

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΣΤΟΥΣ ΦΥΣΙΚΟΥΣ ΠΟΡΟΥΣ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΘΕΜΑΤΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ/ΚΑΛΥΨΗΣ ΓΗΣ ΑΠΟ
ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ
ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ»

ΜΑΡΙΑ Γ. ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ



Επιβλέποντες: Καλύβας Διονύσιος, Πετρόπουλος Γεώργιος

ΑΘΗΝΑ

2016

**«ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΘΕΜΑΤΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ/ΚΑΛΥΨΗΣ ΓΗΣ ΑΠΟ
ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ
ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ»**

της

Μαρίας Γ. Παπαγεωργίου

Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για την εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης μεταπτυχιακού τίτλου του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Εφαρμογές Γεωπληροφορικής στους Φυσικούς Πόρους» του τμήματος Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Εγκεκριμένο από τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής:

Αναπληρωτή Καθηγητή Δρ. Διονύσιο Καλύβα

Επίκουρο Καθηγητή Δρ. Γεώργιο Πετρόπουλο

Επίκουρο Καθηγητή Δρ. Ιωάννη Χατζηγεωργίου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή έχει ως στόχο, αφενός, την αξιολόγηση της επιβλεπόμενης ταξινόμησης με τον ταξινομητή της μέγιστης πιθανοφάνειας (Maximum Likelihood) και την χαρτογράφηση των αλλαγών κάλυψης/χρήσης γης στην Περιφερειακή Ενότητα (Π.Ε.) της Βοιωτίας, για το χρονικό διάστημα 2009 – 2015 και αφετέρου, τη σύγκριση και ανάλυση, σε περιβάλλον Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (ΓΠΣ) με προϋπάρχοντα στοιχεία βλάστησης και χρήσεων γης. Βασικός στόχος είναι να παρουσιαστούν τα αποτελέσματα των διαχρονικών μεταβολών των κατηγοριών χρήσεων/ κάλυψης γης, με ιδιαίτερη έμφαση στα λιβαδικά οικοσυστήματα που απαντούν στην περιοχή κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών.

Για τις ανάγκες της διατριβής αποκτήθηκαν 2 δορυφορικές εικόνες, Landsat 5 TM ημερομηνίας 2009-07-24 και Landsat 8 OLI ημερομηνίας 2015-07-09 οι οποίες διορθώθηκαν ραδιομετρικά και ατμοσφαιρικά και κόπηκαν στα όρια της περιοχής μελέτης. Πραγματοποιήθηκε συλλογή σημείων με τη βοήθεια του Google Earth και καθορίστηκαν οι κατηγορίες ταξινόμησης. Εφαρμόσθηκε επιβλεπόμενη ταξινόμηση με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας (Maximum Likelihood) και τα εξαγόμενα προϊόντα στη συνέχεια αξιολογήθηκαν. Έπειτα χαρτογραφήθηκαν οι αλλαγές κάλυψης γης μεταξύ των 2 εικόνων της μελέτης. Η ακρίβεια της ταξινόμησης αξιολογήθηκε με τη δημιουργία πινάκων και έδωσε τις τιμές ολικής ακρίβειας και στατιστικού δείκτη Kappa, 98.0640% και 0.8302 για την εικόνα του 2009 και 98.2046% και 0.8331 για την εικόνα του 2015, αντίστοιχα. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι μεταξύ των 2 ετών αναφοράς τα φυλλοβόλα δάση και οι θαμνότοποι εμφανίζουν τη μεγαλύτερη πτωτική τάση ενώ, τα αειθαλή δάση, τα λιβάδια και οι καλλιέργειες εμφανίζουν αυξητική τάση.

Επίσης, από τα αποτελέσματα της διαχρονικής σύγκρισης και ανάλυσης αποκομίστηκαν χρήσιμα συμπεράσματα σύμπτωσης και αλλαγών χρήσεων γης για την περιοχή της Π.Ε. Βοιωτίας.

Επιστημονική περιοχή: Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (ΓΠΣ), χρήση γης, κάλυψη γης, βλάστηση.

Λέξεις κλειδιά: Εικόνες Landsat, TM, OLI, επιβλεπόμενη ταξινόμηση, αλλαγές κάλυψης/χρήσης γης, χωρική σύγκριση, χωρική ανάλυση, τηλεπισκόπηση, Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (ΓΠΣ), Βοιωτία.

ABSTRACT

This thesis aims, in the first place, to the evaluation of supervised classification by the classifier of maximum likelihood (Maximum Likelihood) and mapping of coverage/land use changes in Regional Unit of Boeotia for the period from 2009 to 2015 and in the second place, the comparison and analysis of preexisting vegetation and land use data, in Geographic Information Systems (GIS) environment. The main objective of this study is to present the results of changes over time in the categories of use/land cover, with special emphasis on meadow ecosystems occurring in the area during recent years.

Two satellite images were obtained, for the purposes of the thesis, Landsat 5 TM dated 07.24.2009 and Landsat 8 OLI dated 07.09.2015 which were corrected radiometrically and atmospherically and cut at the boundaries of the study area. With the help of Google Earth, collection of points were carried and the classification categories were defined. Supervised classification applied with the maximum likelihood method (Maximum Likelihood) and the exported products were then evaluated. After the land cover changes mapped between two images of the study. The classification accuracy was evaluated by creating tables and gave the total precision values and statistical index Kappa, 98.0640% and 0.8302 for the 2009 image and 98.2046% and 0.8331 for the 2015 image, respectively. The results showed that between the two reference years, deciduous forests and shrublands show a downward trend, while evergreen forests, grasslands and crops show an upward trend.

Also, useful conclusions of coincidence and land use changes derived in the area of Regional Unit of Boeotia, from the results of the temporal comparison and analysis.

Scientific area: Geographic Information Systems (GIS), land use, land cover, vegetation.

Keywords: Landsat images, TM, OLI, supervised classification, land cover/use change, spatial comparison, spatial analysis, remote sensing, Geographic Information Systems (GIS), Boeotia.

Δήλωση του συντάκτη

Εγώ, η Μαρία Παπαγεωργίου του Γεωργίου και της Βαμβακίας, δηλώνω ότι η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία με τίτλο:

«Σύγκριση θεματικών χαρτών χρήσεων/κάλυψης γης από τηλεπισκοπικά προϊόντα για την ανάπτυξη υπηρεσιών οικοσυστήματος»,

είναι εξολοκλήρου δική μου δουλειά. Δεν έχω αντιγράψει άλλο υλικό, εκτός από αυτά που ρητή παρατίθενται μέσα σε εισαγωγικά και έχω εντοπίσει και καταγράψει σαφώς τις πηγές του υλικού.

Μαρία Παπαγεωργίου

Αθήνα, Ιούλιος 2016

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	8
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1 Ορισμός χρήσης, κάλυψης γης και υπηρεσιών οικοσυστήματος.....	9
1.2 Η σημασία της χαρτογράφησης της χρήσης και κάλυψης γης.....	10
1.3 Η τηλεπισκόπηση ως εργαλείο μελέτης των φυσικών πόρων.....	11
1.4 Ο σκοπός και το αντικείμενο της εργασίας.....	12
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΙΣΗ.....	14
2.1 Βιβλιογραφική ανασκόπηση που αφορά την μεθοδολογία και την επεξεργασία των δεδομένων.....	14
2.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση που αφορά θέματα σχετικά με τα λιβάδια και τους βοσκότοπους.....	20
2.2.1 Λιβαδικό τοπίο.....	20
2.2.2 Λιβαδικοί τύποι στην Ελλάδα.....	21
2.2.3 Αγροδασοπονία.....	22
2.2.4 Νομοθεσία λιβαδιών.....	22
3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ - ΦΥΣΙΚΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	28
3.1 Περιγραφή των δεδομένων – Δορυφόροι Landsat.....	28
3.2 Περιοχή μελέτης.....	28
3.2.1 Περιφερειακή Ενότητα Βοιωτίας.....	31
3.2.2 Διοικητική διαίρεση.....	32
3.2.3 Δημογραφία.....	33
3.2.4 Οικονομία.....	34
3.2.5 Γεωργία και εξορύξεις.....	34
3.2.6 Κτηνοτροφία.....	33
3.2.7 Γεωγραφικά στοιχεία – Μορφολογία.....	34
4. ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΛΙΒΑΔΙΚΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	38
5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	40
5.1 Προεπεξεργασία των δεδομένων.....	42

5.1.1 Εφαρμογή ραδιομετρικής διόρθωσης.....	43
5.1.2 Εφαρμογή ατμοσφαιρικής διόρθωσης.....	44
5.2 Εφαρμογή της μεθόδου ταξινόμησης.....	45
5.2.1 Επιλογή σημείων ταξινόμησης και σημείων αξιολόγησης.....	48
5.2.1.1 Γενικό μέρος.....	48
5.2.1.2 Ειδικό μέρος.....	49
5.2.2 Διαχωριστικότητα των περιοχών εκπαίδευσης.....	52
5.2.2.1 Γενικό μέρος.....	52
5.2.2.2 Ειδικό μέρος.....	53
5.2.3 Ταξινόμηση της εικόνας.....	55
5.2.4 Εκτίμηση ακρίβειας της ταξινόμησης.....	58
5.2.5 Αποτελέσματα ταξινόμησης.....	62
5.3 Χαρτογράφηση αλλαγών.....	66
5.4 Επεξεργασία χωρικής ανάλυσης και σύγκρισης με προϋπάρχοντα στοιχεία.....	69
6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	85
6.1 Ταξινόμηση.....	85
6.2 Αλλαγές χρήσεων/κάλυψης γης.....	87
6.3 Ανάλυση και σύγκριση της κάλυψης και χρήσεων γης, που χαρτογραφήθηκαν, με προϋπάρχοντα δεδομένα.....	89
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	94
7.1 Συμπεράσματα.....	94
7.2 Περιοριστικοί παράγοντες.....	97
7.3 Προοπτικές.....	98
<u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>	99

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

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 αναπληρωτή καθηγητή της σχολής Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών κ. Διονύσιο Καλύβα, επιβλέποντα καθηγητή, ο οποίος μου εμπιστεύτηκε την εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας, για την εποπτεία του και την επιτυχημένη καθοδήγηση του σε όλα τα στάδια συγγραφής της μελέτης.
- Τον συνεπιβλέποντα επίκουρο καθηγητή κ. Γεώργιο Πετρόπουλο της σχολής Τηλεπισκόπησης και Γ.Π.Σ. του Πανεπιστημίου Aberystwyth της Ουαλίας, συνεργάτη του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, ο οποίος με καθοδήγησε και με βοήθησε σημαντικά σε θέματα τηλεπισκόπησης, για την υλοποίηση αυτής της διπλωματικής.
- Τον Επίκουρο Καθηγητή εργαστηρίου Φυσιολογίας θρέψεως και Διατροφής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, Ιωάννη Χατζηγεωργίου για τις γνώσεις που μου μετέδωσε σε θέματα λιβαδικών οικοσυστημάτων.
- Την εταιρεία INFOREST Research c.o. και ειδικότερα τη Μαρουλιώ Χανιώτη και τον Αλέξανδρο Μαλούνη, για τη πολύτιμη τεχνική βοήθεια που μου πρόσφεραν, καθώς και για την ευγενική προσφορά της δοκιμαστικής άδειας του λογισμικού ENVI 5.2 για τις ανάγκες υλοποίησης της παρούσας εργασίας.
- Την εντεταλμένη ερευνήτρια του Ινστιτούτου Αστρονομίας, Αστροφυσικής, Διαστημικών Εφαρμογών και Τηλεπισκόπησης (ΙΑΑΔΕΤ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, Όλγα Συκιώτη για την πολύτιμη βοήθεια της σε τεχνικά θέματα τηλεπισκόπησης.
- Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω μέσα από τη καρδιά μου τους στενούς μου φίλους για την κατανόηση που έδειξαν καθ' όλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος και ιδιαίτερα κατά τη συγγραφή της διπλωματικής μου μελέτης και περισσότερο τους γονείς μου, για τη παρότρυνση και τη στήριξη τους στις σπουδές μου, σε όλη μου τη ζωή και στους οποίους αφιερώνω την παρούσα μεταπτυχιακή εργασία.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ορισμός χρήσης, κάλυψης γης και υπηρεσιών οικοσυστήματος

Η γνώση των χρήσεων και της κάλυψης γης είναι σημαντική για πολλές δραστηριότητες σχεδιασμού και διαχείρισης που αφορούν στη γήινη επιφάνεια. Η έννοια «κάλυψη γης (εδαφοκάλυψη)», αναφέρεται στο είδος του χαρακτηριστικού (προτύπου) εκείνου που καλύπτει τη γήινη επιφάνεια (αγροτεμάχια με αμπέλια, λίμνες, δάσος κ.ά.). Η έννοια «χρήση γης» αναφέρεται στην ανθρώπινη δραστηριότητα ή τις οικονομικές δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα σε ένα συγκεκριμένο αγροτεμάχιο (κατοικίες, καλλιέργειες, βοσκότοποι κ.ά.).

Σύμφωνα με τον Campell (2002), «ο όρος **χρήση γης** (land use) αναφέρεται με πιο εξειδικευμένη έννοια, στον τρόπο χρήσης της γης από τον άνθρωπο, συνήθως με έμφαση στο λειτουργικό ρόλο της γης που είναι οι οικονομικές δραστηριότητες». Αφορά μια αφηρημένη έννοια η οποία δεν είναι πάντα εύκολα παρατηρήσιμη, ακόμη και από κοντινή παρατήρηση. Συνήθως, είναι ανέφικτη η παρατήρηση της πραγματικής χρήσης ενός τμήματος της γης, παρά μόνο τι επίδραση έχει η χρήση αυτή στα φυσικά χαρακτηριστικά της γήινης επιφάνειας. Σαφέστατα, υπάρχουν περιπτώσεις που είναι εμφανείς οι επιδράσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, και μπορούν άμεσα να συσχετιστούν με συγκεκριμένες οικονομικές δραστηριότητες και κατηγορίες χρήσης γης, όπως π.χ. μια βιομηχανική περιοχή. Αντίθετα, μια δασική έκταση μπορεί να δίνει ελάχιστες ή καθόλου ενδείξεις των διαφόρων χρήσεων της, όπως παραγωγή ξυλείας, τόπος αναψυχής, φυσική κατοικία άγριων ζώων, κ.α. Τέλος, μερικές περιοχές χαρακτηρίζονται από εποχιακές μεταβολές στη χρήση γης. Για παράδειγμα, μια γεωργική έκταση μπορεί να καλλιεργείται σε μια περίοδο του έτους και να αξιοποιείται ως βοσκότοπος σε μια άλλη. (Καρτάλης και Φειδάς 2006).

Ο Campell (2002) αναφέρει ότι «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 στενότερη έννοια η κάλυψη γης σχετίζεται με την κατηγοριοποίηση της βλάστησης, φυσικής ή ανθρωπογενούς, στην επιφάνεια του εδάφους σε μια χρονική στιγμή».

Οι πιο σημαντικές 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. Επιπλέον κατά την ταξινόμηση σε κατηγορίες κάλυψης γης, ο ρόλος των οικονομικών δραστηριοτήτων δεν αποτελεί βασικό κριτήριο, αντίθετα από τη χρήση γης. Συνήθως, όσο η χωρική κλίμακα της εφαρμογής και η χωρική διακριτική ικανότητα των δορυφορικών δεδομένων μεγαλώνουν, η διάκριση μεταξύ κάλυψης και χρήσης γης αποκτά βαρύτερη σημασία. (Καρτάλης και Φειδάς, 2006).

Ως **υπηρεσίες των οικοσυστημάτων** ορίζονται οι υπηρεσίες που παρέχονται από το φυσικό περιβάλλον και ωφελούν τον άνθρωπο. Οι υπηρεσίες αυτές περιλαμβάνουν τη διατροφή, το νερό, την ξυλεία και άλλες πρώτες ύλες απαραίτητες για την κοινωνική ευημερία, φυσικές διεργασίες όπως η φωτοσύνθεση, η εδαφογένεση κ.α. που διαμορφώνουν την καθαρότητα του αέρα, το κλίμα και τις βροχοπτώσεις, καθώς και πολιτιστικές υπηρεσίες, στις οποίες εντάσσονται η αισθητική του τοπίου και η αναψυχή. Η βιοποικιλότητα, ως συστατικό στοιχείο των λειτουργιών των οικοσυστημάτων, παίζει πρωταρχικό ρόλο στην ικανότητά τους να παρέχουν αυτές τις υπηρεσίες. (WWF1)

1.2 Η σημασία της χαρτογράφησης της χρήσης και κάλυψης γης

Η αποτελεσματική χρήση των δεδομένων της δορυφορικής τηλεπισκόπησης μαζί με ένα κατάλληλο μίγμα με τα φυσικά και κοινωνικοοικονομικά δεδομένα βοηθούν στην επίτευξη όχι μόνο μιας τοπικής συγκεκριμένης κατεύθυνσης για να επιτευχθεί η βιώσιμη ανάπτυξη ενός τόπου, αλλά και στον έλεγχο της επιρροής των αναπτυξιακών δραστηριοτήτων που άρχισαν ή πρόκειται να αρχίσουν στο πλαίσιο των διάφορων αναπτυξιακών σχεδίων. Για τις περιβαλλοντικές εφαρμογές η δορυφορική τηλεπισκόπηση αποτελεί πολύ χρήσιμο εργαλείο. Η μεγάλη συχνότητα αλλά και ακρίβεια της συλλογής δεδομένων είναι σημαντικό πλεονέκτημά της, παρέχοντας πληροφορίες για τα φασματικά χαρακτηριστικά των στοιχείων κάλυψης/χρήσης γης, για το χώρο, το σχήμα και το μέγεθός τους.

Λαμβάνοντας υπόψη τις συνιστώσες που επικρατούν στη μελέτη προσφοράς και ζήτησης σε παγκόσμιο επίπεδο και στην απαίτηση για γεωργικά προϊόντα, οι εφαρμογές της τηλεπισκόπησης στην χαρτογράφηση γεωργικών εκτάσεων είναι πολλές και ποικίλες. Οι υπηρεσίες σχεδιασμού γίνονται συνεχώς πιο απαραίτητες και εκτείνονται σε ένα μεγαλύτερο εύρος δραστηριοτήτων. Επομένως, υπάρχει μια αυξανόμενη ανάγκη οι υπηρεσίες αυτές να έχουν, έγκαιρες, ακριβείς και οικονομικά αποτελεσματικές πηγές δεδομένων διάφορων μορφών. Πολλά από αυτά τα δεδομένα προέρχονται από την τηλεπισκόπηση. Η χρήση και η κάλυψη γης είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα.

1.3 Η τηλεπισκόπηση ως εργαλείο μελέτης των φυσικών πόρων

«Η τηλεπισκόπηση ορίζεται ως «η διαδικασία καταγραφής της ενέργειας, η οποία ανακλάται ή εκπέμπεται από ένα αντικείμενο» (Lillesand et al., 2004). Σύμφωνα με το Sabins (1986), τηλεπισκόπηση σημαίνει «συλλογή και καταγραφή πληροφοριών για αντικείμενα με τα οποία τα συστήματα καταγραφής δεν έχουν φυσική επαφή μεταξύ τους».

Η χαρτογράφηση της κάλυψης γης και η αξιολόγησή της είναι μια από τις βασικές περιοχές των εφαρμογών των δεδομένων της τηλεπισκόπησης. (King, 2002; Foody, 2002). Η κάλυψη γης είναι θεμελιώδης μεταβλητή που έχει επίπτωση και συνδέεται με πολλές πλευρές του ανθρώπινου και φυσικού περιβάλλοντος (Foody, 2002). Η αλλαγή της κάλυψης γης θεωρείται ως η περισσότερο σημαντική μεταβλητή της παγκόσμιας αλλαγής που επιδρά στα οικολογικά συστήματα. (Vitousek, 1994) με μια επίπτωση στο περιβάλλον που είναι τουλάχιστον συνδεδεμένη με την κλιματική αλλαγή. (Skole, 1994). Αντιμετωπίζοντας έναν όσο ποτέ αυξανόμενο αριθμό δορυφορικών συστημάτων/αισθητήρων παρακολούθησης της Γης, οι εφαρμογές των δορυφορικών δεδομένων που έχουν αποκτηθεί από διάφορους αισθητήρες είναι πολύ σημαντικές και αποτελεσματικές για την παρακολούθηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών αλλαγών (Anderson et al., 2011). Είναι χαρακτηριστικό ότι, πάρα πολλά προγράμματα σε όλο τον κόσμο, με επιχορήγηση κρατική ή σε επίπεδο οργανισμών, εξελίσσονται ή έχουν ολοκληρωθεί και σχετίζονται με την αντιμετώπιση δασολογικών, γεωργικών, γεωλογικών, χωροταξικών, περιβαλλοντικών, κ.α.

προβλημάτων, με την αποκλειστική χρήση ή με τη συμβολή των δορυφορικών απεικονιστών. (Συλλαίος και συνεργάτες, 2007).

Η ανίχνευση μεταβολών της γης περιλαμβάνει τη χρήση διαχρονικών δεδομένων, ώστε να διαχωριστούν περιοχές κάλυψης γης, οι οποίες μεταβάλλονται μεταξύ των ημερομηνιών λήψης των εικόνων (Αργιαλάς, 1999). Σύμφωνα με τον Singh (1989) η ανίχνευση αλλαγών χαρακτηρίζεται ως η διαδικασία αναγνώρισης διαφορών στην κατάσταση ενός αντικειμένου ή ενός φαινομένου κατά την παρατήρησή του σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. 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 συνειδητές αποφάσεις για την διαχείριση πιθανών άσχημων συνθηκών (Lu et. al., 2004).

1.4 Ο σκοπός και το αντικείμενο της εργασίας

Η παρούσα μελέτη επικεντρώνεται στην περιοχή της Περιφερειακής ενότητας της Βοιωτίας. Ο κλάδος της οικονομίας της βασίζεται ιδιαίτερα στην μεγάλη γεωργική παραγωγή της, καθώς έχει ένα αξιόλογο ποσοστό πεδινών καλλιεργούμενων εκτάσεων, αλλά ταυτόχρονα και στην κτηνοτροφία, η οποία συμβάλλει στην οικονομική ανάπτυξή της. Βασικοί στόχοι της μελέτης ήταν:

1. Η αξιολόγηση της ακρίβειας ταξινόμησης της κάλυψης γης της Βοιωτίας με χρήση των πολυφασματικών δορυφορικών εικόνων από τους αισθητήρες Landsat TM και Landsat OLI.
2. Η μελέτη της διαχρονικής εξέλιξης των χρήσεων και κάλυψης γης της Βοιωτίας μεταξύ των χρονολογιών 2009 και 2015.
3. Η χωρική σύγκριση και ανάλυση των κατηγοριών των λιβαδιών και των θαμνότοπων από τα αποτελέσματα της ταξινόμησης της εικόνας του 2009, ως πιθανών περιοχών βοσκοτόπων, με στοιχεία 2 διαφορετικών προϊόντων χαρτογράφησης από δημόσιες υπηρεσίες που αφορούν τα λιβάδια, τους θαμνότοπους και τους βοσκότοπους και με απώτερο στόχο τη μελέτη της σύμπτωσης των εκτάσεων αυτών.

Ως εκ τούτου, για την εκτίμηση των υπηρεσιών των βοσκοτόπων στην περιοχή, σημαντικός σκοπός της μελέτης ήταν τα αποτελέσματα των διαχρονικών μεταβολών

των κατηγοριών χρήσεων/κάλυψης γης, με ιδιαίτερη έμφαση στα λιβαδικά οικοσυστήματα που απαντούν στην περιοχή κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών.

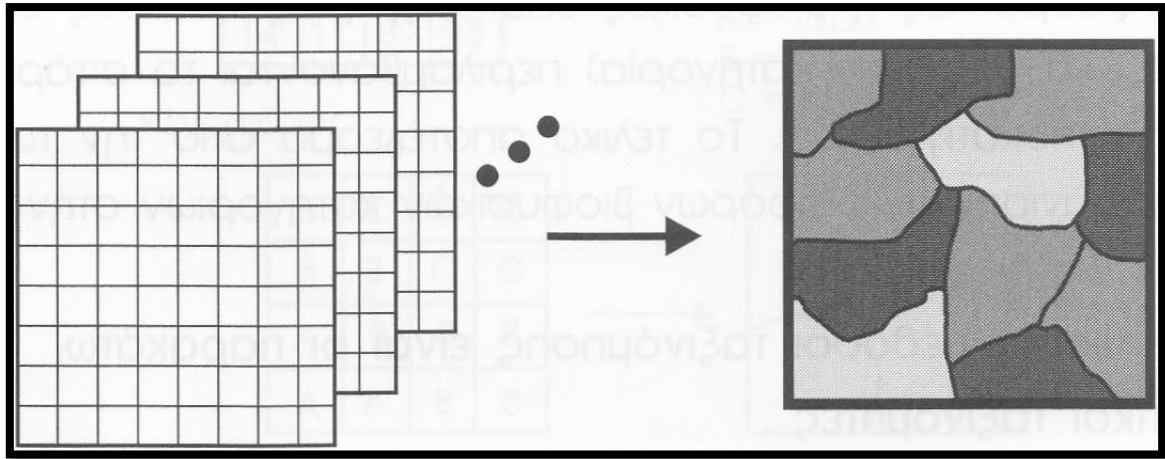
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΙΣΗ

2.1 Βιβλιογραφική ανασκόπηση που αφορά την μεθοδολογία και την επεξεργασία των δεδομένων

Η διαχρονική παρακολούθηση των αλλαγών κάλυψης της βλάστησης σε περιβαλλοντικά ευαίσθητες περιοχές, προϋποθέτει μία σειρά από παραμέτρους, οι οποίες δύσκολα μπορούν να καλυφθούν μόνο με τις επίγειες μεθόδους παρατήρησης στο πεδίο. Η χρήση της τηλεπισκόπησης τις τελευταίες δεκαετίες και ειδικότερα η δορυφορική τηλεπισκόπηση έχει εξελιχθεί, με αποτέλεσμα μία σειρά πλεονεκτημάτων στην παρατήρηση χερσαίων και υδάτινων οικοσυστημάτων. Η παρακολούθηση των κατηγοριών κάλυψης της βλάστησης σε βιοτόπους, καθώς και των μεταβολών της, εστιάζεται στις φασματικές και χωρικές ιδιότητες της βλάστησης. Για τη μέτρηση των αλλαγών της βλάστησης διαχρονικά, θα πρέπει να προσδιοριστούν οι τύποι ή τα είδη βλάστησης σε δύο τουλάχιστον χρονικές στιγμές απεικονίζοντας την ίδια περιοχή. (Πλατής και συνεργάτες, 2004).

