

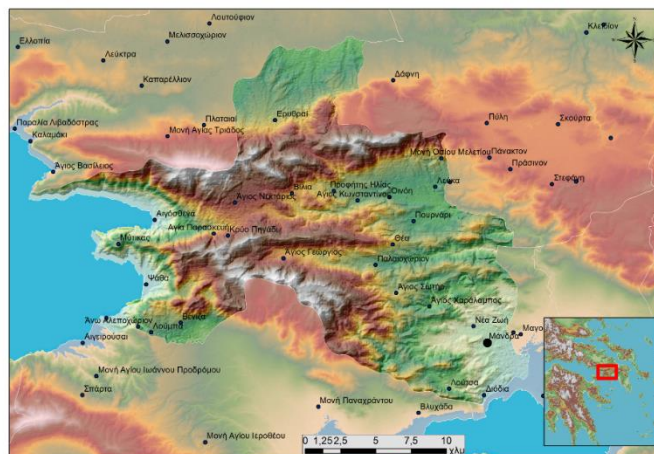


ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών του
Τμήματος ‘Αξιοποίηση Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής’
Κατεύθυνση ‘Γεωπληροφορικής’**

**ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΛΛΑΓΩΝ ΧΡΗΣΗΣ/ΚΑΛΥΨΗΣ ΓΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΔΗΜΟ
ΜΑΝΔΡΑΣ ΕΙΔΥΛΛΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 1993-2010 ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ
ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ LANDSAT**

Διπλωματική εργασία της Σωτηρίας Φράγκου



**Επιβλέποντες Καθηγητές: Γεώργιος Πετρόπουλος
Διονύσιος Καλύβας**

ΑΘΗΝΑ, Φεβρουάριος 2016

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πριν ξεκινήσει η μελέτη και ανάγνωση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους όσους στήριξαν αυτή μου την προσπάθεια και συνέβαλλαν ενεργά με θέληση και πραγματικό ενδιαφέρον στην επίτευξη του στόχου μου και στην ολοκλήρωση της συγγραφής της διπλωματικής μου.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους επιβλέποντες καθηγητές μου Δρ. Διονύση Καλύβα και Δρ. Γιώργο Πετρόπουλο.

Τον κ. Διονύση Καλύβα, για την γνώση που αφειδώς και με ζήλο μου προσέφερε, για την άριστη συνεργασία, καθώς για το ενδιαφέρον και την βοήθειά του σε όλα τα στάδια της εργασίας μου. Η εμπειρία και η τεχνογνωσία του ήταν για μένα πολύτιμη.

Τον κ. Πετρόπουλο που μου άνοιξε το παράθυρο στον κόσμο της τηλεπισκόπησης και στα συστήματα προηγμένης τεχνολογίας, καλλιεργώντας μου το επιστημονικό μικρόβιο μέσα από το άγρυπνο μάτι της δορυφορικής παρατήρησης. Θα ήθελα πραγματικά να τον ευχαριστήσω για την ανεκτίμητη και συνεχή καθοδήγηση σε όλα τα στάδια της διπλωματικής μου εργασίας, καθώς και για τη βιβλιογραφική του υποστήριξη.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω, τον υποψήφιο διδάκτορα της σχολής Γεωγραφίας του Χαροκόπειου Πανεπιστημίου, Κλεομένη Καλογερόπουλο, για τη πολύτιμη βοήθεια που μου πρόσφερε τόσο σε θέματα δεδομένων, όσο και σε θέματα G.I.S.

Το προσωπικό της Δ/σης Δασών Δυτικής Αττικής και κυρίως τον Δασολόγο Σωτήρη Καρπούζα του τμήματος Δασικών χαρτών, για τα χαρτογραφικά στοιχεία και αεροφωτογραφικό υλικό που μου παρέιχε, για τις ανάγκες της διαχρονικής μελέτης της περιοχής, καθώς και για τη συμβολή του σε θέματα Δασικού και τεχνολογικού αντικειμένου.

Το Δασαρχείο Αιγάλεω και την προϊσταμένη του κ. Σούρα που με στήριξε στη λήψη στοιχείων υπαίθρου της περιοχής, παραχωρώντας μου τα μέσα καθώς και το έμπειρο προσωπικό της Υπηρεσίας της για το σκοπό αυτό.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω, την οικογένεια μου για την υπομονή και την κατανόηση που με μεγαλείο ψυχής μου προσέφερε και να αφιερώσω την εργασία μου στα δυο μου παιδιά, Κωσταντίνο και Χρήστο, σαν αντάλλαγμα για τον πολύτιμο χρόνο και το ενδιαφέρον, που τόσο κατά τη σύνταξη της διπλωματικής μου εργασίας όσο και για την παρακολούθηση του μεταπτυχιακού μου προγράμματος, τους στέρησα.

Με εκτίμηση
Σωτηρία Φράγκου
Φεβρουάριος 2016.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	- 15 -
1.1. ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	- 15 -
1.2. ΔΟΜΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	- 15 -
1.3. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ.....	- 16 -
1.4. ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ ΣΤΗΝ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ	- 17 -
1.5. ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΣΤΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΓΗΣ.....	- 18 -
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΜΕΛΕΤΗΣ	- 19 -
2.1. Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΧΑΡΤΗ/ΚΑΛΥΨΗΣ ΓΗΣ ΣΑΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΣΕ ΤΟΠΙΚΟ ΚΑΙ ΕΘΝΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ.....	- 19 -
2.2. Η ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΧΡΗΣΗΣ /ΚΑΛΥΨΗΣ ΓΗΣ.....	- 20 -
2.2.1. Γενικά.....	- 20 -
2.2.2. Συστήματα ταξινόμησης.....	- 21 -
2.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ.....	- 27 -
2.3.1. Γενικά.....	- 27 -
2.3.2. Χρήση οπτικών αισθητήρων τηλεπισκόπησης στην υπηρεσία της θεματικής χαρτογράφησης.....	- 27 -
2.3.3. Δορυφόροι Landsat.....	- 30 -
2.3.4. Αρχές επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων	- 34 -
2.3.5. Αποκατάσταση (restoration) και αναγωγή (rectification) της εικόνας.	- 35 -
2.3.6. Γεωμετρικές διορθώσεις της εικόνας	- 36 -
2.3.7. Ραδιομετρικές διορθώσεις εικόνων (radiometric image correction)	- 37 -
2.3.8. Βελτίωση/ενίσχυση εικόνων (image enhancement)	- 38 -
2.4. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ	- 39 -
2.5. ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ (ACCURACY ASSESSMENT)	- 43 -
3. ΕΠΙΣΚΟΠΙΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	- 44 -
4. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	- 48 -
4.1. ΦΥΣΙΚΟ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	- 48 -
4.2. ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΑΣΙΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ.....	- 54 -
4.3. ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	- 55 -
4.3.1. Θερμοκρασία.....	- 55 -
4.3.2. Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.....	- 57 -
4.4. ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	- 58 -
4.5. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΔΗΜΟΥ ΜΑΝΔΡΑΣ - ΕΙΔΥΛΛΙΑΣ	- 61 -

4.6.	ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΗΜΟΥ ΜΑΝΔΡΑΣ - ΕΙΔΥΛΛΙΑΣ	- 62 -
4.7.	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΜΑΝΔΡΑΣ - ΕΙΔΥΛΛΙΑΣ	- 65 -
4.8.	ΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	- 72 -
5.	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	- 73 -
5.1.	ΓΕΝΙΚΑ.....	- 73 -
5.2.	ΜΟΝΤΕΛΟ ΡΟΗΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ.....	- 73 -
5.3.	ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	- 75 -
5.3.	ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗ Η ΓΕΩΑΝΑΦΟΡΑ.....	- 78 -
5.4.	ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΗ - ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗ.....	- 79 -
5.5.	ΑΠΟΚΟΠΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΣΤΑ ΟΡΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .	- 86 -
5.6.	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	- 89 -
5.7.	ΜΗ ΕΠΙΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ.....	- 91 -
5.7.1.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΜΗ ΕΠΙΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ.....	- 100 -
5.8.	ΕΠΙΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ.....	- 101 -
5.8.1.	Λήψη στοιχείων υπαίθρου	- 102 -
5.8.2.	Επιλογή του πλήθους και είδους των κλάσεων ταξινόμησης	- 109 -
5.8.3.	Επιλογή και λήψη δειγμάτων (εκπαίδευση περιοχών) και δειγμάτων ελέγχου, από κάθε κλάση ταξινόμησης και πληροφόρησης.....	- 112 -
5.8.4.	Σύνθεση συνδυασμού φασματικών καναλιών	- 114 -
5.8.5.	Ανάλυση διακριτότητας (Separability) των περιοχών εκπαίδευσης.....	- 117 -
5.8.6.	Λόγοι φασματικών καναλιών (Band Ratios).....	- 119 -
5.8.7.	Επιλογή μεθόδου επιβλεπόμενης ταξινόμησης.....	- 127 -
5.8.8.	Μετεπεξεργασία των ταξινομημένων εικόνων.....	- 129 -
5.8.9.	Δημιουργία θεματικών χαρτών ταξινόμησης.....	- 131 -
5.8.10.	Εκτίμηση ακρίβειας της ταξινόμησης.....	135
5.8.11.	Αποτελέσματα ταξινόμησης και συζήτηση αποτελεσμάτων	140
5.8.12.	Ανίχνευση Αλλαγών (Change Detection).....	147
5.8.13.	Ανίχνευση αλλαγών 1993 -2001, 2001-2010 και 1993-2001	148
1.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	159
2.	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ.....	164
3.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	165

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

- Εικόνα 1.** Χωρική κατανομή της συγκέντρωσης μονοξειδίου του άνθρακα στον πλανήτη για το έτος 2003, όπως αυτή εκτιμήθηκε από τον αισθητήρα SCIAMACHY του δορυφόρου Envisat.....- 18 -
- Εικόνα 2.** Χάρτης κάλυψης γης Ν. Θεσσαλονίκης Corine 2000. (Πηγή: www.elance.com/samples/map-of-corine-land-cover-thessaloniki-prefecture-greece-map-arcmap-arcgis-photoshop/63282004/).....- 21 -
- Εικόνα 3.** Τυπικές καμπύλες φασματικής απόκρισης για διάφορα υλικά της γήινης επιφάνειας σε εύρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος από 0,3 έως 12 περίπου μm.
Πηγή:http://www.eumetrain.org/data/3/358/media/images/fig_1_1_spectrum.jpg.....- 28 -
- Εικόνα 4.** Τυπική φασματική υπογραφή της φωτοσυνθετικά ενεργής των φωτοσυνθετικά και μη φωτοσυνθετικά ενεργής βλάστησης (Beerli et al. 2007).
Πηγή:<http://jpe.oxfordjournals.org/content/1/1/9/F2.expansion.html>.**Εικόνα 5.** Παράμετροι τροχιάς των Landsat 4 και 5 (Πηγή: Τσακίρη – Στρατή Μ. , 2010).....- 29 -
- Εικόνα 5.** Παράμετροι τροχιάς των Landsat 4 και 5 (Πηγή: Τσακίρη – Στρατή Μ. , 2010).....- 31 -
- Εικόνα 6.** Τα περάσματα του δορυφόρου Landsat. (Πηγή: Καρτάλης Κ. κ.α., 2006).....- 32 -
- Εικόνα 7.** Δορυφορική εικόνα LANDSAT-5 TM από περιοχή της Ν. Λέσβου (αριστερά). Τοπογραφικός χάρτης 1:50.000 σε μορφή raster με σύστημα συντεταγμένων (δεξιά). (Πηγή: Μίγκρος Γ. κ.α., 2003).....- 37 -
- Εικόνα 8.** Εικόνα που δείχνει το φασματικό κανάλι 3 του θεματικού χαρτογράφου του δορυφόρου Landsat, της περιοχής Morro Bay στην California, και την ψευδέγχρωμη εικόνα που προκύπτει από τον συνδυασμό των φασματικών καναλιών 4, 3, 2 ως ερυθρό (red), πράσινο (green), μπλε (blue). (Πηγή: Μίγκρος Γ. κ.α., 2003).....- 39 -
- Εικόνα 9.** Η λογική στην Unsupervised και Supervised ταξινόμηση αντίστοιχα.....- 40 -
- Εικόνα 10.** Παράδειγμα πίνακα επαλήθευσης (error matrix), Congalton, 1991.....- 44 -
- Εικόνα 11.** Όρος Κιθαιρώνα. Τοπίο στην ομίχλη σε υψόμετρο 1320 μ. (Ιδία επεξεργασία).....- 51 -
- Εικόνα 12.** Η οροσειρά του όρους Πατέρα απλώνεται πάνω από τον οικισμό του Αγ. Νεκταρίου (ιδία επεξεργασία).....- 52 -
- Εικόνα 13.** Όρος Πάστρα με θέα τον κάμπο των Πλαταιών (ιδία επεξεργασία).....- 53 -
- Εικόνα 14.** Περιφερειακή Ενότητα Δυτικής Αττικής και ο Καλλικρατικός Δήμος Μάνδρας Ειδυλλίας.....- 59 -
- Εικόνα 15.** Επιλογή πολυφασματικής εικόνας από την οποία έχει εξαιρεθεί το θερμικό κανάλι (band 6).....- 81 -
- Εικόνα 16.** Ραδιομετρική διόρθωση - Ρύθμιση παραμέτρων (μετατροπή “Format”).....- 82 -
- Εικόνα 17.** Παράθυρο συμπλήρωσης παραμέτρων για το μοντέλο ατμοσφαιρικής διόρθωσης FLAASH.....- 82 -
- Εικόνα 18.** Επιλογή συντελεστών κλίμακας.....- 83 -
- Εικόνα 19.** Εισαγωγή παραμέτρων στο μοντέλο ατμοσφαιρικής διόρθωσης FLAASH.....- 85 -

Εικόνα 20. Αντίστοιχες τιμές τυχαίου pixel, ατμοσφαιρικά διορθωμένου με τη μέθοδο FLAASH και row data.....	- 86 -
Εικόνα 21. Αποκοπή του Δήμου Μάνδρας Ειδυλλίας από το σχηματικό αρχείο των Καλλικρατικών Δήμων της Ελλάδας.....	- 87 -
Εικόνα 22. Μετατροπή του αρχείου MANDRA_oria._EGSA87 στο προβολικό σύστημα συντεταγμένων WGS 84 34N.....	- 87 -
Εικόνα 23. Απόκλιση αρχείου MANDRA_oriaWGS84.shp με κόκκινο περίγραμμα, από το όριο της ακτογραμμής της δορυφορικής εικόνας & αρχείο Mandra_right.shp μετά από μετακίνησή του στο όριο της ακτογραμμής.....	- 88 -
Εικόνα 24. Αποκοπή εικόνας ακριβώς στα όρια της περιοχής μελέτης (σχηματικό αρχείο Καλλικρατικού Δήμου).....	- 88 -
Εικόνα 25. Παράθυρο ταξινόμησης ISODATA.....	- 92 -
Εικόνα 26. Στατιστικά στοιχεία ISODATA ταξινομημένων εικόνων 1993,2001 και 2010.....	- 97 -
Εικόνα 27. Εικόνα Google Earth ημερομηνίας λήψης 23-9-2002.....	- 112 -
Εικόνα 28. Εικόνα Google Earth ημερομηνίας λήψης 28-7-2010.....	- 113 -
Εικόνα 29. Δημιουργία περιοχών εκπαίδευσης και δειγμάτων ελέγχου της ταξινόμησης.....	- 114 -
Εικόνα 30. Ψευδέχρωμες εικόνες μετά από σύνθεση συνδυασμού των φασματικών καναλιών..	- 117 -
Εικόνα 31. Αρχικές αναφορές ανάλυσης διακριτότητας για τα τρία έτη αναφοράς (ROI Separability reports).....	- 118 -
Εικόνα 32. Εικόνες του λόγου των καναλιών Landsat TM (a) 4/3, (b) 3/1, (c) 5/7 και (d) ο συνδυασμός των καναλιών 3/1-4/3-5/7 σε χρωματική σύνθεση RGB.....	- 120 -
Εικόνα 33. Τελικές Ψευδέχρωμες εικόνες των ετών 2010, 2001 και 1993 & τελικές αναφορές ανάλυσης διακριτότητας για τα τρία έτη αναφοράς αντίστοιχα (ROI Separability reports).....	- 126 -
Εικόνα 34. Ταξινόμηση των σημείων του συνόλου εκπαίδευσης με τις Μηχανές Διανυσμάτων Υποστήριξης (SVMs) α) Αρχικός χώρος, β) Νέος χώρος.....	- 127 -
Εικόνα 35. Διαχωρίζων υπερεπίπεδο: ($WT \cdot x - b = 0$).....	- 128 -
Εικόνα 36. Συνδυασμός των κλάσεων με τη χρήση του εργαλείου (ENVI 5.1), Combine Classes .-	- 129 -
Εικόνα 37. Μέθοδος εκκαθάρισης των απομονωμένων εικονοστοιχείων (Sieve Classes).....	- 130 -
Εικόνα 38. Η αρχική εικόνα αριστερά. Η επεξεργασμένη με Sieve Classes και Clump Classes, εικόνα δεξιά.....	- 131 -
Εικόνα 39. Εξ ορισμού παράμετροι στο παράθυρο διαλόγου της εντολής Sieve Classes και Clump Classes, εικόνες (α) και (β)	- 131 -
Εικόνα 40. Δημιουργία πίνακα σφάλματος (Confusion Matrix) με τη χρήση δειγμάτων ελέγχου.135-	
Εικόνα 41. Περιβάλλον εργασίας του Thematic Change Workflow (ENVI 5.1).....	-147-

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Σύστημα ταξινόμησης χρήσεων και κάλυψης γης του Anderson et al. (1976).....	24 -
Πίνακας 2. Ελληνική ονοματολογία CORINE LAND COVER 2000. (Πηγή: Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος).	26 -
Πίνακας 3. Βασικά χαρακτηριστικά δορυφόρων Landsat. (Πηγή: Καρτάλης Κ., κ.α. 2006).....	30 -
Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά του δορυφόρου Landsat TM (Πηγή: Μίγκιρος Γ. κ.α., 2003).....	32 -
Πίνακας 5. Χαρακτηριστικές εφαρμογές των φασματικών καναλιών του Landsat TM. (Πηγή: Μίγκιρος Γ. κ.α., 2003).	33 -
Πίνακας 6. Χαρακτηριστικά και εφαρμογές των φασματικών καναλιών του Θεματικού Χαρτογράφου TM. (Μίγκιρος Γ. κ.α., 2003).....	34 -
Πίνακας 7. Μηνιαίες τιμές και ετήσια τιμή της μέσης θερμοκρασίας, μέσης και απόλυτα μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας για το σταθμό της Ελευσίνας (1958-2001).....	55 -
Πίνακας 8. Μέση τιμή ύψους βροχής σε μηνιαία και ετήσια βάση, μέγιστο ύψος βροχής 24ωρου (1958-2001).....	57 -
Πίνακας 9. Πληθυσμός και Έκταση Δημοτικών Ενοτήτων Δήμου Μάνδρας - Ειδυλλίας.....	59 -
Πίνακας 10. Πληθυσμός Δήμου Μάνδρας - Ειδυλλίας ανά Ηλικιακή Ομάδα.....	63 -
Πίνακας 11. Δημογραφικοί Δείκτες δήμου Μάνδρας - Ειδυλλίας για τα έτη 1991 & 2001.....	64 -
Πίνακας 12. Επίπεδο Εκπαίδευσης κατοίκων δήμου Μάνδρας - Ειδυλλίας.....	64 -
Πίνακας 13. Καλλιεργήσιμες Εκτάσεις Δήμου Μάνδρας-Ειδυλλίας.....	66 -
Πίνακας 14. Αριθμός Ζώων Δήμου Μάνδρας-Ειδυλλίας.....	66 -
Πίνακας 15. Αριθμός Επιχειρήσεων Δευτερογενούς Τομέα δήμου Μάνδρας - Ειδυλλίας.....	68 -
Πίνακας 16. Αριθμός Επιχειρήσεων Τριτογενούς Τομέα δήμου Μάνδρας - Ειδυλλίας.....	70 -
Πίνακας 17. Οικονομική φυσιογνωμία της περιοχής μελέτης ανά παραγωγικό τομέα απασχόλησης, 1991 Χωρική Ενότητα. Πηγή: Στοιχεία απογραφής 2001, Ε.Σ.Υ.Ε., ίδια επεξεργασία.....	71 -
Πίνακας 18. Οικονομική φυσιογνωμία της περιοχής μελέτης ανά παραγωγικό τομέα απασχόλησης, 2001 Χωρική Ενότητα. Πηγή: Στοιχεία απογραφής 2001, Ε.Σ.Υ.Ε., ίδια επεξεργασία.....	71 -
Πίνακας 19. Απεικόνιση τμημάτων του αρχείου MTL δορυφορικής εικόνας Landsat TM: εισαγωγή από το MTL αρχείο της εικόνας σε Wordpand.....	77 -
Πίνακας 20. Ατμοσφαιρικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται στον αλγόριθμο MODTRAN. Πηγή:(ENVI User guide).....	84 -
Πίνακας 22. Αναλυτική καταγραφή τελικών τάξεων ταξινόμησης.....	111 -
Πίνακας 23. Πίνακας μεταβλητών φασματικής ταξινόμησης.....	123 -
Πίνακας 24. Αποτελέσματα ελέγχου ακρίβειας ταξινόμησης έτους 1993.....	137-
Πίνακας 25. Αποτελέσματα ελέγχου ακρίβειας ταξινόμησης έτους 2001.....	138-
Πίνακας 26. Αποτελέσματα ελέγχου ακρίβειας ταξινόμησης έτους 2010.....	139-

Πίνακας 27. Ποσοστιαία κατανομή κάλυψης γης περιοχής μελέτης σύμφωνα με την ταξινόμηση S.V.M έτους 2010.....	-140-
Πίνακας 28. Ποσοστιαία κατανομή κάλυψης γης περιοχής μελέτης σύμφωνα με την ταξινόμηση S.V.M έτους 2001.....	-141-
Πίνακας 29. Ποσοστιαία κατανομή κάλυψης γης περιοχής μελέτης σύμφωνα με την ταξινόμηση S.V.M έτους 1993.....	-142-
Πίνακας 30. Ποσοστιαία κατανομή τύπων κάλυψης γης και εδαφικής έκτασης ανά χρονικό σημείο αναφοράς μελέτης.....	-143-
Πίνακας 31. Ανίχνευση αλλαγών 1993 -2001 σε ποσοστιαίες αναλογίες.....	-151-
Πίνακας 32. Ανίχνευση αλλαγών 1993 -2001 σε αριθμό εικονοστοιχείων.....	-151-
Πίνακας 33. Ανίχνευση αλλαγών 1993 -2001 σε έκταση (τετραγωνικά μέτρα).....	-151-
Πίνακας 34. Ανίχνευση αλλαγών 2001-2010 σε αριθμό εικονοστοιχείων.....	-154-
Πίνακας 35. Ανίχνευση αλλαγών 2001-2010 σε ποσοστιαίες αναλογίες.....	-154-
Πίνακας 36. Ανίχνευση αλλαγών 2001 - 2010 σε έκταση (τετραγωνικά μέτρα).....	-154-
Πίνακας 37. Ανίχνευση αλλαγών 1993-2010 σε αριθμό εικονοστοιχείων.....	-157-
Πίνακας 38. Ανίχνευση αλλαγών 1993-2010 σε ποσοστιαίες αναλογίες.....	-157-
Πίνακας 39. Ανίχνευση αλλαγών 1993 - 2010 σε έκταση (τετραγωνικά μέτρα).....	-157-

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1. Μορφολογία ανάγλυφου περιοχής μελέτης.....	- 49 -
Χάρτης 2. Χάρτης μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης ISODATA Αύγουστος 1993. (Λογισμικό ENVI 5.1).....	- 94 -
Χάρτης 3. Χάρτης μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης ISODATA Αύγουστος 2001. (Λογισμικό ENVI 5.1).....	- 95 -
Χάρτης 4. Χάρτης μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης ISODATA Αύγουστος 2010. (Λογισμικό ENVI 5.1).....	- 96 -
Χάρτης 5. Χάρτης αλλαγών κάλυψης γης (ISODATA) Μάνδρας 1993 - 2001. (Λογισμικό ENVI 5.1).....	- 98 -
Χάρτης 6. Χάρτης αλλαγών κάλυψης γης (ISODATA) Μάνδρας 2001- 2010. (Λογισμικό ENVI 5.1).....	- 99 -
Χάρτης 7. Χάρτης αλλαγών κάλυψης γης (ISODATA) Μάνδρας 1993- 2010. (Λογισμικό ENVI 5.1).....	- 100 -
Χάρτης 8. Χάρτης επιβλεπόμενης ταξινόμησης Μηχανής Στήριξης διανυσμάτων (SVM), ΜΑΝΔΡΑ 1993. (Λογισμικό ENVI 5.1).....	-132-
Χάρτης 10. Χάρτης επιβλεπόμενης ταξινόμησης Μηχανής Στήριξης διανυσμάτων (SVM), ΜΑΝΔΡΑ 2001. (Λογισμικό ENVI 5.1).....	-133-

Χάρτης 11. Χάρτης επιβλεπόμενης ταξινόμησης Μηχανής Στήριξης διανυσμάτων (SVM), ΜΑΝΔΡΑ 2010. (Λογισμικό ENVI 5.1).....	-134-
Χάρτης 12. Συγκριτική απεικόνιση των χαρτών μεταβολής ή μη, της μορφής χρήσης/ κάλυψης γης για τα έτη (α) 1993-2001 (β) 1993-2010 και (γ) 2001-2010.....	-148-
Χάρτης 13. Θεματικός Χάρτης Αλλαγών Κάλυψης Γης Δήμου Μάνδρας – Ειδυλλίας 1993-2001..	-149-
Χάρτης 14. Θεματικός Χάρτης Αλλαγών Κάλυψης Γης	-150-
Χάρτης 15. Θεματικός Χάρτης Αλλαγών Κάλυψης Γης Δήμου Μάνδρας – Ειδυλλίας 2001-2010...	-152
Χάρτης 16. Χάρτης Αλλαγών κάλυψης Γης 2001- 2010.....	-153-
Χάρτης 17. Θεματικός Χάρτης Αλλαγών Κάλυψης Γης Δήμου Μάνδρας – Ειδυλλίας 1993 - 2010.....	-155-
Χάρτης 18. Χάρτης Αλλαγών κάλυψης Γης 1993 - 2010.....	-156-

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1. Μηνιαίες τιμές και ετήσια τιμή της μέσης θερμοκρασίας, μέσης και απόλυτα μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας για το σταθμό της Ελευσίνας (1958-2001.....	- 56 -
Διάγραμμα 2. Ετήσια Πορεία Μέσου Ύψους Βροχόπτωσης (mm).....	- 58 -
Διάγραμμα 3. Ηλικιακή διάρθρωση του πληθυσμού του δήμου Μάνδρας - Ειδυλλίας για τα έτη 1992 & 2001.....	- 63 -
Διάγραμμα 4. Ποσοστιαία κατανομή του Πρωτογενή, Δευτερογενή και Τριτογενή τομέα ετών 1991 και 2001.....	- 71 -
Διάγραμμα 5. Διάγραμμα ροής εργασιών.....	- 74 -
Διάγραμμα 6. Ποσοστιαία κατανομή χρήσεων γης του Δήμου Μάνδρας για το έτος 2010, μετά την εφαρμογή της επιβλεπόμενης ταξινόμησης με τη μέθοδο (S.V.M).....	-140-
Διάγραμμα 7. Ποσοστιαία κατανομή χρήσεων γης του Δήμου Μάνδρας για το έτος 2001, μετά την εφαρμογή της επιβλεπόμενης ταξινόμησης με τη μέθοδο (S.V.M).....	-141-
Διάγραμμα 8. Ποσοστιαία κατανομή χρήσεων γης του Δήμου Μάνδρας για το έτος 1993, μετά την εφαρμογή της επιβλεπόμενης ταξινόμησης με τη μέθοδο (S.V.M).....	-142-
Διάγραμμα 9. Κάλυψη γης Δήμου Μάνδρας ανά χρονικό σημείο αναφοράς μελέτης.....	-143-

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΤΥΠΩΝ

Τύπος 1. Υπολογισμός Δημογραφικών χαρακτηριστικών.....	- 64 -
Τύπος 2. Τύπος μετατροπής δεδομένων ακτινοβολίας σε floating-point μορφή.....	- 80 -
Τύπος 3. Συνάρτηση πυρήνα ακτινωτής βάσης.....	- 128 -
Τύπος 4. Συνάρτηση καθορισμού ορίου απόφασης.....	- 128 -

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η χερσαία επιφάνεια της γης, αποτελείται από ένα ψηφιδωτό εδάφους, βλάστησης και φυσιογραφικών τύπων. Ταυτόχρονα αποτελεί πεδίο φυσικής, οικονομικής, κοινωνικής ή άλλης αξίας, καθώς και πεδίο άσκησης ανθρώπινων δραστηριοτήτων, ικανοποίησης ανθρώπινων αναγκών και υλοποίησης οικονομικοκοινωνικής πολιτικής. Αποτελεί δε, τη βάση της εθνικής κυριαρχίας μιας χώρας, είναι αμετακίνητη, καθορισμένη, διαφέρει από περιοχή σε περιοχή και είναι ο κυριότερος παράγοντας στη διαδικασία παραγωγής τροφίμων και ινών. Ο τρόπος που χρησιμοποιείται η γη, καθορίζει την ποιότητα ζωής της σημερινής γενιάς αλλά και των μελλοντικών γενεών. Οι μορφές χρησιμοποίησης της γης από τον άνθρωπο μπορεί να είναι πολλές. Τις πιο βασικές αποτελούν η γεωργική χρήση, η δασική χρήση και οι βοσκοτόποι. Η σημερινή χρήση της γης, είναι το αποτέλεσμα διαφόρων αιτιών πολλά από τα οποία συνδέονται άμεσα με τη φύση και την ποσότητα των φυσικών πόρων, ενώ άλλα με τις πολιτιστικές, κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες του παρελθόντος και τη διαχρονική τους εξέλιξη. Πολλές φορές, η σημερινή χρήση της γης δεν είναι προσαρμοσμένη σε μελλοντικές απαιτήσεις, δηλαδή απαιτήσεις για μεγαλύτερη παραγωγικότητα και προστασία του περιβάλλοντος. Η έλλειψη ενημερωμένου χαρτογραφικού υπόβαθρου κάλυψης χρήσης γης, καθιστά αδύνατη τη λήψη μέτρων και αποφάσεων σε όλα τα διοικητικά επίπεδα, προκειμένου να εκμεταλλευτεί και να αναπτύξει κάποιος διαχειριστής την περιοχή, η οποία αποτελεί ένα δυναμικό εξελισσόμενο σύστημα. Σε τοπικό όσο και εθνικό επίπεδο, οι χάρτες χρήσης / κάλυψης γης, αποτελούν σημαντική πηγή πληροφορίας για οποιοδήποτε επιθυμεί να πραγματοποιήσει κάποιο έργο ανάπτυξης (π.χ. Δασικό Κτηματολόγιο).

Η μελέτη και ανάλυση εικόνων της επιφάνειας της Γης από απόσταση, με αεροπλάνα ή δορυφόρους, σε φωτογραφική ή ψηφιακή μορφή, αποτελεί σήμερα στις γεωτεχνικές επιστήμες μία από τις πλέον χρήσιμες μεθόδους, με μεγάλη προσέγγιση και πολυδιάστατη πληροφόρηση. Ο TIROS (Television and Infrared Observation Satellite) είναι ο πρώτος δορυφόρος που έφερε TV-κάμερα (Απρίλιος 1960) και συνεχίστηκαν στη δεκαετία του 60 με δορυφορικά προγράμματα επανδρωμένων πτήσεων της NASA: Mercury (1961-63), Gemini (1965-66), Apollo (1967-69). Τα αποτελέσματα της σειράς Apollo, έθεσαν τις βάσεις για τις μελλοντικές μη επανδρωμένες πτήσεις της σειράς LANDSAT. Η επιστήμη της Τηλεπισκόπησης ουσιαστικά ξεκίνησε με την τοποθέτηση σε τροχιά του δορυφόρου Landsat-1 (Land Satellite) το 1972 από τη NASA κι αυτός είναι ο λόγος που το γεγονός αυτό, αποτελεί τη μεγαλύτερη επιτυχία στην ιστορία της τηλεπισκόπησης. Ο δορυφόρος Landsat-1 ήταν ο πρώτος σημαντικός δορυφόρος σε τροχιά γύρω από τη γη, που σχεδιάστηκε ειδικά για την παρατήρηση του γήινου περιβάλλοντος. Ήταν ο πρώτος δορυφόρος που παρατηρούσε συστηματικά επαναληπτικά τη γήινη επιφάνεια. Σχεδόν για κάθε περιοχή της γης, μπορούσε να αποκτηθεί μία εικόνα κάθε 18 ημέρες. Η παρατήρηση και παρακολούθηση της Γης από το διάστημα, αποτελεί σήμερα σημαντικό εργαλείο για τη μελέτη του περιβάλλοντος για το σχεδιασμό αναπτυξιακών δράσεων, αλλά και για την ενίσχυση των παραγωγικών και βιομηχανικών δραστηριοτήτων.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μελέτη στοχεύει στην ταξινόμηση της κάλυψης/χρήσεων γης και στη χαρτογράφηση των διαχρονικών τους αλλαγών, με τη δημιουργία παράλληλα ενός μοντέλου ροής εργασιών. Η διαδικασία αυτή εναρμονιζόμενη στις ανάγκες των ταχέως εξελιξών, δύνатаι να αποτελέσει εργαλείο για τη μελέτη του περιβάλλοντος, το σχεδιασμό αναπτυξιακών δράσεων αλλά και για την ενίσχυση των παραγωγικών και βιομηχανικών δραστηριοτήτων, στα πλαίσια των ανθρώπινων αναγκών και της υλοποίησης μιας κοινωνικοοικονομικής πολιτικής.

Για τις ανάγκες της μελέτης αυτής επιλέχθηκε ο Δήμος Μάνδρας Ειδυλλίας ο οποίος αποτελεί το μεγαλύτερο σε έκταση Δημοτικό διαμέρισμα του Νομού Αττικής. Η περιοχή είναι αντιπροσωπευτική των τοπικών μεσογειακών συνθηκών από την άποψη της δομής του τοπίου και παράλληλα της κάλυψης των ειδών στην επιφάνεια της γης. Χρησιμοποιήθηκαν διαχρονικές δορυφορικές εικόνες των ετών 1993, 2001 και 2010 του αισθητήρα Landsat TM. Τα βασικά λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία των εικόνων, τη χωρική ανάλυση των δεδομένων, την εξαγωγή στατιστικών δεδομένων και τη δημιουργία θεματικών χαρτών ήταν το ENVI 5.1 και το ArcGis 10.1.

Αρχικά οι δορυφορικές εικόνες διορθώθηκαν ραδιομετρικά και ατμοσφαιρικά και κόπηκαν στα όρια της περιοχής μελέτης. Στα παραγόμενα προϊόντα εφαρμόστηκε μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση, προκειμένου να γίνει μια γρήγορη διάκριση του αριθμού και του τύπου των διαφορετικών μορφών χρήσεων γης και η διαπίστωση ύπαρξης τυχόν διαχρονικών αλλαγών. Για την πιστοποίηση της ταξινόμησης ελήφθησαν στοιχεία υπαίθρου επί των διακριτών μορφών κάλυψης /χρήσεων γης κι αφού λήφθηκε υπόψη και η σχετική βιβλιογραφία ορίστηκαν οι κλάσεις ταξινόμησης. Καθορίστηκαν εννιά (9) βασικές κλάσεις ταξινόμησης. Για τις κλάσεις με μεγάλη ποικιλομορφία, δημιουργήθηκαν οι αντίστοιχές τους τάξεις πληροφόρησης (information class). Δημιουργήθηκαν (8) οκτώ λόγοι φασματικών καναλιών οι οποίοι ενσωματώθηκαν στις αρχικές μεταβλητές της εικόνας, προκειμένου να ενισχυθεί η διαχωριστική ικανότητα μεταξύ των κλάσεων ταξινόμησης. Τα αποτελέσματα έδωσαν ενισχυμένους δείκτες διακριτότητας με τιμές μεγαλύτερες του στατιστικού δείκτη 1,9 των περιοχών εκπαίδευσης και για τα τρία έτη αναφοράς. Ακολούθησε επιβλεπόμενη ταξινόμηση με τον ταξινομητή Μηχανής Υποστήριξης Διανυσμάτων (S.V.M) και για τις τρεις χρονικές σειρές των δορυφορικών εικόνων. Η ακρίβεια της ταξινόμησης αξιολογήθηκε με τη δημιουργία πίνακα Confusion Matrix και έδωσε ικανοποιητικές τιμές ολικής ακρίβειας και στατιστικού δείκτη Kappa. Η ολική ακρίβεια της ταξινόμησης για τις εικόνες του 1993, 2001 και 2010 εμφάνισε τιμές 89,8526%, 91,0093% και 90,2439% αντίστοιχα. Ο στατιστικός συντελεστής (K) εμφάνισε αντίστοιχα τιμές 0,9603, 0,8855 και 0,9876 οι οποίες προσεγγίζουν τη μονάδα.

Στα προϊόντα της ταξινόμησης εφαρμόστηκε η μέθοδος του συνδυασμού των κλάσεων (combine classes) και τα τελικά προϊόντα αποδόθηκαν χαρτογραφικά για τα τρία έτη μελέτης, με τη δημιουργία χαρτών κάλυψης γης. Τελικά δημιουργήθηκαν έξι χάρτες αλλαγών κάλυψης γης (δύο για κάθε συνδυασμό δύο ετών αναφοράς). Από τα στατιστικά αποτελέσματα της ταξινόμησης, προέκυψε ότι το άθροισμα των δασών και των δασικών εκτάσεων αντιπροσωπεύει την επικρατούσα κάλυψη/ χρήση γης, καλύπτοντας το 1993 το

61,51% της περιοχής, το 2001 το 64,69% και το 2010 φθάνει στο 64,85%. Το τμήμα του ελατόδασους που βρίσκεται στα όρια του Δήμου, εμφανίζει μια αυξητική τάση, της τάξης του 20% ενώ οι τεχνητές εκτάσεις παραμένουν σταθερές σε ποσοστό 3%. Παρουσιάζεται αύξηση της γεωργικής γης, κυρίως μετά το έτος 2001, της τάξης του 24,84% χωρίς όμως αυτό να συμβαδίζει με την αύξηση της γεωργικής παραγωγής της περιοχής.

Από την εξέταση των στατιστικών στοιχείων των διαχρονικών αλλαγών της μελέτης, απορρέει ευχερώς το συμπέρασμα πως η χρήση των τρεχουσών τεχνολογιών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διαμόρφωση των περιβαλλοντικών παραμέτρων, βελτιώνοντας τη γνώση μας σχετικά με τις ιδιότητες, τα χαρακτηριστικά, την κατάσταση, τις τάσεις και τις αλλαγές των φυσικών οικοσυστημάτων σε σχέση με τον άνθρωπο και την αξιοποίησή τους στην παραγωγική διαδικασία για την αντιμετώπιση της κρίσης και της ανεργίας.

Keywords: Τηλεπισκόπηση, LANDSAT TM, Φασματική διακριτική ικανότητα, Χρήση /Κάλυψη γης (LU/LC), φασματική ταυτότητα, ανάλυση διακριτότητας, Επιβλεπόμενη / μη Επιβλεπόμενη Ταξινόμηση (Supervised/ Unsupervised Classification), Ανίχνευση Αλλαγών (Change Detection).

ABSTRACT

This study aims to classify the land cover/land use and the mapping of their temporal changes by creating a parallel workflow model. This process in compliance with the needs of rapid development, can be a tool for the study of the environment, planning of developmental activities and to enhance the productive and industrial activities in the fields of human needs and the implementation of a socio-economic policy.

For the needs of this study was selected the Municipality of Mandra - Idyllia, which is the biggest municipal district of Attica. This area is a representative model of typical Mediterranean conditions in terms, because of the structure of the landscape and the coverage of the species on the surface of the Earth, as well. There were used diachronic satellite images for the years 1993-2001 and 2010 Landsat TM sensor. The basic software used for image processing to obtain the statistical data and create thematic maps, are the ENVI 5.1 and ArcGis 10.1.

Initially the satellite images were corrected radio-metrically and atmospherically and were cut at the boundaries of the study area. At the generated products was applied unsupervised classification, in order to make a quick distinction of the number and type of different forms of land use and the existence of finding any temporal changes. For the certification of classification were collected rural elements on separate forms of land cover/land use and taking into account the relevant literature there were identified the classification classes. There were established nine (9) basic classification classes. For class with highly diversity, their corresponding information classes were created (information class). There were created (8) eight reasons of spectral channels which were incorporated in the initial variables of the image to enhance the resolving power between classification classes. The results gave enhanced granularity indices with value greater statistical indicator 1.9 of training areas for all three reporting years. It followed a supervised classification by classifier Support Vector Machine (SVM) for three time series of satellite images. The classification accuracy was evaluated by creating table Confusion Matrix and gave satisfactory overall precision values and statistical index Kappa. The overall classification accuracy for images of 1993, 2001 and 2010 demonstrated prices 89.8526% 91.0093% and 90.2439%, respectively. The statistical factor (K) respectively gave values 0.9603, 0.8855 and 0.9876 which approach the unit.

In classification products was applied the "combine classes" method, and final products were attributed mapping of three years of study, with the creation of land cover maps. Eventually were created six maps of land cover changes (two for any combination of two reporting years). The statistical results of classification showed that the total of forests and woodlands, represents the predominant land use / land cover, accounts for 61.51% of the area in 1993, for 64.69% in 2001 and in 2010 reaches 64.85%. The part of the fir forests, located in the municipality boundaries, shows a growth trend of around 20% while artificial surfaces stable of around 3%. It is presented increase of agricultural land, especially after the year 2001 but the rate of 24.84% doesn't keep up with growth in the agricultural production of the region.

An examination of the statistics of the temporal change of study, easily leads to the conclusion that the use of current technologies can be used for configuring environmental parameters improving our knowledge about the properties, characteristics, status, trends and changes in natural ecosystems with respect to humans and their use in the production process with a view to tackling the economic crisis and unemployment.

Keywords: Remote Sensing, LANDSAT TM, spectral resolution, Land Use /Land Cover (LU/LC), spectral signature/ spectral response, spectral separability, Supervised/ Unsupervised Classification, Digital Change Detection.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Κίνητρο για τη σύνταξη της εργασίας αυτής, αποτέλεσε η ενασχόλησή μου με το Δασικό Αντικείμενο, τόσο με τη διαχείριση, όσο και με τις απειλές των Δασικών οικοσυστημάτων από ανθρωπογενή κυρίως αίτια στην περιοχή της Δυτ. Αττικής, κατά τη διάρκεια της μακρόχρονης Υπηρεσίας μου ως Δασολόγος στο Δασαρχείο Αιγάλεω.

Ο σκοπός της είναι να παρουσιάσει, αφενός μεν τη διαχρονική αλλαγή των μορφών χρήσης / κάλυψης γης στο Δήμο Μάνδρας Ειδυλλίας με τη χρήση της Επιστήμης της τηλεπισκόπησης και αφετέρου να δημιουργήσει πρότυπο επεξεργασίας για άλλες περιοχές στις οποίες επικρατούν παρόμοιες συνθήκες ανάγλυφου και βλάστησης. Επίσης, τα εξαγόμενα από τη διαδικασία αυτή στατιστικά αποτελέσματα και οι τάσεις που θα προκύψουν, δύναται να υποστηρίξουν αποφάσεις που σχετίζονται με τον άνθρωπο, το περιβάλλον και την οικονομία ή ακόμη και να δημιουργήσουν την ανάγκη για χάραξης ενός νέου στρατηγικού σχεδιασμού ανάπτυξης.

1.2. ΔΟΜΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η εργασία χωρίζεται σε 7 ενότητες:

Στην πρώτη ενότητα παρουσιάζεται η σημασία της χαρτογράφησης της κάλυψης/χρήσης γης και της παρακολούθησης των αλλαγών καθώς και των επιπτώσεων που επιφέρουν οι αλλαγές αυτές τόσο σε τοπικό- περιφερειακό όσο και παγκόσμιο περιβάλλον. Επίσης εκθέτονται τα εργαλεία σχεδιασμού και μοντελοποίησης των χρήσεων γης στην υπηρεσία της προστασίας του περιβάλλοντος και η αναγκαιότητα της ταξινόμησης στα παγκόσμια συστήματα της γης που στοχεύει στην ανάπτυξη σχεδίων για πολλαπλές χρήσεις των φυσικών πόρων και στην προστασία της φύσης.

Στη δεύτερη ενότητα παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο της μελέτης, όπου ορίζονται και αναλύονται θεμελιώδεις επιστημονικοί όροι, οι οποίοι χρησιμοποιούνται στην εν λόγω μελέτη, γίνεται μια παρουσίαση των συστημάτων δορυφορικής απεικόνισης με ιδιαίτερη αναφορά στους δορυφόρους Landsat και παρουσιάζονται οι αρχές επεξεργασίας και ερμηνείας της δορυφορικής εικόνας.

Στην τρίτη ενότητα παρουσιάζεται η επισκόπηση βιβλιογραφίας, στην οποία αναφέρονται με χρονολογική σειρά, μελέτες και αποτελέσματα ξένων και Ελλήνων μελετητών, με θέμα τη ταξινόμηση και την ανίχνευση διαχρονικών αλλαγών κάλυψης/χρήσης γης. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται σχετικά με τους Δασολόγους ερευνητές.

Στην τέταρτη ενότητα γίνεται μια πολύπλευρη παρουσίαση της περιοχής μελέτης, στην οποία αναλύονται οι φυσικογεωγραφικοί, ανθρωπογεωγραφικοί και οικονομικοί παράγοντες της εν λόγω περιοχής.

Στην πέμπτη ενότητα παρουσιάζεται αναλυτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε από την προμήθεια των αρχικών δορυφορικών εικόνων, μέχρι τη δημιουργία των τελικών

χαρτών ταξινόμησης την αποτύπωση των διαχρονικών αλλαγών κάλυψης/χρήσης γης και την ερμηνεία των στατιστικών στοιχείων που παρήχθησαν από τις αλλαγές αυτές.

Στην έκτη ενότητα καταγράφονται και αναλύονται τα συμπεράσματα της εργασίας με συζήτηση σε μελλοντικές προκλήσεις για την δημιουργία αναπτυξιακών στόχων της περιοχής.

Στην έβδομη ενότητα τέλος, παρουσιάζονται προτάσεις για μελλοντικές νέες εργασίες στη συνέχεια της παρούσας.

1.3. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ

Η γη είναι ένας σύνθετος και δυναμικός συνδυασμός παραγόντων: γεωλογία, τοπογραφία, υδρολογία, εδάφη, μικροκλίματα και κοινότητες φυτών και ζώων που αλληλοεπιδρούν συνεχώς υπό την επίδραση των δραστηριοτήτων του κλίματος και των λαών (Ermias Aynekulu et al., 2006). Αποτελεί τον βασικό φυσικό πόρο, και παρέχει χώρο και πρώτες ύλες για διάφορες αναπτυξιακές και άλλες δραστηριότητες οι οποίες μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες κατηγορίες. Σύμφωνα με τον Anderson et al. (2001), οι χρήσεις της γης μπορούν να ταξινομηθούν γενικά στις αστικές ή δομημένου εδάφους, της γεωργικής γης, Σειρά Γη, δασικές εκτάσεις, Νερό, Υγρότοποι, άγονη γη, Tundra και Πολυετές χιόνι ή πάγο. Αυτές μπορούν επίσης να ταξινομηθούν σε μια περαιτέρω επιμέρους κατάταξη. Στη συνέχεια, είναι δυνατή η χρήση της γης για διάφορες δραστηριότητες και σκοπούς σε διαφορετικό χρόνο. Επίσης η χρήση της γης παρουσιάζει μια συνεχή και δυναμική αλλαγή. Υπάρχει σύνθετη και δυναμική χρήση και αλλαγής κάλυψη γης σε διάφορες κλίμακες, οι οποίες έχουν παγκόσμια περιβαλλοντική επίπτωση. Ως εκ τούτου, λόγω του δυναμισμού της εξελισσόμενης φύσης των αλλαγών χρήσης/ κάλυψης *Land-use and land-cover change* (LUCC) και των προβλημάτων που πηγάζουν από αυτό, η λεπτομερή και συνεχή μελέτη είναι απαραίτητη σε όλη τη κλίμακα (N. P. Sooraj et al., 2013).

Η χρήση της γης και η αλλαγή κάλυψη γης (LUCC) αποτελεί βασικό μοχλό της παγκόσμιας περιβαλλοντικής αλλαγής και έχει σημαντικές συνέπειες σε πολλά θέματα εθνικής και διεθνούς πολιτικής (Nunes & Auge 1999 in Lambin 2001 (Jeanne et al., 1995). Δείχνει δε, ότι οι επιπτώσεις των αλλαγών χρήσης γης και κάλυψης γης είναι ζωτικής σημασίας για πολλά προγράμματα της κυβέρνησης τα οποία τεκμηριώνουν τα ποσοστά, τις κινητήριες δυνάμεις, και τις συνέπειες της αλλαγής. Ειδικότερα, LUCC σε πεδινές τροπικές περιοχές παρουσιάζει σημαντική ανησυχία εξ' αιτίας της ευρύτητάς τους και των ραγδαίων αλλαγών στην κατανομή και τα χαρακτηριστικά των τροπικών δασών. Ο FAO (2001) δείχνει ότι υπάρχουν περίπου 39 εκατομμύρια km² , δηλ το (29%) της επιφάνειας της γης παγκοσμίως των δασικών εκτάσεων. Ωστόσο, το Παγκόσμιο Ινστιτούτο Πόρων *World Resources Institute* (WRI, 1997) εκτιμά ότι μόνο το ένα πέμπτο της αρχικής δασικής κάλυψης του κόσμου παραμένει.

Σύμφωνα με τον James W. Moore (1986), μια από τις σημαντικότερες αιτίες της αλλαγής κάλυψης γης είναι η αποψίλωση των δασών η οποία αποτελεί μια από τις πιο ευρέως διαδεδομένες ανησυχίες στις αναπτυσσόμενες χώρες, ιδίως σε τροπικά υγρά δάση, τα οποία καλύπτουν περίπου 550 εκατομμύρια εκτάρια του πλανήτη, με ένα ετήσιο ρυθμό συγκομιδής άνω του 2%. Όπως είναι προφανές, η δασική κάλυψη του πλανήτη μειώνεται συνεχώς και το γεγονός αυτό έχει παγκόσμιες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Ο James W. Moore (1986), έδειξε ότι οι συνέπειες της αποψίλωσης των δασών προκαλούν παγκοσμίως μεγάλο

αριθμό επιδράσεων όπως αλλαγή και στον τρόπο ζωής των κατοίκων της περιοχής, εξάλειψη των ειδών, απροσδιόριστη απώλεια της δεξαμενή των γενετικών πόρων, αύξηση της διάβρωσης των εδαφών από τον άνεμο και το νερό, επιδείνωση της ερημοποίησης, αυξημένη απορροή σε ποτάμια με αποτέλεσμα τις πλημμύρες και τις μελλοντικές διαβρώσεις, μειωμένη διαπνοή από τη βλάστηση και έτσι λιγότερη βροχοπτώση, και στην αλλαγή στην περιφερειακή albedo (η διάχυτη ανακλαστικότητα ή η ανακλαστική δύναμη μιας επιφάνειας) ή συντελεστής ανάκλασης, (<http://en.wikipedia.org/wiki/Albedo>).

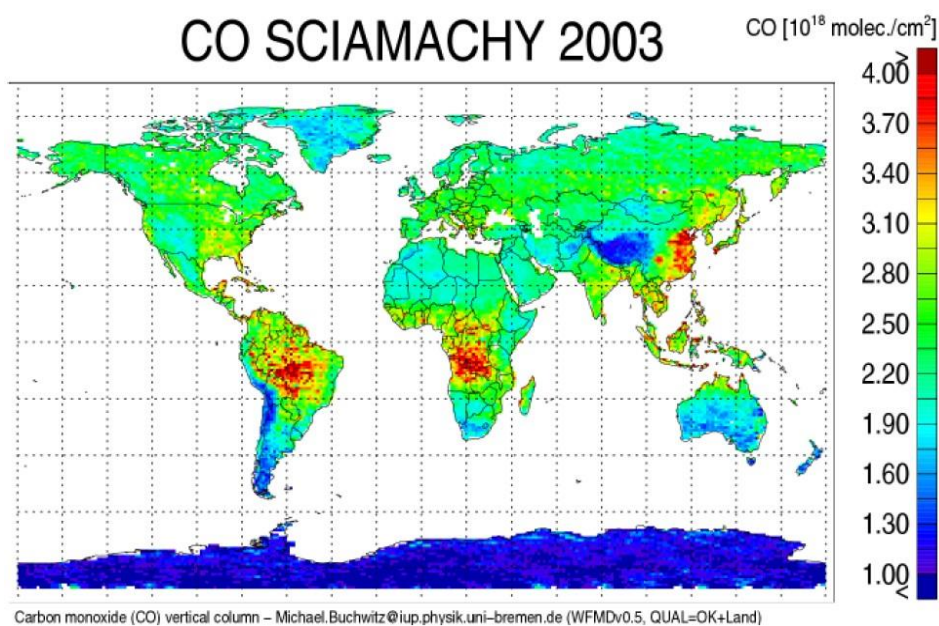
Οι αλλαγές της τοπικής χρήσης και της κάλυψης γης αποτελούν θεμελιώδεις παράγοντες των κλιματικών αλλαγών σε όλη του την κλίμακα παγκοσμίως καθώς και ισχυρούς παράγοντες που επιδρούν στην βιοποικιλότητα, το νερό την εκπεμπόμενη ακτινοβολία τους προϋπολογισμούς, καθώς και τον εντοπισμό των εκπομπών αερίων. (Riebsame et al., 1994 στο Thomas R. Loveland, 1999). Σε τοπική και περιφερειακή κλίμακα, η αλλαγή της κάλυψης γης μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις στα υδάτινα συστήματα που οφείλονται σε νέες πρακτικές χρήσεις της γης, που επηρεάζουν αρνητικά την ποιότητα του νερού και την καθίζηση (Thomas R. Loveland, 1999). Οι αλλαγές αυτές τροποποιούν τη σύνθεση των φυτικών κοινοτήτων μέσω του κατακερματισμού, την απομάκρυνση και την εισαγωγή ειδών, αλλοίωση των θρεπτικών ουσιών και του νερού μονοπάτια, και τις μεταβολές των κύκλων διαταραχής. Επειδή η περιβαλλοντική αλλαγή είναι πανταχού παρούσα σε όλο τον κόσμο, ο εντοπισμός και η διάγνωση των συμπτωμάτων της αναδυόμενης περιβαλλοντικής κρισιμότητας του συνολικού θορύβου των περιβαλλοντικών αλλαγών σε τοπικό επίπεδο, είναι απαραίτητη. Η προσοχή στις πιο πρόσφατες συζητήσεις της παγκόσμιας περιβαλλοντικής αλλαγής, επικεντρώνεται στην ταχεία αλλαγή της κάλυψης γης, ειδικά στην αποψίλωση των δασών, στην παγκόσμια κλιματική αλλαγή και την απώλεια της βιοποικιλότητας (Jeanne X. Kasperson et al., 1995).

Ο Thomas R. Loveland (1999), εξήγησε ότι οι αλλαγές σε τοπική κλίμακα της κάλυψης γης μπορεί να έχουν δραματικές και σωρευτικές επιπτώσεις σε μεγαλύτερες κλίμακες. Θα συζητηθεί, επίσης, ότι οι αλλαγές της χρήση γης / κάλυψης γης δεν προκαλούν ανησυχία μόνο σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, λόγω των επιπτώσεών τους στις πρακτικές διαχείρισης της γης, αλλά δημιουργούν επίσης ανησυχία στην οικονομική υγεία και βιωσιμότητα και στις κοινωνικές διεργασίες, τόσο σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, όσο και σε παγκόσμιο.

1.4. ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ ΣΤΗΝ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Η Τηλεπισκόπηση τα στοιχεία και οι τεχνικές των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS) παρέχουν αποτελεσματικές μεθόδους για την ανάλυση των ζητημάτων των χρήσης γης και εργαλεία για το σχεδιασμό και την μοντελοποίηση αυτών. Κατανοώντας τις κινητήριες δυνάμεις της ανάπτυξης της χρήσης γης κατά το παρελθόν, τη διαχείριση της σημερινής κατάστασης με σύγχρονα εργαλεία GIS, και μοντελοποίηση για το μέλλον, η επιστημονική κοινότητα είναι σε θέση να αναπτύξει σχέδια για πολλαπλές χρήσεις των φυσικών πόρων και την προστασία της φύσης. Η γνώση σχετικά με τη χρήση και την κάλυψη γης έχει καταστεί ολοένα και πιο σημαντική, καθώς όλα τα έθνη σχεδιάζουν να ξεπεραστούν τα προβλήματα της ανεξέλεγκτης ανάπτυξης, επιδείνωσης της ποιότητας του περιβάλλοντος, απώλειας της πρωταρχικής γεωργικής γης, καταστροφής σημαντικών υγροτόπων, και της απώλειας των ψαριών και της άγριας ζωής οικοτόπων (James R. Anderson et al., 2001). Οι κυβερνήσεις των κρατών μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα στοιχεία από τηλεπισκόπηση,

προκειμένου να πάρουν σημαντικές αποφάσεις σχετικά με τις πολιτικές που θα ακολουθήσουν, ή για το πώς θα αντιμετωπίσουν εθνικά θέματα όπως για παράδειγμα θέματα που αφορούν τη γεωργία. Επίσης ο κάθε αγρότης μπορεί να λάβει χρήσιμες πληροφορίες από ψηφιακές εικόνες που έχουν ληφθεί με την χρήση τηλεπισκόπησης, για τις καλλιέργειες του, την κατάσταση της υγείας των φυτών και τον τρόπο που θα αντιμετωπίσει τυχόν προβλήματα.



Εικόνα 1. Χωρική κατανομή της συγκέντρωσης μονοξειδίου του άνθρακα στον πλανήτη για το έτος 2003, όπως αυτή εκτιμήθηκε από τον αισθητήρα SCIAMACHY του δορυφόρου Envisat.

1.5. ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΣΤΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

Ο Lee et al. (1992) έδειξε ότι η σημασία της κατανόησης των επιπτώσεων της ανθρώπινης χρήσης της γης τόσο στο παρελθόν, το παρόν όσο και στο μέλλον στη βιοποικιλότητα και τη λειτουργία του οικοσυστήματος είναι όλο και πιο σημαντική και αποτελεί την πρώτη βασική και εφαρμοσμένη οικολογία. Για να καταλάβουμε πώς αλλαγές χρήσης / κάλυψης γης (Land Use/ Cover (LUC)) επηρεάζουν και αλληλοεπιδρούν με τα παγκόσμια συστήματα της γης, είναι απαραίτητες οι πληροφορίες σχετικά με τις αλλαγές, όπου και όταν αυτές συμβαίνουν, τα επιτόκια με τα οποία συμβαίνουν, και οι κοινωνικές και σωματικές δυνάμεις που οδηγούν στις αλλαγές αυτές (Lambin , 1997 in J. M. Read, 2001). Παρά τις συνεχιζόμενες ερευνητικές προσπάθειες σχετικά με την κάλυψη και τα πρότυπα χρήσης γης, εξακολουθεί να υπάρχει η ανάγκη για την ανάπτυξη των βασικών καλύψεων γης σύνολα δεδομένων που παρέχουν ποσοτικά χωρική πληροφορία στην κάλυψη γης.

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1. Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΧΑΡΤΗ/ΚΑΛΥΨΗΣ ΓΗΣ ΣΑΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΣΕ ΤΟΠΙΚΟ ΚΑΙ ΕΘΝΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Αξιόπιστα στοιχεία σχετικά με το είδος, την κατανομή και την έκταση των χρήσεων/ κάλυψης γης μιας περιοχής πρέπει να είναι διαθέσιμα σε έναν οργανισμό ή μια υπηρεσία πριν εφαρμοστούν προγράμματα διαχείρισης και ανάπτυξης της περιοχής αυτής. Η δημιουργία ενημερωμένων χαρτών της κάλυψης γης συμβάλλει αποφασιστικά στο σχεδιασμό και τον συντονισμό των σχετικών δράσεων, στη διατήρηση των φυσικών αποθεμάτων, στην παρακολούθηση των αλλαγών που οφείλονται σε φυσικές καταστροφές, όπως π.χ.. πυρκαγιές, πλημμύρες, φαινόμενα διάβρωσης κ.λπ. ή στις ανθρωπογενείς επιδράσεις, όπως η οικιστική ανάπτυξη, ο τουρισμός, η μόλυνση εδάφους και υδάτινων επιφανειών κ.λπ, και στον προσανατολισμό του αστικού και περιφερειακού σχεδιασμού για τη λήψη αξιόπιστων και λειτουργικών αποφάσεων (Γήτας, κ.α. 2003).

Ειδικότερα στην **επιστήμη της δασολογίας**, το χαρτογραφικό υπόβαθρο είναι απαραίτητο σχεδόν σε όλες τις δραστηριότητες του δασολόγου. Οι πληροφορίες σχετικά με την κατανομή και έκταση των διαφόρων δασοπονικών ειδών, των διαφόρων σταδίων ανάπτυξης του δάσους, των κατηγοριών ξυλώδους όγκου, του βαθμού προσβολής από ασθένειες και έντομα, την έκταση μιας καμένης περιοχής, των χρήσεων/ κάλυψης γης, των ειδών των εδαφών και ποιοτήτων τόπου, και του βαθμού διάβρωσης, παρέχονται από χάρτες και είναι πολύ χρήσιμοι για το σχεδιασμό και την οργάνωση των διαχειριστικών προγραμμάτων, καθώς και για την εκτίμηση της επιτυχίας αυτών (Καρτέρης, 1990).

Στην κατεύθυνση αυτή, αναπτύχθηκε ένα εθνικό πρόγραμμα χαρτογράφησης και αξιολόγησης της ελληνικής γης, με τη συγκέντρωση πληροφοριών που θεωρούνται απαραίτητες για τον ορθολογικό σχεδιασμό των χρήσεων γης σε περιφερειακό και εθνικό επίπεδο (Υπ. Γεωργίας, 2004). Για την παραγωγή υλικού αναγκαίου για τον προσδιορισμό των χρήσεων γης ιδιαίτερα στο δασικό χώρο, αναπτύχθηκαν από την κεντρική δασική υπηρεσία τρία έργα εθνικού επιπέδου, το έργο απογραφής των δασών και δασικών εκτάσεων, το έργο της χαρτογράφησης των δασών και δασικών εκτάσεων και το έργο της ταξινόμησης των δασικών εδαφών. Στα πλαίσια του προγράμματος της χαρτογράφησης καταρτίστηκαν θεματικοί δασικοί χάρτες κλίμακας 1:20.000 (αναλογικοί ορθοφωτοχάρτες – γραμμικοί), αντιυρικοί χάρτες της Αττικής και 28 έγχρωμοι θεματικοί χάρτες κλίμακας 1:200.000. Οι χάρτες αυτοί αποτελούν πολύτιμο οδηγό για τη γνώση των οικολογικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής και την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων χρήσεων γης (Υπ. Γεωργίας, 2004).

Χρήσιμος χάρτης όμως δεν είναι μόνο ο ακριβής χάρτης, αλλά και ο ενημερωμένος, που περιγράφει την υπάρχουσα κατάσταση μιας περιοχής, όπως αυτή είναι κατά τον χρόνο που ο χάρτης χρησιμοποιείται. Η ανάγκη για ενημέρωση του χάρτη, είναι ανάλογη της κλίμακας του. Το φαινόμενο αυτό είναι έντονο στους χάρτες μεγάλης κλίμακας που αποδίδουν περιοχές με έντονη ανάπτυξη (π.χ. αστικές περιοχές). Έχει παρατηρηθεί το φαινόμενο πριν ολοκληρωθεί η χαρτογράφηση μιας περιοχής, τα παραδοτέα κομμάτια του χάρτη να είναι είδη ξεπερασμένα. Εξαιρέση αυτού του κανόνα αποτελούν οι χάρτες μεγάλης κλίμακας που αποτυπώνουν φυσικά χαρακτηριστικά τα οποία μεταβάλλονται με αργούς ρυθμούς (π.χ.. εδαφολογικοί, αναγλύφου κ.λ.π.) (Καρτέρης και Γιαννακόπουλος, 1998).

Όλα τα παραπάνω καθιστούν σαφή τον σημαντικό ρόλο του χάρτη χρήσης/ κάλυψης γης σα διαχειριστικό εργαλείο. Η ζήτηση ενημερωμένων χαρτών αυξάνεται ολοένα όμως, λόγω της αύξησης τόσο ποσοτικά, όσο και σε είδος των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων. Αντίστοιχα γίνεται κατανοητή η ανάγκη για έρευνα στον τομέα της χαρτογράφησης, προκειμένου να βρεθούν νέες μέθοδοι που θα εξοικονομούν χρόνο στη σύνταξη των χαρτών, αλλά και θα βελτιώνουν την ακρίβειά τους σαν προϊόν, ώστε να αποτελούν αξιόπιστο εργαλείο σχεδιασμού και λήψης αποφάσεων.

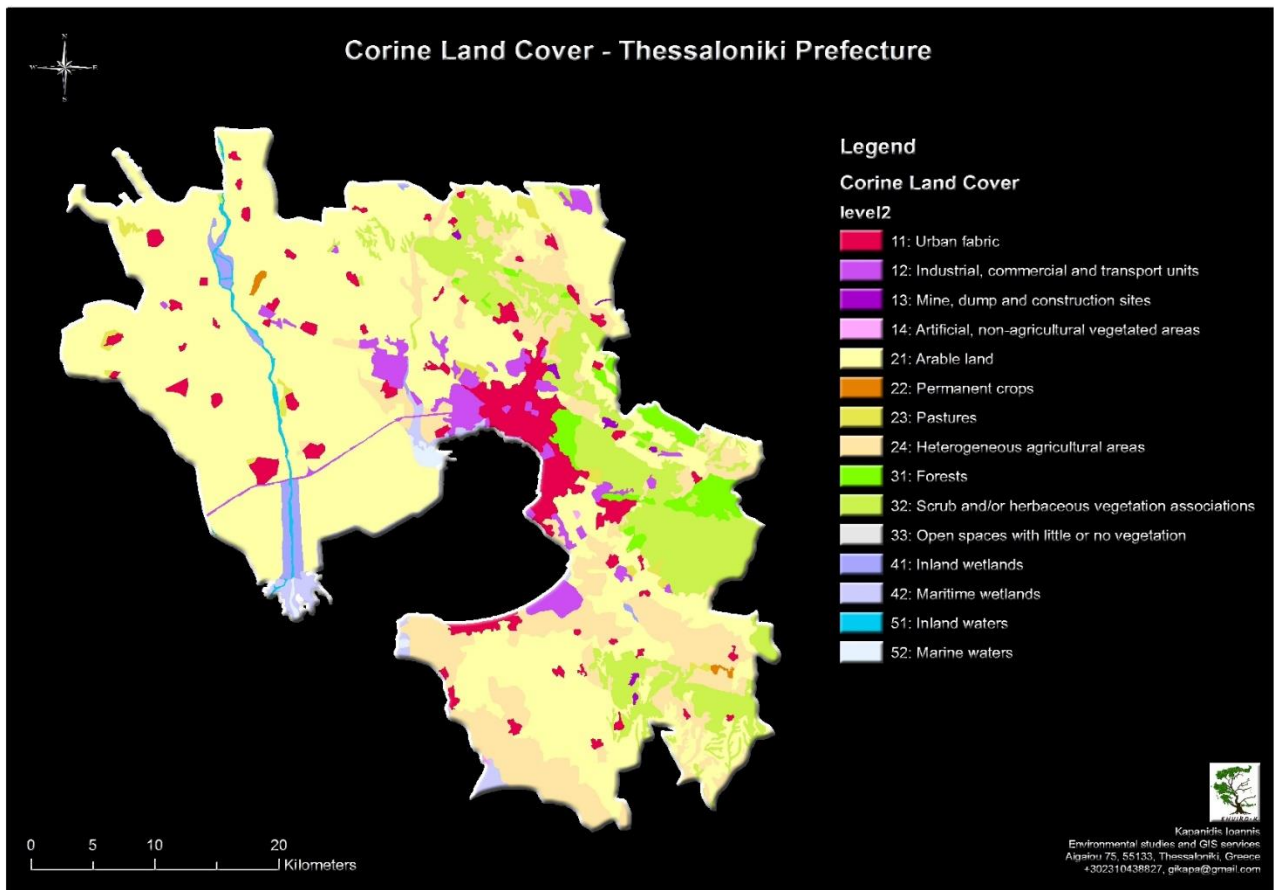
2.2. Η ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΧΡΗΣΗΣ /ΚΑΛΥΨΗΣ ΓΗΣ

2.2.1. Γενικά

Ο όρος **χρήση γης (land use)** αναφέρεται ειδικότερα στον τρόπο χρήσης της γης από τον άνθρωπο, συνήθως με έμφαση στον λειτουργικό ρόλο της γης στις οικονομικές δραστηριότητες (Campbell, 2002). Συνήθως δεν μπορούμε να διαπιστώσουμε την πραγματική χρήση ενός διαμερίσματος της γης παρά μόνο τις επιδράσεις της χρήσης αυτής στα φυσικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας της γης. Μερικές φορές οι επιδράσεις των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων είναι εμφανείς (π.χ.. βιομηχανική περιοχή) και για το λόγο αυτό μπορούν να συσχετισθούν με συγκεκριμένες οικονομικές δραστηριότητες και κατηγορίες χρήσεων γης.

Σε αντίθεση στα δασικά οικοσυστήματα μια έκταση μπορεί να δίνει ελάχιστες ή καθόλου ενδείξεις των διαφόρων χρήσεων γης, όπως παραγωγή ξυλείας, τόπος αναψυχής, ενδιαίτηματα άγριων ζώων κ.α. Επιπλέον, μερικές φορές τα τμήματα της γης χαρακτηρίζονται από εποχικές μεταβολές στη χρήση γης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί μια αγροτική έκταση η οποία μπορεί να καλλιεργείται μια χρονική περίοδο του έτους ενώ σε μια άλλη να χρησιμοποιείται ως βοσκότοπος.

Η **κάλυψη γης (land cover)**, αφορά την κατηγοριοποίηση των φυσικών κι ανθρωπογενών στοιχείων του εδάφους, με βάση τις ορατές αποδείξεις των χρήσεων γης (Καρτάλης κ.α., 2006). Υπό την στενότερη έννοια, η κάλυψη γης σχετίζεται με την κατηγοριοποίηση της βλάστησης, φυσικής ή ανθρωπογενούς, στην επιφάνεια του εδάφους σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Έτσι το πυκνό δάσος η οργωμένη γη, οι καλλιέργειες το αστικό πλέγμα και πολλά άλλα αποτελούν κατηγορίες κάλυψης γης (Εικόνα 2). Ενώ η χρήση γης αποτελεί μια αφηρημένη έννοια, η κάλυψη γης είναι μια έννοια με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και συνεπώς αποτελεί αντικείμενο άμεσης παρατήρησης (Καρτάλης κ.α. 2006). Ο ρόλος των οικονομικών δραστηριοτήτων δεν αποτελεί βασικό κριτήριο στην κατηγοριοποίηση των κλάσεων κάλυψης χρήσεων γης σε αντίθεση με τη διάκριση χρήσεων γης. Συνήθως η διάκριση μεταξύ της κάλυψης γης και των χρήσεων γης γίνεται πιο σημαντική όσο αυξάνει η χωρική ανάλυση και η χωρική κλίμακα της εφαρμογής της εικόνας. Από τα παραπάνω φαίνεται πως η χρήση του σύνθετου όρου «χρήσης/ κάλυψης» είναι περισσότερο πλήρης, καθώς εκφράζει με μεγαλύτερη σαφήνεια τα φυσικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας της γης.



Εικόνα 2. Χάρτης κάλυψης γης Ν. Θεσσαλονίκης Corine 2000. (Πηγή: www.elance.com/samples/map-of-corine-land-cover-thessaloniki-prefecture-greece-map-arcmap-arcgis-photoshop/63282004/)

2.2.2. Συστήματα ταξινόμησης

Η παραγωγή ενός χάρτη χρήσεων γης από μια δορυφορική εικόνα αποτελεί ουσιαστικά μια διαδικασία κατάτμησης της εικόνας σε τμήματα γης (*parcels*), με κάθε τμήμα να αντιστοιχεί σε μια τάξη χρήσης γης (Καρτάλης και Φειδάς, 2006).

Η χαρτογράφηση των χρήσεων/ κάλυψης γης προϋποθέτει την ταξινόμησή τους σε κατηγορίες, δηλαδή την ομαδοποίηση των χαρακτηριστικών της επιφάνειας της γης με βάση τις κοινές τους ιδιότητες, γνωρίσματα ή σχέσεις (Καρτέρης και Τσομπανίκος, 1984). Ο τρόπος και ο βαθμός ομαδοποίησης των χαρακτηριστικών ποικίλει ανάλογα με το σκοπό χαρτογράφησης και έρευνας των χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης, και καθορίζεται από το χρησιμοποιούμενο κάθε φορά σύστημα ταξινόμησης. Επίσης κάθε αποτύπωση ορίζει διαφορετικά παρόμοιες κατηγορίες. Για παράδειγμα η κατηγορία «δάσος» μπορεί να περιλαμβάνει διάφορα χαρακτηριστικά (ύψος συστάδας, κάλυψη εδάφους, ξυλαπόθεμα κ.λ.π.) προκειμένου μια επιφάνεια που φέρει δέντρα να ταξινομηθεί έτσι. Οπότε σε ένα χάρτη σχεδιασμού και οικιστικής ανάπτυξης περιοχές χωρίς δέντρα μπορούν να ταξινομηθούν σαν ζώνες αστικού σχεδιασμού, ενώ αν ο χάρτης που δημιουργείται είναι για τον σχεδιασμό αναδάσωσης να χαρακτηριστούν σαν δάσος.

Η χαρτογράφηση των χρήσεων/ κάλυψης της γης, που αποτελεί τη βασική προϋπόθεση για την ανάπτυξη επιχειρησιακών προγραμμάτων ορθολογικής διαχείρισής της, τόσο σε εθνικό, όσο και σε τοπικό επίπεδο, θα πρέπει να βασίζεται σε κάποιο σύστημα κοινά αποδεκτό (Καρτέρης και Τσομπανίκος, 1984). Επιπλέον, θα πρέπει να ακολουθείται

ένα σύστημα ταξινόμησης το οποίο να είναι συμβατό με αυτά που χρησιμοποιούνται από άλλους χρήστες και σε παλαιότερες εφαρμογές (Compbell, 2002). Για τη χαρτογράφηση της κάλυψης/χρήσης γης έχουν προταθεί διάφορα συστήματα ταξινόμησης. Όλα όμως πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο πλήρη περιλαμβάνοντας όλες τις υπάρχουσες χρήσεις και καλύψεις γης της κάθε περιοχής μελέτης. Επίσης, οι διαμορφούμενες κατηγορίες θα πρέπει να ορίζονται με σαφήνεια, και ο διαχωρισμός τους να στηρίζεται σε λογική βάση. Έτσι μόνο το αποτέλεσμα της φωτοερμηνείας μπορεί να έχει μεγάλη ακρίβεια καθώς και να επαναλαμβάνεται από διαφορετικούς φωτοερμηνευτές. Οι Καρτέρης και Τσομπανίκος (1984) προτείνουν την ταξινόμηση της χρήσης/ κάλυψης γης σε 6 κατηγορίες: την αστική γη, τη δασική γη, τη γεωργική γη, το νερό και την άγονη γη. Κάθε μία από τις κατηγορίες αυτές αναπτύσσεται στη συνέχεια σε λεπτομερέστερες υποκατηγορίες.

Το πιο γνωστό και ευρέως χρησιμοποιούμενο σύστημα ταξινόμησης των χρήσεων και τη κάλυψης γης, είναι το σύστημα **Anderson et al. (1976)**, το οποίο χωρίζεται σε εννέα βασικές κατηγορίες (αστική περιοχή, αγροτική περιοχή, βοσκότοπος, δάσος, υδάτινη επιφάνεια υδροβιότοπος, άγονο έδαφος, τούντρα, αιώνια χιόνια και πάγοι (Πίνακας 1). Κάθε βασική κατηγορία διαιρείται σε διάφορες υποκατηγορίες που χρησιμοποιούνται ανάλογα με τη χωρική κλίμακα του χάρτη. Το σύστημα αυτό έχει αρκετά πλεονεκτήματα έναντι των άλλων συστημάτων ταξινόμησης. Το βασικότερο είναι ότι έχει σχεδιαστεί ειδικά για εφαρμογή σε δορυφορικές εικόνες και αεροφωτογραφίες. Το επίπεδο 1 για παράδειγμα, προορίζεται για εφαρμογή σε εικόνες μεγάλης χωρικής κλίμακας και μικρής χωρικής ανάλυσης(π.χ. εικόνες Landsat TM). Το επίπεδο 2 αποτελείται από πιο λεπτομερείς τάξεις οι οποίες μπορούν να εντοπιστούν σε εικόνες μικρής χωρικής κλίμακας και μεγάλης χωρικής ανάλυσης (π.χ. IKONOS, Quick bird) (Καρτάλης & Φειδάς , 2006).

	Επίπεδο 1		Επίπεδο 2
1	Αστικές ή δομημένες περιοχές	11	Κατοικημένες
		12	Εμπορικές και υπηρεσίες
		13	Βιομηχανικές
		14	Μεταφορές, επικοινωνίες & κοινωφελείς υπηρεσίες
		15	Βιομηχανικά & εμπορικά συμπλέγματα
		16	Μικτές αστικές ή δομημένες
		17	Άλλες αστικές ή δομημένες
2	Αγροτική περιοχή	21	Καλλιέργειες και βοσκότοποι
		22	Δεντρόκηποι, αλεύρια, αμπέλια, φυτώρια, διακοσμητικές κηπευτικές περιοχές
		23	Επιχειρήσεις περιορισμένης τροφοδότησης
		24	Άλλες αγροτικές περιοχές
3	Βοσκότοπος μεγάλης έκτασης	31	Ποώδης βοσκότοπος
		32	Θαμνώδης βοσκότοπος
		33	Μικτός βοσκότοπος
4	Δασική περιοχή	41	Φυλλοβόλα δάση
		42	Λειθαλή δάση
		43	Μικτή δασική περιοχή
5	Υδάτινη επιφάνεια	51	Χείμαρροι και κανάλια
		52	Λίμνες
		53	Υδροφορείς
		54	Όρμοι και Δέλτα ποταμών
6	Υγροβιότοπος	61	Δασικοί υγροβιότοποι
		62	Μη δασικοί υγροβιότοποι

7	Άγονο έδαφος	71	Ξηρή, αλμυρή πεδινή περιοχή
		72	Ακτές
		73	Αμμώδη εδάφη εκτός ακτών
		74	Γυμνό εκτεθειμένο έδαφος
		75	Ορυχεία, λατομεία, εκσκαφές
		76	Μεταβατικές περιοχές
		77	Μικτό άγονο έδαφος
8	Τούντρα	81	Θαμνώδης τούντρα
		82	Ποώδης τούντρα
		83	Γυμνό έδαφος τούντρας
		84	Υγρή τούντρα
		85	Μικτή τούντρα
9	Αιώνιοι πάγοι και χιόνια	91	Αιώνιες χιονοσκεπείς εκτάσεις
		92	Παγετώνες

976).

Πίνακας 1. Σύστημα ταξινόμησης χρήσεων και κάλυψης γης του Anderson et al. (1976).

Για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος στην Ευρωπαϊκή Ένωση, στις 17 Ιουνίου του 1985 υιοθετήθηκε απόφαση για την εκπόνηση του περιβαλλοντικού προγράμματος **CORINE** (COoRdination of INformation on the Environment). Το πρόγραμμα αυτό αφορά στη συλλογή, συντονισμό και συνοχή των πληροφοριών σε σχέση με το περιβάλλον και τα φυσικά διαθέσιμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Βασίζεται σε οπτική φωτοερμηνεία εικόνων LANDSAT 7 ETM+ (η έκδοση 2000) από εθνικές ομάδες εργασίας. Συνολικά 26 εικόνες απαιτούνται για την κάλυψη της Ελλάδος.

