

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή



*Αξιολόγηση της αλλαγής χρήσεων γης καμένων
οικοσυστημάτων του νομού Ηλείας με Συστήματα
Γεωγραφικών Πληροφοριών και σύγχρονες τεχνικές
δορυφορικής Τηλεπισκόπησης*

Αριστείδης Μίχος

Επιβλέπων Καθηγητής
Πέτρος Δάμος

Ιούνιος 2016

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή

*Αξιολόγηση της αλλαγής χρήσεων γης καμένων
οικοσυστημάτων του νομού Ηλείας με Συστήματα
Γεωγραφικών Πληροφοριών και σύγχρονες τεχνικές
δορυφορικής Τηλεπισκόπησης*

Αριστείδης Μίχος

**Επιβλέπων Καθηγητής
Πέτρος Δάμος**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στην Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Ιούνιος 2016

Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή έχει ως κύριο στόχο, αφενός, τη χαρτογράφηση των αλλαγών κάλυψης/χρήσης γης στο Νομό Ηλείας για το χρονικό διάστημα 1987 – 2014, και αφετέρου, την μελέτη των επιπτώσεων των μέγα πυρκαγιών στο περιβάλλον με τη χρήση προηγμένων τεχνικών τηλεπισκόπησης. Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε ο Νομός Ηλείας και τα βασικά λογισμικά τηλεπισκόπησης που χρησιμοποιήθηκαν είναι το ENVI 5.2 και το ArcGIS 10.1. Για τις ανάγκες της διατριβής χρησιμοποιήθηκαν τρεις δορυφορικές εικόνες Landsat (1987, 2004 & 2014), οι οποίες διορθώθηκαν ραδιομετρικά και ατμοσφαιρικά για τις ανάγκες της μελέτης. Τα εξαγόμενα δεδομένα στη συνέχεια ταξινομήθηκαν με την μέθοδο της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης (object-oriented classification) και ανιχνεύθηκαν οι αλλαγές κάλυψης γης. Για την επιβεβαίωση της ταξινόμησης, πραγματοποιήθηκαν εργασίες πεδίου κατά τις οποίες ελήφθησαν δεδομένα και καθορίστηκαν οι κλάσεις ταξινόμησης. Τα αποτελέσματα της ταξινόμησης, για τα τρία έτη αναφοράς, αποδόθηκαν χαρτογραφικά με τη δημιουργία χαρτών κάλυψης γης. Τελικά δημιουργήθηκαν έξι χάρτες αλλαγών κάλυψης γης (δύο για κάθε συνδυασμό δύο ετών αναφοράς). Με βάση τα αποτελέσματα προέκυψε ότι και στα τρία έτη αναφοράς το σύνολο των εκτάσεων της περιοχής μελέτης που διέπονται από τις διατάξεις της Δασικής Νομοθεσίας (Δάση Χαλεπίου πεύκης, και Δασικές εκτάσεις) ξεπερνά οριακά το 50% και εμφανίζει μια ελαφριά ανοδική τάση. Οι εκτάσεις καλυπτόμενες από θαμνώνες αείφυλλων – πλατύφυλλων παρουσιάζουν το διάστημα 2007-2014 μια σημαντική αύξηση λόγω της μέγας πυρκαγιάς του έτους 2007. Τέλος, παρατηρήθηκαν αρκετές αλλαγές στη χρήση γης και που συσχετίζονται με την επέκταση των γεωργικών εκτάσεων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Τηλεπισκόπηση , Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Landsat, Διαχρονικές μεταβολές χρήσης/ κάλυψης γης , Αντικειμενοστραφής Ταξινόμηση, Χάρτης Χρήσης/ κάλυψης γης, Διαχρονικές Μεταβολές Χρήσης/ κάλυψης γης

Summary

This thesis has as main objective, first to describe the changes in land use in the prefecture of Ilia (located in the western part of the Peloponnese-Southern Greece) during the period 1987-2014, and secondly, to study the impact of mega fires on the environment through the use of advanced remote sensing techniques and satellite data. Particularly, three Landsat satellite images of the years 1987, 2004 and 2014 were used for the analysis, which was performed using 5.2 ENVI and ArcGIS 10.1 remote sensing software's. All data have been radiometrically and atmospherically corrected and subjected to analysis. Exported raster data were further classified using high resolution object based image analysis. The application was done using supervised and non-supervised classification techniques. Classifications results were used for visual and qualitative comparison of changes in land cover over the survey area. Moreover, to assess the classification results, field work was also carried out, in which site specific data were obtained, and the classification classes were redefined. Classification results, for the three reference years, attributed mapping to create land cover maps for each case. Eventually six land cover change maps were made; two for any combination of two reference years. On the basis of the results it is shown that land covered by the provisions of the Forestry Law (Aleppo pine forests and scrubland) slightly exceeds 50% and shows a slight upward trend. The areas covered by evergreen bushes - broadleaf exhibit during 2007-2014 a significant increase due to the great fire of 2007. Finally, several changes occurred in land use and associated with the expansion of agricultural land.

Keywords: Remote sensing, GIS, Landsat, Timeless use/land cover changes, Object classification, map use/ land cover, longitudinal change of use / land cover

Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά, όλους αυτούς που με τη βοήθειά τους συνέβαλλαν στην συγγραφή και περάτωση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω:

- Τον κο Πέτρο Δάμο, επιβλέποντα καθηγητή, ο οποίος μου εμπιστεύτηκε την εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας, για την άριστη συνεργασία, την ανεκτίμητη και συνεχή καθοδήγηση καθώς και το ενδιαφέρον και τη βοήθειά του σε όλα τα στάδια της εργασίας αυτής.
- Τον Αναπληρωτή Καθηγητή κο Ιωάννη Ζ. Γήτα του Α.Π.Θ., Εργαστήριο Δασικής Διαχειριστικής και Τηλεπισκόπησης τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος , ο οποίος με βοήθησε σημαντικά και με ενέπνευσε κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών καθώς και τους Καταγής Θωμάς - Δασολόγο και Καλογερόπουλο Χρήστο - Δασολόγο ερευνητές εργαστηρίου Δασικής Διαχειριστικής και Τηλεπισκόπησης Α.Π.Θ. για τη πολύτιμη βοήθεια που μου πρόσφεραν τόσο σε θέματα Δορυφορικών δεδομένων και ανάλυση αυτών, όσο και σε θέματα G.I.S.
- Τον κο Καρπούζα Σωτήριο Δασολόγο για την βοήθεια του σχετικά με το λογισμικό ENVI 5.2
- Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω μέσα από τη καρδιά μου την οικογένειά μου, για τη συνεχή ενθάρρυνση και υποστήριξή τους κατά τη διάρκεια των σπουδών μου, αλλά και σ' όλη μου τη ζωή

Περιεχόμενα

	Περίληψη	4
	Summary.....	5
	Εισαγωγή.....	17
1	Θεωρητικό Υπόβαθρο	22
1.1	Ορισμός χρήσης και κάλυψης γης	22
1.2	Ορισμός δάσους και δασικών εκτάσεων	23
1.3	Τηλεπισκόπηση και δορυφορικά δεδομένα	26
1.4	Δορυφορικά συστήματα απεικόνισης (Earth Observation systems)	28
1.5	Δορυφόροι Landsat	28
1.6	Αρχές επεξεργασίας και ερμηνείας εικόνας	34
1.6.1	Αποκατάσταση ή προεπεξεργασία (preprocessing) της εικόνας	34
1.6.1.1	Ατμοσφαιρικές διορθώσεις	35
1.6.1.2	Γεωμετρικές διορθώσεις	36
1.6.2	Βελτίωση της παρουσίας της εικόνας (image enhancement)	38
1.6.3	Ταξινόμηση εικόνας	39
1.6.3.1	Μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση	41
1.6.3.2	Αντικειμενοστραφής ανάλυση δορυφορικών εικόνων	42
1.6.3.3	Εκτίμηση της Ακρίβειας της Ταξινόμησης	46
1.6.3.4	Πηγές σφαλμάτων	47
1.6.3.5	Δείγματα εκπαίδευσης και δείγματα ελέγχου	49
1.6.3.6	Πίνακας Σφαλμάτων, Error Matrix	49
1.6.4	Μέθοδοι ανίχνευσης μεταβολών	51
2	Επισκόπηση Βιβλιογραφίας	54
3	Περιοχή Έρευνας	58
3.1	Φυσικογεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης	58
3.1.1	Γεωγραφική θέση	58
3.1.2	Γεωμορφολογικά – Περιβαλλοντικά στοιχεία	59
3.1.3	Περιοχές με σημαίνουσα περιβαλλοντική σημασία	61
3.1.3.1	Γενικό νομοθετικό πλαίσιο προστατευόμενων περιοχών	61
3.1.3.2	Περιγραφή προστατευόμενων περιοχών	63
3.1.4	Κλιματολογικά στοιχεία	65
3.2	Ανθρωπογεωγραφικά χαρακτηριστικά περιοχής μελέτης	68
3.2.1	Διοικητική διαίρεση	68
3.2.2	Πληθυσμιακή στοιχεία	68
3.2.3	Οικονομικά στοιχεία	71
3.2.3.1	Παραγωγικοί Τομείς	71
3.2.3.1.1	Πρωτογενής τομέας	71
3.2.3.1.2	Τουρισμός	72
3.2.4	Χρήσεις γης	72
3.2.4.1	Δασικές περιοχές	74
3.2.4.2	Γεωργία και κτηνοτροφία	76
3.2.5	Κατοικία	77
3.2.6	Τουρισμός	77
3.2.7	Βιομηχανία	77
3.3	Ζώνες Βλάστησης και Ανθρωπογενής Επίδραση στη Φυσική Βλάστηση	77
3.4	Γεωλογία της Περιοχής Μελέτης	79
4	Μεθοδολογία	81

4.1	Σκοπός μελέτης	81
4.2	Μεθοδολογία και Στάδια Εργασίας	83
4.2.1	Λογισμικά επεξεργασίας και δεδομένα	83
4.3	Δημιουργία Θεματικών Χαρτών	84
4.3.1	Θεματικός χάρτης ορίων περιοχής μελέτης	84
4.3.2	Θεματικός χάρτης ισοϋψών	86
4.3.3	Κατασκευή Ψηφιακού Υψομετρικού Μοντέλου	86
4.3.4	Σκιασμένο ανάγλυφο	87
4.3.5	Χάρτης υψομετρικών ζωνών	88
4.4	Απόκτηση δεδομένων	89
4.5	Γεωαναφορά	93
4.6	Ραδιομετρική – Ατμοσφαιρική Διόρθωση	93
4.7	Αποκοπή δορυφορικών εικόνων στα όρια της περιοχής μελέτης ..	96
4.8	Στατιστικά εικόνων	96
4.9	Μη Εποπτευόμενη Ταξινόμηση	100
4.10	Αντικειμενοστραφής ανάλυση	106
4.10.1	Καθορισμός κλάσεων ταξινόμησης (χρήσης/ κάλυψης γης)	107
4.10.2	Εκπαίδευση περιοχών	110
4.10.3	Βελτίωση της αντίθεσης	112
4.10.4	Δημιουργία Σύνθετων Ψευδέχρωμων Εικόνων	114
4.10.5	Επιλογή μεθόδου αντικειμενοστραφής ταξινόμησης	117
4.10.6	Εφαρμογή της αντικειμενοστραφής ταξινόμησης	118
5	Ανίχνευση Μεταβολών	122
5.1	Γενικά	122
5.2	Χρονική περίοδος 1987-2007	123
5.2.1	Κατηγορίες Αλλαγών	126
5.2.1.1	Γεωργικές εκτάσεις που άλλαξαν	126
5.2.1.2	Εκτάσεις που μετατράπηκαν σε γεωργικές	128
5.2.1.3	Δάση που άλλαξαν	130
5.2.1.4	Δάση που μετατράπηκαν σε εκτάσεις χαμηλής και θαμνώδους βλάστησης	132
5.2.1.5	Εκτάσεις χαμηλής και θαμνώδους βλάστησης που μετατράπηκαν σε δάση	134
5.3	Χρονική περίοδος 2007-2014	137
5.3.1	Κατηγορίες Αλλαγών	139
5.3.1.1	Γεωργικές εκτάσεις που άλλαξαν	139
5.3.1.2	Εκτάσεις που μετατράπηκαν σε γεωργικές	141
5.3.1.3	Δάση που άλλαξαν	143
5.3.1.4	Δάση που μετατράπηκαν σε εκτάσεις χαμηλής και θαμνώδους βλάστησης	145
5.3.1.5	Εκτάσεις χαμηλής και θαμνώδους βλάστησης που μετατράπηκαν σε δάση	147
5.3.1.6	Εμβαδικές συσχετίσεις κλάσεων για τις τρεις χρονολογίες(1987-2007-2014)	149
5.4	Δασικοί χάρτες αλλαγές χρήσεων γης 1945-2008	151
5.4.1	Μεθοδολογία χαρτογράφησης	151
5.5	Πυρκαγιές	155
5.5.1	Χαρακτήρας της καμένης περιοχής και οικιστικές πιέσεις	155
5.5.2	Κατηγορίες Αλλαγών	160

5.5.2.1	Γεωργικές εκτάσεις που άλλαξαν	160
5.5.2.2	Εκτάσεις που μετατράπηκαν σε γεωργικές	162
5.5.2.3	Δάση που άλλαξαν	164
5.5.2.4	Δάση που μετατράπηκαν σε εκτάσεις χαμηλής και θαμνώδους βλάστησης	166
5.5.2.5	Εκτάσεις χαμηλής και θαμνώδους βλάστησης που μετατράπηκαν σε δάση	168
5.5.3	Καταστροφές σε περιοχές ιδιαίτερης φυσικής αξίας	170
5.5.3.1	Δάσος και λίμνη Καϊάφα (Τόπος Κοινοτικής Σημασίας GR2330005)	171
5.5.3.2	Ολυμπία (Τόπος Κοινοτικής Σημασίας GR2330004)	172
5.5.3.3	Οροπέδιο Φολόης (Τόπος Κοινοτικής Σημασίας GR2330002)	173
6	Συμπεράσματα - Συζήτηση	175
6.1	Γενικά	175
6.2	Ανάλυση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης	176
6.2.1	Χρονική περίοδος 1987-2007	177
6.2.2	Χρονική περίοδος 2007-2014	180
6.3	Πυρκαγιές	182
6.3.1	Ανθρωπογενείς επιβαρύνσεις στο περιβάλλον	185
6.3.2	Επιπτώσεις σε άλλους οικολογικούς παράγοντες	190
6.3.2.1	Πανίδα	190
6.3.2.2	Λεκάνες απορροής	191
6.3.2.3	Έδαφος	192
	Επίλογος	194

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1	Βασικά χαρακτηριστικά δορυφόρων Landsat. (Πηγή: Καρτάλης ,και συν., 2006)	29
Πίνακας 2	Χαρακτηριστικά του δορυφόρου Landsat TM (Πηγή: Μίγκιρος Γ. και συν., 2003)	33
Πίνακας 3	Παρουσίαση της μαθηματικής βάσης του πίνακα σφάλματος. (Πηγή: Τσακίρη-Στρατή 2010)	50
Πίνακας 4	Πληθυσμιακά στοιχεία ανά Δήμο Νομού Ηλείας 2011 (Πηγή: ΕΣΥΕ)	69
Πίνακας 5	Κατανομή του ενεργού πληθυσμού Νομού Ηλείας ανά κλάδο οικονομικής δραστηριότητας. (Πηγή: ΕΣΥΕ 2011)	71
Πίνακας 6	Κατανομή χρήσεων γης Νομού Ηλείας 2000 (Πηγή: ΕΣΥΕ)	73
Πίνακας 7	Κατανομή εκτάσεων Νομού Ηλείας ανά υψομετρικές ζώνες (Πηγή: ΕΣΥΕ)	74
Πίνακας 8	Κατανομή δασοπονικού είδους στον Νομό Ηλείας (Πηγή: ΥΠΕΚΑ 2008)	75
Πίνακας 9	Ζώνες & υποζώνες βλάστησης Ελλάδας (από: Μαυρομάτης 1980, Ντάφης 1986)	78
Πίνακας 10	Πίνακας συσχέτισης (correlation) καναλιών	99
Πίνακας 11	Ποσοστιαία κατανομή τύπων κάλυψης γης και εδαφικής έκτασης ανά χρονικό σημείο αναφοράς μελέτης	123
Πίνακας 12	Ποσοστιαία κατανομή τύπων κάλυψης γης και εδαφικής έκτασης ανά χρονικό σημείο αναφοράς μελέτης	137
Πίνακας 13	Εμβαδική μεταβολή κατηγοριοποίησης χρήσεων γης 1987-2007-2014	150
Πίνακας 14	Ποσοστιαία κατανομή τύπων κάλυψης γης και εδαφικής έκτασης ανά χρονικό σημείο αναφοράς μελέτης	153
Πίνακας 15	Ποσοστιαία κατανομή τύπων κάλυψης γης και εδαφικής έκτασης Έτος 2007 (18-07-2007)	156
Πίνακας 16	Ποσοστιαία κατανομή τύπων κάλυψης γης και εδαφικής έκτασης Έτος 2014	158
Πίνακας 17	Ποσοστιαία κατανομή τύπων κάλυψης γης και εδαφικής έκτασης ανά χρονικό σημείο αναφοράς μελέτης	159

Ευρετήριο Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1	Ετήσια πορεία της μέσης (T), ελάχιστης (T min) και μέγιστης (T max) μηνιαίας θερμοκρασίας στην περιοχή. (Πηγή: Ε.Μ.Υ. Ιδία επεξεργασία)	66
Διάγραμμα 2	Ετήσια πορεία της μέσης μηνιαίας σχετικής υγρασίας (%) στην περιοχή (Πηγή: Ε.Μ.Υ. Ιδία επεξεργασία)	67
Διάγραμμα 3	Ετήσια πορεία της μέσης έντασης ανέμου στην περιοχή (Πηγή: Ε.Μ.Υ. Ιδία επεξεργασία)	67
Διάγραμμα 4	Ετήσια διακύμανση του μηνιαίου μέσου ύψους βροχόπτωσης στην περιοχή (Πηγή: Ε.Μ.Υ. Ιδία επεξεργασία)	68
Διάγραμμα 5	Οπτική απεικόνιση της πυκνότητας πληθυσμού ανά Δήμο περιοχής μελέτης έτους 2011 (Πηγή: ΕΣΥΕ)	70
Διάγραμμα 6	Οπτική απεικόνιση του πληθυσμού περιοχής ανά Δήμο μελέτης έτους 2011 (Πηγή: ΕΣΥΕ)	70
Διάγραμμα 7	Οπτική απεικόνιση σε μορφή «πίτας» των χρήσεων γης της περιοχής μελέτης έτους 2000 (Πηγή: ΕΣΥΕ)	73
Διάγραμμα 8	Οπτική απεικόνιση σε μορφή «πίτας» των εκτάσεων ανά υψομετρική ζώνη της περιοχής μελέτης έτους (Πηγή: ΕΣΥΕ) ..	74
Διάγραμμα 9	Οπτική απεικόνιση σε μορφή «πίτας» των δασοπονικών ειδών Νομού Ηλείας (Πηγή: ΥΠΕΚΑ 2008)	76
Διάγραμμα 10	Διάγραμμα ροής όπου περιγράφεται η μεθοδολογία για την καταγραφή της χρήσης/κάλυψης γης	82
Διάγραμμα 11	Ιστόγραμμα κανάλι 8 του δορυφόρου Landsat 8 TM (2014), πριν την εφαρμογή της γραμμικής επέκτασης της αντίθεσης ..	113
Διάγραμμα 12	Ιστόγραμμα κανάλι 8 του δορυφόρου Landsat 8 TM (2014), μετά την εφαρμογή της γραμμικής επέκτασης της αντίθεσης .	113
Διάγραμμα 13	Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των μεταβολών χρήσεων γης ανά υψομετρική ζώνη το διάστημα 1987 - 2007	126
Διάγραμμα 14	Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των γεωργικών εκτάσεων που μετατράπηκαν σε άλλη μορφή το διάστημα 1987 - 2007	127
Διάγραμμα 15	Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των γεωργικών εκτάσεων που προήλθαν από άλλη μορφή το διάστημα 1987 - 2007	129
Διάγραμμα 16	Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των Δασών που μετατράπηκαν σε άλλη μορφή το διάστημα 1987 - 2007	131
Διάγραμμα 17	Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των Δασών που μετατράπηκαν σε Δασικές εκτάσεις (Θαμνώνες) το διάστημα 1987 - 2007	133
Διάγραμμα 18	Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των Δασών που προήλθαν από Δασικές εκτάσεις (Θαμνώνες) το διάστημα 1987 - 2007	135
Διάγραμμα 19	Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των μεταβολών χρήσεων γης ανά υψομετρική ζώνη το διάστημα 1987 - 2007	139
Διάγραμμα 20	Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των γεωργικών εκτάσεων που μετατράπηκαν σε άλλη μορφή το διάστημα 2007 - 2014	140

Διάγραμμα 21	Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των γεωργικών εκτάσεων που προήλθαν από άλλη μορφή το διάστημα 2007 - 2014	142
Διάγραμμα 22	Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των Δασών που μετατράπηκαν σε άλλη μορφή το διάστημα 2007 - 2014	144
Διάγραμμα 23	Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των Δασών που μετατράπηκαν σε Δασικές εκτάσεις (Θαμνώνες) το διάστημα 2007 - 2014	146
Διάγραμμα 24	Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των Δασών που προήλθαν από Δασικές εκτάσεις (Θαμνώνες) το διάστημα 2007 - 2014	148
Διάγραμμα 25	Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των μεταβολών χρήσεων γης για τα έτη 1987-2007 & 2014	150
Διάγραμμα 26	Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των μεταβολών χρήσεων γης για τα έτη 2007 & 2014	160
Διάγραμμα 27	Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των γεωργικών εκτάσεων που μετατράπηκαν σε άλλη μορφή το διάστημα 2007 - 2014	161
Διάγραμμα 28	Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των γεωργικών εκτάσεων που προήλθαν από άλλες μορφές το διάστημα μετά από την πυρκαγιά	163
Διάγραμμα 29	Οπτική απεικόνιση σε μορφή «πίτας» των Δασών που μετατράπηκαν σε άλλη μορφή το διάστημα μετά την πυρκαγιά	165
Διάγραμμα 30	Οπτική απεικόνιση σε μορφή «πίτας» των Δασών που μετατράπηκαν σε Δασικές εκτάσεις (Θαμνώνες) το διάστημα 1987 - 2007	167
Διάγραμμα 31	Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των Δασών που προήλθαν από Δασικές εκτάσεις (Θαμνώνες) το διάστημα 1987 - 2007	169

Ευρετήριο Χαρτών

Χάρτης 1	Χαρτογραφική απεικόνιση πυρκαγιάς έτους 2007	20
Χάρτης 2	Γεωγραφική θέση Νομού Ηλείας (Ιδία επεξεργασία, Λογισμικό ArcGIS 10.1)	59
Χάρτης 3	Χαρτογραφική απόδοση ποταμών και λιμνών περιοχής μελέτης (Ιδία επεξεργασία, Λογισμικό ArcGIS 10.1)	61
Χάρτης 4	Χαρτογραφική απόδοση προστατευόμενων περιοχών περιοχής μελέτης (Ιδία επεξεργασία, Λογισμικό ArcGIS 10.1) .	65
Χάρτης 5	Χαρτογραφική απόδοση περιοχής μελέτης (Ιδία επεξεργασία, Λογισμικό ArcGIS 10.1)	85
Χάρτης 6	Χαρτογραφική απόδοση Δήμων Νομού Ηλείας (Ιδία επεξεργασία, Λογισμικό ArcGIS 10.1)	86
Χάρτης 7	Χαρτογραφική απόδοση Ανάγλυφου Νομού Ηλείας (Ιδία επεξεργασία, Λογισμικό ArcGIS 10.1)	87
Χάρτης 8	Χαρτογραφική απόδοση σκιασμένου αναγλύφου της περιοχής μελέτης, με ΒΔ φωτισμό	88
Χάρτης 9	Χαρτογραφική απόδοση Υψομετρικών Ζωνών Νομού Ηλείας (Ιδία επεξεργασία, Λογισμικό ArcGIS 10.1)	89
Χάρτης 10	Χάρτης μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης ISODATA 1987. (Λογισμικό ENVI 5.2)	102
Χάρτης 11	Χάρτης μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης ISODATA 2007. (Λογισμικό ENVI 5.2)	103
Χάρτης 12	Χάρτης μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης ISODATA 2014. (Λογισμικό ENVI 5.2)	104
Χάρτης 13	Χάρτης αλλαγών κάλυψης γης (ISODATA) N. Ηλείας 1987 – 2007. (Λογισμικό ENVI 5.2)	105
Χάρτης 14	Χάρτης αλλαγών κάλυψης γης (ISODATA) N. Ηλείας 2007 – 2014. (Λογισμικό ENVI 5.2)	106
Χάρτης 15	Ψευδέγχρωμη εικόνα περιοχής μελέτης έτους 2014. Σύνθεση RGB 4,3,2.	115
Χάρτης 16	Ψευδέγχρωμη εικόνα περιοχής μελέτης έτους 2014. Σύνθεση RGB 7,4,2.	116
Χάρτης 17	Ψευδέγχρωμη εικόνα περιοχής μελέτης έτους 2014. Σύνθεση RGB 3,2,1.	117
Χάρτης 18	Χαρτογραφική απεικόνιση βασικών τύπων κάλυψης γης έτους 1987	124
Χάρτης 19	Χαρτογραφική απεικόνιση βασικών τύπων κάλυψης γης έτους 2007	125
Χάρτης 20	Χαρτογραφική απεικόνιση γεωργικών εκτάσεων που άλλαξαν το διάστημα 1987- 2007	128
Χάρτης 21	Χαρτογραφική απεικόνιση εκτάσεων που μετατράπηκαν σε γεωργικές το διάστημα 1987- 2007	130
Χάρτης 22	Χαρτογραφική απεικόνιση δασών που άλλαξαν το διάστημα 1987- 2007	132
Χάρτης 23	Χαρτογραφική απεικόνιση δασών που μετατράπηκαν σε εκτάσεις χαμηλής & θαμνώδους βλάστησης το διάστημα 1987- 2007	134

Χάρτης 24	Χαρτογραφική απεικόνιση δασών που προήλθαν από εκτάσεις χαμηλής & θαμνώδους βλάστησης το διάστημα 1987- 2007	136
Χάρτης 25	Χαρτογραφική απεικόνιση βασικών τύπων κάλυψης γης έτους 2014	138
Χάρτης 26	Χαρτογραφική απεικόνιση γεωργικών εκτάσεων που άλλαξαν το διάστημα 2007- 2014	141
Χάρτης 27	Χαρτογραφική απεικόνιση εκτάσεων που μετατράπηκαν σε γεωργικές το διάστημα 2007- 2014	143
Χάρτης 28	Χαρτογραφική απεικόνιση δασών που άλλαξαν το διάστημα 1987- 2007	145
Χάρτης 29	Χαρτογραφική απεικόνιση δασών που μετατράπηκαν σε εκτάσεις χαμηλής & θαμνώδους βλάστησης το διάστημα 2007- 2014	147
Χάρτης 30	Χαρτογραφική απεικόνιση δασών που προήλθαν από εκτάσεις χαμηλής & θαμνώδους βλάστησης το διάστημα 1987- 2007	149
Χάρτης 31	Χαρτογραφική απεικόνιση βασικών τύπων κάλυψης γης έτους 1945	153
Χάρτης 32	Χαρτογραφική απεικόνιση βασικών τύπων κάλυψης γης έτους 2008	154
Χάρτης 33	Χαρτογραφική απεικόνιση βασικών τύπων κάλυψης γης περιοχής πυρκαγιάς έτους 2007 (18-07-2007)	157
Χάρτης 34	Χαρτογραφική απεικόνιση βασικών τύπων κάλυψης γης περιοχής πυρκαγιάς έτους 2014	158
Χάρτης 35	Χαρτογραφική απεικόνιση γεωργικών εκτάσεων που άλλαξαν το διάστημα 2007- 2014	162
Χάρτης 36	Χαρτογραφική απεικόνιση γεωργικών εκτάσεων που άλλαξαν το διάστημα 2007- 2014	164
Χάρτης 37	Χαρτογραφική απεικόνιση των δασών που άλλαξαν το διάστημα 2007- 2014	166
Χάρτης 38	Χαρτογραφική απεικόνιση δασών που μετατράπηκαν σε εκτάσεις χαμηλής & θαμνώδους βλάστησης το διάστημα 1987- 2007	168
Χάρτης 39	Χαρτογραφική απεικόνιση δασών που προήλθαν από εκτάσεις χαμηλής & θαμνώδους βλάστησης το διάστημα 1987- 2007	170

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1	Παράμετροι τροχιάς των Landsat 4 και 5. (Πηγή: Τσακίρη – Στρατή, 2010)	30
Εικόνα 2	Σχηματική παράσταση της τροχιάς του δορυφόρου Landsat. (Πηγή: Καρτάλης . και συν. 2006)	31
Εικόνα 3	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 και συν. 2003)	38
Εικόνα 4	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 και συν.2003)	39
Εικόνα 5	Η διαδικασία της ταξινόμησης περιγραφικά. (Πηγή: Μίγκιρος και συν., 2003)	41
Εικόνα 6	Ιεραρχικό δίκτυο αντικειμένων εικόνας	44
Εικόνα 7	Ροή εργασιών αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνας	45
Εικόνα 8	Πολυφασματική εικόνα στην οποία οι ψηφίδες μπορούν να είναι μεικτές ή καθαρές. Η σύνθεση των μεικτών μπορεί να είναι ίδια ή διαφορετική. Στις μεικτές παίζει ρόλο και το ποσοστό των διαφορετικών εδαφικών καλύψεων. (Πηγή: Τσακίρη- Στρατή, 2010)	48
Εικόνα 9	Γεωλογικός χάρτης της Δυτικής Πελοποννήσου (Papanikolaou et al. 2007)	80
Εικόνα 10	Προεπισκόπηση διαθέσιμων δορυφορικών εικόνων	90
Εικόνα 11	Απεικόνιση αρχείου .MTL δορυφορικής εικόνας Landsat TM στο σημειωματάριο	91
Εικόνα 12	Ραδιομετρική διόρθωση εικόνας στο λογισμικό ENVI	94
Εικόνα 13	Μετατροπή δεδομένων σύμφωνα με τις απαιτήσεις του λογισμικού της ατμοσφαιρικής διόρθωσης που θα εφαρμοστεί η μέθοδος Flaash	94
Εικόνα 14	Ρυθμίσεις Ατμοσφαιρικής Διόρθωσης με τη μέθοδο Flaash	95
Εικόνα 15	Quick stats δορυφορικής εικόνας Landsat έτους 1993 της περιοχής μελέτης	97
Εικόνα 16	Ιστόγραμμα όλων των φασματικών καναλιών που συνθέτουν την δορυφορική εικόνα Landsat του έτους 1993 της περιοχής μελέτης	98
Εικόνα 17	Ιστόγραμμα ιδιοτιμών (Eigenvalues)	99
Εικόνα 18	Παράθυρο ταξινόμησης ISODATA	101
Εικόνα 19	Εικόνα Google Earth ημερομηνίας λήψης 11-7-2007.....	111
Εικόνα 20	Εικόνα Google Earth ημερομηνίας λήψης 28-7-2014	112
Εικόνα 21	Απεικονίζεται το κανάλι 8 του δορυφόρου Landsat 8 TM (2014), πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) την εφαρμογή της γραμμικής επέκτασης της αντίθεσης	114

Εικόνα 22	Η σειρά των διεργασιών, και οι τομείς εργασίας που εφαρμόστηκαν στο αντικειμενοστραφές μοντέλο ταξινόμησης	119
Εικόνα 23	Καλλιεργούμενες εκτάσεις	119
Εικόνα 24	Δάσος Κωνοφόρων	120
Εικόνα 25	Δάσος Πλατυφύλλων	120
Εικόνα 26	Αείφυλλα - Πλατύφυλλα	121
Εικόνα 27	Χαμηλή Βλάστηση	121
Εικόνα 28	Απόδοση γραμμών έτους 1945	152
Εικόνα 29	Απόδοση γραμμών έτους 2008	152
Εικόνα 30	Δορυφορική εικόνα περιοχής Καϊάφα. Με γραμμοσκίαση αποτυπώνεται η δασική βλάστηση που καταστράφηκε	172
Εικόνα 31	Δορυφορική εικόνα περιοχής Ολυμπίας. Με γραμμοσκίαση αποτυπώνεται η δασική βλάστηση που καταστράφηκε	173
Εικόνα 32	Δορυφορική εικόνα περιοχής Φολόης Με γραμμοσκίαση αποτυπώνεται η δασική βλάστηση που καταστράφηκε	174
Εικόνα 33	Διασωθείσες μικρές νησίδες στα πευκοδάση του όρους Λαπίθα πριν το χωριό Σμέρνα (04/03/2008)	184
Εικόνα 34	Διάνοιξη Δάσους μετά την πυρκαγιά	186
Εικόνα 35	Αναγέννηση Χαλεπίου Πεύκης . Διακρίνονται τα ώριμα άτομα Πεύκης τα οποία έδωσαν μετά την πυρκαγιά τους σπόρους για την αναγέννηση	188
Εικόνα 36	Αναγέννηση Χαλεπίου Πεύκης . Διακρίνονται τα ώριμα άτομα Πεύκης τα οποία έδωσαν μετά την πυρκαγιά τους σπόρους για την αναγέννηση	188
Εικόνα 37	Αναβλάστηση αείφυλλων - πλατύφυλλων μετά την πυρκαγιά. Διακρίνονται άτομα χαλεπίου πεύκης (φυσική εξέλιξη μεταπυρικών καταστάσεων)	190

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες οι φυσικοί πόροι στο σύνολό τους υφίστανται σημαντική και έντονη πίεση από τον άνθρωπο τις τελευταίες δεκαετίες. Η πίεση αυτή έχει σαν συνέπεια την βαθμιαία υποβάθμιση των φυσικών οικοσυστημάτων που αντικατοπτρίζεται με επιπτώσεις στην ποιότητα ζωής του κοινωνικού συνόλου και στην κοινωνική συνοχή. Οι αλλαγές στη κάλυψη γης, αλλά και σε κάθε φυσικό πόρο, επιτείνουν την ανάγκη για τη συγκέντρωση και ανάλυση μεγάλου όγκου πληροφοριών, ώστε σε συνδυασμό με τη χρήση των νέων τεχνολογιών να μπορέσουν να αξιολογηθούν και να αξιοποιηθούν λελογισμένα σύμφωνα με τις ανθρώπινες ανάγκες και απαιτήσεις.

Η παρατήρηση της γης, από το διάστημα και η χρήση τεχνικών τηλεπισκόπησης, αποτελούν ένα σημαντικό εργαλείο για τη μελέτη του περιβάλλοντος όπως την παρακολούθηση και μελέτη κλιματικών αλλαγών, την ανίχνευση αλλαγών στη κάλυψη γης καθώς και τον σχεδιασμό και την υποστήριξη παραγωγικών δραστηριοτήτων σε μια περιοχή.

Σταθμός στην ιστορία της τηλεπισκόπησης αποτέλεσε η τοποθέτηση σε τροχιά του δορυφόρου Landsat-1 το 1972, γεγονός που σηματοδότησε ουσιαστικά το ξεκίνημα της επιστήμης της Τηλεπισκόπησης. Δύο είναι τα σημαντικά επιτεύγματα των δορυφόρων αυτής της σειράς: το πρώτο αφορά τη διάθεση των πολυφασματικών εικόνων για τη μεγαλύτερη περιοχή της γήινης επιφάνειας, σε περιοχές του φάσματος πέραν της ορατής περιοχής και το δεύτερο είναι η διάθεση των πολυφασματικών δεδομένων σε ψηφιακή μορφή.

Η χρήση της τηλεπισκόπησης στην ανίχνευση και παρακολούθηση των αλλαγών των κατηγοριών χρήσης/κάλυψης εκτάσεων, με σημαίνουσα σημασία για τη προστασία του περιβάλλοντος, εστιάζεται στις φασματικές και χωρικές ιδιότητες της βλάστησης και του περιβάλλοντος τοπίου. Οι αλλαγές που παρατηρούνται σε αυτά τα χαρακτηριστικά είναι διαχρονικά μετρήσιμες και υπάρχει η δυνατότητα να αποδώσουν τη χρονική δυναμική των αλλαγών που συμβαίνουν συμβάλλοντας στην κατανόηση τους.

Για να μπορέσουν να μετρηθούν οι αλλαγές στη βλάστηση και στα άλλα εδαφικά χαρακτηριστικά κατά τη διάρκεια του χρόνου, θα πρέπει πρώτα να προσδιοριστούν οι σχετικές ομάδες ή τα είδη βλάστησης που παρατηρούνται σε

μια δεδομένη στιγμή (χρόνος αναφοράς) και πως αυτές εξελίσσονται στη συνέχεια λόγω ανθρωπογενών ή μη αιτιών. Οι ερευνητές χαρτογράφησης και ελέγχου χρησιμοποιούν στατιστικές, υπολογιστικές και χαρτογραφικές μεθόδους για να ενσωματώσουν, να αναλύσουν και να αποδώσουν χαρτογραφικά τα δεδομένα της τηλεπισκόπησης, καθώς και άλλες χωρικές πληροφορίες.

Από περιβαλλοντικής πλευράς οι εξελισσόμενες τεχνολογίες της τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ) μπορούν να συμβάλλουν στην:

- βελτίωση της περιβαλλοντικής γνώσης και διαχείρισης σε τοπικό, περιφερειακό αλλά και εθνικό επίπεδο.
- ικανότητα υποστήριξης περιβαλλοντικών μέτρων για τη διατήρηση και προστασία των προστατευόμενων περιοχών.

Οι διαχρονικές μελέτες αφορούν ένα μεγάλο φάσμα εφαρμογών των Γεωεπιστημών. Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών αποτελούν η καταγραφή αλλαγών σε δασικές περιοχές, η παρακολούθηση των παράκτιων μεταβολών, η καταγραφή πλημμυρών, δασικών πυρκαγιών, αποψίλωσης κ.λπ.

Στα πλαίσια αυτά, σκοπός της παρούσας διατριβής είναι να καταδείξει την διαχρονική αλλαγή – μεταβολή των χρήσεων γης στον Νομό Ηλείας από τα παλαιότερα έτη έως σήμερα και κυρίως την μεταβολή μετά από μεγαπυρκαγιές (πυρκαγιά 2007). Παράλληλα να γίνει σύγκριση αλλαγής χρήσεων γης καμένων και μη, περιοχών στον Νομό Ηλείας. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε επίσης στην διερεύνηση των επιπτώσεων των πυρκαγιών του 2007 στις προστατευόμενες περιοχές Natura

Επιμέρους στόχοι είναι να αναδειχθούν οι μεταβολές και ο βαθμός αλλαγής των χρήσεων γης σε δασικές εκτάσεις, αγροτικές εκτάσεις και αστικές περιοχές με την χρήση ΓΣΠ και σύγχρονων τεχνικών τηλεπισκόπησης.

Αφορμή για την εκπόνηση της εν λόγω μεταπτυχιακής εργασίας αποτέλεσε η ενεργή ενασχόληση του συγγραφέα στην Δασική Υπηρεσία Νομού Ηλείας (Δ/νση Δασών Τμήμα Δασικών Χαρτογραφήσεων) και το επιστημονικό του ενδιαφέρον για την εξέλιξη των δασικών οικοσυστημάτων της περιοχής Νομού Ηλείας τις τελευταίες δεκαετίες. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον υπήρξε για την αξιολόγηση των αλλαγών χρήσης γης για το χρονικό διαστήμα 1987 – 2007,

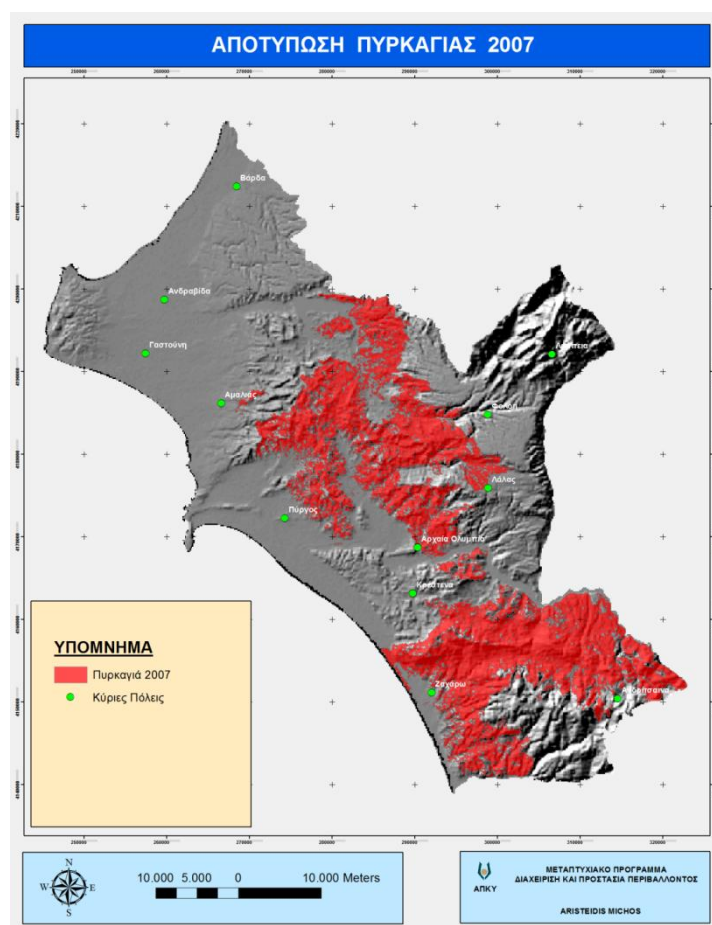
κατά το οποίο δεν υπήρξαν σοβαρά επεισόδια δασικών πυρκαγιών, ή και περιστατικά εκτεταμένων ανθρωπογενών επεμβάσεων, αλλά και για το χρονικό διάστημα 2007 – 2014 όπου εκδηλώθηκε και η μεγάλη πυρκαγιά (τόσο σε ένταση όσο και σε έκταση) τον Αύγουστο του 2007 .

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα υποβάθμισης των χερσαίων οικοσυστημάτων και οι επιπτώσεις τους είναι πλέον παγκόσμιες, αφού συσχετίζονται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου, την αλλαγής του κλίματος της γης και της ερημοποίησης – σε έναν ατέρμονα και διαρκώς επαναλαμβανόμενο καταστροφικό κύκλο.

Ειδικότερα στη χώρα μας, είναι σε όλους σήμερα γνωστό, ότι ο νομός Ηλείας, θεωρείται από τους πλέον πυρόπληκτους της Ελλάδας και τούτο οφείλεται τόσο στις κλιματοεδαφικές συνθήκες που επικρατούν, όσο και στη δασική βλάστηση που φύεται και αναπτύσσεται σε αυτόν. Το κυρίαρχο δασικό είδος είναι η χαλέπιος πεύκη, πλούσια σε ρητίνη, που σε συνδυασμό με τον πλούσιο υπόροφο από αείφυλλα – πλατύφυλλα, δημιουργούν άριστες συνθήκες για την έναρξη μεγάλων καταστροφικών πυρκαγιών. Οι ακραίες καιρικές συνθήκες, εξάλλου, σε συνδυασμό με τη συσσώρευση καύσιμης ύλης οδήγησαν στην δημιουργία των μεγάλων καταστροφικών πυρκαγιών του έτους 2007. Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία της Ε.Μ.Υ. (Σταθμός Πύργου) οι συνθήκες που επικρατούσαν την Παρασκευή 24 Αυγούστου ήταν μια από τις χειρότερες ημέρες του καλοκαιριού από άποψη επικινδυνότητας για εκδήλωση πυρκαγιών και δυστυχώς ήταν η ημέρα που εκδηλώθηκαν οι καταστροφικές πυρκαγιές.

Στις περισσότερες ηπειρωτικές περιοχές του νομού Ηλείας έπνεαν καταβατικοί βορειοανατολικοί άνεμοι οι οποίοι ανέβαζαν τη θερμοκρασία σε επίπεδα πάνω από τους 40 βαθμούς για αρκετές ώρες. Η ταχύτητα του ανέμου έφτασε τα 30.6 Km/hr δηλαδή άνεμος 5 μποφόρ. Η θερμοκρασία στον Πύργο άγγιξε τους 41 βαθμούς Κελσίου. Επίσης η σχετική υγρασία τις θερμές ώρες της ημέρας - τις ώρες που εκδηλώθηκαν οι πυρκαγιές - ήταν στο 12% ενώ κατά την διάρκεια της νύχτας ξημερώματα Σαββάτου ανέβηκε μόλις στο 40%. Η 24^η Αυγούστου ήταν και η 80^η ημέρα χωρίς βροχή. Το Σάββατο 25 Αυγούστου η θερμοκρασία έφτασε τους 39.8 βαθμούς Κελσίου με ταχύτητες ανέμων στα 32.2km/h δηλαδή άνεμος 5 μποφόρ. Η σχετική υγρασία της μεσημβρινές ώρες ήταν στο 13% ενώ ακόμα και την νύχτα δεν ξεπέρασε το 30%!

Σύμφωνα με το αρχείο της Δ/σης Δασών Ηλείας (αποφάσεις κηρύξεων αναδασωτέων εκτάσεων) κάηκαν 700.944,41 Στρ. που αντιστοιχεί στο 29% της συνολικής έκτασης του Νομού (Χάρτης 1).



Χάρτης 1. Χαρτογραφική απεικόνιση πυρκαγιάς έτους 2007

Το σώμα της διατριβής χωρίζεται σε 5 κεφάλαια:

Στο **πρώτο κεφάλαιο** παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο της μεταπτυχιακής διατριβής, όπου ορίζονται και αναλύονται θεμελιώδεις επιστημονικοί όροι, γίνεται μια παρουσίαση των συστημάτων δορυφορικής απεικόνισης με ιδιαίτερη αναφορά στους δορυφόρους Landsat και παρουσιάζονται οι αρχές επεξεργασίας και ερμηνείας της δορυφορικής εικόνας.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** παρουσιάζεται η επισκόπηση βιβλιογραφίας, όπου παρατίθενται με χρονολογική σειρά, μελέτες και αποτελέσματα Ελλήνων και ξένων ερευνητών πάνω στην ταξινόμηση και την ανίχνευση διαχρονικών αλλαγών κάλυψης/χρήσης γης. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται σε σχετικές εργασίες Δασολόγων ερευνητών.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** γίνεται μια πολυδιάστατη παρουσίαση της περιοχής μελέτης, όπου αναλύονται οι φυσικογεωγραφικοί, ανθρωπογεωγραφικοί και οικονομικοί παράγοντες της εν λόγω περιοχής.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** παρουσιάζεται αναλυτικά η μεθοδολογία και τα αποτελέσματα, που ακολουθήθηκαν από την εύρεση των αρχικών δορυφορικών εικόνων, μέχρι τη δημιουργία των τελικών χαρτών ταξινόμησης και παρουσίασης των αλλαγών κάλυψης/χρήσης γης και των στατιστικών που παρήχθησαν.

Στην **πέμπτο κεφάλαιο** τέλος καταγράφονται τα συμπεράσματα της εργασίας.

Κεφάλαιο 1

Θεωρητικό Υπόβαθρο

1.1. Ορισμός χρήσης και κάλυψης γης

Στο σημείο αυτό θα πρέπει για λόγους κατανόησης του στόχου της εργασίας να διευκρινιστεί η διάκριση μεταξύ 'χρήσης γης' και 'κάλυψης γης'. Στην περίπτωση που η ταξινόμηση έχει γίνει αποκλειστικά με φασματική πληροφόρηση θα πρέπει να χρησιμοποιείται ο όρος «κάλυψη γης». Ωστόσο ο όρος «κάλυψη εδάφους» ίσως είναι αυτός που πλησιάζει περισσότερο στη πραγματικότητα, κυρίως επειδή το σύνολο των δεδομένων προέρχεται από οπτικές/φασματικές ιδιότητες της γης και όχι από πληροφορίες σχετικές με το πώς πραγματικά οι άνθρωποι 'χρησιμοποιούν' την γη.

Ο όρος **χρήση γης (land use)** αναφέρεται με πιο εξειδικευμένη έννοια, στον τρόπο χρήσης της γης από τον άνθρωπο, συνήθως δίνοντας έμφαση στο λειτουργικό ρόλο της γης σε σχέση πάντα με τις οικονομικές δραστηριότητες της εν λόγω περιοχής (Campbell, 2002). Πρόκειται για μια έννοια η οποία δεν είναι πάντοτε άμεσα εμφανής, ακόμη και από κοντινή παρατήρηση. Συνήθως, δεν είναι εφικτή η παρατήρηση της πραγματικής χρήσης ενός τμήματος της γης, παρά μόνο οι επιδράσεις της χρήσης αυτής στα φυσικά χαρακτηριστικά της γήινης επιφάνειας. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου οι επιδράσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων είναι φανερές, και μπορούν άμεσα να συσχετιστούν με συγκεκριμένες οικονομικές δραστηριότητες και κατηγορίες χρήσης γης, όπως π.χ. μια βιομηχανική περιοχή. Αντιθέτως, μια δασική έκταση μπορεί να δίνει ελάχιστες ή καθόλου ενδείξεις των διαφόρων χρήσεών της, όπως παραγωγή ξυλείας, τόπος αναψυχής, φυσική κατοικία άγριων ζώων, κ.α. Τέλος, μερικές περιοχές χαρακτηρίζονται από εποχιακές μεταβολές στη χρήση γης. Για

παράδειγμα, ένας αγρός μπορεί να καλλιεργείται σε μια περίοδο του έτους και να χρησιμοποιείται ως βοσκότοπος σε μια άλλη.

Η **κάλυψη γης** (land cover), με την ευρεία έννοια, αφορά την κατηγοριοποίηση των διάφορων φυσικών και ανθρωπογενών στοιχείων του εδάφους με βάση τις ορατές αποδείξεις των χρήσεων γης. Το πυκνό δάσος, η οργωμένη γη, οι καλλιέργειες, το αστικό πλέγμα κ.α. αποτελούν κατηγορίες κάλυψης γης. Υπό την στενότερή της έννοια η κάλυψη γης σχετίζεται με την κατηγοριοποίηση της βλάστησης, φυσικής ή ανθρωπογενούς, στην επιφάνεια του εδάφους σε μια χρονική στιγμή.

Συνοψίζοντας οι σημαντικότερες **διαφορές μεταξύ των δύο όρων** έγκεινται στη παρατήρηση ότι ενώ η χρήση γης αποτελεί αφηρημένη έννοια, η κάλυψη γης είναι μια έννοια με συγκεκριμένα και παρατηρήσιμα χαρακτηριστικά και συνεπώς αποτελεί αντικείμενο άμεσης παρατήρησης. Επίσης κατά τη κατηγοριοποίηση σε τάξεις κάλυψης γης, ο ρόλος των οικονομικών δραστηριοτήτων δεν αποτελεί βασικό κριτήριο, αντίθετα από τη χρήση γης. Συνήθως η διάκριση μεταξύ κάλυψης και χρήσης γης αποκτά βαρύτερη σημασία, όσο η χωρική κλίμακα της εφαρμογής και η χωρική διακριτική ικανότητα των δορυφορικών δεδομένων μεγαλώνουν. (Καρτάλης κ.α., 2006)

1.2 Ορισμός δάσους και δασικών εκτάσεων.

Η έννοια του ορισμού του δάσους είναι πρωταρχικής σημασίας όχι μόνο για την επιστημονική χαρτογράφηση των δασικών πόρων για λόγους απογραφής, μελέτης και διαχείρισης των δασών, αλλά και για την επίσημη καταγραφή του πως εννοεί η Πολιτεία, με βάση πάντα τον ορισμό που θέτει ο νομοθέτης, το δάσος και τη δασική έκταση. Από το 1979 με το δασικό νόμο 998/1979 (περί προστασίας των δασών και των δασικών εν γένει εκτάσεων της χώρας ΦΕΚ289Α/79 και μετέπειτα με τον επόμενο Δασικό νόμο 3208 του 2003, γινόταν χρήση των ορισμών του άρθρου 3 του ν. 998/79, σύμφωνα με τον οποίο:

1. Ως δάσος ή δασικό οικοσύστημα νοείται το οργανικό σύνολο άγριων φυτών με ξυλώδη κορμό πάνω στην αναγκαία επιφάνεια του εδάφους, τα οποία, μαζί με την εκεί συνυπάρχουσα χλωρίδα και πανίδα, αποτελούν μέσω της αμοιβαίας

αλληλεξάρτησης και αλληλοεπίδρασής τους, ιδιαίτερη βιοκοινότητα (Δασοβιοκοινότητα) και ιδιαίτερο φυσικό περιβάλλον (δασογενές)

2. Δασική έκταση υπάρχει όταν στο παραπάνω σύνολο η άγρια ξυλώδης βλάστηση, υψηλή ή θαμνώδης, είναι αραιά

Στις κατά τις παραγράφους 1 και 2 δασοβιοκοινότητα υφίσταται και το δασογενές περιβάλλον δημιουργείται σε μια έκταση όταν:

I. Φύονται στην εν λόγω έκταση άγρια ξυλώδη φυτά, δυνάμενα με δασική εκμετάλλευση να παράγουν δασικά προϊόντα (δασοπονικά είδη).

II. Το εμβαδόν της εν λόγω έκτασης στην οποία φύονται εν όλο ή σποραδικά τα ως άνω δασικά είδη είναι κατ' ελάχιστον 0,3 εκτάρια, με γεωμετρική μορφή κατά το δυνατόν αποστρογγυλωμένη ή σε λωρίδα πλάτους τουλάχιστον τριάντα (30) μέτρων. Η δασοβιοκοινότητα υφίσταται και το δασογενές περιβάλλον δημιουργείται και σε εκτάσεις με μικρότερο εμβαδόν από 0,3 εκτάρια, όταν λόγω της θέσης τους βρίσκονται σε σχέση αλληλεξάρτησης και αλληλεπίδρασης με άλλες γειτονικές εκτάσεις που συνιστούν δάσος ή δασική έκταση.

III. Οι κόμρες των δασικών ειδών σε κατακόρυφη προβολή καλύπτουν τουλάχιστον το είκοσι πέντε τοις εκατό (συγκόμωση 0,25) της έκτασης του εδάφους. Ως δάση και δασικές εκτάσεις νοούνται και οι οποιασδήποτε φύσεως ασκεπείς εκτάσεις (φρυγανώδεις ή χορτολιβαδικές εκτάσεις, βραχώδεις εξάρσεις και γενικά ακάλυπτοι χώροι) που περικλείονται, αντιστοίχως, από δάση και δασικές εκτάσεις, καθώς και οι υπεράνω των δασών ή δασικών εκτάσεων ασκεπείς κορυφές ή αλπικές ζώνες των ορέων και οι άβατοι κλιτύες αυτών. Οι εκτάσεις της παραγράφου 6 του άρθρου 3 Ν 998/79 δεν υπάγονται στις διατάξεις της παρούσας παραγράφου, έστω και αν περικλείονται από δάση ή δασικές εκτάσεις.

Στις διατάξεις του αναφερόμενου νόμου υπάγονται και τα εντός των πόλεων και των οικιστικών περιοχών πάρκα και άλση, το περιαστικό πράσινο, οι κηρυγμένες δασωτές ή αναδασωτές εκτάσεις.

Στις διατάξεις της δασικής νομοθεσίας υπάγονται και τμήματα πάρκου ή άλσους, τα οποία φέρουν μη δασική βλάστηση συνδέονται όμως οργανικά με το σύνολο του πάρκου ή άλσους υπό την έννοια ότι συμβάλλουν στη διατήρηση της φυσικής ισορροπίας του συνόλου.

Αργότερα οι παράγραφοι 1 και 2 του άρθρου 3 του Ν. 998/79 τροποποιήθηκαν με αποτέλεσμα τη μείωση της ελάχιστης εδαφικής επιφάνειας, για το

χαρακτηρισμό μιας έκτασης ως δάσος ή δασική έκταση, η οποία ορίστηκε στα 700 τετραγωνικά μέτρα, ενώ και ο βαθμός συγκόμωσης πρέπει να υπερβαίνει το 25% για να χαρακτηριστεί ως Δάσος. Αντίστοιχα στις δασικές εκτάσεις ο βαθμός συγκόμωσης κυμαίνεται από 15% έως 25%, ενώ οι εκτάσεις με ποσοστό συγκόμωσης κάτω από 15% χαρακτηρίζονται ως χορτολιβαδικές.

Τέλος με τη 32/2013 απόφαση του Συμβουλίου της Επικρατείας (Σ.τ.Ε.) τα κριτήρια της αναγκαίας εδαφικής έκτασης και του βαθμού συγκόμωσης αποκλείστηκαν από το χαρακτηρισμό μιας έκτασης ως δάσος ή δασική έκταση.

Από τα ανωτέρω γίνεται αντιληπτό το γεγονός ότι μετά από κάθε θέσπιση νέας νομοθεσίας ή αποφάσεις Δικαστικών οργάνων, αλλάζουν οι εκτάσεις που χαρακτηρίζονται ως δάση ή δασικές εκτάσεις, με αποτέλεσμα να διαφοροποιούνται και οι δασικοί χάρτες. Το ίδιο βέβαια ισχύει και σε διεθνές επίπεδο, όπου οι ορισμοί του δάσους και της δασικής έκτασης διαφέρουν, ώστε να αλλάζει το δασικό τοπίο στις χαρτογραφήσεις.

Με βάση τα ανωτέρω κωδικοποιήθηκαν οι εξής χρήσεις γης για το έτος 1945 και 2008 (Προδιαγραφές σύνταξης Δασικών Χαρτών)

Δ : Δάση και Δασικές εκτάσεις

A: Άλλης μορφής – Μη Δασικές εκτάσεις

Λ: Λίμνες

X: Χορτολιβαδικές εκτάσεις

Ως προς τα στοιχεία που καταγράφονται, οι Δασικοί Χάρτες ταξινομούν τις εκτάσεις σε 4 κύριες κατηγορίες που προκύπτουν από τη σύγκριση του χαρακτήρα στο παρελθόν (κατά κανόνα στο έτος 1945) και κατά τη στιγμή της χαρτογράφησης. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι εξής:

Ανέκαθεν δάση και δασικές εκτάσεις (ΔΔ)

Εκχερσώσεις (ΔΑ)

Δασώσεις (ΑΔ)

Ανέκαθεν άλλης μορφής εκτάσεις (ΑΑ).

1.3 Τηλεπισκόπηση και δορυφορικά δεδομένα.

Με τις δύο μεγάλες επαναστάσεις που έγιναν στο χώρο της φωτογραμμετρίας και φωτοερμηνείας τη δεκαετία του '70, δηλαδή με τη μεγάλη εξέλιξη των δορυφορικών συστημάτων και την προχωρημένη τεχνολογία απεικόνισης και ηλεκτρονικών υπολογιστών, αναπτύχθηκε η επιστήμη της τηλεπισκόπησης.

Η τηλεπισκόπηση είναι η επιστήμη της οποίας το αντικείμενο είναι η μέτρηση των γεωμετρικών και θεματικών ιδιοτήτων των αντικειμένων του γήινου περιβάλλοντος χωρίς τη φυσική επαφή με τα αντικείμενα. Αυτό επιτυγχάνεται με την απεικόνιση, της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που αποτελεί το μέσο για την μεταβίβαση της πληροφορίας, από το αντικείμενο στο σύστημα απεικόνισης (αεροπλάνο ή δορυφόρο). Οι εικόνες μεταφέρουν πληροφορίες για τη θέση (συντεταγμένες) και το μέγεθος μέσω των διαστάσεων και του όγκου των αντικειμένων καθώς και τις εσωτερικές σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων (Τσακίρη-Στρατή 2010)

Με τη χρήση της τηλεπισκόπησης επιτυγχάνεται η χαρτογράφηση, η διερεύνηση και η τελική καταγραφή των αλλαγών χρήσης/κάλυψης γης. Η τηλεπισκόπηση δεν αντικαθιστά πλήρως τις παρατηρήσεις υπαίθρου. Όμως η συλλογή δεδομένων στην ύπαιθρο απαιτεί πολύ χρόνο και μεγάλο κόστος, ενώ τα δεδομένα της τηλεπισκόπησης μπορεί να καταγράφουν δεδομένα σε πολύ μικρό σχετικά χρόνο και κόστος. Ο χρήστης μπορεί με την βοήθεια των δεδομένων παρακολούθησης της γης να αποκτήσει γρήγορα μία ολοκληρωμένη εικόνα της ευρύτερης περιοχής που μελετά, σε σχέση με αυτή που μπορεί να έχει στην ύπαιθρο, μειώνοντας έτσι σημαντικά το χρόνο και το κόστος που απαιτείται κατά τις εργασίες υπαίθρου. Επίσης, τα δεδομένα τηλεπισκόπησης μπορούν να δώσουν πληροφόρηση για δύσβατες περιοχές, οι οποίες δύσκολα μπορούν να προσεγγιστούν (Μίγκιρος και συν., 2003).

Τα πλεονεκτήματα της τηλεπισκόπησης έναντι των άλλων μεθόδων συλλογής δεδομένων και, κυρίως, αυτών που χρησιμοποιούν μόνο εργασία υπαίθρου, είναι σύμφωνα με τον Townshend (1981) τα παρακάτω:

- Η ικανότητα χωρικής αντίληψης (spatial comprehensiveness) των δεδομένων των δορυφορικών εικόνων, σε σχέση με αυτά τα οποία συλλέγονται με εργασία υπαίθρου. Αποτέλεσμα της ικανότητας αυτής

είναι να βελτιώνεται η ευκολία προσέγγισης (accessibility), ιδιαίτερα σε περιοχές οι οποίες είναι μεγάλες ή δύσκολες στην προσέγγισή τους.

- Η κάλυψη διαφόρων περιοχών είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί χρονικά γρήγορα και, κατά συνέπεια, γίνεται δυνατή η σύγκριση μεταξύ ίδιων δεδομένων από διάφορες περιοχές (comparability of data).
- Η συνοπτική απεικόνιση (synoptic view) μεγάλων περιοχών σε μία δορυφορική εικόνα καθιστά δυνατή την ταυτοποίηση ευρείας κλίμακας διαφοροποιήσεων των βιοφυσικών στοιχείων της περιοχής.
- Η δυνατότητα διαχρονικών λήψεων (multidate images) από τους δορυφόρους δίνει την ευκαιρία να μελετηθούν δυναμικά φαινόμενα. να γίνουν διαχρονικές συγκρίσεις και να καταγράφονται στοιχεία ή φαινόμενα σε συνεχή βάση (monitoring).
- Η λήψη των εικόνων, σε πολλές ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (πολυφασματικές λήψεις), δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να ανιχνεύσει διαφορές μεταξύ βιοφυσικών στοιχείων της επιφάνειας, οι οποίες δεν είναι δυνατό να γίνουν αντιληπτές με την ανάλυση μιας μόνο φασματικής ζώνης.

Τα παραπάνω πλεονεκτήματα είναι ιδιαίτερα χρήσιμα στην παρακολούθηση του γεωργικού και φυσικού περιβάλλοντος. Σε καμία όμως περίπτωση δεν πρέπει να υποτιμηθούν οι κλασσικές μέθοδοι συλλογής δεδομένων, δηλαδή αυτές που έχουν ως βασικό συστατικό την εργασία υπαίθρου. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου η εργασία υπαίθρου είναι απαραίτητη, όπως στην περίπτωση συλλογής - δεδομένων ή δειγματοληψιών εδάφους και πετρωμάτων για περαιτέρω εργαστηριακή και μορφολογική μελέτη. Σε άλλες περιπτώσεις, όπως στην περίπτωση μελέτης της χρήσης/κάλυψης γης ή στη μέτρηση των εκτάσεων των γεωργικών καλλιεργειών ή καμένων περιοχών, η τηλεπισκόπηση υπερέχει.

Η τηλεπισκόπηση με τις πολλαπλές δυνατότητες που παρέχει είναι ίσως η πιο χρήσιμη τεχνική για την παρακολούθηση της γης και σε συνδυασμό με τα ΓΣΠ είναι ένα πολύ καλό εργαλείο λήψης αποφάσεων. Η ανάπτυξη του επιστημονικού πεδίου της τηλεπισκόπησης που γίνεται τα τελευταία χρόνια, οφείλεται κυρίως σε τρεις παράγοντες (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 τεχνολογιών της τηλεπισκόπησης θα επεκτείνονται μελλοντικά ολοένα και σε περισσότερα επιστημονικά πεδία.

1.4 Δορυφορικά συστήματα απεικόνισης (Earth Observation Systems).

Δύο είναι τα βασικά δορυφορικά συστήματα παρακολούθησης και απεικόνισης της Γης:

1. Τα συστήματα τηλεπισκόπησης που καταγράφουν την «φυσική» ακτινοβολία και ονομάζονται **παθητικά**. Για την ανακλώμενη ενέργεια αυτό συμβαίνει κατά την διάρκεια της ημέρας όταν ο ήλιος φωτίζει τμήματα της Γης, ενώ δεν υπάρχει ανακλώμενη ενέργεια την νύχτα. Η με φυσικό τρόπο εκπεμπόμενη ενέργεια (θερμικό υπέρυθρο) μπορεί να καταγραφεί ημέρα ή νύχτα και εφόσον το ποσό της ενέργειας είναι τέτοιο ώστε να είναι δυνατή η καταγραφή. Τα παθητικά συστήματα χρησιμοποιούν το τμήμα του φάσματος από πολύ μικρά μήκη κύματος (μικρότερα του 0.4 μm) έως την περιοχή του μήκους κύματος 1000 μm.
2. Τα **ενεργά** συστήματα είναι εκείνα που καταγράφουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα που εκπέμπονται από άλλη εξωτερική πηγή ή από το ίδιο το όργανο καταγραφής. Συνήθως το σύστημα καταγραφής είναι αυτό που εκπέμπει και την ενέργεια προς την επιφάνεια και στην συνέχεια ανακλάται επιστρέφει και καταγράφεται η «ηχώ» του σήματος από το ίδιο το σύστημα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου τύπου οργάνου είναι τα Radars που εκπέμπουν στην περιοχή των μικροκυμάτων.

1.5 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

Στον πίνακα 1 περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά της σειράς των δορυφόρων LANDSAT

Δορυφόροι	Ημερομηνία Εκτόξευσης	Τέλος αποστολής	Ύψος πτήσης (Km)	Γωνία (0)	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 1 Βασικά χαρακτηριστικά δορυφόρων Landsat. (Πηγή: Καρτάλης ,και συν., 2006)

Οι **δορυφόροι LANDSAT-1, 2 και 3** είχαν παρόμοια χαρακτηριστικά στη λειτουργία τους και ονομάζονταν δορυφόροι πρώτης γενιάς και τέθηκαν σε τροχιά 900km. Περιστρέφονταν γύρω από τη Γη σε χρόνο 103 πρώτα λεπτά, δηλαδή εκτελούσαν 14 περιστροφές την ημέρα. Η τροχιά τους ήταν σχεδόν πολική και έτεμνε τον Ισημερινό υπό γωνία 99°, η οποία και τους καθιστούσε σχεδόν πολικούς. Ταυτόχρονα ήταν και ηλιοσύγχρονη (sun-synchronous), πράγμα που σήμαινε ότι η ταχύτητα περιστροφής του δορυφόρου γινόταν με την ίδια γωνιακή ταχύτητα με αυτή της Γης γύρω από τον ήλιο.