Για να αποφέρουμε αποτελεσματικά αξιόπιστες πληροφορίες από δορυφορικά δεδομένα είναι απαραίτητες οι κατάλληλες τεχνικές ταξινόμησης. Ποικίλες προσεγγίσεις ταξινόμησης έχουν αναπτυχθεί τις τελευταίες δεκαετίες και μια σύνοψη αυτών των προσεγγίσεων μπορεί να βρεθεί στο Lu and Weng (2007).

Σύμφωνα με τους Συλλαίο και συνεργάτες (2007) «με το όρο ταξινόμηση εννοείται η διαδικασία καταχώρισης, κάθε εικονοστοιχείου της εικόνας, σε κάποια χρήση ή κάλυψη γης, π.χ. εδάφους, νερού, βλάστησης, ανθρώπινες κατασκευές, κ.α. Τα χαρακτηριστικά των εικονοστοιχείων της εικόνας είναι η χωρική τους θέση και η ραδιομετρική τους τιμή, δηλαδή το ποσοστό ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας, εκπεφρασμένο σε τιμές 0 έως 255 σε περίπτωση 8μπιτης εικόνας (0=μαύρο, πλήρης απορρόφηση και 255=λευκό, πλήρης ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας)».



Φασματικοί δίαυλοι Ταξινομημένη εικόνα
 Εικόνα 1. Γραφική αναπαράσταση της ταξινόμησης. (Πηγή Συλλαίος και συνεργάτες, 2007)

«Με τον όρο ταξινομητής (classifier), εννοείται ο αλγόριθμος ο οποίος έχει αναπτυχθεί για την ταξινόμηση των εικονοστοιχείων. Σύμφωνα με τον Καρτέρη (1992) υπάρχουν 2 ειδών ταξινομητές, (1) οι ταξινομητές φάσματος (spectral ή point classifiers) και (2) οι ταξινομητές χώρου ή υφής (spatial ή textural classifiers). Οι ταξινομητές φάσματος θεωρούν κάθε εικονοστοιχείο ως σημειακή παρατήρηση, απομονωμένη από τα γειτονικά εικονοστοιχεία και, κατά συνέπεια, δε μπορούν να συνδυάσουν και να αλληλοσυσχετίσουν ομάδες εικονοστοιχείων, με αποτέλεσμα την απώλεια πληροφορίας. Οι ταξινομητές χώρου ή υφής εξετάζουν τις φασματικές ιδιότητες ομάδων εικονοστοιχείων, αλλά είναι πολύπλοκοι και τα αποτελέσματα παρουσιάζουν δυσκολία ερμηνείας. Δυο όροι που χρησιμοποιούνται στην ταξινόμηση είναι η φασματική κατηγορία και η βιοφυσική κατηγορία. Με τον όρο φασματική κατηγορία εννοείται ένας αριθμός (ομάδα) εικονοστοιχείων της εικόνας με, στατιστικά, συσχετιζόμενες ραδιομετρικές τιμές. Με τον όρο βιοφυσική κατηγορία εννοείται το είδος των βιοφυσικών στοιχείων, π.χ. επιφανειακό νερό, φυσική βλάστηση, ετήσιες καλλιέργειες, κατοικημένη περιοχή, κλπ. Με την ταξινόμηση γίνεται προσπάθεια να συσχετιστεί η φασματική κατηγορία με μια βιοφυσική κατηγορία. Η φασματική και η βιοφυσική κατηγορία υποδιαιρούνται σε φασματικές ή βιοφυσικές υποκατηγορίες. Το τελικό αποτέλεσμα από την ταξινόμηση, θα είναι η εμφάνιση των διαφόρων βιοφυσικών κατηγοριών στην εικόνα με κάποια σύμβολα ή χρώματα».

Οι περισσότεροι γνωστοί μέθοδοι ταξινόμησης είναι οι παρακάτω:

- Ανελαστικοί ταξινομητές
 - μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση (unsupervised classification)
 - επιβλεπόμενη ταξινόμηση (supervised classification)
- Ελαστικοί ταξινομητές
 - η ασαφής λογική ταξινόμηση υποεικονοστοιχείων (sub-pixel classification)
 - τα νευρωνικά δίκτυα
- Αντικειμενοστραφής ταξινόμηση (object oriented classification). (Συλλαίος και συνεργάτες, 2007).

Οι ταξινομητές μπορεί να κατηγοριοποιηθούν είτε ως κοινοί είτε ως ανεπτυγμένοι. (Otukey and Blaschke, 2009). Μερικοί από τους κοινούς αλγόριθμους ταξινόμησης περιλαμβάνουν τους K-Means, ISODATA, MLC και minimum distance to means. (Erdas, 1999; Mather, 2004; Lillesand and Kiefer, 1999; Sabins, 1997; Richards, 1993), ενώ οι ανεπτυγμένοι αλγόριθμοι ταξινόμησης περιλαμβάνουν τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (ANN), decision trees, support vector machines, και object based ανάλυση εικόνας (Lawrence et al., 2004; Mahesh and Mather, 2003; Kim et al., 2003; Mitra et al., 2004; Verbeke et al., 2004; Foody, 1986; Lucieer, 2008; Hay et al., 2003; Blaschke and Lang, 2006). Είναι καλά αποδεδειγμένο ότι η επιλογή του κατάλληλου ταξινομητή καθώς και των κατάλληλων μπαντών (αρχικές ή εξαγόμενες) είναι απαραίτητες για την βελτιωμένη ακρίβεια της ταξινόμησης. (Lu and Weng, 2007).

Οι Desheng Liu και Fan Xia το 2009 έκαναν μία έρευνα για να αποδείξουν τους πιθανούς περιορισμούς της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης. Η αντικειμενοστραφής ταξινόμηση υπερτερεί έναντι εκείνης με βάση το εικονοστοιχείο. Τα αποτελέσματα βασισμένα σε δορυφορική εικόνα Quickbird έδειξαν ότι α) καταμερισμός της ακρίβειας μειώνεται με την αυξανόμενη κλίμακα του καταμερισμού και οι αρνητικές επιπτώσεις των υπό καταμερισμό σφαλμάτων γίνονται πολύ μεγάλες σε μεγάλες κλίμακες και β) υπάρχουν πλεονεκτήματα και περιορισμοί στη χρήση της αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης, και ο συμβιβασμός τους καθορίζει τη συνολική επίδρασή τους, η οποία εξαρτάται από την κλίμακα του καταμερισμού.

Η επιβλεπόμενη ταξινόμηση χρησιμοποιείται και είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική όσον αφορά την ακρίβεια στον εντοπισμό των τάξεων. Η μεθοδολογία της είναι η εξής: Ο αναλυτής με βάση την εμπειρία του και με βάση πραγματικά δεδομένα όπως παρατηρήσεις πεδίων ή χαρτών, εντοπίζει και αναγνωρίζει στην εικόνα τις τάξεις. Μια περιοχή στην εικόνα η οποία εμφανίζεται αρκετά ομογενής με βάση τους τόνους των χρωμάτων εντοπίζεται και απομονώνεται σε ένα πολύγωνο στην οθόνη που καλείται εκπαιδευτικό πεδίο (training site). Το λογισμικό υπολογίζει όλα τα στατιστικά των ψηφιακών τιμών των εικονοστοιχείων που ανήκουν σε μια εκπαιδευτική περιοχή (μέση τιμή, τυπική απόκλιση της μέσης τιμής, πίνακας συμμεταβλητότητας κ.α.) τα οποία αποτελούν τη φασματική υπογραφή (spectral signature) της τάξης. Στο επόμενο στάδιο της ταξινόμησης αποδίδονται τα εικονοστοιχεία της εικόνας σε τάξεις με βάση τις ψηφιακές τιμές τους και τις υπογραφές που καθορίστηκαν στο στάδιο της εκπαίδευσης εφαρμόζοντας ένα κανόνα ταξινόμησης (π.χ. ελάχιστης απόστασης, μέγιστης πιθανοφάνειας κ.α.) . (Καρτάλης και Φειδας, 2006).

Με την επιβλεπόμενη ταξινόμηση γίνεται καλύτερη αναπαράσταση της κάλυψης γης η οποία οφείλεται κυρίως στον τρόπο επιλογής των περιοχών εκπαίδευσης. Η επιτυχία των αποτελεσμάτων της επιβλεπόμενης ταξινόμησης εξαρτάται από την καλή γνώση της υπό μελέτη περιοχής. Όσο καλύτερη γνώση της υπό μελέτη περιοχής έχουμε, τόσο πιο ακριβή είναι τα αποτελέσματά της και αυτό επιτυγχάνεται είτε με παρατήρηση πεδίου είτε μέσω έγκυρων χαρτογραφικών πηγών της περιοχής. (Καρτάλης και Φειδας, 2006).

Ο αλγόριθμος MLC (ταξινόμηση της μέγιστης πιθανοφάνειας) είναι ένας από τους πολύ γνωστούς παραμετρικούς ταξινομητές που χρησιμοποιούνται για την επιβλεπόμενη ταξινόμηση (Otukey and Blaschke, 2009). Σύμφωνα με τον Erdas (1999) ο αλγόριθμος για τον υπολογισμό των βαρών απόστασης ή της πιθανοφάνειας D του άγνωστου διανύσματος X μέτρησης ανήκει σε μια από τις γνωστές τάξεις Mc και βασίζεται στην Μπευζιανή εξίσωση.

$$D = \ln(ac) - [0.5 \ln(|\text{covc}|)] - [0.5(X - Mc)T(\text{covc}^{-1})(X - Mc)] \quad (1)$$

όπου,

D = Σταθμισμένη τιμή της απόστασης (πιθανότητα)

c = Μια συγκεκριμένη κατηγορία

X = Το διάνυσμα μέτρησης του υποψήφιου εικονοστοιχείου

M_c = Το μέσο διάνυσμα του δείγματος της κατηγορίας c

a_c = Ποσοστό πιθανότητας ότι κάθε υποψήφιο εικονοστοιχείο είναι μέλος της κατηγορίας c (προεπιλογή το 1.0, ή εισάγεται από μια εκ των προτέρων γνώση)

C_{ovc} = Η μήτρα συνδιακύμανσης των εικονοστοιχείων στο δείγμα της κατηγορίας c

$|C_{ovc}|$ = Καθοριστικός παράγοντας της C_{ovc} (πίνακας άλγεβρας)

C_{ovc}^{-1} = Αντίστροφη C_{ovc} (πίνακας άλγεβρας)

\ln = Φυσική λειτουργία λογάριθμου

T = Λειτουργία μεταφοράς (πίνακας άλγεβρας)

Το άγνωστο διάνυσμα μέτρησης κατανέμεται στην τάξη στην οποία έχει τη μεγαλύτερη πιθανότητα να ανήκει. Το πλεονέκτημα της MLC ως παραμετρικός ταξινομητής είναι ότι λαμβάνει υπόψη την διακύμανση-συνδιακύμανση μέσα στην διανομή των τάξεων και για φυσιολογικά διανεμημένα δεδομένα, η MLC εκτελείται καλύτερα από οποιαδήποτε άλλο γνωστό παραμετρικό ταξινομητή. (Erdas, 1999).

Η εκτέλεση της ταξινόμησης γίνεται σε επτά στάδια. Αυτά είναι: Το στάδιο της εκπαίδευσης (training), το στάδιο της επιλογής του κανόνα ταξινόμησης (decision rule), το στάδιο της αξιολόγησης των υπογραφών, το στάδιο της εφαρμογής του κανόνα ταξινόμησης, το στάδιο της αντιστοίχισης των φασματικών τάξεων σε τάξεις πληροφόρησης, το στάδιο της δημιουργίας χάρτη και συμβόλων και το τελικό στάδιο της αξιολόγησης της ταξινόμησης (Erdas Field Guide, 1999). Ωστόσο για δεδομένα με μη κανονική διανομή τα αποτελέσματα μπορεί να είναι μη ικανοποιητικά (Otukey and Blaschke, 2009).

Σύμφωνα με την βιβλιογραφική έρευνα, μέχρι σήμερα υπάρχουν πολλές σημαντικές εργασίες οι οποίες έχουν χρησιμοποιήσει δεδομένα Τηλεπισκόπησης αποσκοπώντας στην ταξινόμηση των χρήσεων κάλυψη γης και των διαχρονικών αλλαγών τους.

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 Μελιάδης και Μελιάδης το 2011 σε μια μελέτη που διεξήχθη από το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο και το Ινστιτούτο Γεωπονικών Ερευνών, εφάρμοσαν μια μεθοδολογία και εξήγαγαν αποτελέσματα από την ταξινόμηση με την μέθοδο MLC πολυχρονικών δεδομένων Landsat TM/ETM της Νομαρχίας της Θεσσαλονίκης για τις χρονολογίες 1986, 1999, 2008. Δημιούργησαν 9 κατηγορίες χρήσης γης και η συνολική ακρίβεια για τα τρία χρόνια αυτά ήταν 85%. Τα αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν για να σχεδιαστεί η μελλοντική ανάλυση και ο τεμαχισμός της ποικιλότητας του τοπίου και να εξετάσουν διαφορετικά σενάρια καλύτερης οικολογικής διαχείρισης.

Οι Bayarsaikhan et al., το 2009 έκαναν μία έρευνα στο Hustai Εθνικό πάρκο της Μογγολίας μια δημοφιλή περιοχή με σπάνια είδη. Χρησιμοποίησαν δορυφορικές εικόνες Landsat MSS TM/ETM μεταξύ των ετών 1994 και 2000. Ο ταξινομητής που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο MLC και αξιολόγησαν τις διαχρονικές αλλαγές. Σκοπός της έρευνας ήταν οι πιθανές περιβαλλοντικές συνθήκες που είναι υπεύθυνες για την συστηματική αλλαγή της κάλυψης γης, ενώ αντιμετώπισε άλλες βιολογικές επιπτώσεις της έξαρσης των εντόμων και των οπληφόρων.

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 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 υψηλή ακρίβεια της τάξης 85-90% (William & Nelson 1986, Wolter et al 1995).

Στα πλαίσια μελέτης από τους Μελιάδης και συνεργάτες το 2004, που αφορούσε την ταξινόμηση και την διαχρονική παρακολούθηση των λιβαδικών εκτάσεων στην περιοχή Όρη Αντιχάσια – Μετέωρα χρησιμοποιήθηκε η δορυφορική τηλεπισκόπηση, και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.), ως ένα μέσο χαρτογράφησης και παρακολούθησης των αλλαγών τους μέσα στη δεκαετία 1989 – 1999. Διαπιστώθηκε ότι οι λιβαδικές εκτάσεις αποτελούν σημαντική κατηγορία εδαφοκάλυψης καθ' όσον καταλαμβάνουν το 58,6% της συνολικής έκτασης του βιοτόπου. Η διαχρονική μελέτη παρουσίασε μείωση της έκτασης των λιβαδικών εκτάσεων με μετατροπή προς άλλες κατηγορίες, με σημαντικότερη τη μείωση της

κατηγορίας εδαφοκάλυψης θαμνώνες με *Carpinus betulus*, *Phillyra media*, *Quercus coccifera*. Αποδείχθηκε ότι η τηλεπισκόπηση είναι μια αξιόπιστη πηγή γεωγραφικών δεδομένων και ο συνδυασμός με τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών ως εργαλείο ανάλυσης αποτελεί μια μέθοδο χαρτογράφησης χαμηλού κόστους.

Οι διαχρονικές μελέτες συναντώνται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών (Lillesand and Kiefer 1999, Richards 1993), που υποστηρίζει όλες σχεδόν τις γεωεπιστήμες, καθώς επίσης και στο κτηματολόγιο, στη διαχείριση φυσικών πόρων και στην πολεοδομία.

Ο προσδιορισμός των αλλαγών χρήσης γης είναι μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές της δορυφορικής τηλεπισκόπησης. Διάφορες μέθοδοι έχουν προταθεί από ερευνητές σχετικά με την εκτίμηση των αλλαγών κάλυψης γης (Wrbka et al. 1999, Sunar 1998, Mas 1999).

2.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση που αφορά θέματα σχετικά με τα λιβάδια και τους βοσκότοπους

2.2.1 Λιβαδικό τοπίο

Σύμφωνα με τον ευρέως αποδεκτό ορισμό της Σύμβασης για το Ευρωπαϊκό Τοπίο (European Landscape Convention-CETS No. 176), “τοπίο σημαίνει μία περιοχή, όπως γίνεται αντιληπτή από ανθρώπους, της οποίας ο χαρακτήρας είναι το αποτέλεσμα της δράσης και αλληλεπίδρασης των φυσικών ή και ανθρώπινων παραγόντων”.



Εικόνα 2. Περιοχή λιβαδιού (WWW5).

Κατά την Σιδηροπούλου «Τα τοπία που έχουν στοιχεία τα οποία συνδέονται με τα λιβάδια και τη χρήση τους ονομάζονται **λιβαδικά**. Τα λιβαδικά τοπία συνιστούν κατάλληλους βιότοπους για την άγρια πανίδα, προσφέρουν δυνατότητες για αναψυχή και τουρισμό, ρυθμίζουν την υδατική ισορροπία και την παραγωγή νερού και αποτρέπουν την διάβρωση του εδάφους. Επίσης, τα λιβαδικά τοπία συνθέτονται από εύρος πολιτισμικών, βιολογικών γεωμορφολογικών και φυσικών χαρακτηριστικών, τα οποία είναι στενά συνυφασμένα μεταξύ τους, δημιουργούν ένα ενιαίο και μοναδικό, δυναμικά εξελισσόμενο σύνολο. Τελευταία, αναγνωρίζεται η συνεισφορά τους σε βασικές

υπηρεσίες περιβάλλοντος, όπως είναι η δέσμευση και αποθήκευση του άνθρακα, η διατήρηση της βιοποικιλότητας και η ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων». Η διαχείριση του λιβαδικού τοπίου σχετίζεται με άλλους πόρους και χρήσεις γης, όπως είναι τα δάση, οι εθνικοί δρυμοί, οι ζώνες ειδικής προστασίας και οι γεωργικές καλλιέργειες. Η ολοκληρωμένη διαχείριση των λιβαδικών τοπίων μίας περιοχής συμβάλλει στην αειφορία και ανάπτυξή της και εξυπηρετεί τις υλικές και άυλες ανάγκες των κατοίκων της (WWW5).

2.2.2 Λιβαδικοί τύποι στην Ελλάδα

«**Λιβάδι** είναι το φυσικό οικοσύστημα που καλύπτεται από ποώδη ή θαμνώδη βλάστηση και παράγει βοσκήσιμη ύλη για τα αγροτικά και τα άγρια ζώα, ενώ παράλληλα προσφέρει και άλλα αγαθά και υπηρεσίες όπως είναι τα θηράματα, το νερό, η προστασία του περιβάλλοντος, η αναψυχή κτλ.» (WWW5). Πέρα από τα λιβάδια που είναι φυσικά οικοσυστήματα υπάρχουν και « οι **λειμώνες ή τεχνητά λιβάδια**, που είναι ποώδεις φυτοκοινωνίες χορτοδοτικών κτηνοτροφικών φυτών, που δημιουργούνται τεχνητά με κατεργασία του εδάφους και ανανεώνονται με παραβλάστηση ή νέα σπορά, ύστερα από τη βόσκηση ζώων ή θέρισμα για παραγωγή σανού» (WWW5).

Ο λιβαδικός τύπος συγκροτεί την ευρύτερη ταξινομική μονάδα και χαρακτηρίζεται από τη γενική όψη και τη φυσιογνωμία της βλάστησης, δηλαδή από τα φυτά που κυριαρχούν είτε αυτά είναι ποώδη ή ξυλώδη. Σύμφωνα με τους Παπαναστάση και Νοιτσάκη στην Ελλάδα αναγνωρίζονται τέσσερις τύποι λιβαδιών, τα ποολίβαδα, τα φρυγανολίβαδα, τα θαμνολίβαδα και τα δασολίβαδα (WWW5).



Εικόνα 3. Περιοχή Λιβαδιού. (WWW5).

α) Ποολίβαδα

Ποολίβαδα ή χορτολίβαδα ή χορτολιβαδικές εκτάσεις είναι οι εκτάσεις που καλύπτονται κατά κύριο λόγο με ποώδη φυτά.

β) Φρυγανολίβαδα

Φρυγανολίβαδα αποκαλούνται τα λιβάδια όπου τα φρύγανα υπερτερούν σε αριθμό και κάλυψη.

γ) Θαμνολίβαδα

Φυσικές εκτάσεις όπου κυριαρχούν οι θάμνοι ονομάζονται Θαμνολίβαδα και η βλάστηση τους αποτελείται από μεγάλο εύρος ειδών. Στη χώρα μας απαντούν δύο κύριες μορφές, τα θαμνολίβαδα αείφυλλων πλατύφυλλων θάμνων και τα θαμνολίβαδα φυλλοβόλων θάμνων.

δ) Δασολίβαδα

Οι λιβαδικές εκτάσεις μέσα στις οποίες φύονται διεσπαρμένα μεμονωμένα άτομα ή συδενδρίες ή λόχμες δασικής βλάστησης αποκαλούνται δασολίβαδα. Ο τύπος αυτός περιέχει δασικά δέντρα και η κύρια χρήση του είναι η παραγωγή βοσκήσιμης ύλης. Επίσης, τα δέντρα αυτά αποτελούν έναν ανώροφο με κάλυψη το 30-40% του εδάφους. Στη χώρα μας διακρίνονται τρεις κύριες μορφές δασολίβαδων: των κωνοφόρων, των αείφυλλων πλατύφυλλων και των φυλλοβόλων πλατύφυλλων δέντρων (WWW5).

2.2.3 Αγροδασοπονία

Σύμφωνα με τον Κυριαζόπουλο, ο «όρος Αγροδασοπονία αναφέρεται στα αειφόρα εκείνα συστήματα διαχείρισης γης όπου δενδρώδη είδη συνδυάζονται με ποώδη φυτά με κάποιας μορφής χωρική ρύθμιση ή με χρονική ακολουθία. Στα συστήματα αυτά είναι δυνατό να ασκείται και βόσκηση από αγροτικά ζώα». Ανάλογα με το βαθμό παρουσίας των συστατικών τους, τα αγροδασικά συστήματα διακρίνονται σε:

- Δασογεωργικά, όπου υπάρχει συνδυασμός δέντρων και γεωργικών φυτών.
- Δασολιβαδικά, όπου υπάρχει συνδυασμός δέντρων και ποωδών λιβαδικών φυτών που βόσκονται από αγροτικά ζώα.
- Αγροδασολιβαδικά, όπου συνυπάρχουν δέντρα με γεωργικές καλλιέργειες και αγροτικά ζώα (WWW5).

2.2.4 Νομοθεσία λιβαδιών

Κατά τον Καπότα, την έννοια του λιβαδιού – ως νομικού όρου – τη συναντούμε στα πρώτα νομοθετήματα που εκδίδει το νεοσύστατο Ελληνικό Κράτος. Με το **N. 4173/1929 (ΦΕΚ 205 Α'/19 Ιουνίου 1929)** με τον οποίο κυρώθηκε ο πρώτος Δασικός Κώδικας, διακρίνονται Δάση και Δασικές εκτάσεις και διευκρινίζεται στο άρθρο 45

παρ. 3 ότι: "Δασικά εκτάσεις είναι αι εκτάσεις αι καλυπτόμεναι υπό αραιάς και πενιχράς δασικής βλαστήσεως, συνισταμένης κυρίως εκ δένδρων ή θάμνων της ζώνης των αειθαλών πλατυφύλλων και μη δυνάμεναι να εκμεταλλευθώσι δασικώς ειμή μόνον κτηνοτροφικώς και επομένως ως δασικά βοσκαί χαρακτηριζόμεναι". Επίσης, με το άρθρο 180 και εξής του ίδιου νόμου, επιτρέπεται η παραχώρηση κρατικών δασικών εκτάσεων και για κτηνοτροφικούς σκοπούς. Οι λιβαδικές εκτάσεις αποτελούσαν και αποτελούν, στην πλειονότητά τους, δημόσιες εκτάσεις και το τεκμήριο της ιδιοκτησίας ανήκει στο δημόσιο. Αυτό συμβαίνει λόγω του αντίστοιχου τεκμηρίου που άνηκε στον σουλτάνο κατά τα χρόνια της τουρκοκρατίας. Εξάιρεση αποτελούν ορισμένες περιοχές της Ελλάδος όπως τα Επτάνησα και τα Δωδεκάνησα. Τα άρθρα 24 και 117 του Συντάγματος σε συνδυασμό με την ερμηνεία του Συντάγματος της Ελλάδος (ΣΕ) αποτέλεσαν και αποτελούν καθοριστικό παράγοντα στην προστασία του δασικού χαρακτήρα των εκτάσεων αυτών. Η αρμοδιότητα για τον προγραμματισμό, τη μελέτη και την εκτέλεση έργων, επί των λιβαδιών ανήκει στη Δασική Υπηρεσία. Όσον αφορά τη βόσκηση γενικότερα δεν απαγορεύεται στα δημόσια δάση. Πρέπει όμως να ασκείται με τρόπο που δεν εμποδίζει την εκμετάλλευση του δάσους και τη λήψη μέτρων για την προστασία και την αναγέννηση του. Αρμόδιοι φορείς για την παραχώρηση των δικαιωμάτων βόσκησης (δικαίωμα βοσκής) είναι οι Δήμοι και οι Κοινότητες, ανεξάρτητα από το γεγονός ότι κάποιες εκτάσεις ανήκουν κατά κυριότητα στο Κράτος. Τα σημαντικότερα νομοθετήματα είναι το άρθρο 3 του ν. 998/1979, όπως τροποποιήθηκε από το άρθρο 1 του ν. 3208/2003, ο Ν. 1734/87, το άρθρο 272 του ν. 3463/2006, το α. 222 του ν. ν.δ. 86/1969 Φ.Ε.Κ. 7/18-1-1969/Τ.Α" και το άρθρο 16 του ν. 998/1979.

Με το Ν. 998/79 (ΦΕΚ 289 Α'), για να χαρακτηριστεί μια έκταση δασική οριζόταν ως κατώτατο ποσοστό δασοκάλυψης το 15%, κάτω από το οποίο η έκταση χαρακτηρίζονταν ως χορτολιβαδική. Από 15% μέχρι 25% θεωρούνταν ως δασική έκταση της παρ. 2 του άρθρου 3 και πάνω από 25% ως δάσος της παρ. 1 του άρθρου 3.