Στο σύστημα (**CLC2000**) δημιουργήθηκαν τρία ιεραρχικά επίπεδα όπου περιγράφεται η κάλυψη και, σε ορισμένες περιπτώσεις, η χρήση γης τα οποία είναι τα ακόλουθα:

- Επίπεδο 1: περιλαμβάνει 5 κατηγορίες κάλυψης γης, οι οποίες αντιστοιχούν στις ανώτατες και κύριες κατηγορίες κάλυψης γης του πλανήτη. Αυτές οι κατηγορίες μπορεί να θεωρηθούν αφημένες σε κάποιο βαθμό, διότι προκύπτουν από μεγάλο βαθμό γενίκευσης και αφαιρετικότητας.
- Επίπεδο 2: αυτό το επίπεδο περιλαμβάνει 15 κατηγορίες κάλυψης γης και καλύπτει φυσικές και φυσιογνωμικές οντότητες σε μεγαλύτερο επίπεδο λεπτομέρειας από το επίπεδο 1. Οι κλίμακες που χρησιμοποιούνται για αυτό το επίπεδο είναι από 1:500.000 έως 1:1.000.000.
- Επίπεδο 3: περιλαμβάνει 44 κατηγορίες κάλυψης γης και απευθύνεται στην κλίμακα 1:100.000

Πρώτο επίπεδο	Δεύτερο επίπεδο	Τρίτο επίπεδο
1.Τεχνητές επιφάνειες	1.1 Αστικός ιστός	1.1.1 Συνεχής αστικός ιστός 1.1.2 Ασυνεχής αστικός ιστός
	1.2 Βιομηχανικές - εμπορικές ζώνες και δίκτυα μεταφορών	1.2.1 Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες 1.2.2 Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα 1.2.3 Ζώνες λιμένων 1.2.4 Αεροδρόμια
	1.3 Ορυχεία, χώροι απορρίψεως απορριμμάτων και χώροι οικοδόμησης	1.3.1 Χώροι εξορύξεως ορυκτών 1.3.2 Χώροι απορρίψεως απορριμμάτων 1.3.3 Χώροι οικοδόμησης
	1.4 Τεχνητές μη γεωργικές ζώνες πρασίνου	1.4.1 Περιοχές αστικού πρασίνου 1.4.2 Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής
2. Γεωργικές περιοχές	2.1 Αρόσιμη γη	2.1.1 Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη 2.1.2 Μόνιμα αρδευόμενη γη 2.1.3 Ορυζώνες
	2.2 Μόνιμες καλλιέργειες	2.2.1 Αμπελώνες 2.2.2 Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς 2.2.3 Ελαιώνες
	2.3 Λιβάδια	2.3.1 Λιβάδια
	2.4 Ετερογενείς γεωργικές περιοχές	2.4.1 Ετήσιες καλλιέργειες που σχετίζονται με μόνιμες καλλιέργειες 2.4.2 Σύνθετες καλλιέργειες 2.4.3 Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης 2.4.4 Γεωργο-δασικές περιοχές

3. Δάση και ημι-φυσικές περιοχές	3.1 Δάση	3.1.1 Δάσος πλατύφυλλων 3.1.2 Δάσος κωνοφόρων 3.1.3 Μικτό δάσος
	3.2 Συνδυασμοί θαμνώδους ή/και ποώδους βλάστησης	3.2.1 Φυσικοί βοσκοτόποι 3.2.2 Θάμνοι και χερσότοποι 3.2.3 Σκληροφυλλική βλάστηση 3.2.4 Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις
	3.3 Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση	3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, Αμυδιές 3.3.2 Απογυμνωμένοι βράχοι 3.3.3 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση 3.3.4 Αποτεφρωμένες εκτάσεις 3.3.5 Παγετώνες και αέναο χιόνι
4. Υγρότοποι	4.1 Υγρότοποι ενδοχώρας	4.1.1 Βάλτοι στην ενδοχώρα 4.1.2 Τυρφώνες
	4.2 Παραθαλάσσιοι υγρότοποι	4.2.1 Παραθαλάσσιοι βάλτοι 4.2.2 Αλυκές 4.2.3 Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα
5. Υδάτινες επιφάνειες	5.1 Χερσαία ύδατα	5.1.1 Υδατορεύματα 5.1.2 Επιφάνειες στάσιμου ύδατος
	5.2 Θαλάσσια ύδατα	5.2.1 Παράκτιες λιμνοθάλασσες 5.2.2 Εκβολές ποταμών 5.2.3 Θάλασσες και ωκεανοί

Πίνακας 2. Ελληνική ονοματολογία CORINE LAND COVER 2000. (Πηγή: Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος)

Γενικά, το επίπεδο ταξινόμησης που θα χρησιμοποιηθεί στη χαρτογράφηση εξαρτάται από την ελάχιστη μονάδα χαρτογράφησης του τελικού χάρτη, το μέγεθος ανάλυσης των πρωτογενών δεδομένων, και το επιθυμητό επίπεδο λεπτομέρειας των κλάσεων.

2.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

2.3.1. Γενικά

Με τη βοήθεια των δορυφορικών εικόνων μπορούν να παραχθούν ακριβείς χάρτες χρήσεων γης και ιδιαίτερα κάλυψης γης, καθώς η πληροφορία για την κάλυψη γης ερμηνεύεται άμεσα από τα στοιχεία που είναι ορατά στις εικόνες. Η δορυφορική τηλεπισκόπηση δίνει τη δυνατότητα καταγραφής της κάλυψη και των χρήσεων γης σε διάφορες χωρικές κλίμακες. Σε παγκόσμια και περιφερειακή κλίμακα, οι αισθητήρες με χαμηλή διακριτική ικανότητα και μεγάλη χωρική κάλυψη (500-3000 km), όπως ο AVHRR του NOAA (1.1 x 1.1 km), ο ATSR-2 του ERS-2 (1 x 1 km), ο AATSR του ENVISAT (1 x 1 km) MODIS του EOS (0,25 x 0,25 km έως 1 x 1 km) χρησιμοποιούνται ευρέως για την καταγραφή των ειδών κάλυψης γης και των μεταβολών τους.

Σε εθνικό και τοπικό επίπεδο, οι απαιτήσεις για αυξημένη χωρική ανάλυση προτρέπουν στη χρήση οπτικών αισθητήρων που φέρονται από δορυφόρους όπως ο Landsat, SPOT και αισθητήρες τύπου ραντάρ όπως ο SAR του Ευρωπαϊκού ERS-2 και του Καναδικού RANDARSAT. Οι τελευταίοι έχουν τη δυνατότητα καταγραφής της επιφάνειας της γης ημέρα και νύχτα και κάτω από όλες τις καιρικές συνθήκες. Τέλος η νέα σειρά δορυφόρων πολύ υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας (0,6-4 μέτρα), όπως ο Quickbird και IKONOS, ενισχύει ακόμη περισσότερο τις δυνατότητες της δορυφορικής τηλεπισκόπησης στην καταγραφή των χρήσεων γης σε τοπικό επίπεδο δημιουργώντας χάρτες κάλυψης και χρήσεων γης με μικρή χαρτογραφική κλίμακα.

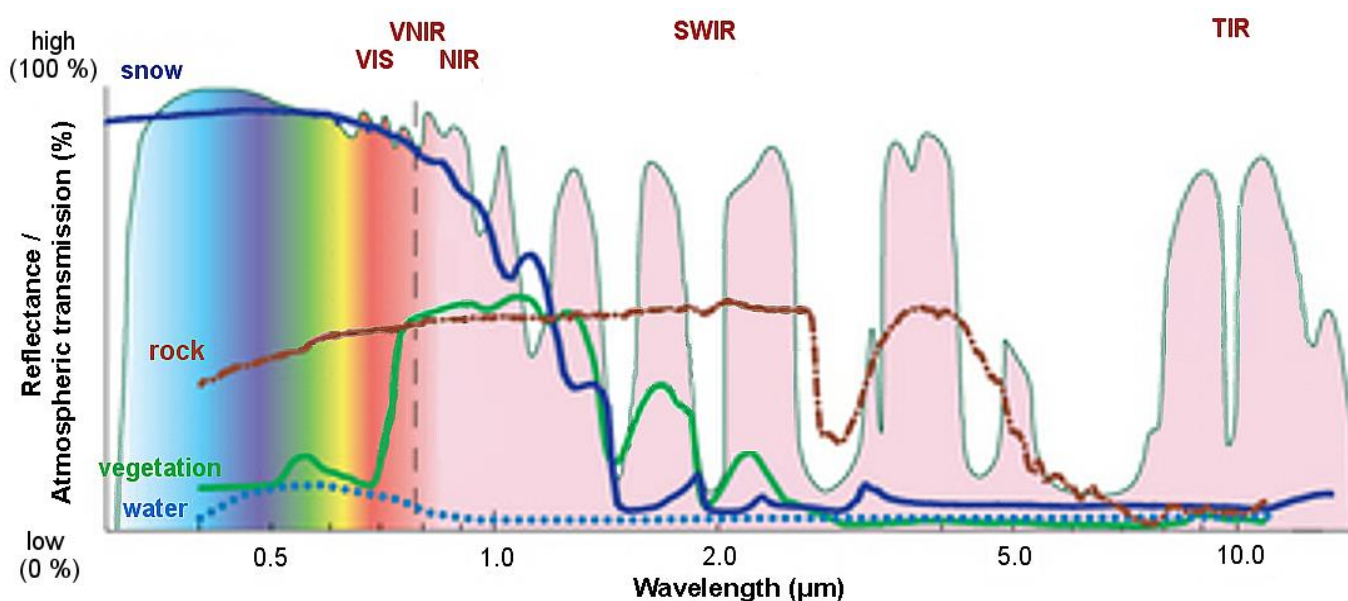
Η τηλεπισκόπηση με τις πολλαπλές δυνατότητες που παρέχει είναι ίσως η πιο χρήσιμη τεχνική για την παρακολούθηση της γης και σε συνδυασμό με τα G.I.S., είναι ένα πολύ καλό εργαλείο λήψης αποφάσεων. Η ανάπτυξη του επιστημονικού πεδίου της τηλεπισκόπησης που γίνεται τα τελευταία χρόνια, οφείλεται κυρίως σε τρεις περιοχές ανάπτυξης (Slonecker et al., 1998): Τη διαθεσιμότητα των υψηλής φασματικής ευκρίνειας και χωρικής διακριτικής ικανότητας δεδομένων, την εξάλειψη των περιορισμών στη χρήση και έλεγχο των δεδομένων αυτών και τη συνεχή ανάπτυξη και απλοποίηση των διαδικτυακών εφαρμογών με τις οποίες επιτρέπεται η γρήγορη διανομή και ανταλλαγή δεδομένων παγκοσμίως. Για το λόγο αυτό οι εφαρμογές της τεχνολογίας της τηλεπισκόπησης θα επεκτείνονται μελλοντικά ολοένα και σε περισσότερα επιστημονικά πεδία.

Η μεγαλύτερη πρόκληση στην επιστήμη του δυναμικού γήινου οικοσυστήματος είναι η ανάπτυξη της δυνατότητας πρόγνωσης των αλλαγών που είναι δυνατόν να συμβούν στις επόμενες δεκαετίες του αιώνα και της φυσικής σχέσης με την ανθρώπινη δραστηριότητα. Η συνεισφορά της τηλεπισκόπησης στο πεδίο αυτό είναι σημαντική, διότι επιτρέπει την παρατήρηση και παρακολούθηση του γήινου περιβάλλοντος στο σύνολό του και σε συνεχή κλίμακα.

2.3.2. Χρήση οπτικών αισθητήρων τηλεπισκόπησης στην υπηρεσία της θεματικής χαρτογράφησης

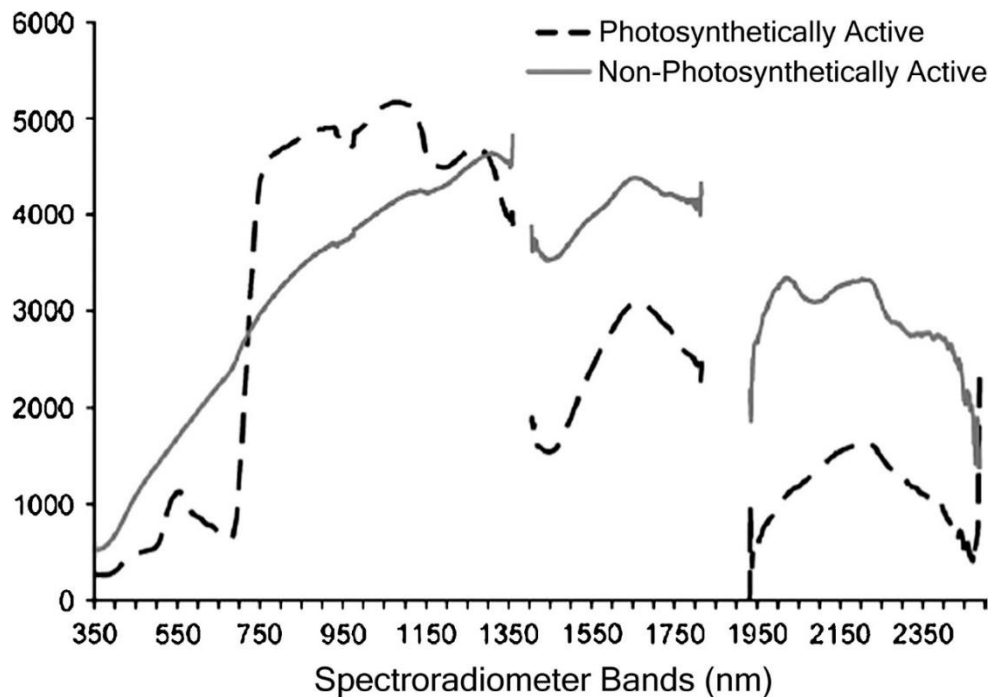
Οι αισθητήρες που φέρουν τα συστήματα τηλεπισκόπησης είναι οι βασικές συσκευές που καταγράφουν δεδομένα που σχετίζονται με ένα αντικείμενο ή μια σκηνή από απόσταση. Δεδομένου ότι τα αντικείμενα (συμπεριλαμβανομένων της βλάστησης) έχουν μοναδικά φασματικά χαρακτηριστικά (ανάκλασης ή εκπομπής περιοχές), μπορούν να προσδιοριστούν από την εικόνα τηλεπισκόπησης, σύμφωνα με τα μοναδικά φασματικά τους χαρακτηριστικά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα φυσικά χαρακτηριστικά και η σύσταση κάθε αντικειμένου επηρεάζουν το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται, στα διάφορα μήκη

κύματος, με τον δικό του χαρακτηριστικό τρόπο. Η ποσότητα και η φασματική κατανομή της ανακλώμενης και εκπεμπόμενης ακτινοβολίας από ένα αντικείμενο χρησιμοποιείται ως μέσο αναγνώρισης του αντικειμένου αυτού. Η ιδιότητα αυτή αναφέρεται ως **φασματική ταυτότητα (spectral signature)** ή **φασματική απόκριση (spectral response)** του αντικειμένου και καταγράφεται από τους δέκτες (sensors) των δορυφόρων που βρίσκονται σε τροχιά παρατήρησης της Γης (Campbell ,1996; Sabins, 1997; Mather, 1999). (Εικόνες 3 & 4).



Εικόνα 3. Τοπικές καμπύλες φασματικής απόκρισης για διάφορα υλικά της γήινης επιφάνειας σε εύρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος από 0,3 έως 12 περίπου μm.

Πηγή: http://www.eumetrain.org/data/3/358/media/images/Fig_1_1_spectrum.jpg



Εικόνα 4. Τοπική φασματική υπογραφή της φωτοσυνθετικά ενεργής των φωτοσυνθετικά και μη φωτοσυνθετικά ενεργής βλάστησης (Beeri et al. 2007). Πηγή:<http://jpe.oxfordjournals.org/content/1/1/9/F2.expansion.html>.

Από διαφορετικούς αισθητήρες προκύπτουν διαφορετικά χωρικά, χρονικά, φασματικά και ραδιομετρικά χαρακτηριστικά. Η επιλογή των κατάλληλων αισθητήρων είναι πολύ σημαντική για την χαρτογράφηση της κάλυψης της βλάστησης καθώς και κάθε αντικείμενου που αποτελεί πόλο ενδιαφέροντος. Η επιλογή των εικόνων που λαμβάνονται από κατάλληλους αισθητήρες καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τέσσερις παράγοντες που σχετίζονται με: (i) το στόχο της χαρτογράφησης, (ii) το κόστος των εικόνων, (iii) τις κλιματικές συνθήκες (ιδιαίτερα ατμοσφαιρικές συνθήκες) και (iv) τα τεχνικά ζητήματα για την ερμηνεία της εικόνας.

Πρώτον, ο στόχος χαρτογράφηση αφορά το τι πρόκειται να χαρτογραφηθεί και ποια θα είναι η αναμενόμενη ακρίβεια της χαρτογράφησης. Σε γενικές γραμμές, οι εικόνες με χαμηλές αναλύσεις μπορούν να θεσπιστούν μόνο όταν πρόκειται να αναγνωρισθεί το υψηλό επίπεδο των κατηγοριών βλάστησης, ενώ οι εικόνες με σχετικά υψηλότερες αναλύσεις χρησιμοποιούνται για την εξομάλυνση των λεπτομερειών ταξινόμησης της βλάστησης. *Δεύτερον*, απομακρυσμένες εικόνες τηλεπισκόπησης μπορεί να είναι πολύ ακριβές και το κόστος των εικόνων σίγουρα αποτελεί σημαντικό παράγοντα εξέτασης κατά την επιλογή εικόνων. Από άποψη κλίμακας της χαρτογράφησης, η χαρτογράφηση της βλάστησης σε μικρή κλίμακα, συνήθως απαιτεί εικόνες υψηλής ανάλυσης, ενώ οι εικόνες χαμηλής ανάλυσης χρησιμοποιούνται για την χαρτογράφηση μεγάλης κλίμακας. *Τρίτον*, τίθεται το ζήτημα της σκοπιμότητας της χρήσης των δεδομένων από διαφορετικές πηγές, προκειμένου να ληφθεί μια σειρά εικόνων χωρίς σύννεφα πάνω από ένα μεγάλο χρονικό διάστημα (Soudani et al., 2006). Τέλος, ορισμένες τεχνικές λεπτομέρειες θα πρέπει να ληφθούν υπόψη όσον αφορά την ποιότητα της εικόνας, την προεπεξεργασία και την ερμηνεία κατά την επιλογή κατάλληλων

υποψηφίων των αισθητήρων. Στον τομέα της χαρτογράφησης της βλάστησης, μάλλον οι πιο συνηθισμένοι αισθητήρες περιλαμβάνουν Landsat (κυρίως TM και ETM+), SPOT, MODIS, NOAA-AVHRR, IKONOS και QuickBird. Τα χαρακτηριστικά των θεματικών χαρτογράφων Landsat TM και ETM+ περιγράφονται παρακάτω.

2.3.3. Δορυφόροι Landsat

Η αρχική ονομασία του Δορυφορικού Τηλεπισκοπικού Προγράμματος LANDSAT ήταν ERTS (Earth Resources Technology Satellites) της NASA.

Ο πρώτος δορυφόρος ERTS πήρε το όνομα LANDSAT-1 και μέχρι σήμερα εκτοξεύθηκαν στο πλαίσιο του προγράμματος 7 δορυφόροι.

Οι τηλεπισκοπικοί δέκτες των δορυφόρων LANDSAT 1 - 7 είναι :

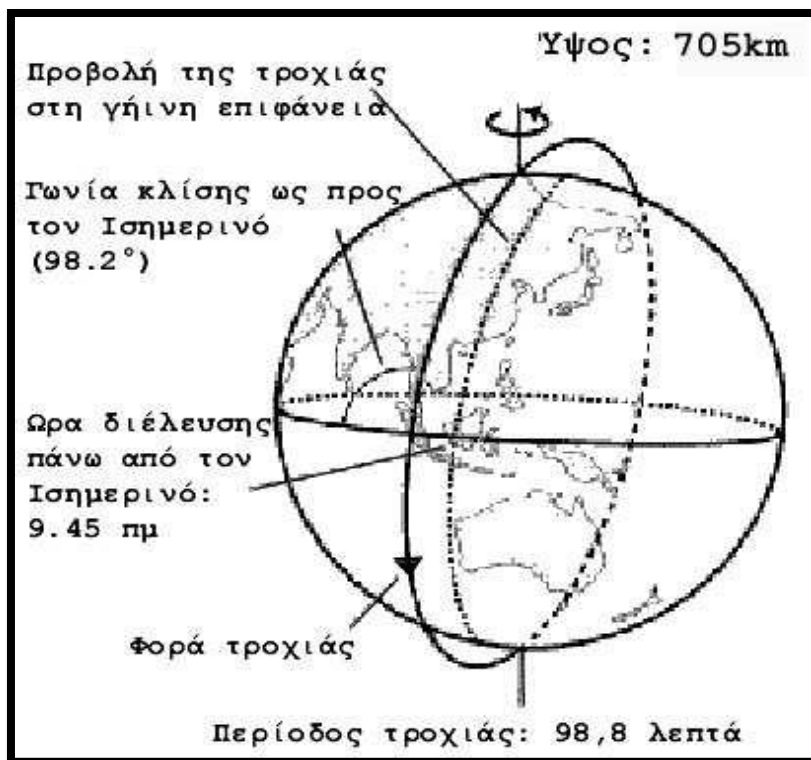
- Return Beam Vidicon (RBV), LANDSAT 1,2 & 3
- Multi Spectral Scanner (MSS), LANDSAT 1,2,3,4 &5
- Thematic Mapper (TM), LANDSAT 4,5
- Enhanced Thematic Mapper (ETM) LANDSAT 6,7

Παρακάτω περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά της σειράς των δορυφόρων LANDSAT:

Δορυφόροι	Ημερομηνία Εκτόξευσης	Τέλος αποστολής	Ύψος πτήσης (Km)	Γωνία (°)	Κύκλος τροχιάς Ημέρες	Τηλεπισκοπικοί δέκτες
Landsat 1	23/7/1972	6/1/1978	907	99,2	18	RBV, MSS
Landsat 2	22/1/1975	5/6/1982	908	99,2	18	RBV, MSS
Landsat 3	5/3/1978	7/1/1982	915	99,2	18	RBV, MSS
Landsat 4	16/7/1982	1993	705	98,2	16	MSS, TM
Landsat 5	1/3/1984	Σήμερα	705	98,2	16	MSS, TM
Landsat 6	5/10/1993	Απέτυχε	-	-	-	-
Landsat 7	15/4/1999	Σήμερα	705	98,2	16	ETM+

Πίνακας 3. Βασικά χαρακτηριστικά δορυφόρων Landsat. (Πηγή: Καρτάλης Κ., κ.α. 2006)

Οι δορυφόροι **LANDSAT-4 και LANDSAT-5** αποτελούν τους δορυφόρους δεύτερης γενιάς. Το ύψος τροχιάς τους μειώθηκε από τα 900 στα 705 km βελτιώνοντας έτσι τη χωρική διακριτική τους ικανότητα. (IFOV). Η τροχιά τους παραμένει κυκλική, ηλιοσύγχρονη και σχεδόν πολική περνώντας από τον Ισημερινό στις 9:45 π.μ. τοπική ώρα. Μια πλήρη περιστροφή γύρω από τη γη διαρκεί 99min περίπου, δηλαδή πραγματοποιούν 14,5 περιστροφές ανά ημέρα γύρω από τη Γη περνώντας έτσι από το ίδιο σημείο της γης κάθε 16 ημέρες (Εικόνα 5). Ο αισθητήρας που φέρουν είναι ο MSS και ο TM (Thematic Mapper). Ο MSS για λόγους συμβατότητας, είναι ίδιος με τους αισθητήρες που φέρουν οι προηγούμενοι με τη διαφορά ότι μετονομάστηκαν τα τέσσερα κανάλια από 4,5,6,7 σε 1,2,3,4.

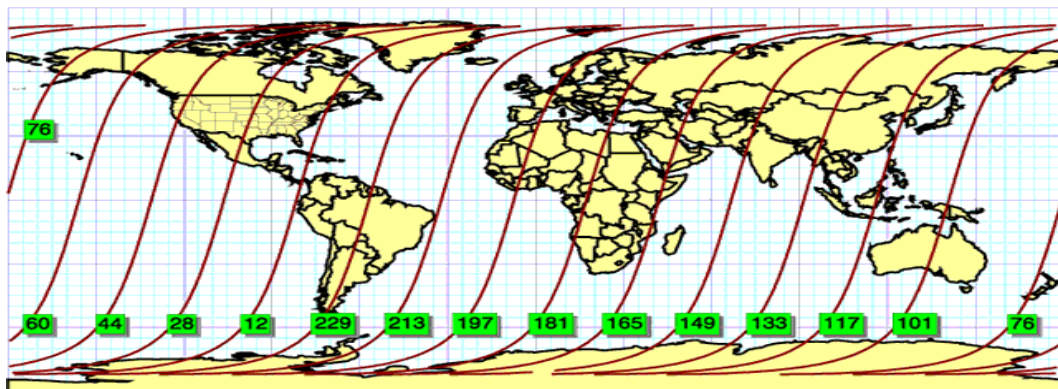


Εικόνα 5. Παράμετροι τροχιάς των Landsat 4 και 5 (Πηγή: Τσακίρη - Στρατή Μ. , 2010)

Ο θεματικός χαρτογράφος TM (Thematic Mapper) αποτελεί έναν πολυφασματικό γραμμικό σαρωτή σαν τον MSS, αλλά με σημαντικές βελτιώσεις. Οι αισθητήρες του TM καταγράφουν ακτινοβολία σε επτά κανάλια, γεγονός που του προσδίδει καλύτερη φασματική διακριτική ικανότητα. Τα κανάλια 1, 2 και 3 είναι στο ορατό τμήμα του φάσματος ενώ τα κανάλια 4, 5 και 7 είναι στο ανακλώμενο υπέρυθρο τμήμα του φάσματος. Η προσθήκη του καναλιού 1 (μπλε) σε σχέση με το MSS βοηθάει στη δημιουργία αληθών έγχρωμων εικόνων. Το κανάλι 6 είναι στο θερμικό τμήμα του φάσματος και χρησιμοποιείται για θερμική χαρτογράφηση. Τα κανάλια αυτά καταγράφουν την 'πληροφορία' με ανάλυση 30 m εκτός από το κανάλι 6 που έχει ανάλυση 120 m. Ο TM χρησιμοποιεί 16 ανιχνευτές για κάθε κανάλι για την καταγραφή των δεδομένων, εκτός του θερμικού καναλιού που έχει 4 ανιχνευτές (σύνολο 100 ανιχνευτές), σε αντίθεση με το MSS που χρησιμοποιεί 6 ανιχνευτές ανά κανάλι (σύνολο 24 ανιχνευτές). Ένα άλλο βελτιωμένο χαρακτηριστικό του TM είναι η ραδιομετρική διακριτική ικανότητα, καθώς η εικόνα του TM είναι 8-bits (0-255), η οποία αντιστοιχεί σε τετραπλάσια αύξηση της τιμής της κλίμακας του γκρι σε σχέση με τους 64 τόνους που αποδιδόταν οι εικόνες του MSS. Τέλος, βελτιώθηκε και η γεωμετρία λήψης με αποτέλεσμα να απαιτούνται λιγότερες γεωμετρικές διορθώσεις στα δεδομένα του TM, γεγονός που δίνει τη δυνατότητα αξιοποίησης των δεδομένων του σε μεγαλύτερες χωρικές κλίμακες (Καρτάλης κ.α., 2006).

Δορυφόρος Landsat		
Θεματικός Χαρτογράφος (TM)		
Φασματική Ανάλυση	Κανάλια	Ραδιομετρική Ευαισθησία
	TM1	0,8
	TM2	0,5
	TM3	0,5
	TM4	0,5
	TM5	1,0
	TM6	0,5
TM7	2,4	
Στιγμιαίο πεδίο λήψης (Ground Instantaneous Field -Of -View)	30 μέτρα (Bands 1-5 και 7) 120 μέτρα (Band 6)	
Ραδιομετρική Ανάλυση	256 (8 bit)	
Μέγεθος δεδομένων (Data Rate)	85 Megabits	
Κατανάλωση Ισχύος	345 Watts	
Βάρος	246 Kgr	

Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά του δορυφόρου Landsat TM (Πηγή: Μίγκιρος Γ. κ.α., 2003).



Εικόνα 6. Τα περάσματα του δορυφόρου Landsat. (Πηγή: Καρτάλης Κ. κ.α., 2006).

Ο δορυφόρος **Landsat 8** εκτοξεύτηκε στις 11 Φεβρουαρίου 2013, ο οποίος αναπτύχθηκε από τη NASA σε συνεργασία με την γεωλογική υπηρεσία των ΗΠΑ (USGS). Η NASA ανέλαβε το σχεδιασμό, την κατασκευή, την εκτόξευση και τα εν τροχιά στάδια βαθμονόμησης του δορυφόρου, περίοδο κατά την οποία ο δορυφόρος ονομαζόταν Landsat Data Continuity Mission (LDCM). Στις 30 Μαΐου του 2013 το USGS ανέλαβε τις διαδικασίες λειτουργίας του δορυφόρου και πλέον, οι διαδικασίες βαθμονόμησης, ο δορυφορικός χειρισμός, η παραγωγή και η αποθήκευση δεδομένων στο κέντρο Earth Resources Observation and Science (EROS) είναι αντικείμενο εργασίας του USGS. Μετά από τη μετάβαση αυτή ο δορυφόρος μετονομάστηκε σε Landsat 8.

Ο Landsat 8 μεταφέρει δύο όργανα καταγραφής: i) το Operational Land Imager(OLI) και ii) το Thermal Infrared Sensor (TIRS). Αυτοί οι δύο αισθητήρες παρέχουν εποχιακή κάλυψη της παγκόσμιας ξηράς σε χωρική ανάλυση 30 μέτρων για τα κανάλια που βρίσκονται στο ορατό, κοντινό υπέρυθρο και μικροκυματικό υπέρυθρο, 100 μέτρων για τα θερμικά κανάλια και 15 μέτρων για το παγχρωματικό κανάλι. Ο αισθητήρας OLI συλλέγει δεδομένα στο ορατό κοντινό υπέρυθρο, μικροκυματικό υπέρυθρο καθώς και στο παγχρωματικό τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Τέλος, ο αισθητήρας OLI παρέχει δύο νέες φασματικές ζώνες, μία προσαρμοσμένη ειδικά για την ανίχνευση νεφών (κανάλι 9) και μία για παρατηρήσεις της παράκτιας ζώνης (κανάλι 1). Όσον αφορά τον αισθητήρα TIRS συλλέγει δεδομένα σε 2 φασματικά κανάλια στο τμήμα του θερμικού υπέρυθρου, σε αντίθεση με τους προηγούμενους δορυφόρους του προγράμματος Landsat στους οποίους υπήρχε μόνο 1 φασματικό κανάλι στο συγκεκριμένο τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

Φασματικά Κανάλια	ΕΦΑΡΜΟΓΗ
1	Χαρτογράφηση παράκτιων υδάτων: διαφοροποίηση εδαφών και βλάστησης. Διαχωρισμός κωνοφόρων και φυλλοβόλων ειδών.
2	Μέτρηση των μεγίστων ανακλάσεων του ορατού πρασίνου για εκτίμηση της ευρωστίας της βλάστησης.
3	Προσδιορισμός των φυτικών ειδών μέσω της μέτρησης της απορρόφησης της χλωροφύλλης.
4	Περιγραφή των υδάτινων μαζών: προσδιορισμός της περιεχόμενης βιομάζας.
5	Μέτρηση βλάστησης και εδαφικής υγρασίας. Διαφοροποίηση νεφών και χιονιού.
6	Θερμικές εικόνες και χαρτογράφηση: ανάλυση θερμικού στρες των φυτών. Προσδιορισμός εδαφικής υγρασίας. Αποτύπωση της θερμικής συμπεριφοράς των διαφόρων χρήσεων γης.
7	Προσδιορισμός της λιθολογίας, καταγραφή της υδροθερμικής εξαλλοίωσης

Πίνακας 5. Χαρακτηριστικές εφαρμογές των φασματικών καναλιών του Landsat TM. (Πηγή: Μίγκιρος Γ. κ.α., 2003).

Φασματική ζώνη 1 : 0,45 - 0,52 μm (blue): Επιτρέπει την διείσδυση στις υδάτινες μάζες και συνεισφέρει σημαντικά στη ανάλυση της χρήσης γης, εδαφών και χαρακτηριστικών βλάστησης. Το κατώτερο όριο μήκους κύματος συμπίπτει με την μέγιστη μετάδοση των καθαρών υδάτινων μαζών, ενώ το ανώτερο όριο συμπίπτει με το όριο του μπλε που απορροφάται από τη χλωροφύλλη. Τα μήκη κύματος κάτω από το 0,45 επηρεάζονται από την απορρόφηση και τη σκέδαση.

Φασματική ζώνη 2 : 0,52 - 0,60 μm (green): Η φασματική ζώνη αυτή συνδέει την περιοχή μεταξύ των φασματικών ζωνών μπλε και κόκκινου, που απορροφούνται από τη χλωροφύλλη και αντιστοιχεί στο ανακλώμενο πράσινο της υγιούς βλάστησης. Οι φασματικές ζώνες 1 και 2 έχουν την ίδια φασματική ευαισθησία με το απλό φιλμ που χρησιμοποιείται για τις αεροφωτογραφίες.

Φασματική ζώνη 3 : 0,63 - 0,69 μm (red): Πρόκειται για την ερυθρή ζώνη απορρόφησης από τη χλωροφύλλη, στην περίπτωση υγιούς βλάστησης και αποτελεί την σημαντικότερη φασματική ζώνη για την διάκρισή της. Επίσης βοηθάει για την οριοθέτηση των εδαφών και των γεωλογικών σχηματισμών.

Φασματική ζώνη 4 : 0,76 - 0,90 μm (reflected-infrared): Η φασματική ζώνη αυτή έχει πολύ καλή απόκριση για το σύνολο της βιομάζας που υπάρχει σε μία εικόνα. Επίσης βοηθάει στην αναγνώριση των καλλιεργειών και στην μεγιστοποίηση της αντίθεσης έδαφος-καλλιέργεια και έδαφος-υδάτινες μάζες.

Φασματική ζώνη 5 : 1,55 - 1,75 μm (mid-infrared): Η φασματική ζώνη αυτή είναι ευαίσθητη στο ποσό του νερού που υπάρχει στα φυτά. Η πληροφορία αυτή είναι χρήσιμη στις έρευνες για την ξηρασία στα φυτά και την υγιή βλάστηση. Επιπλέον η φασματική αυτή ζώνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διάκριση μεταξύ χιονιού, σύννεφων και πάγου.

Φασματική ζώνη 6 : 10,4 - 12,4 μm (thermal-infrared): Η φασματική αυτή ζώνη μετράει το ποσό της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τις διάφορες επιφάνειες. Είναι χρήσιμη για τον εντοπισμό περιοχών με γεωθερμική δραστηριότητα, στις γεωλογικές έρευνες, στην ταξινόμηση της βλάστησης και στη μελέτη της εδαφικής υγρασίας.

Φασματική ζώνη 7 : 2,08 - 2,35 μm (mid-infrared): Πρόκειται για μία φασματική ζώνη που βοηθάει στη διάκριση των γεωλογικών σχηματισμών και στον εντοπισμό ζωνών υδροθερμικής εξαλλοίωσης στα ηφαιστειακά πετρώματα.

Πίνακας 6. Χαρακτηριστικά και εφαρμογές των φασματικών καναλιών του Θεματικού Χαρτογράφου TM. (Μίγκριος Γ. κ.α., 2003).

2.3.4. Αρχές επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων

Η ψηφιακή (digital) επεξεργασία-ανάλυση των εικόνων αποτελεί μια σύγχρονη τεχνική που στοχεύει στην βελτίωση της υποκειμενικής οπτικής παρουσίασης και στην εξαγωγή νέων πληροφοριών των τηλεσκοπικών εικόνων. Επίσης χρησιμοποιείται για να ανορθώσει/διορθώσει τις εικόνες προκειμένου να ταυτίζονται/ταιριάζουν με τους επιλεγμένους χάρτες.

Οι μέθοδοι επεξεργασίας - *ανάλυσης δορυφορικών εικόνων* μπορούν να ταξινομηθούν σε πέντε (5) κατηγορίες (Aronoff, 2005):

- 1) Αποκατάσταση ή προεπεξεργασία (preprocessing) και αναγωγή εικόνων.

- 2) Βελτίωση/ ενίσχυση εικόνων (Image restoration and rectification)
 - 3) Δημιουργία δεικτών εικόνων ή μετασχηματισμού εικόνων (calculating indices image transformations)
 - 4) Ταξινόμηση της εικόνας (Image Classification).
 - 5) Διεργασίες μοντελοποίησης μιας περιοχής της Γης με τη βοήθεια τηλεπισκοπικών συστημάτων(modeling)
- 1) Οι λειτουργίες τεχνικές αποκατάστασης και αναγωγής (χαρτογραφικής) των εικόνων, διορθώνουν τις αρχικές ανεπεξέργαστες εικόνες, απομακρύνουν τις γεωμετρικές συστηματικές παραμορφώσεις, και αλλάζουν την γεωμετρία των εικόνων ανάλογα τις απαιτήσεις των χαρτογραφικών προβολών.
Τα σημαντικότερα λάθη που καλούμαστε να διορθώσουμε στην αποκατάσταση της εικόνας είναι:
- Οι ατμοσφαιρικές επιδράσεις.
 - Οι γεωμετρικές παραμορφώσεις.
- 2) Οι τεχνικές βελτίωσης των εικόνων, βελτιώνουν την οπτική ερμηνεία της εικόνας αυξάνοντας την ικανότητα οπτικής διάκρισης μεταξύ των αντικειμένων που περιλαμβάνονται σε μια εικόνα.
 - 3) Η δημιουργία δεικτών εικόνων ή μετασχηματισμένων εικόνων, χρησιμοποιούνται για να υπολογισθούν τα χαρακτηριστικά των εικόνων όπως π.χ. οι συνθήκες της βλάστησης , η κατανομή των πετρωμάτων-κοιτασμάτων, η επιφανειακή θερμοκρασία της θάλασσας, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης κ.λ.π.
 - 4) Η τεχνική της ταξινόμησης αυτοματοποιούν την αναγνώριση και ομαδοποίηση των διαφόρων επιφανειακών χαρακτηριστικών που απαντούν στις εικόνες. Τα εικονοστοιχεία της ψηφιακής εικόνας ταξινομούνται σε μια ή περισσότερες κλάσεις των αντιπροσωπευτικών χαρακτηριστικών των εικόνων χρήσιμων σε μια εφαρμογή , όπως είναι οι τύποι χρήσης / κάλυψης γης(land cover types). Αυτά τα δεδομένα μπορούν να απεικονιστούν σε ένα θεματικό χάρτη ή να ταξινομηθούν σε πίνακες για να καθορίσουν την επιφάνεια(έκταση) κάθε κλάσης.
 - 5) Οι διεργασίες της μοντελοποίησης (modeling) μπορούν να ενσωματώσουν διάφορα γεωχωρικά δεδομένα, προερχόμενα από τηλεπισκοπικά δεδομένα ή άλλες πηγές, προκειμένου να εντοπίσουν περιοχές (areas) με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, τον βαθμό ενημέρωσης των χαρτών στις πρόσφατες μεταβολές του ανάγλυφου, ή να προβλέψουν τις μελλοντικές μεταβολές των προαναφερόμενων περιοχών.

Επιπρόσθετα των 5 παραπάνω τεχνικών, η ψηφιακή ανάλυση εικόνων χρησιμοποιεί και άλλα γεωχωρικά ή βοηθητικά δεδομένα (ancillary data), για να βαθμονομήσει επεξεργασμένους αλγορίθμους για γεωμετρικές διορθώσεις ή για να βελτιώσει την ακρίβεια της ταξινόμησης.

2.3.5. Αποκατάσταση (restoration) και αναγωγή (rectification) της εικόνας.

Με την μέθοδο αυτή, γίνεται η διόρθωση των ραδιομετρικών τιμών (αποκατάσταση) και της γεωμετρίας (αναγωγής) της εικόνας, από σφάλματα και παραλείψεις που έγιναν από τα συστήματα καταγραφής (απορυθμίσεις ανιχνευτών που προκαλούν λωριδοποιήσεις των εικόνων) και από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες που επικρατούσαν την χρονική στιγμή

που γίνονταν η λήψη της εικόνας, το ύψος και η αζιμουθιακή γωνία του ηλίου (sun azimuth and elevation), η καμπυλότητα και τοπογραφία του αναγλύφου, κ.λ.π.. Επίσης, με την μέθοδο αυτή, αλλάζει η γεωμετρία της εικόνας (γίνεται γεωμετρική διόρθωση της εικόνας), για να ταυτιστεί με επιθυμητό (συγκεκριμένο) σύστημα αναφοράς (π.χ. ΕΓΣΑ-87). (βλ. Ασάρας κ.α, 2007) Δηλαδή, δημιουργείται εικόνα με διαφορετικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά από την αρχική εικόνα (row data). Η τελευταία διεργασία της αναγωγής καλείται «επαναδειγματοληψία» (resampling). Από ορισμένους συγγραφείς, οι παραπάνω διεργασίες της αποκατάστασης και αναγωγής εικόνας, καλούνται «προ επεξεργασία» της εικόνας (preprocessing).

2.3.6. Γεωμετρικές διορθώσεις της εικόνας

Η γεωμετρική διαδικασία των τηλεπισκοπικών εικόνων είναι απαραίτητη στο συνδυασμό δεδομένων τα οποία προέρχονται από διάφορους αισθητήρες καθώς και στη διαχείριση και ανάλυση για πολλές περιβαλλοντικές εφαρμογές. Επηρεάζουν την γεωμετρία της εικόνας δηλαδή την κλίμακα την προβολή και τον προσανατολισμό της, και οφείλονται στην προοπτική των οπτικών αισθητήρων, στην κίνηση του συστήματος σάρωσης, στη φύση της εικόνας του εδάφους(π.χ. ανάγλυφο), στην καμπυλότητα και περιστροφή της γης.

Η διαδικασία αυτή, βελτιώνει την οπτική εμφάνιση της εικόνας, έτσι προτιμάται για εικόνες οι οποίες πρόκειται να μελετηθούν οπτικά (visually).

Οι γεωμετρικές διορθώσεις της εικόνας γίνονται με την «γεωαναφορά» (georeference), η οποία καλείται και «επαναδειγματοληψία» της εικόνας. Η «γεωαναφορά», δημιουργεί έναν γεωγραφικό χώρο με επιθυμητό σύστημα αναφοράς (π.χ. ΕΓΣΑ-87), και στον χώρο αυτό, σχηματίζει, σε πρώτο βήμα, μία εικόνα με εικονοστοιχεία χωρίς τιμές φωτεινότητας/αμαύρωσης (without density numbers). Στην συνέχεια, με βάση τύπους μετασχηματισμού συντεταγμένων, βρίσκεται η αντιστοιχία των εικονοστοιχείων αυτών με τα εικονοστοιχεία της αρχικής (cluster) εικόνας και έτσι εντοπίζονται οι αντίστοιχες τιμές φωτεινότητας/αμαύρωσης (D.N.) στην αρχική εικόνα και τις μεταφέρει στην γεωαναφερόμενη εικόνα (slave image). Τα σημεία της γεωαναφοράς, είναι τα εξής:

- 1) Εντοπισμός συγκεκριμένων σημείων, που καλούνται «σημεία ελέγχου» (control points) πάνω στην εικόνα, τα οποία έχουν γνωστές συντεταγμένες στο επιθυμητό σύστημα αναφοράς (π.χ. ΕΓΣΑ-87). Τα σημεία ελέγχου, προσδιορίζονται είτε από τον χάρτη, αναγνωρίζοντας δηλαδή ταυτόχρονα στην εικόνα και στον χάρτη, είτε μετρούνται στο έδαφος με GPS και αναγνωρίζοντας στην εικόνα. Τα σημεία ελέγχου πρέπει να έχουν απαραίτητα γνωστές τις συντεταγμένες εικόνας και τις συντεταγμένες εδάφους.
- 2) Με την βοήθεια συγκεκριμένων αλγορίθμων, ακολουθεί η μετατροπή των διαφόρων συντεταγμένων εδάφους/χάρτη, σε συντεταγμένες της γεωαναφερόμενης εικόνας, με μέγεθος πλέγματος στο σύστημα αναφοράς, ανάλογα με τις διαστάσεις των εικονοστοιχείων (χωρική ανάλυση) της εικόνας.
- 3) Ακολουθεί διαδικασία εντοπισμού των τιμών φωτεινότητας (DN) της αρχικής εικόνας, οι οποίες πρέπει να δοθούν στην γεωαναφερόμενη εικόνα. Επειδή το σημείο ελέγχου στις

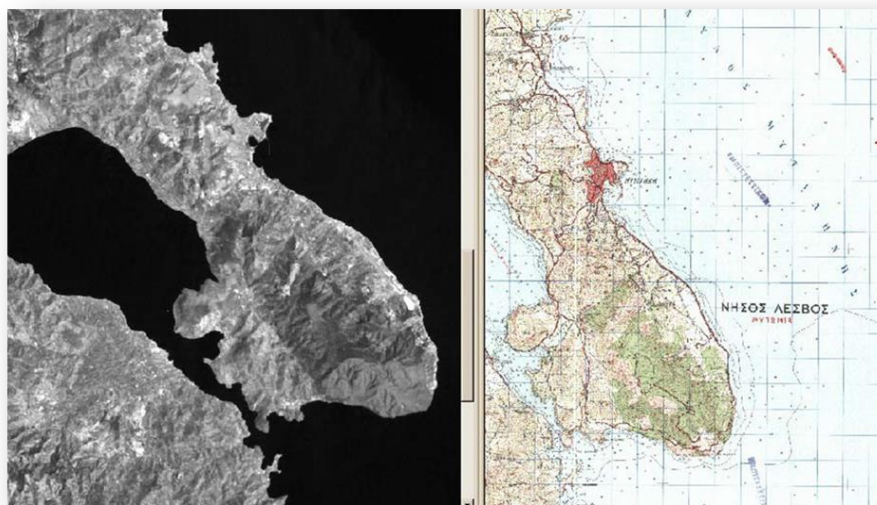
υπολογιζόμενες συντεταγμένες της γεωαναφερόμενης εικόνας δεν συμπίπτει με το κέντρο του αντίστοιχου εικονοστοιχείου στην αρχική εικόνα, αλλά κάπου εντός της κυψελίδας που σχηματίζει το πλέγμα του συστήματος αναφοράς (π.χ. ΕΓΣΑ-87), η τιμή φωτεινότητας (DN) του εικονοστοιχείου, υπολογίζονται με μεθόδους παρεμβολής.

Οι σημαντικότερες μέθοδοι παρεμβολής-επαναδειγματοληψίας, είναι οι εξής:

- 1) η «μέθοδος του πλησιέστερου γειτονικού σημείου» (Nearest neighbour method)
- 2) η «μέθοδος της διγραμμικής παραμβολής» (Bilinear interpolation)
- 3) η «μέθοδος της δικυβικής παρεμβολής» (Bicubic interpolation)

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι γεωμετρικής διόρθωσης ανάλογα με την πηγή της πληροφορίας:

1. Εγγραφή εικόνας σε άλλη εικόνα (Image to Image). Αναφέρεται στο μετασχηματισμό του συστήματος συντεταγμένων μιας εικόνας σε κάποιο άλλο μιας δεύτερης εικόνας.
2. Εγγραφή εικόνας σε χάρτη. Αναφέρεται στον μετασχηματισμό του συστήματος της εικόνας στο σύστημα συντεταγμένων του τοπογραφικού χάρτη (Εικόνα 7.)



Εικόνα 7. Δορυφορική εικόνα LANDSAT-5 TM από περιοχή της Ν. Λέσβου (αριστερά). Τοπογραφικός χάρτης 1:50.000 σε μορφή raster με σύστημα συντεταγμένων (δεξιά). (Πηγή: Μίγκιρος Γ. κ.α., 2003).

2.3.7. Ραδιομετρικές διορθώσεις εικόνων (radiometric image correction)

Πολλές φορές η διαδικασία αυτή ονομάζεται και αποκατάσταση των εικόνων (image restoration). Η διαδικασία αυτή καλείται να διαρθρώσει τις ραδιομετρικές αλλοιώσεις που προκαλούνται κατά τη διάρκεια σάρωσης καταγραφής και αναπαραγωγής (play back) της εικόνας. Οι σπουδαιότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τις ραδιομετρικές διορθώσεις των δορυφορικών εικόνων, είναι οι **ατμοσφαιρικές και τοπογραφικές**. Στη μελέτη εργασίας θα ασχοληθούμε με τις ατμοσφαιρικές διορθώσεις.

A. Ατμοσφαιρικές διορθώσεις

Η ατμόσφαιρα παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην εξασθένιση του σήματος που φθάνει στο δορυφόρο. Παρόλο που η τεχνολογική εξέλιξη στην κατασκευή των δορυφορικών συστημάτων είναι μεγάλη και οι δέκτες-σαρωτές καταγράφουν με τον καλύτερο τρόπο την ανακλώμενη ακτινοβολία, εντούτοις αρκετές φορές η επίδραση της ατμόσφαιρας είναι μεγάλη και ειδικότερα στα μήκη κύματος του ορατού φάσματος.

Οι διορθωτικές επεμβάσεις στην επίδραση της ατμόσφαιρας μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες.

A1. Μέθοδος αφαίρεσης σκοτεινών αντικειμένων (Dark object subtraction). Αποτελεί μια απλή και γρήγορη εμπειρική διαδικασία. Βασίζεται στην υπόθεση, ότι σε κάθε εικόνα υπάρχουν τουλάχιστον λίγα «σκοτεινά» εικονοστοιχεία (0% αντανάκλαση), τα οποία μπορεί να αντιστοιχούν σε βαθιές, καθαρές υδάτινες επιφάνειες, σκιές κ.λπ. Στην ιδανική περίπτωση, οι τιμές έντασης αυτών των εικονοστοιχείων πρέπει να είναι μηδέν, εξαιτίας όμως της επίδρασης της ατμόσφαιρας καταγράφουν μη μηδενικές τιμές. Οι μικρότερες τιμές έντασης σε κάθε διάυλο (αλλιώς «κανάλι» ή φασματική «ζώνη»/band) θεωρούνται ότι αποτελούν την ακτινοβολία της ατμοσφαιρικής διαδρομής και αφαιρούνται από όλες τις τιμές έντασης των εικονοστοιχείων διαύλου.

A2 Προσεγγιστικές μέθοδοι που χρησιμοποιούν ατμοσφαιρικά μοντέλα (atmospheric models). Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται συγκεκριμένα ατμοσφαιρικά μοντέλα ή κώδικες (codes) στα οποία χρειάζονται κάποιες μετρήσεις ατμοσφαιρικών παραμέτρων κατά τη λήψη (καταγραφή) της εικόνας, το κόστος των οποίων είναι αρκετά μεγάλο. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε εξαιρετικές περιπτώσεις, όπως είναι η επεξεργασία και ανάλυση υπερφασματικών εικόνων (Hyperspectral images).

Οι ατμοσφαιρικές διορθώσεις σε ορισμένες περιπτώσεις αποτελούν ένα απαραίτητο στάδιο προεπεξεργασίας των δεδομένων, θα πρέπει όμως να γίνεται προσεκτικά, ανάλογα με το αντικείμενο και το στόχο της εφαρμογής, διότι είναι ένα δύσκολο κομμάτι της επεξεργασίας και είναι δυνατό να αλλοιώσουν τα πρωτογενή δεδομένα και να μην επιτευχθεί η βελτίωση που επιζητείται.

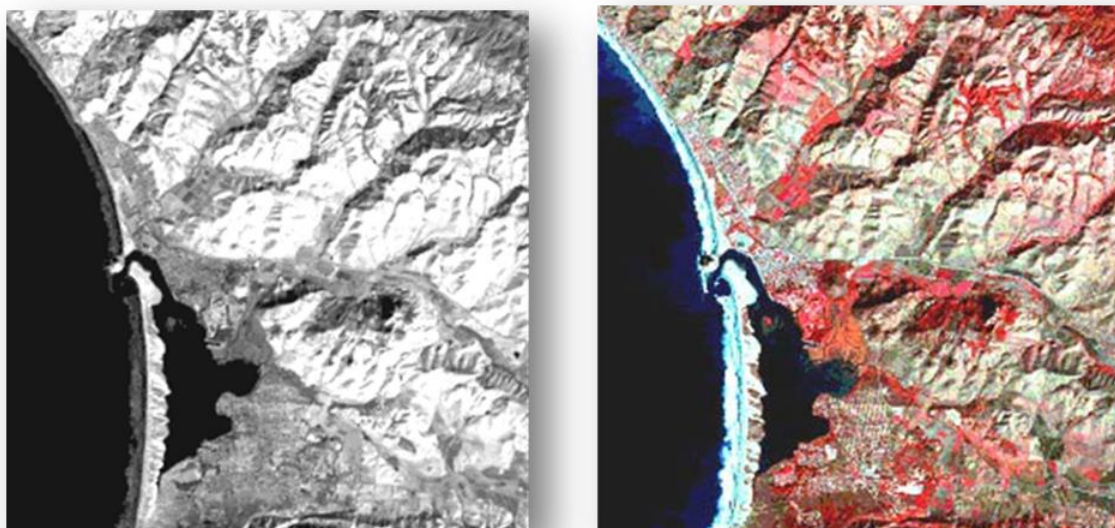
2.3.8. Βελτίωση/ενίσχυση εικόνων (image enhancement)

Η μεθοδολογία αυτή στοχεύει στο να βελτιώσει οπτικά την εικόνα, με την εφαρμογή διαφόρων αλγορίθμων που αλλάζουν τη διαβάθμιση του τόνου (contrast) την φωτεινότητα (brightness), την «διαύγηση» ή «οξύτητα» (sharpness) και την χρωματική απόδοση των χαρακτηριστικών στην εικόνα. Με αυτό τον τρόπο μπορούν να αναγνωρίζονται και να ερμηνεύονται πιο εύκολα τα διάφορα χαρακτηριστικά της εικόνας. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε ψηφιακές επεξεργασίες εικόνων, όπως είναι η ταξινόμηση (classification) εικόνων, χρησιμοποιούνται μη ενισχυμένες εικόνες, γιατί αυτές παρουσιάζουν ακριβέστερη παρουσίαση της ενέργειας που ελήφθη από τον αισθητήρα. Βασικά τα ραδιομετρικά προβλήματα οφείλονται κατά κύριο λόγο είτε σε σφάλματα καταγραφής και

ψηφιοποίησης, είτε στην απορροφούμενη ή ανακλώμενη από την ατμόσφαιρα και τα αντικείμενα ενέργεια, καθώς και τη διάχυση (Mather, 1999).

Παρακάτω αναφέρονται επιγραμματικά οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για την βελτίωσης/ενίσχυσης εικόνων (image enhancement).

1. Βελτίωση της αντίθεσης (Contrast Enhancement).
2. Χρήση φίλτρων (filters).
3. Ανάλυση κύριων συνιστωσών (Principal components analysis).
4. Συνδυασμός φασματικών ζωνών (Combination of spectral zones).
5. Λόγοι φασματικών ζωνών (Ratios).
6. Συγχώνευση δεδομένων.



Εικόνα 8. Εικόνα που δείχνει το φασματικό κανάλι 3 του θεματικού χαρτογράφου του δορυφόρου Landsat, της περιοχής Morro Bay στην California, και την ψευδέγχρωμη εικόνα που προκύπτει από τον συνδυασμό των φασματικών καναλιών 4, 3, 2 ως ερυθρό (red), πράσινο (green), μπλε (blue). (Πηγή: Μίγκιρος Γ. κ.α., 2003).

2.4. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

Ο κανόνας της ταξινόμησης (*decision rule*) αποτελεί μια μαθηματική έκφραση η οποία ταξινομεί τα εικονοστοιχεία σε διακριτές τάξεις χρησιμοποιώντας τα δεδομένα των υπογραφών.

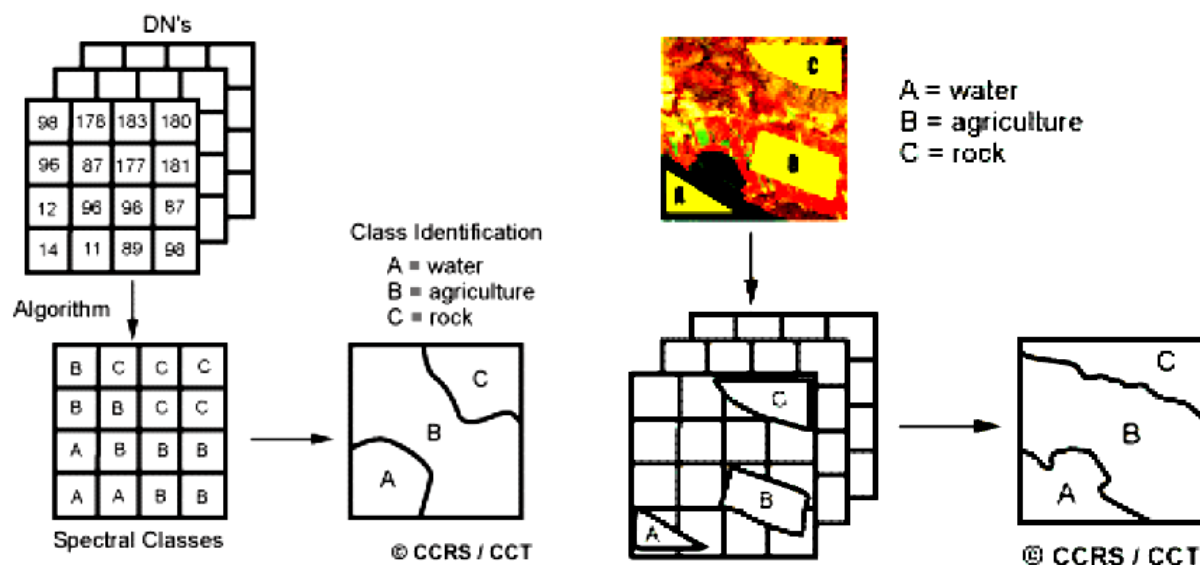
Η φασματική ταξινόμηση της εικόνας μπορεί να είναι

- **Μη επιβλεπόμενη**, όταν με μια κυρίως αυτοματοποιημένη διαδικασία, η οποία χρησιμοποιεί στατιστικούς κανόνες, ταξινομούνται οι ομάδες των εικονοστοιχείων με παρόμοια φασματικά χαρακτηριστικά στην ίδια κλάση ταξινόμησης
- **Επιβλεπόμενη**, όταν υπό τον έλεγχο του αναλυτή επιλέγονται τα εικονοστοιχεία εκείνα (εκπαιδευτικό δείγμα, *training sample*) που αντιπροσωπεύουν τις

αναγνωρίσιμες δομές και τα στοιχεία κάλυψης γης της εικόνας, όπου κάθε μια από αυτές χρησιμοποιείται για την παραγωγή παραμετρικών ή μη φασματικών υπογραφών οι οποίες αποτελούν εν τέλει και τις φασματικές κλάσεις της εικόνας (Εικόνα 9)

- **Υβριδικές**, όταν δεν οριοθετούνται απόλυτα μέσα στα παραπάνω τα πλαίσια.

Η φασματική ταξινόμηση μιας δορυφορικής εικόνας αποσκοπεί στην αυτοματοποίηση του εντοπισμού των ομογενών επιφανειών σε μια εικόνα παρακάμπτοντας την υποκειμενικότητα του ανθρώπινου παράγοντα (Καρτάλης, Φειδάς 2006).



Εικόνα 9. Η λογική στην Unsupervised και Supervised ταξινόμηση αντιστοίχα.

Κατά τη διαδικασία της ταξινόμησης ακολουθούνται τα παρακάτω επτά στάδια:

- **Το στάδιο της εκπαίδευσης** με το οποίο ορίζονται τα κριτήρια με τα οποία αναγνωρίζονται οι διακριτές δομές της εικόνας δηλ. τα κριτήρια με τα οποία ορίζονται οι κλάσεις ταξινόμησης.
- **Το στάδιο της επιλογής** του κανόνα ταξινόμησης (decision rule). Είναι η μαθηματική έκφραση η οποία ταξινομεί τα εικονοστοιχεία της εικόνας στις διακριτές τάξεις σύμφωνα με τη φασματική τους υπογραφή.
- **Το στάδιο αντιστοίχισης** των φασματικών τάξεων σε τάξεις πληροφόρησης
- **Το στάδιο δημιουργίας** χαρτών και συμβόλων και
- **Το στάδιο της αξιολόγησης** της ταξινόμησης (Erdas Field Guide, 1999).

Οι φασματικές υπογραφές μπορούν να είναι παραμετρικές ή μη παραμετρικές. Μια παραμετρική υπογραφή χαρακτηρίζεται από τις τιμές των στατιστικών της παραμέτρων, η οποία θα χρησιμοποιηθεί από τον κανόνα της ταξινόμησης για την απόδοση των εικονοστοιχείων της εικόνας σε μία τάξη (Καρτάλης & Φειδάς, 2004). Παραμετρικές υπογραφές μπορούν να επιτελούν είτε οι περιοχές εκπαίδευσης σε μια επιβλεπόμενη ταξινόμηση είτε οι ομάδες κλάσεων που προήλθαν από μια μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση.

Μια μη παραμετρική υπογραφή στηρίζεται στις διακριτές δομές που εντοπίζονται μέσα σε ένα φασματικό χώρο κι όχι σε στατιστικούς κανόνες. Οι υπογραφές αυτές χρησιμοποιούνται για την οριοθέτηση των κλάσεων. Οι υπογραφές που δημιουργούνται με τον τρόπο αυτό χρησιμοποιούνται από ένα μη παραμετρικό ταξινομητή κατά τη διαδικασία της ταξινόμησης. Μη παραμετρικές υπογραφές μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο κατά τη διαδικασία της επιβλεπόμενης ταξινόμησης. Ανάλογα με το είδος των υπογραφών που χρησιμοποιούνται, ένας ταξινομητής μπορεί να είναι παραμετρικός ή μη παραμετρικός (Erdas Field Guide, 1999).

Παραμετρικός ταξινομητής: χρησιμοποιεί παραμετρικές υπογραφές των ψηφιακών τιμών των εικονοστοιχείων των υπογραφών οι οποίες χαρακτηρίζονται από τα στατιστικά χαρακτηριστικά τους (μέση τιμή, τυπική απόκλιση, πίνακα συμμεταβλητότητας). Με την εφαρμογή της μεθόδου αυτής κάθε εικονοστοιχείο αποδίδεται σε μία τάξη. Οι πιο γνωστοί παραμετρικοί ταξινομητές στους τρεις παρακάτω κανόνες ταξινόμησης:

- A. Κανόνας Ελάχιστης Απόστασης** όπου ένα εικονοστοιχείο της εικόνας αποδίδεται σε μία τάξη με βάση την απόστασή του από στο φασματικό χώρο από το κέντρο της υπογραφής.
- B. Κανόνας απόστασης Mahalanobis**, όπου παράλληλα με την φασματική απόσταση του εικονοστοιχείου από το κέντρο της υπογραφής λαμβάνεται υπόψη και η μεταβλητότητα της υπογραφής μέσω του πίνακα συμμεταβλητότητας.
- C. Κανόνας Μέγιστης Πιθανοφάνειας** σύμφωνα με τον οποίο ένα εικονοστοιχείο βασίζεται την πιθανότητα να ανήκει σε μία συγκεκριμένη κλάση.

Μη παραμετρικός ταξινομητής: Χαρακτηριστικό σε μια μη παραμετρική ταξινόμηση είναι ότι επειδή ο ταξινομητής δεν εξαρτάται από στατιστικά στοιχεία δεν επηρεάζεται κι από τις εσωτερικές ιδιότητες των δεδομένων. Στην περίπτωση αυτή ένα εικονοστοιχείο αποδίδεται στην αντίστοιχη τάξη όταν το φασματικό του αποτύπωμα βρίσκεται εντός των ορίων μιας μη παραμετρικής υπογραφής. Τα εικονοστοιχεία που βρίσκονται εκτός των ορίων της υπογραφής αυτής ή ανήκουν σε δυο φασματικές υπογραφές ή μένουν αταξινομητα ή κατατάσσονται σε μία από τις τάξεις ταξινόμησης με βάση τους παραμετρικούς κανόνες (Ελάχιστης Απόστασης, Mahalanobis, Μέγιστης Πιθανοφάνειας). Τα όρια των μη παραμετρικών υπογραφών τα οποία θα χρησιμοποιηθούν από το μη παραμετρικό ταξινομητή ορίζονται με δύο τρόπους:

- Τον κανόνα του φασματικού χώρου σύμφωνα με τον οποίο, τα όρια των φασματικών τιμών της κάθε υπογραφής ορίζονται απ' ευθείας στον φασματικό χώρο των δύο υπογραφών με την χρήση διαφόρων γεωμετρικών σχημάτων (π.χ. ελλείψεις, ορθογώνια, πολύγωνα) και
- Τον κανόνα του παραλληλεπίπεδου, σύμφωνα με τον οποίο ορίζονται ανώτερες και κατώτερες τιμές για κάθε μία υπογραφή σε κάθε κανάλι, εντός των οποίων θα πρέπει να κυμαίνονται οι ψηφιακές τιμές ενός εικονοστοιχείου, προκειμένου να αποδοθούν σε μια τάξη.

2.4.1.1. Μη παραμετρικές μέθοδοι ταξινόμησης

- **Τεχνικές ελεύθερης κατανομής**

Στις τηλεσκοπικές εφαρμογές οι πιο δημοφιλείς μέθοδοι ελεύθερης κατανομής είναι τα δέντρα απόφασης (decision trees) και τα νευρωνικά δίκτυα (neural networks). Τα νευρωνικά δίκτυα κατέχουν το πλεονέκτημα της μη παραμετρικής μεθόδου. Κάποια επιπλέον, μη τηλεσκοπικά δεδομένα μπορούν να ταξινομηθούν πιο εύκολα χρησιμοποιώντας μη παραμετρικές μεθόδους (Mather, 1999).

Απ' την άλλη τα νευρωνικά δίκτυα μπορούν να έχουν πολύ υψηλή υπολογιστική πολυπλοκότητα, χρειάζονται μεγάλο αριθμό training samples για να εφαρμοστούν επιτυχώς και οι επαναληπτικές διαδικασίες εκπαίδευσης τους απαιτούν πολύ χρόνο για να συγκλίνουν (Benediktsson et al., 1990).

Η απόδοση επομένως των νευρωνικών δικτύων εξαρτάται περισσότερο απ' τη διάθεση αντιπροσωπευτικών δειγμάτων εκπαίδευσης ενώ οι στατιστικές προσεγγίσεις πρέπει να διαθέτουν ένα κατάλληλο μοντέλο για κάθε τάξη (Benediktsson et al., 1990).

Για την επίλυση της «διαταξικής» σύγχυσης που υπάρχει στα τεχνικά νευρωνικά δίκτυα και τα δέντρα απόφασης, μέθοδοι οι οποίες προέρχονται απ' το σύνολο της fuzzy θεωρίας, όπως η ενσωμάτωση δευτερεύουσας πληροφορίας όπως η υφή, το περιβάλλον και τα χαρακτηριστικά της περιοχής, σε υβριδικά συστήματα έχουν χρησιμοποιηθεί σαν εναλλακτικές (Tso & Mather, 2001). Η λογική ταξινόμησης του fuzzy συνόλου, η οποία λαμβάνει υπόψιν της την ετερογενή και ανακριβή φύση του πραγματικού κόσμου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί παράλληλα με supervised και unsupervised αλγόριθμους ταξινόμησης. Κάποιες φορές είναι απαραίτητο να συμπεριλάβουμε μη φασματικά, συμπληρωματικά δεδομένα όταν εφαρμόζουμε μία supervised, unsupervised, και/ή fuzzy ταξινόμηση για να εξαγάγουμε την επιθυμητή πληροφορία (Jensen, 1996).

- **Μέθοδοι Ταξινόμησης και Μηχανική Μάθηση**

Περιλαμβάνουν αλγόριθμους ταξινόμησης που βασίζονται σε διαδικασίες μηχανικής μάθησης. Χρησιμοποιούνται ευρέως σε εφαρμογές που απαιτούν χρήση μεγάλων και ανομοιογενών δεδομένων. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ταξινομητές SVM, Decision tree, K-nearest neighbors οι οποία συναντώνται σε πολλά παραδείγματα εφαρμογών.

- **Μηχανές Υποστήριξης Διανυσμάτων, (Support Vector Machines, SVMs)**

Οι SVMs αποτελούν καλούς υποψήφιους για επιβλεπόμενη (supervised) **μη παραμετρική ταξινόμηση**. Οι SVMs ανήκουν στην ομάδα των μηχανής εκμάθησης (machine learning) αλγορίθμων. Η υψηλή τους ικανότητα γενίκευσης έχει εμπνεύσει προόδους στη βελτίωση του υπολογιστικού χρόνου. Έχει αποδειχτεί ότι για τον ίδιο αριθμό εκπαιδευτικών δειγμάτων (training samples) οι SVMs έχουν καλύτερη απόδοση στην ταξινόμηση από άλλους ανταγωνιστικούς αλγόριθμους. Η ταξινόμηση με SVMs δεν απαιτεί προ επεξεργασία των δεδομένων για μείωση της διαστατικότητας, εντούτοις χρησιμοποιεί τα δεδομένα σε όλες τις διαστάσεις για να παράγει ταξινομήσεις που έχουν την ακρίβεια της τάξης των 97%.

Οι μηχανές υποστήριξης διανυσμάτων (Support Vector Machines) είναι επιβλεπόμενα μοντέλα μάθησης που συνδυάζονται με αλγορίθμους εκμάθησης, με στόχο την ανάλυση δεδομένων και την αναγνώριση προτύπων για διαδικασίες ταξινόμησης και κατάτμησης. Παρέχοντας ένα σύνολο δεδομένων εκπαίδευσης, το καθένα από αυτά διαχωρίζεται σε μία από τις δύο κατηγορίες και κάθε φορά ο αλγόριθμος εκπαίδευσης, SVM, χτίζει ένα μοντέλο που διαχωρίζει τα νέα δεδομένα στη μία ή στην άλλη κατηγορία δημιουργώντας ένα μη πιθανοτικό, γραμμικό και δυαδικό μοντέλο. Το μοντέλο SVM,

πρακτικά, είναι μια αναπαράσταση των δεδομένων στο χώρο, τα οποία απεικονίζονται ως κατηγορίες διαχωρισμένες από ένα σαφές όριο, το οποίο χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένο εύρος κάθε φορά. Τα νέα δεδομένα αντιστοιχίζονται στο συγκεκριμένο διάστημα-σύνολο που ανήκουν με βάση την πλευρά του ορίου που βρίσκονται. Εκτός από τη γραμμική μορφή ταξινόμησης, τα μοντέλα SVM μπορούν να εκτελέσουν αποτελεσματικά μη γραμμικές ταξινομήσεις χρησιμοποιώντας εξειδικευμένα τεχνάσματα του πυρήνα τους (kernel) και αντιμετωπίζοντας πολύπλοκα προβλήματα (Τζώτσος, 2014).

Οι μηχανές υποστήριξης διανυσμάτων κατασκευάζουν ένα υπερεπίπεδο (hyperplane) ή ένα σύνολο υπερεπιπέδων σε έναν υψηλό ή άπειρων διαστάσεων χώρο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ταξινόμηση, κατάτμηση ή άλλες εφαρμογές. Ένας καλός διαχωρισμός επιτυγχάνεται από το υπερεπίπεδο που έχει τη μεγαλύτερη δυνατή απόσταση από το πλησιέστερο σημείο των δεδομένων εκπαίδευσης, καθώς όσο μεγαλύτερο είναι το περιθώριο τόσο μικρότερη είναι η πιθανότητα λάθους από τον ταξινομητή (Vapnik & Cortes, 1995).

2.5. ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ (ACCURACY ASSESSMENT)

Η ταξινόμηση θεωρείται ότι έχει ολοκληρωθεί εφόσον έχει εκτιμηθεί η ακρίβειά της. Ο βαθμός σφάλματος της ταξινόμησης, ο οποίος εκφράζει την καταχώριση κάποιων ψηφίδων σε λανθασμένη τάξη, καθορίζει και το ποσοστό επιτυχίας της ταξινόμησης, πράγμα που δίνει τη δυνατότητα να εκτιμηθεί η ακρίβειά της. Οι λόγοι για τους οποίους γίνεται η εκτίμηση της ακρίβειας είναι:

- Η ανάγκη για τη βελτίωση της ποιότητας της πληροφορίας του χάρτη με τον προσδιορισμό και τη διόρθωση των πηγών των σφαλμάτων.
- Η ανάγκη για τη σύγκριση ποικίλων τεχνικών, αλγορίθμων, ή και ερμηνειών προκειμένου να προσδιορισθεί ποια είναι η καλύτερη.
- Τέλος, αν η πληροφορία που προέρχεται από τηλεσκοπικές εικόνες πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε μία διαδικασία λήψης αποφάσεων, είναι κρίσιμο να είναι γνωστό κάποιο μέτρο μέτρησης της ποιότητάς τους.

Η ακρίβεια ταξινόμησης των δορυφορικών εικόνων μετράει την απόκλιση μιας ταξινομημένης εικόνας άγνωστης ποιότητας, από κάποιο πρότυπο που θεωρείται ότι είναι ακριβές. Αν η ταξινόμηση της εικόνας ανταποκρίνεται σημαντικά στο πρότυπο, τότε σημαίνει ότι η ταξινόμηση είναι ακριβής. Όποια μέθοδος ταξινόμησης και να επιλεγεί για τον εντοπισμό και την οριοθέτηση των διαφόρων τύπων εδαφικής κάλυψης πρέπει στην συνέχεια να ακολουθηθεί από την «υπαίθρια επιβεβαίωση» (ground truthing) που απαιτείται για να προκύψουν αξιόπιστα αποτελέσματα. Για να το γνωρίσουμε αυτό χρειαζόμαστε μια διαδικασία η οποία λέγεται ground truthing. Η επαλήθευση των ταξινομημένων εικονοστοιχείων της εικόνας στις ανάλογες τάξεις, με τα αντίστοιχά τους στο έδαφος (ground truthing), πολλές φορές είναι εξαιρετικά δύσκολη λόγω της δυσκολίας πρόσβασης στις συγκεκριμένες περιοχές επί του εδάφους. Αντί της διαδικασίας αυτής η ακρίβεια της ταξινόμησης επαληθεύεται χρησιμοποιώντας ένα σύνολο δειγμάτων, προφανώς διαφορετικό απ' αυτό που χρησιμοποιήθηκε στην ταξινόμηση με τη λήψη δειγμάτων ελέγχου/επαλήθευσης. Τα δείγματα ελέγχου είναι οι ψηφίδες με γνωστή τάξη στην οποία ανήκουν και χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της ακρίβειας της ταξινόμησης. Τα

δείγματα ελέγχου μπορούν να λαμβάνονται και κατά τη διαδικασία της εκπαίδευσης, με τη διαφορά ότι δε θα χρησιμοποιηθούν ως εκπαιδευτικά δείγματα.

Η ταξινομημένη εικόνα συγκρίνεται με τα δείγματα επαλήθευσης και το αποτέλεσμα δίνεται από έναν πίνακα ακρίβειας (error matrix) (Congalton, 1991). Οι στήλες του πίνακα αναπαριστούν τα δεδομένα επαλήθευσης ενώ οι γραμμές την ταξινομημένη εικόνα.

	Water	Woods	Bare soils	Crops	Row total		
Classified Image	Water	65	4	22	24	115	
	Woods	6	81	5	8	100	
	Bare soils	0	11	85	19	115	
	Crops	4	7	3	90	104	
	Col. total	75	103	115	141	434	← Tot. n. of pixels

Average accuracy: $321/434 = 74\%$;
producer's accuracy, for ex. crops: $90/141 = 64\%$; **user's accuracy**, for ex. crops: $90/104 = 87\%$

Εικόνα 10. Παράδειγμα πίνακα επαλήθευσης (error matrix), Congalton, 1991

Γενικά στη διαδικασία αποτίμησης της ακρίβειας υπολογίζονται παράμετροι όπως η μέση ακρίβεια της ταξινόμησης (ο λόγος του συνολικού αριθμού των σωστά ταξινομημένων pixels και του συνολικού αριθμού των επαληθευμένων pixels), η ακρίβεια της ταξινόμησης για κάθε τάξη κ.α.

Η διαδικασία αποτίμησης της ακρίβειας μας βοηθάει να εστιάσουμε πάνω σε κρίσιμα σημεία της διαδικασίας όπως είναι η μικρή διαχωριστικότητα μεταξύ κάποιων τάξεων. Σε μερικές περιπτώσεις μάλιστα όταν η ακρίβεια της ταυτοποίησης για κάποιες τάξεις είναι πολύ φτωχή, είμαστε αναγκασμένοι να συγχωνεύσουμε τις τάξεις αυτές και να επαναλάβουμε τη διαδικασία ταξινόμησης ξεκινώντας από το στάδιο της εκπαίδευσης των περιοχών.

3. ΕΠΙΣΚΟΠΙΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η επισκόπηση της βιβλιογραφίας αφορά σχετικές εργασίες που σκοπό έχουν τη μελέτη της εξέλιξης και της δυναμικής του περιβάλλοντος μέσα από την επιστήμη της τηλεπισκόπησης. Το είδος των αλλαγών που ενδιαφέρουν ανά περίπτωση σχετίζεται είτε με φαινόμενα μικρής διάρκειας, όπως είναι οι πλημμύρες και η χιονοκάλυψη, η εκδήλωση μιας πυρκαγιάς, είτε με πιο μακροχρόνια φαινόμενα, όπως είναι η ανάπτυξη στα όρια των οικισμών αλλά και η ερημοποίηση περιοχών. Για παράδειγμα, ένας ορισμός της αλλαγής στην βλάστηση σε ένα οικοσύστημά θεωρείται η μεταβολή στη σύσταση του εδάφους ως προς την κάλυψη της βλάστησης ή ως η φασματική και χωρική μεταβολή της βλάστησης ως οντότητα στο χρόνο. Για κάθε διαφορετική χρονική και χωρική κλίμακα εφαρμόζονται διαφορετικές διαδικασίες ανάλυσης λαμβάνοντας κάθε φορά υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής και του γεγονότος που συντέλεσε στη δημιουργία των

μεταβολών (Herold, 2010). Κάνοντας μια διαχρονική αναδρομή στις τεχνικές ανίχνευσης αλλαγών στις χρήσεις γης, διαπιστώνουμε ότι οι πρώτες μελέτες αναπτύχθηκαν το 1977. Πρωτοπόροι στάθηκαν οι Angelici et al. (1977) οι οποίοι ανέπτυξαν τις πρώτες τεχνικές για την ανίχνευση αλλαγών χρήσεων γης με τη χρήση εικόνων Landsat, όπου οδήγησαν στην αποκάλυψη της φύσης της αλλαγής αλλά και σε αριθμητικά αποτελέσματα εκτάσεων χρήσης γης. Οι αρχικές έρευνες, εστίασαν στην εύρεση αλλαγών στη βλάστηση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι των Allum και Dreisinger, το 1987, οι οποίοι με τη χρήση εικόνων Landsat των ετών 1973 και 1983 δημιούργησαν χάρτες μεταβολής της βλάστησης με μεθοδολογία που ενδείκνυται για την ανάδειξη απότομων και όχι σταδιακών αλλαγών.

Συνοπτικά, η ανίχνευση μεταβολών περιλαμβάνει τη χρήση διαχρονικών δεδομένων, ώστε να διαχωριστούν περιοχές κάλυψης γης, οι οποίες μεταβάλλονται μεταξύ των ημερομηνιών λήψης των εικόνων (Αργιαλάς, 1999). Σύμφωνα με άλλο ορισμό χαρακτηρίζεται η ανίχνευση αλλαγών ως η διαδικασία αναγνώρισης διαφορών στην κατάσταση ενός αντικειμένου ή ενός φαινομένου κατά την παρατήρησή του σε διαφορετικές χρονικές στιγμές (Singh, 1989). Ο έγκαιρος και ακριβής εντοπισμός των αλλαγών στη γήινη επιφάνεια είναι πολύ σημαντικός προκειμένου να εμφανισθούν οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ανθρώπων και των φυσικών φαινομένων και να ληφθούν μελετημένες αποφάσεις πάνω στη διαχείριση πιθανών άσχημων συνθηκών (Lu D. et al., 2004).

Οι Li και Yeh (1998), εφάρμοσαν συνδυαστική μεθοδολογία για την ανάδειξη αλλαγής των αστικών περιοχών στη περιοχή του Δέλτα του Pearl River στη Κίνα. Αρχικά σχημάτισαν κύριες συνιστώσες διαχρονικών δεδομένων και στη συνέχεια επιβλεπόμενες ταξινομήσεις με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας.

Οι Y. Zha et al. (2003) χρησιμοποίησαν το δείκτη Normalized Difference Built-up Index (NDBI) για να αυτοματοποιήσουν τη διαδικασία της χαρτογράφησης κατοικημένων περιοχών. Χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικές εικόνες Landsat TM. Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε σε χάρτη αστικής γης στην πόλη της Nanjing, ανατολική Κίνα. Τα αποτελέσματα της χαρτογράφησης έδωσαν ακρίβεια 92,6% και δημιούργησαν μια αξιόπιστη λύση χαρτογράφησης των αλλαγών. Σε σύγκριση με τη μέθοδο επιβλεπόμενης ταξινόμησης της μέγιστης πιθανοφάνειας, η προτεινόμενη χρήση του NDBI είναι σε θέση να χρησιμεύσει ως μια αξιόλογη εναλλακτική λύση για τη γρήγορη και αντικειμενική χαρτογράφηση κατοικημένων περιοχών.