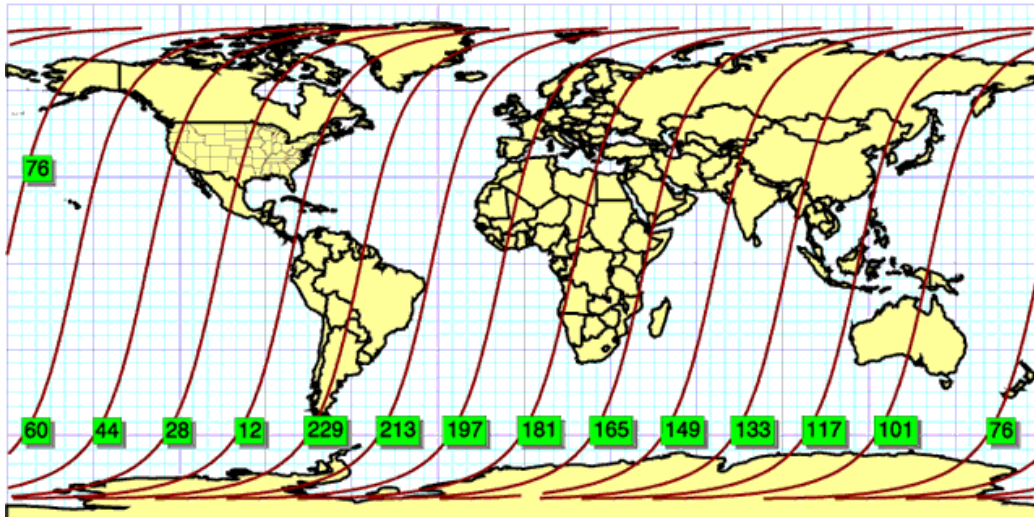
Οι δορυφόροι **LANDSAT-4 και LANDSAT-5** αποτελούν τους δορυφόρους δεύτερης γενιάς. Το ύψος τροχιάς τους μειώθηκε από τα 900 στα 705 km. Αυτή η μείωση του ύψους έγινε βασικά για να είναι δυνατόν να επιδιορθώνονται από τα διαστημικά λεωφορεία και να βελτιωθεί η χωρική διακριτική ικανότητα

(IFOV). Η τροχιά τους παραμένει κυκλική, ηλιοσύγχρονη και σχεδόν πολική. Οι δορυφόροι αυτοί περνούν από τον Ισημερινό στις 9:45 π.μ. τοπική ώρα. Κάθε πλήρης τροχιά διαρκεί 99min περίπου, δηλαδή πραγματοποιούν 14,5 περιστροφές γύρω από τη Γη την ημέρα και επαναλαμβάνουν την σάρωση του ίδιου σημείου κάθε 16 ημέρες.

Στους δορυφόρους **LANDSAT 6 και 7** τοποθετήθηκε μόνο ένας πολυφασματικός δέκτης, ο Θεματικός Χαρτογράφος (Thematic Mapper) με την προσθήκη ωστόσο ενός παγχρωματικού καναλιού (0,5-0,90μm), με χωρική διακριτική ικανότητα 15m. Η έκδοση αυτή του Thematic Mapper ονομάστηκε Enhanced Thematic Mapper στον LANDSAT 6 και Enhanced Thematic Mapper Plus στον LANDSAT 7. Στον τελευταίο η χωρική διακριτική ικανότητα του θερμικού καναλιού βελτιώθηκε και από τα 120 έφθασε στα 60 μέτρα. Μία σημαντική λειτουργία των δύο αυτών δεκτών είναι η από το έδαφος ρύθμιση της ευαισθησίας (gain) τους, ανάλογα με την φωτεινότητα της υπό απεικόνιση περιοχής. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μεγάλη βελτίωση της ποιότητας των απεικονίσεων. Στις εικόνες 1 και 2 εμφανίζονται οι παράμετροι τροχιάς και η σχηματική απεικόνιση τροχιάς δορυφόρου LANDSAT , αντίστοιχα.



Εικόνα 1. Παράμετροι τροχιάς των Landsat 4 και 5. (Πηγή: Τσακίρη - Στρατή , 2010).



Εικόνα 2. Σχηματική παράσταση της τροχιάς του δορυφόρου Landsat. (Πηγή: Καρτάλης . και συν. 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. 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 και συν. 2006). Στον πίνακα 2 δίνονται τα χαρακτηριστικά του δορυφόρου Landsat TM

Δορυφόρος Landsat

Θεματικός Χαρτογράφος (TM)

	Κανάλια	Ραδιομετρική Ευαισθησία
Φασματική Ανάλυση	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 & 7) (Band 6)	120 μέτρα
Ραδιομετρική Ανάλυση	256 (8 bit)	
Μέγεθος δεδομένων (Data Rate)	85 Megabits	
Κατανάλωση Ισχύος	345 Watts	
Βάρος	246 Kgr	

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά του δορυφόρου Landsat TM (Πηγή: Μίγκιρος Γ. και συν., 2003).

Στον δορυφόρο LANDSAT τα φασματικά κανάλια με τα αντίστοιχα μήκη κύματος καθώς και οι ιδιαιτερότητες του κάθε καναλιού είναι τα εξής (Μίγκιρος Γ. και συν., 2003).

- **Κανάλι:1, 0.45-0.52, Μπλε,** Σχεδιάστηκε για να διεισδύει στις υδάτινες επιφάνειες. Πολύ χρήσιμο για την χαρτογράφηση παράκτιων περιοχών, την διάκριση διαφόρων ειδών φυτοκάλυψης, την χαρτογράφηση δασικών περιοχών, τον εντοπισμό ανθρωπογενών κατασκευών.
- **Κανάλι:2, 0.52-0.60, Πράσινο,** Σχεδιάστηκε για να μετράει το μέγιστο της ανάκλασης της φασματικής καμπύλης της βλάστησης. Πολύ χρήσιμο για διάκριση διαφόρων ειδών βλάστησης, ανθρωπογενών κατασκευών.

- **Κανάλι:3, 0.63-0.69, Κόκκινο**, Σχεδιάστηκε για να καταγράφει στην περιοχή απορρόφησης της χλωροφύλλης. Χρήσιμο για διάκριση διαφορετικών ειδών φυτών, ανθρωπογενών κατασκευών.
- **Κανάλι:4, 0.76-0.90, Εγγύς Υπέρυθρο**, Χρήσιμο για τον προσδιορισμό ειδών βλάστησης την περιεχόμενη βιομάζα, την διάκριση υδάτινων επιφανειών, την χαρτογράφηση της περιεχόμενης υγρασίας στο έδαφος.
- **Κανάλι:5, 1.55-1.75, Μέσο Υπέρυθρο**, Χρήσιμο για προσδιορισμό της υγρασίας των φυτών, της υγρασίας του εδάφους, στην διάκριση νεφών από επιφάνειες με χιόνια.
- **Κανάλι:6, 10.4-12.5, Άπω (Θερμικό) Υπέρυθρο**, Χρήσιμο για εφαρμογές θερμικής χαρτογράφησης, στην διάκριση διαφορών στην περιεχόμενη υγρασία του εδάφους, στον εντοπισμό ασθενειών της βλάστησης.
- **Κανάλι:7, 2.08-2.35, Μέσο Υπέρυθρο**, Χρήσιμο για την διάκριση ορυκτών και πετρωμάτων, τον προσδιορισμό της περιεχόμενης υγρασίας της βλάστησης.

1.6 Αρχές επεξεργασίας και ερμηνείας εικόνας.

Ο όρος επεξεργασία εικόνας (Image processing) περιλαμβάνει όλες τις μεθόδους που αποσκοπούν στην λήψη πληροφοριών οι οποίες περιέχονται σε μια ψηφιακή εικόνα αλλά δεν είναι δυνατόν να εντοπιστούν δια γυμνού οφθαλμού. Η ψηφιακή εικόνα μπορεί να καταγραφεί με διάφορα μέσα και τρόπους αλλά το παρόν κεφάλαιο περιορίζεται στην επεξεργασία εικόνων που ελήφθησαν με την μέθοδο της δορυφορικής τηλεπισκόπησης (satellite remote sensing).

Τα βασικά τμήματα επεξεργασίας μιας εικόνας είναι (Avery & Berlin 1992, Richards 1993, Campbell 1996):

- α) Αποκατάσταση ή προεπεξεργασία (preprocessing) της εικόνας.
- β) Βελτίωση της παρουσίασης της εικόνας (Image Enhancement)
- γ) Ταξινόμηση της εικόνας (Image Classification).

1.6.1 Αποκατάσταση ή προεπεξεργασία (preprocessing) της εικόνας

Η αποκατάσταση της εικόνας ή διόρθωση, αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά στάδια της ψηφιακής επεξεργασίας, γιατί τα επόμενα στάδια, βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε αυτήν.

Μια σειρά υπολογιστικών αλγόριθμων έχουν δημιουργηθεί για να διορθώνουν λάθη και παραμορφώσεις στις εικόνες.

Τα σημαντικότερα λάθη που καλούμαστε να διορθώσουμε στην αποκατάσταση της εικόνας είναι:

- Οι ατμοσφαιρικές επιδράσεις.
- Οι γεωμετρικές παραμορφώσεις

1.6.1.1 Ατμοσφαιρικές διορθώσεις

Η ένταση του ηλεκτρομαγνητικού σήματος που λαμβάνει ένας δορυφορικός δέκτης εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες (Mather, 1999):

- Την ανάκλαση από τον στόχο
- Την κλίση και τον προσανατολισμό της επιφάνειας σε σχέση με το ηλιακό αζιμούθιο
- Την ατμοσφαιρική επίδραση
- Τη γωνία λήψης του δέκτη
- Τη γωνία του ηλιακού ύψους

Είναι λοιπόν φανερό ότι η ατμόσφαιρα παίζει ένα πολύ σημαντικό ρόλο προκαλώντας εξασθένιση του σήματος που φθάνει στο δορυφόρο. Αν και η τεχνολογία σήμερα έχει εξελιχθεί σε μεγάλο βαθμό σήμερα 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.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί αρκετοί αλγόριθμοι για την εφαρμογή των ατμοσφαιρικών διορθώσεων στις δορυφορικές εικόνες, έχοντας σαν σκοπό να προσεγγίσουν την πραγματικότητα. Η προσέγγιση αυτή ωστόσο πολλές φορές δεν είναι εφικτή λόγω της έλλειψης των απαραίτητων στοιχείων που απαιτούνται για την εφαρμογή του αλγόριθμου και τα οποία αφορούν δεδομένα της ατμόσφαιρας και της δορυφορικής λήψης για τη συγκεκριμένη ημερομηνία παρατήρησης.

Οι ατμοσφαιρικές διορθώσεις σε ορισμένες περιπτώσεις αποτελούν ένα απαραίτητο στάδιο προεπεξεργασίας των δεδομένων, θα πρέπει όμως να γίνονται 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.

1.6.1.2 Γεωμετρικές διορθώσεις

Η δορυφορική εικόνα ως πρωτογενές δεδομένο εμφανίζει γεωμετρικές παραμορφώσεις οι οποίες σχετίζονται με τα ακόλουθα (Mather, 1999):

- Προοπτική απεικόνιση του συστήματος καταγραφής.
- Η κίνηση του συστήματος του σαρωτή.
- Η κίνηση ή/ και σταθερότητα της εξέδρας.
- Η ταχύτητα και το ύψος της εξέδρας.
- Το ανάγλυφο της γήινης επιφάνειας.
- Η καμπυλότητα και η περιστροφή της Γης.

Μία δορυφορική εικόνα δεν έχει τα χαρακτηριστικά ενός χάρτη και η κατάλληλη μετατροπή της για την απόκτηση κλίμακας και των ιδιοτήτων προβολής ενός χάρτη ονομάζεται **γεωμετρική διόρθωση**. Η γεωμετρική διόρθωση έχει ως στόχο να μετασχηματίσει το σύστημα συντεταγμένων της εικόνας (x, y), το οποίο έχει παραμορφώσεις, σε ένα συγκεκριμένο σύστημα (X, Y) χαρτογραφικής προβολής. Είναι ένα σημαντικό βήμα στην επεξεργασία των δεδομένων διότι επιτρέπει π.χ. την εισαγωγή τους σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών και την ταυτόχρονη χρήση τους μαζί με άλλα θεματικά επίπεδα πληροφορίας. Κάθε χαρτογραφικό σύστημα προβολής είναι σχεδιασμένο ώστε να αναπαριστά την επιφάνεια μιας σφαίρας ή ενός ελλειψοειδούς σε ένα επίπεδο και σχετίζεται με ένα σύστημα συντεταγμένων. Το σύστημα αυτό ακολουθεί έναν κάρναβο του οποίου κάθε θέση εκφράζεται με ένα αριθμητικό ζεύγος X και Y (στήλες και σειρές). Η μετατροπή των δεδομένων μιας εικόνας από ένα σύστημα κάρναβου σε άλλο ονομάζεται γεωμετρική αναγωγή. Καθώς τα εικονοστοιχεία του νέου συστήματος δεν είναι σε «ευθυγράμμιση» με το παλαιό εφαρμόζεται η τεχνική της αναδόμησης.

Η γεωμετρική διόρθωση είναι σημαντική για εφαρμογές που αφορούν:

- Την σύγκριση μεταξύ δύο εικόνων ίδιας περιοχής σε διαφορετικό χρόνο, σε επίπεδο εικονοστοιχείου, για την ανίχνευση των αλλαγών.

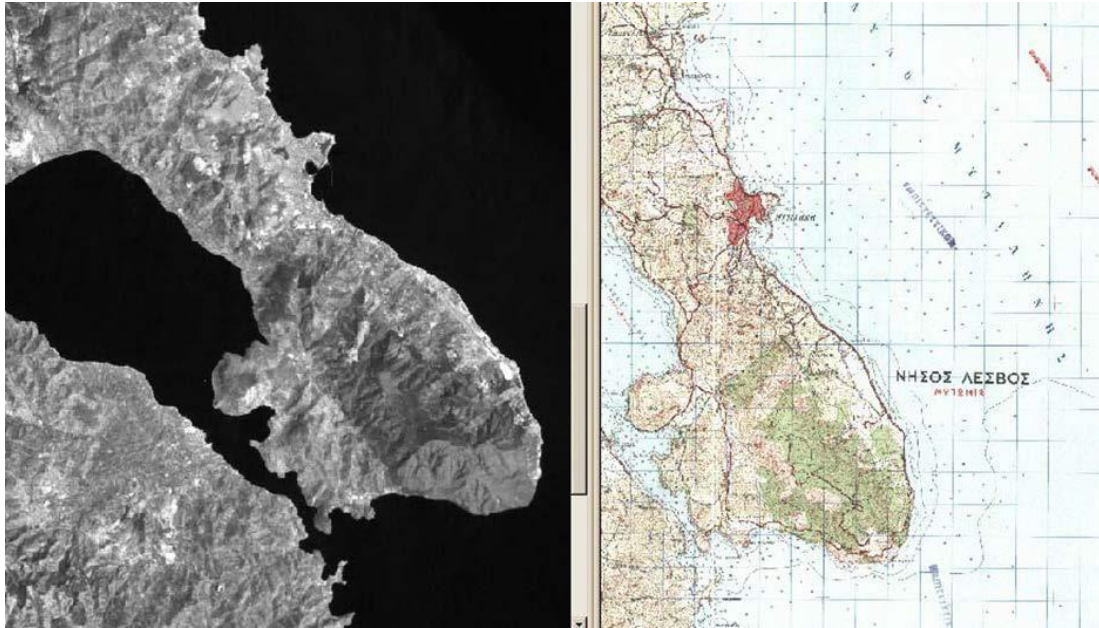
- Την ανάπτυξη ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών με την χρήση και συσχέτιση άλλων θεματικών χαρτών.
- Την μέτρηση αποστάσεων ή επιφανειών.
- Τη δημιουργία μωσαϊκού.
- Τις ανάγκες κάθε ανάλυσης στην οποία απαιτείται ακρίβεια στον εντοπισμό θέσεων

Τα βήματα που ακολουθούνται για τη γεωμετρική επεξεργασία είναι τα παρακάτω:

1. Επιλογή του κατάλληλου συστήματος συντεταγμένων. Στην επιλογή αυτή πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το αντικείμενο χρήσης του τελικού προϊόντος.
2. Επιλογή του τύπου της διόρθωσης. Για παράδειγμα, με σύγκριση εικόνας με εικόνα (Image to Image registration) ή με την εισαγωγή των συντεταγμένων από τοπογραφικό χάρτη.
3. Εντοπισμός των εδαφικών σημείων ελέγχου (Ground Control Points).
4. Επιλογή του βαθμού μετασχηματισμού.
5. Επιλογή της τεχνικής της αναδόμησης.
6. Δημιουργία της τελικής εικόνας μέσα από την αναδόμηση και τον σχηματισμό ενός νέου καννάβου.
7. Ανάπτυξη της τεχνικής της γεωμετρικής διόρθωσης

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 3.)



Εικόνα 3. 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 και συν. 2003).

1.6.2 Βελτίωση της παρουσίας της εικόνας (Image enhancement)

Η οπτική ανάλυση και ερμηνεία συχνά είναι επαρκής για αρκετές εφαρμογές των δορυφορικών εικόνων που τυπώνονται σε φωτογραφικό χαρτί.

Στην περίπτωση των ψηφιακών εικόνων χρησιμοποιούμε Η/Υ και ειδικό λογισμικό για τη διαχείριση και εμφάνιση της εικόνας, καθώς και για τη δημιουργία προϊόντων τα οποία να ικανοποιούν τον αναλυτή.

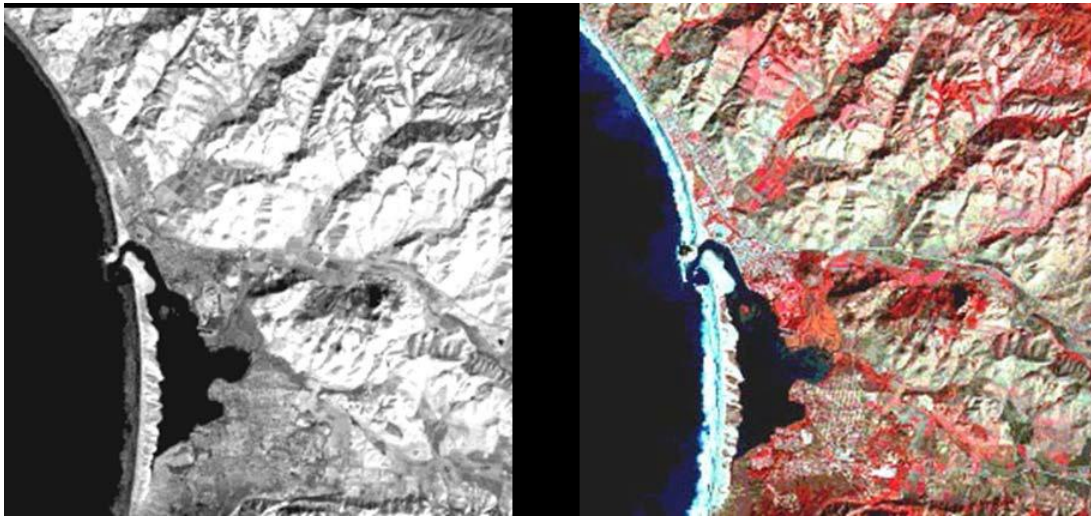
Βασικά τα ραδιομετρικά προβλήματα οφείλονται κατά κύριο λόγο είτε σε σφάλματα καταγραφής και ψηφιοποίησης είτε στην απορροφούμενη ή ανακλώμενη από την ατμόσφαιρα και τα αντικείμενα ενέργεια, καθώς και τη διάχυση (Mather, 1999).

Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της εικόνας μπορεί να βασίζονται στις παρακάτω τεχνικές ή συνδυασμό αυτών:

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 (Data fusion).

Η τεχνική της βελτίωσης της αντίθεσης αποτελεί ραδιομετρική βελτιστοποίηση, η τεχνική της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών καλείται φασματική, ενώ η τεχνική της εφαρμογής φίλτρων χωρική. Η ραδιομετρική βελτιστοποίηση λειτουργεί σε ένα μόνο εικονοστοιχείο, ενώ η χωρική λειτουργεί σε ομάδες εικονοστοιχείων. (Εικόνα 4). Η χωρική βελτιστοποίηση συνδέεται με την χωρική συχνότητα η οποία είναι η διαφορά μεταξύ των υψηλότερων και χαμηλότερων τιμών σε μία ομάδα εικονοστοιχείων.



Εικόνα 4. 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: Μίγκικρος και συν.2003).

1.6.3 Ταξινόμηση εικόνας

Η θεματική χαρτογράφηση με τη χρήση της ταξινόμησης των πολυφασματικών δορυφορικών εικόνων έχει αναδειχθεί ως ένα χρήσιμο εργαλείο διαχείρισης και παρακολούθησης σε πολλές εφαρμογές, για την προστασία του περιβάλλοντος (Southworth et al. 2004). Η χρησιμότητα της ταξινόμησης εντοπίζεται στο ότι το εξαγόμενο αποτέλεσμα είναι ένας θεματικός χάρτης, ο οποίος μπορεί να εισαχθεί αυτόματα σε ένα ΓΣΠ για την περαιτέρω επεξεργασία και συσχέτισή του με άλλα θεματικά επίπεδα πληροφοριών. Η ψηφιακή ταξινόμηση εικόνας (image classification) είναι μία από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή της θεματικής πληροφορίας από τα δορυφορικά δεδομένα, και σχετίζεται με την κατανομή των εικονοστοιχείων μιας εικόνας σε κλάσεις, όπου σε κάθε εικονοστοιχείο αποδίδεται μια ιδιότητα ανάλογα με τις τιμές που

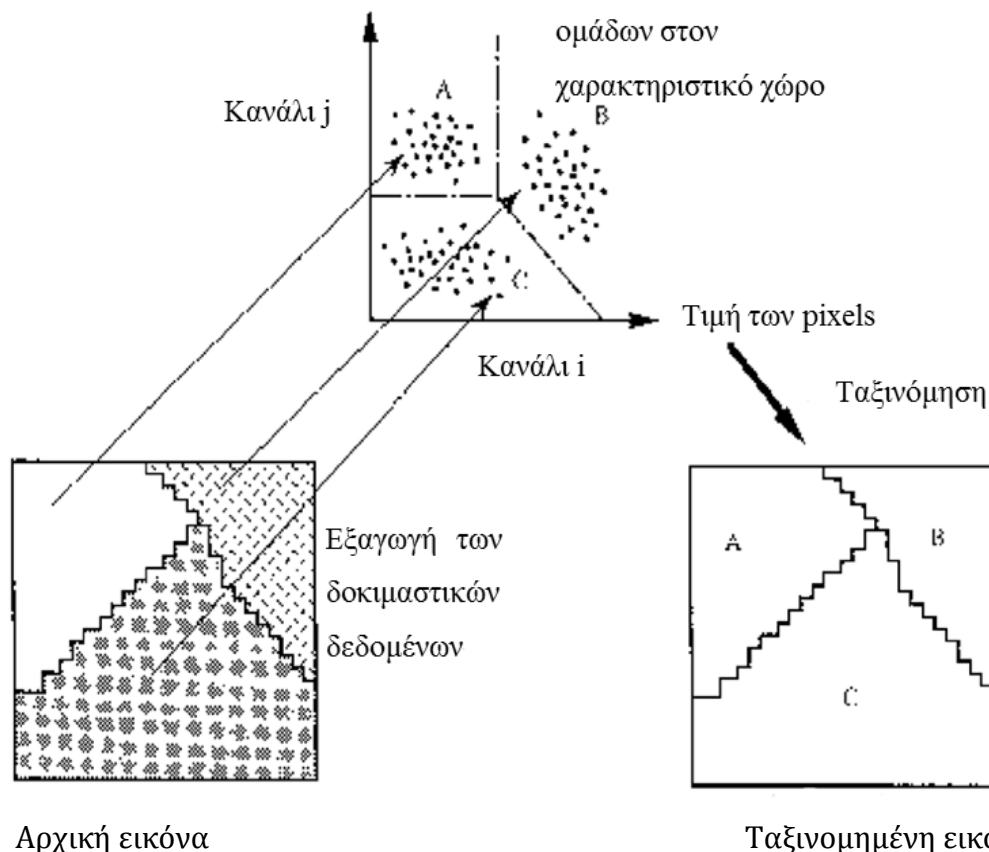
παρουσιάζει στα διάφορα φασματικά κανάλια. Η διαδικασία ταξινόμησης περιέχει ουσιαστικά δύο βήματα:

α) την αναγνώριση των κατηγοριών όλων των επιφανειακών χαρακτηριστικών. Οι ομάδες αυτές μπορούν να περιλαμβάνουν για παράδειγμα δασικές περιοχές, υδάτινες μάζες, καλλιέργειες καθώς και άλλους τύπους κάλυψης γης, ανάλογα με το στόχο της εφαρμογής.

β) την απόδοση μιας ιδιότητας στα εικονοστοιχεία, τα οποία με αυτόν τον τρόπο ταξινομούνται με βάση την προαναφερόμενη κατηγοριοποίηση. (Εικόνα 5)

Τα αποτελέσματα της ταξινόμησης μιας δορυφορικής εικόνας επηρεάζονται άμεσα από τη χωρική ανάλυση, τα φασματικά χαρακτηριστικά της χρήσης/κάλυψης γης που συναντώνται στην περιοχή μελέτης, τον αριθμό των μικτών εικονοστοιχείων και τη φασματική διακύμανση εντός της κλάσης ταξινόμησης (*Foody 2002, Dean & Smith 2003*).

Γενικά, όσο η χωρική ανάλυση γίνεται μικρότερη τόσο η αναλογία των μικτών εικονοστοιχείων που πέφτουν επάνω στα όρια των τύπων κάλυψης θα μειώνεται, ο αριθμός των καθαρών εικονοστοιχείων (pure pixels) θα είναι μεγαλύτερος με επακόλουθο την μείωση της φασματικής σύγχυσης, την σωστότερη κατανομή των εικονοστοιχείων στις κλάσεις και την αυξημένη ακρίβεια ταξινόμησης (*Foody 1996*). Ταυτόχρονα, όσο μικρότερη είναι η έκταση των γεωτεμαχίων ή της περιοχής που καλύπτει διαφορετικούς τύπους κάλυψης και η περιοχή μελέτης είναι αρκετά ετερογενής (π.χ. συνεχής εναλλαγή βλάστησης και εδάφους), τόσο μεγαλύτερη θα είναι η επίδραση των μικτών εικονοστοιχείων στην ακρίβεια της ταξινόμησης (*Smith et al. 2003*). Όμως από την άλλη πλευρά, με τη βελτίωση της χωρικής ανάλυσης αυξάνεται η φασματική διακύμανση που παρατηρείται μέσα σε μία κλάση ταξινόμησης, με φυσικό επακόλουθο την μείωση της φασματικής διάκρισης των κλάσεων και την μειωμένη ακρίβεια ταξινόμησης (*Shaban & Dikshit 2001*).



Εικόνα 5. Η διαδικασία της ταξινόμησης περιγραφικά. (Πηγή: Μίγκιρος και συν., 2003).

Ένα σύστημα ταξινόμησης της χρήσης/κάλυψης γης, το οποίο θεωρείται ότι χρησιμοποιεί αποτελεσματικά τα δορυφορικά δεδομένα, θα πρέπει να επιτυγχάνει συνολική ακρίβεια που θα υπερβαίνει το 80-85%, θα πρέπει να μπορεί να εφαρμοστεί σε εκτεταμένες περιοχές και να είναι κατάλληλο προς χρήση σε διαφορετικές ημερομηνίες λήψης δορυφορικών δεδομένων (Klemas 2001).

1.6.3.1 Μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση

Η μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση μπορεί να οριστεί ως η αναγνώριση και χαρτογράφηση φυσικών φασματικών ομάδων μέσα στα πολυφασματικά δεδομένα. Κατά την εκτέλεση της μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης (isodata) δεν απαιτείται εκ των προτέρων καμία πληροφορία σχετικά με τους τύπους κάλυψης ή την κατανομή τους στην περιοχή μελέτης. Η μέθοδος αυτή ταξινομεί μία εικόνα σε ένα συγκεκριμένο αριθμό καθαρών (pure) φασματικών ομάδων (spectral clusters), με βάση τις προκαθορισμένες παραμέτρους που χαρακτηρίζουν τις στατιστικές ιδιότητες των ομάδων αυτών και τις σχέσεις μεταξύ των γειτονικών ομάδων (Cihlar 2000). Ο χρήστης θα πρέπει να

καθορίσει εξαρχής τον αριθμό των φασματικών ομάδων και τον αλγόριθμο της ταξινόμησης. Η απόδοση της ιδιότητας ή της ταυτότητας στις φασματικές ομάδες γίνεται μετά τη διαδικασία ομαδοποίησης (clustering process), με βάση τις πληροφορίες που έχουν συγκεντρωθεί από τις εργασίες υπαίθρου και τη συλλογή εδαφικών δειγμάτων ή από άλλους θεματικούς χάρτες. Στο στάδιο αυτό θα πρέπει να εκτιμηθεί η ανάγκη ενοποίησης ορισμένων φασματικών ομάδων που χαρακτηρίζουν ενδεχόμενα την ίδια κάλυψη/χρήση γης ή ο περαιτέρω διαχωρισμός μιας ομάδας σε υποομάδες (Martinez-Casasnovas 2000).

1.6.3.2 Αντικειμενοστραφής ανάλυση δορυφορικών εικόνων

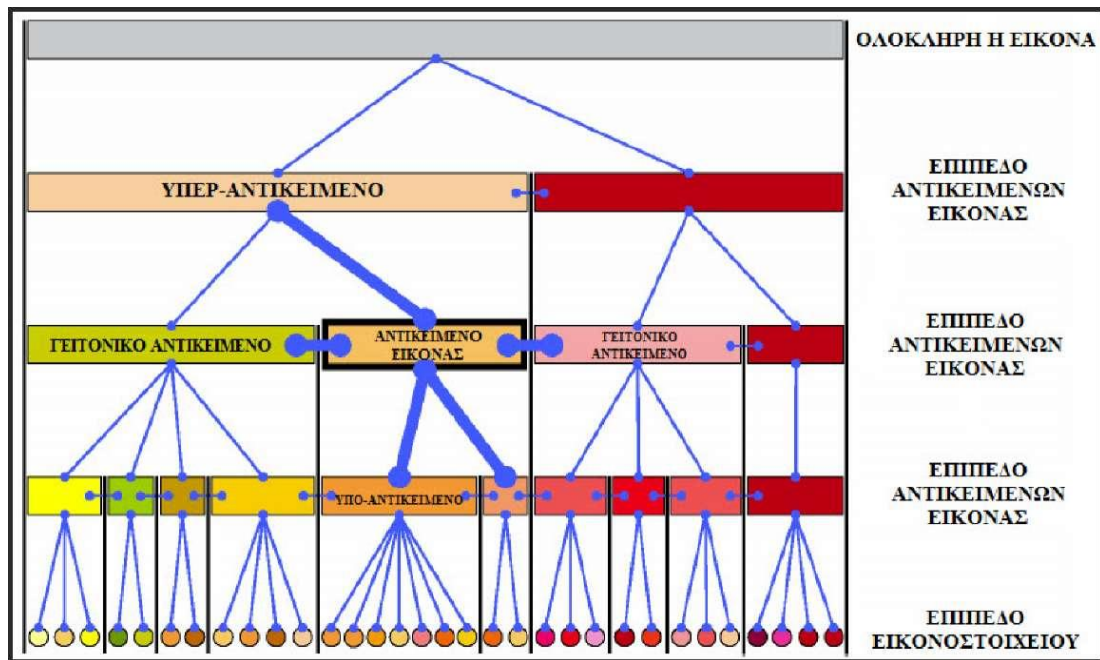
Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνας είναι ο μεγάλος όγκος των πληροφοριών που μπορεί να αντληθεί από τα αντικείμενα της εικόνας, σε αντίθεση με τις πληροφορίες που αντλούνται από τα μεμονωμένα εικονοστοιχεία. Ένα εικονοστοιχείο περιέχει την σημειακή του πληροφορία ως διάνυσμα, και τη φασματική πληροφορία του αντίστοιχου διαύλου της εικόνας ως ψηφιακή τιμή. Αντίθετα, τα αντικείμενα της εικόνας συνθέτονται από ομάδες εικονοστοιχείων, με αποτέλεσμα να μπορούν να υπολογιστούν τα περιγραφικά χαρακτηριστικά του κάθε αντικειμένου. Παράλληλα με τη φασματική πληροφορία, το σχήμα του αντικειμένου, το μέγεθός του, το περιβάλλον του, και πληροφορίες που αφορούν τα επίπεδα πάνω και κάτω από αυτό, μπορούν να συνδυαστούν παρέχοντας καινούριες προσεγγίσεις στην ανάλυση της εικόνας (Chubey κ.α. 2006). Η αντικειμενοστραφής προσέγγιση έχει το πλεονέκτημα του να εισάγει στη διαδικασία της ταξινόμησης χωρικές ιδιότητες γειτνίασης μεταξύ των αντικειμένων (Desclee κ.α. 2006). Αυτές οι ιδιότητες που φέρουν τα αντικείμενα μπορούν να αντισταθμίσουν τεχνικές αδυναμίες των απεικονιστών σε θέματα διάκρισης κλάσεων, και να παράγουν μια πιο ρεαλιστική αναπαράσταση των μορφών της επιφάνειας του εδάφους, συγκρινόμενες με μεθόδους που βασίζονται σε εικονοστοιχεία (Blaschke και Strobl, 2001). Ο συνδυασμός της χωρικής πληροφορίας και των φασματικών χαρακτηριστικών των αντικειμένων έχουν γενικά βελτιώσει κατά πολύ τα ποσοστά ακρίβειας στις ταξινομήσεις (Franklin και Wilson 1991, Arai 1993, Carr 1996, Ryherd και

Woodcock 1996). Η εφαρμογή των αλγόριθμων ταξινόμησης (επιβλεπόμενης, ή μη) σε αντικείμενα προσφέρει πλεονεκτήματα συγκριτικά με μεθόδους που βασίζονται στα εικονοστοιχεία. Στην αντικειμενοστραφή ανάλυση εικόνας εισάγονται πληροφορίες εννοιολογικές, φασματικές, κλίμακας, υψής, οι οποίες ενσωματώνονται στον χώρο των χαρακτηριστικών (feature space) της επιβλεπόμενης ταξινόμησης, και στην ιεραρχική δομή της ομάδας κανόνων (rule set) της. Αυτού του είδους οι πληροφορίες δημιουργούν νέες δυνατότητες για αύξηση της ποιότητας των ταξινομήσεων (Benz κ.α. 2004).

Συγκεκριμένα, η ταξινόμηση δεδομένων Landsat TM για τη χαρτογράφηση των τύπων κάλυψης γης με τη μέθοδο της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνας, έχει βρεθεί πως βελτιώνει την ακρίβεια της χαρτογράφησης σε ποσοστό 90,67%, έναντι 81,67% της επιβλεπόμενης ταξινόμησης που βασίζεται στην ανάλυση εικονοστοιχείων (Mansor κ.α. 2002).

Η αντικειμενοστραφής ανάλυση εικόνας είναι περισσότερο κοντά στην λειτουργία της ανθρώπινης όρασης από την ανάλυση ανά εικονοστοιχείο (per-pixel analysis). Μελέτες που ασχολούνται με μεθόδους ταξινόμησης έδειξαν ότι με την αντικειμενοστραφή ανάλυση επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ακρίβεια στη ταξινόμηση, καθώς και λεπτομερέστερη διάκριση κλάσεων (Yuan και Bauer, 2006, Addink κ.α. 2007).

Οι τεχνικές της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης αναπαριστούν καλύτερα την πραγματικότητα εισάγοντας και έννοιες σχέσεων μεταξύ των αντικειμένων της εικόνας. Δημιουργείται κατ' αυτόν τον τρόπο ένα **ιεραρχικό δίκτυο** (hierarchical network) των αντικειμένων της, το οποίο καθορίζει καθαρά την σχέση του κάθε αντικειμένου με τα γειτονικά του, τα υπό-αντικείμενα που το αποτελούν, καθώς και τα υπέρ-αντικείμενα που το περικλείουν (εικόνα 6)



Εικόνα 6: Ιεραρχικό δίκτυο αντικειμένων εικόνας

Αυτό επιτρέπει την ακριβή ανάλυση οποιουδήποτε τμήματος της εικόνας, καθώς καθίσταται πλέον δυνατή η αναπαράσταση της πληροφορίας σε διαφορετικά επίπεδα κλίμακας, τα οποία ορίζονται πλέον από τα επίπεδα των αντικειμένων (object layers). Η ιεραρχική δόμηση των αντικειμένων της εικόνας παρέχει το πλέον κατάλληλο περιβάλλον εργασίας για την εξαγωγή πληροφοριών με την ταξινόμηση. Αποτελείται από ένα ή πολλά επίπεδα, με το χαμηλότερο να έχει το μικρότερο μέγεθος αντικειμένων και την καλύτερη χωρική ανάλυση, ενώ τα υψηλά ιεραρχικά επίπεδα έχουν τα μεγάλα σε μέγεθος αντικείμενα και αποδίδουν μικρότερη κλίμακα. Τα αντικείμενα της εικόνας λόγω αυτού του δικτύου συνδέονται τόσο σε οριζόντιο επίπεδο, όσο και σε κατακόρυφο μεταξύ τους με σχέσεις που ορίζονται από τον χρήστη. Κατ'αυτόν τον τρόπο, δημιουργείται ένα εξελιγμένο τοπολογικό δίκτυο που επιτρέπει την εξαγωγή πολλών διαφορετικών ειδών πληροφορίας.

Τα βασικά στάδια που ακολουθούνται κατά την αντικειμενοστραφή ανάλυση της εικόνας είναι δυο, η κατάτμηση και η ταξινόμηση (εικόνα 7). Η κατάτμηση διαιρεί την εικόνα σε συνεχείς ομάδες εικονοστοιχείων που ονομάζονται πρωταρχικά τμήματα αντικειμένων (image object primitives). Στην ιδανική περίπτωση, τα τμήματα αυτά αντιστοιχούν σε πραγματικά αντικείμενα ενδιαφέροντος της περιοχής μελέτης (Hofmann και Reinhardt, 2000). Όταν γίνει

η ταυτοποίηση των τμημάτων αυτών με πραγματικά αντικείμενα στην εικόνα, ακολουθεί το δεύτερο στάδιο όπου γίνεται η ταξινόμηση αυτών βάσει χαρακτηριστικών φασματικών, χωρικών και συνάφειας.



Εικόνα 7. Ροή εργασιών αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνας

Η **κατάτμηση** (segmentation) της εικόνας είναι η διαδικασία της εξολοκλήρου διαίρεσης της σε μη επικαλυπτόμενα τμήματα, στον χώρο που ορίζεται από την ίδια (Schiewe, 2002). Υπάρχουν πολλοί αλγόριθμοι κατάτμησης όπου ο καθένας βρίσκει συγκεκριμένη εφαρμογή, βάσει των περιορισμών του αλλά και της συγκεκριμένης ειδίκευσης που έχει. Ο αλγόριθμος αύξησης περιοχής (region growing) που χρησιμοποιείται ομογενοποιεί τα στοιχεία της εικόνας βάσει της ομοιογένειας των διαιρεμένων τμημάτων, και της ετερογένειας των γειτονικών περιοχών. Κατά τη διαδικασία της κατάτμησης γίνεται συνάθροιση των γειτονικά εφαπτόμενων εικονοστοιχείων σε αντικείμενα, λαμβάνοντας υπόψη τόσο φασματικά όσο και γεωμετρικά χαρακτηριστικά, μέσα από μια διαδικασία ομαδοποίησης με αλληλουχίες ζευγών (pairwise). Μέσω αυτής της προσέγγισης τα αντικείμενα που δημιουργούνται έχουν πέρα από κοινές φασματικές ιδιότητες, γεωμετρικά κοινά χαρακτηριστικά όπως σχήμα, μέγεθος, υφή και δομή (Baatz και Schape, 2000). Το μέγεθος των αντικειμένων που προκύπτουν κατά την κατάτμηση της εικόνας καθορίζεται από το χρήστη, και εξαρτάται από τη κλίμακα του αντικειμένου προς χαρτογράφηση, της χωρικής ετερογένειας του τοπίου, και της χωρικής ανάλυσης της εικόνας. Μετά την διαδικασία της κατάτμησης η εικόνα υποδιαιρείται σε ξεχωριστά τμήματα επεξεργασίας.

Σημαντικό ρόλο παίζουν επίσης και οι παράμετροι της κατάτμησης που συνθέτουν το κριτήριο ομοιογένειας (χρώμα, σχήμα) και της κλίμακας. Σε κάθε περίπτωση οι κατάλληλες τιμές των παραμέτρων αυτών καθορίζονται μέσα από μια επαναληπτική διαδικασία «δοκιμής και λάθους» (trial & error) (Wang κ.α. 2004).

Η **ταξινόμηση** είναι η διαδικασία κατά την οποία όλα τα αντικείμενα της εικόνας αντιστοιχίζονται με τις δημιουργημένες από τον χρήστη κλάσεις. Κατά την αντιστοίχιση του αντικειμένου, αυτό συνδέεται με το ιεραρχικό δίκτυο των κλάσεων που έχει δημιουργήσει ο χρήστης. Η κάθε κλάση περιέχει τα δικά της διακριτικά χαρακτηριστικά (features) που την περιγράφουν, τα οποία περνάει στα αντικείμενα που την αποτελούν. Κληρονομεί τα διακριτικά χαρακτηριστικά των γονικών της κλάσεων (parent classes), και κληροδοτεί τα δικά της στις κλάσεις-παιδιά της (child classes) αντίστοιχα. Η ιεραρχική αντικειμενοστραφής δομή αποτελεί τη βάση για την ταξινόμηση της εικόνας.

1.6.3.3 Εκτίμηση της Ακρίβειας της Ταξινόμησης.

Η **ακρίβεια** 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.

Ο υπολογισμός της ακρίβειας σπάνια λαμβάνει υπόψη του τη λεπτομέρεια, ωστόσο θα πρέπει πάντα να αναζητείται ο βαθμός στον οποίο η λεπτομέρεια εξυπηρετεί τον σκοπό της έρευνας. Για παράδειγμα, η ακρίβεια με ποσοστό 95% στο διαχωρισμό του νερού με το δάσος, σπάνια είναι χρήσιμη σε περίπτωση που απαιτείται να προσδιοριστεί η κατανομή των αειθαλών και φυλλοβόλων κατηγοριών.

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 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.

Για την εκτίμηση της ακρίβειας της ταξινόμησης είναι αναγκαίο να συγκριθούν δύο είδη πληροφοριών: (1) τα **δεδομένα μετά την ταξινόμηση** και (2) τα **δεδομένα αναφοράς**. Η σχέση των δύο αυτών συνόλων εκφράζεται με τον **πίνακα σφάλματος (error matrix)**, ο οποίος είναι ένας τετραγωνικός πίνακας με διαστάσεις το πλήθος των τάξεων, των οποίων εκτιμάται η ακρίβεια.

Για τη δημιουργία του πίνακα σφάλματος, με τη βοήθεια του οποίου θα συγκριθούν οι κατηγορίες των δειγμάτων ελέγχου προ και μετά την ταξινόμηση και για την εκτίμηση της ακρίβειας της ταξινόμησης, απαιτούνται να ληφθούν υπ' όψιν τα κάτωθι:

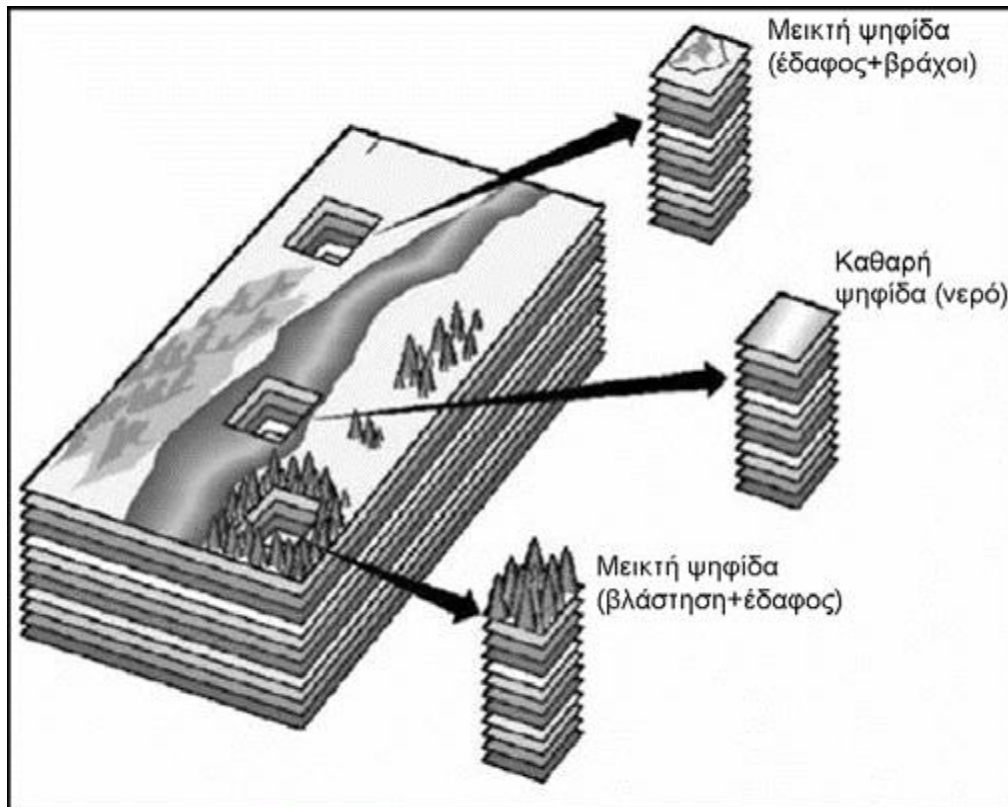
- Χρήση των δειγμάτων εκπαίδευσης σε σχέση με τα δείγματα ελέγχου.
- Το ολικό πλήθος των δειγμάτων που πρέπει να ληφθεί για κάθε τάξη
- Το σύστημα της δειγματοληψίας που θα χρησιμοποιηθεί για τη λήψη των δειγμάτων
- Εφαρμογή κατάλληλων περιγραφικών στατιστικών και τεχνικών διακριτών στατιστικών πολλών μεταβλητών.

Τα δείγματα εκπαίδευσης είναι τα δείγματα ψηφίδες με γνωστή τάξη στην οποία ανήκουν και βάσει των οποίων ταξινομούνται όλες οι ψηφίδες της εικόνας. Τα δείγματα ελέγχου είναι οι ψηφίδες με γνωστή τάξη στην οποία ανήκουν και χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της ακρίβειας της ταξινόμησης.

1.6.3.4 Πηγές σφαλμάτων.

Σφάλματα εμφανίζονται σε κάθε ταξινόμηση, διότι η ταξινόμηση μιας ψηφίδας σε λάθος τάξη σημαίνει σφάλμα στην ταξινόμηση. Η συνθετότητα των προτύπων (ψηφίδων) μέσα στις τάξεις μιας εικόνας της γήινης επιφάνειας συνεισφέρει στη δυνατότητα εμφάνισης σφαλμάτων στην ταξινόμηση. (Εικόνα

8) Για παράδειγμα, μία απλή γήινη επιφάνεια που αποτελείται από μεγάλες, ενιαίες και διακριτές κατηγορίες μπορεί να λεχθεί ότι ταξινομείται με ακρίβεια και πιο εύκολα από μία επιφάνεια μικρή, ετερογενή με σύνθετα πρότυπα



Εικόνα 8. Πολυφασματική εικόνα στην οποία οι ψηφίδες μπορούν να είναι μεικτές ή καθαρές. Η σύνθεση των μεικτών μπορεί να είναι ίδια ή διαφορετική. Στις μεικτές παίζει ρόλο και το ποσοστό των διαφορετικών εδαφικών καλύψεων. (Πηγή: Τσακίρη- Στρατή , 2010).

Οι **πηγές σφαλμάτων** σε σχέση με τα τμήματα των τάξεων στην εικόνα είναι:

- Μέγεθος του τμήματος (τμήματα της ίδιας κατηγορίας σε διαφορετικές περιοχές μέσα στην εικόνα).
- Διαφορές στο μέγεθος του τμήματος.
- Αναγνώριση του τμήματος.
- Πλήθος των τάξεων.
- Πλήθος τμημάτων ανά τάξη,
- Σχήμα του τμήματος.
- Ραδιομετρική και φασματική τονική διαφορά με τα γειτονικά τμήματα

1.6.3.5 Δείγματα εκπαίδευσης και δείγματα ελέγχου.

Για την εκτίμηση της ακρίβειας της ταξινόμησης είναι προτιμότερο στον πίνακα σφάλματος να χρησιμοποιούνται δείγματα ψηφίδων (δείγματα ελέγχου), που δε χρησιμοποιούνται στη διαδικασία της ταξινόμησης (δείγματα εκπαίδευσης). Τα δείγματα ελέγχου μπορούν να λαμβάνονται και κατά τη διαδικασία της εκπαίδευσης, με τη διαφορά ότι δε θα χρησιμοποιηθούν ως εκπαιδευτικά δείγματα.

1.6.3.6 Πίνακας Σφάλματος, Error Matrix.

Ένα από τα πιο κοινά μέσα παρουσίασης και ανάλυσης της ακρίβειας της ταξινόμησης είναι ο **πίνακας σφάλματος (error matrix)** της ταξινόμησης. Ο πίνακας σφάλματος συγκρίνει κατηγορία-κατηγορία τη σχέση μεταξύ των δεδομένων αναφοράς και των αντίστοιχων αποτελεσμάτων της ταξινόμησης. Ο πίνακας αυτός είναι τετραγωνικής μορφής, με διαστάσεις το πλήθος των τάξεων, των οποίων εκτιμάται η ακρίβεια. Επειδή τα τηλεσκοπικά δεδομένα έχουν μεγάλο πλήθος ψηφίδων, έχει προταθεί να χρησιμοποιούνται τουλάχιστον 50 δείγματα ανά τάξη στον πίνακα σφάλματος. Η επιλογή του συστήματος δειγματοληψίας των ψηφίδων ελέγχου για την εκτίμηση της ακρίβειας της ταξινόμησης είναι μία πολύ σημαντική θεώρηση και αποτελεί αντικείμενο έρευνας.

Στις τηλεσκοπικές εφαρμογές από την επιστημονική κοινότητα συνήθως χρησιμοποιούνται πέντε είδη δειγματοληψίας:

1. Απλή τυχαία δειγματοληψία (simple random sampling).
2. Δειγματοληψία ομάδων (cluster sampling).
3. Στρωματική τυχαία δειγματοληψία (stratified random sampling).
4. Συστηματική δειγματοληψία (systematic sampling).
5. Στρωματική συστηματική μή γραμμική δειγματοληψία (stratified systematic unaligned sampling).

Οι περισσότεροι αναλυτές προτιμούν τη στρωματική τυχαία δειγματοληψία με την οποία ένα ελάχιστο πλήθος δειγμάτων επιλέγεται από κάθε κατηγορία χρήσης γης. Η πιο απλή στρατηγική δειγματοληψίας για την εκτίμηση της ακρίβειας της ταξινόμησης είναι η λήψη μιας σειράς από ειδικές περιοχές για τον έλεγχο κάθε τάξης, όμοιες με τις περιοχές εκπαίδευσης που χρησιμοποιήθηκαν για την ταξινόμηση.

Μετά τη λήψη των δειγμάτων ελέγχου σε τυχαίες θέσεις, τα δείγματα αυτά συγκρίνονται ψηφίδα-ψηφίδα με την πληροφορία που αποκτήθηκε από την ταξινόμηση. Η συμφωνία ή η ασυμφωνία παρουσιάζονται στον πίνακα σφάλματος. Η πληροφορία του πίνακα σφάλματος μπορεί να εκτιμηθεί με τη χρήση:

1. Απλής περιγραφικής στατιστικής και
2. Διακριτών αναλυτικών στατιστικών τεχνικών πολλών μεταβλητών

Στον πίνακα 3 παρουσιάζεται η μαθηματική βάση του πίνακα σφάλματος: Το αποτέλεσμα της δειγματοληψίας παρουσιάζεται σε έναν πίνακα σφάλματος με την ακόλουθη μορφή:

- Δεδομένα αναφοράς = στήλες
- Κατηγορίες εικόνας = γραμμές

Δεδομένα αναφοράς				
$j = \text{column}$ $i = \text{rows}$	1	2	K	ROW TOTAL
1	N_{11}	N_{12}	N_{1K}	N_{1+}
2	N_{21}	N_{22}	N_{2K}	N_{2+}
K	N_{K1}	N_{K2}	N_{KK}	N_{K+}
COLUMN TOTAL	N_{+1}	N_{+2}	N_{+K}	N

Πίνακας 3. Παρουσίαση της μαθηματικής βάσης του πίνακα σφάλματος. (Πηγή: Τσακίρη-Στρατή 2010).

Όπου: k είναι το πλήθος των τάξεων, τα **διαγώνια στοιχεία** είναι το πλήθος των ψηφίδων (δειγμάτων) που ταξινομήθηκε σωστά, δηλαδή στην ίδια κατηγορία που ανήκε και προ της ταξινόμησης και N είναι το σύνολο των δειγμάτων.

Τα στοιχεία εκτός διαγώνιου εκφράζουν:

- κατά τις γραμμές εκφράζουν τις ψηφίδες που ταξινομήθηκαν τελικά σε κάθε τάξη και από ποια τάξη προήρθαν.

- τα δε κατά τις στήλες τις ψηφίδες που έφυγαν από κάθε τάξη και σε ποια τάξη τελικά ταξινομήθηκαν.

Τα περιθώρια γραμμών εκφράζουν το πλήθος (άθροισμα) των ψηφίδων που τελικά ταξινομήθηκε σε κάθε κατηγορία και τα εκτός διαγωνίου εκφράζουν το πλήθος των ψηφίδων που έφυγε από κάθε κατηγορία και πού ταξινομήθηκε.

Τα περιθώρια των στηλών εκφράζουν το πλήθος των δειγμάτων ψηφίδων κάθε κατηγορίας προ της ταξινόμησης και τα εκτός διαγωνίου εκφράζουν το πλήθος των ψηφίδων που ταξινομήθηκε λανθασμένα σε άλλες κατηγορίες.

1.6.4 Μέθοδοι ανίχνευσης μεταβολών

Για την διαδικασία καταγραφής των αλλαγών χρήσης/κάλυψης γης, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα των δορυφόρων Landsat 5 TM και Landsat 7 ETM+, έχουν αναπτυχθεί από πολλούς μελετητές, πλήθος μεθόδων προσέγγισης (Lu et al. 2004). Η ανίχνευση των μεταβολών αποτελεί μία διαδικασία αναγνώρισης διαφορών, σχετικά με ένα φαινόμενο ή ένα χαρακτηριστικό της γήινης επιφάνειας, μέσω της παρατήρησής του σε διαφορετικούς χρόνους. Μία ενδεχόμενη αλλαγή της χρήσης/κάλυψης γης προκαλεί αντίστοιχη αλλαγή των τιμών της ακτινοβολίας που καταγράφονται από τον αισθητήρα του δορυφόρου.

Σύμφωνα με τον Singh (1989) η ανίχνευση των αλλαγών μπορεί να επιτευχθεί με δύο προσεγγίσεις-μεθόδους: (α) τη συγκριτική ανάλυση δύο ή περισσότερων ανεξάρτητων παραγόμενων προϊόντων-χαρτών ταξινόμησης, από διαφορετικές ημερομηνίες (map-to-map, classification). Βασίζεται στην αναγνώριση των διαφορών που παρουσιάζονται σε δύο ή περισσότερους θεματικούς χάρτες, οι οποίοι έχουν παραχθεί κατά την ταξινόμηση δορυφορικών εικόνων. Με την εισαγωγή των GIS η σύγκριση γίνεται πλέον σε ψηφιακή μορφή και (β) την ταυτόχρονη ανάλυση των δορυφορικών δεδομένων μέσω της διαχρονικής σύγκρισης (image-to-image comparison), με μεθόδους όπως η ανάλυση κυρίων συνιστωσών (principal component analysis), η αφαίρεση εικόνων (image differencing), η διαίρεση εικόνων (image ratioing) και η αλληλεπίθεση εικόνων (image overlay).

Οι Yuan et al. (2005), χώρισε τις μεθόδους καταγραφής των αλλαγών με ταξινόμηση, σε τεχνικές προ-ταξινόμησης (pre-classification) και μετά-

ταξινόμησης (post-classification). Οι τεχνικές pre-classification εφαρμόζουν αλγόριθμους που περιλαμβάνουν την αφαίρεση και διαίρεση απλών ή πολλών φασματικών καναλιών (image differencing & ratioing) και την ανάλυση κύριων συνιστωσών (principal component analysis), ώστε να δημιουργηθούν χάρτες με ή χωρίς αλλαγές. Οι τεχνικές αυτές εντοπίζουν τις αλλαγές, αλλά δεν παρέχουν πληροφορίες για την φύση των αλλαγών (Singh 1989, Ridd & Liu 1998). Αντίθετα, οι τεχνικές μετά-ταξινόμησης (post-classification), οι οποίες εφαρμόζουν την ταξινόμηση για κάθε εικόνα που χρησιμοποιείται ξεχωριστά, δίνουν πολύ καλή πληροφορία για την φύση των αλλαγών (Jensen 2004).

Οι Lu et al. (2004) κάνοντας μία ανασκόπηση όλων των προηγούμενων μελετών για τις τεχνικές καταγραφής των αλλαγών, συνόψισε και ομαδοποίησε τις τεχνικές αυτές σε δύο κυρίως τύπους: (α) αυτές που καταγράφουν δυαδικά την πληροφορία αλλαγή/όχι αλλαγή και (β) εκείνες που καταγράφουν λεπτομερώς τις αλλαγές «από-σε». Επίσης, χώρισαν τους δύο αυτούς τύπους αλλαγών σε 7 κατηγορίες: (i) άλγεβρας, που περιλαμβάνει την αφαίρεση και διαίρεση των εικόνων, (ii) μετασχηματισμού, που περιλαμβάνει την ανάλυση κύριων συνιστωσών, (iii) ταξινόμηση (σύγκριση post-classification), (iv) προχωρημένα μοντέλα, (v) προσέγγισης μέσω ΓΠΣ, (vi) φωτοερμηνεία, με αλληλεπίθεση εικόνων και (viii) άλλες προσεγγίσεις.

Επίσης, πολλοί επιστήμονες αναφέρουν ότι πριν την διαχρονική ταξινόμηση, οι εικόνες που χρησιμοποιούνται και συγκρίνονται, μπορούν αρχικά να ενισχυθούν με κάποια μέθοδο που ενισχύει την φωτεινότητα των ψηφιακών τιμών της κάθε εικόνας. Παραδείγματα τέτοιων μεθόδων ενίσχυσης εικόνων περιλαμβάνουν: αφαίρεση, διαίρεση, αφαίρεση δεικτών βλάστησης, ανάλυση κύριων συνιστωσών, παλινδρόμηση, μετασχηματισμό tasseled cap κ.α. (Jensen & Toll 1982, Ridd & Liu 1998).

Στην πράξη βέβαια υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την ανίχνευση των αλλαγών χρήσης/κάλυψης. Η φύση της αλλαγής, για παράδειγμα μικρής έντασης αλλαγές δεν είναι εύκολα ανιχνεύσιμες, αν και πολλές φορές αποτελούν σημαντικούς δείκτες υποβάθμισης του περιβάλλοντος. Η βαθμιαία και ανεπαίσθητη αραίωση της πυκνότητας ενός δάσους ή ενός θαμνότοπου, ουσιαστικά αποτελεί μία τροποποίηση της υπάρχουσας χρήσης/κάλυψης γης παρά μία αλλαγή του τύπου κάλυψης και μπορεί να οφείλεται σε

περιβαλλοντικά αίτια). Επίσης σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν και τα χωρικά - χρονικά χαρακτηριστικά της ανίχνευσης (εύρος κατανομής και χρόνος εκδήλωσης της αλλαγής σε σχέση με το χρονικό διάστημα παρατήρησης). Αυτές οι παράμετροι επηρεάζουν σημαντικά τη δυνατότητα ανίχνευσης και υπό προϋποθέσεις μπορούν να αποτελέσουν μία σημαντική πηγή σφάλματος στον παραγόμενο θεματικό χάρτη.

Σε κάθε περίπτωση η επιτυχής ανίχνευση των αλλαγών είναι άμεσα συνδεδεμένη με την απόλυτη ταύτιση των δορυφορικών εικόνων που θα χρησιμοποιηθούν κατά τη διαχρονική αυτή παρατήρηση και η οποία επιτυγχάνεται με μία σωστή και ακριβής διαδικασία γεωμετρικής διόρθωσης (image-to-image registration), καθώς και με την υψηλή ακρίβεια ταξινόμησης των επί μέρους θεματικών χαρτών που πρόκειται να συγκριθούν. Οι επιπτώσεις της μη απόλυτης ταύτισης των εικόνων είναι μεγαλύτερες σε περιοχές χωρικά ετερογενείς (Townshend *et al.* 1992, Stow 1999) και όταν οι κλάσεις ταξινόμησης είναι αρκετά λεπτομερείς. Αντίθετα σε περιοχές με υψηλή ομοιογένεια (π.χ. μεγάλες εκτάσεις με την ίδια κάλυψη γης, μικρή χωρική συχνότητα και χωρίς έντονες εναλλαγές) και με ένα επίπεδο ταξινόμησης μικρότερης λεπτομέρειας, η τυχόν κακή ταύτιση δύο διαχρονικών εικόνων θα προκαλέσει μικρότερες επιπτώσεις στην ακρίβεια της ανίχνευσης των αλλαγών.

Τα ανωτέρω χαρακτηριστικά αποτελούν με τη σειρά τους μία συνέπεια πολλών παραγόντων που σχετίζονται κυρίως με τις κλάσεις ταξινόμησης (ευχέρεια φασματικής διάκρισης των κλάσεων), τα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης (τοπογραφία και ανάγλυφο, χωρική κατανομή κ.α.) και τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται (αλγόριθμος ταξινόμησης, μέθοδος γεωμετρικής διόρθωσης, κ.α.).

Κεφάλαιο 2

Επισκόπηση Βιβλιογραφίας

Η διερεύνηση της ανίχνευσης αλλαγών στις χρήσεις γης ξεκίνησε πριν από αρκετά χρόνια. Το 1977 οι Angelici et.al. 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 έρευνες, εκείνα τα χρόνια επικεντρώθηκαν στην εύρεση αλλαγών στη βλάστηση. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι των Allum και Dreisinger, το 1987, οι οποίοι χρησιμοποίησαν εικόνες Landsat από το 1973 και το 1983 και δημιούργησαν χάρτες μεταβολής της βλάστησης με μεθοδολογία που ενδείκνυται για την ανάδειξη απότομων και όχι σταδιακών αλλαγών.

Γενικά, 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 ώστε να γίνουν κατανοητές οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ανθρώπων και των φυσικών φαινομένων και να ληφθούν ορθολογικές αποφάσεις για την διαχείριση πιθανών άσχημων συνθηκών (Lu D. et. al., 2004). 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.

Οι Li και Yeh το 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 μια αξιόλογη εναλλακτική λύση για τη γρήγορη και αντικειμενική χαρτογράφηση κατοικημένων περιοχών. Σχετικά με την επιλογή των δορυφορικών δεδομένων που χρησιμοποιούνται για ανίχνευση αλλαγών, στις περισσότερες βιβλιογραφικές αναφορές συνθηκών, όπως πχ. 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. 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.

Ο DiGirolamo (2006), χρησιμοποίησε δυο εικόνες Landsat (TM για το 1991 και ETM+ 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 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 αδιαπέρατων επιφανειών και άλλων καλύψεων γης εκτός της βλάστησης.

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 πλατύφυλλων, κωνοφόρων και μικτών δασών, επιτυγχάνεται με υψηλές ακρίβειες 85-90% (William & Nelson 1986, Wolter et al 1995). Οι Nelson et al το 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 πλατύφυλλων, 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 πλατύφυλλων 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 και Μελιάδης (1992), χρησιμοποίησαν το συνδυασμό φασματικών καναλιών 3-4-5 του δορυφόρου Landsat TM για τη διάκριση των κλάσεων μακί, πλατύφυλλων, αστικών περιοχών και ελαιώνων. Γενικά πολλές μελέτες εμφανίζονται στη παγκόσμια βιβλιογραφία με αμφιλεγόμενα αποτελέσματα σχετικά με το διαχωρισμό και την αναγνώριση των δασοπονικών ειδών.

Κεφάλαιο 3

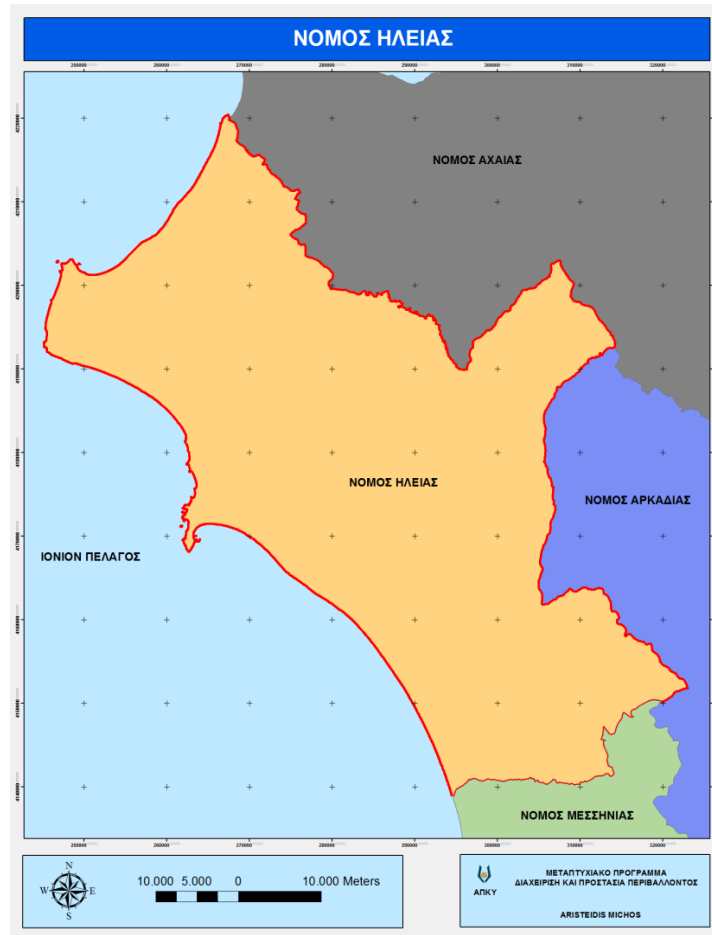
Περιοχή Έρευνας

3.1 Φυσικογεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης

3.1.1 Γεωγραφική θέση.

Σαν περιοχή μελέτης επιλέχθηκε ο Νομός Ηλείας για τον λόγο ότι ήταν στο επίκεντρο των καταστροφικών πυρκαγιών. Επιπλέον υπάρχουν διαθέσιμα δορυφορικά δεδομένα καθώς και πολλά δεδομένα καλύψεων γης, τόσο από τον έλεγχο του Δασικού Χάρτη όσο και από επιτόπιες αυτοψίες. Ο Νομός Ηλείας βρίσκεται στο Βόρειο Δυτικό τμήμα της Πελοποννήσου και η έκταση του είναι 2.618 Km².

Συνορεύει Βόρεια με τον Νομό Αχαΐας, Ανατολικά με τον Νομό Αρκαδίας, Δυτικά με τον Νομό Μεσσηνίας και Δυτικά βρέχεται από το Ιόνιο πέλαγος. Το έδαφος της Ηλείας είναι βασικά πεδινό. Από τα 2.618 Km², ορεινά είναι τα 609, και αυτά στο βορειοανατολικό τμήμα (σύνορα με την Αχαΐα), στο ανατολικό (σύνορα με την Αρκαδία) και στο νότιο (σύνορα με τη Μεσσηνία). Στο υπόλοιπο τμήμα του νομού, δυτικά και βόρεια των ορεινών αυτών τμημάτων, απλώνεται η πεδιάδα της Ηλείας, η μεγαλύτερη της Πελοποννήσου. (Χάρτης 2)



Χάρτης 2. Γεωγραφική θέση Νομού Ηλείας (Ιδία επεξεργασία, Λογισμικό ArcGIS 10.1)

3.1.2 Γεωμορφολογικά – Περιβαλλοντικά στοιχεία.

Η μορφολογία της περιοχής, προσδιορίζεται από επιμέρους πεδινές εκτάσεις, όπως οι πεδιάδες της Αμαλιάδας, Λεχαινών, Μανωλάδας και Ολυμπίας, που σχηματίζουν την πεδιάδα της Ηλείας, η οποία είναι η μεγαλύτερη της Πελοποννήσου. Σύμφωνα με την ΕΣΥΕ, 2,301 km² αποτελούν αγροτική έκταση, 316 km² αστική έκταση, ενώ, 1,516 km² είναι πεδινές, 554 km² είναι ημιορεινές και 546 km² ορεινές εκτάσεις. Ο νομός έχει ένα εκτεταμένο παράκτιο μέτωπο προς το Ιόνιο πέλαγος, ενώ περιλαμβάνει μια μεγάλης έκτασης ορεινή περιοχή. Οι σημαντικότεροι ορεινοί όγκοι βρίσκονται στα ανατολικά του νομού και είναι :

- Η Λάμπεια (1.797 μ.), που αποτελούν τις νότιες προεκτάσεις του Ερύμανθου.

