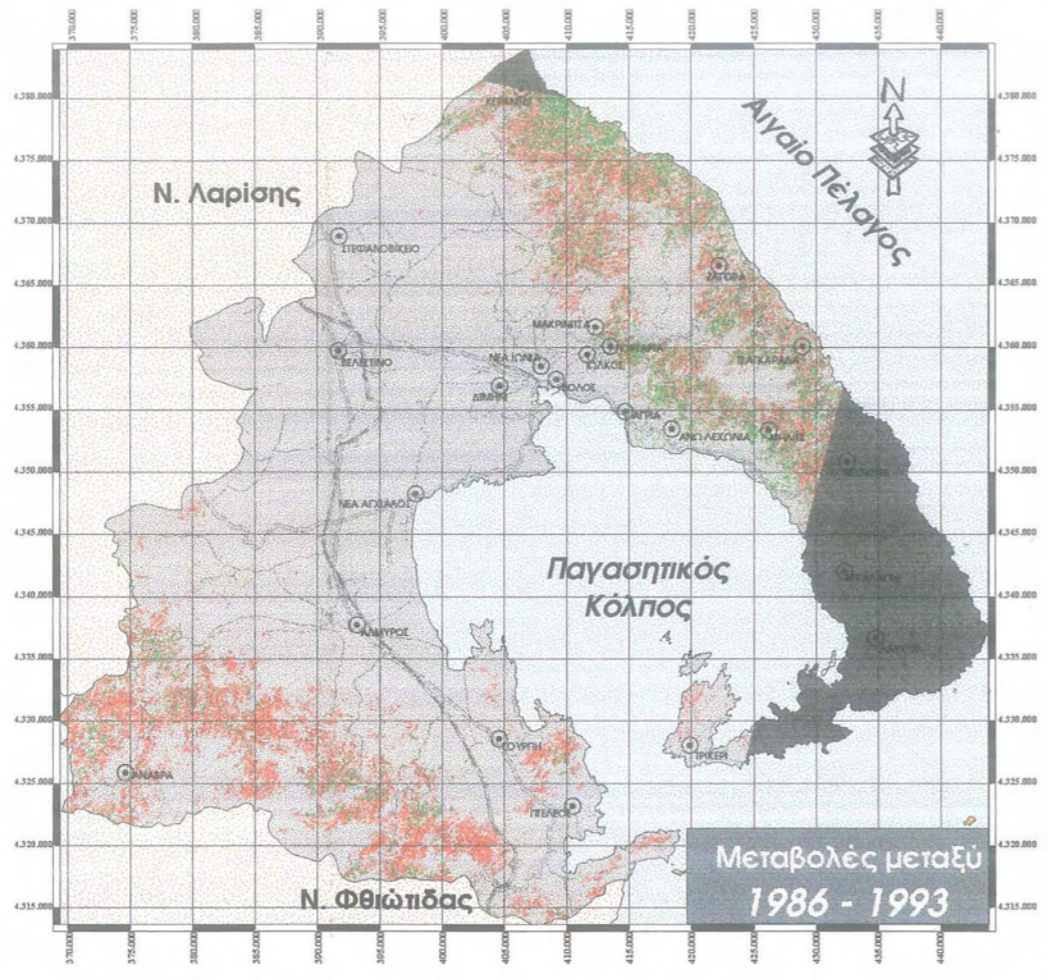
Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

0 5 10 15 Kilometers

7.4.8 Η περίπτωση του Μικτού Δάσους

Η κατηγορία του μικτού δάσους είναι μια ιδιαίτερη περίπτωση. Η κατηγορία αυτή αναφέρεται σε δάση καστανιών, πλατάνων, οξιάς και κουμαριών που χωροθετούνται στο Πήλιο, στο όρος Όθρυς και στην περιοχή ανάμεσα στον Πτελεό και την Σούρπη. Για όλες τις περιπτώσεις ισχύουν τα εξής: Στην περίπτωση που έχουμε αρνητική μεταβολή με το πέρασμα του χρόνου, δηλαδή καταστράφηκε μικτό δάσος (σύμφωνα πάντα με την ταξινόμηση της μέγιστης πιθανοφάνειας) αυτό οφείλεται είτε στην μετατροπή σε σκληροφυλλική βλάστηση ή σε πουρνάρια και θάμνους, λόγω εκχερσώσεων και πυρκαγιών ή σε καλλιεργούμενα εδάφη. Για παράδειγμα, στην περιοχή της Αργαλαστής, ξέσπασε πυρκαγιά το 1992 που κατέστρεψε ολοκληρωτικά το μικτό δάσος που υπήρχε στην περιοχή. Έτσι, στον χάρτη των μεταβολών από το 1986 και έπειτα, το μικτό δάσος χάνεται και όπως θα δούμε παρακάτω στον χάρτη της σκληροφυλλικής βλάστησης και φυσικών εκτάσεων, δημιουργείται τέτοια κατηγορία.

Αντίθετα, στην περίπτωση που έχουμε θετική μεταβολή, δηλαδή δημιουργία μικτού δάσους, αυτό πρέπει να οφείλεται στην υποβάθμιση του δάσους πλατυφύλλων σε μικτό δάσος και στην μετατροπή της σκληροφυλλικής βλάστησης, λόγω κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων, σε μικτό δάσος. Τα αποτελέσματα των διαχρονικών αλλαγών όσο αφορά το μικτό δάσος παρουσιάζονται στον χάρτη 28.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

Διπλωματική εργασία: Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων	Κυρίμης Κώστας Μπέτσης Αλκης	ΧΑΡΤΗΣ 28
Διαχρονικές μεταβολές καλύψεων γης του Ν. Μαγνησίας, κατά τις τρεις χρονικές περιόδους ανα κατηγορία		
Κατηγορία : Μικτό δάσος		

<ul style="list-style-type: none"> Περιοχές εκτός του Ν. Μαγνησίας Περιοχές έλλειψης στοιχείων Περιοχές χωρίς μεταβολή κάλυψης Περιοχή καταστροφής καλύψεως γης Περιοχή δημιουργίας καλύψεως γης 	<ul style="list-style-type: none"> Έδρα νέων Δήμων Αυτοκινητόδρομοι Λοιπές Εθνικοί Οδοί Κύριες Επαρειακοί Οδοί Λοιπές Οδοί
---	---

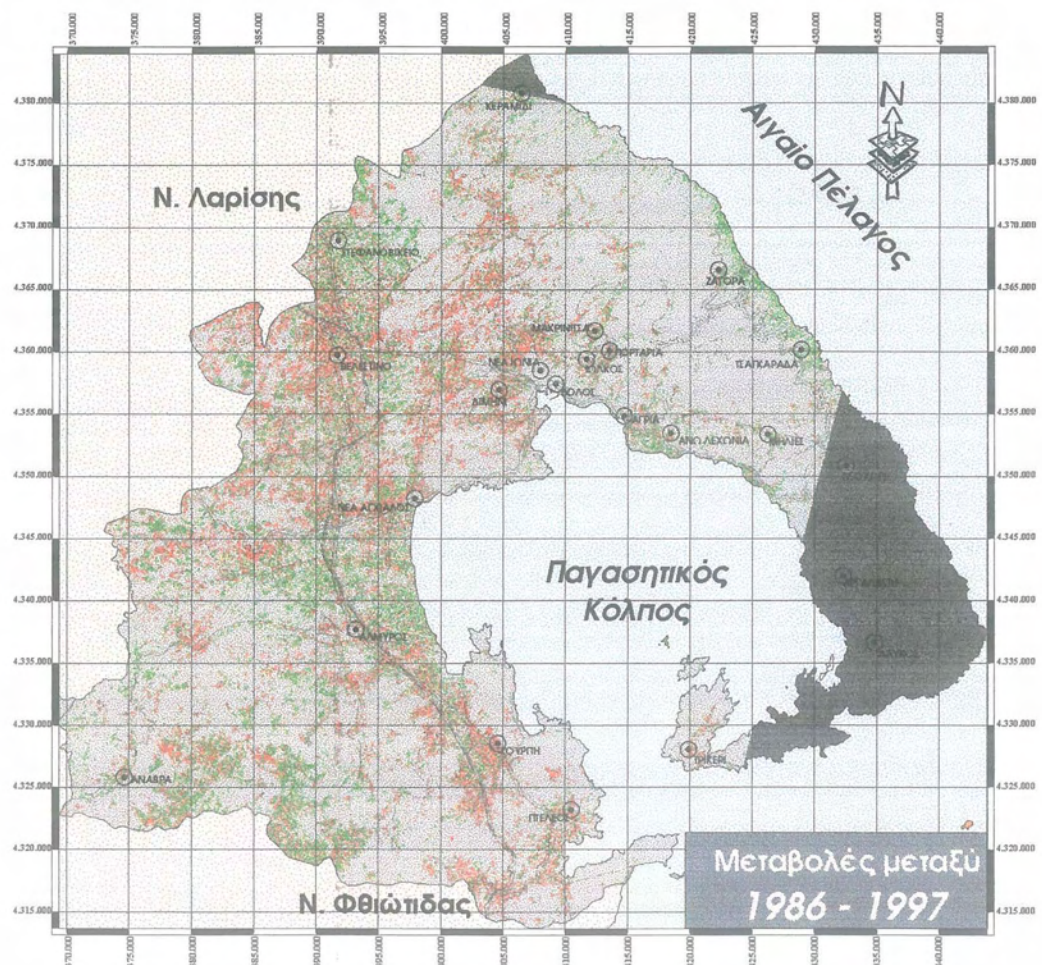
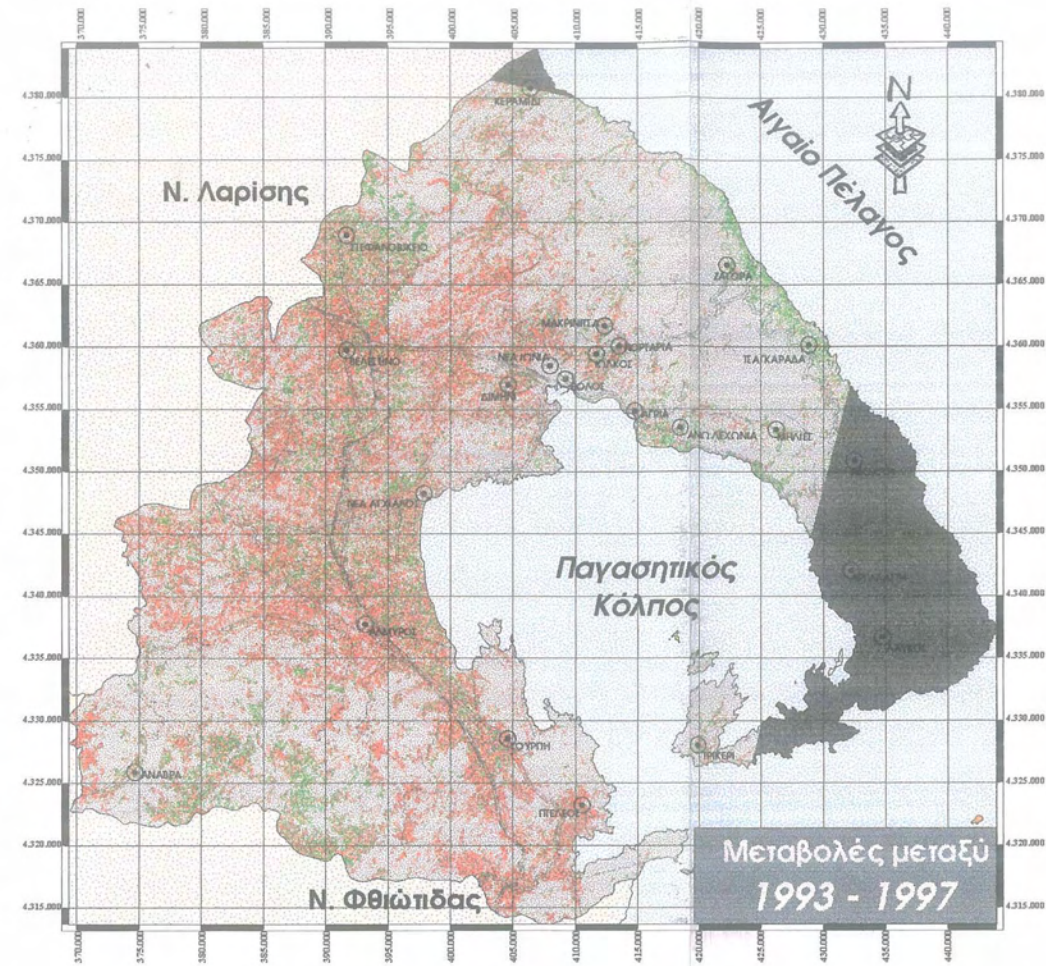
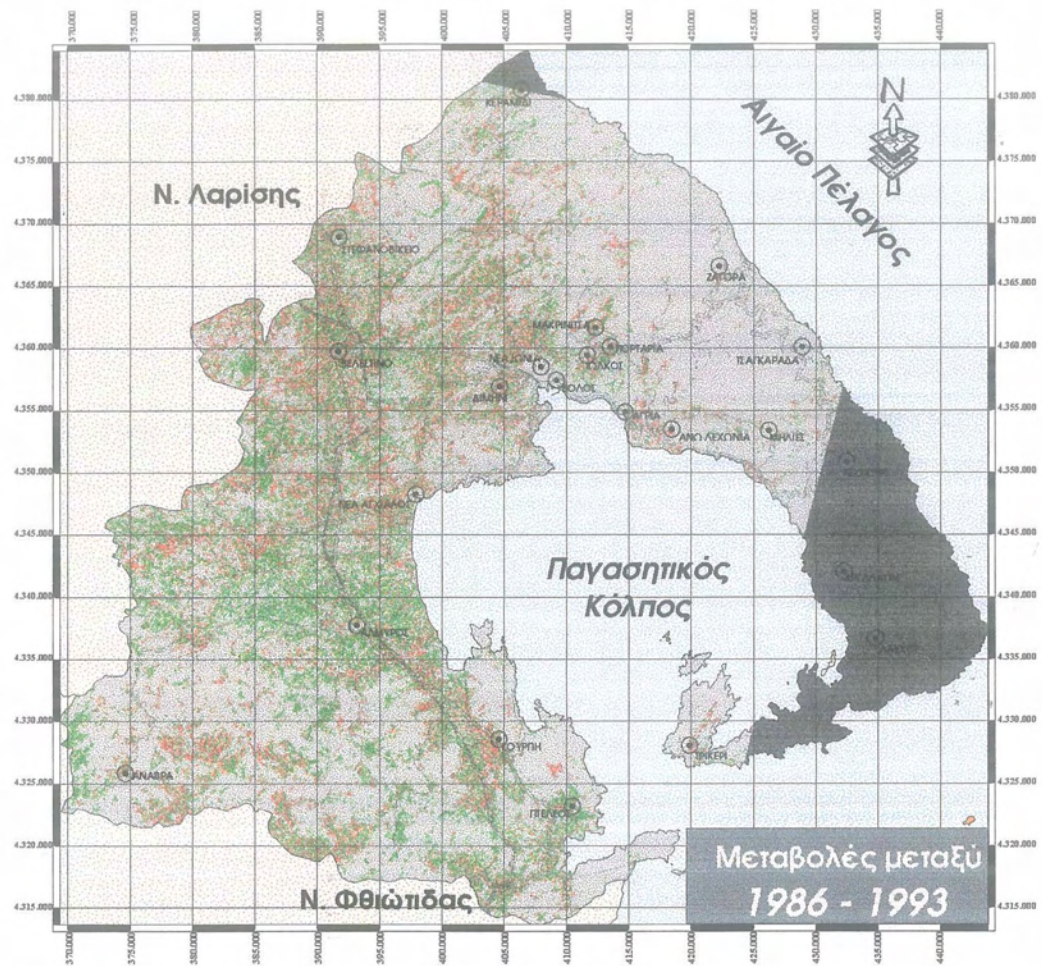
Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