Σχετικά με την επιλογή των δορυφορικών δεδομένων που χρησιμοποιούνται για διαχρονική ανίχνευση αλλαγών, στις περισσότερες βιβλιογραφικές αναφορές συνθηκών, όπως π.χ. σε αυτή των Lu D. et al. (2004), αναγράφεται ότι το ιδανικό είναι τα δεδομένα προς ανίχνευση μεταβολών να έχουν προέλθει από τον ίδιο ή παρόμοιο δέκτη με τα ίδια φασματικά κανάλια και να καταγράφουν τα δεδομένα με την ίδια χωρική διακριτική ικανότητα. Επίσης, οι γεωμετρικές συνθήκες γεωπαρατήρησης πρέπει να είναι όσο το δυνατό οι ίδιες, όπως και ο χρόνος λήψης. Πολλές φορές χρησιμοποιούνται επετειακές ημερομηνίες ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι εποχιακές διαφορές αλλά και η γωνία λήψης του ηλίου. Για την αποτελεσματική ανίχνευση των μεταβολών απαιτείται ακόμα, ακριβής χωρική εγγραφή των εικόνων, ή, με άλλα λόγια να υπάρχει κοινή και ακριβής γεωαναφορά σε όλες τις εικόνες. Η ακρίβεια της γεωμετρικής εγγραφής που συνήθως απαιτείται είναι περίπου στο 0,25 με 0,5

του εικονοστοιχείου ή μέχρι και ένα εικονοστοιχείο. Όταν το σφάλμα της γεωμετρικής αγκίστρωσης είναι μεγαλύτερο από ένα εικονοστοιχείο, τότε είναι φυσικό να προκύψουν πολλά σφάλματα κατά τη σύγκριση των εικόνων.

Οι Yuan et al. (2005), χρησιμοποίησαν οκτώ εικόνες Landsat, δύο ανά χρονιά για το 1986, το 1991, το 1998 και το 2002 σε περιοχή στη Minnesota, εκ των οποίων οι έξι ήταν TM ενώ οι εικόνες για το 2002 ETM+. Κάθε χρονιά συνδυάζει εικόνες μια από περίοδο μετά την άνοιξη και μια σε περίοδο καλοκαιριού. Για τη δεδομένη περιοχή και με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν εκεί, ο συνδυασμός εικόνων από τις δύο αυτές περιόδους μεγιστοποιεί τη διαχωριστικότητα ορισμένων κατηγοριών. Οι εικόνες γεωαναφέρθηκαν στο σύστημα αναφοράς UTM στη ζώνη 15 για το ελλειψοειδές αναφοράς GRS 1980 και NAD 83, χρησιμοποιώντας τουλάχιστον 35 καλά κατανεμημένα σημεία ελέγχου και αναδόμηση τιμών φωτεινότητας με εγγύτερο γείτονα. Το μέσο σφάλμα ήταν στα 0,25 pixel, δηλαδή στα 7,5 m για κάθε μια από τις οκτώ εικόνες. Η γεωαναφορά της εικόνας πραγματοποιήθηκε στο λογισμικό ERDAS. Επιλέχθηκαν επτά γενικές κατηγορίες, από τις οποίες οι τέσσερις αναφέρονται σε εδαφοκάλυψη με δάση ή βλάστηση, η πέμπτη αναφέρεται στις υδάτινες επιφάνειες, η έκτη σε περιοχές γυμνού εδάφους ή εξορύξεων, και η τελευταία σε αστικές περιοχές εντός των οποίων συμπεριελήφθησαν κατοικίες, εμπορικές συνοικίες, βιομηχανίες, υποδομές μεταφορών, μικτές αστικές περιοχές κ.α.. Η ταξινόμηση έγινε με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας για κάθε μια εικόνα και τα δεδομένα ελέγχου για την αξιολόγηση επιλέχθηκαν με ανεξάρτητη τυχαία δειγματοληψία πολυγώνων σταθερού αριθμού εικονοστοιχείων. Οι ακρίβειες παραγωγού και χρήστη κάθε χρονιάς ήταν υψηλές και κατά μέσο όρο περίπου στο 90%. Στη συνέχεια έγινε εκ των υστέρων έλεγχος και δημιουργήθηκαν τέσσερα μεσοδιαστήματα. Οι τρεις περιπτώσεις ήταν οι διαδοχικές χρονιές και η τελευταία περίπτωση ήταν μεταξύ της πρώτης και της τελευταίας χρονιάς. Η μετά την ταξινόμηση σύγκριση παρέχει το προνόμιο της από - προς πληροφωρίας κάθε εικονοστοιχείου. Σύμφωνα με την έρευνα αυτή, η απλούστερη μέθοδος για την αξιολόγηση χαρτών αλλαγής είναι ο πολλαπλασιασμός των μεμονωμένων ακριβειών στους χάρτες ταξινόμησης για να εκτιμηθεί με αυτόν τον τρόπο η αναμενόμενη ακρίβεια του χάρτη αλλαγών. Μια εναλλακτική και πιο αυστηρή λύση είναι η τυχαία δειγματοληψία περιοχών που άλλαξαν ή δεν άλλαξαν χρήση γης για να εξεταστεί αν έχουν ταξινομηθεί σωστά. Για κάθε χρονιά εκφράζεται η κάθε κατηγορία με την έκτασή της σε εκτάρια αλλά και με το ποσοστό της επί του συνόλου της εικόνας και υπολογίζεται η σχετική αλλαγή μεταξύ του 1986 και του 2002. Σχηματίστηκε επίσης ένας πίνακας ανά δύο χρονιές όπου στην κύρια διαγώνιο σημειώνονται τα εικονοστοιχεία που δεν άλλαξαν και στα μη διαγώνια στοιχεία καταγράφονται τα εικονοστοιχεία που άλλαξαν κάλυψη γης, δίνοντας στο χρήστη την πληροφορία 'από-προς'. Τα στατιστικά αποτελέσματα της μεθόδου κρίθηκαν αποτελεσματικά για το στόχο της εργασίας. Η μεθοδολογία επίσης ποσοτικοποιεί την αλλαγή και εντέλει αποτελεί έναν αποδοτικό και οικονομικό τρόπο ανίχνευσης αλλαγών στην κάλυψη γης. Τα αποτελέσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα εισόδου για εργασίες διαχείρισης γης αλλά και για τη λήψη αποφάσεων πολιτικής.

Ο DiGirolamo (2006), χρησιμοποίησε δυο εικόνες Landsat (TM) για το 1991 και TM+ για το 2000, ακριβώς την ίδια μέρα του Σεπτεμβρίου, σε περιοχή πλησίον της Atlanta (Gwinnett) στη Georgia, και οι διαφορές εντοπίστηκαν με τρεις μεθόδους, πρώτα με την

υλοποίηση εικόνας διαφοράς του δείκτη NDVI, έπειτα με την ανάπτυξη κύριων συνιστωσών και τρίτον με ειδικά μετασχηματισμένες εικόνες (Tasseled Cap), διαδικασία που έχει ομοιότητες με τη δημιουργία κύριων συνιστωσών αλλά βασίζεται στις ιδιότητες των αισθητήρων και όχι των εικόνων. Η λήψη επεξεργασμένων εικόνων, όπως έγινε και στην μελέτη (ίδια μέρα του Σεπτεμβρίου), έχει ως αποτέλεσμα η περιοχή και στις δυο περιόδους να διαθέτει όλη την κάλυψη από βλάστηση, πριν δηλαδή τη πτώση των φύλλων. Ύστερα από αξιολόγηση με χρήση δεδομένων ελέγχου προκύπτει ότι οι καλύτερες μέθοδοι είναι η πρώτη και η τρίτη. Αν και η αλλαγή της βλάστησης δεν συνεπάγεται πάντα μια αλλαγή χρήσης γης, προέκυψε ότι σημαντική έκταση βλάστησης (κυρίως δασικών περιοχών) μετατράπηκε σε αστική περιοχή με άναρχη δόμηση. Η επεξεργασία των εικόνων (υποσύνολο των εικόνων Landsat) πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το λογισμικό ERDAS imagine v.8.6.

Η ανίχνευση αλλαγών σε μη διαπερατές επιφάνειες με τη χρήση διαχρονικών Landsat εικόνων σε σύνθετες αστικές και ημιαστικές περιοχές μελετήθηκε και από τους ερευνητές Lu et al. (2010), στην περιοχή της Βραζιλίας. Λόγω της μέτριας χωρικής ανάλυσης των εικόνων, συχνά εμφανίζεται το πρόβλημα του μικτού εικονοστοιχείου και γενικά η φασματική σύγχυση μεταξύ αδιαπέραστων επιφανειών και άλλων καλύψεων γης εκτός της βλάστησης. Η εκτίμηση των αδιαπέραστων επιφανειών, για καλύτερα αποτελέσματα, έγινε με ενσωμάτωση πληροφοριών από εικόνες της περιοχής μεγαλύτερης χωρικής διακριτικής ικανότητας (QuickBird) ύστερα από ορισμένες απαιτούμενες διεργασίες γεωμετρικής και ραδιομετρικής διόρθωσης. Αρχικά έπρεπε να γίνει μια βαθμονόμηση (καλιμπράρισμα) των αδιαπέρατων επιφανειών της Landsat εικόνας αναφοράς μέσω ενός υπάρχοντος μοντέλου παλινδρόμησης για τις αδιαπέραστες επιφάνειες εικόνας QuickBird της ίδιας χρονιάς και στη συνέχεια έπρεπε να γίνει κανονικοποίηση μεταξύ του βαθμονομημένου έτους αναφοράς με τις άλλες ημερομηνίες. Με τη μεθοδολογία διεξαγωγής μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης στις εικόνες Landsat και με τη βοήθεια υβριδικών μεθόδων ανάλυσης των διαχρονικών εικόνων QuickBird μπορεί να περιοριστεί η υπερεκτίμηση των αδιαπέρατων επιφανειών με τις παραδοσιακές ανά εικονοστοιχείο ταξινομήσεις όπως της μέγιστης πιθανοφάνειας και η υποτίμηση των αγροτικών-μη αστικών περιοχών. Στη συνέχεια είναι εφικτός ο κλασματικός υπολογισμός βαθμού αδιαπερατότητας κάθε εικονοστοιχείου Landsat, σύμφωνα με την ύπαρξη αδιαπέρατων εικονοστοιχείων της εικόνας QuickBird.

Οι Giuseppe Mancino et al. (2012), χρησιμοποιώντας δορυφορικά δεδομένα Landsat TM, έχοντας σαν περιοχή μελέτης τη Basilicata στη νότια Ιταλία, χρησιμοποίησαν τους δείκτες βλάστησης για να ανιχνεύσουν τις αλλαγές στη κάλυψη γης. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν την τρέχουσα τάση φυσικής επέκτασης των δασών που συμβαίνει στις επιρρεπείς σε ξηρασία περιοχές της Μεσογείου. Οι πληροφορίες σχετικά με τη δυναμική της δασικής κάλυψης που εμφανίζεται στη μελέτη αυτή μπορεί να θεωρηθεί ως ένα χρήσιμο σημείο εκκίνησης για την περαιτέρω ανάλυση των χωρικών και χρονικών μοντέλων των αλλαγών βλάστησης σε υποβαθμισμένες περιοχές.

Οι Hayder Abd, Al-Razzaq Abd et al. (2013), μελέτησαν τις αλλαγές χρήσης / κάλυψης γης της ευρύτερης περιοχής της πόλης Johor Bahru της Μαλαισίας χρησιμοποιώντας την επιβλεπόμενη ταξινόμηση με το ταξινομητή της μέγιστης πιθανοφάνειας (Maximum Likelihood) με 5 κλάσεις αστικά, ύδατα, βλάστηση, γυμνές εκτάσεις και άγνωστες (σύννεφα), για 2 χρονικές στιγμές 1995 και 2011, με δορυφορικά δεδομένα Landsat TM και +ETM

αντίστοιχα. Τα ποσοστά ακρίβειας της ταξινόμησης ήταν υψηλά 84.14% και 89.11% αντίστοιχα. Η ανίχνευση αλλαγών έδειξε ότι οι αστικές εκτάσεις αυξήθηκαν κατά 3%, οι εκτάσεις που καλύπτονταν από βλάστηση παρουσίασαν μείωση κατά 3%, ενώ οι γυμνές εκτάσεις παρέμειναν σταθερές.

Στη Δασολογική επιστήμη, διαχρονικά πολλές έρευνες χρησιμοποίησαν δορυφορικά δεδομένα, και ιδιαίτερα του καταγραφέα Landsat TM, στο προσδιορισμό και καταγραφή των χρήσεων γης (Καρτέρης, 1990), (Fuller et al., 1994), (Vogelmann et al., 1998), (Muller et al., 1999). Από δασικής άποψης η πιο σημαντική ίσως εφαρμογή των δορυφορικών δεδομένων είναι η διάκριση και χαρτογράφηση των δασών και δασικών εκτάσεων, καθώς και ο υπολογισμός των της έκτασης που καταλαμβάνουν με ακρίβεια που καθορίζεται από τη χωρική διακριτική ικανότητα των διαθέσιμων εικόνων. Σε πολλές περιπτώσεις δημιουργούνται δασικοί θεματικοί χάρτες με ακρίβεια η οποία ξεπερνά το 90%. Ο διαχωρισμός των κλάσεων πλατυφύλλων, κωνοφόρων και μικτών δασών, επιτυγχάνεται με υψηλές ακρίβειες 85-90% (William & Nelson, 1986), (Wolter et al., 1995). Οι Nelson et al. (1984) υπολόγισαν με δεδομένα του αισθητήρα MSS, τη κάλυψη γης από πλατύφυλλα και κωνοφόρα στις ΗΠΑ. Τα αποτελέσματα της ταξινόμησης των δορυφορικών δεδομένων έδωσαν ποσοστά 11% και 12% αντίστοιχα για τα δάση κωνοφόρων και πλατυφύλλων, ενώ η ταξινόμηση της Αμερικάνικης Δασικής Υπηρεσίας έδινε 13 και 15% αντίστοιχα. Από τη στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι το 74% των κωνοφόρων και το 80% των πλατυφύλλων είχαν ταξινομηθεί σωστά και ότι η ακρίβεια ταξινόμησης ήταν 85%, ποσοστό θεωρητικά αποδεκτό για τις δασικές απογραφές. Ο Καρτέρης (1991) χρησιμοποιώντας δορυφορικές εικόνες SPOT ταξινόμησε τις Μεσογειακές δασικές εκτάσεις με συνολική ακρίβεια 82%. Οι Καρτέρης & Μελιάδης (1992), χρησιμοποίησαν το συνδυασμό φασματικών καναλιών 3-4-5 του δορυφόρου Landsat TM για τη διάκριση των κλάσεων μακί, πλατυφύλλων, αστικών περιοχών και ελαιώνων. Ο διαχωρισμός κατά τη ταξινόμηση των δασοπονικών ειδών σε πολλές μελέτες αποδείχτηκε προβληματικός και στις περισσότερες περιπτώσεις ήταν πολύ δύσκολη η αναγνώριση των ειδών (Hopkins et al., 1988), (Martin et al., 1998). Γενικά πολλές μελέτες εμφανίζονται στη παγκόσμια βιβλιογραφία με αμφιλεγόμενα αποτελέσματα σχετικά με το διαχωρισμό και την αναγνώριση των δασοπονικών ειδών.

4. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

4.1. ΦΥΣΙΚΟ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

1.1. Γεωγραφική θέση

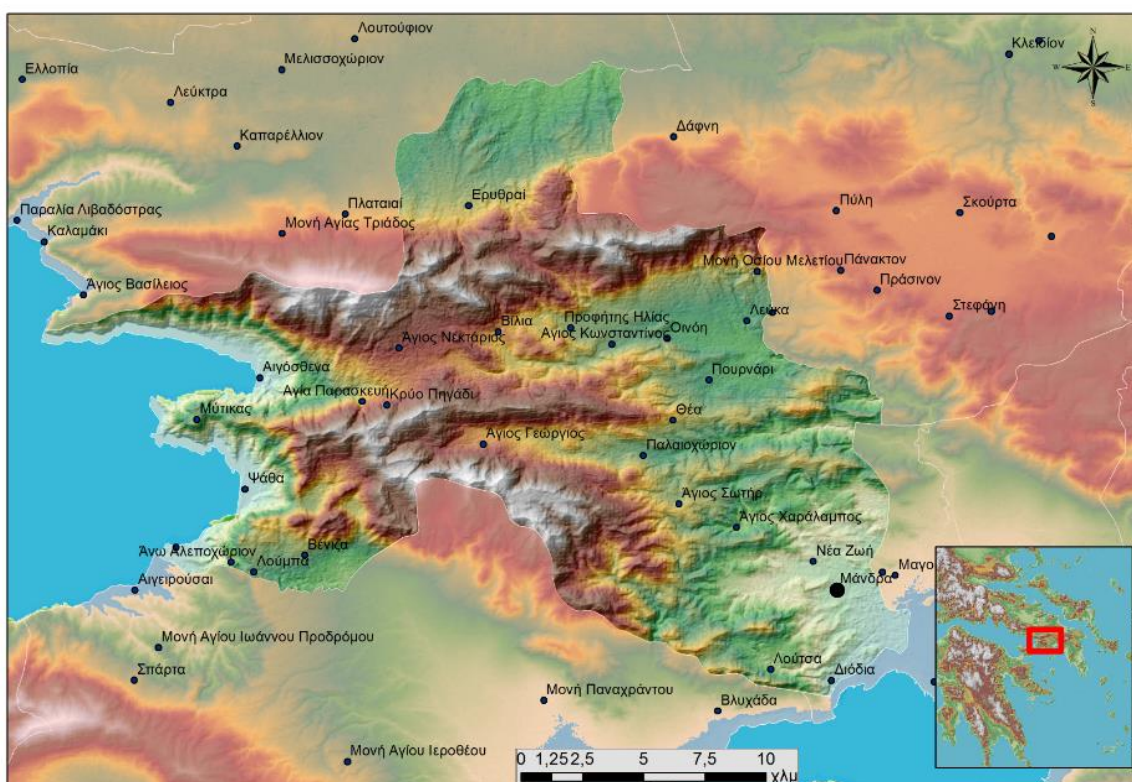
Η μελετώμενη περιοχή καλύπτει την έκταση του Δήμου Μάνδρας - Ειδυλλίας, που προέκυψε από το «Πρόγραμμα Καλλικράτης, από τη συνένωση των Δήμων Μάνδρας, Βιλιών και Ερυθρών και της Κοινότητας Οινόης και έχει έδρα τη Μάνδρα.

Ο Δήμος Μάνδρας- Ειδυλλίας έχει έκταση 426,26 τ.χλμ και ο πληθυσμός του 20.098 κάτοικοι σύμφωνα με την απογραφή της ΕΣΥΕ του 2001. Βρίσκεται στην Περιφέρεια Αττικής και πιο

συγκεκριμένα στην Περιφερειακή Ενότητα Δυτικής Αττικής. Κατέχει μεγάλο μέρος της ενδοχώρας Δυτικής Αττικής και κατέχει παράκτια ζώνη μόνο στον Κορινθιακό στο Δημοτικό Διαμέριμα Βιλίων, αλλά όχι στον Σαρωνικό παρότι πλησιάζει την ακτή. (Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δήμου Μάνδρας -Ειδυλλίας 2012 -2014)

1.2. Γεωμορφολογικά - Περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά

Το φυσικό περιβάλλον της Αττικής αποτελεί μία μη χωρική ενότητα καθώς αποτελείται από ένα σύνολο οικοσυστημάτων εξαρτημένων μεταξύ τους που δημιουργούν τις ιδιαίτερες συνθήκες για την χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής. Ο Δήμος Μάνδρας- Ειδυλλίας εντάσσεται στο ευρύτερο φυσικό περιβάλλον της Αττικής. Το τελευταίο παρουσιάζει μεγάλη βιοποικιλότητα, περιέχει πολλά απειλούμενα είδη χλωρίδας και πανίδας καθώς και περιοχές που έχουν χαρακτηριστεί ως οικότοποι προτεραιότητας από την Ευρωπαϊκή νομοθεσία, σε συνδυασμό με τα γενικότερα τοπικά χαρακτηριστικά, κι αποκαλείται «Αττικό Τοπίο».



Χάρτης 1. Μορφολογία ανάγλυφου περιοχής μελέτης.

Τη μεγαλύτερη έκταση στην ενότητα Δήμων Θριάσιου Πεδίου, Δυτικής Αττικής καταλαμβάνει με ποσοστό 61% ο Δήμος Μάνδρας- Ειδυλλίας και πιο συγκεκριμένα η Δημοτική Ενότητα Μάνδρας. Αναφορικά με τη μορφολογία της περιοχής, κύριο χαρακτηριστικό του Δήμου είναι οι έντονες εδαφικές κλίσεις και η εναλλαγή των τοπίων και του ανάγλυφου. Το ανάγλυφο της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται ορεινό στο δυτικό και βόρειο τμήμα της (600m έως 800m), ημιορεινό έως λοφώδες στη ζώνη των 100m έως 600m και πεδινό προς τη παραλιακή ζώνη -νοτιοανατολικά- καθώς και στις κοιλάδες των ποταμών (0m έως 100m). Το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται από ήπιες μορφολογικές κλίσεις της τάξης των 2% έως 17%. Μορφολογικές κλίσεις

μεγαλύτερες του 17% παρατηρούνται σε ένα σημαντικό τμήμα της περιοχής μελέτης, στις πλαγιές των ορεινών όγκων. Οι κλίσεις γενικά δεν ξεπερνούν το 60%, εκτός από ορισμένες θέσεις τοπικής σημασίας (π.χ. μιογάγγειες, πρηνή δρόμων, εκσκαφές λατομείων-μεταλλείων). (Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δήμου Μάνδρας -Ειδυλλίας 2012 - 2014)

1.3. Φυτοκάλυψη περιοχής.

Οι βασικότεροι παράγοντες, που συνέβαλαν στο χαρακτήρα της υπάρχουσας βλάστησης στην ευρύτερη περιοχή της Δυτικής Αττικής, είναι η μακρόχρονη ανθρωπογενής επίδραση (υλοτομίες, βοσκή, εκχερσώσεις, δημιουργία οικισμών, πυρκαγιές) και το κλίμα. Στην ευρύτερη περιοχή της Δυτικής Αττικής, διακρίνονται 3 ζώνες βλάστησης, οι οποίες ξεκινούν από τη θάλασσα και φθάνουν ως τις κορυφές των βουνών της Πάρνηθας και του Πατέρα: Οι θερμομεσογειακές διαπλάσεις της Ανατολικής Μεσογείου, (*Olea Ceratonia*) ξεκινούν από τη θάλασσα και καλύπτουν τις πεδινές και ξηροθερμικές περιοχές. Χαρακτηριστικά φυτά είναι ο σχίνος, το πουρνάρι, η αφάνα και εν μέρει η άρκευθος και η χαλέπιος πεύκη. Η ζώνη αυτή, καταλαμβάνει κυρίως τις περιοχές με το μικρότερο υψόμετρο. Η Μεσομεσογειακή διάπλαση της Αριάς (*QuercionIlicis*) βρίσκεται υψομετρικά πάνω από την προηγούμενη ζώνη, και καταλαμβάνει υγρότερες περιοχές. Στη ζώνη αυτή έχουμε απρόσκοπτη εξάπλωση της χαλεπίου πεύκης, (με πολύ σημαντικά δάση χαλεπίου πεύκης) ενώ άλλα χαρακτηριστικά είδη είναι η κουτσουπιά, το χρυσόξυλο, η κουμαριά. Η ορομεσογειακή διάπλαση της κεφαλληνιακής ελάτης (*AbietumCephalonicae*) καταλαμβάνει τις κορυφές των δύο βουνών (Κιθαιρώνα και Πατέρα), ενώ στην Πάρνηθα συγκροτεί ένα αρκετά αξιόλογο δάσος. Στη ζώνη αυτή, που έχουμε μικρή ξηροθερμική περίοδο και μεγαλύτερο ύψος βροχοπτώσεων, κύριο είδος και εκπρόσωπος της ζώνης είναι η ελάτη.

Τα δάση και οι δασικές εκτάσεις είναι η κύρια μορφή κάλυψης του εδάφους στην ευρύτερη περιοχή (καταλαμβάνουν πάνω από το μισό της συνολικής έκτασης - περίπου το 70%). Η μορφή των δασών, όπου δεν έχει διαταραχθεί πρόσφατα από πυρκαγιές είναι αρκετά καλή. Οι χορτολιβαδικές εκτάσεις στην ευρύτερη περιοχή είναι λιγότερες. Χρησιμοποιούνται ως βοσκότοποι, γεγονός που συμβαίνει και με τις περισσότερες δασικές εκτάσεις και τα δάση της Ελλάδας. Στην περιοχή αυτή της Δυτικής Αττικής, η βοσκή είναι κυριολεκτικά ανεξέλεγκτη, αφού παρατηρείται ακόμη και σε πρόσφατα καμένες περιοχές.

Ορεινός όγκος Πάστρας 1.000 στρ.

Ορεινός όγκος Κιθαιρώνα 4.000 στρ.

Ορεινός όγκος Πατέρα 195.000 στρ.

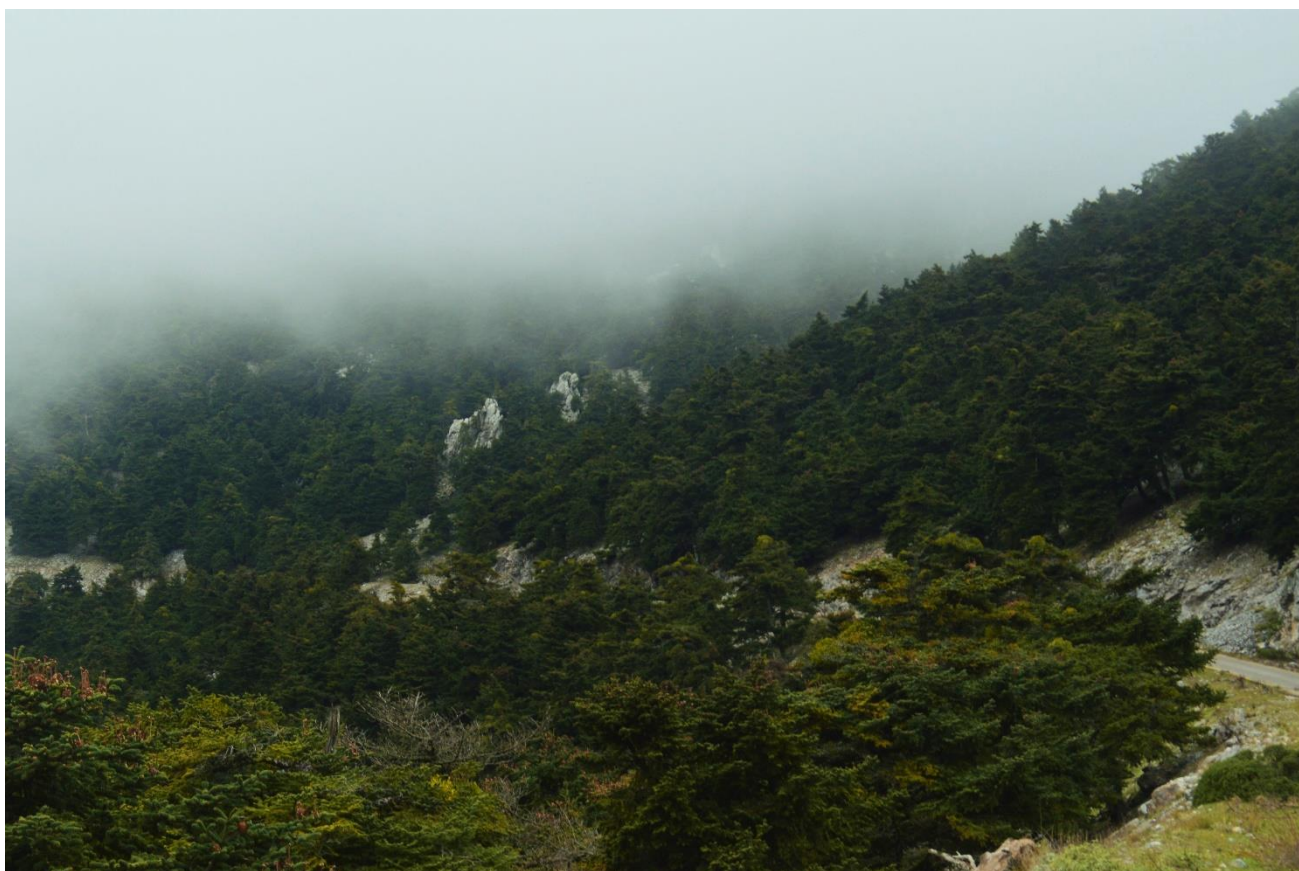
(Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δήμου Μάνδρας -Ειδυλλίας 2012 -2014)

1.4.1 Όρος Κιθαιρώνας.

Ο Κιθαιρώνας είναι κυριολεκτικά κατάφυτος από κοινά πεύκα (χαλέπιος πεύκη) στα χαμηλά και από έλατα (κεφαλληνιακή ελάτη) στα ψηλά. Πολλές πλαγιές του είναι αδιάβατες από την πυκνή βλάστηση, έχει όμως δοκιμαστεί από πυρκαγιές μέχρι και πρόσφατα. Τα δάση

του Κιθαιρώνα από έλατα, πεύκα, μεγάλα πουρνάρια, φιλικία, κέδρα και αγριοφυστικιές ήταν ονομαστά από την αρχαιότητα. Έχουν καταγραφεί 835 φυτικά είδη. Εκμεταλλεζόμενοι τα πυκνά δάση του Κιθαιρώνα οι κάτοικοι των γύρω περιοχών και κυρίως των Βιλιών ασχολήθηκαν με την συλλογή και την επεξεργασία της ρητίνης. Η οριοθετημένη από το πρόγραμμα καταγραφής βιοτόπων Corine έχει συνολική έκταση 28.000 στρέμματα με ελάχιστο υψόμετρο 800 μέτρα και μέγιστο υψόμετρο τα 1407 μέτρα. Οι κύριοι τύποι οικοσυστημάτων στην περιοχή του όρους Κιθαιρώνα είναι οι εξής:

- Δασικά οικοσυστήματα
- Υποβαθμισμένα χερσαία οικοσυστήματα
- Παραποτάμια οικοσυστήματα



Εικόνα 11. Όρος Κιθαιρώνα. Τοπίο στην ομίχλη σε υψόμετρο 1320 μ. (Ιδία επεξεργασία)

Όσον αφορά τα δασικά οικοσυστήματα αυτά εντοπίζονται περισσότερο στις υψηλότερες περιοχές καθώς και στο νοτιοδυτικό τμήμα του όρους. Η ποικιλία των ειδών της βλάστησης είναι εμφανής. Στις υψηλότερες περιοχές η κυριαρχούσα βλάστηση ήταν τα δάση της Κεφαλληνιακής ελάτης τα οποία καταλάμβαναν μια ενιαία και εκτεταμένη έκταση. Νότια και βορειοανατολικά της βλάστησης της Κεφαλληνιακής ελάτης εκτεινόταν μια εκτεταμένη ζώνη με υποβαθμισμένη, λόγω της βόσκησης, βλάστηση κωνοφόρων (*Pinus halepensis*). Στο νότιο ανατολικό τμήμα του ελατοδάσους υπήρχε και ένα αμιγές πευκοδάσος. Βόρεια της ζώνης των ελάτων η σκληροφυλλική βλάστηση ήταν σε καλύτερη κατάσταση, ενώ στο δυτικό τμήμα και ιδιαίτερα στο νομό Βοιωτίας εκτεινόταν δάση χαλεπίου πεύκης. Το εκτεταμένο και υψηλού εξελικτικού σταδίου δάσος Κεφαλληνιακής ελάτης έχει μετατραπεί σε ζώνη φυσικών βοσκοτόπων, σε ζώνη θάμνων και βοσκοτόπων και

σε μεταβατικές δασώδεις – θαμνώδεις εκτάσεις. Η μεταβολή των φυτοκοινοτήτων ανάμεσα την περίοδο 1960 – 1987 στο όρος Κιθαιρώνας είναι χαρακτηριστική αντιπροσωπευτική της υποβάθμισης των οικοσυστημάτων στο Αττικό τοπίο κατά τα τελευταία 30 χρόνια. Ο πρίνος και δευτερευόντως το φιλίκι απαντώνται στον μεν δυτικό τμήμα του βουνού όπου κυριαρχεί η ελάτη, σε μίξη κατ' άτομο, ομάδες και στα διάκενα, ενώ στο ανατολικό μισό όπου δεν υπάρχει η ελάτη συγκροτούν θαμνώδες μέσης πυκνότητας, σε μεγάλο ποσοστό μίξης στην περιοχή αυτή με τον οξύκεδρο (*Juniperus oxycedrus*). Εκτός από τα ανωτέρω είδη συναντώνται επίσης διάσπαρτα προς τα χαμηλότερα ο Φράξος (*Fraxinus ornus*), η Οστριά (*Ostrya carpinifolia*) και η Κουμαριά (*Arbutus unedo*). (ΟΡΣΑ,2011)

1.4.2. Όρος Πατέρας.

Ένα μεγάλο μέρος του Πατέρα που ήταν κυριολεκτικά κατάφυτο από πεύκα και πουρνάρια κήκε στη μεγάλη πυρκαγιά του 1985. Ακόμη βέβαια έχει πεύκα, σχίνα, κουμαριές και έλατα στις ψηλές κορυφές του. Έλατα υπάρχουν ακόμη και στη ΒΔ άκρη του, μεταξύ Κολοσούρας και Γκορίτσας, καθώς και στο Καρύδι. Η οριοθετούμενη από το πρόγραμμα καταγραφής βιοτόπων Corine περιοχή ανέρχεται σε 55.000 στρέμματα με χαμηλότερο υψόμετρο τα 600 μέτρα και υψηλότερο τα 1.132 μέτρα.



Εικόνα 12. Η οροσειρά του όρους Πατέρα απλώνεται πάνω από τον οικισμό του Αγ. Νεκταρίου (ιδία Επεξεργασία).

Οι κύριοι τύποι οικοσυστημάτων που παρουσιάζονται στο όρος Πατέρα είναι οι εξής :

- Δασικά οικοσυστήματα
- Υποβαθμισμένα χερσαία οικοσυστήματα
- Παραποτάμια οικοσυστήματα

Τα δασικά οικοσυστήματα ήταν εξαιρετικά εκτεταμένα και ομοιογενή στο όρος Πατέρα. Στις υψηλότερες κορυφές υπήρχε ομοιογενές δάσος κεφαλληνιακής ελάτης και περιφερειακά αυτής εκτεινόταν μια σημαντική έκταση με πευκοδάση υψηλού εξελικτικού σταδίου. Μόνο στα δυτικά της οριοθετημένης περιοχής υπήρχε αραιή βλάστηση πευκοδάσους. Οι ζώνες που κυριαρχούν είναι εκείνες των μεταβατικών δασικών - θαμνωδών εκτάσεων, των εκτάσεων με σκληροφυλλική βλάστηση και των εκτάσεων με αραιή βλάστηση. (ΟΡΣΑ, 2011).

1.4.3. Όρος Πάστρα

Το Όρος Πάστρα με μέγιστο υψόμετρο 1.025 μέτρα βρίσκεται στα σύνορα της Δυτικής Αττικής και της Βοιωτίας και παρεμβάλλεται ανάμεσα στον Κιθαιρώνα και στην Πάρνηθα. Μπορεί να θεωρηθεί και τμήμα των παραπάνω βουνών. Στα ψηλά η Πάστρα είναι γυμνό βουνό, όπως και όλη σχεδόν η βόρεια πλευρά της, όπου κυριαρχούν τα φρύγανα και τα πουρνάρια. Στη νότια πλευρά της, από τη ρεματιά Χούνη μέχρι τη Μονή Οσίου Μελετίου και τη διόδο Πόρτες, έχει πάρα πολλά πεύκα και κουμαριές. Οι ψηλές κορυφές της την άνοιξη είναι ένας απέραντος λουλουδότοπος.



Εικόνα 13. Όρος Πάστρα με θέα τον κάμπο των Πλαταιών (ιδία επεξεργασία)

Στο βουνό συναντώνται οι εξής **φυτοκοινωνικές διαπλάσεις**:

- Η φυτοκοινωνική διάπλαση των **κωνοφόρων** με σημαντικότερα είδη τη Χαλέπιο Πεύκη, που σε πολλά σημεία προέρχεται από αναδάσωση.
- Η φυτοκοινωνική διάπλαση των **σκληρόφυλλων αείφυλλων - πλατύφυλλων** όπου επικρατεί η φυτοκοινωνική ένωση του Πρίνου και του Φιλικού. Ο Πρίνος συναντάται σε ολόκληρη την έκταση που δεν καλύπτεται από δάσος Ελάτης και Χαλεπίου ή Τραχειάς

Πεύκης, όπου συγκροτεί θαμνώδες σε μεγάλο ποσοστό μίξης με τον Οξύκεδρο και λιγότερο με το Φιλίκι.

- Ο **Πρίνος** στη δασοσκεπή με **Ελάτη ή Πεύκη**, απαντάται σποραδικά κατά θέσεις σαν υπόροφος. Εκτός από τα ανωτέρω είδη υπάρχουν επίσης διάσπαρτα μεμονωμένα άτομα Οστρυάς (*Ostryacarpinifolia*), Ψευδακακίας, καθώς και είδη θάμνων όπως Ερείκη *Erica arborea*). (ΟΡΣΑ, 2011)

4.2. ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΑΣΙΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Στη περιοχή μετά την εφαρμογή του άρθρου 3 του Π.Δ. 13/81 επικρατεί ένα ιδιόμορφο ιδιοκτησιακό καθεστώς, η διατήρηση του οποίου επί σειρά ετών συνέτεινε αρνητικά στη σημερινή εμφάνιση των δασών. Έτσι στη περιοχή συναντούμε **Δάση** :

Δημόσια: Είναι κατά κύριο λόγο τα πευκοδάση της κτηματικής περιοχής των Δήμων Ερυθρών και οι εκτάσεις αείφυλλων πλατύφυλλων, επίσης του Δήμου Ερυθρών.

Ιδιωτικά: Ένα μικρό ποσοστό των δασών της περιοχής τα οποία προήλθαν κατά βάση από την ολοκλήρωση των διαδικασιών αναγνώρισης των ρητινευόμενων, που καθιέρωσε το άρθρο 64 του Ν. 998/79.

Παραχωρημένα, σύμφωνα με το Ν.Δ. 17/18-10-1923 για ρητινευση. Αφορούν το συντριπτικά μεγαλύτερο ποσοστό των δασών στη μελετώμενη περιοχή και εμπίπτουν εντός των ορίων της κτηματικής περιοχής του Καποδιστριακού Δήμου Μάνδρας. Για τα δάση αυτά ισχύει το άρθρο 64 του Ν. 998/79 του οποίου οι διαδικασίες-λόγω εγγενών αδυναμιών των δασικών υπηρεσιών- μέχρι σήμερα δεν ολοκληρώθηκαν.

Δάση περιοχής τέως Δήμου Ειδυλλίας (Βιλλίων): Στη κατάσταση αυτή ανήκουν όλα τα δάση της περιοχής του Δήμου Βιλλίων, των οποίων η διαχείριση - σύμφωνα με την 96855/1894 απόφαση της Γραμματείας του Υπουργείου Οικονομικών - γινόταν ως επί ιδιωτικών μέχρι και το έτος 1981, για να ανατραπεί στη συνέχεια από τη διοίκηση μετά την έκδοση του Π.Δ.137/81. Πρόκειται για όλα τα δάση που εμπίπτουν στη κτηματική περιοχή του Δήμου Βιλλίων. Μετά την εφαρμογή του Ν. 4280/2014 τα δάση αυτά θεωρούνται ιδιωτικά.

Κοινόχρηστα - Διαθέσιμα - Κληροτεμάχια εποικιστικής προελεύσεως: Πρόκειται για δασικές εκτάσεις οι οποίες απέμειναν ως διαθέσιμες ή κοινόχρηστες, μετά τις διανομές εποικιστικών εκτάσεων που έγιναν για αποκατάσταση ακτημόνων καλλιεργητών ή ως κληροτεμάχια διατηρούν τη μορφή δάσους, αφού δεν αποδόθηκαν στη γεωργική εκμετάλλευση και οι κάτοχοί τους τα διαχειρίζονται ως ιδιωτικά.

Διακατεχόμενα: Αφορά μικρές εκτάσεις δασών, κυρίως στη περιοχή Οινόης, οι οποίες κατόπιν διοικητικών ή δικαστικών αποφάσεων κατέχονται και νέμονται από ιδιώτες ή Ν.Π.Δ.Δ. ,πλην όμως η κυριότητα παραμένει στο Ελληνικό Δημόσιο. Στη κατηγορία αυτή κατ' ανάλογη εφαρμογή, α μπορούσαν να ενταχθούν και τα δάση της περιοχής Βιλλίων.

Μοναστηριακά: Πρόκειται για δάση τα οποία είτε διακατέχονται (Ιερά Μονή Οσίου Μελετίου), είτε έχουν παραχωρηθεί (Ιερά Μονή Φανερωμένης) σε μοναστήρια. (Στοιχεία του Αρχείου της Δ/νσης Δασών Δυτ. Αττικής)

4.3. ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

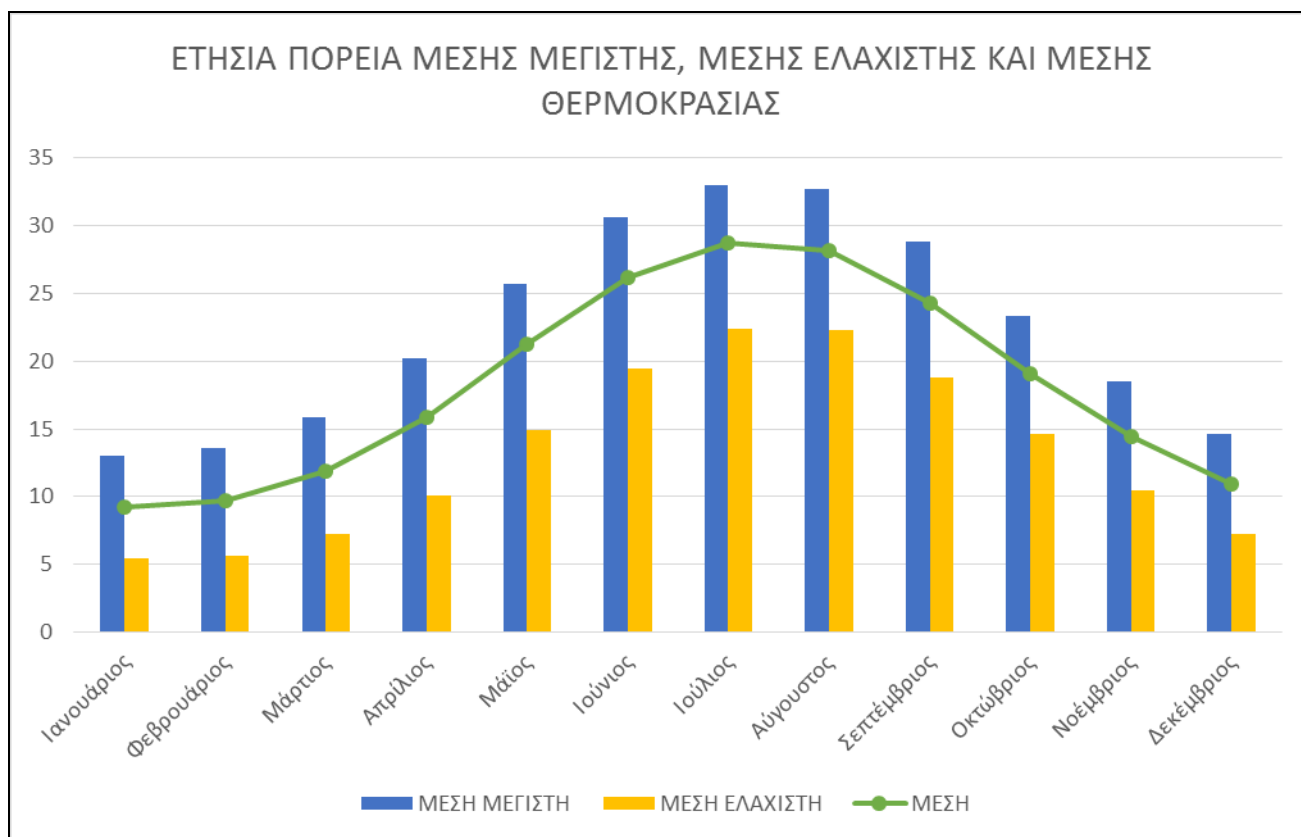
Σαν σταθμός μετεωρολογικών παρατηρήσεων για την εξεταζόμενη περιοχή, επιλέχθηκε ο σταθμός της Ελευσίνας, που διαθέτει πλήρη στοιχεία για σειρά ετών (1958-2001) και βρίσκεται πλησίον της εξεταζόμενης θέσης.

4.3.1. Θερμοκρασία

Τα διαθέσιμα στοιχεία για τη θερμοκρασία του αέρα περιλαμβάνουν τη μέση μηνιαία θερμοκρασία, τη μέση μηνιαία μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία, την απόλυτη μηνιαία μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία και παρουσιάζονται στον Πίνακα 7, για τον μετεωρολογικό σταθμό Ελευσίνας.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ					
ΜΗΝΕΣ	ΜΕΣΗ	ΜΕΣΗ ΜΕΓΙΣΤΗ	ΜΕΣΗ ΕΛΑΧΙΣΤΗ	ΑΠΟΛΥΤΑ ΜΕΓΙΣΤΗ	ΑΠΟΛΥΤΑ ΕΛΑΧΙΣΤΗ
Ιανουάριος	9,2	13,0	5,4	23,1	-5,0
Φεβρουάριος	9,7	13,6	5,6	23,6	-5,0
Μάρτιος	11,9	15,9	7,2	26,6	-2,2
Απρίλιος	15,9	20,2	10,1	31,4	0,8
Μάιος	21,3	25,7	14,9	38,6	5,0
Ιούνιος	26,2	30,6	19,5	43,8	9,6
Ιούλιος	28,7	33,0	22,4	48,0	15,4
Αύγουστος	28,2	32,7	22,3	43,5	12,0
Σεπτέμβριος	24,3	28,8	18,8	39,8	9,6
Οκτώβριος	19,1	23,3	14,6	37,4	2,4
Νοέμβριος	14,4	18,5	10,5	29,0	0,4
Δεκέμβριος	10,9	14,6	7,2	25,2	-3,0
ΕΤΗΣΙΟ	18,3	22,4	13,2	34,1	3,3

Πίνακας 7. Μηνιαίες τιμές και ετήσια τιμή της μέσης θερμοκρασίας, μέσης και απόλυτα μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας για το σταθμό της Ελευσίνας (1958-2001) Πηγή Ε.Μ.Υ.



Διάγραμμα 1. Μηνιαίες τιμές και ετήσια τιμή της μέσης θερμοκρασίας, μέσης και απόλυτα μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας για το σταθμό της Ελεονίας (1958-2001).

Οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες κυμαίνονται από 28,7°C (Ιούλιος) έως 9,2°C (Ιανουάριος) με ετήσιο θερμομετρικό εύρος 19,5° C.

Η μέση μέγιστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 33,0°C (Ιούλιος) έως 13,0°C (Ιανουάριος) και η μέση ελάχιστη θερμοκρασία από 22,4°C (Ιούλιος) έως 5,4°C (Ιανουάριος).

Το μέσο εύρος της θερμοκρασίας (μέγιστη μείον ελάχιστη θερμοκρασία), κυμαίνεται μεταξύ 7,5° - 8°C κατά το χειμώνα, αυξάνει προς την άνοιξη, όπου κυμαίνεται από 8,7 - 10,8°C, μεγιστοποιείται το καλοκαίρι, όπου φθάνει τους 11,1°C, και κατόπιν ελαττώνεται το φθινόπωρο, όπου κυμαίνεται από 8,1°C - 10,1°C.

Αν και οι ψυχρότεροι μήνες είναι οι χειμερινοί, Δεκέμβριος, Ιανουάριος, Φεβρουάριος, ωστόσο η ελάχιστη θερμοκρασία έχει πέσει κάτω από το μηδέν το Μάρτιο, λόγω των παρατηρούμενων ψυχρών εισβολών.

4.3.2. Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

ΜΗΝΑΣ	Ολικό ύψος βροχής (mm)	Μέγιστο ύψος βροχής 24ωρου
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	46,8	59,3
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	38,3	61
ΜΑΡΤΙΟΣ	41,2	51,6
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	25,9	51,1
ΜΑΙΟΣ	18,7	39,8
ΙΟΥΝΙΟΣ	7,7	35,9
ΙΟΥΛΙΟΣ	5,6	36
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	5,3	45,5
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	11,6	34,5
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	39,9	83,3
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	63,1	90,5
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	66,5	65,5
ΕΤΗΣΙΟ	370,6	

Πίνακας 8. Μέση τιμή ύψους βροχής σε μηνιαία και ετήσια βάση, μέγιστο ύψος βροχής 24ωρου (1958-2001). Πηγή ΕΜΥ.

Γενικά, το ύψος της βροχής παρουσιάζει το μέγιστο το Δεκέμβριο και το ελάχιστο τον Αύγουστο.



Διάγραμμα 2. Ετήσια Πορεία Μέσου Ύψους Βροχόπτωσης (mm)

4.4. ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στη Δυτική Αττική παρουσιάζονται επίσης έντονα φαινόμενα αστικοποίησης λόγω ζήτησης για παραθερισμό, όχι όμως της ίδιας έντασης με τα παραπάνω. Η περιοχή που παρουσιάζει β' κατοικία στη Δυτική Αττική, είναι η παράκτια ζώνη Αλεποχωρίου, Ψάθας, Πόρτο Γερμενό που ανήκει στο Δήμο Μάνδρας- Ειδυλλίας και η παράκτια ζώνη από Λουτρόπυργο έως Αγίους Θεοδώρους στα όρια του Νομού Κορινθίας. Οι δυνατότητες του Νομού Δυτικής Αττικής σχετικά με την τουριστική ανάπτυξη είναι αυξημένες, αφενός λόγω της μικρής πυκνότητας δόμησης κι αφετέρου λόγω του ενδιαφέροντος φυσικού περιβάλλοντος και του πλούσιου ορεινού χώρου, αλλά και λόγω της ύπαρξης πληθώρας μνημείων και στοιχείων πολιτισμού.

Η Περιφερειακή Ενότητα Δυτικής Αττικής έχει έκταση περίπου 1.003.400 στρέμματα, περιλαμβάνει τους Δήμους Φυλής, Μεγάρων, Ελευσίνας, Ασπροπύργου και Μάνδρας-Ειδυλλίας. Ο πληθυσμός της Δυτικής Αττικής (2001) ήταν 151.038 κάτοικοι, έχοντας αυξηθεί από το 1991 κατά 21%. Παρά την μεγάλη ανάπτυξη, μόνο το 7% της επιφάνειάς του Νομού είναι κατοικημένες περιοχές. Οι κάτοικοι του απασχολούνται στη βιομηχανία (37%), σε οικοδομικές δραστηριότητες (18%), στη γεωργία (9,5%) και στο εμπόριο (9,5%).

Ο Δήμος Μάνδρας - Ειδυλλίας είναι δήμος της περιφέρειας Αττικής που συστήθηκε με το νόμο 3852/2010 (πρόγραμμα Καλλικράτης) από την συνένωση των Δήμων Μάνδρας, Βιλιών, Ερυθρών και της κοινότητας Οινόης. Η έκταση του νέου Δήμου είναι 426,26 τετραγωνικά χιλιόμετρα και ο πληθυσμός του 20.098 κάτοικοι σύμφωνα με την απογραφή του 2001.



Εικόνα 14. Περιφερειακή Ενότητα Δυτικής Αττικής και ο Καλλικρατικός Δήμος Μάνδρας Ειδυλλίας.

Ο Δήμος Μάνδρας- Ειδυλλίας χωρίζεται σε 4 Δημοτικές Ενότητες, οι οποίες ταυτίζονται με τα όρια των Δήμων και της Κοινότητας που συνενώθηκαν για τη δημιουργία του.

ΔΗΜ. ΕΝΟΤΗΤΑ	2001 ΠΛΗΘ.	ΕΚΤΑΣΗ (Τ. ΧΛΜ)	ΠΛΗΘ. ΑΝΑ Τ. ΧΛΜ
ΜΑΝΔΡΑΣ	12.792	205,77	62,17
ΕΡΥΘΡΩΝ	3.326	61,15	54,40
ΒΙΛΙΩΝ	3.215	144,85	22,20
ΟΙΝΟΗΣ	765	14,43	53,01
ΣΥΝΟΛΟ ΔΗΜΟΥ	20.098	426,26	

Πίνακας 9. Πληθυσμός και Έκταση Δημοτικών Ενοτήτων Δήμου Μάνδρας – Ειδυλλίας.

Δημοτική Ενότητα Μάνδρας.

Η Μάνδρα με πληθυσμό 12.756 κατοίκους κατά την απογραφή του 2001, αποτελεί σήμερα μία σύγχρονη, δυναμικά αναπτυσσόμενη πόλη. Σχετικά με τις παραγωγικές δραστηριότητες στην περιοχή του Δήμου χωροθετούνται πλήθος επιχειρήσεων αποθήκευσης προϊόντων και διαμετακόμισης, κυρίως στις περιοχές περιμετρικά της εθνικής οδού Αθηνών-Κορίνθου και της Αττικής Οδού, βιοτεχνίες και μονάδες μεταποίησης. Παράλληλα σε μεγάλο τμήμα της ενδοχώρας του Δήμου και κυρίως στις απομακρυσμένες ημιορεινές εκτάσεις απαντώνται

δραστηριότητες του πρωτογενούς τομέα, δεντροκαλλιέργειες, μικρές κτηνοτροφικές μονάδες μη σταβλισμένες και ετήσιες καλλιέργειες στο βορειοανατολικό τμήμα του Δήμου. Ο ορεινός χώρος είναι στην μεγάλη πλειοψηφία του δασικός και δεν φιλοξενεί παραγωγικές δραστηριότητες. Η εξόρυξη αποτελεί σημαντική δραστηριότητα στον Δήμο, καθώς μία μεγάλη μονάδα είναι χωροθετημένη βορειοανατολικά του οικισμού Μάνδρας. Στον βορειοδυτικό και δυτικό τμήμα του Δήμου χωροθετείται διάσπαρτη εντός οικιστικών συγκεντρώσεων αλλά κι εκτός αυτών, β' κατοικία.

Η Δημοτική Ενότητα Μάνδρας φαίνεται να διακρίνεται σε τρεις επιμέρους διαφορετικές χωρικές ενότητες:

- **Αστικό Κέντρο Μάνδρας:** Το αστικό κέντρο της Μάνδρας αποτελεί μία ξεχωριστή ενότητα, καθώς αποτελεί μία δυναμική οικιστική συγκέντρωση που συνεχώς παρουσιάζει πληθυσμιακή αύξηση. Στην ενότητα αυτή περιλαμβάνεται και η οικιστική συγκέντρωση της Νέας Ζωής που είναι συνεχόμενη με τον οικισμό Μάνδρας. Η καλή ποιότητα ζωής και η εγγύτητα από το κέντρο της Αθήνας ευνοούν την συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για κατοικία στην περιοχή της Μάνδρας. Η πόλη της Μάνδρας είναι αυτόνομη κι εξυπηρετεί όλο τον Δήμο ως έδρα του αλλά και εμπορικό και διοικητικό του κέντρο. Η γειτνίαση με το ακόμη πιο δυναμικό κέντρο της πόλης της Ελευσίνας ευνοεί την λειτουργία της πόλης της Μάνδρας περισσότερο σαν περιοχή κατοικίας.
- **Η επιχειρηματική ζώνη** κι οι περιοχές που συγκεντρώνεται η βιομηχανία κι οι αποθήκες. Η περιοχή αυτή είναι κυρίως γραμμική και περιλαμβάνει τις περιοχές εκατέρωθεν του εθνικού οδικού δικτύου (ΠΕΟΑΚ, ΝΕΟΑΚ, Αττική οδός) και τις θεσμοθετημένες βιομηχανικές περιοχές ή επιχειρηματικά πάρκα που χωροθετούνται νότια της ΝΕΟΑΚ και βόρεια της ΠΕΟΑΚ και εκατέρωθεν της Αττικής Οδού. Στις περιοχές αυτές είναι εγκατεστημένες επιχειρήσεις του δευτερογενούς και τριτογενούς τομέα της οικονομίας, διαμετακομιστικά κέντρα, logistics, μεταποιητικές μονάδες και άλλες επιχειρήσεις.
- **Η ενδοχώρα:** Στην ενότητα αυτή περιλαμβάνεται η ενδοχώρα του Δήμου και κυρίως η εξωαστική περιοχή και όλο το υπόλοιπο τμήμα του που δεν περιλαμβάνεται σε καμία από τις παραπάνω δύο ενότητες. Σε αυτή την ενότητα ανήκει το σύνολο των ορεινών όγκων του Δήμου, των οικιστικών συγκεντρώσεων α' και β' κατοικίας, ο οριοθετημένος οικισμός Πανόραμα, και η αγροτική και δασική γη. Ο χαρακτήρας της ενότητας αυτής είναι κυρίως αγροτικός καθώς η πυκνότητα δόμησης είναι ιδιαίτερα μικρή και υπεριοχθεί το στοιχείο της φύσης.

Δημοτική Ενότητα Βιλλίων.

Τα Βίλια (παλαιότερα Ειδύλια) είναι κωμόπολη της Δυτικής Αττικής, οικοδομημένη στην πλαγιά του Κιθαιρώνος, σε υψόμετρο 600 μέτρων. Η Δημοτική Ενότητα εκτείνεται από το Πόρτο Γερμενό, την Ψάθα και το Αλεποχώρι στα δυτικά, στις ακτές της Αλκυονίδος. Εμφανίζει πληθυσμό 3.215 κατοίκων, με μια πυκνότητα δόμησης 22 κατοίκων/χμ². Η περιοχή στηρίζεται στη γεωργία, την κτηνοτροφία, τη μελισσοκομία, την αλιεία και τη ρητινοκαλλιέργεια, ενώ διαθέτει γραφικά τουριστικά θέρετρα. Νοτιοδυτικά συνορεύει με τα Μέγαρα, βορειοανατολικά με τις Ερυθρές, ανατολικά με την Οινόη και νοτιοανατολικά με τη Μάνδρα. Προς βορρά συνορεύει με τις Πλαταιές και λοιπά χωριά της Βοιωτίας. Καθίσταται προσβάσιμη μέσω της Παλαιάς Εθνικής Οδού Αθηνών-Θηβών.

Δημοτική Ενότητα Ερυθρών.

Οι Ερυθρές (παλαιότερα Κρικεκούκι) βρίσκονται στα βορειοδυτικά του νομού, χτισμένες σε υψόμετρο 390 μέτρων στις ανατολικές πλαγιές του Κιθαιρώνα και έχουν συνολικό πληθυσμό 3.326 κατοίκων.

Δημοτική Ενότητα Οινόης.

Αποτελεί ορεινή κοινότητα στις ράχες του Κιθαιρώνα, στο βορειοδυτικό άκρο της Αττικής. Απέχει 45 χιλιόμετρα από την Αθήνα, στην παλαιά διαδρομή προς τη Θήβα. Σύμφωνα με την απογραφή του 2001 είχε 764 κατοίκους, ενώ τα καλοκαίρια ο πληθυσμός αυξάνεται. Οι μόνιμοι κάτοικοι ασχολούνται κυρίως με τη γεωργία, όπως και στα γειτονικά χωριά της Βοιωτίας. (Επιχειρησιακό πρόγραμμα Ανάπτυξης Δήμου Μάνδρας - Ειδυλλίας 2011 - 2014).

4.5. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΔΗΜΟΥ ΜΑΝΔΡΑΣ - ΕΙΔΥΛΛΙΑΣ

Δημοτική Ενότητα Μάνδρας

Ιστορικά στα όρια της περιοχής της πόλης αναφέρεται από τον περιηγητή Παυσανία η αρχαία πόλη Ελευθεραί, ερείπια της οποίας διασώζονται μέχρι σήμερα. Το 1815 ο Γάλλος ποιητής Πούκεβιλ γράφει για τη «Μάνδρα, το χωριό του Κιθαιρώνα», στο έργο του «Ταξίδι στην Ελλάδα». Κουτίδα των κατοίκων της Μάνδρας υπήρξαν τα Κούνδουρα, τα οποία διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο στους εθνικοαπελευθερωτικούς αγώνες, κήκκαν τρεις φορές από τους Τούρκους και ανέδειξαν ήρωες όπως ο οπλαρχηγός του '21 Ζερβονικόλας και ο Ευάγγελος Κοροπούλης που πολέμησε επί σειρά ετών στο πλευρό του Παύλου Μελά.

Δημοτική Ενότητα Βιλλίων

Σύμφωνα με την τοπική λαϊκή παράδοση, οι πρώτοι κάτοικοι ζούσαν στο Παλαιοχώρι και απήχθησαν από πειρατές που τους μετέφεραν στην Ιταλία για να τους πουλήσουν ως δούλους. Από το Παλαιοχώρι διασώζονται σήμερα ερείπια, καθώς και το εκκλησάκι του Αγίου Γεωργίου. Οι κάτοικοι που διέφυγαν της αρπαγής οργάνωσαν το 13ο αιώνα μ.Χ. έναν οικισμό παραδίπλα.

Κατά την τουρκοκρατία, η περιοχή αποτελούσε έκταση του Δερβενίου στη Μεγαρίδα, το οποίο διαφέντευε ο Πασάς. Οι Βιλιώτες έδωσαν το παρών στην επανάσταση του 1821, προσφέροντας τη βοήθειά τους κατά την πολιορκία της Κορίνθου, της Θήβας, της Χαλκίδος, της Λιβαδειάς, αλλά και στην Ακρόπολη των Αθηνών.

Στην κωμόπολη ο επισκέπτης συναντά πολλά κειμήλια της βυζαντινής και χριστιανικής περιόδου. Ορισμένα από αυτά είναι ο Ιερός Ναός της Μεταμορφώσεως, ο οποίος χρονολογείται στο 1893, κατασκευής του αρχιτέκτονος Ερνέστο Τσίλερ, ο Ναός των Παμμεγίστων Ταξιαρχών του 1637, η εκκλησία του Αγίου Γεωργίου, η Παναγιά της Γκούρας στο Λεστόρι, ο Ναός Κοιμήσεως της Θεοτόκου του 14ου αιώνα μ.Χ και πολλοί άλλοι.

Στον οικισμό του Πόρτο Γερμενό διασώζονται τα τείχη των αρχαίων Αιγοσθενών, σημαντικό λιμάνι και οχυρό προς τον Κορινθιακό Κόλπο, όπου λατρευόταν ο μάντης και θεραπευτής Μελάμπους.

Η έδρα των Βιλίων βρίσκεται μόλις μερικά χιλιόμετρα από το επίνειό της, το Πόρτο Γερμενό, σε ένα γραφικό κολπίσκο κάτω από τις πλαγιές του Κιθαιρώνας.

Δημοτική Ενότητα Ερυθρών

Οι Ερυθρές οφείλουν το όνομά τους στην αρχαία βοιωτική πόλη των Ερυθρών που βρισκόταν στην ίδια περιοχή. Το σημερινό χωριό δημιουργήθηκε τον 15ο αιώνα από Αρβανίτες που εγκαταστάθηκαν στην περιοχή και σε αυτούς οφείλει την ονομασία του, Κριεκούκι (σημαίνει κόκκινο κεφάλι). Το χωριό μετονομάστηκε από Κριεκούκι σε Ερυθρές τη δεκαετία του 1950.

Οι Ερυθρές αναφέρονται για πρώτη φορά από τον Όμηρο στον κατάλογο των Νεών ως μία από τις Βοιωτικές πόλεις που συμμετείχαν στον Τρωικό πόλεμο. Ο Στράβων αναφέρει πως άποικοι από τις Ερυθρές ίδρυσαν την Ιωνική αποικία Ερυθρές στα παράλια της Μικράς Ασίας, απέναντι από την Χίο. Οι Ερυθρές βρίσκονταν κοντά στα σύνορα της αρχαίας Βοιωτίας με την αρχαία Αθήνα. Μετά τους Περσικούς πολέμους για μία μεγάλη χρονική περίοδο ανήκαν στους Αθηναίους. Οι Ερυθρές φαίνεται να παρήκμασαν κατά την Ρωμαϊκή εποχή. Ο περιηγητής Πausανίας αναφέρει πως περνώντας από τις Ερυθρές συνάντησε μόνο ερείπια της αρχαίας πόλης. Οι κάτοικοι των Ερυθρών συμμετείχαν στον απελευθερωτικό αγώνα της Ελλάδας.

Δημοτική Ενότητα Οινός

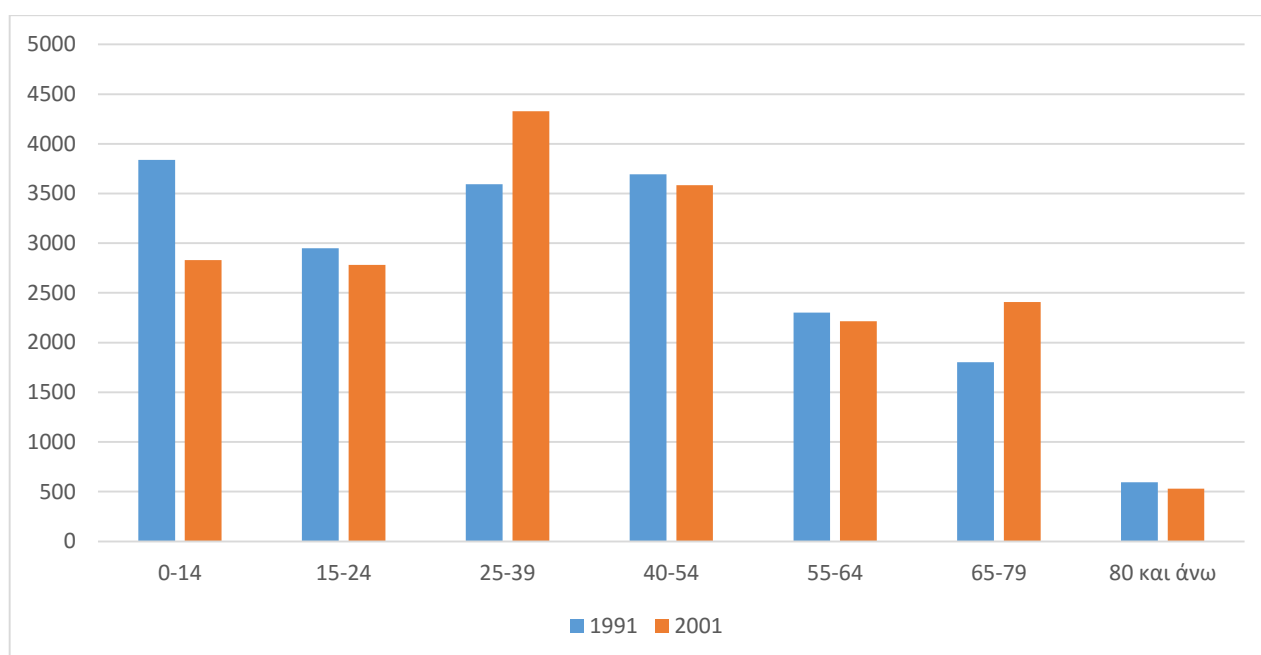
Η Οινόη Αττικής στην αρχαιότητα αποτελούσε τόπο δράσης των Φρυκτωρών για τη μετάδοση σημάτων καπνού. Ο οικισμός ονομαζόταν Μάζι μέχρι το 1919 οπότε μετονομάστηκε σε Οινόη. Η ονομασία «Οινόη» προέρχεται από τη λέξη «οίνος» που σημαίνει «κρασί», καθώς η περιοχή έχει παράδοση στην παρασκευή εκλεκτού κρασιού στις εύφορες κοιλάδες του Κιθαιρώνα.

4.6. ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΗΜΟΥ ΜΑΝΔΡΑΣ - ΕΙΔΥΛΛΙΑΣ

Για την περιγραφή των δημογραφικών χαρακτηριστικών του δήμου Μάνδρας - Ειδυλλίας χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.). Σύμφωνα με την απογραφή του 2011 ο πληθυσμός του δήμου Μάνδρας - Ειδυλλίας ανέρχεται σε 17.890 μόνιμους κατοίκους εκ των οποίων οι 8.790 είναι άρρενες και οι 9.100 θήλεια, ενώ η πυκνότητα μόνιμου πληθυσμού ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο είναι 41,98. Από την ίδια υπηρεσία βρέθηκαν οι απογραφές του 1991 και 2001 σύμφωνα με τις οποίες ο δήμος είχε 18.769 και 20.098 μόνιμους κατοίκους αντίστοιχα. Παρατηρείται ότι ο πληθυσμός του δήμου αυξήθηκε κατά +7,12% από το 1991 ως το 2001, ενώ αντίστοιχα παρουσίασε μείωση κατά -12,3% από το 2001 ως το 2011. Όσον αφορά την ανάλυση της ηλικιακής σύνθεσης του δήμου κατά το 1991 και το 2001, οπότε και υπάρχουν στοιχεία αυτή τη στιγμή, ακολουθεί πίνακας και διάγραμμα με τα δεδομένα.

Ηλικιακή Ομάδα	Απογραφή 1991	Απογραφή 2001	Απογραφή 2011
0-14	3.837	2.831	
15-24	2.948	2.782	
25-39	3.592	4.328	
40-54	3.692	3.583	
55-64	2.302	2.214	
65-79	1.804	2.408	
80 και άνω	594	531	
Σύνολο	18.769	20.098	17.890

Πίνακας 10. Πληθυσμός Δήμου Μάνδρας - Ειδυλλίας ανά Ηλικιακή Ομάδα



Διάγραμμα 3. Ηλικιακή διάρθρωση του πληθυσμού του δήμου Μάνδρας - Ειδυλλίας για τα έτη 1992 & 2001

Βάσει του πίνακα και του διαγράμματος που προηγήθηκαν εξάγονται κάποια σημαντικά συμπεράσματα. Αρχικά οι ηλικίες 0-14 μειώθηκαν, πράγμα που σημαίνει ότι μειώθηκαν οι γεννήσεις τη δεκαετία 1991 – 2001. Η υπογεννητικότητα αυτή δε συμβαδίζει με την εξέλιξη του πληθυσμού του Δήμου, ωστόσο μπορεί να εξηγηθεί αν ληφθεί υπόψη η μετανάστευση και εγκατάσταση νέων κατοίκων στην περιοχή μελέτης. Από την άλλη, η βελτίωση της ποιότητας ζωής και η άνοδος του προσδόκιμου ζωής συνετέλεσαν στην αύξηση της τρίτης ηλικίας.

Εν συνεχεία υπολογίζονται κάποιοι δείκτες που είναι απαραίτητοι για τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του δήμου. Οι δείκτες είναι οι εξής :

• Δείκτης Γήρανσης = $\frac{\text{Αριθμός ατόμων άνω των 65}}{\text{Συνολικός πληθυσμός}}$
• Δείκτης Νεανικότητας = $\frac{\text{Αριθμός ατόμων κάτω των 15}}{\text{Συνολικός πληθυσμός}}$
• Δείκτης Εξάρτησης = $\frac{\text{Αριθμός ατόμων κάτω των 15 και άνω των 65}}{\text{Συνολικός πληθυσμός}}$

Τύπος 1. Υπολογισμός Δημογραφικών χαρακτηριστικών.

Έτος	Δείκτης Νεανικότητας (%)	Δείκτης Γήρανσης (%)	Δείκτης Εξάρτησης (%)
1991	20,44	12,78	33,22
2001	14,09	14,62	28,71

Πίνακας 11. Δημογραφικοί Δείκτες δήμου Μάνδρας - Ειδυλλίας για τα έτη 1991 & 2001

Αξιζει να σημειωθεί ότι ο δείκτης νεανικότητας είναι μεγαλύτερος από το δείκτη γήρανσης για το 1991, ενώ είναι περίπου ίσοι για το 2001. Επίσης ο δείκτης εξάρτησης είναι αρκετά υψηλός αλλά παρουσίασε μείωση τη δεκαετία 1991-2001.

Σε αυτό το σημείο κρίνεται απαραίτητη η μελέτη του πληθυσμού ανάλογα με το μορφωτικό του επίπεδο. Τα στοιχεία που ακολουθούν βρέθηκαν από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.)

Επίπεδο Εκπαίδευσης	Απογραφή 2001	Ποσοστό (%)
Κάτοχοι Διδακτορικού	7	0,03
Κάτοχοι Μάστερ	26	0,13
Πτυχιούχοι Ανώτατων Σχολών	806	4,01
Πτυχιούχοι ΤΕΙ	390	1,94
Πτυχιούχοι Μεταδευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης	635	3,16
Πτυχιούχοι Μέσης Εκπαίδευσης	3.553	17,67
Πτυχιούχοι ΤΕΣ	411	2,04
Πτυχιούχοι ΤΕΛ	434	2,15
Απόφοιτοι 3τάξιου Γυμνασίου	2.482	12,25
Απόφοιτοι Δημοτικού	5.940	29,56
Φοιτούν στο Δημοτικό	1.138	5,66
Εγκατέλειψαν το Δημοτικό αλλά γνωρίζουν γραφή	1.181	5,87
Δε γνωρίζουν γραφή και ανάγνωση	492	2,45

Πίνακας 12. Επίπεδο Εκπαίδευσης κατοίκων δήμου Μάνδρας - Ειδυλλίας

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι το ποσοστό των αναλφάβητων είναι 2,45% και το ποσοστό των πτυχιούχων Ανώτερων και Ανώτατων Σχολών 4,01%. Συμπερασματικά προκύπτει ότι το επίπεδο μόρφωσης του δήμου έχει πολλά περιθώρια βελτίωσης.

Ο πληθυσμός του Δήμου Μάνδρας-Ειδυλλίας, πριν την εφαρμογή του προγράμματος Καλλικράτη και σύμφωνα με την απογραφή της ΕΣΥΕ για το έτος 2001 ανέρχόταν σε 20.098 κατοίκους. Βάσει της απογραφής της ΕΣΥΕ για το έτος 2011, ο δήμος έχει μόνιμο πληθυσμό 17.698 κατοίκους και είναι τρίτος στην Περιφερειακή Ενότητα Δυτικής Αττικής. Η μείωση αυτή του πληθυσμού που εμφανίζεται κατά τη δεκαετία 2001-2011 (της τάξεως του 12%) μπορεί και να οφείλεται κατά ένα μέρος στη δυσχερή οικονομική κατάσταση που έχει

περιέλθει ολόκληρη η χώρα τα τελευταία κυρίως χρόνια, απόρροια της οικονομικής κρίσης, καθώς και στην αστικοποίηση για λόγους που έχουν να κάνουν κυρίως με την εύρεση εργασίας δεδομένου ότι δραστηριότητες που έχουν να κάνουν με την πρωτογενή παραγωγή στην περιοχή έχουν αρχίσει να εγκαταλείπονται.

4.7. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΜΑΝΔΡΑΣ - ΕΙΔΥΛΛΙΑΣ

Στο σύνολο του δήμου Μάνδρας-Ειδυλλίας απαντάται μεγάλη ποικιλία από οικονομικές δραστηριότητες. Στο μεγαλύτερο μέρος της εκμεταλλεύσιμης γης του δήμου υπάρχουν καλλιέργειες και μικρές κτηνοτροφικές μονάδες. Ο ορεινός χώρος είναι κατά κύριο λόγο δασικός και δεν φιλοξενεί παραγωγικές δραστηριότητες. Το δημοτικό διαμέρισμα Μάνδρας επηρεάζεται από τον χαρακτήρα των γειτονικών περιοχών και κυρίως από το πλήθος βιομηχανιών (δυλιστήρια, μονάδες παραγωγής τσιμέντου, αποθήκες οικοδομικών υλικών, βιομηχανίες χάλυβα). Κατά συνέπεια παρατηρείται αλλαγή της φυσιογνωμίας των δραστηριοτήτων του δημοτικού διαμερίσματος - υποχώρηση του πρωτογενή τομέα - αύξηση βιομηχανίας, βιοτεχνίας και κυρίως των μονάδων αποθήκευσης και διαμετακομιστικού εμπορίου (logistics). Οι υπόλοιπες περιοχές ασχολούνται ως επί το πλείστον με τη γεωργία και την κτηνοτροφία.

Πρωτογενής τομέας

Το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού του δήμου ασχολείται με τη γεωργία και την κτηνοτροφία παρά τη μικρή χιλιομετρική απόστασή του από μεγάλα αστικά κέντρα και βιομηχανικές περιοχές. Αυτό οφείλεται στις μεγάλες καλλιεργήσιμες εκτάσεις που υπάρχουν. Ο δήμος Μάνδρας -Ειδυλλίας φημίζεται για την παραγωγή δημητριακών και ψωμιού από παραδοσιακούς φούρνους, την παραγωγή κρασιών, μελιού, και πτηνοτροφικών και κτηνοτροφικών προϊόντων (γιαουρτιού, τυριών, κρεάτων, κ.α.). Τα στοιχεία που ακολουθούν αντλήθηκαν από τον Αγροτικό Συνεταιρισμό Ερυθρών και αφορούν τα είδη και τις αντίστοιχες εκτάσεις καλλιέργειας του δήμου.

Είδος Καλλιέργειας	Στρέμματα
Λοιπά σιτηρά	7.120,00
Ζωοτροφές	733,90
Σιτάρι	16.670,90
Οσπριοειδή	1.421,80
Καρποί με κέλυφος	46,70
Κηπευτικά	1.155,80
Βοσκότοποι	7.610,20
Αμπελώνες	4.252,90
Ελαιώνες	3.487,30
Κύρια ψυχανθή	175,10
Λοιπές καλλιέργειες - Δασικά δέντρα	33,70

Αραβοσίτικος Ποτιστικός	8,50
Ελαιούχοι Σπόροι	10,00
Βαμβάκι	9.624,20
Σύνολο	52.351,00

Πίνακας 13. Καλλιεργήσιμες Εκτάσεις Δήμου Μάνδρας-Ειδυλλίας

Από την ίδια πηγή αντλήθηκαν και πληροφορίες για την κτηνοτροφία του δήμου. Ο παρακάτω πίνακας περιέχει το είδος και τον αριθμό των ζώων που υπάρχουν.

Είδος Ζώου	Αριθμός Ζώων
Προβατίνες	45.319
Αίγες	24.832
Κριάρια/Τράγοι	4.759
Βοοειδή 6-24 μηνών	367
Βοοειδή >24 μηνών	735
Σύνολο	76.012

Πίνακας 14. Αριθμός Ζώων Δήμου Μάνδρας-Ειδυλλίας

Παρατηρείται πως ο αριθμός των προβατινών ξεπερνά κατά πολύ τα υπόλοιπα ζώα.

Δευτερογενής τομέας

Η δευτερογενής παραγωγή αφορά τη μεταποίηση των πρώτων υλών και χωρίζεται στους εξής κλάδους: βιοτεχνίες, βιομηχανίες και κατασκευαστικές εργασίες που βρίσκονται στα όρια του δήμου. Οι επιχειρήσεις το δευτερογενούς τομέα βρίσκονται κατά κύριο λόγο στο δημοτικό διαμέρισμα Μάνδρας καθώς οι υπόλοιπες περιοχές είναι αγροτικές. Σύμφωνα με το μητρώο των επιχειρήσεων του 2005 συμπληρώνεται ο παρακάτω πίνακας ανά δημοτικό διαμέρισμα και είδος επιχείρησης.

Είδος Επιχειρήσεων	Αριθμός Επιχειρήσεων				
	Μάνδρα	Βίλια	Ερυθρές	Οινόη	Σύνολο
Φυτική και ζωική παραγωγή, θήρα	2	3	9	-	14
Λοιπά ορυχεία και λατομεία	1	-	-	-	1
Δασοκομία και Υλοτομία	-	1	-	1	2
Βιομηχανία τροφίμων	16	6	8	4	34
Ποτοποσία	-	1	-	-	1
Παραγωγή κλωστοϋφαντουργικών υλών	3	-	-	-	3
Κατασκευή ειδών ένδυσης	1	-	-	-	1
Βιομηχανία δέρματος και δερμάτινων ειδών	2	-	-	-	2
Βιομηχανία ξύλου και κατασκευή	8	1	1	-	10

προϊόντων από ξύλο και φελλό, εκτός από έπιπλα· κατασκευή ειδών καλαθοποιίας και σπαρτοπλεκτικής					
Χαρτοποιία και κατασκευή χάρτινων προϊόντων	2	-	-	-	2
Εκτυπώσεις και αναπαραγωγή προ εγγεγραμμένων μέσων	1	-	-	-	1
Παραγωγή χημικών ουσιών και προϊόντων	7	-	-	-	7
Παραγωγή βασικών φαρμακευτικών προϊόντων και φαρμακευτικών σκευασμάτων	1	-	-	-	1
Κατασκευή προϊόντων από ελαστικό (καουτσούκ) και πλαστικές ύλες	10	-	-	-	10
Παραγωγή άλλων μη μεταλλικών ορυκτών προϊόντων	9	-	1	-	10
Παραγωγή βασικών μετάλλων	5	-	1	-	6
Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων, με εξαίρεση τα μηχανήματα και τα είδη εξοπλισμού	3	8	6	-	17
Κατασκευή ηλεκτρολογικού εξοπλισμού	9	-	1	-	10
Κατασκευή μηχανημάτων και ειδών εξοπλισμού π.δ.κ.α.	2	-	-	-	2
Κατασκευή μηχανοκίνητων οχημάτων, ρυμουλκούμενων και ημιρυμουλκούμενων οχημάτων	1	1	-	-	2
Κατασκευή λοιπού εξοπλισμού μεταφορών	19	-	-	-	19
Κατασκευή επίπλων	3	-	-	-	3
Άλλες μεταποιητικές δραστηριότητες	5	2	-	-	7
Επισκευή και εγκατάσταση μηχανημάτων και εξοπλισμού	5	2	3	-	10
Συλλογή, επεξεργασία και παροχή νερού	4	2	-	-	6
Συλλογή, επεξεργασία και διάθεση αποβλήτων· ανάκτηση υλικών	3	-	-	-	3
Κατασκευές κτιρίων	63	11	2	-	76
Έργα πολιτικού μηχανικού	4	-	-	-	4
Δραστηριότητες Οργανώσεων	-	-	-	1	1

Εξειδικευμένες κατασκευαστικές δραστηριότητες	67	8	21	-	96
Άγνωστη Δραστηριότητα	11	12	25	-	48
Σύνολο	266	58	78	2	409

Πίνακας 15. Αριθμός Επιχειρήσεων Δευτερογενούς Τομέα δήμου Μάνδρας – Ειδυλλίας

Πρέπει να αναφερθεί ότι με την οικονομική ύφεση που επικρατεί στην χώρα τα συγκεκριμένα στοιχεία δεν είναι απολύτως αξιόπιστα. Παρόλα αυτά παρατηρείται ότι οι περισσότερες επιχειρήσεις του δήμου, που ανήκουν στο δευτερογενή τομέα, ασχολούνται με τα τρόφιμα και με τις κατασκευές. Επίσης ο μεγαλύτερος αριθμός των επιχειρήσεων για κατασκευές κτιρίων και εξειδικευμένες κατασκευαστικές δραστηριότητες βρίσκονται στο δημοτικό διαμέρισμα Μάνδρας καθώς βρίσκεται κοντά σε περιοχές που παρατηρείται έντονη οικοδομική δραστηριότητα, κυρίως βιομηχανικών εγκαταστάσεων και χώρων αποθήκευσης (Ασπρόπυργος, Ελευσίνα). Αξίζει να σημειωθεί ότι η εξόρυξη αποτελεί σημαντική δραστηριότητα στο Δήμο, καθώς μία μεγάλη μονάδα είναι χωροθετημένη βορειοανατολικά του δ.δ. της Μάνδρας.