Με βάση την σχετική ερμηνευτική εγκύκλιο του Υπουργού Γεωργίας που ακολούθησε ταξινομήθηκαν οι κατηγορίες των βοσκήσιμων εκτάσεων ως εξής:

ΑΙΒ ή Β: με πυκνότητα ξυλώδους βλάστησης μέχρι 10%.

Θ10 και Θφ 10: με πυκνότητα ξυλώδους βλάστησης 10 - 40% για τους αείφυλλους και φυλλοβόλους θάμνους αντίστοιχα.

Θ 20 και Θφ 20: με πυκνότητα ξυλώδους βλάστησης 40 -70% για τους αείφυλλους και φυλλοβόλους θάμνους αντίστοιχα.

Θ 30 και Θφ 30: με πυκνότητα ξυλώδους βλάστησης 70 -100% για τους αείφυλλους και φυλλοβόλους θάμνους αντίστοιχα.

Δ 11: με πυκνότητα δενδρώδους βλάστησης 10 - 40% και κλάση όγκου 1-100 κ.μ./εκτάριο, ως μερικών δασοσκεπείς εκτάσεις.

Με την ψήφιση του Ν. 3208/03 (ΦΕΚ 303 Α'), το άρθρο 3 του Ν. 998/79 τροποποιήθηκε και μια έκταση για να χαρακτηριστεί δασική έπρεπε να έχει πυκνότητα βλάστησης με θαμνώδη είδη μεγαλύτερη του 25%. Με πυκνότητα θαμνώδους βλάστησης μικρότερη του 25% χαρακτηρίζονταν ως χορτολιβαδική. Όμως με το Ν. 3818/10 (ΦΕΚ 17 Α') και συγκεκριμένα με το άρθρο 9, καταργήθηκαν οι τροποποιήσεις που επέφερε ο Ν. 3208/03 ώστε να ενσωματωθούν οι αριθ. 32, 33 και 34/2013 αποφάσεις της ολομέλειας του ΣτΕ, οπότε και καταργήθηκαν οι κατηγοριοποιήσεις με βάση το ποσοστό της ξυλώδους βλάστησης.

Παρόλα αυτά για τους σκοπούς της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής της ΕΕ γίνεται από τον ΟΠΕΚΕΠΕ (Οργανισμός Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων) ταξινόμηση των εκτάσεων σε κατηγορίες επιλεξιμότητας για λήψη των κοινοτικών ενισχύσεων σε υλοποίηση σχετικών οδηγιών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, όπου:

- Κατηγορία 100%: 0 - 25% ξυλώδη βλάστηση
- Κατηγορία 62,5%: 25 - 50 % ξυλώδη βλάστηση
- Κατηγορία 37,5%: 50 - 75% ξυλώδη βλάστηση
- Κατηγορία 0 %: >75% ξυλώδη βλάστηση

Πλήθος διεθνών νομικών κειμένων αναφέρονται στην προστασία των δασών και των δασικών εκτάσεων. Στα περισσότερα δεν γίνεται σαφής αναφορά στα λιβάδια αλλά στις δασικές εκτάσεις ή στο περιβάλλον, εννοώντας και τα λιβάδια (WWW5). Η σπουδαιότητα, αλλά και ο προβληματισμός της ορθής διαχείρισης των βοσκοτόπων έχει επισημανθεί από της συστάσεως του Ελληνικού Κράτους. Είναι ιδιαίτερα σύνθετο θέμα, εντάσσεται στον πολυλειτουργικό ρόλο των βοσκοτόπων (εμπλοκή

των βοσκοτόπων με τις δασικές και τις γεωργικές εκτάσεις, καθώς και με προστατευόμενες περιοχές της NATURA 2000) και εξακολουθεί να παραμένει και σήμερα χωρίς ουσιαστικές λύσεις. (Βακάκης και συνεργάτες, 2000).

Στον χώρο της Ε.Ε. η έννοια της πολιτικής για τις δασικές εκτάσεις και για τα λιβάδια ειδικότερα δεν υπάρχει αυτούσια στις συνθήκες για την σύσταση της Ευρωπαϊκής Κοινότητας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στην έννοια της πολιτικής για το περιβάλλον, όμως, σαφώς εμπεριέχεται και η προστασία των δασικών εκτάσεων και των λιβαδιών (WWW5). Μάλιστα στη νέα ΚΑΠ 2014-2020 οι εκτάσεις των βοσκοτόπων αποτελούν ξεχωριστή κατηγορία και διατίθενται πιστώσεις για την στήριξη της ορθής χρήσης τους. [Η Κοινή Αγροτική Πολιτική (ΚΑΠ) μετά το 2014. Ανάλυση προτάσεων και σεναρίων των άμεσων ενισχύσεων]. Σημαντικά μη δεσμευτικά κείμενα είναι αυτά που συντάχθηκαν στην Συνδιάσκεψη του Ρίο για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (Διακήρυξη Ρίο, Ατζέντα 21, Διακήρυξη αρχών για τα δάση, Σύμβαση για τη βιοποικιλότητα), όπως επίσης η Ευρωπαϊκή σύμβαση για το τοπίο, η σύμβαση του Άαρχους που κυρώθηκε με το ν. 3422/2005 (ΦΕΚ Α΄303), η σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για την καταπολέμηση της ερημοποίησης και οι αρχές της πρόληψης και της προφύλαξης στο άρθρο 174 παρ. 2 της Συνθήκης των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (ΣΕΚ), όπως και η αρχή της βιώσιμης ή αειφόρου ανάπτυξης και η αρχή της ενσωμάτωσης στο άρθρο 2 και στο άρθρο 6 της ΣΕΚ αντίστοιχα» (WWW5).

Στην υφιστάμενη Κοινοτική νομοθεσία (Κανονισμός 1120/2009 της Επιτροπής, για τη θέσπιση λεπτομερών κανόνων εφαρμογής του καθεστώτος ενιαίας ενίσχυσης, που προβλέπεται στον τίτλο ΙΙΙ του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 73/2009 του Συμβουλίου), ο μόνιμος βοσκότοπος (permanent pasture) περιλαμβάνεται στα χορτολίβαδα και ορίζεται ως η γη που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη αγρωστωδών ή άλλων ποωδών κτηνοτροφικών φυτών με φυσικό τρόπο (αυτοφυή) ή με καλλιέργεια (σπαρμένα) και δεν έχει περιληφθεί στην αμειψισπορά για πενταετές ή μεγαλύτερο διάστημα, εξαιρουμένων:

- των εκτάσεων υπό παύση καλλιέργειας σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΟΚ) αριθ. 2078/92 του Συμβουλίου
- των εκτάσεων υπό παύση καλλιέργειας σύμφωνα με τα άρθρα 22, 23 και 24 του Κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1257/1999 του Συμβουλίου

- των εκτάσεων υπό παύση καλλιέργειας σύμφωνα με το άρθρο 39 του Κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1698/2005 του Συμβουλίου

Σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 73/2009, ως «αγρωστώδη ή άλλα ποώδη κτηνοτροφικά φυτά» νοούνται όλα τα ποώδη φυτά που παραδοσιακά απαντούν στους φυσικούς βοσκότοπους ή συνήθως περιλαμβάνονται στα μείγματα σπόρων προς σπορά βοσκοτόπων ή λιβαδιών στο κράτος μέλος (είτε χρησιμοποιούνται για τη βοσκή ζώων είτε όχι). Τα Κράτη μέλη μπορούν να συμπεριλάβουν τις αροτραίες καλλιέργειες που περιλαμβάνονται στο Παράρτημα Ι του εν λόγω κανονισμού.

Προκειμένου η γη που αποτελούσε μόνιμους βοσκότοπους την ημερομηνία υποβολής αίτησης στρεμματικής ενίσχυσης για το 2003, να παραμένει ως μόνιμος βοσκότοπος, ελέγχεται η διατήρηση της αναλογίας της γης που αποτελεί μόνιμο βοσκότοπο σε σχέση με τη συνολική γεωργική έκταση.

Με εθνική ρύθμιση, στο πλαίσιο της ενιαίας ενίσχυσης, οι μόνιμοι βοσκότοποι ενεργοποιούν εκτατικά δικαιώματα εφόσον έχει δηλωθεί συνολικά ζωικό κεφάλαιο που αντιστοιχεί σε τουλάχιστον 0,2 Μ.Μ.Ζ. (Μονάδα Μεγάλου Ζώου)/εκτάριο.

Επίσης με εθνική ρύθμιση, στο πλαίσιο της πολλαπλής συμμόρφωσης, η ελάχιστη και η μέγιστη πυκνότητα βόσκησης των βοσκοτόπων ορίζονται σε 0,2 Μ.Μ.Ζ./εκτάριο και 3 Μ.Μ.Ζ. εκτάριο για όλες τις κατηγορίες ζώων, εκτός των περιπτώσεων όπου υπάρχουν αυστηρότερες ρυθμίσεις κατά περιοχή.

Με την ίδια εθνική ρύθμιση, απαιτείται η διατήρηση των βοσκότοπων σε καλή αγρονομική και περιβαλλοντική κατάσταση. Από το 2009, ορίζεται όριο περιεκτικότητας βράχων ή ξυλωδών μη βοσκήσιμων φυτών, ποσοστό 25% της έκτασης του βοσκότοπου ή 35% για τις ορεινές και μειονεκτικές περιοχές. Σε περίπτωση υπέρβασης του ορίου, τα τμήματα των εκτάσεων που είναι ακατάλληλα για βόσκηση θεωρούνται μη επιλέξιμα. Σε περίπτωση που το ποσοστό της μη χρησιμοποιούμενης έκτασης είναι μικρότερο του ορίου, υπολογίζεται η πραγματικά χρησιμοποιούμενη έκταση του βοσκότοπου προκειμένου να υπολογιστεί η πυκνότητα βόσκησης. Ως επιλέξιμη για ενεργοποίηση δικαιωμάτων έκταση του βοσκότοπου παραμένει η συνολική έκταση και η μη βοσκήσιμη έκταση θεωρείται ως στοιχείο του τοπίου.

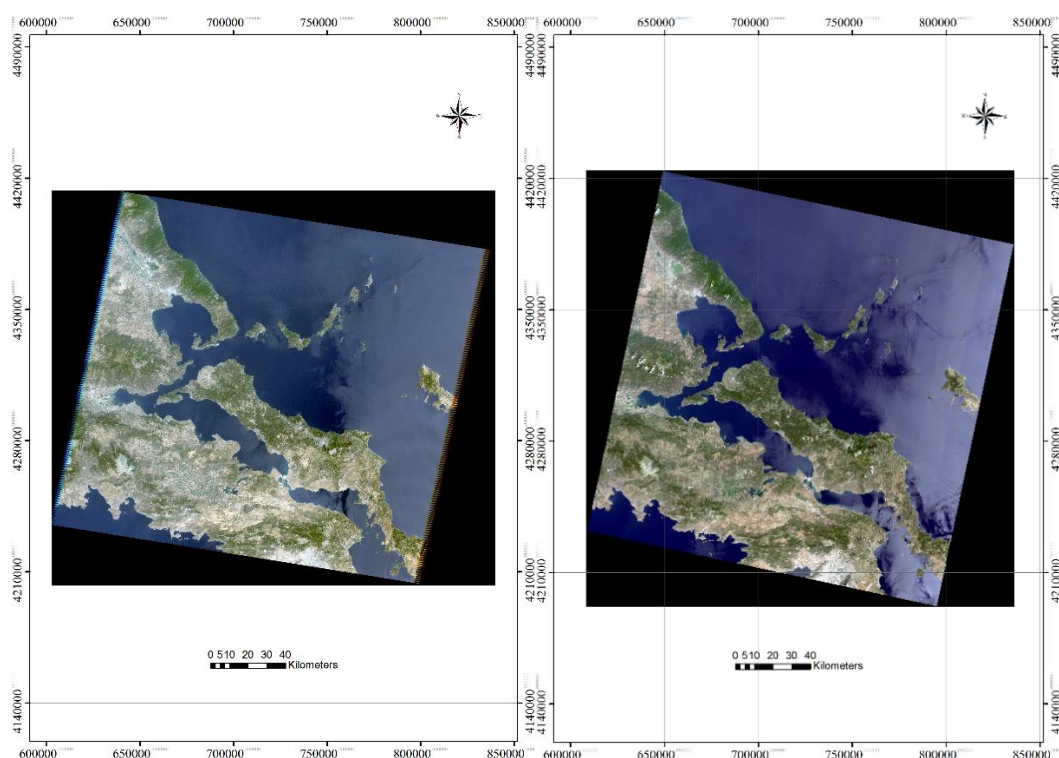
Με την εφαρμογή της νέας ΚΑΠ από το 2015, η στήριξη δίνεται στους παραγωγούς με τη μορφή δικαιωμάτων, τα οποία πρέπει να ενεργοποιούνται σε αντίστοιχη έκταση. Με το νέο καθεστώς βασικής ενίσχυσης από το 2015, όλα τα δικαιώματα πρέπει να έχουν αναφορά σε έκταση. Για την εφαρμογή των μέτρων των άμεσων ενισχύσεων και εκείνων της Αγροτικής Ανάπτυξης απαιτούνται να υλοποιηθούν ορισμένες ενέργειες και μάλιστα με συγκεκριμένους και άμεσους χρονικούς ορίζοντες:

1. Να οριστικοποιηθούν από τη χώρα μας οι επιλέξιμες εκτάσεις βοσκοτόπων.
2. Να κατηγοριοποιηθούν οι βοσκότοποι σύμφωνα με το νέο ορισμό που δίνεται παρακάτω και τις σχετικές εφαρμοστικές πράξεις της Επιτροπής.
3. Να καθοριστούν οι τοπικές πρακτικές για τη βόσκηση που έχουν εφαρμογή στη χώρα, για την επέκταση των εκτάσεων βοσκοτόπων (σύμφωνα με αυτές) όπως περιγράφεται στον νέο ορισμό:
ως «μόνιμος βοσκότοπος και μόνιμος λειμώνας», (που αναφέρονται από κοινού ως «μόνιμος βοσκότοπος») νοείται η γη που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη αγρωστώδων ή άλλων ποώδων κτηνοτροφικών φυτών με φυσικό τρόπο (αυτοφυή) ή με καλλιέργεια (σπαρμένα) και δεν έχει περιληφθεί στην αμειψισπορά επί πέντε έτη ή περισσότερο· μπορεί να περιλαμβάνει άλλα είδη, όπως θάμνους και/ή δένδρα που προσφέρονται για βοσκή, υπό τον όρο ότι επικρατούν τα αγρωστώδη και λοιπά ποώδη κτηνοτροφικά φυτά, καθώς και, εφόσον ληφθεί σχετική απόφαση των κρατών μελών, γη που προσφέρεται για βοσκή και εντάσσεται σε καθιερωμένες τοπικές πρακτικές όπου τα αγρωστώδη και λοιπά ποώδη κτηνοτροφικά φυτά παραδοσιακά δεν επικρατούν στις εκτάσεις βοσκής.
4. Να γίνει πιθανή κατηγοριοποίηση των βοσκοτόπων ανάλογα με τη δυναμικότητα τους με επίπτωση στην αξία των δικαιωμάτων.
5. Να γίνει διοικητική πράξη για την κατανομή – διανομή των βοσκοτόπων στους γεωργούς ώστε να μπορούν να ενεργοποιήσουν τα δικαιώματά τους και να αναλάβουν δεσμεύσεις Αγροτικής Ανάπτυξης.
6. Να γίνει σχεδιασμός μέτρων αγροτικής ανάπτυξης για τη διαχείριση - βελτίωση των εκτάσεων βοσκοτόπων.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ - ΦΥΣΙΚΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

3.1 Περιγραφή των δεδομένων – Δορυφόροι Landsat

Για την επίτευξη του στόχου της συγκεκριμένης μελέτης χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα των πολυφασματικών αισθητήρων Landsat 5 TM και Landsat 8 OLI. Οι εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν είναι ημερομηνίας 24 Ιουλίου 2009 (Εικόνα 2) και 9 Ιουλίου 2015 (Εικόνα 3) αντίστοιχα. Ο διαδικτυακός χώρος Gloniv του Αμερικάνικου Γεωλογικού Ινστιτούτου U.S.G.S. (United States Geological Survey) παρέχει τη δυνατότητα να αποκτηθούν εικόνες των αισθητήρων Landsat TM και OLI σε συγκεκριμένες ημερομηνίες ανάλογα με τους εκάστοτε στόχους που έχουν οι χρήστες.



Εικόνα 4. Landsat 5 TM 2009.

Εικόνα 5. Landsat 8 OLI 2015.

Το πρόγραμμα Landsat είναι η μεγαλύτερη επιχείρηση σε ισχύ για την απόκτηση δορυφορικών εικόνων της Γης. Στην αρχή ονομαζόταν Δορυφόρος Τεχνολογίας των

Πόρων της Γης και εκτοξεύτηκε στις 23 Ιουλίου του 1973. Έπειτα ο δορυφόρος αυτός μετονομάστηκε σε Landsat (WWW2). Τα όργανα των δορυφόρων Landsat έχουν αποκτήσει εκατομμύρια εικόνες. Οι εικόνες είναι αρχειοθετημένες στα Ηνωμένα Έθνη και στους σταθμούς λήψης Landsat σε όλο τον κόσμο. Είναι μοναδική πηγή για την έρευνα παγκόσμιας αλλαγής και για εφαρμογές στην γεωπονία, χαρτογραφία, γεωλογία, δασολογία, χωρικού σχεδιασμού, παρακολούθησης και εκπαίδευσης (WWW3).

Οι δορυφόρος **Landsat 5** αποτελεί δορυφόρο δεύτερης γενιάς. Το ύψος τροχιάς τους βρίσκεται στα 705 km. Η τροχιά του είναι κυκλική, ηλιοσύγχρονη και σχεδόν πολική. Οι δορυφόρος αυτός περνά από τον Ισημερινό στις 9:45 π.μ. τοπική ώρα. Κάθε πλήρης τροχιά διαρκεί 99min περίπου, δηλαδή πραγματοποιεί 14,5 περιστροφές γύρω από τη Γη την ημέρα και επαναλαμβάνουν την σάρωση του ίδιου σημείου κάθε 16 ημέρες (WWW3).

Ο Landsat 5 μεταφέρει το όργανο καταγραφής **TM (Thematic Mapper)** ο οποίος αποτελεί έναν πολυφασματικό γραμμικό σαρωτή σαν τον MSS (MultiSpectral Scanner), αλλά με σημαντικές βελτιώσεις. Ο αισθητήρας του TM καταγράφει 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. Ο Landsat 5 έφερε και τον μηχανισμό του Πολυφασματικού Σαρωτή (WWW3). Ο Πολυφασματικός Σαρωτής έκλεισε το 1995, αλλά επανενεργοποιήθηκε πάλι το 2012 (WWW4).



Εικόνα 6. Ο δορυφόρος Landsat 5 (WWW4).

Ο δορυφόρος **Landsat 8** παρέχει εικόνες ανάλυσης, 15 ως 100 μέτρων από την επιφάνεια της γης και τις περιοχών των πόλων, και λειτουργεί στο ορατό, εγγύς υπέρυθρο, βραχέων υπέρυθρων κυμάτων, και θερμικών υπέρυθρων φασμάτων. Ο Landsat 8 συλλαμβάνει πάνω από 700 σκηνές την ημέρα, που είναι περισσότερες από τις 250 σκηνές την ημέρα του Landsat 7 (WWW4).

Ο Landsat 8 μεταφέρει δύο όργανα καταγραφής: α) το Operational Land Imager (OLI) και β) 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. Οι αισθητήρες

OLI και TIRS παρέχουν βελτιωμένο σήμα στην απόδοση του ραδιομετρικού θορύβου, ενεργοποιώντας την 12-bit κβαντοποίηση των δεδομένων, επιτρέποντας έτσι περισσότερα bits για τον καλύτερο χαρακτηρισμό της κάλυψης γης (WWW4).



Εικόνα 7. Ο δορυφόρος Landsat 8 (WWW4).

3.2 Περιοχή μελέτης

Η περιοχή που επιλέχθηκε να μελετηθεί εμφανίζει μεγάλο ενδιαφέρον καθώς πρόκειται για την Περιφερειακή Ενότητα της Βοιωτίας, η οποία καταλαμβάνει μεγάλες εκτάσεις λιβαδιών και βοσκοτόπων και ο κλάδος της κτηνοτροφίας συμβάλλει στην οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Στην περιοχή αναζητήθηκαν χρήσιμα συμπεράσματα για τις χρήσεις - κάλυψη γης που αφορούν την βλάστηση, τα οποία μπορεί να είναι χρήσιμα για τις υπηρεσίες που μπορεί να προσφέρει το οικοσύστημα της Βοιωτίας, όπως ο εντοπισμός ιδανικών εκτάσεων για λιβαδοπονικούς σκοπούς και την βόσκηση.

3.2.1 Περιφερειακή Ενότητα Βοιωτίας

Τα σύνορα της Περιφερειακής Ενότητας Βοιωτίας είναι: βόρεια με την Περιφερειακή ενότητα Φθιώτιδας, δυτικά με την Περιφερειακή Ενότητα Φωκίδας, νότια βρέχεται από τον Κορινθιακό κόλπο και συνορεύει με την Αττική και ανατολικά βρέχεται από τον Ευβοϊκό κόλπο. Η έκταση που καλύπτει είναι 2.952 τ.χλμ. και σύμφωνα με τα προσωρινά στοιχεία της απογραφής του 2011 έχει συνολικό πληθυσμό 117.730. Έχει πρωτεύουσα την Λιβαδειά, ενώ αναλυτικά οι Δήμοι της Περιφερειακής Ενότητας σύμφωνα με τη διοικητική διαίρεση που προέκυψε από την 1η Ιανουαρίου 2011 που τέθηκε σε ισχύ το Πρόγραμμα Καλλικράτης έχουν ως ακολούθως:

1. Δήμος Τανάγρας με έδρα το Σχηματάρι αποτελούμενος από τους πρώην δήμους α. Σχηματαρίου β. Οινοφύτων γ. Τανάγρας και δ. Δερβενοχωρίων.
2. Δήμος Θηβαίων με έδρα τη Θήβα αποτελούμενος από τους πρώην δήμους α. Θηβαίων β. Θίσβης γ. Βαγίων δ. Πλαταιών.
3. Δήμος Αλιάρτου με έδρα την Αλιάρτο αποτελούμενος από τους πρώην δήμους α. Αλιάρτου β. Θεσπιέων.
4. Δήμος Ορχομενού με έδρα τον Ορχομενό αποτελούμενος από τους πρώην δήμους α. Ορχομενού β. Ακραιφνίας.
5. Δήμος Λεβαδέων με έδρα τη Λιβαδειά αποτελούμενος από τους πρώην δήμους α. Λεβαδέων β. Χαιρωνείας γ. Δαύλειας δ. Κορώνειας και την κοινότητα Κυριακίου.
6. Δήμος Διστόμου - Αράχοβας - Αντίκυρας με έδρα το Δίστομο αποτελούμενος από τους πρώην δήμους α. Αραχόβης β. Διστόμου και την κοινότητα Αντίκυρας.
(WWW6)

3.2.2 Διοικητική διαίρεση.

Παρακάτω εμφανίζεται ένας χάρτης με την διοικητική διαίρεση των δήμων της Βοιωτίας:



Εικόνα 8. Διοικητική διαίρεση Βοιωτίας. (WWW8).

3.2.3 Δημογραφία

Όπως προαναφέρθηκε η Περιφερειακή Ενότητα Βοιωτίας έχει πληθυσμό 117.730 κατοίκους σύμφωνα με την ελληνική απογραφή του 2011. Η πυκνότητα του πληθυσμού είναι 39,89 κάτοικοι ανά τ.χλμ., σε σχέση με το μέσο όρο της Ελλάδας όπου είναι 81,75 κάτοικοι ανά τ.χλμ..

Ο μεγαλύτερος δήμος είναι της Θήβας, αν και πρωτεύουσα της περιφερειακής ενότητας είναι η Λιβαδειά. (WWW7).

Πίνακας 1. Οι μεγαλύτερες πόλεις ή περιοχές της Βοιωτίας με τον πληθυσμό τους. (WWW7).

Μεγαλύτερες πόλεις ή περιοχές της Βοιωτίας. Απογραφή πληθυσμού από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (2011).			
Κατάταξη	Όνομα	Δήμος	Πληθ.
1	Θήβα	Θηβαίων	22.883
2	Λιβαδειά	Λεβαδέων	21.379
3	Ορχομενός	Ορχομενού	5.238
4	Αλιάρτος	Αλιάρτου	4.402
5	Σχηματάρι	Τανάγρας	4.035
6	Βάγια	Θηβαίων	3.248
7	Οινόφυτα	Τανάγρας	2.927
8	Πλάκα Δήλεσι	Τανάγρας	2.696
9	Αράχωβα	Διστόμου	2.657
10	Κυριάκι	Λεβαδέων	2.185
11	Δήλεσι	Τανάγρας	1.976
12	Μαυρομμάτι	Αλιάρτου	1.847
13	Καπαρέλλι	Θηβαίων	1.756
14	Άγιος Γεώργιος	Λεβαδέων	1.693
15	Δίστομο	Διστόμου	1.589
16	Άσπρα Σπίτια	Διστόμου	1.578
17	Αντίκυρα	Διστόμου	1.448
18	Άγιος Θωμάς	Τανάγρας	1.292
19	Δαύλεια	Λεβαδέων	1.232
20	Παύλος	Ορχομενού	1.186

3.2.4 Οικονομία

Η Βοιωτία παρουσιάζει το έβδομο υψηλότερο ΑΕΠ στην Ελλάδα, σύμφωνα με στοιχεία του 2006 καθώς παράγει το 2% του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος. Τα τελευταία χρόνια δεν παρουσιάζει κάποια ιδιαίτερη μεταβολή. Στη μεταποίηση αναλογεί το 57% του προϊόντος της περιφερειακής ενότητας, που την καθιστά πρώτη στη χώρα, και παράγεται το 13% της συνολικής μεταποιητικής παραγωγής που την κατατάσσει τρίτη μεγαλύτερη. Το κατά κεφαλήν ΑΕΠ της Βοιωτίας ανέρχεται στα 34,3 χιλ. ευρώ, 78% υψηλότερο του μέσου όρου της Ελλάδας και 145% του μέσου όρου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εξαιτίας της μεγάλης συγκέντρωσης βιομηχανιών στην περιοχή. (WWW9). Η οικονομία της βασίζεται κυρίως στον πρωτογενή και δευτερογενή τομέα παραγωγής και λιγότερο στον τριτογενή. (Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Σ.Μ.Π.Ε.) επί του ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ 2014 – 2020)).