- Η Φολόη (ή Ξηριά, 798 μ.). Είναι ένα οροπέδιο σκεπασμένο με δρυς. Σύμφωνα με τη μυθολογία το όνομά του οφείλεται στον Κένταυρο Φόλο, που κατοικούσε στο οροπέδιο Φολόη.
- Η Μίνθη (ή τα βουνά της Άλβαινας, 1.345 μ.). Αποτελεί προέκταση του Μεσσηνιακού όρους Λύκαιο. Μεγάλο μέρος του βουνού είναι γυμνό και το υπόλοιπο σκεπάζεται από αραιά δάση. Η ψηλότερη κορυφή του βρίσκεται στην Ανδρίτσαινα.

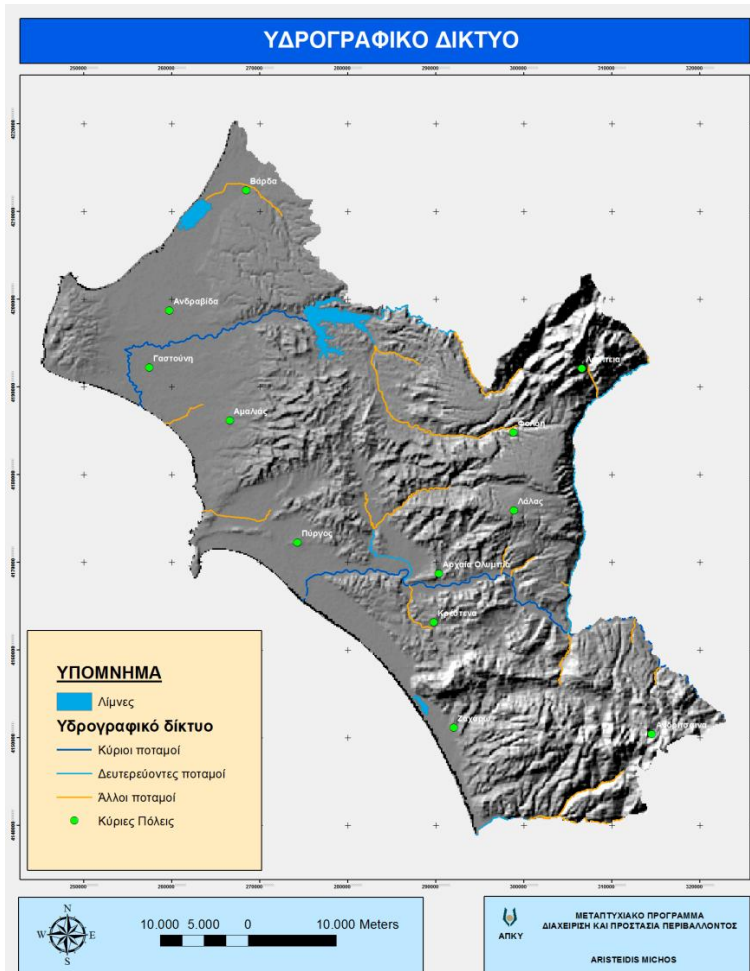
Το υδρογραφικό δίκτυο της Ηλείας είναι πλούσιο, με βασικούς ποταμούς τον Αλφειό και τον Πηνειό. (Χάρτης 3)

Αλφειός. Ο μεγαλύτερος ποταμός της Πελοποννήσου. Πηγάζει από τα σύνορα του Νομού με τους γειτονικούς Νομούς. Χύνεται στον Κόλπο της Κυπαρισσίας. Δέχεται πολλούς παραποτάμους όπως Μουριά, Κύθριο, Αχέροντα, Λαδικό, κ.ά. Κυριότερος παραπόταμος είναι ο Ενιπέας ή Λεστινίτσα, που πηγάζει από την οροσειρά Φολόη και ποτίζει μέρος της πεδιάδας ανατολικά του Πύργου.

Πηνειός (ή ποτάμι της Γαστούνης). Πηγάζει από τις ΒΔ πλευρές του Ερύμανθου στο Αντρώνι και κατά τη ροή του δέχεται πολλούς παραποτάμους. Κυριότερος είναι ο μικρός Λάδωνας (ή αλλιώς Λαγανέικο ποτάμι της Ηλείας). Ο ποταμός Πηνειός ποτίζει το μεγαλύτερο μέρος της Πεδιάδας της Ηλείας.

Νέδας Είναι μικρός ποταμός και αποτελεί τα όρια του Νομού Ηλείας με το Νομό Μεσσηνίας.

Οι τρεις ποταμοί Αλφειός, Πηνειός και Νέδας εκβάλλουν στο Ιόνιο Πέλαγος.



Χάρτης 3. Χαρτογραφική απόδοση ποταμών και λιμνών περιοχής μελέτης (Ιδία επεξεργασία, Λογισμικό ArcGIS 10.1)

3.1.3 Περιοχές με σημαίνουσα περιβαλλοντική σημασία

3.1.3.1 Γενικό νομοθετικό πλαίσιο προστατευόμενων περιοχών

Το νομικό πλαίσιο το οποίο διέπει τις προστατευόμενες περιοχές διαφοροποιείται σε διατάξεις που προστατεύουν είδη χλωρίδας, πανίδας, ορνιθοπανίδας όπου και αν ευρίσκονται σύμφωνα με οδηγίες, συνθήκες και καθεστώτα (79/409 ΕΟΚ, συνθήκη Βέρνης κλπ.) και σε διατάξεις που οριοθετούν προστατευόμενες περιοχές και προσδιορίζουν το διαχειριστικό καθεστώς αυτών (Εθνικοί Δρυμοί, Υγρότοποι Ramsar, Καταφύγια Άγριας Ζωής κλπ.).

Οι σημαντικότερες διατάξεις που απορρέουν από την Ευρωπαϊκή και Εθνική Νομοθεσία συνοψίζονται στην Οδηγία 92/43 ΕΟΚ για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας, στην οδηγία

79/409 ΕΟΚ περί της διατηρήσεως των αγρίων πτηνών, στους Ν. 1739/1987 για την προστασία και διαχείριση των υδάτινων πόρων, Ν. 1650/1986 για την προστασία του περιβάλλοντος, Ν. 966/1971 για τη δημιουργία καταφυγίων θηραμάτων, αισθητικών δασών, εθνικών δρυμών και τις απαγορεύσεις κυνηγιού, Ν.860/1976 περί χωροταξίας και περιβάλλοντος, Ν.998/1979 και Ν.Δ. 86/1969 περί προστασίας των δασών και των δασικών εν γένει εκτάσεων της χώρας, το Π.Δ. 67/1981 περί προστασίας της αυτοφυούς χλωρίδας και άγριας πανίδας κ.ά.

Συγκεκριμένα οι κατηγορίες προστατευόμενων περιοχών σύμφωνα με την παραπάνω νομοθεσία ορίζονται ως εξής:

- Εθνικοί Δρυμοί
- Αισθητικά Δάση
- Διατηρητέα Μνημεία της Φύσης
- Καταφύγια Άγριας Ζωής
- Θαλάσσια Πάρκα
- Περιοχές Natura 2000 (Περιοχές Δικτύου Φύση 2000).

Το Δίκτυο Φύση 2000 ή Natura 2000, που αποτελεί ένα Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο περιοχών, οι οποίες φιλοξενούν φυσικούς τύπους οικοτόπων και οικοτόπους ειδών που είναι σημαντικοί σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Αποτελείται από δύο κατηγορίες περιοχών, τις Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ - Special Protection Areas - SPA) για την Οрниθοπανίδα, όπως ορίζονται στην Οδηγία 79/409/ΕΚ, και τους Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ - Sites of Community Importance - SCI) όπως ορίζονται στην Οδηγία 92/43/ΕΚ. Οι ΖΕΠ, μετά τον χαρακτηρισμό τους από τα Κράτη Μέλη, εντάσσονται αυτόματα στο Δίκτυο Natura 2000, και η διαχείρισή τους ακολουθεί τις διατάξεις του άρθρου 6 της Οδηγίας 92/43/ΕΚ. Αντίθετα, για την ένταξη των ΤΚΣ πραγματοποιείται επιστημονική αξιολόγηση και διαπραγμάτευση μεταξύ των Κρατών Μελών και της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των κατά οικολογική ενότητα Βιογεωγραφικών Σεμιναρίων. Οι δραστηριότητες στις περιοχές του Δικτύου Natura 2000 ρυθμίζονται μέχρι σήμερα από την Εθνική Νομοθεσία. Η Οδηγία 79/409/ΕΚ εναρμονίστηκε στο ελληνικό Δίκαιο με τις Κοινές Υπουργικές Αποφάσεις 414985/29-11-85 (ΦΕΚ 757/Β/18-12-85), 366599/16-12-96 (ΦΕΚ 1188/Β/31-12-96), 294283/23-12-97 (ΦΕΚ 68/Β/4-2-

98). Η Οδηγία 92/43/ΕΚ εναρμονίστηκε στο ελληνικό Δίκαιο με την Κοινή Υπουργική Απόφαση 33318/3028/11-12-98 (ΦΕΚ 1289/Β/28-12-98) (http://www.minenv.gr/1/12/121/12103/g1210300_03.html).

3.1.3.2 Περιγραφή προστατευόμενων περιοχών

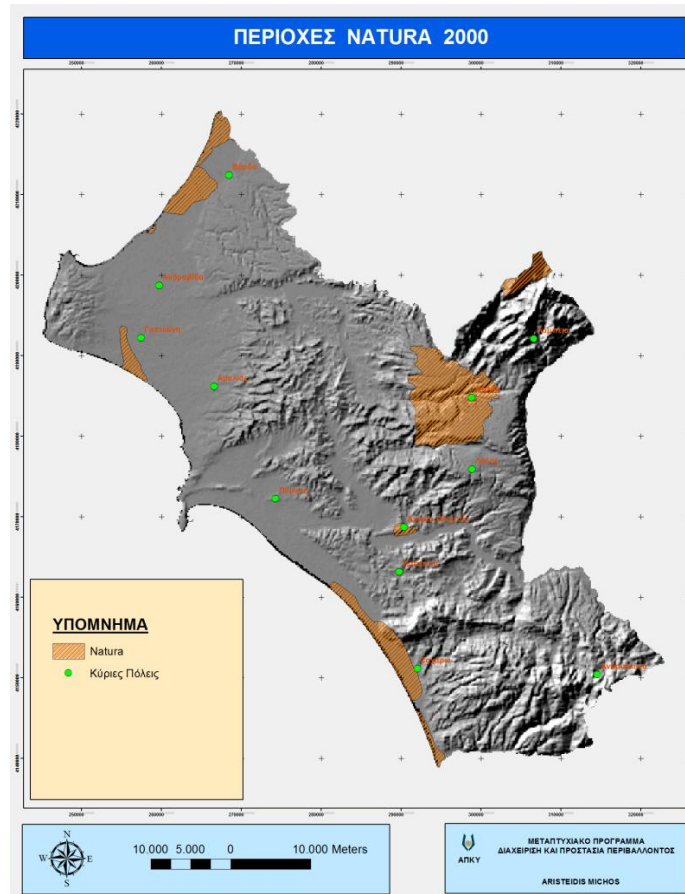
Οι περιοχές που βρίσκονται εντός της περιοχής μελέτης και εντάσσονται στο δίκτυο Natura 2000 είναι οι ακόλουθες (Χάρτης 4)

1) **ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑ ΚΟΤΥΧΙ - ΑΛΥΚΗ ΛΕΧΑΙΝΩΝ** με κωδικό GR2330009 και έκτασης 2337,83 Ha. Είναι μια υφάλμυρη λιμνοθάλασσα που βρίσκεται μερικά χιλιόμετρα βόρεια του ακρωτηρίου της Κυλλήνης. Είναι η μεγαλύτερη λιμνοθάλασσα που παραμένει στη δυτική Πελοπόννησο, μετά την αποξήρανση της λιμνοθάλασσας της Αγουλινίτσας του. Η επιφάνειά της παρουσιάζει έντονες εποχιακές διακυμάνσεις, ανάλογα με την ετήσια βροχόπτωση. Παρά το γεγονός ότι οι αγροτικές δραστηριότητες έχουν ενταθεί γύρω από τον υγρότοπο του Κοτυχίου, οι ίδιοι οι υδροβιότοποι δεν έχουν επηρεαστεί σημαντικά από αυτές, Από ορνιθολογική άποψη, η λιμνοθάλασσα παρουσιάζει μεγάλο οικολογικό ενδιαφέρον, διότι είναι ένας από τους νοτιότερο λιμνοθάλασσες στο δυτικό διάδρομο μετανάστευσης από πολλά πουλιά. Για το λόγο αυτό είναι ένα σημαντικό σταθμό ανάπαυσης για τα μεταναστευτικά πουλιά. Η χλωρίδα της λιμνοθάλασσας περιλαμβάνει τα είδη *Halocnemum strobilaceum*, οι πληθυσμοί των οποίων είναι πολύ υποβαθμισμένη στην Ελλάδα και πρέπει να προστατεύονται.

2) **ΟΡΟΠΕΔΙΟ ΦΟΛΟΗΣ** με κωδικό GR2330002. έκτασης 9741,95 Ha. Ο κύριος τύπος βλάστησης είναι δάση της *Quercus frainetto*. Η ανάπτυξή του έχει αποδειχθεί επιτυχής σε θέσεις καλής ποιότητας. Στις δυτικά εκτεθειμένες τοποθεσίες, *Q. frainetto* βρίσκεται αναμιγνύεται με χαλεπίου πεύκης, ενώ στην άκρη του δάσους αναμιγνύεται με αείφυλλα πλατύφυλλα είδη, τα οποία αποτελούν επίσης υπορόφου (θάμνος υπορόφου) του. Η απουσία της φυσικής αναγέννησης είναι αρκετά χαρακτηριστική μαζί με την παράνομη υλοτομία και την παρουσία του ένα μωσαϊκό των καλλιεργούμενων εκτάσεων και βοσκούσαν. Το παρασιτικό φυτικών ειδών *Loranthus europaeus* έχει παρατηρηθεί σε αυτήν την περιοχή. Τα δάση της υπό μελέτη περιοχή περιλαμβάνει επίσης σποροπαραγωγικές του πληθυσμού των ειδών *Pinus nigra*

3) **ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΟΛΠΟΥ ΚΥΠΑΡΙΣΣΙΑΣ: ΑΚΡ. ΚΑΤΑΚΟΛΟ - ΚΥΠΑΡΙΣΣΙΑ** με κωδικό GR2330008 και έκτασης 11.042,19 Ha Αυτή η θαλάσσια περιοχή εκτείνεται από το ακρωτήριο Κατάκολο στην πόλη της Κυπαρισσίας στη δυτική Πελοπόννησο. Το υπόστρωμα είναι αμμώδες και ο βυθός καλύπτεται από λεπτόκοκκη άμμο με διάσπαρτους διαβρωθεί από ασβεστολιθικά πετρώματα. Οι εκτεταμένες παραλίες με ψιλή άμμο που υποστηρίζεται από τους αμμόλοφους κατά μήκος της ακτογραμμής.

4) **ΘΙΝΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΙΑΚΟ ΔΑΣΟΣ Ζαχάρως, Λίμνη Καϊάφα, της Στροφυλιάς, ΚΑΚΟΒΑΤΟΣ** με κωδικό GR2330005 και έκτασης 3274.18 Ha. περιοχή είναι μία παράκτια ζώνη που βρίσκεται στο νότιο τμήμα του Νομού Ηλείας και περιλαμβάνει το πευκοδάσος της Στροφυλιάς, τη λίμνη Καϊάφα, οι αμμόλοφοι που εκτείνονται μεταξύ της αποξηραμένης λίμνης Αγουλινίτσας και του χωριού Κακόβατος, τον λόφο Ελληνικό (ή Σταυρός), το αρχαιολογικό χώρο της περιοχής του Καϊάφα, τα σπήλαια της Ανυγρίδων Νύμφες, και η ιαματικές πηγές του Καϊάφα. Το δάσος της Στροφυλιάς αποτελείται κυρίως από συστάδες χαλεπίου πεύκης - *Pinus halepensis*- και Κουκουναριάς - *Pinus pinea*- και είναι μοναδικό σε σχήμα και μέγεθος. Μερικές συστάδες *Platanus orientalis* και χαρουπιά, καθώς και θάμνοι με *Juniperus phoenicea*, πουρνάρι, Η λίμνη Καϊάφα είναι ένα φυσικό υδάτινο οικοσύστημα, ένας σημαντικός υγρότοπος με έκταση περίπου 200 εκταρίων. Βρίσκεται πίσω από το δάσος και συνδέεται με τη θάλασσα με ένα κανάλι. Ο συνδυασμός του παράκτιου δάσους, θινών και λίμνης αυτής της ιστοσελίδας μελέτη αποτελεί σημαντικό οικοσύστημα, με πλούσια χλωρίδα και πανίδα. Στην παραλία, μεταξύ της περιοχής του Καϊάφα και της Ζαχάρως



Χάρτης 4. Χαρτογραφική απόδοση προστατευόμενων περιοχών περιοχής μελέτης (Ιδία επεξεργασία, Λογισμικό ArcGIS 10.1)

3.1.4 Κλιματολογικά στοιχεία.

Το κλίμα της Ηλείας είναι θαλάσσιο μεσογειακό, με ήπιους χειμώνες και δροσερά καλοκαίρια εξαιτίας κυρίως της επίδρασης της θάλασσας. Η θερμοκρασία σπάνια κατέρχεται υπό το μηδέν τον χειμώνα και μόνο στην εσωτερική πεδινή περιοχή υπερβαίνει τους 40°C το καλοκαίρι. Η σχετική υγρασία του αέρα κυμαίνεται μεταξύ 67,5 και 70 βαθμών της υγρομετρικής κλίμακας, με υγρότερο μήνα τον Δεκέμβριο και ξηρότερους τους Ιούλιο και Αύγουστο. Η Ηλεία ανήκει στις περιοχές με τη λιγότερη νέφωση: η μέση ετήσια νέφωση κυμαίνεται μεταξύ 3,5 και 4,0, οι αίθριες ημέρες είναι περισσότερες από 150 και οι νεφοσκεπείς λιγότερες από 50. Το σύστημα των ανέμων που επικρατούν είναι μάλλον κανονικό. Από τον Νοέμβριο έως τον Μάρτιο επικρατούν ελαφρώς οι άνεμοι του νότιου τομέα, οι οποίοι πολλές φορές φτάνουν στον βαθμό της θύελλας προκαλώντας μεγάλη θαλασσοταραχή. Κατά τους θερμούς μήνες επικρατούν κυρίως οι δυτικοί άνεμοι ως θαλάσσιες αύρες και οι βορειοδυτικοί ως μελτέμια,

τα οποία όμως παρουσιάζουν μικρότερη ένταση και συχνότητα σε σχέση με τα αντίστοιχα της περιοχής του Αιγαίου. Οι βροχές είναι άφθονες από τον Οκτώβριο έως τον Μάρτιο, τα δε ύψη βροχής είναι υπερδιπλάσια από αυτά που σημειώνονται στις ανατολικές περιοχές της Πελοποννήσου. Το χιόνι, ιδίως στα παράκτια τμήματα, παρουσιάζει μικρή συχνότητα. Αντίθετα, μεγάλη συχνότητα παρουσιάζει το χαλάζι, που προκαλεί πολλές φορές σημαντικές ζημιές στη γεωργία. Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες κατανομές θερμοκρασίας (Διάγραμμα 1), σχετικής υγρασίας (Διάγραμμα 2), έντασης ανέμου (Διάγραμμα 3) και διακύμανσης ύψους βροχής (Διάγραμμα 4), του μετεωρολογικού σταθμού (Μ.Σ.) Πύργου του δικτύου της Ε.Μ.Υ. Τα γεωγραφικά στοιχεία και οι διαθέσιμες περίοδοι παρατηρήσεων του σταθμού είναι τα εξής :

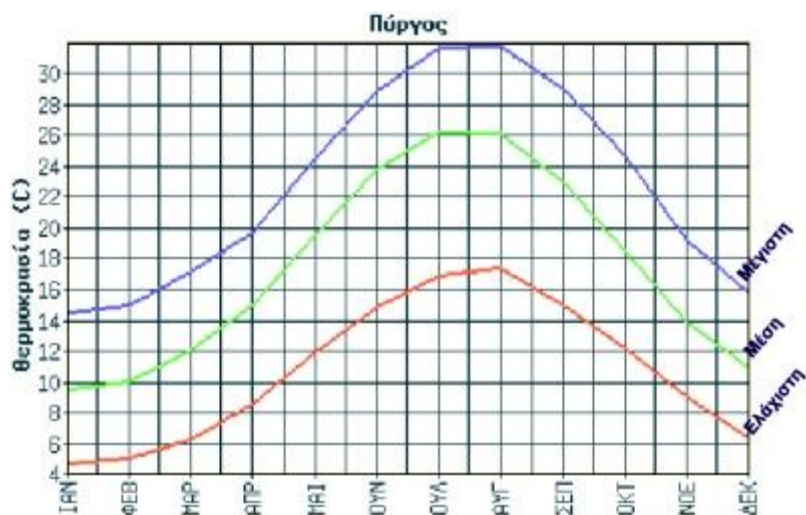
Μετεωρολογικός Σταθμός : Πύργου

Γεωγραφικό Μήκος : 21°26'

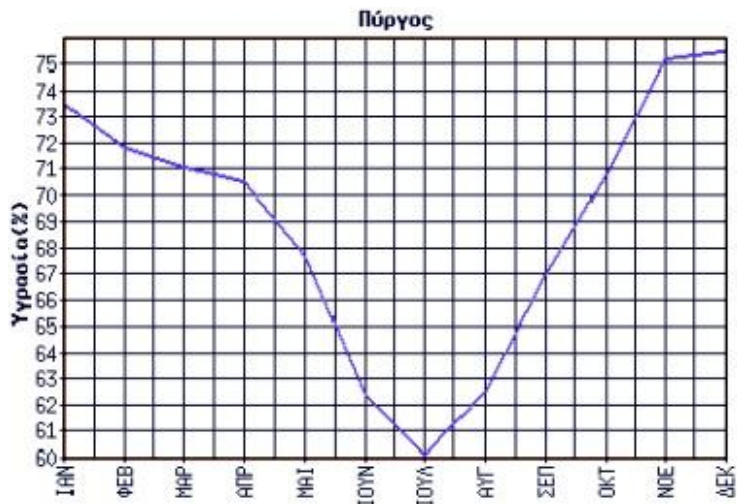
Γεωγραφικό Πλάτος : 97°41'

Υψόμετρο (m) : +2

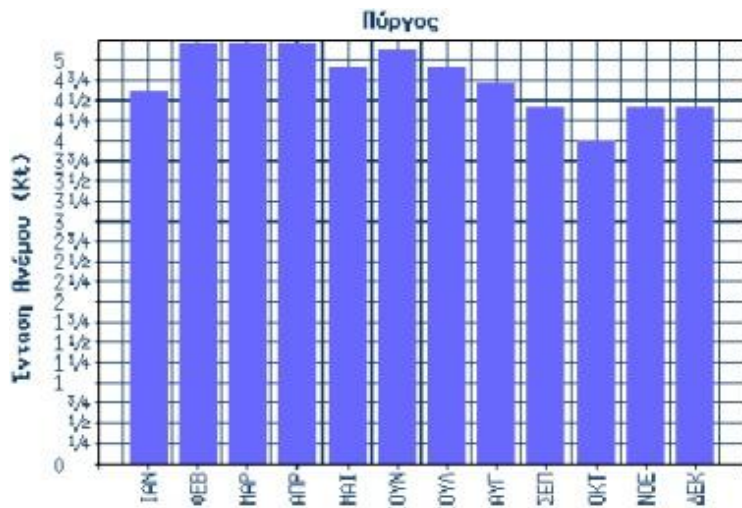
Περίοδοι παρατηρήσεων : 1975-2014



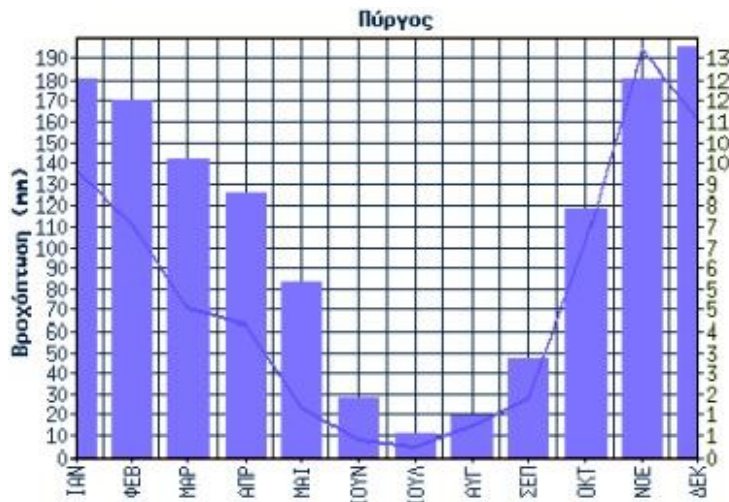
Διάγραμμα 1: Ετήσια πορεία της μέσης (T), ελάχιστης (T min) και μέγιστης (T max) μηνιαίας θερμοκρασίας στην περιοχή. (Πηγή: Ε.Μ.Υ. Ιδία επεξεργασία).



Διάγραμμα 2: Ετήσια πορεία της μέσης μηνιαίας σχετικής υγρασίας (%) στην περιοχή (Πηγή: Ε.Μ.Υ. Ιδία επεξεργασία).



Διάγραμμα 3: Ετήσια πορεία της μέσης έντασης ανέμου στην περιοχή (Πηγή: Ε.Μ.Υ. Ιδία επεξεργασία).



Διάγραμμα 4: Ετήσια διακύμανση του μηνιαίου μέσου ύψους βροχόπτωσης στην περιοχή (Πηγή: Ε.Μ.Υ. Ιδία επεξεργασία).

3.2 Ανθρωπογεωγραφικά χαρακτηριστικά περιοχής μελέτης.

3.2.1 Διοικητική Διαίρεση

Ο νομός Ηλείας διοικητικά υπάγεται στην Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας και διαιρείται σε δύο επαρχίες, της Ηλείας και της Ολυμπίας, ενώ με το πρόγραμμα «Καλλικράτης» η Πρωτοβάθμια Τοπική Αυτοδιοίκηση αποτελείται από επτά (7) Δήμους.

1. Δήμος Ανδραβίδας-Κυλλήνης , με έδρα τα Λεχαινά
2. Δήμος Ανδρίτσαινας-Κρεστένων , με έδρα την Κρέστενα
3. Δήμος Αρχαίας Ολυμπίας , με έδρα την Αρχαία Ολυμπία
4. Δήμος Ζαχάρως , με έδρα την Ζαχάρω
5. Δήμος Ήλιδας , με έδρα την Αμαλιάδα
6. Δήμος Πηνειού , με έδρα την Γαστούνη
7. Δήμος Πύργου , έδρα τον Πύργο

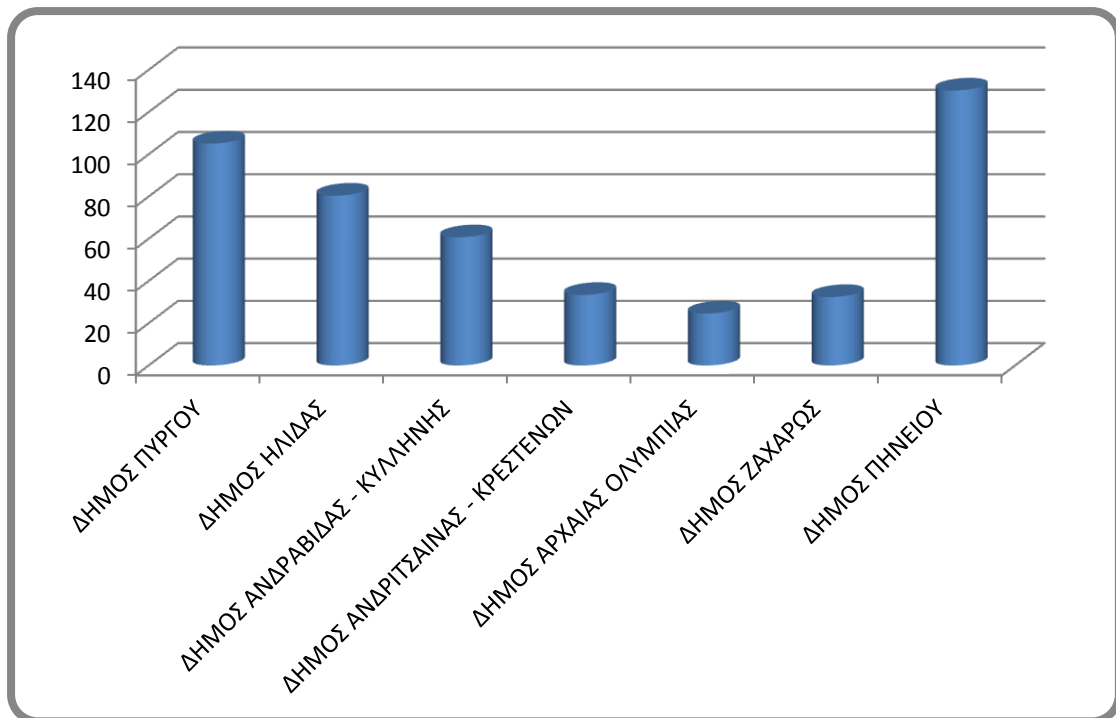
3.2.2 Πληθυσμιακά στοιχεία.

Με βάση τα αποτελέσματα της απογραφής Πληθυσμού – Κατοικιών 2011 για το Μόνιμο πληθυσμό της χώρας, προέκυψαν τα παρακάτω απογραφικά στοιχεία (πίνακας 4 διαγράμματα 5 και 6), σχετικά με τον Νομό Ηλείας (Νομαρχιακή

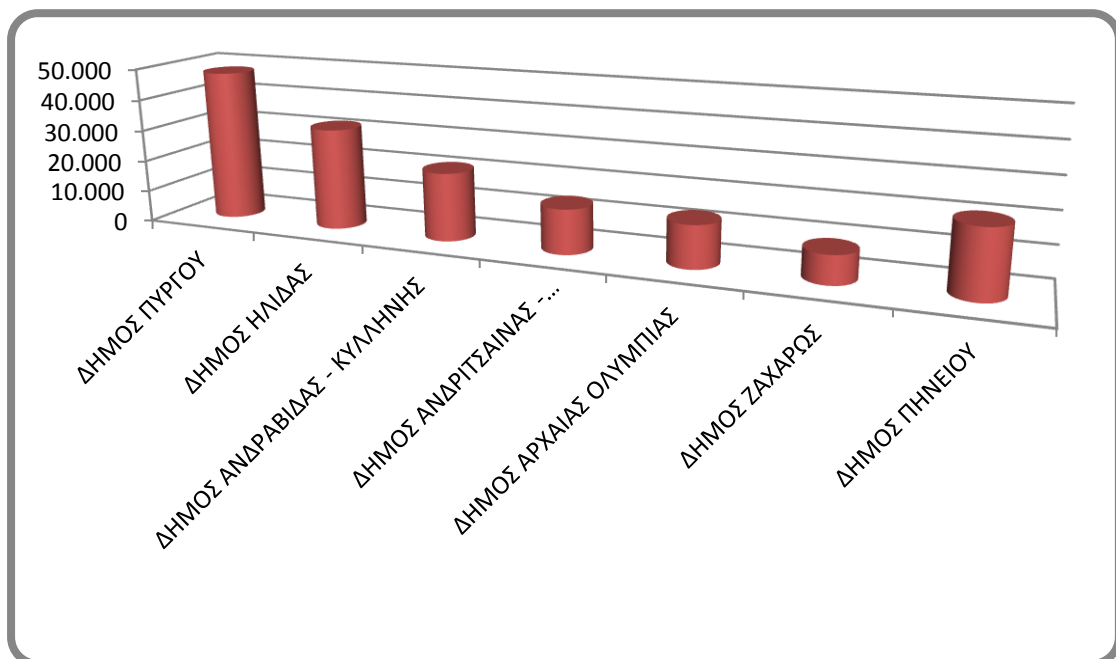
Ενότητα Ηλείας). Ο Μόνιμος Πληθυσμός αφορά τον αριθμό των ατόμων που έχουν τη συνήθη διαμονή τους στην κάθε Περιφέρεια , Περιφερειακή Ενότητα, Δήμο, Δημοτική Ενότητα, Δημοτική ή Τοπική Κοινότητα και οικισμό της Χώρας. Στο Μόνιμο Πληθυσμό περιλαμβάνονται όλα τα άτομα ανεξαρτήτως υπηκοότητας (ελληνικής ή άλλης χώρας), τα οποία κατά την Απογραφή Πληθυσμού 2011 δήλωσαν τόπο συνήθους διαμονής τους εντός της Ελληνικής Επικράτειας.

Τόπος Διαμονής	Πληθυσμός	Πυκνότητα Πληθυσμού /Km²
ΔΗΜΟΣ ΠΥΡΓΟΥ	47.995	105,11
ΔΗΜΟΣ ΗΛΙΔΑΣ	32.219	80,44
ΔΗΜΟΣ ΑΝΔΡΑΒΙΔΑΣ - ΚΥΛΛΗΝΗΣ	21.581	60,71
ΔΗΜΟΣ ΑΝΔΡΙΤΣΑΙΝΑΣ - ΚΡΕΣΤΕΝΩΝ	14.109	33,41
ΔΗΜΟΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΟΛΥΜΠΙΑΣ	13.409	24,6
ΔΗΜΟΣ ΖΑΧΑΡΩΣ	8.953	32,41
ΔΗΜΟΣ ΠΗΝΕΙΟΥ	21.034	130,24
ΣΥΝΟΛΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ ΗΛΕΙΑΣ	159.300	60,85

Πίνακας 4. Πληθυσμιακά στοιχεία ανά Δήμο Νομού Ηλείας 2011 (Πηγή: ΕΣΥΕ)



Διάγραμμα 5. Οπτική απεικόνιση της πυκνότητας πληθυσμού ανά Δήμο περιοχής μελέτης έτους 2011 (Πηγή: ΕΣΥΕ)



Διάγραμμα 6. Οπτική απεικόνιση του πληθυσμού περιοχής ανά Δήμο μελέτης έτους 2011 (Πηγή: ΕΣΥΕ)

3.2.3 Οικονομικά στοιχεία.

Το μεγαλύτερο ποσοστό του οικονομικά ενεργού πληθυσμού στο Νομό Ηλείας απασχολείται σε κλάδους του πρωτογενούς και του δευτερογενούς τομέα.(Πίνακας 5)

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ ΚΛΑΔΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Κλάδος οικονομικής δραστηριότητας	Αριθμός	Ποσοστό
Γεωργία, Δασοκομία & Αλιεία	15.859	32%
Κατασκευές	3793	8%
Χονδρικό Λιανικό Εμπόριο - Επισκευή Μηχανοκίνητων οχημάτων και μοτοσυκλετών	6866	14%
Μεταφορά & αποθήκευση	1596	3%
Δραστηριότητες υπηρεσιών παροχής κατάλυματος και υπηρεσιών εστίασης	3470	7%
Διοικητικές και υποστηρικτές δραστηριότητες	979	2%
Δημόσια διοίκηση και άμυνα	3881	8%
Εκπαίδευση	2933	6%
Δραστηριότητες σχετικές με την ανθρώπινη υγεία και κοινωνική μέριμνα	2110	4%
Λοιποί κλάδοι	8084	16%

Πίνακας 5. Κατανομή του ενεργού πληθυσμού Νομού Ηλείας ανά κλάδο οικονομικής δραστηριότητας. (Πηγή: ΕΣΥΕ 2011)

3.2.3.1 Παραγωγικοί Τομείς

Στο Νομό Ηλείας ο πρωτογενής τομέας παίζει σημαντικότερο ρόλο και γι' αυτό μπορεί να χαρακτηριστεί κατεξοχήν αγροτικός νομός. Αξιόλογη είναι και η συμμετοχή των υπηρεσιών και ιδίως του τομέα του τουρισμού. Η πλούσια φυσική και πολιτιστική κληρονομιά αποτελεί ανταγωνιστικό πλεονέκτημα του νομού για την ανάπτυξη του τουρισμού και του παραθερισμού σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο.

3.2.3.1.1 Πρωτογενής τομέας

Όσον αφορά στο **γεωργικό τομέα**, ο Νομός είναι ο πρώτος παραγωγός τομάτας και πατάτας στην χώρα, ο 5^{ος} όσον αφορά στα εσπεριδοειδή και 6^{ος} στο ελαιόλαδο. Η γεωργική γη του Νομού αρδεύεται σε ικανοποιητικό βαθμό, σε ποσοστό που υπερβαίνει τον εθνικό μέσο όρο και οι αρδευτικές εκτάσεις του Νομού είναι στο 34,1%.

Η **Κτηνοτροφία** είναι συμπληρωματική δραστηριότητα ως προς τη γεωργία και περιορίζεται σε μικρές οικογενειακές μονάδες. Εκτός από τη συνήθη κτηνοτροφία (αιγοπρόβατα, βοοειδή) ο Νομός Ηλείας έχει παράδοση στην εκτροφή αλόγων (φυλή Ηλείας είναι μια από τις έξι ελληνικές φυλές αλόγων).

Η **Αλιευτική δραστηριότητα** στο Νομό περιλαμβάνει την αλιεία ανοικτής θάλασσας, την αλιεία των φυσικών εκτροφείων στις λιμνοθάλασσες Κοτύχι και Βάρδα και την αλιεία στην τεχνητή λίμνη του Πηνειού.

3.2.3.1.2 Τουρισμός

Η τουριστική δραστηριότητα στο Νομό Ηλείας βασίζεται κυρίως στους αλλοδαπούς τουρίστες. Το ξενοδοχειακό δυναμικό του Νομού είναι σημαντικό, ιδίως όσον αφορά σε μονάδες μεσαίου μεγέθους. Λόγω του φυσικού και πολιτιστικού πλούτου, υπάρχουν σημαντικές δυνατότητες ανάπτυξης ειδικών και ήπιων μορφών τουρισμού (οικοτουρισμός, ιαματικός και αθλητικός τουρισμός) και ιδιαίτερα του αγροτουρισμού, λόγω του αγροτικού χαρακτήρα του Νομού.

Ο Νομός Ηλείας περιέχει Περιοχές Ολοκληρωμένης Τουριστικής Ανάπτυξης (ΠΟΤΑ) στις ιαματικές πηγές Κυλλήνης, σε έκταση του ΕΟΤ 1.900 στρεμμάτων, με δυνατότητα 1.400 κλινών.

3.2.4 Χρήσεις γης.

Σύμφωνα με την απογραφή Γεωργίας- Κτηνοτροφίας της ΕΣΥΕ (1999-2000), (πίνακας 6, διάγραμμα 7) πάνω από το 65,7 % της συνολικής έκτασης του Νομού αποτελείται από αγροτικές περιοχές, ενώ ένα σημαντικό ποσοστό 29,3% είναι δάση και ημι-φυσικές εκτάσεις. Μόλις το 2% της έκτασης αντιστοιχεί σε τεχνητές περιοχές (αστικές οικοδομές, μεταφορικά δίκτυα, βιομηχανία, εμπόριο, χώροι άθλησης, πρασίνου κλπ), ενώ το 1,5% αντιστοιχεί σε υδάτινες επιφάνειες.

ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ 2000	ΕΚΤΑΣΗ (ΣΤΡ.)	ΠΟΣΟΣΤΟ
Καλλιεργούμενες εκτάσεις	16.99.800	64,81
Βοσκότοποι	48.800	1,86
Δάση	478.200	18,23
Δασικές - Θαμνώδεις εκτάσεις	301.500	11,50
Υδάτινες περιοχές	39.200	1,49
Αστικές περιοχές	46.600	1,78
Βιομηχανική ζώνη	600	0,02
Λοιπές εκτάσεις	7.900	0,3

Πίνακας 6. Κατανομή χρήσεων γης Νομού Ηλείας 2000 (Πηγή: ΕΣΥΕ)

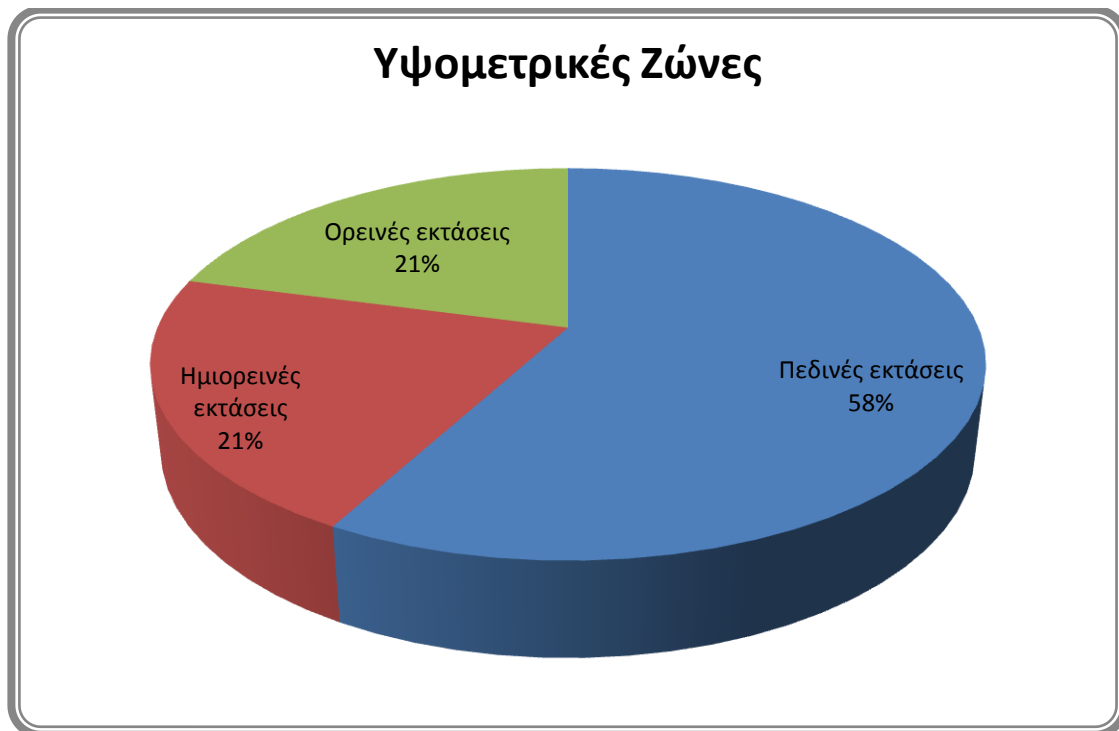


Διάγραμμα 7. Οπτική απεικόνιση σε μορφή «πίτας» των χρήσεων γης της περιοχής μελέτης έτους 2000 (Πηγή: ΕΣΥΕ)

Ως προς την **κατανομή του εδάφους σε υψομετρικές ζώνες** (πίνακας 7 , διάγραμμα 8) το 58% της έκτασης είναι πεδινή ,το 21,2 % είναι ορεινή και το 20,8% ορεινή

ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΕΚΤΑΣΗ (χιλ. Στρ.)	ΠΟΣΟΣΤΟ %
Πεδινές εκτάσεις	1516,8	58
Ημιορεινές εκτάσεις	555	21,2
Ορεινές εκτάσεις	546	20,8

Πίνακας 7 Κατανομή εκτάσεων Νομού Ηλείας ανά υψομετρικές ζώνες (Πηγή: ΕΣΥΕ)



Διάγραμμα 8. Οπτική απεικόνιση σε μορφή «πίτας» των εκτάσεων ανά υψομετρική ζώνη της περιοχής μελέτης έτους (Πηγή: ΕΣΥΕ)

3.2.4.1 Δασικές περιοχές

Το ποσοστό της Δασικής γης αντιστοιχεί στο 29% της συνολικής επιφάνειας του Νομού. Εντοπίζεται κυρίως στους ορεινούς όγκους της ενδοχώρας (Λάμπεια, περιμετρικά της λίμνης του Πηνειού), καθώς και κατά μήκος των ακτών (Στροφυλιά Κοτυχίου, Στροφυλιά Μανωλάδας, Βαρθολομιό, Κάστρο-Λουτρά Κυλλήνης, Στροφυλιά Σαμικού-Καϊάφα-Ζαχάρως).

Το κύριο δασοπονικό είδος που επικρατεί στην περιοχή, από 0-700 μέτρα είναι η Χαλέπιος πεύκη με άφθονο υπόροφο από αείφυλλα – πλατύφυλλα (αριά, πρίνος, κουμαριά, σχίνος, κ.λ.π.) και από κει και πάνω φύονται τα αείφυλλα – πλατύφυλλα. Κατά μήκος των ρεμάτων, φύεται κυρίως ο πλάτανος.

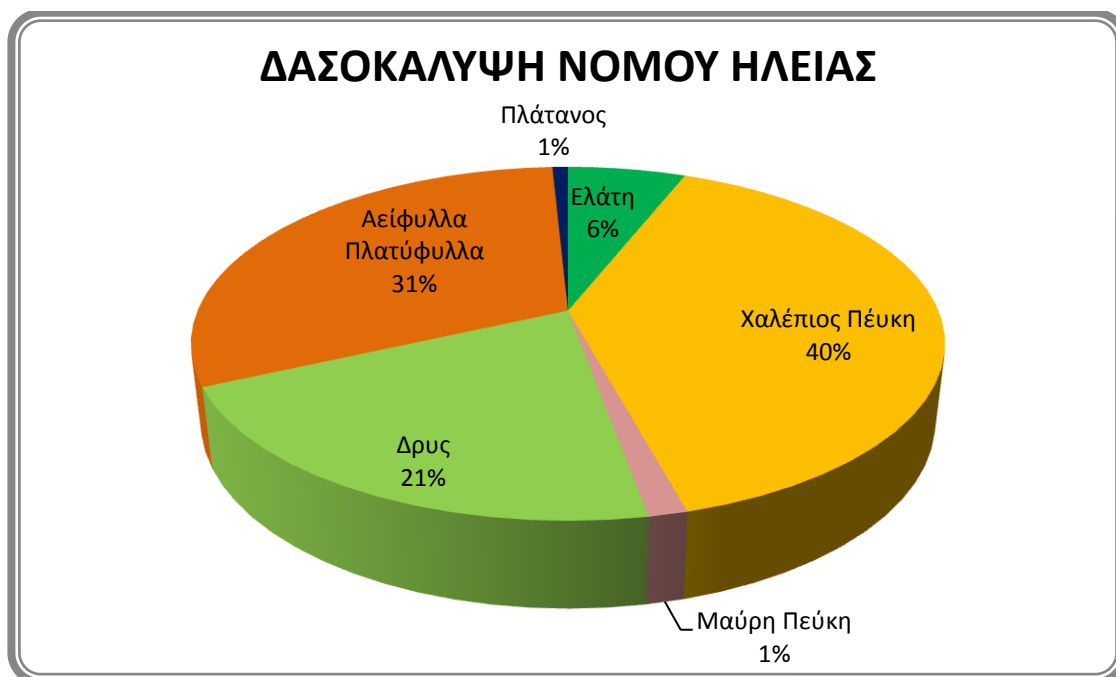
Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των δασών αυτών, είναι ότι δεν αποτελούν συγκροτημένες διαχειριστικές μονάδες, αλλά εμφανίζονται πολυτεμαχισμένα και η σύνθεση τους ποικίλλει από θέση σε θέση. Η συνέχεια τους, διακόπτεται από γεωργοδενδροκομικές καλλιέργειες, με την μορφή αγροτεμαχίων ή ευρύτερων γεωργικών εκτάσεων (μωσαϊκό), γεγονός που δυσχεραίνει την εφαρμογή ενιαίων διαχειριστικών μέτρων.

Η μέχρι τώρα διαχείριση, των δημοσίων δασών Χαλεπίου πεύκης, με υπόροφο από αείφυλλα πλατύφυλλα, στηρίζεται κυρίως σε πίνακες υλοτομίας, διότι ο τρόπος με τον οποίο εμφανίζονται τα δάση στο Νομό Ηλείας (εμφανίζονται σε μορφή μωσαϊκού σε σχέση με τις αγροτικές εκτάσεις) δεν επιτρέπουν την εφαρμογή μακροχρόνιων διαχειριστικών σχεδίων. Τα δάση Χαλεπίου πεύκης της περιοχής μελέτης μας, δεν αποτελούν μεγάλες αυτοτελείς και συγκροτημένες διαχειριστικές μονάδες. Εξαιρέση αποτελούν, το δημόσιο Ελατοδάσος, Λαμπείας-Άστρα-Κρυόβρυσης που διαχειρίζεται με δεκαετή διαχειριστική μελέτη καθώς και το δασικό σύμπλεγμα Κάπελης-Φολόης-Πηνείας, το οποίο είναι ενταγμένο στον εθνικό κατάλογο του Ευρωπαϊκού οικολογικού δικτύου ειδικών ζωνών διάκρισης Natura 2000 με κωδικό GR 233002 Στον ίδιο κατάλογο ανήκουν και τα δάση και οι δασικές εκτάσεις της περιοχής Αρχαίας Ολυμπίας.

Σύμφωνα με τον απολογισμό δασικών υπηρεσιών της Γενικής Δ/σης Ανάπτυξης και Προστασίας Δασών έτους 2008 (πίνακας 8, διάγραμμα 9) η δασοκάλυψη κατά Δασοπονικό είδος στον Νομό Ηλείας είναι

ΔΑΣΟΠΟΝΙΚΟ ΕΙΔΟΣ	ΕΚΤΑΣΗ ΣΕ Ha	ΠΟΣΟΣΤΟ %
Κεφαλληνιακή Ελάτη	5.479	6,04
Χαλέπιος Πεύκη	35.968	39,6
Μαύρη Πεύκη	1.280	1,41
Δρυς	19.071	21,0
Πλάτανος	724	0,7
Αείφυλλα Πλατύφυλλα	28.078	30,9

Πίνακας 8. Κατανομή δασοπονικού είδους στον Νομό Ηλείας (Πηγή: ΥΠΕΚΑ 2008)



Διάγραμμα 9. Οπτική απεικόνιση σε μορφή «πίτας» των δασοπονικών ειδών Νομού Ηλείας (Πηγή: ΥΠΕΚΑ 2008)

3.2.4.2 Γεωργία και κτηνοτροφία

Η γεωργική γη, που αποτελεί και την κυρίαρχη χρήση στο Ν. Ηλείας, καταλαμβάνει 1.385.450 στρ., ήτοι το 53% της συνολικής έκτασής του. Οι γεωργικές εκμεταλλεύσεις έχουν έκταση 1.177.562 στρ., ενώ οι αρδευόμενες εκτάσεις αντιστοιχούν στο 33% της γεωργικής γης, ποσοστό που υπερβαίνει τον εθνικό μέσο όρο.

Η **γεωργική γη υψηλής παραγωγικότητας** συγκεντρώνεται κυρίως στην παραλιακή ζώνη και ιδιαίτερα στα πεδινά, παραποτάμια και παραλίμνια τμήματα, όπως:

- Στη βόρεια παραλιακή ζώνη (Μανωλάδα, Βάρδας-Λεχαινά, Ανδραβίδα).
- Στη δυτική ζώνη (Κυλλήνη-Βαρθολομιό-Γαστούνη- Αμαλιάδα-Πύργος) και στις κοιλάδες Πηνειού και Αλφειού.
- Στη νότια παραλιακή ζώνη (Κρέσταινα-Σαμικό-Ζαχάρω-Γιαννιτσοχώρι).

Η κτηνοτροφία περιορίζεται στις ορεινές και ημιορεινές περιοχές του Νομού. Το ποσοστό κάλυψης των βοσκοτόπων αντιστοιχεί στο 13% της συνολικής έκτασης.

3.2.5 Κατοικία

Η **Α' Κατοικία** αναπτύσσεται κυρίως γύρω από τον Πύργο, αλλά και γύρω από άλλα κέντρα παραγωγικών δραστηριοτήτων (Αμαλιάδα, Λεχαινά, Ανδραβίδα, Βαρθολομιό, Γαστούνη, Κρέσταινα, Ζαχάρω).

Η **Β' Κατοικία** παρουσιάζει γραμμική ανάπτυξη κατά μήκος των παραλιακών περιοχών Κυλλήνης – Λεχαινών, Σαβαλίων-Σκαφιδιάς και Ζαχάρως. Χαρακτηρίζεται από την άναρχη δόμηση και τις πιέσεις επέκτασης των ορίων των παραθεριστικών οικισμών. Στην ορεινή ενδοχώρα η ανάπτυξή της είναι ελάχιστη και σημειακή.

3.2.6. Τουρισμός

Ο τουρισμός, παρόλο τον πλούτο των τουριστικών πόρων, παρουσιάζει ανισοκατανομή.

Στις Δυτικές ακτές του Νομού έχει αναπτυχθεί περισσότερο μαζικός τουρισμός αλλοδαπών σε αυτόνομα μεγάλα τουριστικά συγκροτήματα, αλλά και μικρότερες μονάδες και καταλύματα.

Οι ΝΔ ακτές είναι λιγότερο ανεπτυγμένες με σημειακές ή γραμμικές συγκεντρώσεις εκτόνωσης των τοπικών πληθυσμών. Στην ενδοχώρα, δεν παρουσιάζεται ιδιαίτερη τουριστική ανάπτυξη, με εξαίρεση την Ολυμπία.

3.2.7 Βιομηχανία

Η βιομηχανική δραστηριότητα συγκεντρώνεται γύρω από τα αστικά κέντρα, όπου συγκεντρώνεται και η γεωργική παραγωγή για μεταποίηση και διοχέτευση στην αγορά

3.3 Ζώνες Βλάστησης και Ανθρωπογενής Επίδραση στη Φυσική Βλάστηση

Στο νομό Ηλείας, συναντάμε και τις τρεις ζώνες δασικής βλάστησης, που απαντώνται στη χώρα μας (Πίνακας 9). Τη ζώνη των αείφυλλων σκληρόφυλλων πλατύφυλλων, τη ζώνη των φυλλοβόλων δρυών και τη ζώνη της Ελάτης - Μαύρης Πεύκης. Επίσης, συναντάμε και ένα μικρό ποσοστό ψευδαλπικών περιοχών, στην περιοχή του Ερύμανθου.

ΖΩΝΕΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	ΥΠΟΖΩΝΕΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	ΚΥΡΙΑ ΕΙΔΗ	ΕΙΔΗ ΠΟΥ ΣΧΗΜΑΤΙΖΟΥΝ ΔΑΣΗ
ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΗ ΑΕΙΦΥΛΛΩΝ ΠΛΑΤΥΦΥΛΛΩΝ	<i>Oleo Ceratonion Quercion ilicis</i>	<i>Olea oleaster, Ceratonia siliqua, Pistacia lentiscus Quercus ilex, Arbutus unedo, A. drache, Fraxinus ornus, Erica sp., Phillyrea media</i>	<i>Pinus halepensis, Pinus brutia Pinus halepensis, Pinus brutia, Quercus pubescens</i>
ΠΑΡΑΜΕΣΟΓΕΙΑΚΗ ΦΥΛΛΟΒΟΛΩΝ ΠΛΑΤΥΦΥΛΛΩΝ	<i>Ostryo Carpinion Quercio confertae</i>	<i>Ostrya carpinifolia, Carpinus orientalis, Fraxinus ornus, Quercus pubescens, Q.conferta Quercus conferta, Q.pubescens, Q. cerris, Q. sessiliflora, Castanea sativa</i>	<i>Quercus pubescens, Quercus conferta Quercus conferta, Q. cerris, Q. sessiliflora, Castanea sativa</i>
ΟΡΕΙΝΗ ΠΑΡΑΜΕΣΟΓΕΙΩΝ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ	<i>Abietum cephalanicae Fagion moesiacaе</i>	<i>Abies cephalonica, Pinus nigra Fagus sylvatica, Pinus sylvestris, Abies cephalonica x Abies alba, Picea excelsa</i>	<i>Abies cephalonica, Pinus nigra Fagus sylvatica, Pinus sylvestris Abies cephalonica x Abies. alba, Picea excels</i>
ΟΡΕΙΝΗ ΨΥΧΡΟΒΙΩΝ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ		<i>Pinus heldreihii</i>	<i>Pinus heldreihii</i>
ΕΞΩΔΑΣΙΚΗ ΑΛΠΙΚΗ		<i>Juniperus nana, Daphnae oleoides</i>	
ΠΑΡΟΧΘΙΑ		<i>Nerium oleander, Vitex agnus-castus, Populus alba, P. nigra, Alnus glutinosa</i>	

Πίνακας 9: Ζώνες & υποζώνες βλάστησης Ελλάδας (από: Μαυρομάτης 1980, Ντάφης 1986)

Οι ζώνες που επικρατούν στην περιοχή μελέτης είναι:

Ζώνη αείφυλλων σκληρόφυλλων πλατύφυλλων. Εμφανίζεται από την επιφάνεια της θάλασσας, μέχρι και του υψομέτρου τω 700μ., ανάλογα με την έκθεση ως προς τον ορίζοντα, την απόσταση από τη θάλασσα και τη φύση του μητρικού υλικού του εδάφους. Η ζώνη αυτή, καταλαμβάνει το 82,7% της έκτασης του νομού, εκ των οποίων 17,3% καταλαμβάνονται από δάση Χαλεπίου

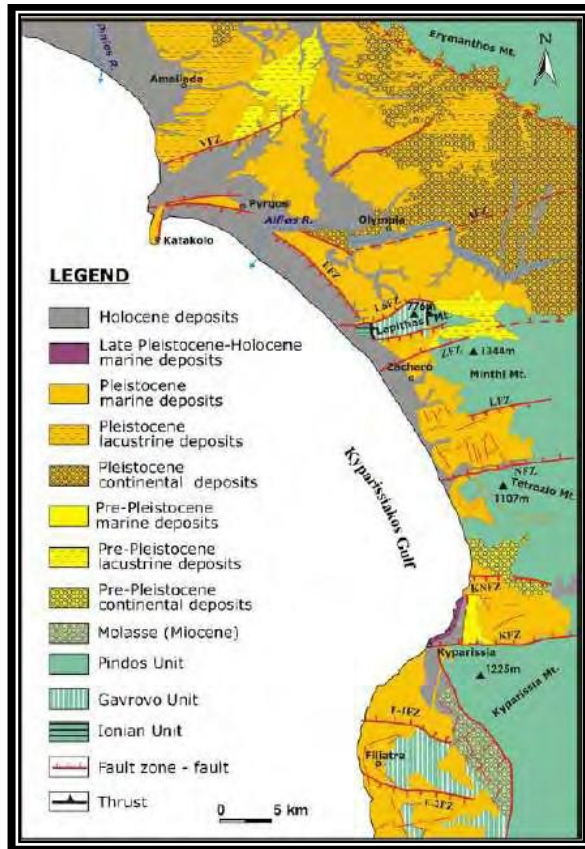
Πεύκης (*Pinus halepensis*) με «ασθενή» (16,1%), «μέτρια» (0,9%) και «έντονη» (0,3%) ανθρωπογενή επίδραση. Τα δάση της Πεύκης συναντώνται γύρω από την αρχαία Ολυμπία, στην περιοχή των Κρεστένων, στα όρη Λαπίθας και Μίνθη, καθώς και σε περιοχές των οικισμών Γούμερο, Κουτσοχέρα, Μουζάκι, Κορυφή, Γεράκι, Περιστέρα, Δαφνιώτισσα, Οινόη, Χελιδόνι, Πλάτανος, Πεύκη και άλλες. Στην ίδια αυτή ζώνη βλάστησης, ποσοστό 2,7% καλύπτεται από φρύγανα, ενώ 57,5% αποτελείται από καλλιεργούμενες εκτάσεις.

Ακολουθεί η Ζώνη των Φυλλοβόλων Πλατύφυλλων με κύρια περιοχή εξάπλωσης το Οροπέδιο Φολόης - Κάπελης και κυρίαρχο δασοπονικό είδος την Δρύς (*Quercus conferta* *Q. cerris*).

Η Ορεινή ζώνη παραμεσογείων κωνοφόρων εξαπλώνεται κυρίως στους ορεινούς όγκους Λάμπεια και Αστρά με κυρίαρχο δασοπονικό είδος την *Abies cephalonica* και κατά μικρές συστάδες την *Pinus nigra*.

3.4 Γεωλογία της Περιοχής Μελέτης

Στη γεωλογική δομή του Νομού Ηλείας (εικόνα 9) συμμετέχουν ποικίλου πάχους και έκτασης ιζηματογενείς σχηματισμοί οι οποίοι υπέρκεινται και καλύπτουν ασύμφωνα σχηματισμούς πετρωμάτων. Οι ιζηματογενείς σχηματισμοί καταλαμβάνουν μεγάλο ποσοστό της συνολικής έκτασης σε αντίθεση με τους σχηματισμούς πετρωμάτων που εντοπίζονται στις ορεινές περιοχές της Λάμπειας στα ανατολικά και της Ανδρίτσαινας στα νότια. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που δομούν την περιοχή του Νομού Ηλείας είναι έντονα τεκτονισμένοι από παραμορφωτικές φάσεις που μπορούν να διακριθούν στην αλπική και μεταλπική ή νεοτεκτονική.



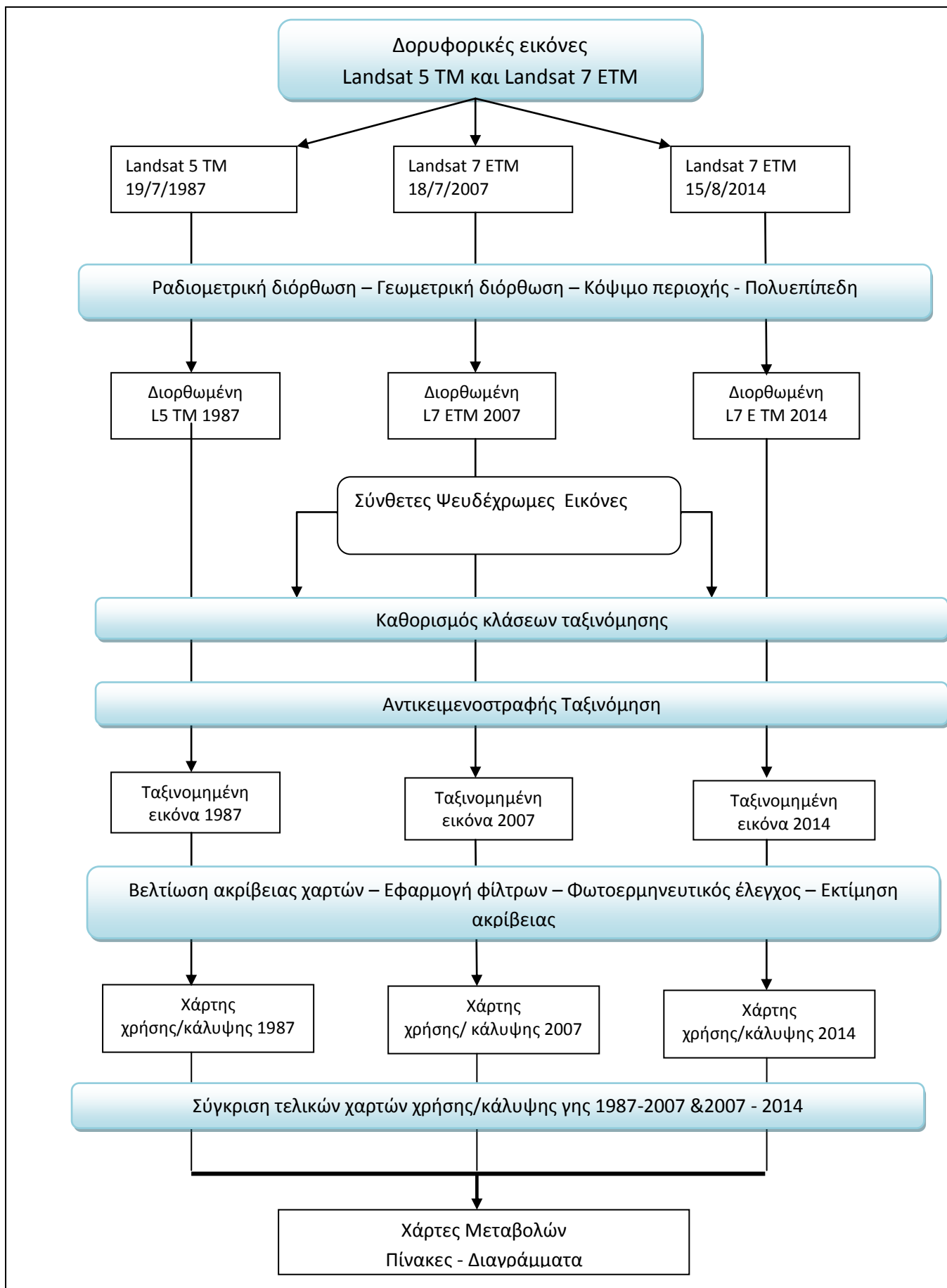
Εικόνα 9: Γεωλογικός χάρτης της Δυτικής Πελοποννήσου (Papanikolaou et al. 2007)

Κεφάλαιο 4

Μεθοδολογία

4.1 Σκοπός μελέτης

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η δημιουργία ενός μοντέλου ροής εργασιών, με τη χρήση προηγμένων τεχνικών τηλεπισκόπησης, το οποίο θα αποδώσει σαν αποτέλεσμα την αλλαγή των χρήσεων/κάλυψης γης του Νομού Ηλείας για τη χρονική περίοδο 1987 έως 2014, με έμφαση στη διαχρονική εξέλιξη των δασικών οικοσυστημάτων της περιοχής μελέτης. Το μοντέλο ροής εργασιών παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα 10:



Διάγραμμα 10. Διάγραμμα ροής όπου περιγράφεται η μεθοδολογία για την καταγραφή της χρήσης/ κάλυψης γης

4.2 Μεθοδολογία και Στάδια Εργασίας

Για την επίτευξη των στόχων της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιλάμβανε τα ακόλουθα στάδια εργασίας:

(α) Το πρώτο και βασικότερο στάδιο είναι η επιλογή της περιοχής μελέτης και η αναζήτηση και συλλογή δεδομένων.

(β) Το δεύτερο στάδιο αφορούσε την χρησιμοποίηση ενός Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος για την κατάλληλη προετοιμασία και δημιουργία των απαραίτητων θεματικών χαρτών και των αντίστοιχων βάσεων δεδομένων. Οι πληροφορίες που παρείχαν οι ανωτέρω θεματικοί χάρτες αποτέλεσαν τη βάση επάνω στην οποία στηρίχθηκαν σε σημαντικό βαθμό τα επόμενα στάδια.

(γ) Το τρίτο στάδιο περιλάμβανε όλα τα βήματα επεξεργασίας τριών δορυφορικών εικόνων Landsat 5 TM και Landsat 7 ETM+, με διαφορετικές ημερομηνίες λήψης το 1987, 2007 και 2014, με στόχο την καταγραφή της χρήσης/κάλυψης γης, με την μέθοδο της επιβλεπόμενης ταξινόμησης. Έπειτα, έγινε προσδιορισμός των αλλαγών που έλαβαν χώρα κατά τα χρονικά διαστήματα 1987-2007 και 2007-2014, με την μέθοδο της σύγκρισης των ταξινομημένων εικόνων. Ταυτόχρονα, έγινε περιγραφή του σχεδιασμού και της εκτέλεσης λήψης των δεδομένων υπαίθρου, των προβλημάτων φασματικής σύγχυσης που παρατηρήθηκαν κατά την ταξινόμηση της εικόνας, και της εκτίμησης της ακρίβειας όλων των παραγόμενων θεματικών χαρτών της χρήσης/κάλυψης γης και των αλλαγών που ανιχνεύτηκαν.

(δ) Τέλος, πέρα από το τεχνικό μέρος της εργασίας, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην διερεύνηση των αιτιών, που προκάλεσαν ή ευνόησαν τις αλλαγές αυτές.

Επιπλέον, στο στάδιο αυτό πραγματοποιήθηκε και η επεξεργασία των αεροφωτογραφιών, του 1945, 1960, 1986, 1997 και 2008. Η ανάλυση βασίστηκε με βάση τις διακρίσεις της δασικής βλάστησης από τη δασική νομοθεσία σε συνδυασμό με τη διάκριση χρήσεων γης που δόθηκαν από το πρόγραμμα Corine Land Cover.

4.2.1 Λογισμικά επεξεργασίας και δεδομένα

Για την επίτευξη του στόχου της μεταπτυχιακής διατριβής και την εκτέλεση του ανωτέρω μοντέλου, χρησιμοποιήθηκαν οι δοκιμαστικές εκδόσεις του λογισμικού

επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων ENVI 5.2 του οίκου EXELIS και του λογισμικού Γ.Σ.Π. ArcGIS 10.1 του οίκου ESRI.