Τριτογενής τομέας

Ο τριτογενής τομέας περιλαμβάνει την παροχή υπηρεσιών. Πιο συγκεκριμένα αποτελείται από το εμπόριο, χονδρικό και λιανικό, τις υπηρεσίες μεταφορών, τον τουρισμό, τις δημόσιες και ιδιωτικές υπηρεσίες που χαρακτηρίζουν τις δραστηριότητες του τομέα του δήμου Μάνδρας-Ειδυλλίας. Σύμφωνα με το τεχνικό επιμελητήριο δυτικής Αττικής παρουσιάζεται ο παρακάτω πίνακας για τις επιχειρήσεις που ανήκουν στον συγκεκριμένο τομέα.

Είδος Επιχειρήσεων	Αριθμός Επιχειρήσεων				
	Μάνδρα	Βίλια	Ερυθρές	Οινόη	Σύνολο
Χονδρικό και λιανικό εμπόριο· επισκευή μηχανοκίνητων οχημάτων και μοτοσυκλετών	41	4	7	-	52
Χονδρικό εμπόριο, εκτός από το εμπόριο μηχανοκίνητων οχημάτων και μοτοσυκλετών	95	16	14	3	128
Λιανικό εμπόριο, εκτός από το εμπόριο μηχανοκίνητων οχημάτων και μοτοσυκλετών	169	38	39	7	253
Χερσαίες μεταφορές και μεταφορές μέσω αγωγών	135	7	62	3	207
Αποθήκευση και υποστηρικτικές προς τη μεταφορά δραστηριότητες	14	-	1	-	15
Καταλύματα	-	4	-	-	4

Ταχυδρομικές και ταχυμεταφορικές δραστηριότητες	1	-	-	-	1
Δραστηριότητες υπηρεσιών εστίασης	65	56	15	4	140
Εκδοτικές δραστηριότητες	1	-	-	-	1
Παραγωγή κινηματογραφικών ταινιών, βίντεο και τηλεοπτικών προγραμμάτων, ηχογραφήσεις και μουσικές εκδόσεις	-	1	-	-	1
Τηλεπικοινωνίες	1	-	-	-	1
Δραστηριότητες προγραμματισμού ηλεκτρονικών υπολογιστών, παροχής συμβουλών	3	1	2	-	6
Δραστηριότητες χρηματοπιστωτικών υπηρεσιών, με εξαίρεση τις ασφαλιστικές δραστηριότητες και τα συνταξιοδοτικά ταμεία	1	-	1	-	2
Ασφαλιστικά, αντασφαλιστικά και συνταξιοδοτικά ταμεία, εκτός από την υποχρεωτική κοινωνική ασφάλιση	1	-	-	-	1
Διαχείριση ακίνητης περιουσίας	3	-	1	-	4
Δραστηριότητες υπηρεσιών πληροφορίας	-	2	-	-	2
Νομικές και λογιστικές δραστηριότητες	3	1	1	1	6
Δραστηριότητες κεντρικών γραφείων· δραστηριότητες παροχής συμβουλών διαχείρισης	2	-	1	-	3
Αρχιτεκτονικές δραστηριότητες και δραστηριότητες μηχανικών· τεχνικές δοκιμές και αναλύσεις	46	2	10	1	59
Διαφήμιση και έρευνα αγοράς	-	2	1	-	3
Επιστημονική έρευνα και ανάπτυξη	1	-	-	-	1
Άλλες επαγγελματικές, επιστημονικές και τεχνικές δραστηριότητες	4	1	1	1	7
Δραστηριότητες ενοικίασης και εκμίσθωσης	3	-	-	-	3
Δραστηριότητες απασχόλησης	3	-	-	-	3
Δραστηριότητες παροχής προστασίας και έρευνας	1	-	1	-	2
Δραστηριότητες παροχής υπηρεσιών σε κτίρια και εξωτερικούς χώρους	2	1	-	-	3
Διοικητικές δραστηριότητες γραφείου, γραμματειακή υποστήριξη και άλλες	1	-	-	-	1

δραστηριότητες παροχής υποστήριξης προς τις επιχειρήσεις					
Δραστηριότητες βοήθειας κατ' οίκον	-	1	-	-	1
Δημιουργικές δραστηριότητες, τέχνες και διασκέδαση	1	1	3	1	6
Δραστηριότητες βιβλιοθηκών, αρχειοφυλακείων, μουσείων και λοιπές πολιτιστικές δραστηριότητες	1	2	-	-	3
Αθλητικές δραστηριότητες και δραστηριότητες διασκέδασης και ψυχαγωγίας	2	-	-	-	2
Δραστηριότητες οργανώσεων	1	1	-	-	2
Επισκευή ηλεκτρονικών υπολογιστών και ειδών ατομικής ή οικιακής χρήσης	6	-	-	-	6
Άλλες δραστηριότητες παροχής προσωπικών υπηρεσιών	12	-	2	-	14
Σύνολο	619	141	162	21	943

Πίνακας 16. Αριθμός Επιχειρήσεων Τριτογενούς Τομέα δήμου Μάνδρας – Ειδυλλίας

Αξίζει να σημειωθεί ότι το 66% των επιχειρήσεων του τριτογενούς τομέα βρίσκεται στο δημοτικό διαμέρισμα της Μάνδρας το οποίο συγκεντρώνει και το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού του δήμου. Από τον πίνακα παρατηρείται ότι οι περισσότερες δραστηριότητες αφορούν το εμπόριο, την εστίαση και τις μεταφορές. Το αποτέλεσμα αυτό είναι λογικό καθώς ο δήμος βρίσκεται πολύ κοντά σε βιομηχανικές περιοχές και σε κύριους οδικούς και σιδηροδρομικούς άξονες (Αττική Οδός, Προαστιακός Σιδηρόδρομος, Εθνική Οδός Αθηνών-Κορίνθου).

Παραγωγικοί τομείς και η συμβολή τους στην τοπική οικονομία

Απασχόληση ανά Τομέα Παραγωγής

Στην ενότητα αυτή αναλύεται η κατανομή της απασχόλησης του Δήμου Μάνδρας, ανά τομέα παραγωγικής δραστηριότητας. Με αυτόν τον τρόπο, εξειδικεύεται και αποσαφηνίζεται η οικονομική φυσιογνωμία της περιοχής που μελετάται, μέσα από το πρίσμα των οικονομικών δραστηριοτήτων.

Ο ενεργός πληθυσμός του μελετώμενου Δήμου κατηγοριοποιείται σε τρεις τομείς: πρωτογενή (γεωργία - κτηνοτροφία - δασοκομία - αλιεία - θήρα), δευτερογενή (βιοτεχνία - βιομηχανία) και τριτογενή τομέα απασχόλησης (υπηρεσίες - εξυπηρητήσεις).

Στον Πίνακα 17 παρατηρούμε για το έτος 1991 ότι το 2,37% του πληθυσμού του Δήμου απασχολείται στον πρωτογενή τομέα παραγωγής, το 43,4% απασχολείται στον δευτερογενή τομέα παραγωγής και το 54,22% στον τριτογενή τομέα. Τα αντίστοιχα ποσοστά για τη Νομαρχία Δυτικής Αττικής, διαφέρουν αρκετά με την απασχόληση στον πρωτογενή τομέα να έχει μεγαλύτερο ποσοστό (7,5%) και στον δευτερογενή σαφώς μικρότερο (34,31%).

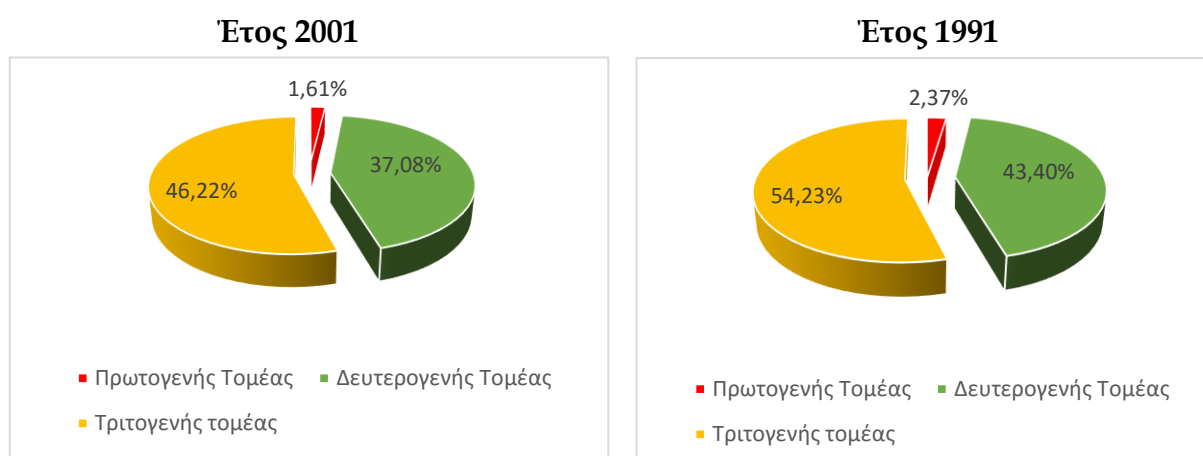
Χωρική Ενότητα	Πρωτογενής Τομέας	Δευτερογενής Τομέας	Τριτογενής Τομέας
	Ποσοστό επί του πληθυσμού (%)	Ποσοστό επί του πληθυσμού (%)	Ποσοστό επί του πληθυσμού (%)
Δήμος Μάνδρας	2,37%	43,4%	54,22%
Νομαρχία Δυτικής Αττικής	7,5%	34,31%	58,19%

Πίνακας 17. Οικονομική φρεσιογνωμία της περιοχής μελέτης ανά παραγωγικό τομέα απασχόλησης, 1991 Χωρική Ενότητα. Πηγή: Στοιχεία απογραφής 2001, Ε.Σ.Υ.Ε., ίδια επεξεργασία.

Για το έτος 2001, τα ποσοστά απασχόλησης στο Δήμο μεταβλήθηκαν με την απασχόληση στον πρωτογενή τομέα να μειώνεται (1,61%), ομοίως και στον δευτερογενή και τριτογενή τομέα που πλέον ανέρχεται η απασχόληση στο 37,08% και στο 46,22% του ΟΕΠ του Δήμου αντίστοιχα. Σε επίπεδο Νομαρχίας Δυτικής Αττικής, απώλειες καταγράφονται για τον πρωτογενή και δευτερογενή τομέα που παρουσιάζουν σταδιακή υποχώρηση (5,38% και 30,04% αντίστοιχα).

Χωρική Ενότητα	Πρωτογενής Τομέας		Δευτερογενής Τομέας		Τριτογενής Τομέας	
	Αριθμός	%	Αριθμός	%	Αριθμός	%
Δήμος Μάνδρας	84	1,61	1.938	37,08	2.416	46,22
Νομαρχία Δυτικής Αττικής	3.335	5,38	18.614	30,04	28.447	45,91

Πίνακας 18. Οικονομική φρεσιογνωμία της περιοχής μελέτης ανά παραγωγικό τομέα απασχόλησης, 2001 Χωρική Ενότητα. Πηγή: Στοιχεία απογραφής 2001, Ε.Σ.Υ.Ε., ίδια επεξεργασία.



Πρωτογενής Τομέας Δευτερογενής

Τομέας Τριτογενής Τομέας

Διάγραμμα 4. Ποσοστιαία κατανομή του Πρωτογενή, Δευτερογενή και Τριτογενή τομέα ετών 1991 και 2001.

4.8. ΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το ποσοστό του ενεργού πληθυσμού στο Δήμο Μάνδρας βρίσκεται ελαφρώς χαμηλότερα από τα αντίστοιχα ποσοστά του συνόλου της Αττικής και ελαφρώς υψηλότερα από τα αντίστοιχα του ηπειρωτικού τμήματος της Νομαρχίας Δυτικής Αττικής. Το ποσοστό ανεργίας στην περιοχή μελέτης βρίσκεται στα ίδια υψηλά επίπεδα σε σχέση με τον περιφερειακό και νομαρχιακό μέσο όρο, γεγονός που οφείλεται στη σοβαρή μείωση του δευτερογενή και στην κυριαρχία του τριτογενή τομέα, ο οποίος δεν έχει τη δυνατότητα να απορροφήσει το σύνολο του εργατικού δυναμικού. Μετά τα παραπάνω, συμπεραίνεται ότι ο οικονομικά ενεργός πληθυσμός στον Δήμο Μάνδρας, σύμφωνα με την απογραφή του 2001 αποτελεί το 40,86% του πληθυσμού του. Όσον αφορά τον ενεργό πληθυσμό κατά θέση στο επάγγελμα στον Δήμο Μάνδρας, διαπιστώνεται ότι έχουν αυξηθεί σε σημαντικό βαθμό οι εργοδότες και οι μισθωτοί, ενώ πολύ μεγάλη μείωση παρατηρείται στους εργαζόμενους για δικό τους λογαριασμό.

Σχετικά με τα ποσοστά απασχόλησης στο Δήμο, όπως αναφέρθηκε, ο πρωτογενής τομέας ανέρχεται σε 1,61%, ο δευτερογενής σε 37,08% και ο τριτογενής τομέας σε 46,22% του ΟΕΠ του Δήμου. Η απασχόληση στην περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από τον έντονο κλαδικό προσανατολισμό προς τον δευτερογενή με έμφαση στις βιομηχανίες, τις βιοτεχνίες και τα επαγγελματικά εργαστήρια και τριτογενή τομέα και ιδιαίτερα χονδρεμπόριο, αποθήκευση («logistics»).

Παράλληλα είναι σκόπιμο να σημειωθεί ότι η εντονότερη βιομηχανική δραστηριότητα της χώρας είναι σήμερα χωροθετημένη εντός των ορίων της περιοχής της πρωτεύουσας, πλησίον της ΝΕΟΑΚ και της ΠΕΟΑΚ όπου τείνει να συγκεντρώνει σε κοντινές αποστάσεις δραστηριότητες διαμετακόμισης και αποθήκευσης προϊόντων με τελικό προορισμό εντός ή εκτός χώρας. Οι οικονομίες συγκέντρωσης που έχουν λειτουργήσει στην περιοχή της Δυτικής Αττικής καθώς στα όρια των Νομών Αττικής και Βοιωτίας επί της ΠΑΘΕ, αλλά και στα Μεσόγεια, δημιουργούν όλο και περισσότερες θέσεις εργασίας, προσελκύοντας ακόμα μεγαλύτερα τμήματα του πληθυσμού.

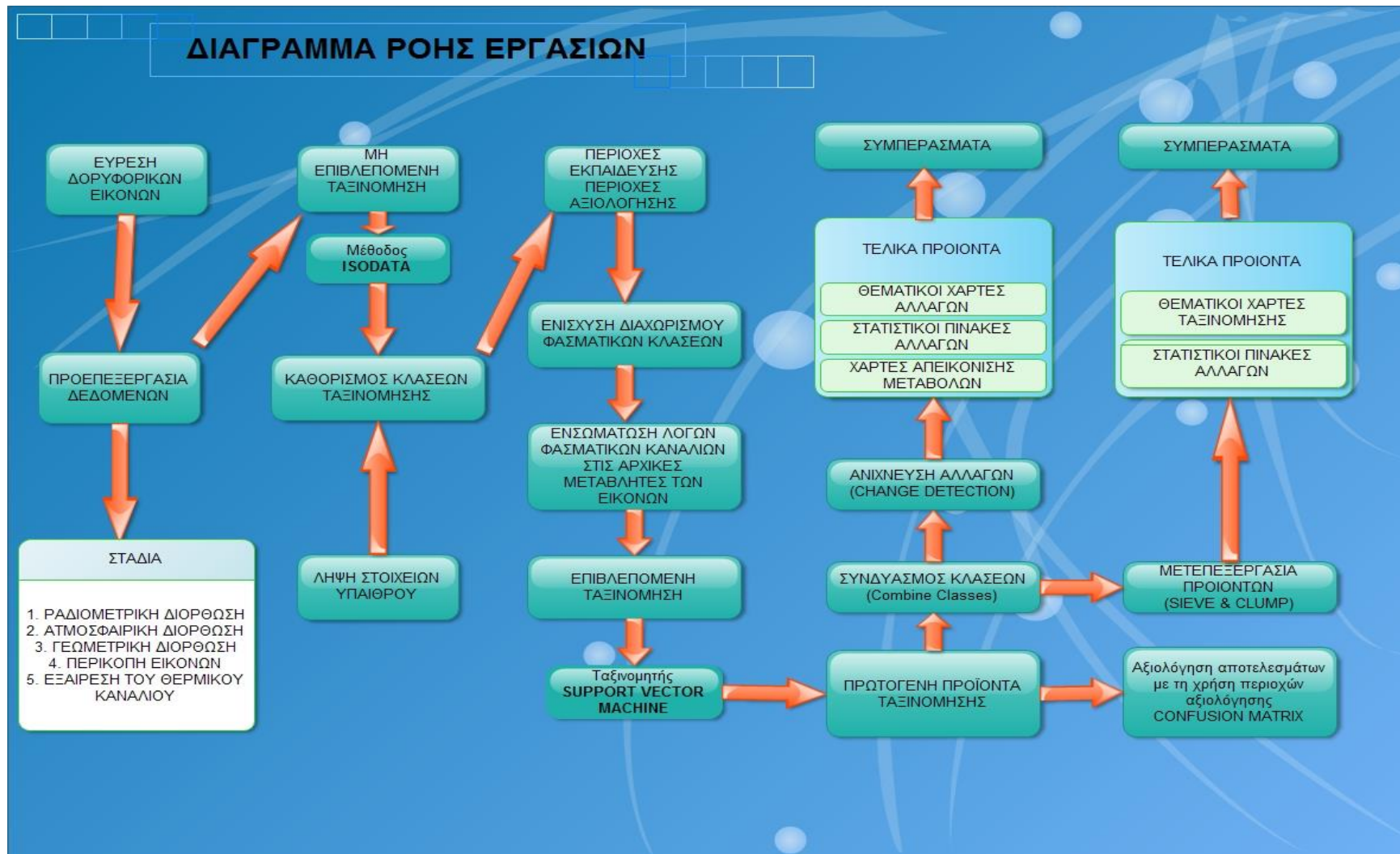
5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

5.1.ΓΕΝΙΚΑ

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η μεθοδολογία και τα αποτελέσματα των ταξινομήσεων των δορυφορικών δεδομένων Landsat, ετών 1993, 2001 και 2010, για το Δήμο Μάνδρας Ειδυλλίας. Χρησιμοποιούνται εννέα (9) διαφορετικές κλάσεις ταξινόμησης: Δάση Χαλεπίου Πεύκης, Δάση Κεφαλληνιακής Ελάτης, Δασικές Εκτάσεις, Χορτολιβαδικές Εκτάσεις, Γεωργικές Εκτάσεις, Καμένες Εκτάσεις, Γυμνά Εδάφη, Τεχνητές Εκτάσεις και Ύδατα. Στον καθορισμό των τελικών αυτών κλάσεων, συνετέλεσαν τα χαρακτηριστικά των εικόνων Landsat και κυρίως η χωρική ευκρίνεια, η οποία καθορίζει την ελάχιστη χαρτογραφική μονάδα και κατά συνέπεια, την κλίμακα χαρτογράφησης. Έτσι, για παράδειγμα, στην τελική κλάση ταξινόμησης «τεχνητές επιφάνειες», ομαδοποιούνται διαφορετικοί τύποι καλύψεις γης, όπως θέσεις «απόρριψης απορριμμάτων» και «οικιστικός ιστός», λόγω του ότι δεν ήταν δυνατόν να γίνει ο διαχωρισμός τους, καθώς και στην κλάση «Δασικές εκτάσεις» οι κατηγορίες «θαμνώνες αείφυλλων πλατύφυλλων» και «μεταβατικές δασώδεις εκτάσεις». Επίσης, δεν ήταν δυνατόν να διακριθούν τόσο η διάσπαρτη δόμηση που περιβάλλεται από αγροτική ή φυσική βλάστηση. Η διάκριση όλων των παραπάνω, θα απαιτούσε τη χρήση δορυφορικών εικόνων πολύ υψηλής χωρικής ή/και φασματικής ευκρίνειας. Τα αποτελέσματα χρησιμοποιούνται για να προβλέψουμε το μέλλον της ποικιλότητας του τοπίου και τον κατακερματισμό, και να εξετάσουμε διάφορα σενάρια οικολογικής του διαχείρισης. Οι ταξινομήσεις έχουν δώσει έναν οικονομικό και ακριβή τρόπο για να ποσοτικοποιηθούν, χαρτογραφηθούν και αναλυθούν οι αλλαγές στην πάροδο του χρόνου για την κάλυψη του εδάφους.

5.2. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Το διάγραμμα ροής εργασιών, αποτελεί τον σκελετό της μεθοδολογίας σε μια ενεργή ροή ενεργειών, που ξεκινά από την εύρεση των δεδομένων, μέχρι την παραγωγή των τελικών προϊόντων. Η προεπεξεργασία των εικόνων αποτελεί το πρώτο στάδιο, προκειμένου να εφαρμοσθεί στο διορθωμένο και προσαρμοσμένο στις ανάγκες της περιοχής μελέτης προϊόν του δορυφόρου Landsat TM, το βασικό κομμάτι της επεξεργασίας, που είναι η διαδικασία της ταξινόμησης των εδαφών στις τελικές κλάσεις ταξινόμησης και της ανίχνευσης των διαχρονικών τους αλλαγών, με τελικό στάδιο, την παραγωγή θεματικών χαρτών και την εξαγωγή συμπερασμάτων (Διάγραμμα 5).



Διάγραμμα 5. Διάγραμμα ροής εργασιών.

5.3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η μέθοδος προσέγγισης της μελέτης στηρίχθηκε στην επιβλεπόμενη ταξινόμηση των εικόνων Landsat TM των ετών 1993, 2001 και 2010. Ο διαχωρισμός των κλάσεων ταξινόμησης στηρίχθηκε στα πρότυπα ταξινόμησης των Corin Land Cover 2000 και του Anderson et al., 1976 (Πιν. 1 & 2) , την κατάταξης των μορφών κάλυψης γης της δασικής νομοθεσίας όπως ισχύει σήμερα , στις ιδιαιτερότητες της διάπλασης και της ποικιλότητας των διαφόρων μορφών κάλυψης /χρήσεων γης, τα οποία όλα μαζί συνέθεσαν μια νέα μορφή ταξινόμησης προσαρμοσμένη στις ανάγκες της περιοχής μελέτης.

Για τις ανάγκες επεξεργασίας των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό επεξεργασίας τηλεπισκοπικών δεδομένων ENVI 5.1 του οίκου EXELIS και για την χαρτογράφηση των προϊόντων επεξεργασίας των εικόνων, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Γ.Σ.Π. ArcGIS 10.1 του οίκου ESRI.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή της μεθόδου είναι τα παρακάτω:

- Δορυφορικές εικόνες Landsat TM των ετών 1993, 2001 και 2010 κατά το μήνα Αύγουστο.
- Αεροφωτογραφίες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ) με ημερομηνία λήψης πλησιέστερη στα έτη λήψης των δορυφορικών εικόνων και για τα έτη 1991, 2001 και 2005 του Δασαρχείου Αιγάλεω.
- Ορθοφωτοχάρτες του Υπ. Γεωργίας των ετών λήψης 1997.
- Ορθοφωτοχάρτες (LSO) της ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε έτους 2008.
- Τα δεδομένα του Ευρωπαϊκού προγράμματος (CLC2000).
- Διανυσματικά δεδομένα (sph) των όριων του Δήμου Μάνδρας Ειδυλλίας (πηγή διαδικτυακός τόπος geodata.gov.gr).
- Δορυφορικές εικόνες του Google Earth για τις χρονικές στιγμές 28-7-2010 και 23-8-2002.
- Ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο εδάφους (DEM), προϊόν του δορυφόρου ASTER.
- Στοιχεία υπαίθρου με την υποστήριξη των Υπαλλήλων του Δασαρχείου Αιγάλεω.

Συλλογή στοιχείων

Όλες οι δορυφορικές εικόνες λήφθηκαν από τον θεματικό χαρτογράφο του δορυφόρου Landsat 5. Η διάθεσή τους γίνεται δωρεάν μέσα από τον ιστότοπο <http://earthexplorer.usgs.gov/> του Αμερικάνικου Γεωλογικού Ινστιτούτου U.S.G.S. (United States Geological Survey) και από τον ιστότοπο <http://glcf.umiacs.umd.edu/> του Global Land Cover Facility (GLCF). Το Αμερικάνικου Γεωλογικού Ινστιτούτου U.S.G.S υποστηρίζεται από το Πανεπιστήμιο του Maryland, τη NASA και το GOF-C-GOLD (Global Observation of Forest and LandCover Dynamics). Επίσης οι εικόνες Landsat είναι διαθέσιμες και από τον ιστότοπο της E.S.A. (European Space Agency) και από τον διαδικτυακό τόπο <https://earth.esa.int/web/guest/eoli>.

Με την χρήση του λογισμικού EOli, μπορούμε να περιηγηθούμε στα μεταδεδομένα και στις εικόνες προεπισκόπησης των δεδομένων παρατήρησης της Γης που αποκτήθηκαν από τους δορυφόρους, Envisat, ERS, Landsat, IKONOS, DMC, ΑΛΟΣ, SPOT, Kompsat, Proba, IRS και SCISAT.

Επιστημονικοί Χρήστες με ένα καταχωρημένο λογαριασμό μπορούν να παραγγείλουν ή να κατεβάσουν τα προϊόντα των διαφόρων επιπέδων επεξεργασίας.

Για τη δημιουργία του μοντέλου διαχρονικών αλλαγών της περιοχής μελέτης η παραγγελία των χρονικών σειρών των εικόνων έγινε με τα παρακάτω κριτήρια:

- Οι εικόνες έπρεπε να έχουν μεταξύ τους μια χρονική διαφορά τουλάχιστον 5 ετών για να είναι δυνατή η χρονική διαφοροποίηση των χρήσεων γης.
- Οι εικόνες έπρεπε να έχουν ληφθεί από δέκτες ίδιας ή παρόμοιας τεχνολογίας και να περιέχουν κανάλια φασμάτων.
- Η λήψη των εικόνων έπρεπε να είναι ίδια για κάθε έτος ώστε να υπάρχει ταύτιση στην εποχική βλάστηση. Προτιμήθηκε η θερινή περίοδος που εμφανίζονται όλοι οι τύποι βλάστησης.
- Οι επιλεγμένες εικόνες θα έπρεπε για τη περιοχή μελέτης να είναι διαυγείς, χωρίς νεφοκάλυψη για να ελαχιστοποιηθούν τα σφάλματα στην ψηφιακή ανάλυση.

Τα τηλεσκοπικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τις ανάγκες της παρούσα μελέτης λήφθηκαν από το θεματικό χαρτογράφο (TM Thematic Mapper) του δορυφόρου Landsat-5 με ημερομηνία δημιουργίας των, τις 29-8-1993, 19-8-2001 και 12-8-2010. Οι εικόνες λήφθηκαν την ίδια εποχή πράγμα που σημαίνει ότι υπάρχει ταύτιση στην εποχική βλάστηση. Και οι τρεις (3) επιλέχθηκαν έτσι ώστε να μην παρουσιάζουν νέφωση. Από τις εικόνες αυτές, εξαιρέθηκε το θερμικό υπέρυθρο κανάλι (band - 6). Τα κανάλια (bands) της εικόνας που επιλέχθηκαν για να χρησιμοποιηθούν στη μελέτη είναι από 1-5 και 7.

Οι πληροφορίες των μεταδομένων της κάθε εικόνας περιλαμβάνονται στο αρχείο με την κατάληξη MTL. Κάθε MTL αρχείο περιλαμβάνει μια συλλογή από πληροφορίες του πρωτογενούς υλικού των δορυφορικών εικόνων πολύτιμων στα χέρια του μελετητή. Παρακάτω απεικονίζεται το MTL αρχείο της δορυφορικής εικόνας του 1993.

Πληροφορίες μεταδιδόμενων. Σε κάθε φάκελο των αρχείων του πρωτογενούς υλικού δορυφορικών δεδομένων, υπάρχει ένα αρχείο μεταδομένων με κατάληξη MTL. Το αρχείο αυτό περιέχει σημαντικές πληροφορίες και στοιχεία που αφορούν τη λήψη της κάθε εικόνας. Στον πίνακα 19, εμφανίζεται το αρχείο MTL της δορυφορικής εικόνας του 2010.

ROUP = L1_METADATA_FILE GROUP = METADATA_FILE_INFO REQUEST_ID = 0009308290000_00000 PRODUCT_CREATION_TIME = 2013-04-03T13:53:24Z STATION_ID = "" LANDSAT5_XBAND = "0" GROUND_STATION = "" LPS_PROCESSOR_NUMBER = "0" DATEHOUR_CONTACT_PERIOD= "9300008" SUBINTERVAL_NUMBER = "00" END_GROUP = METADATA_FILE_INFO GROUP = PRODUCT_METADATA PRODUCT_TYPE = "L1T" ELEVATION_SOURCE = "SRTM_90" PROCESSING_SOFTWARE = "ACS_1.8.1" EPHEMERIS_TYPE = "PREDICTIVE" SPACECRAFT_ID = "Landsat5" SENSOR_ID = "TM" ACQUISITION_DATE = 1993-08-29 WRS_PATH = 183 STARTING_ROW = 000 ENDING_ROW = 000 BAND_COMBINATION = 1234567 PRODUCT_UL_CORNER_LAT = 39.0146294	GROUP = PROJECTION_PARAMETERS REFERENCE_DATUM = "WGS84" REFERENCE_ELLIPSOID = "WGS84" GRID_CELL_SIZE_THM = 30.000 GRID_CELL_SIZE_REF = 30.000 ORIENTATION = "NUP" RESAMPLING_OPTION = "NN" MAP_PROJECTION = "UTM" END_GROUP= PROJECTION_PARAMETERS GROUP = UTM_PARAMETERS ZONE_NUMBER = 34 END_GROUP = UTM_PARAMETERS END_GROUP = L1_METADATA_FILE END
--	--

Πίνακας 19. Απεικόνιση τμημάτων του αρχείου MTL δορυφορικής εικόνας Landsat TM: εισαγωγή από το MTL αρχείο της εικόνας σε Wordpand.

Κάποιες πολύ σημαντικές πληροφορίες που μπορεί να εξαχθούν είναι μεταξύ άλλων:

- Ο βαθμός επεξεργασίας της εικόνας "L1T"

- Ο δορυφόρος από τον οποίο έγινε η λήψη “Landsat 5”
- Ο αισθητήρας που χρησιμοποιήθηκε “Thematic Mapper TM”
- Η ημερομηνία λήψης 12/8/2010
- Το όνομα του προβολικού συστήματος της εικόνας Ε.Μ.Π (Παγκόσμια Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή -Universal Transverse Mercator) "UTM"
- Η χωρική διακριτική ικανότητα της εικόνας (30μ.) η οποία αναφέρεται στο μέγεθος του μικρότερου χαρακτηριστικού που μπορεί ν' αναφερθεί.
- Το Γεωγραφικό σύστημα αναφοράς Datum "WGS84" και το Ελλειψοειδές πάνω στο οποίο έχει βασιστεί "WGS84"
- Ζώνη Ελλαδικού χώρου 34 με(με κεντρικό μεσημβρινό $\lambda_0=21^0$, ζώνης των 6^0).
- Προσανατολισμός της εικόνας: (North up) Ο Βορράς επάνω.
- Τα φασματικά κανάλια 1,2,3,4,5,6,7

Όλα τα πρότυπα, προϊόντα δεδομένων * Landsat υποβάλλονται σε επεξεργασία με τη χρήση του επιπέδου L1 Προϊόν Σύστημα Product Generation System (LPGS) στα οποία εφαρμόζονται οι ακόλουθες παράμετροι.

- Μορφότυπος αρχείου εξόδου: GeoTIFF
- Μέθοδος επαναδειγματοληψίας: Cubic Convolution.
- Χωρική διακριτική ικανότητα: 30 μέτρα (TM, ETM+) και 60 μέτρα (MSS)
- Map projection: (UTM) Universal Transverse Mercator
- Datum: Το παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα (WGS84)
- Προσανατολισμός της εικόνας: (North up) Ο Βορράς επάνω.

Ο τύπος του προϊόντος που αναφέρεται “L1t” (Level 1 Terrain corrected) σημαίνει το βαθμό επεξεργασίας των δορυφορικών εικόνων Landsat. Το συγκεκριμένο πρότυπο διόρθωσης δηλώνει συστηματική ραδιομετρική και γεωμετρική ακρίβεια με την ενσωμάτωση GCPs (Ground Control Points) σημείων ελέγχου εδάφους, ενώ παράλληλα για μεγαλύτερη τοπογραφική ακρίβεια, χρησιμοποιείται ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους DEM (Digital Elevation Model). Η γεωδαιτική ακρίβεια του προϊόντος εξαρτάται από την ακρίβεια των σημείων ελέγχου εδάφους (GCPs), όπως και από την ανάλυση του ψηφιακού μοντέλου εδάφους (DEM).

Λεπτομέρειες επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων Landsat.

Πηγή : http://landsat.usgs.gov/Landsat_Processing_Details.php

5.3. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗ Η ΓΕΩΑΝΑΦΟΡΑ

Η γεωμετρική διόρθωση ή γεωαναφορά (geometric rectification or georeferencing) στοχεύει στο μετασχηματισμό του συστήματος συντεταγμένων της εικόνας, το οποίο

παρουσιάζει μεταμορφώσεις σε ένα συγκεκριμένο σύστημα χαρτογραφικής προβολής με τη χρήση εδαφικών σημείων ελέγχου GCPs (Ground Control Points). Με τη διαδικασία αυτή η δορυφορική εικόνα αποκτά την κλίμακα και τις ιδιότητες προβολής του χάρτη, με αποτέλεσμα στη συνέχεια να μπορεί να εισαχθεί σε ένα σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών με ταυτόχρονη χρήση αυτής σε άλλα θεματικά πεδία πληροφορίας.

Τα σφάλματα που εισάγονται στην εικόνα από την τοπογραφία και το ανάγλυφο διορθώνονται με τη διαδικασία της ορθοκανονικοποίησης (orthorectification). Στην περίπτωση αυτή απαιτείται ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο εδάφους καθώς και πληροφορίες για την κάμερα ή τον αισθητήρα του καταγραφικού συστήματος. Οι συντεταγμένες των εδαφικών σημείων ελέγχου GCPs που χρησιμοποιούνται στην ορθοαναγωγή είναι (x,y,z).

Στην περίπτωση των δεδομένων της μελέτης δε χρειάστηκε να εφαρμοσθεί η διαδικασία της γεωμετρικής ανόρθωση, λόγω του ότι οι δορυφορικές εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν είχαν είδη υποστεί τη διαδικασία αυτή από την εταιρεία ή την Υπηρεσία που τις διαχειρίζεται. Κατόπιν ελέγχου με τη χρήση του λογισμικού ENVI 5.1 η διαδικασία αυτή δε κρίθηκε απαραίτητη.

5.4. ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΗ - ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗ

Πολλές φορές η διαδικασία αυτή ονομάζεται και αποκατάσταση των εικόνων (image restoration). Η διαδικασία αυτή καλείται να διαρθρώσει τις ραδιομετρικές αλλοιώσεις που προκαλούνται κατά τη διάρκεια σάρωσης καταγραφής και αναπαραγωγής (play back) της εικόνας. Οι σπουδαιότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τις ραδιομετρικές διορθώσεις των δορυφορικών εικόνων, είναι οι ατμοσφαιρικές και τοπογραφικές. Στη μελέτη εργασίας θα ασχοληθούμε με τις ατμοσφαιρικές διορθώσεις.

Ένας από τους λόγους που στηρίζει τη ραδιομετρική και ατμοσφαιρική διόρθωση για τις εικόνες Landsat TM ή άλλα τηλεπισκοπικά δεδομένα, είναι στις περιπτώσεις εφαρμογής διαχρονικών δεδομένων TM όπως στη χρήση της ανίχνευσης των αλλαγών κάλυψης χρήσης γης. Γενικά η ατμοσφαιρική διόρθωση είναι απαραίτητη όταν οι διαχρονικές εικόνες ενσωματώνονται σε ένα ενιαίο σύνολο δεδομένων τα οποία στη συνέχεια θα επεξεργαστούνε μαζί. (D. Lu et al., 2002).

Με άλλα λόγια, στόχος της συγκεκριμένης διαδικασίας είναι όλες οι ραδιομετρικά διορθωμένες εικόνες να έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά με τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και συνθήκες φωτισμού μιας εικόνας αναφοράς. Αυτός είναι ο μοναδικός τρόπος, ώστε οι διαφορές στις τιμές φωτεινότητας των εικονοστοιχείων να αντιστοιχούν σε πραγματικές μεταβολές στην επιφάνεια και να μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά η ποιότητα της εικόνας και η στατιστική της αξιοπιστία [Yang & Lo, 2000].

Προτού όμως προχωρήσουμε στη διαδικασία της ατμοσφαιρικής διόρθωσης των ψηφιακών δορυφορικών δεδομένων (Radiance image) ή αλλιώς στην αφαίρεση από τα ψηφιακά δορυφορικά δεδομένα της επίδρασης της ατμόσφαιρας, θα πρέπει να ερμηνευτεί η διάκριση μεταξύ της ακτινοβολίας (Radiance) και της ανάκλασης (Reflectance) και να εξηγήσουμε τον όρο *ψηφιακή τιμή*.

Ψηφιακή τιμή εικονοστοιχείου (Digital Number DN) : Ο θεματικός χαρτογράφος TM (Thematic Mapper) και ο ενισχυμένος (ETM +) αποκτούν θερμικά δεδομένα και αποθηκεύουν τις πληροφορίες αυτές ως ένα ψηφιακό αριθμό (DN) με ένα εύρος μεταξύ 0 και 255. Οι τιμές αυτές ερμηνεύονται οπτικά ως αποχρώσεις του γκρι, με την τιμή 255 να αντιστοιχεί στο λευκό και την τιμή 0 στο μαύρο.

Ακτινοβολία (Radiance) είναι η ακτινοβολία που καταλήγει σε ένα όργανο φασματικής καταγραφής όπως οι ηλεκτροοπτικοί αισθητήρες. Μετράται σε W/m²*sr (ισχύς ανά επιφάνεια και στερεοακτίνιο). Ο υπολογισμός της γίνεται έμμεσα με τους συντελεστές βαθμονόμησης. Το λογισμικό ENVI έχει τη δυνατότητα για ορισμένους τύπους εικόνων να μετατρέπει αυτόματα τα DN σε Radiance (π.χ. ASTER, Landsat).

Ανάκλαση (Reflectance) είναι το καθαρό ποσό της ακτινοβολίας που αντανακλάται από ένα υλικό. Πιο συγκεκριμένα είναι το κλάσμα της ποσότητας του φωτός που διαφεύγει από ένα «στόχο» σε σχέση με την ποσότητα του φωτός που προσπίπτει στο στόχο. Δεν έχει μονάδες παίρνει τιμές από (0 – 1). Αν όλη η ποσότητα του φωτός που αφήνει το στόχο συμβάλει στη μέτρηση της ανάκλασης, το αποτέλεσμα ονομάζεται «ημισφαιρική ανάκλαση».

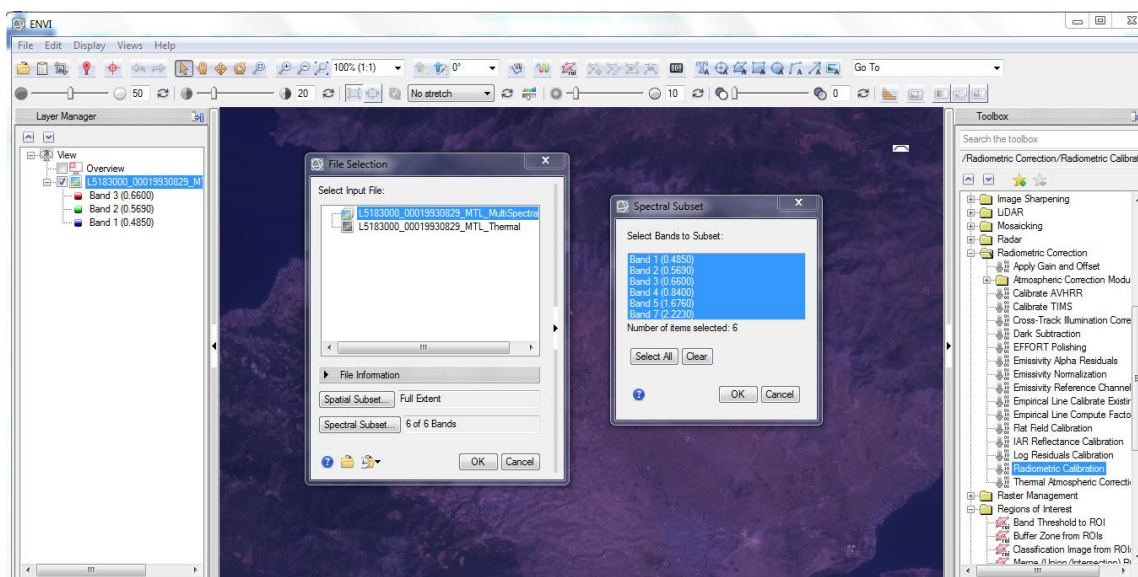
Στη προκειμένη εργασία, επιλέχθηκε η χρήση του λογισμικού ENVI 5.1 και η μέθοδος Fast Line-of sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes (FLAASH) η οποία υποστηρίζει τόσο υπερφασματικούς αισθητήρες (όπως HyMAP, AVIRIS, HYDICE, HYPERION, Probe-1, CASI, and AISA) όσο και πολυφασματικούς αισθητήρες (όπως ASTER, IRS, Landsat, RapidEye, and SPOT). Η μέθοδος αυτή βασίζεται στον αλγόριθμο MODTRAN4+ για την διόρθωση εικόνων σε σχέση με την απορρόφηση που οφείλεται στο νερό της ατμόσφαιρας, στη οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, το όζον, αλλά και σε σχέση με τη μοριακή διάχυση.

Η εικόνα εισόδου για FLAASH θα πρέπει να είναι ραδιομετρικά βαθμονομημένη σε format band interleaved-by-line (BIL) ή σε band-interleaved-by-pixel (BIP). Για τους γνωστούς πολυφασματικούς αισθητήρες απαιτούνται μόνο τιμές μήκους κύματος. Η μέθοδος FLAASH ως εργαλείο διόρθωσης, διορθώνει μήκη κύματος στο ορατό φάσμα, μεταξύ του εγγύς υπέρυθρου και των βραχέων κυμάτων της υπέρυθρης ακτινοβολίας, έως και 3 μm. Η μέθοδος FLAASH απαιτεί ο τύπος δεδομένων εισόδου, να είναι σε floating-point και οι τιμές μονάδας σε W/cm² * nm* sr. Αν η εικόνα εισόδου που καταλήγει στο όργανο φασματικής καταγραφής (radiance image), δεν είναι ήδη σε floating-point μορφή, θα πρέπει επίσης να γνωρίζουμε τον συντελεστή κλίμακας που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή των δεδομένων ακτινοβολίας (radiance) σε αυτές τις μονάδες. Οι συντελεστές κλίμακας είναι παράγοντες διαίρεσης που ικανοποιούν την ακόλουθη σχέση:

$$\left(\frac{\text{integer radiance image}}{\text{scale factor}} \right) = \text{floating point radiance image } \{ \mu W / (cm^2 \cdot nm \cdot sr) \}$$

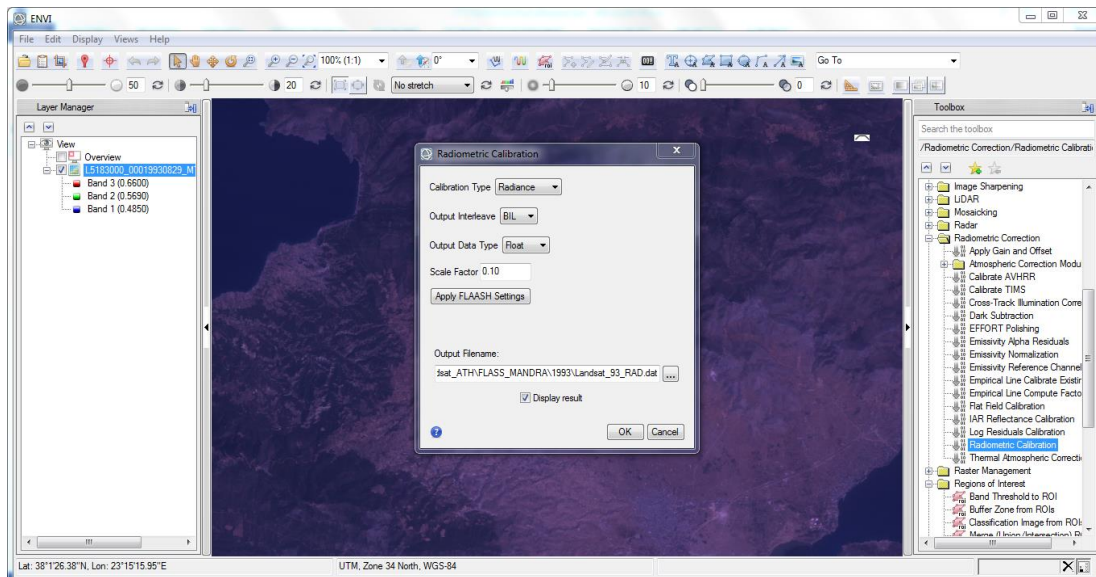
Τύπος 2. Τύπος μετατροπής δεδομένων ακτινοβολίας σε floating-point μορφή.

Από την αρχική οθόνη του ENVI και την εργαλειοθήκη Toolbox επιλέγεται Radiometric Correction → Radiometric Calibration. Θα πρέπει να επιβεβαιωθεί ότι από την πολυφασματική εικόνα έχει εξαιρεθεί το θερμικό κανάλι (band 6).



Εικόνα 15. Επιλογή πολυφασματικής εικόνας από την οποία έχει εξαιρεθεί το θερμικό κανάλι (band 6).

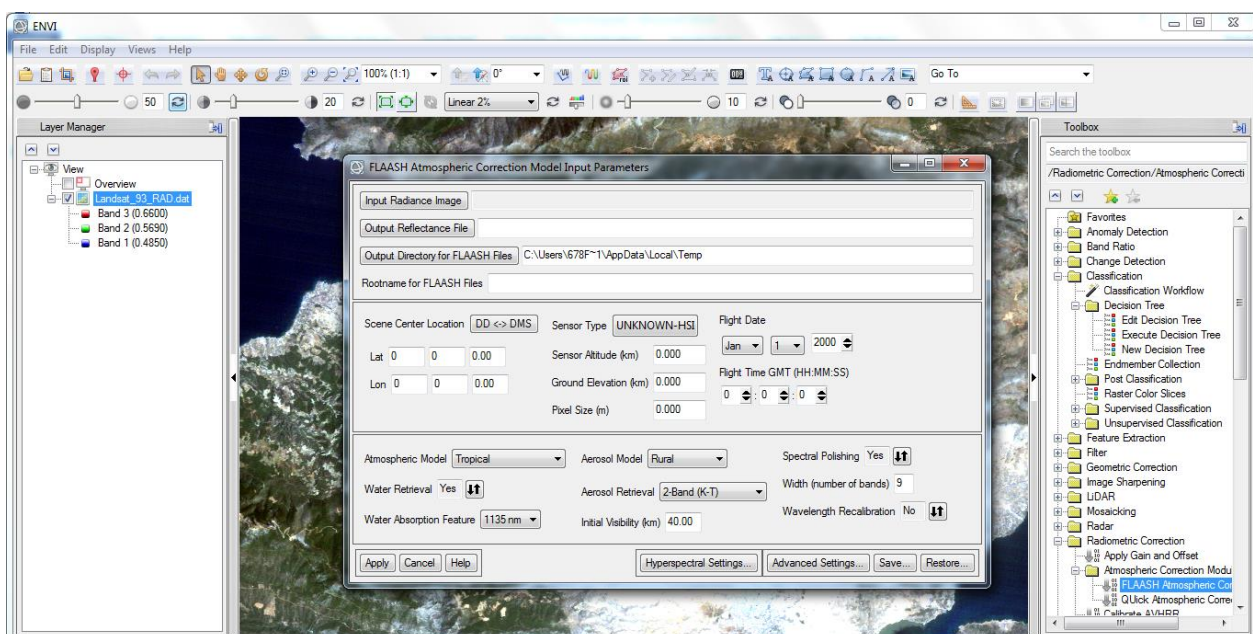
Στη συνέχεια εφαρμόστηκε η μετατροπή των δεδομένων που εισήχθησαν στο λογισμικό, σε μορφή 'ENVI standard' καθώς και η μετατροπή του format σε 'BIL' (band-interleaved-by-line) σύμφωνα με τις απαιτήσεις της ατμοσφαιρικής διόρθωσης Flaash. Ενεργοποιώντας τις ρυθμίσεις FLAASH (apply FLAASH settings) δημιουργείται μια εικόνα ανάκλασης (radiance image) κατάλληλη για τύπο FLAASH ατμοσφαιρικής διόρθωσης αυτόματα με τις ακόλουθες ιδιότητες: BIL παρεμβολής, τύπο δεδομένων κινητής υποδιαστολής (floating-point), και έναν παράγοντα κλίμακας 0.1. Αυτό κλιμακώνει τα δεδομένα σε μονάδες, $\mu W / (cm^2 \cdot nm \cdot sr)$.



Εικόνα 16. Ραδιομετρική διόρθωση - Ρύθμιση παραμέτρων (μετατροπή "Format").

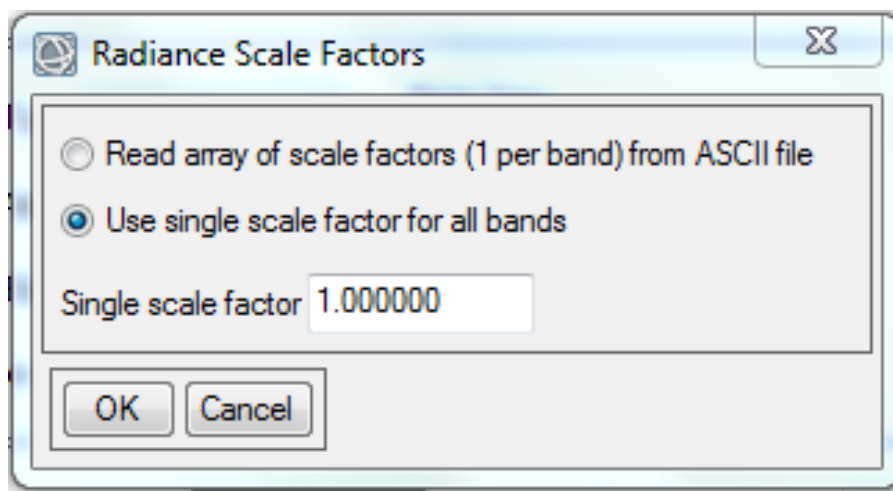
Το εξαγόμενο αρχείο όπως στο παράδειγμα, *Landsat_93_RAD.dat*, στη συνέχεια διορθώθηκε ατμοσφαιρικά με τη μέθοδο FLAASH, αφού ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία.

- Από την εργαλειοθήκη του λογισμικού ENVI 5.1 και στο αρχικό περιβάλλον, επιλέγουμε το εργαλείο FLAASH Atmospheric Correction από το φάκελο Atmospheric Correction Module (Toolbox → Atmospheric Correction module → Flaash Correction module).
- Στο παράθυρο εισαγωγής παραμέτρων του μοντέλου εισάγουμε αρχικά στο πεδίο εισαγωγής δεδομένων (Input Radiance Image) τη ραδιομετρικά βαθμονομημένη εικόνα π.χ. *Landsat_93_RAD.dat*. (Εικ. 17)



Εικόνα 17. Παράθυρο συμπλήρωσης παραμέτρων για το μοντέλο ατμοσφαιρικής διόρθωσης FLAASH.

- Στο παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται (εικ. 18) επιλέγονται οι συντελεστές κλίμακας έτσι ώστε η εισαγόμενη τιμή του κάθε pixel να μετατρέπεται από τους συντελεστές αυτούς σε τύπο δεδομένων κινητής υποδιαστολής (floating-point radiance) και σε μονάδες ($W/cm^2.nm.sr$). Αν τα εισερχόμενα δεδομένα έχουν ήδη μετατραπεί σε (floating-point radiance) και στις σωστές μονάδες τότε εφαρμόζουμε για συντελεστή κλίμακας την μονάδα (1,000) για όλα κανάλια (bands). Στη περίπτωση μας επιλέγουμε τον ενιαίο συντελεστή κλίμακας για όλα τα κανάλια της παλυφασματικής εικόνας για το λόγο ότι ο τύπος δεδομένων της εικόνας εισόδου έχει είδη μετατραπεί από την προηγούμενη διαδικασία στις σωστές μονάδες σε δεδομένα κινητής υποδιαστολής, (floating-point radiance).



Εικόνα 18. Επιλογή συντελεστών κλίμακας

- Στο πεδίο εξαγωγής δεδομένων (Output Reflectance File) εισάγουμε το όνομα του παραγόμενου αρχείου π.χ. Landsat_93_FLAASH αφού επιλέξουμε τη θέση αποθήκευσής του (directory path),

π.χ. C:\Landsat\Landsat_ATH\FCLASS_MANDRA\1993\Landsat_93_FLAASH

- Στο πεδίο Output Directory for FLAASH Files γίνεται ο ορισμός της θέσης αποθήκευσης όλων των υπόλοιπων αρχείων που προκύπτουν από την επεξεργασία της εικόνας με την εφαρμογή του μοντέλου ατμοσφαιρικής διόρθωσης FLAASH (column water vapor, εικόνες cloud map, journal file, template file). Τελικό πεδίο στην εισαγωγή των δεδομένων αποτελεί το Rootname for FLAASH Files το οποίο παρέχει την δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει εφόσον το επιθυμεί κάποιο πρόθεμα το οποίο επισυνάπτεται στην ονομασία όλων των παραγόμενων αρχείων του FLAASH.

- Στα επόμενα πεδία εισάγονται πληροφορίες από το φάκελο με τα metadata της εικόνας. Αφορούν τον αισθητήρα τις συντεταγμένες του κέντρου της εικόνας, το μέσο υψόμετρο της περιοχής μελέτης, τον τύπο του αισθητήρα, το ύψος του δορυφόρου, το μέγεθος του εικονοστοιχείου και τέλος την ημερομηνία και το χρόνος λήψης της εικόνας. Με την εισαγωγή των δεδομένων αυτών παρέχεται η δυνατότητα στη FLAASH διαδικασία να προσδιορίσει την θέση του ήλιου κατά την στιγμή της λήψης της εικόνας, καθώς και την

διαδρομή του φωτός μέσα από την ατμόσφαιρα μέχρι το έδαφος και πάλι πίσω μέχρι τον αισθητήρα.

- Στη συνέχεια έγινε επιλογή ενός μοντέλου της ατμόσφαιρας και ενός μοντέλου των αερίων της ατμόσφαιρας, καθώς και η ρύθμιση όλων των επιλογών του μοντέλου ατμοσφαιρικής διόρθωσης.
- Το πεδίο Atmospheric Model περιέχει τα έξι ατμοσφαιρικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται στον αλγόριθμο MODTRAN. Η επιλογή του μοντέλου μπορεί να γίνει βάση της περιεκτικότητας των υδρατμών της ατμόσφαιρας, ή βάση της αναμενόμενης θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας κοντά στην γήινη επιφάνεια. Τα έξι ατμοσφαιρικά μοντέλα MODTRAN, καθώς και η περιεκτικότητα υδρατμών και η θερμοκρασία που αντιστοιχεί στο κάθε μοντέλο, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. (ENVI, User guide).

Model Atmosphere	Water Vapor (std atm-cm)	Water Vapor (g/cm²)	Surface Air Temperature
Sub-Arctic Winter (SAW)	518	0.42	-16° C (3° F)
Mid - Latitude Winter (MLW)	1060	0.85	-1° C (30° F)
U.S. Standard (US)	1762	1.42	15° C (59° F)
Sub-Arctic Summer (SAS)	2589	2.08	14° C (57° F)
Mid-Latitude Summer (MLS)	3636	2.92	21° C (70° F)
Tropical (T)	5119	4.11	27° C (80° F)

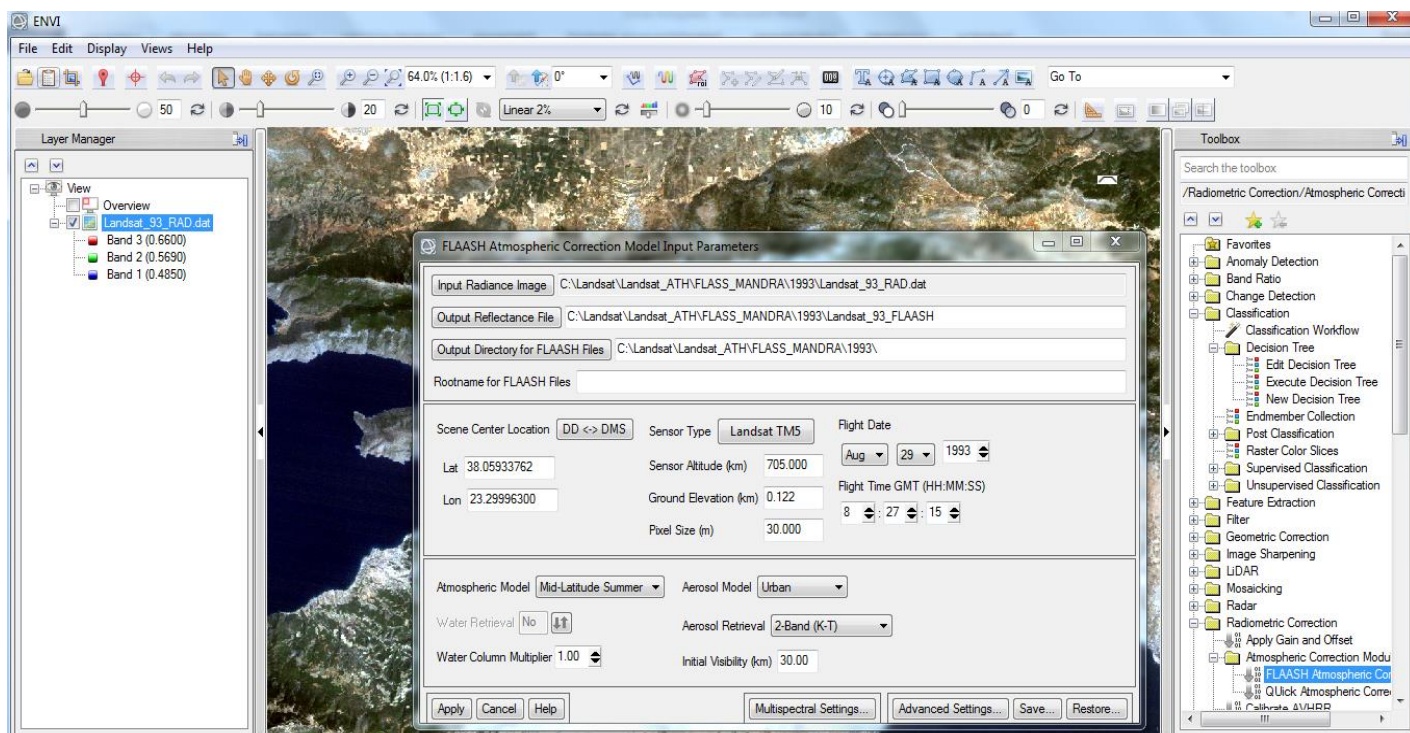
Πίνακας 20. Ατμοσφαιρικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται στον αλγόριθμο MODTRAN. Πηγή:(ENVI User guide).

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης επιλέχθηκε το μοντέλο Mid-Latitude Summer (MLS) λόγω του ότι η λήψη των δορυφορικών εικόνων έγινε σε κλιματικές συνθήκες του αντιπροσωπευτικότερου μεσογειακού θερινού μήνα για το διαμέρισμα της κεντρικής Ελλάδας. Επίσης δοκιμάστηκε και η χρήση του μοντέλου Tropical (T) χωρίς όμως να παρατηρηθούν διαφορές στο αποτέλεσμα της εικόνας.

- Το μοντέλο των αερίων της ατμόσφαιρας που επιλέχθηκε (Aerosol model) είναι το αστικό (Urban), για το λόγο ότι η περιοχή μελέτης βρίσκεται πλησίον του μεγαλύτερου αστικού κέντρου της Ελλάδας στο νομό Αττικής.
- Προκειμένου να υπολογιστούν οι τιμές ανάκλασης για κάθε εικονοστοιχείο, που αφορά την ηλιακή ακτινοβολία από το έδαφος, είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της μάζας των υδρατμών που αιωρείται στην ατμόσφαιρα (Water Retrieval). Το λογισμικό FLAASH παρέχει μέθοδο υπολογισμού της μάζας των υδρατμών ξεχωριστά για κάθε εικονοστοιχείο. Η μέθοδος αυτή δίνει ακριβέστερα αποτελέσματα κατά τη διόρθωση, όταν εκτιμηθεί

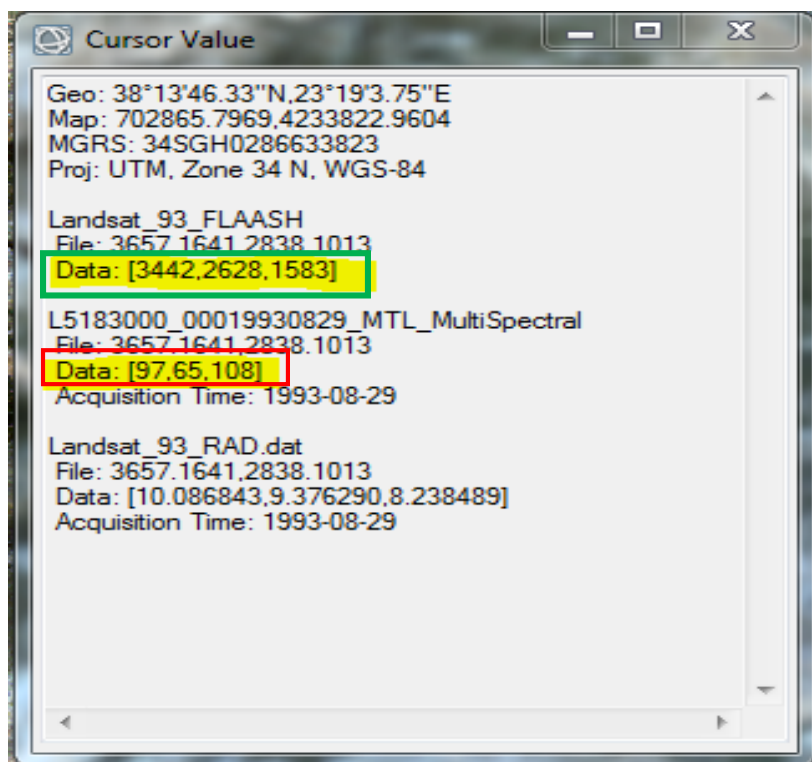
μια ενιαία σταθερή τιμή υγρασίας για όλη την εικόνα. Προκειμένου να εφαρμοστεί η μέθοδος αυτή θα πρέπει η εικόνα να περιλαμβάνει κατάλληλους διαύλους με φασματική ανάλυση 15nm ή καλύτερη. Επειδή οι περισσότεροι πολυφασματικοί αισθητήρες, δεν έχουν τους κατάλληλους διαύλους η επιλογή στο Water Retrieval πεδίο είναι NO. Η επιλογή αυτή εφαρμόζεται στις εικόνες του αισθητήρα Landsat TM.

Με βάση τα ανωτέρω οι επιλογές για την Flaash ατμοσφαιρική διόρθωση, ο πίνακας παραμέτρων διαμορφώνονται σύμφωνα με τη παρακάτω εικόνα 19.



Εικόνα 19. Εισαγωγή παραμέτρων στο μοντέλο ατμοσφαιρικής διόρθωσης FLAASH.

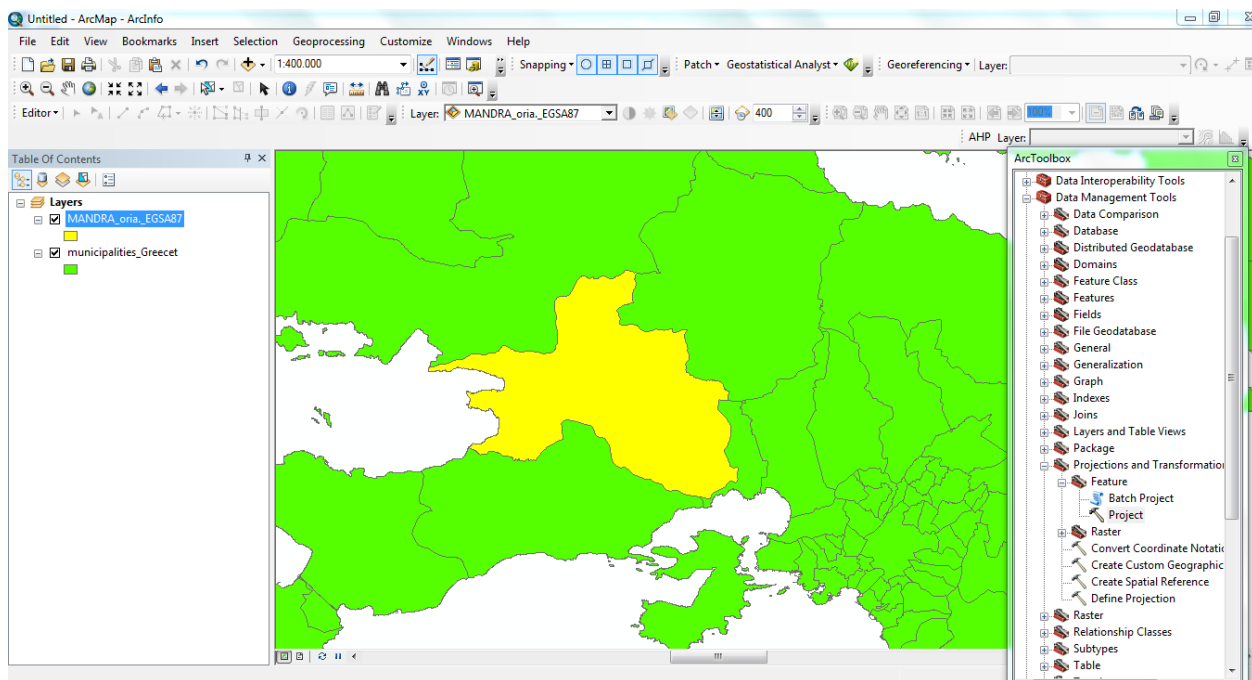
Συνοψίζοντας κατά την διαδικασία ραδιομετρικής – ατμοσφαιρικής διόρθωσης οι ψηφιακές τιμές (Digital numbers DN) όπως καταγράφησαν από τα κανάλια του αισθητήρα του Θεματικού Χαρτογράφου (Thematic Mapper TM) του δορυφόρου Landsat, αφού πρώτα μετασηματίστηκαν σε τιμές ακτινοβολίας (Radiance) στη συνέχεια μετατράπηκαν σε τιμές ανάκλασης (Reflectance). Στο προϊόν που προέκυψε μετά την ατμοσφαιρική διόρθωση με FLAASH οι τιμές ανακλαστικότητας του κάθε pixel έχουν πολλαπλασιαστεί με τον απόλυτο αριθμό 10.000, προκειμένου να μετατραπούν σε ακέραιες αριθμούς, ούτως ώστε να καταλαμβάνουν μικρότερο αποθηκευτικό χώρο στο μαγνητικό μέσο αποθήκευσης του υπολογιστή απ’ ότι θα καταλάμβαναν οι τιμές τύπου δεδομένων κινητής υποδιαστολής. Στην εικόνα 20, επισημαίνονται οι τιμές για ένα τυχαίο εικονοστοιχείο στην διορθωμένη εικόνα *Landsat_93_FLAASH*, όπου διακρίνεται το ποσοστό ανακλαστικότητας στην ατμόσφαιρα (TOA/ Top Of the Atmosphere) πολλαπλασιασμένο με τον αριθμό 10.000, και οι τιμές (Digital numbers DN) του row MultiSpectral αρχείου *L5183000_00019930829_MTL_MultiSpectral* όπως αρχικά καταγράφηκε στον αισθητήρα του θεματικού χαρτογράφου (Thematic Mapper TM) του δορυφόρου Landsat.



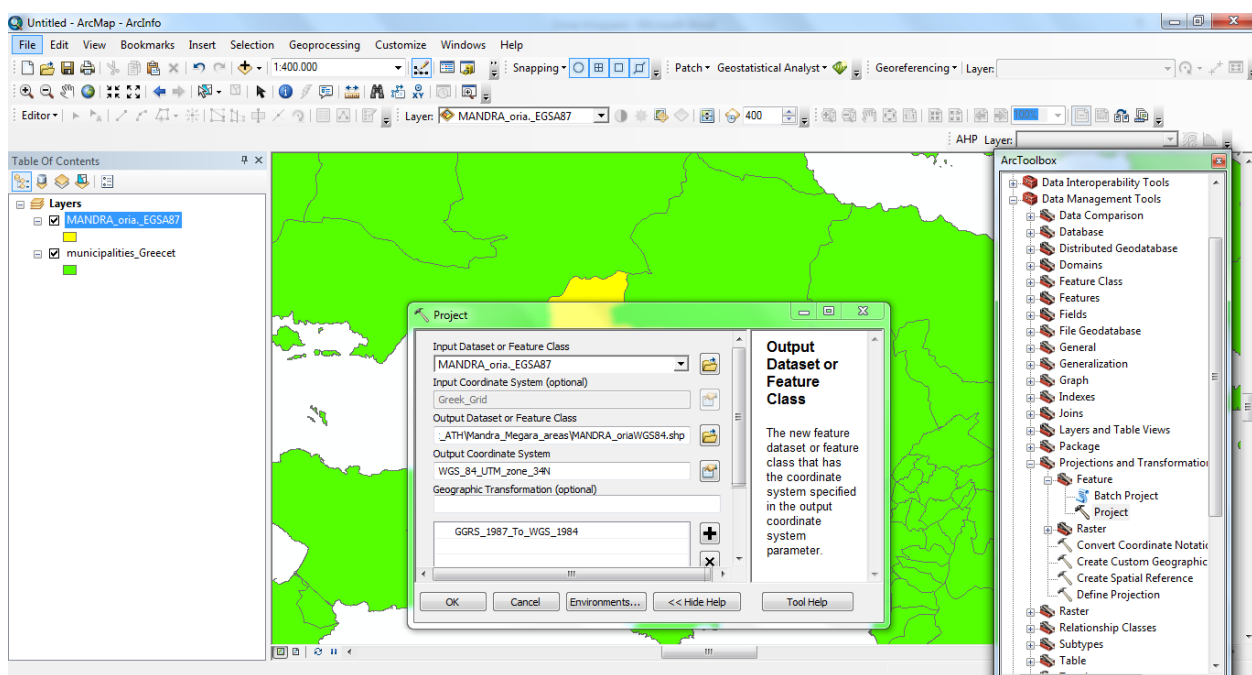
Εικόνα 20. Αντίστοιχες τιμές τυχαίου pixel, ατμοσφαιρικά διορθωμένοι με τη μέθοδο FLAASH και row data.

5.5. ΑΠΟΚΟΠΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΣΤΑ ΟΡΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Από τον διαδικτυακό τόπο <http://geodata.gov.gr/geodata/>, ανακτήθηκε το σχηματικό αρχείο των Καλλικρατικών Δήμων (municipalities_Greecetshp) ολόκληρης της Ελλάδας. Με τη χρήση του λογισμικού ArcMap 10 και την εντολή selection→select by attributes..., αποκόπηκε ο Δήμος Μάνδρας Ειδυλλίας για τις ανάγκες της μελέτης από τον υπόλοιπο Ελλαδικό χώρο και δημιουργήθηκε ένα νέο σχηματικό αρχείο (MANDRA_oria_EGSA87.shp) (Εικόνες 21 & 22). Επειδή η δορυφορική εικόνα είναι στο προβολικό σύστημα WGS 84 34N μετατράπηκε το σχηματικό αρχείο (MANDRA_oria_EGSA87.shp) με τη χρήση του εργαλείου projections and transformations→features→project από το Ελληνικό σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87 στο WGS 84 34N, προκειμένου οι δορυφορικές εικόνες και το shapefile που χρησιμοποιήθηκε για την αποκοπή των εικόνων να βρίσκονται στο ίδιο σύστημα αναφοράς.



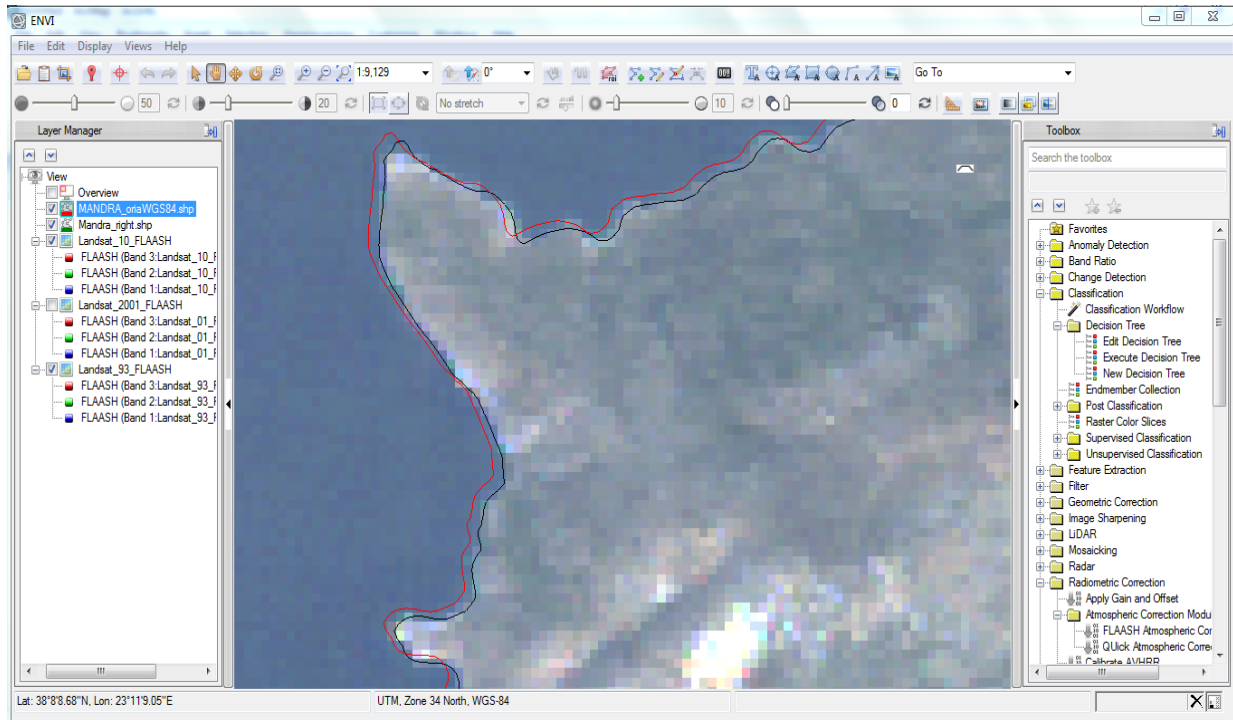
Εικόνα 21. Αποκοπή του Δήμου Μάνδρας Ειδικής από το σχηματικό αρχείο των Καλλικρατικών Δήμων της Ελλάδας.



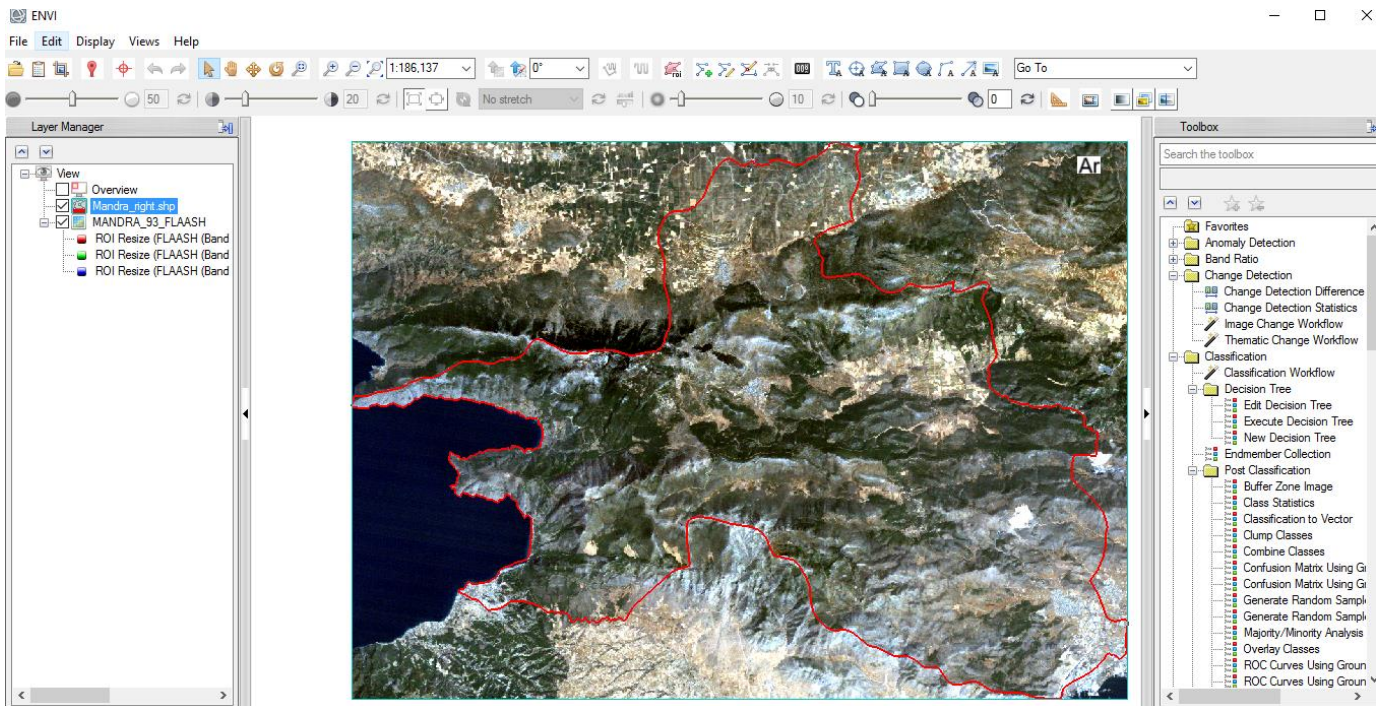
Εικόνα 22. Μετατροπή του αρχείου MANDRA_oria_EGSA87 στο προβολικό σύστημα συντεταγμένων WGS 84 34N.