3.2.5 Γεωργία και εξορύξεις

Η Βοιωτία έχει αξιόλογο ποσοστό πεδινών καλλιεργούμενων εκτάσεων κυρίως τις πεδιάδες της Κωπαΐδας και της Θήβας. Αυτό την καθιστά μια από τις πλουσιότερες και πιο εύφορες αγροτικές περιοχές της Ελλάδας. Επίσης, σημαντικός παράγοντας της γεωργικής της σημασίας είναι ότι βρίσκεται σε μικρή απόσταση από την πρωτεύουσα, που είναι το μεγαλύτερο καταναλωτικό κέντρο της χώρας. Η αποξήρανση της λίμνης της Κωπαΐδας από αγγλική εταιρεία την περίοδο 1880 έως 1930 οδήγησε στην ανάπτυξη της γεωργίας και στην αύξηση του εισοδήματος των κατοίκων της περιοχής.

Πρωτεύοντα προϊόντα παραγωγής είναι το βαμβάκι, η τομάτα, η πατάτα, ο καπνός, οι ελιές, το μέλι, τα σιτηρά, το κριθάρι, το καλαμπόκι, οι ξηροί καρποί, τα όσπρια, τα κηπευτικά, τα λαχανικά, τα φρούτα και τα κτηνοτροφικά προϊόντα (WWW10). Η Βοιωτία κατατάσσεται τρίτη στην χώρα στην παραγωγή τομάτας με 10% της παραγωγής της και τρίτη στην παραγωγή βαμβακιού με 9% σύμφωνα με στοιχεία του 2006 (WWW9). Οι μεγάλες πόλεις της είναι κέντρα εμπορίου και επεξεργασίας αγροτικών προϊόντων.

Τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί η βιομηχανική ανάπτυξη της Βοιωτίας λόγω της μεγάλης γεωργικής παραγωγής της περιφερειακής ενότητας, την μικρή απόστασή της από την Αθήνα, καθώς και την ύπαρξη μεγάλων κοιτασμάτων βωξίτη. Αρκετή ανάπτυξη έχει παρουσιαστεί και στις εξορύξεις. Στην περιφερειακή ενότητα και κυρίως στο Δίστομο υπάρχουν τα σημαντικότερα κοιτάσματα βωξίτη όλης της χώρας. Άλλα μεταλλεύματα είναι τα νικελιούχα σιδηρομεταλλεύματα στον Άγιο Ιωάννη και τα χρωμιούχα σιδηρομεταλλεύματα στο Λούτσι, κοντά στο χωριό Παύλος. Στην Παραλία Διστόμου υπάρχει το Αλουμίνιο της Ελλάδος το μοναδικό εργοστάσιο της Ελλάδας που παράγει αλουμίνα και αλουμίνιο. Επίσης υπάρχουν και σημαντικές βιομηχανίες στους τομείς ειδών διατροφής, υφαντικών, τσιμέντου και άλλων (WWW10).

3.2.6 Κτηνοτροφία

Ο κλάδος της κτηνοτροφίας συμβάλλει στην οικονομική ανάπτυξη της Περιφερειακής Ενότητας Βοιωτίας, κυρίως με την ενσταβλισμένη κτηνοτροφία η οποία αφορά κυρίως βοοειδή (σταβλισμένα- γαλακτοπαραγωγής και αγελαίας μορφής) η οποία αναπτύσσεται σε περιοχές της Ν.Α. Βοιωτίας. Στα πλαίσια του τομέα της κτηνοτροφίας αξιοσημείωτη είναι και η άσκηση της αιγοπροβατοτροφίας, χοιροτροφίας, ορνιθοτροφία (κρεατοπαραγωγής ή πάχυνσης και αυγοπαραγωγής) αλλά και της μελισσοκομίας.

3.2.7 Γεωγραφικά στοιχεία – Μορφολογία

Τυπικό γνώρισμα της Βοιωτίας είναι ότι συνορεύει άμεσα με την Π.Ε. της Αττικής και την Αθήνα, διαθέτει πληθώρα εκτάσεων γεωργικής γης υψηλής παραγωγικότητας, ορεινούς όγκους ιδιαίτερης ομορφιάς, άφθονα επιφανειακά και υπόγεια νερά, βρέχεται από τις δυο πλευρές της από θάλασσα, διαθέτει ορυκτό πλούτο προς εξόρυξη και αξιοποίηση, πολυάριθμες βιομηχανικές μονάδες, διασχίζεται από κεντρικά δίκτυα μεταφοράς (ΠΑΘΕ15 - Σιδηρόδρομος), και διαθέτει δίκτυο φυσικού αερίου. (Πηγή Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Σ.Μ.Π.Ε.) επί του ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ 2014 – 2020)).

Η περιοχή της Βοιωτίας είναι κατά κύριο λόγο πεδινή ενώ, η ορεινή της έκταση είναι πολύ μικρή. Αναλυτικά η κατανομή του εδάφους στις κατηγορίες που καθορίζει η ΕΣΥΕ έχει ως εξής: 40% πεδινό, 38% ημιορεινό και 22% ορεινό.

Η μορφολογία της περιοχής παρουσιάζει ιδιαίτερο κάλλος. Οι μεγαλύτερες **πεδιάδες** της είναι της Θήβας, της Χαιρώνειας και της Κωπαΐδας (που σχηματίστηκε ύστερα από την αποξήρανση της ομώνυμης λίμνης). Οι πεδιάδες αυτές βρέχονται από μικρούς **ποταμούς** και χειμάρρους, κυριότεροι από τους οποίους είναι ο Ασωπός και ο Βοιωτικός Κηφισός και ο Λιβαδόστρας. Ο Ασωπός βρίσκεται στα δυτικά του νομού, πηγάζει από τον Κιθαιρώνα και χύνεται στον Ευβοϊκό κόλπο. Ο Βοιωτικός Κηφισός χύνεται στην Υλίκη λίμνη, και ο Λιβαδόστρας στον Κορινθιακό κόλπο. Μικρότεροι ποταμοί είναι οι **παραπόταμοι** του Κηφισού, Μόρνος και Μέλας.

Με μια διαφορετική ματιά, η Βοιωτία (που από την άποψη της μορφολογίας του εδάφους λέγεται Βοιωτική λεκάνη) θα μπορούσε να χωριστεί σε τρεις μεγάλες περιοχές:

- Η **πεδιάδα της Λιβαδειάς**. Αυτή περιβάλλεται από βουνά που είναι το Καλλίδρομο (Δομοκός), ο Παρνασσός, ο Ελικώνας και ο Κιθαιρώνας. Στην περιοχή αυτή κατέληγε ο Βοιωτικός Κηφισός, ο μεγαλύτερος ποταμός της Αν. Στερεάς, που πλημμύριζε τμήμα της περιοχής και σχημάτιζε τη λίμνη Κωπαΐδα, επειδή δεν εύρισκε διέξοδο για τη θάλασσα. Κατασκευάστηκε όμως μια σήραγγα που διοχετεύει τα νερά του στη λίμνη Υλίκη και από εκεί, μέσω της Παραλίμνης, στη θάλασσα. Με την αποξήρανση αυτή η **Κωπαΐδα** έγινε μια από τις πιο εύφορες περιοχές της Ελλάδας. Η καλλιέργειά της γίνεται με σύγχρονα μέσα καλλιέργειας και παράγονται βαμβάκι, σιτηρά και κατά ένα μικρό μέρος καπνό.

Το κλίμα της πεδιάδας της Λιβαδειάς και γενικότερα της περιοχής που διασχίζει ο Κηφισός είναι ηπειρωτικό. Το χειμώνα είναι συνηθισμένο φαινόμενο το πολύ κρύο και το χιόνι, γι' αυτό και στην περιοχή αυτή δεν ευδοκίμει η ελιά. Οι βροχές είναι αρκετές, γιατί τα βουνά και κυρίως ο Παρνασσός συγκεντρώνουν πολλά σύννεφα. Το ετήσιο ύψος βροχής φτάνει τα 739 χιλιοστά.

- Η **κοιλιάδα του Βοιωτικού Κηφισού**. Η περιοχή ανήκει διοικητικά στην Π.Ε. Φωκίδας, αλλά επειδή παρουσιάζει σύνδεση με τη Βοιωτική λεκάνη αξίζει να

αναφερθεί. Νότια της κοιλάδας υψώνεται ο Παρνασσός και βόρεια τα χαμηλά βουνά της Αταλάντης. Η κοιλάδα αυτή αποτελεί τη μόνη φυσική διάβαση στις βόρειες περιοχές της Βοιωτίας, με μοναδικό εμπόδιο στο βορειότερο άκρο της, τη συνάντηση των βουνών Καλλίδρομο και Οίτη, όπου σχηματίζεται ένα δύσβατο γεωγραφικό τείχος. Στο σημείο αυτό έχει κατασκευαστεί η μεγάλη σήραγγα του Μπράλλου (μήκους 2.110 μ.).

- Η **πεδιάδα της ανατολικής Βοιωτίας**. Ανατολικά του Ελικώνα και βόρεια του Κιθαιρώνα και της Πάρνηθας βρίσκονται η **πεδιάδα των Θηβών** και η **πεδιάδα της Τανάγρας**. Η πρώτη αρχίζει λίγο ανατολικότερα της Κωπαΐδας και η δεύτερη είναι ανοιχτή προς τη θάλασσα και την διασχίζει ο ποταμός Βοιωτικός Ασωπός. Είναι πολύ εύφορες και εκεί καλλιεργούνται κυρίως δημητριακά και αμπέλια. Στο μέρος αυτό ευδοκμεί και η ελιά, σε αντίθεση με την πεδιάδα της Λιβαδειάς, γιατί εδώ το κλίμα δεν είναι τόσο ψυχρό, επειδή η πεδιάδα αυτή είναι ανοιχτή προς τη θάλασσα.

Στην Περιφερειακή Ενότητα υπάρχουν δυο **λίμνες**, η Υλική και η Παραλίμνη, οι οποίες τροφοδοτούν με τα νερά τους τη λίμνη του Μαραθώνα.

Τα λεκανοπέδια της Βοιωτίας περικλείονται από τα **βουνά**: Ελικώνα (με ψηλότερη κορυφή την Παλιοβούνα, 1.748 μ.), Κιθαιρώνα (1.409 μ.), Παρνασσό (2.400 μ.), Νεραϊδολάκκωμα (1.678 μ.), Μασσάπιο (1.201 μ.) και Χλωμό (1.081 μ.).

Το **κλίμα** της Βοιωτίας είναι ηπειρωτικό με κρύους χειμώνες και θερμά καλοκαίρια. Η μέση θερμοκρασία είναι 16-18οC και το μέσο ύψος των βροχών 500-600 χλστ. (WWW12).

4. ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΛΙΒΑΔΙΚΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Οι υπηρεσίες του οικοσυστήματος είναι μια αναδυόμενη έννοια που φτάνει στο σημείο να είναι σημαντικός τομέας έρευνας στην οικολογία. Οι χωρικά ρητές αξίες υπηρεσιών οικοσυστήματος είναι σημαντικές για την διαχείριση των υπηρεσιών οικοσυστήματος. Ωστόσο, είναι δύσκολη η ποσοτικοποίηση των υπηρεσιών οικοσυστήματος. Η τηλεπισκόπηση παρέχει εικόνες που καλύπτουν την επιφάνεια της γης, οι οποίες από τη φύση τους είναι χωρικά ρητές. Επομένως, η τηλεπισκόπηση μπορεί να είναι χρήσιμη για την ποσοτικοποίηση της αξιολόγησης των υπηρεσιών οικοσυστήματος. (Xiaoming Feng et al., 2010).

Το κλειδί για την ανάπτυξη υπηρεσιών οικοσυστήματος είναι η οικολογική παρακολούθηση. Σε μια εποχή όπου παγκοσμίως αυξάνουν οι απαιτήσεις για αλλαγή του τρόπου ζωής, είναι ουσιαστική η γνώση του ποσοστού κάλυψης και των χρήσεων γης.

Όσο αφορά το γεωργικό και δασικό τομέα με τη χρήση των σύγχρονων τεχνολογιών της δορυφορικής τηλεπισκόπησης και των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών υπάρχει σήμερα η δυνατότητα χαρτογράφησης των εδαφικών πόρων και των δασικών οικοσυστημάτων (Συλλαίος και Συνεργάτες, 2007), τα οποία αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη των υπηρεσιών του οικοσυστήματος.

Τα λιβάδια είναι ο μεγαλύτερος σε έκταση χερσαίος φυσικός πόρος της γης (Williams et. al., 1968) και η σημασία των εκτάσεων αυτών στη παραγωγή ζωικών προϊόντων είναι τεράστια (Box and Perry 1971, Hodgson 1972).

Η σημασία των λιβαδιών και των θαμνότοπων – θαμνολίβαδων για την εθνική οικονομία είναι πολλαπλή.

Σύμφωνα με τους Παπαναστάση και Νοιτσάκη (1992), παράγουν βοσκήσιμη ύλη, η οποία αποτελεί κύρια τροφή των αιγοπροβάτων και των βοοειδών καθώς και αποκλειστική τροφή για τα παντός είδους άγρια ζώα που βόσκουν σε αυτές τις εκτάσεις. Τα προϊόντα κτηνοτροφικών ζώων είναι ιδιαίτερα πολύτιμα για τη χώρα μας, η οποία είναι ελλειμματική τόσο σε κρέας τόσο και σε γάλα. Αποτέλεσμα αυτών των ελλειμμάτων είναι να δαπανώνται κάθε χρόνο μεγάλα ποσά συναλλάγματος, προκειμένου να εισαχθούν οι απαραίτητες ποσότητες από το εξωτερικό.

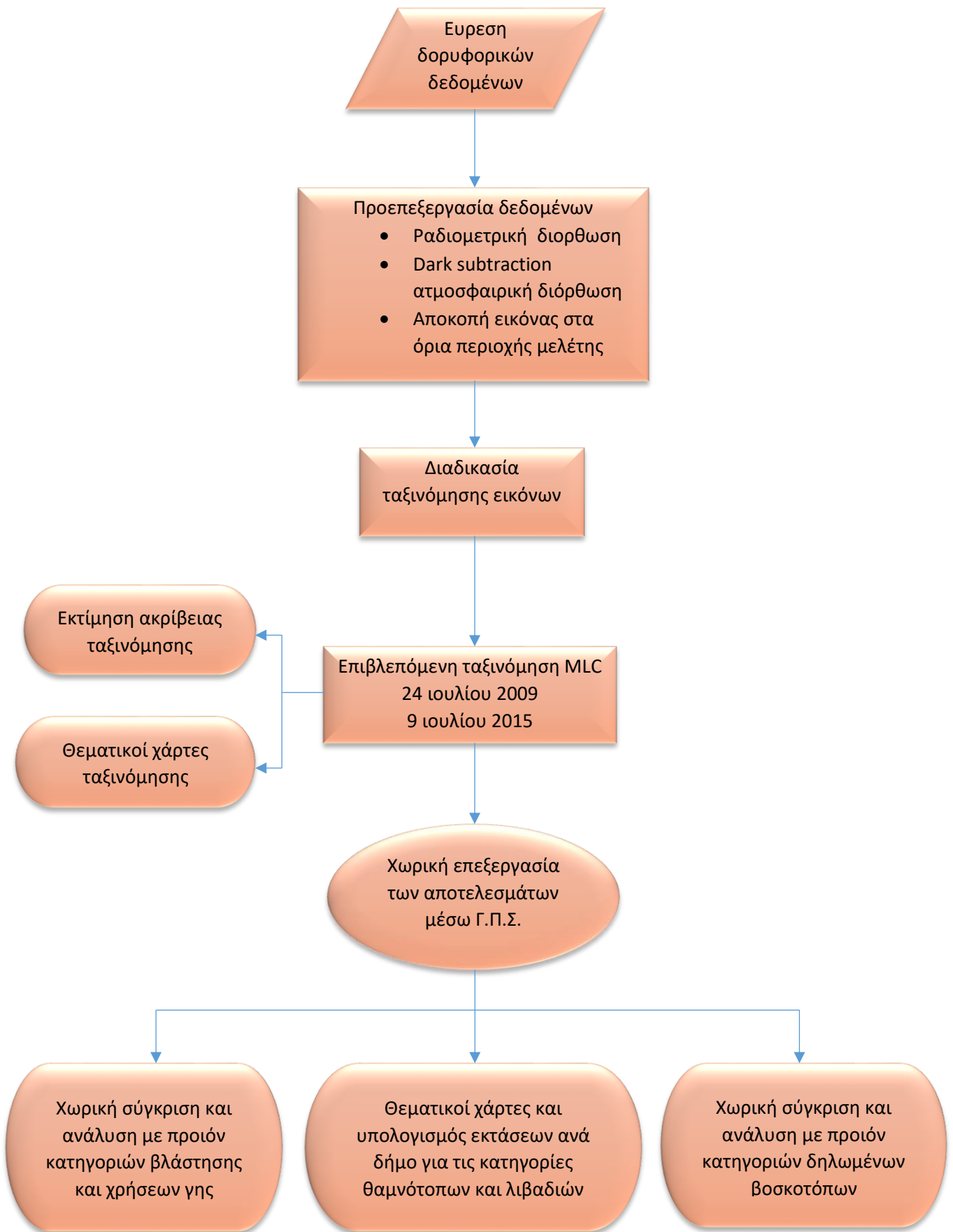
Τα λιβάδια και τα θαμνολίβαδα συμβάλλουν στην παραγωγή κόκκινου κρέατος και γάλακτος από τα μηρυκαστικά ζώα. (Παπαναστάσης και Πήττας, 1984). Η συμβολή των λιβαδικών εκτάσεων στην κτηνοτροφική οικονομία εκτιμάται ότι δύναται να ανέβει σε πολύ μεγάλα επίπεδα, και να αυξηθεί ακόμα περισσότερο ύστερα από βελτίωση και ορθολογική διαχείριση των εκτάσεων αυτών. (Λιάκος 1968, Νάσσης 1984). Μια πρόταση είναι να ληφθεί υπόψη ότι η μορφή της κτηνοτροφίας που στηρίζεται στα λιβάδια είναι η ποιμενική, η οποία αποτελεί βασική απασχόληση μέρους του πληθυσμού των ορεινών περιοχών της Ελλάδας. Ο ρόλος του φυσικού αυτού πόρου δεν έγκειται μόνο στην παραγωγή ζωικών προϊόντων, αλλά και στην εξασφάλιση εισοδήματος στους κατοίκους των κατά τεκμήριον ορεινών και προβληματικών περιοχών, πράγμα που αποτελεί προϋπόθεση για την αναζωογόνηση της υπαίθρου και την περιφερειακή ανάπτυξη. (Παπαναστάσης και Νοιτσάκης, 1992). Πέρα από την κτηνοτροφία, οι λιβαδικές εκτάσεις μπορούν να συμβάλλουν και στην θηραματική οικονομία. Πολλά από τα θηράματα για τα οποία ενδιαφέρονται οι κυνηγοί, τρέφονται και ζουν κυρίως στις εκτάσεις αυτές. Αν και το κυνήγι αποτελεί μορφή αναψυχής, επηρεάζει πολλές φάσεις τις οικονομίας, όπως αγοραπωλησίες ειδών κυνηγιού και μεταφορικά μέσα και προσφέρουν εισόδημα σε πολλούς ανθρώπους οι οποίοι κατά κανόνα κατοικούν στον ορεινό χώρο. (Παπαγεωργίου, 1982).

Οι λιβαδικές εκτάσεις παράγουν, επίσης, νερό γιατί αποτελούν υδρολογικές λεκάνες χειμάρρων και ποταμών. Η συμβολή αυτή είναι πολύ σπουδαία επειδή το νερό είναι πολύτιμο αγαθό, τόσο για την ύδρευση των οικισμών, όσο και για την άρδευση των γεωργικών εκτάσεων. Η αξία του νερού που παράγεται στα λιβάδια είναι πολύ μεγάλη. (Λιάκος, 1968).

Τέλος, εξασφαλίζουν μια σειρά έμμεσων αγαθών και υπηρεσιών που, αν και η χρηματική τους αξία είναι άγνωστη η σημασία για την εθνική οικονομία είναι γνωστή και σπουδαία. Η αποτροπή της διάβρωσης του εδάφους στον ορεινό χώρο της Βοιωτίας με όλες τις ευεργετικές επιπτώσεις που έχει η προσφορά αυτή των λιβαδικών οικοσυστημάτων στην προστασία των έργων πολιτισμού στις πεδιάδες όπως αρδευτικά έργα, οικισμοί και οδικό δίκτυο, καθώς επίσης η υπαίθρια αναψυχή και η παροχή του οξυγόνου που αποτελεί πολύτιμο αγαθό. (Παπαναστάσης και Νοιτσάκης, 1992)

5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθεται η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε με όλες τις επεξεργασίες και τις τεχνικές που εφαρμόστηκαν. Ακολουθεί η επαλήθευση της ορθότητας των μεθόδων και πως αυτή εφαρμόστηκε. Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά τα βήματα της μελέτης σε ένα διάγραμμα ροής εργασιών:



Εικόνα 9. Σχηματικό διάγραμμα της διαδικασίας που εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία.

5.1 Προεπεξεργασία των δεδομένων.

Χρησιμοποιήθηκαν 2 εικόνες Landsat, η πρώτη είναι η «LT51830332009205MOR00» από αισθητήρα Thematic Mapper της πλατφόρμας δορυφόρου Landsat 5, ημερομηνίας 2009-07-24 και η δεύτερη «LC81830332015190LGN00» του 2015 από αισθητήρα OLI_TIRS της πλατφόρμας δορυφόρου Landsat 8 και ημερομηνίας 2015-07-09. Και οι δυο εικόνες ήταν ήδη γεωμετρικά διορθωμένες. Οι 2 εικόνες προέρχονται από τον ιστότοπο <http://glovis.usgs.gov/> (WWW13) του Αμερικάνικου Γεωλογικού Ινστιτούτου U.S.G.S. (United States Geological Survey). Η λήψη των εικόνων έπρεπε να είναι χρονικά ίδια έτσι ώστε να υπάρχει ταύτιση στην εποχική βλάστηση. Επιπλέον οι επιλεγμένες εικόνες θα έπρεπε για την περιοχή μελέτης να είναι διαυγείς, χωρίς νεφοκάλυψη ώστε να ελαχιστοποιηθούν τα σφάλματα στην ψηφιακή ανάλυση.

Για την εικόνα του Landsat 5 TM οι μπάντες που επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν στην μελέτη είναι οι 1-5 και η 7 ενώ για την εικόνα του Landsat 8 OLI είναι οι 1-7. Στην πρώτη εικόνα εξαιρέθηκε η μπάντα 6 του θερμικού υπέρυθρου που αφορά την θερμοκρασία της επιφάνειας της γης και στην δεύτερη εικόνα εξαιρέθηκαν η μπάντα 8 που είναι πανχρωματική, η 9 της υπερμπλε που είναι χρήσιμη για παράκτιες μελέτες και μελέτες αεροζολ, καθώς και οι 9 και 10 του θερμικού υπέρυθρου που είναι χρήσιμες στο να παρέχει ακριβείς θερμοκρασίες της επιφάνειας της γης. Αυτές δεν χρησιμοποιήθηκαν γιατί δεν ήταν χρήσιμες για την συγκεκριμένη μελέτη. 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. Αυτά τα αρχεία των εικόνων φορτώθηκαν στο λογισμικό και πραγματοποιήθηκε η επεξεργασία. Για την εισαγωγή, την ανάλυση και την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν το λογισμικό επεξεργασίας δορυφορικών δεδομένων ENVI 5.2. Στην παρούσα εργασία έγινε αποκοπή της περιοχής της Περιφερειακής Ενότητας Βοιωτίας από τις αρχικές δορυφορικές εικόνες. Για κάθε μία εικόνα δημιουργήθηκε μια «μάσκα» της Π.Ε. Βοιωτίας με το διανυσματικό αρχείο της περιοχής που αποκτήθηκε από το <http://geodata.gov.gr/geodata/> (WWW14). Το προβολικό σύστημα των εικόνων Landsat είναι σε WGS 1984 UTM Zone 34 και του

διανυσματικού αρχείου της Π.Ε. Βοιωτίας στο Ελληνικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς 1987. Δεν χρειάστηκε να γίνει μετατροπή των συντεταγμένων γιατί η έκδοση ENVI 5.2 αυτόματα τα μετατρέπει από μόνο του στο ίδιο προβολικό σύστημα. Υστερα έγινε αποκοπή της μάσκας από τις αρχικές εικόνες, ώστε να δημιουργηθούν 2 εικόνες στα όρια της Βοιωτίας. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ραδιομετρική και ατμοσφαιρική διόρθωση. Η διαδικασίες αυτές ολοκληρώθηκαν στο λογισμικό από το βασικό μενού επιλογών.

5.1.1 Εφαρμογή ραδιομετρικής διόρθωσης

Σύμφωνα με τους Συλλαίο και Γήτα (2007) οι **ραδιομετρικές διορθώσεις** εφαρμόζονται για την απαλοιφή των θορύβων που οφείλονται σε παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν την πιστότητα της καταγραφής, όπως για παράδειγμα,

- απάλειψη γραμμών σάρωσης
- θολότητα εικόνας
- ύπαρξη τυχαίων θορύβων

Οι παράγοντες που εξαρτάται η ευαισθησία του δέκτη του πολυφασματικού συστήματος είναι οι εξής: Οι συνθήκες φωτισμού του αντικειμένου (γωνία πρόσπτωσης ηλιακών ακτινών, Albedo), τα χαρακτηριστικά του αντικειμένου, ο χρόνος καταγραφής, η ατμοσφαιρική απορρόφηση και τα φαινόμενα της σκέδασης (διασκόρπιση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από αιωρούμενα στην ατμόσφαιρα σωματίδια). Τα σφάλματα αυτά είναι πιθανό να οδηγήσουν στην απάλειψη γραμμών ή τμημάτων γραμμών σάρωσης ή και μεμονωμένων εικονοστοιχείων στις αρχικές μαγνητοταινίες.

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

Στις δορυφορικές εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν έγινε η μετατροπή των Digital Numbers (DNs) σε ανάκλαση – top of the atmosphere reflectance (TOA).