7.4.9 Η περίπτωση των Οπωροφόρων δένδρων

Τα οπωροφόρα δένδρα είναι και αυτά μία ιδιαίζουσα περίπτωση καθώς, ανάμεσα στο 1986 και το 1997 εμφανίζονται σημαντικές αλλαγές (με κομβικό σημείο την ταξινόμηση του 1993) με βασικό χαρακτηριστικό, την μεγάλη αύξηση που εμφανίζεται ανάμεσα στο 1986 και το 1993 και αντίστοιχα την μείωση ανάμεσα στο 1993 και το 1997, για τους εξής λόγους:

1. Υπάρχει περίπτωση να έχει λάθη ταξινόμηση του 1993 και να παρουσιάζει μεγάλο ποσοστό οπωροφόρων. Έτσι, με την σωστή, όπως έχουμε δει και προηγούμενα, ταξινόμηση του 1997, τα λάθη εξαφανίζονται και γι αυτό εμφανίζεται η αντίθεση μεταξύ της δημιουργίας και καταστροφής κάλυψης γης.
2. Η μεγάλη αύξηση που παρατηρείται μέχρι το 1993 μπορεί να οφείλεται και στην παρουσία αρδευτικών προβλημάτων στην περιοχή οπότε έχουμε μετατροπή των αροτριάων καλλιεργειών σε οπωροφόρα.
3. Σημαντικό ρόλο παίζει και η ημερομηνία λήψεως των δορυφορικών εικόνων αφού η εικόνα του 1986 έχει ληφθεί τον Μάιο που τα σιτηρά είναι ακόμα πράσινα και μπορούν να έχουν μπερδευτεί (όσο αφορά τις ραδιομετρικές τους τιμές) με τα οπωροφόρα. Αντίθετα τον Ιούνιο, τα σιτηρά έχουν υψηλότερη ραδιομετρική τιμή και μπορούν να διαχωριστούν σαφώς από τα οπωροφόρα.
4. Τέλος, υπάρχει περίπτωση η μείωση μεταξύ 1993 και 1997 να οφείλεται στην αύξηση της τιμής του βαμβακιού, οπότε στην μείωση των οπωροφόρων λόγω μετατροπής τους σε μόνιμα αρδευόμενη γη.

Παρατηρώντας τον χάρτη των διαχρονικών μεταβολών που αναφέρεται στις αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν μεταξύ 1986 και 1997, μπορούμε να πούμε ότι στην περιοχή της Ανάβρας, έχει γίνει λάθος στην ταξινόμηση καθώς, το υψόμετρο είναι μεγάλο και είναι δύσκολη η παρουσία οπωροφόρων στην περιοχή, τα οποία μάλλον έχουν μπερδευτεί με αραιά δρυοδάση ή ελατοδάση. Επίσης, οι μηλιές εμφανίζονται στην περιοχή του Ανατολικού Πηλίου περισσότερο στην ταξινόμηση του 1997 σε σχέση με τις υπόλοιπες, όπως και στην περιοχή ανάμεσα στην Αγριά και τα Λεχώνια. Τέλος, η αύξηση που παρατηρείται στην περιοχή ανάμεσα στην Αγχιάλο και τον Αλμυρό είναι όντως μεγάλη αλλά όχι τόσο όσο παρουσιάζεται στον χάρτη των μεταβολών, οπότε έχουμε και εδώ λάθος της ταξινόμησης. Αντίθετα, η αύξηση στην περιοχή Ανάμεσα στο Στεφανοβίκειο και την Κάρλα είναι τόσο μεγάλη όσο παρουσιάζεται (αμυγδαλιές). Τα αποτελέσματα των διαχρονικών μεταβολών στην κατηγορία «οπωροφόρα» παρουσιάζονται στον χάρτη 29.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

Διπλωματική εργασία:	Κυρίμης Κώστας Μπέτσης Αλκης	ΧΑΡΤΗΣ 29
Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων	Διαχρονικές μεταβολές καλύψεων γης του Ν. Μαγνησίας, κατά τις τρεις χρονικές περιόδους ανα κατηγορία	
Κατηγορία : Οπωροφόρα		

<ul style="list-style-type: none"> Περιοχές εκτός του Ν. Μαγνησίας Περιοχές έλλειψης στοιχείων Περιοχές χωρίς μεταβολή κάλυψης Περιοχή καταστροφής καλύψεως γης Περιοχή δημιουργίας καλύψεως γης 	<ul style="list-style-type: none"> Έδρα νέων Δήμων Αυτοκινητόδρομοι Λοιπές Εθνικοί Οδοί Κύριες Επαρχιακοί Οδοί Λοιπές Οδοί
--	---

Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

7.4.10 Η περίπτωση της Σκληροφυλλικής βλάστησης και των φυσικών εκτάσεων

Αυτή η κατηγορία, όπως δείχνουν και τα ποσοστά στις ταξινομημένες εικόνες, είναι η κατηγορία με την μεγαλύτερη έκταση στον νομό. Αυτό συνεπάγεται ότι θα εμφανίζονται και οι σημαντικότερες μεταβολές των καλύψεων γης, αρκετές από τις οποίες θα ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα και άλλες, οι οποίες θα είναι λανθασμένες, πιθανόν να εμφανίσθηκαν κατά την διάρκεια της ταξινόμησης.

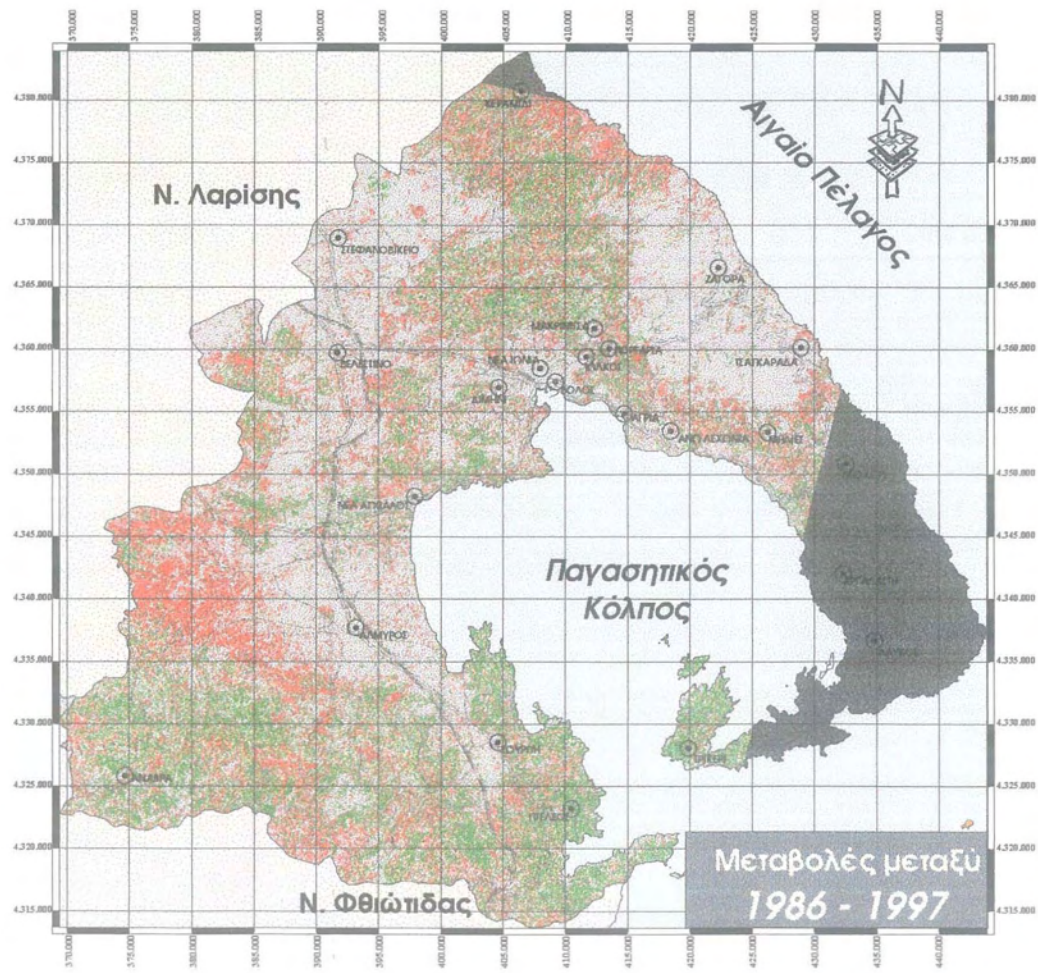
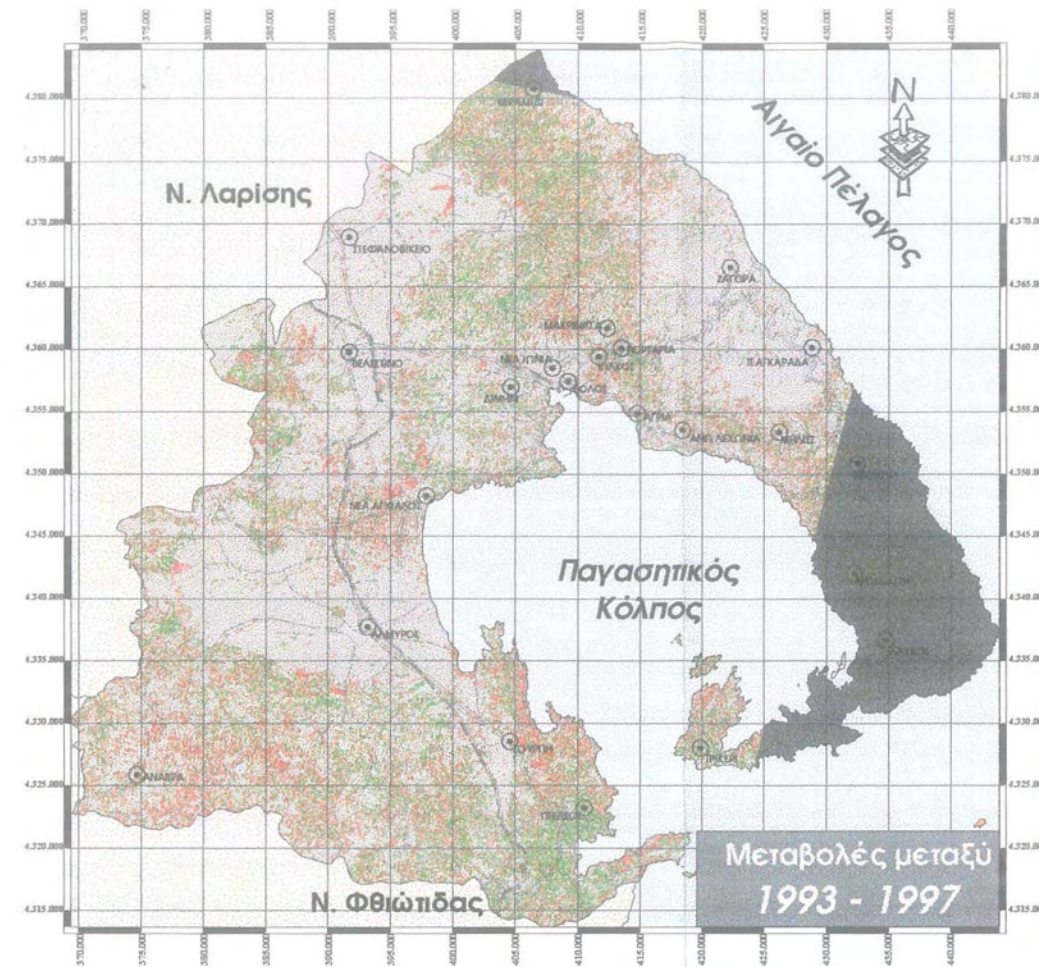
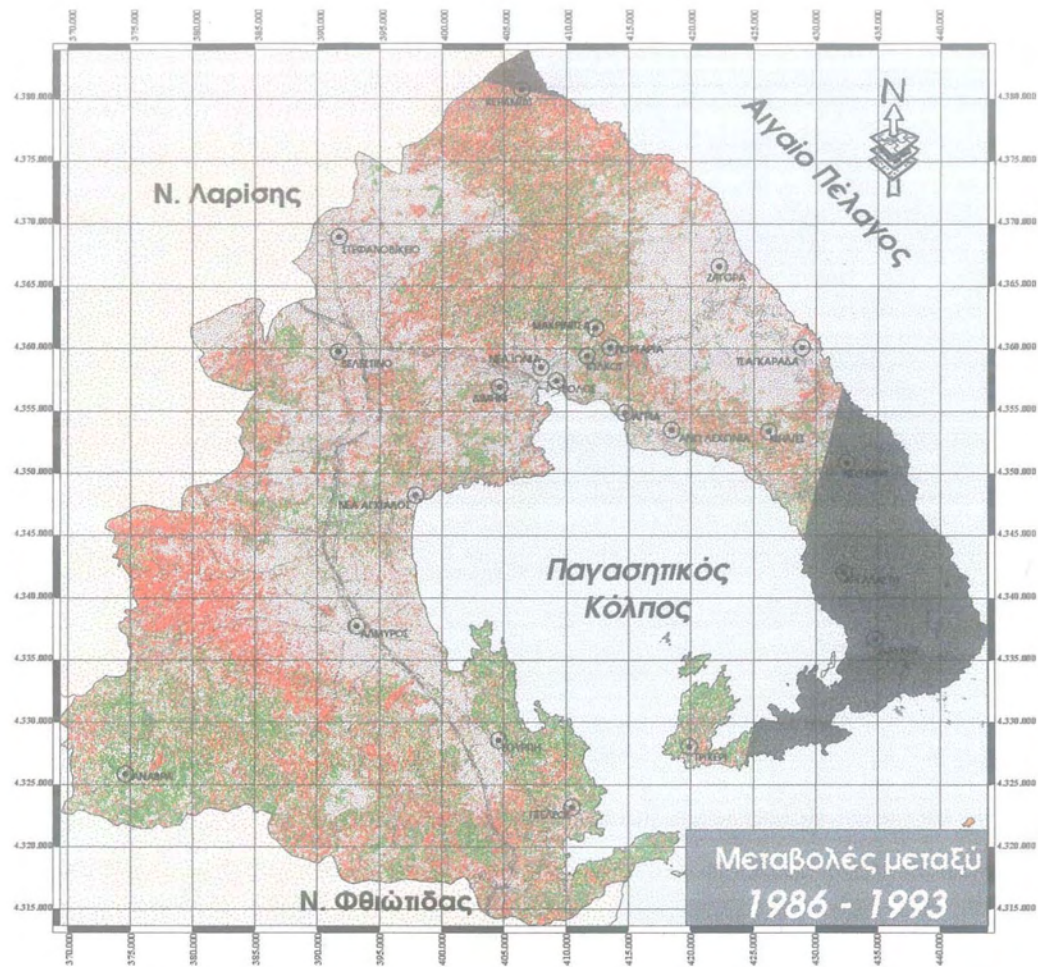
Ξεκινώντας τα γενικά σχόλια, παρατηρούμε πως οι περιοχές στις οποίες εμφανίζονται οι μεταβολές είναι περιοχές ορεινές με μεγάλες κλίσεις εδάφους και σε σχετικά υψηλά υψόμετρα. Οι περιοχές στις οποίες εμφανίζονται είναι, στη περιοχή του Κεντρικού Πηλίου, από την πλευρά του Παγασητικού κόλπου, ανάμεσα στις εκτάσεις που καταλαμβάνει η ελιά, τα δάση πλατύφυλλων και τα μικτά δάση. Ο δεύτερη σημαντική συγκέντρωση σκληροφυλλικής βλάστησης και φυσικών εκτάσεων είναι στο νότιο τμήμα του νομού προς την περιοχή του όρους Οθρύς, στην περιοχή της Αναβράς και τέλος στο βόρειο κομμάτι του Πηλίου προς την κοινότητα του Κεραμιδίου.