Εισήχθησαν διαδοχικά στο αρχικό περιβάλλον του λογισμικού ENVI 5.1 τα αρχεία των δορυφορικών εικόνων Landsat για κάθε έτος επεξεργασίας 1993, 2001 και 2010, που υπέστησαν ραδιομετρική και ατμοσφαιρική διόρθωση και με τη χρήση του εργαλείου Subset Data From ROIs και αποκόπηκαν οι εικόνες στα όρια της περιοχής μελέτης. Το σχηματικό αρχείο **MANDRA_oriaWGS84.shp** των ορίων του Δήμου Μάνδρας Ειδικής κατά την εισαγωγή του στα αρχεία των δορυφορικών εικόνων παρουσίαζε μικρή απόκλιση εμφανή στα όρια των ακτογραμμών. Προκειμένου να εφαρμοσθούν ακριβώς τα όρια του σχηματικού αρχείου της οριογραμμής του Δήμου επί των δορυφορικών εικόνων, έγινε μικρή μετακίνηση

της οριογραμμής στο περιβάλλον του λογισμικού ArcMap 10. Το νέο αρχείο που δημιουργήθηκε ονομάστηκε **Mandra_right.shp**. (εικ. 23 & 24).



Εικόνα 23. Απόκλιση αρχείου MANDRA_oriaWGS84.shp με κόκκινο περίγραμμα, από το όριο της ακτογραμμής της δορυφορικής εικόνας & αρχείο Mandra_right.shp μετά από μετακίνησή του στο όριο της ακτογραμμής.



Εικόνα 24. Αλοκοπή εικόνας ακριβώς στα όρια της περιοχής μελέτης (σχηματικό αρχείο Καλλικρατικού Δήμου).

5.6. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

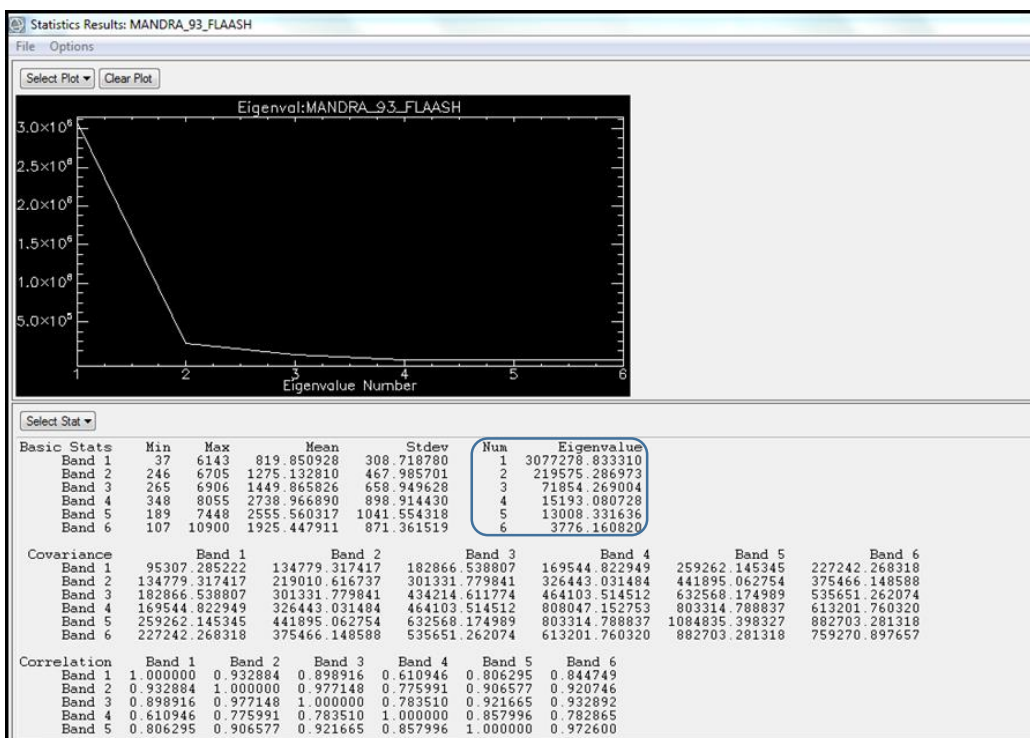
Πολύ σημαντικό στάδιο πριν τη διαδικασία της ταξινόμησης, αποτελεί η εξέταση των στατιστικών στοιχείων των εικόνων. Κατά τη διαδικασία μελετήθηκε η κατανομή των DNs σε κάθε κανάλι, τα μέγιστα και ελάχιστα, μελετήθηκε το ιστόγραμμα κάθε καναλιού και τέλος η παραλλακτικότητα των τιμών με τη βοήθεια της συσχέτισης και της συνδιακύμανσης. Σε αρκετές περιπτώσεις πολυφασματικών εικόνων, για γειτονικά φασματικά κανάλια περιέχεται σχεδόν η ίδια πληροφορία. Ο επιδιωκόμενος σκοπός κατά την ταξινόμηση της εικόνας είναι να συμπεριληφθούν τα κανάλια εκείνα που δίνουν τη μέγιστη διαχωριστική ικανότητα, δηλαδή εκείνα που εμφανίζουν τη μικρότερη συσχέτιση.

Από το αρχικό περιβάλλον του ENVI εισάγουμε το αρχείο Mandra_93_FLAASH και από την εργαλειοθήκη επιλέγουμε το εργαλείο Compute Statistics. Εισάγουμε το αρχείο Mandra_93_FLAASH και στο παράθυρο των στατιστικών παραμέτρων που ανοίγει (Compute Statistics Parameters) ενεργοποιούμε τα πεδία Histograms και Covariance καθώς και τα πεδία Output to a Statistics File και ορίζουμε τη διαδρομή και το ονόματα του αρχείου που θα περιέχει τα στατιστικά (το αρχείο που θα δημιουργηθεί θα έχει κατάληξη .sta).

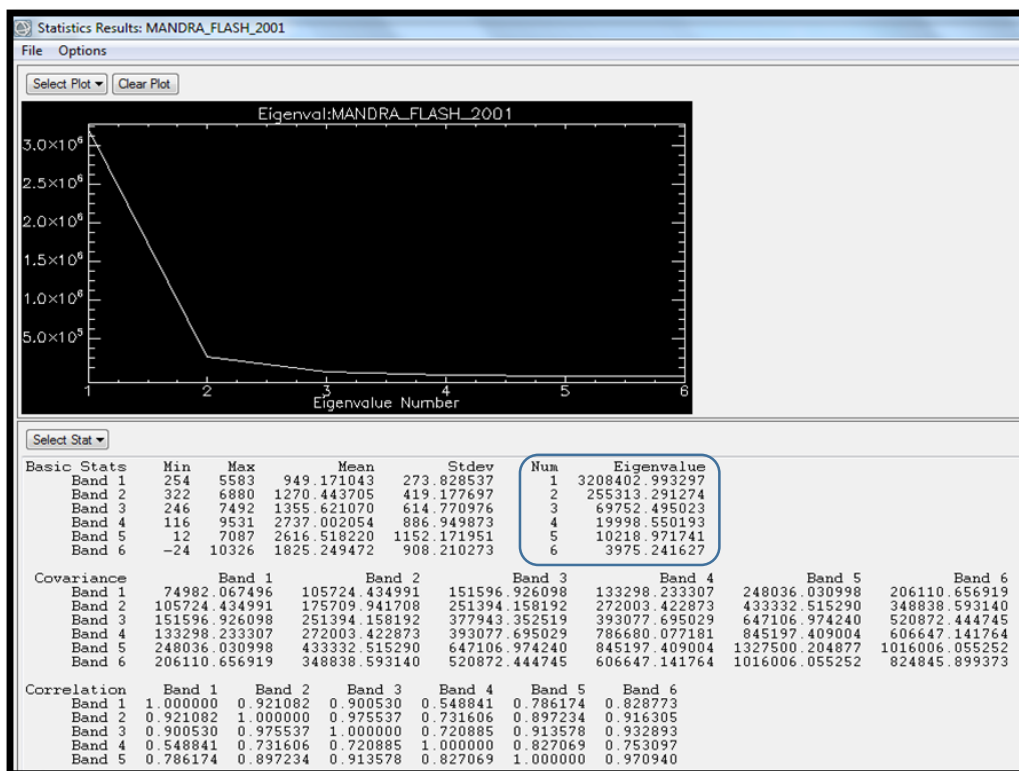
Στο νέο παράθυρο των αποτελεσμάτων από το plot statistics επιλέγουμε Eigenvalues (ιδιοτιμές) και από το select stats το basic statistics. Οι τιμές που αναγράφονται στη στήλη Eigenvalues (ιδιοτιμές) αφορούν το μέγεθος της πληροφορίας για κάθε ένα κανάλι της πολυφασματικής μας εικόνας μετά από μετασχηματισμό αυτής εικόνας με τη μέθοδο της ανάλυσης κυρίων συνιστωσών (Principal Component Analysis, PCA). Στις εικόνες 27, 28 και 29, παρατηρούμε πως στη κάθε μια δορυφορική εικόνα των ετών 1993, 2001 και 2010 αντίστοιχα, τα τρία (3) πρώτα κανάλια (band1, band2 και band3) περιλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό πληροφορίας. Επίσης στην κατηγορία Correlation (συσχέτιση) καταγράφεται ο λόγος των καναλιών που προσδίδει το μέγεθος συσχέτισης μεταξύ αυτών.

Όσο πιο κοντά στην μονάδα είναι ο αριθμός συσχέτιση μεταξύ των καναλιών τόσο περισσότερο συσχετισμένες είναι οι τιμές τους, δηλαδή περιέχουν την ίδια περίπου πληροφορία. Κατά τη διαδικασία της ταξινόμησης αυτό που επιδιώκεται είναι η συσχέτιση μεταξύ των καναλιών να έχει τη μικρότερη δυνατή τιμή. Δηλαδή λιγότερα κανάλια με μικρή συσχέτιση (μεγάλη παραλλακτικότητα) και όχι πολλά κανάλια με περιττή πληροφορία. Επίσης για την επιλογή των καναλιών εκτός από το μέγεθος της μεταξύ του παραλλακτικότητας σημασία έχει και το είδος του χαρακτηριστικού που επιθυμούμε να ταξινομήσουμε (π.χ. έδαφος βλάστηση κ.λ.π.). Από τον πίνακα των στατιστικών στοιχείων της συσχέτισης μεταξύ των καναλιών παρατηρήθηκε ότι τα κανάλια 1, 4 και 5 παρουσιάζουν το μικρότερο βαθμό συσχέτισης. Μια επιλογή για την εικόνα 30, του παραδείγματος θα μπορούσε να είναι **1-4>0,454196**, **1-5>0,736891** και **4-5>0,783697**. Τα ίδια κανάλια παρουσιάζουν την μεγαλύτερη μεταξύ τους παραλλακτικότητα και για τις υπόλοιπες δορυφορικές εικόνες Landsat, των ετών 2001 και 1993. Προκειμένου να μειωθεί ο χρόνος επεξεργασίας των δεδομένων και ο αποθηκευτικός χώρος που απαιτείται, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα κανάλια **1**, **4** και **5** τα οποία παρέχουν τη μικρότερη μεταξύ των καναλιών δυνατή συσχέτιση (μεγάλη παραλλακτικότητα), αποφεύγοντας έτσι την περιττή πληροφορία. Επί της ουσίας όμως για την συγκεκριμένη εργασία μπορούμε να εκτελέσουμε την ταξινόμηση με όλα τα κανάλια, για το λόγο ότι ο όγκος των εικόνων ανέρχεται σε 11.996

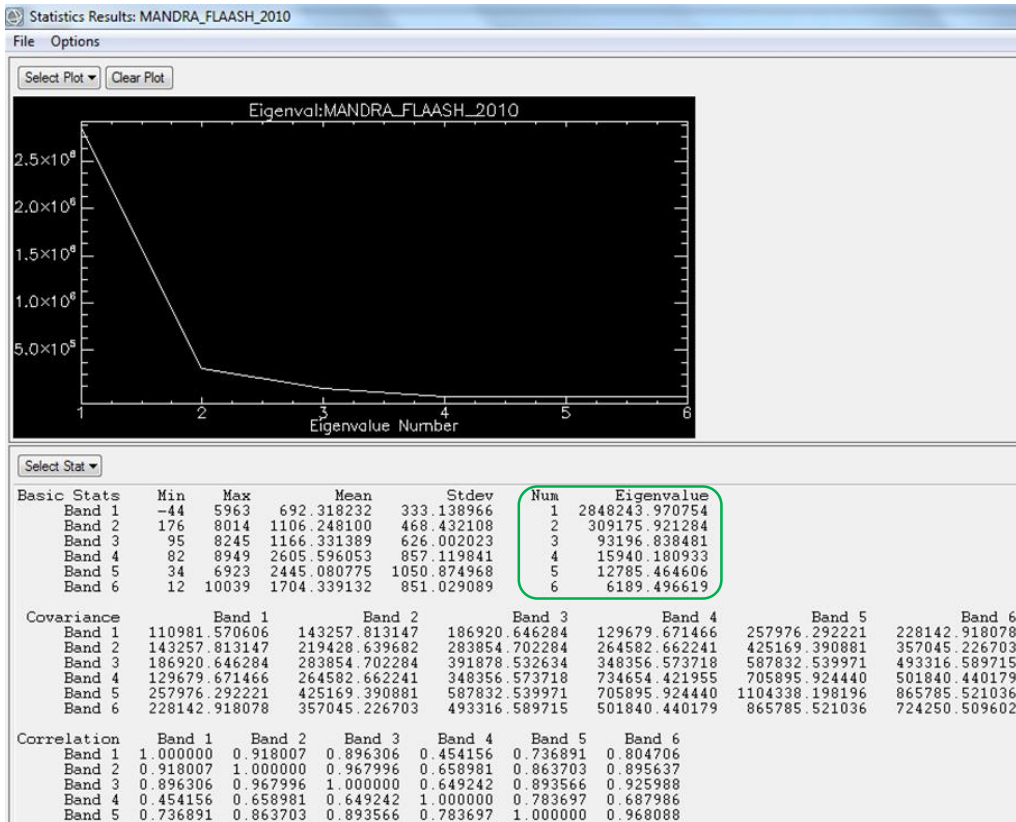
έως 12.006 Kb. Σε άλλες περιπτώσεις που ο όγκος της εικόνας μπορεί να φτάσει εκατοντάδες Mb ή και Gb, ο περιορισμός των καναλιών στα απαραίτητα είναι μια πολύ καλή και αποδοτική πρακτική.



Εικόνα 27. Ιστόγραμμα ιδιοτιμών (Eigenvalues) στη δορυφορική εικόνα έτους 1993.



Εικόνα 28. Ιστόγραμμα ιδιοτιμών (Eigenvalues) στη δορυφορική εικόνα έτους 2001.



Εικόνα 29. Ιστογράμμο ιδιοτιμών (Eigenvalues) στη δορυφορική εικόνα έτους 2010.

Correlation	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6
Band 1	1.000000	0.918007	0.896306	0.454156	0.736891	0.804706
Band 2	0.918007	1.000000	0.967996	0.658981	0.863703	0.895637
Band 3	0.896306	0.967996	1.000000	0.649242	0.893566	0.925988
Band 4	0.454156	0.658981	0.649242	1.000000	0.783697	0.687986
Band 5	0.736891	0.863703	0.893566	0.783697	1.000000	0.968088
Band 6	0.804706	0.895637	0.925988	0.687986	0.968088	1.000000

Εικόνα 30. Στατιστικά στοιχεία δεικτών συσχέτισης μεταξύ των καναλιών της δορυφορικής εικόνας τους 2010.

5.7. ΜΗ ΕΠΙΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Αποτελεί αυτοματοποιημένη μέθοδο στο στάδιο της εκπαίδευσης των περιοχών, κατά την οποία χωρίς να υπάρχει γνώση των χαρακτηριστικών της περιοχής, με τη χρήση στατιστικών κανόνων εντοπίζονται ομάδες εικονοστοιχείων με παρόμοια φασματικά χαρακτηριστικά, οι οποίες καλούνται εκπαιδευτικές ομάδες (training clusters). Η απόδοση των ομάδων αυτών σε τάξεις με φυσική σημασία, γίνεται αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της ταξινόμησης.

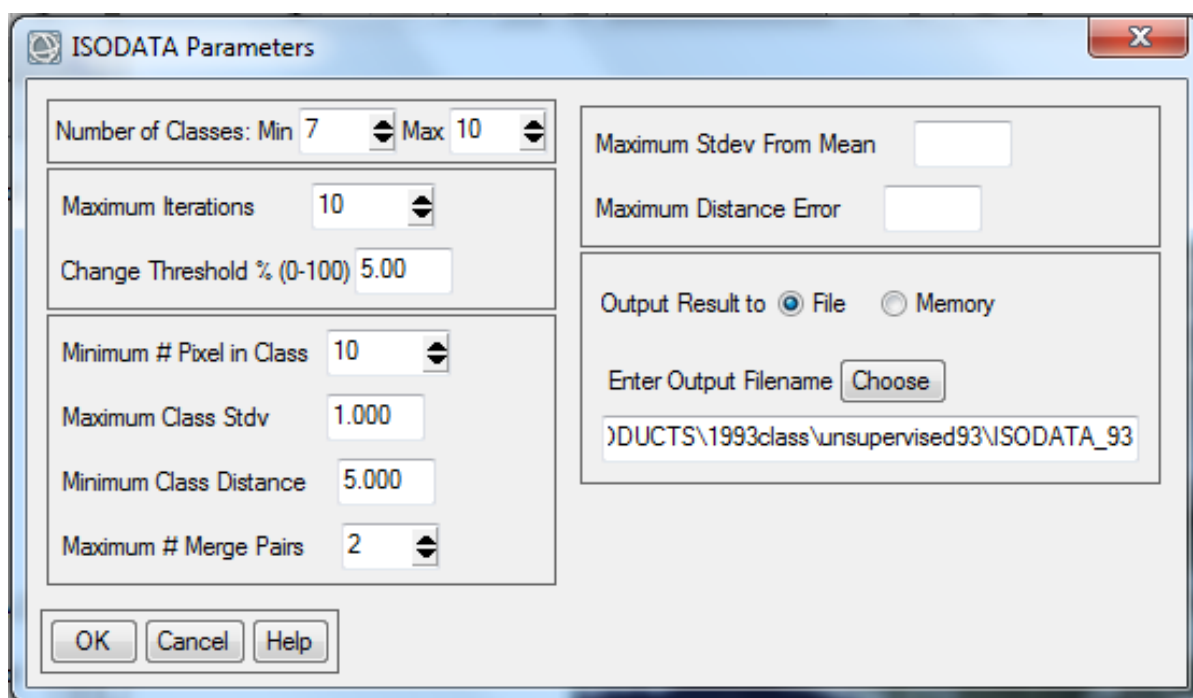
Το στάδιο της εκπαίδευσης ολοκληρώνεται με τη δημιουργία ενός αριθμού φασματικών, υπογραφών που καθορίζουν τα εκπαιδευτικά δείγματα δηλαδή το σύνολο των εικονοστοιχείων που αντιπροσωπεύει μια τάξη. Κάθε υπογραφή αντιστοιχεί σε μια τάξη και

χρησιμοποιείται από το κριτήριο ταξινόμησης για να αποδώσει τα στοιχεία. (Κ. Καρτάλης & Χ. Φειδάς, 2006).

Σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιήθηκε η τεχνική ομαδοποίησης τύπου ISODATA, η οποία υπολογίζει ομάδες κλάσεων (clusters), ομαλά κατανεμημένων στο χώρο των δεδομένων. Η διαδικασία για να σχηματιστούν οι ομάδες αυτές, περιλαμβάνει υπολογισμό κλάσης, συγκέντρωση εναπομεινάντων εικονοστοιχείων (pixels), επαναπροσδιορισμό κλάσεων κοκ, χρησιμοποιώντας την τεχνική των ελαχίστων φασματικών αποστάσεων. Σε κάθε επανάληψη επαναυπολογίζεται ο μέσος, και επαναταξινομούνται τα εικονοστοιχεία (pixels) σε σχέση με τους νέους μέσους. Η επαναλαμβανόμενη διαίρεση, συγχώνευση και διαγραφή των κλάσεων, γίνεται με βάση τα όρια εμπιστοσύνης που θέτει ο μελετητής. Όλα τα εικονοστοιχεία ταξινομούνται στην κοντινότερη προς το καθένα κλάση, εκτός και εάν έχει καθορισθεί κάποια τιμή τυπικής απόκλισης ή όριο απόστασης, οπότε κάποια εικονοστοιχεία θα μείνουν αταξινόμητα εάν δεν πληρούν τα προκαθορισμένα κριτήρια (Του J. T. et al., 1974).

Επιλέχθηκε από την εργαλειοθήκη **Classification > Unsupervised > Isodata**. Η διαδικασία της μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης εφαρμόζεται για κάθε μία δορυφορική εικόνα Landsat των ετών 1993, 2001 και 2010 αντίστοιχα.

Στο παράθυρο ISODATA Parameters, του εργαλείου ταξινόμησης του λογισμικού ENVI, εισάγουμε τα παρακάτω στοιχεία:



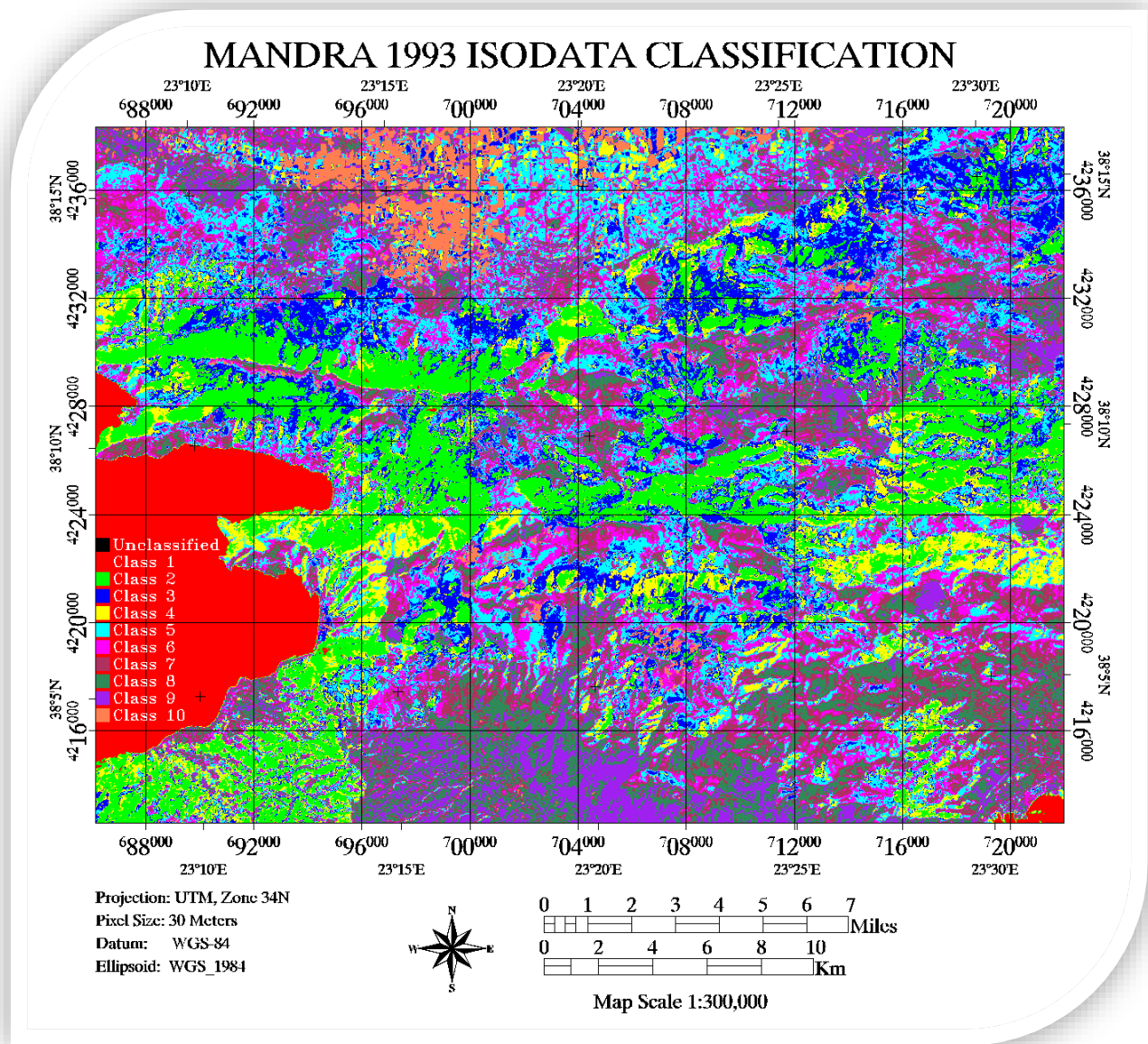
Εικόνα 25. Παράθυρο ταξινόμησης ISODATA.

Στο παράθυρο των παραμέτρων και στο πεδίο **Number of Classes**, δηλώσαμε ο ελάχιστος αριθμός των κλάσεων που θα δημιουργηθεί από τον ταξινομητή, να μην είναι μικρότερος από 7 (min 7) και μεγαλύτερος από 10(max 10). Η μέθοδος ISODATA διαρεί και συγχωνεύει κλάσεις μέχρι να καταλήξει μετά από ένα αριθμό επαναλήψεων στην άριστη λύση, βάση των ορίων εμπιστοσύνης που θα ορίσει στο σύστημα ο μελετητής.

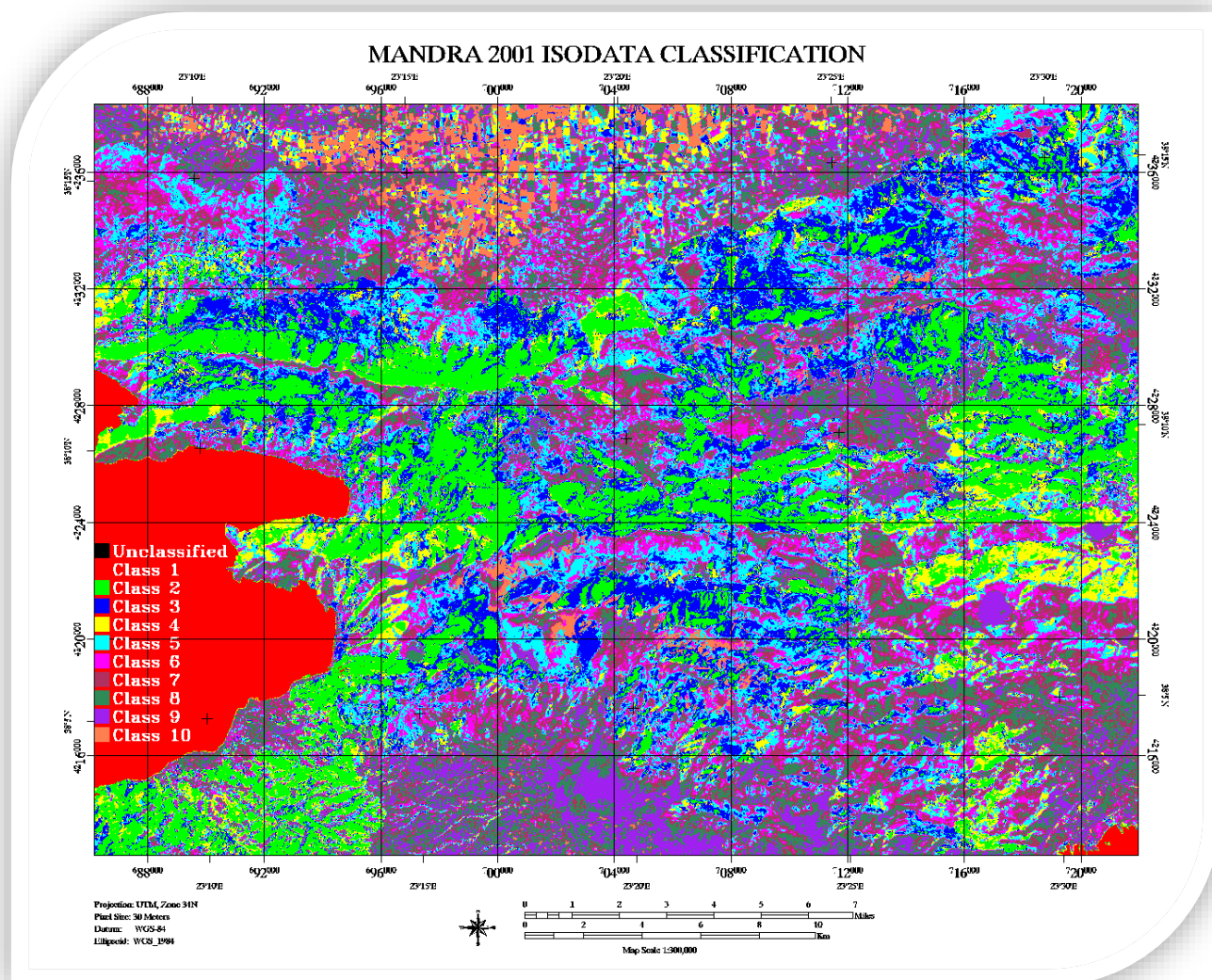
- Στο πεδίο **Minimum Iterations** (μέγιστος αριθμός επαναλήψεων) δηλώσαμε να αριθμούν σε **10**.
- Στο πεδίο **Change Threshold**, δηλαδή βαθμός εμπιστοσύνης για την ταξινόμηση ή μη, ενός εικονοστοιχείου σε μία κλάση η τιμή διατηρήθηκε όπως την όρισε το σύστημα.
- Στο πεδίο **Maximum Pixels in Classes**, δηλαδή ο ελάχιστος αριθμός των εικονοστοιχείων που μπορούν να αποτελέσουν μια κλάση καθορίστηκε σε **10**. Σε περίπτωση που ο αριθμός αυτός είναι μικρότερος, τότε η κλάση αυτή διαγράφεται από το σύστημα και τα εικονοστοιχεία συγχωνεύονται στις πλησιέστερες κλάσεις.
- Στο πεδίο **Minimum Class Distance**, το οποίο αφορά την ελάχιστη απόσταση μεταξύ των μέσων των κλάσεων τιμές (DN), διατηρήθηκε η εξ ορισμού τιμή του ταξινομητή. Αν η τιμή αυτή ξεπεραστεί τότε η κλάση συγχωνεύεται σε άλλη.
- Στο πεδίο **Maximum Merge Pairs**, οποίο αφορά τον ελάχιστο αριθμό των κλάσεων που συγχωνεύεται, διατηρήθηκε η τιμή που ορίστηκε από το σύστημα.
- Το πεδίο **Stdev From Mean** είναι προαιρετικό. Το πεδίο αυτό αφορά τη μέγιστη τυπική απόκλιση και σε περίπτωση που η τιμή αυτή ξεπεραστεί τότε η κλάση διαιρείται.
- Το πεδίο **Maximum Distance Error** είναι προαιρετικό.
- Στο πεδίο **Output Filename** εισαγάγαμε την ονομασία του παραγόμενου αρχείου ταξινόμησης της εικόνας.

Η ίδια διαδικασία εφαρμόστηκε για τη χρονική σειρά των δορυφορικών εικόνων, Αύγουστο 1997, Αύγουστος 2001 και Αύγουστος 2010. Τα εξαγόμενα αρχεία που προέκυψαν μετά την εφαρμογή του ταξινομητή ISODATA, αποτελούνται από τρεις (3) ψευδέχρωμες εικόνες στις οποίες ταξινομούνται 10 διαφορετικές τάξεις με διαφορετικό χρώμα η κάθε μια, όπως εμφανίζονται στο υπόμνημα του χάρτη που δημιουργήθηκε για κάθε εικόνα της περιοχής μελέτης.

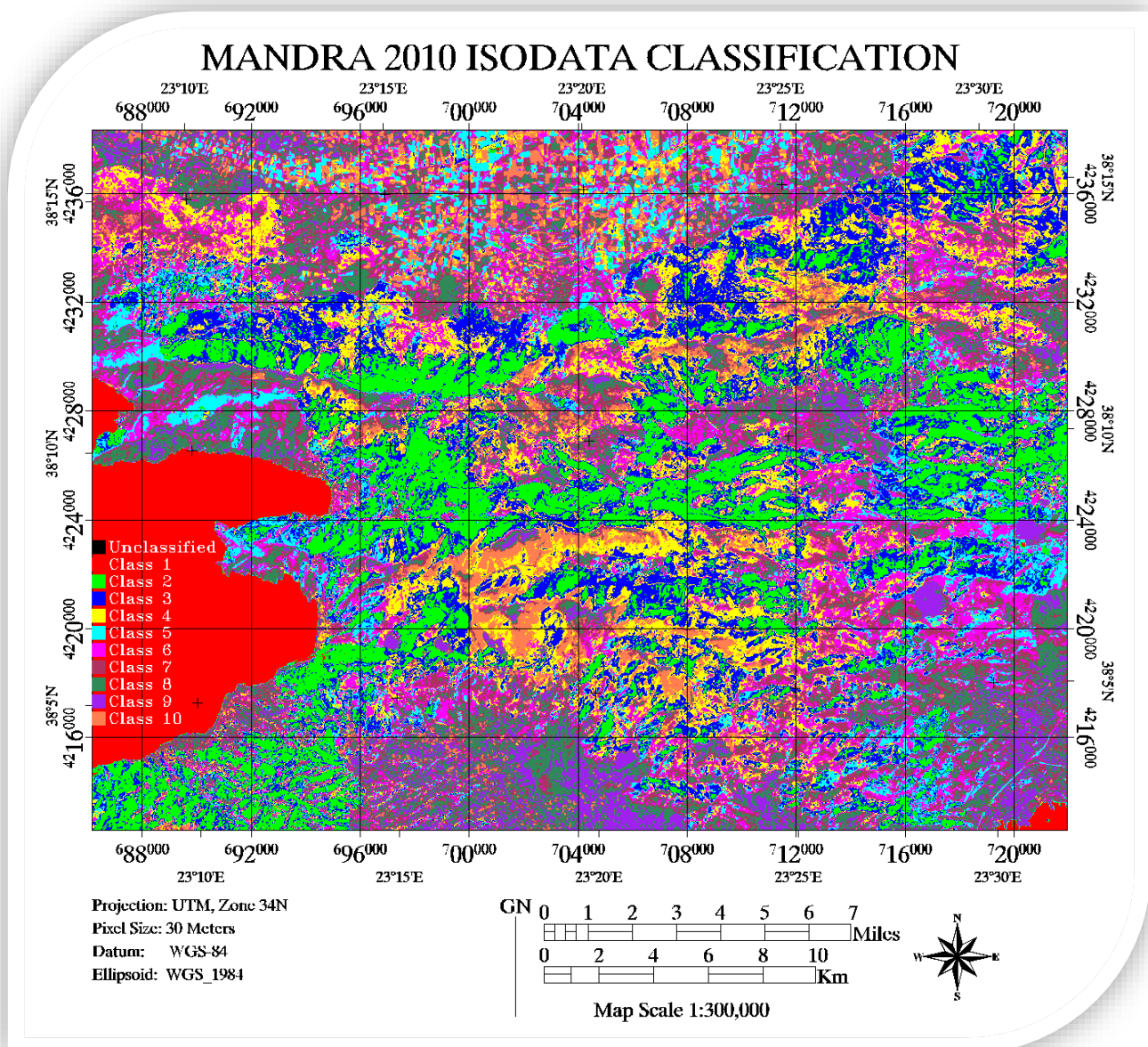
Επίσης αναλύονται τα προϊόντα της ταξινόμησης προκειμένου να παραχθούν χρήσιμα συμπεράσματα που θα συμβάλουν στο σωστό διαχωρισμό των κλάσεων/χρήσεων γης και στην επιλογή της αποτελεσματικότερης μεθόδου.



Χάρτης 2. Χάρτης μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης ISODATA Αύγουστος 1993. (Λογισμικό ENVI 5.1).



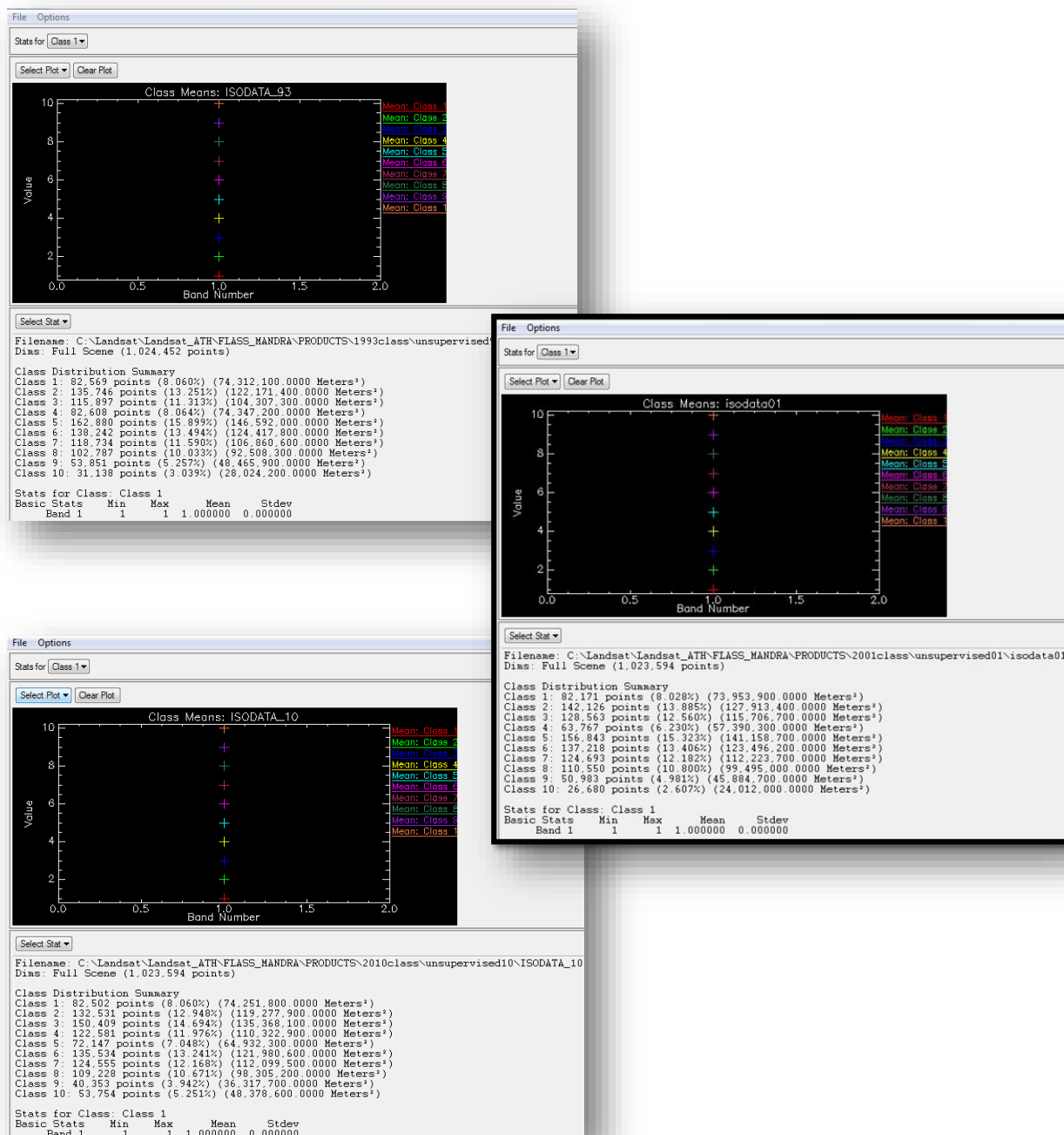
Χάρτης 3. Χάρτης μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης ISODATA Αύγουστος 2001. (Λογισμικό ENVI 5.1).



Χάρτης 4. Χάρτης μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης ISODATA Αύγουστος 2010. (Λογισμικό ENVI 5.1).

Στο σημείο αυτό παρατηρούμε ότι οι χάρτες αλλαγής χρήσης είναι δύσκολο να ερμηνευτούν. Η ερμηνεία αφορά τους τύπους κάλυψης και την κατηγορία που ανήκουν οι εκτάσεις. Για να παράγουμε ακριβή και έγκυρα συμπεράσματα, απαραίτητη είναι η μελέτη πεδίου κατά την οποία ταυτοποιείται το τι φαίνεται στην ψηφιακή εικόνα, με το τι ήταν στην πραγματικότητα τη στιγμή που καταγράφηκε η δορυφορική εικόνα. Για την εργασία αυτή, απαραίτητη είναι η γνώση της περιοχής μελέτης αλλά και άλλα στοιχεία. Από τη μελέτη των εικόνων, μετά την εφαρμογή της μεθόδου ταξινόμησης ISODATA, παρατηρήθηκε μεγάλη ανομοιομορφία στον κάμπο των Πλαταιών, που κείται βορείως του Δήμου Μάνδρας και επεκτείνεται προς το νομό Βοιωτίας. Εντός της έκτασης αυτής η οποία καταλαμβάνει μεγάλη συγκριτικά επιφάνεια, παρόλο που η χρήση γης είναι γεωργικά καλλιεργούμενη, συμπεριλαμβάνεται ένας μεγαλύτερος αριθμός κλάσεων ταξινόμησης. Για παράδειγμα από

παρατηρήσεις που γίναν σε αντιπαραβολή με τις εικόνες από το Google Earth φωτοληψίας πλησιών των ετών λήψης των δορυφορικών εικόνων της μελέτης, γεωργικές εκτάσεις απεικονίζονται σαν γυμνές εκτάσεις ή σαν αστικές περιοχές ή σαν εκτάσεις με χαλαρή αυτοφυή βλάστηση, καθώς κι σε άλλες διαφορετικές κατηγορίες κλάσεων, που για τον καθορισμό τους απαιτείται μελέτη πεδίου ή διαφορετικά θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί επιστημονική λογική για να συγκεντρωθούν οι διάφορες κοινές κατηγορίες σε κατηγορίες χρήσης γης, η οποία όμως δεν αποτελεί ενέργεια της παρούσας μελέτης. (<http://academic.emporia.edu/aberjame/student/banman5/perry3.html>.)



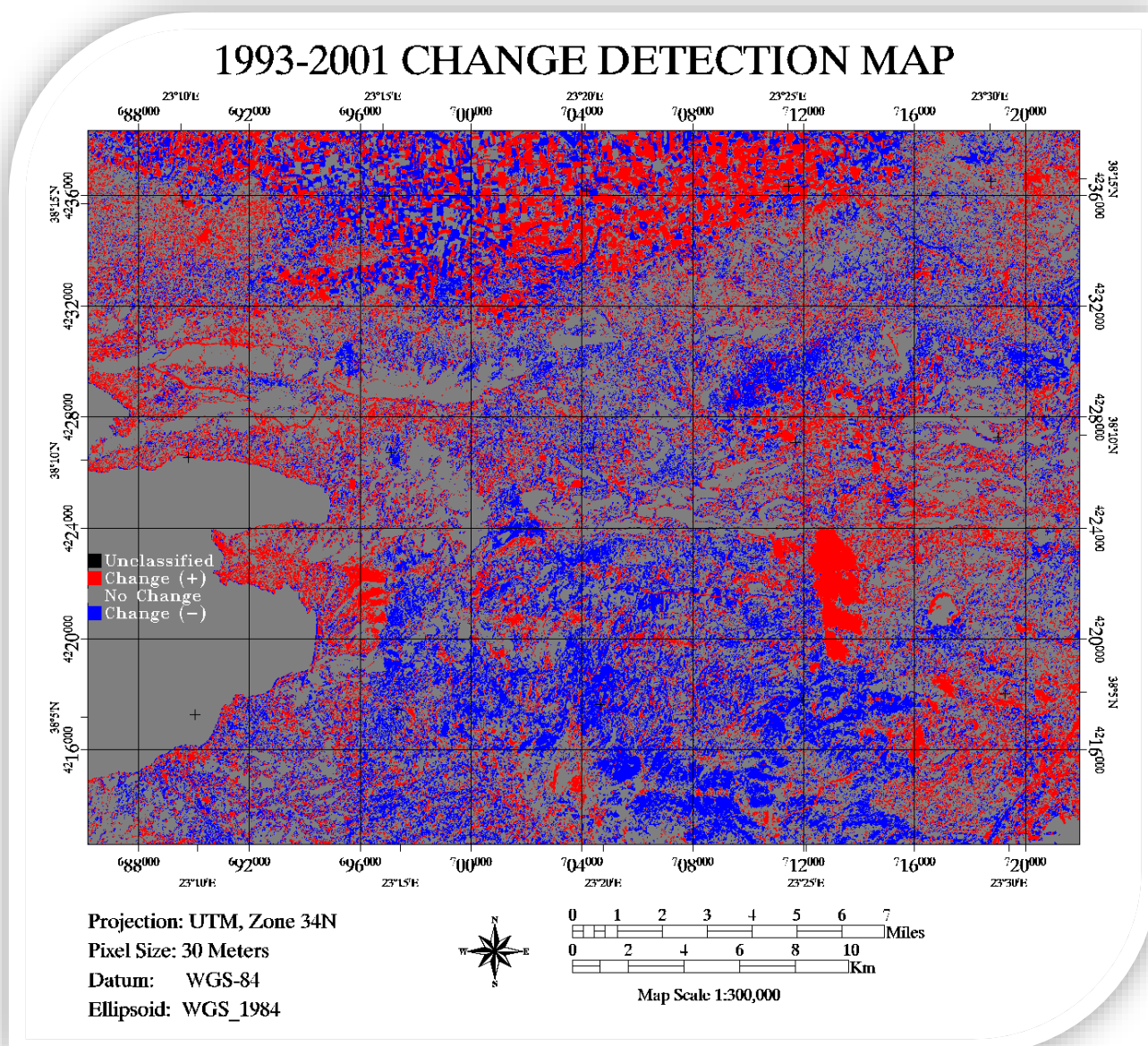
Εικόνα 26. Στατιστικά στοιχεία ISODATA ταξινομημένων εικόνων 1993,2001 και 2010.

Από την συγκριτική παρατήρηση των στατιστικών πινάκων των αποτελεσμάτων της μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης ISODATA, στους οποίους αναγράφονται τα στατιστικά

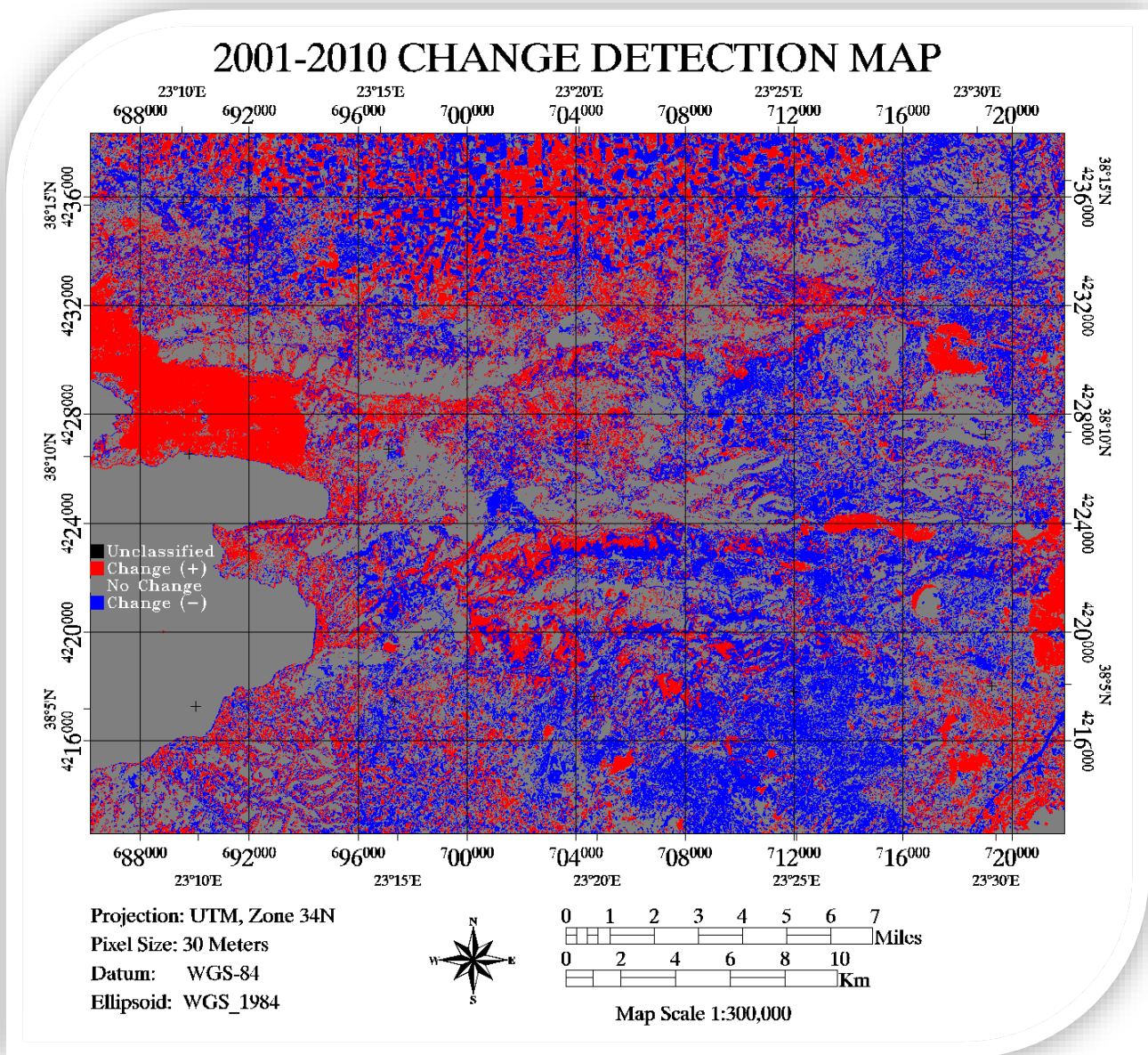
στοιχεία των 10 διακριτών κλάσεων ταξινόμησης (αριθμός εικονοστοιχείων και έκταση που καταλαμβάνουν συνολικά σε τετραγωνικά μέτρα), παρατηρήθηκαν αλλαγές κυρίως μεταξύ των ετών 1993-2010 και 2001-2010 οι οποίες μπορούν να αξιολογηθούν.

Με βάση τα προϊόντα της ταξινόμησης, αποτυπώθηκαν οι αλλαγές ανάμεσα στις 3 διαδοχικές χρονικές περιόδους χαρτογραφικά, σε τρεις (3) νέους χάρτες.

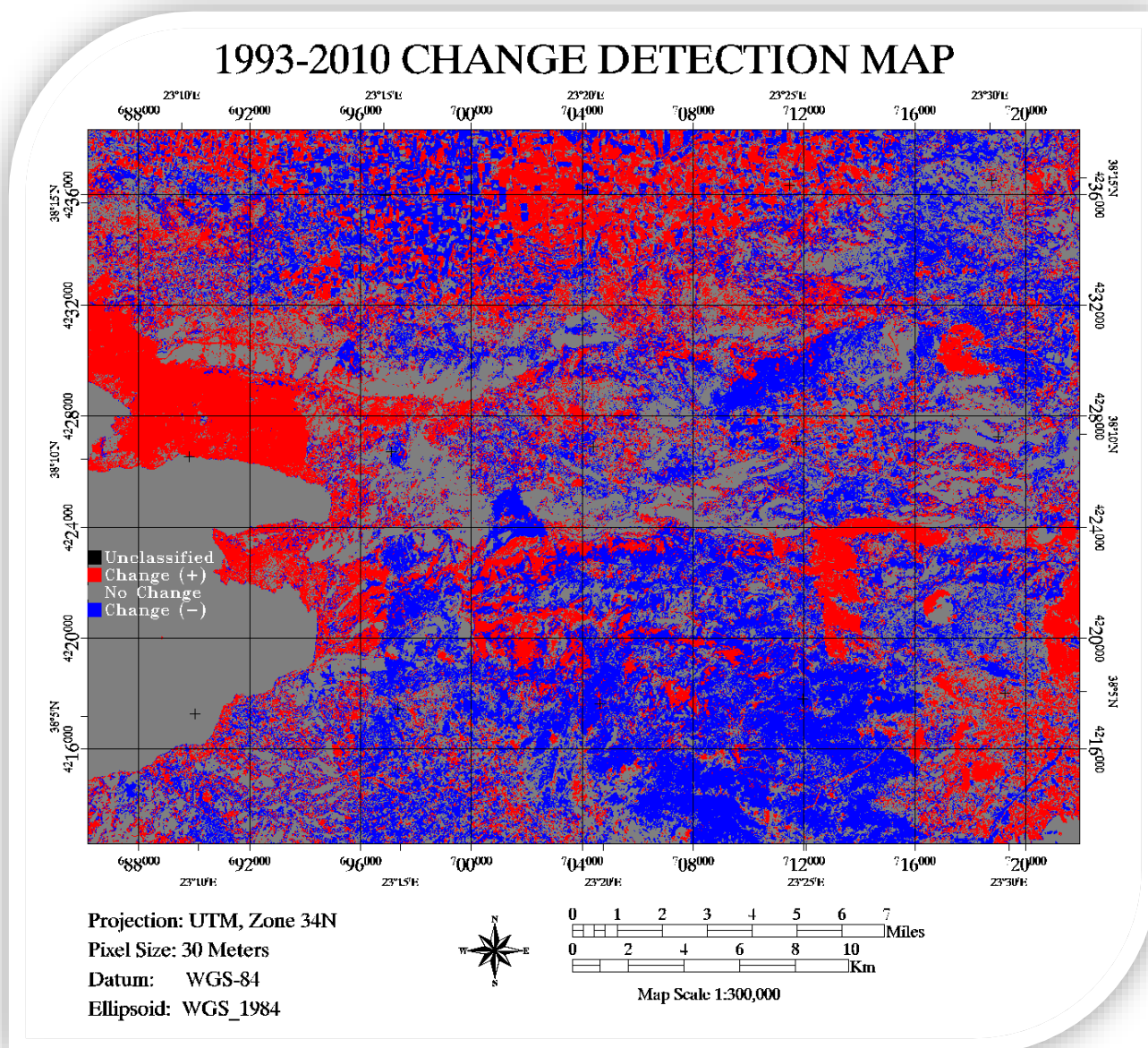
- ✓ Χάρτης αλλαγών 1993-2001
- ✓ Χάρτης αλλαγών 2001-2010
- ✓ Χάρτης αλλαγών 1993-2010



Χάρτης 5. Χάρτης αλλαγών κάλυψης γης (ISODATA) Μάνδρας 1993 – 2001. (Λογισμικό ENVI 5.1).



Χάρτης 6. Χάρτης αλλαγών κάλυψης γης (ISODATA) Μάνδρας 2001- 2010. (Λογισμικό ENVI 5.1).



Χάρτης 7. Χάρτης αλλαγών κάλυψης γης (ISODATA) Μάνδρας 1993– 2010. (Λογισμικό ENVI 5.1).

5.7.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΜΗ ΕΠΙΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Τα παραπάνω στοιχεία, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι στη περιοχή μελέτης (Μάνδρας) για τις χρονικές περιόδους μελέτης που έχουν καθοριστεί, υπάρχουν σημαντικές αλλαγές στη κάλυψη γης, αλλά δεν μπορούν να δημιουργηθούν συγκεκριμένες κλάσεις χρήσης/ κάλυψης γης και να εξαχθούν συμπεράσματα ως προς τη κατεύθυνση των αλλαγών. Οι παραγόμενοι χάρτες είναι υπερβολικά φασματικά πολύπλοκοι για την οριοθέτηση των μορφών/ χρήσεων γης. Τις λεπτομέρειες αυτές και τον αριθμό και το είδος των συγκεκριμένων κλάσεων ταξινόμησης θα τις καθορίσει η επιβλεπόμενη ταξινόμηση.

Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τον καθορισμό των διαφόρων κλάσεων ταξινόμησης, σημαντικό ρόλο θα παίξει η μελέτη πεδίου, προκειμένου δημιουργηθούν διαιρέσεις των κλάσεων στις περιοχές που παρουσιάζουν μεγάλη ανομοιομορφία, στις οποίες παρατηρείται το φαινόμενο, **διαφορετικές μορφές κάλυψης γης να ανήκουν στην ίδια χρήση γης**. Όπως για παράδειγμα οι γεωργικά καλλιεργούμενες εκτάσεις στον κάμπο των Πλαταιών, οι οποίες καταλαμβάνουν μεγάλη συγκριτικά επιφάνεια, παρόλο που η χρήση γης είναι γεωργικά καλλιεργούμενη, συμπεριλαμβάνεται ένας μεγαλύτερος αριθμός φασματικών κλάσεων ταξινόμησης, οι οποίες αποτελούν μια πολύπλοκη υπόθεση, στον τομέα της ταξινόμησης.

Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί, ότι η ταξινόμηση που βασίζεται σε δορυφορικές εικόνες μεγάλης χωρικής κλίμακας τύπου Landsat TM, πάντα θα εγκυμονεί αυτό το πρόβλημα, επειδή η μικρή τους χωρική ανάλυση δεν είναι αρκετή να αιχμαλωτίσει την ετερογενή φύση του εδάφους και τους διάφορους τύπους βλάστησης.

5.8. ΕΠΙΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Μία από τις βασικότερες Ψηφιακές Επεξεργασίες των Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων είναι η επιβλεπόμενη ταξινόμησή τους σε κατηγορίες χρήσεων / καλύψεων γης ή άλλων ενδιαφερουσών εμφανίσεων (γεωλογικών, εδαφολογικών, πυκνοτήτων οικισμών κ.λ.π.). Κατά την επεξεργασία αυτή, με βάση τα στοιχεία κατάλληλων και επαρκών πολυγώνων επιγείων ελέγχων οι οποίοι πραγματοποιούνται σε ομοιογενείς ζώνες (ζώνες ιδίων στοιχείων, εμφανίσεων, χρήσεων, καλύψεων, προτύπων, συνθηκών κ.λ.π.) και την αντιστοίχισή τους με τις συγκεκριμένες ψηφιακές τιμές των απεικονίσεών τους, εκπαιδεύεται ένας ειδικός αλγόριθμος ο οποίος αποδίδει τις υπόλοιπες περιοχές των πολυφασματικών Ψηφιακών Τηλεπισκοπικών Απεικονίσεων, ανάλογα με τις ψηφιακές τους τιμές, στις αντίστοιχες κατηγορίες οντοτήτων των επιγείων ελέγχων.

Το κύριο πρόβλημα με την ταξινόμηση των τύπων μορφής/χρήσεων γης, είναι ότι λόγω του ετερογενούς εδάφους και της βλάστησης, ορισμένα είδη μπορεί να έχουν παρόμοιες φασματικές υπογραφές. Για το λόγο αυτό και μετά από πολλές δοκιμές, προτιμήθηκε μη παραμετρική μέθοδος ταξινόμησης η οποία δεν εξαρτάται από στατιστικά στοιχεία και για το λόγο αυτό δεν εξαρτάται από τις ενδογενείς ιδιότητες των δεδομένων (Καρτάλης, 2006).

Η μέθοδος της επιβλεπόμενης ταξινόμησης η οποία χρησιμοποιήθηκε στην περιοχή του Δήμου Μάνδρας Ειδυλλίας, έγινε με τον αλγόριθμο των ΜΗΧΑΝΩΝ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΩΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ (ΜΔΥ) (SUPPORT VECTOR MACHINES, SVMs), σύμφωνα με τον οποίο οι ΜΔΥ μεταφέρουν τα δεδομένα στο «χώρο χαρακτηριστικών», στον οποίο τα δεδομένα είναι γραμμικά διαχωριζόμενα και έχουν μεγαλύτερες διαστάσεις, όπου γίνεται ο υπολογισμός ενός πολυεπιπέδου μέγιστου διαχωρισμού των δύο τάξεων.

Κατά την διαδικασία της επιβλεπόμενης ταξινόμησης ακολουθήθηκαν τα παρακάτω στάδια:


1. Επιλογή του πλήθους και είδους των τάξεων (τελικές κλάσεις- πληροφοριακές τάξεις).
2. Λήψη στοιχείων Υπαίθρου.






3. Επιλογή και λήψη των δειγμάτων από κάθε τάξη. Γίνεται εκπαίδευση της μεθόδου ταξινόμησης για την εύρεση ενός διαχωριστικού επιπέδου.
4. Χρήση των δειγμάτων για τον προσδιορισμό των παραμέτρων/κριτηρίων για τη δημιουργία του ταξινομητή. Το σύνολο των παραμέτρων κάθε τάξης με τη βοήθεια των οποίων θα ταξινομηθούν οι υπόλοιπες ψηφίδες της εικόνας, ονομάζεται υπογραφή (signature) της αντίστοιχης τάξης.
5. Χωρισμός δεδομένων σε δύο ομάδες:
6. Ομάδα εκπαίδευσης (Training set)-δεδομένα γνωστής προέλευσης για εκπαίδευση της μεθόδου.
7. Ομάδα για τεστ (Test set)-άγνωστα δεδομένα για αναγνώριση από την εκπαιδευμένη μέθοδο.
8. Μπορεί να υπάρξει και **τρίτη ομάδα**:
9. Ομάδα επαλήθευσης (Validation set)-δεδομένα γνωστής προέλευσης για επαλήθευση των αποτελεσμάτων της εκπαιδευμένης μεθόδου.



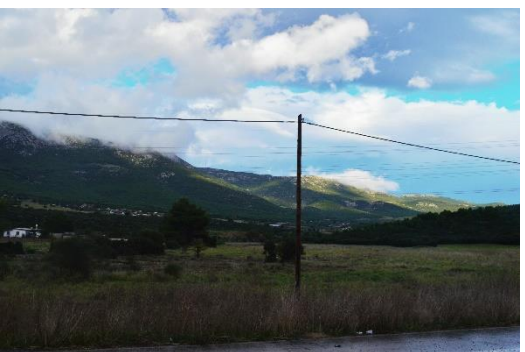


5.8.1. Λήψη στοιχείων υπαίθρου




Για τον καθορισμό των κλάσεων ταξινόμησης προκειμένου να εφαρμόσουμε στην περιοχή μελέτης τη μέθοδο της επιβλεπόμενης ταξινόμησης, πραγματοποιήθηκε επιτόπια αυτοψία και σε θέσεις με διαφορετική κάλυψη γης. Έγινε φωτογράφιση των αντιπροσωπευτικών κλάσεων που θα συμμετείχαν στην ταξινόμηση όμοιων με τις οριζόμενες κλάσεις. Για την εργασία υπαίθρου χρησιμοποιήθηκαν εικόνες google earth με ημ/νία λήψης 28-7-2010 (*ίδιας εποχής και έτους με την πιο πρόσφατη δορυφορική εικόνα που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης*) στις οποίες σημειώθηκαν οι θέσεις δειγμάτων των διαφορετικών κλάσεων χρήσεων κάλυψης γης. Η αυτοψία πραγματοποιήθηκε με τη παρουσία έμπειρου και παλιού δασοφύλακα της περιοχής, ο οποίος επιβεβαίωσε τη διαχρονική ή μη σταθερότητα της κάλυψη γης των επιλεγμένων περιοχών εκπαίδευσης.

Τα σημεία που φωτογραφήθηκαν προκειμένου να αποδώσουν οπτικά την κάθε κλάση (κύρια και πληροφορήσης) απεικονίζονται παρακάτω:





<p>Όρος Πάστρα</p>	<p>Εκτάσεις Χορτολιβαδικές</p>	<p>Λίγοι διάσπαρτοι θάμνοι (μεγάλη ποικιλία σε είδη χορταριών και μόνο λίγοι διάσπαρτοι θάμνοι)</p>	<p>Χορτολιβαδά α</p>	
--------------------	---	--	---------------------------------	--


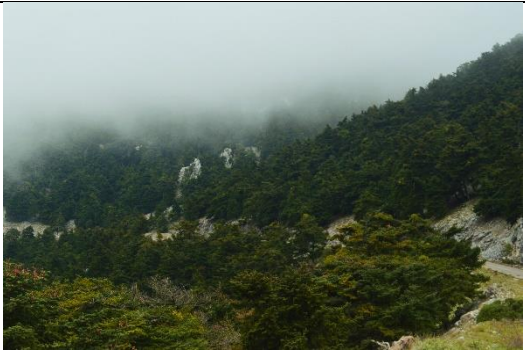
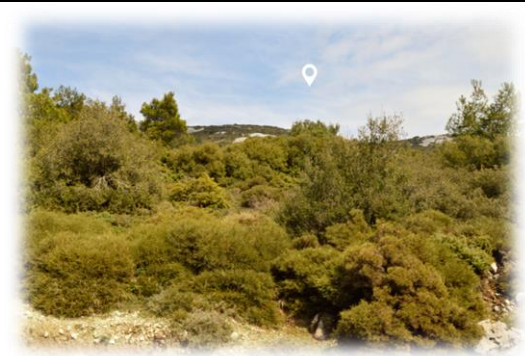


<p>Κορυφογραμμή του Όρους Πάστρα Θέση Ανεμογεννήτριες</p>	<p>Χορτολιβαδικές εκτάσεις</p>	<p>Αραιοί θαμνότοποι Βοσκότοια</p>	
<p>Κάμπος Πλαταιών Θέα από το όρος Πάστρα</p>	<p>Γεωργικές εκτάσεις</p>	<p>Καλλιεργούμενες εκτάσεις</p>	
<p>Πόρτο Γερμενό</p>		<p>Καλλιεργούμενες εκτάσεις</p>	
<p>Οινόη</p>	<p>Γεωργικές εκτάσεις</p>	<p>Καλλιεργούμενες εκτάσεις (Άρροση)</p>	
<p>Κιθαιρώνας</p>		<p>Φυσικά Λειβάδια</p>	




Κιθαιρώνας	Γεωργικές εκτάσεις	Φυσικά Δειβάδια	
Όρος Πάστρα		Εγκαταλελειμμένοι αγροί	
Βίλια		Αγροανάπτυξη	
Κάμπος Πλαταιών	Γεωργικές εκτάσεις	Εγκαταλελειμμένοι αγροί Με ημιφυσικές εκτάσεις	
Κάμπος Πλαταιών		Δειπτομέρεια	


<p>Όρος Πατέρα Παναγία Κούτσιθι</p>	<p>Πεδίκης Χαλεπίου Δάση</p>	<p>Φυσική αναγέννηση αμιγούς συστάδας Χαλεπίου Πεδίκης</p>	
<p>Όρος Πατέρα Κρύο Πηγάδι</p>	<p>εκτάσεις Δασικές</p>	<p>Αδιαπέρατος τείχος από μικρούς αειθαλείς θάμνους (τοπικός Μεσογεια- κός θαμνότοπος)</p>	
<p>Ψάθα</p>	<p>Πεδίκης Χαλεπίου Δάση</p>	<p>Ομήλικες συστάδες Χαλεπίου Πεδίκης</p>	



<p>Πόρτο Γερμενό</p>	<p>Πεδίκης Χαλεπίου Δάση</p>	<p>Υποκηπευ- τές Συστάδες Χαλεπίου Πεδίκης</p>	
----------------------	--------------------------------------	--	--

<p>Πρόποδες του όρους Κιθαιρώνα</p>	<p style="text-align: center;">Δάση Χαλεπιού Πεόκης</p>	<p>Μικτές συστάδες (Χαλέπιος, σκληροφυλ- λική βλάστηση, Ελάτη) κυρίαρχο είδος Χαλεπίος Πεύκη</p>	
<p>Άγιος Νεκτάριος Περιοχής Βιλίων</p>		<p>Μικτές συστάδες Χαλεπιού Πεόκης</p>	
<p>Ερυθρές</p>		<p>Συστάδες Χαλεπιού Πεόκης</p>	
<p>Όρος Κιθαιρώνα</p>	<p style="text-align: center;">Δάση Κεφαλληνιακής Ελάτης</p>	<p>Μικτές συστάδες με κυρίαρχο είδος την Κεφαλληνι- ακή Ελάτη</p>	

<p>Όρος Κιθαιρώνας. Προς Στρατιωτικές Βάσεις ΝΑΤΟ.</p>	<p>Ελάτης Κεφαλληνιακής Δάση</p>	<p>Ομήλικες συστάδες Κεφαλληνια κής Ελάτης</p>	
<p>Όρος Κιθαιρώνα.</p>		<p>Συστάδες Κεφαλληνια κής Ελάτης με φυσική αναγέννηση</p>	
<p>Προφήτης Ηλίας Οινόη</p>	<p>Δασικές εκτάσεις</p>	<p>Δασικές Εκτάσεις (πυκνή αειφυλλη ξυροφυλλι κή βλάστηση)</p>	
<p>Κορυφογραμμή ους Πάστρα</p>		<p>Αραιές θαμνώδεις δασικές εκτάσεις επί υποβαθμι σμένων εδαφών</p>	
<p>Κορυφογραμμή πάστρας</p>	<p>Γυμνά εδάφη</p>	<p>Φυσικά Βράχια</p>	

<p>Χώρος Λατομείου ΤΙΤΑΝ</p>	<p>Γοηνές εκτάσεις</p>	<p>Λατομικός Χώρος (Διαβαθμί- σεις μητρικού εδάφους)</p>	
<p>Μεγάλη Κολοσόυρα Όρος Πατέρας</p>	<p>Τεχνητές εκτάσεις</p>	<p>Διάβρωση</p>	
<p>Ερυθρές</p>		<p>Πόλη Ερυθρών</p>	

<p>Βίλια</p>	<p>Τεχνητές εκτάσεις</p>	<p>Πόλη Βιλιών</p>	
--------------	--------------------------	--------------------	--

<p style="text-align: center;">Θέση Προσήλι Πόρτο Γερμενό</p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Υδατα</p>		
<p style="text-align: center;">Κόλπος Αιγίοσθενας Αποψη από Κιθαιρώνα.</p>			

Πίνακας 21. Δεδομένα πεδίου των κλάσεων ταξινόμησης, της περιοχής μελέτης.

5.8.2. Επιλογή του πλήθους και είδους των κλάσεων ταξινόμησης

Η επιβλεπόμενη ταξινόμηση ξεκινά με την τροφοδότηση του ταξινομητή με δεδομένα από τα οποία θα εξαχθούν οι αναγκαίες στατιστικές πληροφορίες που θα συνδυασθούν με ολόκληρη την εικόνα για να ταξινομηθεί κάθε εικονοστοιχείο της σε μια κλάση. Θεμελιώδες και θεσμικό τμήμα της όλης διαδικασίας αποτελεί ο σαφής καθορισμός κλάσεων ταξινόμησης (χρήσης/ κάλυψης γης). Σύμφωνα με τον Campell (2002), το σύστημα ταξινόμησης που πρέπει να ακολουθείται σε κάθε μελέτη, οφείλει να είναι συμβατό με αυτά που χρησιμοποιούνται από άλλους χρήστες και σε παλαιότερες εφαρμογές.

Για να ορισθούν οι τάξεις χρήσης/ κάλυψης γης, στις οποίες θα ταξινομηθούν τα εικονοστοιχεία των δεδομένων της παρούσας μελέτης, λήφθησαν στοιχεία από τη μεθοδολογία Corine Land Cover 2000 (CLC2000), και το σύστημα του Anderson et al. (1976), ενώ στην όλη διαδικασία ελήφθη υπόψη και η δασική νομοθεσία καθώς και οικολογικά κριτήρια και οι ιδιαιτερότητες της περιοχής μελέτης. Επίσης στον καθορισμό των τελικών κλάσεων ταξινόμησης, σημαντικά ρόλο έπαιξαν τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την διαδικασία της μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης. Δημιουργήθηκαν τάξεις πληροφόρησης (information class) (Καρτάλης κ.α., 2006) για τις κλάσεις με μεγάλη ποικιλομορφία. Για παράδειγμα τάξεις με διαφορετικά φασματικά χαρακτηριστικά όπως τα Αμιγή ή Μικτά Δάση και τα Δάση σε νεοφυτεία μετά από φυσική αναγέννηση, οι αγροί σε αγρανάπαυση και οι αγροί με νεαρή βλάστηση, συγκαταλέγονται σε μια γενικότερη τάξη ταξινόμησης, στα Δάση Χαλεπίου Πεύκης και στις Γεωργικές Εκτάσεις αντίστοιχα. Όταν η ταξινόμηση της εικόνας ολοκληρωθεί, στις «υπό-τάξεις» αυτές θα αποδοθεί με το ίδιο χρώμα που θα

αντιστοιχεί στη γενικότερη κλάση ταξινόμησης για την εξυπηρέτηση των αναγκών της παρούσα μελέτης (Καρτάλης κ.α, 2006). Καθορίστηκαν εννέα (9) τελικές κλάσεις ταξινόμησης. Στο πίνακα που ακολουθεί αναγράφονται οι τελικές κλάσεις ταξινόμησης, οι τάξεις πληροφόρησης, καθώς και η αναλυτική περιγραφή των κλάσεων αυτών:

ΚΛΑΣΕΙΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ	ΤΑΞΕΙΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΣΗΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΚΛΑΣΕΩΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ
1. Δάση Χαλεπίου Πεύκης	1.1 Μικτές και Αμιγής ώριμες συστάδες	Αμιγή δάση Χαλεπίου Πεύκης που μπορούν να αποδώσουν δασικά προϊόντα, καθώς καθώς και μικτές συστάδες με κυρίαρχο είδος την χαλέπιο πεύκη, με ικανοποιητική κάλυψη επί του εδάφους ικανή να αποδώσει στο οικοσύστημα τη μορφή του Δάσους.
	1.2 Φυσική Αναγέννηση (νεοφυτεία)	Πυκνές αμιγείς συστάδες Χαλεπίου Πεύκης σε νεοφυτεία, σε συνέχεια υφιστάμενων ώριμων δασών ή και σε μίξη με αειφύλλα πλατύφυλλα.
2. Δάση Κεφαλληνιακής Ελάτης		Αμιγές δάσος της ενδημικής Κεφαλληνιακής Ελάτης και μικτές συστάδες με κυρίαρχο είδος την Κεφαλληνιακή Ελάτη.
3.Δασικές εκτάσεις		Αραιές θαμνώδεις δασικές εκτάσεις κωνοφόρων - πλατύφυλλων ή μικτών διαπλάσεων επί υποβαθμισμένων εδαφών, αυτοφυής δασική βλάστηση επί αγρών, ημιφυσικές εκτάσεις.
4.Χορτολιβαδικές εκτάσεις		Εκτάσεις με ξηροφυλλική ποώδη βλάστηση επί πετρωδών εδαφών ανεπίδεκτων καλλιέργειας, καθώς και μίξεις αυτών με σποραδικά ξυλώδη είδη που η διάπλασή τους δεν δύναται να αποδώσει στο περιβάλλον μορφή Δασική και να συστήσει Δασογενές περιβάλλον καθώς και μεταβατικές διαπλάσεις δασωδών εκτάσεων.

5.Γεωργικές Εκτάσεις	5.1 Καλλιεργημένες εκτάσεις	Καλλιεργημένες εκτάσεις, χέρσοι αγροί, εκτάσεις με δείγματα άροσης (λιθοσωρούς, αναχώματα) , αρόσιμη γη, λιβάδια.
	5.2 Αγρανάπαυση	Εγκαταλελειμμένοι αγροί, με μόνιμη ή προσωρινή εγκατάλειψη της γεωργικής εκμετάλλευσης.
6.Καμένες εκτάσεις		Δάση, Δασικές και αγροτικές εκτάσεις μετά από πρόσφατη πυρκαγιά.
7.Γυμνά Εδάφη		Απογυμνωμένες και ανεκμετάλλευτες εκτάσεις με αποκάλυψη του μητρικού μητρικού υλικού του εδάφους, φυσικά βράχια, ανενεργά λατομεία.
8.Τεχνητές εκτάσεις		Εκτάσεις με συνεχή ή ασυνεχή αστικό ιστό, βιομηχανοποιημένες περιοχές, φωτοβολταϊκά πάρκα, οδικά δίκτυα με επιστροφή ασφαλτικού υλικού, δίκτυα μεταφορών χώροι απόρριψης απορριμμάτων, χημικά διαβρωμένες εκτάσεις από έντονες ανθρωπογενή δραστηριότητα ή λόγω του γεωανάγλυφου της περιοχής σε μεγάλα υψόμετρα και κλίσεις με απομάκρυνση της επιφανειακής βλάστησης, και έδαφος να έχει χάσει την ικανότητά του να συγκρατεί το νερό.
9.Υδατα		Θάλασσα, λίμνες και ποτάμια.

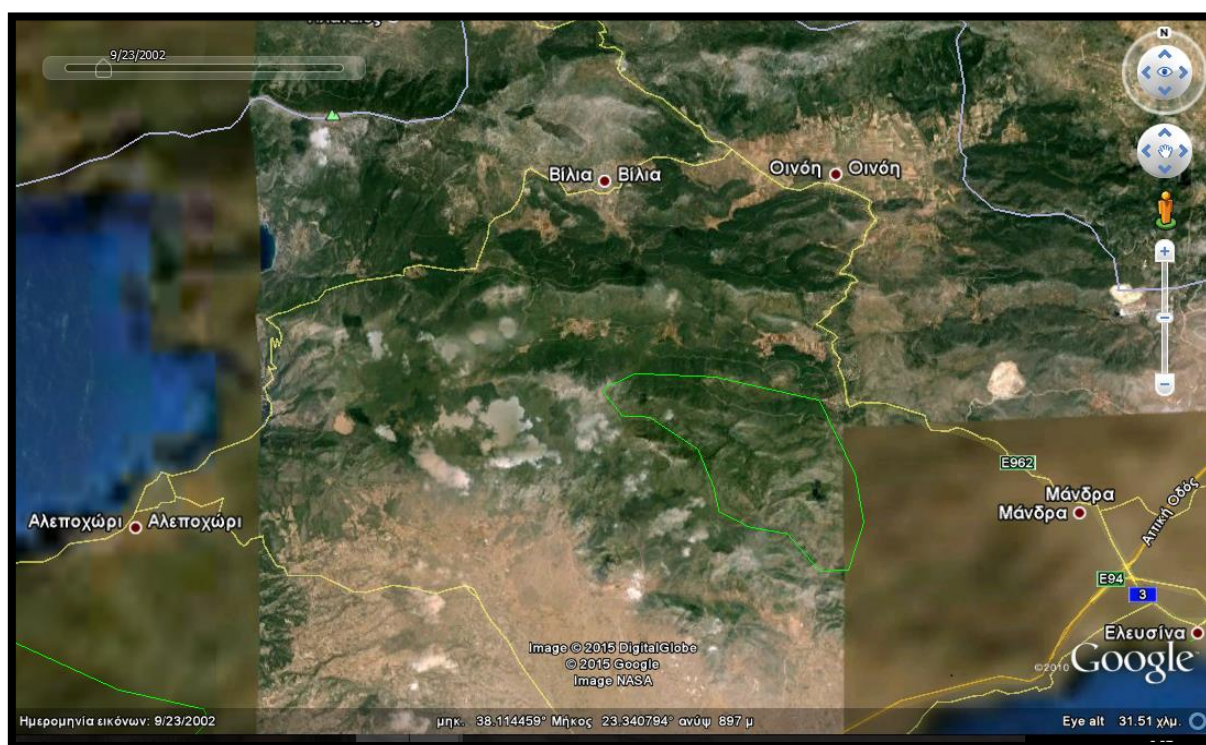
Πίνακας 22. Αναλυτική καταγραφή τελικών τάξεων ταξινόμησης.

5.8.3. Επιλογή και λήψη δειγμάτων (εκπαίδευση περιοχών) και δειγμάτων ελέγχου, από κάθε κλάση ταξινόμησης και πληροφόρησης

Με τη μέθοδο αυτή επιλέχθηκαν τα *εκπαιδευτικά δείγματα* (*training samples*) σε κάθε μια από τις 3 εικόνες της περιοχής μελέτης, τα οποία δεν είναι τίποτε άλλο από ένα σύνολο εικονοστοιχείων τα οποία αντιπροσώπευαν αναγνωρίσιμες δομές στην εικόνα ή στοιχεία κάλυψης γης για κάθε μια από τις έντεκα οριζόμενες κλάσεις ταξινόμησης συμπεριλαμβανομένων και των επιμέρους εξ αυτών κλάσεων.

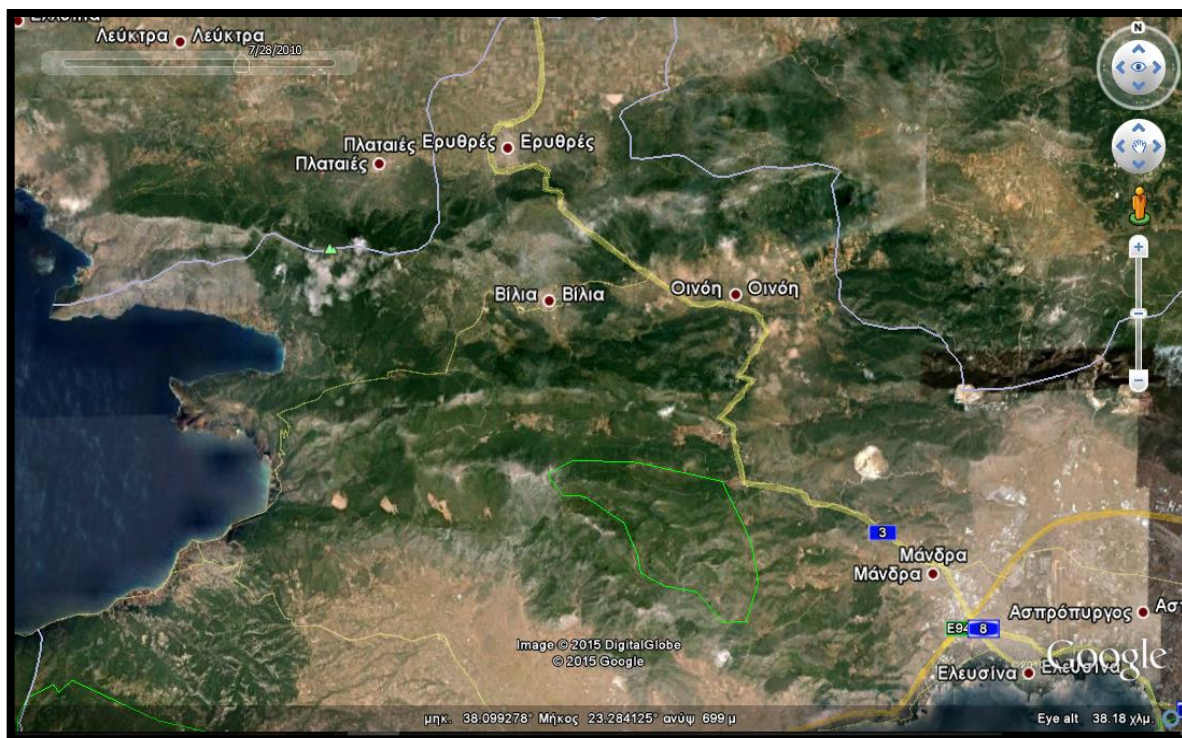
Για τον καθορισμό των εκπαιδευτικών δειγμάτων στις 3 διαθέσιμες εικόνες Landsat της περιοχής μελέτης, χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω δεδομένα:

- Για την εικόνα του 1993, χρησιμοποιήθηκαν οι ψηφιακοί ορθοφωτοχάρτες του Υπουργείου Γεωργίας έτους 1996 και οι αναλογικές αεροφωτογραφίες της περιοχής Μάνδρας 1991 και 1995 του αρχείου της Δ/σης Δασών Δυτ. Αττικής.
- Για την εικόνα του 2001, χρησιμοποιήθηκαν οι αναλογικές αεροφωτογραφίες της περιοχής Μάνδρας του έτους 2001 από το αρχείο της Δ/σης Δασών Δυτ. Αττικής και η εικόνα του Google Earth για τη χρονική στιγμή 23-9-2002.