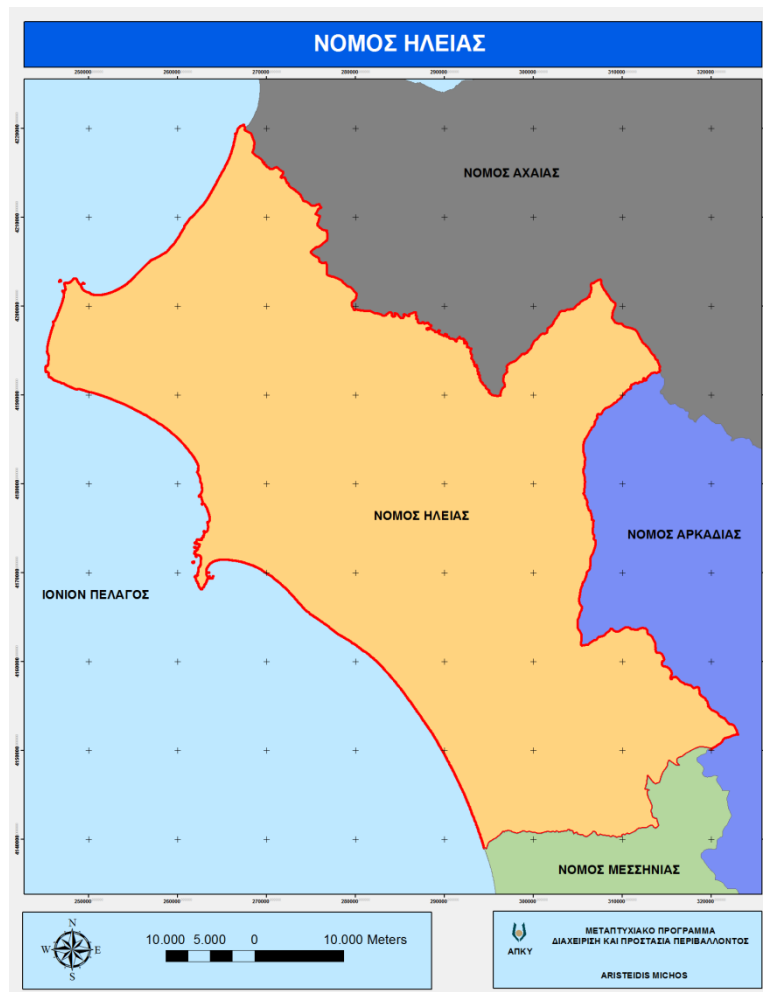
Τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή της μεθόδου είναι:

- Δορυφορικές εικόνες Landsat TM με ημερομηνίες λήψης τον Ιούλιο των ετών 1987, 2007 και 2014. (<http://earthexplorer.usgs.gov/>)
- Το ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο (D.E.M.) (Πηγή : ΥΠΕΚΑ)
- Οι δορυφορικές εικόνες του Google Earth για τις χρονικές στιγμές 28-7-2007 και 28-7-2014.
- Οι ορθοφωτοχάρτες του Υπουργείου Γεωργίας έτους 1996. (Πηγή : ΥΠΕΚΑ)
- Οι ορθοφωτοχάρτες της ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. έτους 2007. (Πηγή : ΕΚΧΑ)
- Οι αεροφωτογραφίες της περιοχής νομού Ηλείας 1945, 2008 της Δ/νσης Δασών Νομού Ηλείας (Πηγή : Δ/νση Δασών Ηλείας)
- Τα δεδομένα του ευρωπαϊκού προγράμματος Corine Land Cover έτους 2000.
- Τα δεδομένα πεδίου. Πραγματοποιήθηκε επιτόπια αυτοψία για οπτική παρατήρηση και καταγραφή των περιοχών χρήσης / κάλυψης γης , όμοιων με τις οριζόμενες κλάσεις. Η αυτοψία πραγματοποιήθηκε με τη παρουσία εμπειρων δασοφυλάκων κατά περιοχή, όπου επιβεβαιωνόταν η διαχρονική ή μη σταθερότητα της κάλυψη γης των περιοχών
- Τα όρια του Νομού Ηλείας σε διανυσματικό αρχείο (shp) από τον διαδικτυακό χώρο του υπουργείου (geodata.gov.gr)

4.3 Δημιουργία Θεματικών Χαρτών

4.3.1. Θεματικός χάρτης ορίων περιοχής μελέτης

Τα όρια της περιοχής μελέτης αντιστοιχούν, στα όρια του διανυσματικού αρχείου (shp) Νομού Ηλείας από τον διαδικτυακό χώρο geodata.gov.gr (Χάρτης 5)



Χάρτης 5. Χαρτογραφική απόδοση περιοχής μελέτης (Ίδια επεξεργασία, Λογισμικό ArcGIS 10.1)

Από τον ίδιο ιστότοπο (geodata.gov.gr) ελήφθησαν οι 5 Δήμοι που απαρτίζουν τους Καλλικρατικούς δήμους του Νομού Ηλείας . (Χάρτης 6)



Χάρτης 6. Χαρτογραφική απόδοση Δήμων Νομού Ηλείας (Ιδία επεξεργασία, Λογισμικό ArcGIS 10.1)

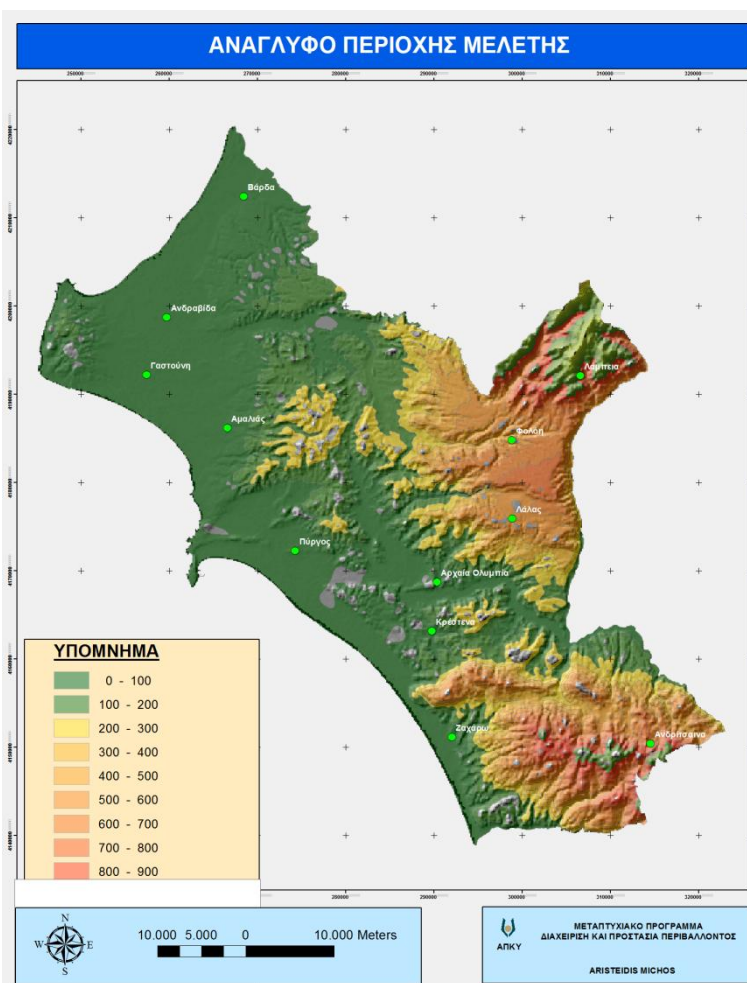
4.3.2 Θεματικός χάρτης ισοψών

Ο χάρτης ισοψών καμπυλών δημιουργήθηκε από το ψηφιακό αρχείο DTM του Υπουργείου Περιβάλλοντος με την βοήθεια του λογισμικού QGIS.

4.3.3 Κατασκευή του Ψηφιακού Υψομετρικού Μοντέλου

Η κατασκευή του Ψηφιακού Υψομετρικού Μοντέλου έγινε με την βοήθεια του αρχείου DTM, που αποτελεί σημειακό αρχείο υψομέτρων. Ο χάρτης σημείων μετατράπηκε στη συνέχεια σε raster χάρτη, στον οποίο αποδόθηκαν τιμές υψομέτρου μόνο στα εικονοστοιχεία εκείνα που αντιστοιχούν στα ψηφιοποιημένα σημεία. Ακολούθως, ο χάρτης αυτός συνδυάστηκε με τον raster χάρτη των ισοψών και το τελικό προϊόν χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του Ψηφιακού Υψομετρικού Μοντέλου (Burrough 1996). Το DEM που προέκυψε, απεικονίζεται σε έγχρωμη μορφή. (Χάρτης 7) Τα εικονοστοιχεία με

πολύ χαμηλό ψηφιακό αριθμό αντιστοιχούν σε περιοχές με χαμηλά υψόμετρα, ενώ τα εικονοστοιχεία με υψηλό ψηφιακό αριθμό αντιστοιχούν σε περιοχές με μεγάλα υψόμετρα.

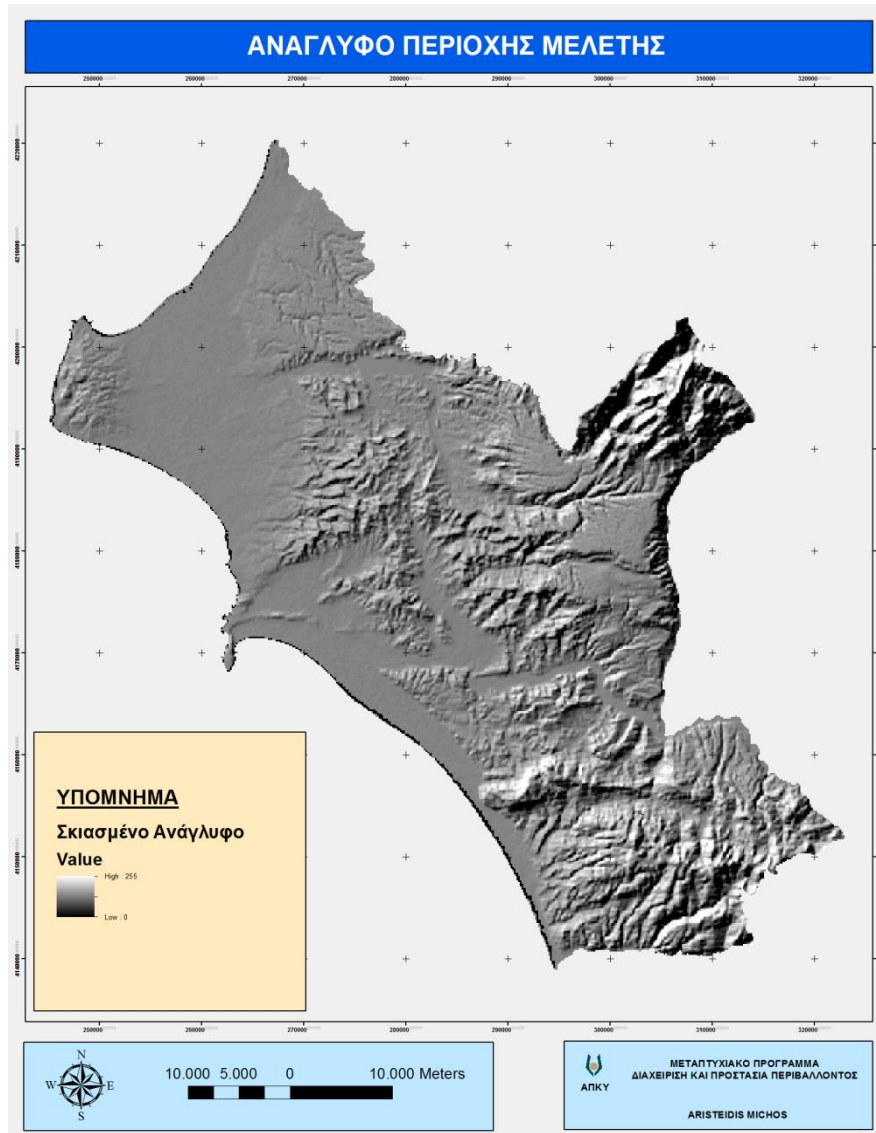


Χάρτης 7. Χαρτογραφική απόδοση Ανάγλυφου Νομού Ηλείας (Ιδία επεξεργασία, Λογισμικό ArcGIS 10.1)

4.3.4 Σκιασμένο ανάγλυφο

Το σκιασμένο ανάγλυφο (shaded relief) παράγεται από το DEM με την εφαρμογή κατάλληλου αλγόριθμου και αποτελεί ένα από τα παράγωγα χωρικά μοντέλα ανάγλυφου, ως αποτέλεσμα μιας τεχνικής φιλτραρίσματος που χρησιμοποιείται για τη βελτίωση των ασυνεχειών οι οποίες παρουσιάζονται σε ένα ψηφιακό μοντέλο ανάγλυφου.

Το προϊόν που προέκυψε είναι ένας χάρτης με αποχρώσεις του γκρι στον οποίο οι απότομες πλαγιές που κοιτάζουν προς τα ΝΑ εμφανίζονται σκοτεινές ενώ οι πλαγιές προς τα ΒΔ εμφανίζονται φωτεινές (Χάρτης 8). Το σκιασμένο ανάγλυφο θα βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση του ανάγλυφου της περιοχής μελέτης.



Χάρτης 8 Χαρτογραφική απόδοση σκιασμένου αναγλύφου της περιοχής μελέτης, με ΒΔ φωτισμό.

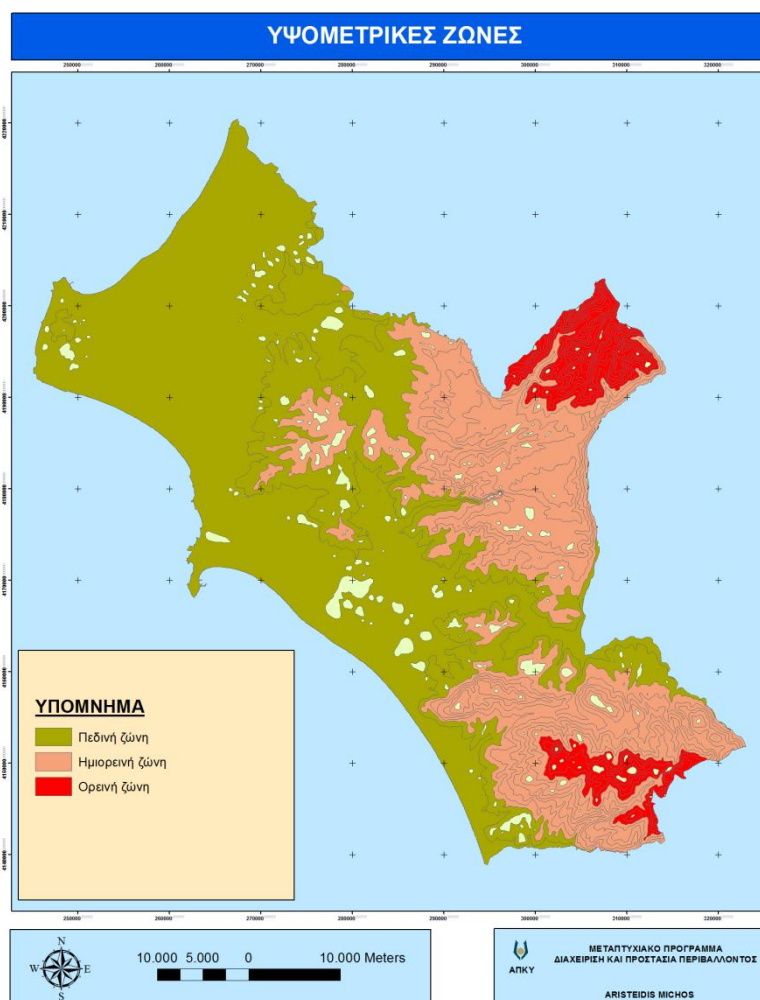
4.3.5 Χάρτης υψομετρικών ζωνών

Μία μέθοδος που χρησιμοποιείται συχνά για την αναπαράσταση της γήινης επιφάνειας σε διδιάστατους χάρτες είναι η ομαδοποίηση των υψομέτρων και η παρουσίασή τους κατά ζώνες. Ο χάρτης αυτός μπορεί να παραχθεί πολύ εύκολα από το DEM και το τελικό αποτέλεσμα μπορεί να μελετηθεί ευκολότερα λόγω και του περιορισμένου αριθμού ζωνών.

Από την άλλη πλευρά, όμως, είναι λιγότερο λεπτομερές σε σχέση με τον αρχικό χάρτη.

Για τη δημιουργία του χάρτη των πεδινών, ημιορεινών και ορεινών περιοχών δημιουργήθηκε ένα νέο σύστημα ιδιοτήτων, το οποίο περιλαμβάνει την

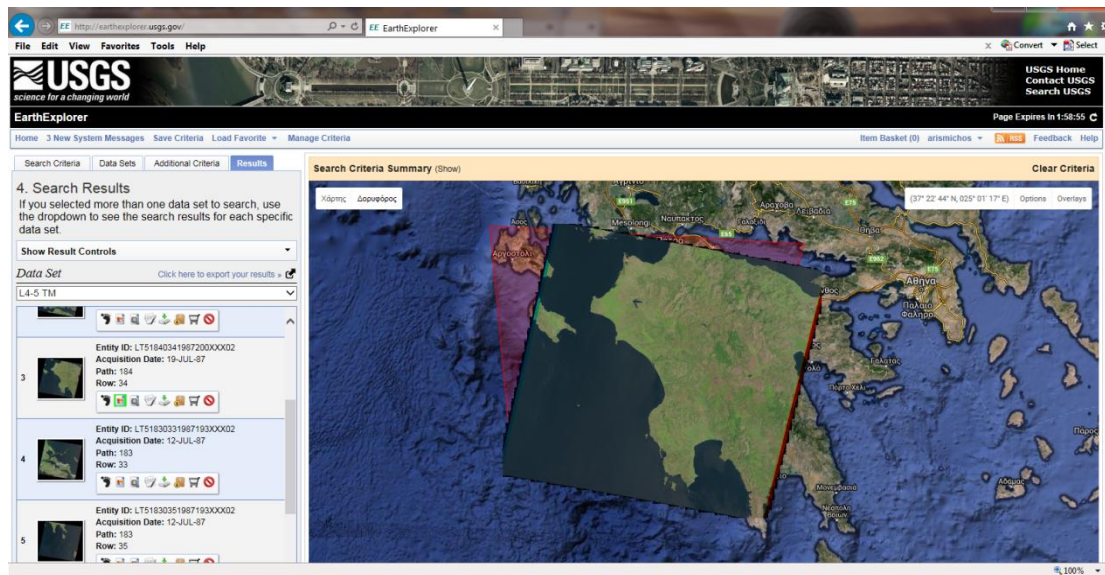
πληροφόρηση των ομάδων ταξινόμησης των υψομέτρων. Συγκεκριμένα κατασκευάστηκαν 3 υψομετρικές ζώνες, η πεδινή (0-200 m), η ημιορεινή (201-800 m) και η ορεινή ζώνη (>801 m). Ακολούθως καθορίστηκε το σύστημα απεικόνισης, που καθορίζει τα χρώματα με τα οποία απεικονίζονται οι ζώνες (Χάρτης 9).



Χάρτης 9. Χαρτογραφική απόδοση Υψομετρικών Ζωνών Νομού Ηλείας (Ιδία επεξεργασία, Λογισμικό ArcGIS 10.1)

4.4 Απόκτηση δεδομένων

Οι 3 δορυφορικές εικόνες προέρχονται από το θεματικό χαρτογράφο του δορυφόρου Landsat και είναι διαθέσιμες δωρεάν από τον ιστότοπο <http://earthexplorer.usgs.gov/> (Εικόνα 10) του Αμερικάνικου Γεωλογικού Ινστιτούτου U.S.G.S. (United States Geological Survey).



Εικόνα 10. Προεπισκόπηση διαθέσιμων δορυφορικών εικόνων

Η επιλογή των εικόνων έγινε με τα παρακάτω κριτήρια:

- 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.
- Οι επιλεγμένες εικόνες θα έπρεπε για τη περιοχή μελέτης να είναι διαυγείς, χωρίς νεφοκάλυψη για να ελαχιστοποιηθούν τα σφάλματα στην ψηφιακή ανάλυση.

Το πρωτογενές δορυφορικό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί στη παρούσα μελέτη προέρχεται από το θεματικό χαρτογράφο (TM Thematic Mapper) του δορυφόρου Landsat-5 με ημερομηνία δημιουργίας του, τις 19-7-1987, και Landsat-7 με ημερομηνία δημιουργίας του 18-7-2007 και 15-8-2014 κάτι που δείχνει ότι είναι τραβηγμένες την ίδια εποχή. Και στις 3 ημερομηνίες η περιοχή ενδιαφέροντος είναι καθαρή από σύννεφα. Επίσης έχουν επιλεγεί μόνο οι μπάντες 1-5 και η 7 για να χρησιμοποιηθούν στη μελέτη.

Πληροφορίες μεταδεδομένων. Σε κάθε φάκελο των αρχείων του πρωτογενούς υλικού δορυφορικών δεδομένων, υπάρχει ένα αρχείο μεταδεδομένων με κατάληξη MTL. Το αρχείο αυτό περιέχει σημαντικές πληροφορίες και στοιχεία που αφορούν τη λήψη της κάθε εικόνας. Στη παρακάτω εικόνα 11 εμφανίζεται το αρχείο MTL της δορυφορικής εικόνας του 1987.

```
LT51840341987200XXX2_...
File Edit Format View Help
GROUP = L1_METADATA_FILE
GROUP = METADATA_FILE_INFO
ORIGIN = "Image courtesy of the U.S.
          Geological Survey"
REQUEST_ID = "0101405302143_00057"
LANDSAT_SCENE_ID = "LT51840341987200XXX02"
FILE_DATE = 2014-05-31T13:56:55Z
STATION_ID = "XXX"
PROCESSING_SOFTWARE_VERSION = "LPGS_12.4.1"
DATA_CATEGORY = "NOMINAL"
END_GROUP = METADATA_FILE_INFO
GROUP = PRODUCT_METADATA
DATA_TYPE = "L1T"
DATA_TYPE_LORP = "TMR_LORP"
ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
EPHEMERIS_TYPE = "DEFINITIVE"
SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_5"
SENSOR_ID = "TM"
SENSOR_MODE = "SAM"
WRS_PATH = 184
WRS_ROW = 034
DATE_ACQUIRED = 1987-07-19
SCENE_CENTER_TIME = 08:36:32.9690440Z
CORNER_UL_LAT_PRODUCT = 38.41347
CORNER_UL_LON_PRODUCT = 20.33793
CORNER_UR_LAT_PRODUCT = 38.39780
CORNER_UR_LON_PRODUCT = 23.02805
CORNER_LL_LAT_PRODUCT = 36.49908
CORNER_LL_LON_PRODUCT = 20.35460
CORNER_LR_LAT_PRODUCT = 36.48445
CORNER_LR_LON_PRODUCT = 22.97704
CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT = 442200.000
CORNER_UL_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4251900.000
CORNER_UR_PROJECTION_X_PRODUCT =
677100.000 CORNER_UR_PROJECTION_Y_PRODUCT
= 4251900.000
CORNER_LL_PROJECTION_X_PRODUCT = 442200.000
CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4039500.000
CORNER_LR_PROJECTION_X_PRODUCT =
677100.000 CORNER_LR_PROJECTION_Y_PRODUCT
= 4039500.000 REFLECTIVE_LINES = 7081
```

Εικόνα 11. Απεικόνιση αρχείου .MTL δορυφορικής εικόνας Landsat TM στο σημειωματάριο

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 19/7/1987
- Τα φασματικά κανάλια 1,2,3,4,5,6,7

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

Λεπτομέρειες επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων Landsat.

Τυπικές παράμετροι: Όλα τα τυπικά προϊόντα δεδομένων Landsat υποβλήθηκαν σε επεξεργασία χρησιμοποιώντας το Level 1 Product Generation System (LPGS) με την εφαρμογή των παρακάτω παραμέτρων:

- 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.

Γενικά οι κατηγορίες των επιπέδων της επεξεργασίας στο παρελθόν και το παρόν των δορυφορικών εικόνων Landsat αναφέρονται παρακάτω:

- Επίπεδο 0R (ακατέργαστη μη διορθωμένη ETM + και TM). Δεν είναι πλέον διαθέσιμο από την 30η Σεπτεμβρίου του 2008 και τον Δεκέμβριο του 2008, αντίστοιχα
- Επίπεδο 1G (ραδιομετρικά και γεωμετρικά διορθωμένη MSS, TM, και ETM +)
- Επίπεδο 1P (συστηματικά τοπογραφικά διορθωμένη. TM και MSS μόνο. Δεν είναι πλέον διαθέσιμο από το Δεκέμβριο του 2008)
- Επίπεδο 1Gt (συστηματικά τοπογραφικά διορθωμένη. ETM + μόνο)
- Επίπεδο 1T (συστηματικά τοπογραφικά διορθωμένη. MSS, TM, και ETM +)

Παρότι τα περισσότερα δεδομένα Landsat που διατίθενται σήμερα χωρίς καμία χρέωση υποβάλλονται σε επεξεργασία ως το Επίπεδο 1T (τοπογραφικά

διορθωμένα), ορισμένες σκηνές δεν έχουν στοιχεία ελέγχου του εδάφους ή υψομετρικές πληροφορίες απαραίτητες για την ακρίβεια ή την τοπογραφική διόρθωση, αντίστοιχα. Σε αυτές τις περιπτώσεις, θα πρέπει να εφαρμοστεί το καλύτερο επίπεδο διόρθωσης (Επίπεδο 1G-συστηματική ή Επίπεδο 1Gt συστηματική τοπογραφική).

4.5 Γεωαναφορά

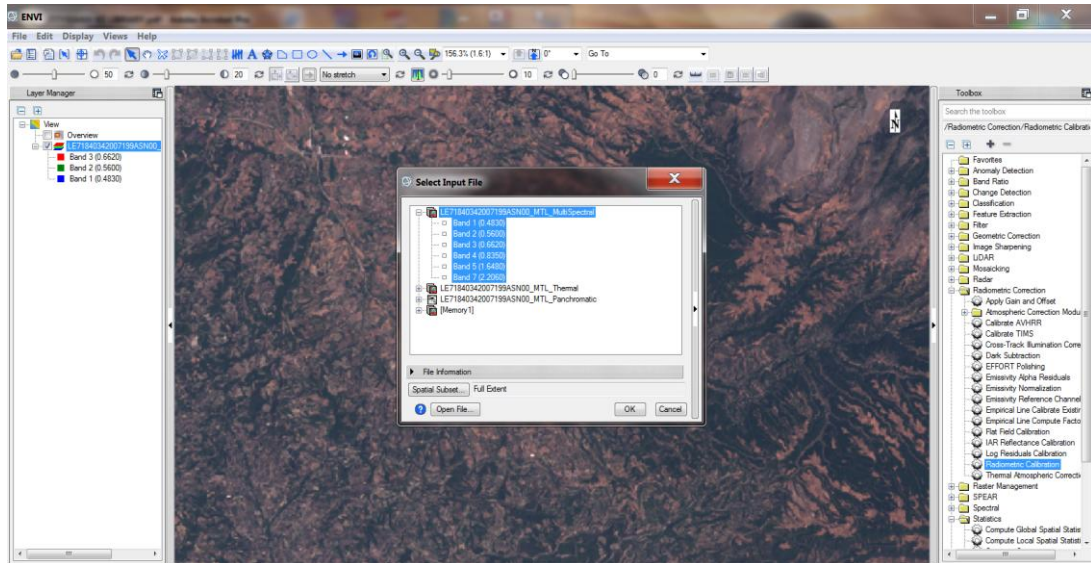
Οι δορυφορικές εικόνες Landsat της μελέτης είναι ήδη γεωαναφερόμενες, και κατόπιν ελέγχου στο λογισμικό ENVI η συγκεκριμένη διαδικασία δεν κρίθηκε απαραίτητη.

4.6 Ραδιομετρική – Ατμοσφαιρική Διόρθωση.

Η ραδιομετρική διόρθωση και κανονικοποίηση μιας διαχρονικής σειράς δορυφορικών εικόνων, σε μια περιοχή αποτελεί ένα προαπαιτούμενο βήμα για την ανίχνευση αλλαγών.

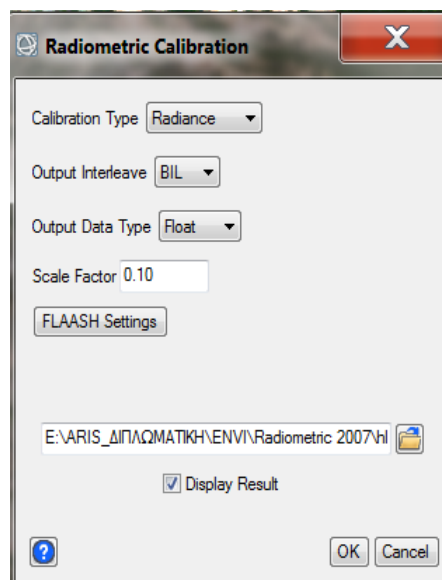
Στην εν λόγω εργασία, επιλέχθηκε η χρήση του λογισμικού ENVI και η μέθοδος Fast Line-of sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes (FLAASH). Το ENVI, παρέχει διάφορες μεθόδους για την ατμοσφαιρική διόρθωση με κορυφαία τη μέθοδο FLAASH (Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes) που 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.

Από την αρχική οθόνη του ENVI (Εικόνα 12) και την εργαλειοθήκη Toolbox στη δεξιά πλευρά επιλέγεται Radiometric Correction → Radiometric Calibration. Θα πρέπει να επιβεβαιωθεί ότι έχει εξαιρεθεί η θερμική μπάντα από τη διαδικασία.



Εικόνα 12. Ραδιομετρική διόρθωση εικόνας στο λογισμικό ENVI

Στη συνέχεια και μέσω της προεπεξεργασίας έγινε μετατροπή των δεδομένων σύμφωνα με τις απαιτήσεις του λογισμικού της ατμοσφαιρικής διόρθωσης που θα εφαρμοστεί η μέθοδος Flaash. (εικόνα 13). Αρχικές μετατροπές που εφαρμόστηκαν μετά την εισαγωγή των δεδομένων στο λογισμικό ENVI, ήταν αρχικά η μετατροπή των δεδομένων σε μορφή 'ENVI standard' καθώς και η μετατροπή του format σε "BIL" (band-interleaved-by-line).

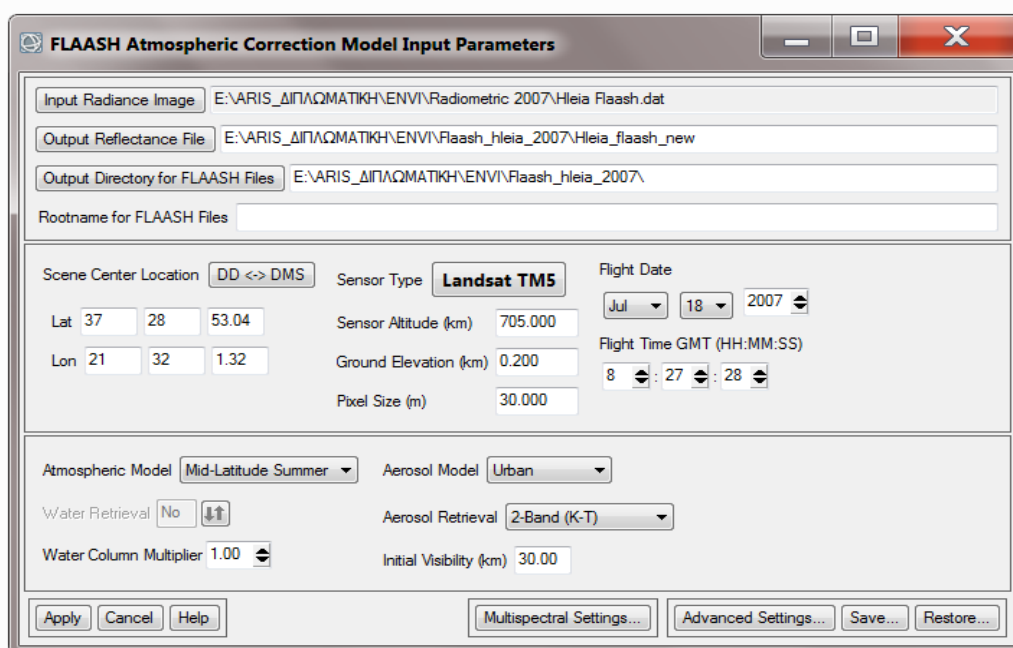


Εικόνα 13. Μετατροπή δεδομένων σύμφωνα με τις απαιτήσεις του λογισμικού της ατμοσφαιρικής διόρθωσης που θα εφαρμοστεί η μέθοδος Flaash.

Εναλλακτικά αν επιλεγεί η ένδειξη Flaash settings, οι παραπάνω επιλογές εισάγονται στα πεδία αυτόματα.

Το εξαγόμενο αρχείο στη συνέχεια θα διορθωθεί ατμοσφαιρικά με το εργαλείο του ENVI Flaash. Από την εργαλειοθήκη επιλέγεται διαδοχικά Toolbox → Atmospheric Correction module → Flaash Correction module

Οι επιλογές για την Flaash ατμοσφαιρική διόρθωση διαμορφώνονται σύμφωνα με τη παρακάτω εικόνα 14.



Εικόνα 14. Ρυθμίσεις Ατμοσφαιρικής Διόρθωσης με τη μέθοδο Flaash

Στο τέλος αυτής της διαδικασίας οι ψηφιακές τιμές (Digital numbers DN) που κατεγράφησαν από τα κανάλια του αισθητήρα του Θεματικού Χαρτογράφου (Thematic Mapper TM) του δορυφόρου Landsat αφού πρώτα μετασηματίστηκαν σε τιμές ακτινοβολίας (Radiance) στη συνέχεια μετατρέπονται σε τιμές ανάκλασης (Reflectance). Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην εικόνα που θα προκύψει από την εφαρμογή της ατμοσφαιρικής διόρθωσης με FLAASH πολλαπλασιάζονται οι τιμές ανακλαστικότητας επί 10.000. Ο λόγος για την κλιμάκωση αυτή είναι η μετατροπή των δεδομένων ανάκλασης σε ακέραιους, η οποία καταλαμβάνει λιγότερο χώρο στο δίσκο από τα δεδομένα κινητής υποδιαστολής.

4.7 Αποκοπή δορυφορικών εικόνων στα όρια της περιοχής μελέτης.

Αυτή έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού ArcMap 10.1 και την εντολή Select by Attributes, επιλέγοντας και δημιουργώντας το shapefile των ορίων του Νομού Ηλείας.

Στη συνέχεια με το ίδιο λογισμικό έγινε μετατροπή του Συστήματος συντεταγμένων από το Ελληνικό σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87 στο WGS 84 34N, ώστε οι δορυφορικές εικόνες και το shapefile που θα χρησιμοποιήθηκαν για την αποκοπή των εικόνων να βρίσκονται στο ίδιο σύστημα αναφοράς.

Με τη χρήση του λογισμικού ENVI επιλέχθηκαν διαδοχικά τα αρχεία .MTL των δορυφορικών εικόνων Landsat ετών 1987, 2007 και 2014 και με το εργαλείο Subset Data via ROIs αποκόπηκαν οι περιοχές ενδιαφέροντος στα όρια του Δήμου της περιοχής μελέτης.

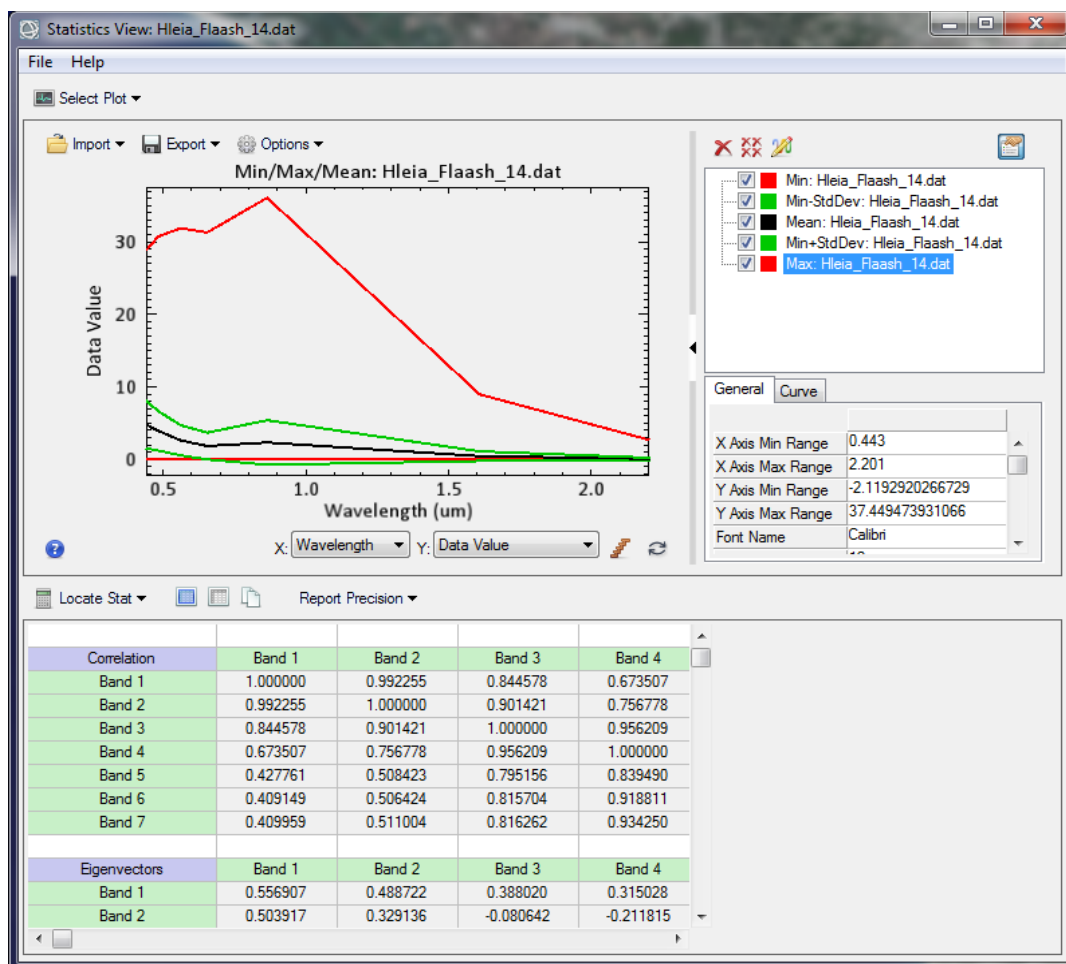
4.8 Στατιστικά εικόνων.

Πριν από τη διαδικασία της ταξινόμησης, κρίνεται χρήσιμο να εξετασθούν τα στατιστικά στοιχεία των 3 εικόνων της περιοχής μελέτης, που θα ταξινομηθούν. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η μελέτη της κατανομής των ψηφιακών τιμών των εικονοστοιχείων (DN) σε κάθε κανάλι, τα μέγιστα και ελάχιστα, η εξέταση του ιστογράμματος κάθε καναλιού και τέλος η μελέτη της παραλλακτικότητας των τιμών με τη βοήθεια της συσχέτισης και της συνδιακύμανσης. Σε αρκετές περιπτώσεις πολυφασματικών εικόνων, και για γειτονικά φασματικά κανάλια περιέχεται σχεδόν η ίδια πληροφορία. Αντίθετα κατά την ταξινόμηση της εικόνας επιθυμούμε να συμπεριλάβουμε εκείνα τα κανάλια που θα μας δώσουν τη μέγιστη διαχωριστική ικανότητα, δηλαδή εκείνα που εμφανίζουν τη μικρότερη συσχέτιση.

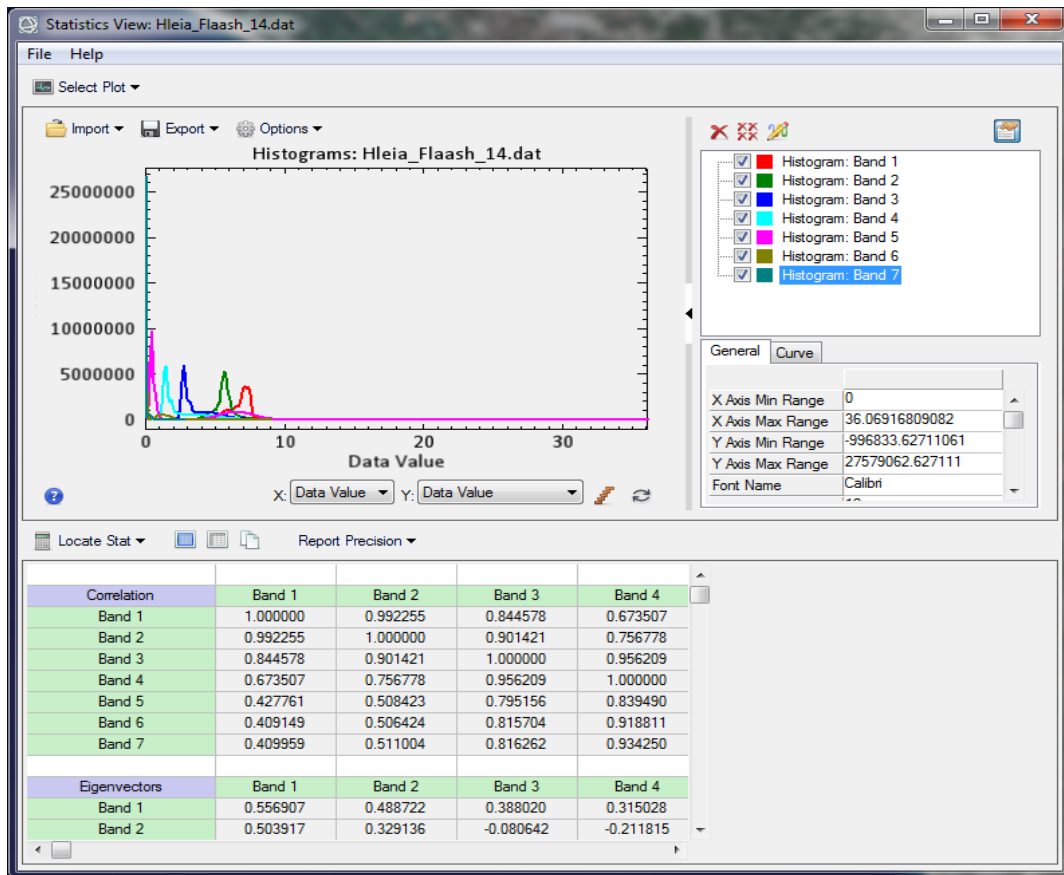
Τα στατιστικά μπορεί ο μελετητής να τα ζητήσει με 2 τρόπους:

Με τα γρήγορα στατιστικά: Επιλογή αρχείου εικόνας και δεξί κλικ. Από το μενού που θα εμφανισθεί, επιλογή Quick Stats. Στη συνέχεια εμφανίζεται το παράθυρο Statistics Results : όνομα αρχείου. Στο παράθυρο διακρίνονται κάποια βασικά στατιστικά της εικόνας. Διαιρείται σε δύο τμήματα. Το γραφικό (Plot) και το στατιστικό (Stat). Η πρώτη οθόνη γραφικού αναφέρει μέγιστη τιμή,

ελάχιστη τιμή, μέση τιμή και τυπική απόκλιση. Οι παραπάνω τιμές αναφέρονται σε όλα τα κανάλια της εικόνας. Στον άξονα X φαίνεται το μήκος κύματος (Προϋπόθεση το Header File του αρχείου να περιέχει την πληροφορία μήκους κύματος ανά κανάλι) και στον άξονα Y οι αντίστοιχες τιμές. (Εικόνα 15)



Εικόνα 15. Quick stats δορυφορικής εικόνας Landsat έτους 1993 της περιοχής μελέτης. Από την επιλογή Select Plot μπορεί ο μελετητής να επιλέξει να εμφανίσει το ιστόγραμμα κάποιας από τις μπάντες, ενώ σαν επιλογή μπορεί να εμφανίσει όλες τις μπάντες με διαφορετικό χρώμα την κάθε μία (Εικόνα 16)

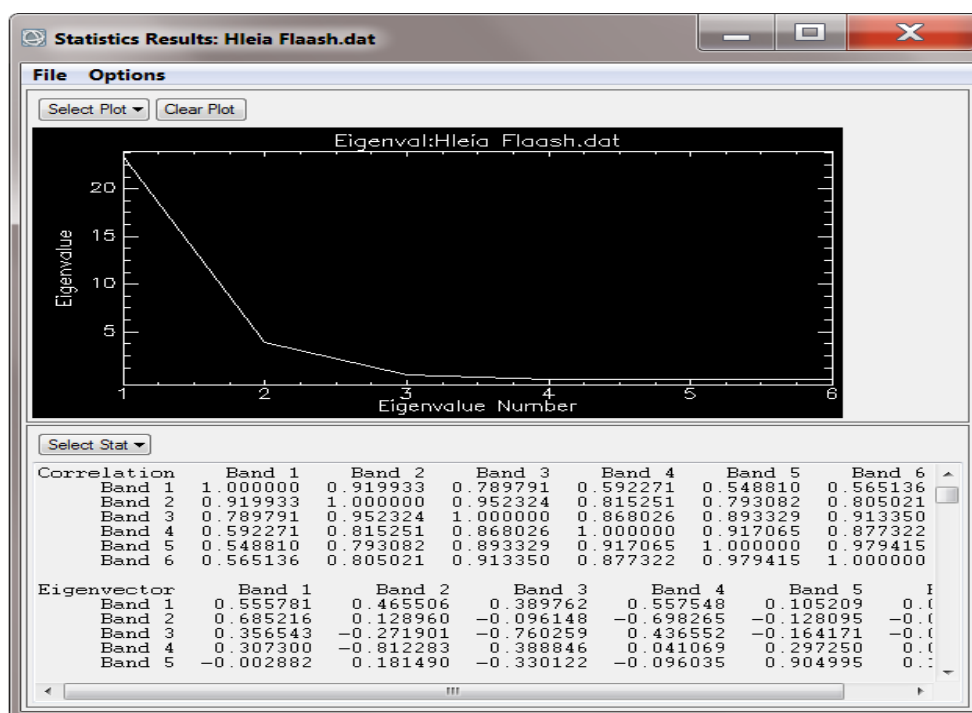


Εικόνα 16. Ιστόγραμμα όλων των φασματικών καναλιών που συνθέτουν την δορυφορική εικόνα Landsat του έτους 1993 της περιοχής μελέτης

Σε γενικές γραμμές, το εργαλείο Quick Stats δίνει τη δυνατότητα για μια σύντομη στατιστική περιγραφή της εικόνας χωρίς να εγγραφεί καμία πληροφορία στο δίσκο, δίνει δηλαδή τη δυνατότητα για on the fly υπολογισμό των στατιστικών μιας εικόνας. Δεν δίνει τη δυνατότητα για υπολογισμό συνδιακύμανσης και συσχέτισης.

Με τα πλήρη στατιστικά ο αναλυτής εμφανίζει μια ολοκληρωμένη στατιστική ανάλυση της εικόνας. Από την εργαλειοθήκη (Toolbox) στο δεξί μέρος της οθόνης του ENVI διαδοχικά επιλέγεται Statistics > Compute Statistics. Θα εμφανισθεί το παράθυρο Compute Statistics Parameters. Ενεργοποίηση των πεδίων Histograms και Covariance, ενεργοποίηση το Output to a Statistics File και ορισμός της διαδρομής και του ονόματος του αρχείου που θα περιέχει τα στατιστικά (το αρχείο που θα δημιουργηθεί θα έχει κατάληξη .sta).

Το νέο παράθυρο αποτελεσμάτων Statistics Results που εμφανίζεται, είναι παρόμοιο με αυτό του Quick Stats αλλά περιέχει επιπρόσθετες πληροφορίες. (Εικόνα 17)



Εικόνα 17. Ιστόγραμμα ιδιοτιμών (Eigenvalues).

Με την επιλογή Select Stat > Correlation θα εμφανισθεί ο πίνακας συσχέτισης (Πίνακας 10) των καναλιών όπου αποτυπώνεται το μέγεθος συµµεταβολής των τιμών ενός καναλιού σε σχέση µε τα άλλα κανάλια της εικόνας. Όσο πιο κοντά στην μονάδα είναι η συσχέτιση µεταξύ των καναλιών τόσο περισσότερο συσχετισµένες είναι οι τιμές τους, δηλαδή περιέχουν την ίδια περίπου πληροφορία. Το επιδιωκόµενο στην διαδικασία της ταξινόµησης είναι η µεταξύ τους συσχέτιση να είναι η µικρότερη δυνατή δηλαδή λίγα κανάλια µε µικρή συσχέτιση (µεγάλη παραλλακτικότητα) και όχι πολλά κανάλια µε περιττή πληροφορία.

Correlation	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6
Band 1	1.00	0.93	0.83	0.64	0.59	0.63
Band 2	0.93	1.00	0.95	0.83	0.80	0.82
Band 3	0.83	0.95	1.00	0.88	0.89	0.91
Band 4	0.64	0.83	0.88	1.00	0.92	0.89
Band 5	0.59	0.80	0.89	0.92	1.00	0.98
Band 6	0.63	0.82	0.91	0.89	0.98	1.00

Πίνακας 10. Πίνακας συσχέτισης (correlation) καναλιών.

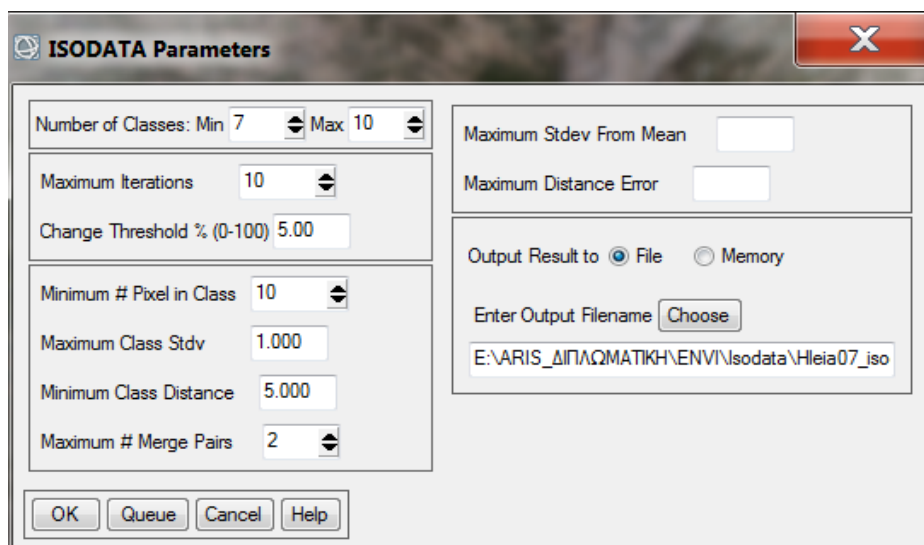
4.9 Μη Εποπτευόμενη Ταξινόμηση.

Πριν από τη διαδικασία της εποπτευόμενης ταξινόμησης, εφαρμόστηκε η μη εποπτευόμενη ταξινόμησης, η οποία δίνει στο μελετητή μια αρχική εκτίμηση της ύπαρξης διαχρονικών αλλαγών στη κάλυψη γης στη περιοχή μελέτης και η οποία βοηθά στο διαχωρισμό και τη δημιουργία των κλάσεων ταξινόμησης στην επιβλεπόμενη ταξινόμηση που ακολουθεί. Το ENVI καθώς και τα άλλα λογισμικά επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων δίνουν τη δυνατότητα της εφαρμογής μιας σύντομης μορφής ταξινόμησης, ταχύτατης στην επεξεργασία, χωρίς εισαγωγή δεδομένων, χωρίς εκπαίδευση του λογισμικού και χωρίς να απαιτούνται γνώσεις της περιοχής μελέτης, αλλά δεν είναι σε θέση να δώσει πληροφορίες σχετικά με το είδος χρήσης γης. Η εφαρμογή αυτή βασίστηκε στην εφαρμογή ενός μαθηματικού προγραμματιστικού αλγόριθμου. Οι αλγόριθμοι ταξινόμησης που συνήθως χρησιμοποιούνται στη τηλεπισκόπηση είναι δύο: ο K - Means και ο αλγόριθμος ομαδοποίησης ISODATA. Στη παρούσα μελέτη εφαρμόστηκε ο αλγόριθμος ISODATA.

Από το μενού της εργαλειοθήκης επιλέχθηκε Classification > Unsupervised > IsoData. Στη συνέχεια εισήχθησαν διαδοχικά οι 3 εικόνες για την εφαρμογή του αλγορίθμου.

Η μέθοδος αυτή υπολογίζει ομάδες κλάσεων, ομαλά κατανεμημένες στο χώρο των δεδομένων (clusters), με μια διαδικασία που περιλαμβάνει υπολογισμό κλάσης, συγκέντρωση εναπομεινάντων εικονοστοιχείων (pixels), επαναπροσδιορισμό κλάσεων κ.ο.κ χρησιμοποιώντας την τεχνική των ελαχίστων αποστάσεων. Σε κάθε επανάληψη επαναυπολογίζεται ο μέσος, και επαναταξινομούνται τα 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).

Στο παράθυρο του εργαλείου ταξινόμησης ISODATA Parameters του λογισμικού ENVI, εισάγουμε τα παρακάτω στοιχεία (Εικόνα 18):



Εικόνα 18. Παράθυρο ταξινόμησης ISODATA.

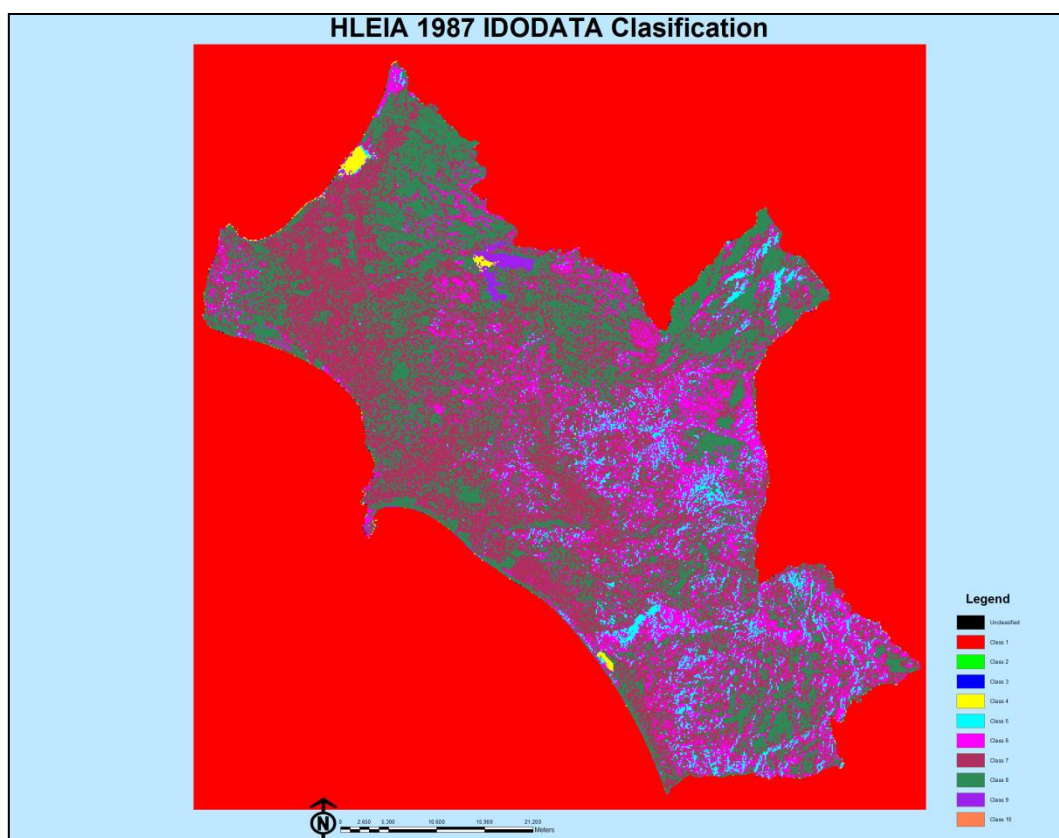
1. **Number of Classes Min Max.** Ο ελάχιστος και μέγιστος αριθμός των κλάσεων που θα δημιουργηθούν. Η μέθοδος IsoData διαιρεί και συγχωνεύει κλάσεις μέχρι να καταλήξει στην άριστη λύση, βάση των ορίων εμπιστοσύνης που καθορίζονται από τον ερευνητή. Η παρούσα επιλογή είναι 7 κλάσεις min και 10 κλάσεις max.
2. **Maximum Iterations.** Ο μέγιστος αριθμός των επαναλήψεων. Η παρούσα επιλογή είναι 10 επαναλήψεις.
3. **Change Threshold.** Ο βαθμός εμπιστοσύνης για την ταξινόμηση ή μη ενός εικονοστοιχείου σε μια κλάση.
4. **Minimum # Pixels in Classes.** Ο ελάχιστος αριθμός των εικονοστοιχείων που μπορούν να αποτελούν μια κλάση. Όταν το πλήθος των pixel μιας κλάσης είναι μικρότερο από αυτό το όριο, τότε η κλάση διαγράφεται και τα pixel ταξινομούνται στις εγγύτερες κλάσεις. Η παρούσα επιλογή είναι 10 εικονοστοιχεία.
5. **Minimum Class Distance.** Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των μέσων των κλάσεων (τιμές DN). Εάν η τιμή ξεπεραστεί τότε η κλάση συγχωνεύεται με άλλη. Η παρούσα επιλογή είναι 5.
6. **Minimum # Merge Pairs.** Ο ελάχιστος αριθμός ζευγών κλάσεων που συγχωνεύονται. Η παρούσα επιλογή είναι 2 ζεύγη κλάσεων.

7. Maximum Stdev From Mean. Η μέγιστη τυπική απόκλιση (τιμές DN). Όταν η τυπική απόκλιση μιας κλάσης είναι μεγαλύτερη από αυτή την τιμή τότε η κλάση διαιρείται (προαιρετικό).

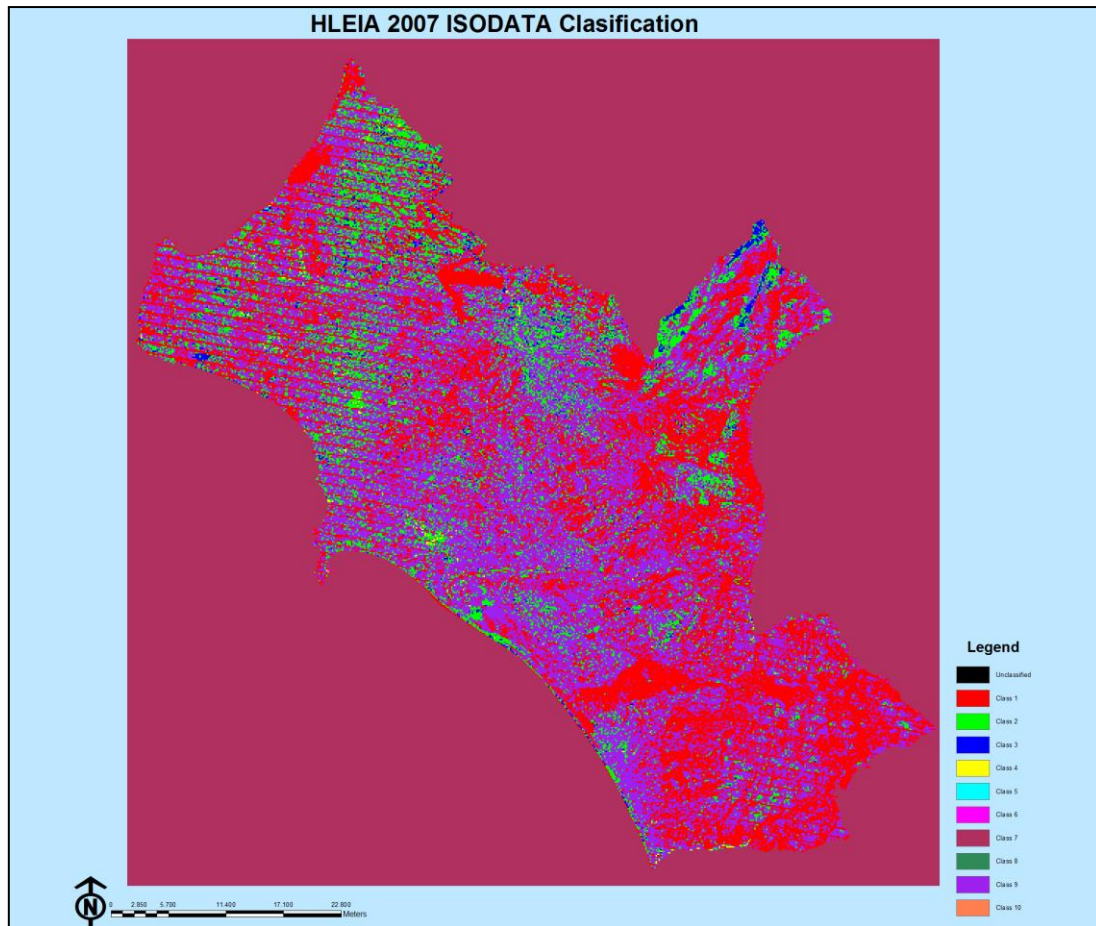
8. Maximum Distance Error (προαιρετικό).

9. Output Filename. Το παραγόμενο αρχείο – η ταξινομημένη εικόνα.

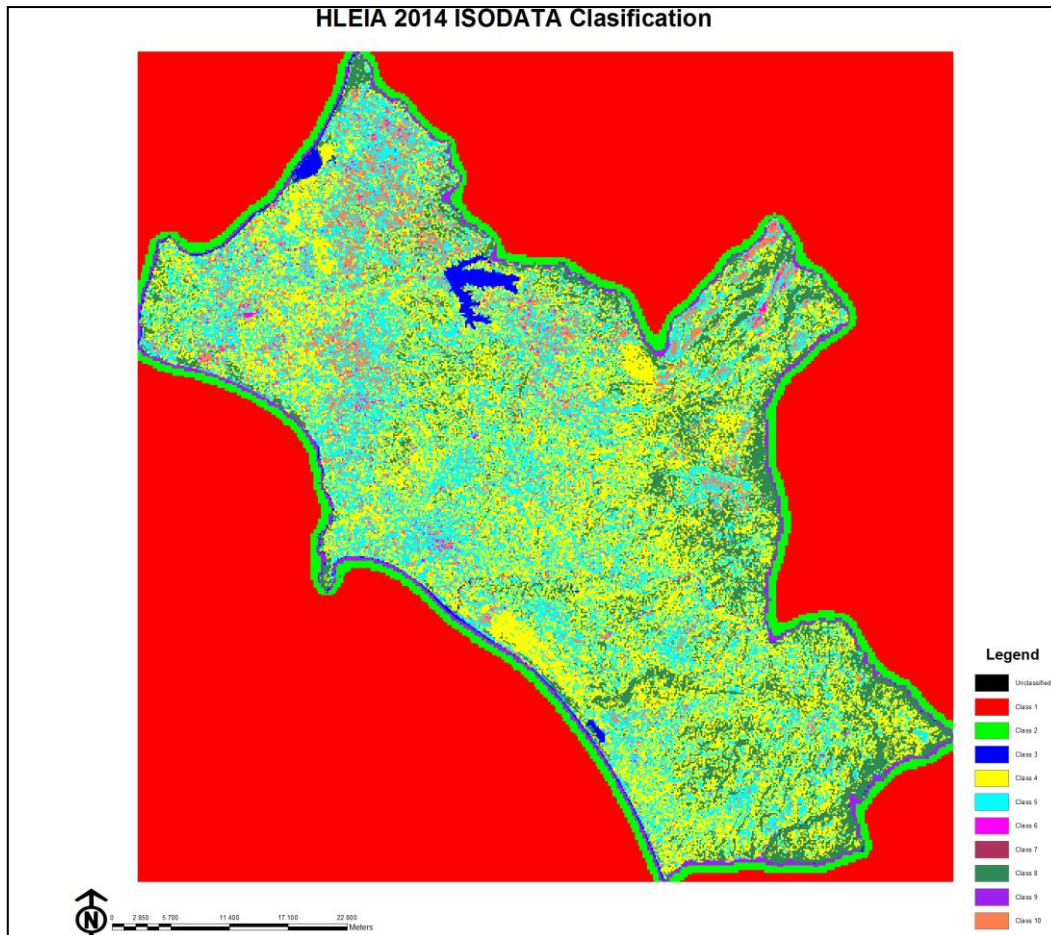
Εξαγόμενο της προαναφερόμενης διαδικασίας είναι οι 3 ψευδέγχρωμοι χάρτες με τις διαφορετικές κλάσεις που υπολόγισε ο αλγόριθμος ISODATA, για κάθε εικόνα της περιοχής μελέτης. (Χάρτες 10,11 και 12)



Χάρτης 10. Χάρτης μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης ISODATA 1987. (Λογισμικό ENVI 5.2)



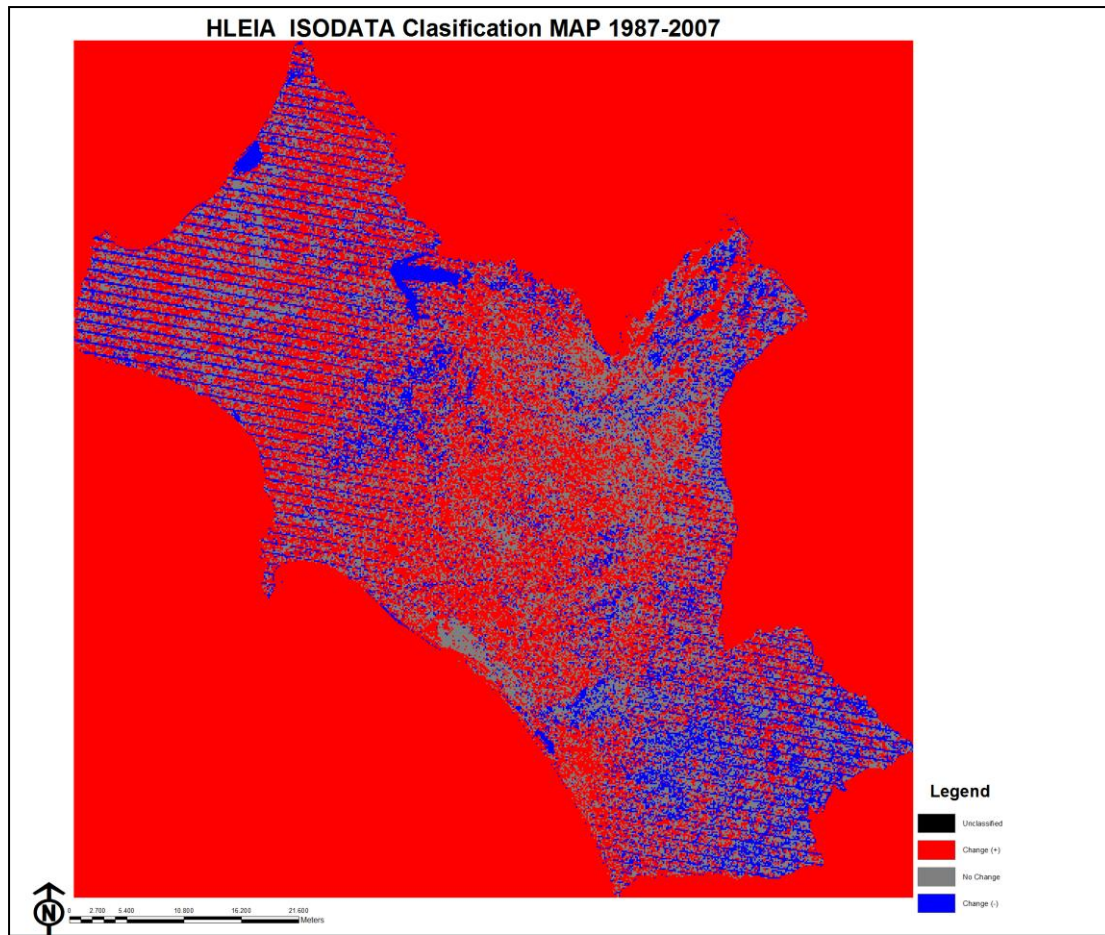
Χάρτης 11. Χάρτης μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης ISODATA 2007. (Λογισμικό ENVI 5.2)



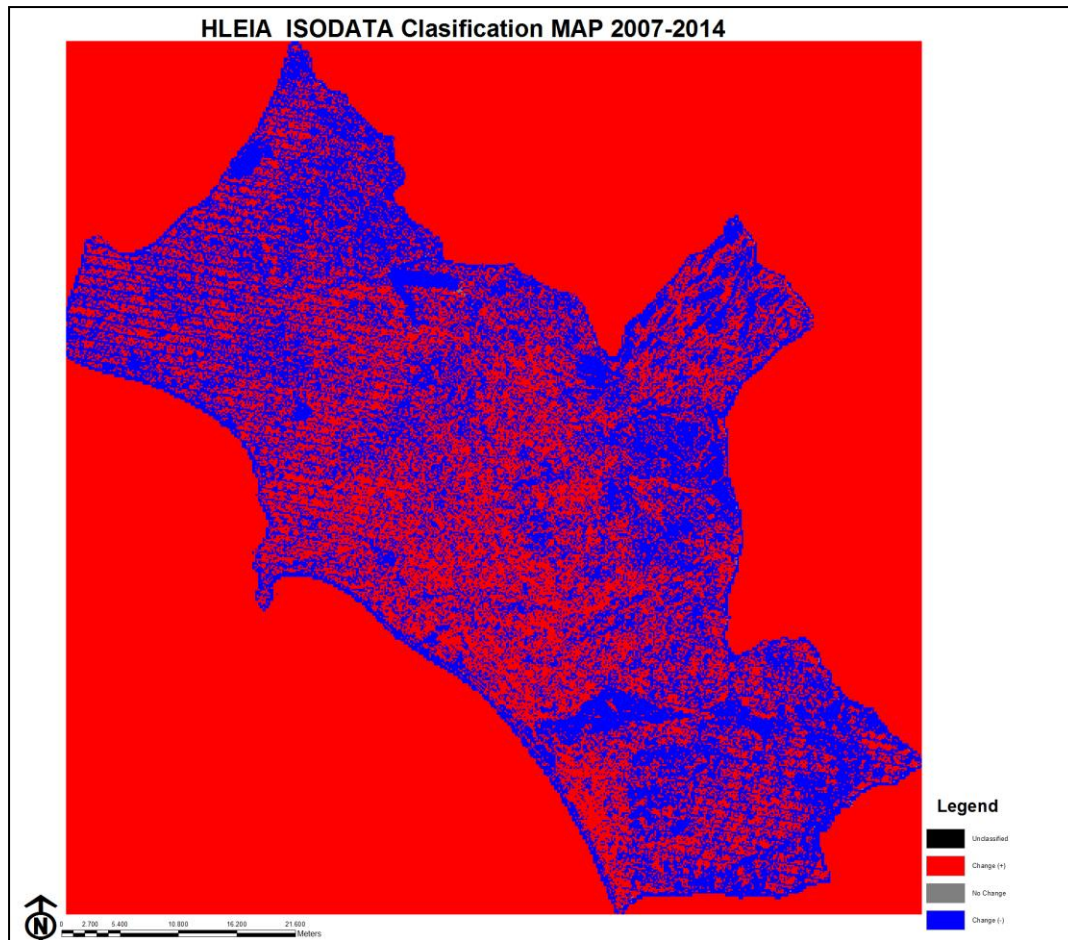
Χάρτης 12. Χάρτης μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης ISODATA 2014. (Λογισμικό ENVI 5.2)

Από τη σύγκριση των στοιχείων στους στατιστικούς πίνακες και ιστογράμματα εξάγεται το συμπέρασμα ότι υπάρχουν αλλαγές στις 10 κλάσεις που δημιούργησε ο αλγόριθμος ISODATA.