Σε αυτές τις περιοχές εμφανίζονται οι σημαντικότερες διαχρονικές αλλαγές στην συγκεκριμένη κάλυψη, οι οποίες ειδικότερα για την σκληροφυλλική βλάστηση μπορεί να είναι, η μεταβολή των εκτάσεων αυτών σε πιο πυκνά δάση (μικτό δάσος) ή οι περιοχές αυτές να εκχερσωθούν και να γίνουν καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Πιο συγκεκριμένα, στην περιοχή του Κεραμιδίου παρατηρείται, μετά το 1986 μία σημαντική έκταση που εξαφανίζεται και η οποία, πολύ πιθανόν, να αναβαθμίζεται σε μικτό δάσος, λόγω της μείωσης των κτηνοτρόφων και της βόσκησης και της μεταστροφής σε άλλους τομείς της οικονομικής δραστηριότητας.

Η δεύτερη μεγάλη μεταβολή στην συγκεκριμένη κατηγορία εμφανίζεται δυτικά του Αλμυρού. Η συγκεκριμένη περιοχή η είναι ίδια ακριβώς με αυτή που στην περίπτωση της μη αρδεύσιμης αρώσιμης γης υπολογίσθηκε ως περιοχή δημιουργίας της. Είναι, λοιπόν αυτό μια επιβεβαίωση του συμπεράσματος για την επέκταση των σιτηρών εις βάρος της σκληροφυλλικής βλάστησης. Αντιθέτως, εμφανίζεται επέκταση της συγκεκριμένης κατηγορίας προς την περιοχή της Ανάβρας με μια πιθανή εξήγηση του φαινομένου αυτού, την επέκταση της εις βάρος των μικτών δασών, πιθανόν λόγω της αύξησης της κτηνοτροφίας στην περιοχή. Βέβαια το γεγονός αυτό υπάρχει περίπτωση να οφείλεται στις λανθασμένες εκτιμήσεις των αλγορίθμων της ταξινόμησης.

Ένα άλλο εντοπισμένο λάθος, το οποίο δεν οφείλεται στην ταξινόμηση, είναι και η εμφάνιση περιοχών σκληροφυλλικής βλάστησης στην χερσόνησο της Σούρπης και του Αχιλλείου, μία περιοχή με κατεξοχήν εκτάσεις ελαιώνων. Αυτό είναι μία

«πλαστική» μεταβολή, εξαιτίας της καταστροφής των ελαιώνων και την μεταβολή της παρατηρούμενης από τον δορυφόρο ραδιομετρίας, που την έκανε παρόμοια με αυτήν των σκληροφυλλικών εκτάσεων. Η λανθάνουσα κατάσταση είναι πολύ έντονη στην χρονιά του 1993 αλλά, διορθώνεται με την πάροδο του χρόνου (1997) οπότε αποκαθίστανται τα ελαιόδενδρα και αρχίζει μια αντίστροφη πορεία με την εμφάνιση ελαιώνων και την εξαφάνιση σκληροφυλλικών εκτάσεων (εικόνα μεταβολών μεταξύ του 1993-1997 στην περιοχή της Σούρπης). Τα παραπάνω συμπεράσματα εξάγονται από τον χάρτη 30, που παρουσιάζει τις διαχρονικές μεταβολές της σκληροφυλλικής βλάστησης και των φυσικών εκτάσεων.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
 Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

Διπλωματική εργασία: Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων	Κυρίμης Κώστας Μπέτσας Αλκης	ΧΑΡΤΗΣ 30
Διαχρονικές μεταβολές καλύψεων γης του Ν. Μαγνησίας, κατά τις τρεις χρονικές περιόδους ανα κατηγορία Κατηγορία : Σκληροφυλλική Βλάστηση και Φυσικές Εκτάσεις		