Γίνεται αναφορά για το τι είναι DN και στην συνέχεια πως έγινε η διαδικασία της ραδιομετρικής διόρθωσης. Εικόνες οι οποίες λαμβάνονται από συστήματα Τηλεανίχνευσης σε μία περιοχή του μήκους κύματος της ηλεκτρομαγνητικής

ακτινοβολίας αποτελούνται από ένα είδος δισδιάστατου πίνακα ψηφιακών αριθμών, γνωστών ως digital numbers (DN). Οι τιμές DN είναι οι τιμές φωτεινότητας κάθε κυψελίδας, που αντιστοιχούν σε τόνους του γκρι. Η ένταση του DN είναι ανάλογη του μεγέθους της εισερχόμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Οι εικόνες που αποτελούνται από δεδομένα που έχουν αποκτηθεί σε πολλαπλά μήκη κύματος είναι πολυδιάστατες και έχουν 1 τιμή DN για κάθε μήκος κύματος. (Πηγή Lillesand, Kiefer, 1999).

Ο αισθητήρας του Landsat Thematic Mapper (TM) αιχμαλωτίζει την ανακλώμενη ηλιακή ενέργεια, μετατρέπει αυτά τα δεδομένα σε ακτινοβολία και μετά ξαναβαθμονομεί αυτά τα δεδομένα σε ένα 8-bit ψηφιακό αριθμό (DN) με ένα εύρος μεταξύ 0 και 255. Με αυτή τη μέθοδο πραγματοποιήθηκε το καλιμπράρισμα της εικόνας Landsat 5 TM του 2009. Μετατράπηκαν τα DNs σε ToA Reflectance χρησιμοποιώντας μια διαδικασία δύο βημάτων. Το πρώτο βήμα ήταν να μετατραπούν τα DNs σε τιμές radiance χρησιμοποιώντας τις τιμές gain and bias στην συγκεκριμένη σκηνή εικόνας. Το δεύτερο βήμα μετέτρεψε τα δεδομένα radiance σε ToA reflectance.

Ο αισθητήρας Landsat 8 OLI είναι περισσότερο ευαίσθητος και τα δεδομένα αυτά είναι ξαναβαθμονομημένα σε 16-bit DNs με ένα εύρος μεταξύ 0 και 65536. Επίσης αυτά τα δεδομένα έχουν μετατραπεί σε reflectance, παρά σε radiance, οπότε πραγματοποιήθηκε μετατροπή των DNs της εικόνας του 2015 σε reflectance σε ένα μόνο βήμα. (WWW15).

Στη συγκεκριμένη μελέτη επιλέχτηκε η αυτοματοποιημένη διαδικασία του λογισμικού ENVI 5.2 επειδή είναι πιο εύκολη και παρέχει ασφαλή και έγκυρα αποτελέσματα.

5.1.2 Εφαρμογή ατμοσφαιρικής διόρθωσης

Η ακτινοβολία φθάνει στη γη με τρεις τρόπους: Ως άμεση ηλιακή ακτινοβολία, ως ηλιακό φως και ως ακτινοβολία που φθάνει στο στόχο μετά από την προηγούμενη απλή ή πολλαπλή αλληλεπίδραση με την επιφάνεια. (Συλλαίος και Γήτας, 2007).

Οι ατμοσφαιρικές διορθώσεις αποτελούν βασικό στάδιο στην προεπεξεργασία των εικόνων για τους εξής λόγους: έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση της επίδρασης της ατμόσφαιρας και κάνουν δυνατή τη σύγκριση διαχρονικών εικόνων, ώστε ο

ερευνητής να είναι σίγουρος ότι οι αλλαγές που παρατηρεί είναι μόνιμες και όχι εποχιακές. (Συλλαίος και Γήτας, 2007).

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της σχετικής ατμοσφαιρικής διόρθωσης «αφαίρεση του σκοτεινότερου εικονοστοιχείου (**dark object subtraction**)».

Στην τεχνική αυτή γίνεται η παραδοχή ότι η πραγματική ελάχιστη DN (Digital Number), για ορισμένες κατηγορίες αντικειμένων, όπως το καθαρό νερό, σε κάθε κανάλι στην πραγματικότητα είναι μηδέν και η διαφορά οφείλεται στην επίδραση της ατμόσφαιρας (Crane 1971, Chavez et al, 1977).

Η μέθοδος **Dark Object Subtraction** χρησιμοποιείται για την αφαίρεση των επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής σκέδασης από μια εικόνα, αφαιρώντας μια τιμή κυψελίδας που αντιπροσωπεύει ένα πλαίσιο υπογραφής από κάθε μπάντα. Η τιμή αυτή μπορεί να είναι η ελάχιστη μπάντα, μια μέση βασισμένη σε μια περιοχή ενδιαφέροντος (ROI), ή μια τιμή που έχουμε ορίσει. Η μέθοδος αυτή αναζητά σε κάθε μπάντα για την πιο σκοτεινή τιμή κυψελίδας. Υποθέτοντας ότι τα σκοτεινά αντικείμενα δεν αντανακλούν φως, οποιαδήποτε τιμή μεγαλύτερη από το μηδέν πρέπει να προκύπτει από την ατμοσφαιρική σκέδαση. Η σκέδαση απομακρύνεται αφαιρώντας αυτή την τιμή από κάθε κυψελίδα στην μπάντα. Αυτή η απλή τεχνική είναι αποτελεσματική για την διόρθωση της θολότητας σε πολυφασματικά δεδομένα, αλλά δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται για υπερφασματικά δεδομένα. (ENVI users guide).

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της ελάχιστης μπάντας, όπου αυτόματα χρησιμοποιήθηκε η ελάχιστη τιμή DN για κάθε φασματική μπάντα.

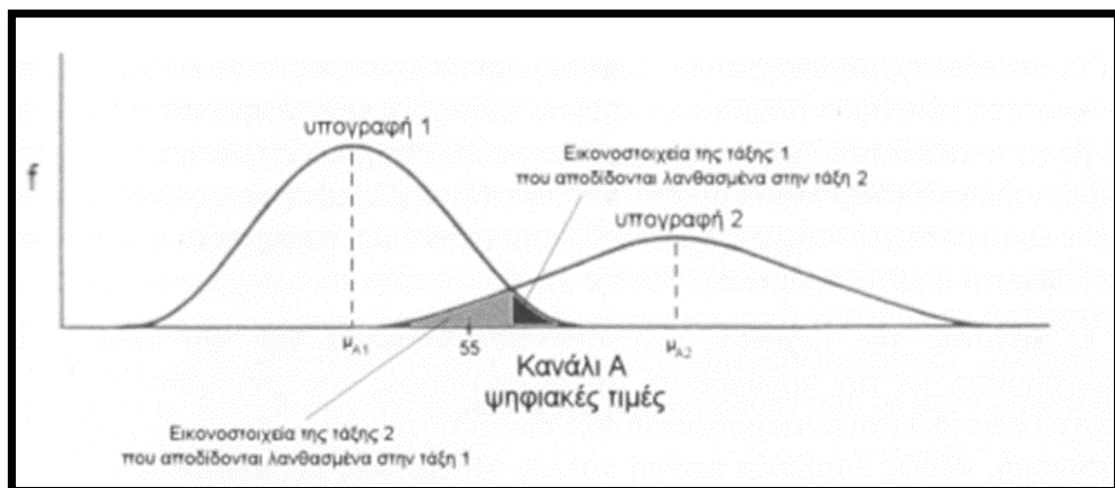
5.2 Εφαρμογή της μεθόδου ταξινόμησης

Η εφαρμογή της ταξινόμησης πραγματοποιήθηκε σε επτά στάδια. Αυτά είναι: Το στάδιο της εκπαίδευσης, το στάδιο της επιλογής της μεθόδου ταξινόμησης, το στάδιο της αξιολόγησης των υπογραφών, το στάδιο της εκτέλεσης του κανόνα ταξινόμησης, το στάδιο της αντιστοίχισης των φασματικών τάξεων σε τάξεις

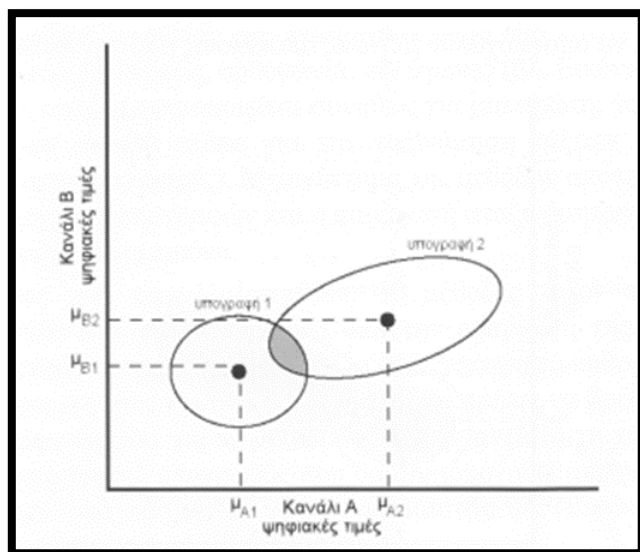
πληροφόρησης, το στάδιο της δημιουργίας χάρτη και συμβόλων και το τελικό στάδιο της αξιολόγησης της ταξινόμησης (Erdas Field Guide, 1999).

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος επιβλεπόμενης ταξινόμησης της «Μέγιστης Πιθανοφάνειας (Maximum likelihood classification)». Σύμφωνα με τους Καρτάλη και Φειδά (2006) «Η μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας (maximum likelihood classification) βασίζεται στην πιθανότητα να ανήκει ένα εικονοστοιχείο σε μια συγκεκριμένη τάξη. Η εξίσωση που χρησιμοποιεί θεωρεί ότι οι πιθανότητες αυτές είναι ίσες για όλες τις τάξεις και ότι τα κανάλια που χρησιμοποιούνται έχουν κανονική κατανομή. Αυτό σημαίνει ότι όταν τα ιστογράμματα των υπογραφών έχουν δυο και τρεις κορυφές τότε η εφαρμογή της μεθόδου αυτής δεν ενδείκνυται».

α)



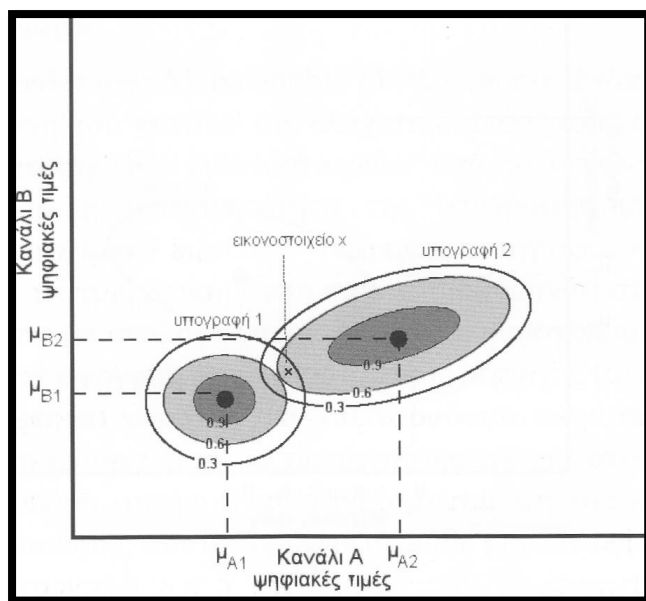
β)



Εικόνα 10. (α) Τα ιστογράμματα δυο φασματικών υπογραφών σε ένα κανάλι A και (β) η αναπαράστασή τους στο διδιάστατο φασματικό χώρο των καναλιών A και B, στα οποία παρουσιάζεται το φαινόμενο της αλληλοεπικάλυψης των υπογραφών. (Καρτάλης και Φειδας, 2006).

«Η μέθοδος αυτή προσπαθεί να επιλύσει το πρόβλημα της αλληλοεπικάλυψης των υπογραφών στο φασματικό χώρο (Εικόνα α). Όπως φαίνεται στην Εικόνα όταν δυο υπογραφές επικαλύπτονται σε μια περιοχή του φασματικού χώρου, τότε τα εικονοστοιχεία της εικόνας που θα βρεθούν στην κοινή περιοχή αλληλοεπικάλυψης μπορούν να αποδοθούν σε λάθος τάξη. Έτσι, το εικονοστοιχείο με ψηφιακή τιμή 55 το κανάλι A μπορεί να ταξινομηθεί λανθασμένα στην τάξη 2, ανάλογα με τον κανόνα ταξινόμησης που εφαρμόζεται. Το πρόβλημα αυτό είναι δυνατόν να επιλυθεί με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας, αποδίδοντας σε κάθε εικονοστοιχείο μια πιθανότητα να ανήκει σε μια από τις δυο τάξεις. Η πιθανότητα αυτή υπολογίζεται με βάση τα στατιστικά χαρακτηριστικά της κάθε υπογραφής (μέση τιμή και πίνακας συμμεταβλητότητας) και λαμβάνει υπόψη τη μεταβλητότητα της κάθε υπογραφής. Κάθε εικονοστοιχείο της εικόνας αποδίδεται στην τάξη στην οποία η πιθανότητα να ανήκει είναι η μέγιστη δυνατή» (Εικόνα β).

Ο **κανόνας της μέγιστης πιθανοφάνειας** θεωρείται η πιο αποδοτική μέθοδος ταξινόμησης, εφόσον οι υπογραφές που χρησιμοποιούνται είναι σωστά ορισμένες, είναι αντιπροσωπευτικές των αντίστοιχων τάξεων και έχουν κανονική κατανομή, καθώς λαμβάνει υπόψη πολλές στατιστικές παραμέτρους και ιδιαίτερα την ομοιογένεια των υπογραφών. (Καρτάλης και Φειδάς, 2006).



Εικόνα 11. Ο διδιάστατος φασματικός χώρος στον οποίο έχουν χαραχθεί οι καμπύλες ίσης πιθανότητας για να ανήκει ένα εικονοστοιχείο σε μια τάξη. Σύμφωνα με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας, το εικονοστοιχείο x θα αποδοθεί στην τάξη 2 καθώς η πιθανότητα ($p = 0.7$) να ανήκει σε αυτή είναι μεγαλύτερη από την πιθανότητα ($p = 0.4$) να ανήκει στην τάξη 1. (Καρτάλης και Φειδάς, 2006).

5.2.1 Επιλογή σημείων ταξινόμησης και σημείων αξιολόγησης

5.2.1.1 Γενικό μέρος

Ενα κατάλληλο σύστημα ταξινόμησης και ένας επαρκής αριθμός δειγμάτων εκπαίδευσης είναι προαπαιτούμενα για την επιτυχή ταξινόμηση. Οι Cingolani et al. (2004) εξακρίβωσαν τρία μείζονα προβλήματα όταν χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση της βλάστησης δεδομένα μέτριας χωρικής ανάλυσης: καθορίζοντας επαρκή ιεραρχικά επίπεδα για την χαρτογράφηση, καθορίζοντας ξεχωριστές ευδιάκριτες μονάδες κάλυψης γης από τα επιλεγμένα τηλεπισκοπικά δεδομένα και επιλέγοντας αντιπροσωπευτικά σημεία εκπαίδευσης. Γενικά ένα σύστημα ταξινόμησης σχεδιάζεται με βάση τις ανάγκες του χρήστη, την χωρική ανάλυση των επιλεγμένων τηλεπισκοπικών δεδομένων, την συμβατότητα με την προηγούμενη δουλειά, τους διαθέσιμους αλγόριθμους ταξινόμησης και την διαθέσιμη επεξεργασία εικόνας και τον περιορισμό χρόνου. Ενα τέτοιο σύστημα θα πρέπει να είναι πληροφοριακό, διεξοδικό και ευδιαχώριστο (Jensen 1996, Landgrebe 2003). Σε πολλές περιπτώσεις υιοθετείται ένα ιεραρχικό σύστημα ταξινόμησης για να ληφθούν υπόψη διαφορετικές συνθήκες (Lu and Weng, 2006).

Ενας επαρκής αριθμός δειγμάτων εκπαίδευσης και η αντιπροσωπευτικότητα τους είναι καίριας σημασίας για την ταξινόμηση εικόνας. (Hubert-Moy et al. 2001, Chen and Stow 2002, Landgrebe 2003, Mather 2004). Τα δείγματα εκπαίδευσης συλλέγονται συχνά από έρευνα υπαίθρου ή από καλής χωρικής ανάλυσης αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες. Διαφορετικές στρατηγικές συλλογής όπως μιας κυψελίδας, σπόρου και πολυγώνου μπορεί να χρησιμοποιηθούν, αλλά θα επηρεάσουν τα αποτελέσματα της ταξινόμησης ειδικά σε ταξινομήσεις με εικόνες δεδομένων λεπτής χωρικής ανάλυσης. (Chen and Stow, 2002). Όταν το τοπίο μιας περιοχής μελέτης είναι πολύπλοκο και ετερογενές, η επιλογή των κατάλληλων δειγμάτων εκπαίδευσης γίνεται δύσκολη. Αυτό το πρόβλημα θα μπορούσε να γίνει πολύπλοκο, εάν χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση δεδομένα μέτριας και αδρής χωρικής ανάλυσης δεδομένα, γιατί μπορεί να προκύψει ένας μεγάλος όγκος από μικτές κυψελίδες. Επομένως για την επιλογή των δειγμάτων εκπαίδευσης πρέπει να ληφθεί υπόψη η χωρική ανάλυση των δεδομένων τηλεπισκόπισης που χρησιμοποιούνται, η διαθεσιμότητα της εδαφικής αναφοράς των δεδομένων και η πολυπλοκότητα του τοπίου στην περιοχή μελέτης. (Lu and Weng, 2006).

5.2.1.2 Ειδικό μέρος

Στην εφαρμογή του ENVI 5.2 η οποία χρησιμοποιήθηκε για τις παρακάτω διαδικασίες τα σημεία της εκπαίδευσης ονομάζονται ROI's (regions of interest). Στην περίπτωση της μελέτης αυτής, επειδή η χωρική ανάλυση των εικόνων Landsat TM του 2009 και Landsat OLI του 2015 είναι στα 30 μέτρα, η οπτική φωτοερμηνεία δεν ήταν εφικτή με το zoom παράθυρο εργασίας. Κύρια βοήθεια στο αρχικό στάδιο των σημείων είναι η αντίστοιχες εικόνες από το Google Earth της ίδιας ημερομηνίας. Η χρήση του Google Earth βοήθησε στην αξιολόγηση της πολυφασματικής εικόνας και του εντοπισμού των σημείων εκπαίδευσης.

Χρησιμοποιήθηκε η επιλογή File -> chip view to -> Google earth για την παρατήρηση και οπτική φωτοερμηνεία του σημείου σε καλύτερη ανάλυση.

Πρακτικά τα βήματα που ακολουθούνται είναι: Από το βασικό μενού επιλογών: επιλέγεται Region of interest (ROI) tool. Στη στήλη ROI name δημιουργώ τις

κατηγορίες χρήσης/κάλυψης γης και μόλις ολοκληρωθεί αυτό το βήμα οι κατηγορίες αποθηκεύονται σε αρχείο.

Κατά τον σχεδιασμό της διαδικασίας ταξινόμησης έγινε μία προσπάθεια εντοπισμού των σημαντικότερων τύπων κάλυψης – χρήσεων γης, από τις δορυφορικές εικόνες Landsat 5 TM και Landsat 8 OLI καθώς και από το Google Earth, όπου έγινε εμφανής η ανάλυση για την μελέτη της περιοχής ενδιαφέροντος.

Κατά τη διαδικασία επιλογής των σημείων εκπαίδευσης στο λογισμικό, οι φασματικές τάξεις καθορίστηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτονται πλήρως οι κατηγορίες κάλυψης – χρήσεων γης στην περιοχή μελέτης. Οι κατηγορίες που ταξινομήθηκαν οι εικόνες για τον καθορισμό των σημείων εκπαίδευσης αντιστοιχούν στις κατηγορίες που πήραν μέρος στην ταξινόμηση οι οποίες εμφανίζονται στον πίνακα 3:

Πίνακας 2. Οι κατηγορίες χρήσης/κάλυψης γης που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΧΡΗΣΗΣ/ΚΑΛΥΨΗΣ ΓΗΣ	Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Καλλιέργειες	1	Αροτραίες, δενδρώδεις καλλιεργήσιμες εκτάσεις
Φυλλοβόλο δάσος	2	Φυσικές εκτάσεις που κυριαρχούνται από φυλλοβόλα δέντρα
Αειθαλές δάσος	3	Φυσικές εκτάσεις που κυριαρχούνται από αειθαλή δέντρα
Λιβάδια	4	Εδάφη που στην πλειονότητα τους είναι καλυμμένα από ποώδη βλάστηση
Θαμνότοποι	5	Φυσικές εκτάσεις όπου επικρατούν θάμνοι και φρύγανα
Αστικός ιστός και οικοδομημένα	6	Εδάφη καλυμμένα από κτίρια ή άλλες τεχνητές κατασκευές
Νερό	7	Θάλασσες, ποτάμια, λίμνες, ρυάκια

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να επισημανθεί ότι στην παρούσα εργασία ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η δημιουργία των κατηγοριών των θαμνότοπων και των λιβαδιών, ως πιθανών βασικών περιοχών βοσκοτόπων. Επίσης, οι κλάσεις των αειθαλών δασών, πλατύφυλλων δασών και καλλιεργειών εμφανίζουν ενδιαφέρον

καθώς και αυτές τυγχάνει να συμπίπτουν με περιοχές βοσκοτόπων. Τέλος, η επιλογή των συγκεκριμένων κατηγοριών χρήσης/κάλυψης γης έγινε με σκοπό να δώσει μια όσο το δυνατόν καλύτερη ταξινόμηση της μορφής των εκτάσεων του νομού της Βοιωτίας.

Για την επιλογή των σημείων εκπαίδευσης χρησιμοποιήθηκε ο εμπειρικός κανόνας ότι τα σημεία ανά κατηγορία θα πρέπει να είναι σε αριθμό τουλάχιστον το αποτέλεσμα του γινομένου, αριθμός των κλάσεων επί τον αριθμό των μπαντών επί 10.

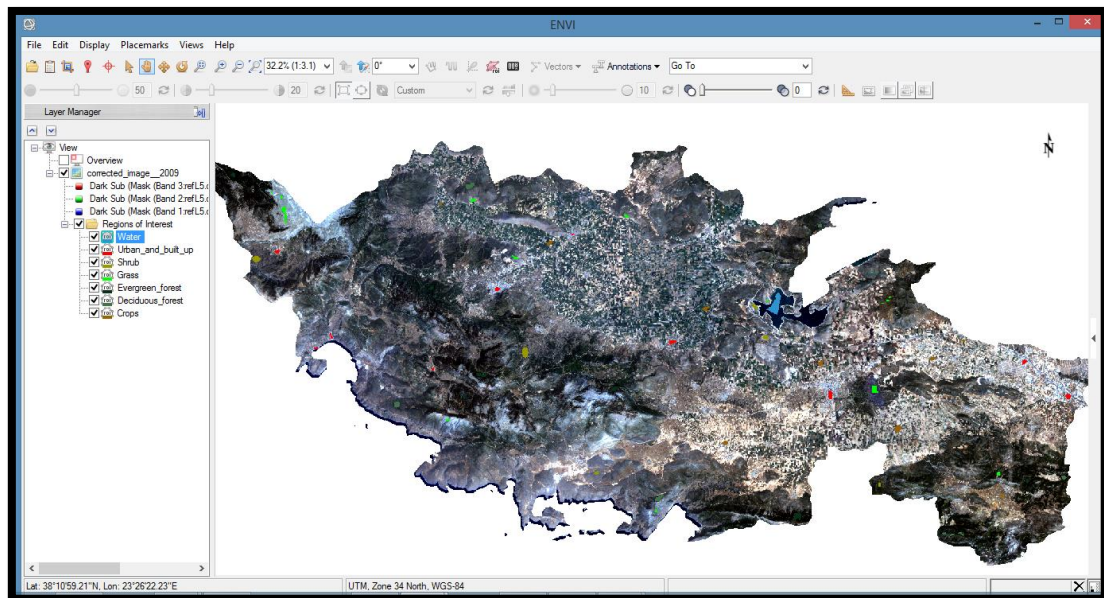
Για να ακολουθήσει η αξιολόγηση της μεθόδου ταξινόμησης, θα πρέπει για τα σημεία εκπαίδευσης της κάθε κατηγορίας να επιλεγθούν και τα αντίστοιχα σημεία αξιολόγησης για όλες τις κατηγορίες. Αυτά τα σημεία δεν θα πρέπει να συμπίπτουν με τα σημεία εκπαίδευσης και ο αριθμός τους να είναι περίπου στο 1/5 του αριθμού των σημείων εκπαίδευσης για κάθε κατηγορία. Συλλέχθηκαν περίπου 2000 σημεία εκπαίδευσης και περίπου 400 σημεία αξιολόγησης για κάθε εικόνα. Στους Πίνακες 4 και 5 φαίνεται η κατανομή των σημείων ανά κατηγορία χρήσης γης και στην εικόνα 10 η δημιουργία περιοχών εκπαίδευσης της ταξινόμησης της εικόνας Landsat TM 2009.

Πίνακας 3. Αριθμός σημείων εκπαίδευσης και αξιολόγησης ανα κατηγορία για την εικόνα του 2009.

Εικόνα Landsat TM 2009			
Αριθμός σημείων εκπαίδευσης		Αριθμός σημείων αξιολόγησης	
Κατηγορία	Αριθμός κυψελίδων	Κατηγορία	Αριθμός κυψελίδων
Νερό	2.059	Νερό	454
Αστικός ιστός και οικοδομημένα	2.081	Αστικός ιστός και οικοδομημένα	432
Θαμνότοποι	2.071	Θαμνότοποι	432
Λιβάδια	2.071	Λιβάδια	464
Αειθαλές δάσος	2.012	Αειθαλές δάσος	417
Φυλλοβόλο δάσος	2.064	Φυλλοβόλο δάσος	417
Καλλιέργειες	2.097	Καλλιέργειες	471

Πίνακας 4. Αριθμός σημείων εκπαίδευσης και αξιολόγησης ανά κατηγορία για την εικόνα του 2015.