Εικόνα 27. Εικόνα Google Earth ημερομηνίας λήψης 23-9-2002.

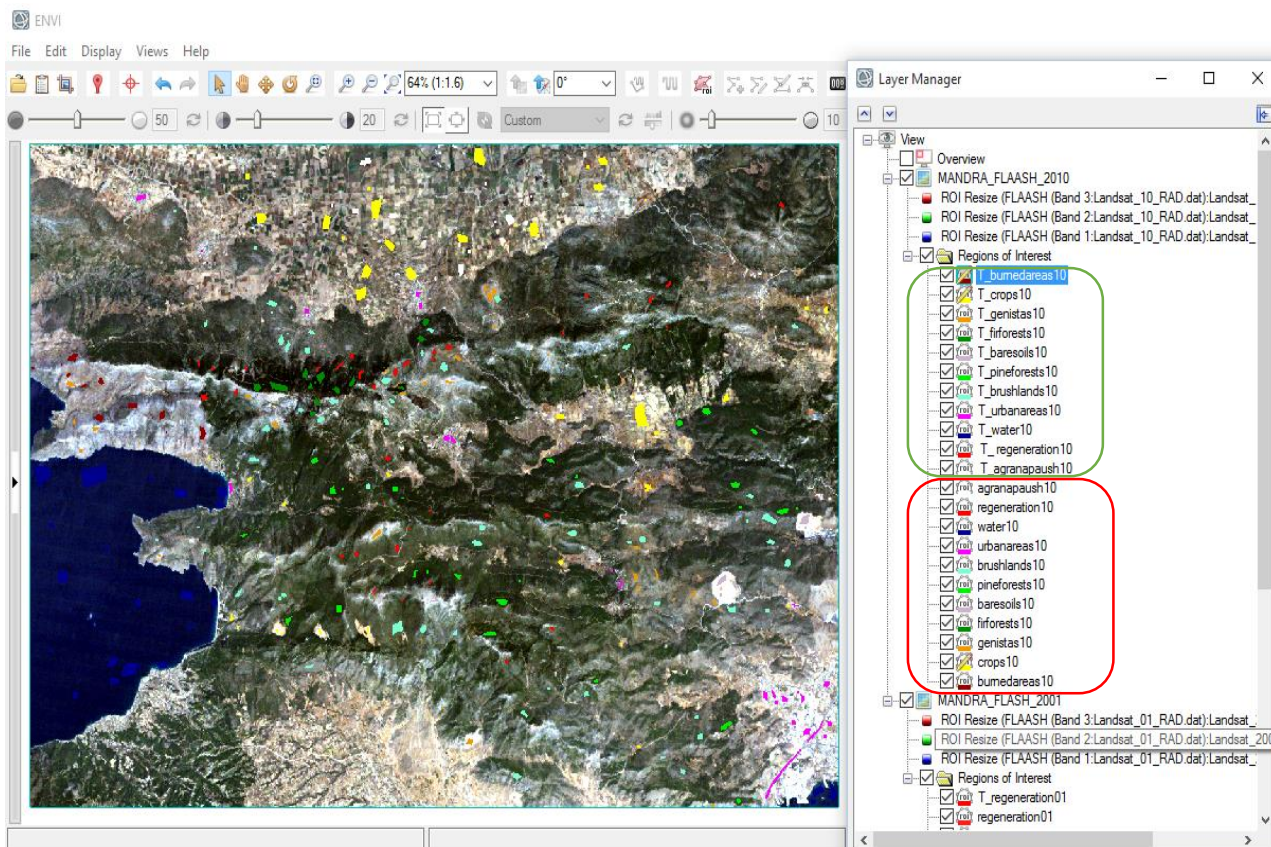
- Για την εικόνα του 2010, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα υπαίθρου από την επιτόπια αυτοψία στη περιοχή μελέτης, οι ορθοφωτοχάρτες της ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. έτους 2007 και η εικόνα του Google Earth για τη χρονική στιγμή 28-7-2010.



Εικόνα 28. Εικόνα Google Earth ημερομηνίας λήψης 28-7-2010.

- Ο αριθμός των εικονοστοιχείων που επιλέχθηκε και στις 11 ορισμένες τάξεις ταξινόμησης ήταν μεγαλύτερος από 100 και την τάξη μεγέθους αυτών, την καθόρισε η ποικιλομορφία της περιοχής και η επιφάνεια που καταλάμβανε κάθε φορά η οριζόμενη τάξη ταξινόμησης.
- Ο αριθμός των εικονοστοιχείων του εκπαιδευτικού δείγματος κάθε κλάσης ο οποίος σύμφωνα με την βιβλιογραφία συνίσταται να κυμαίνεται μεταξύ 10 και 40, ήταν μεταβαλλόμενος και τον καθόριζε κάθε φορά η ομοιογένεια της επιφανείας (Καρτάλης & Φειδάς, 2006).
- Για το σχήμα των εκπαιδευτικών πεδίων και σύμφωνα με την βιβλιογραφία, έγινε χρήση πολυγώνων και παραλληλογράμμων.
- Μετά από δοκιμές σχετικά με το μέγεθος και το πλήθος των εκπαιδευτικών πεδίων που έγιναν, ορίστηκαν πολλά και μικρού μεγέθους εκπαιδευτικά πεδία λόγω του ότι διαπιστώθηκε εμπειρικά ότι είναι καλύτερα από το να ορίζονται λίγα και μεγάλου μεγέθους (Καρτάλης & Φειδάς, 2006).
- Διασφαλίστηκε η ομοιόμορφη κατανομή των πεδίων στην εικόνα έτσι ώστε να καλύπτεται η ποικιλομορφία του είδους των επιφανειών στην εικόνα.
- Οι επιλογή των περιοχών εκπαίδευσης της κάθε κλάσης, πραγματοποιήθηκε ταυτόχρονα και στις τρεις εικόνες μελέτης. Βάση και για τις τρεις εικόνες στην επιλογή των περιοχών εκπαίδευσης, αποτέλεσαν οι περιοχές στις οποίες δεν υπήρχαν διαχρονικά αλλαγές στη μορφή - χρήσης γης, προκειμένου για τις εκτάσεις αυτές, τα πολύγωνα να ληφθούν σε παρόμοιες θέσεις για το κάθε έτος ξεχωριστά. Γίναν αρκετές δοκιμές στην επιλογή των πολυγώνων και η μέθοδος αυτή έδινε καλύτερα οπτικά αποτελέσματα.
- Η στρατηγική δειγματοληψίας που ακολουθήθηκε για την ακρίβεια της εκτίμησης της ταξινόμησης είναι η λήψη μιας σειράς από ειδικές περιοχές για τον έλεγχο κάθε τάξης όμοιες με τις περιοχές εκπαίδευσης που χρησιμοποιήθηκαν στην ταξινόμηση (Μαρία Τσακίρη Στρατή, Θεσσαλονίκη, 2010).

- Κατά την επιλογή των περιοχών εκπαίδευσης (ROIs), ταυτόχρονα και με τον ίδιο τρόπο επιλέχθηκαν παρόμοια πολύγωνα -όμοια με τις περιοχές εκπαίδευσης που χρησιμοποιήθηκαν για την ταξινόμηση- τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τον έλεγχο της ακρίβειας της ταξινόμησης (δείγματα ελέγχου). Τα δείγματα ελέγχου πρέπει να λαμβάνονται κατά τη διαδικασία της εκπαίδευσης, με τη διαφορά ότι δεν θα χρησιμοποιηθούν σαν περιοχές εκπαίδευσης. Με τη μέθοδο αυτή δημιουργήθηκαν και για τα τρία έτη μελέτης οι περιοχές εκπαίδευσης και ταυτόχρονα τα δείγματα ελέγχου αντίστοιχα.



Εικόνα 29. Δημιουργία περιοχών εκπαίδευσης και δειγμάτων ελέγχου της ταξινόμησης.

- Η παραπάνω εικόνα με τα πολύγωνα των περιοχών ενδιαφέροντος για το 2010 δημιουργήθηκε με τη μέθοδο αυτή. Μπορεί κάποιος εύκολα να παρατηρήσει στο δεξι μέρος της οθόνης του λογισμικού ENVI 5.1 στην εικόνα 29, σε πράσινο πλαίσιο τις περιοχές αξιολόγησης της ακρίβειας της ταξινόμησης και σε κόκκινο πλαίσιο τις περιοχές εκπαίδευσης.

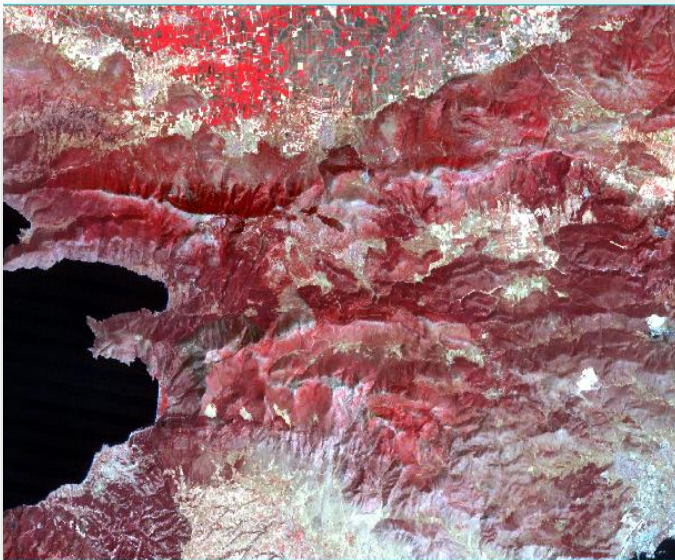
5.8.4. Σύνθεση συνδυασμού φασματικών καναλιών

Στην αναγνώριση και το διαχωρισμό των διαφορετικών κλάσεων ταξινόμησης, συνεισέφερε σημαντικά και η επιλογή του κατάλληλου συνδυασμού φασματικών καναλιών. Οι συνδυασμοί των καναλιών που αξιοποιήθηκαν περισσότερο στις πολλαπλές συγκρίσεις και συνδυασμούς που έγιναν για την αντιπροσωπευτικότερη αντιστοίχιση των κλάσεων στα εκπαιδευτικά δείγματα ήταν οι παρακάτω, για τους λόγους που αναφέρονται σε αυτούς:



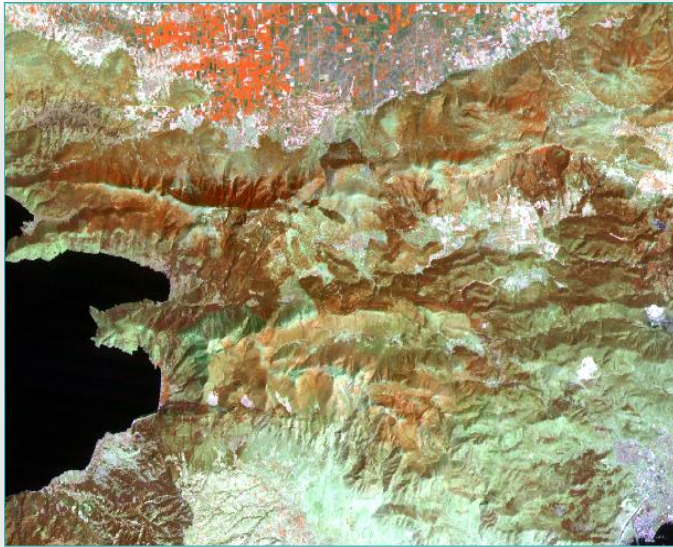
3,2,1 RGB

Η σύνθεση αυτή, δίνει την πλησιέστερη προσέγγιση του αισθητήρα Landsat TM σε φυσικούς χρωματισμούς. Το μειονέκτημα αυτού του συνδυασμού των καναλιών, είναι ότι έχει την τάση να παράγει μια μονοτή εικόνα.



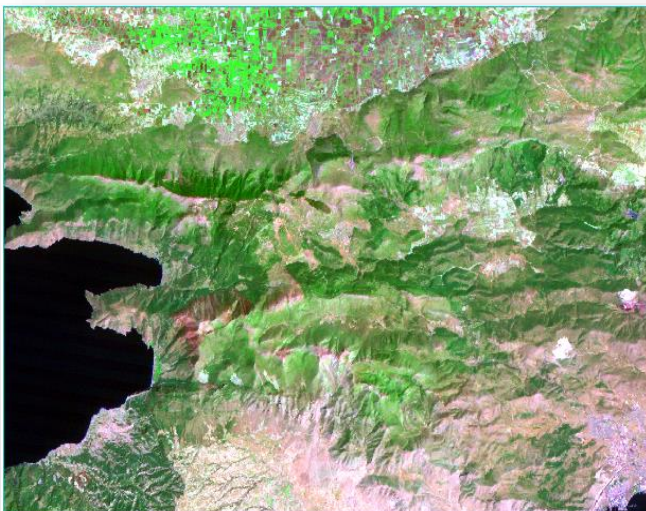
4,3,2, RGB

Ο φασματικός αυτός συνδυασμός έχει παρόμοιες ιδιότητες με την εικόνα του συνδυασμού 3,2,1. Ωστόσο, δεδομένου ότι περιλαμβάνει το εγγύς υπέρυθρο κανάλι (ζώνη 4) τα όρια της γης - νερού είναι σαφέστερες και τα διάφορα είδη της βλάστησης είναι πιο εμφανής. Αυτός ήταν μια δημοφιλής συνδυασμός καναλιών. Η βλάστηση εμφανίζεται σε αποχρώσεις του κόκκινου, οι αστικές περιοχές είναι κυανό μπλε, και τα εδάφη ποικίλουν, από το σκοτεινό προς το φωτεινό καφέ. Στη περιοχή μελέτης βοηθά στο διαχωρισμό των δασών Χαλεπίου πεύκης και ελάτης. Σε γενικές γραμμές, βαθυκόκκινες αποχρώσεις σημαίνουν ευρεία φύλλα ή και υγιέστερη βλάστηση, ενώ ελαφρύτερα κόκκινες σημαίνουν λιβάδια ή αραιή βλάστηση.



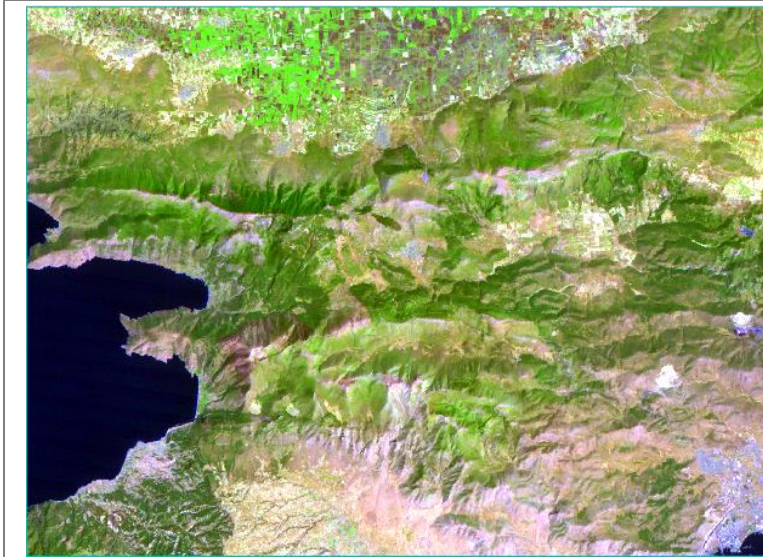
4,5,3 RGB

Ο συνδυασμός των καναλιών αυτών, παρέχει ευκρινέστερα αποτελέσματα από τους προηγούμενους. Αυτό συμβαίνει επειδή έχουν εξαιρεθεί τα κανάλια (1,2) με τις βραχύτερες ζώνες μήκους κύματος. Διαφορετικοί τύποι βλάστησης μπορούν να οριστούν με μεγαλύτερη σαφήνεια και η διεπαφή ξηράς / νερού είναι πολύ σαφής. Οι διακυμάνσεις στην περιεκτικότητα σε υγρασία είναι εμφανής με αυτό το σύνολο των ζωνών. Αυτός είναι ίσως ο πιο κοινός συνδυασμό ζωνών για Landsat εικόνες.



7,4,2 RGB

Αυτός έχει παρόμοιες ιδιότητες με το συνδυασμό καναλιών 4,5,3 με τη μεγαλύτερη διαφορά ότι η βλάστηση είναι πράσινη. Αυτό είναι ο φασματικός συνδυασμός που επιλέχθηκε για το παγκόσμιο μωσαϊκό Landsat που δημιουργήθηκε για τη NASA.



5,4,1 RGB

Αυτός ο συνδυασμός καναλιών έχει παρόμοιες ιδιότητες με το συνδυασμό 7,4,2, ωστόσο, είναι καλύτερα προσαρμοσμένος στην απεικόνιση της γεωργικής βλάστησης.

Εικόνα 30. Ψευδέχρωμες εικόνες μετά από σύνθεση συνδυασμού των φασματικών καναλιών.

5.8.5. Ανάλυση διακριτότητας (Separability) των περιοχών εκπαίδευσης

Η διακριτότητα των φασματικών υπογραφών υπολογίζεται ανά ζεύγη για κάθε δυνατό συνδυασμό των περιοχών εκπαίδευσης που χρησιμοποιούνται στην ταξινόμηση και αποτελεί ένα στατιστικό μέτρο της απόστασης αυτών των δυο υπογραφών στο φασματικό χώρο. Όταν οι περιοχές εκπαίδευσης χρησιμοποιούνται στην ταξινόμηση, μας δίνεται η δυνατότητα να εντοπίσουμε τα ζεύγη εκείνα που δεν είναι διακριτά μεταξύ τους.

Για την αξιολόγηση των υπογραφών αυτών, υπολογίζεται η φασματική απόσταση μεταξύ των κέντρων κάθε δυνατού ζεύγους υπογραφών. Εάν η φασματική απόσταση μεταξύ δυο υπογραφών δεν είναι στατιστικά σημαντική σε κανένα δισδιάστατο φασματικό χώρο, τότε οι δυο αυτές υπογραφές δεν είναι αρκετά διακριτές μεταξύ τους και θα πρέπει να συγχωνευτούν. (Καρτάλης Κ, κ.α. 2006).

Χρησιμοποιώντας το εργαλείο διακριτότητας περιοχών ενδιαφέροντος (ROI Separability Tool) του λογισμικού ENVI 5.1 μπορούμε να υπολογίσουμε το μέγεθος της φασματική διαχωριστικότητα μεταξύ επιλεγμένων ζευγών ROIs για ένα συγκεκριμένο αρχείο εισόδου, το οποίο ερμηνεύεται σε τιμές που κυμαίνονται από 0 έως 2.0. Οι τιμές αυτές δείχνουν πόσο καλά τα επιλεγμένα ζεύγη ROIs είναι στατιστικά διακριτά. Τιμές μεγαλύτερες από 1.9 δείχνουν ότι η απόδοση μεταξύ των ζευγαριών έχουν καλή απόδοση διακριτότητας. Στα ζευγάρια ROIs με χαμηλότερες τιμές διαχωριστικότητας, θα πρέπει να βελτιωθεί η διακριτότητα με την επεξεργασία των ROIs ή με την επιλογή νέων ROIs. Στα ζευγάρια ROIs που η τιμή είναι πολύ χαμηλή (μικρότερη από 1), θα πρέπει να συγχωνευθούν σε μία νέα ενιαία ROI. (J.A. Richards, 1999).

Από την έρευνα της βιβλιογραφίας προέκυψε ότι η φασματική διακριτότητα μπορεί να ενισχυθεί και αναφέρεται κυρίως στη χρήση δεικτών (indices) και αναλογιών των φασματικών καναλιών (band ratios). Όταν οι νέες αυτές μεταβλητές συμμετέχουν με τα

φασματικά κανάλια της εικόνας στη διαδικασία της ταξινόμησης της εικόνας, ενισχύουν σημαντικά τη φασματική διακριτότητα των ζευγών των επιλεγμένων ROIs. (Inzana J. et al., 2003), (Krishna Bahadur K.C, 2009), (Κούτσιας κ.α, 2002).

Κατά τον υπολογισμό της διακριτότητας των περιοχών ενδιαφέροντος επελέγησαν μόνο οι περιοχές εκπαίδευσης, ενώ οι υπόλοιπες περιοχές με το πρόθεμα (T_) χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της ακρίβειας της ταξινόμησης.

Μέσα από τα αποτελέσματα της διαδικασίας αυτής γίνεται μια αναφορά της εκτίμησης των δεικτών διακριτότητας Transformed Divergence και Jefferies-Matusita. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν και για τις 3 εικόνες εμφανίζονται στην εικόνα 31.

ΕΤΟΣ 1993

Pair Separation (least to most):

```
pine fore93 and firforest93 - 1.30554807
genistaland93 and baresoil93 - 1.39701716
baresoil93 and urbanareas93 - 1.40818782
crops93 and regeneration93 - 1.49303950
brushlands93 and crops93 - 1.51326982
urbanareas93 and agranapaush93 - 1.54052651
burnedareas93 and agranapaush93 - 1.54660940
genistaland93 and crops93 - 1.57388221
genistaland93 and urbanareas93 - 1.59038931
brushlands93 and regeneration93 - 1.61906484
pine fore93 and brushlands93 - 1.65583597
genistaland93 and brushlands93 - 1.66621453
crops93 and urbanareas93 - 1.75573074
pine fore93 and regeneration93 - 1.78411382
baresoil93 and agranapaush93 - 1.80150355
crops93 and agranapaush93 - 1.80617449
genistaland93 and agranapaush93 - 1.82506464
baresoil93 and crops93 - 1.82683868
baresoil93 and burnedareas93 - 1.86166634
brushlands93 and firforest93 - 1.86325009
brushlands93 and urbanareas93 - 1.86561225
brushlands93 and burnedareas93 - 1.89095920
burnedareas93 and urbanareas93 - 1.89192460
genistaland93 and burnedareas93 - 1.91667481
pine fore93 and crops93 - 1.91791122
burnedareas93 and crops93 - 1.93641969
firforest93 and regeneration93 - 1.93935551
brushlands93 and baresoil93 - 1.94206772
brushlands93 and agranapaush93 - 1.94365812
firforest93 and crops93 - 1.96325783
burnedareas93 and firforest93 - 1.98740779
genistaland93 and regeneration93 - 1.99084211
urbanareas93 and regeneration93 - 1.99256776
pine fore93 and burnedareas93 - 1.9927740
pine fore93 and urbanareas93 - 1.99752473
firforest93 and urbanareas93 - 1.99874419
baresoil93 and firforest93 - 1.99921317
firforest93 and agranapaush93 - 1.99926656
pine fore93 and genistaland93 - 1.99930640
pine fore93 and baresoil93 - 1.99939588
genistaland93 and firforest93 - 1.99963288
baresoil93 and regeneration93 - 1.99975003
pine fore93 and agranapaush93 - 1.99980399
regeneration93 and agranapaush93 - 1.99982367
burnedareas93 and regeneration93 - 1.99995109
```

ΕΤΟΣ 2001

Pair Separation (least to most):

```
baresoil01 and urbanareas01 - 1.22876118
brushlands01 and regeneration01 - 1.26403144
brushlands01 and crops01 - 1.31363378
brushlands01 and genistaland01 - 1.35685945
genistaland01 and baresoil01 - 1.41015550
pine forests01 and regeneration01 - 1.44517793
genistaland01 and crops01 - 1.48520836
crops01 and agranapaush01 - 1.52782424
genistaland01 and urbanareas01 - 1.52815523
urbanareas01 and agranapaush01 - 1.55469202
crops01 and urbanareas01 - 1.56064482
crops01 and regeneration01 - 1.58415706
pine forests01 and firforest01 - 1.72796432
brushlands01 and urbanareas01 - 1.75949793
pine forests01 and brushlands01 - 1.76251798
genistaland01 and agranapaush01 - 1.76483330
baresoil01 and crops01 - 1.78594557
baresoil01 and agranapaush01 - 1.78979371
brushlands01 and baresoil01 - 1.85855859
firforest01 and regeneration01 - 1.85989720
brushlands01 and agranapaush01 - 1.92796142
pine forests01 and crops01 - 1.95024171
genistaland01 and regeneration01 - 1.95817201
brushlands01 and firforest01 - 1.97288425
urbanareas01 and regeneration01 - 1.97446422
pine forests01 and urbanareas01 - 1.98561750
baresoil01 and regeneration01 - 1.99187172
firforest01 and crops01 - 1.99461944
firforest01 and urbanareas01 - 1.99635643
pine forests01 and baresoil01 - 1.99827774
agranapaush01 and regeneration01 - 1.99850014
pine forests01 and genistaland01 - 1.99948660
firforest01 and baresoil01 - 1.99958632
pine forests01 and agranapaush01 - 1.99996817
firforest01 and agranapaush01 - 1.99998614
genistaland01 and firforest01 - 1.99999186
```

ΕΤΟΣ 2010

Pair Separation (least to most):

```
crops10 and genistas10 - 1.07386251
crops10 and brushlands10 - 1.07534507
brushlands10 and regeneration10 - 1.13428550
firforests10 and pineforests10 - 1.38931667
crops10 and regeneration10 - 1.42117149
genistas10 and baresoils10 - 1.43467129
crops10 and urbanareas10 - 1.44746400
urbanareas10 and agranapaush10 - 1.45227226
genistas10 and brushlands10 - 1.47174267
crops10 and agranapaush10 - 1.50881477
baresoils10 and urbanareas10 - 1.52282861
pineforests10 and regeneration10 - 1.58366831
pineforests10 and brushlands10 - 1.60455479
crops10 and baresoils10 - 1.62595499
genistas10 and urbanareas10 - 1.65189615
brushlands10 and urbanareas10 - 1.79546420
genistas10 and agranapaush10 - 1.83129836
baresoils10 and brushlands10 - 1.84650913
brushlands10 and agranapaush10 - 1.88425675
firforests10 and regeneration10 - 1.89545362
baresoils10 and agranapaush10 - 1.89861911
crops10 and pineforests10 - 1.91575046
firforests10 and brushlands10 - 1.93351840
genistas10 and regeneration10 - 1.95026869
pineforests10 and urbanareas10 - 1.96665573
crops10 and firforests10 - 1.96914793
urbanareas10 and regeneration10 - 1.96935193
firforests10 and agranapaush10 - 1.97755577
firforests10 and urbanareas10 - 1.97848645
pineforests10 and agranapaush10 - 1.97866321
baresoils10 and regeneration10 - 1.98526173
regeneration10 and agranapaush10 - 1.99190331
genistas10 and pineforests10 - 1.99303990
genistas10 and firforests10 - 1.99468161
baresoils10 and pineforests10 - 1.99577074
firforests10 and baresoils10 - 1.99880216
```

Εικόνα 31. Αρχικές αναφορές ανάλυσης διακριτότητας για τα τρία έτη αναφοράς (ROI Separability reports).

Από τα αποτελέσματα που εξήχθησαν παρατηρείται ότι και στις 3 εικόνες σε κάποια ζεύγη εμφανίζονται χαμηλές τιμές διακριτότητας οι οποίες σε αρκετές περιπτώσεις είναι μικρότερες του 1.8 και πλησιάζουν το 1.3 ή ακόμη και λίγο μεγαλύτερο της μονάδας. Τα μεγαλύτερα προβλήματα αντιμετωπίζονται στη διακριση μεταξύ των τεχνητών (urban areas) και των γεωργικών εκτάσεων (crops), καθώς επίσης και μεταξύ των γυμνών (bare soils) και των τεχνητών εκτάσεων (urban areas).

5.8.6. Λόγοι φασματικών καναλιών (Band Ratios)

Αναλογίες φασματικών καναλιών είναι οι μαθηματικοί συνδυασμοί των τιμών για κάθε pixel των διαφορετικών φασματικών ζωνών μιας εικόνας, που μπορεί να εκφράζονται με απλές μαθηματικές πράξεις, ή πιο περίπλοκες μαθηματικές μορφές (Vincent, 1997), (ERDAS, 2002¹). Οι Αναλογίες των φασματικών καναλιών χρησιμοποιούν δεδομένα προερχόμενα από αισθητήρες δορυφόρων, προκειμένου να μοντελοποιήσουν βιοφυσικές μεταβλητές, όπως η σχετική αφθονία, η δραστηριότητα της πράσινης βλάστησης και της χημικής σύνθεσης (Jensen, 2004). Την ίδια στιγμή, όπως η ενίσχυση της πληροφόρησης σχετικά με τη σύνθεση της αναλογίας των υλικών, καταστέλλει τα άλλα είδη πληροφοριών, όπως η τοπογραφία και η γωνία του ήλιου (Vincent, 1997). Για παράδειγμα, στις εικόνες του λόγου δύο καναλιών το μαθηματικό αποτέλεσμα θα παραμείνει παρόμοιο, ανεξάρτητα από το αν ένα εικονοστοιχείο καταγράφει μια περιοχή σε άμεσο ηλιακό φως ή σε σκιά.

Αυτό είναι χρήσιμο όταν αιχμηρές υψομετρικές διαφορές δημιουργούν σκιές, όπως στις περιοχές με έντονο ανάγλυφο που χαρακτηρίζει την περιοχή μελέτης.

Σε μια τέτοια εικόνα οι ακραίες φωτεινές και σκούρες αποχρώσεις του γκρι αντιπροσωπεύουν εικονοστοιχεία με τη μεγιστη διαφορά στην ανακλαστικότητα ανάμεσα σε δύο φασματικά κανάλια. Οι σκούρες αποχρώσεις αντιστοιχούν σε περιοχές όπου ο παρονομαστής του κλάσματος είναι μεγαλύτερος του αριθμητή. Αντίθετα για τις ανοιχτές αποχρώσεις, ο αριθμητής είναι μεγαλύτερος του παρονομαστή. Για παράδειγμα εφόσον η βλάστηση παρουσιάζει τη μέγιστη ανακλαστικότητα στο εγγύς υπέρυθρο (κανάλι 4 για τον TM) ενώ αντίθετα η ανακλαστικότητά της στο κόκκινο (κανάλι 3 στο TM) είναι μικρή, ο λόγος των ψηφιακών τιμών του καναλιού 4 προς το κανάλι 3 για κάθε εικονοστοιχείο που αντιπροσωπεύει επιφάνεια καλυμμένη με βλάστηση θα είναι μεγάλος (εικόνα 32a). Αντίθετα, ο λόγος αυτός για τα εικονοστοιχεία του γυμνού εδάφους θα είναι μικρός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η βλάστηση να εμφανίζεται πιο φωτεινή στη νέα εικόνα.

Στην *εικόνα 32b*, παρουσιάζεται η εικόνα του λόγου των καναλιών 3 και 1 (κόκκινο/μπλε). Στην περίπτωση αυτή διακρίνονται με τις πιο ανοικτές αποχρώσεις του γκρι, τα εδάφη με μεγάλη περιεκτικότητα σε οξείδια του σιδήρου.

Στην *εικόνα 32c*, παρουσιάζεται η εικόνα του λόγου των καναλιών 5 και 7. Ο λόγος αυτός, αποκτά μεγάλες τιμές στα αργιλώδη εδάφη και στην αντίστοιχη εικόνα οι αντίστοιχες περιοχές με μεγάλη περιεκτικότητα σε άργιλο θα διακρίνονται με τις ανοικτότερες αποχρώσεις του γκρι.

Στην *εικόνα 32d*, οι τρεις εικόνες του λόγου των καναλιών παρουσιάζονται ως μια χρωματική σύνθεση RGB. Οι χρωματικές μεταβολές της τελικής αυτής εικόνας, αναδεικνύουν το σύνολο της πληροφορίας που περιέχεται στις επιμέρους εικόνες των λόγων των καναλιών. Τα είδη βλάστησης ταξινομούνται με αποχρώσεις του πράσινου, με ανοικτό κόκκινο τα εδάφη με μεγάλη περιεκτικότητα σε οξείδια του σιδήρου, με μπλε τα αργιλώδη εδάφη και τα εδάφη που περιέχουν και τα δύο αυτά υλικά απεικονίζονται με μωβ-ροζ αποχρώσεις (Από το παράδειγμα, *Αρχές επεξεργασίας κι ερμηνείας εικόνας Καρτάλης & Φειδάς, 2006*).

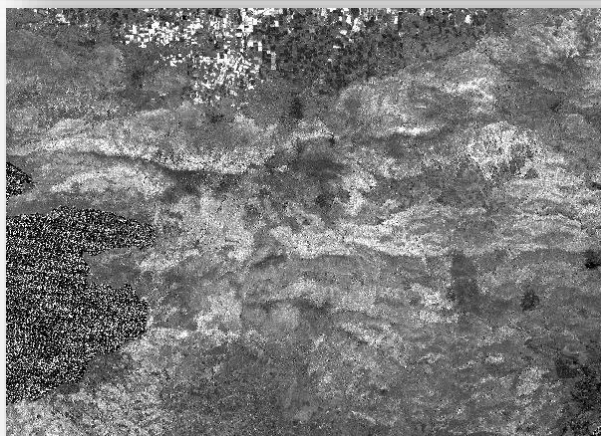
(a)



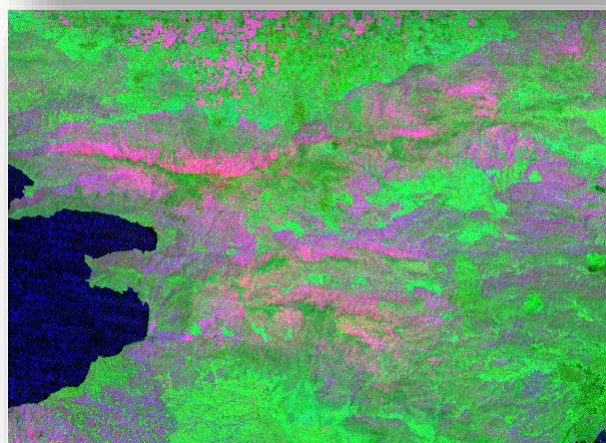
(b)



(c)



(d)



Εικόνα 32. Εικόνες του λόγου των καναλιών Landsat TM (a) 4/3, (b) 3/1, (c) 5/7 και (d) ο συνδυασμός των καναλιών 3/1-4/3-5/7 σε χρωματική σύνθεση RGB

Για τις ανάγκες ταξινόμησης της περιοχής μελέτης μετά από πολλές δοκιμές και σύμφωνα με τη σχετική βιβλιογραφία, δημιουργήθηκε μια σειρά από λόγους φασματικών καναλιών προκειμένου να ενισχυθεί η διαφορά της ανακλατικότητας (διακριτότητας) μεταξύ των επιλεγμένων κλάσεων ταξινόμησης. Το αποτέλεσμα αυτό προϋποθέτει την αύξηση του μεγέθους της φασματικής διαχωριστικότητας (ως στατιστικός δείκτης), μεταξύ επιλεγμένων ζευγών ROIs για ένα συγκεκριμένο αρχείο εισόδου.

Όταν οι αναλογίες των καναλιών, ως νέες μεταβλητές, συμμετέχουν με τα φασματικά κανάλια της εικόνας στη διαδικασία της ταξινόμησης, ενισχύουν σημαντικά τη φασματική διακριτότητα των ζευγών των επιλεγμένων ROIs. (Inzana J. et al., 2003), (Krishna Bahadur K.C, 2009), (Κούτσιας κ.α., 2002).

Παρακάτω περιγράφονται όλες οι αναλογίες των καναλιών που επιλέχθηκαν για τις ανάγκες ομαδοποίησης των στοιχείων με βάση τα φασματικά τους χαρακτηριστικά, προκειμένου να καλυφθούν οι περιπτώσεις εκείνες που η ομαδοποίησή τους σε αναγνωρίσιμες κατηγορίες (κλάσεις) της μελέτης ήταν λιγότερο σημαντική (Καρτάλης & Φειδάς, 2006).

- **TM3/TM2:** Η αναλογία αυτή διαχωρίζει δάση και καλλιέργειες. Επειδή η μπάντα 3 (0.63-0.69mm) είναι η κόκκινη ζώνη απορρόφησης της χλωροφύλλης της υγιούς πράσινης βλάστησης και η ζώνη 2 (0.52-0.69mm) είναι η ζώνη ανάκλασης από την επιφάνεια των φύλλων, αναλογία αυτή μπορεί να είναι χρήσιμη για τη διάκριση ευρέων κατηγοριών της βλάστησης. Οι Καλλιέργειες εμφανίζονται με ελαφρύτερο (φωτεινό) τόνο και τα δάση με σκοτεινό τόνο.
- **TM2/TM3:** Η αναλογία αυτή διακρίνει αισθητά τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις με την άγονη γη. Αλλά δεν μπορεί να διαχωρίσει τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις, τα δάση και το σώμα του νερού. Τα δάση και το σώμα του νερού εμφανίζονται με ανοιχτότερο τόνο και η άγονη γη με σκούρο τόνο. Δεν ενισχύει τη διάκριση της αστικής περιοχής. Η χλωροφύλλη έχει ισχυρή ανάκλαση στη ζώνη 2 (0,52 -0.60um) και ισχυρή απορρόφηση στη ζώνη 3 (0,63 -0.69um), η βλάστηση εμφανίζεται σε πιο φωτεινό τόνο.
- **TM4/TM3:** Ο λόγος αυτός διακρίνει τη βλάστηση, το νερό και τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Ενισχύει τα δάση και την άγονη γη. Επειδή στα δάση η βλάστηση εμφανίζει υψηλότερη ανακλαστικότητα στο εγγύς υπέρυθρο IR (0,76-0.90um) και ισχυρή απορρόφηση στην κόκκινη περιοχή (0.63-0.69um), η αναλογία αυτή καθορίζει μοναδικά την κατανομή της βλάστησης. Όσο πιο φωτεινός ο τόνος, τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα της παρούσας βλάστησης.
- **TM3/TM4:** Η αναλογία αυτή καθορίζει με σαφήνεια τα άγονα γυμνά εδάφη και την αστική περιοχή. Αλλά δεν μπορεί να καθορίσει τα υδάτινα σώματα, τα δάση και τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις.
- **TM7/TM2:** Η αναλογία αυτή έχει διαχωρίζει με ασφάλεια τα δάση και τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Αλλά δεν μπορεί να διαχωριστεί τα ύδατα από τα δάση αφού και οι δύο αυτές οντότητες εμφανίζονται με σκούρο τόνο. Ενισχύει τους

αυτοκινητόδρομους, τις αστικές και κατοικημένες περιοχές και τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις και τα εμφανίζει όλα με ανοιχτότερο τόνο.

- **TM3/TM5:** Η αναλογία αυτή ενισχύει την άγονη γη, τους αυτοκινητόδρομους, τα δρομάκια εντός των αστικών περιοχών και γενικά τις ανθρωπογενείς αδιαπέραστες επιφάνειες. Η αναλογία αυτή είναι χρήσιμη για την παρατήρηση διαφορών στην θολότητα του νερού. Άγονη γη, αυτοκινητόδρομοι, αστικές και κατοικημένες περιοχές εμφανίζονται με ανοιχτότερο τόνο και τα δάση, τα υδάτινα σώματα και οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις εμφανίζονται με σκοτεινό τόνο. (*Band Combination- Portland State University / web.pdx.edu/~emch/ip1/bandcombinations.html*)
- **TM5/TM7:** Τόσο η φασματική ζώνη 5 όσο και η 7 είναι ευαίσθητες στην διακύμανση της περιεκτικότητας σε υγρασία των εδαφών και της βλάστησης. Η αναλογία αυτή είναι χρήσιμη για τις μελέτες ξηρασίας των καλλιεργειών και έρευνες ζωτικότητας των φυτών (*Band Combination- Portland State University*). Επίσης ο λόγος των καναλιών TM5/TM7 θα αποκτά μεγαλύτερες τιμές σε αργιλώδη εδάφη, και στους τύπους πετρωμάτων με αργιλώδη ορυκτά. (Καρτάλης & Φειδάς, 2006), (*E. BROWN, M. AITKENHEAD, R. WRIGHT & I. H. AALDERS, 2007*)
- **TM3/TM1: Για την διάκριση των εδαφών** με μεγάλη περιεκτικότητα σε οξείδια του σιδήρου. Κατάλληλη για μελέτες λιθολογίας (Καρτάλης & Φειδάς, 2006), (*E. BROWN, M. AITKENHEAD, R. WRIGHT & I. H. AALDERS 2007*)
- Οι αναλογίες των καναλιών και τα φασματικά κανάλια του αισθητήρα Landsat TM5 όπως δίνονται στον πίνακα 5, είναι οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν για την έρευνα της παρούσας μελέτης και τις ανάγκες της ταξινόμησης, προκειμένου να ενισχυθεί η φασματική διακριτικότητα σε ικανοποιητικά επίπεδα και να διαχωρισθούν με μεγαλύτερη σαφήνεια οι περιοχές εκπαίδευσης.

Αρχικές μεταβλητές και λόγοι φασματικών καναλιών που χρησιμοποιήθηκαν.

Μεταβλητές	Συνήθης διαχωρισμός των Κλασμάτων φασματικών καναλιών	Λόγοι φασματικών καναλιών LandsatTM	Φασματικά κανάλια LandsatTM
1			b1
2			b2
3			b3
4			b4
5			b5
6			b7
7	Δάση/Καλλιέργειες	b2/b3	
8	Εδάφη με οξείδια του σιδήρου	b3/b1	
9	Κατηγορίες βλάστησης	b3/b2	
10	Άγονες-γυμνές / αστικές περιοχές	b3/b4	
11	Τεχνητές περιοχές	b3/b5	
12	Κατανομή/πυκνότητα βλάστησης	b4/b3	
13	Δάση / καλλιεργήσιμες εκτάσεις	b7/b2	
14	Αργιλώδη εδάφη	b5/b7	

Πίνακας 23. Πίνακας μεταβλητών φασματικής ταξινόμησης

Με τη χρήση του εργαλείου Layer Stacking και από το ENVI Toolbox → Raster Management → Layer Stacking προέκυψε η σύνθεση των τριών τελικών ψευδέγχρωμων εικόνων με ενισχυμένη διακριτότητα με τιμές μεγαλύτερες του στατιστικού δείκτη 1,9 των περιοχών εκπαίδευσης και για τα τρία έτη αναφοράς.

Στις τελικές αυτές εικόνες συμπεριελήφθησαν και οι 14 μεταβλητές από τα αρχικά κανάλια 1,2,3,4,5 και 7 και τις 8 παραπάνω αναλογίες φασματικών καναλιών του δορυφόρου Landsat TM για κάθε εικόνα.

Τα αποτελέσματα αυτά σημαίνουν ότι η απόδοση της διακριτότητας είναι ιδιαίτερα ικανοποιητική και μπορεί να ακολουθηθεί το στάδιο της επιβλεπόμενης ταξινόμησης.

Οι τελικές εικόνες και οι τελικές αναφορές ανάλυσης διακριτότητας για τα τρία έτη αναφοράς (ROI Separability reports) εμφανίζονται στις (Εικόνα 33).

2010



Pair Separation (least to most):

```
crops10 and genistas10 - 1.07386251
crops10 and brushlands10 - 1.07534507
brushlands10 and regeneration10 - 1.13428550
firforests10 and pineforests10 - 1.38931667
crops10 and regeneration10 - 1.42117149
genistas10 and baresoils10 - 1.43467129
crops10 and urbanareas10 - 1.44746400
urbanareas10 and agranapaush10 - 1.45227226
genistas10 and brushlands10 - 1.47174267
crops10 and agranapaush10 - 1.50881477
baresoils10 and urbanareas10 - 1.52282861
pineforests10 and regeneration10 - 1.58366831
pineforests10 and brushlands10 - 1.60455479
crops10 and baresoils10 - 1.62595499
genistas10 and urbanareas10 - 1.65189615
brushlands10 and urbanareas10 - 1.79546420
genistas10 and agranapaush10 - 1.83129836
baresoils10 and brushlands10 - 1.84650913
brushlands10 and agranapaush10 - 1.88425675
firforests10 and regeneration10 - 1.89545362
baresoils10 and agranapaush10 - 1.89861911
crops10 and pineforests10 - 1.91575046
firforests10 and brushlands10 - 1.93351840
genistas10 and regeneration10 - 1.95026869
pineforests10 and urbanareas10 - 1.96665573
crops10 and firforests10 - 1.96914793
urbanareas10 and regeneration10 - 1.96935193
firforests10 and agranapaush10 - 1.97755577
firforests10 and urbanareas10 - 1.97848645
pineforests10 and agranapaush10 - 1.97866321
baresoils10 and regeneration10 - 1.98526173
regeneration10 and agranapaush10 - 1.99190331
genistas10 and pineforests10 - 1.99303990
genistas10 and firforests10 - 1.99468161
baresoils10 and pineforests10 - 1.99577074
firforests10 and baresoils10 - 1.99880216
```

Pair Separation (least to most):

```
crops10 and brushlands10 - 1.91722171
brushlands10 and regeneration10 - 1.91959325
crops10 and agranapaush10 - 1.94431889
crops10 and genistas10 - 1.95734653
urbanareas10 and agranapaush10 - 1.96244506
pineforests10 and regeneration10 - 1.96632341
burnedareas10 and genistas10 - 1.96723490
crops10 and regeneration10 - 1.96939637
genistas10 and baresoils10 - 1.97037653
crops10 and urbanareas10 - 1.97608129
baresoils10 and urbanareas10 - 1.97761125
genistas10 and brushlands10 - 1.98442933
pineforests10 and brushlands10 - 1.98959373
firforests10 and pineforests10 - 1.99030657
genistas10 and urbanareas10 - 1.99051345
burnedareas10 and agranapaush10 - 1.99251550
burnedareas10 and crops10 - 1.99659919
genistas10 and agranapaush10 - 1.99675868
brushlands10 and agranapaush10 - 1.99712026
crops10 and baresoils10 - 1.99766014
brushlands10 and urbanareas10 - 1.99888188
firforests10 and regeneration10 - 1.99892559
burnedareas10 and brushlands10 - 1.99903451
burnedareas10 and urbanareas10 - 1.99917084
baresoils10 and agranapaush10 - 1.99940582
burnedareas10 and baresoils10 - 1.99949682
crops10 and pineforests10 - 1.99973328
baresoils10 and brushlands10 - 1.99987078
genistas10 and regeneration10 - 1.99991591
regeneration10 and agranapaush10 - 1.99993055
urbanareas10 and regeneration10 - 1.99993722
firforests10 and brushlands10 - 1.99995708
pineforests10 and agranapaush10 - 1.99997370
crops10 and firforests10 - 1.99999240
firforests10 and agranapaush10 - 1.99999798
```



2001

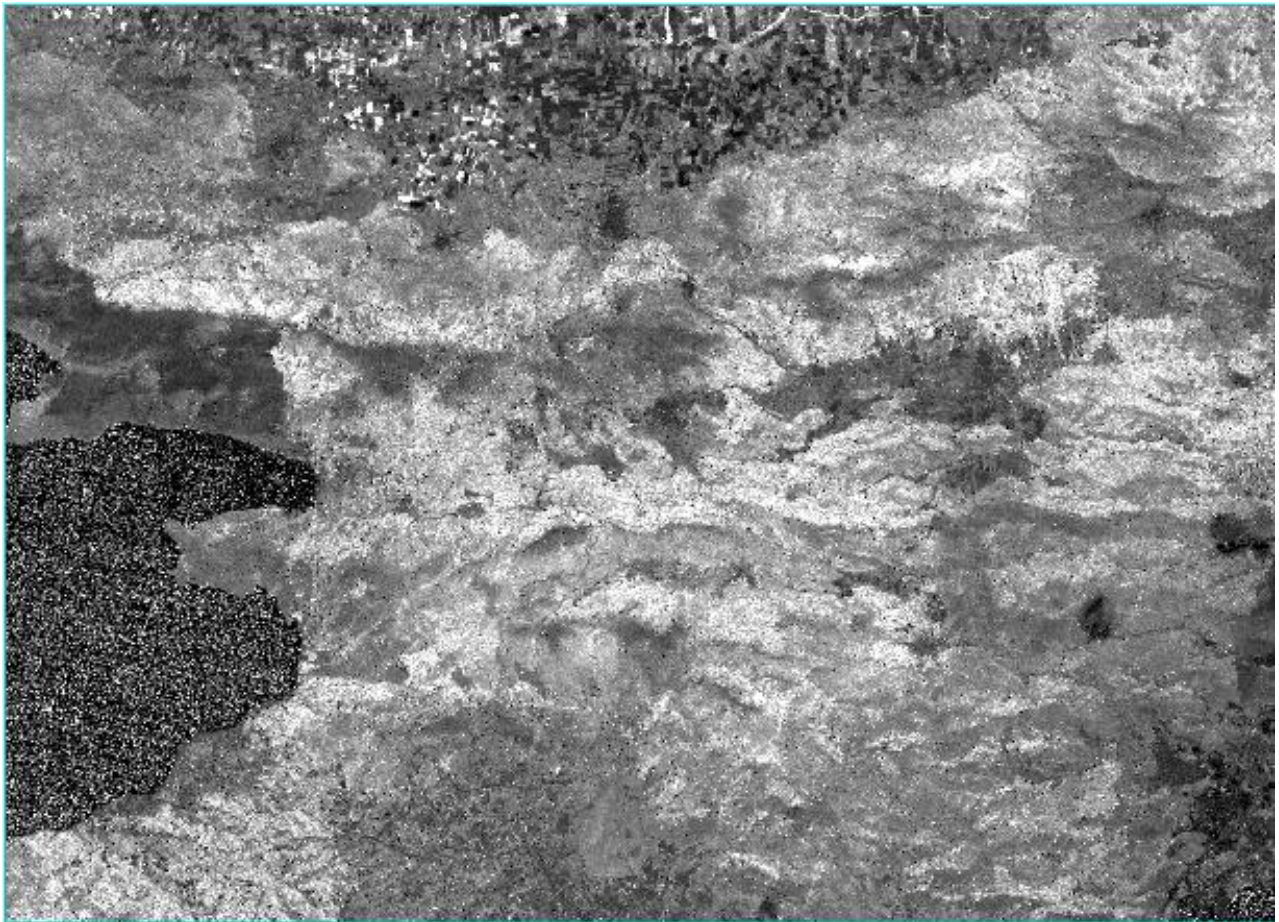
Pair Separation (least to most):

```
baresoil01 and urbanareas01 - 1.22876118
brushlands01 and regeneration01 - 1.26403144
brushlands01 and crops01 - 1.31363378
brushlands01 and genistaland01 - 1.35685945
genistaland01 and baresoil01 - 1.41015550
pine forests01 and regeneration01 - 1.44517793
genistaland01 and crops01 - 1.48520836
crops01 and agranapaush01 - 1.52782424
genistaland01 and urbanareas01 - 1.52815523
urbanareas01 and agranapaush01 - 1.55469202
crops01 and urbanareas01 - 1.56064482
crops01 and regeneration01 - 1.58415706
pine forests01 and firforest01 - 1.72796432
brushlands01 and urbanareas01 - 1.75949793
pine forests01 and brushlands01 - 1.76251798
genistaland01 and agranapaush01 - 1.76483330
baresoil01 and crops01 - 1.78594557
baresoil01 and agranapaush01 - 1.78979371
brushlands01 and baresoil01 - 1.85855859
firforest01 and regeneration01 - 1.85989720
brushlands01 and agranapaush01 - 1.92796142
pine forests01 and crops01 - 1.95024171
genistaland01 and regeneration01 - 1.95817201
brushlands01 and firforest01 - 1.97288425
urbanareas01 and regeneration01 - 1.97446422
pine forests01 and urbanareas01 - 1.98561750
baresoil01 and regeneration01 - 1.99187172
firforest01 and crops01 - 1.99461944
firforest01 and urbanareas01 - 1.99635643
pine forests01 and baresoil01 - 1.99827774
agranapaush01 and regeneration01 - 1.99850014
pine forests01 and genistaland01 - 1.99948660
firforest01 and baresoil01 - 1.99958632
pine forests01 and agranapaush01 - 1.99996817
firforest01 and agranapaush01 - 1.99998614
genistaland01 and firforest01 - 1.99999186
```



Pair Separation (least to most):

```
brushlands01 and genistaland01 - 1.91187264
brushlands01 and crops01 - 1.92694042
brushlands01 and regeneration01 - 1.96096449
baresoil01 and urbanareas01 - 1.96341000
pine forests01 and regeneration01 - 1.96480192
genistaland01 and crops01 - 1.96962994
urbanareas01 and agranapaush01 - 1.98178096
crops01 and regeneration01 - 1.98313916
genistaland01 and urbanareas01 - 1.98389150
genistaland01 and agranapaush01 - 1.98513542
crops01 and agranapaush01 - 1.98527407
crops01 and urbanareas01 - 1.98642225
genistaland01 and baresoil01 - 1.98854241
pine forests01 and firforest01 - 1.98948375
baresoil01 and agranapaush01 - 1.99485659
pine forests01 and brushlands01 - 1.99781064
brushlands01 and urbanareas01 - 1.99792132
baresoil01 and crops01 - 1.99884744
firforest01 and regeneration01 - 1.99891615
brushlands01 and agranapaush01 - 1.99973917
brushlands01 and baresoil01 - 1.99989473
genistaland01 and regeneration01 - 1.99991766
pine forests01 and crops01 - 1.99995413
urbanareas01 and regeneration01 - 1.99998831
brushlands01 and firforest01 - 1.99999531
pine forests01 and genistaland01 - 1.99999993
firforest01 and crops01 - 1.99999997
pine forests01 and urbanareas01 - 1.99999997
baresoil01 and regeneration01 - 2.00000000
agranapaush01 and regeneration01 - 2.00000000
pine forests01 and agranapaush01 - 2.00000000
firforest01 and urbanareas01 - 2.00000000
pine forests01 and baresoil01 - 2.00000000
genistaland01 and firforest01 - 2.00000000
pine forests01 and water01 - 2.00000000
urbanareas01 and water01 - 2.00000000
firforest01 and baresoil01 - 2.00000000
firforest01 and agranapaush01 - 2.00000000
firforest01 and water01 - 2.00000000
water01 and regeneration01 - 2.00000000
brushlands01 and water01 - 2.00000000
water01 and agranapaush01 - 2.00000000
genistaland01 and water01 - 2.00000000
baresoil01 and water01 - 2.00000000
crops01 and water01 - 2.00000000
```



1993



Pair Separation (least to most):

```
pine fore93 and firforest93 - 1.30554807
genistaland93 and baresoil93 - 1.37701716
baresoil93 and urbanareas93 - 1.40818782
crops93 and regeneration-93 - 1.49303950
brushlands93 and crops93 - 1.51326982
urbanareas93 and agranapaush-93 - 1.54052651
burnedareas93 and agranapaush-93 - 1.54660940
genistaland93 and crops93 - 1.57388221
genistaland93 and urbanareas93 - 1.59038931
brushlands93 and regeneration-93 - 1.61906484
pine fore93 and brushlands93 - 1.65583597
genistaland93 and brushlands93 - 1.66621453
crops93 and urbanareas93 - 1.75573074
pine fore93 and regeneration-93 - 1.78411382
baresoil93 and agranapaush-93 - 1.80150355
crops93 and agranapaush-93 - 1.80617449
genistaland93 and agranapaush-93 - 1.82506464
baresoil93 and crops93 - 1.82683868
baresoil93 and burnedareas93 - 1.86166634
brushlands93 and firforest93 - 1.86325009
brushlands93 and urbanareas93 - 1.86561225
brushlands93 and burnedareas93 - 1.89095920
burnedareas93 and urbanareas93 - 1.89192460
genistaland93 and burnedareas93 - 1.91667481
pine fore93 and crops93 - 1.91791122
burnedareas93 and crops93 - 1.93641969
firforest93 and regeneration-93 - 1.93935551
brushlands93 and baresoil93 - 1.94206772
brushlands93 and agranapaush-93 - 1.94365812
firforest93 and crops93 - 1.96325783
burnedareas93 and firforest93 - 1.98740779
genistaland93 and regeneration-93 - 1.99084211
urbanareas93 and regeneration-93 - 1.99256776
pine fore93 and burnedareas93 - 1.99527740
pine fore93 and urbanareas93 - 1.99752473
firforest93 and urbanareas93 - 1.99874419
baresoil93 and firforest93 - 1.99921317
firforest93 and agranapaush-93 - 1.99926656
pine fore93 and genistaland93 - 1.99930640
pine fore93 and baresoil93 - 1.99939588
genistaland93 and firforest93 - 1.99963288
baresoil93 and regeneration-93 - 1.99975003
pine fore93 and agranapaush-93 - 1.99980399
regeneration-93 and agranapaush-93 - 1.99982367
burnedareas93 and regeneration-93 - 1.99995109
```

Pair Separation (least to most):

```
baresoil93 and urbanareas93 - 1.94034769
brushlands93 and crops93 - 1.95714493
pine fore93 and firforest93 - 1.96301530
burnedareas93 and agranapaush-93 - 1.96803700
pine fore93 and regeneration-93 - 1.97079949
brushlands93 and regeneration-93 - 1.97124790
genistaland93 and baresoil93 - 1.97255043
urbanareas93 and agranapaush-93 - 1.97395634
crops93 and regeneration-93 - 1.97784628
genistaland93 and urbanareas93 - 1.97860440
genistaland93 and brushlands93 - 1.97997694
genistaland93 and crops93 - 1.98102391
genistaland93 and agranapaush-93 - 1.98392575
crops93 and urbanareas93 - 1.98540283
pine fore93 and brushlands93 - 1.99110269
baresoil93 and agranapaush-93 - 1.99316180
crops93 and agranapaush-93 - 1.99368943
brushlands93 and burnedareas93 - 1.99597679
baresoil93 and crops93 - 1.99632589
brushlands93 and urbanareas93 - 1.99706542
genistaland93 and burnedareas93 - 1.99817555
burnedareas93 and urbanareas93 - 1.99837834
burnedareas93 and crops93 - 1.99886691
firforest93 and regeneration-93 - 1.99911927
brushlands93 and agranapaush-93 - 1.99930836
baresoil93 and burnedareas93 - 1.99942705
pine fore93 and crops93 - 1.99951536
brushlands93 and firforest93 - 1.99980123
brushlands93 and baresoil93 - 1.99992476
firforest93 and crops93 - 1.99995990
urbanareas93 and regeneration-93 - 1.99996294
pine fore93 and burnedareas93 - 1.99997186
genistaland93 and regeneration-93 - 1.99999023
burnedareas93 and firforest93 - 1.99999808
pine fore93 and urbanareas93 - 1.99999896
pine fore93 and genistaland93 - 1.99999967
firforest93 and urbanareas93 - 1.99999991
regeneration-93 and agranapaush-93 - 1.99999993
burnedareas93 and regeneration-93 - 1.99999995
pine fore93 and agranapaush-93 - 1.99999996
genistaland93 and firforest93 - 1.99999999
```



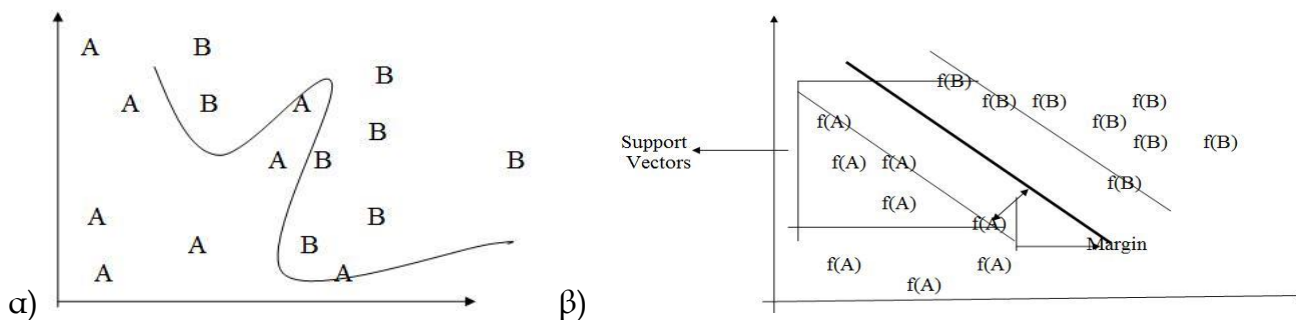
Εικόνα 33. Τελικές Ψευδέχρωμες εικόνες των ετών 2010, 2001 και 1993 & τελικές αναφορές ανάλυσης διακριτότητας για τα τρία έτη αναφοράς αντίστοιχα (ROI Separability reports).

5.8.7. Επιλογή μεθόδου επιβλεπόμενης ταξινόμησης

Μια εποπτευόμενη ταξινόμηση, όπως με τον αλγόριθμο της μέγιστης πιθανοφάνειας δεν είναι συχνά κατάλληλη, διότι θεωρεί ότι κάθε τάξη έχει μια κανονική κατανομή, κάτι το οποίο δεν συμβαίνει συχνά, (ELWARD et al., 1990). Για το λόγο αυτό και μετά από δοκιμές επιλέχθηκε για τις ανάγκες της ταξινόμησης μια μη παραμετρική μέθοδος η οποία δεν απαιτεί έλεγχο κανονικότητας της κατανομής των κλάσεων ταξινόμησης ή των περιοχών εκπαίδευσης. Για τάξεις που λόγω μεγάλης ποικιλομορφίας δεν ακολουθούν κανονική κατανομή ο μη παραμετρικός ταξινομητής βοηθάει στη βελτίωση της ακρίβειας της ταξινόμησης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ένας μη παραμετρικός ταξινομητής δεν εξαρτάται από τις ενδογενείς ιδιότητες των δεδομένων, επειδή δεν βασίζεται σε στατιστικά στοιχεία (Καρτάλης & Φειδάς, 2006).

Ο ταξινομητής που επιλέχθηκε είναι οι Μηχανές Υποστήριξης Διανυσμάτων (Support Vector Machines, SVMs), οι οποίες μαζί με τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα κι άλλους μη παραμετρικούς ταξινομητές, έχουν την φήμη ότι ανήκουν στους δυνατούς ταξινομητές (Foody & Mathur, 2004a), (Foody and Mathur, 2004b).

Οι **Μηχανές Διανυσμάτων Υποστήριξης (SVMs)** είναι μια μέθοδος μηχανικής μάθησης για δυαδικά προβλήματα ταξινόμησης (Melgani & Bruzzone, 2004). Προβάλλουν τα σημεία του συνόλου εκπαίδευσης σε έναν χώρο περισσότερων διαστάσεων και βρίσκουν το υπερεπίπεδο το οποίο διαχωρίζει βέλτιστα τα σημεία των δύο τάξεων. Τα άγνωστα σημεία ταξινομούνται σύμφωνα με την πλευρά του υπερεπίπεδου στην οποία βρίσκονται. Τα διανύσματα τα οποία ορίζουν το υπερεπίπεδο το οποίο χωρίζει τις δύο τάξεις ονομάζονται **διανύσματα υποστήριξης** (support vectors). Έχουν χαμηλό υπολογιστικό κόστος, ακόμη και στην περίπτωση μη γραμμικότητας. Η ιδιαιτερότητά τους έγκειται στο γεγονός ότι διαχωρίζουν τα δεδομένα με τη μέγιστη δυνατή απόσταση κάνοντας τα λιγότερα δυνατά λάθη (Vapnik, 1995).



Εικόνα 34. Ταξινόμηση των σημείων του συνόλου εκπαίδευσης με τις Μηχανές Διανυσμάτων Υποστήριξης (SVMs) α) Αρχικός χώρος, β) Νέος χώρος

Ο αλγόριθμος του ταξινομητή SVM, χρησιμοποιεί μια συνάρτηση πυρήνα (Kernel function), με τη μορφή τεσσάρων διαφορετικών τύπων συναρτήσεων:

Γραμμικός (linear function), πολυωνυμικός (polynomial function), σιγμοειδής (sigmoid function), και ακτινοειδής (radial basis function-RBF). Κάθε μία εξίσωση έχει μοναδικές παράμετρος που πρέπει να καθοριστούν πριν από την ταξινόμηση, οι οποίοι συνήθως καθορίζονται διαμέσου της διαδικασίας σταυροειδούς επικύρωσης (cross validation). Μια βαθύτερη μαθηματική πραγματεία του SVMs μπορεί να βρεθεί σε Christianini (2002), Campbell (2000) και Vapnik (1995).

Στο πρόγραμμα ENVI 5.1 είναι προεπιλεγμένη συνάρτηση πυρήνα (Kernel function) ακτινωτής βάσης, η οποία και χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες ταξινόμησης της μελέτης, καθώς παρουσιάζει σύμφωνα με τη βιβλιογραφία καλά αποτελέσματα. Η συνάρτηση της ακτινωτής βάσης αποδίδεται με τον τύπο :

$$K(s, z) = \exp(-\gamma \cdot \|s - z\|^2)$$

Τύπος 3. Συνάρτηση πυρήνα ακτινωτής βάσης.

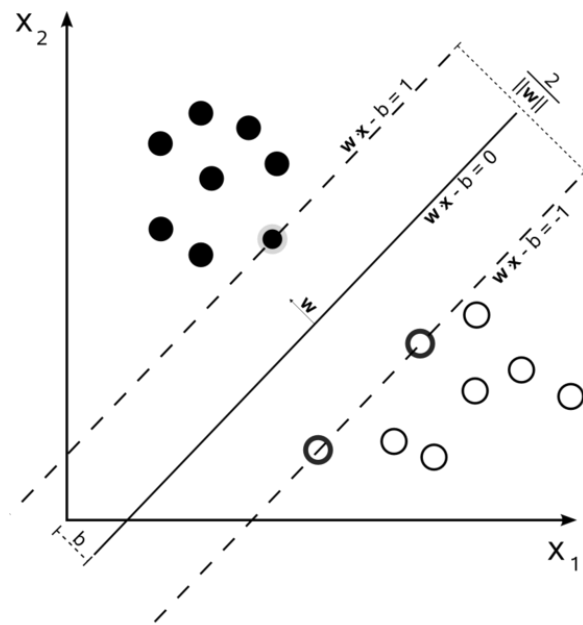
όπου s είναι τα διανύσματα υποστήριξης, z είναι τα διανύσματα γνωρισμάτων των αντικειμένων ελέγχου και γ η παράμετρος που καθορίζει το μέγεθος του πυρήνα.

Το όριο απόφασης της κατηγοριοποίησης ορίζεται από μια συνάρτηση π.χ. ως:

$$\sum_{i=1..ns} a_i l_i K(s_i, z) + b = \Delta$$

Τύπος 4. Συνάρτηση καθορισμού ορίου απόφασης.

όπου ns είναι το πλήθος των διανυσμάτων υποστήριξης s_i , l_i είναι οι ετικέτες των αντιστοιχών διανυσμάτων υποστήριξης, a, b παράμετροι που υπολογίζονται κατά τη διαδικασία εκμάθησης και Δ , η τιμή κατωφλίου για την εξισορρόπηση των ρυθμών των ψευδώς θετικών και ψευδών αρνητικών.

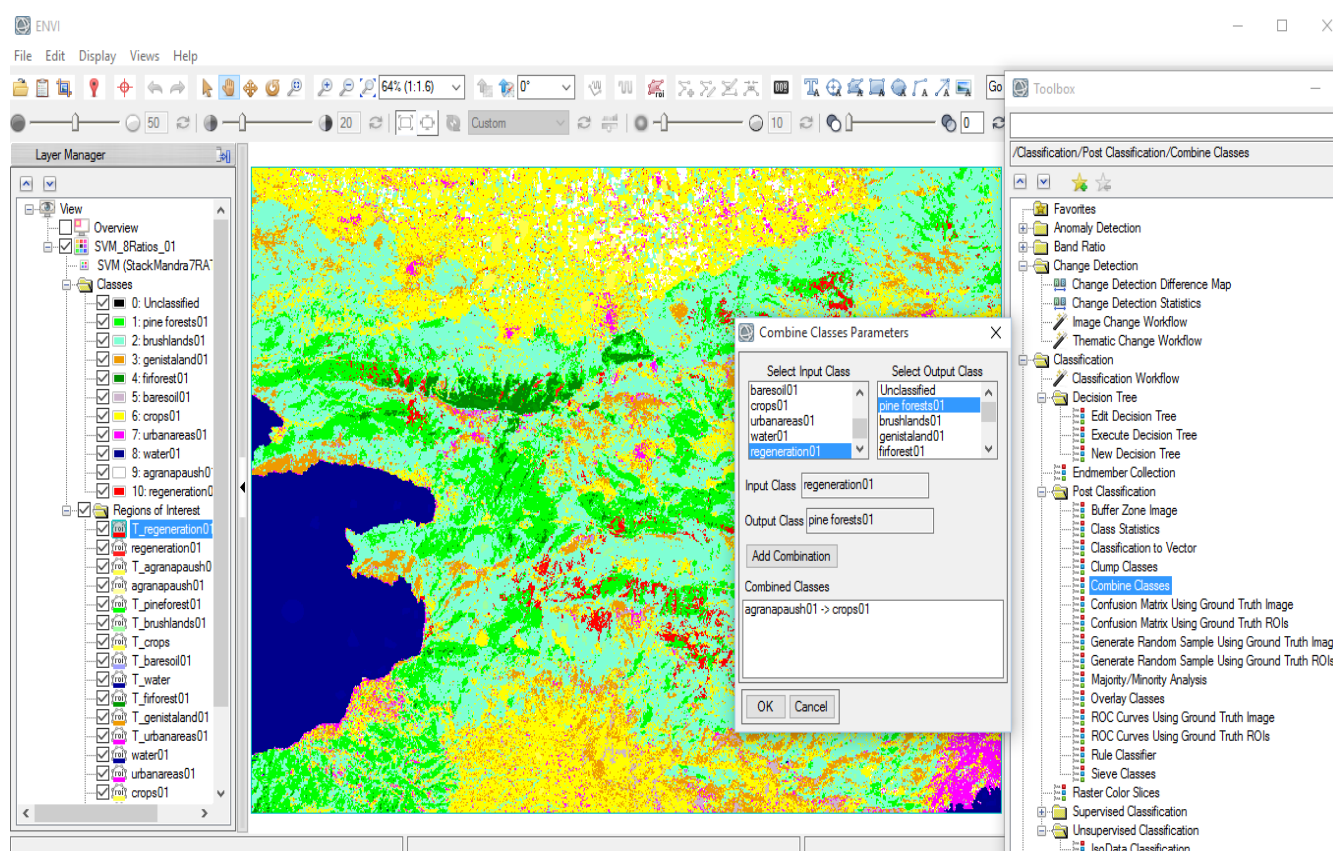


Εικόνα 35. Διαχωρίζων υπερεπίπεδο: ($W^T \cdot x - b = 0$)

Η εξίσωση αυτή ουσιαστικά δείχνει ότι οι δύο κατηγορίες δεδομένων μπορούν να διαχωριστούν από ένα υπερεπίπεδο. Αν η ακρίβεια είναι αποδεκτή το μοντέλο χρησιμοποιείται για κατηγοριοποίηση (classification) μελλοντικών δεδομένων των οποίων η κατηγορία (class) είναι άγνωστη.

5.8.8. Μετεπεξεργασία των ταξινομημένων εικόνων

Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του συνδυασμού των κλάσεων (**combine classes**) στις κλάσεις που επιλεκτικά έπρεπε να συγχωνευθούν, στις ήδη ταξινομημένες εικόνες. Συνδυάστηκαν οι βασικές τάξεις ταξινόμησης με τις αντίστοιχες τους πληροφορήσης ενώ αυτές εξαιρέθηκαν από το τελικό αρχείο ταξινόμησης προκειμένου να διατηρηθούν οι 9 βασικές κλάσεις της αρχικής κατάταξης. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν μέσα από την εργαλειοθήκη του λογισμικού ENVI 5.1 και από την αλληλουχία των εντολών Classification → Post Classification → Combine Classes. Κατά τη διαδικασία αυτή, συνδυάστηκαν οι κλάσεις πληροφορήσης καλλιέργειες σε αγρανάπαυση με την κύρια κλάση των Γεωργικών εκτάσεων και τα Δάση σε νεοφυτεία μετά από φυσική αναγέννηση με την κύρια κλάση Δάσος Χαλεπίου Πεύκης προκειμένου να συγχωνευτούν οι αρχικές στην κύρια κλάση ταξινόμησης (εικόνα 36).

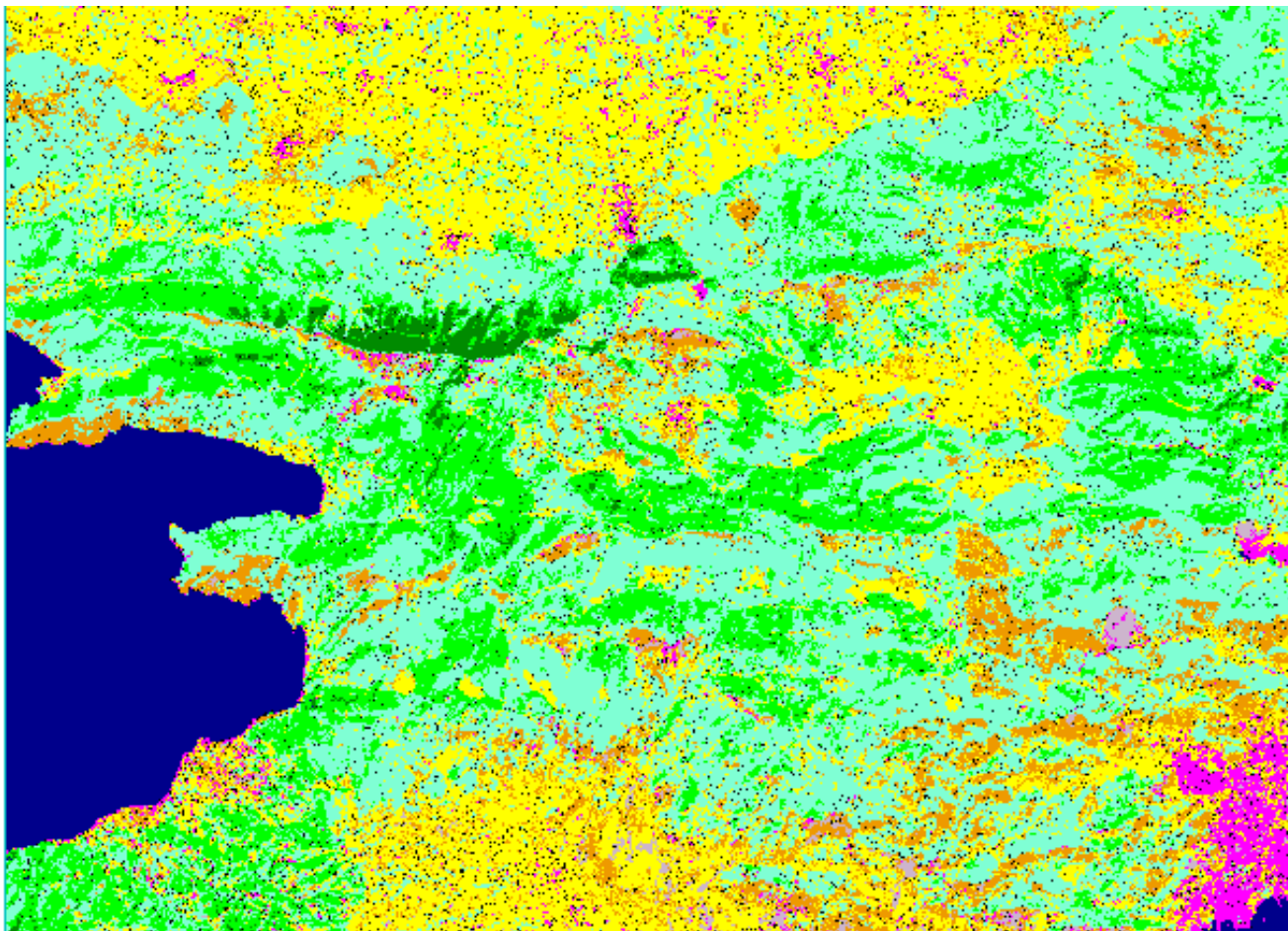


Εικόνα 36. Συνδυασμός των κλάσεων με τη χρήση του εργαλείου (ENVI 5.1), **Combine Classes**.

Στη συνέχεια και προκειμένου να παραχθούν τελικοί θεματικοί χάρτες ταξινόμησης για κάθε έτος μελέτης 1993, 2001 και 2010 ακολουθήθηκε μια μέθοδος εκκαθάρισης των απομονωμένων εικονοστοιχείων και συσσωμάτωσης των μικρών σε έκταση και αριθμό εικονοστοιχείων, περιοχών, σε ευρύτερες γειτονικές περιοχές (Classification Aggregation). Η συσσωμάτωση είναι μια χρήσιμη διαδικασία εκκαθάρισης (cleanup) μετά την ταξινόμηση όταν το παραγόμενο προϊόν της ταξινόμησης περιλαμβάνει πολλές μικρές περιοχές.

Επειδή το εργαλείο αυτό δεν υπάρχει στην έκδοση 5.1 του λογισμικού ENVI η όλη διαδικασία έγινε με τον συνδυασμό των εργαλείων Sieve Classes και Clump. Η μέθοδος **Sieve Classes**, εξετάζει τα γειτονικά 4 ή 8 pixels για να προσδιοριστεί εάν ένα εικονοστοιχείο

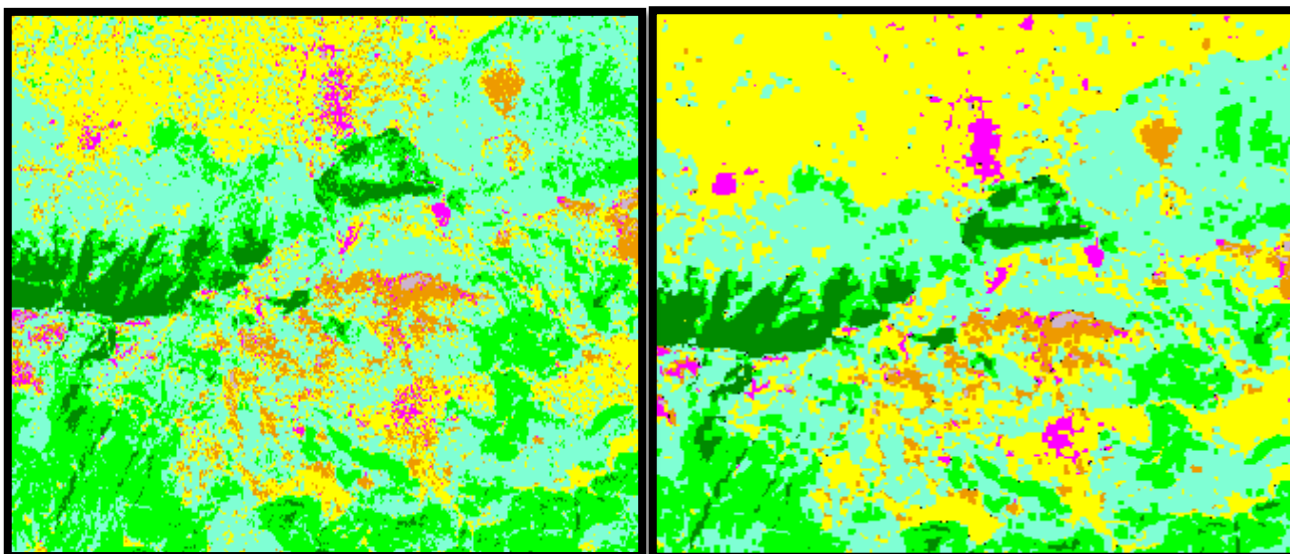
είναι ομαδοποιημένο με εικονοστοιχεία της ίδιας κατηγορίας. Αν ο αριθμός των εικονοστοιχείων σε μια τάξη που ομαδοποιούνται είναι μικρότερος από την τιμή που εισάγετε, εκείνα τα εικονοστοιχεία θα αφαιρεθούν από την τάξη. Όταν τα εικονοστοιχεία απομακρυνθούν από μια τάξη με τη χρήση κοσκινίσματος (Sieve Classes), τη θέση τους θα πάρουν αταξινόμητα εικονοστοιχεία μαύρου χρώματος (εικόνα 37).