Ακολουθως, με βάση τους 3 παραπάνω χάρτες μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης ISODATA, αναπαραστάθηκαν σε 3 νέους χάρτες (Χάρτης 13,14) οι αλλαγές κάλυψης γης ανάμεσα στις 3 δεδομένες χρονικές περιόδους.



Χάρτης 13. Χάρτης αλλαγών κάλυψης γης (ISODATA) Ν. Ηλείας 1987 – 2007. (Λογισμικό ENVI 5.2).



Χάρτης 14. Χάρτης αλλαγών κάλυψης γης (ISODATA) Ν. Ηλείας 2007 – 2014. (Λογισμικό ENVI 5.2).

Όλα τα παραπάνω στοιχεία τα οποία προέκυψαν από την μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση (ISODATA), οδηγούν στο συμπέρασμα ότι στη περιοχή μελέτης (Νομός Ηλείας) για τις χρονικές μελέτες 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.

4.10 Αντικειμενοστραφής ανάλυση

Η αντικειμενοστραφής προσέγγιση λαμβάνει υπ' όψιν της τη μορφή, την υφή και τη φασματική πληροφορία των αντικειμένων της εικόνας. Το στάδιο της ταξινόμησης ξεκινάει την στιγμή που επιλέγεται ο κανόνας με τον οποίον ομαδοποιούνται τα εικονοστοιχεία της εικόνας σε εννοιολογικά αντικείμενα τα οποία κατόπιν χαρακτηρίζονται για να ταξινομηθούν σε επόμενα βήματα. Η δημιουργία της τοπολογίας και η κατάτμηση της εικόνας σε αντικείμενα πρέπει

να γίνει σύμφωνα με την ελάχιστη μονάδα χαρτογράφησης (minimum mapping unit), η οποία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη χωρική ανάλυση της δορυφορικής εικόνας. Καθ' αυτόν τον τρόπο, δεν ταξινομούνται εικονοστοιχεία, αλλά δίνεται η δυνατότητα να δημιουργούνται ομογενή αντικείμενα προς ταξινόμηση, των οποίων το ελάχιστο μέγεθος καθορίζεται από το χρήστη. Επιπροσθέτως η κατάτμηση μπορεί να πραγματοποιηθεί σε πολλαπλά επίπεδα κλίμακας (scale levels) τα οποία να δίνουν διαφορετικού μεγέθους αντικείμενα, και επομένως άλλο εννοιολογικό χαρακτήρα ως προς την κατηγορία των αντικειμένων που εκπροσωπούν.

Ο σκοπός της κατάτμησης της εικόνας είναι η δημιουργία αντικειμένων ενδιαφέροντος κατάλληλα προς ομαδοποίηση για το συγκεκριμένο είδος ταξινόμησης (π.χ χρήσης/κάλυψης γης). Ωστόσο τα αντικείμενα αυτά πολλές φορές είναι σε κάποιο βαθμό ετερογενή. Ακόμα και όταν η κατάτμηση της εικόνας ακολουθεί έναν γενικό κριτήριο ομοιογένειας αντικειμένων, στις περισσότερες - αν όχι σε όλες - τις περιπτώσεις δεν θα μπορέσει να εξάγει άμεσα τις τελικές περιοχές ή τα αντικείμενα ενδιαφέροντος. Κατά συνέπεια τα αντικείμενα που εξάγονται κατά την διαδικασία της κατάτμησης σκοπό έχουν να αποτελέσουν πρωτογενή τμήματα αντικειμένων τα οποία στη συνέχεια θα χρησιμεύσουν ως φορείς πληροφορίας και ως τμήματα μεγαλύτερων αντικειμένων για επαναταξινόμηση ή επανακατάτμηση. Υπ' αυτήν την έννοια, το βέλτιστο αποτέλεσμα κατάτμησης επιτυγχάνεται όταν αυτή εξάγει τα κατάλληλα δεδομένα για περαιτέρω ανάλυση (Hofmann κ. α. 1998). Με άλλα λόγια, η κατάτμηση της εικόνας δεν αποτελεί αυτοσκοπό, αλλά μέσο ικανό να δώσει τα κατάλληλα αποτελέσματα για την συνέχεια της ανάλυσης.

4.10.1 Καθορισμός κλάσεων ταξινόμησης (χρήσης/κάλυψης γης)

Το πρώτο βήμα για την ταξινόμηση είναι η 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. Το πιο σημαντικό και θεσμικό τμήμα της όλης διαδικασίας είναι 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, συνδυάστηκε η μεθοδολογία Corine Land Cover 2000 (CLC2000), η δασική νομοθεσία και το σύστημα του Anderson et al. (1976). Για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος στην Ευρωπαϊκή Ένωση, στις 17 Ιούνη 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 αφηρημένες 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 1:500000 έως 1:1 000 000.

- Επίπεδο 3: περιλαμβάνει 44 κατηγορίες κάλυψης γης και απευθύνεται στην κλίμακα 1:100.000

Αρχικά, από την φωτοερμηνεία των αεροφωτογραφιών και τις υπαίθριες παρατηρήσεις καταγράφηκαν οι κύριες χρήσεις γης που εμφανίζονται στην περιοχή μελέτης. Ο διαχωρισμός των μικτών από τα καθαρά πολύγωνα χρήσης γης πραγματοποιήθηκε λόγω του πολυτεμαχισμού που παρουσιάζει ο αγροτικός κλήρος στον Ελλαδικό χώρο και της πολυπλοκότητας και έντονης ανάμειξης που

παρουσιάζει γενικότερα στην περιοχή η χρήση/κάλυψη γης. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τον εξαιρετικά δύσκολο διαχωρισμό τους στις εικόνες του δορυφόρου Landsat.

Έτσι για παράδειγμα, δεν ήταν δυνατόν να γίνει διαχωρισμός της κατηγορίας «Τεχνικές επιφάνειες» από την κατηγορία «περιοχές χωρίς βλάστηση», καθώς και της κατηγορίας «θαμνώνες αείφυλλων – πλατύφυλλων» από την κατηγορία «μεταβατικές δασώδεις εκτάσεις». Ως αποτέλεσμα οι παραπάνω κατηγορίες ομαδοποιήθηκαν σε δυο καινούργιες κατηγορίες ονομαστικά «λοιπές καλύψεις» και «θαμνώνες αείφυλλων πλατύφυλλων/μεταβατικές δασικές εκτάσεις». Επίσης δεν ήταν δυνατόν να διακριθούν τόσο η διάσπαρτη δόμηση που περιβάλλεται από αγροτική ή φυσική βλάστηση, όσο και λεπτομέρειες στην δόμηση των οικισμών. Η διάκριση όλων των παραπάνω θα απαιτούσε τη χρήση δορυφορικών εικόνων πολύ υψηλής χωρικής ή και φασματικής ευκρίνειας.

Έτσι πραγματοποιήθηκε διαχωρισμός των πολυγωνικών ενοτήτων ως εξής:

- α) Σε εκείνες που περιλαμβάνουν μία «καθαρή» χρήση γης με ποσοστό μεγαλύτερο του 80% του συνόλου της έκτασής τους και
- β) Σε εκείνες που χαρακτηρίζονται ως «μικτές» και περιλαμβάνουν μία κύρια χρήση γης που καταλαμβάνει ποσοστό έως 80% του συνόλου της έκτασης κάθε πολυγώνου ενώ το υπόλοιπο ποσοστό καταλαμβάνεται από διαφορετικές χρήσεις γης που είναι δύσκολο να διαχωριστούν.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω οι κλάσεις που ορίστηκαν στη παρούσα μελέτη ήταν συνολικά εννέα. Επελέγησαν με βάση τα 2 προαναφερόμενα συστήματα ταξινόμησης, ενώ στην όλη διαδικασία ελήφθη υπόψη και η δασική νομοθεσία καθώς και οικολογικά κριτήρια.

- **Δάση κωνοφόρων:** περιοχές που καλύπτονται από κωνοφόρα ύψους μεγαλύτερο των 2μ. με αραιή ή πυκνή κάλυψη.
- **Δάση πλατυφύλλων:** περιοχές που καλύπτονται από πλατύφυλλα ύψους μεγαλύτερου των 2μ. με αραιή ή πυκνή κάλυψη.
- **Θαμνώνες αείφυλλων πλατύφυλλων / μεταβατικές δασικές εκτάσεις:** περιοχές που καλύπτονται από υψηλούς θαμνώνες αείφυλλων πλατύφυλλων / επιφάνειες που βρίσκονται στα όρια δασών
- **Θαμνότοποι:** επιφάνειες που καλύπτονται από θάμνους.

- **Εκτάσεις χαμηλής βλάστησης:** επιφάνειες που καλύπτονται από χαμηλή βλάστηση με σχετικά αραιή πυκνότητα.
- **Γεωργικές εκτάσεις**
- **Λοιπές καλύψεις:** οικισμοί, βιομηχανικές περιοχές βραχώδεις εξάρσεις λατομεία εκτάσεις καλυμμένες από χιόνι κ.α.
- **Υδάτινες επιφάνειες:** λίμνες ποτάμια κ.α.
- **Καμένες εκτάσεις:** εκτάσεις οι οποίες κήκαν πρόσφατα , δηλαδή σε χρονικό διάστημα λιγότερο από ένα χρόνο από την λήψη της εικόνας.

Με βάση τις ανωτέρω κλάσεις ταξινομήθηκαν όλες οι εκτάσεις στη περιοχή μελέτης

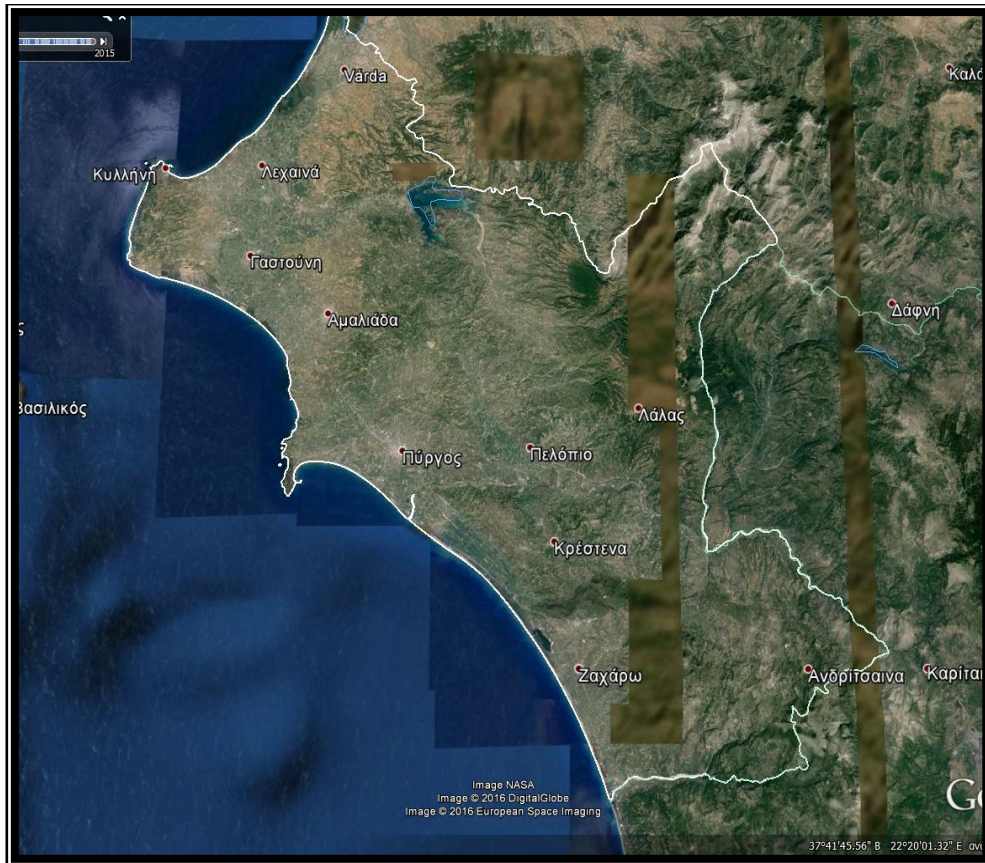
4.10.2 Εκπαίδευση περιοχών

Στο στάδιο της εκπαίδευσης που ακολουθεί, επιλέγονται περιοχές σε κάθε μια από τις 3 εικόνες της περιοχής μελέτης, οι οποίες ανήκουν αποδεδειγμένα σε κάποια από τις οκτώ οριζόμενες κλάσεις ταξινόμησης και απομονώνονται σε ένα πολύγωνο στην οθόνη το οποίο καλείται εκπαιδευτικό πεδίο (training site) ή περιοχή ενδιαφέροντος (region of interest ROI).

Για τον καθορισμό των εκπαιδευτικών πεδίων στις 3 διαθέσιμες εικόνες Landsat χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω δεδομένα:

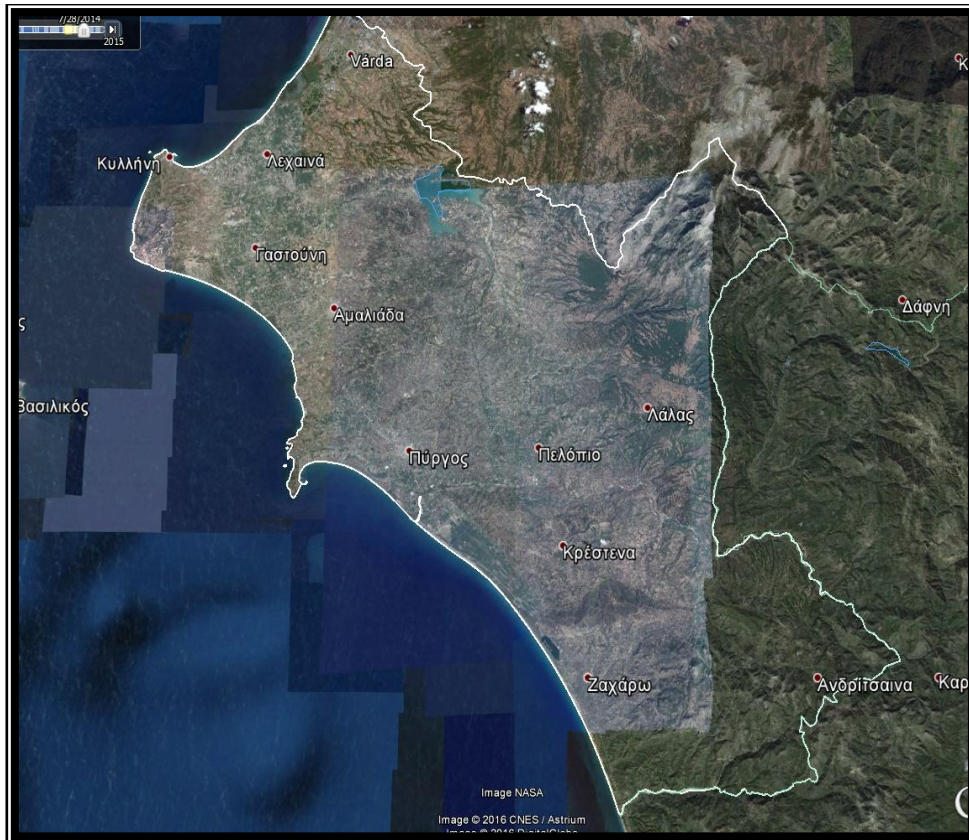
Για την εικόνα του 1987, χρησιμοποιήθηκαν οι αναλογικές αεροφωτογραφίες της περιοχής νομού Ηλείας 1987 του αρχείου Δ/νσης Δασών Ηλείας.

- Για την εικόνα του 2007, χρησιμοποιήθηκαν οι ψηφιακοί ορθοφωτοχάρτες της ΕΚΧΑ Α.Ε. έτους 2007 οι αναλογικές αεροφωτογραφίες της περιοχής του έτους 2007 από το αρχείο της Δ/νσης Δασών Ηλείας και η εικόνα 19 του Google Earth για τη χρονική στιγμή 11-7-2007



Εικόνα 19. Εικόνα Google Earth ημερομηνίας λήψης 11-7-2007.

Για την εικόνα του 2014, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα υπαίθρου από την επιτόπια αυτοψία στη περιοχή μελέτης, οι ορθοφωτοχάρτες της ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. έτους 2007 και η εικόνα 20 του Google Earth για τη χρονική στιγμή 28-7-2014



Εικόνα 20. Εικόνα Google Earth ημερομηνίας λήψης 28-7-2014.

Στο στάδιο αυτό, κατά την επιλογή των περιοχών εκπαίδευσης (ROIs), θα πρέπει ταυτόχρονα και με τον ίδιο τρόπο, να επιλεγούν παρόμοια πολύγωνα, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν 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

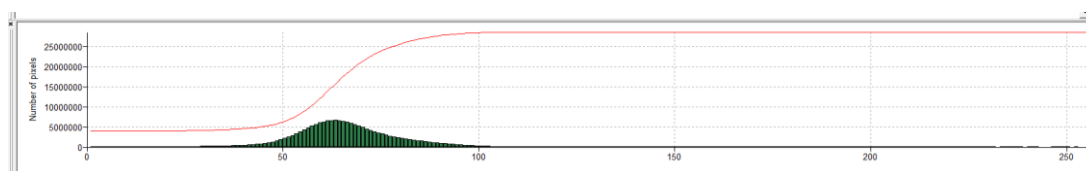
4.10.3 Βελτίωση της αντίθεσης

Ο σκοπός της βελτίωσης της εικόνας, είναι η δυνατότητα καλύτερης οπτικής ερμηνείας, αυξάνοντας τη διάκριση των επιφανειακών χαρακτηριστικών.

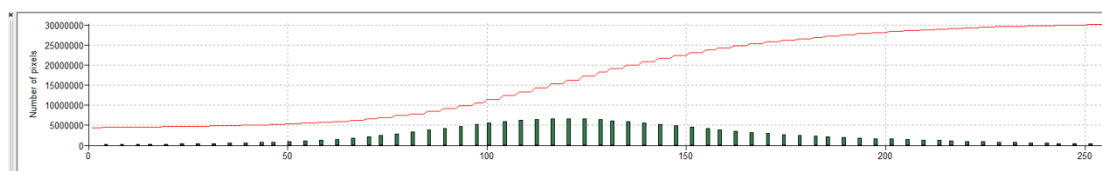
Για τη βελτίωση της αντίθεσης των εικόνων Landsat TM και ETM+, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της γραμμικής επέκτασης (linear contrast stretching), διότι θεωρείται ότι δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με άλλες μεθόδους, όσον αφορά τη βελτίωση της οπτικής ερμηνείας των εικόνων και την μετέπειτα επεξεργασία τους με σκοπό την ταξινόμηση (Yocky 1996, Harvey & Hill 2001). Αποτελεί την πιο απλή μορφή βελτίωσης της εικόνας και

περιλαμβάνει την αποτύπωση των τιμών των εικονοστοιχείων στην πλήρη κατανομή τους. Οι τιμές κατανέμονται με τέτοιο τρόπο ώστε τα εικονοστοιχεία με τις χαμηλότερες τιμές, πριν την εφαρμογή της τεχνικής, να αποτυπώνονται στην τιμή 0 (μαύρο) ενώ τα εικονοστοιχεία με τις υψηλότερες τιμές στην τιμή 255 (λευκό). Οι ενδιάμεσες τιμές κατανέμονται γραμμικά ανάμεσα στα δύο άκρα (Διάγραμμα 11 και 12).

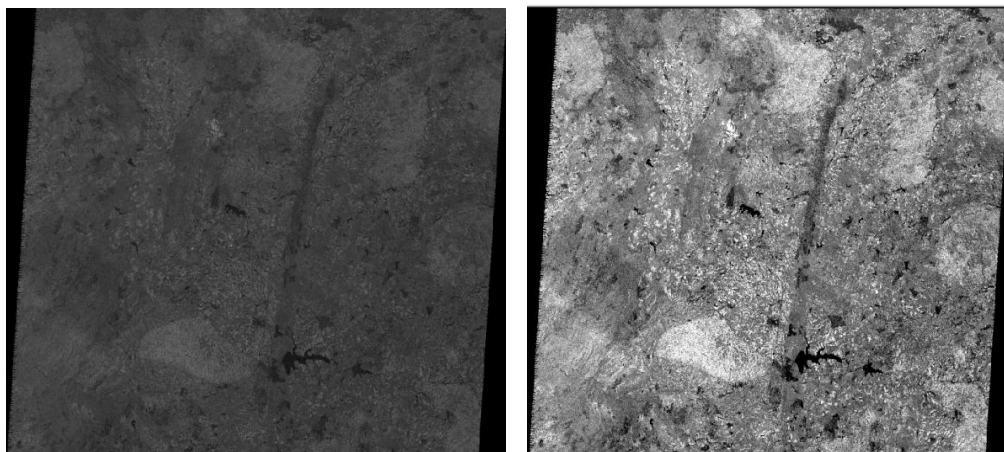
Με τη γραμμική επέκταση της αντίθεσης έχουμε αύξηση της αντίθεσης στην ψηφιακή εικόνα, ενώ διατηρούνται οι συσχετισμοί της αρχικής ακτινοβολίας. (Εικόνα 21). Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει καλύτερα αποτελέσματα σε εικόνες των οποίων τα ιστογράμματα ακολουθούν την κατανομή Gaussian, δηλαδή όλες οι τιμές φωτεινότητας συγκεντρώνονται σε ένα μικρό τμήμα του ιστογράμματος και η καμπύλη σχηματίζει μία μόνο κορυφή (Jensen 2004).



Διάγραμμα 11. Ιστόγραμμα κανάλι 8 του δορυφόρου Landsat 8 TM (2014), πριν την εφαρμογή της γραμμικής επέκτασης της αντίθεσης.



Διάγραμμα 12. Ιστόγραμμα κανάλι 8 του δορυφόρου Landsat 8 TM (2014), μετά την εφαρμογή της γραμμικής επέκτασης της αντίθεσης.

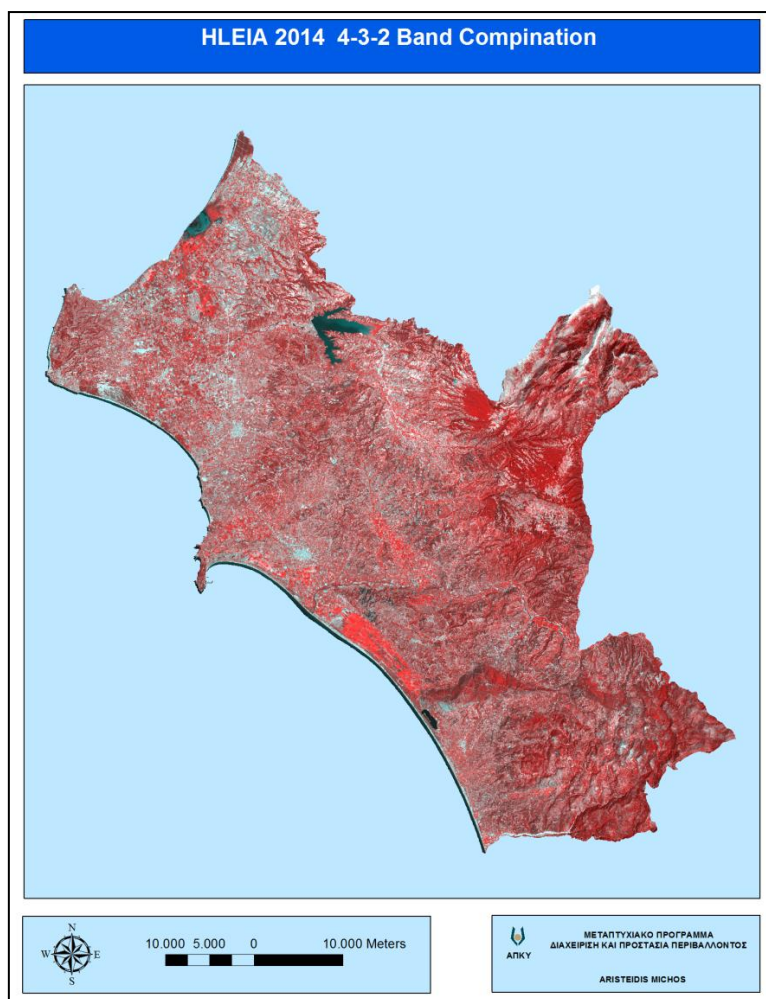


Εικόνα 21. Απεικονίζεται το κανάλι 8 του δορυφόρου Landsat 8 TM (2014), πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) την εφαρμογή της γραμμικής επέκτασης της αντίθεσης.

4.10.4 Δημιουργία Σύνθετων Ψευδέγχρωμων Εικόνων

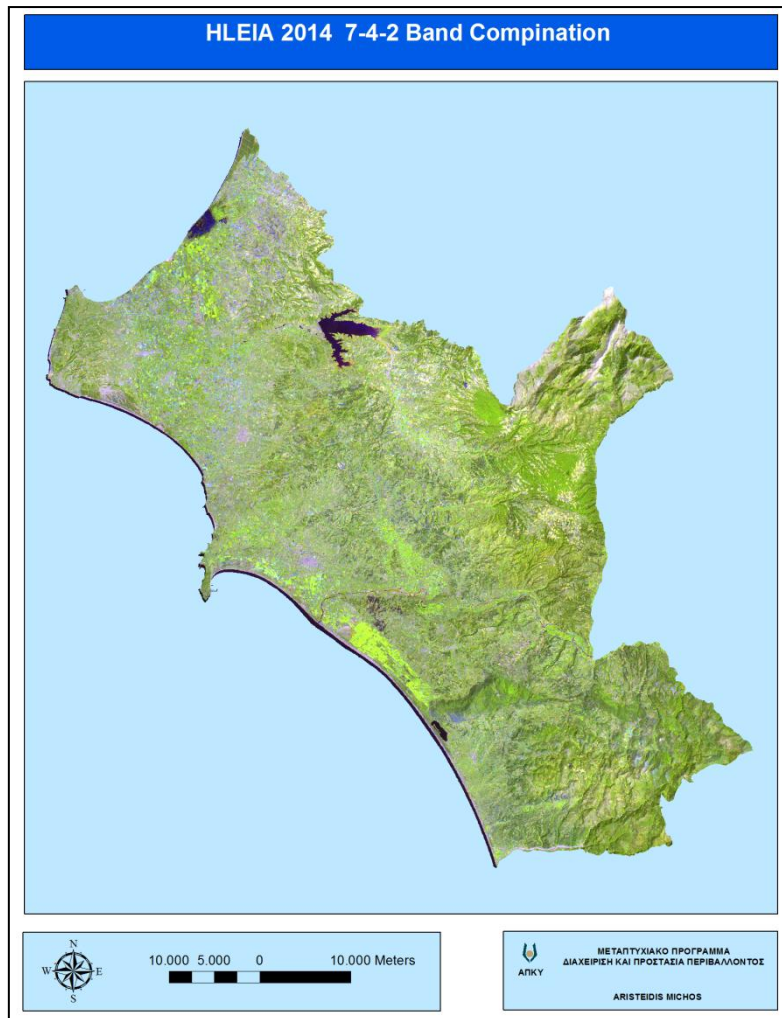
Στην αναγνώριση και το διαχωρισμό των διαφορετικών κλάσεων ταξινόμησης, συνεισέφερε σημαντικά και η επιλογή του κατάλληλου συνδυασμού φασματικών καναλιών. Μετά από διαδοχικές δοκιμές και συγκρίσεις οι συνδυασμοί που επιλέχθηκαν ήταν:

- Ο συνδυασμός RGB 4,3,2 (Χάρτης 15) στον οποίο 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. Οι πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές φαίνονται γαλάζιες.



Χάρτης 15. Ψευδέγχρωμη εικόνα περιοχής μελέτης έτους 2014. Σύνθεση RGB 4,3,2.

- Ο συνδυασμός RGB 7,4,2 (Χάρτης 16) εμφανίζει την υγιή βλάστηση με ένα φωτεινό πράσινο χρώμα, τα λιβάδια εμφανίζονται πράσινα, ενώ οι ροζ περιοχές αντιπροσωπεύουν το άγονο γυμνό έδαφος και οι περιοχές με αραιά βλάστηση εμφανίζονται με πορτοκαλί και καφέ χρώμα.



Χάρτης 16. Ψευδέγχρωμη εικόνα περιοχής μελέτης έτους 2014. Σύνθεση RGB 7,4,2.

- Τέλος ο συνδυασμός RGB 3,2,1 (True color), (Χάρτης 17) ο οποίος αποδίδει το φυσικό χρώμα στην εικόνα.



Χάρτης 17. Ψευδέγχρωμη εικόνα περιοχής μελέτης έτους 2014. Σύνθεση RGB 3,2,1.

4.10.5 Επιλογή μεθόδου αντικειμενοστραφής ταξινόμησης

Στην παρούσα διατριβή επιλέχθηκε η αντικειμενοστραφής ταξινόμηση εικόνων, έτσι ώστε να διερευνηθεί η χρησιμότητά του όσον αφορά την ταξινόμηση της χρήσης/ κάλυψης γης στην περιοχή μελέτης, με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που τη διακρίνουν (μεγάλη έκταση, ετερογένεια χρήσης/ κάλυψης γης, έντονη εναλλαγή μορφολογίας, μικρός και κατακερματισμένος αγροτικός κλήρος, κ.α.).

4.10.6 Εφαρμογή της αντικειμενοστραφής ταξινόμησης

Πριν την έναρξη της ανάπτυξης του μοντέλου δημιουργήθηκαν βοηθητικά δεδομένα τα οποία εισήχθησαν στο πρόγραμμα σαν συμπληρωματικά επίπεδα επεξεργασίας. Από το CORINE 2000 εξήχθησαν ως διανυσματικό αρχείο πολυγώνων οι περιοχές με τις αγροτικές καλλιέργειες, ώστε η ταξινόμηση να περιοριστεί στις υπόλοιπες κλάσεις. Αυτό κρίθηκε αναγκαίο λόγω της φασματικής ομοιότητας των αγροτικών εκτάσεων με άλλες κλάσεις (π. χ. αρδευόμενα χωράφια - πλατύφυλλη βλάστηση, μη αρδευόμενα χωράφια - γυμνές εκτάσεις). Το διανυσματικό επίπεδο πολυγώνων που προέκυψε λειτούργησε σα θεματικό επίπεδο για να οριστεί ο πρωτεύον τομέας ανάλυσης. Επιπλέον υπολογίστηκε ο Κανονικοποιημένος Δείκτης Βλάστησης (NDVI) για να εισαχθεί και αυτός ως θεματικό επίπεδο. Η εισαγωγή του κρίθηκε αναγκαία λόγω της ιδιότητάς του να διακρίνει τη βλάστηση από τις υπόλοιπες κατηγορίες. Τέλος υπολογίστηκε ένας προσαρμοσμένος (customized) δείκτης, μετά από πολλαπλές διαδικασίες «δοκιμής και λάθους» στην εύρεση διακριτικών χαρακτηριστικών, ο οποίος ονομάστηκε «SUM» και χρησιμοποιήθηκε διότι διαπιστώθηκε ότι είναι ικανός να διαχωρίζει τις κλάσεις της βλάστησης μεταξύ τους. Ο NDVI και ο SUM υπολογίστηκαν από τους παρακάτω τύπους

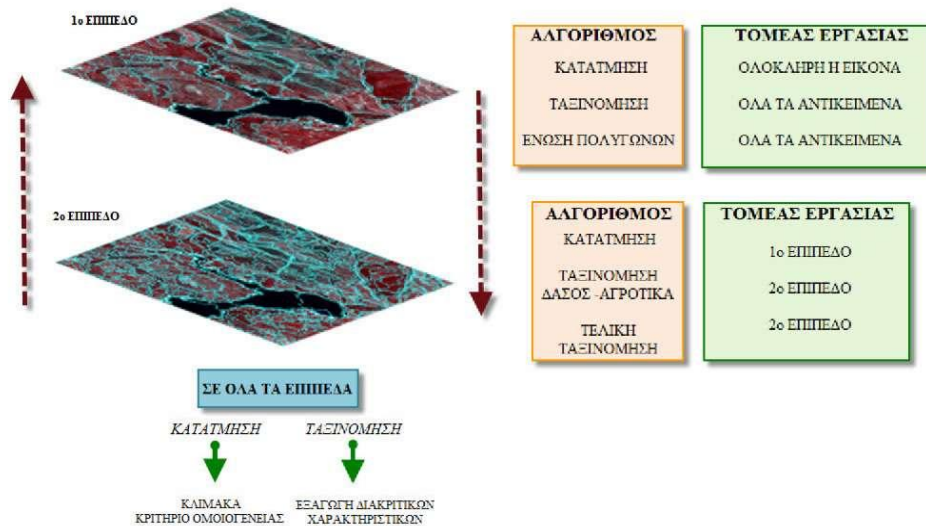
$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{R}}{\text{NIR} + \text{R}}$$

$$\text{SUM} = \frac{\text{Mean}(\text{SWIR}) \times \text{Mean}(\text{NIR}) \times \text{Mean}(\text{R}) \times \text{Mean}(\text{G})}{1000000}$$

Όπου SWIR, NIR, R, G οι φασματικοί δίαυλοι στο μέσο υπέρυθρο, κοντινό υπέρυθρο, κόκκινο και πράσινο τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος αντίστοιχα. Η διαίρεση με τον παρανομαστή στον τύπο του SUM κρίθηκε αναγκαία για να μειωθούν τα ψηφία των τιμών του, και να είναι πιο εύκολη η επεξεργασία στο λογισμικό.

Η προσέγγιση που ακολουθήθηκε για την ανάπτυξη του μοντέλου ήταν η δημιουργία δυο επιπέδων (level) ταξινόμησης. Το πρώτο επίπεδο διαχωρίζει τις αγροτικές περιοχές από τις υπόλοιπες. Κατόπιν θα δημιουργηθεί ένα δεύτερο επίπεδο ταξινόμησης όπου θα γίνει επανακατάτμηση για να δημιουργηθούν τα

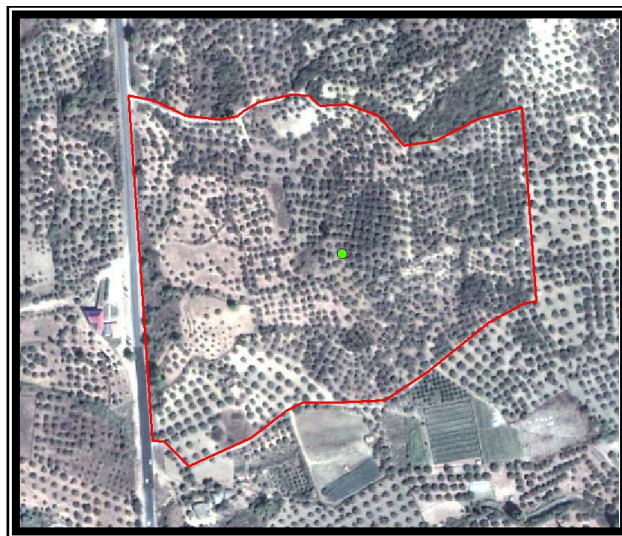
τελικά αντικείμενα που θα δώσουν τις τελικές κλάσεις έπειτα από την ταξινόμηση. Τέλος θα εξαχθούν σα διανυσματικά αρχεία τα τελικά πολύγωνα των κλάσεων για περαιτέρω επεξεργασία και παρουσίαση. Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται αναλυτικά οι διεργασίες, και ένα πρόχειρο σχεδιάγραμμα του μοντέλου φαίνεται παρακάτω (Εικόνα 22)



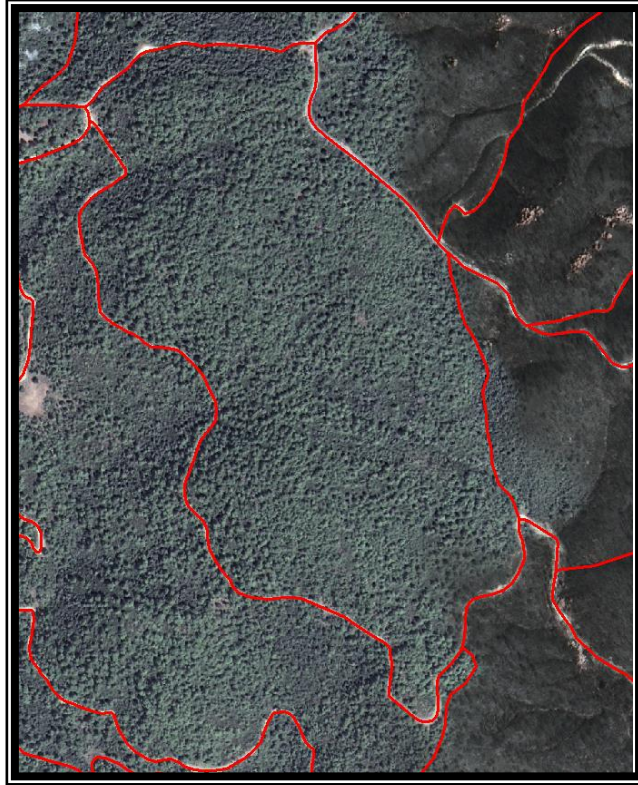
Εικόνα 22. Η σειρά των διεργασιών, και οι τομείς εργασίας που εφαρμόστηκαν στο αντικειμενοστραφές μοντέλο ταξινόμησης

Μετά το πέρας της ταξινόμησης πραγματοποιήθηκε έλεγχος των αποτελεσμάτων της τόσο με φωτοερμηνευτικές μεθόδους, όσο και με σημεία επιτόπιου ελέγχου (Rapid Field Visits) της αντίστοιχης περιόδου.

Οι παρακάτω εικόνες παρουσιάζουν τις περιοχές εκπαίδευσης



Εικόνα 23. Καλλιεργούμενες εκτάσεις



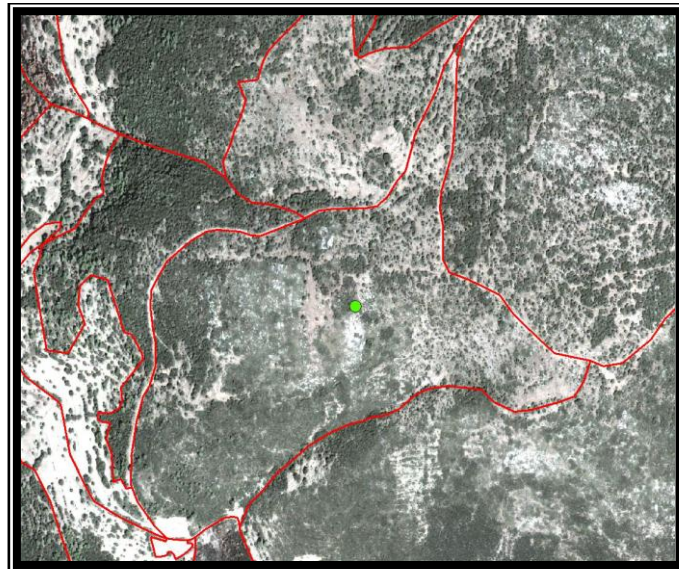
Εικόνα 24. Δάσος Κωνοφόρων



Εικόνα 25. Δάσος Πλατυφύλλων



Εικόνα 26. Αείφυλλα - Πλατύφυλλα



Εικόνα 27. Χαμηλή Βλάστηση

Κεφάλαιο 5

Ανίχνευση Μεταβολών

5.1 Γενικά

Η ανίχνευση αλλαγών αποδίδεται με τη βοήθεια των εργαλείων του λογισμικού ENVI 5.2 Change detection statistics, αλλά και με την αυτοματοποιημένη διαδικασία Thematic Change Workflow.

Οι κατηγορίες αλλαγών όπως κωδικοποιήθηκαν για την παρούσα μελέτη είναι :

- **Γεωργικές εκτάσεις που άλλαξαν** . Η αλλαγή αυτή δείχνει κυρίως τις πιέσεις εγκατάλειψης των οριακών γαιών ή αστικοποίησης της γεωργικής γης. Σε συνδυασμό με την επόμενη αλλαγή σχηματίζεται η εικόνα της ραγδαίας ανακατάταξης του γεωργικού χώρου την περίοδο μελέτης.
- **Εκτάσεις που μετατράπηκαν σε γεωργικές** . Αναλύεται η επέκταση της γεωργικής γης ως μιας από τις βασικότερες αλλαγές εις βάρος της φυσικής βλάστησης και καλύψεων.
- **Δάση που άλλαξαν** . Εδώ αποτυπώνονται και αναλύονται όλες οι αλλαγές που έχουν συντελεστεί εις βάρος των δασών της χώρας, ασχέτως αν αυτές αφορούν μετατροπή σε γεωργικές καλύψεις ή σε άλλης κατηγορίας φυσική βλάστηση. Οι επιμέρους αυτές αλλαγές αναλύονται στην προηγούμενη και στην επόμενη κατηγορία, αντίστοιχα.
- **Δάση που μετατράπηκαν σε εκτάσεις χαμηλής και θαμνώδους βλάστησης**. Η αλλαγή αυτή αποτελεί υποκατηγορία της προηγούμενης και είναι εξαιρετικά χρήσιμη καθώς στην πλειονότητα των περιπτώσεων υποδεικνύει την επίδραση δασικών πυρκαγιών.

- **Εκτάσεις χαμηλής και θαμνώδους βλάστησης που μετατράπηκαν σε δάση.** Αντίστοιχα η αντίστροφη αυτή τάση έχει μεγάλη σημασία καθώς υποδεικνύει είτε την ανάκαμψη δασών που είχαν καεί προ του 1987, είτε τη ανασύσταση δασών λόγω της μείωσης των πιέσεων του πρωτογενούς τομέα.

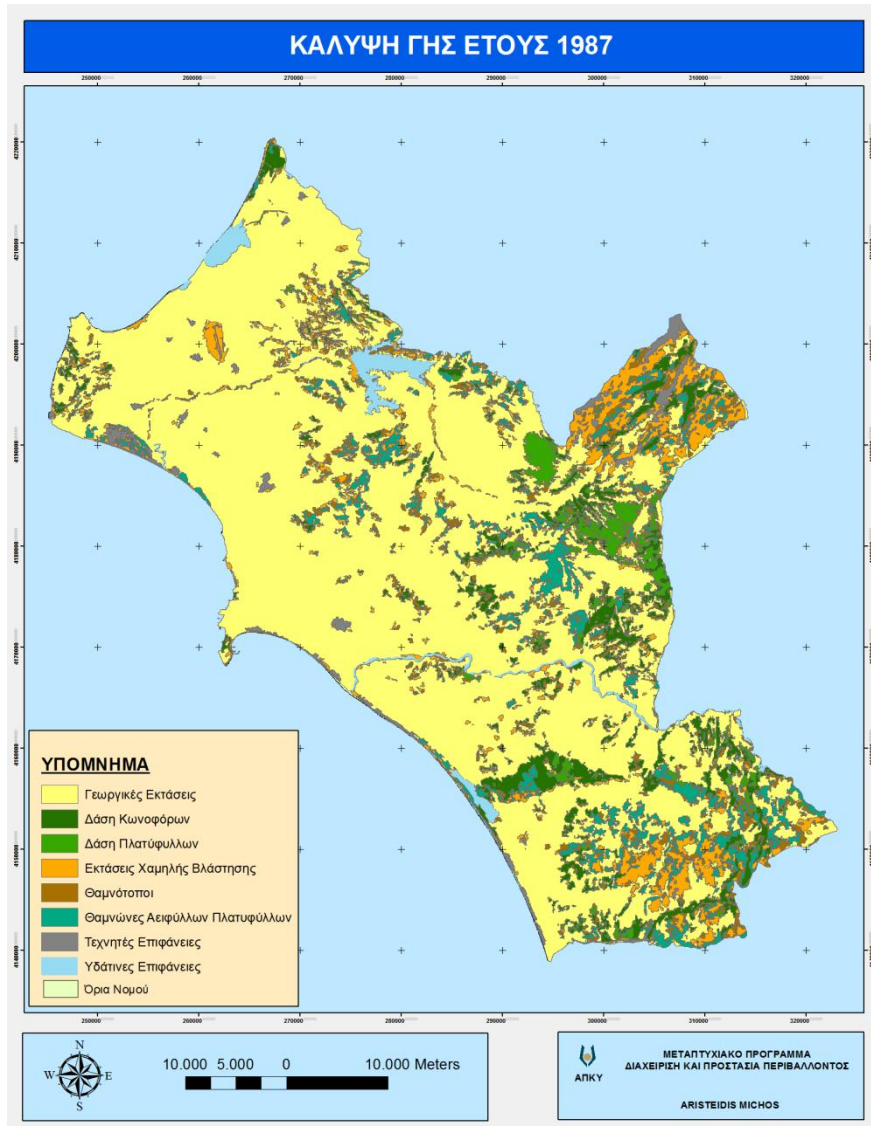
Με τη βοήθεια της διαλειτουργικότητας μεταξύ των λογισμικών του ENVI 5.2 και του ArcGIS 10., μεταφέρθηκαν τα raster αρχεία που δημιουργήθηκαν στο ENVI, στην επιφάνεια εργασίας του ArcGIS, και στη συνέχεια δημιουργήθηκαν για κάθε χρονικό διάστημα της μελέτης, οι θεματικοί χάρτες καλύψεως γης αλλά και θεματικοί χάρτες των κατηγοριών αλλαγών κάλυψης γης όπου απεικονίζεται η χωρική κατανομή των αλλαγών αυτών.

5.2 Χρονική περίοδος 1987-2007

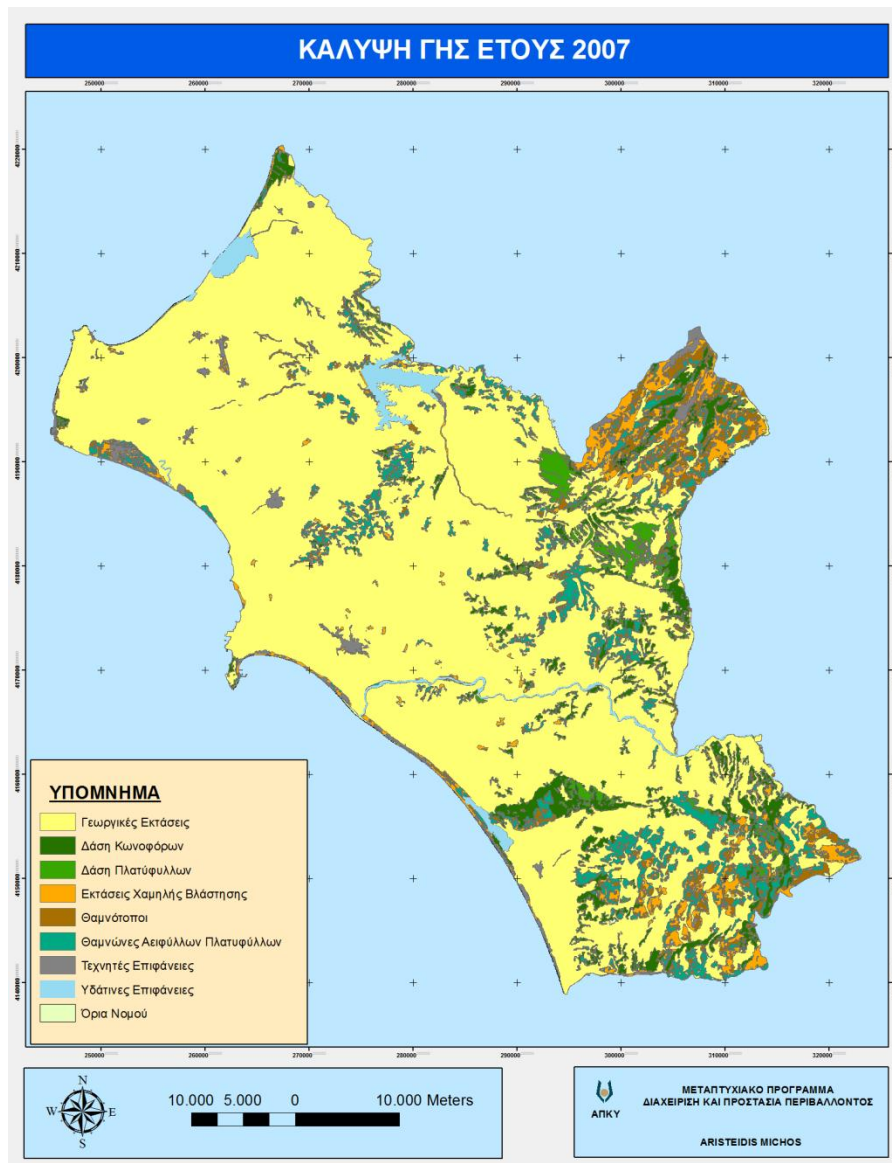
Το εμβαδόν κάλυψης γης ανά κατηγορία για τα δυο χρονικά σημεία μελέτης απεικονίζονται στον πίνακα 11 , ενώ η χωρική κατανομή των μορφών κάλυψης στους χάρτες 18 και 19

Είδος χρήσης / κάλυψης γης	Έτος 1987		Έτος 2007		Διαφορά 87-07
	Έκταση (Στρ.)	Ποσοστό %	Έκταση (Στρ.)	Ποσοστό %	
Δάση Κωνοφόρων	172.434,22	6,57	140.878,52	5,37	-31.555,71
Δάση Πλατύφυλλων	69.737,21	2,66	50.765,33	1,93	-18.971,88
Θαμνώνες Αειφύλλων πλατυφύλλων	141.074,81	5,38	146.214,10	5,57	5.139,29
Θαμνότοποι	145.189,31	5,53	134.911,20	5,14	-10.278,10
Γεωργικές εκτάσεις	1.808.433,80	68,92	1.932.623,00	73,65	124.189,20
Εκτάσεις χαμηλής βλάστησης	199.073,59	7,59	137.962,08	5,26	-61.111,51
Τεχνητές επιφάνειες	42.297,35	1,61	37.713,09	1,44	-4.584,26
Υδάτινες επιφάνειες	45.683,50	1,74	42.856,46	1,63	-2.827,04

Πίνακας 11. Ποσοστιαία κατανομή τύπων κάλυψης γης και εδαφικής έκτασης ανά χρονικό σημείο αναφοράς μελέτης

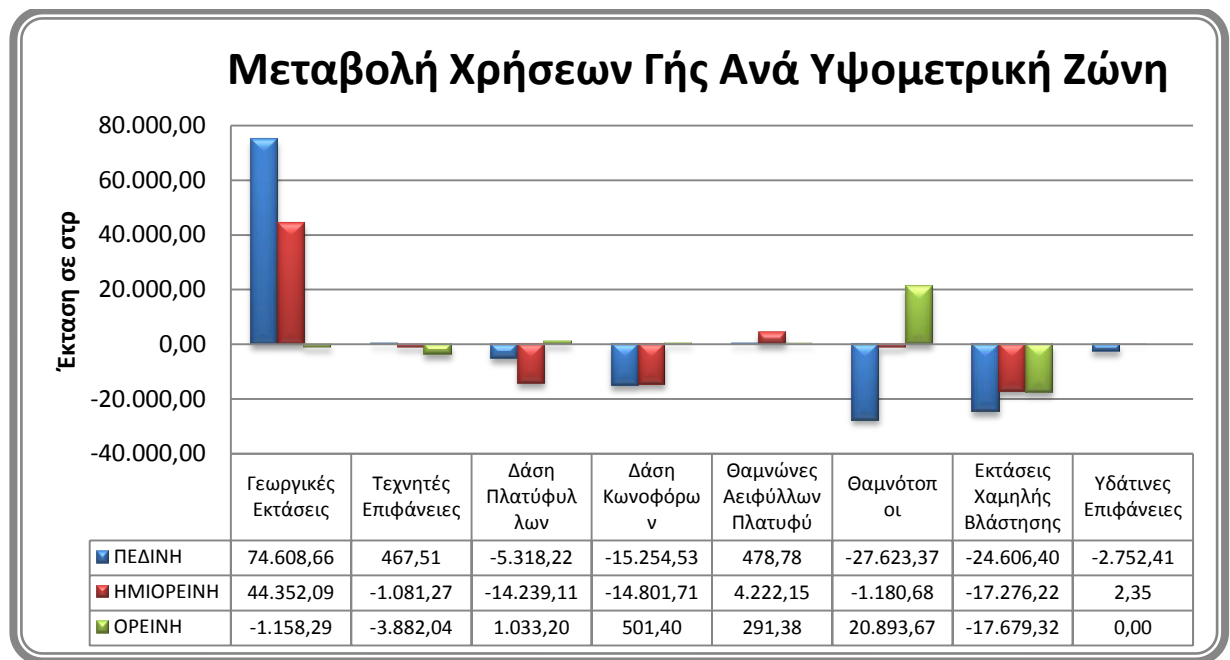


Χάρτης 18. Χαρτογραφική απεικόνιση βασικών τύπων κάλυψης γης έτους 1987



Χάρτης 19. Χαρτογραφική απεικόνιση βασικών τύπων κάλυψης γης έτους 2007

Οι αλλαγές στους κυριότερους τύπους βλάστησης γης ανά υψομετρική ζώνη πεδινή ζώνη (υψόμετρο 0-200μ) , ημιορεινή ζώνη (υψόμετρο 201-800μ) και ορεινή ζώνη (υψόμετρο >801μ.) για τις χρονικές περιόδους μεταξύ 1987 - 2007, καταγράφονται σε γράφημα (μπάρες) (Διάγραμμα 13)



Διάγραμμα 13 Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των μεταβολών χρήσεων γης ανά υψομετρική ζώνη το διάστημα 1987 - 2007

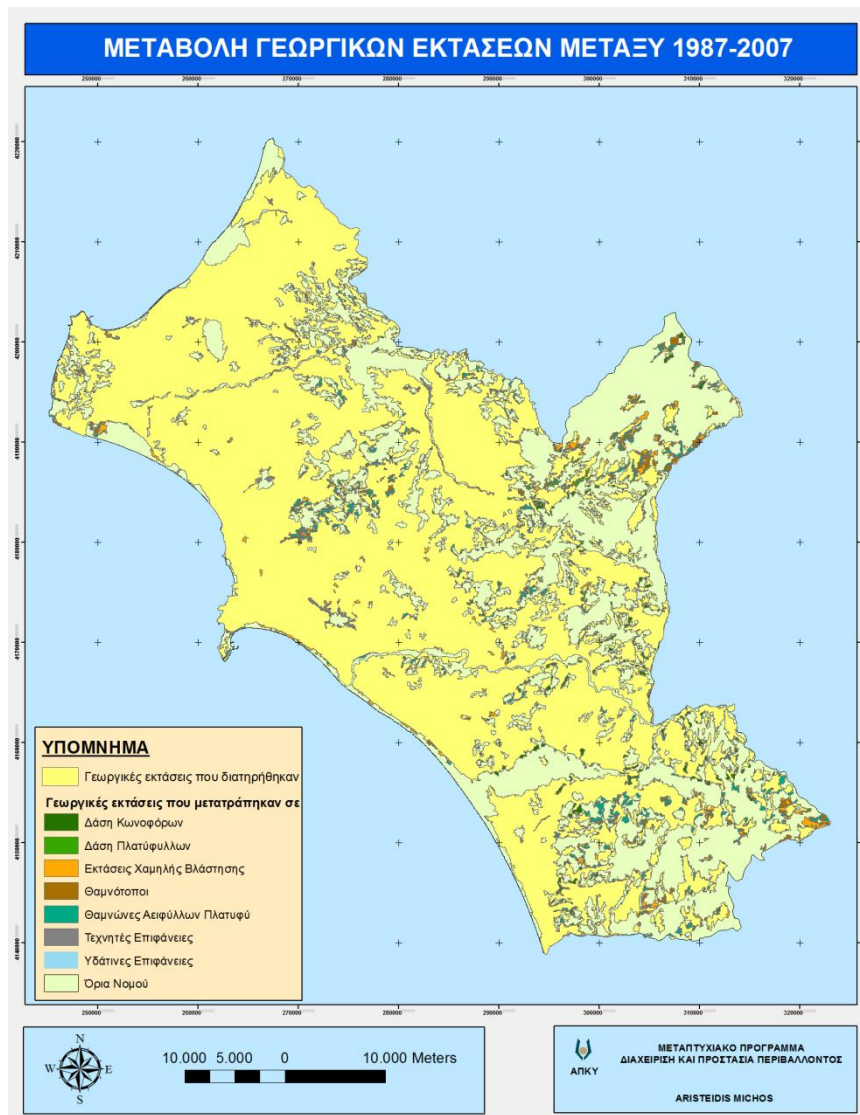
5.2.1 Κατηγορίες Αλλαγών

5.2.1.1 Γεωργικές εκτάσεις που άλλαξαν

Κατά την περίοδο 1987-2007 , 123.473 στρέμματα γεωργικής γης μετατράπηκαν σε άλλες καλύψεις (Διάγραμμα 14, Χάρτης 20). Η συγκεκριμένη αλλαγή εμφανίζεται εντονότερη στους ορεινούς όγκους και αφορά κυρίως στην εγκατάσταση εκτάσεων χαμηλής βλάστησης και θαμνοτόπων (47% και 31% επί της γης αντίστοιχα.)



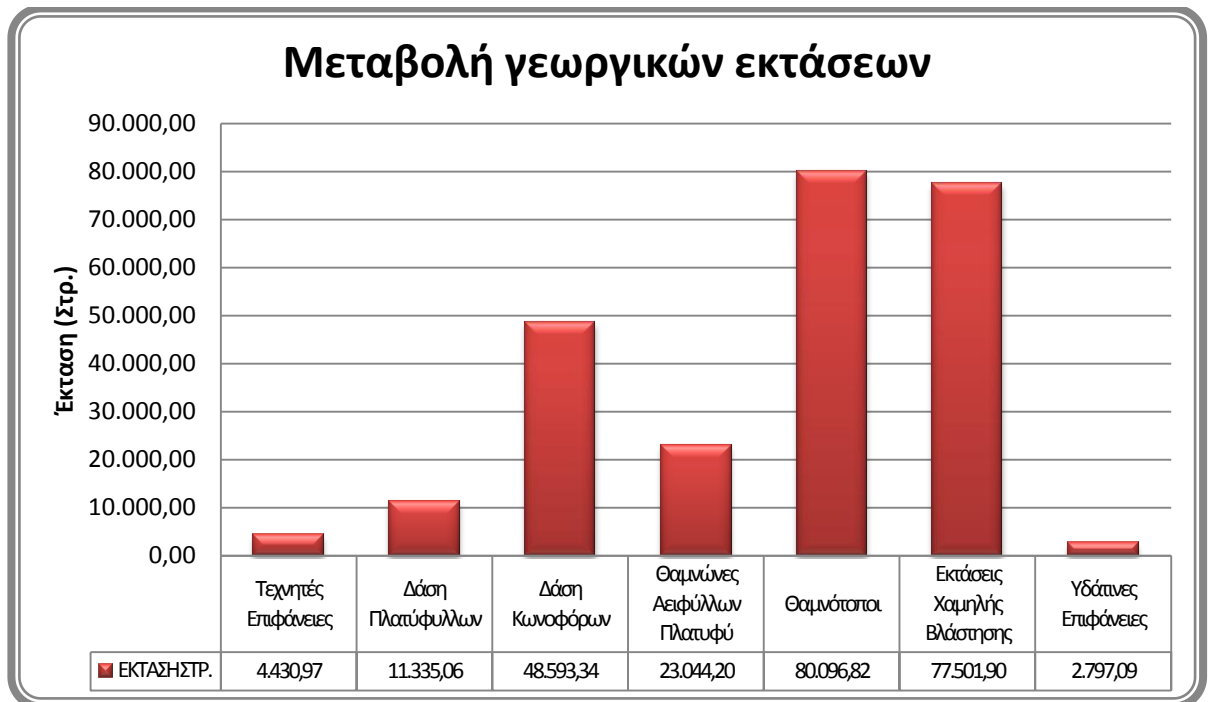
Διάγραμμα 14. Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των γεωργικών εκτάσεων που μετατράπηκαν σε άλλη μορφή το διάστημα 1987 - 2007



Χάρτης 20. Χαρτογραφική απεικόνιση γεωργικών εκτάσεων που άλλαξαν το διάστημα 1987- 2007

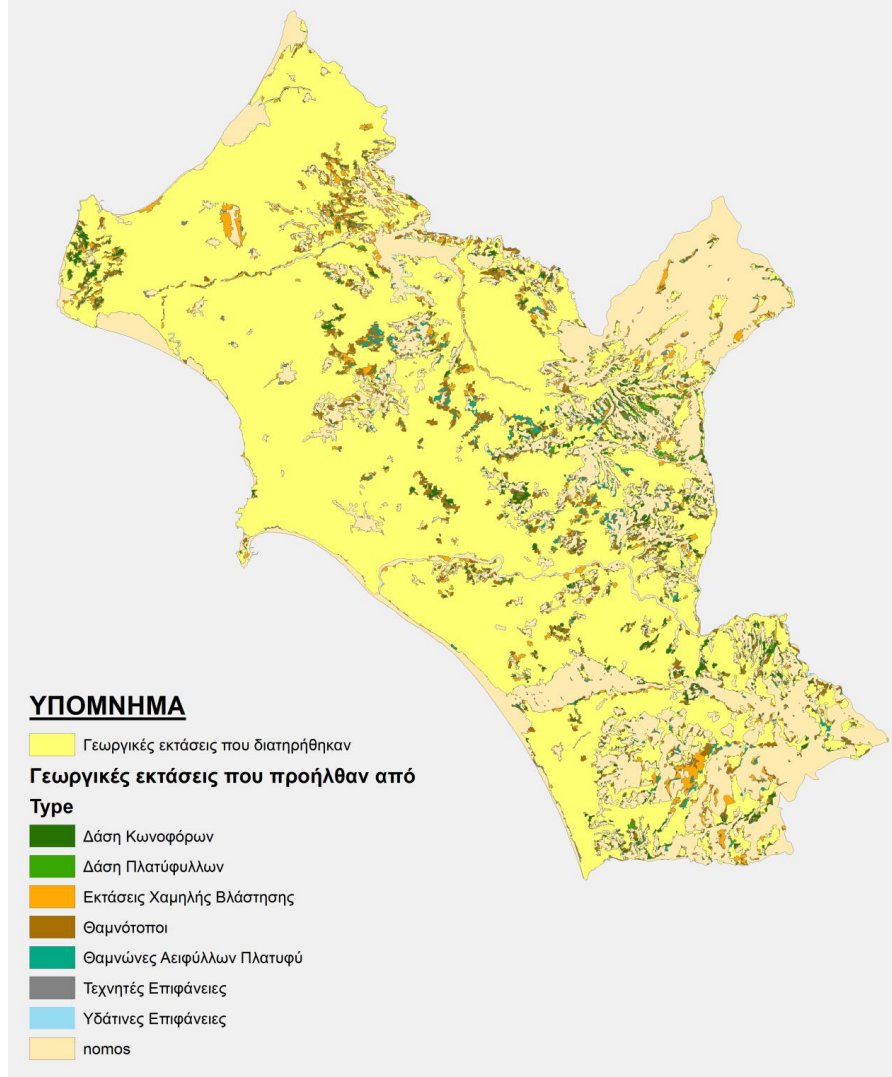
5.2.1.2 Εκτάσεις που μετατράπηκαν σε γεωργικές

Εξετάζοντας την αντίθετη περίπτωση της παραπάνω αλλαγής παρατηρούμε ότι 247.799 στρέμματα μετατράπηκαν σε γεωργικές καλύψεις (Διάγραμμα 15 , Χάρτης 21). Η ανάλυση των εσωτερικών τάσεων αυτής της αλλαγής επιβεβαιώνει αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω , καταδεικνύοντας ότι οι μετατροπές φυσικών εκτάσεων σε γεωργική γη εντοπίζονται κατά κύριο λόγο στις πεδινές και ημιορεινές εκτάσεις και μόνο σε λίγες περιπτώσεις διαπιστώνονται στην ορεινή ζώνη.