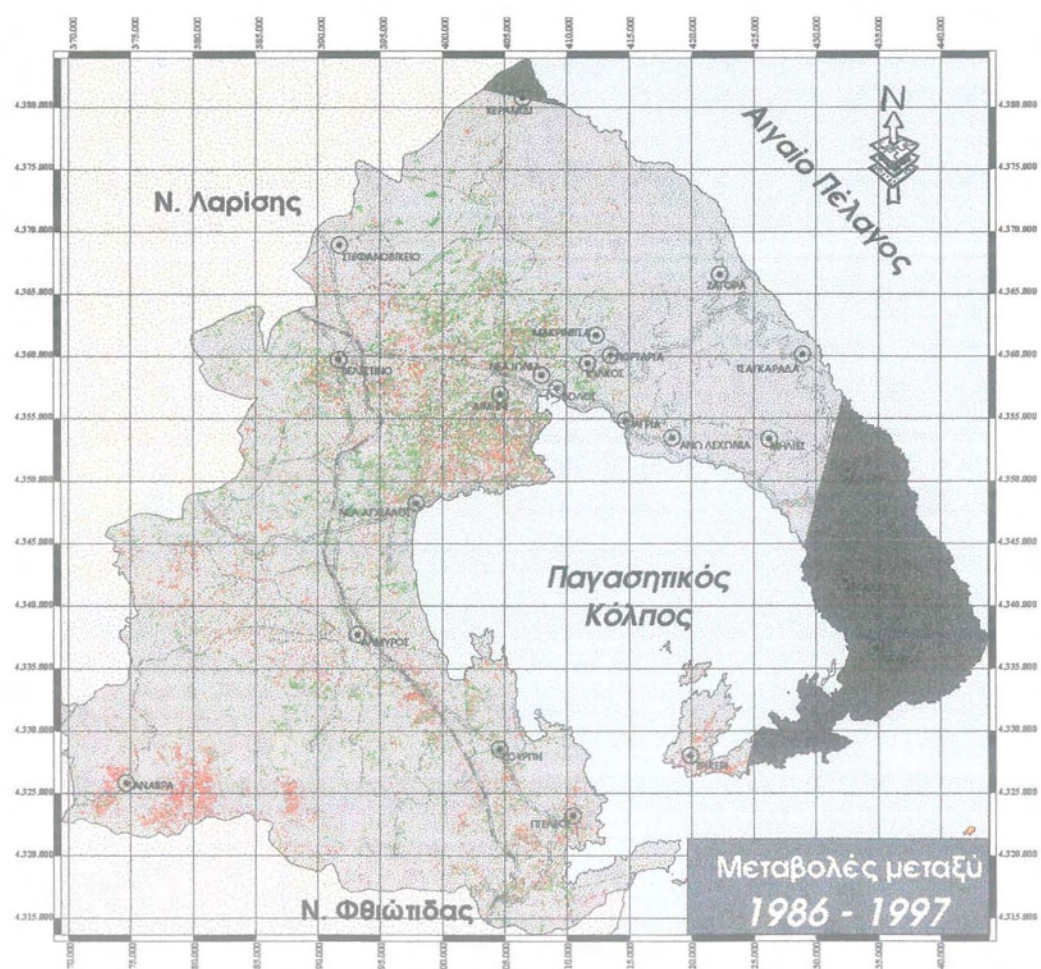
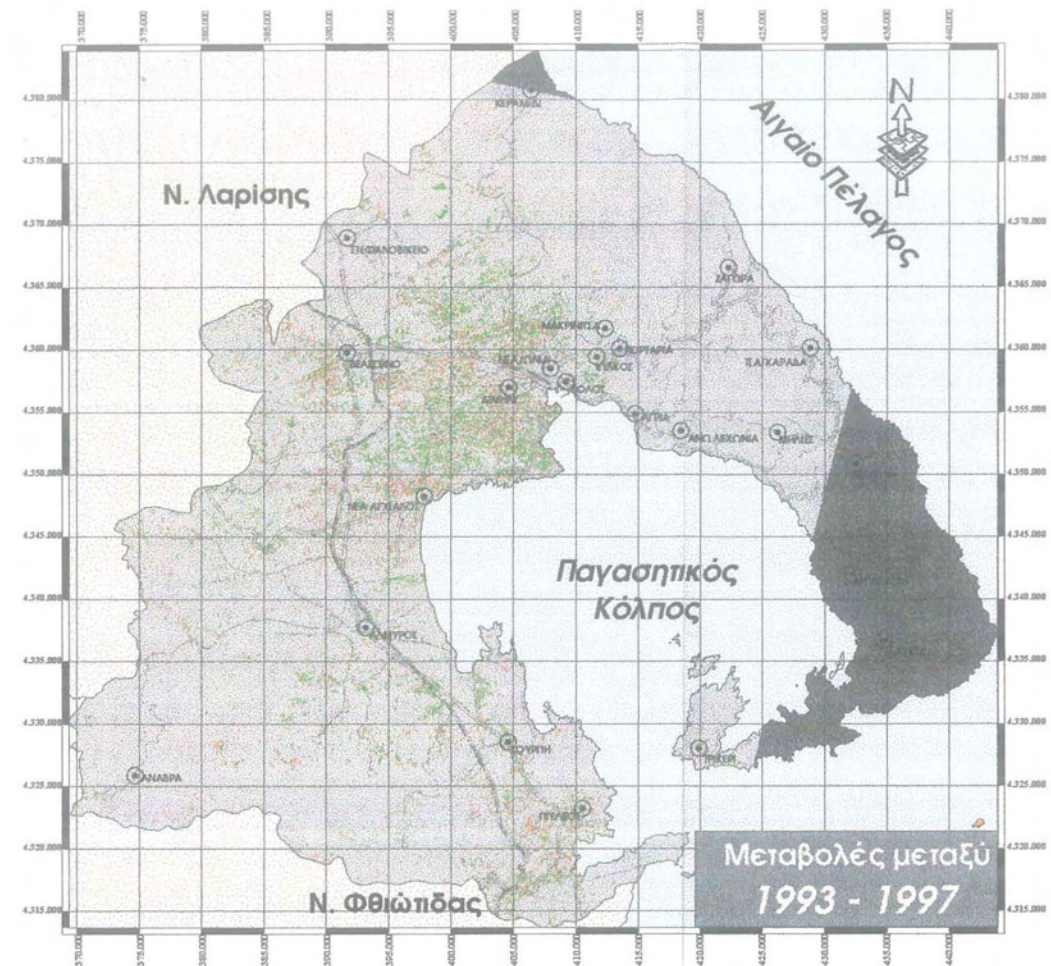
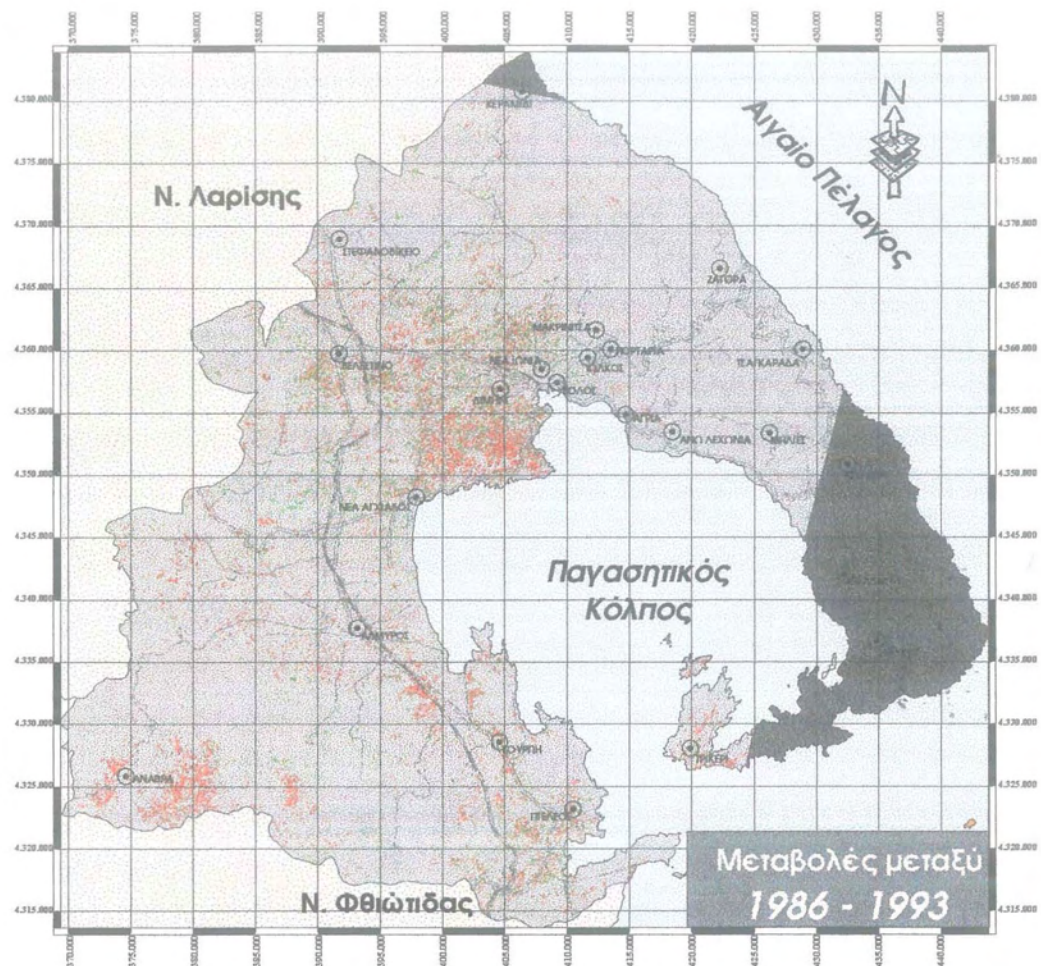
□ Περιοχές εκτός του Ν. Μαγνησίας	● Έδρα νέων Δήμων
■ Περιοχές έλλειψης στοιχείων	↗ Αυτοκινητόδρομοι
□ Περιοχές χωρίς μεταβολή κάλυψης	↘ Λοιπές Εθνικοί Οδοί
■ Περιοχή καταστροφής καλύψεως γης	↘ Κύριες Επαρχιακοί Οδοί
■ Περιοχή δημιουργίας καλύψεως γης	↘ Λοιπές Οδοί

Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87
 5 0 5 10 15 Kilometers

Εργαστήριο Αγροτικού Χώρου και Εργαστήριο Γεωγραφικών Ερευνών & Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού (Μονάδα Τηλεπισκόπησης)

7.4.11 Η περίπτωση της συνεχούς αστικής δόμησης

Ως περιοχές συνεχούς αστικής δόμησης θεωρούνται οι περιοχές της πόλεως του Βόλου, του Αλμυρού και σε μικρότερο ποσοστό του Βελεστίνου. Στον χάρτη των διαχρονικών μεταβολών τα αποτελέσματα παρουσιάζονται βασικά μόνο στην περιοχή του Π.Σ. Βόλου και κάπως λιγότερο στον Αλμυρό. Το μοναδικό πρόβλημα δημιουργείται από την ταξινόμηση του 1993 όπου δεν ταξινομείται ως συνεχής αστική δόμηση το σύνολο του Π.Σ. Βόλου αλλά, ένα τμήμα του ταξινομείται ως διακεκομμένη αστική δόμηση. Γι αυτό τον λόγο, και στον χάρτη μεταβολών ανάμεσα στο 1986 και 1993 εμφανίζεται ο Βόλος και σε μικρότερο ποσοστό ο Αλμυρός, να έχουν απώλεια συνεχούς αστικής δόμησης. Βέβαια, στην ταξινόμηση του 1997, η οποία πλησιάζει περισσότερο στην πραγματικότητα, η περιοχή του Βόλου επαναταξινομείται ως συνεχής αστική δόμηση, με τάσης επέκτασης προς τον Βορρά (μάλλον ο Άνω Βόλος και ο Δήμος Ιωλκού) και προς τα δυτικά, όπου και ταξινομείται λανθασμένα και ένα τμήμα της ΒΙ.ΠΕ. λόγω της συγκέντρωσης των κτιρίων που εμφανίζονται στην περιοχή. Τα αποτελέσματα των διαχρονικών αλλαγών παρουσιάζονται στον χάρτη 31.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
 Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

Διπλωματική εργασία: Κυρίμης Κώστας, Μπέτσης Αλκης

ΧΑΡΤΗΣ 31

Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων

Διαχρονικές μεταβολές καλύψεων γης του Ν. Μαγνησίας, κατά τις τρεις χρονικές περιόδους ανα κατηγορία
 Κατηγορία : Συνεχής Αστική Δόμηση

- Περιοχές εκτός του Ν. Μαγνησίας
- Περιοχές έλλειψης στοιχείων
- Περιοχές χωρίς μεταβολή κάλυψης
- Περιοχή καταστροφής καλύψεως γης
- Περιοχή δημιουργίας καλύψεως γης
- Έδρα νέων Δήμων
- Αυτοκινητόδρομοι
- Λοιπές Εθνικοί Οδοί
- Κύριες Επαρχιακοί Οδοί
- Λοιπές Οδοί