Εικόνα 37. Μέθοδος εκκαθάρισης των απομονωμένων εικονοστοιχείων (Sieve Classes)

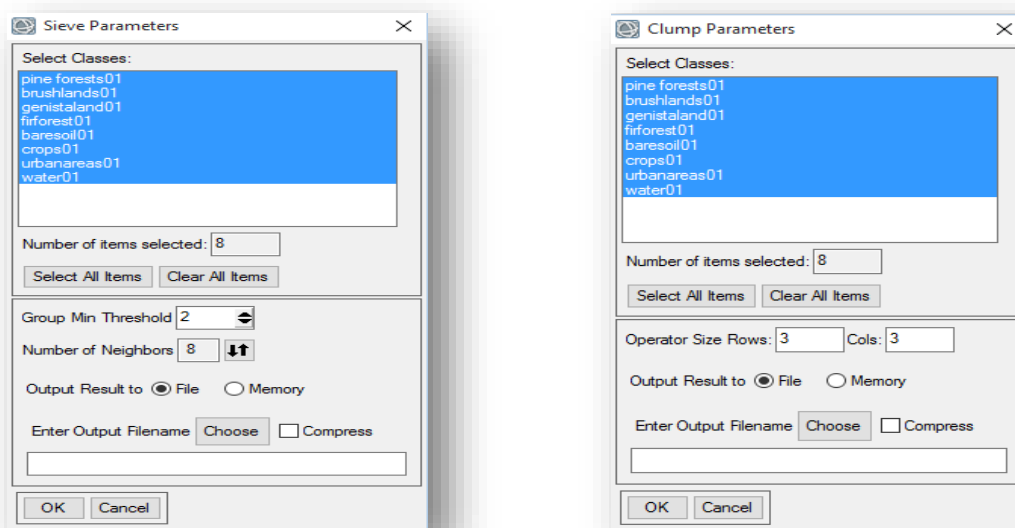
Η εντολή **Clump Classes**, εκτελεί μια διαδικασία ομαδοποίησης πάνω σε μια ήδη ταξινομημένη εικόνα. Αυτή η λειτουργία συσσωματώνει γειτονικές όμοιες κατηγορίας κλάσεις, με τη χρήση των μορφολογικών τους χαρακτηριστικών. Μικρές ομάδες εικονοστοιχείων σε έκταση ή αριθμό πάσχουν από έλλειψη χωροταξικής συνοχής και εμφανίζονται σαν κηλίδες ή τρύπες μέσα στις ταξινομημένες περιοχές. Φιλτράρισμα χαμηλής διέλευσης θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να εξομαλυνθούν αυτές οι περιοχές, όμως η διαδικασία αυτή θα αλλοίωνε τους κωδικούς των παρακείμενων κλάσεων. Μέσα από την εκτέλεση της εντολής **Clump Classes** το πρόβλημα αυτό επιλύεται. Οι επιλεγμένες από το πρόγραμμα κλάσεις ομαδοποιούνται. Για να γίνει αυτό στην αρχή ακολουθείται μια διαδικασία διεύρυνσης και μετά εξομάλυνσης /ομαλοποίησης των κλάσεων αυτών,

χρησιμοποιώντας ένα καθορισμένο πυρήνα ή δομικό στοιχείο για κάθε μία από τις λειτουργίες αυτές (πηγή Exelis, Envi 5.1) (εικόνα 38).



Εικόνα 38. Η αρχική εικόνα αριστερά. Η επεξεργασμένη με Sieve Classes και Clump Classes, εικόνα δεξιά.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε από την αλληλουχία των εντολών της εργαλειοθήκης αρχικά ήταν Classification > Post Classification > **Sieve Classes** και στη συνέχεια Classification > Post Classification > **Clump Classes**. Κατά την εκτέλεση των εντολών διατηρήθηκαν οι εξ ορισμού παράμετροι του λογισμικού ENVI 5.1 (εκόνα 39).



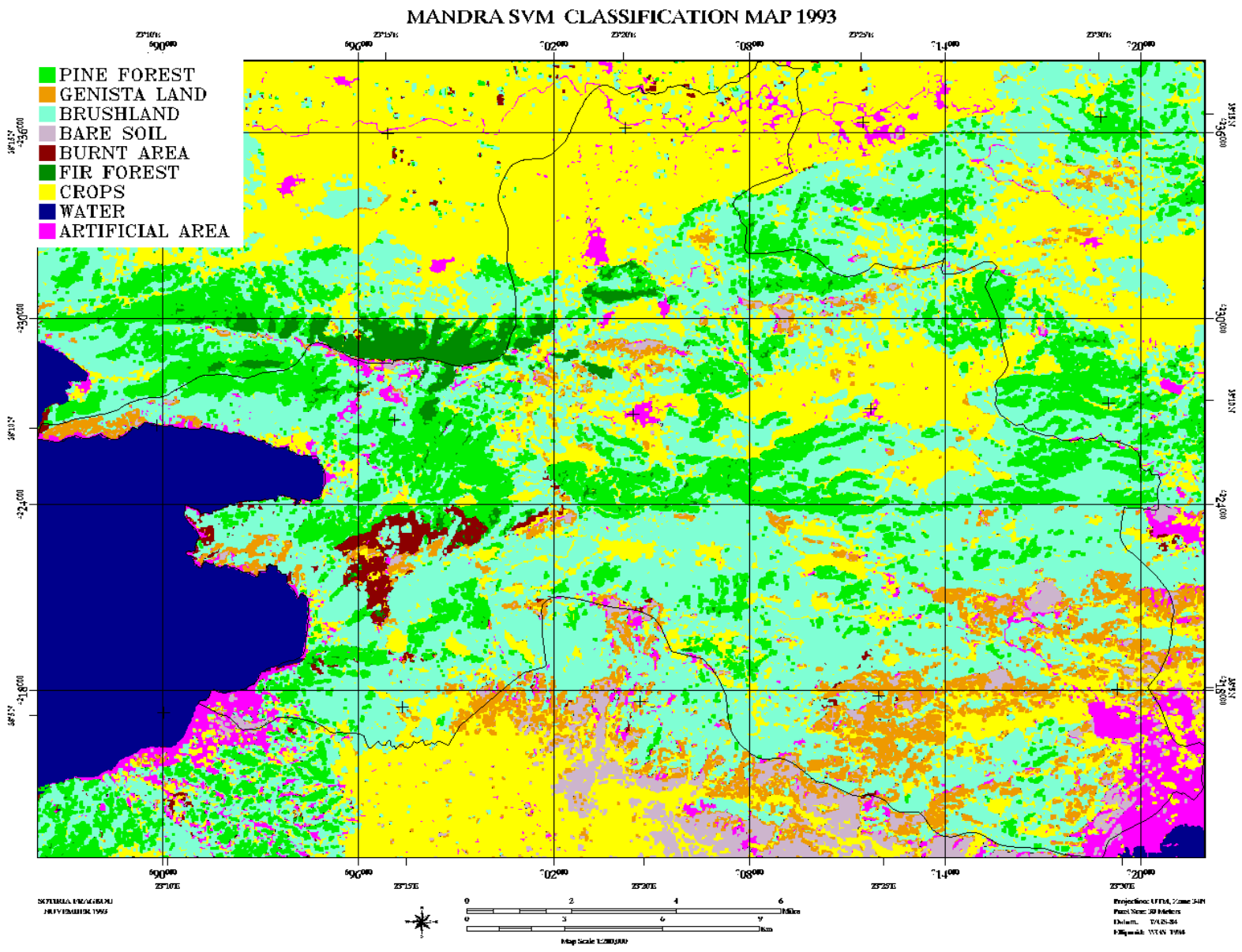
(α)

(β)

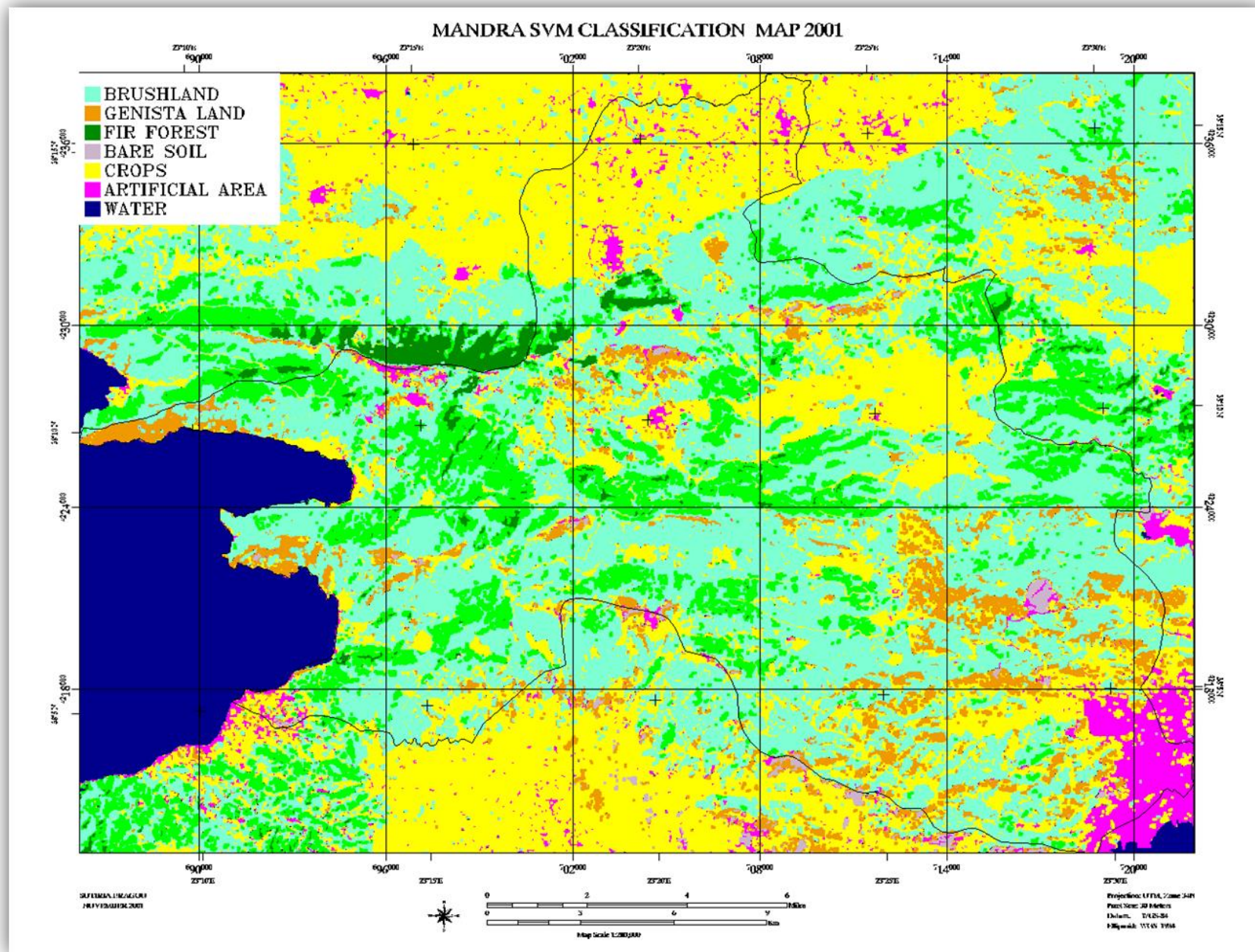
Εικόνα 39. Εξ ορισμού παράμετροι στο παράθυρο διαλόγου της εντολής Sieve Classes και Clump Classes, εικόνες (α) και (β) αντίστοιχα

5.8.9. Δημιουργία θεματικών χαρτών ταξινόμησης

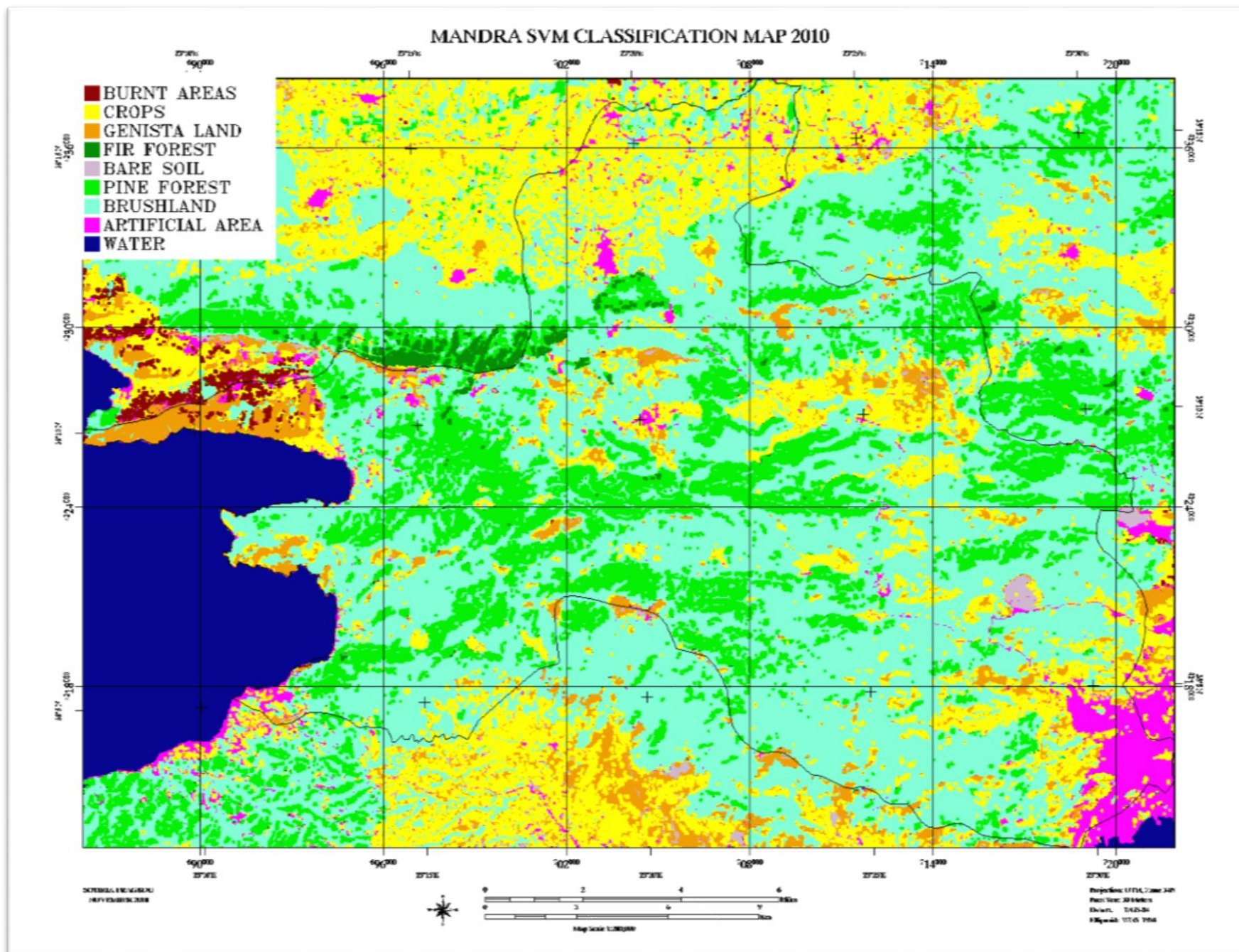
Μετά το τέλος της μετεπεξεργασίας των ταξινομημένων εικόνων, δημιουργήθηκαν οι τρεις χάρτες ταξινόμησης για τις 3 χρονικές στιγμές της περιοχής μελέτης:



Χάρτης 8. Χάρτης επιβλεπόμενης ταξινόμησης Μηχανής Στήριξης διανυσμάτων (SVM), ΜΑΝΔΡΑ 1993. (Λογισμικό ENVI 5.1).



Χάρτης 10. Χάρτης επιβλεπόμενης ταξινόμησης Μηχανής Στήριξης διανυσμάτων (SVM), ΜΑΝΔΡΑ 2001. (Λογισμικό ENVI 5.1).

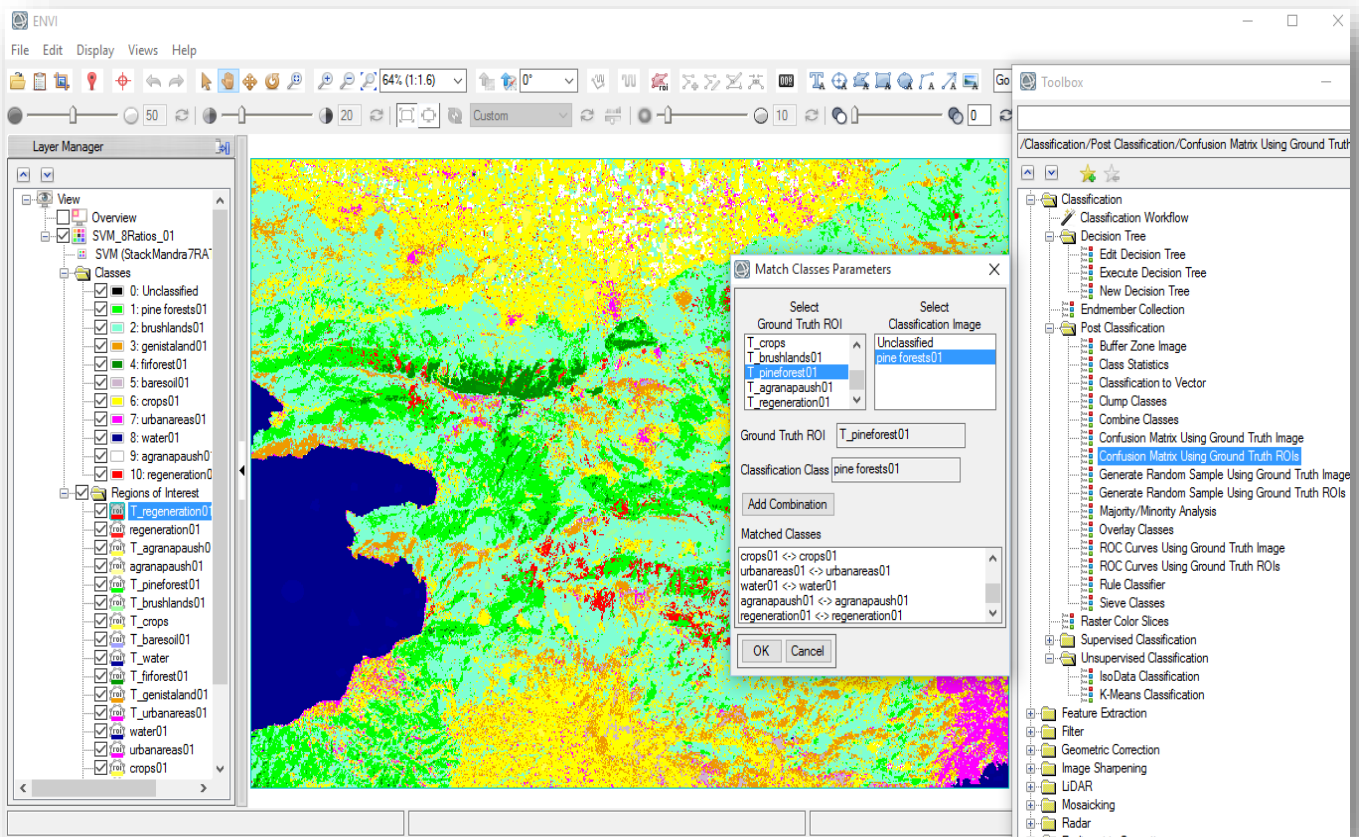


Χάρτης 11. Χάρτης επιβλεπόμενης ταξινόμησης Μηχανής Στήριξης διανοσμάτων (SVM), ΜΑΝΔΡΑ 2010. (Λογισμικό ENVI 5.1).

5.8.10. Εκτίμηση ακρίβειας της ταξινόμησης

Η ταξινόμηση θεωρείται ότι έχει ολοκληρωθεί εφόσον έχει εκτιμηθεί η ακρίβειά της. Ο **βαθμός σφάλματος της ταξινόμησης**, ο οποίος εκφράζει τη καταχώρηση κάποιων ψηφίδων σε λανθασμένη τάξη, καθορίζει το ποσοστό επιτυχίας της ταξινόμησης πράγμα που δίνει τη δυνατότητα να εκτιμηθεί η ακρίβειά της (Μαρία Τσακίρη Στρατή , Θεσσαλονίκη 2010).

Μέσα από την εργαλειοθήκη του λογισμικού ENVI 5.1 και από την διαδοχή των εντολών Classification → Post Classification → Confusion Matrix Using Ground Truth ROIs (εικόνα 40) και κατά τη διαδικασία αυτή, δημιουργούνται ζεύγη των δειγμάτων ελέγχου με τις ταξινομημένες κλάσεις και το πρόγραμμα αυτοματοποιημένα εξάγει μια έκθεση στην οποία αναφέρονται, η συνολική ακρίβεια, ο στατιστικός συντελεστής (K), ο πίνακας σφάλματος (Confusion matrix), τα σφάλματα παράλειψης, τα σφάλματα αποφόρτισης (omission errors), τα σφάλματα επιφόρτισης (Commission errors), η ακρίβεια του αναλυτή (producer accuracy) και η ακρίβεια του χρήστη (user accuracy).



Εικόνα 40. Δημιουργία πίνακα σφάλματος (Confusion Matrix) με τη χρήση δειγμάτων ελέγχου.

Η Ολικής ακρίβειας της ταξινόμησης (producer' s accuracy), προκύπτει από την διαίρεση του ολικού πλήθους των σωστά ταξινομημένων ψηφίδων όπως ταξινομήθηκαν με τα δεδομένα αναφοράς, των κατηγοριών, προς το ολικό πλήθος των ψηφίδων όλων των κατηγοριών προς ταξινόμηση. Δείχνει πόσα δείγματα από τα στοιχεία αναφοράς μπόρεσε ο αλγόριθμος να ταξινομήσει και να καταχωρήσει σωστά (Μαρία Τσακίρη Στρατή ,

Θεσσαλονίκη 2010), και υπολογίζεται με τη διαίρεση του αθροίσματος των διαγώνιων στοιχείων του πίνακα σφάλματος, με το ολικό πλήθος των ψηφίδων του δείγματος.

Για τις εικόνες του 1993, 2001 και 2010 εμφάνισε τιμές αντίστοιχα 89,8526%, 91,0093% και 90,2439% σύμφωνα με τους παρακάτω πίνακες (Πιν. 24, Πιν. 25 & Πιν. 26).

Ο στατιστικός συντελεστής (K) εμφάνισε αντίστοιχα τιμές 0,9603, 0,8855 και 0,9876 οι οποίες προσεγγίζουν τη μονάδα, γεγονός που υποδηλώνει άριστη συμφωνία μεταξύ ταξινόμησης και δεδομένων αναφοράς (Καρτάλης κ.α., 2006).

Οι διαφορές του συντελεστή K και της ολικής ακρίβειας οφείλονται στο γεγονός ότι τα εξαγόμενα σφάλματα του πίνακα, χειρίζονται με διαφορετικό τρόπο. Η μεν ολική ακρίβεια περιλαμβάνει για το υπολογισμό της μόνο τα διαγώνια στοιχεία του πίνακα, ενώ ο συντελεστής K συνυπολογίζει εκτός από τα διαγώνια και τα μη διαγώνια στοιχεία του πίνακα, δηλαδή τα σφάλματα παράλειψης (Omission) και επιφόρτισης (Commission).

Overall Accuracy = (1855/1894) 97.9409%

Kappa Coefficient = 0.9603

Class	T_agranapaush-9	T_regeneration-93	T_urbanareas93	T_water93	T_crops93	T_firforest93	T_burnedareas93	T_baresoil93	T_brushlands93	T_genistaland93	T_pine fore93	Total
agranapaush-93	51	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	53
regeneration-93	0	42	0	0	2	0	0	0	0	0	0	44
urbanareas93	0	0	42	0	0	0	0	2	0	0	0	44
water93	0	0	0	1296	0	0	0	0	0	0	0	1296
crops93	0	2	6	0	66	0	0	0	0	0	1	75
firforest93	0	0	0	0	0	42	0	0	0	0	0	42
burnedareas93	8	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	28
baresoil93	0	0	3	0	0	0	0	29	0	2	0	34
brushlands93	0	3	1	0	1	0	2	0	125	0	0	132
genistaland93	0	0	2	0	1	0	0	0	0	40	0	43
pine fore93	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	102	103
Total	59	48	54	1296	70	42	24	31	125	43	102	1894

Ground Truth (Percent)												
Class	T_agranapaush-9	T_regeneration-93	T_urbanareas93	T_water93	T_crops93	T_firforest93	T_burnedareas93	T_baresoil93	T_brushlands93	T_genistaland93	T_pine fore93	Total
agranapaush-93	86.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00	2.80
regeneration-93	0.00	87.50	0.00	0.00	2.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.32
urbanareas93	0.00	0.00	77.78	0.00	0.00	0.00	0.00	6.45	0.00	0.00	0.00	2.32
water93	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.43
crops93	0.00	4.17	11.11	0.00	94.29	0.00	0.00	0.00	0.00	2.33	0.00	3.96
firforest93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.22
burnedareas93	13.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	83.33	0.00	0.00	0.00	0.00	1.48
baresoil93	0.00	0.00	5.56	0.00	0.00	0.00	0.00	93.55	0.00	4.65	0.00	1.80
brushlands93	0.00	6.25	1.85	0.00	1.43	0.00	8.33	0.00	100.00	0.00	0.00	6.97
genistaland93	0.00	0.00	3.70	0.00	1.43	0.00	0.00	0.00	0.00	93.02	0.00	2.27
pine fore93	0.00	2.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	5.44
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Class	Commission (Percent)	Omission (Percent)	Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
agranapaush-93	3.77	13.56	2/53	8 / 59
regeneration-93	4.55	12.50	2/44	6 / 48
urbanareas93	4.55	22.22	2/44	12 / 54
water93	0.00	0.00	0/1296	0/1296
crops93	12.00	5.71	2 / 75	4 / 70
firforest93	0.00	0.00	0/42	0/42
burnedareas93	28.57	16.67	8/ 28	4 / 24
baresoil93	14.71	6.45	5 / 34	2 / 31
brushlands93	5.30	0.00	7/132	0/125
genistaland93	6.98	6.98	3 / 43	3 / 43
pine fore93	0.97	0.00	1/103	0/102

Class	Prod. Acc. (Percent)	User Acc. (Percent)	Prod. Acc. (Pixels)	User Acc. (Pixels)
agranapaush-93	86.44	96.23	51/59	51/53
regeneration-93	87.50	95.45	42/48	42/44
urbanareas93	77.78	95.45	42/54	42/44
water93	100.00	100.00	1296/1296	1296/1296
crops93	94.29	88.00	66/70	66/75
firforest93	100.00	100.00	42/42	42/42
burnedareas93	83.33	71.43	20/24	20/28
baresoil93	93.55	85.29	29/31	29/34
brushlands93	100.00	94.70	125/125	125/132
genistaland93	93.02	93.02	40/43	40/43
pine fore93	100.00	99.03	102/102	102/103

Πίνακας 24. Αποτελέσματα ελέγχου ακρίβειας ταξινόμησης έτους 1993.

Overall Accuracy = (2603/2835) 91.8166%

Kappa Coefficient = 0.8855

Ground Truth (Pixels)		T_urbanareas01	T_genistaland01	firforest01	T_water 01	T_baresoil01	T_crops01	T_brushlands01	T_pine forests01	T_agranapaush01	T_regeneration01	Total
Class												
urbanareas01		54	0	0	0	12	0	0	0	0	0	66
genistaland01		2	57	0	0	0	0	0	0	0	0	59
firforest01		0	0	121	0	0	0	0	0	0	0	121
water01		0	0	0	1363	0	0	0	0	0	0	1363
baresoil01		0	0	0	0	37	0	0	0	0	0	37
crops01		18	15	0	0	0	174	51	0	1	0	267
brushlands01		4	4	29	0	0	0	447	1	0	0	497
pine forests01		0	0	19	0	0	0	0	283	0	0	303
agranapaush01		4	0	0	0	0	1	0	0	46	0	51
regeneration01		0	0	0	0	0	0	17	33	0	21	71
Total		82	76	169	1363	49	175	515	317	47	42	2835

Ground Truth (Percent)		T_urbanareas01	T_genistaland01	firforest01	T_water 01	T_baresoil01	T_crops01	T_brushlands01	T_pine forests01	T_agranapaush01	T_regeneration01	Total
Class												
urbanareas01		65.85	0.00	0.00	0.00	24.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.33
genistaland01		2.44	75.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.08
firforest01		0.00	0.00	71.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.27
water01		0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48.08
baresoil01		0.00	0.00	0.00	0.00	75.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.31
crops01		21.95	19.74	0.00	0.00	0.00	99.43	9.90	0.00	2.13	19.05	9.42
brushlands01		4.88	5.26	17.16	0.00	0.00	0.00	86.80	0.32	0.00	28.57	17.53
pine forests0		0.00	0.00	11.24	0.00	0.00	0.00	0.00	89.27	0.00	2.38	10.69
agranapaush01		4.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	97.87	0.00	1.80
regeneration0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.30	10.41	0.00	50.00	2.50
Total		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Class	Commission (Percent)	Omission (Percent)	Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
urbanareas01	18.18	34.15	12/66	28/82
genistaland01	3.39	25.00	2/59	19/76
firforest01	0.00	28.40	0/121	48/169
water01	0.00	0.00	0/1363	0/1363
baresoil01	0.00	24.49	0/37	12/49
crops01	34.83	0.57	93/267	1/175
brushlands01	10.06	13.20	50/497	68/515
pine forests0	6.60	10.73	20/303	34/317
agranapaush01	9.80	2.13	5/51	1/47
regeneration0	70.42	50.00	50/71	21/42

Class	Prod.	Acc. User (Percent)	Acc. (Percent)	Prod. Acc. (Pixels)	User Acc. (Pixels)
urbanareas01	65.85	81.82	54/82	54/66	
genistaland01	75.00	96.61	57/76	57/59	
firforest01	71.60	100.00	121/169	121/121	
water01	100.00	100.00	1363/1363	1363/1363	
baresoil01	75.51	100.00	37/49	37/37	
crops01	99.43	65.17	174/175	174/267	
brushlands01	86.80	89.94	447/515	447/497	
pine forests0	89.27	93.40	283/317	283/303	
agranapaush01	97.87	90.20	46/47	46/51	
regeneration0	50.00	29.58	21/42	21/71	

Πίνακας 25. Αποτελέσματα ελέγχου ακρίβειας ταξινόμησης έτους 2001

Overall Accuracy = (1484/1499) 98.9993%

Kappa Coefficient = 0.9876

Ground Truth (Pixels)												
Class	T_agranapaush10	T_regeneration10	T_water10	T_urbanareas10	T_brushlands10	T_pineforests10	T_baresoils10	T_firforests10	T_genistas10	T_crops10	T_burnedareas10	Total
agranapaush10	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43
regeneration1	0	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79
water10	0	0	537	0	0	0	0	0	0	0	0	537
urbanareas10	0	0	0	58	0	0	0	0	0	0	0	58
brushlands10	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0	164
pineforests10	0	0	0	0	1	77	0	0	0	0	0	78
baresoils10	0	0	0	2	0	0	63	0	0	0	0	65
firforests10	0	0	0	0	0	0	0	55	0	0	0	55
genistas10	0	0	0	1	0	0	2	0	65	2	0	70
crops10	0	1	0	3	2	0	0	0	0	302	0	308
burnedareas10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	42
Total	44	80	537	64	167	77	65	55	65	304	41	1499

Ground Truth (Percent)												
Class T_	T_agranapaush10	T_regeneration10	T_water10	T_urbanareas10	T_brushlands10	T_pineforests10	T_baresoils10	T_firforests10	T_genistas10	T_crops10	T_burnedareas10	Total
agranapaush10	97.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.87
regeneration1	0.00	98.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.27
water10	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.82
urbanareas10	0.00	0.00	0.00	90.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.87
brushlands10	0.00	0.00	0.00	0.00	98.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.94
pineforests10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.20
baresoils10	0.00	0.00	0.00	3.13	0.00	0.00	96.92	0.00	0.00	0.00	0.00	4.34
firforests10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	3.67
genistas10	0.00	0.00	0.00	1.56	0.00	0.00	3.08	0.00	100.00	0.66	0.00	4.67
crops10	0.00	1.25	0.00	4.69	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	99.34	0.00	20.55
burnedareas10	2.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	2.80
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Class	Commission (Percent)	Omission (Percent)	Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
agranapaush10	0.00	2.27	0/43	1/44
regeneration1	0.00	1.25	0/79	1/80
water10	0.00	0.00	0/537	0/537
urbanareas10	0.00	9.38	0/58	1/64
brushlands10	0.00	1.80	0/164	3/167
pineforests10	1.28	0.00	1/78	0/77
baresoils10	3.08	3.08	2/65	2/65
firforests10	0.00	0.00	0/55	0/55
genistas10	7.14	0.00	5/70	0/65
crops10	1.95	0.66	6/308	2/304
burnedareas10	2.38	0.00	1/42	0/41

Class Prod.	Acc. User (Percent)	Acc. (Percent)	Prod. Acc. (Pixels)	User Acc. (Pixels)
agranapaush10	97.73	100.00	43/44	43/43
regeneration1	98.75	100.00	79/80	79/79
water10	100.00	100.00	537/537	537/537
urbanareas10	90.63	100.00	58/64	58/58
brushlands10	98.20	100.00	164/167	164/164
pineforests10	100.00	98.72	77/77	77/78
baresoils10	96.92	96.92	63/65	63/65
firforests10	100.00	100.00	55/55	55/55
genistas10	100.00	92.86	65/65	65/70
crops10	99.34	98.05	302/304	302/308
burnedareas10	100.00	97.62	41/41	41/42

Πίνακας 26. Αποτελέσματα ελέγχου ακρίβειας ταξινόμησης έτους 2010.

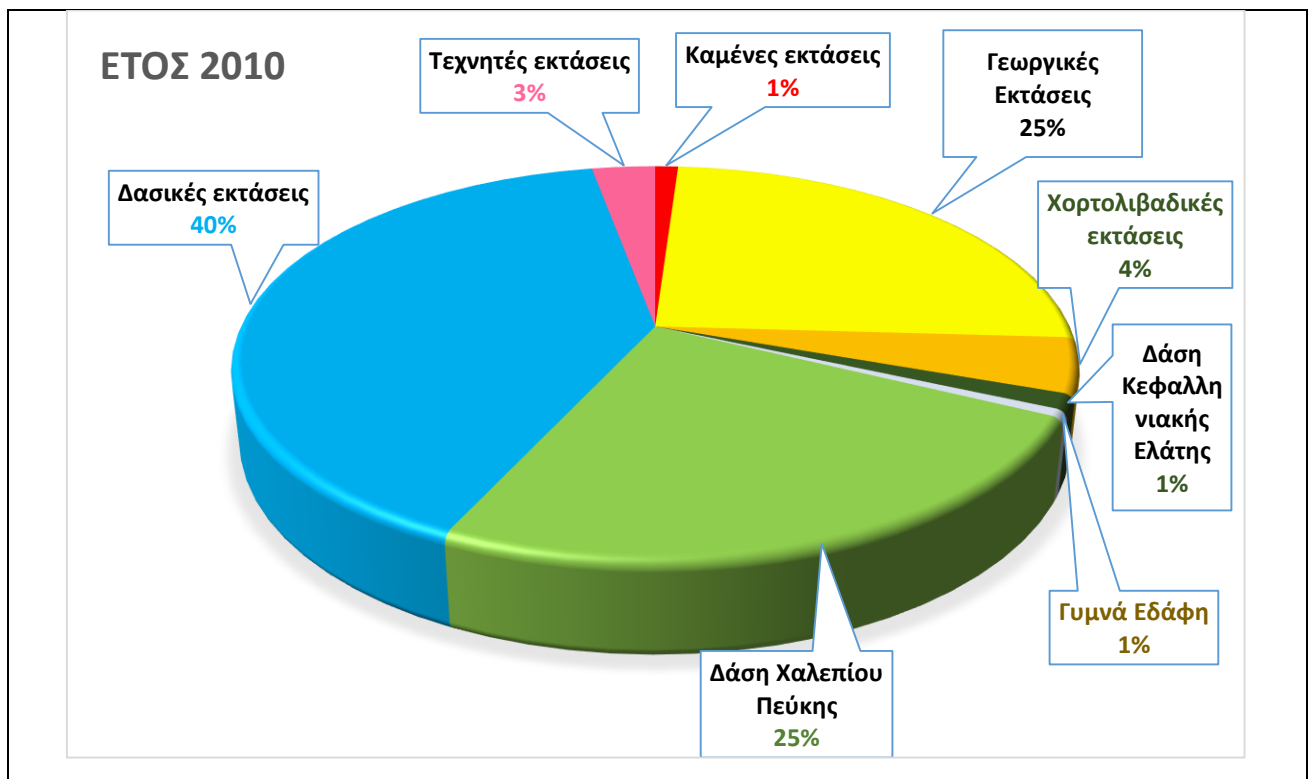
5.8.11. Αποτελέσματα ταξινόμησης και συζήτηση αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα της επιβλεπόμενης ταξινόμησης με τον ταξινομητή της Μηχανής Υποστήριξης Διανυσμάτων (Support Vector Machines) παρουσιάζονται παρακάτω ανά έτος:

Αποτελέσματα ταξινόμησης 2010.

ΚΛΑΣΕΙΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ	ΕΙΚΟΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)
Καμένες εκτάσεις	4999	1,05%	4499,1
Γεωργικές Εκτάσεις	117871	25%	106083,9
Χορτολιβαδικές εκτάσεις	21438	4,52%	19294,2
Δάση Κεφαλληνιακής Ελάτης	5919	1,25%	5327,1
Γυμνά Εδάφη	2747	0,58%	2472,3
Δάση Χαλεπίου Πεύκης	117126	24,69%	105413,4
Δασικές εκτάσεις	190521	40,16%	171468,9
Τεχνητές εκτάσεις	13,81	2,91%	12429
ΣΥΝΟΛΟ	460634,81	1	426987,9

Πίνακας 27. Ποσοστιαία κατανομή κάλυψης γης περιοχής μελέτης σύμφωνα με την ταξινόμηση S.V.M έτους 2010.

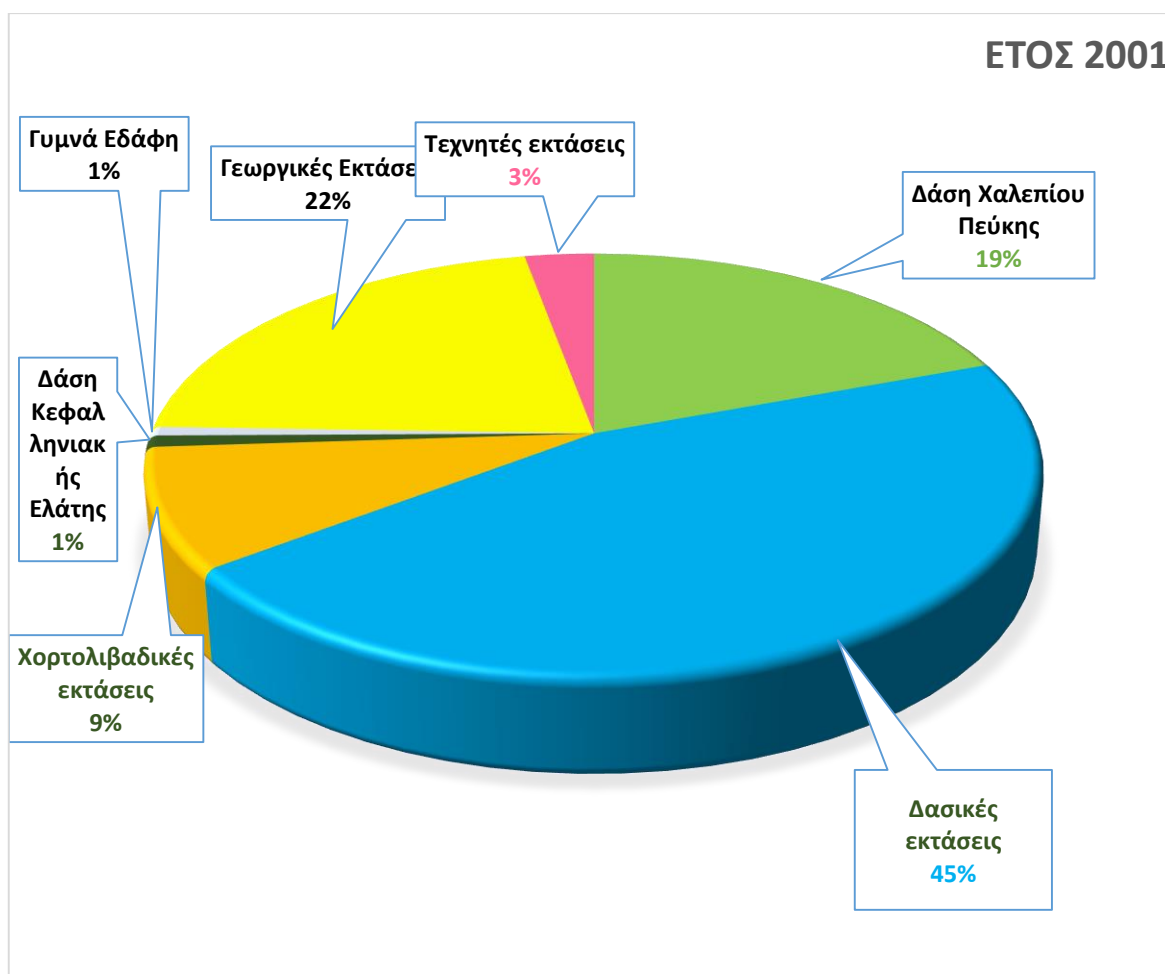


Διάγραμμα 6. Ποσοστιαία κατανομή χρήσεων γης του Δήμου Μάνδρας για το έτος 2010, μετά την εφαρμογή της επιβλεπόμενης ταξινόμησης με τη μέθοδο (S.V.M).

Αποτελέσματα ταξινόμησης 2001

ΚΛΑΣΕΙΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ	ΕΙΚΟΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)
Δάση Χαλεπίου Πεύκης	91766	19,34%	82589,4
Δασικές εκτάσεις	215239	45%	193715,1
Χορτολιβαδικές εκτάσεις	43990	9,27%	39591
Δάση Κεφαλληνιακής Ελάτης	4148	0,87%	3733,2
Γυμνά Εδάφη	3206	0,68%	2885,4
Γεωργικές Εκτάσεις	102488	21,60%	92239,2
Τεχνητές εκτάσεις	13729	2,89%	12356,1
ΣΥΝΟΛΟ	474566	100,00%	427109,4

Πίνακας 28. Ποσοστιαία κατανομή κάλυψης γης περιοχής μελέτης σύμφωνα με την ταξινόμηση S.V.M έτους 2001.

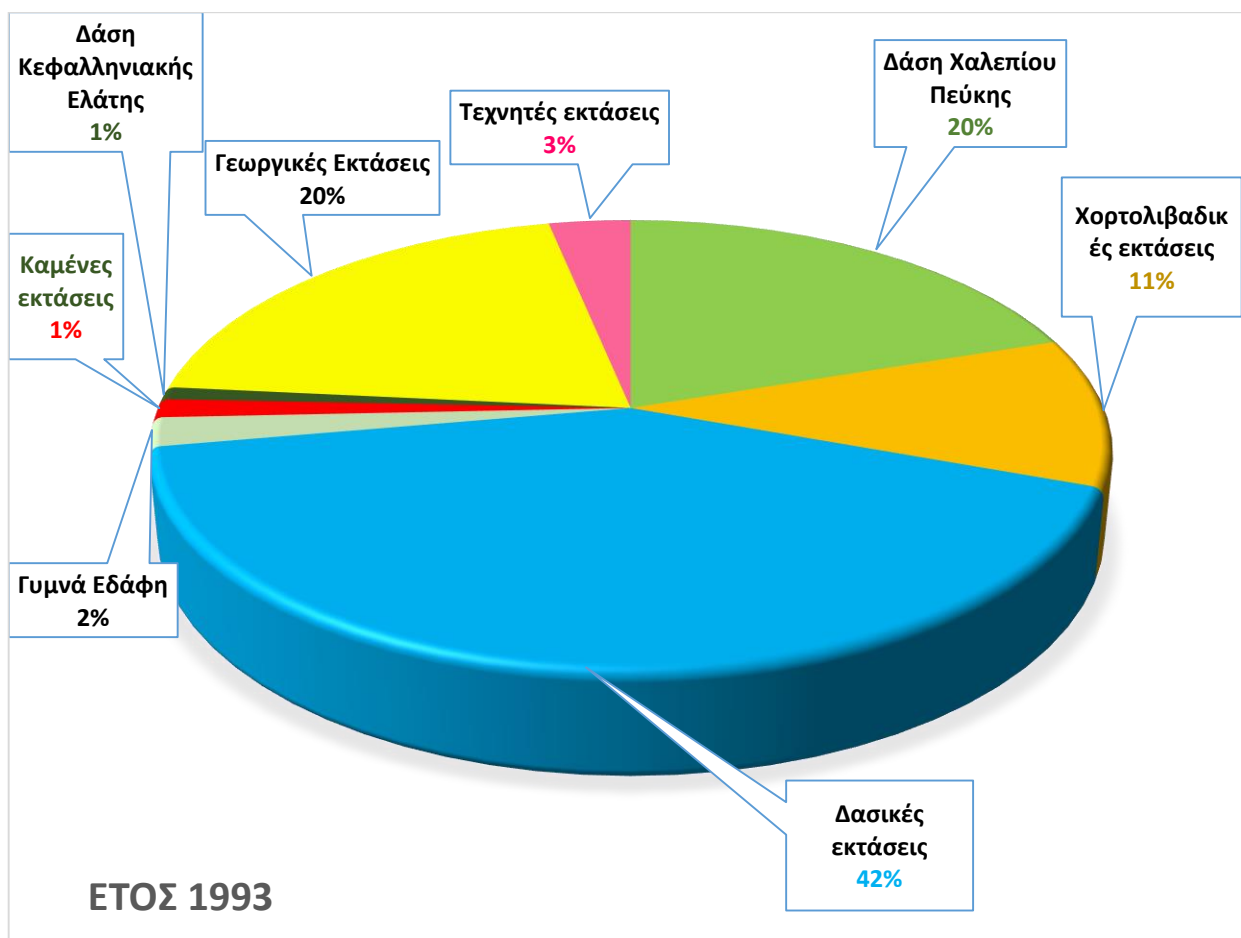


Διάγραμμα 7. Ποσοστιαία κατανομή χρήσεων γης του Δήμου Μάνδρας για το έτος 2001, μετά την εφαρμογή της επιβλεπόμενης ταξινόμησης με τη μέθοδο (S.V.M).

Αποτελέσματα ταξινόμησης 1993

ΚΛΑΣΕΙΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ	ΕΙΚΟΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)
Δάση Χαλεπίου Πεύκης	94134	19,84%	84720,6
Χορτολιβαδικές εκτάσεις	50901	11%	45810,9
Δασικές εκτάσεις	197655	41,67%	177889,5
Γυμνά Εδάφη	9904	2,09%	8913,6
Καμένες εκτάσεις	6262	1,32%	5635,8
Δάση Κεφαλληνιακής Ελάτης	4246	0,90%	3821,4
Γεωργικές Εκτάσεις	95916	20,22%	86324,4
Τεχνητές εκτάσεις	15370	3,24%	13833
ΣΥΝΟΛΟ	474388	100,00%	426949,2

Πίνακας 29. Ποσοστιαία κατανομή κάλυψης γης περιοχής μελέτης σύμφωνα με την ταξινόμηση S.V.M έτους 1993.



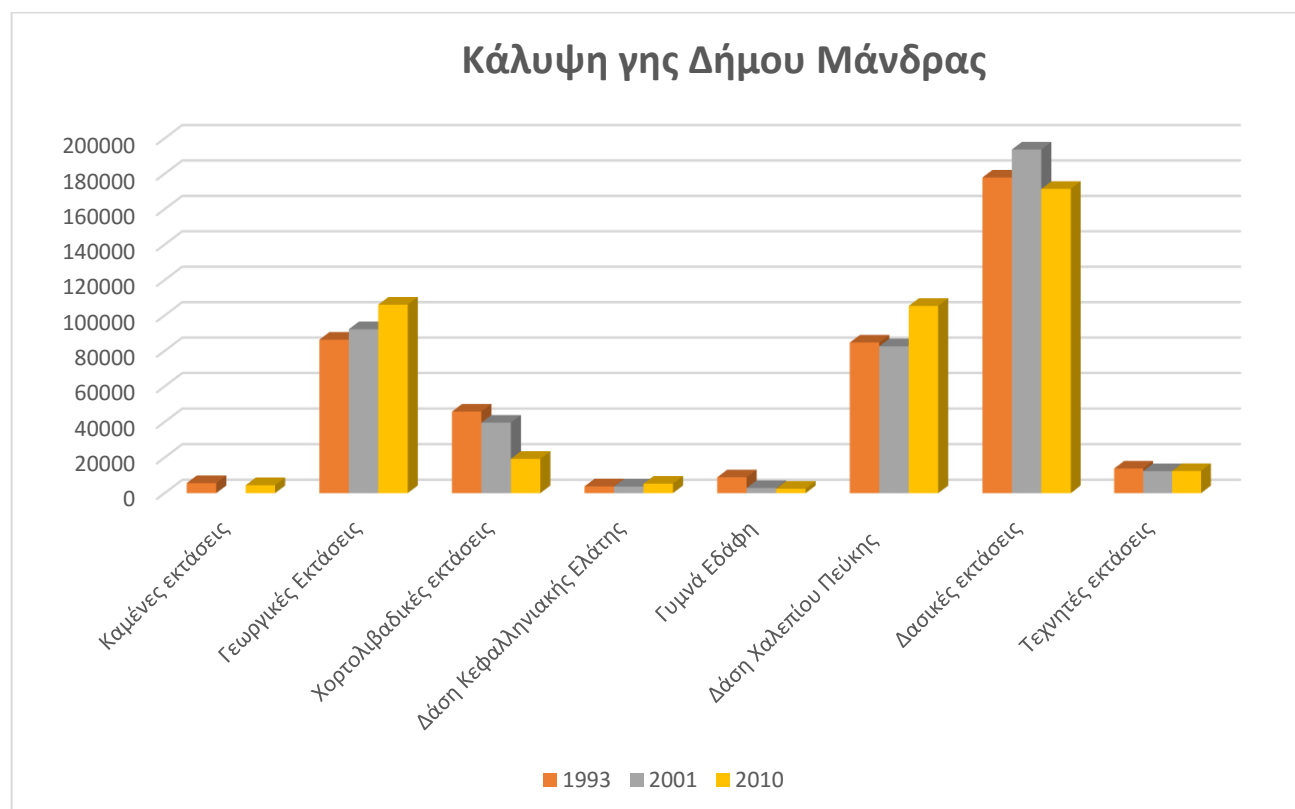
Διάγραμμα 8. Ποσοστιαία κατανομή χρήσεων γης του Δήμου Μάνδρας για το έτος 1993, μετά την εφαρμογή της επιβλεπόμενης ταξινόμησης με τη μέθοδο (S.V.M)

Συγκριτικά αποτελέσματα και για τα τρία έτη ταξινόμησης.

Η συνολική εικόνα στα τρία έτη αναφοράς απεικονίζεται στο *πίνακα 30* και στο *διάγραμμα 9* που εμφανίζονται παρακάτω:

ΚΛΑΣΕΙΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ	1993		2001		2010	
	Κάλυψη %	Έκταση (στρ.)	Κάλυψη %	Έκταση (στρ.)	Κάλυψη %	Έκταση (στρ.)
Καμένες εκτάσεις	1,32%	5635,8	-	-	1,05%	4499,1
Γεωργικές Εκτάσεις	20,22%	86324,4	21,60%	92239,2	24,84%	106083,9
Χορτολιβαδικές εκτάσεις	10,73%	45810,9	9,27%	39591	4,52%	19294,2
Δάση Κεφαλληνιακής Ελάτης	0,90%	3821,4	0,87%	3733,2	1,25%	5327,1
Γυμνά Εδάφη	2,09%	8913,6	0,68%	2885,4	0,58%	2472,3
Δάση Χαλεπίου Πεύκης	19,84%	84720,6	19,34%	82589,4	24,69%	105413,4
Δασικές εκτάσεις	41,67%	177889,5	45,35%	193715,1	40,16%	171468,9
Τεχνητές εκτάσεις	3,24%	13833	2,89%	12356,1	2,91%	12429
ΣΥΝΟΛΟ	100,00%	426949,2	100,00%	427109,4	100,00%	426987,9

Πίνακας 30. Ποσοστιαία κατανομή τύπων κάλυψης γης και εδαφικής έκτασης ανά χρονικό σημείο αναφοράς μελέτης.



Διάγραμμα 9. Κάλυψη γης Δήμου Μάνδρας ανά χρονικό σημείο αναφοράς μελέτης.

Από τα στοιχεία που προκύπτουν, εξάγεται το συμπέρασμα ότι το 1993, κυρίαρχουσα κλάση είναι οι **Δασικές εκτάσεις** με υψηλό ποσοστό 41,67% και εξακολουθούν το 2001 και το 2010 να αποτελούν τη κυρίαρχη κλάση με ποσοστά 45,35% και 40,16% αντιστοίχα. Παρατηρείται μια αύξηση της δασικής βλάστησης μεταξύ 1993 και 2001 της τάξης του 4% και το 2010 εξισορροπείται ξανά στα ίδια ποσοστά που είχε περίπου το 1993. Σχετικά με τις εκτάσεις οι οποίες διαχειρίζονται από τη Δασική Νομοθεσία, το 1993 το άθροισμα των Δασών και των Δασικών εκτάσεων αντιπροσωπεύει το 61,51%, το 2001 το 64,69% και το 2010 φθάνει στο 64,85%. Παρατηρείται δηλαδή διαχρονικά μια σταθερότητα στην έκταση που καλύπτουν τα **δασικά οικοσυστήματα**, σε μια περιοχή η οποία βρίσκεται στο λεκανοπέδιο της Αττικής και σχετικά κοντά στην πρωτεύουσα. Πρέπει να υπενθυμίσουμε ότι πρόκειται για εκτάσεις στις οποίες τόσο για το χρονικό διάστημα αναφοράς (1993 - 2010) όσο και για το (2001 - 2010) υπήρξαν σημαντικά γεγονότα πυρκαγιών και φυσικών καταστροφών γενικότερα. Μπορούμε να εξάγουμε το συμπέρασμα ότι οι αυξομειώσεις μεγέθους των δασικών εκτάσεων και η διατήρηση του ισοζυγίου των Δασικών οικοσυστημάτων Δασών και Δασικών εκτάσεων, οφείλεται στο γεγονός των καταστροφικών πυρκαγιών και στην τάση των δασικών οικοσυστημάτων να αναγεννούνται φυσικά όταν δεν υπάρχουν εξωγενείς επιδράσεις και παρουσία ανθρώπινου στοιχείου κατά την εξελεγκτική διαδικασία του φυσικού οικοσυστήματος. Μπορούμε να συμπεράνουμε επίσης, ότι από τα δασικά οικοσυστήματα της περιοχής απουσιάζει το ανθρώπινο στοιχείο και οποιαδήποτε μορφή εκμετάλλευσης των Δασών που θα εξυπηρετούσε κάποια από τις πολλαπλές χρήσεις όπως αυτές περιγράφονται στη Δασολογική επιστήμη ή τη δημιουργία κάποιων Υποδομών εντός αυτών. Επίσης μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι εκτάσεις αυτές προστατεύονται επαρκώς από το αυστηρό πλαίσιο της Δασικής Νομοθεσίας και από την εφαρμογή του από τον ελεγκτικό μηχανισμό της αρμόδιας Δασικής Υπηρεσίας.

Οι **Χορτολιβαδικές εκτάσεις** παρουσιάζουν μια σημαντική κάμψη το δεύτερο διάστημα (2001 - 2010). Οι χορτολιβαδικές εκτάσεις το 1993 καλύπτουν μια επιφάνεια 45810,9 στρεμμάτων σε ποσοστό που ανέρχεται σε 10,73%, σε ποσοστό 9,27% και έκταση 39591,0 στρέμματα το 2001 και τελικά το 2010 εμφανίζονται να καταλαμβάνουν το 4,52%, ήτοι έκταση 19294,2 στρεμμάτων. Η συγκεκριμένη κλάση η οποία παρατηρήθηκε ότι βρίσκεται κυρίως εντός δασών και δασικών εκτάσεων, στην οποία συγκαταλέγονται και τα ορεινά βοσκοτόπια-θαμνοτόπια, συγκαταλέγεται στα δασικά οικοσυστήματα που προστατεύονται και διαχειρίζονται από τη Δασική Υπηρεσία. Η χρήση γης που αντιπροσωπεύει, δύναται να εξελιχθεί αναλόγως της δυναμικής φυσικής εξέλιξης των οικοσυστημάτων σε διαπλάσεις δασικών οικοσυστημάτων. Δύνανται όμως οι εκτάσεις αυτές να αποδώσουν στην πρωτογενή παραγωγή όπως κτηνοτροφία η οποία αποτελεί παραδοσιακά ενασχόληση των κατοίκων της περιοχής αλλά και στη γεωργία. Από τα αποτελέσματα αυτά κι από το γεγονός της μείωσης της πρωτογενούς παραγωγής στην περιοχή μελέτης μπορούμε να αξιολογήσουμε ότι βασικό αίτιο της μείωσης της εξάπλωσης των εκτάσεων αυτών, είναι ο περιορισμός της αιγοβοσκής για το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα αναφοράς της περιοχής μελέτης, η οποία που αποτελούσε παραδοσιακή ενασχόληση των παραδασόβιων πληθυσμών της περιοχής επί εκατονταετηρίδων.

Συμπεράσματα ακριβή θα εξάγουμε μετά τη διαδικασία του καθορισμού των αλλαγών μορφών χρήσεων γης μέσα από το λογισμικό ENVI 5.1 και την βοήθεια του εργαλείου Change Detection για κάθε μια διαχρονική περίοδο. Στην καταγραφή των αλλαγών αυτών θα είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε για κάθε έτος τι άλλαξε μορφή και σε τι και να εξάγουμε λαμβάνοντας υπόψη και τα ανθρωπογεωγραφικά στοιχεία της περιοχής ασφαλή συμπεράσματα.

Τα **Ελατοδάση** από Δασοπονικής πλευράς αποτελούν ένα πολύ σπουδαίο οικοσύστημα. Στα υψηλότερα υψόμετρα του όρους Κιθαιρώνα αναπτύσσονται Δάση Κεφαλληνιακής Ελάτης τα οποία συγκροτούν ένα οικοσύστημα ποικίλων και πολύ υψηλών αξιών όλες τις εποχές του έτους. Οι καταστροφικές πυρκαγιές του 2009 και 2010 δεν έβλαψαν τα Ελατοδάση της περιοχής τα οποία και διασώθηκαν. Η κλάση αυτή τα έτη 1993 και 2001 εμφανίζει παρόμοια κάλυψη της τάξης του 1% περίπου (0,9% και 0,87 αντίστοιχα) καταλαμβάνοντας επιφάνεια 3,800 περίπου στρεμμάτων. Το έτος 2010 η κάλυψη φτάνει στο 1,25% καταλαμβάνοντας έκταση 5327,1στρεμ. Παρατηρείται δηλαδή αύξηση της τάξης του 0,35%,. Το γεγονός αυτό είναι πολύ σημαντικό και οφείλεται στην έλλειψη καλού οδικού δικτύου (χαμηλή προσβασιμότητα και χαμηλή επίδραση ανθρώπινης δραστηριότητας). Επίσης η κυριότερη ανθρωπογενής δραστηριότητα στο εν λόγω δάσος που είναι η θερινή αιγοβοσκή, τα τελευταία χρόνια σύμφωνα και με έλεγχο των στοιχείων του Δασαρχείου Αιγιάλεω έχει περιορισθεί, με αποτέλεσμα τα νεαρά βλαστάρια της φυσικής αναγέννησης να μην καταστρέφονται από την αλόγιστη βόσκηση και να αυξάνουν ανεμπόδιστα, κερδίζοντας έτσι σε έκταση η εν λόγω οικολογική μονάδα. Τέλος παρατηρείται καλύτερη και μεγαλύτερη ανάπτυξη της δασικής βλάστησης στην παρατηρούμενη περιοχή στις κοίτες των ρεμάτων, στις βόρειες εκθέσεις και στις περιοχές με μικρότερες κλίσεις. Η επισκεψιμότητα του όρους με περιπατητικές περιηγήσεις από τα μονοπάτια της περιοχής φυσιοδιφών και η δράση των οργανωμένων συλλόγων της περιοχής δεν δείχνει να επιδρά αρνητικά στη βιωσιμότητα του δάσους.

Από το 2011 έγιναν διανοίξεις δρόμων για την τοποθέτηση ανεμογεννητριών στα πλαίσια ενεργειακής αξιοποίησης του όρους και η αδειοδότηση για την τοποθέτησή τους στην κορυφογραμμή προοιωνίζει ένα ζοφερό μέλλον για το βουνό. Θα ήταν σημαντικό στα πλαίσια αντικειμένου καινούργιας έρευνας να μελετηθεί κατά πόσο επηρέασε την βιωσιμότητα και την εξέλιξη του Ελατοδάσους το γεγονός αυτό.

Οι **γυμνές εκτάσεις** παρουσιάζουν καθοδική πορεία οι οποίες το έτος 1993 καλύπτουν το 2,09% και καταλαμβάνουν έκταση 8913,6 στρεμ. το 2001 το 0,68% και έκταση 2885,4 στρεμ. και το 2010 το 0,58% και έκταση 2472,3. Η μετατροπή των γυμνών εκτάσεων σε άλλη μορφή κάλυψης θα προσδιορισθεί μετά τη διαδικασία του καθορισμού των αλλαγών μορφών χρήσεων γης μέσα από το λογισμικό ENVI 5.1 και την βοήθεια του εργαλείου Change Detection για κάθε μια διαχρονική περίοδο. Στην καταγραφή των αλλαγών αυτών θα είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε για κάθε έτος τι άλλαξε μορφή και σε τι και να εξάγουμε συμπεράσματα λαμβάνοντας υπόψη και τα ανθρωπογεωγραφικά στοιχεία της περιοχής.'

Οι **τεχνητές εκτάσεις** καθ' όλη την διαχρονική έρευνα παραμένουν σταθερές και κυμαίνονται και για τα τρία έτη αναφοράς 1993, 2001 και 2010 στο 3%. Τα στοιχεία αυτά

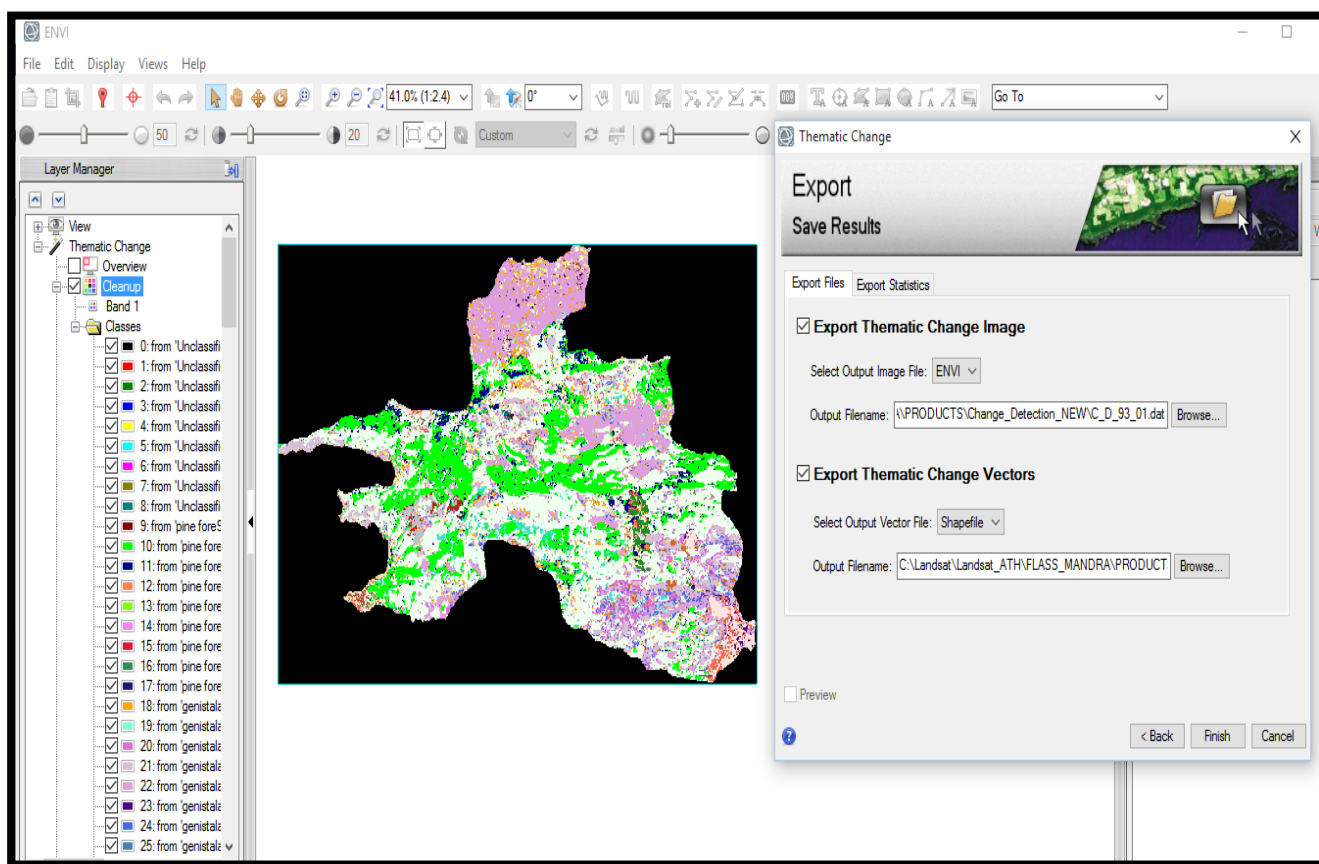
επιβεβαιώνονται επ' ακριβώς από το πλοτικό σχέδιο του Δήμου Μάνδρας του έτους 2013 στο οποίο οι αστικές εκτάσεις καλύπτουν σταθερά από το 1993 μέχρι και το 2013 το 3% του συνόλου της έκτασης. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην έλλειψη δημιουργίας κινήτρων κι επενδύσεων για την δημιουργία νέων επιχειρήσεων η οποία θα συνέβαλε στην αξιοποίηση επιχειρηματικά της βιομηχανικής περιοχής του Δήμου Μάνδρας Ειδυλλίας με επακόλουθο την προσέλκυση νέων κατοίκων και την αύξηση της κατασκευής νέων οικοδομών το οποίο θα είχε και σαν αποτέλεσμα την αστικοποίηση του Δήμου λόγω προσφοράς εργασίας. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνονται από την απογραφή του πληθυσμού 2001 και 2011 στην οποία παρατηρείται μείωση του πληθυσμού της τάξης του 12,37% και από τα στατιστικά στοιχεία του 2006 όπως περιγράφονται στο επιχειρησιακό σχέδιο του Δήμο Μάνδρας σύμφωνα με τα οποία η δευτερογενή παραγωγή παρουσιάζει μειωτικές τάσεις ενώ ο δείκτης ανεργίας είναι πολύ υψηλός. Επίσης η δημιουργία υποδομών στις όμορες περιοχές των Δήμων Ασπροπύργου κι Ελευσίνας από το 1997 και μετά (Θριασίο Νοσοκομείου, Ολυμπιακά έργα, Εμπορευματικού Κέντρου ΟΣΕ , κατασκευή λεωφόρου ΝΑΤΟ κ.λ.π.) καθώς και η δημιουργία καλού συγκοινωνιακού δικτύου μετά την κατασκευή του σιδηροδρομικού άξονα Αεροδρόμιο-Ανω Λιόσια Κιάτο που εξυπηρετεί τις περιοχές αυτές, συνέβαλαν ουσιαστικά στη δευτερογενή και τριτογενή ανάπτυξη τους δημιουργώντας πόλο έλξης νέων κατοίκων και επιχειρηματιών. Άλλωστε από τα στατιστικά στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ στις περιοχές αυτές παρατηρείται αύξηση του πληθυσμού.

Οι γεωργικές εκτάσεις παρουσιάζουν διαχρονικά σταθερή αύξηση. Η κάλυψη το 1993 κυμαίνεται στο 20,22% και σε έκταση 86324,4 στρεμ το 2001 στο 21,60% και σε έκταση 92239,2στρεμ. και το 2010 σε 24,84% και σε έκταση 106083,9 στρεμ. Η αύξηση της γεωργικής γης στην οποία συμπεριλαμβάνεται η οποία είναι μεγαλύτερη μετά το έτος 2001 οφείλεται στην έλλειψη αξιοποίησης Βιομηχανικά της περιοχής. Η στροφή του πληθυσμού στην πρωτογενή παραγωγή είναι αναγκαιότητα όταν δεν υπάρχει προσφορά στον δευτερογενή και τριτογενή τομέα παραγωγής στο οποίο συνέβαλε και δυναμικά η περίοδος οικονομικής κρίσης, αρχόμενη από το έτος 2007. Ο Δήμος Μάνδρας Ειδυλλίας είναι ένα συγκριτικό δείγμα επίδρασης της οικονομικής κρίσης σε περιοχές που δεν αναπτύχθηκαν νέες υποδομές και παρέμειναν σε στασιμότητα. Η στροφή του πληθυσμού στη γεωργική παραγωγή οφείλεται στις μεγάλες γεωργικές εκτάσεις που διαθέτει ο Δήμος ως αντιστάθμισμα της παραγωγικής διαδικασίας του πληθυσμού για την ανάγκη εξεύρεσης οικονομικών πόρων κι επιβίωσης.

5.8.12. Ανίχνευση Αλλαγών (Change Detection)

Στο στάδιο αυτό, δημιουργήθηκαν τρία ζεύγη ανίχνευσης των αλλαγών, των ετών 1993-2001, 2001-2010 και 1993-2010. Η παρακολούθηση των αλλαγών για χρονική περίοδο μεγαλύτερη των 10 ετών θεωρείται μακροπρόθεσμη.

Η ανίχνευση αλλαγών υλοποιήθηκε με τη βοήθεια των εργαλείων του λογισμικού ENVI 5.1 Change detection statistics, αλλά και με την αυτοματοποιημένη διαδικασία Thematic Change Workflow. Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν με τα 2 προαναφερόμενα εργαλεία απεικονίζονται παρακάτω ανά χρονικό ζεύγος εικόνων.

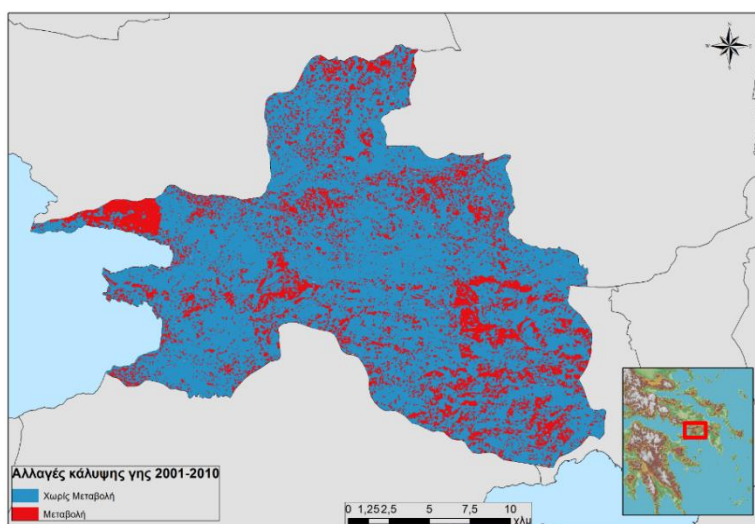


Εικόνα 41. Περιβάλλον εργασίας του Thematic Change Workflow (ENVI 5.1).