Διάγραμμα 15. Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των γεωργικών εκτάσεων που προήλθαν από άλλη μορφή το διάστημα 1987 - 2007

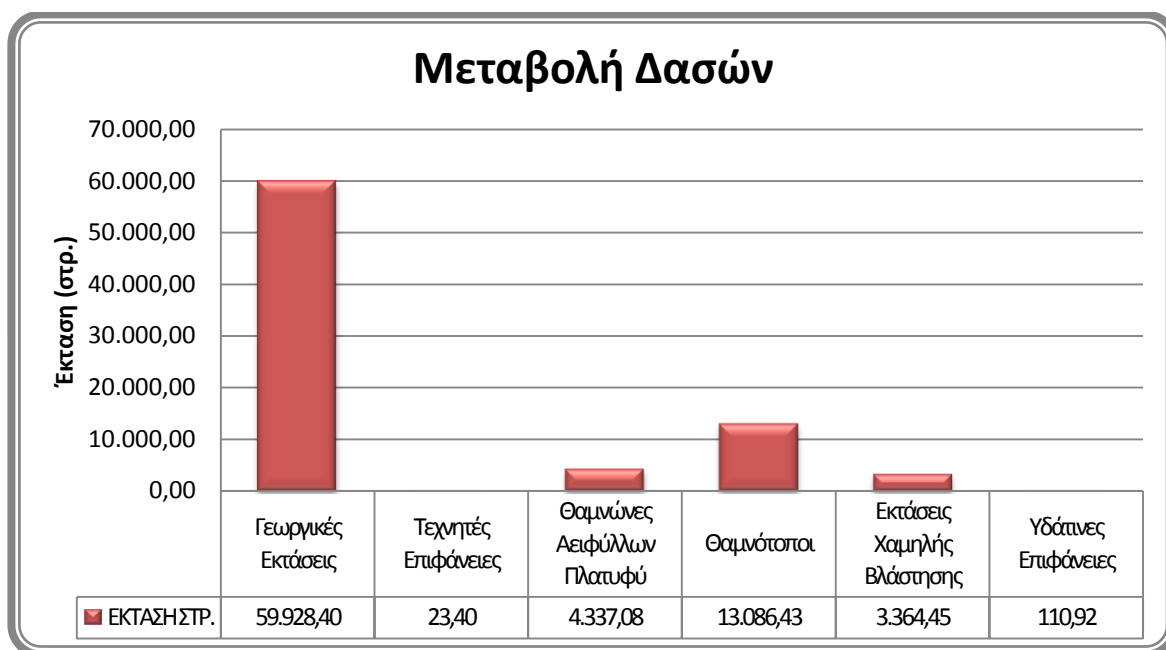
ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΠΟΥ ΜΕΤΑΤΡΑΠΗΚΑΝ ΣΕ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 1987 -2007



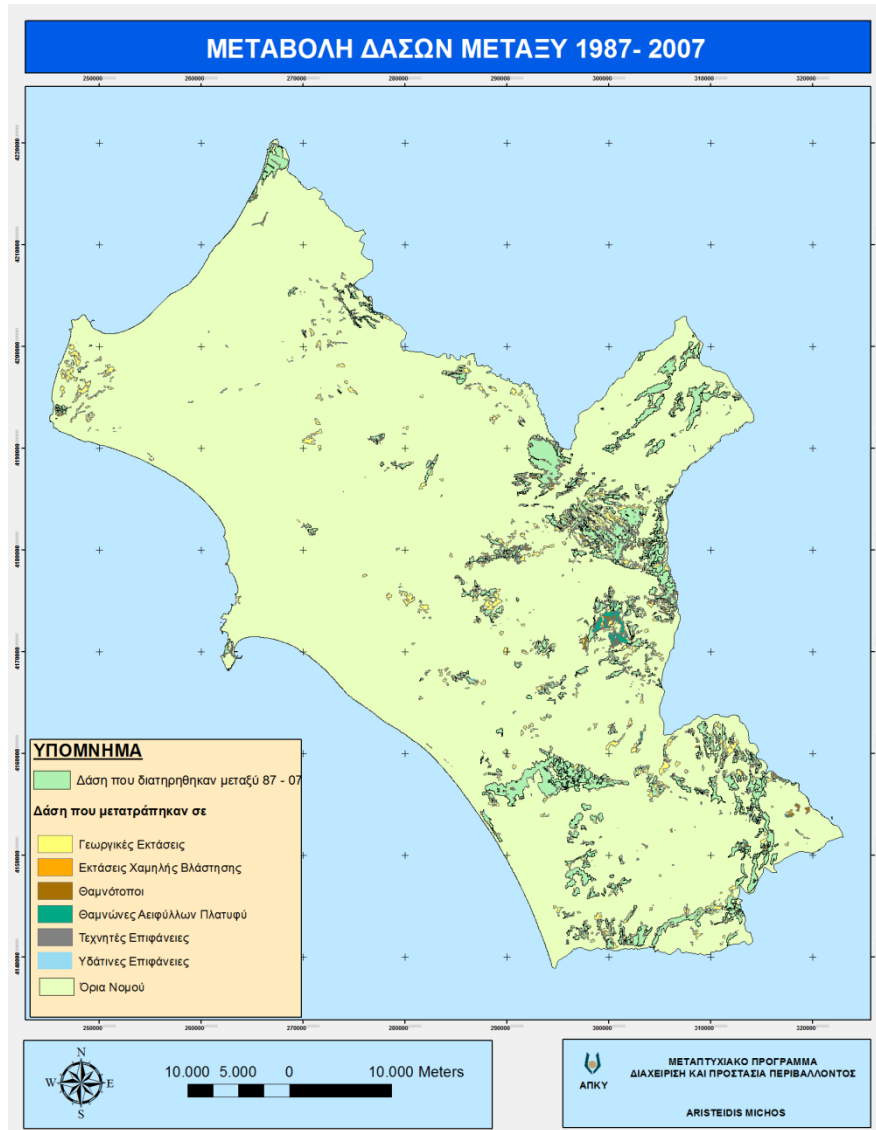
Χάρτης 21. Χαρτογραφική απεικόνιση εκτάσεων που μετατράπηκαν σε γεωργικές το διάστημα 1987- 2007

5.2.1.3 Δάση που άλλαξαν

Κατά την περίοδο μελέτης περίπου 80.850,00 στρέμματα δασών μετατράπηκαν σε άλλου είδους καλύψεις (Διάγραμμα 16, Χάρτης 22). Το μέγεθος αυτό αντιστοιχεί στο 33,39 % της συνολικής έκτασης που κάλυπταν τα δάση το 1987 . Το μεγαλύτερο ποσοστό των δασών που μετατράπηκε σε άλλου τύπου κάλυψη έδωσε την θέση του σε γεωργικές εκτάσεις (περισσότερο από 70% της συγκεκριμένης μεταβολής).



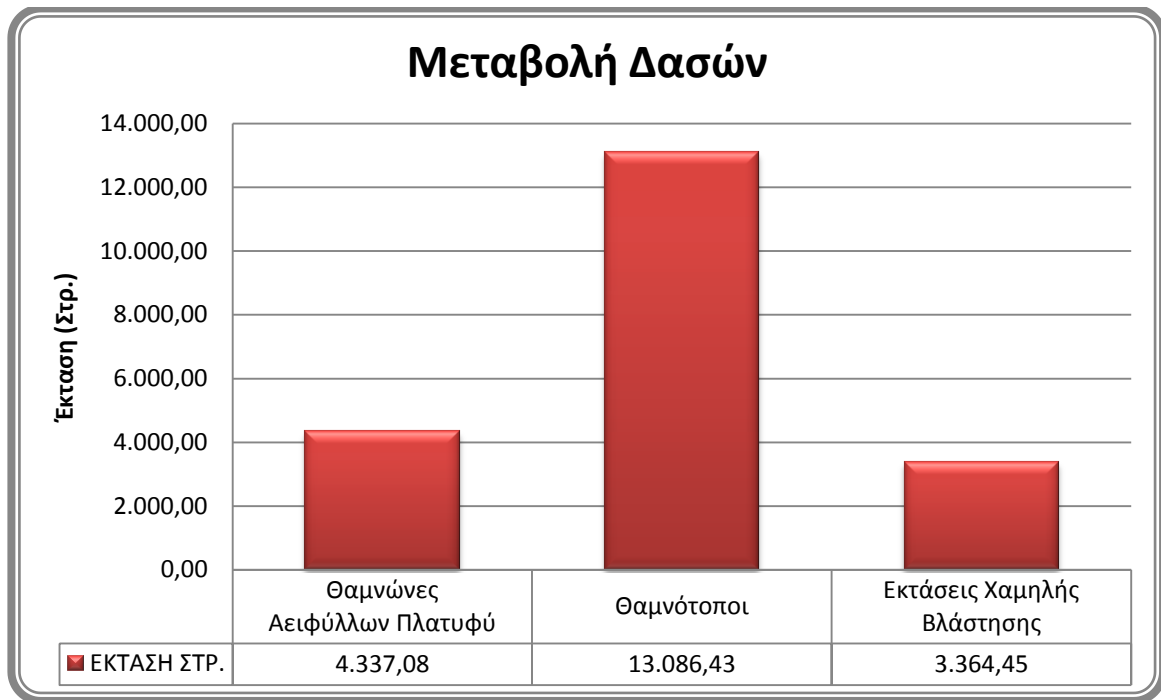
Διάγραμμα 16. Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των Δασών που μετατράπηκαν σε άλλη μορφή το διάστημα 1987 - 2007



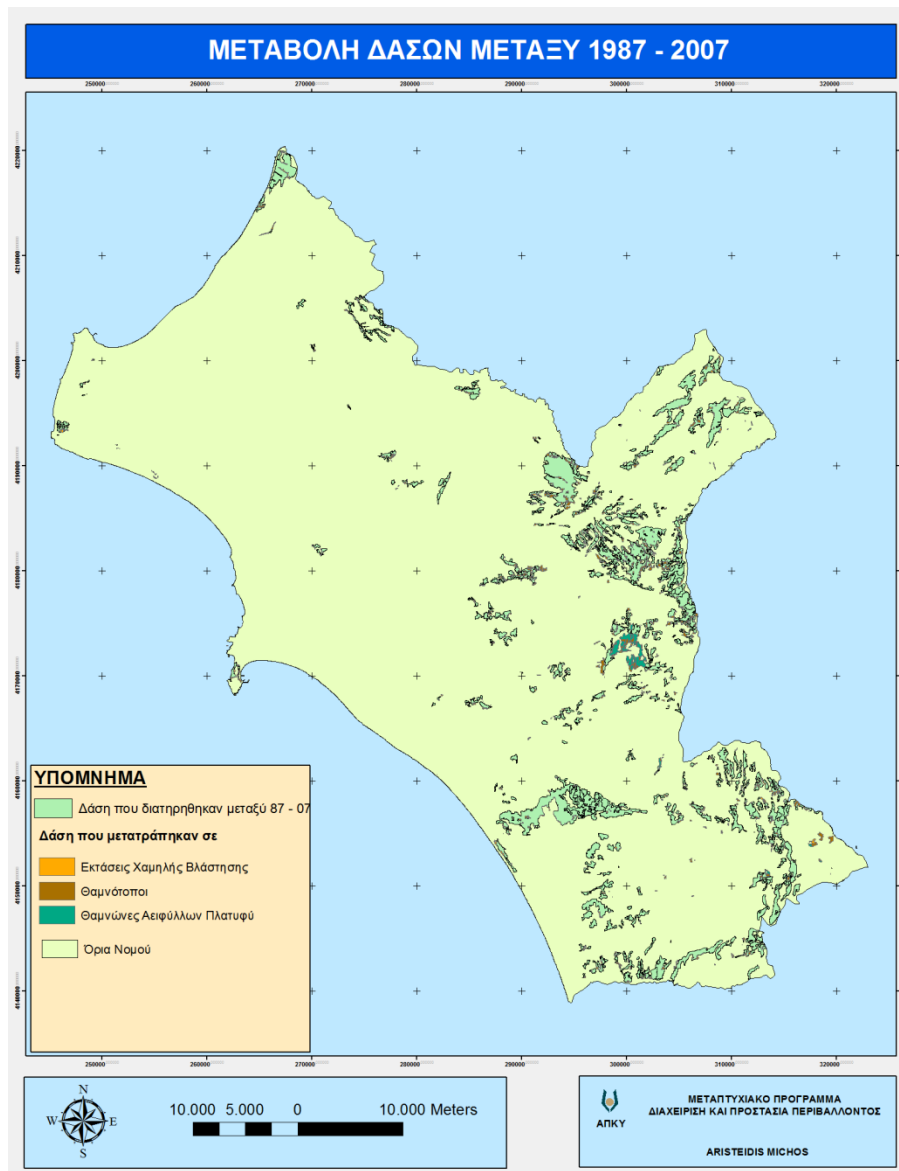
Χάρτης 22. Χαρτογραφική απεικόνιση δασών που άλλαξαν το διάστημα 1987-2007

5.2.1.4 Δάση που μετατράπηκαν σε εκτάσεις χαμηλής και θαμνώδους βλάστησης

Στο Διάγραμμα 17 και χάρτη 23, απεικονίζονται τα δάση που μετατράπηκαν σε θαμνότοπους, εκτάσεις χαμηλής βλάστησης και θαμνώνες αειφύλλων πλατύφυλλων (49%, 32% και 19% της συνολικής έκτασης της αλλαγής αντίστοιχα).



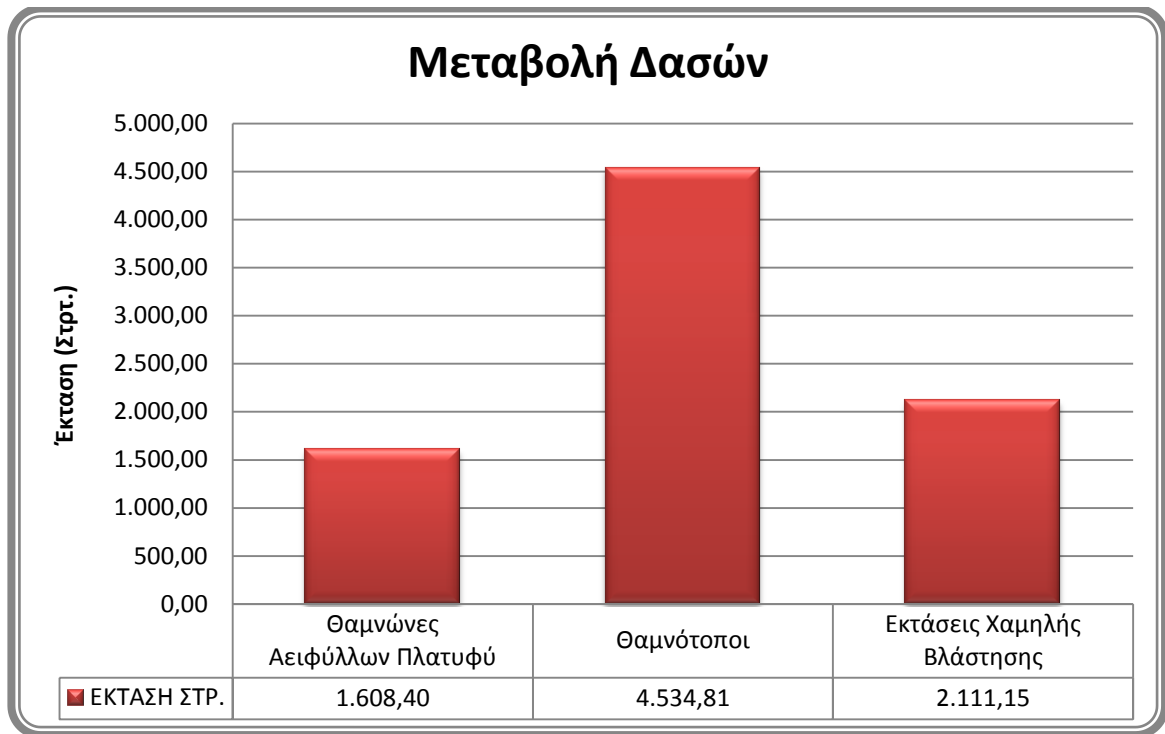
Διάγραμμα 17. Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των Δασών που μετατράπηκαν σε Δασικές εκτάσεις (Θαμνώνες) το διάστημα 1987 - 2007



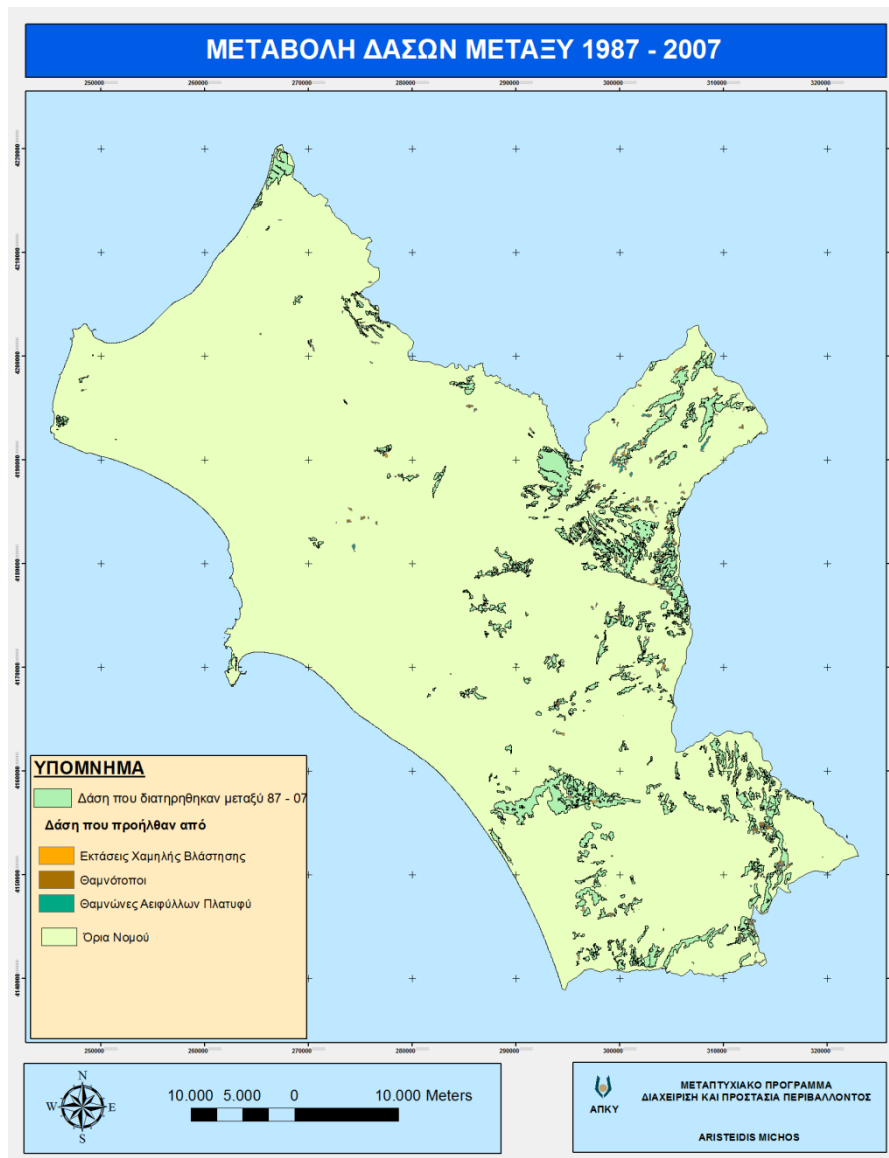
Χάρτης 23. Χαρτογραφική απεικόνιση δασών που μετατράπηκαν σε εκτάσεις χαμηλής & θαμνώδους βλάστησης το διάστημα 1987- 2007

5.2.1.5 Εκτάσεις χαμηλής και θαμνώδους βλάστησης που μετατράπηκαν σε δάση

Την περίοδο 1987-2007 περίπου 8.255,00 στρέμματα εκτάσεων χαμηλής και θαμνώδους βλάστησης μετατράπηκαν σε δάση (Διάγραμμα 18 , Χάρτης 24). Η συγκεκριμένη αλλαγή , κατά κύριο λόγο, εντοπίζεται στους δασοσκεπείς ορεινούς όγκους καθώς και στις γειτονικές επιφάνειες , αυτές των μεταβατικών ζωνών βλάστηση.



Διάγραμμα 18. Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των Δασών που προήλθαν από Δασικές εκτάσεις (Θαμνώνες) το διάστημα 1987 - 2007



Χάρτης 24. Χαρτογραφική απεικόνιση δασών που προήλθαν από εκτάσεις χαμηλής & θαμνώδους βλάστησης το διάστημα 1987- 2007

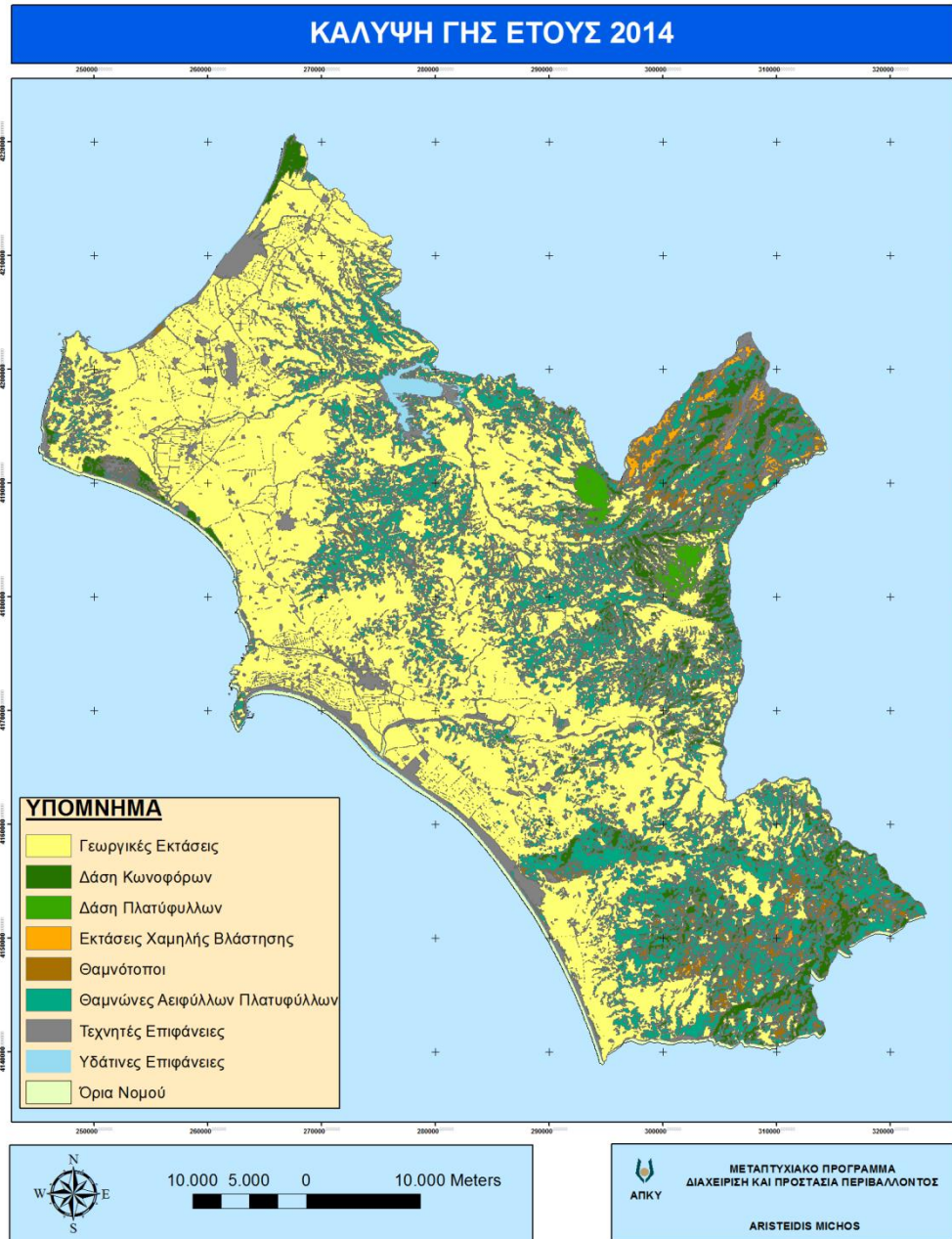
Οι γενικές τάσεις που παρουσιάζονται στην περιοχή μελέτης είναι η αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων (περίπου 124.200,00 στρέμματα) και των εκτάσεων με αείφυλλα πλατύφυλλα, (περίπου 5.140,00 στρέμματα) η μείωση της φυσικής δασικής βλάστησης και των βοσκοτόπων (εκτάσεις χαμηλής βλάστησης + Θαμνότοποι).

5.3 Χρονική περίοδος 2007-2014

Το εμβαδόν κάλυψης γης ανά κατηγορία για τα δυο χρονικά σημεία μελέτης απεικονίζονται στον πίνακα 12 , ενώ η χωρική κατανομή των μορφών κάλυψης στον χάρτη 25.

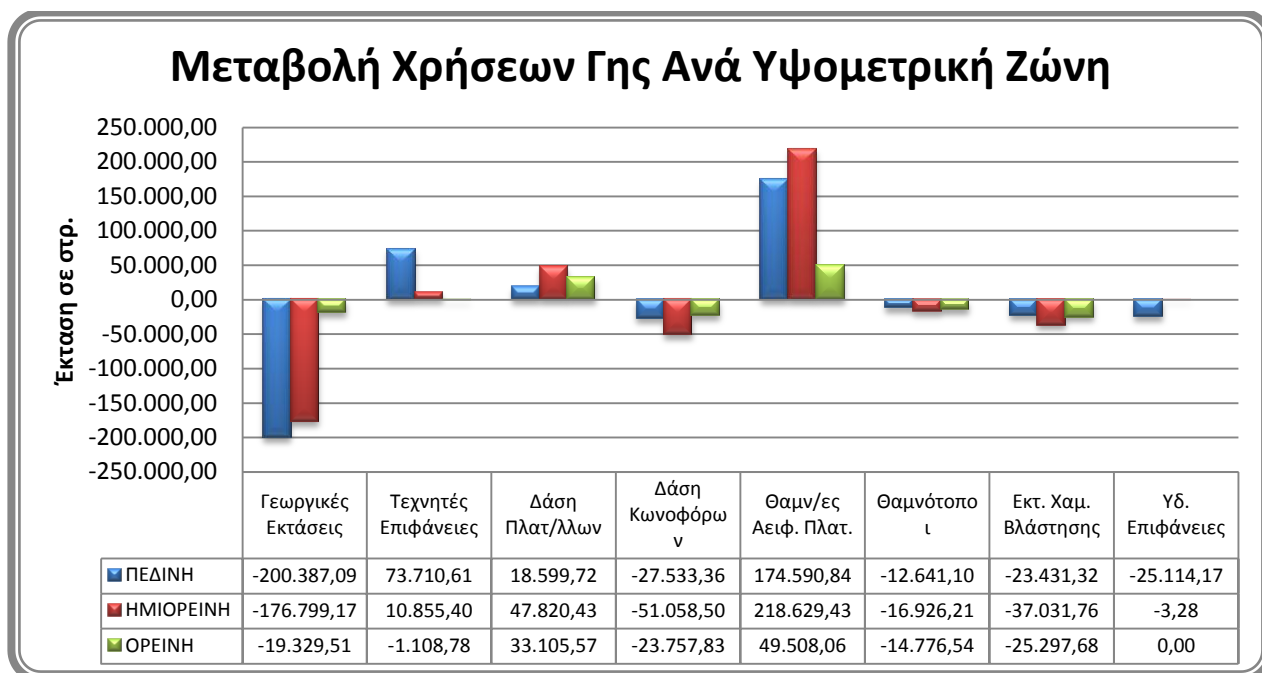
Είδος χρήσης / κάλυψης γης	Έτος 2007		Έτος 2014		Διαφορά 07-14
	Έκταση (Στρ.)	Ποσοστό %	Έκταση (Στρ.)	Ποσοστό %	
Δάση Κωνοφόρων	140.878,52	5,37	157.323,60	5,99	16.445,08
Δάση Πλατύφυλλων	50.765,33	1,93	36.684,90	1,40	-14.080,43
Θαμνώνες Αειφύλλων πλατυφύλλων	146.214,10	5,57	616.806,90	23,50	470.592,80
Θαμνότοποι	134.911,20	5,14	92.084,40	3,51	-42.826,80
Γεωργικές εκτάσεις	1.932.623,0 0	73,65	1.528.893,90	58,25	-403.729,10
Εκτάσεις χαμηλής βλάστησης	137.962,08	5,26	46.751,40	1,78	-91.210,68
Τεχνητές επιφάνειες	37.713,09	1,44	128.546,10	4,90	90.833,01
Υδάτινες επιφάνειες	42.856,46	1,63	17.648,10	0,67	-25.208,36

Πίνακας 12. Ποσοστιαία κατανομή τύπων κάλυψης γης και εδαφικής έκτασης ανά χρονικό σημείο αναφοράς μελέτης



Χάρτης 25. Χαρτογραφική απεικόνιση βασικών τύπων κάλυψης γης έτους 2014

Οι αλλαγές στους κυριότερους τύπους βλάστησης γης ανά υψομετρική ζώνη πεδινή ζώνη (υψόμετρο 0-200μ) , ημιορεινή ζώνη (υψόμετρο 201-800μ) και ορεινή ζώνη (υψόμετρο >801μ.) για τις χρονικές περιόδους μεταξύ 2007 - 2014 καταγράφονται σε γράφημα (μπάρες) (Διάγραμμα 19).

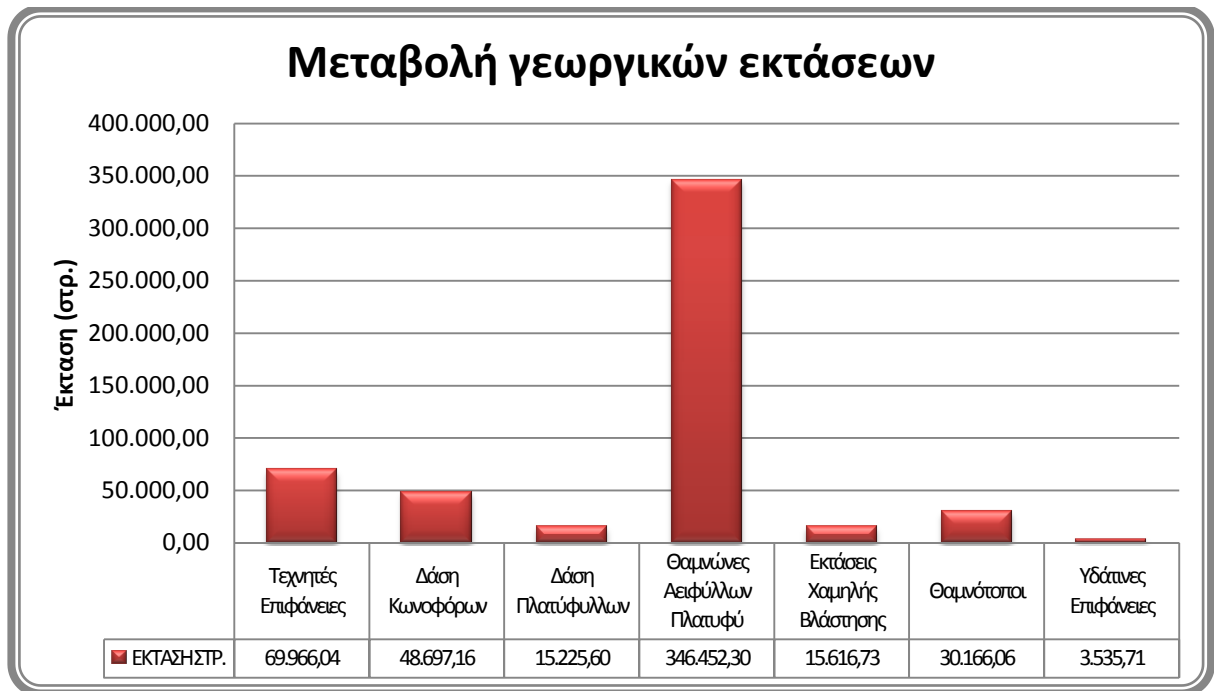


Διάγραμμα 19. Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των μεταβολών χρήσεων γης ανά υψομετρική ζώνη το διάστημα 1987 - 2007

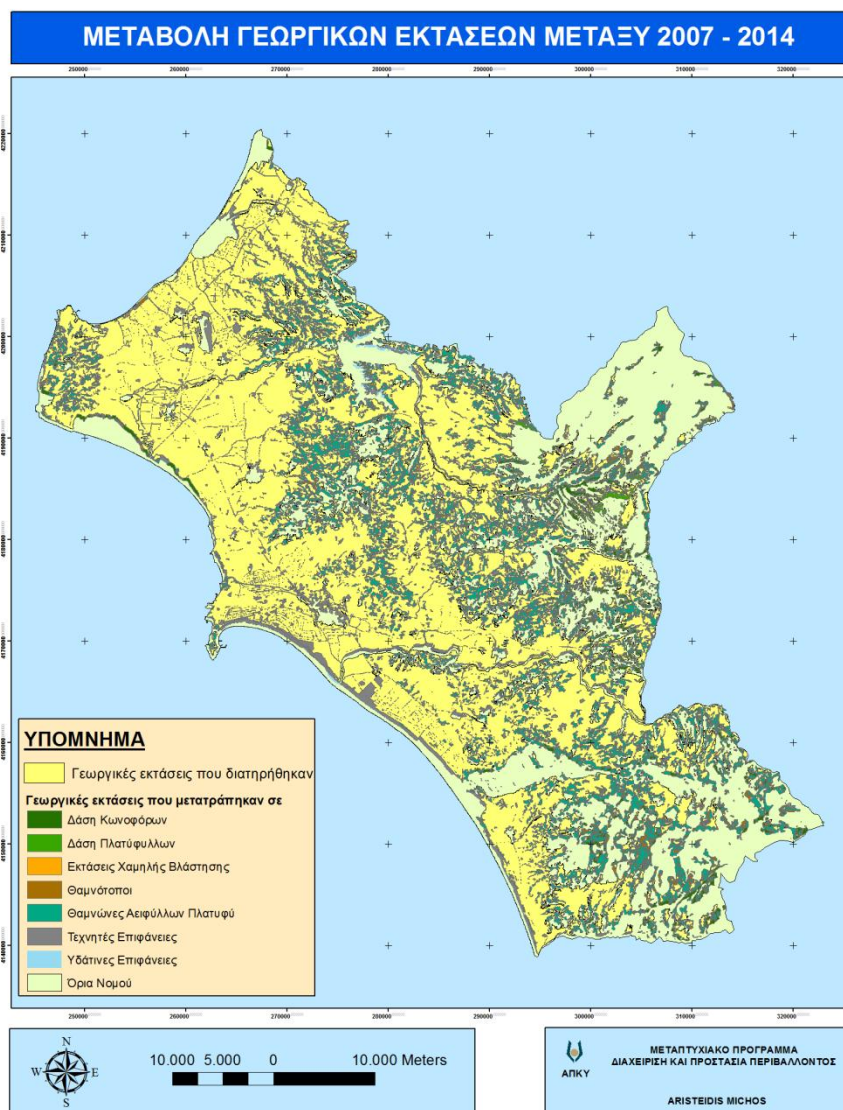
5.3.1 Κατηγορίες Αλλαγών

5.3.1.1 Γεωργικές εκτάσεις που άλλαξαν

Κατά την περίοδο 2007-2014 , 529.659,61 στρέμματα γεωργικής γης μετατράπηκαν σε άλλες καλύψεις . Η συγκεκριμένη αλλαγή εμφανίζεται εντονότερη στους ορεινούς όγκους και αφορά κυρίως στην εγκατάσταση εκτάσεων χαμηλής βλάστησης και θαμνοτόπων (47% και 31% επί της γης αντίστοιχα.) Αξιοσημείωτο είναι η μεταβολή των γεωργικών εκτάσεων σε Τεχνητές επιφάνειες περίπου 70.000 στρέμματα και η μεταβολή γεωργικών εκτάσεων σε θαμνώνες αείφυλλων πλατύφυλλων . (Διάγραμμα 20 , Χάρτης 26)



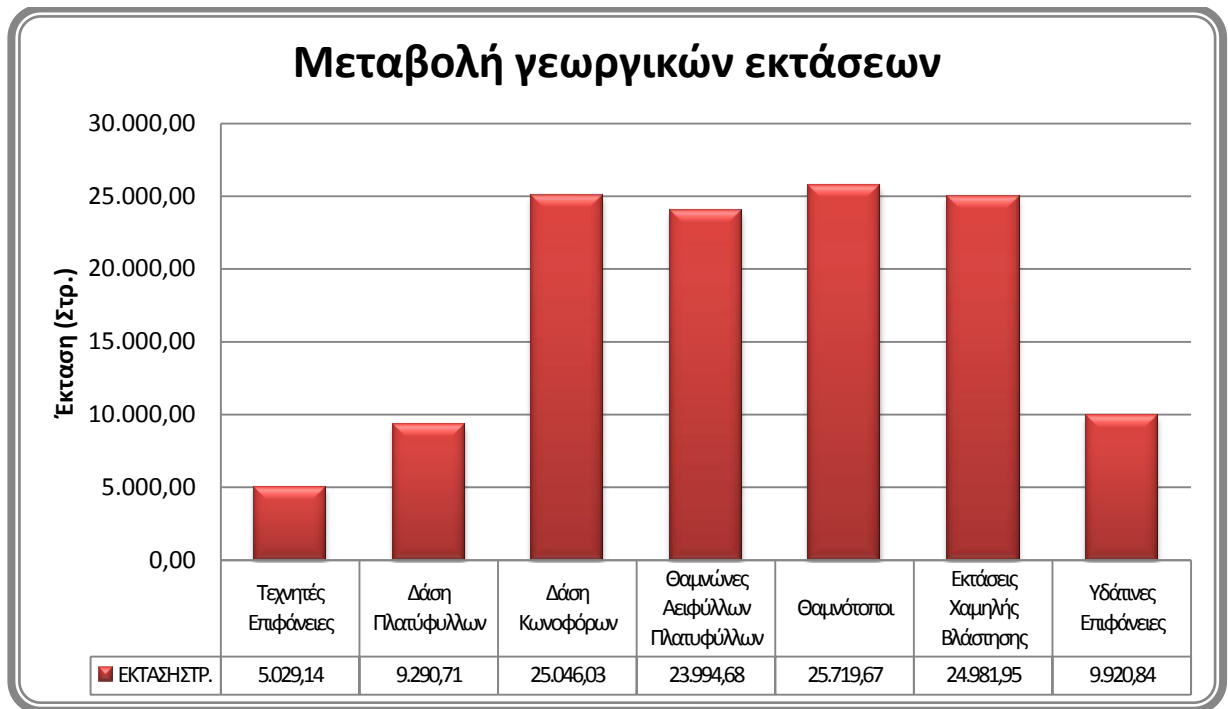
Διάγραμμα 20. Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των γεωργικών εκτάσεων που μετατράπηκαν σε άλλη μορφή το διάστημα 2007 - 2014



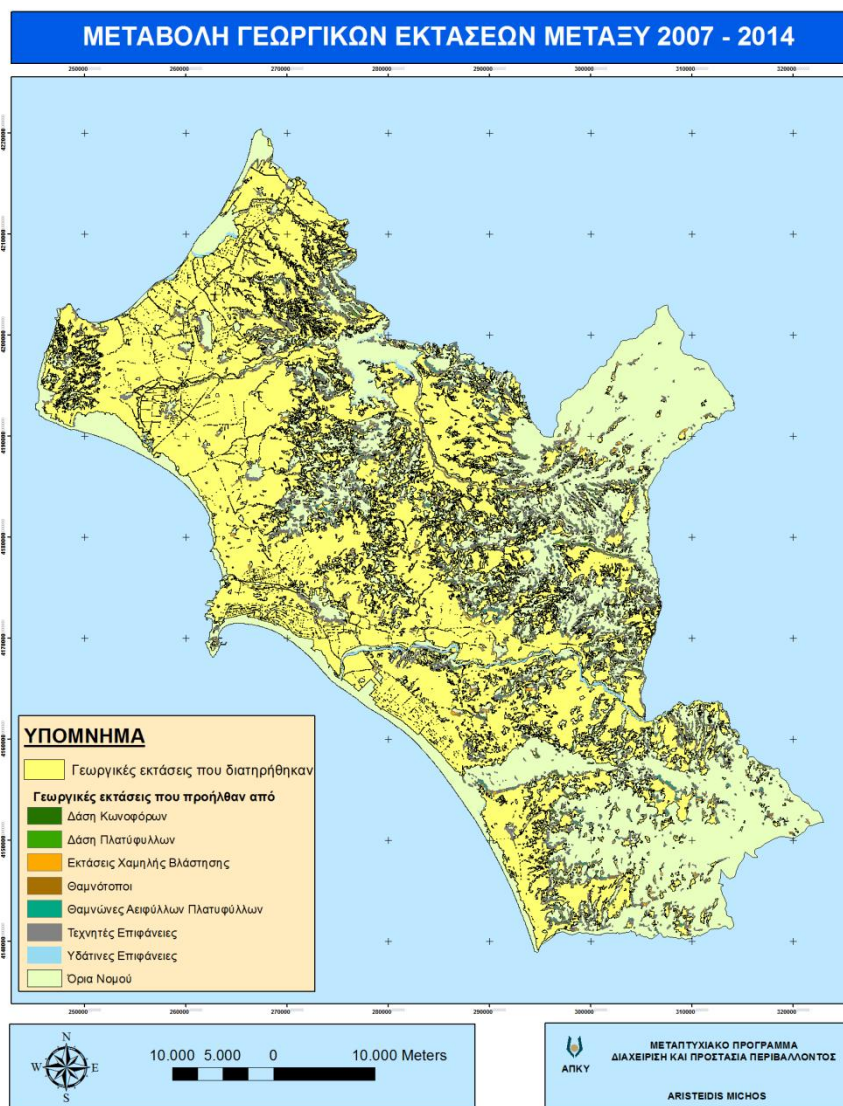
Χάρτης 26. Χαρτογραφική απεικόνιση γεωργικών εκτάσεων που άλλαξαν το διάστημα 2007- 2014

5.3.1.2 Εκτάσεις που μετατράπηκαν σε γεωργικές

Εξετάζοντας την αντίθετη περίπτωση της παραπάνω αλλαγής παρατηρούμε ότι 123.983,02 στρέμματα μετατράπηκαν σε γεωργικές καλύψεις. Η ανάλυση των εσωτερικών τάσεων αυτής της αλλαγής επιβεβαιώνει αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω, καταδεικνύοντας ότι οι μετατροπές φυσικών εκτάσεων σε γεωργική γη εντοπίζονται κατά κύριο λόγο στις πεδινές και ημιορεινές εκτάσεις και μόνο σε λίγες περιπτώσεις διαπιστώνονται στην ορεινή ζώνη. (Διάγραμμα 21, Χάρτης 27)



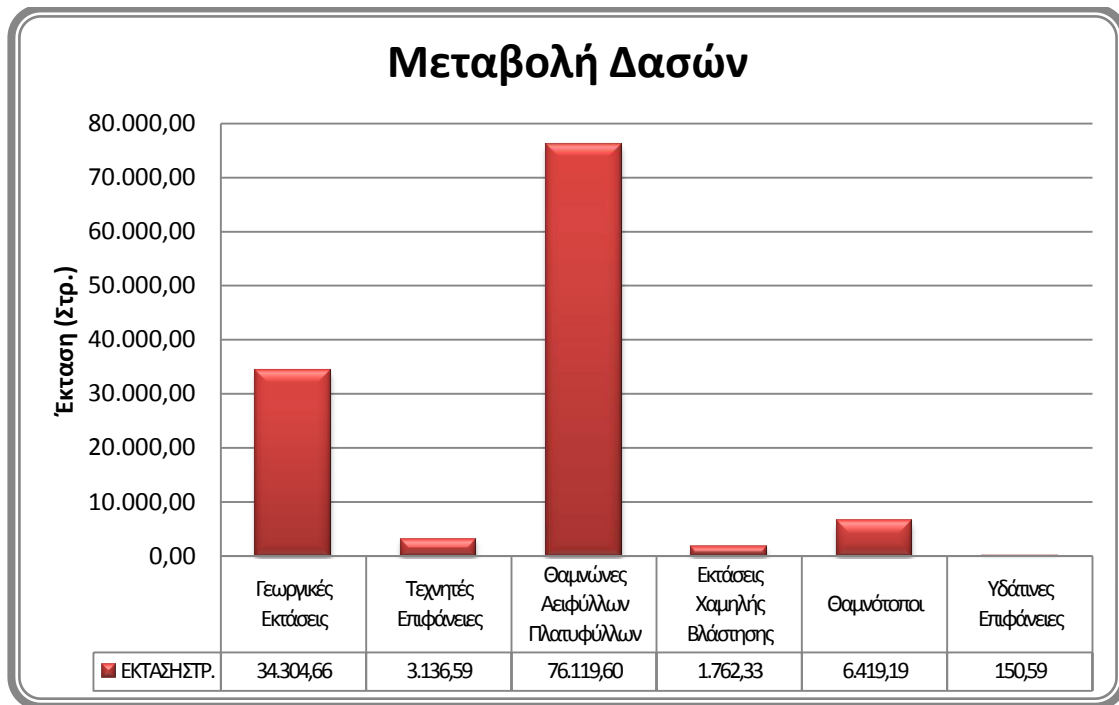
Διάγραμμα 21. Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των γεωργικών εκτάσεων που προήλθαν από άλλη μορφή το διάστημα 2007 - 2014



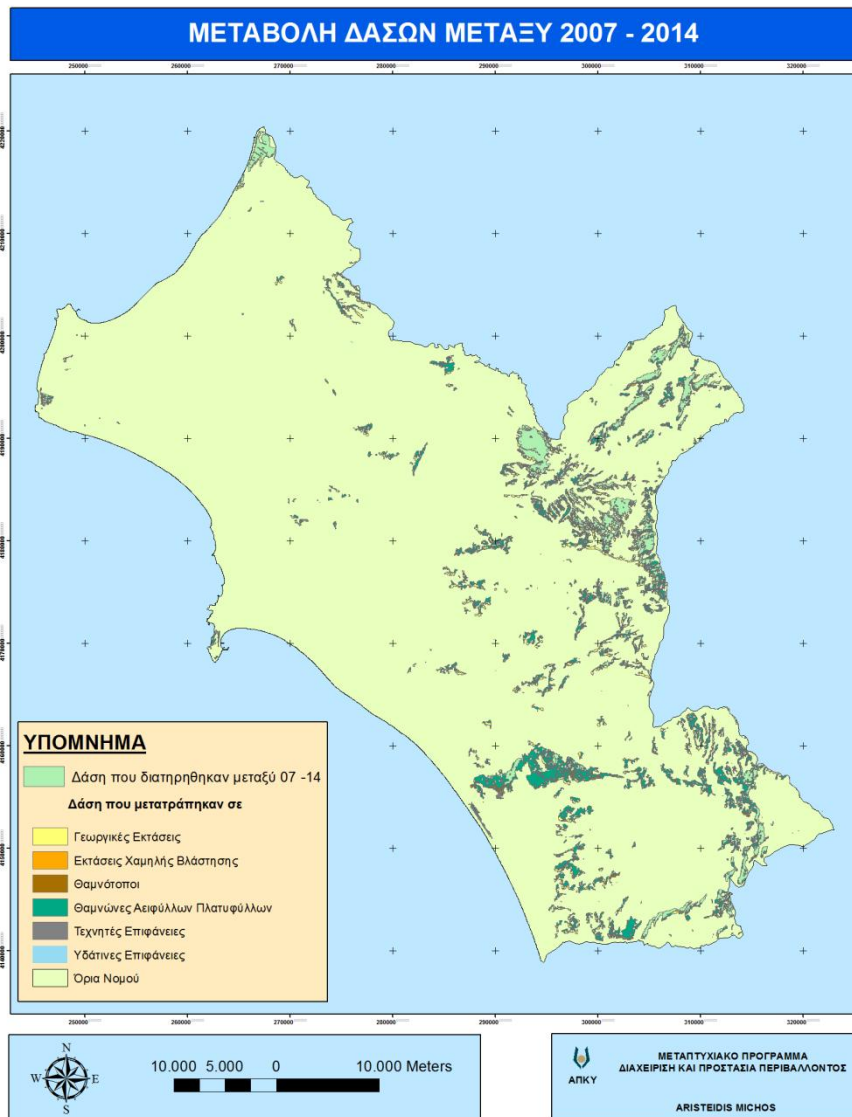
Εικόνα 27. Χαρτογραφική απεικόνιση εκτάσεων που μετατράπηκαν σε γεωργικές το διάστημα 2007- 2014

5.3.1.3 Δάση που άλλαξαν

Κατά την περίοδο μελέτης περίπου 121.893 στρέμματα δασών μετατράπηκαν σε άλλου είδους καλύψεις. Το μέγεθος αυτό αντιστοιχεί στο 64,06 % της συνολικής έκτασης που κάλυπταν τα δάση το 2007 . Το μεγαλύτερο ποσοστό των δασών που μετατράπηκε σε άλλου τύπου κάλυψη έδωσε την θέση του σε Θαμνώνες Αειφύλλων Πλατύφυλλων (περισσότερο από 60% της συγκεκριμένης μεταβολής). (Διάγραμμα 22 , Χάρτης 28)



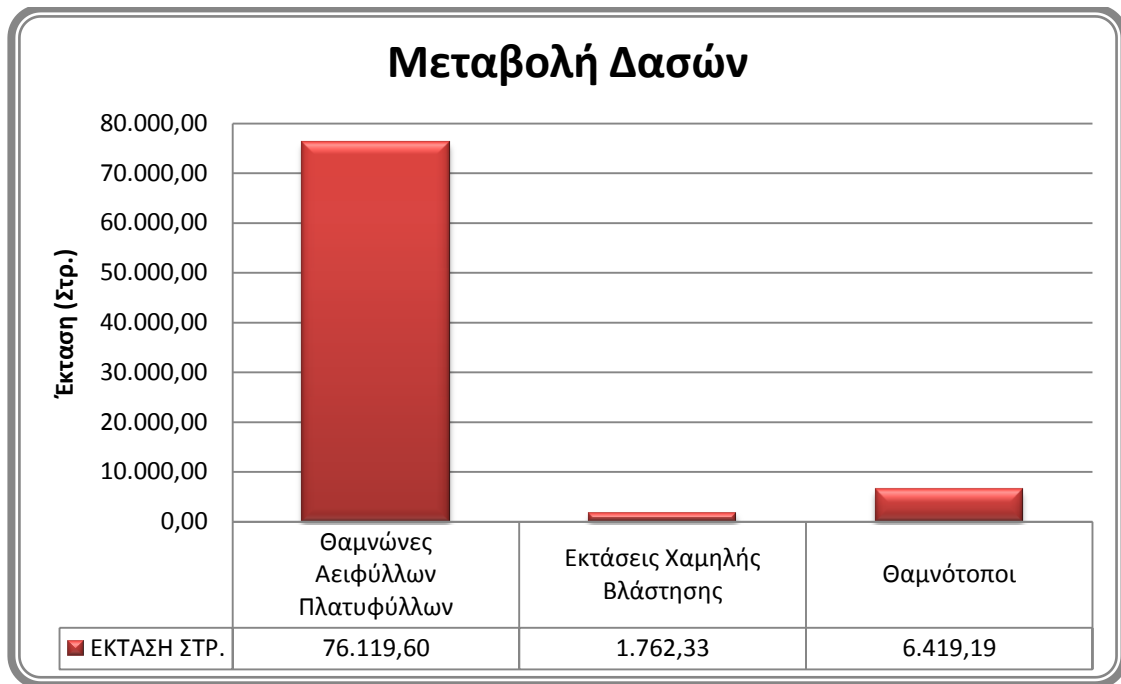
Διάγραμμα 22. Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των Δασών που μετατράπηκαν σε άλλη μορφή το διάστημα 2007 - 2014



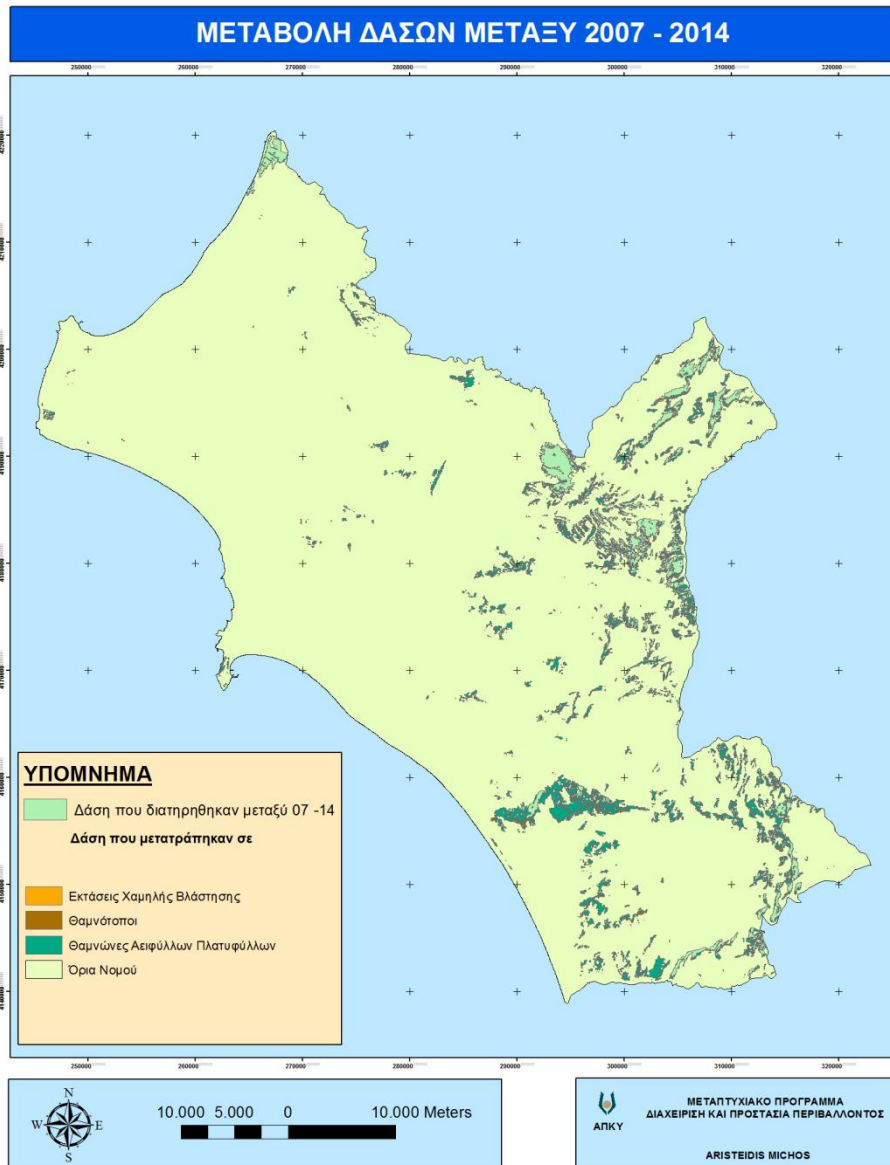
Χάρτης 28. Χαρτογραφική απεικόνιση δασών που άλλαξαν το διάστημα 1987-2007

5.3.1.4 Δάση που μετατράπηκαν σε εκτάσεις χαμηλής και θαμνώδους βλάστησης

Στον χάρτη απεικονίζονται τα δάση που μετατράπηκαν σε θαμνώνες αειφύλλων πλατύφυλλων θαμνότοπους, και εκτάσεις χαμηλής βλάστησης (90%, 7,61% και 2,09% της συνολικής έκτασης της αλλαγής αντίστοιχα). (Διάγραμμα 23, Χάρτης 29)



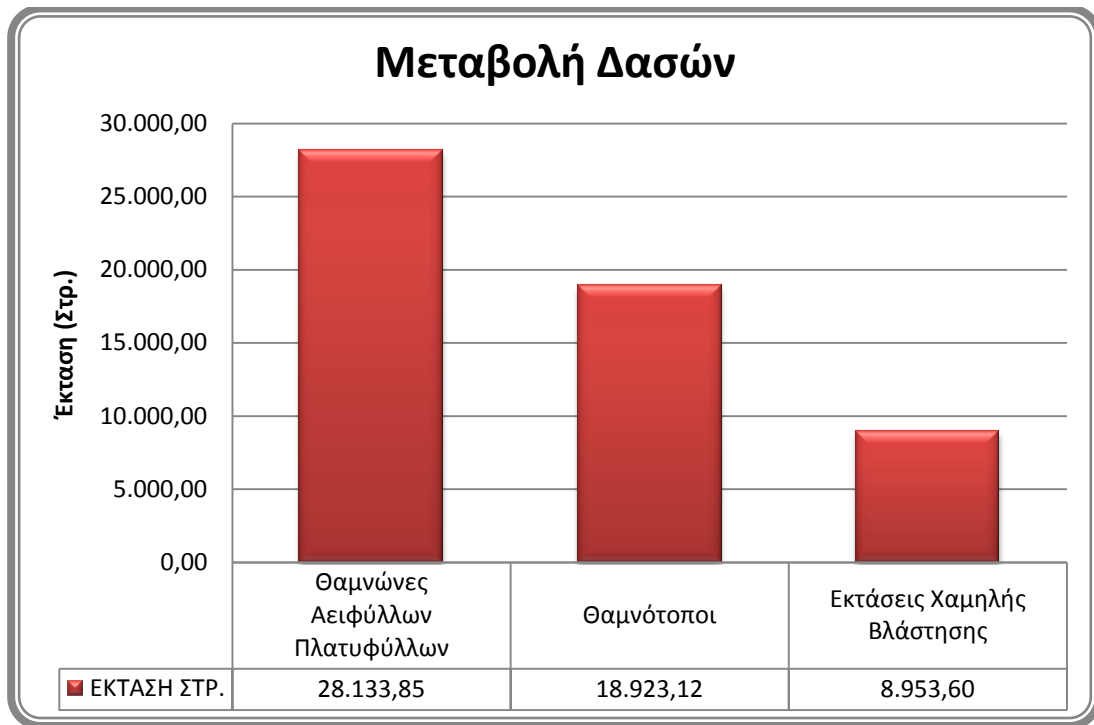
Διάγραμμα 23. Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των Δασών που μετατράπηκαν σε Δασικές εκτάσεις (Θαμνώνες) το διάστημα 2007 - 2014



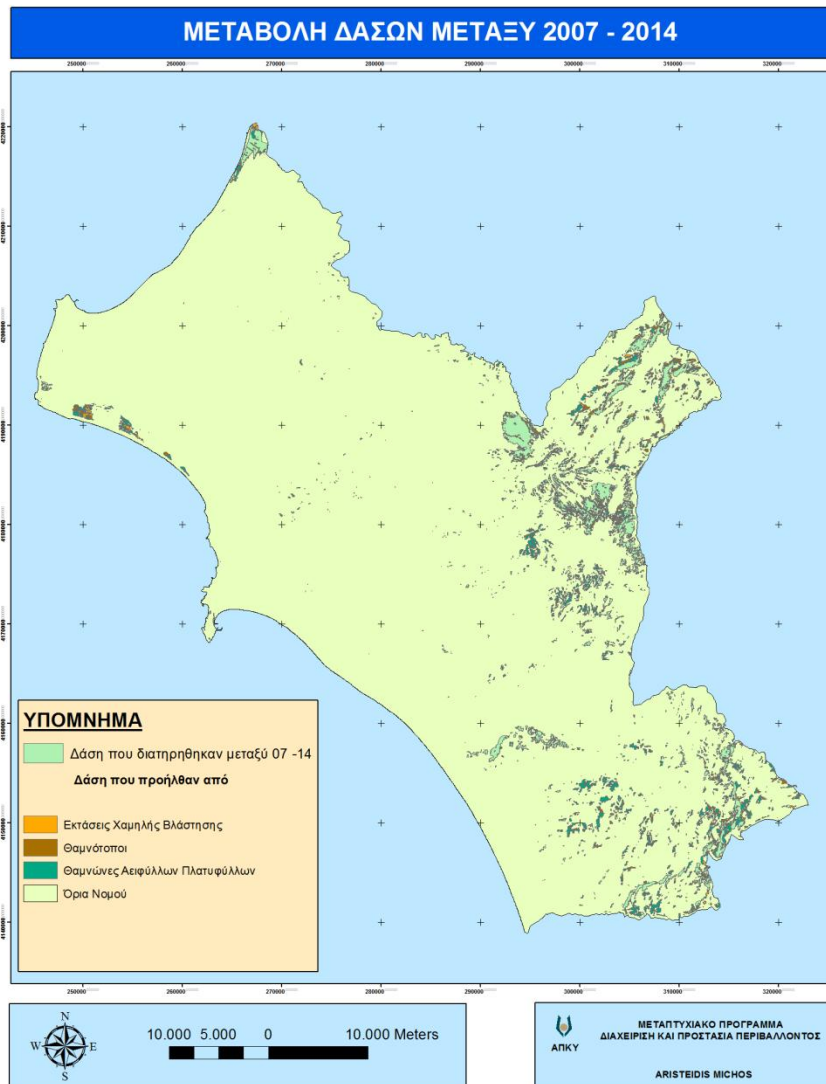
Χάρτης 29. Χαρτογραφική απεικόνιση δασών που μετατράπηκαν σε εκτάσεις χαμηλής & θαμνώδους βλάστησης το διάστημα 2007-2014

5.3.1.5 Εκτάσεις χαμηλής και θαμνώδους βλάστησης που μετατράπηκαν σε δάση

Την περίοδο 2007-2014 περίπου 56.010 στρέμματα εκτάσεων χαμηλής και θαμνώδους βλάστησης μετατράπηκαν σε δάση . Η συγκεκριμένη αλλαγή , κατά κύριο λόγο, εντοπίζεται στους δασοσκεπείς ορεινούς όγκους καθώς και στις γειτονικές επιφάνειες , αυτές των μεταβατικών ζωνών βλάστηση. (Διάγραμμα 24 , Χάρτης 30)



Διάγραμμα 24. Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των Δασών που προήλθαν από Δασικές εκτάσεις (Θαμνώνες) το διάστημα 2007 - 2014



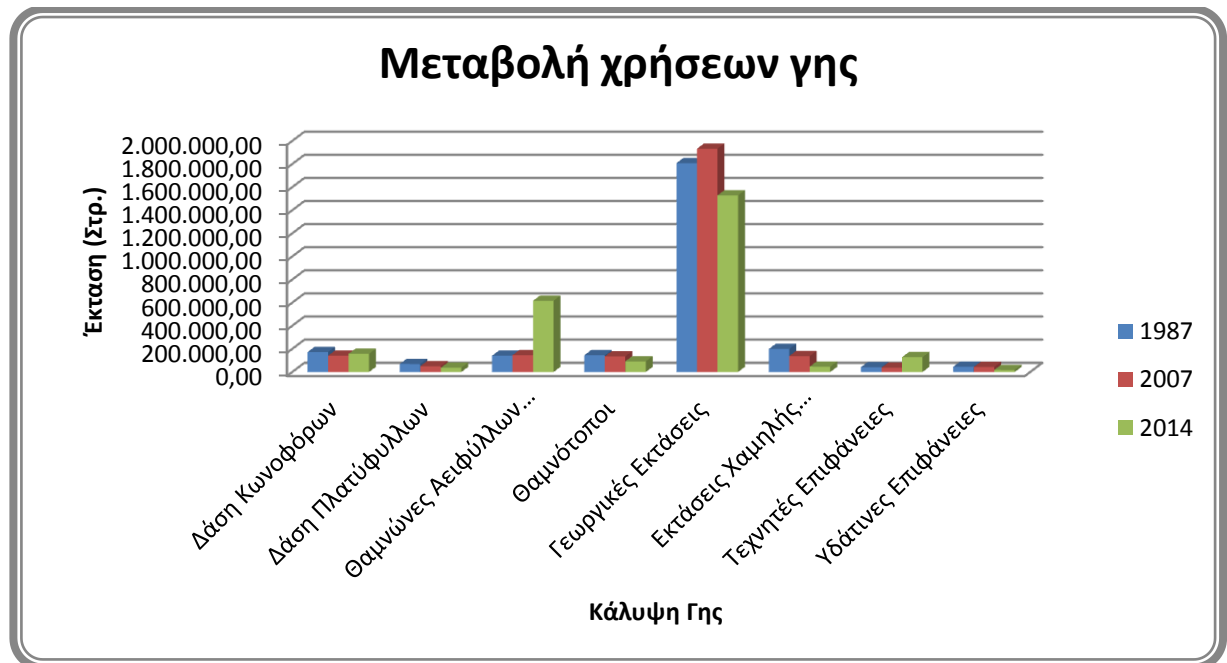
Χάρτης 30. Χαρτογραφική απεικόνιση δασών που προήλθαν από εκτάσεις χαμηλής & θαμνώδους βλάστησης το διάστημα 1987- 2007

5.3.1.6 Εμβαδικές Συσχετίσεις κλάσεων για τις τρεις χρονολογίες (1987- 2007-2014)

Συγκρίνοντας τους πίνακες 7,9 και 11 που αντιστοιχούν στα εμβαδά της κάθε κατηγοριοποίησης χρήσης γης για τα έτη 1987, 2007 και 2014 προέκυψε ο πίνακας 13 στον οποίο παρουσιάζεται η εμβαδική μεταβολή μεταξύ των τριών χρονολογιών

Είδος χρήσης / κάλυψης γης	ΕΜΒΑΔΟΝ (στρ.)		
	1987	2007	2014
Δάση Κωνοφόρων	172.434,22	140.878,52	157.323,60
Δάση Πλατύφυλλων	69.737,21	50.765,33	36.684,90
Θαμνώνες Αειφύλλων πλατυφύλλων	141.074,81	146.214,10	616.806,90
Θαμνότοποι	145.189,31	134.911,20	92.084,40
Γεωργικές εκτάσεις	1.808.433,80	1.932.623,00	1.528.893,90
Εκτάσεις χαμηλής βλάστησης	199.073,59	137.962,08	46.751,40
Τεχνητές επιφάνειες	42.297,35	37.713,09	128.546,10
Υδάτινες επιφάνειες	45.683,50	42.856,46	17.648,10

Πίνακας 13. Εμβαδική μεταβολή κατηγοριοποίησης χρήσεων γης 1987-2007-2014



Διάγραμμα 25. Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των μεταβολών χρήσεων γης για τα έτη 1987-2007 & 2014

Από τον πίνακα 13 και το διάγραμμα 25 προκύπτει ότι τα δάση κωνοφόρων είχαν μια μικρή μείωση μεταξύ 1987 και 2004 ενώ το 2014 έχουμε αύξηση και πλησιάζουν τα επίπεδα του 1987. Αντίθετα στα δάση πλατυφύλλων παρατηρείται μια συνεχής μείωση. Στις εκτάσεις των Θαμνώνων αειφύλλων – πλατύφυλλων το έτος 2014 έχουμε μια μεγάλη αύξηση συνέπεια της πυρκαγιάς του 2007. Οι θαμνότοποι και οι εκτάσεις χαμηλής βλάστησης (βοσκότοποι) παρουσιάζουν μια διαρκή υποχώρηση με μεγαλύτερη το έτος 2014. Το ίδιο συμβαίνει και με τις υδάτινες επιφάνειες. Αντίθετα οι γεωργικές εκτάσεις ενώ

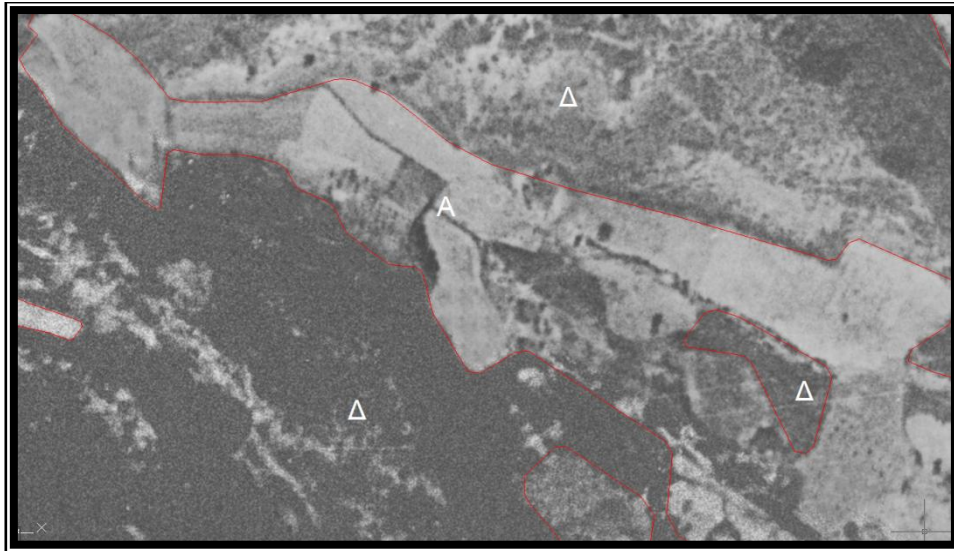
το 2007 παρουσιάζουν αύξηση το 2014 παρουσιάζουν μια αξιοσημείωτη μείωση. Αξιοσημείωτη είναι η αύξηση το 2014 των τεχνητών επιφανειών.