Εικόνα Landsat OLI 2015			
Αριθμός σημείων εκπαίδευσης		Αριθμός σημείων αξιολόγησης	
Κατηγορία	Αριθμός κυψελίδων	Κατηγορία	Αριθμός κυψελίδων
Νερό	2.014	Νερό	407
Αστικός ιστός και οικοδομημένα	2.028	Αστικός ιστός και οικοδομημένα	400
Θαμνότοποι	2.028	Θαμνότοποι	437
Λιβάδια	2.027	Λιβάδια	437
Αειθαλές δάσος	2.091	Αειθαλές δάσος	426
Φυλλοβόλο δάσος	2.000	Φυλλοβόλο δάσος	429
Καλλιέργειες	2.073	Καλλιέργειες	454



Εικόνα 12. Δημιουργία περιοχών εκπαίδευσης της ταξινόμησης της εικόνας Landsat TM 2009.

5.2.2 Διαχωριστικότητα των περιοχών εκπαίδευσης

5.2.2.1 Γενικό μέρος

«Η διαχωριστικότητα (separability) των υπογραφών αποτελεί ένα στατιστικό μέτρο της απόστασης δυο υπογραφών στο φασματικό χώρο. Η διαχωριστικότητα μπορεί να υπολογιστεί για κάθε δυνατό συνδυασμό των καναλιών που χρησιμοποιούνται στην ταξινόμηση και δίνει τη δυνατότητα να εντοπίσουμε τα κανάλια που δεν είναι χρήσιμα στην ταξινόμηση. Για την αξιολόγηση των υπογραφών υπολογίζεται η

φασματική απόσταση των κέντρων κάθε δυνατού ζεύγους υπογραφών». (Καρτάλης και Φειδάς, 2006).

Σε μια μελέτη των V. N. Mishra e.t. al. στη περιοχή Uttar Pradesh στην Ινδία, πραγματοποιήθηκε ταξινόμηση διάφορων χαρακτηριστικών του εδάφους με τη χρήση των Risat-1 διπλών πολωσιμετρικών δεδομένων. Καθορίστηκαν σημεία εκπαίδευσης για 5 κύριες κατηγορίες όπως η αστική περιοχή, η γεωργική, περιοχή σε αγρανάπαυση, βλάστηση και τα υδάτινα σώματα. Για την ανάλυση της διαχωριστικότητας των κατηγοριών εκτελέστηκε η διαδικασία Transformed Divergence (TD) και έπειτα αξιολογήθηκε η διαχωριστικότητα των τάξεων των χρήσεων/κάλυψης γης.

5.2.2.2 Ειδικό μέρος

Το λογισμικό ENVI δίνει αυτή τη δυνατότητα με τη χρησιμοποίηση του εργαλείου διακριτότητας περιοχών ενδιαφέροντος (ROI Separability Tool) με το οποίο υπολογίζεται η φασματική διαχωριστικότητα μεταξύ επιλεγμένων ζευγών ROIs για ένα συγκεκριμένο αρχείο εισόδου. Οι τιμές κυμαίνονται από 0 έως 2.0 και δείχνουν πόσο καλά τα επιλεγμένα ζεύγη ROIs είναι στατιστικά διακριτά. (J.A. Richards, 1999). Όσο οι τιμές πλησιάζουν στο 2 τόσο καλύτερη είναι η διαχωριστικότητα.

```
Pair Separation (least to most):
Deciduous_forest and Evergreen_forest - 1.43221748
Grass and Shrub - 1.44985142
Crops and Shrub - 1.55077693
Deciduous_forest and Shrub - 1.60396138
Crops and Grass - 1.64544785
Crops and Urban_and_built_up - 1.71354899
Grass and Urban_and_built_up - 1.79306692
Shrub and Urban_and_built_up - 1.81405911
Evergreen_forest and Shrub - 1.83776841
Crops and Evergreen_forest - 1.93832853
Deciduous_forest and Grass - 1.94491540
Crops and Deciduous_forest - 1.95629442
Evergreen_forest and Grass - 1.99022934
Deciduous_forest and Urban_and_built_up - 1.99162250
Evergreen_forest and Urban_and_built_up - 1.99740201
Grass and Water - 1.99999772
Crops and Water - 1.99999999
Evergreen_forest and Water - 2.00000000
Urban_and_built_up and Water - 2.00000000
Shrub and Water - 2.00000000
Deciduous_forest and Water - 2.00000000
```



Εικόνα 13. Αναφορά διαχωριστικότητας Roi για τα σημεία εκπαίδευσης της εικόνας Landsat TM 2009.

```

Pair Separation (least to most):
Deciduous_forest and Shrub - 1.30396219
Grass and Shrub - 1.43534901
Deciduous_forest and Evergreen_forest - 1.56557034
Deciduous_forest and Grass - 1.57466075
Crops and Shrub - 1.72047166
Crops and Deciduous_forest - 1.74213521
Crops and Urban_and_built_up - 1.82667297
Crops and Grass - 1.83256521
Evergreen_forest and Grass - 1.93913593
Shrub and Urban_and_built_up - 1.94114785
Crops and Evergreen_forest - 1.94761746
Evergreen_forest and Shrub - 1.96987739
Grass and Urban_and_built_up - 1.97366571
Deciduous_forest and Urban_and_built_up - 1.99098805
Evergreen_forest and Urban_and_built_up - 1.99999427
Crops and Water - 1.99999837
Grass and Water - 1.99999997
Deciduous_forest and Water - 2.00000000
Evergreen_forest and Water - 2.00000000
Shrub and Water - 2.00000000
Urban_and_built_up and Water - 2.00000000

```



Εικόνα 14. Αναφορά διαχωριστικότητας Roi για τα σημεία ελέγχου της εικόνας Landsat TM 2009.

```

Pair Separation (least to most):
Grass and Shrub - 1.74371143
Deciduous_forest and Grass - 1.85246493
Crops and Urban_and_built_up - 1.88290529
Crops and Grass - 1.90883103
Deciduous_forest and Shrub - 1.91705221
Crops and Shrub - 1.92644409
Grass and Urban_and_built_up - 1.94408420
Evergreen_forest and Shrub - 1.95156602
Evergreen_forest and Grass - 1.98062719
Crops and Evergreen_forest - 1.98563786
Deciduous_forest and Evergreen_forest - 1.98719896
Shrub and Urban_and_built_up - 1.99084733
Crops and Deciduous_forest - 1.99342687
Evergreen_forest and Urban_and_built_up - 1.99957266
Deciduous_forest and Urban_and_built_up - 1.99994535
Crops and Water - 2.00000000
Shrub and Water - 2.00000000
Evergreen_forest and Water - 2.00000000
Urban_and_built_up and Water - 2.00000000
Deciduous_forest and Water - 2.00000000
Grass and Water - 2.00000000

```



Εικόνα 15. Αναφορά διαχωριστικότητας Roi για τα σημεία εκπαίδευσης της εικόνας Landsat OLI 2015.

```

Pair Separation (least to most):
Crops and Grass - 1.55858692
Deciduous_forest and Shrub - 1.65488599
Grass and Shrub - 1.69799468
Evergreen_forest and Shrub - 1.78325138
Crops and Urban_and_built_up - 1.79397470
Grass and Urban_and_built_up - 1.79428337
Deciduous_forest and Evergreen_forest - 1.80966488
Crops and Shrub - 1.85600065
Evergreen_forest and Grass - 1.95861318
Shrub and Urban_and_built_up - 1.96827838
Crops and Evergreen_forest - 1.97780849
Deciduous_forest and Grass - 1.98174439
Crops and Deciduous_forest - 1.98773268
Evergreen_forest and Urban_and_built_up - 1.99423217
Deciduous_forest and Urban_and_built_up - 1.99863068
Crops and Water - 2.00000000
Shrub and Water - 2.00000000
Evergreen_forest and Water - 2.00000000
Urban_and_built_up and Water - 2.00000000
Deciduous_forest and Water - 2.00000000
Grass and Water - 2.00000000

```

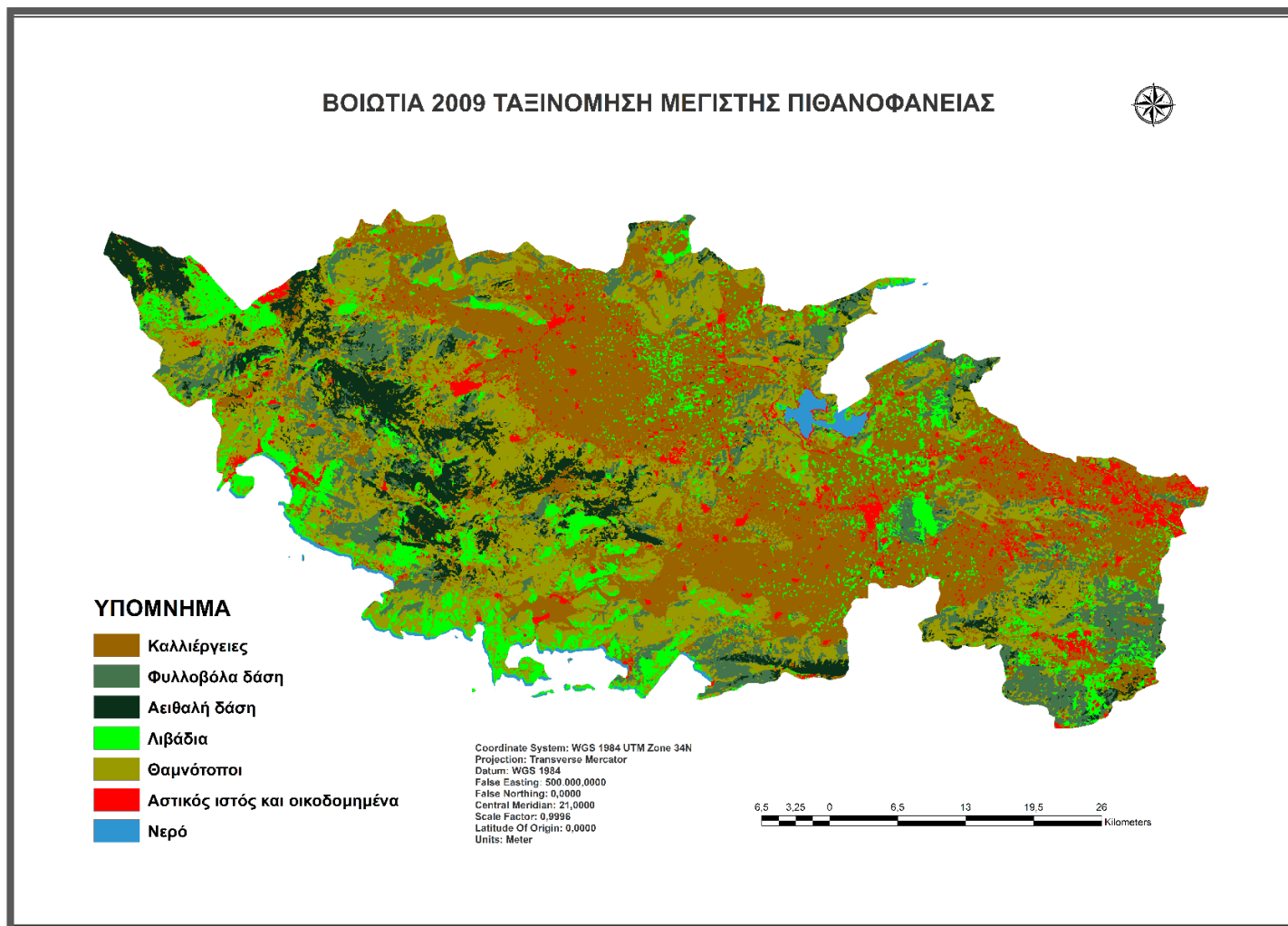


Εικόνα 16. Αναφορά διαχωριστικότητας Roi για τα σημεία ελέγχου της εικόνας Landsat OLI 2015

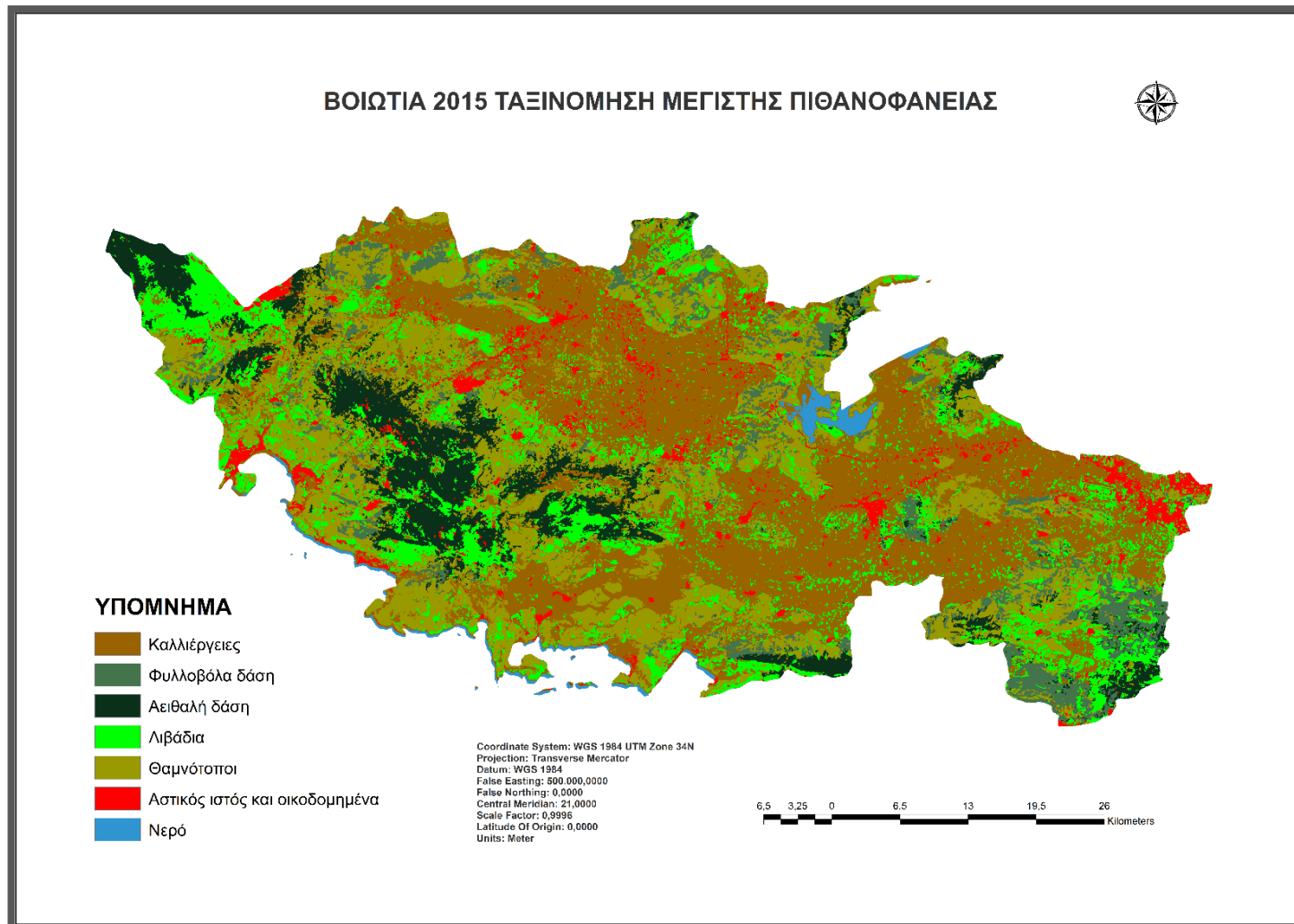
Στην παρούσα μελέτη η διαχωριστικότητα των σημείων εκπαίδευσης για την εικόνα Landsat TM 2009 ξεκινά από 1,43221748 για τις κλάσεις φυλλοβόλα δάση και αειθαλή δάση και φτάνει μέχρι το 2 ανάμεσα στη διαχωριστικότητα του νερού με τις υπόλοιπες κλάσεις. Για την εικόνα Landsat OLI 2015 η διαχωριστικότητα των σημείων εκπαίδευσης ξεκινά από 1,55859692 για τις κλάσεις καλλιέργειες και λιβάδια και καταλήγει στο 2 ανάμεσα στο νερό και τις υπόλοιπες κλάσεις. Σε κάποια ζεύγη εμφανίζονται χαμηλές τιμές διαχωριστικότητας οι οποίες μπορεί να οφείλονται στο γεγονός ότι η συλλογή των σημείων έγινε μέσω του Google Earth.

5.2.3 Ταξινόμηση της εικόνας

Αφού έχουν επιλεγεί όλα τα σημεία εκπαίδευσης και αξιολόγησης, το επόμενο βήμα είναι η εφαρμογή του αλγόριθμου επιβλεπόμενης ταξινόμησης. Κατά τη διαδικασία αυτή δεν επιλέχθηκε κανένα Probability threshold και για την ομαλοποίηση της εμφάνισης των αποτελεσμάτων επιλέχθηκε Smooth kernel size ο αριθμός 3 και Aggregate minimum size ο αριθμός 9. Ο καθορισμός διαφορετικής τιμής Threshold σε κάθε κατηγορία περιλαμβάνει περισσότερες ή λιγότερες κυψελίδες σε κάθε κλάση. Ο αλγόριθμος Smooth kernel size χρησιμοποιείται για την αφαίρεση του θορύβου των εφηλίδων. Αυτό συμβαίνει επειδή η κατανομή του πυρήνα του κέντρου της κυψελίδας αντικαθίσταται με την πλειοψηφία των τιμών των κλάσεων του πυρήνα. Ο αλγόριθμος Aggregate minimum size αφαιρεί τις μικρές περιοχές. Αντίστοιχα, οι περιοχές με το μέγεθος αυτής της τιμής ή μικρότερο συγκεντρώνονται σε μια γειτονική ευρύτερη περιοχή. (Πηγή ENVI users guide).



Εικόνα 17. Δημιουργία θεματικού χάρτη ταξινόμησης της Βοιωτίας για την εικόνα του 2009 με το λογισμικό ArcMap 10.3.



Εικόνα 18. Δημιουργία θεματικού χάρτη ταξινόμησης της Βοιωτίας για την εικόνα του 2015 με το λογισμικό ArcMap 10.3

5.2.4 Εκτίμηση ακρίβειας της ταξινόμησης

Το λογισμικό ENVI μέσα από την εργαλειοθήκη του δίνει τη δυνατότητα εκτίμησης της ακρίβειας της ταξινόμησης. Κατά τη διαδικασία αυτή δημιουργούνται ζεύγη των δειγμάτων ελέγχου με τις ταξινομημένες κλάσεις και το πρόγραμμα αυτοματοποιημένα εξάγει μια έκθεση όπου αναφέρονται η συνολική ακρίβεια, ο στατιστικός συντελεστής (K), ο πίνακας σφάλματος (Confusion matrix), τα σφάλματα παράλειψης (omission errors), τα σφάλματα επιφόρτισης (Commission errors), η ακρίβεια του αναλυτή (producer accuracy) και η ακρίβεια του χρήστη (user accuracy).

Σχετικά με τα εξαγόμενα αποτελέσματα, η συνολική ακρίβεια της ταξινόμησης υπολογίζεται διαιρώντας το άθροισμα των διαγώνιων στοιχείων του πίνακα σφάλματος, με το συνολικό πλήθος των εικονοστοιχείων του δείγματος και για τις εικόνες του 2009 και 2015 εμφάνισε τιμές αντίστοιχα 98,06% και 98,20%.

Ο στατιστικός συντελεστής (K) εμφάνισε αντίστοιχα τιμές 0,8302 και 0,8331 οι οποίες προσεγγίζουν τη μονάδα, γεγονός που υποδηλώνει άριστη συμφωνία μεταξύ ταξινόμησης και δεδομένων αναφοράς (Καρτάλης και Φειδάς, 2006). Οι διαφορές του συντελεστή K και της ολικής ακρίβειας οφείλονται στο γεγονός ότι χειρίζονται με διαφορετικό τρόπο τα εξαγόμενα του πίνακα σφάλματος. Η μεν ολική ακρίβεια περιλαμβάνει για το υπολογισμό της μόνο τα διαγώνια στοιχεία του πίνακα, ενώ ο συντελεστής K συνυπολογίζει εκτός από τα διαγώνια και τα μη διαγώνια στοιχεία του πίνακα, δηλαδή τα σφάλματα παράλειψης (Omission) και επιφόρτισης (Commission).

Τα διαγώνια στοιχεία είναι το πλήθος των στοιχείων που ταξινομήθηκε σωστά, δηλαδή στην ίδια κατηγορία που άνηκε και προ της ταξινόμησης.

Τα στοιχεία εκτός διαγωνίου εκφράζουν:

- Κατά τις γραμμές τις ψηφίδες που ταξινομήθηκαν τελικά σε κάθε τάξη και από ποια τάξη προήλθαν .
- Τα δε κατά τις στήλες τις ψηφίδες που έφυγαν από κάθε τάξη και σε ποια τάξη τελικά ταξινομήθηκαν.

Η ακρίβεια του αναλυτή δείχνει πόσα δείγματα από τα στοιχεία αναφοράς μπόρεσε ο αλγόριθμος ταξινόμησης να τα καταχωρίσει σωστά. Η ακρίβεια του χρήστη δείχνει

πόσα δείγματα από τα στοιχεία αναφοράς ο αλγόριθμος ταξινόμησης τα καταχώρησε σε λάθος τάξη. (Τσακίρη-Στρατή Μ., 2010).

Στους πίνακες 6 και 7 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εκτίμησης της ακρίβειας της ταξινόμησης.

Πίνακας 5. Ακρίβεια του αλγόριθμου μέγιστης πιθανοφάνειας για τα έτη 2009 και 2015.

Κατηγορία κάλυψης γης	Έτος 2009		Έτος 2015	
	Παραγωγού	Χρήστη	Παραγωγού	Χρήστη
Καλλιέργειες	91,30	75,86	94,22	69,86
Φυλλοβόλο δάσος	72,81	42,44	56,71	63,06
Αειθαλές δάσος	51,40	64,23	59,25	84,90
Λιβάδια	26,09	58,55	38,28	40,92
Θαμνότοποι	56,66	76,50	50,25	76,88
Αστικός ιστός και οικοδομημένα	70,78	66,54	86,94	68,52
Νερό	71,44	91,43	96,92	84,13
Ολική ακρίβεια	98,0640		98,2046	
Συντελεστής Καρρα	0.8302		0.8331	

Πίνακας 6. Ακρίβεια του αλγόριθμου μέγιστης πιθανοφάνειας της εικόνας του 2009.

ΕΙΚΟΝΑ 2009	ΑΤΑΞΙΝΟΜΗΤΟ (pixels)	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ (pixels)	ΦΥΛΛΟΒΟΛΟ ΔΑΣΟΣ (pixels)	ΑΕΙΘΑΛΕΣ ΔΑΣΟΣ (pixels)	ΛΙΒΑΔΙΑ (pixels)	ΘΑΜΝΟΤΟΠΟΙ (pixels)	ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΔΟΜΗΜΕΝΑ (pixels)	ΝΕΡΟ (pixels)	ΟΛΙΚΟ (pixels)	ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΧΡΗΣΤΗ (%)
ΑΤΑΞΙΝΟΜΗΤΟ	52.188.151	536	292	85	34	293	72	180	52.189.643	100
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	114	1.031.797	44.040	9.665	9.648	30.025	4.889	0	1.130.178	91,30
ΦΥΛΛΟΒΟΛΟ ΔΑΣΟΣ	228	2.553	283.693	48.804	17.979	36.251	153	0	389.661	72,81
ΑΕΙΘΑΛΕΣ ΔΑΣΟΣ	117	5.869	100.507	127.548	8.027	5.945	112	0	248.125	51,40
ΛΙΒΑΔΙΑ	328	143.877	11.173	231	98.635	94.671	26.793	2.289	377.997	26,09
ΘΑΜΝΟΤΟΠΟΙ	391	126.476	228.414	12.228	33.696	546.204	16.533	0	963.942	56,66
ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΔΟΜΗΜΕΝΑ	18	38.508	307	6	453	583	96.577	2	136.454	70,78
ΝΕΡΟ	43	10.487	0	0	1	0	13	26.377	36.921	71,44
ΟΛΙΚΟ	52.189.390	1.360.103	668.426	198.567	168.473	713.972	145.142	28.848	55.472.921	
ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΟΥ (%)	100	75,86	42,44	64,23	58,55	76,50	66,54	91,43		98,0640

Πίνακας 7. Ακρίβεια του αλγόριθμου μέγιστης πιθανοφάνειας της εικόνας του 2015.

ΕΙΚΟΝΑ 2015	ΑΤΑΞΙΝΟΜΗΤΟ (pixels)	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ (pixels)	ΦΥΛΛΟΒΟΛΟ ΔΑΣΟΣ (pixels)	ΑΕΙΘΑΛΕΣ ΔΑΣΟΣ (pixels)	ΛΙΒΑΔΙΑ (pixels)	ΘΑΜΝΟΤΟΠΟΙ (pixels)	ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΔΟΜΗΜΕΝΑ (pixels)	ΝΕΡΟ (pixels)	ΟΛΙΚΟ (pixels)	ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΧΡΗΣΤΗ (%)
ΑΤΑΞΙΝΟΜΗΤΟ	55.630.527	392	78	44	233	145	56	53	55.631.528	100
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	85	1.121.461	236	1.428	12.745	17.991	29.678	6.635	1.190.259	94,22
ΦΥΛΛΟΒΟΛΟ ΔΑΣΟΣ	141	16.035	122.857	15.778	50.844	10.927	49	0	216.631	56,71
ΑΕΙΘΑΛΕΣ ΔΑΣΟΣ	227	48.582	6.396	196.081	28.361	50.938	365	0	330.950	59,25
ΛΙΒΑΔΙΑ	230	220.530	805	4.117	187.198	51.860	24.308	0	489.048	38,28
ΘΑΜΝΟΤΟΠΟΙ	436	184.676	64.411	13.060	174.221	442.585	1.326	0	880.715	50,25
ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΔΟΜΗΜΕΝΑ	43	12.595	29	454	3.906	1.203	121.399	2	139.631	86,94
ΝΕΡΟ	1	1.119	0	0	8	0	0	35.461	36.589	96,92
ΟΛΙΚΟ	55.631.690	1.605.390	194.812	230.962	457.516	575.649	177.181	42.151	58.915.351	
ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΟΥ (%)	100	69,86	63,06	84,90	40,92	76,88	68,52	84,13		98,2046

5.2.5 Αποτελέσματα ταξινόμησης

Τα αποτελέσματα της επιβλεπόμενης ταξινόμησης με τον ταξινομητή της Μέγιστης Πιθανοφάνειας (Maximum Likelihood) παρουσιάζονται παρακάτω.