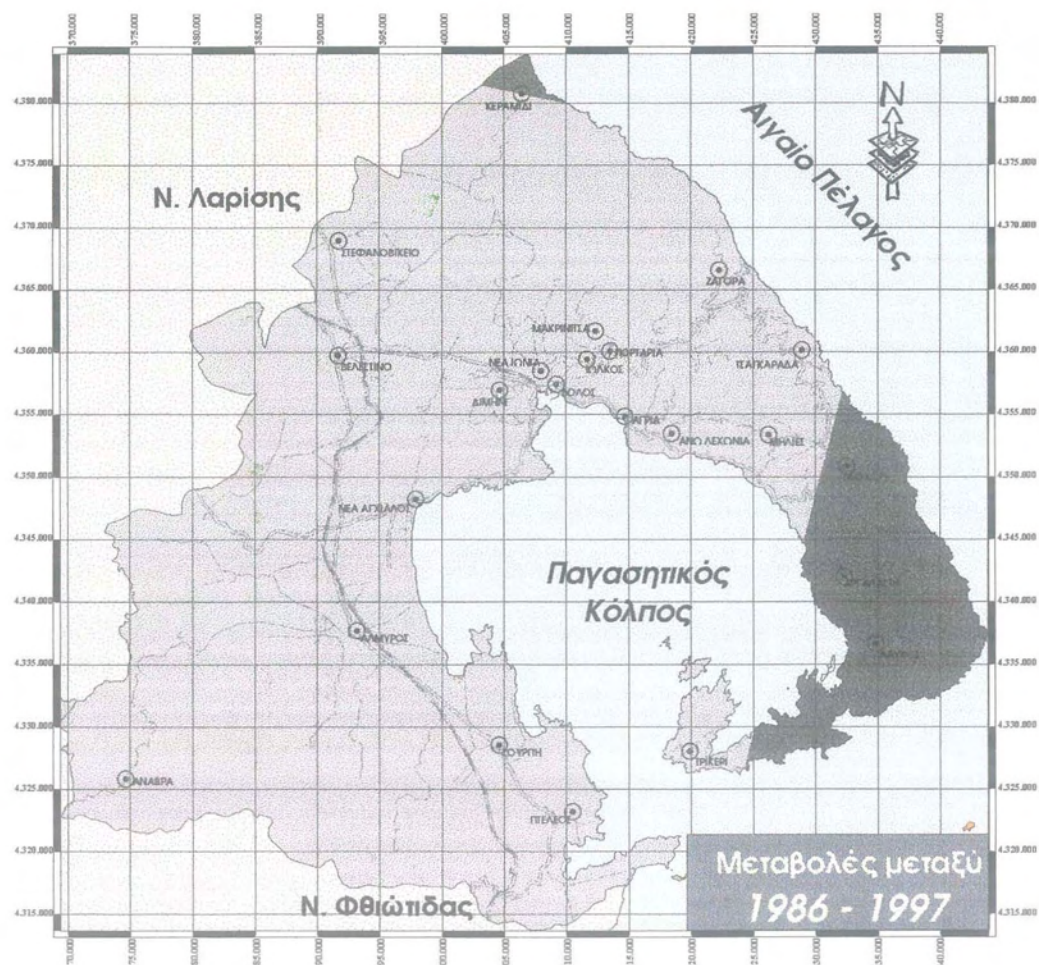
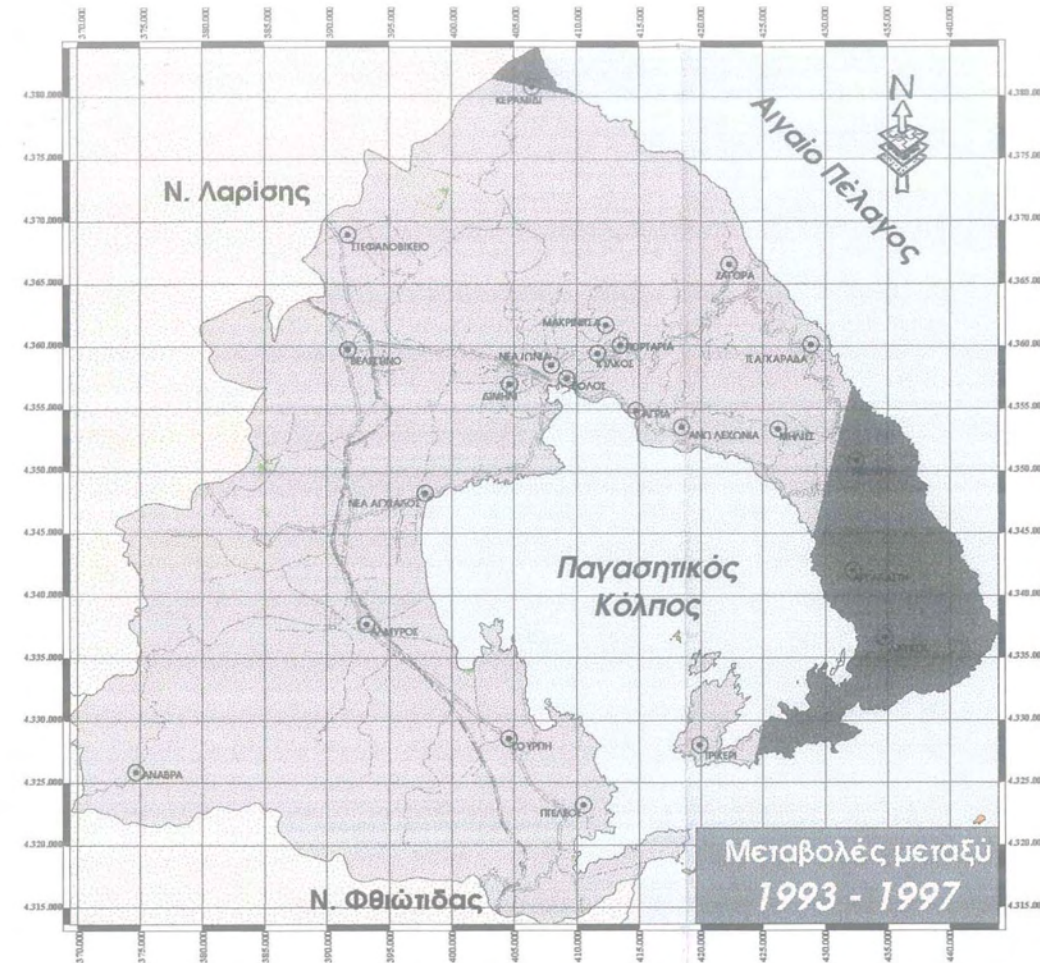
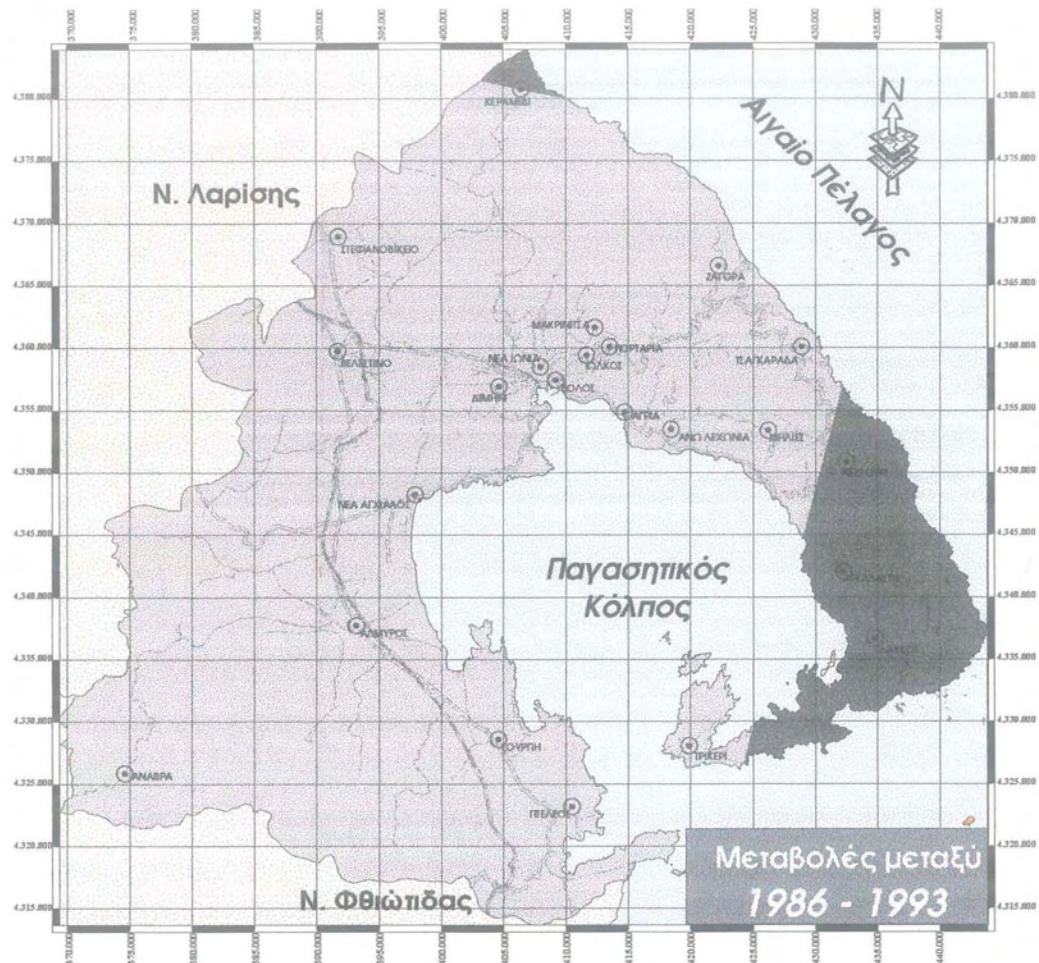
Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

0 5 10 15 Kilometers

7.4.12 Η περίπτωση των παραθαλάσσιων βάλτων

Η κατηγορία αυτή παρουσιάζει το μικρότερο πραγματικό ποσοστό κάλυψης επί του νομού. Οι παραθαλάσσιοι βάλτοι είναι χωρικά προσδιορισμένοι στον νομό (στην περιοχή του Πτελεου και της Σούρπης) και γι αυτό τον λόγο δεν εντοπίζονται πουθενά επί των ταξινομήσεων, εκτός από μια λανθασμένη περιοχή στα δυτικά της Αγκιάλου στην ταξινόμηση του 1993. Η μόνη παρατήρηση που μπορεί να γίνει όσο αφορά τις διαχρονικές μεταβολές στην κατηγορία αυτή είναι για την περιοχή της Κάρλας όπου στην ταξινόμηση του 1993, οπότε και είχε δημιουργηθεί ο ταμιευτήρας, εμφανίζεται δημιουργία μια μικρής ζώνης παραθαλάσσιων βάλτων γύρω από την περιοχή του ταμιευτήρα, που έπειτα από επιτόπια παρατήρηση είναι πραγματική.

Τα παραπάνω εμφανίζονται στον χάρτη 32, όσο αφορά κάθε ημερομηνία.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
 Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

Διπλωματική εργασία:	Κυρίνης Κώστας	ΧΑΡΤΗΣ 32
Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων	Μπέτσας Αλκης	
Διαχρονικές μεταβολές καλύψεων γης του Ν. Μαγνησίας, κατά τις τρεις χρονικές περιόδους ανα κατηγορία Κατηγορία : Παραθαλάσσιοι Βάλτοι		

□ Περιοχές εκτός του Ν. Μαγνησίας	⊙ Έδρα νέων Δήμων
■ Περιοχές έλλειψης στοιχείων	⚡ Αυτοκινητόδρομοι
□ Περιοχές χωρίς μεταβολή κάλυψης	⚡ Λοιπές Εθνικοί Οδοί
■ Περιοχή καταστροφής καλύψεως γης	⚡ Κύριες Επαρχιακοί Οδοί
■ Περιοχή δημιουργίας καλύψεως γης	⚡ Λοιπές Οδοί

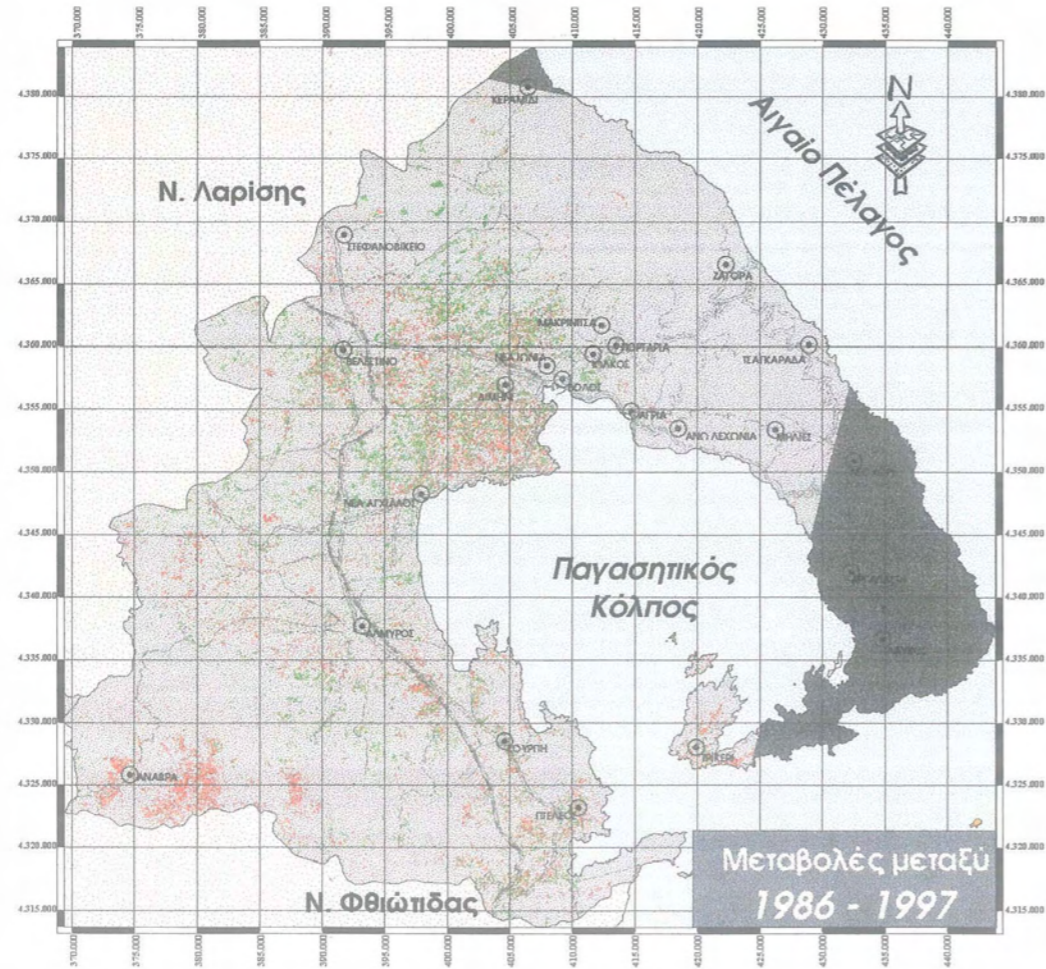
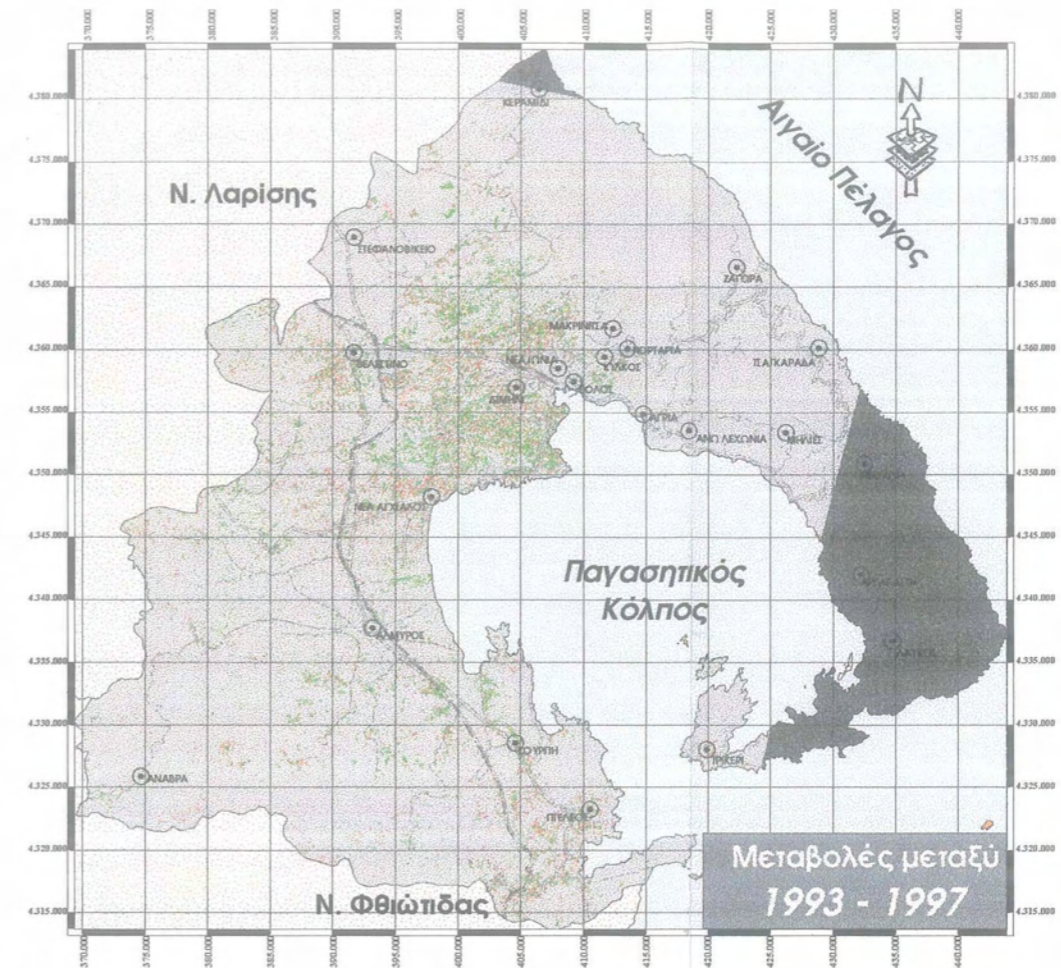
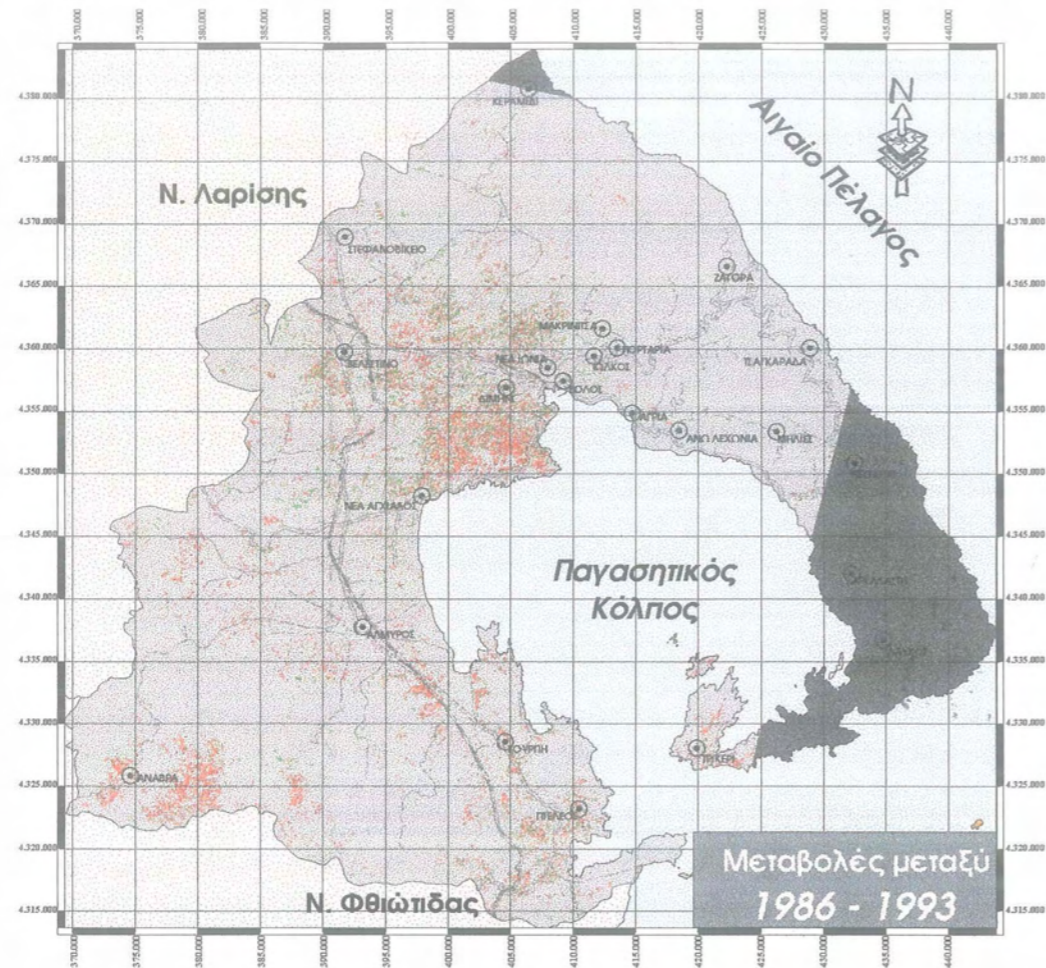
Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87