5.4 Δασικοί Χάρτες, Αλλαγές χρήσεων γης 1945 - 2008

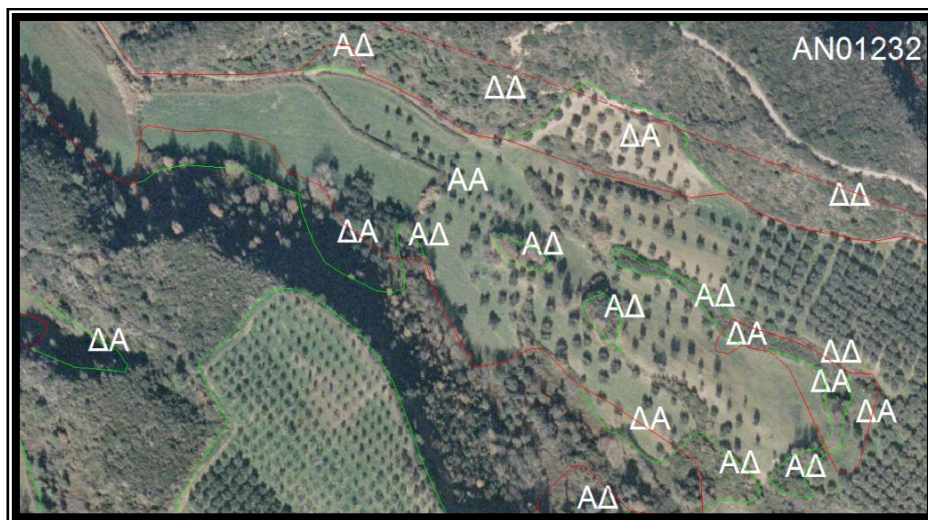
Μια άλλη προσέγγιση του θέματος αλλαγή χρήσεων γης διαχρονικά στον Νομό Ηλείας έγινε με την σύνταξη των Δασικών Χαρτών. Λόγω ειδικότητας ο συγγραφέας ασχολήθηκε ενεργά με τον έλεγχο και θεώρηση των δασικών χαρτών.

5.4.1 Μεθοδολογία χαρτογράφησης

Οι Δασικοί Χάρτες παράγονται κυρίως με τη στερεοσκοπική παρατήρηση των αεροφωτογραφιών και απόδοση των οριογραμμών επί των ψηφιακών ορθοφωτοχαρτών σε δύο ανεξάρτητες φάσεις: μία για τις ιστορικές Α/Φ (1945) (Εικόνα 28) και μία για τις πρόσφατες (Εικόνα 29). Στη συνέχεια οι οριογραμμές των δύο χρονικά ανεξάρτητων χαρτογραφήσεων συντίθενται απαλείφοντας τις όποιες αποκλίσεις προέρχονται λόγω διαφορετικών υποβάθρων, κατά την κρίση του μελετητή, διατηρώντας όμως τη θέση των γραμμών στα πρόσφατα υπόβαθρα, τα οποία και θεωρούνται περισσότερο αξιόπιστα. Οι εργασίες πεδίου περιορίζονται κυρίως στον έλεγχο της φωτοερμηνείας. Επίσης, η πραγματικά φωτοερμηνευόμενη έκταση περιορίζεται ανάλογα με την ύπαρξη διοικητικών πράξεων, σχεδίων πόλεως, εποικιστικών και κτηματογραφημένων εκτάσεων, οπότε και γίνεται αυτούσια ενσωμάτωση ή προσαρμογή των οριογραμμών στα υπόβαθρα. Η εξάρτηση της χωρικής ακρίβειας των οριογραμμών στους Δασικούς Χάρτες από την ακρίβεια των υποβάθρων είναι καθοριστικής σημασίας και αναπόφευκτη, λόγω της απεικόνισης του υπόβαθρου του ορθοφωτοχάρτη στις εκτυπώσεις, σε αντίθεση με το Δασικό Κτηματολόγιο, του οποίου οι Κτηματικοί Χάρτες ήταν θεματικοί (χωρίς υπόβαθρο).



Εικόνα 28. Απόδοση γραμμών έτους 1945

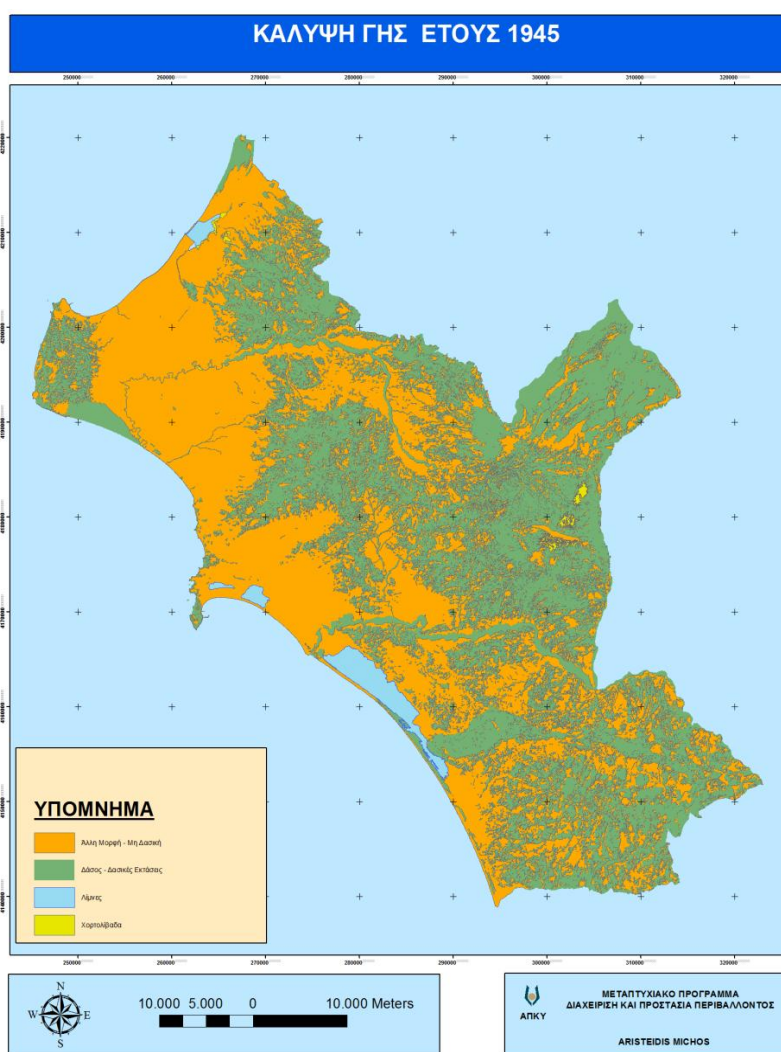


Εικόνα 29 Απόδοση γραμμών έτους 2008

Με βάση τον Δασικό χάρτη ο οποίος θεωρήθηκε τον Νοέμβριο 2015 από το τμήμα Δασικών Χαρτογραφήσεων Δ/νσης Δασών Ηλείας οι μορφές κάλυψης και οι αντίστοιχες εκτάσεις εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα 14 και χάρτες 31 και 32.

ΜΟΡΦΗ ΚΑΛΥΨΗΣ	ΕΤΟΣ 1945		ΕΤΟΣ 2008		Διαφορά 07-14
	ΕΚΤΑΣΗ (Στρ.)	%	ΕΚΤΑΣΗ (Στρ.)	%	
Άλλη Μορφή - Μη Δασική	1.558.618,95	59,47	1.621.386,20	61,87	62.767,25
Δάσος - Δασικές εκτάσεις	1.011.286,06	38,59	971.564,11	37,07	-39.721,95
Χορτολιβαδικές εκτάσεις	8.658,98	0,33	12.098,19	0,46	3.439,21
Λίμνες	42.088,53	1,61	15.604,03	0,60	-26.484,50

Πίνακας 14. Ποσοστιαία κατανομή τύπων κάλυψης γης και εδαφικής έκτασης ανά χρονικό σημείο αναφοράς μελέτης



Χάρτης 31. Χαρτογραφική απεικόνιση βασικών τύπων κάλυψης γης έτους 1945



Χάρτης 32. Χαρτογραφική απεικόνιση βασικών τύπων κάλυψης γης έτους 2008

Από το 1945 έως και το 2008 σημειώνεται μείωση στα δασικά οικοσυστήματα της περιοχής μελέτης η οποία προκλήθηκε είτε από ανθρωπογενείς αιτίες από φυσικά αίτια (πυρκαγιές , υποβάθμιση των εδαφών κ.λ.π.) και αντίστοιχη αύξηση στις καλλιεργούμενες εκτάσεις. Επίσης παρατηρείται μια αύξηση των χορτολοβαδικών εκτάσεων και αυτό λόγω ότι πολλές κυρίως Δασικές εκτάσεις (Θαμνότοποι & αείφυλλα - πλατύφυλλα) συνέπεια κυρίως της πυρκαγιάς του 2007 και της υπερβόσκησης υποβαθμίστηκαν

Σύμφωνα με την δασική νομοθεσία οι εκτάσεις οι οποίες καίγονται ή υποβαθμίζονται από διάφορες αιτίες πρέπει να αποτυπώνονται να οριοθετούνται και να κηρύσσονται αναδασωτέες. Οι διαδικασίες όμως αυτές πολλές φορές δεν ακολουθούνται , με συνέπεια πολλοί να καταπατούν δασικές εκτάσεις για ιδιωτικά συμφέροντα. Η έλλειψη δασικών χαρτών εντείνει τα

προβλήματα τα οποία προκύπτουν μετά από καταστροφές όπως είναι οι δασικές πυρκαγιές, καθώς δεν είναι καθορισμένες οι χρήσεις γης, τα δάση, οι δασικές και χορτολιβαδικές εκτάσεις δεν είναι οριοθετημένες, με αποτέλεσμα να υπάρχουν μακροχρόνιες δικαστικές διαμάχες μεταξύ των πολιτών και του ελληνικού δημοσίου για την αναγνώριση της κυριότητας (ιδιοκτησιακό καθεστώς) πολλών εκτάσεων.

5.5 Πυρκαγιές

5.5.1 Χαρακτήρας της καμένης περιοχής και οικιστικές πιέσεις

Βασικός στόχος της παρούσας ενότητας είναι η καταγραφή των επιπτώσεων της πρόσφατης αυτής πυρκαγιάς στο φυσικό περιβάλλον του Νομού Ηλείας.

Προτού ωστόσο, παρουσιαστούν αυτές οι επιπτώσεις, κρίνεται απαραίτητο να αναφερθούν κάποια βασικά χαρακτηριστικά της περιοχής που επλήγη.

Η περιοχή που επλήγη από τις πρόσφατες πυρκαγιές αποτελείται από εκτάσεις τριών διαφορετικών τύπων:

- **περιοχές με έντονη οικιστική - τουριστική ανάπτυξη**, όπως τα προάστια της Αρχαίας Ολυμπίας, του Καΐαφα, της Ζαχάρως ο χαρακτήρας των οποίων έχει έντονα μεταβληθεί τα τελευταία χρόνια από παραθεριστικός σε κύριας κατοικίας.

- **περιοχές φυσικής κάλυψης με χαρακτήρα περιαστικού δάσους**, όπως το όρος Λαπίθας, περιοχή Ανδρίτσαινας

- **κατοικημένες περιοχές με αγροτικό χαρακτήρα**, όπως οι περιοχές Λάλα, Οινόη, Σμέρνας κ.λ.π.

Καλύπτει έκταση 20.586 ha, αποτελώντας περίπου το 30% της συνολικής έκτασης που κάηκε στο νομό από τις πυρκαγιές του 2007. Εκτείνεται βόρεια από το Δημοτικό Διαμέρισμα Εφύρας του Δήμου Πηνειάς, ανατολικά από το Δ.Δ. Σέκουλα Δήμου Ανδρίτσαινας, δυτικά από την ευρύτερη περιοχή της πόλης του Πύργου και νότια καταλήγει στον ποταμό της Νέδας στα σύνορα με τον νομό Μεσσηνίας (Χάρτης 1). Η περιοχή οριοθετήθηκε με βάση τις κηρύξεις αναδασωτέων εκτάσεων από την Δασική Υπηρεσία

Στο μεγαλύτερο τμήμα αυτής της έκτασης, κυριαρχούσε το αγροτοδοσικό τοπίο χαλεπίου πεύκης με ελαιοκαλλιέργειες και σε πολύ μικρότερο βαθμό με άλλες καλλιέργειες.

Μεγαλύτερη σημασία από την ίδια την κάλυψη της γης αμέσως προ της πυρκαγιάς έχει η διαχρονική εξέλιξη των χρήσεων στην περιοχή, εφόσον μπορεί να συγκριθεί με μια προγενέστερη κατάσταση

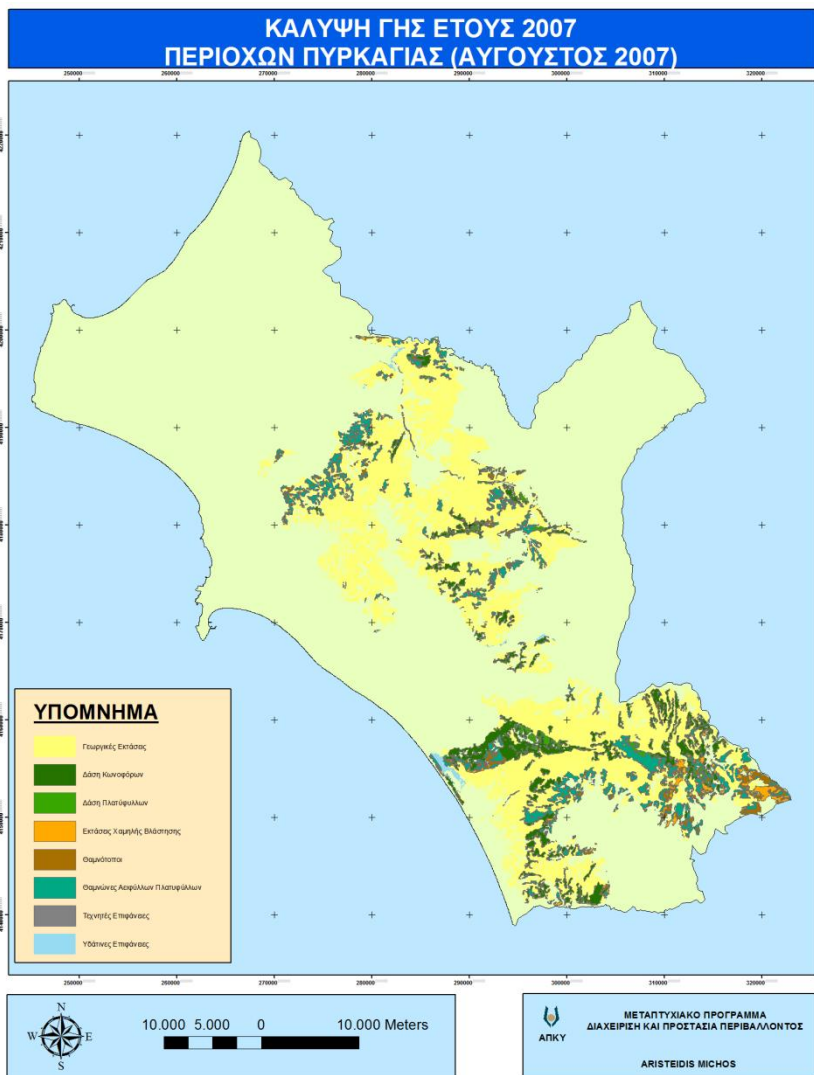
Όπως έχει αναλυθεί, στις προηγούμενες ενότητες, στην ευρύτερη περιοχή παρατηρούνται σημαντικές αλλαγές, καθώς στο διάστημα των τελευταίων τριάντα ετών η πλειοψηφία των δασών έχει δεχθεί μεγάλη πίεση (με εξαίρεση στα ορεινά τμήματα). Στην περιοχή αυτή, τα περισσότερα από αυτά τα δάση μετατράπηκαν σε περιοχές που καλύπτονται από θάμνους ή και από πιο χαμηλή, χορτολιβαδικού τύπου, βλάστηση γεγονός που αντανακλά κυρίως επαναλαμβανόμενες πυρκαγιές στο Νομό.

Προκειμένου να εκτιμηθεί το μέγεθος της καταστροφής που προκλήθηκε από «μία» πυρκαγιά (μέγα πυρκαγιά) καθώς και η αλλαγή χρήσεων γης που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή μελέτης, απαραίτητη κρίθηκε η χρησιμοποίηση δορυφορικών εικόνων λίγο πριν από την εκδήλωση της πυρκαγιάς (18-07-2007) και εικόνων επτά (7) χρόνια μετά (15-08-2014) το πέρας της πυρκαγιάς και αυτό για να διερευνηθεί το μέγεθος των αλλαγών χρήσεων γης και αν αποκαθίσταται κυρίως η δασική βλάστηση

Οι θεματικοί χάρτες αλλαγών κάλυψης γης και οι χάρτες αλλαγών κάλυψης που απεικονίζονται παρακάτω (Πίνακες 15,16 Χάρτες 33,34)

Είδος χρήσης / κάλυψης γης	ΕΤΟΣ 2007	
	Έκταση (Στρ.)	%
Γεωργικές Εκτάσεις	495.796,26	70,98
Τεχνητές Επιφάνειες	394,75	0,06
Δάση Πλατύφυλλων	9.440,57	1,35
Δάση Κωνοφόρων	66.653,12	9,54
Θαμνώνες Αειφύλλων Πλατυφύλλων	61.210,85	8,76
Θαμνότοποι	36.624,35	5,24
Εκτάσεις Χαμηλής Βλάστησης	24.709,50	3,54
Υδάτινες Επιφάνειες	3.665,87	0,52

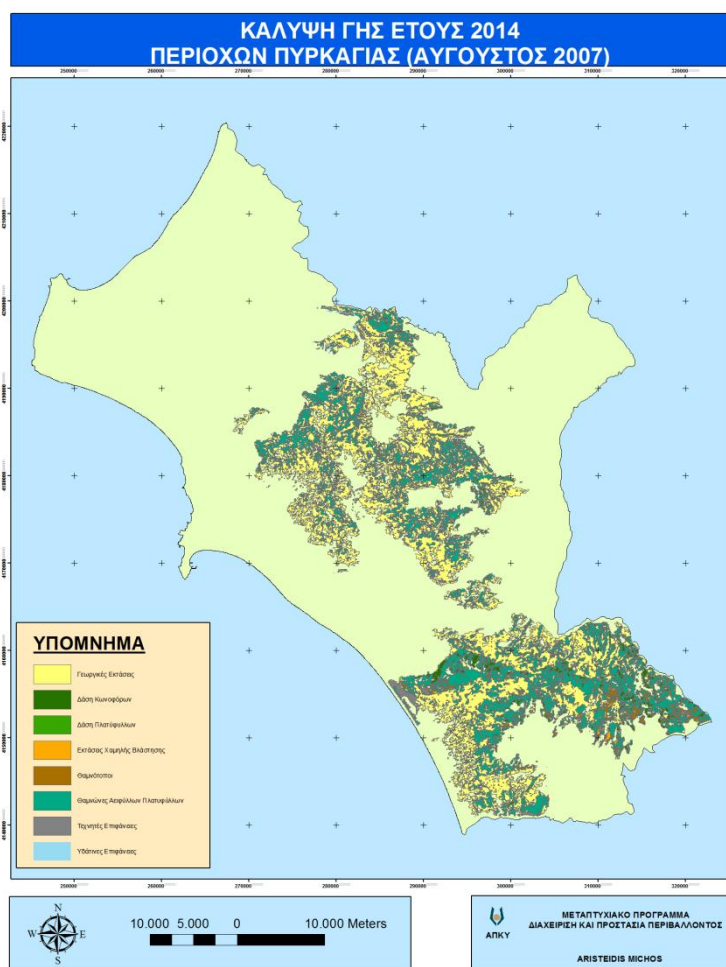
Πίνακας 15. Ποσοστιαία κατανομή τύπων κάλυψης γης και εδαφικής έκτασης Έτος 2007 (18-07-2007)



Χάρτης 33. Χαρτογραφική απεικόνιση βασικών τύπων κάλυψης γης περιοχής πυρκαγιάς έτους 2007 (18-07-2007)

Είδος χρήσης / κάλυψης γης	ΕΤΟΣ 2014	
	Έκταση (Στρ.)	%
Γεωργικές Εκτάσεις	362.364,74	51,88
Τεχνητές Επιφάνειες	16.219,07	2,32
Δάση Πλατύφυλλων	3.601,34	0,52
Δάση Κωνοφόρων	25.100,71	3,59
Θαμνώνες Αειφύλλων Πλατυφύλλων	254.228,73	36,40
Θαμνότοποι	25.521,85	3,65
Εκτάσεις Χαμηλής Βλάστησης	10.524,02	1,51
Υδάτινες Επιφάνειες	934,80	0,13

Πίνακας 16. Ποσοστιαία κατανομή τύπων κάλυψης γης και εδαφικής έκτασης Έτος 2014

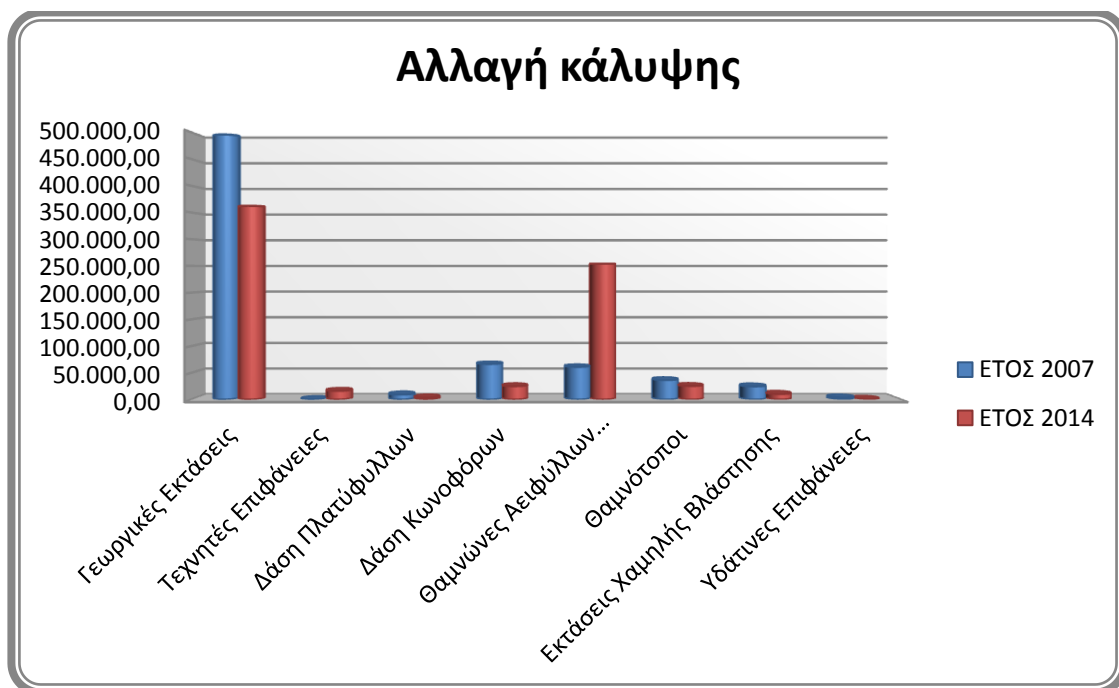


Χάρτης 34. Χαρτογραφική απεικόνιση βασικών τύπων κάλυψης γης περιοχής πυργαγιάς έτους 2014

Συγκρίνοντας τους πίνακες 15 και 16 που αντιστοιχούν στα εμβαδά της κάθε κατηγοριοποίησης χρήσης γης για τα έτη 2007 και 2014 προέκυψε ο πίνακας 17 στον οποίο παρουσιάζεται η εμβαδική μεταβολή μεταξύ των χρονολογιών, 2007 και 2014 δηλαδή η μεταβολή χρήσεων γης που είχε η περιοχή μελέτης πριν και μετά την ύπαρξη πυρκαγιάς καθώς και το διάγραμμα 26.

ΜΟΡΦΗ ΚΑΛΥΨΗΣ	ΕΤΟΣ 2007		ΕΤΟΣ 2014		Διαφορά 07-14
	Έκταση (Στρ.)	%	Έκταση (Στρ.)	%	
Γεωργικές Εκτάσεις	495.796,26	70,98	362.364,74	51,88	-133.431,52
Τεχνητές Επιφάνειες	394,75	0,06	16.219,07	2,32	15.824,32
Δάση Πλατύφυλλων	9.440,57	1,35	3.601,34	0,52	-5.839,23
Δάση Κωνοφόρων	66.653,12	9,54	25.100,71	3,59	-41.552,41
Θαμνώνες Αειφύλλων Πλατυφύλλων	61.210,85	8,76	254.228,73	36,40	193.017,88
Θαμνότοποι	36.624,35	5,24	25.521,85	3,65	-11.102,50
Εκτάσεις Χαμηλής Βλάστησης	24.709,50	3,54	10.524,02	1,51	-14.185,48
Υδάτινες Επιφάνειες	3.665,87	0,52	934,80	0,13	-2.731,07

Πίνακας 17. Ποσοστιαία κατανομή τύπων κάλυψης γης και εδαφικής έκτασης ανά χρονικό σημείο αναφοράς μελέτης



Διάγραμμα 26. Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των μεταβολών χρήσεων γης για τα έτη 2007 & 2014

Στην συνέχεια ακολουθούν οι μεταβολές που επήλθαν στις χρήσεις γης λόγω της επίδρασης των πυρκαγιών

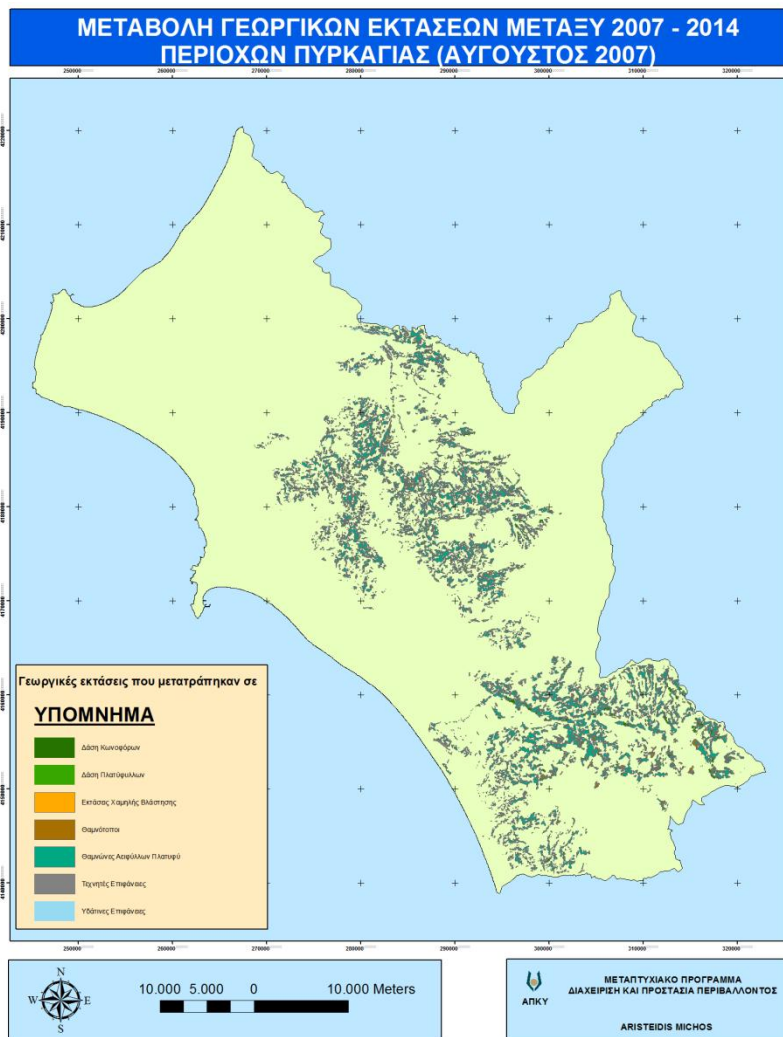
5.5.2 Κατηγορίες Αλλαγών

5.5.2.1 Γεωργικές εκτάσεις που άλλαξαν

Επτά χρόνια μετά την πυρκαγιά , 180.848,08 στρέμματα γεωργικής γης μετατράπηκαν σε άλλες καλύψεις. (Διάγραμμα 27 και Χάρτης 35) Η συγκεκριμένη αλλαγή εμφανίζεται εντονότερη στις ημιορεινές και ορεινές περιοχές και αφορά κατά κύριο λόγο την εγκατάσταση εκτάσεων Αειφύλλων - Πλατύφυλλων σε έκταση 143.297 στρεμμάτων (79,2%)



Διάγραμμα 27. Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των γεωργικών εκτάσεων που μετατράπηκαν σε άλλη μορφή το διάστημα 2007 - 2014



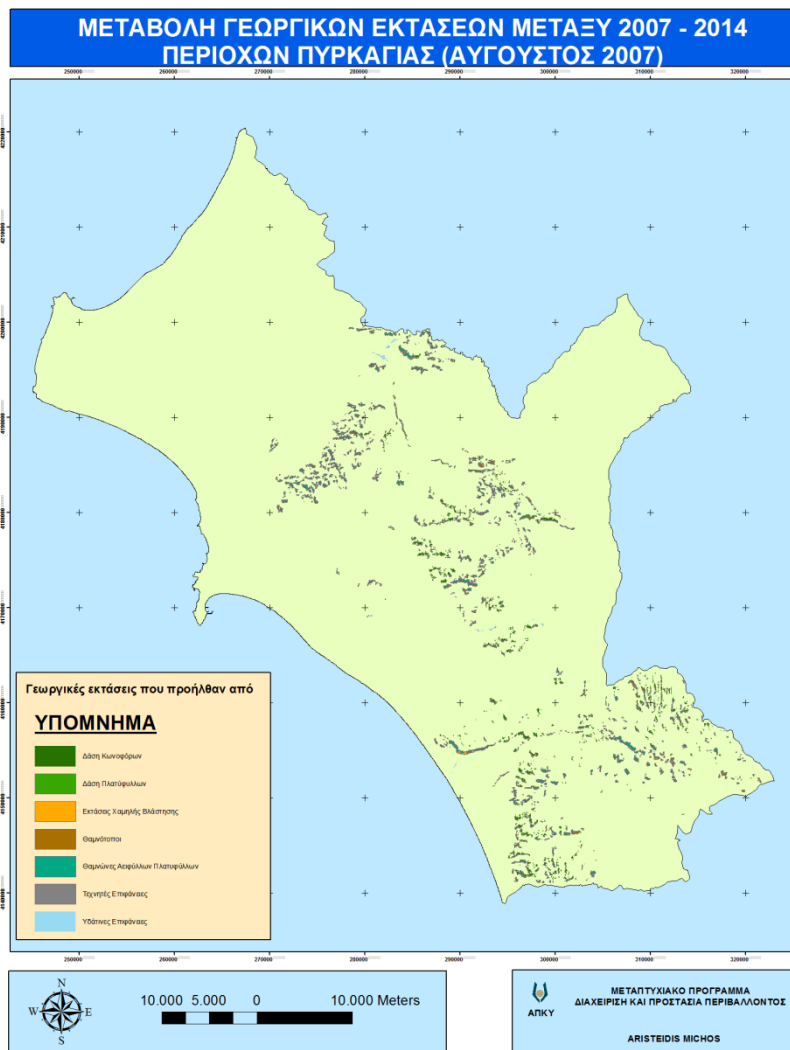
Χάρτης 35.Χαρτογραφική απεικόνιση γεωργικών εκτάσεων που άλλαξαν το διάστημα 2007- 2014

5.5.2.2 Εκτάσεις που μετατράπηκαν σε γεωργικές

Εξετάζοντας την αντίθετη περίπτωση της παραπάνω αλλαγής παρατηρούμε ότι 47.330,33 στρέμματα μετατράπηκαν σε γεωργικές καλύψεις. (Διάγραμμα 28 και Χάρτης 36) Η ανάλυση των εσωτερικών τάσεων αυτής της αλλαγής επιβεβαιώνει αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω , καταδεικνύοντας ότι οι μετατροπές φυσικών εκτάσεων σε γεωργική γη εντοπίζονται κατά κύριο λόγο στις πεδινές και ημιορεινές εκτάσεις και μόνο σε λίγες περιπτώσεις διαπιστώνονται στην ορεινή ζώνη.



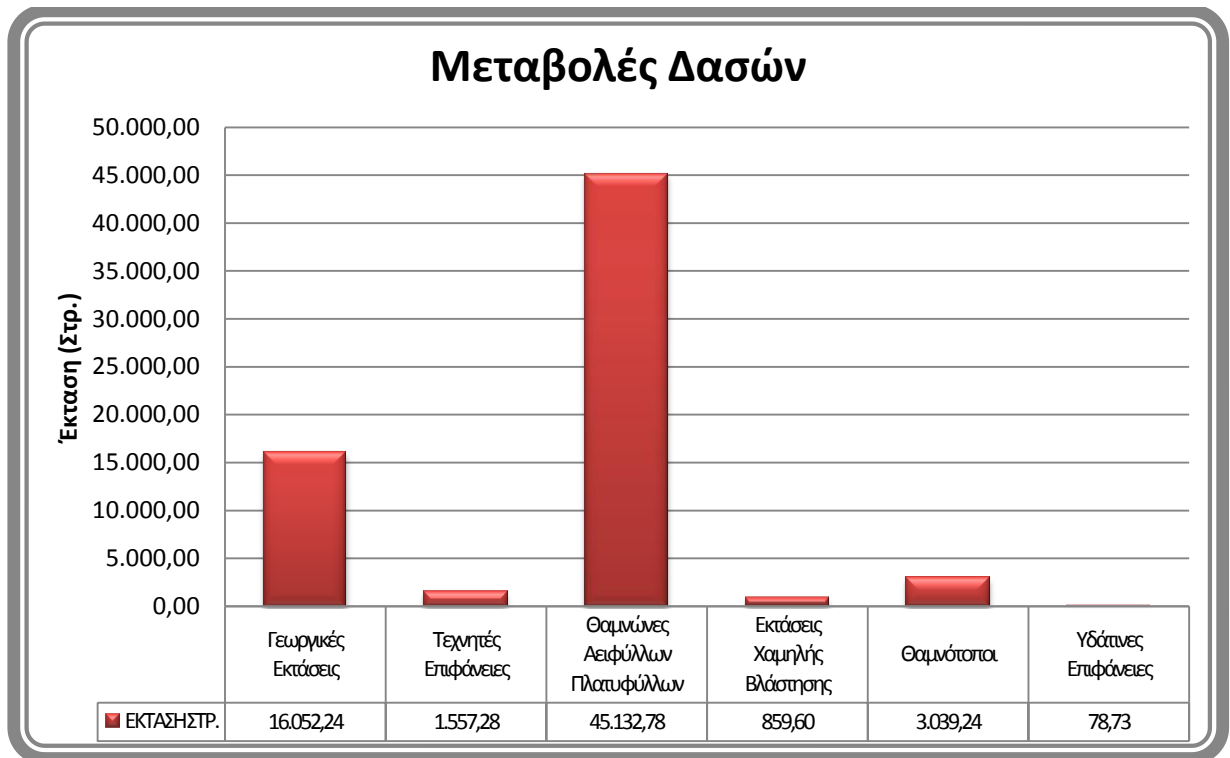
Διάγραμμα 28. Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των γεωργικών εκτάσεων που προήλθαν από άλλες μορφές το διάστημα μετά από την πυρκαγιά



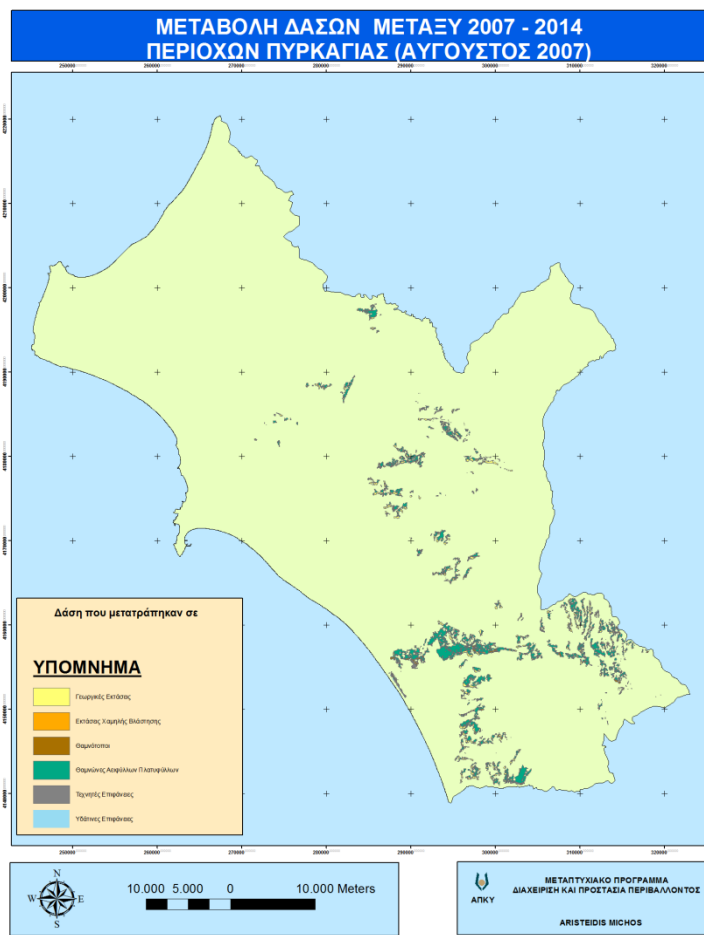
Χάρτης 36. Χαρτογραφική απεικόνιση γεωργικών εκτάσεων που άλλαξαν το διάστημα 2007- 2014

5.5.2.3 Δάση που άλλαξαν

Κατά την περίοδο μελέτης περίπου 66.719,87 στρέμματα δασών μετατράπηκαν σε άλλου είδους καλύψεις. (Διάγραμμα 29 και Χάρτης 37) Το μεγαλύτερο ποσοστό των δασών που μετατράπηκε σε άλλου τύπου κάλυψη έδωσε την θέση του σε Θαμνώνες Αειφύλλων Πλατύφυλλων (περισσότερο από 67% της συγκεκριμένης μεταβολής).



Διάγραμμα 29. Οπτική απεικόνιση σε μορφή «πίτας» των Δασών που μετατράπηκαν σε άλλη μορφή το διάστημα μετά την πυρκαγιά



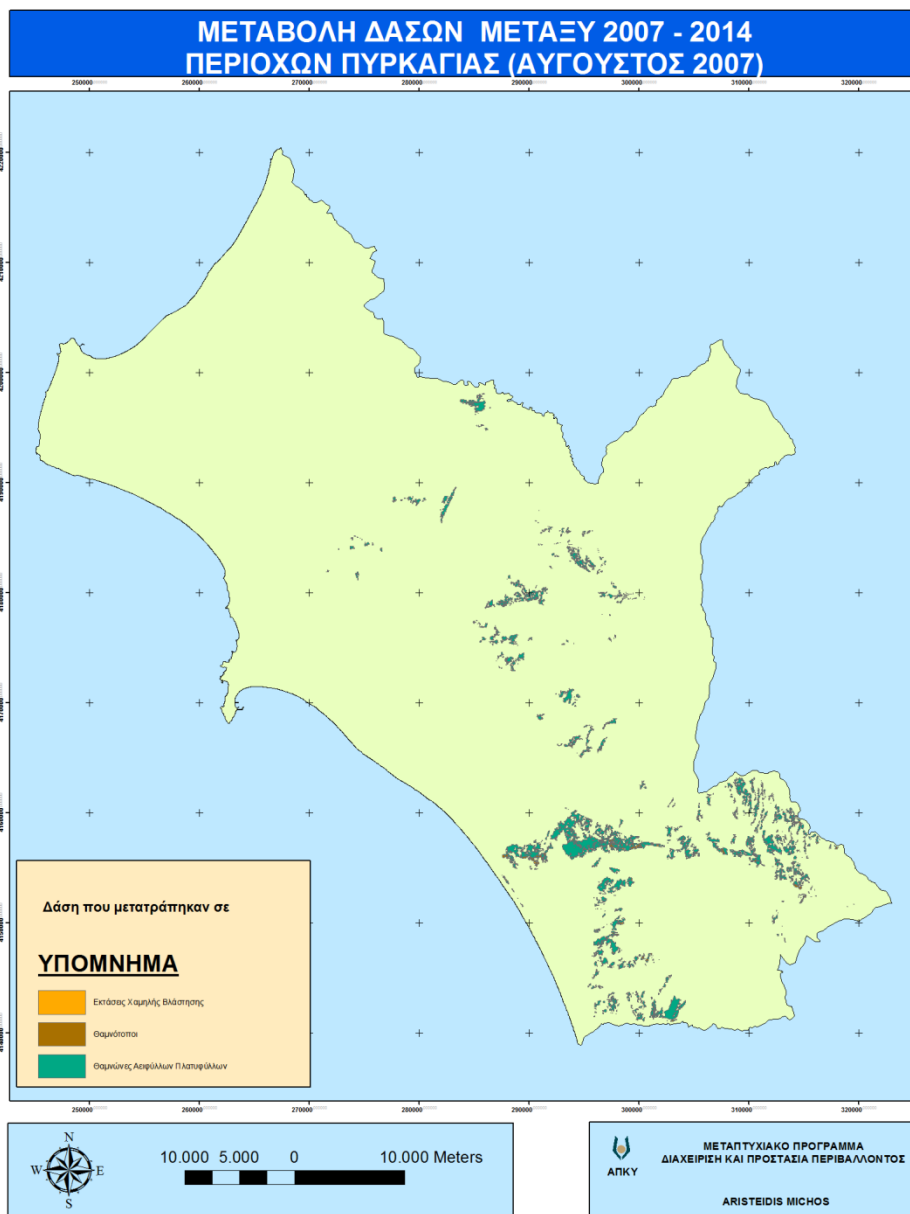
Χάρτης 37. Χαρτογραφική απεικόνιση των δασών που άλλαξαν το διάστημα 2007- 2014

5.5.2.4 Δάση που μετατράπηκαν σε εκτάσεις χαμηλής και θαμνώδους βλάστησης

Στον χάρτη 38 και Διάγραμμα 30 απεικονίζονται τα δάση που μετατράπηκαν σε θαμνότοπους , εκτάσεις χαμηλής βλάστησης και θαμνώνες αείφυλλων πλατύφυλλων (6,2%, 1,75% και 92% της συνολικής έκτασης της αλλαγής αντίστοιχα).



Διάγραμμα 30. Οπτική απεικόνιση σε μορφή «πίτας» των Δασών που μετατράπηκαν σε Δασικές εκτάσεις (Θαμνώνες) το διάστημα 1987 - 2007

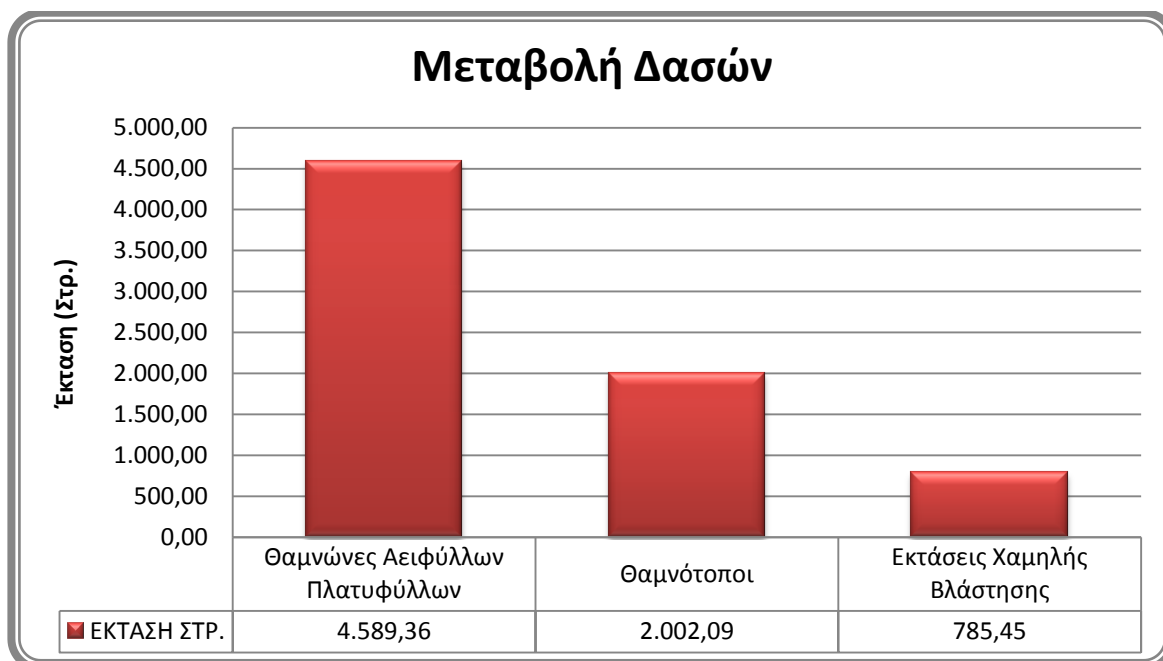


Χάρτης 38. Χαρτογραφική απεικόνιση δασών που μετατράπηκαν σε εκτάσεις χαμηλής & θαμνώδους βλάστησης το διάστημα 1987- 2007

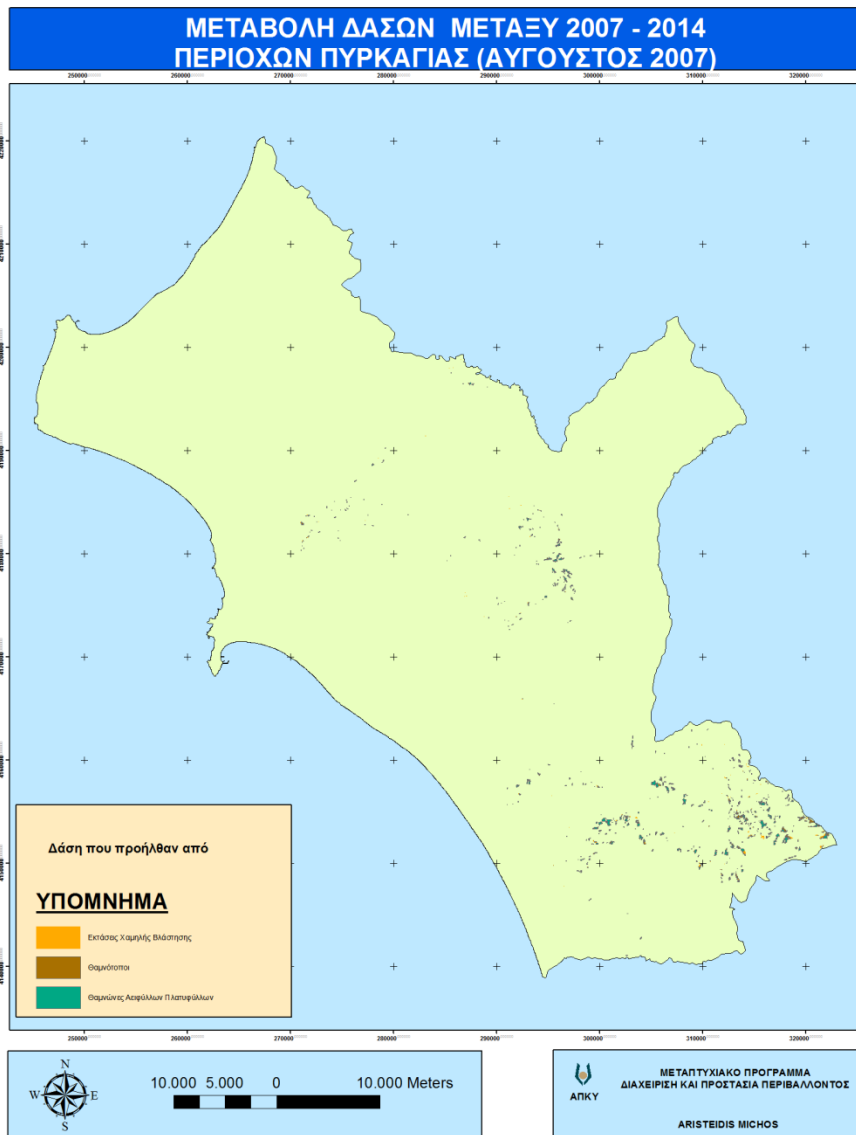
5.5.2.5 Εκτάσεις χαμηλής και θαμνώδους βλάστησης που μετατράπηκαν σε δάση

Κατά την περίοδο μελέτης περίπου 7.376 στρέμματα εκτάσεων χαμηλής και θαμνώδους βλάστησης μετατράπηκαν σε δάση . (Διάγραμμα 31 και Χάρτης 39) Η συγκεκριμένη αλλαγή , κατά κύριο λόγο, εντοπίζεται στους δασοσκεπείς ορεινούς όγκους καθώς και στις γειτονικές επιφάνειες , αυτές των μεταβατικών ζωνών βλάστηση. Αυτό σημαίνει ότι με το πέρασμα των χρόνων εκτάσεις χαμηλής βλάστησης και θαμνότοποι εξελίσσονται σε δάση ως αποτέλεσμα

φυσικών διεργασιών μικρής ανθρώπινης επέμβασης (δημιουργία τεχνητών επιφανειών) και περιορισμένης βόσκησης.



Διάγραμμα 31. Οπτική απεικόνιση σε μορφή «μπάρας» των Δασών που προήλθαν από Δασικές εκτάσεις (Θαμνώνες) το διάστημα 1987 - 2007



Χάρτης 39. Χαρτογραφική απεικόνιση δασών που προήλθαν από εκτάσεις χαμηλής & θαμνώδους βλάστησης το διάστημα 1987- 2007

5.5.3 Καταστροφές σε περιοχές ιδιαίτερης φυσικής αξίας

Ανάμεσα στις καμένες περιοχές ανήκαν και τμήματα τριών περιοχών Natura (GR2330002: Οροπέδιο Φολόης, GR2330004 Ολυμπία, GR2330005: Θίνες και παραλιακό δάσος Ζαχάρως, Λίμνη Καϊάφα, Στροφυλιά, Κακόβατος)

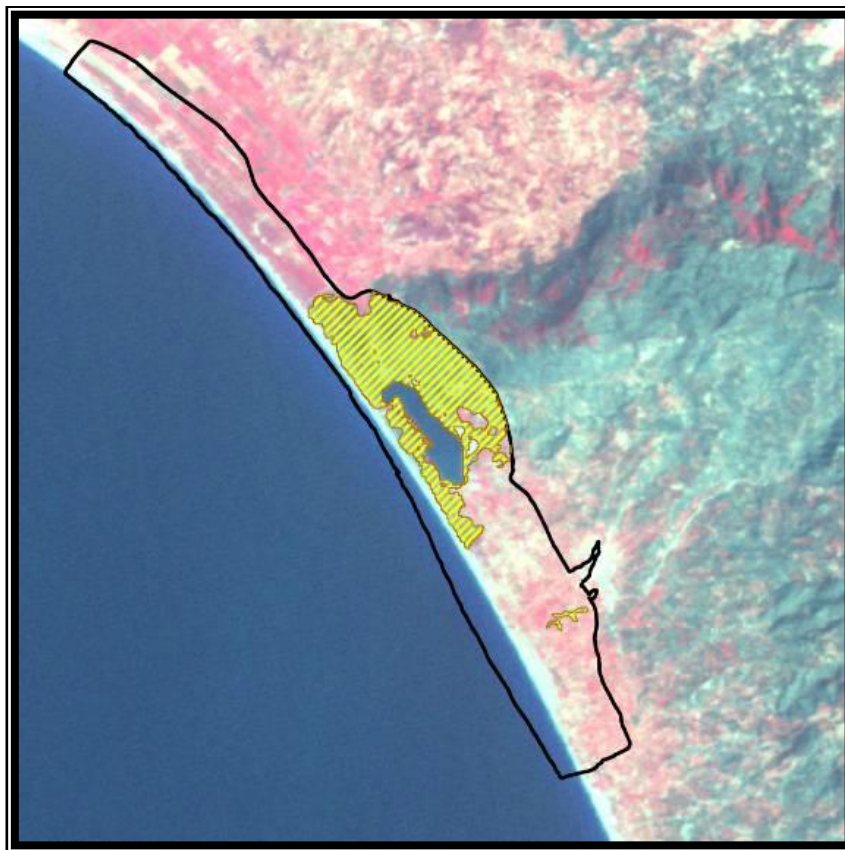
Έγινε προσπάθεια να διαπιστωθεί ο βαθμός επίδρασης και ουσιαστικά επιβάρυνσης περιβαλλοντικά – οικολογικά των περιοχών αυτών

5.5.3.1 Δάσος και λίμνη Καϊιάφα (Τόπος Κοινοτικής Σημασίας: GR2330005)

Το δάσος και η λίμνη Καϊιάφα του Νομού Ηλείας αποτελούσε ένα μοναδικό παράκτιο φυσικό στολίδι με μεγάλη βιοποικιλότητα. Το τοπίο συνέθεταν τρία διαφορετικά οικοσυστήματα σε πολύ καλή κατάσταση διατήρησης: οι σπάνιες παράκτιες αμμοθίνες, το εξαιρετικής δομής και υγιέστατο πευκοδάσος χαλέπιας πεύκης και κουκουναριάς σε μίξη με άλλα αείφυλλα πλατύφυλλα και η υδροχαρής βλάστηση της λίμνης. Σπουδαία ήταν και η πανίδα της περιοχής με πιο χαρακτηριστικά τα σπάνια είδη χελωνών της περιοχής (γραμμωτή, ονυχοχελώνα, θαλάσσια χελώνα καρέτα).

Η φωτιά κατέκαψε ολόκληρη τη ζώνη που περιβάλλει τη λίμνη, το πευκοδάσος κάτω από αυτήν, καθώς και τις πρώτες αμμοθίνες της παραλίας. Όλη η υδροχαρής βλάστηση κάηκε, ωστόσο πολλά είδη αναγεννήθηκαν. Η υπερυδατική και υγρολιβαδική βλάστηση έχει ανακάμψει. Το πευκοδάσος που κάηκε αποτελείτο από χαλέπιο πεύκη και κουκουναριά. Το κύριο δάσος κουκουναριάς στο βορινό κομμάτι της περιοχής έμεινε ευτυχώς αλώβητο. Η φυσική αναγέννηση της Χαλεπίου Πεύκης είναι εντυπωσιακή επτά χρόνια μετά, ενώ η οικολογική αποκατάσταση της περιοχής με πιθανή ανασύσταση του δάσους κουκουναριάς στην περιοχή θα αργήσει λόγω ότι η Κουκουναριά τα πρώτα χρόνια ανάπτυξης είναι σκυόφυτο είδος. Ωστόσο, το σημαντικότερο στοίχημα για την μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα του περιβάλλοντος της περιοχής αφορά την περιφρούρησή του από τα παντοειδή συμφέροντα που χρόνια πιέζουν για αλλαγές στη χρήση του χώρου. Η εξαγγελθείσα συνεργασία του Δήμου Ζαχάρως και της Κτηματικής Εταιρίας του Δημοσίου (ΚΕΔ) για ταχεία ανάπτυξη οικονομικών δραστηριοτήτων σε δημόσια ακίνητα (βελτίωση και ενδυνάμωση της αυξανόμενης τουριστικής κίνησης, μέσω της δημιουργίας τουριστικών εγκαταστάσεων υψηλής ποιότητας και χώρων αναψυχής είναι ενδεικτική των πιέσεων που αναμένεται να ασκηθούν σε αυτές τις καμένες περιοχές για ανεξέλεγκτη ανάπτυξη. Η πρόσφατη ανακοίνωση της απόσυρσης αυτής της συμφωνίας ήρθε ως αποτέλεσμα της γενικής κατακραυγής που προκάλεσε η προοπτική περαιτέρω υποβάθμισης του φυσικού χαρακτήρα της περιοχής. Σημειώνεται ότι τμήμα της περιοχής ιδιοκτησίας της ΚΕΔ έχει ενταχθεί ως προστατευόμενη στο δίκτυο Natura 2000.

Συνολικά, εντός της προστατευόμενης περιοχής κήκαν 7.577 στρέμματα, ήτοι το 22,5% του συνόλου της (Εικόνα 30).



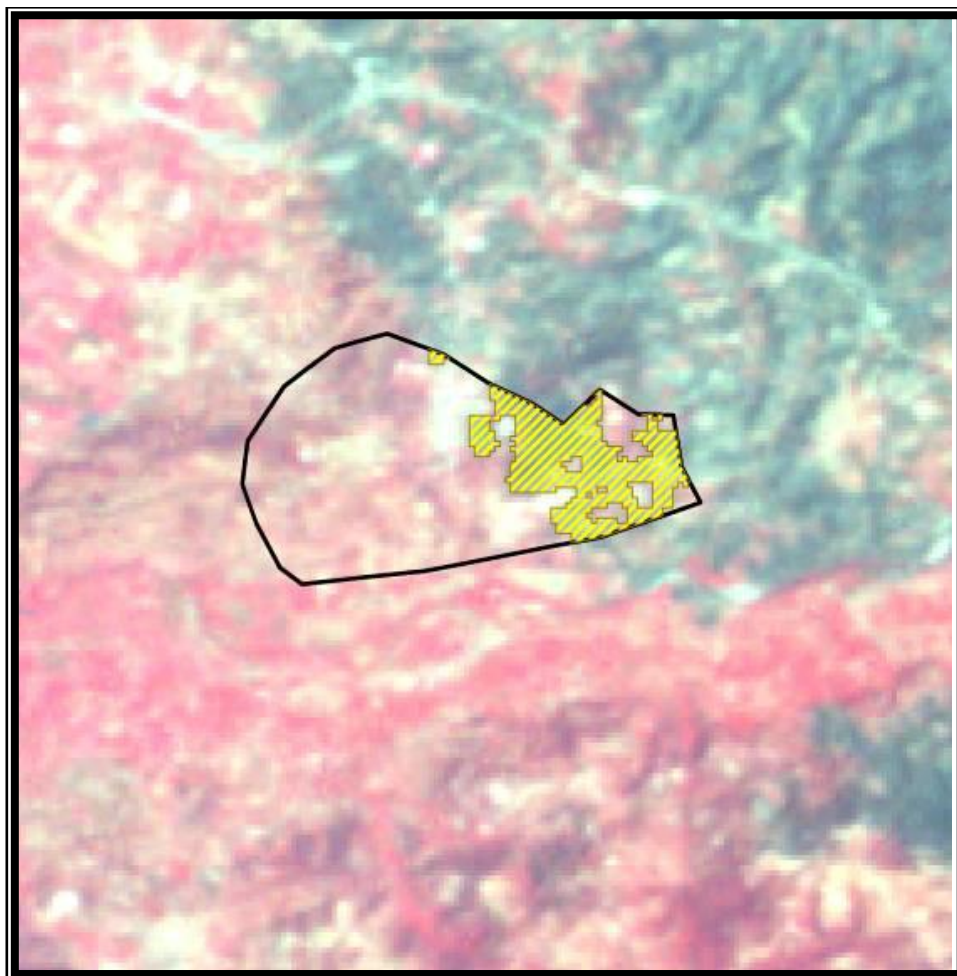
Εικόνα 30. Δορυφορική εικόνα περιοχής Καϊάφα Με γραμμοσκίαση αποτυπώνεται η δασική βλάστηση που καταστράφηκε

5.5.3.2 Ολυμπία (Τόπος Κοινοτικής Σημασίας: GR2330004)

Η περιοχή γύρω από την αρχαία Ολυμπία, αποτελεί χαρακτηριστικό δείγμα της μεσογειακής βλάστησης και έχει ενταχθεί στο δίκτυο Natura κυρίως λόγω του μωσαϊκού των δασικών και αγροδασικών της οικοσυστημάτων. Η πανίδα της περιοχής είναι ενδιαφέρουσα, με καταγεγραμμένα αρκετά είδη ερπετών, πολλά από τα οποία είναι ενδημικά της Πελοποννήσου, καθώς και το ενδημικό θηλαστικό των Βαλκανίων *Microtus thomasi*. Δεν φιλοξενεί σπάνια ή στενοενδημικά φυτά.

Κήκε σημαντικό κομμάτι στα ανατολικά της περιοχής. Η βλάστηση που επηρεάστηκε αποτελείται κυρίως από δασικά οικοσυστήματα, τα οποία μπορούν ν' αναγεννηθούν φυσικά, αν βέβαια προβλεφθούν και

αντιμετωπιστούν οι αναμενόμενες πιέσεις από την αυξανόμενη, έως σήμερα, τουριστική ανάπτυξη της περιοχής. (Εικόνα 31). **Συνολικά, εντός της προστατευόμενης περιοχής κάηκαν 670 στρέμματα, ήτοι το 21,3 % του συνόλου της.**



Εικόνα 31. Δορυφορική εικόνα περιοχής Ολυμπίας. Με γραμμοσκίαση αποτυπώνεται η δασική βλάβηση που καταστράφηκε

5.5.3.3 Οροπέδιο Φολόης (Τόπος Κοινοτικής Σημασίας: GR2330002)

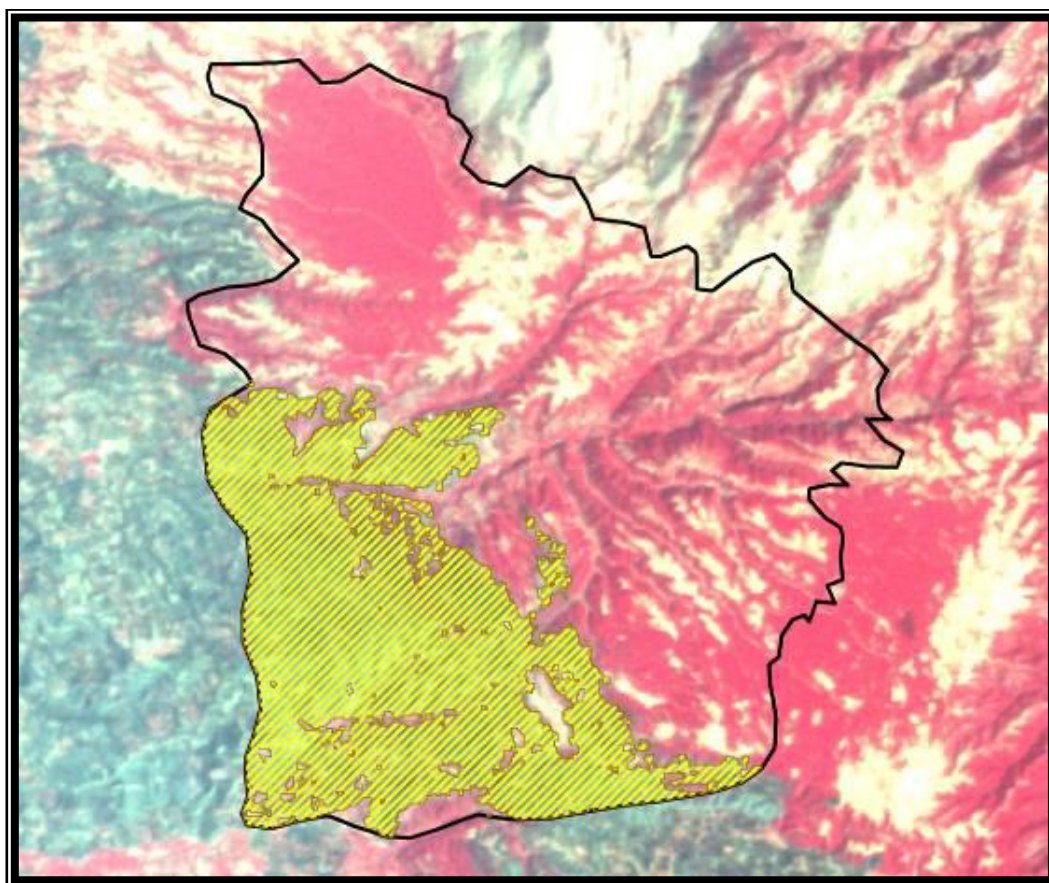
Το κύριο και οικολογικά πιο πολύτιμο χαρακτηριστικό του οροπεδίου της Φολόης είναι το εκτεταμένο δρυοδάσος από *Quercus frainetto*. Το δρυοδάσος έχει συνολική έκταση 39.170 στρέμματα και είναι ένα από τα λίγα αμιγώς σπερμοφυή δρυοδάση της Ευρώπης σε πεδινή περιοχή. Στις δυτικές και πιο εκτεθειμένες πλευρές παρατηρούνται αείφυλλα-πλατύφυλλα που στη συνέχεια αναμιγνύονται με πευκοδάσος το οποίο από το υψόμετρο των περίπου 700 μέτρων αντικαθίσταται τελικά από δρυοδάσος. Μέσα στο δρυοδάσος υπάρχουν

και άτομα μαύρης πεύκης που έχουν φυτευτεί με στόχο τη μεγαλύτερη παραγωγή ξυλείας. Το δρυοδάσος έχει πλέον πολύ περιορισμένη φυσική αναγέννηση.

Έχουν καεί εκτάσεις με αείφυλλα-πλατύφυλλα καθώς και πευκοδάση στις δυτικές και νοτιοδυτικές παρυφές και ως το επίπεδο του οροπεδίου όπως οριοθετείται από το δρόμο. (Εικόνα 32)

Έχουν επίσης καεί και περίπου 100 (σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του δασαρχείου) δέντρα δρυός στις παρυφές του δάσους. Συνεπώς, η πυρκαγιά δεν έπληξε σημαντικά την οικολογική σημασία της περιοχής. Δυστυχώς, μέχρι στιγμής δεν υπάρχει καμία πρόβλεψη για ρύθμιση και μείωση των υφιστάμενων έντονων πιέσεων που δέχεται η περιοχή από ανεξέλεγκτες δραστηριότητες, όπως η υλοτομία, η επέκταση των καλλιεργειών από τα γύρω χωριά και η χωρίς σχέδιο τουριστική εκμετάλλευση.

Συνολικά, εντός της προστατευόμενης περιοχής κάηκαν 29.943 στρέμματα, ήτοι το 30,7% του συνόλου της.



Εικόνα 32. Δορυφορική εικόνα περιοχής Φολόης Με γραμμοσκίαση αποτυπώνεται η δασική βλάβηση που καταστράφηκε

Κεφάλαιο 6

Συμπεράσματα - Συζήτηση

6.1 Γενικά

Η Τηλεπισκόπηση αποτελεί σημαντική τεχνολογία που χρησιμοποιείται σήμερα στη διαχείριση του περιβάλλοντος. Η δορυφορική τηλεπισκόπηση τις τελευταίες δεκαετίες έχει συμβάλλει ιδιαίτερα στην παρακολούθηση και προστασία των ευαίσθητων φυσικών οικοσυστημάτων. Οι ιδιαίτερα βελτιωμένες δυνατότητες των πρόσφατων δορυφορικών αποστολών επέκτειναν το εύρος των παραμέτρων ενδιαφέροντος που μπορούν αξιόπιστα και σε ικανοποιητικό βαθμό να καλυφθούν με τα δορυφορικά δεδομένα. Έχοντας σαν δεδομένη τη φασματική επάρκεια των δεδομένων, η κρίσιμη ισορροπία είναι μεταξύ της χρονικής και της χωρικής διακριτικής ικανότητας. Με άλλα λόγια αν δηλαδή τα δορυφορικά δεδομένα υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας απαιτούν και υψηλή χρονική διακριτική ικανότητα αλλά και το αντίστροφο. Ειδικότερα σχετικά με το προσδιορισμό της κάλυψης γης (Land Cover), κατά το χωρικό και χρονικό προσδιορισμό της κάλυψης γης επιβάλλονται χωρικές διακριτικές ικανότητες που εξαρτώνται από το εύρος της υπό μελέτη περιοχής και τους ειδικότερους στόχους της εφαρμογής. Σήμερα οι δορυφορικές αποστολές προσφέρουν ένα ικανοποιητικό εύρος χωρικών διακριτικών ικανοτήτων σχετικά με το προσδιορισμό της κάλυψης γης και την ανίχνευση διαχρονικών αλλαγών, ενώ παρέχουν επαρκή φασματικά δεδομένα όχι μόνο για τα κανάλια του ορατού, αλλά και πέραν αυτού. Το φυσικό περιβάλλον, που συγκαταλέγεται στους ανανεώσιμους φυσικούς πόρους, δέχεται τις περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές επιδράσεις. Η διαχρονική παρακολούθηση των επιδράσεων αυτών προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα στον καθορισμό των μελλοντικών δράσεων.

Αυτή η μελέτη, προσπαθεί να παρουσιάσει τις διαχρονικές αλλαγές της κάλυψης γης στη περιοχή μελέτης (Νομός Ηλείας) χρησιμοποιώντας τα δορυφορικά στοιχεία της τηλεπισκόπησης που συλλέχθηκαν σε τρεις διαφορετικές χρονικές στιγμές: 1987 - 2007- 2014.

6.2 Ανάλυση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης

Το βασικό πλεονέκτημα κατά την διαδικασία της ταξινόμησης των δορυφορικών δεδομένων έχει να κάνει με το γεγονός ότι, οι τρεις εικόνες Landsat είχαν την ίδια ημερομηνία λήψης (19/7/1987 και 18/7/2007, με απόκλιση λίγων ημερών της εικόνα του 2014, που είχε ημερομηνία λήψης 28/7). Το γεγονός ότι η βλάστηση και ιδιαίτερα οι καλλιέργειες βρίσκονται στο ίδιο φαινολογικό στάδιο αποτέλεσε ουσιαστικό παράγοντα, για την καταγραφή των τύπων χρήσης/κάλυψης γης, την αποτύπωσή τους στη δορυφορική εικόνα και τελικά την ανίχνευση των αλλαγών και την ερμηνεία της κατανομής τους.