Πίνακας 8. Κατανομή κάλυψης της Βοιωτίας σύμφωνα με την ταξινόμηση Maximum Likelihood της εικόνας έτους 2009, (έκταση σε εκτάρια και ποσοστό που καταλαμβάνει η κάθε κλάση).

Τάξη	Έκταση (ha)	Ποσοστό (%)
Καλλιέργειες	101.716,02	34,42
Φυλλοβόλο δάσος	35.069,49	11,87
Αειθαλές δάσος	22.331,25	7,56
Λιβάδια	34.019,73	11,51
Θαμνότοποι	86.754,78	29,36
Αστικός ιστός και οικοδομημένα	12.280,86	4,16
Νερό	3.322,89	1,12
Ολικό	295.495,02	100

Πίνακας 9. Ποσοστιαία κατανομή κάλυψης της Βοιωτίας σύμφωνα με την ταξινόμηση Maximum Likelihood της εικόνας έτους 2015, (έκταση σε εκτάρια και ποσοστό που καταλαμβάνει η κάθε κλάση).

Τάξη	Έκταση (ha)	Ποσοστό (%)
Καλλιέργειες	107.123,31	36,25
Φυλλοβόλο δάσος	19.496,79	6,60
Αειθαλές δάσος	29.785,50	10,08
Λιβάδια	44.014,32	14,89
Θαμνότοποι	79.264,35	26,82
Αστικός ιστός και οικοδομημένα	12.566,79	4,25
Νερό	3.293,01	1,11
Ολικό	295.544,07	100

Πίνακας 10. Οι αλλαγές χρήσης/κάλυψης γης της Βοιωτίας σε εκτάρια μεταξύ 2009-2015.

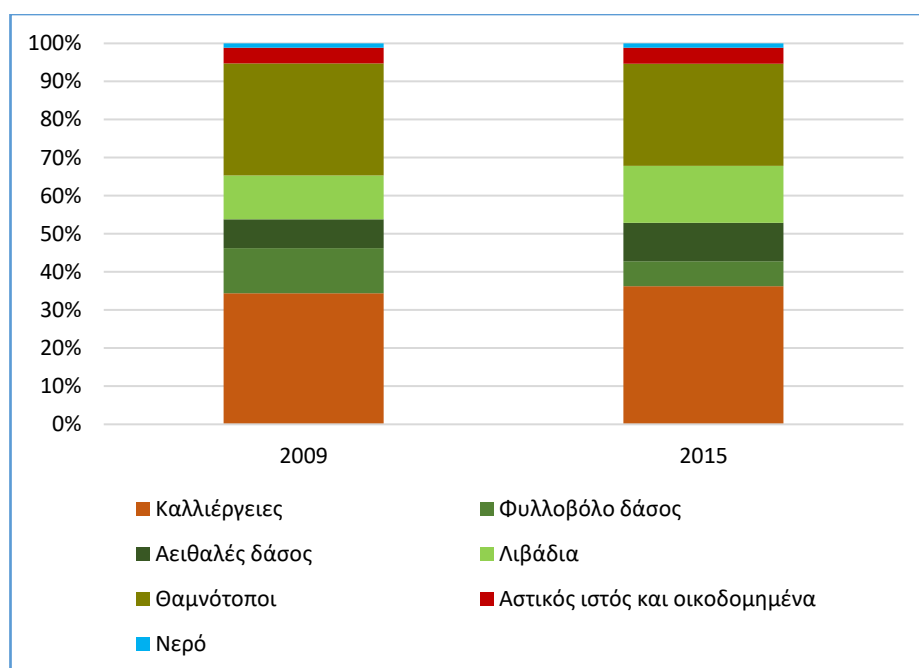
Χρήση/ Κάλυψη γης	2009	2015	Αλλαγή
Καλλιέργειες	101.716,02	107.123,31	+ 5.407,29
Φυλλοβόλο δάσος	35.069,49	19.496,79	- 15.572,70
Αειθαλές δάσος	22.331,25	29.785,50	+ 7.454,25
Λιβάδια	34.019,73	44.014,32	+ 9.994,59
Θαμνότοποι	86.754,78	79.264,35	- 7.490,43
Αστικός ιστός και οικοδομημένα	12.280,86	12.566,79	+ 285,93
Νερό	3.322,89	3.293,01	- 29,88
Σύνολο	295.495,02	295.544,07	+ 49,05

Πίνακας 11. Κατανομή κάλυψης γης περιοχής μελέτης σε έκταση και ποσοστιαίες αναλογίες σύμφωνα με την ταξινόμηση μέγιστης πιθανοφάνειας ετών 2009 και 2015.

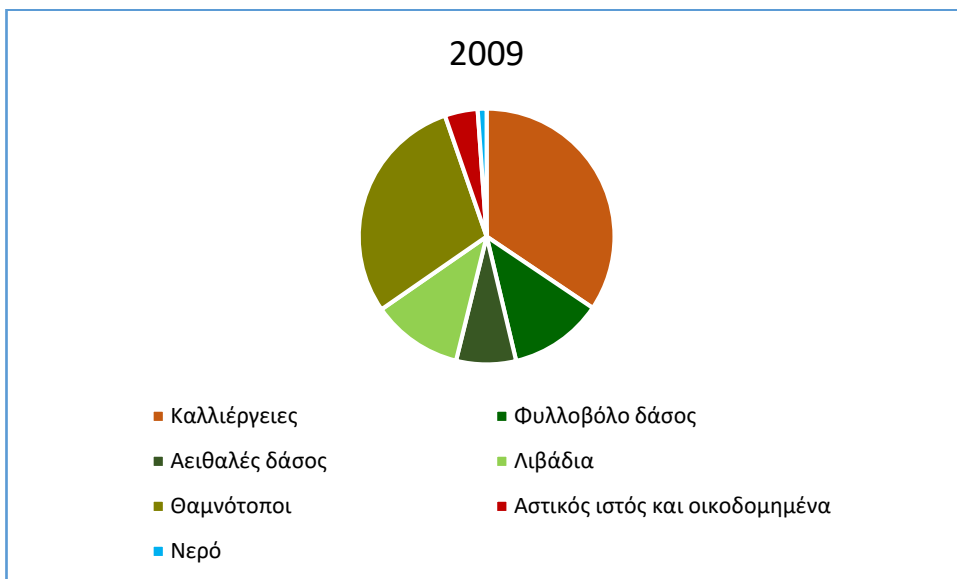
Χρήση/ Κάλυψη γης	2009	% της συνολικής περιοχής	2015	% της συνολικής περιοχής
Καλλιέργειες	101.716,02	34,42	107.123,31	36,25
Φυλλοβόλο δάσος	35.069,49	11,87	19.496,79	6,60
Αειθαλές δάσος	22.331,25	7,56	29.785,50	10,08
Λιβάδια	34.019,73	11,51	44.014,32	14,89
Θαμνότοποι	86.754,78	29,36	79.264,35	26,82
Αστικός ιστός και οικοδομημένα	12.280,86	4,16	12.566,79	4,25
Νερό	3.322,89	1,12	3.293,01	1,11
Σύνολο	295.495,02	100	295.544,07	100



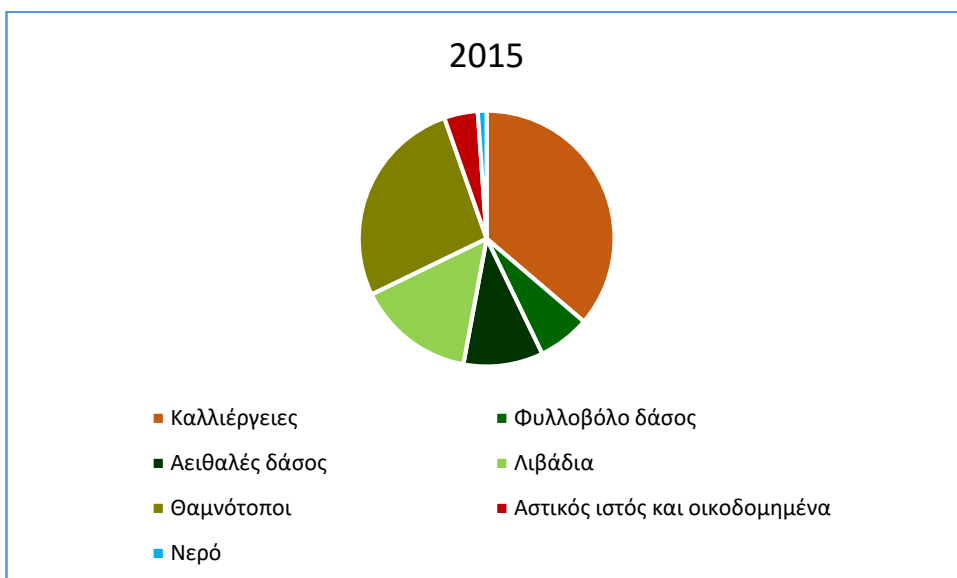
Διάγραμμα 1. Κάλυψη γης Π.Ε. Βοιωτίας ανά χρονικό σημείο αναφοράς μελέτης και η αλλαγή τους.



Διάγραμμα 2. Ποσοστιαία κάλυψη γης Π.Ε. Βοιωτίας ανά χρονικό σημείο αναφοράς μελέτης.



Διάγραμμα 3. Κάλυψη γης Π.Ε. Βοιωτίας για την εικόνα του 2009.



Διάγραμμα 4. Κάλυψη γης Π.Ε. Βοιωτίας για την εικόνα του 2015.

5.3 Χαρτογράφηση αλλαγών χρήσεων/κάλυψης γης

Οι εικόνες του 2009 και 2015 είναι γεωμετρικά εγγεγραμμένες στο ίδιο προβολικό σύστημα και με την ίδια χωρική, φασματική και ραδιομετρική ανάλυση. Χρησιμοποιήθηκαν για την παρακολούθηση μεταβολών στα χαρακτηριστικά της σκηνής και λήφθηκαν τον μήνα Ιούλιο. Για να πραγματοποιηθεί σωστά ο εντοπισμός των μεταβολών οι εικόνες πρέπει να έχουν ληφθεί την ίδια εποχή.

Η ανίχνευση των αλλαγών έγινε με τη σύγκριση των ταξινομημένων εικόνων. Με αυτή τη μέθοδο έγινε ποιοτική και ποσοτική σύγκριση των ταξινομημένων εικόνων που παρήχθησαν με τη χρήση του ίδιου σχήματος και μεθοδολογίας ταξινόμησης. Σύμφωνα με τους Καρτάλη και Φειδά (2006), η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται όταν τα δορυφορικά δεδομένα δεν είναι βαθμονομημένα και συνεπώς δεν είναι άμεσα συγκρίσιμα. Η σύγκριση γίνεται μεταξύ των ταξινομημένων εικόνων εντοπίζοντας τις μεταβολές των ορίων των αντίστοιχων τάξεων. Οι δυο ταξινομημένες εικόνες συγκρίνονται κυψελίδα προς κυψελίδα για την δημιουργία μιας νέας εικόνας η οποία δείχνει τις κυψελίδες οι οποίες αποδόθηκαν σε διαφορετικές τάξεις στις δυο ταξινομημένες εικόνες. Η επιτυχία της μεθόδου αυτής εξαρτάται από την ακρίβεια της ταξινόμησης.

Η χαρτογράφηση αλλαγών αποδόθηκε με τη βοήθεια της αυτοματοποιημένης διαδικασίας Thematic Change Workflow των εργαλείων του λογισμικού ENVI 5.2. Κατά τη διαδικασία αυτή, για την ομαλοποίηση της εμφάνισης των αποτελεσμάτων επιλέχθηκε ως Smooth kernel size ο αριθμός 3 και Aggregate minimum size ο αριθμός 9, όπως εφαρμόστηκε και κατά την διαδικασία της επιβλεπόμενης ταξινόμησης.

Η συνολική έκταση που καταλαμβάνει η Περιφερειακή ενότητα Βοιωτίας είναι 295.627,26 ha. Η έκταση που άλλαξε κατηγορία εκτιμήθηκε σε 94.183,14 ha και ως ποσοστό σε 31,87%. Η έκταση που δεν άλλαξε κατηγορία εκτιμήθηκε σε 201.444,12 ha και σε ποσοστό 68,13%. Σε αυτήν την μελέτη ενδιαφέρον έχουν τα αποτελέσματα των αλλαγών για τις κατηγορίες των θαμνότοπων και των λιβαδιών ως **δυνητικές** περιοχές βοσκότοπων.

Πίνακας 12. Έκταση που μετατράπηκε (τιμές σε εκτάρια).

Αρχικό στάδιο (2009) (Ha)	Τελικό στάδιο (2015) (Ha)							Νερό
	Αταξινόμητο	Καλλιέργειες	Φυλλοβόλο δάσος	Αειθαλές δάσος	Λιβάδια	Θαμνότοποι	Αστικός ιστός και οικοδομημένα	
Αταξινόμητο		2,52	1,35	1,98	4,68	0,90	1,26	0
Καλλιέργειες	3,06		40,59	1.225,98	10.929,06	3.499,56	2.815,47	50,58
Φυλλοβόλο δάσος	0	663,66		5.269,32	1.394,28	11.666,88	82,71	0
Αειθαλές δάσος	0	476,64	1.391,85		87,66	2.639,34	9,99	0
Λιβάδια	3,87	9.074,07	61,65	566,82		6.168,33	797,94	225,54
Θαμνότοποι	2,70	9.656,64	2.430,36	4.217,71	12.348,00		980,73	4,59
Αστικός ιστός και οικοδομημένα	0	3.228,84	0	1,89	1.035,54	84,24		119,25
Νερό	0	480,60	0	0	0	0	0	

Πίνακας 13. Έκταση που μετατράπηκε (τιμές ποσοστού του συνόλου κάλυψης γης).

Αρχικό στάδιο (2009) (%)	Τελικό στάδιο (2015) (%)							Νερό
	Αταξινόμητο	Καλλιέργειες	Φυλλοβόλο δάσος	Αειθαλές δάσος	Λιβάδια	Θαμνότοποι	Αστικός ιστός και οικοδομημένα	
Αταξινόμητο		0,000852	0,000457	0,000670	0,001583	0,000304	0,000426	0
Καλλιέργειες	0,001035		0,013727	0,414613	3,696087	1,183512	0,952161	0,017106
Φυλλοβόλο δάσος	0	0,224442		1,782025	0,471530	3,945609	0,027972	0
Αειθαλές δάσος	0	0,161194	0,470708		0,029646	0,892595	0,003379	0
Λιβάδια	0,001309	3,06875	0,020849	0,191692		2,086061	0,269854	0,076275
Θαμνότοποι	0,000313	3,265768	0,821921	1,595477	4,175956		0,331672	0,001552
Αστικός ιστός και οικοδομημένα	0	1,091958	0	0,000639	0,350208	0,028489		0,040329
Νερό	0	0,162534	0	0	0	0	0	

Εν συνεχεία, μεταφέρθηκαν τα πλεγματικά αρχεία που δημιουργήθηκαν στο ENVI, στην επιφάνεια εργασίας του ArcGIS 10.3, και στη συνέχεια δημιουργήθηκε ο θεματικός χάρτης αλλαγών κάλυψης γης που απεικονίζεται στην εικόνα 17.

ΘΕΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΑΛΛΑΓΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΓΗΣ Π.Ε. ΒΟΙΩΤΙΑΣ 2009-2015



Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 34N
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 False Easting: 500,000,0000
 False Northing: 0,0000
 Central Meridian: 21,0000
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0000
 Units: Meter



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

■ καμία αλλαγή	■ από φυλλοβόλα δάση σε αειθαλή δάση	■ από λιβάδια σε νερό
■ από αταξινόμητο σε καλλιέργειες	■ από φυλλοβόλα δάση σε λιβάδια	■ από θαμνότοποι σε αταξινόμητο
■ από αταξινόμητο σε φυλλοβόλα δάση	■ από φυλλοβόλα δάση σε θαμνότοποι	■ από θαμνότοποι σε καλλιέργειες
■ από αταξινόμητο σε αειθαλή δάση	■ από φυλλοβόλα δάση σε αστικό ιστό και οικοδομημένα	■ από θαμνότοποι σε φυλλοβόλα δάση
■ από αταξινόμητο σε λιβάδια	■ από αειθαλή δάση σε καλλιέργειες	■ από θαμνότοποι σε αειθαλή δάση
■ από αταξινόμητο σε θαμνότοποι	■ από αειθαλή δάση σε φυλλοβόλα δάση	■ από θαμνότοποι σε λιβάδια
■ από αταξινόμητο σε αστικό ιστό και οικοδομημένα	■ από αειθαλή δάση σε λιβάδια	■ από θαμνότοποι σε αστικό ιστό και οικοδομημένα
■ από καλλιέργειες σε αταξινόμητο	■ από αειθαλή δάση σε θαμνότοποι	■ από θαμνότοποι σε νερό
■ από καλλιέργειες σε φυλλοβόλα δάση	■ από αειθαλή δάση σε αστικό ιστό και οικοδομημένα	■ από αστικό ιστό και οικοδομημένα σε καλλιέργειες
■ από καλλιέργειες σε αειθαλή δάση	■ από λιβάδια σε αταξινόμητο	■ από αστικό ιστό και οικοδομημένα σε αειθαλή δάση
■ από καλλιέργειες σε λιβάδια	■ από λιβάδια σε καλλιέργειες	■ από αστικό ιστό και οικοδομημένα σε λιβάδια
■ από καλλιέργειες σε θαμνότοποι	■ από λιβάδια σε φυλλοβόλα δάση	■ από αστικό ιστό και οικοδομημένα σε θαμνότοποι
■ από καλλιέργειες σε αστικό ιστό και οικοδομημένα	■ από λιβάδια σε αειθαλή δάση	■ από αστικό ιστό και οικοδομημένα σε νερό
■ από καλλιέργειες σε νερό	■ από λιβάδια σε θαμνότοποι	■ από νερό σε καλλιέργειες
■ από φυλλοβόλα δάση σε καλλιέργειες	■ από λιβάδια σε αστικό ιστό και οικοδομημένα	■ καμία

Εικόνα 19. Θεματικός χάρτης αλλαγών κάλυψης γης ΠΕ Βοιωτίας 2009 - 2015 με το λογισμικό ArcGIS 10.3. (Μόνο οι περιοχές που άλλαξαν.)

5.4 Επεξεργασία χωρικής ανάλυσης και σύγκρισης με προϋπάρχοντα στοιχεία

Στη παρούσα υποενότητα πραγματοποιήθηκε διαχωρισμός των πολυγώνων ανά Δήμο και έγινε σε εξαγωγή χαρτών η εμφάνιση των κατηγοριών των θαμνότοπων και των λιβαδιών που παρήχθησαν από την ταξινόμηση της εικόνας του 2009. Από τον ιστότοπο <http://geodata.gov.gr> έγινε λήψη ενός διανυσματικού αρχείου με τους Καλλικρατικούς Δήμους της Ελλάδας. Για τις διαδικασίες χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS 10.3.

Με την επιλογή clip από το εργαλείο Analysis tools του Arc Toolbox κόπηκε αυτό το διανυσματικό αρχείο στα όρια της Βοιωτίας, από ένα διανυσματικό αρχείο με τους Νομούς της Ελλάδας που λήφθηκε πρωτύτερα από τον ίδιο ιστότοπο. Από το attribute table του τελικού αρχείου επιλέχθηκαν και αποθηκεύτηκαν μόνο οι Δήμοι της Βοιωτίας σε νέο αρχείο. Όλα τα διανυσματικά αρχεία αποθηκεύτηκαν σε γεωβάση ώστε να έχουμε τις ακριβείς διαστάσεις των νέων πολυγώνων που δημιουργήθηκαν.

Από τα αποτελέσματα της ταξινόμησης της εικόνας του 2009 πραγματοποιήθηκε από το Arc Toolbox η επιλογή Union του αρχείου με τα δεδομένα της ταξινόμησης με το αρχείο που δημιουργήθηκε με τους Δήμους της Βοιωτίας. Με αυτή την διαδικασία ενώθηκαν οι πληροφορίες των δύο προϊόντων και δημιουργήθηκε ένα νέο αρχείο με τα ενωμένα στοιχεία τους να διαφαίνονται στο attribute table.

Έπειτα έγινε διαχωρισμός των 6 πολυγώνων – Δήμων της Βοιωτίας με αποθήκευση του καθενός σε νέο αρχείο, με αποτέλεσμα να απομονωθούν στο κάθε ένα οι πληροφορίες του.

Όπως προαναφέρθηκε, κάθε αρχείο Δήμου έχει τις πληροφορίες του αποτελέσματος της ταξινομημένης εικόνας του 2009. Σε κάθε ένα από αυτά απομονώθηκαν τα πολύγωνα των κατηγοριών των θαμνότοπων και των λιβαδιών και αποθηκεύτηκαν σε νέα αρχεία. Στην συνέχεια ήταν σκόπιμο να δημιουργηθεί για κάθε Δήμο ένα νέο αρχείο χωρίς τα εσωτερικά πολύγωνα και τις πληροφορίες που παρέχουν, για την χρησιμοποίησή τους στην παραγωγή χαρτών όπου διαφαίνονται συγκριτικά στο σύνολο της έκτασης του κάθε Δήμου οι εκτάσεις που καταλαμβάνουν οι θαμνότοποι

και τα λιβάδια. Με την επιλογή Dissolve του εργαλείου Data management του Arc Toolbox εκτελέστηκε αυτή η ενέργεια.

Για τους 6 Δήμους παρήχθησαν 18 αρχεία συνολικά και για κάθε ένα 3. Ένα με τους θαμνότοπους, ένα με τα λιβάδια και ένα χωρίς πληροφορίες. Σε κάθε ένα από αυτά προστέθηκε στο attribute table ένα νέο πεδίο που ονομάστηκε «EMVADON». Σκοπός σε αυτό το σημείο ήταν ο υπολογισμός της έκτασης σε τμ που καταλαμβάνει το καθένα, κάνοντας αριστερό κλικ πάνω στο πεδίο και επιλέγοντας την εντολή Calculate Geometry. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, χρειάστηκε **πρώτα να γίνει μετατροπή από το προβολικό σύστημα συντεταγμένων στο ελληνικό γεωδαιτικό σύστημα** με το εργαλείο Data management -> Projections and transformations -> Project.

Το επόμενο βήμα ήταν η καταχώρηση σε πίνακα, του εμβαδού των εκτάσεων σε εκτάρια, των θαμνότοπων και των λιβαδιών ανά Δήμο και ο υπολογισμός των ποσοστών των εκτάσεων αυτών στο σύνολο του κάθε Δήμου.

Στα attribute table των διανυσματικών αρχείων των θαμνότοπων και των λιβαδιών, με αριστερό κλικ πάνω στο πεδίο «EMVADON», επιλέχθηκε η εντολή Statistics και άνοιξε ένα πλαίσιο στο οποίο διαφαίνεται το άθροισμα της έκτασης της κάθε καταχώρησης. Αυτό το άθροισμα είναι η έκταση που καταλαμβάνει το συνολικό διανυσματικό αρχείο.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ανά Δήμο της Βοιωτίας η ανάλυση, η εκτίμηση και η εμφάνιση σε χάρτη των αποτελεσμάτων των θαμνότοπων και των λιβαδιών της ταξινομημένης εικόνας του 2009, ως πιθανών εκτάσεων βοσκοτόπων.

Με τη βοήθεια του λογισμικού πακέτου Excel εκτελέστηκαν στατιστικοί υπολογισμοί και βγήκαν χρήσιμα συμπεράσματα με τα οποία δημιουργήθηκαν οι πίνακες 13 και 14.

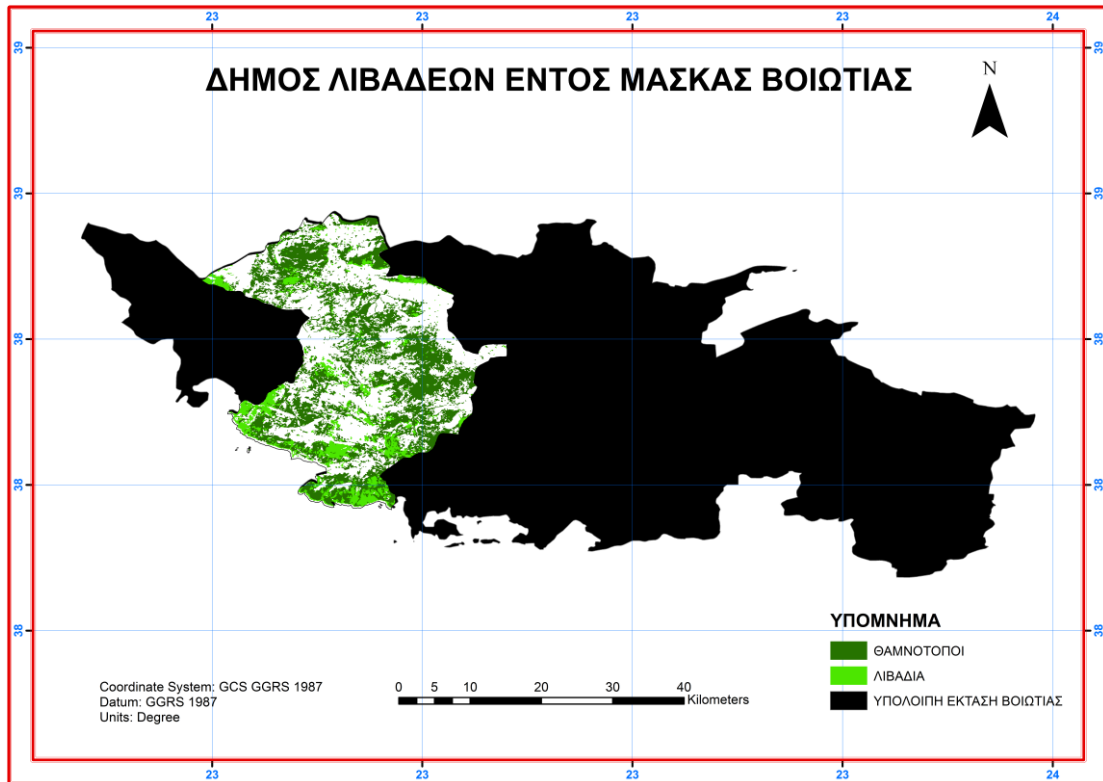
Πίνακας 14. Έκταση που καλύπτουν οι θαμνότοποι και τα λιβάδια ανά Δήμο της Π.Ε. Βοιωτίας.