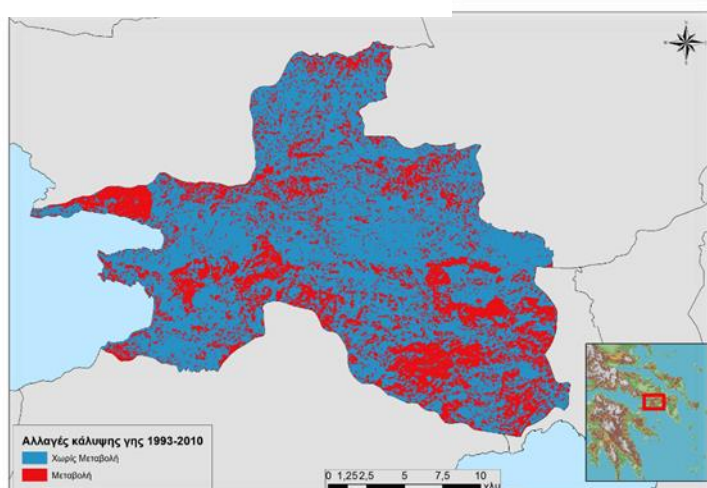
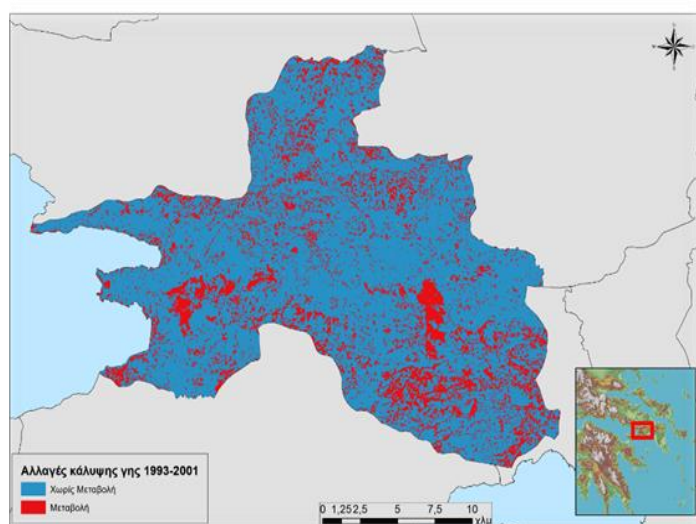
5.8.13. Ανίχνευση αλλαγών 1993 -2001, 2001-2010 και 1993-2001

Μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις στην επιστήμη του δυναμικού γήινου οικοσυστήματος είναι η ανάπτυξη της δυνατότητας της πρόγνωσης των αλλαγών που είναι δυνατόν να συμβούν στις επόμενες δεκαετίες του αιώνα και της φυσικής σχέσης με την ανθρώπινη δραστηριότητα. Με την συμβολή της τηλεπισκόπησης στο πεδίο αυτό γίνεται εφικτή η παρατήρηση και παρακολούθηση του γήινου περιβάλλοντος στο σύνολό του και σε συνεχή κλίμακα. Με τη χρήση του λογισμικού ArcGIS 10 και την εκμετάλλευση της δια λειτουργικότητας που προσφέρεται μεταξύ των λογισμικών, ENVI 5.1 και ArcGIS 10, μεταφέρθηκαν τα raster αρχεία που δημιουργήθηκαν με τη χρήση του λογισμικού ENVI 5,1, στο περιβάλλον εργασίας του ArcGIS 10. Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν για κάθε χρονικό διάστημα της μελέτης, οι θεματικοί χάρτες αλλαγών κάλυψης γης και οι χάρτες μεταβολής ή μη της μορφής χρήσης/ κάλυψης γης, οι οποίοι απεικονίζονται παρακάτω:

(α)



(β)



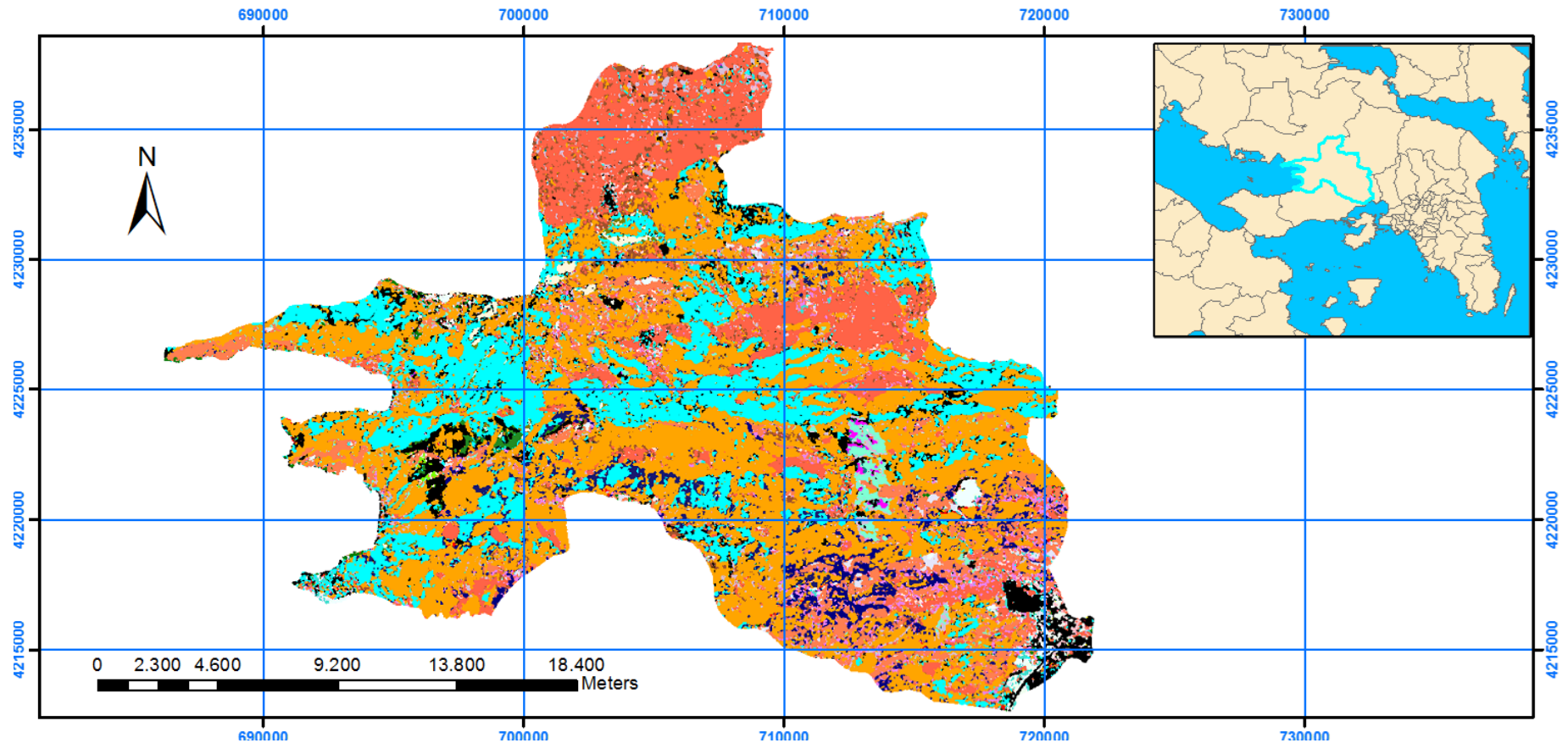
(γ)

Χάρτης 12. Συγκριτική απεικόνιση των χαρτών μεταβολής ή μη, της μορφής χρήσης/ κάλυψης γης για τα έτη (α) 1993-2001 (β) 1993-2010 και (γ) 2001-2010

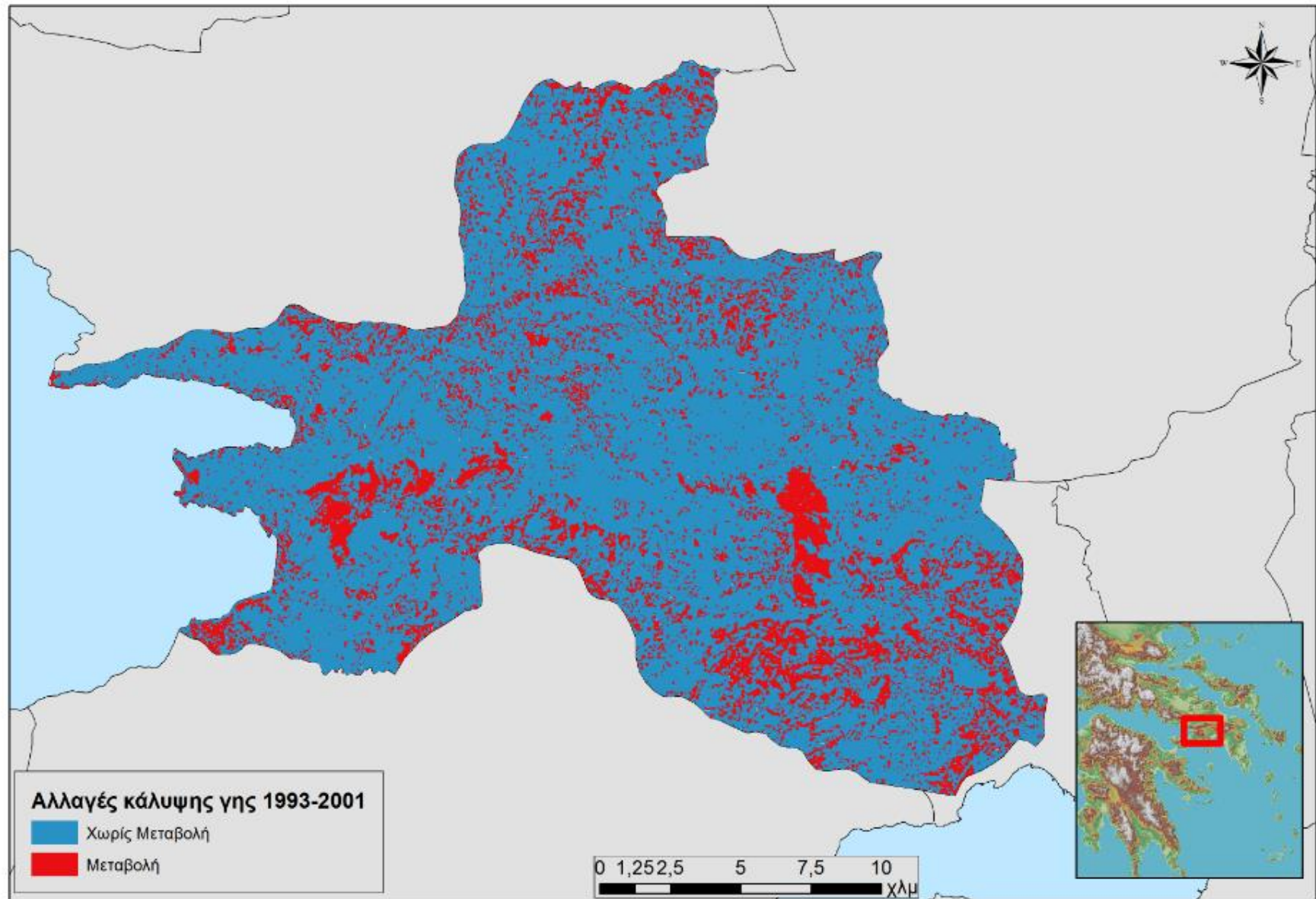
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΘΕΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΑΛΛΑΓΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΓΗΣ ΔΗΜΟΥ ΜΑΝΔΡΑΣ ΕΙΔΥΛΛΙΑΣ 1993-2001

Δάση Χαλεπίου 1993 σε Δάση Χαλεπίου 2001	Χορτολιβαδικές Εκτάσεις 1993 σε Τεχνικές Εκτάσεις 2001	Γυμνά Εδάφη 1993 σε Τεχνικές Εκτάσεις 2001	Γεωργικές Εκτάσεις 1993 σε Δασικές Εκτάσεις 2001
Δάση Χαλεπίου 1993 σε Δασικές Εκτάσεις 2001	Δασικές Εκτάσεις 1993 σε Δάση Χαλεπίου 2001	Καμένες Εκτάσεις 1993 σε Δάση Χαλεπίου 2001	Γεωργικές Εκτάσεις 1993 σε Χορτολιβαδικές Εκτάσεις 2001
Δάση Χαλεπίου 1993 σε Χορτολιβαδικές Εκτάσεις 2001	Δασικές Εκτάσεις 1993 σε Δασικές Εκτάσεις 2001	Καμένες Εκτάσεις 1993 σε Δασικές Εκτάσεις 2001	Γεωργικές Εκτάσεις 1993 σε Γυμνά Εδάφη 2001
Δάση Χαλεπίου 1993 σε Δάση Ελάτης 2001	Δασικές Εκτάσεις 1993 σε Χορτολιβαδικές Εκτάσεις 2001	Καμένες Εκτάσεις 1993 σε Χορτολιβαδικές Εκτάσεις 2001	Γεωργικές Εκτάσεις 1993 σε Γεωργικές Εκτάσεις 2001
Δάση Χαλεπίου 1993 σε Γεωργικές Εκτάσεις 2001	Δασικές Εκτάσεις 1993 σε Δάση Ελάτης 2001	Καμένες Εκτάσεις 1993 σε Δάση Ελάτης 2001	Γεωργικές Εκτάσεις 1993 σε Τεχνικές Εκτάσεις 2001
Δάση Χαλεπίου 1993 σε Τεχνικές Εκτάσεις 2001	Δασικές Εκτάσεις 1993 σε Γυμνά Εδάφη 2001	Καμένες Εκτάσεις 1993 σε Γεωργικές Εκτάσεις 2001	Τεχνικές Εκτάσεις 1993 σε Δάση Χαλεπίου 2001
Χορτολιβαδικές Εκτάσεις 1993 σε Δάση Χαλεπίου 2001	Δασικές Εκτάσεις 1993 σε Γεωργικές Εκτάσεις 2001	Καμένες Εκτάσεις 1993 σε Τεχνικές Εκτάσεις 2001	Τεχνικές Εκτάσεις 1993 σε Δασικές Εκτάσεις 2001
Χορτολιβαδικές Εκτάσεις 1993 σε Δασικές Εκτάσεις 2001	Δασικές Εκτάσεις 1993 σε Τεχνικές Εκτάσεις 2001	Δάση Ελάτης 1993 σε Δάση Χαλεπίου 2001	Τεχνικές Εκτάσεις 1993 σε Χορτολιβαδικές Εκτάσεις 2001
Χορτολιβαδικές Εκτάσεις 1993 σε Χορτολιβαδικές Εκτάσεις 2001	Γυμνά Εδάφη 1993 σε Δασικές Εκτάσεις 2001	Δάση Ελάτης 1993 σε Δασικές Εκτάσεις 2001	Τεχνικές Εκτάσεις 1993 σε Δάση Ελάτης 2001
Χορτολιβαδικές Εκτάσεις 1993 σε Δάση Ελάτης 2001	Γυμνά Εδάφη 1993 σε Χορτολιβαδικές Εκτάσεις 2001	Δάση Ελάτης 1993 σε Δάση Ελάτης 2001	Τεχνικές Εκτάσεις 1993 σε Γυμνά Εδάφη 2001
Χορτολιβαδικές Εκτάσεις 1993 σε Γυμνά Εδάφη 2001	Γυμνά Εδάφη 1993 σε Γυμνά Εδάφη 2001	Δάση Ελάτης 1993 σε Γεωργικές Εκτάσεις 2001	Τεχνικές Εκτάσεις 1993 σε Γεωργικές Εκτάσεις 2001
Χορτολιβαδικές Εκτάσεις 1993 σε Γεωργικές Εκτάσεις 2001	Γυμνά Εδάφη 1993 σε Γεωργικές εκτάσεις 2001	Γεωργικές Εκτάσεις 1993 σε Δάση Χαλεπίου 2001	Τεχνικές Εκτάσεις 1993 σε Τεχνικές Εκτάσεις 2001



Χάρτης 13. Θεματικός Χάρτης Αλλαγών Κάλυψης Γης Δήμον Μάνδρας – Ειδυλλίας 1993-2001



Χάρτης 14. Θεματικός Χάρτης Αλλαγών Κάλυψης Γης 1993-2001

PixelCounts	pinefore93	firforest93	urbanareas93	brushlands93	crops93	baresoil93	genistaland93	burnareas93	RowTotal	ClassTotal
Unclassified	60	30	23	128	123	9	18	9	370	548360
pineforests01	72143	1704	49	14246	2402	0	31	1099	91674	91766
brushlands01	17657	403	1920	153309	24575	123	12833	4182	215002	215239
genistaland01	616	0	1909	7367	6222	3288	24220	267	43889	43990
firforest01	1981	2078	2	26	4	0	1	41	4133	4148
baresoil01	0	0	191	117	274	2098	520	2	3202	3206
crops01	1616	23	4567	21631	59422	2092	12404	528	102283	102488
urbanareas01	37	1	6591	826	2889	2294	874	75	13587	13729
water01	23	7	117	5	5	0	0	53	210	668
ClassTotal	94133	4246	15369	197655	95916	9904	50901	6256	0	0
ClassChanges	21990	2168	8778	44346	36494	7806	26681	5157	0	0
ImageDifference	-2367	-98	-1640	17584	6572	-6698	-6911	0	0	0

Πίνακας 31. Ανίχνευση αλλαγών 1993 -2001 σε ποσοστιαίες αναλογίες

Percentages	pinefore93	firforest93	urbanareas93	brushlands93	crops93	baresoil93	genistaland93	brushland93	RowTotal	ClassTotal
pineforests01	76.639	40.132	0.319	7.208	2.504	0.000	0.061	17.567	98.702	100.000
brushlands01	18.758	9.491	12.493	77.564	25.621	1.242	25.212	66.848	97.947	100.000
genistaland01	0.654	0.000	12.421	3.727	6.487	33.199	47.583	4.268	99.163	100000
firforest01	2.104	48.940	0.013	0.013	0.004	0.000	0.002	0.655	98.650	100.000
baresoil01	0.000	0.000	1243	0.059	0.286	21.183	1.022	0.032	99.813	100000
crops01	1.717	0.542	29.716	10.944	61.952	21.123	24.369	8.440	99.285	100.000
urbanareas01	0.039	0.024	42885	0.418	3012	23.162	1.717	1.199	98.419	100000
water01	0.024	0.165	0.761	0.003	0.005	0.000	0.000	0.847	23.503	100000
ClassTotal	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100000	0.000	0.000
ClassChanges	23.361	51.060	57.115	22.436	38.048	78.817	52.417	82.433	0.000	0.000
ImageDifference	-2.515	-2.308	-10.671	8.896	6.852	-67.629	-13577	1366848	0.000	0.000

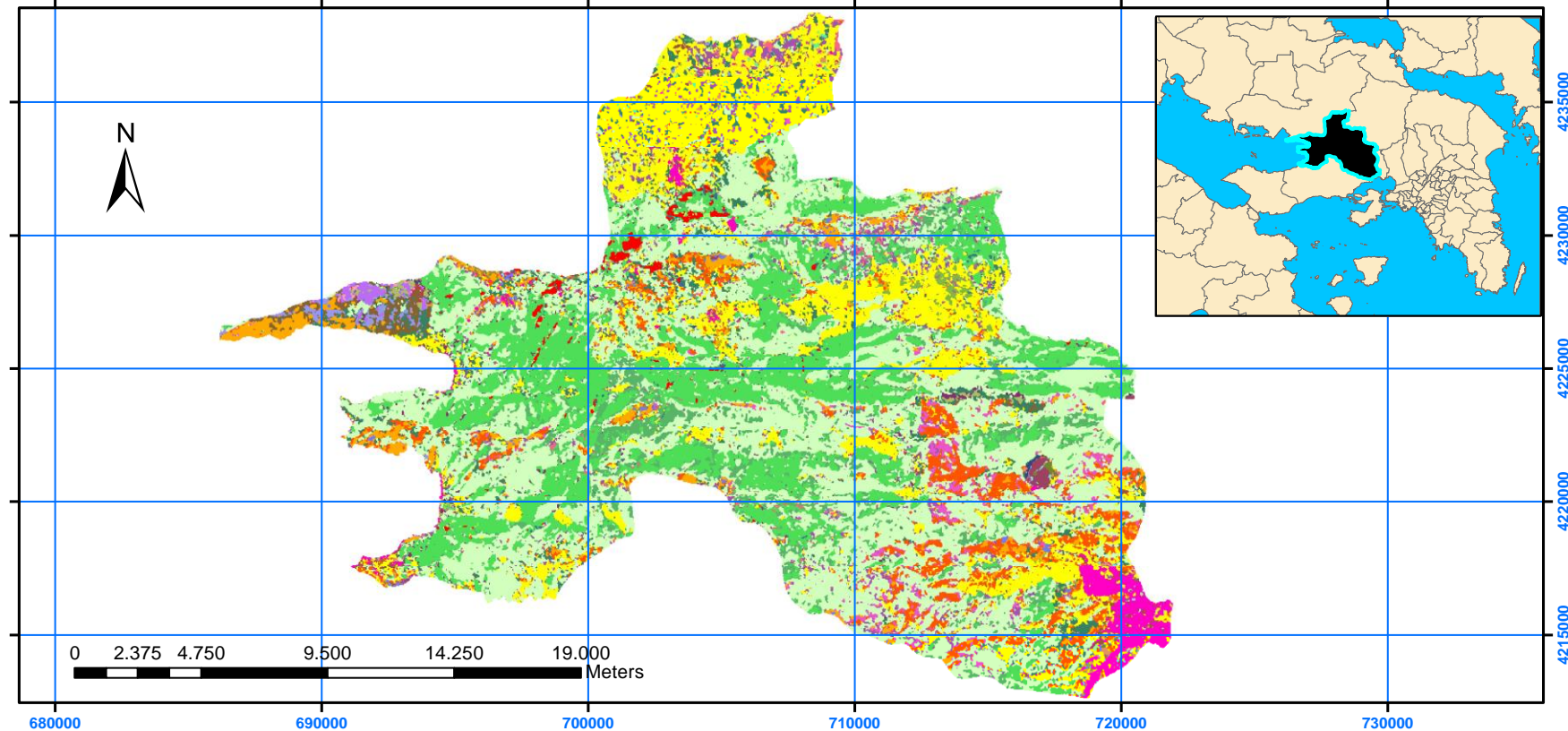
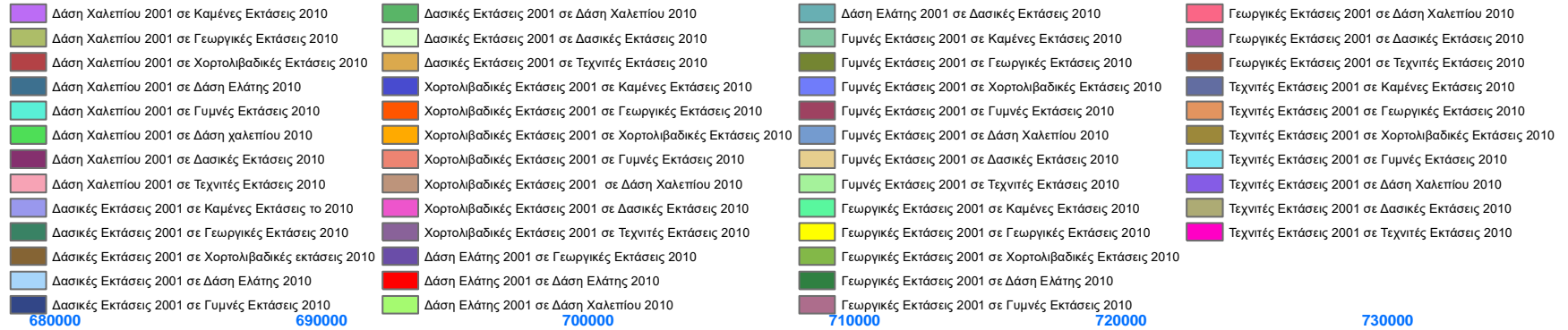
Πίνακας 32. Ανίχνευση αλλαγών 1993 -2001 σε αριθμό εικονοστοιχείων

Area(square/meters)	pinefore93	firforest93	urbanareas93	brushlands93	crops93	baresoil93	genistaland93	RowTotal	ClassTotal
Unclassified	54000.00	27000.00	20700.00	115200.00	110700.00	8100.00	16200.00	360000	493524000.00
pineforests01	64928700.00	1533600.00	44100.00	12821400.00	2161800.00	0.00	27900.00	82506600	82589400.00
brushlands01	15891300.00	362700.00	1728000.00	137978100.00	22117500.00	110700.00	11549700.00	193501800	193715100.00
genistaland01	554400.00	0.00	1718100.00	6630300.00	5599800.00	2959200.00	21798000.00	39500100	39591000.00
firforest01	1782900.00	1870200.00	1800.00	23400.00	3600.00	0.00	900.00	3719700	3733200.00
baresoil01	0.00	0.00	171900.00	105300.00	246600.00	1888200.00	468000.00	2881800	2885400.00
crops01	1454400.00	20700.00	4110300.00	19467900.00	53479800.00	1882800.00	11163600.00	92054700	92239200.00
urbanareas01	33300.00	900.00	5931900.00	743400.00	2600100.00	2064600.00	786600.00	12228300	12356100.00
water01	20700.00	6300.00	105300.00	4500.00	4500.00	0.00	0.00	189000	601200.00
ClassTotal	84719700.00	3821400.00	13832100.00	177889500.00	86324400.00	8913600.00	45810900.00	0.00	0.00
ClassChanges	19791000.00	1951200.00	7900200.00	39911400.00	32844600.00	7025400.00	24012900.00	0.00	0.00
ImageDifference	-2130300.00	-88200.00	-1476000.00	15825600.00	5914800.00	-6028200.00	-6219900.00	0.00	0.00

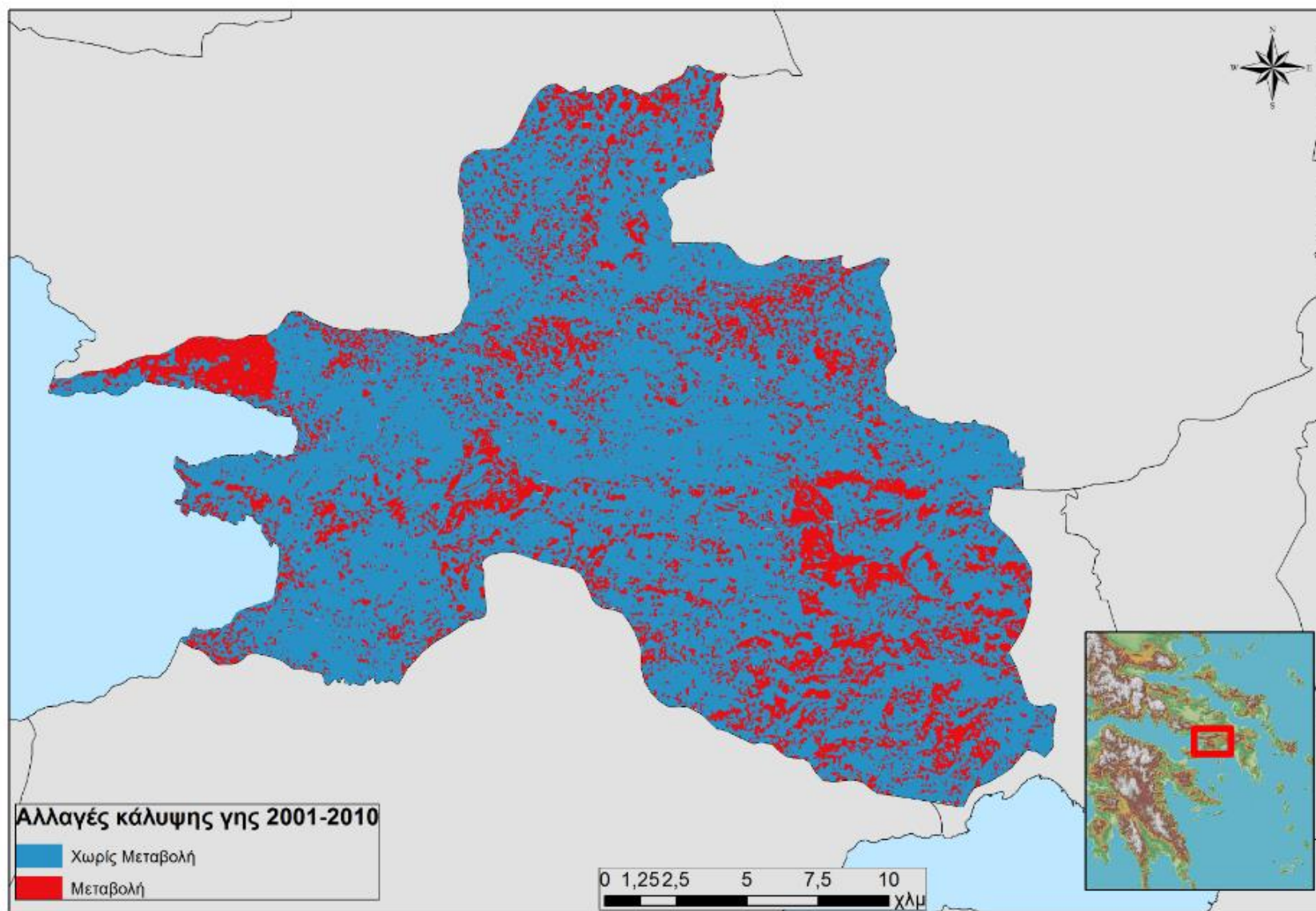
Πίνακας 33. Ανίχνευση αλλαγών 1993 -2001 σε έκταση (τετραγωνικά μέτρα)

ΘΕΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΑΛΛΑΓΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΓΗΣ ΔΗΜΟΥ ΜΑΝΔΡΑΣ ΕΙΔΥΛΛΙΑΣ 2001 -2010

ΥΠΟΜΝΗΜΑ



Χάρτης 15. Θεματικός Χάρτης Αλλαγών Κάλυψης Γης Δήμου Μάνδρας – Ειδυλλίας 2001-2010



Χάρτης 16. Χάρτης Αλλαγών κάλυψης Γης 2001- 2010

Pixel Counts	pineforests01	brushlands01	genistaland01	firforest01	baresoil01	crops01	urbanareas01	water01	Row Total	Class Total
Unclassified	0	0	0	0	0	0	0	0	0	548360
burnedareas10	1.234	1.933	167	2	13	1.342	286	23	5.000	5.000
crops10	1.496	26.974	22.625	38	507	62.771	3.455	10	117.876	117.876
genistas10	278	3324	11171	0	1162	4620	908	0	21463	21463
firforests10	3.196	121	0	2.585	1	11	0	7	5.921	5.921
baresoi10	16	199	329	0	1079	586	540	0	2749	2749
pineforests10	78.598	33.580	22	1.487	8	3.341	41	5	117.082	117.082
brushlands10	6.618	148.106	8.920	24	12	26.083	735	5	190.503	190.503
urbanareas10	291	982	755	0	424	3692	7627	43	13814	13814
water10	39	20	1	12	0	42	137	575	826	826
Class Total	91.766	215.239	43.990	4.148	3.206	102.488	13.729	668	0	0
Class Changes	13.168	67.133	32.819	1.563	2.127	39.717	6.102	93	0	0
Image Difference	25.316	-24.736	-22.527	1.773	-457	15.388	85	158	0	0

Πίνακας 34. Ανίχνευση αλλαγών 2001-2010 σε αριθμό εικονοστοιχείων

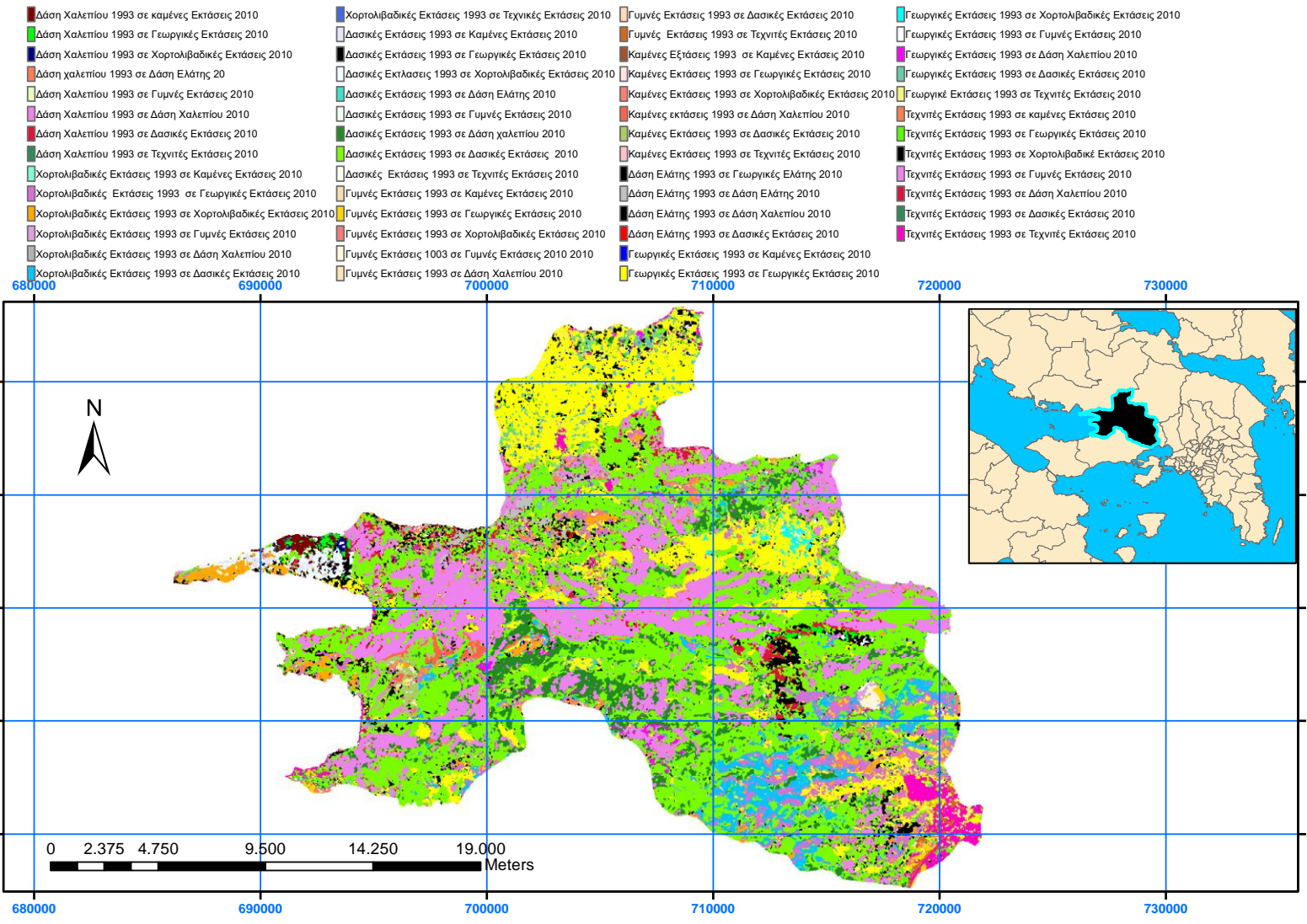
Percentages	pineforests01	brushlands01	genistaland01	firforest01	baresoil01	crops01	urbanareas01	water01	Row Total	Class Total
Unclassified	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	100000
burnedareas10	1.345	0.898	0.380	0.048	0.405	1.309	2.083	3.443	100.000	100.000
crops10	1.630	12.532	51.432	0.916	15.814	61.247	25.166	1.497	100.000	100.000
genistas10	0.303	1544	25394	0.000	36245	4508	6614	0.000	100000	100000
firforests10	3.483	0.056	0.000	62.319	0.031	0.011	0.000	1.048	100.000	100.000
baresoi10	0.017	0.092	0.748	0.000	33656	0.572	3933	0.000	100000	100000
pineforests10	85.650	15.601	0.050	35.849	0.250	3.260	0.299	0.749	100.000	100.000
brushlands10	7.212	68.810	20.277	0.579	0.374	25.450	5.354	0.749	100.000	100.000
urbanareas10	0.317	0.456	1716	0.000	13225	3602	55554	6437	100000	100000
water10	0.042	0.009	0.002	0.289	0.000	0.041	0.998	86078	100000	100000
Class Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	0.000	0.000
Class Changes	14.350	31.190	74.606	37.681	66.344	38.753	44.446	13.922	0.000	0.000
Image Difference	27.588	-11.492	-51.209	42.743	-14.255	15.014	0.619	23.653	0.000	0.000

Πίνακας 35. Ανίχνευση αλλαγών 2001-2010 σε ποσοστιαίες αναλογίες.

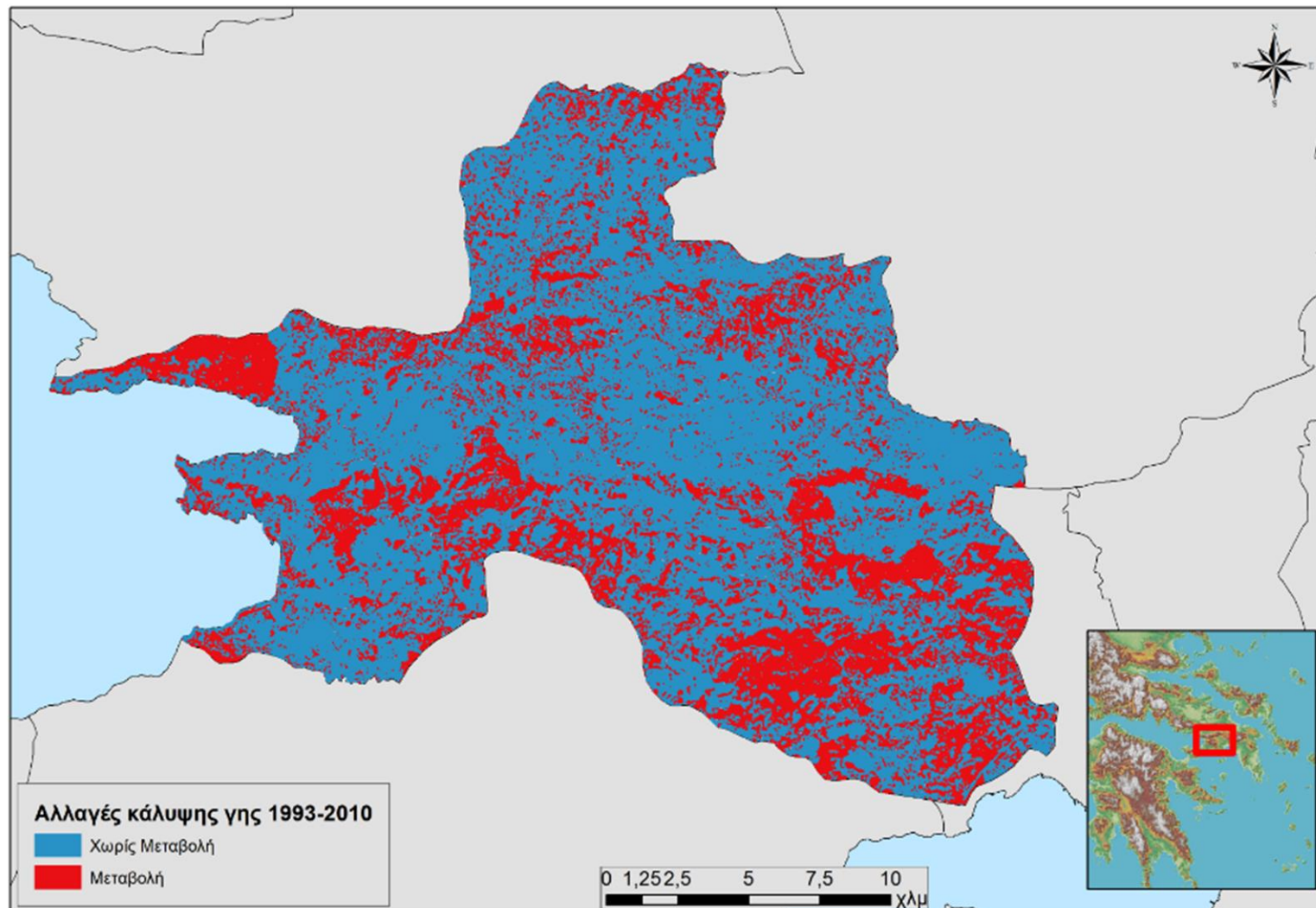
Area(Square/Meter)	pineforests01	brushlands01	genistaland01	firforests01	baresoi101	crops01	urbanareas01	water01	Row Total	Class Total
Unclassified	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	493524000.00
burnedareas10	1110600.00	1739700.00	150300.00	1800.00	11700.00	1207800.00	257400.00	20700.00	4500000.00	4500000.00
crops10	1346400.00	24276600.00	20362500.00	34200.00	456300.00	56493900.00	3109500.00	9000.00	106088400.00	106088400.00
genistas10	250200.00	2991600.00	10053900.00	0.00	1045800.00	4158000.00	817200.00	0.00	19316700.00	19316700.00
firforests10	2876400.00	108900.00	0.00	2326500.00	900.00	9900.00	0.00	6300.00	5328900.00	5328900.00
baresoi10	14400.00	179100.00	296100.00	0.00	971100.00	527400.00	486000.00	0.00	2474100.00	2474100.00
pineforests10	70738200.00	30222000.00	19800.00	1338300.00	7200.00	3006900.00	36900.00	4500.00	105373800.00	105373800.00
brushlands10	5956200.00	133295400.00	8028000.00	21600.00	10800.00	23474700.00	661500.00	4500.00	171452700.00	171452700.00
urbanareas10	261900.00	883800.00	679500.00	0.00	381600.00	3322800.00	6864300.00	38700.00	12432600.00	12432600.00
water10	35100.00	18000.00	900.00	10800.00	0.00	37800.00	123300.00	517500.00	743400.00	743400.00
Class Total	82589400.00	193715100.00	39591000.00	3733200.00	2885400.00	92239200.00	12356100.00	601200.00	0.00	0.00
Class Changes	11851200.00	60419700.00	29537100.00	1406700.00	1914300.00	35745300.00	5491800.00	83700.00	0.00	0.00
Image Difference	22784400.00	-22262400.00	-20274300.00	1595700.00	-411300.00	13849200.00	76500.00	142200.00	0.00	0.00

Πίνακας 36. Ανίχνευση αλλαγών 2001 - 2010 σε έκταση (τετραγωνικά μέτρα)

ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΘΕΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΑΛΛΑΓΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΓΗΣ ΔΗΜΟΥ ΜΑΝΔΡΑΣ ΕΙΔΥΛΛΙΑΣ 2001 -2010



Χάρτης 17. Θεματικός Χάρτης Αλλαγών Καλύψης Γης Δήμου Μάνδρας – Ειδυλλίας 1993 - 2010



Χάρτης 18. Χάρτης Αλλαγών κάλυψης Γης 1993 - 2010

Pixel Counts	pineforests93	genistaland93	brushlands93	baresoiis93	burnedareas93	firforests93	crops93	urbanareas93	Row Total	Class Total
Unclassified	150	93	218	42	14	19	165	77	778	548360
burnedareas10	1446	80	1686	49	190	5	1216	265	4937	5000
crops10	2303	22782	25601	3211	829	154	58306	4453	117639	117876
genistas10	441	8854	3582	3169	19	0	3835	1497	21397	21463
firforests10	3444	0	169	1	60	2213	15	0	5902	5921
baresoiis10	33	448	213	1156	0	0	500	388	2738	2749
pineforests10	73349	221	34960	9	2122	1632	4634	42	116969	117082
brushlands10	12593	17764	130225	434	2939	214	24120	1960	190249	190503
urbanareas10	360	659	1000	1833	57	4	3123	6634	13670	13814
water10	15	0	1	0	32	5	2	54	109	826
ClassTotal	94134	50901	197655	9904	6262	4246	95916	15370	0	0
Class Changes	20785	42047	67430	8748	6072	2033	37610	8736	0	0
Image Difference	22948	-29438	-7152	-7155	-1262	1675	21960	-1556	0	0

Πίνακας 37. Ανίχνευση αλλαγών 1993-2010 σε αριθμό εικονοστοιχείων

Percentages	pineforests93	genistaland93	brushlands93	baresoiis93	burnedareas93	firforest93	crops93	urbanareas93	RowTotal	ClassTotal
Unclassified	0.159	0.183	0.110	0.424	0.224	0.447	0.172	0.501	0.142	100000
burnedareas10	1536	0.157	0.853	0.495	3034	0.118	1268	1724	98740	100000
crops10	2447	44757	12952	32421	13239	3627	60789	28972	99799	100000
genistas10	0.468	17395	1812	31997	0.303	0.000	3998	9740	99692	100000
firforests10	3659	0.000	0.086	0.010	0.958	52120	0.016	0.000	99679	100000
baresoiis10	0.035	0.880	0.108	11672	0.000	0.000	0.521	2524	99600	100000
pineforests10	77920	0.434	17687	0.091	33887	38436	4831	0.273	99903	100000
brushlands10	13378	34899	65885	4382	46934	5040	25147	12752	99867	100000
urbanareas10	0.382	1295	0.506	18508	0.910	0.094	3256	43162	98958	100000
water10	0.016	0.000	0.001	0.000	0.511	0.118	0.002	0.351	13196	100000
ClassTotal	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	0.000	0.000
ClassChanges	22080	82605	34115	88328	96966	47880	39211	56838	0.000	0.000
ImageDifference	24378	-57834	-3618	-72244	-20153	39449	22895	-10124	0.000	0.000

Πίνακας 38. Ανίχνευση αλλαγών 1993-2010 σε ποσοστιαίες αναλογίες.

Area(Square/Meter:	pineforests93	genistaland93	brushlands93	baresoiis93	burnedareas93	firforests93	crops93	urbanareas93	Row Total	Class Total
Unclassified	135000.00	83700.00	196200.00	37800.00	12600.00	17100.00	148500.00	69300.00	700200.00	493524000.00
burnedareas10	1301400.00	72000.00	1517400.00	44100.00	171000.00	4500.00	1094400.00	238500.00	4443300.00	4500000.00
crops10	2072700.00	20503800.00	23040900.00	2889900.00	746100.00	138600.00	52475400.00	4007700.00	105875100.00	106088400.00
genistas10	396900.00	7968600.00	3223800.00	2852100.00	17100.00	0.00	3451500.00	1347300.00	19257300.00	19316700.00
firforests10	3099600.00	0.00	152100.00	900.00	54000.00	1991700.00	13500.00	0.00	5311800.00	5328900.00
baresoiis10	29700.00	403200.00	191700.00	1040400.00	0.00	0.00	450000.00	349200.00	2464200.00	2474100.00
pineforests10	66014100.00	198900.00	31464000.00	8100.00	1909800.00	1468800.00	4170600.00	37800.00	105272100.00	105373800.00
brushlands10	11333700.00	15987600.00	117202500.00	390600.00	2645100.00	192600.00	21708000.00	1764000.00	171224100.00	171452700.00
urbanareas10	324000.00	593100.00	900000.00	1649700.00	51300.00	3600.00	2810700.00	5970600.00	12303000.00	12432600.00
water10	13500.00	0.00	900.00	0.00	28800.00	4500.00	1800.00	48600.00	98100.00	743400.00
ClassTotal	84720600.00	45810900.00	177889500.00	8913600.00	5635800.00	3821400.00	86324400.00	13833000.00	0.00	0.00
Class Changes	18706500.00	37842300.00	60687000.00	7873200.00	5464800.00	1829700.00	33849000.00	7862400.00	0.00	0.00
Image Difference	20653200.00	-26494200.00	-6436800.00	-6439500.00	-1135800.00	1507500.00	19764000.00	-1400400.00	0.00	0.00

Πίνακας 39. Ανίχνευση αλλαγών 1993 - 2010 σε έκταση (τετραγωνικά μέτρα)

Στους ανωτέρω πίνακες ανίχνευσης των αλλαγών που διαδραματίστηκαν κατά τις χρονικές σειρές της μελέτης οι γραμμές ερμηνεύουν τις κλάσεις της τελικής κατάστασης και οι στήλες τις κλάσεις της αρχικής κατάστασης. Επιπλέον στις γραμμές μπορούμε να δούμε από ποιες κλάσεις προήλθαν τα εικονοστοιχεία, ποσοστά ή επιφάνειες στην τελική κατάσταση. Για παράδειγμα στο πίνακα (36) στη στήλη Class Total εμφανίζονται στην τελική κατάταξη για το έτος 2010, (13.814) εικονοστοιχεία **Τεχνητών εκτάσεων** από τα οποία το 1993 τα (360) ήταν Δάση Χαλεπίου Πεύκης τα (659) χορτολιβαδικές εκτάσεις, τα (1000) Δασικές εκτάσεις, τα (1.833) γυμνές εκτάσεις, τα (57) καμένες εκτάσεις, τα (3.123) γεωργικές εκτάσεις, και τα (6.634) τεχνητές εκτάσεις.

Στον ίδιο πίνακα στη στήλη Class Total εμφανίζονται στην τελική κατάταξη για το έτος 2010, (190.503) εικονοστοιχεία **Δασικών εκτάσεων**, από τα οποία το 1993 τα (12.593) ήταν Δάση Χαλεπίου Πεύκης, τα (17.764) χορτολιβαδικές εκτάσεις, τα (130.225) ήταν επίσης Δασικές εκτάσεις, τα (434) γυμνές εκτάσεις, τα (2.939) καμένες εκτάσεις, τα (214) Δάση Κεφαλληνιακής Ελάτης, τα (24.120) γεωργικές εκτάσεις, και τα (1.960) τεχνητές εκτάσεις.

Επίσης στη στήλη Class Total εμφανίζονται στην τελική κατάταξη για το έτος 2010, (117.876) εικονοστοιχεία **Γεωργικών εκτάσεων** από τα οποία το 1993 τα (2.303) ήταν Δάση Χαλεπίου Πεύκης, τα (22.782) χορτολιβαδικές εκτάσεις, τα (25.601) ήταν Δασικές εκτάσεις, τα (3.211) γυμνές εκτάσεις, τα (829) καμένες εκτάσεις, τα (154) Δάση Κεφαλληνιακής Ελάτης, τα (58.306) γεωργικές εκτάσεις, και τα (4.453Z) τεχνητές εκτάσεις.

Στη γραμμή Class Changes εμφανίζεται ο αριθμός των εικονοστοιχείων, τα ποσοστά ή οι επιφάνειες που άλλαξαν κλάσεις. Η γραμμή Image Difference φανερώνει τη διαφορά του συνολικού αριθμού των ισόποσα ταξινομημένων εικονοστοιχείων στις δύο εικόνες και υπολογίζεται αφαιρώντας τα σύνολα των κλάσεων της αρχικής κατάστασης (1993) από τα αντίστοιχα της τελικής κατάστασης (2010). Θετικές τιμές στην σειρά Image Difference φανερώνουν ότι το μέγεθος της τάξης αυξήθηκε.

1. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διαδικασία της τηλεπισκόπησης αν και απαιτεί προηγμένη επιστημονικά επεξεργασία δεδομένων, λειτουργεί με γνώμονα την εξοικονόμηση χρόνου, με αποτέλεσμα να εναρμονίζεται απόλυτα στις σύγχρονες τεχνολογικά απαιτήσεις. Τα εξαγόμενα από τη διαδικασία αυτή στατιστικά αποτελέσματα και οι τάσεις που προκύπτουν, δύναται να υποστηρίξουν αποφάσεις που σχετίζονται με τον άνθρωπο, το περιβάλλον και την οικονομία ή ακόμη και να δημιουργήσουν την ανάγκη για χάραξης μια νέας στρατηγικής πολιτικής για την αναπτυξιακή πορεία του Δήμου στο μέλλον.

Δύναται επίσης να αποτελέσει ένα δυναμικό εργαλείο στη μελέτη του περιβάλλοντος προκειμένου να καλυφθούν οι μελλοντικές ανάγκες για προστασία και αειφορία. Τέλος η εν λόγω μελέτη μπορεί να παράγει σημαντική πηγή πληροφόρησης για οποιοδήποτε διαχειριστή επιθυμεί να πραγματοποιήσει κάποιο αναπτυξιακό έργο στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου, θεωρώντας την ως ένα δυναμικά εξελισσόμενο αλλά αναξιοποίητο οικοσύστημα.

Από τα στατιστικά στοιχεία των διαχρονικών αλλαγών και από την ταξινόμηση των εικόνων της διαχρονικής σειράς 1993 2001 και 2010 προέκυψαν χρήσιμα συμπεράσματα για τις πιο βασικές μορφές χρήσης γης από τον άνθρωπο που αποτελούν η γεωργική χρήση, η δασική χρήση και οι βοσκότοποι.

Πιο συγκεκριμένα, οι **χορτολιβαδικές εκτάσεις** μεταξύ του 1993 και 2001 παρουσιάζουν πτωτική τάση της τάξης του 1%, ενώ από 2001 μέχρι το 2010 η πτωτική τάση αυξάνεται σε ποσοστό μεγαλύτερο του 5%, όπως φαίνεται στην ποσοστιαία κατανομή τύπων κάλυψης γης (πιν. 27). Από τους πίνακες διαχρονικών μεταβολών (31 & 33) και (34 & 36), προκύπτει ότι οι αλλαγές αυτές προήλθαν, *κυρίως μετά το 2001*, λόγω της μετατροπής των χορτολιβαδικών εκτάσεων σε αγροτικές εκτάσεις που αναλογούν σε 20.362 στρεμ (20% των γεωργικών εκτάσεων), σε τεχνητές εκτάσεων που αναλογούν σε 679 στρεμ. (5,46% των τεχνικών εκτάσεων) και σε θαμνώδεις Δασικές ή ημιφυσικές εκτάσεις που αναλογούν σε 8.028 στρεμ. (4,68% των δασικών εκτάσεων).

Οι **γυμνές εκτάσεις** όπως προκύπτει από τους πίνακες των διαχρονικών αλλαγών 37, 38 και 39, μεταξύ 1993 και 2010 έχουν μειωθεί και σχεδόν τείνουν να εξαλειφθούν, λόγω της μετατροπής 28.526 στρεμ εξ αυτών, σε χορτολιβαδικές (ποσοστό 14,76% των χορτολιβαδικών εκτάσεων), 1650 στρεμ. σε τεχνητές εκτάσεις (ποσοστό 13,26% των τεχνητών εκτάσεων) και σε 2890 στρεμ. σε αγροτικές εκτάσεις (ποσοστό 2,72% των γεωργικών εκτάσεων).

Εμβαθύνοντας λίγο περισσότερο στις μεταβολές των τύπων κάλυψης που μας ενδιαφέρουν, δηλαδή στις αστικές χρήσεις, στην καλλιεργούμενη γη -βοσκότοπους και στα δάση- ημιφυσικές εκτάσεις, εξάγονται αρκετά ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Από τις μεταβολές στην **καλλιεργούμενη γη**, το 20,6% φαίνεται να οφείλεται στην διαβίωση σε τεχνητό περιβάλλον, χωρίς επαφή με τη φύση, με μικρότερο βάρος της οικιστικής επέκτασης, εφόσον από τα ανθρωπογενή χαρακτηριστικά της περιοχής παρατηρήθηκε μείωση του πληθυσμού και της αστικοποίηση της περιοχής και το 12% στην εγκατάλειψη της γεωργικής δραστηριότητας, γεγονός που δείχνει την υποβάθμιση της ποιότητας ζωής και την ασφυκτική έλλειψη ζωτικού χώρου. **Την ίδια στιγμή, η εξάπλωση των δασικών εκτάσεων φαίνεται να**

έχει πρωτεύοντα ρόλο στη μείωση των βοσκοτόπων, που μόλις κατά 4,77% οφείλεται στην αστική επέκταση και κατά 9,32% στην εγκατάλειψη.

Δεν φαίνεται να είναι δυνατόν να υποστηριχθεί η άποψη ότι η επέκταση της γεωργίας απειλεί τα δάση και τις άλλες φυσικές ή ημιφυσικές εκτάσεις της περιοχής εφ' όσον όπως προκύπτει από τον πίνακα (37 & 39) των διαχρονικών μεταβολών για τα έτη 1993 και 2010 **τα Δάση οι Δασικές και οι ημιφυσικές εκτάσεις που μετατράπηκαν σε γεωργικές και αναλογούν σε 25.115 στρέμματα κι έρχονται σε ισοζύγιο με τις Γεωργικές εκτάσεις που μετατράπηκαν σε δασικές κι ημιφυσικές εκτάσεις και αναλογούν σε 25.111 στρέμματα.**

Από τα στατιστικά στοιχεία των διαχρονικών αλλαγών και την αποτύπωση των εκτάσεων που το διάστημα αυτό μετατράπηκαν σε **τεχνητές εκτάσεις**, διαπιστώθηκε ότι περιπτώσεις αστικής επέκτασης - χρήσης ή δημιουργίας τεχνικού περιβάλλοντος, γίνονται εις βάρος των γεωργικών ή των ημιφυσικών εκτάσεων και όχι εις βάρος των δασικών, όπως ήθελε η τρέχουσα «κοινή πεποίθηση».

Η επέκταση δε των **γεωργικών χρήσεων** εις βάρος των ημιφυσικών, Δασικών και χορτολιβαδικών εκτάσεων δεν φαίνεται να γίνεται για την παραγωγή αγαθών προς κατανάλωση, αφού τα διαθέσιμα στατιστικά στοιχεία υποδεικνύουν ύφεση της γεωργικής δραστηριότητας. Στη γεωργική γη μάλλον επιφυλάσσεται ο ρόλος του προθαλάμου πριν την αστικοποίηση, λόγω της αξιοποίηση της ελλειψούς ως απύσας θεσμικής προστασίας της γεωργικής γης και μάλιστα σε συνδυασμό κυρίως με το τεχνητό περιβάλλον, χωρίς επαφή με τη φύση στην οικιστική επέκταση.

Σχετικά με τη προέλευση των εκτάσεων οι οποίες μετετράπησαν σε **Δάση Χαλεπίου Πεύκης**, από το πίνακα 37 (Ανίχνευση αλλαγών 1993 - 2010 σε αριθμό εικονοστοιχείων) εξάγεται το συμπέρασμα ότι κατά κύριο λόγο πρόκειται για δασικές εκτάσεις σε σύνολο 31.464 στρεμμάτων (ποσοστό 17,68% των Δασικών εκτάσεων) οι οποίες απέκτησαν μεγαλύτερη πυκνότητα βλάστησης (κυρίως λόγω αύξησης της φυσικής αναγέννησης) και κατά δεύτερο λόγο από το 33,88% των καμένων εκτάσεων σε σύνολο 1.909,8 στρεμ. και από κάποιες αγροτικές εκτάσεις σε σύνολο 4.170 στρεμ. (ποσοστό 4,170% των Γεωργικών εκτάσεων) οι οποίες εγκαταλείφθηκαν και δασώθηκαν φυσικά. Επίσης παρατηρείται μετατροπή **Δασών Κεφαλληνιακής Ελάτης** σε Δάση Χαλεπίου Πεύκης και το αντίθετο με το ισοζύγιο να γέρνει στην αύξηση της Κεφαλληνιακής Ελάτης μεταξύ των ετών 2001 και 2010, κατά 1082 στρέμματα, δηλαδή αύξηση της τάξης του 20%.

Τα αίτια της αύξησης αυτής πέρα από τους κλιματικούς παράγοντες οφείλονται στην έλλειψη καλού οδικού δικτύου που ελαττώνει τον αριθμό των πιθανών επισκεπτών στη περιοχή και κατά συνέπεια ελαχιστοποιεί την επίδραση του ανθρώπινου παράγοντα. Η μείωση της αιγοβοσκικής και φυσικά η απουσία αξιοσημείωτων περιστατικών πυρκαγιάς για το χρονικό διάστημα αναφοράς της μελέτης στην περιοχή του Ελατοδάσους, συμβάλει προς αυτή την κατεύθυνση. Από τους πίνακες 31, 34 και 37, εξάγεται το συμπέρασμα ότι το σύνολο σχεδόν των εδαφών που αυξήθηκαν τα Δάση της Κεφαλληνιακής ελάτης προέρχονται από τα Δάση της Χαλεπίου Πεύκης, όπου κυριαρχεί πλέον το είδος της Ελάτης, κάτι που βέβαια ήταν αναμενόμενο.

Είναι προφανές ότι το αυστηρότατο θεσμικό πλαίσιο της προστασίας των Δασικών οικοσυστημάτων το οποίο γίνεται ακόμη πιο αυστηρό επί αναδασωτέων εκτάσεων μετά από πυρκαγιά και η θεσμικά τεκμηριωμένη προστασία τους από την αιγοβοσκή αποτέλεσε ισχυρό σάλπισμα στην διατήρηση και εξέλιξη των Δασικών οικοσυστημάτων.

Γενικά, οι εκτάσεις που απευθύνονται στις δραστηριότητες του πρωτογενή τομέα καταλαμβάνουν ένα πολύ μεγάλο ποσοστό της συνολικής έκτασης του Δήμου Μάνδρας Ειδυλλίας, γεγονός που ανάγεται και σε όλον τον Ελλαδικό χώρο. Ο χαρακτήρας των εκτάσεων της περιοχής που στην πλειονότητά τους απευθύνονται στις δραστηριότητες του πρωτογενή τομέα και το γεγονός ότι ο Δήμος Μάνδρας είναι ο πλησιέστερος και μεγαλύτερος Δήμος στην Πρωτεύουσα, τον καθιστά περισσότερο ευάλωτο στις οικονομικές συνέπειες της αστικοποίησης. Η τεράστια περιφέρεια της Πρωτεύουσας σε τάξεις μεγέθους και υποδομών δημιουργεί έντονα την ανάγκη του επαναπροσδιορισμού της και τη δημιουργία νέου σχεδιασμού. Οι δαπανηρές χρηματοδοτήσεις για την ανεξέλεγκτη αύξηση του μεγέθους της πόλης των Αθηνών, λειτούργησαν και συνεχίζουν να λειτουργούν σε βάρος έργων με καθαρά αναπτυξιακό χαρακτήρα, τα οποία θα μπορούσαν να γίνουν στην περιφέρεια (φράγματα, αρδευτικά έργα, διαπεριφερειακοί αυτοκινητόδρομοι, βιομηχανικές περιοχές, βιομηχανικές επιχειρήσεις, κ.λ.π.). Η σχέση δημιουργίας τεράστιων πόλεων και υποδομών είναι αλληλεξαρτώμενη, εφόσον από τη συνισταμένη τους χαράσσεται αναπόφευκτα ένας φαύλος κύκλος, αφού με τη δημιουργία υποδομών στις μεγάλες πόλεις ενισχύονται οι τάσεις συγκέντρωσης πληθυσμού και οικονομικών δραστηριοτήτων σε αυτές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα στην περιοχή μελέτης, αποτελεί η δημιουργία του προαστιακού σιδηροδρόμου ο οποίος άφησε εκτός σύνδεσης τις περιοχές του Δήμου Μάνδρας Ειδυλλίας, με αποτέλεσμα την αύξηση πληθυσμιακά και παραγωγικά των γειτονικών Δήμων Ασπροπόργου και Ελευσίνας.

Η κυριαρχία των εκτάσεων του πρωτογενή τομέα τόσο στην περιοχή του Δήμου Μάνδρας Ειδυλλίας όσο και στην επικράτεια, δείχνει και τη σημασία του πρωτογενή τομέα για την οικονομία του εξεταζόμενου Δήμου αλλά και ολόκληρης της χώρας. Φυσικά από τον σχεδιασμό της παραγωγικής διαδικασίας δεν μπορεί να απουσιάζει ο τομέας των Δασών και των Δασικών εκτάσεων που αποτελούν μαζί, την κυρίαρχη κλάση, που σήμερα όπως και για πάρα πολλά χρόνια μένει αναξιοποίητη. Η τελευταία αξιοποίηση των δασών των πάλαι ποτέ Δήμων Μάνδρας και Βιλίων ήταν η παραγωγή ρητίνης η οποία σήμερα σύμφωνα με τα στοιχεία της Δασικής Υπηρεσίας του ΥΠΠΕΝ τείνει να εξαφανισθεί. Στο γεγονός αυτό συνετέλεσαν οι μεγάλες καταστροφικές πυρκαγιές της περιοχής από το 1985 μέχρι σήμερα. Στην πλειονότητά τους οι μικτές κι αμιγείς συστάδες Χαλεπίου Πεύκης της περιοχής λόγω του ότι προέρχονται από φυσική αναγέννηση κι επειδή ουδέποτε στο παρελθόν διαχειρίστηκαν, έχουν σήμερα τη μορφή πυκνοφυτείας κι ομήλικης συστάδας αυξάνοντας έτσι τον κίνδυνο έκρηξης νέας πυρκαγιάς. Οι ανάγκες για την ανάπτυξη των Δασών και την προστασία τους από φυσική απειλή μπορεί να επιτευχθεί μέσα από καλλιεργητικές επεμβάσεις στα πλαίσια επιστημονικού σχεδίου διαχειριστικής μελέτης, οι οποίες μπορεί μεν να αποτελούν μια δαπανηρή πρόταση, όμως τα οφέλη από τα παραγόμενα προϊόντα οργανικής ύλης μπορούν να αποδώσουν ουσιαστικά τόσο στην παραγωγική, όσο και στην επιχειρηματική διαδικασία. Η επεξεργασία της βιομάζας και η αξιοποίηση της αποτελεί σήμερα επίκαιρη εναλλακτική μορφή παραγωγής ενέργειας.

Ως «ανανεώσιμες πηγές» θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή και η αιολική. Σε κάθε περίπτωση οι ΑΠΕ (Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας) όπως επίσης η ηλιακή και η αιολική έχουν μελετηθεί ως λύση στο πρόβλημα της αναμενόμενης εξάντλησης των (μη ανανεώσιμων) αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων και βρίσκουν πρόσφορο έδαφος. Τελευταία, από την Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά και από πολλά μεμονωμένα κράτη, υιοθετούνται νέες πολιτικές για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που προάγουν τέτοιες εσωτερικές πολιτικές και για τα κράτη μέλη. Οι ΑΠΕ αποτελούν τη βάση του μοντέλου οικονομικής ανάπτυξης της πράσινης οικονομίας με τις οποίες αποτελούν κεντρικό σημείο εστίασης της σχολής των οικολογικών οικονομικών επιστημών και η αξιοποίηση των Δασικών οικοσυστημάτων μπορούν να συμβάλλουν σε αυτή την κατεύθυνση.

Ο τρόπος που χρησιμοποιείται η γη, καθορίζει την ποιότητα ζωής της σημερινής γενιάς αλλά και των μελλοντικών γενεών. Η σημερινή χρήση της γης είναι το αποτέλεσμα διαφόρων αιτιών πολλά από τα οποία συνδέονται άμεσα με τη φύση και την ποσότητα των φυσικών πόρων, ενώ άλλα με τις πολιτιστικές, κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες του παρελθόντος και τη διαχρονική τους εξέλιξη. Πολλές φορές η σημερινή χρήση της γης δεν είναι προσαρμοσμένη σε μελλοντικές απαιτήσεις, δηλαδή απαιτήσεις για μεγαλύτερη παραγωγικότητα και προστασία του περιβάλλοντος.

Η έλλειψη ενημερωμένου χαρτογραφικού υπόβαθρου κάλυψης χρήσης γης καθιστά αδύνατη τη λήψη μέτρων και αποφάσεων σε όλα τα διοικητικά επίπεδα προκειμένου να εκμεταλλευτεί και να αναπτύξει κάποιος διαχειριστής την περιοχή η οποία αποτελεί ένα δυναμικό εξελισσόμενο σύστημα. Σε τοπικό όσο και εθνικό επίπεδο οι χάρτες χρήσης / κάλυψης γης αποτελούν σημαντική πηγή πληροφορίας για οποιοδήποτε επιθυμεί να πραγματοποιήσει κάποιο έργο ανάπτυξης.

Από τις αναλύσεις της μελέτης προκύπτει ότι η σημερινή χρήση της γης του Δήμου Μάνδρας - Ειδυλλίας δεν είναι προσαρμοσμένη σε μελλοντικές απαιτήσεις, δηλαδή απαιτήσεις για μεγαλύτερη παραγωγικότητα και προστασία του περιβάλλοντος. Ο τρόπος που χρησιμοποιείται η γη, καθορίζει την ποιότητα ζωής της σημερινής γενιάς αλλά και των μελλοντικών γενεών.

Σε γενικές γραμμές η συγκεκριμένη μελέτη απέδωσε σαφή και ακριβή αποτελέσματα σχετικά με τις αλλαγές στη κάλυψη γης της περιοχής μελέτης, κάτι που επιβεβαιώνεται τόσο από τα στατιστικά αποτελέσματα αλλά και από τα οικονομικά και ανθρωπογεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Τόσο οι βιβλιογραφικές πηγές, όσο και οι μελέτες στρατηγικού σχεδιασμού καθώς και τα στοιχεία των Δασικών υπηρεσιών της περιοχής, τεκμηριώνουν την εξαγόμενη εξέλιξη των χρήσεων γης, η οποία εναρμονίζεται πλήρως με τον οικονομικό της χαρακτήρα και τα κυρίαρχα φυσικά οικοσυστήματα αυτής. Ο Δήμος Μάνδρας Ειδυλλίας μπορεί να αποτελέσει ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα των συνεπειών της ανεξέλεγκτης αύξησης του μεγέθους των μεγάλων Ελληνικών πόλεων Αθήνας και Θεσσαλονίκης σε βάρος έργων με καθαρά αναπτυξιακό χαρακτήρα, τα οποία θα μπορούσαν να είχαν γίνει στην περιφέρεια (φράγματα, αρδευτικά έργα, διαπεριφερειακοί αυτοκινητόδρομοι, βιομηχανικές περιοχές, βιομηχανικές επιχειρήσεις, κ.λ.π.), τα οποία σήμερα θα είχαν στηρίξει την ανόρθωση της χώρας από την οικονομική κρίση και θα είχαν αντιμετωπίσει την ανεργία.

Επίσης τα συμπεράσματα που απορρέουν από τις διαχρονικές σειρές εξέτασης της περιοχής εναρμονίζονται πλήρως με εκείνα που ανάγονται σε ολόκληρη την Ελλάδα όπως προκύπτουν από τη σχετική βιβλιογραφία και που αφορούν τις βασικές για τον άνθρωπο χρήσεις γης.

Τέλος δημιουργήθηκε ένα αναλυτικό μοντέλο ροής εργασιών το οποίο απέδωσε σαν τελικό αποτέλεσμα την καταγραφή και παρουσίαση των αλλαγών χρήσης/ κάλυψης γης του Δήμου Μάνδρας - Ειδυλλίας για τη χρονική περίοδο 1993, 2001 και 2010 το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες περιοχές με παρόμοια φυσικά χαρακτηριστικά για την εξαγωγή χρήσιμων αποτελεσμάτων.

2. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Πολύ χρήσιμη θα ήταν η σύνταξη νέας μελέτης με δορυφορικές εικόνες μεγαλύτερης χωρικής διακριτικής ικανότητας, προκειμένου να διαχωριστεί η αξιοποιούμενη γεωργικά γη από τα φυσικά λιβάδια γεγονός πολύ χρήσιμο ειδικά μετά την εφαρμογή του Ν. 4280/14 που προβλέπει νομιμοποίηση των κτηνοτροφικών εγκαταστάσεων εντός Δασών και Δασικών εκτάσεων, για την αξιοποίησή τους στη πρωτογενή παραγωγή της περιοχής.

Ενδιαφέρουσα εργασία με δορυφορικές εικόνες υψηλής χωρικής ανάλυσης, αποτελεί ο ακριβής προσδιορισμός των δενδροκομικών ειδών τα οποία φύονται σήμερα στους αγρούς που Δασώθηκαν ως απόρροια της εγκατάλειψης, για την αντιμετώπιση των Δασωθέντων αγρών στα πλαίσια των ευνοϊκών ρυθμίσεων της Δασικής Νομοθεσίας, κατά την σύνταξη των Δασικών χαρτών.

Διαχρονική μελέτη των αλλαγών χρήσεων γης των γεωργικών και των ημιφυσικών εκτάσεων σε τεχνητές εκτάσεις και στις διαφορετικών τάξεις στις οποίες αυτές αναλύονται. Σκοπός της μελέτης είναι, να ανιχνευθούν οι ανάγκες για νέα αστική γη, η πρόκληση σύγκρουσης για αξιοποίηση της γεωργικής γης στην υπηρεσία της πρωτογενούς παραγωγής ή σε άλλης μορφής εκμετάλλευση, ο λόγος εγκατάλειψης των αγροτικών εκτάσεων καθώς και κατά πόσο οι μεταβολές αυτές εμπλέκονται στο στάδιο της προ αστικοποίησης. Για τις ανάγκες της μελέτης απαραίτητη είναι η χρήση δορυφορικών εικόνων μεγάλης χωρικής διακριτικής ικανότητας, οι οποίες θα πρέπει να αντιστοιχούν σε χρονοσειρές της τελευταίας δεκαπενταετίας, στην οποία εδραιώνεται σταδιακά το φαινόμενο της οικονομικής κρίσης και το μεταναστευτικό πρόβλημα.

Θα ήταν σημαντικό στα πλαίσια αντικειμένου καινούργιας έρευνας να μελετηθεί κατά πόσο επηρέασε την βιωσιμότητα και την εξέλιξη του Ελατοδάσους το γεγονός ότι από το 2011 έγιναν διανοίξεις δρόμων για την τοποθέτηση ανεμογεννητριών στα πλαίσια ενεργειακής αξιοποίησης του όρους Κιθαιρώνα και η αδειοδότηση για την τοποθέτησή τους στην κορυφογραμμή και κατά πόσο αυτό προσιωνίζει ή όχι ένα ζοφερό μέλλον για το βουνό. Η μελέτη αυτή θα ήταν πολύ σημαντική για την μελλοντική ενεργειακή αξιοποίηση των Δασικών οικοσυστημάτων με την παράλληλη επιδίωξη του σκοπού της αειφορίας των Δασών.

Τέλος τα αποτελέσματα των αλλαγών της μορφής/ κάλυψης γης και της ταξινόμησης της περιοχής μελέτης, μπορούν σε μια νέα έρευνα με τη χρήση του λογισμικού G.I.S, να συνδυαστούν με το ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο ώστε να προκύψουν νέα συμπεράσματα που θα αφορούν τους παράγοντες έκθεση, υψόμετρο και κλίση εδάφους, τόσο για την ανάπτυξη των οικοσυστημάτων όσο και των αλλαγών χρήσεων γης.

3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Al-Ahmadi F. S., Hames A.S. (2009) «Comparison of Four Classification Methods to Extract Land Use and Land Cover from Raw Satellite Images for Some Remote Arid Areas», Kingdom of Saudi Arabia, Earth Sci., Vol. 20 No.1, pp: 167-191.
- 2) Allum J. A. E., and Dreisinger, R. (1987). «Remote sensing of vegetation change near Inco's Sudbury mining complexes». International Journal of Remote Sensing, 8, pp. 399- 416.
- 3) Anderson, J.R., E.E. Hardy, J.T. Roach and R.E. Witmer, (1976). «A land use and land cover classification for use with remote sensing data». USGS professional paper 964. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- 4) Angelici G., Brynt N., and Friendman S. (1977). «Techniques for land use change detection using Landsat imagery». Proceedings of the 43rd Annual Meeting of the American Society of Photogrammetry and Joint Symposium on Land Data Systems, Falls Church, VA, USA (Bethesda, MD: American Society of Photogrammetry), pp. 217-228.
- 5) Assessment of atmospheric correction methods for Landsat TM data applicable to Amazon basin LBA research D.LU, P. MAUSEL, Department of Geography, Geology, and Anthropology, Indiana State University, Terre Haute, Indiana 47809, USA. E. BRONDIZIO and E. MORAN Anthropological Center for Training and Research on Global, Environmental Change, Indiana University, Bloomington, Indiana 47405, USA.
- 6) Campell B.J., (2002). «Introduction to Remote Sensing». 3rd edition. Virginia Polytechnic Institute and State University. The Guilford Publications Press, New York, London.
- 7) Christianini, N., and Shawe-Taylor, J. 2000. An introduction to support vector machines: and other kernel-based learning methods. (Cambridge and New York: Cambridge University Press).
- 8) D. Lu, P. Mausel, E. Brondizio & E. Moran, 2002 «Assessment of atmospheric correction methods for Landsat TM data applicable to Amazon basin LBA»(ISSN 0143-1161 print/ISSN 1366-5901 online © 2002 Taylor & Francis Ltd).
- 9) DiGirolamo P. A. (2006). «A Comparison of Change Detection Methods in an Urban Environment Using LANDSAT TM and ETM+ Satellite Imagery: A Multi-Temporal, Multi-Spectral Analysis of Gwinnett County, GA 1991-2000». Theses. Paper 18., Department of Anthropology at Digital Archive at GSU.
- 10) EE Mshiu (2011) «LANDSAT REMOTE SENSING DATA AS AN ALTERNATIVE APPROACH FOR GEOLOGICAL MAPPING IN TANZANIA: A CASE STUDY IN THE RUNGWE VOLCANIC PROVINCE, SOUTH-WESTERN TANZANIA», Geology Department, University of Dar es Salaam, P. O. Box 35052, Dar es Salaam mshiutz@udsm.ac.tz
- 11) E. BROWN*, M. AITKENHEAD**, R. WRIGHT*** & I. H. AALDERS**** «Mapping and Classification of Peatland on the Isle of Lewis Using Landsat ETM_p», *Environment Section, Planning & Development Service, The Highland Council, Inverness, UK **University of Aberdeen, Department of Plant & Soil Science, Aberdeen, UK ***Department of Geography & Environment, University of Aberdeen, Aberdeen, UK ****The Macaulay Institute, Craigiebuckler, Aberdeen, UK Scottish Geographical Journal Vol. 123, No. 3, 173-192, September 2007
- 12) ERDAS Field Guide™ Fifth Edition (1999), Revised and Expanded, ERDAS®, Inc. Atlanta, Georgia.
- 13) Ermias Aynekulu, Welday Wubneh, Emiru irhane and Nigussu Bagashaw, (2006). Monitoring and Evaluating Land use/ Land cover change using participatory

Geographic Information System (PGIS) Tools: a case study of Begasheka watershed, Tigray, Ethiopia.

- 14) Fuller R.M., Groom G.B., Jones A.R., (1994). «Land cover map of Great Britain. An automated classification of Landsat Thematic Mapper data». *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 60 (5), pp. 553-562.
- 15) Gidudu Anthony, Hulley Greg and Marwala Tshilidzi «Classification of Images Using Support Vector Machines», Department of Electrical and Information Engineering, University of the Witwatersrand, Johannesburg, Private Bag X3, Wits, 2050, South Africa
- 16) Hassiba Nemmour , Youcef Chibani «Multiple support vector machines for land cover change detection: An application for mapping urban extensions», Signal Processing Laboratory, Faculty of Electronic and Computer Science, University of Sciences and Technology HOUARI BOUMEDIENE, USTHB, P. B. 32, El-Alia 16111, Algiers, Algeria, *Photogrammetry & Remote Sensing* 61 (2006).
- 17) Hanqiu Xu, December 2007 «Extraction of Urban Built-up Land Features from Landsat Imagery Using a Thematic-oriented Index Combination Technique», *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 73, No. 12, December 2007, pp. 1381-1391.
- 18) Herold, M. (2010). *Change detection and time series analysis*. Wageningen University.
- 19) Hayder Abd Al-Razzaq Abd1, Husam Abdulrasool Alnajjar, (2013). «Maximum Likelihood for Land-Use/Land-Cover Mapping and Change Detection Using Landsat Satellite Images: A Case Study "South Of Johor"», Geo-spatial Information Science Research Center (GIS RC), Faculty of Engineering, University Putra Malaysia, 43400 UPM, Serdang, Selangor, Malaysia. *International Journal of Computational Engineering Research* | | Vol, 03 | | Issue, 6 | p.26 -33.
- 20) Jennifer Inzana , Tim Kusky , Gary Higgs , Robert Tucker, 2003 «Supervised classifications of Landsat TM band ratio images and Landsat TM band ratio image with radar for geological interpretations of central Madagascar» , *Journal of African Earth Sciences* 37 (2003) 59-72.
- 21) Karteris, M.A., (1990). «The utility of digital Thematic Mapper data for natural resources classification». *International Journal of Remote Sensing* 11 (9), pp. 1589-1598.
- 22) Karteris, M.A. (1991). «Classification of Mediterranean forested areas with SPOT data» Πρακτικά Συμποσίου "Fernerkundung in Der Forstwirtschaft - Stand und Entwicklungen" - Albert-Ludwigs Universität, Freiburg, Germany, p. 11.
- 23) Krishna Bahadur K.C. «Improving Landsat and IRS Image Classification: Evaluation of Unsupervised and Supervised Classification through Band Ratios and DEM in a Mountainous Landscape in Nepal», *Remote Sens.* 2009, 1, 1257-1272; doi:10.3390/rs1041257.
- 24) Krishna Bahadur K.C. (2009). «Improving Landsat and IRS Image Classification: Evaluation of Unsupervised and Supervised Classification through Band Ratios and DEM in a Mountainous Landscape in Nepal». *Remote Sensing* 2009, 1, 1257-1272.
- 25) Li X., and Yeh A. G. O. (1998). «Principal component analysis of stacked multitemporal images for the monitoring of rapid urban expansion in the Pearl River Delta». *International Journal of Remote Sensing*, 19, pp.1501-1518.
- 26) Lu D., Mausel P., Brondizios E., and Moran E. (2004). «Change Detection Techniques», *International Journal of Remote Sensing*, Vol.25, No 12, pp. 2365-2407.
- 27) Mancino Giuseppe, Nolè Angelo, Ripullone Francesco, Ferrara Agostino, (2012). «Landsat TM imagery and NDVI differencing to detect vegetation change: assessing natural forest expansion in Basilicata, southern Italy». *IForest - Biogeosciences and Forestry*. Research Article - doi: 10.3832/ifer0909-007, p. 75-84.

- 28) Mohd Hasmadi, I. Pakhriazad, H.Z., Shahrin M.F. (2009). «Evaluating supervised and unsupervised techniques for land cover mapping using remote sensing data». *Malaysian Journal of Society and Space* 5 issue 1 pp. 1 - 10.
- 29) Muller S.V., Racoviteanu A.E., walker D.A., (1999). «Landsat MSS-derived land-cover map of northern Alaska: extrapolation methods and a comparison with photo-interpreted and AVHRR-derived maps». *International Journal for Remote Sensing* 20 (15-16), pp. 2921-2946.
- 30) N. P. Soora, Rakhi. K. Raj, R. Jaishanker (December 2013). «Micro Level Land Cover Dyamics: A Study of Land CoverChange within A Planned Developemental Site»
- 31) Nelson R.F., Latty R.S., and Mott G., (1984). «Classifying northern forests using thematic mapper simulator data». *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 50, pp. 607-617.
- 32) Petropoulos G. a , Krishna Prasad Vadrevu b & Chariton Kalaitzidis c a « Spectral angle mapper and objectbased classification combined with hyperspectral remote sensing imagery for obtaining land use/cover mapping in a Mediterranean region»
- 33) Petropoulos G. a,b,†, Arvanitis K. b, Sigrimis N. « Hyperion hyperspectral imagery analysis combined with machine learning classifiers for land use/cover mapping»
- 34) Richards J.A., (1999). *Remote Sensing Digital Image Analysis*, Springer-Verlag, Berlin, p. 240.
- 35) Singh A. (1989). «Digital change detection techniques using remotely sensed data». *International Journal of Remote Sensing*, 10, pp.989-1003.
- 36) Slonecker, E. T., D. M. Shaw, T. M. Lillesand, (1998). «Emerging legal issues in advanced remote sensing technology». *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 64, p. 589-595.
- 37) Song C., Woodcock C., Seto K., Pax Lenney M, Macomber S., (2001). «Classification and Change Detection Using Landsat TM Data: When and How to Correct Atmospheric Effects?» *Remote Sensing of Environment* v.75 p. 230-244.
- 38) Tzotsos A., Karantzalos K., Argialas D. 2014. "Multiscale segmentation and classification of remote sensing imagery with advanced edge and scale-space features". In: *Scale Issues in Remote Sensing*, p170-196, J.Wiley and Sons 2014.
- 39) Tzotsos A., Argialas D., 2008. "Support Vector Machine Classification for Object-Based Image Analysis". In: *Object-Based Image Analysis - Spatial Concepts for Knowledge-Driven Remote Sensing Applications*, p663-679. Springer 2008. Tou, J. T. and R. C. Gonzalez, (1974). «Pattern Recognition Principles», Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts.
- 40) Townshend, J. (Ed.), (1981). «Terrain analysis and Remote Sensing». Allen and Unwin, London.
- 41) Vapnik, V., & Cortes, C. (1995). *Support-vector networks*, Machine Learning.
- 42) Vogelmann J.E., Sohl T.L., Campell P.V., Shaw D.M., (1998). «Regional Land Cover Characterization Using Landsat Thematic Mapper Data and Ancillary Data Sources». *Environmental Monitoring and Assessment* 51, pp. 415-428.
- 43) Vorovencii I., Muntean M. D., (2013). «Evaluation of supervised classification algorithms for Landsat 5 TM image». *RevCAD* 14/2013s p. 197-206.
- 44) Williams D.L. and Nelson R.F., (1986). «Use of Remotely Sensed Data for Assessing Forest Stand Conditions in the Eastern U.S». *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, GE-24 (1), pp. 130-138.

- 45) Wolter P.T., Mladenoff D.J., Host G.E. and Crow T.R., (1995). «Improved forest classification in the northern lake states using multi-temporal Landsat imagery». *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 61, pp. 1129-1143.
- 46) Yang X. and Lo C.P. (2000). «Relative radiometric normalization performance for change detection from multi-date satellite images». *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol. 66 no.8, August, pp. 967-980.
- 47) Yuan F., Sawaya K., and Loeffelholz B. (2005). «Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing». *Remote Sensing of Environment* 98, pp. 317 - 328.
- 48) Yudhvir Singh, M P Sharma, S D Sharma, Ravindra Prawasi, Kirti Yadav and R.S.Hooda «Application of GIS Technique to Select Suitable Sites for Erecting Watch Towers in Forest Areas of Mountainous Tract», Yudhvir Singh et al, *Int.J.Computer Technology & Applications*, Vol 5 (2), 462-468
- 49) Zha Y., Gao J. & Ni S. (2003). «Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery». *International Journal of Remote Sensing*, 24:3, p. 583-594.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 50) Αργιαλάς Δ. (1999). «Φωτοερμηνεία - Τηλεπισκόπηση», ΕΜΠ, Αθήνα.
- 51) Αργιαλάς, Δ. Π. (1998). Ψηφιακή Τηλεπισκόπηση. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- 52) Γιώργος Βλάχος, Γιώργος Καρέτσος, Νίκος Μπελαβίλας, Θύμιος Παπαγιάννης (2012) «Η Ελλάδα τότε και τώρα: Διαχρονική χαρτογράφηση των καλύψεων γης, 1987-2007».
- 53) Δημήτριος Μπληζιώτης, Αθήνα, Ιούλιος 2014, Διπλωματική Εργασία «Ανάπτυξη και Αξιολόγηση Αλγορίθμων Τηλεπισκόπησης για τη Διαχείριση και Ανάλυση Μεγάλων Γεωχωρικών Δεδομένων.
- 54) Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δήμου Μάνδρας -Ειδυλλίας 2012 -2014.
- 55) Θέος Ν., (2010), «Περιβαλλοντικές Επιβαρύνσεις σε έδαφος και νερό περιοχής Μεγάρων». Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- 56) ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΥΨΗΛΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΞΙΑΣ, Οκτώβριος 2007 , INSTITUTE EUROPEAN for ENVIRONMENTAL POLICY
- 57) Καλογερόπουλος Κωνσταντίνος, Μυτιλήνης Ιανουάριος 2004, Πτυχιακή Εργασία «Χαρτογράφηση Δασικών Ειδών Τμήματος της Βορείας Πίνδου με χρήση Δορυφορικών Εικόνων Landsat TM και μοντέλα GIS τριών διαστάσεων.
- 58) Καρτάλης Κ. Φειδάς Χ. (2006). «Αρχές και Εφαρμογές Δορυφορική Τηλεπισκόπησης». Β.Γκιούρδας Εκδοτική. Αθήνα.
- 59) Καρτέρης Μ.Α. & Μελιάδης Ι.Μ., (1992). «Ταξινόμηση δασικών εκτάσεων με δορυφορικά δεδομένα». Πρακτικά Ε' Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου "Έρευνα και Πράξη στα Ελληνικά Δάση", Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Καλαμάτα σελ. 347 - 353.
- 60) Κούτσιας Ν., Μαλλίνης Γ., Καρτέρης Μ., 2002. «Ο μετασχηματισμός κυρίων συνιστωσών πολυφασματικών δορυφορικών δεδομένων για τη χαρτογράφηση άμεσων επιπτώσεων των φυσικών καταστροφών : μια ειδική περίπτωση εφαρμογής στις δασικές πυρκαγιές». Πρακτικά του 6ου Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρείας, Θεσσαλονίκη 3-6 Οκτωβρίου 2002. Τόμος II σελ. 180 -186.
- 61) Μιγκίρος Γ. Παυλόπουλος Α. Παρχαρίδης Ι. Γατσής Ι., Ψωμιάδης Ε., (2003). «Τηλεπισκόπηση -Εφαρμογές στις Γεωεπιστήμες». Εργαστήριο Γεωλογίας - Ορυκτολογίας. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

- 62) Τσακαμή Π. Ξένη, Αθήνα 2012, Μεταπτυχιακή Εργασία: «Διερεύνηση των παραγόντων που επηρεάζουν τη διατήρηση της γεωργικής χρήσης της γης σε περιαστικές περιοχές».
- 63) Τσακίρη-Στρατή Μ. (2010). «Τηλεπισκόπηση - Πανεπιστημιακές παραδόσεις Α.Π.Θ». Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών Τομέας Κτηματολογίου Φωτογραμμετρίας και Χαρτογραφίας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.12.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

<http://www.satimagingcorp.com/applications/environmental-impact-studies/>

http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge770e_lab/k4_methodoi.swf

<http://dasodata.gr/index.php/doryforiki-tilepiskopisi>

<http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-B115/90/712,2695/>

<http://www.elance.com/samples/map-of-corine-land-cover-thessaloniki-prefecture-greece-map-arcmap-arcgis-photoshop/63282004/>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Albedo>

<http://earthexplorer.usgs.gov/>

<http://glcf.umiacs.umd.edu/>

<https://earth.esa.int/web/guest/eoli>.

http://landsat.usgs.gov/Landsat_Processing_Details.php

<http://geodata.gov.gr/geodata/>,

<http://academic.emporia.edu/aberjame/student/banman5/perry3.html>.

<http://web.pdx.edu/~emch/ip1/bandcombinations.html>.

https://www.ceid.upatras.gr/webpages/courses/cplusplus/dm/2_Classification1.pdf

<http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge770e/fkef06.swf>