0 5 10 15 Kilometers

7.4.13 Η περίπτωση των θάμνων και χερσότοπων

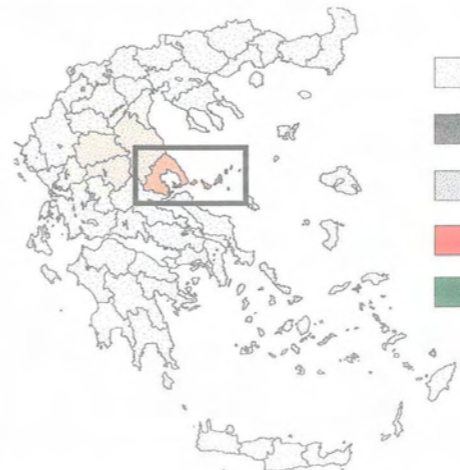
Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τις περιοχές με ελάχιστο ποσοστό φυτικής κάλυψης, που στην πραγματικότητα βρίσκονται σε ολόκληρο το εύρος του νομού. Οι διαχρονικές μεταβολές που εμφανίζονται με την βοήθεια των ταξινομήσεων αφορούν κυρίως την περιοχή που περικλείεται από τις πόλεις του Βόλου, της Νέας Αγχιάλου, του Βελεστίου και της Μακρινίτσας και την περιοχή της Ανάβρας. Αρχικά, πρέπει να αναφερθεί ότι οι σημειακές μεταβολές που εμφανίζονται κυρίως στον κάμπο, είναι δύσκολο να εξεταστούν και αφορούν μικρές περιπτώσεις, οι οποίες είτε είναι σωστές ή παρουσιάζονται ως σφάλματα της ταξινόμησης. Το κομβικό σημείο στην διαχρονική εξέλιξη της κατηγορίας αυτής είναι η ταξινόμηση του 1993. Κατά την διάρκεια της περιόδου 1986-1993 εμφανίζεται μια σημαντική καταστροφή στην κατηγορία αυτή, ειδικά στην περιοχή ανάμεσα στον Βόλο και την Νέα Αγχιάλο όπως και στην Ανάβρα, η οποία βασικά οφείλεται στις κτηνοτροφικές δραστηριότητες που ήταν αυξημένες την περίοδο αυτή (όσο αφορά την πρώτη περιοχή), ενώ στην περιοχή της Ανάβρας μετατράπηκε και σε σκληροφυλλική βλάστηση και φυσικές εκτάσεις, από την μία λόγω της φυσικής αλυσίδας και από την άλλη λόγω της κτηνοτροφικής δραστηριότητας.

Αντίθετα, κατά την περίοδο 1993-1997 έχουμε μια σημαντική αύξηση της κατηγορίας γύρω από την πόλη του Βόλου, λόγω της μείωσης του κτηνοτροφικού κεφαλαίου, που επέτρεψε στην κατηγορία να αναπτυχθεί, χωρίς τον φόβο των αιγοπροβάτων, όπως και της απουσίας πυρκαγιών στην περιοχή, οι οποίες δεν κατέστρεψαν κάποιο ποσοστό της κατηγορίας. Τέλος, εκτός από την κτηνοτροφική δραστηριότητα, υπάρχει περίπτωση η μείωση της κατηγορίας στην ταξινόμηση του 1993 να οφείλεται σε σφάλμα της ίδιας της ταξινόμησης, οπότε κάποιο ποσοστό κάλυψης γης της κατηγορίας να μην ταξινομείται. Τα αποτελέσματα των διαχρονικών μεταβολών της κατηγορίας «θάμνοι και χερσότοποι» εμφανίζονται στον χάρτη 33.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
 Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας & Περιφερειακής Ανάπτυξης

Διπλωματική εργασία: Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Νομού Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με την χρήση δορυφορικών εικόνων	Κυρίμης Κώστας Μπέτσης Αλκης	ΧΑΡΤΗΣ 33
Διαχρονικές μεταβολές καλύψεων γης του Ν. Μαγνησίας, κατά τις τρεις χρονικές περιόδους ανα κατηγορία Κατηγορία : Θάμνοι και Χερσότοποι		



- Περιοχές εκτός του Ν. Μαγνησίας
- Περιοχές έλλειψης στοιχείων
- Περιοχές χωρίς μεταβολή κάλυψης
- Περιοχή καταστροφής καλύψεως γης
- Περιοχή δημιουργίας καλύψεως γης
- Έδρα νέων Δήμων
- Αυτοκινητόδρομοι
- Λοιπές Εθνικοί Οδοί
- Κύριες Επαρχιακοί Οδοί
- Λοιπές Οδοί

Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87
 5 0 5 10 15 Kilometers

Εργαστήριο Αγροτικού Χώρου και Εργαστήριο Γεωγραφικών Ερευνών & Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού (Μονάδα Τηλεπισκόπησης)

7.5 Επίλογος – Συμπεράσματα

Τελειώνοντας το κεφάλαιο των διαχρονικών μεταβολών των καλύψεων γης, αναφέρονται ορισμένα βασικά συμπεράσματα που πηγάζουν από την μελέτη των 13 διαφορετικών κατηγοριών. Σε γενικές γραμμές, ανιχνεύθηκαν σημαντικές αλλαγές διαχρονικά στις κατηγορίες κάλυψης γης, όχι όμως πάντα στον βαθμό που παρουσιάζονται, δηλαδή, υπήρχε περίπτωση που η ταξινόμηση μιας ημερομηνίας να παρουσίαζε λανθασμένα αποτελέσματα, οπότε να επηρεάζοταν το σύνολο των διαχρονικών αλλαγών προς κάποια κατεύθυνση (μεγάλο ποσοστό δημιουργίας κάποιας κάλυψης ή αντίστοιχα μεγάλη μείωση του ποσοστού).

Επίσης, σημαντική προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην αλληλοσυσχέτιση των κατηγοριών που παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά (π.χ. σκληροφυλλική βλάστηση με θάμνους) όπως και στις σχέσεις των κατηγοριών κάλυψης γης που αντικαθιστούν η μία την άλλη σε διάφορες περιοχές (π.χ. στην περιοχή της Ανάβρας όπου τα σιτηρά «ανεβαίνουν» προς μεγαλύτερα υψόμετρα, αντικαθιστώντας τους θάμνους) λόγω κάποιων συγκεκριμένων πολιτικών που έχουν ακολουθηθεί.

Τέλος, στην προσπάθεια μελέτης των διαχρονικών αλλαγών των καλύψεων γης, καλό είναι να γνωρίζονται τυχόν φυσικές καταστροφές που έχουν πλήξει την περιοχή, όπως πυρκαγιές, ισχυρές χιονοπτώσεις, πλημμύρες κ.α., ώστε αφενός, να γνωρίζεται το μέγεθος των ζημιών που έχουν προκαλέσει οι καταστροφές αυτές, αφετέρου για την διασταύρωση των αποτελεσμάτων της μεθόδου που ακολουθήθηκε. Γενικά, πιστεύουμε πως με την χρησιμοποίηση της μεθόδου της διαφοράς των εικόνων μπορούν να ανιχνευθούν εύκολα και σίγουρα οι διαχρονικές μεταβολές των καλύψεων γης, που εκτός από την σημασία που έχουν στην παρούσα εργασία, έχουν σημασία και στον ευρύτερο σχεδιασμό του χώρου.

Συμπεράσματα – Προτάσεις

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, βασικός σκοπός της εργασίας αυτής είναι να αναδείξει την άμεση χρήση και εφαρμογή των μεθοδολογικών εργαλείων της Τηλεπισκόπησης σε ουσιαστικά θεματικά προβλήματα. Αυτό επιτεύχθηκε με την χρησιμοποίηση διαφόρων μεθόδων και τεχνικών, όπως οι ταξινομήσεις και η μελέτη των διαχρονικών αλλαγών, για την έρευνα ορισμένων θεματικών καλύψεων γης, που στην συγκεκριμένη περίπτωση οδηγούν στην παραγωγή θεματικών χαρτών που απεικονίζουν τις διαχρονικές μεταβολές των συγκεκριμένων κατηγοριών κάλυψης γης. Τα παραπάνω δημιουργήθηκαν με την χρήση σύγχρονων δεδομένων (δορυφορικής και ψηφιακής μορφής) και εργαλείων (γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών και εντοπισμού θέσεως, G.P.S.) στο πλαίσιο ενός Κοινοτικού Προγράμματος για το περιβάλλον, όπως είναι το Πρόγραμμα LIFE.

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκαν τόσο εργαστηριακές μέθοδοι (γεωμετρική διόρθωση των δορυφορικών εικόνων, ταξινομήσεις κ.α) όσο και επιτόπιες δειγματοληψίες και επαληθεύσεις (με την χρήση G.P.S.) που οδήγησαν σε ικανοποιητικά χαρτογραφικά αποτελέσματα, ως προς τις πραγματικά υπάρχουσες καλύψεις γης.

Τα βασικά συμπεράσματα της παρούσας εργασίας μπορούν να χωριστούν σε δύο τμήματα: Στα **μεθοδολογικά συμπεράσματα**, που σχετίζονται με τις διαδικασίες και μεθόδους που εφαρμόστηκαν για την εξαγωγή των θεματικών χαρτών όλων των ειδών (από τον χάρτη της σύμπτωσης των δορυφορικών εικόνων Landsat & SPOT έως τους χάρτες των διαχρονικών μεταβολών των καλύψεων γης) και στα **θεματικά συμπεράσματα** που αφορούν την εξέταση των χωρικών και ποσοτικών αποτελεσμάτων της διαχρονικής μελέτης των καλύψεων γης.