Κατά τη διαδικασία της ταξινόμησης των εικόνων αντιμετωπίστηκαν ορισμένα προβλήματα. Τα προβλήματα αυτά οφείλονταν κυρίως στους ακόλουθους παράγοντες:

α) τον πολυτεμαχισμό του κλήρου και η μικρή στρεμματική έκταση πολλών αγροτεμαχίων (1-2 στρέμματα). Οι δύο αυτοί παράγοντες ευνοούν την αύξηση των μικτών εικονοστοιχείων και μειώνουν την αποτελεσματικότητα της ταξινόμησης.

β) το υψηλό επίπεδο συσχέτισης μεταξύ των φασματικών καναλιών. Η υψηλή συσχέτιση, μειώνει την αποτελεσματικότητα των δεδομένων, σχετικά με τη διάκριση των διαφορετικών ειδών χρήσης/κάλυψης γης, αφού ουσιαστικά το ένα φασματικό κανάλι είναι αντίγραφο του άλλου και δεν προσφέρει συμπληρωματική πληροφόρηση.

γ) την ύπαρξη μικτών εικονοστοιχείων, τα οποία εμφανίζονται στα όρια δύο διαφορετικών κλάσεων. Το πρόβλημα αυτό εντείνεται σε περιοχές με μεγάλη ετερογένεια στην κάλυψη/χρήση γης, όπως είναι η συγκεκριμένη περιοχή μελέτης.

6.2.1 Χρονική περίοδος 1987-2007

Οι γενικές τάσεις που παρουσιάζονται στην περιοχή μελέτης είναι η αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων (περίπου 124.200,00 στρέμματα) και των εκτάσεων με αείφυλλα πλατύφυλλα, (περίπου 5.140,00 στρέμματα) η μείωση της φυσικής δασικής βλάστησης και των βοσκοτόπων (εκτάσεις χαμηλής βλάστησης + Θαμνότοποι).

Τα κυριότερα αίτια των αλλαγών της κατανομής της χρήσης/κάλυψης γης ήταν η έντονη αστικοποίηση, η αύξηση του πληθυσμού στις πεδινές περιοχές και ο εκσυγχρονισμός του οδικού δικτύου, το οποίο έχει ως άμεση συνέπεια την έντονη αστική επέκταση και τη βελτίωση των μεταφορών. Επίσης, μεγαλύτερη πίεση τα δασικά οικοσυστήματα δέχονται στις περιοχές με έντονη τουριστική κίνηση και σε περιοχές με μεγάλη οικονομική αξία (παράλιες εκτάσεις).

Κατά την ανίχνευση των αλλαγών, αναδεικνύεται μία σημαντική επέκταση των καλλιεργητικών ζωνών εντός της φυσικής βλάστησης. Η προέλαση των καλλιεργούμενων εκτάσεων αποτελεί ουσιαστικά έναν από τους πιο σημαντικούς τρόπους εκδήλωσης της ανθρώπινης πίεσης προς το φυσικό περιβάλλον. Αυτή οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην ανάγκη βελτίωσης του εισοδήματος του τοπικού πληθυσμού, δεδομένου ότι η περιοχή μελέτης είναι, σε πολύ μεγάλο βαθμό, αγροτική και το γεωργικό εισόδημα θεωρείται ως το κύριο εισόδημα σε μεγάλο τμήμα του πληθυσμού. Η συνήθης πρακτική που ακολουθείται για την αποψίλωση της φυσικής βλάστησης είναι, αρχικά, το κάψιμο της βλάστησης, μέσω των πυρκαγιών, η διάνοιξη νέου οδικού δικτύου και ακολούθως η καταπάτηση της γης και η εγκατάσταση νέων καλλιεργειών.

Η αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων έχει ευνοηθεί και από την επέκταση της άρδευσης και την μετατροπή των ξηρικών καλλιεργειών σε αρδεύσιμες, γεγονός το οποίο έχει βοηθήσει στην αύξηση της παραγωγής, πολλές φορές όμως σε βάρος της ποιότητας.

Η αποψίλωση και υποβάθμιση της φυσικής βλάστησης παρουσιάζει διαφορετικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται άμεσα με τη θέση και την έκταση που καταλαμβάνει η βλάστηση στην περιοχή μελέτης. Αναλυτικότερα, όπως προέκυψε από την ανίχνευση των αλλαγών, παρατηρείται μία εκτεταμένη υποβάθμιση της φυσικής βλάστησης, η οποία οφείλεται κυρίως στην ανθρώπινη πίεση, η οποία εκδηλώνεται ποικιλοτρόπως, με τις πυρκαγιές, την αποψίλωση

της βλάστησης και την προέλαση των καλλιεργούμενων εκτάσεων, τη διάνοιξη νέου οδικού δικτύου εντός των ζωνών βλάστησης, την αστικοποίηση (σε μικρότερο βαθμό) και την υπερβόσκηση.

Το μεγαλύτερο βαθμό μείωσης δέχθηκαν οι επονομαζόμενες εκτάσεις «χαμηλής βλάστησης». Όπως διαπιστώνει κανείς, αυτές οι εκτάσεις ταυτίζονται σε μεγάλο βαθμό με τις χορτολιβαδικές εκτάσεις. Οι εκτάσεις αυτές θεωρήθηκαν ως η εύκολη λεία και δεν είναι τυχαία η προσπάθεια ψήφισης του νομού περί βοσκοτόπων, που ευτυχώς κρίθηκε αντισυνταγματικός, που και πάλι στόχο είχε την οριστική αποδέσμευση εκατομμυρίων στρεμμάτων.

Όπως προκύπτει, επίσης, οι γεωργικές καλλιέργειες αυξήθηκαν κατά περίπου 77.500,00 στρεμμάτων σε βάρος των εκτάσεων χαμηλής βλάστησης και, επιπλέον άλλο 4.400 περίπου στρέμματα των τελευταίων παραδόθηκαν σε τεχνητές και γυμνές εκτάσεις. Οι αλλαγές αυτές σχεδόν στο σύνολό τους αναφέρονται σε πεδινές περιοχές και δεν είναι γνωστό εάν αυτό έγινε με νόμιμες διαδικασίες. Μεγάλη, επίσης, φθορά δέχεται και η θαμνώδης βλάστηση, με την κατάληψη περίπου 80.100 στρεμμάτων εκ μέρους των γεωργικών καλλιεργειών. Αν προσθέσουμε σ' αυτά και 60.000 στρέμματα δασών που αποδόθηκαν στη γεωργική χρήση, αντιλαμβάνεται κανείς πόσο σοβαρή αλλαγή έχει επιφέρει η γεωργία σε βάρος, κατά σειρά, των θαμνότοπων των εκτάσεων χαμηλής βλάστησης των δασών και των γυμνών/τεχνητών εκτάσεων.

Η μεθερμίνευση του φαινομένου φαίνεται να είναι απλή και οφείλεται κυρίως στην εκμηχάνιση της γεωργίας και τη δυνατότητα καλλιέργειας επιφανειών που στο παρελθόν ήταν δύσκολο να καλλιεργηθούν, στην κατάληψη κυρίως γειτονικών προς τις καλλιέργειες εκτάσεων με εκχέρσωση, στο μειωμένο έλεγχο και ως ένα βαθμό, στη συνεχώς καλλιεργούμενη αδιαφορία των υπευθύνων εφαρμογής των νόμων.

Σε μεγάλο βαθμό, η αύξηση των γεωργικών εκτάσεων σε ορεινές περιοχές δεν έγινε για την αύξηση της αγροτικής παραγωγής, αλλά για τη νόθο επιδίωξη των ευκαιριών επιδοτήσεων, οι οποίες δεν αφορούσαν στη μειωμένη παραγωγή αλλά στην έκταση της καλλιέργειας. Επισημαίνεται, εδώ, ότι οι γεωργικές εκτάσεις δεν προστατεύονται με την ίδια αυστηρότητα από το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο και ευκολότερα μπορούν να αλλάξουν χρήση.

Τα 4.400 περίπου στρέμματα γεωργικών καλλιεργειών που φαίνεται να μεταπηδούν στις τεχνητές επιφάνειες, μπορούν, ασφαλώς, να υποστηρίξουν την άποψη αυτή και την «αξιοποίηση» τους για οικιστική χρήση. Η άλλη ευάλωτη κατηγορία κάλυψης που εξετάζεται στην εργασία και που εμφανίζει σοβαρή μείωση είναι οι θαμνότοποι. Βέβαια, και δικαίως, γίνεται μια προσπάθεια διαχωρισμού μεταξύ των αείφυλλων πλατύφυλλων θάμνων η μεταβατικών καταστάσεων και των υπολοίπων θαμνώνων. Οι διακρίσεις αυτές, σε μεγάλο βαθμό εκφράζουν οπισθοδρομικές διαδοχές παλαιότερων δασών. Μπορούμε να υποθέσουμε με ασφάλεια ότι η «χαμηλή βλάστηση», που ταυτίζεται, όπως προαναφέρθηκε, με τις χορτολιβαδικές εκτάσεις, δέχθηκε την εντονότερη καταστροφή από τις γεωργικές επεκτάσεις και εκχερσώνεις και λιγότερο από την κατηγορία των τεχνητών/γυμνών επιφανειών. Πολλές, βέβαια, εκτάσεις θαμνότοπων (4500 περίπου στρέμματα) εξελίχθηκαν σε δάση, αποτέλεσμα, φυσικά, της σταδιακής εγκατάλειψης της υπαίθρου και των οριακών μη αποδοτικών καλλιεργειών. Η παράλληλη μείωση του αγροτικού πληθυσμού δεν αιτιολογεί την απροσδόκητη αύξηση των γεωργικών καλλιεργειών προς όφελος της παραγωγής, η οποία φαίνεται να επηρεάζεται περισσότερο από την επέκταση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, εξαιτίας της εκμηχάνισης της γεωργίας.

Ο κατακερματισμός του δασικού χώρου και η δόμηση σε δασογενές περιβάλλον εγκυμονεί πρόσθετους κινδύνους σε περίπτωση πυρκαγιών, με την απώλεια ανθρωπίνων υπάρξεων, καταστροφή περιουσιών, αποζημιώσεων κ.λ.π. αλλά, ταυτόχρονα, επιβαρύνει τον χώρο με έργα υποδομών όπως δρόμους, δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικού, ύδρευσης, αποχέτευσης, διάθεσης των απορριμμάτων, ρύπανση, αύξηση της διάβρωσης και δυσχέρειες στη διαχείριση των υπόγειων υδροφορέων. Με αρνητικό πρόσημο εμφανίζονται όλες οι δασικές κατηγορίες, με σύνολο περίπου απωλειών που ανέρχεται περίπου στα 50.500 στρέμματα. Η μετατροπή τμημάτων αυτών σε άλλες, λιγότερο βαρύνουσες το περιβάλλον κατηγορίες, δεν σημαίνει ότι οι δασικές αυτές εκτάσεις εύκολα θα επανέλθουν στην πρότερη κατάσταση, δεδομένου του μεγάλου χρόνου ανάκαμψης (τουλάχιστον 20 έτη) και της απουσίας σαφούς πολιτικής χρήσης των εκτάσεων αυτών. Οι συνέπειες από τις ανωτέρω αλλαγές συνίστανται, γενικώς, στην απώλεια δάσους, στην καταστροφή της δομής τους και της πανίδας τους αλλά

και στη γενικότερη απώλεια βιοποικιλότητας, στην απώλεια εδαφών και στην αύξηση των διαβρώσεων, στη διαταραχή της δίαιτας των νερών και στην απώλεια των κοινωνικών υπηρεσιών που προσφέρουν τα δάση. Η παρατηρούμενη αύξηση των δασών κατά 1.535 στρέμματα και των θαμνώνων και αείφυλλων πλατύφυλλων κατά 21.185 στρέμματα, χωρίς να γίνουν οι σχετικές προσθαφαιρέσεις των διαφόρων κατηγοριών ώστε να είναι καθαρές οι απόλυτες τιμές, θα μπορούσε να αποδοθεί κυρίως στην εγκατάλειψη της ορεινής υπαίθρου, στη μείωση του παραδασόβιου πληθυσμού και στον περιορισμό των απαιτήσεων σε δασικά προϊόντα και δραστηριότητες. Η αύξηση αυτή είναι μεν παρήγορη, αλλά σε καμιά περίπτωση δεν ισοσκελίζει την εκτεταμένη καταστροφή των πεδινών και παραλιακών δασών και δασικών εκτάσεων, που φαίνεται να είναι τα περισσότερο ευάλωτα στην άναρχη ανάπτυξη και στην έντονη αστικοποίηση.

Παράλληλα, θα πρέπει να επισημάνουμε ότι η αστικοποίηση του αγροτικού και παραδασόβιου πληθυσμού σημαίνει αποχή και αλλοτρίωσή του από τις παραδοσιακές δραστηριότητες, βαθμιαία αποξένωση από το φυσικό περιβάλλον. Χαλλαγή των αξιών και η αδυναμία ή αδιαφορία συμμετοχής στην πρόληψη και την αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών, όπως αποδείχθηκε με τα τραγικά γεγονότα των πυρκαγιών των τελευταίων χρόνων, είναι επιπλέον αιτίες περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Οι συνέπειες αυτές, που εκδηλώνονται ως απότοκο της αστικοποίησης με την παράλληλη καλλιέργεια της «ψευδούς» ανάπτυξης της σύγχρονης Ελλάδας, ίσως είναι από τις τραγικότερες στην πρόσφατη ιστορία της και οι πλέον δύσκολα αναστρέψιμες.

6.2.2 Χρονική περίοδος 2007-2014

Με βάση τα αποτελέσματα που καταγράφονται στον πίνακα προκύπτουν οι ακόλουθες παρατηρήσεις:

α) Τα δάση Κωνοφόρων παρουσιάζουν μία αύξηση της έκτασής τους κατά 0,6% σε σχέση με το 2007 (16.450 στρέμματα), και αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ανάπτυξη της φυσικής αναγέννησης, ενώ τα δάση πλατύφυλλων παρουσιάζουν μια ελαφρά μείωση 0,54% (14080 στρέμματα). Αθροιστικά έχουμε μια μικρή αύξηση των δασών κατά 2360 στρεμμάτων. Οι βασικές μεταβολές που πραγματοποιούνται προς άλλη χρήση/κάλυψη είναι προς

τεχνητές επιφάνειες κατά 3.140 στρέμματα (2,57%) και 34.305 στρέμματα (28,14%) προς καλλιέργειες. Την μεγαλύτερη όμως μεταβολή, παρουσιάζουν τα δάση προς θαμνώνες αείφυλλων - πλατύφυλλων με 76.120 στρέμματα (62,45%). Η μεταβολή αυτή οφείλεται κυρίως στις πυρκαγιές, με πιο σημαντική την μεγάλη πυρκαγιά που εκδηλώθηκε το καλοκαίρι του 2007, καθώς και στην επίδραση του ανθρώπινου παράγοντα, με πολλές εκχερσώσεις και υλοτομήσεις που έλαβαν χώρα στην περιοχή.

β) οι καλλιέργειες παρουσιάζουν μία αρκετά σημαντική μείωση των εκτάσεων τους κατά 404.000 στρέμματα (15,40%). Η σημαντική αυτή μείωση των καλλιεργούμενων εκτάσεων οφείλεται σε πολλούς λόγους. Ο βασικότερος λόγος είναι η μείωση των επιδοτήσεων ορισμένων καλλιεργειών, καθώς και η αποσύνδεση σε ορισμένες από αυτές, της παραγωγής από την επιδότηση. Τα κυριότερα αίτια των αλλαγών της κατανομής της χρήσης/κάλυψης γης ήταν η έντονη αστικοποίηση, η αύξηση του πληθυσμού στις πεδινές περιοχές και ο εκσυγχρονισμός του οδικού δικτύου, το οποίο έχει ως άμεση συνέπεια την έντονη αστική επέκταση και τη βελτίωση των μεταφορών. Επίσης, η Ευρωπαϊκή αγροτική πολιτική των επιδοτήσεων συγκεκριμένων καλλιεργειών οδήγησε στην αντικατάσταση πολλών μη προσοδοφόρων πλέον καλλιεργειών, ιδιαίτερα την τελευταία δεκαετία, προς άλλες πιο προσοδοφόρες καλλιέργειες ή σε κατάσταση αγρανάπαυσης και ακαλλιεργησίας. Επίσης, ενώ στο διάστημα από το 1987 έως το 2007, παρατηρείται μία μικρή αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων, κυρίως σε βάρος της φυσικής βλάστησης, την περίοδο 2007-2014 παρατηρείται μία μείωση. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην εντατικοποίηση των καλλιεργειών που καταγράφηκε τις τελευταίες δεκαετίες, η οποία άρχισε σιγά-σιγά να οδηγεί σε δημιουργία άγονων εδαφών. Τα εδάφη αυτά είτε δεν μπορούν πλέον να καλλιεργηθούν, είτε δίνουν πολύ χαμηλές αποδόσεις, με αποτέλεσμα να εγκαταλείπονται και να μετατρέπονται σε χέρσες εκτάσεις ή σε βοσκότοπους.

Η αποψίλωση και υποβάθμιση της φυσικής βλάστησης παρουσιάζει διαφορετικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται άμεσα με τη θέση και την έκταση που καταλαμβάνει η βλάστηση στην περιοχή μελέτης. Αναλυτικότερα, όπως προέκυψε από την ανίχνευση των αλλαγών, παρατηρείται μία εκτεταμένη υποβάθμιση της φυσικής βλάστησης, η οποία οφείλεται κυρίως στην ανθρώπινη

πίεση, η οποία εκδηλώνεται ποικιλοτρόπως, με τις πυρκαγιές, την αποψίλωση της βλάστησης και την προέλαση των καλλιεργούμενων εκτάσεων, τη διάνοιξη νέου οδικού δικτύου εντός των ζωνών βλάστησης, την αστικοποίηση (σε μικρότερο βαθμό) και την υπερβόσκηση.

Οι εκτάσεις με αείφυλλα - πλατύφυλλα παρουσιάζουν μία αρκετά μεγάλη αύξηση των εκτάσεων τους κατά 470600 στρέμματα (+ 17,93%). Αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω της υποβάθμισης των δασικών εκτάσεων, έπειτα από πυρκαγιές, αλλά και την εγκατάλειψη ή αγρανάπαυση ορισμένων ορεινών κυρίως αροτραίων καλλιεργειών. Οι καλλιέργειες αυτές, με την πάροδο του χρόνου, καλύπτονται με φυσική θαμνώδη. Σύμφωνα με την συσχέτιση των κύριων μεταβολών χρήσης/κάλυψης γης με τις υψομετρικές ζώνες, την γεωλογία και τις κλίσεις, προέκυψε ότι το μεγαλύτερο μέρος της μεταβολής των δασικών εκτάσεων σε βοσκοτόπους λαμβάνει χώρα στην ορεινή και πολύ ορεινή περιοχή (46,8%). Οι περιοχές αυτές βρίσκονται σε ποσοστό 55,4% σε απότομες κλίσεις (>30%), κυρίως επάνω σε φλύσχη (34,1,7%), ασβεστόλιθους (26,6%) και οφιόλιθους (25,5%). Όλες αυτές οι παράμετροι συνηγορούν στο ότι οι περιοχές αυτές είναι από τις πλέον ευαίσθητες για διάβρωση και απώλεια των εδαφών τους στο μέλλον.

6.3 Πυρκαγιές

Η πυρκαγιά αποτελεί έναν οικολογικό παράγοντα ο οποίος διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην κατανομή, οργάνωση και εξέλιξη των Μεσογειακών οικοσυστημάτων (Koutsias & Karteris 2003). Τα οικοσυστήματα αυτά είναι σε μεγάλο βαθμό προσαρμοσμένα στη φωτιά, με αποτέλεσμα να έχουν συνήθως τη δυνατότητα να αναγεννηθούν άμεσα και αποτελεσματικά μετά από αυτή. Κατά μέσο όρο σε ένα Μεσογειακού τύπου δάσος εμφανίζεται μία πυρκαγιά από φυσικά αίτια κάθε 100-150 χρόνια. Όμως τα φυσικά αίτια ευθύνονται μόνο για το 5% των πυρκαγιών που ξεσπούν στην Ελλάδα. Το υπόλοιπο 95% οφείλεται στην ανθρώπινη δραστηριότητα και έχει σαν συνέπεια τη διατάραξη του φυσικού ρόλου των πυρκαγιών ή την εξάντληση της φυσικής ικανότητας των οικοσυστημάτων να ανταποκρίνονται στις προκλήσεις της μεταπυρικής αναγέννησης. Το αποτέλεσμα είναι πως οι πυρκαγιές αποτελούν πλέον την πιο σοβαρή απειλή των Ελληνικών Μεσογειακών δασών.

Οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην συγκεκριμένη περιοχή, πολλές φορές ευνοούν την εκδήλωση πυρκαγιών, και ιδιαίτερα κατά τους ξηρούς θερινούς μήνες, όπου οι βροχοπτώσεις είναι σπάνιες και μικρής διάρκειας. Οι πυρκαγιές αυτές προκαλούν την δημιουργία περιοχών με γυμνά εδάφη, με ταυτόχρονη αύξηση της διάβρωσης, της επιφανειακής απορροής (πλημμυρικά φαινόμενα) και της μεταφοράς φερτών υλών προς τις κατάντη πεδινές περιοχές. Ταυτόχρονα, οι απώλειες σε νερό αυξάνονται, λόγω της μεγαλύτερης εξάτμισης του εδάφους που οφείλεται στην απουσία βλάστησης, τις αυξημένες θερμοκρασίες και την μεγαλύτερη ταχύτητα του ανέμου, ενώ παρατηρείται μείωση των υπόγειων αποθεμάτων νερού που είναι διαθέσιμα για άντληση κατά τα επόμενα χρόνια.

Η κλασική διαδοχή της βλάστησης μετά από πυρκαγιά, που παρατηρείται στις Μεσογειακές περιοχές, χαρακτηρίζεται από την αρχική γρήγορη μείωση των ειδών σε μία απογυμνωμένη περιοχή. Στη συνέχεια με την φυσική αναγέννηση της βλάστησης, με το πέρασμα των χρόνων, αυξάνονται τα είδη φθάνοντας μία μέγιστη τιμή και ακολούθως μειώνονται με την ωρίμανση των φυτικών κοινωνιών (Whelan 1995).

Όλοι σχεδόν οι σημερινοί τύποι της θαμνώδους βλάστησης των αείφυλλων πλατύφυλλων (*maquis, garrigue*) αποτελούν υποβαθμισμένες μορφές των γνήσιων και αρχέγονων μικτών Μεσογειακών δασών. Η αποψίλωση των δασών από τις πυρκαγιές μπορεί να διαταράξει την υδάτινη ισορροπία στα κατάντη των περιοχών με αποτέλεσμα να έχουμε φαινόμενα διάβρωσης και μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων φερτών υλικών (έντονα πλημμυρικά φαινόμενα), και να επιφέρει σημαντικές αλλαγές στο τοπικό μικρόκλιμα. Επίσης, η έντονη διάβρωση του εδάφους, οδηγεί τελικά την τέλεια υποβάθμιση της παραγωγικής ικανότητας του τόπου, με τελική κατάληξη την διάβρωση του εδάφους και την εμφάνιση του φαινομένου της ερημοποίησης

Η περίοδος των δασικών πυρκαγιών το 2007 στην Ελλάδα ήταν δραματική. Πάνω από 2,5 εκ. στρέμματα, δασικών και αγροτικών εκτάσεων κάηκαν το 2007 στο νότιο τμήμα της Χώρας, προκαλώντας το θάνατο δεκάδων ανθρώπων. Η περιοχή που πλήγηκε περισσότερο ήταν η Πελοπόννησος,

Ιδιαίτερα στο νομό Ηλείας, εξαιτίας του σαρωτικού χαρακτήρα των πυρκαγιών του 2007, κάηκαν τόσο εκτάσεις με ώριμα πυκνά πευκοδάση, όσο και νεαρά

δάση σε φάση ανάκαμψης από προγενέστερες φωτιές (π.χ. στην περιοχή του Λάλα το 1998). Οι διασωθείσες νησίδες φυσικής βλάστησης, οι οποίες αποτελούν τον πυρήνα για τη διατήρηση της προγενέστερης βιοποικιλότητας είναι πλέον ελάχιστες, ενώ και ο βαθμός της φυσικής αποκατάστασης λόγω της μεγάλης ετερογένειας της ηλικίας των καμένων δασών παρουσιάζει μια έντονη χωρική διαφοροποίηση. Πέραν όμως της τεράστιας δασικής έκτασης που χάθηκε, οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες που καταγράφηκαν εκ των υστέρων, ήταν ιδιαίτερα έντονες για τον Νομό Ηλείας, αυξάνοντας τον κίνδυνο για την αδυναμία ανάκαμψης των καμένων οικοσυστημάτων.

Τα αποτελέσματα της τελευταίας δράσης, αναδεικνύουν την Ηλεία ως το νομό με τους περισσότερους κινδύνους για αλλαγές στις χρήσεις γης (κυρίως δασικές εκτάσεις που μετατρέπονται σε αγροτικές, βόσκηση σε καμένες εκτάσεις και ρήξη μπαζών).



Εικόνα 33. Διασωθείσες μικρές νησίδες στα πευκοδάση του όρους Λαπίθα πριν το χωριό Σμέρνα (04/03/2008).

6.3.1.Ανθρωπογενείς επιβαρύνσεις στο περιβάλλον

Έγινε προσπάθεια να διαπιστωθεί ο βαθμός επίδρασης και ουσιαστικά επιβάρυνσης περιβαλλοντικά – οικολογικά των περιοχών επλήγησαν από τις πυρκαγιές.

Η ικανότητα επανισσορόπησης των βιοκοινοτήτων μετά από μια διαταραχή όπως η φωτιά εξαρτάται από μια πληθώρα παραγόντων, που έχουν να κάνουν τόσο με τα χαρακτηριστικά των ειδών, όσο και με το ίδιο το καθεστώς της φωτιάς

Οι άμεσες επιπτώσεις των πυρκαγιών στη χλωρίδα και την πανίδα είναι σημαντικές. Ωστόσο, μακροπρόθεσμα η ανάκαμψή τους εξαρτάται από τη φυσική αναγέννηση στις καμένες περιοχές, τη διατήρηση των υφιστάμενων χρήσεων γης, τη διαχείριση των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, καθώς και τις δράσεις αποκατάστασης, όπου αυτές κριθούν απαραίτητες.

Επιπρόσθετα, η διατήρηση και η σωστή διαχείριση των γειτονικών άκαυτων περιοχών, όπου αυτές υπάρχουν, είναι επίσης μία πολύ σημαντική παράμετρος για την ανάκαμψη των καμένων δασικών εκτάσεων.

Πριν από τη πυρκαγιά του 2007 στις περιοχές της Ανδρίτσαινας , Σμέρνας και του όρους Λαπίθα , όπου οι φωτιές δεν ήταν επαναλαμβανόμενες και οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες περιορισμένες, λόγω και του ορεινού χαρακτήρα της έκτασης, υπήρχαν ώριμα δάση Χαλεπίου πεύκης (κυρίαρχο είδος) διαφόρων ηλικιών καθώς και νεαρά δενδρύλλια, τα οποία είχαν προέλθει από φυσική αναγέννηση. Επίσης πουρνάρια, φιλλύκια, αφάνες, σπαράγγια, λαδανιές, αγριοκυδωνιές, κενταύριες, θυμάρι κλπ φύονταν στις περιοχές αυτές. Αντίθετα, η μεγαλύτερη έκταση του τμήματος της Αρχαίας Ολυμπίας – Λάλα καθώς και τμήματος Οινόης – Εφύρας – Κουτσοχέρας είχε επηρεαστεί από συνεχόμενες πυρκαγιές, προκαλώντας σημαντική υποβάθμιση στο μεγαλύτερο μέρος της δασικής έκτασης. Για τον λόγο αυτό, το μεγαλύτερο τμήμα των περιοχών αυτών ήταν νεαρό πευκοδάσος που είχε προέλθει από αναδασώσεις, που ακολούθησαν τις πυρκαγιές παρελθόντων ετών

Στην πλειονότητα τους οι συγκεκριμένες αναδασωμένες περιοχές καταστράφηκαν εκ νέου από τη μεγάλη πυρκαγιά.

Οι γενικές τάσεις που παρουσιάζονται είναι ότι επτά χρόνια μετά την πυρκαγιά , έχουμε μια γενική υποβάθμιση της περιοχής. Παρουσιάζεται μείωση των

γεωργικών εκτάσεων , των εκτάσεων που καλύπτονταν από δάση, και των βοσκοτόπων (εκτάσεις χαμηλής βλάστησης και θαμνότοποι). Αντιθέτως παρουσιάζεται σημαντική αύξηση των εκτάσεων από αείφυλλα – πλατύφυλλα καθώς επίσης και των τεχνικών επιφανειών.

Με βάση αυτά τα δεδομένα και τον χάρτη χρήσης/κάλυψης γης που προέκυψε από την επεξεργασία της δορυφορικής εικόνας Landsat 7 TM, του 2014, και του 2007 παρατηρούμε τα εξής

Στο μεγαλύτερο τμήμα αυτής της έκτασης, κυριαρχούσε το αγροτοδοσικό τοπίο χαλεπίου πεύκης με ελαιοκαλλιέργειες και σε πολύ μικρότερο βαθμό με άλλες καλλιέργειες Παρατηρείται γενικά μια μείωση κατά 133.400 στρεμμάτων των γεωργικών εκτάσεων . Στις πεδινές – ημιορεινές εκτάσεις όπου γεωργικές εκτάσεις γειτνιάζαν με δάση ή με εκτάσεις αείφυλλων – πλατύφυλλων και όπου το τοπογραφικό ανάγλυφο ευνοούσε, είχαμε αύξηση, με την καταπάτηση των δασικών εκτάσεων.



Εικόνα 34. Διάνοιξη Δάσους μετά την πυρκαγιά

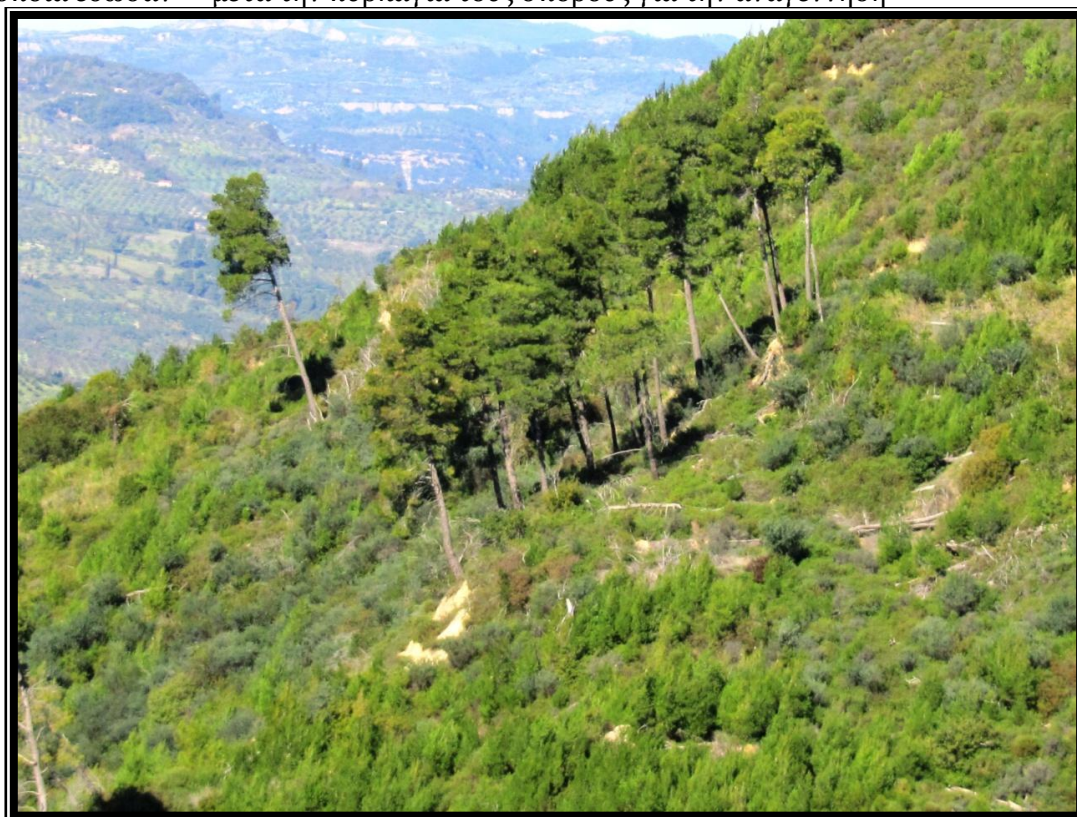
Συνολικά 38.000 στρέμματα δάση και αείφυλλα πλατύφυλλα μετατράπηκαν σε γεωργικές εκτάσεις. Αντιθέτως στις πιο ορεινές περιοχές και σε εκτάσεις με έντονη κλίση είχαμε μείωση των καλλιεργούμενων εκτάσεων και την

μετατροπή τους σε εκτάσεις κυρίως αείφυλλων πλατύφυλλων και θαμνόνων (15.5000 στρέμματα) Επίσης όπως είναι φυσικό έχουμε μείωση των δασών Κωνοφόρων και Πλατυφύλλων . Η αποψίλωση και υποβάθμιση της φυσικής βλάστησης παρουσιάζει διαφορετικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται άμεσα με τη θέση και την έκταση που καταλαμβάνει η βλάστηση στην περιοχή μελέτης. Όπως τονίστηκε λόγω της μεγάλης ταχύτητας διάδοσης της πυρκαγιάς σε πολλές περιοχές υπήρχαν διασωθείσες νησίδες φυσικής βλάστησης, οι οποίες αποτέλεσαν τον πυρήνα για την διατήρηση της φυσικής βιοποικιλότητας.

Έτσι στις περιοχές αυτές ,σε συνδυασμό με το τοπογραφικό ανάγλυφο (έντονες κλίσεις), την απουσία της βοσκής, μακριά από οικιστικές και γεωργικές πιέσεις , όπου υπήρχε υψηλό και ώριμο δάσος Χαλεπίου πεύκης (φέρει δηλαδή κουκουνάρια) η φυσική αναγέννηση δεν αντιμετώπισε ιδιαίτερα προβλήματα, καθώς αυτού του τύπου η μεσογειακή βλάστηση έχει αναπτύξει μηχανισμούς προσαρμογής και ταχείας αποκατάστασης της ισορροπίας του οικοσυστήματος. Τα κουκουνάρια των πεύκων αυτών διατηρούνται κλειστά για πολλά έτη (έως και 50) και εξακολουθούν να παραμένουν κλειστά κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς ανοίγοντας μετά την πάροδο 24-48 ωρών, όταν το έδαφος έχει κρυσώσει, διασπείροντας τους σπόρους που εμπεριέχονται σε αυτά . Οι σπόροι στη συνέχεια παραμένουν στην επιφάνεια του εδάφους μέχρι να βρουν τις ιδανικές συνθήκες φύτευσης, κάτι που συμβαίνει συνήθως με τις φθινοπωρινές βροχές. Η φυσική αναγέννηση είχε επιτυχία στις περιοχές .



Εικόνα 35. Αναγέννηση Χαλεπίου Πεύκης . Διακρίνονται τα ώριμα άτομα Πεύκης τα οποία έδωσαν μετά την πυρκαγιά τους σπόρους για την αναγέννηση



Εικόνα 36. Αναγέννηση Χαλεπίου Πεύκης. Διακρίνονται τα ώριμα άτομα Πεύκης τα οποία έδωσαν μετά την πυρκαγιά τους σπόρους για την αναγέννηση

Μεγάλη πίεση και μετατροπή τους κυρίως σε άγονη γη δέχτηκαν τα θαμνολίβαδα (εκτάσεις χαμηλής βλάστησης και θαμνότοποι).

Στα θαμνολίβαδα η πλήρης κάλυψη του καμένου εδάφους γίνεται σε 5-10 έτη. Η καθυστέρηση στην αποκατάσταση της καμένης βλάστησης έχει σαν αποτέλεσμα το γυμνό έδαφος να είναι εκτεθειμένο και να υπάρχει ο κίνδυνος της διάβρωσης του. Ο κίνδυνος αυτός είναι μεγάλος την πρώτη αυξητική περίοδο μετά την φωτιά, ιδιαίτερα κατά το χειμώνα και μειώνεται καθώς αποκαθίσταται βαθμιαία η καμένη βλάστηση. Επομένως, η βόσκηση κατά τα πρώτα έτη μετά την πυρκαγιά, επιδεινώνει το πρόβλημα της διάβρωσης αφενός μεν γιατί τα ζώα απομακρύνουν την προστατευτική βλάστηση, που εγκαθίσταται στις καμένες εκτάσεις αφ' ετέρου δε, γιατί διαταράσσουν με τα ποδοπατηματά τους το έδαφος το οποίο παρασύρεται ευκολότερα προς τα κατόντη με την απορροή. Σύμφωνα με την μελέτη του Εργαστηρίου Λιβαδικής Οικολογίας του Α.Π.Θ. (Μελέτη βόσκησης στις καμένες εκτάσεις Πελοποννήσου 2008) η βοσκοφόρτωση της πυρόπληκτης περιοχής (Ζωϊκές μονάδες/ εκτάριο) ήταν πολύ μεγάλη μετά τις πυρκαγιές με υπερβολικό αριθμό βόσκοντων ζώων (<3 ζμ/εκτ.) και σε ορισμένες περιπτώσεις ξεπέρασαν και τις 10 ζμ/ εκτάριο (Δ. Πύργου, Δ. Ωλένης και Δ. Σκιλλούντος).

Μια σημαντική επίσης παράμετρο που συντέλεσε στην μείωση των θαμνολίβαδων είναι η κατανομή τους στους διάφορους τύπους εδαφών. Το μεγαλύτερο ποσοστό των καμένων θαμνολίβαδων αναπτύσσεται σε εδάφη από αποσάθρωση ασβεστούχων ή πυριτικών αποθέσεων (52%). Ένα ποσοστό 11% αναπτύσσεται σε εδάφη από φλύσχη και σε σκληρούς ασβεστόλιθους (που δύσκολα διαβρώνονται) ένα ποσοστό 35%. Ο συνδυασμός των ανωτέρω είχε ως αποτέλεσμα την εμφάνιση με θετικό πρόσημο των τεχνητών επιφανειών. Η αύξηση αυτή φαίνεται να επιβαρύνει περισσότερο τις εκτάσεις χαμηλής βλάστησης και λιγότερο τους θαμνώνες και τα δάση, ενώ οι προσθαφαιρέσεις των γεωργικών σχεδόν ισορροπούν

Η παρατηρούμενη μεγάλη αύξηση των αειφύλλων πλατύφυλλων κατά 193.000 στρέμματα θα μπορούσε να αποδοθεί κυρίως στην προσαρμοστικότητα έναντι των πυρκαγιών αλλά και στην βόσκηση, που έχουν αναπτύξει τα είδη που συνιστούν τις φυτοκοινότητες των αειφύλλων πλατυφύλλων, στο ότι αποτελούν τα πρόσκοπτα είδη που αναπτύσσονται μετά από πυρκαγιά καθώς

επίσης στην εγκατάλειψη της ορεινής υπαίθρου, στη μείωση του παραδασόβιου πληθυσμού



Εικόνα 37. Αναβλάστηση αείφυλλων - πλατύφυλλων μετά την πυρκαγιά. Διακρίνονται άτομα χαλεπίου πεύκης (φυσική εξέλιξη μεταπυρικών καταστάσεων)

6.3.2 Επιπτώσεις σε άλλους οικολογικούς παράγοντες

6.3.2.1 Πανίδα

Οι πυρκαγιές επηρεάζουν άμεσα την πανίδα μια περιοχής, καθώς υπάρχουν κατηγορίες ζώων που πλήττονται ανεπανόρθωτα και σχεδόν εξαφανίζονται. Αυτά είναι τα είδη που δε διαθέτουν καλούς μηχανισμούς διαφυγής (πχ να είναι γρήγορα, να πετάνε, ή να βρίσκουν καταφύγιο βαθιά στο έδαφος), με αποτέλεσμα έως και εξαφανίσεις τοπικών πληθυσμών.

Αυτό συμβαίνει με πολλά αρθρόποδα (έντομα, αράχνες, κλπ), τις χερσαίες χελώνες οι οποίες καίγονται σχεδόν όλες αλλά σε μεγάλο βαθμό και άλλα ερπετά –ιδιαίτερα φίδια και σαύρες που βρίσκουν καταφύγιο στη βλάστηση- αλλά και με πολλές ομάδες θηλαστικών που δεν έχουν βαθιά καταφύγια όπως τρωκτικά, εντομοφάγα, σκαντζόχοιροι, πολλά είδη νυχτερίδων, και κάποια σαρκοφάγα. Οι επιπτώσεις επιδεινώνονται ακόμη περισσότερο, καθώς σε μεγάλο βαθμό τα ζώα

εξαρτώνται από τον τύπο και την πυκνότητα της βλάστησης σε μια περιοχή προκειμένου να τραφούν, να βρουν καταφύγιο, κλπ. Συνεπώς η, έστω προσωρινή, απώλεια της βλάστησης μετά από μια πυρκαγιά μπορεί να έχει δραματικές επιπτώσεις στους πληθυσμούς της πανίδας.

Σε κάθε περίπτωση, η δυναμική και το μέγεθος των τοπικών πληθυσμών θα επηρεαστεί, όπως και η σύνθεση των ειδών, ακολουθώντας και τη διαδοχή της βλάστησης. Το πρώτο διάστημα μετά τις πυρκαγιές αναμένεται να ευνοηθούν τα είδη των ανοιχτών βιοτόπων, ενώ θα μειωθούν τα δασόβια. Οι βιοκοινότητες θα αρχίσουν να προσεγγίζουν τα προ πυρκαγιάς ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά σε περίπου 5 δεκαετίες.

Σημαντικότερο πάντως ρόλο στην διατήρηση της πανίδας θα παίξει τελικά η δυνατότητα επανεποικισμού των καμένων περιοχών, είτε από άκαυτες νησίδες, είτε από τις γειτονικές περιοχές. Συνοψίζοντας, αν και βραχυπρόθεσμα οι επιπτώσεις από τις πυρκαγιές ήταν σημαντικές, η διατήρηση της πανίδας και της χλωρίδας κρίνεται ικανοποιητική και αυτό διότι υπήρξε καλή κατάσταση των γειτονικών άκαυτων περιοχών, και προστασία αυτών. Η διαχείριση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων (απαγόρευση βόσκησης από 6 έως 10 χρόνια, και κυνηγίου τον πρώτο χρόνο) και η διαχείριση των πόρων (πχ υδάτινοι πόροι και λεκάνες απορροής) είναι επιπλέον σημαντικοί παράγοντες που συντελούν στην επανάκαμψη της πανίδας

6.3.2.2 Λεκάνες απορροής

Οι περιοχές που κάηκαν ανήκουν στις λεκάνες απορροής των ποταμών Αλφειού, Νέδας, Λάδωνα, Πηνειού Ηλείας, Οι επιπτώσεις από τις πυρκαγιές συνδέονται με αλλαγές στα υδρολογικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής, ιδιαίτερα όσον αφορά την αυξημένη παροχή και ροή του νερού και των φερτών υλικών. Οι αλλαγές στην υδρολογία συνδέονται με τη μείωση της δυνατότητας διήθησης του νερού στο έδαφος, την αύξηση της επιφανειακής απορροής (έως και 30%), αλλαγές στην εξατμισοδιαπνοή, φαινόμενα που συνδέονται άμεσα με τη μειωμένη φυτοκάλυψη. Οι κόμεις των δένδρων και η βλάστηση γενικότερα λειτουργούν ως ένα πρώτο εμπόδιο που μετριάζει την ορμή του νερού, ενώ παράλληλα απορροφούν και μέρος της ποσότητας που πέφτει. Νερό απορροφά και το ριζικό σύστημα των φυτών, το οποίο επιπλέον επιδρά θετικά και στη διήθηση των κατακρημνισμάτων αφού. Παράλληλα οι

πυρκαγιές επιδρούν έμμεσα αλλά εξίσου σημαντικά στην υδρολογία μιας λεκάνης αλλάζοντας τη δομή του εδάφους, και αυξάνοντας το ρυθμό διάβρωσης. Τα παραπάνω συνδέονται επίσης και με αυξημένη πιθανότητα αλλά και συχνότητα πλημμυρικών φαινομένων αλλά και μείωση του χρόνου που απαιτείται ως το μέγιστο της πλημμυρικής παροχής.

Οι επιπτώσεις εξαρτώνται βέβαια από τον τύπο και την έκταση της πυρκαγιάς, τον τύπο του εδάφους, τη βλάστηση που καταστράφηκε, την τοπογραφία της λεκάνης, το ποσοστό της λεκάνης απορροής που έχει επηρεαστεί από την πυρκαγιά και τον χρόνο που έχει περάσει, καθώς αυτά είναι δυναμικά φαινόμενα που εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου.

Καταστρεπτικές και εκτεταμένες φωτιές όπως αυτές της Ηλείας έχουν γενικά εντονότερα αποτελέσματα ενώ και τα προβλήματα από πλημμύρες ήταν προφανώς εντονότερα στα κατάντη και κυρίως στις λεκάνες όπου καταστράφηκαν οι ανάντη, ορεινές περιοχές. Στις λεκάνες όπου η φυσική παρόχθια βλάστηση είχε ήδη υποστεί υποβάθμιση από ανθρώπινες δραστηριότητες, οι ζημιές ήταν πιο έντονες .

Μια άλλη συνέπεια που παρουσιάστηκε στις λεκάνες απορροής που επλήγησαν από τις πυρκαγιές, ήταν η αύξηση των φερτών αλλά και των διαλυτών υλικών, αποτέλεσμα της διάβρωσης αλλά και της καύσης του οργανικού φορτίου του εδάφους. Ωστόσο, δεν πρέπει να παραβλέπουμε ότι η ρύπανση και γενικότερα οι αλλαγές στην ποιότητα των υδάτων συνδέονται άμεσα με τις υφιστάμενες ανθρώπινες δραστηριότητες. Συνεπώς, η ποιότητα των υδάτων θα επηρεαστεί και ως αποτέλεσμα των αλλαγών σε αυτές τις δραστηριότητες και πιθανά και των πηγών ρύπανσης. Για παράδειγμα να σημειωθεί ότι η λεκάνη του Πηνειού Ηλείας έχει χαρακτηριστεί ως ζώνη ευαίσθητη στη νιτρορύπανση, λόγω των γεωργικών δραστηριοτήτων αλλά και αστικών λυμάτων.

6.3.2.3 Έδαφος

Χωρίς την βλάστηση, εκτός από την αύξηση της έντασης και της ποσότητας της επιφανειακής απορροής του νερού, χάνεται και η δυνατότητα διήθησης αυτού ενώ ταυτόχρονα προκαλείται διάβρωση του εδάφους. Έτσι, όχι μόνο το νερό δεν συγκρατείται, αλλά παρασύρει μαζί του και φερτά υλικά απογυμνώνοντας το έδαφος ιδιαίτερα σε περιοχές με έντονες κλίσεις. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας ότι και το ίδιο το έδαφος, επιφανειακά, καίγεται. Όταν

καίγεται το έδαφος υφίσταται πολλαπλές πιέσεις. Η πυρκαγιά καταστρέφει οργανικές ουσίες του εδάφους, με συνέπεια να γίνεται υδρόφοβο και έτσι το νερό ρέει επιφανειακά σε αυτό, όπως ρέει πάνω σε γυαλί.

Το αποτέλεσμα όλων των παραπάνω είναι ο κατακερματισμός του εδάφους και η παράσυρσή του στις κοίτες των ρεμάτων αλλά και στις περιοχές προς τα κατάντη. Έτσι μεγαλύτερη απώλεια του εδάφους παρατηρήθηκε σε περιοχές με μεγάλη κλίση και αυτό γιατί το έδαφος αποτελεί το φυτευτικό υπόβαθρο. Χωρίς αυτό λοιπόν δεν μπορεί να υπάρξει ανάκαμψη ενός οικοσυστήματος.

Ιδιαίτερα προβλήματα προκύπτουν και σε σχέση με την ποιότητα ζωής των κατοίκων των περιοχών αυτών. Η ζημιά στο τοπίο της περιοχής είναι ανυπολόγιστη, ενώ η καταστροφή της φυσικής κάλυψης κυρίως στην περιοχή Δήμου Ζαχάρως συνοδεύτηκε από την απορύθμιση του εδαφικού και υδατικού ισοζυγίου και τελικά από πλημμύρες. Επιπλέον, σημαντικές είναι και οι συνέπειες προς την τοπική οικονομία, ειδικά σε ότι αφορά την πρωτογενή παραγωγή (γεωργία, κτηνοτροφία), την επισκεψιμότητα και τον τουρισμό στις καμένες περιοχές. Θα πρέπει όμως να τονιστεί ότι το μωσαϊκό των χρήσεων γης και της βλάστησης σε πολλές από τις πυρόπληκτες περιοχές αποτέλεσε ένα ακόμη σαφές πλεονέκτημα για τη βιοποικιλότητα. Αυτονόητη επίσης είναι και η ζημιά που προκλήθηκε στο ζωικό κεφάλαιο, άμεσα, με τον θάνατο χιλιάδων ζώων και έμμεσα, με τη βραχυπρόθεσμη έλλειψη βοσκήσιμης ύλης για το επόμενο χρονικό διάστημα.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Το πρώτο χρονικό διάστημα έρευνας έχει σημειωθεί μια έντονη επέκταση των ανθρωπογενών καλύψεων της γης εις βάρος όλων των τύπων φυσικής βλάστησης. Βασικός παράγοντας μετατροπής αναδεικνύεται πρωτίστως η επέκταση της γεωργικής γης και δευτερευόντως η σφράγιση των εδαφών λόγω της αστικοποίησης, δηλαδή διασποράς της δόμησης, επέκτασης των οικισμών, ανάπτυξης υποδομών κ.α. Η τάση αυτή κατά το δεύτερο χρονικό διάστημα παρουσιάζει μείωση.

Ανάμεσα στους τύπους φυσικής κάλυψης που έχουν μετατραπεί, ως πλέον θιγόμενες εμφανίζονται οι περιοχές χαμηλής βλάστησης, οι οποίες κατά κύριο λόγο απορροφούν τις πιέσεις επέκτασης της γεωργικής γης, των οικισμών και των υποδομών. Οι εκτάσεις αυτές σε μεγάλο βαθμό συμπίπτουν με τις νομικά χαρακτηριζόμενες «δασικές εκτάσεις», οι οποίες είναι γνωστό ότι βρίσκονται στο επίκεντρο πολλαπλών πιέσεων για εκμετάλλευση, και ότι συχνά γίνονται αντικείμενο «εκπτώσεων» στην προστασία τους. Σε μικρότερο βαθμό, οι ανθρωπογενείς πιέσεις εκδηλώνονται εις βάρος των θαμνότοπων, ενώ ακόμη λιγότερο επηρεάζονται άμεσα τα δάση. Από την άλλη πλευρά τα δάση παρουσιάζουν συχνά μια οπισθοχώρηση σε χαμηλότερους τύπους βλάστησης, γεγονός που υποδηλώνει την επίδραση των πυρκαγιών. Τέλος είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι γεωργικές εκτάσεις επίσης απορροφούν ένα πολύ μεγάλο μέρος των υπόλοιπων ανθρωπογενών πιέσεων για οικιστική επέκταση και εγκατάσταση υποδομών.

Πέρα από τη στατική αυτή σύγκριση είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι πιέσεις για μετατροπή των καλύψεων (και κατά συνήθη συνέπεια των χρήσεων) της γης δεν εκδηλώνονται πάντα στιγμιαία, αλλά είναι συχνά, απόρροια πολλών διαδοχικών βημάτων. Εξίσου, η κάθε επιμέρους τάση αλλαγής της κάλυψης της γης διαφοροποιείται ως προς την έντασή της ανάλογα με τη γεωγραφική θέση αλλά και τη σύμπτωση άλλων κοινωνικοοικονομικών συνθηκών. Εστιάζοντας στις ανθρωπογενείς πιέσεις, αξίζει να σημειωθεί ότι οι επεκτάσεις των γεωργικών γαιών λαμβάνουν χώρα κατά κύριο λόγο σε περιοχές υψηλής παραγωγικότητας και σε μεγάλο βαθμό σε περιοχές που γειτνιάζουν με εκτεταμένες υπάρχουσες γεωργικές εκτάσεις,

Οι αλλαγές στη χρήση του χώρου και τις καλύψεις της γης δεν αποτελούν ένα μονοσήμαντο φαινόμενο. Είναι η συνισταμένη πολιτικών επιλογών, μεμονωμένων δράσεων πολιτών και φυσικών συνθηκών και φαινομένων, η οποία σε μεγάλο βαθμό εκφράζει και ευρύτερα κοινωνικά αιτούμενα. Όσο η ραγδαία αλλαγή στις καλύψεις και χρήσης της γης επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον και επηρεάζει ουσιαστικά τις αναπτυξιακές προοπτικές, το «πάγωμα» της φυσιογνωμίας του χώρου εξίσου δεν μπορεί να αποτελεί ζητούμενο ή πολιτικό στόχο.

Αντιθέτως, στόχος μιας συνεκτικής πολιτικής για το χώρο θα πρέπει να είναι ο μακροπρόθεσμος σχεδιασμός των χρήσεων της γης που θα αποφεύγει τη συνύπαρξη αντιφατικών και αλληλοσυγκρουόμενων χρήσεων που υποβαθμίζονται αμοιβαία, π διαχείριση και κατεύθυνση των πιέσεων που εκδηλώνονται και η προάσπιση των πλέον σημαντικών στοιχείων του φυσικού περιβάλλοντος και των οικοσυστημικών υπηρεσιών. Άλλωστε, όπως έχει ήδη σημειωθεί, πολλές από τις μεταβολές στις καλύψεις της γης μπορούν να αξιολογηθούν ως προς τις επιπτώσεις τους μόνο στο πλαίσιο μιας χωρικά εστιασμένης ανάλυσης και στη βάση συγκεκριμένων και αποδεκτών περιβαλλοντικών, αναπτυξιακών και κοινωνικών στόχων.

Τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν σε αυτή την μεταπτυχιακή διατριβή, δείχνουν ξεκάθαρα τις ραγδαίες αλλαγές που συντελούνται στον ελλαδικό χώρο και τις μεγάλες προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν για την ορθή διαχείρισή του. Η αποτυχία στην αποτελεσματική διαχείριση αυτών των αλλαγών δεν θα λειτουργήσει μονάχα εις βάρος του φυσικού περιβάλλοντος, αλλά, εν τέλει, θα υποσκάψει και την ίδια την προοπτική ανάπτυξης της χώρας μας- ειδικά, μάλιστα, σε ότι αφορά τους οικονομικούς κλάδους του τουρισμού και του πρωτογενούς τομέα.

Θα πρέπει να αναφέρουμε την ανάγκη αλλαγής του τρόπου με τον οποίο η πολιτεία αντιμετωπίζει τη χωροταξία και τη διαχείριση του χώρου εν γένει.

Στο πολιτικό επίπεδο, η αλλαγή αυτή απαιτεί την κατανόηση της ανάγκης διαχείρισης του χώρου ως εργαλείου αειφόρου ανάπτυξης και όχι ως μέσου εκτόνωσης ίων παντοειδών πιέσεων για «αξιοποίηση και βραχυπρόθεσμη κάρπωση ωφελειών.

Στο διαχειριστικό επίπεδο, επιβάλλει την άμεση ολοκλήρωση μιας σειράς εργαλείων (δασικοί χάρτες, κτηματολόγια, γεωργικά μητρώα και πολλά άλλα), η έλλειψη των οποίων καθιστά αδύνατη τη χάραξη και την εφαρμογή αποτελεσματικών πολιτικών διαχείρισης του χώρου.

Σε επιστημονικό επίπεδο, τέλος, χρειάζεται, επιτέλους, οι καλύψεις και οι χρήσεις του χώρου να αποτελέσουν πεδίο συστηματικής παρακολούθησης, καταγραφής και ανάλυσης, βάση για την εναρμόνιση των δεδομένων για το περιβάλλον και την οικονομία της χώρας μας, και πεδίο υλοποίησης διεπιστημονικών μελετών που θα ερευνούν τις σύγχρονες τάσεις και θα προτείνουν κατάλληλες πολιτικές και διαχειριστικές προσεγγίσεις.

Βιβλιογραφία

Διεθνείς Βιβλιογραφία

1. Addink E.A., De Jong S.M., Pebesma E.J., 2007. The Importance of Scale in Object- based Mapping of Vegetation Parameters with Hyperspectral Imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 73, pp. 905-912
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. 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.
4. Arai K.A., 1993. Classification method with a spatial-spectral variability. *International Journal of Remote Sensing* 14, pp. 699-709.
5. Avery T.E., Berlin G.L., 1992. *Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation*. 5th edition, Mc Millan Publishing Company, New York.
6. Baatz M., Schape A., 2000. Multiresolution segmentation - an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In: Strobl J., Blaschke T., Griesebner G. (Eds.), *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII*. Wichmann- Verlag, Heidelberg, pp. 12-23
7. Benz Ur., Hofmann P., Willhauck G., Lingenfelder Ir., and Heynen M., 2004. Multi- resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 58, pp. 239-258.
8. Blaschke T., Strobl J., 2001. What's wrong with pixels? Some recent development interfacing remote sensing and GIS. *GeoBIT/GIS* pp.12-17.
9. Burrough P. A., 1996. *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Clarendon Press, Oxford, p. 194.
10. Campbell B.J., 1996. *Introduction to Remote Sensing*, (2nd edition). Virginia Polytechnic Institute and State University, The Guilford Publications Press, New York, London.
11. Carr J.R., 1996. Spectral and textural classification of single and multiple band digital images. *Computers & Geosciences* 22 (8), pp. 849-865.
12. Chubey M.S., Franklin S.E., Wulder M.A, 2006. Object-based Analysis of Ikonos-2 Imagery for Extraction of Forest Inventory Parameters. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 72 (4) pp. 383-394.
13. Cihlar J., 2000. Land cover mapping of large areas from satellites: status and research priorities. *Int. J. Remote Sens.*, 21 (6 & 7), p. 1093-1114.
14. Dean A.M., Smith G.M., 2003. An evaluation of per-parcel land covers mapping using maximum likelihood class probabilities. *Int. J. Remote Sens.*, 24 (14), pp. 2905-2920.

15. Desclee B., Bogaert P., Defourny, P., 2006. Forest change detection by statistical object-based method. *Remote Sensing of Environment* 102 (1-2), pp. 1-11.
16. 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.
17. Foody G.M., 1996. Relating the land-cover composition of mixed pixels to artificial neural network classification output. *Photogramm. Eng. Remote Sens.*, 62 (5), pp. 491-499
18. Foody G.M., 2002. Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sens. Environ.*, 80, p. 185-201.
19. Franklin S.E. and Wilson B.A., 1991. Spatial and spectral classification of remote- sensing imagery. *Computers & Geosciences* 17, pp. 1151-1172.
20. 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.
21. Harvey K.R., Hill G.J. E., 2001. Vegetation mapping of a tropical freshwater swamp in the Northern Territory, Australia: a comparison of aerial photography, Landsat TM and SPOT satellite imagery. *Int. J. Remote Sens.*, 22 (15), pp. 2911-2925.
22. 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.
23. Hofmann P., and Reinhardt W., 2000. The Extraction of GIS Features from High Resolution Imagery Using Advanced Methods based on Additional Contextual Information - First Experiences. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. Amsterdam, Netherlands, 2000, v. 33 Supplement B4.
24. Hofmann T., Puzicha J. and Buhmann J., 1998. Unsupervised texture segmentation in a deterministic annealing framework. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 13, pp. 478-482
25. Jensen J.R., Toll D., 1982. Detecting residential land use development at the ruralurban fringe. *Photogrammetric Eng. And Remote Sens.*, 48, pp. 629-643.
26. Jensen J.R., 2004. *Digital change detection. Introductory digital image processing: A remote sensing perspective*. New Jersey Prentice-Hall, pp. 467-494.
27. Karteris, M.A. (1991). «*Classification of Mediterranean forested areas with SPOT data*» Πρακτικά Συμποσίου "Fernerkundung in Der Forstwirtschaft - Stand und Entwicklungen" - Albert-Ludwigs Universitat, Freiburg, Germany, p. 11.

28. 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.
29. Klemas V., 2001. Remote sensing of landscape-level coastal environmental indicators. Environmental Management, 27 (1), pp. 47-57
30. Koutsias N., Karteris M., 2003. Classification analyses of vegetation for delineating forest fire fuel complexes in a Mediterranean test site using satellite remote sensing and GIS. Int. J. Remote Sens., 24 (15), pp. 3093-3104.
31. 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.
32. 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.
33. Lu D., Mausel P., Brondizio E., Moran E., 2004. Change detection techniques. Inter J. of Remote Sensing, 25(12), pp.2365-2407.
34. 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/IFOR0909-007, p. 75-84.
35. Mansor S., Hong W.T., and Shariff A.R.M., 2002. Object Oriented Classification for Land Cover Mapping. www.gisdevelopment.net/proceedings/mapasia/2002/landuse.
36. Martinez-Casasnovas J.A., 2000. A cartographic and database approach for land cover/use mapping and generalization from remotely sensed data. Int. J. Remote sens., 21 (9), pp. 1825-1842
37. Mather M.P., 1999. Computer Processing of Remotely-Sensed Images. 2nd edition, J.Wiley & Sons, p. 292, Great Britain.
38. 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.
39. 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.
40. Papanikolaou D., Fountoulis I. & Metaxas C. 2007. Active faults, deformation rates and Quaternary paleogeography at Kyparissiakow Gulf (SW Greece) deduced from onshore and offshore data. Quaternary International, vol, 171-172, p, 14-30.
41. Richards J., 1993. Remote sensing digital image analysis. An Introduction. 2nd edition, Springer-Verlag, New York.
42. Ridd M.K., Liu J., 1998. A comparison of four algorithms for change detection in an urban environment. Remote Sens. of Environment, 63, pp. 95-100.

43. Ryherd S. and Woodcock C., 1996. Combining spectral and textural data in the segmentation of remotely sensed images, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 62 (2), pp. 181-194.
44. Schiewe J., 2002. Segmentation of high-resolution remotely sensed data concepts, applications and problems, *Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications*.
45. Shaban M.A., Dikshit O., 2001. Improvement of classification in urban areas by the use of textural features: the case study of Lucknow city, Uttar Pradesh. *Int. J. Remote Sens.*, 22 (4), pp. 565-593.
46. Singh A. (1989). «Digital change detection techniques using remotely sensed data». *International Journal of Remote Sensing*, 10, pp.989–1003.
47. 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.
48. Smith J.H., Stehman S.V., Wickham J.D., Yang L., 2003. Effects of landscape characteristics on land-cover class accuracy. *Remote Sens. Environ.*, 84, pp. 342- 349.
49. Southworth J., Munroe D., Nagendra H.. 2004. Land cover change and landscape fragmentation – comparing the utility of continuous and discrete analyses for a western Honduras region. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 101, pp. 185- 205.
50. Stow D., 1999. Reducing misregistration effects for pixel-level analysis of land-cover change. *Int. J. Remote sens.*, 20 (12), pp. 2477-2483.
51. Tou, J. T. and R. C. Gonzalez, (1974). «*Pattern Recognition Principles*», Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts.
52. Townshend, J. (Ed.), (1981). «*Terrain analysis and Remote Sensing*». Allen and Unwin, London.
53. Townshend J., Justice C.O., Gurney C., McManus J., 1992. The impact of misregistration on change detection. *IEEE Transactions on geosciences and remote sensing*, vol. 30, pp. 1054-1060.
54. 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.
55. Wang Z., Wei W., Zhao S., Chen X., 2004. Object-oriented Classification and Application in Land Use Classification Using SPOT-5 PAN Imagery. *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004. IGARSS 04. Proceedings. 2004 IEEE International*. 5 pp. 3158 - 3160.
56. Whelan R.J., 1995. *The ecology of fire*. Cambridge University Press
57. 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.
58. 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.

59. Yocky D.A., 1996. Multiresolution wavelet decomposition image merger of Landsat thematic mapper and SPOT panchromatic data. *Photogramm. Eng. Remote Sens.*, 62 (9), pp. 1067-1074
60. Yuan F., and Bauer M.E., 2006. Mapping impervious surface area using high resolution imagery: A comparison of object-based and per pixel classification. *Proceedings of ASPRS 2006 Annual Conference*, Reno, Nevada; May 1-5, 2006.
61. 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.
62. 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.

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Αργιαλάς Δ. (1999). «Φωτοερμηνεία - Τηλεπισκόπηση», ΕΜΠ, Αθήνα.
2. Καρτάλης Κ. Φειδάς Χ. (2006). «Αρχές και Εφαρμογές Δορυφορική Τηλεπισκόπησης». Β.Γκιούρδας Εκδοτική. Αθήνα.
3. 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.
4. Μαυρομματίης Γ. 1980. Το βιοκλίμα της Ελλάδος. Σχέσεις κλίματος και φυσικής βλάστησης, βιοκλιματικοί χάρτες. Ι.Δ.Ε.Α. Αθήνα
5. Μιγκίρος Γ. Παυλόπουλος Α. Παρχαρίδης Ι. Γατσής Ι., Ψωμιάδης Ε., (2003). «Τηλεπισκόπηση -Εφαρμογές στις Γεωεπιστήμες». Εργαστήριο Γεωλογίας – Ορυκτολογίας. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
6. Ντάφης Σ., 1986. Δασική Οικολογία. Εκδ. Γιαχούδη-Γιαπούλη. Θεσ/νίκη, σελ. 443.
7. Ντάφης Σ., Παπαστεργιάδου Ε., Γεωργίου Κ., Μπαμπαλώνας Δ., Γεωργιάδης Θ., Παπαγεωργίου Μ., Λαζαρίδου Θ., Τσιαούση Β.), 1997. Οδηγία 92/43/ΕΟΚ. Το έργο οικοτόπων στην Ελλάδα: Δίκτυο φύση 2000. Γενική Δ/ση XI ΕΕ, Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας, Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων (ΕΚΒΥ), σελ. 250-258
8. Τσακίρη-Στρατή Μ. (2010). «Τηλεπισκόπηση - Πανεπιστημιακές παραδόσεις Α.Π.Θ». Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών Τομέας Κτηματολογίου Φωτογραμμετρίας και Χαρτογραφίας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
9. ΥΠΕΚΑ : Απολογισμός Δραστηριοτήτων Δασικών Υπηρεσιών 2008 Σελ 36
10. Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ)- Δ/ση Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού, 1992. (Ομάδα εργασίας: Ακριώτης Τ., Βογιατζής Μ., Γιαννάκου Ο., Γύτας Ξ., Καμαριανός Α., Καραμανλής Ξ., Καρτέρης Μ., Κιλκίδης Σ., Κυρίνης Χ., Κουσούρης Θ., Μπάτζιος Χ., Μπρόζος Χ., Τάρας Λ., Φώτης Γ.). Υγροβιότοπος Δέλτα Σπερχειού (Νομού Φθιώτιδας). Αξιολόγηση και διερεύνηση της δυνατότητας ένταξης του

στο κοινοτικό δίκτυο των ιδιαίτερα προστατευμένων περιοχών σε εφαρμογή του άρθρου 4 της οδηγίας 79/409/ΕΟΚ για τη διατήρηση της άγριας ορνιθοπανίδας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Κτηνιατρικής, Εργαστήριο Οικολογίας και Προστασίας Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη.

Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

1. Google Earth.
2. <http://earthexplorer.usgs.gov/>: Ιστότοπος του Αμερικάνικου Γεωλογικού Ινστιτούτου U.S.G.S. (United States Geological Survey) για διάθεση δορυφορικών εικόνων Landsat.
3. <http://geodata.gov.gr/geodata/> : Ανοιχτό portal που παρέχει γεωγραφικά δεδομένα σε μορφή vector.
4. www.eea.europa.eu/themes/landuse/clc-download: Διαδικτυακή πύλη Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος που παρέχει δεδομένα CORINE CLC 2000.
5. www.statistics.gr: Ελληνική Στατιστική Αρχή: Παροχή στατιστικών δεδομένων για την περιοχή μελέτης