Τα μεθοδολογικά συμπεράσματα που μπορούν να αναφερθούν είναι τα εξής:

- Η επιλογή της περιοχής μελέτης ήταν πολύ σωστή, αφενός γιατί υπήρχαν τα δορυφορικά δεδομένα για τρεις ημερομηνίες, αφετέρου, γιατί υπήρχε η δυνατότητα άμεσων επιτόπιων δειγματοληψιών και επαληθεύσεων χωρίς να χρειάζονται μεγάλες μετακινήσεις από τον τόπο εργασίας.
- Η χρησιμοποίηση δεδομένων των δορυφόρων Landsat και SPOT και ιδιαίτερα του Landsat, δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα, αλλά για την εξαγωγή λεπτομερέστερων αποτελεσμάτων χρειάζονται δορυφορικά δεδομένα μεγαλύτερης διακριτικής ικανότητας (όπως ο δορυφόρος KVR-1000 που παρέχει διακριτική ικανότητα 3x3 μέτρα ή ακόμα καλύτερα, στο άμεσο μέλλον, ο νέος δορυφόρος IKONOS με διακριτική ικανότητα ενός μέτρου). Έτσι, χρησιμοποιήθηκαν τα υπάρχοντα δεδομένα και τα αποτελέσματα που εξάγονται

- από την παρούσα εργασία και για το επίπεδο της μελέτης είναι πολύ ικανοποιητικά.
- Η χρήση των συστημάτων εντοπισμού θέσεως (G.P.S.) του Τμήματος, είχε σημαντικό ρόλο στην παρούσα εργασία καθώς ελέγχθηκε η ακρίβεια των δειγματοληπτικών περιοχών ως προς τις ταξινομήσεις και η ακρίβεια των ταξινομήσεων ως προς τις πραγματικές καλύψεις γης. Η χρήση των G.P.S. πρέπει να γίνει **απαραίτητο εργαλείο αιχμής** για τέτοιου είδους εργασίες αφού παρέχει μεγάλη χωρική ακρίβεια (στην περίπτωση μας) και χωρικό έλεγχο των επεξεργασιών που έχουν πραγματοποιηθεί. Βέβαια, η ακρίβεια παρουσιάζει κάποια διακύμανση από περίπτωση σε περίπτωση καθώς στην παρούσα εργασία, η ακρίβεια που χρειαζόταν έπρεπε να είναι της τάξης μεγέθους του pixel του δορυφόρου Landsat, δηλαδή περίπου 15 μέτρα από το μέσο του pixel οπότε οι δειγματοληψίες μπορούσαν να πραγματοποιηθούν και με το σύστημα G.P.S. μικρότερης ακρίβειας, δηλαδή το G.P.S. της εταιρείας Garmin. Όμως, για τον έλεγχο της λεπτομερέστερης ακρίβειας των παραπάνω μετρήσεων, χρησιμοποιήθηκε επιπλέον το G.P.S. της εταιρείας Ashtech που δίνει ακρίβεια εκατοστού και αποδείχθηκε ότι οι μετρήσεις είχαν όντως σφάλμα το πολύ 15 μέτρα, άρα στα όρια του pixel. Τα παραπάνω όργανα αποτελούν εξοπλισμό του Τμήματος ΜΧΠΑ.
 - Κατά την διαδικασία της γεωμετρικής διόρθωσης, πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένες σημαντικές παράμετροι, όπως ο αριθμός των σημείων ελέγχου επί του εδάφους (GCPs), οι μέθοδοι μετατόπισης και μετατροπής που θα ακολουθηθούν και ο έλεγχος του RMS error, δηλαδή του σφάλματος της γεωμετρικής διόρθωσης. Στην παρούσα εργασία, τα 14 GCPs που ελήφθησαν είναι ικανοποιητικός αριθμός καθώς το RMS error, που εξαρτάται άμεσα από αυτά κυμάνθηκε γύρω στην χαρτογραφική μονάδα (pixel), γεγονός απόλυτα ικανοποιητικό. Υπήρχε βέβαια περίπτωση με την λήψη περισσότερων GCPs το σφάλμα της διόρθωσης να ήταν μικρότερο αλλά πιστεύουμε πως, στο πλαίσιο αυτής της εργασίας το σφάλμα γύρω στην μονάδα είναι αρκετό. Επίσης, οι μέθοδοι γεωμετρικής διόρθωσης που χρησιμοποιήθηκαν, δηλαδή ο γεωμετρικός μετασχηματισμός και η μέθοδος του κοντινότερου σημείου παρουσίαζαν τα περισσότερα πλεονεκτήματα και έδωσαν την μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια στην γεωμετρική διόρθωση. Συμπεραίνοντας, η μεγαλύτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην σωστή λήψη των GCPs και στον έλεγχο του RMS error καθώς η **γεωμετρική διόρθωση αποτελεί το κομβικό σημείο** σε κάθε εργασία που απαιτεί ανόρθωση σε πραγματικές γεωγραφικές συντεταγμένες κάποιου συστήματος αναφοράς.
 - Η διαδικασία των ταξινομήσεων αποτελεί ένα από τα βασικότερα τμήματα της παρούσας εργασίας. Κατά την διάρκεια της εφαρμογής της, πρέπει να ληφθούν υπόψη μια σειρά παράγοντες που επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα, δηλαδή την ακρίβεια επί του εδάφους. Οι παράγοντες αυτοί είναι: 1) η **ομοιογένεια των**

δειγματοληπτικών περιοχών για κάθε μία από τις ημερομηνίες λήψεως, 2) η εύρεση του κατάλληλου συνδυασμού φασματικών καναλιών ώστε οι φασματικές υπογραφές των διάφορων καλύψεων γης να είναι όσο το δυνατόν διαχωρίσιμες και 3). η εύρεση της κατάλληλης μεθόδου ταξινόμησης που παρέχει τα πιο ακριβή αποτελέσματα. Στην παρούσα εργασία, η ομοιογένεια των δειγματοληπτικών περιοχών που ελήφθησαν καθορίστηκε στην δορυφορική εικόνα του 1997 οπότε, δεν εξασφαλίστηκε η απόλυτη ομοιογένεια των δειγματοληπτικών περιοχών κάποιας κάλυψης γης για τις δύο άλλες ημερομηνίες του 1986 και του 1993 αφού είναι πολύ δύσκολο, για όλες τις κατηγορίες κάλυψης γης, να εξασφαλιστεί αυτό. Έτσι, παρατηρείται μικρότερη ακρίβεια στις ταξινομήσεις του 1986 και του 1993 λόγω της έλλειψης ομοιογένειας. Δεύτερο, οι φασματικές υπογραφές των κατηγοριών κάλυψης γης δεν διαχωρίζονται απόλυτα με την χρησιμοποίηση και των 7 φασματικών καναλιών αλλά, έπειτα από εξέταση κάθε φασματικού καναλιού ξεχωριστά παρατηρείται ότι το πρόβλημα δημιουργείται λόγω της παρουσίας του βου (θερμικού) καναλιού του δορυφόρου Landsat, το οποίο και αφαιρείται από την διαδικασία δημιουργίας των φασματικών υπογραφών και έτσι οι κατηγορίες κάλυψης γης είναι οπτικά και ραδιομετρικά διαχωρίσιμες, εκτός από ορισμένες περιπτώσεις (οπωροφόρα και διακεκομμένη αστική δόμηση). Όσο αφορά την ακρίβεια των δειγματοληπτικών περιοχών, η μεγαλύτερη ακρίβεια επιτεύχθηκε για την ταξινόμηση της μέγιστης πιθανοφάνειας του 1997 και έφτασε στο 77% ενώ, η μικρότερη είναι για την ταξινόμηση με την μέθοδο των ελάχιστων αποστάσεων και έφτασε στο 50%. Η ακρίβεια αυτή δεν εξετάστηκε για τις δύο άλλες ημερομηνίες για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω. Αντίστοιχα στον έλεγχο της ακρίβειας των καλύψεων γης, τα αποτελέσματα που εμφανίστηκαν έδωσαν μεγάλο ποσοστό ακρίβειας (στο 70%) στην μέθοδο ταξινόμησης της μέγιστης πιθανοφάνειας για το 1997 και μικρότερο ποσοστό ακρίβειας στην μέθοδο ταξινόμησης των παρ/δων με ποσοστό 25%. Έτσι, βλέπουμε ότι η μέθοδος ταξινόμησης της μέγιστης πιθανοφάνειας παρουσιάζει τα ακριβέστερα αποτελέσματα και θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε τέτοιου είδους εργασίες, εκτός από ειδικές περιπτώσεις. Οι ακρίβειες που επιτεύχθηκαν είναι σχετικά υψηλές (70% για το 1997) αλλά θα μπορούσαν να είναι υψηλότερες αν είχε εξασφαλιστεί η ομοιογένεια των δειγματοληπτικών περιοχών και είχε ληφθεί μεγαλύτερος αριθμός δειγματοληψιών. Παρόλα αυτά, δεν παύει να είναι μια αρκετά ακριβής ταξινόμηση.

- Τέλος, η μέθοδος υπολογισμού των διαχρονικών μεταβολών των κατηγοριών κάλυψης γης η οποία χρησιμοποιήθηκε είναι η πιο απλή μέθοδος αφού υπολογίζει τις μεταβολές των εικόνων με μια απλή αφαίρεση. Τα αποτελέσματα της χρήσεως της μεθόδου παρουσιάζονται στα θεματικά συμπεράσματα

Τα θεματικά συμπεράσματα που εξάγονται αφορούν τις γενικές μεταβολές των κατηγοριών κάλυψης γης που εξετάστηκαν αναλυτικά στο κεφάλαιο 7. Γενικά, στην περίοδο των 11 χρόνων που αναφέρεται η παρούσα εργασία, δεν σημειώθηκαν σημαντικές αλλαγές στον Νομό. Τα αστικά κέντρα (Βόλος, Αλμυρός) γνώρισαν μια φυσιολογική επέκταση, όπως και οι μεγάλες κοινότητες του Ανατολικού Πηλίου και των παράλιων του Παγασητικού κόλπου. Ιδιαίτερης αναφοράς χρίζει η αύξηση των παράκτιων κτισμάτων στα παράλια του Αιγαίου, τα οποία σε μεγάλο βαθμό είναι αυθαίρετα. Οι δασικές εκτάσεις δεν μεταβλήθηκαν σημαντικά, εκτός από περιπτώσεις πυρκαγιών, οπότε αντικαταστάθηκαν από πουρνάρια, θάμνους και χέρσα γη. Επίσης, δημιουργήθηκε και το τεχνητό δάσος πεύκης στην περιοχή ανάμεσα στο Νεοχώρι, την Αργαλαστή και τους Αφέτες ενώ άλλες περιοχές, ειδικά προς την πλευρά του κάμπου στην περιοχή της Ανάβρας εκχερσώθηκαν και μετατράπηκαν σε καλλιεργούμενα εδάφη.

Όσο αφορά τους χώρους εξόρυξης ορυκτών, κατά την διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας δεν μεταβλήθηκαν σημαντικά, ωστόσο, επειδή πρόκειται για σημειακή κάλυψη, η διακριτική ικανότητα του Lndsats δεν βοηθάει στην εμφάνιση των τυχόν μικρών μεταβολών, παρά μόνο στις περιπτώσεις που δημιουργήθηκε κάποιο μεγάλο λατομείο στην περιοχή, κάτι που δεν συμβαίνει.

Η περίπτωση των ελαιώνων είναι διαφορετική καθώς οι μεγάλες χιονοπτώσεις και ο παγετός του Μαρτίου του 1987 κατέστρεψαν ένα μεγάλο αριθμό δένδρων ολοκληρωτικά ή σε μεγάλο βαθμό (κάτι που γίνεται φανερό στην ταξινόμηση του 1993) και άλλα από αυτά επαναδημιουργήθηκαν (ειδικά στις ακτές του Παγασητικού, ανάμεσα στον Βόλο και τους Αφέτες) ενώ άλλες εκτάσεις καλύφθηκαν από φυσικές εκτάσεις και θάμνους (ειδικά στην περιοχή της Σούρπης και του Πτελεού). Όσο αφορά τη μη αρδεύσιμη αρώσιμη γη, κατά κύριο λόγο το σιτάρι, οι μεταβολές που επήλθαν ήταν οι αναμενόμενες, δηλαδή στις περιπτώσεις που έπαψε να εμφανίζεται στον κάμπο, την θέση της κατλάμβανε η μόνιμα αρδευόμενη γη, κατά κύριο λόγο το βαμβάκι. Αυτό αφορά ιδιαίτερα την περιοχή της Κάρλας και του Στεφανοβικείου, όπως και την πεδιάδα ανάμεσα στην Νέα Αγχίαλο και τον Αλμυρό. Αντίθετα, τα σιτάρι, και ιδιαίτερα στην περιοχή της Ανάβρας, άρχισε να καλλιεργείται σε υψηλότερα υψόμετρα, τα οποία ήταν αρδεύσιμα, με την εκχέρσωση φρυγανότοπων και περιοχών θάμνων, πουρναριών και φυσικών εκτάσεων.

Η σκληροφυλλική βλάστηση και οι φυσικές εκτάσεις αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό κάλυψης στον νομό, αντικαθιστώντας διαχρονικά κάποιες κατηγορίες κάλυψης γης λόγω φυσικών καταστροφών (πυρκαγιές, παγετός κ.α) και σε κάποιες άλλες να αντικαθίσταται (εκχερσώσεις) από καλλιέργειες ή δενδρώδεις εκτάσεις. Οι θάμνοι και χερσότοποι, έπειτα από το 1993 και με την μείωση της κτηνοτροφικής δραστηριότητας, αυξήθηκαν σημαντικά στον νομό και ειδικότερα στην περιοχή ανάμεσα στην Νέα Αγχίαλο και τον Αλμυρό.

Τέλος, όσο αφορά τα οπωροφόρα δένδρα, τα οποία η ταξινόμηση της μέγιστης πιθανοφάνειας τα ταξινομεί περισσότερο από ότι είναι στην πραγματικότητα, ένα ποσοστό της αύξησης τους οφείλεται στην μετατροπή των αροτριάων καλλιεργειών σε οπωροφόρα, λόγω κυρίως των αρδευτικών προβλημάτων στην περιοχή του κάμπου, ενώ μεγάλη αύξηση παρατηρείται και στα παράλια του Αιγαίου, που όμως παρουσιάζεται σύγχυση με την διακεκομμένη αστική δόμηση (μη ικανοποιητικός διαχωρισμός των φασματικών υπογραφών).

Φτάνοντας στις προτάσεις, πιστεύουμε πως είναι σκόπιμο να σταθούμε και να τονίσουμε ορισμένα σημεία αλλά και να διαμορφώσουμε ορισμένες προτάσεις που προκύπτουν από την ενασχόληση μας θέματα που αφορούν την Τηλεπισκόπηση και την χρήση των μεθόδων και των τεχνικών της για την παρουσίαση ακριβέστερων θεματικών αποτελεσμάτων που αφορούν την περιοχή μελέτης.

Οι συγκεκριμένες προτάσεις αφορούν προτάσεις και σχόλια για συγκεκριμένα τεχνικά και μεθοδολογικά ζητήματα αλλά και γενικότερα σχόλια που αφορούν μια οποιαδήποτε εργασία. Όσο αφορά τα σχόλια, αφού η διπλωματική αυτή εργασία αποτελεί και μέρος του Ευρωπαϊκού προγράμματος LIFE πιστεύουμε πως πρέπει να γίνεται κάθε φορά όσο το δυνατόν πιο συγκεκριμένος ο στόχος που θέτεται ώστε να μην ξεφεύγει από το ζητούμενο αποτέλεσμα.

Σημαντικός παράγοντας σε σχέση με τα αποτελέσματα που εξάγονται είναι και η κατάλληλη επιλογή του δορυφόρου τα στοιχεία του οποίου θα επεξεργαστούν. Στην παρούσα εργασία, η επιλογή του δορυφόρου Landsat είναι η πλέον σωστή αφού έχει διακριτική ικανότητα 30x30 μέτρα, η οποία είναι ικανή να εξετάζει λεπτομερώς τις καλύψεις γης.

Ακόμη πιστεύουμε πως είναι πολύ βασικό τα δορυφορικά δεδομένα τα οποία αγοράζονται να μπορούν να αξιοποιηθούν όσο στο δυνατόν πιο σωστά και αυτό μπορεί να γίνει αν ακολουθηθεί η παρακάτω διαδικασία: Αρχικά, θα πρέπει να επιλέγονται οι δορυφορικές εικόνες δίνοντας σημασία στην εποχή που έχουν ληφθεί, ανάλογα τον σκοπό και τα αποτελέσματα που θέλουμε να εξαχθούν. Για παράδειγμα, σε κάποιο ενδεχόμενο διαχωρισμό των δασών σε μία περιοχή τότε πολύ πιθανόν να προτιμηθεί μια εικόνα κατά την διάρκεια του χειμώνα που τα φυλλοβόλλα δένδρα, λόγω της πτώσης των φύλλων τους, μπορούν να διαχωριστούν από τα αειθαλή δάση και την σκληροφυλλική βλάστηση. Αντίθετα αν θέλουμε να διακρίνουμε καλλιέργειες με την χρησιμοποίηση εικόνας απο το χειμώνα, είναι αδύνατον μιας και όλα τα καλλιεργήσιμα χωράφια είναι οργωμένα και είναι προτιμότερο να έχουμε εικόνα της άνοιξης. Σε τέτοιες περιπτώσεις, όπως αντιμετωπίστηκε και στην παρούσα εργασία, είναι κρίσιμο ακόμη και το δεκάήμερο του μήνα μιας και οι μεταβολές των καλλιεργειών σε αυτές τις περιόδους είναι ραγδαίες.

Ένα ακόμη στοιχείο για την πλήρη εκμετάλευση των δεδομένων είναι να δημιουργείται όσο το δυνατόν πιο αναλυτική λίστα με σημεία τα οποία να είναι αναγνωρίσιμα επι της οθόνης (φωτοσταθερά) και να υπάρχουν συντεταγμένες στο

γεωγραφικό σύστημα αναφοράς που θα χρησιμοποιηθεί, ώστε να αντιστοιχούν τα σημεία σωστά σε αντίστοιχες καλύψεις γης. Ίσως ήταν σκόπιμο ακόμη να υπάρχουν και δεδομένα για τις κλιματολογικές συνθήκες στη συγκεκριμένη ημερομηνία έτσι ώστε να μπορούν να υπολογιστούν για κάθε καλλιέργεια οι κρίσιμες ημερομηνίες σποράς, η συγκομιδή κ.α. Τέλος, θα πρέπει για να γίνεται όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικά η επαλήθευση των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης και να υπάρχει ένα αρχείο με τις εκτάσεις των βασικών καλύψεων γης.

Όλα τα παραπάνω θεωρούνται απαραίτητα από τους συγγραφείς ώστε να αποφευχθούν τυχόν σφάλματα, που παρατηρήθηκαν κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Βέβαια, οι λύσεις στα ζητήματα που αναφέρονται δεν είναι απόλυτες, ώστε να πρέπει να χρησιμοποιηθούν de facto για την εκπόνηση κάποιας αντίστοιχης μελέτης, αλλά έχουν εξαχθεί από την πολύωρη εργασία και συναναστροφή με τα ζητήματα που εξετάζονται.

Η πρωτοτυπία του θέματος και η έλλειψη παρόμοιων ερευνητικών προσπαθειών στον ελλαδικό χώρο, σε θέματα Τηλεπισκόπησης και Χωροταξίας, δεν πρέπει να σταματήσει εδώ, αλλά να συνεχιστεί και σε άλλες εργασίες που θα εντρυφήσουν περισσότερο στα μεθοδολογικά και θεματικά ζητήματα, με τα οποία ασχολήθηκε η παρούσα εργασία. Ελπίζουμε η προσπάθεια αυτή να τύχει ιδιαίτερης εκτίμησης σε τυχόν απαιτήσεις ενδιαφερομένων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

- **CAMPELL J.**, Introduction to Remote Sensing, *Guilford Press*, New York, 1987
- **CONGALTON R.G. & STORY M.**, Accuracy Assessment: A user's Perspective, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 52, no 3, 1986, pp 397-399.
- **CONGALTON R.G.**, A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data, *Remote Sensing of Environment*, vol. 37, 1991, pp 35-46.
- **EASTMAN J. RONALD**, Idrisi for Windows, User's Guide Version 2.0, *Clark University Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis*, Clark University, U.S.A., January, 1997.
- **ERDAS IMAGINE**, ERDAS Field Guide, Fourth Edition, *ERDAS © Inc.*, Atlanta, Georgia, 1997.
- FLYGARE A-M.**, A comparison of contextual classification methods using Landsat TM, *International Journal of Remote Sensing*, 1997, Vol. 18, No. 18, pp 3835-3842.
- FRANKLIN S.E., LAVIGNE M.B., DEULING M.J., WULDER M.A. & HUNT E.R.**, Estimation of forest Leaf Area Index using Remote Sensing and GIS data for modeling net primary production, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 18, No. 16, pp 3459-3471, 1997.
- HARRIS RAY**, Satellite Remote Sensing: An Introduction, *Routledge and Kegan Paul*, London and New York, 1987.
- HEIT MICHAEL & SHORETREID ART**, GIS Applications in Natural Resources, *GIS World Inc.*, 1991.
- **JENSEN R. JOHN**, Introductory: Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective, *Prentice-Hall*, New Jersey, 1986.
- JURGENS C.**, The modified normalized difference vegetation index (mNDVI)- a new index to determine frost damages in agriculture based on Landsat TM data, *International Journal of Remote Sensing*, 1997, Vol. 18, No. 17, pp 3583-3594.
- **LILLESAND M. THOMAS & KIEFER W. RALPH**, Remote Sensing and Image Interpretation, 3rd Edition, *John Wiley and Sons Inc*, New York, 1994.

- MATHER M. PAUL, Computer Processing of Remotely Sensed Images: An Introduction, *John Wiley & Sons*, New York, 1987.
- MAY A.M.B., PINDER J.E. & KROH G.C., A comparison of Landsat Thematic Mapper and SPOT multi-spectral imagery for the classification of shrub and meadow vegetation in northern California, U.S.A., *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 18, No. 18, 1997, pp 3719-3728.
- MULLER JAN-PETER, Digital Image Processing in Remote Sensing, *Taylor and Francis*, London, 1988.
- PRATT K. WILLIAM, Digital Image Processing, 2nd Edition, *John Wiley and Sons Inc*, New York, 1991.
- SABINS F. FLOYD Jr, Remote Sensing: Principles and Interpretation (2nd Edition), *W.H. Freeman and Company*, New York, 1987.
- SCHOWENGERDT A. ROBERT, Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing, *Academic Press*, London, 1983.
- SEARLE S.R., Linear Models, *John Wiley and Sons Inc*, New York, 1997.
- THOMAS L. IAN & BENNING M. VIVIEN & CHING P. NEVILLE, Classification of Remotely Sensed Images, *Adam Hilger*, Bristol, 1987.
- WOODS E. RICHARD & GONZALEZ C.RAFAEL, Digital Image Processing, *Adison-Wesley Publishing Company*, New York, 1993.
- WYSZECKI GUNTER & STILES W.S., Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae, 2nd Edition, *John Wiley and Sons Inc*, New York, 1981.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

- ΑΣΤΑΡΑΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ, Φωτοερμηνεία (Τηλεπισκόπηση) στις Γεωεπιστήμες, *Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Υπηρεσία Δημοσιευμάτων*, Θεσσαλονίκη, 1995.
- Ε.Σ.Υ.Ε, Απογραφές Πληθυσμού 1951 - 1991.
- ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ, Στον δρόμο για την αειφορία, Το Πρόγραμμα LIFE, *Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση XI*, Βρυξέλλες, 1998.
- ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ, Ευρώπη 2000+, Συνεργασία για την Χωροταξία στην Ευρώπη, *Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων*, Λουξεμβούργο, 1995.
- ΖΑΛΙΔΗΣ Γ.Χ. & ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗΣ Ξ.Π. & ΧΑΤΖΗΓΙΑΝΝΑΚΗΣ Σ.Α. (συντονιστές εκδόσεως), Ο ιδεότυπος της τέως λίμνης Κάρλας, ως βάση αξιολόγησης των προταθείσων λύσεων κατασκευής του ομώνυμου ταμιευτήρα, *Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας και Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων – Υγροτόπων*, Ιούλιος 1995.
- ΛΑΜΠΡΟΥ Α. & ΜΠΕΤΣΗΣ Α., Σχολιασμός του δείκτη βλάστησης NDVI, *Εργασία στο μάθημα: «Φωτοερμηνεία και Τηλεπισκόπηση» του 7ου εξαμήνου σπουδών του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας*, Βόλος, Φεβρουάριος 1998.
- ΛΙΒΙΕΡΑΤΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ, Γενική Χαρτογραφία, *Εκδόσεις Ζήτη*, Θεσσαλονίκη, 1988.
- ΣΑΒΒΑΪΔΗΣ Π., Μετασχηματισμοί Συντεταγμένων, Το Πρόγραμμα ΜΕΤΑΣΧ®, *Γεώργιος Οικονομίδης Ε.Π.Ε.*, Θεσσαλονίκη, 1995.
- ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, Αναπτυξιακή Μελέτη Μαγνησίας, *Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης και Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας*, Βόλος, 1995.
- ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, Το σχέδιο Ανάπτυξης της Μαγνησίας τον 21ο αιώνα, *Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης*, Βόλος, 1998.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, Ερευνητικό Πρόγραμμα: Χωροταξικά και Περιβαλλοντικά Χαρακτηριστικά της Χερσονήσου Μαγνησίας, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Βόλος 1997.

ΠΑΡΑΣΧΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ & ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ & ΠΑΤΙΑΣ ΠΕΤΡΟΣ, Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 1993.

ΠΕΡΑΚΗΣ Γ. ΚΩΝ/ΝΟΣ, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις Φωτοερμηνείας και Τηλεπισκόπησης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Βόλος, 1998.

ΣΥΛΛΑΙΟΣ Γ. ΝΙΚΟΛΑΟΣ, Εφαρμογές της Τηλεπισκόπησης στην Γεωργία, Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη Ο.Ε., Θεσσαλονίκη, 1990.

INTERNET

- www.ypes.gr/kapodistriais
- www.noaa.gov
- www.utexas.edu
- www.fs.fed.us
- www.gpsworld.com
- www.nnic.noaa.gov
- www.ghgcorp.com