	ΕΜΒΑΔΟΝ ΔΗΜΟΥ (ΗΑ)	ΘΑΜΝΟΤΟΠΟΙ (ΗΑ)	ΛΙΒΑΔΙΑ (ΗΑ)	ΘΑΜΝΟΤΟΠΟΙ (%)	ΛΙΒΑΔΙΑ (%)
ΔΗΜΟΣ ΤΑΝΑΓΡΑΣ	46.007,04	9.202,22	4.251,29	20,00	9,24
ΔΗΜΟΣ ΘΗΒΑΙΩΝ	82.927,08	22.454,76	12.170,77	27,08	14,68
ΔΗΜΟΣ ΑΛΙΑΡΤΟΥ	25.845,20	6.420,37	2.085,90	24,84	8,07
ΔΗΜΟΣ ΟΡΧΟΜΕΝΟΥ	41.799,78	11.744,71	2.908,93	28,10	6,96
ΔΗΜΟΣ ΛΙΒΑΔΕΩΝ	68.945,43	26.130,28	7.060,15	37,90	10,24
ΔΗΜΟΣ ΔΙΣΤΟΜΟΥ - ΑΡΑΧΩΒΑΣ- ΑΝΤΙΚΥΡΑΣ	29.372,96	10.668,75	5.423,51	36,32	18,46
ΣΥΝΟΛΟ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	294.897,49	86.621,09	33.900,55	29,37	11,50

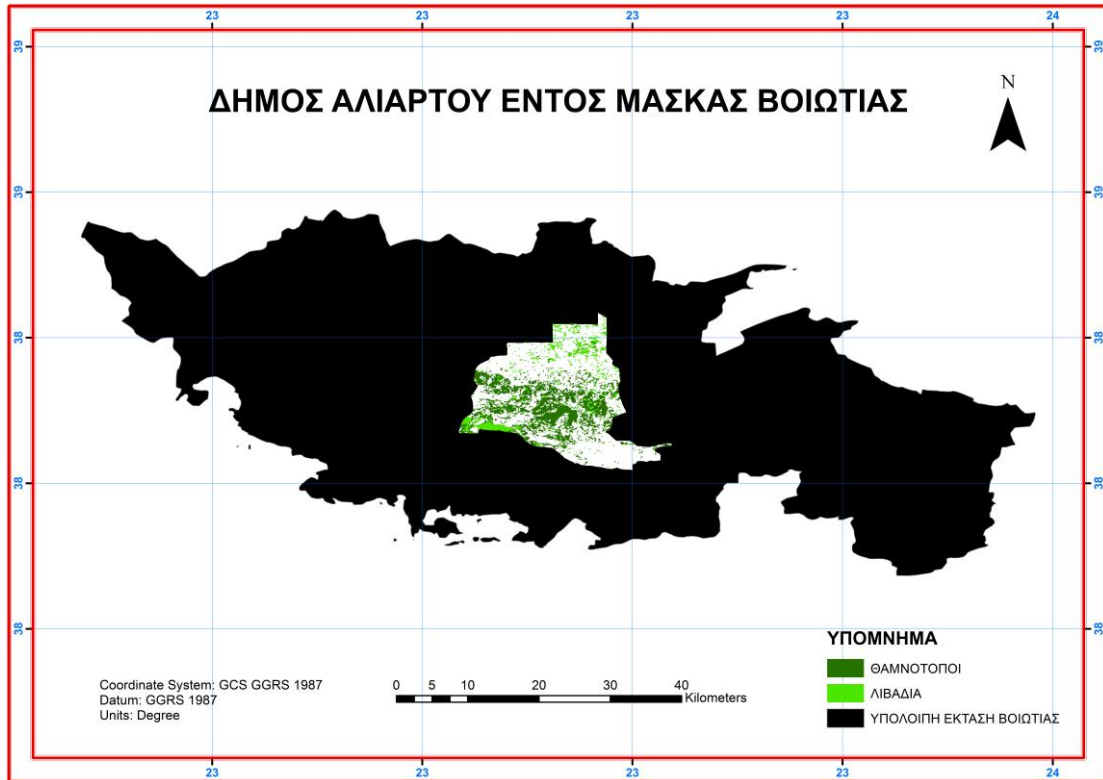
Πίνακας 15. Έκταση που καλύπτουν στο σύνολο οι θαμνότοποι και τα λιβάδια ανά Δήμο της Π.Ε. Βοιωτίας.

	ΘΑΜΝΟΤΟΠΟΙ ΚΑΙ ΛΙΒΑΔΙΑ (ΗΑ)	ΟΙ ΘΑΜΝΟΤΟΠΟΙ ΚΑΙ ΛΙΒΑΔΙΑ (%)
ΔΗΜΟΣ ΤΑΝΑΓΡΑΣ	13.453,51	29,24
ΔΗΜΟΣ ΘΗΒΑΙΩΝ	34.625,53	41,76
ΔΗΜΟΣ ΑΛΙΑΡΤΟΥ	8.506,27	32,91
ΔΗΜΟΣ ΟΡΧΟΜΕΝΟΥ	14.653,64	35,06
ΔΗΜΟΣ ΛΙΒΑΔΕΩΝ	33.190,43	48,14
ΔΗΜΟΣ ΔΙΣΤΟΜΟΥ - ΑΡΑΧΩΒΑΣ- ΑΝΤΙΚΥΡΑΣ	16.092,26	54,78
ΣΥΝΟΛΟ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	120.521,64	40,87

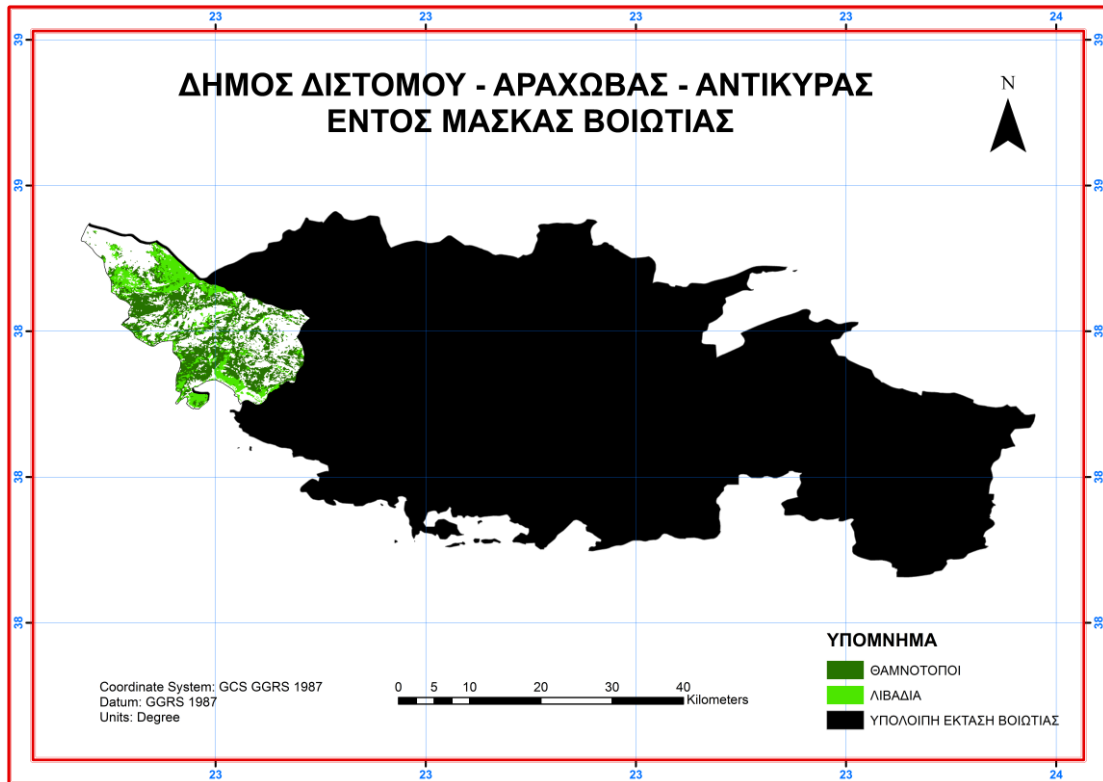
Έπειτα δημιουργήθηκαν θεματικοί χάρτες κάλυψης των θαμνότοπων και των λιβαδιών για κάθε Δήμο, οι οποίοι απεικονίζονται παρακάτω:



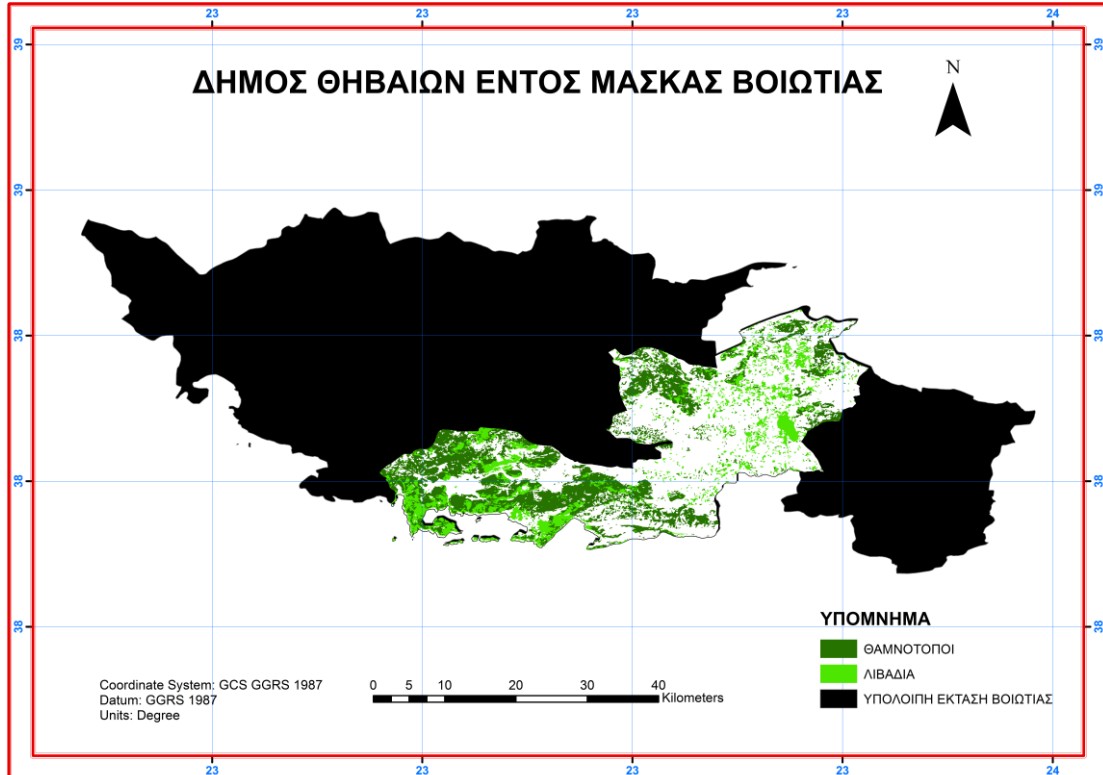
Εικόνα 20. Θεματικός χάρτης κάλυψης θαμνότοπων και λιβαδιών Δήμου Λιβαδέων για το έτος 2009.



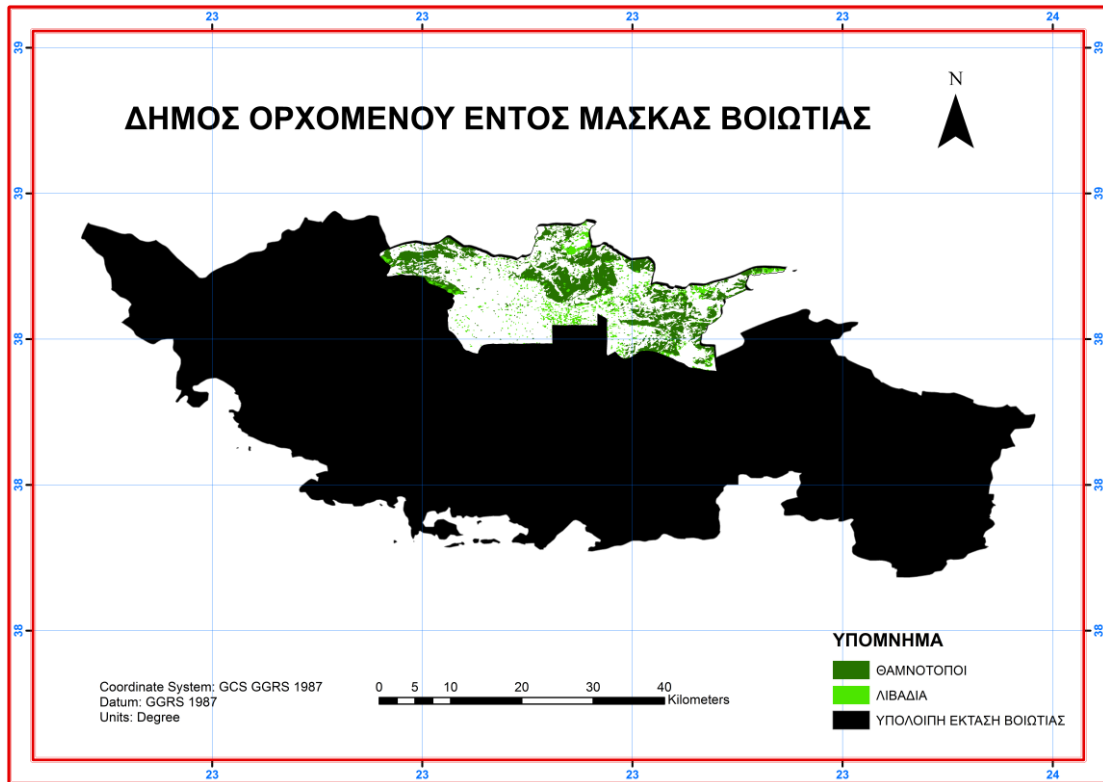
Εικόνα 21. Θεματικός χάρτης κάλυψης θαμνότοπων και λιβαδιών Δήμου Αλιαρτού για το έτος 2009.



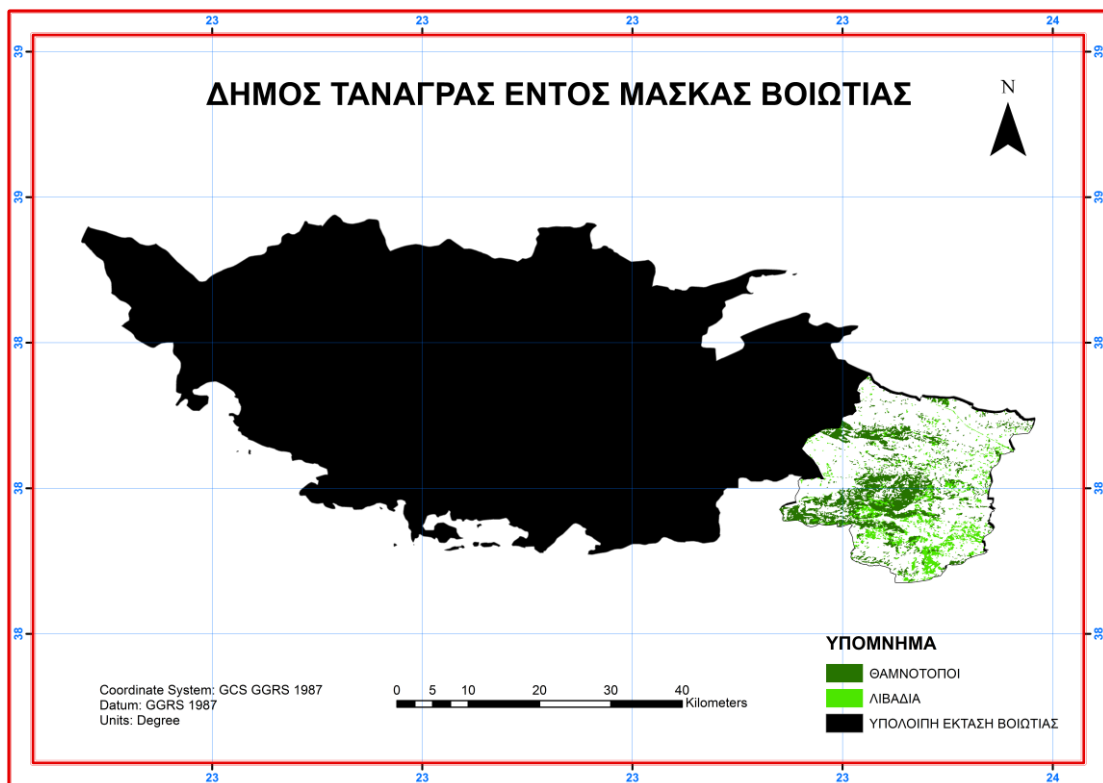
Εικόνα 22. Θεματικός χάρτης κάλυψης θαμνότοπων και λιβαδιών Δήμου Διστόμου - Αράχωβας - Αντίκυρας για το έτος 2009.



Εικόνα 23. Θεματικός χάρτης κάλυψης θαμνότοπων και λιβαδιών Δήμου Θηβαίων για το έτος 2009.



Εικόνα 24. Θεματικός χάρτης κάλυψης θαμνότοπων και λιβαδιών Δήμου Ορχομενού για το έτος 2009.



Εικόνα 25. Θεματικός χάρτης κάλυψης θαμνότοπων και λιβαδιών Δήμου Τανάγρας για το έτος 2009.

Στην συνέχεια παρουσιάζεται η ανάλυση και η σύγκριση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την εφαρμογή της ταξινόμησης της εικόνας του 2009, με δεδομένα διανυσματικών αρχείων της Π.Ε. Βοιωτίας (προέλευσης ΥΠΑΑΤ), τα οποία αφορούν τη φυσική βλάστηση και γενικά μεγάλες κατηγορίες χρήσεων γης. Σκοπός αυτής της χωρικής σύγκρισης και ανάλυσης είναι να παρατηρηθεί η διαφοροποίηση των χρήσεων γης και κάλυψης γης από τα διαθέσιμα δεδομένα, σε σχέση με τα αποτελέσματα της ταξινόμησης του 2009 που αφορούν κυρίως τα λιβάδια και τους θαμνότοπους, καθώς και η εκτίμηση των εκτάσεων στα οποία συμπίπτουν. Αυτό συμβαίνει, γιατί ενδιαφέρον για την παρούσα μελέτη εμφανίζουν οι περιοχές της Βοιωτίας που ενδείκνυνται για βόσκηση.

Το ένα αρχείο έγινε διαθέσιμο και ψηφιοποιήθηκε το 1999. Δημιουργήθηκε από ασπρόμαυρους και έγχρωμους ορθοφωτοχάρτες που χρονολογούνται από το 1965 έως το 1996 και αφορά την βλάστηση και τις χρήσεις γης. Ο ορθοφωτοχάρτης για την περιοχή της Βοιωτίας χρονολογείται περίπου στο 1990. Επίσης, εμπεριέχει πληροφορίες για την συγκόμωση των κλάσεων. Οι κατηγορίες του, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στην επεξεργασία της χωρικής σύγκρισης παρουσιάζονται στον πίνακα 15.

Πίνακας 16. Κωδικοί βλάστησης και χρήσεων γης και η επεξήγηση τους για την Π.Ε. Βοιωτίας.

ΕΛΑ	Ελάτη
ΠΜΑ	Πεύκη μαύρη
ΠΧΑ	Πεύκη χαλέπιος
ΠΘΑ	Πεύκη θαλασσία
ΚΠΡ	Κυπαρίσσι
ΑΡΚ	Άρκευθος
ΔΡΥ	Δρυς
ΠΑΡ	Παραποτάμια βλάστηση
ΘΑΜ	Θάμνοι
ΛΙΒ	Λιβάδια, αραιά ξυλ. βλάστηση
ΑΓΟ	Άγονα
ΟΙΚ	Οικισμοί
ΓΚΑ	Γεωργ. καλλιέργειες
ΓΚΕ	Γεωργ. καλλιέργειες εγκατ.
ΛΧΡ	Λίμνη

Το δεύτερο αρχείο αφορά τις δηλώσεις των βοσκοτόπων για τις χρονιές 2003 και 2007 για την Π.Ε. Βοιωτίας οι οποίες είναι οι εξής:

Πίνακας 17. Κατηγορίες δηλωμένων βοσκοτόπων στο ΥΠΑΑΤ και η επεξήγηση τους για την Π.Ε. Βοιωτίας.

Βοσκότοποι 2003	Βοσκότοποι δηλωμένοι το 2003
Βοσκότοποι 2007	Βοσκότοποι δηλωμένοι το 2003 και το 2007 ή μόνο το 2007
Βοσκότοποι όχι 2003_2007	Βοσκότοποι οι οποίοι δεν είχαν δηλωθεί ούτε το 2003 ούτε το 2007

Τα δύο διανυσματικά αρχεία είναι στο ελληνικό γεωδαιτικό σύστημα συντεταγμένων. Το πρώτο βήμα ήταν να αποδοθούν οι χωρικές πληροφορίες των αρχείων προκειμένου να ολοκληρωθεί η σύγκριση μεταξύ των διανυσματικών δεδομένων που περιέχουν τους κωδικούς βλάστησης και χρήσεις γης και των δεδομένων που προέρχονται από την εικόνα ταξινόμησης του αλγόριθμου για την χρονολογία 2009. Για να επιτευχθεί αυτό έπρεπε να ακολουθήσουν οι πράξεις χωρικής ανάλυσης. Η πρώτη πράξη ήταν η πράξη clip κατά την οποία περιορίστηκε το διανυσματικό αρχείο των κωδικών βλάστησης και χρήσεων γης το οποίο αφορούσε όλη την Ελλάδα στα όρια της Βοιωτίας, εμπεριέχοντας τις πληροφορίες για τα πολύγωνα αυτής της περιφερειακής ενότητας. Για αυτή την πράξη χρησιμοποιήθηκε ένα διανυσματικό αρχείο με τις περιφερειακές ενότητες της Βοιωτίας που λήφθηκε πρωτύτερα από τον ιστότοπο <http://geodata.gov.gr>.

Η επόμενη πράξη ήταν η επιλογή και αποθήκευση των πολυγώνων της κατηγορίας λιβάδια που ανιχνεύτηκαν κατά την ταξινόμηση του 2009, σε ένα νέο διανυσματικό αρχείο. Πραγματοποίησα την εντολή intersect κατά τα βήματα εργασιών Arc Toolbox -> Analysis tools -> Overlay -> Intersect σε αυτό το αρχείο και στο νέο που προέκυψε από αυτό με τους κωδικούς βλάστησης και τις χρήσεις γης για την ΠΕ Βοιωτίας. Η εντολή αυτή υπολογίζει το γεωμετρικό σημείο τομής των δεδομένων εισόδου. Τα χαρακτηριστικά των δεδομένων ή τμήματα τους, τα οποία συμπίπτουν σε όλα τα επίπεδα στρωμάτων ή / και στις τάξεις των χαρακτηριστικών, εγγράφονται στην τάξη των δεδομένων εξόδου. Επομένως, δημιουργήθηκε ένα αρχείο με τις περιοχές της κατηγορίας των λιβαδιών που συμπίπτουν χωρικά με τις κατηγορίες εκείνου με τους κωδικούς βλάστησης και τις χρήσεις γης. Το επόμενο βήμα ήταν η εφαρμογή της

επιλογής select by attributes για τον πίνακα δεδομένων αυτής της γεωβάσης, με αποτέλεσμα να απομονωθεί κάθε κατηγορία αυτής με τους κωδικούς βλάστησης και τις χρήσεις γης που χωρικά συμπίπτει με την κατηγορία λιβάδια της χαρτογραφημένης εικόνας του αλγόριθμου της χρονιάς του 2009. Σε κάθε ένα από αυτά τα νέα αρχεία προστέθηκε στο attribute table του κάθε επιπέδου ένα νέο πεδίο που ονομάστηκε «EMVADON». Με αριστερό κλικ πάνω σε αυτό το πεδίο υπολογίστηκε το εμβαδόν σε τμ με την εντολή calculate geometry. Η επιλογή statistics μας παρουσιάζει διάφορα στατιστικά στοιχεία, όπως το άθροισμα των εκτάσεων των εγγραφών των πολυγώνων. Με αυτόν τον τρόπο γνωστοποιήθηκε το συνολικό εμβαδόν για κάθε κατηγορία κωδικών βλάστησης και χρήσεων γης. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για την κατηγορία των θαμνότοπων που προέκυψαν από τα αποτελέσματα της επιβλεπόμενης ταξινόμησης για την Π.Ε. Βοιωτίας. Με τη βοήθεια του λογισμικού Excel έγιναν πράξεις και υπολογίστηκαν τα ποσοστά των εκτάσεων αυτών. Η μονάδα μέτρησης της έκτασης μετατράπηκε σε εκτάρια. Με τους πίνακες 17, 18 και 19 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της σύμπτωσης:

Πίνακας 18. Κοινό εμβαδόν της κατηγορίας λιβάδια από τα αποτελέσματα της ταξινόμησης του Landsat TM 2009, με κάθε περιοχή γης της Βοιωτίας.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ	ΛΙΒΑΔΙΑ (ΗΑ)	ΛΙΒΑΔΙΑ (%)
ΕΛΑ	2.385,91	7,07
ΠΧΑ	1.999,91	5,93
ΠΘΑ	4,95	0,01
ΑΡΚ	9,69	0,03
ΔΡΥ	68,00	0,20
ΠΑΡ	2,39	0,01
ΘΑΜ	13.920,91	41,28
ΛΙΒ	4.284,18	12,70
ΑΓΟ	861,69	2,56
ΟΙΚ	150,32	0,45
ΓΚΑ	9.340,82	27,70
ΓΚΕ	537,92	1,60
ΛΧΡ	157,86	0,47
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	33.724,58	100

Πίνακας 19. Κοινό εμβαδόν της κατηγορίας θαμνότοποι από τα αποτελέσματα της ταξινόμησης του Landsat TM 2009, με κάθε περιοχή γης της Βοιωτίας.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ	ΘΑΜΝΟΤΟΠΟΙ (ΗΑ)	ΘΑΜΝΟΤΟΠΟΙ (%)
ΕΛΑ	4.543,32	5,25
ΠΜΑ	59,23	0,07
ΠΧΑ	2.336,02	2,70
ΠΘΑ	52,64	0,06
ΚΠΡ	14,67	0,02
ΑΡΚ	20,36	0,02
ΔΡΥ	577,78	0,67
ΠΑΡ	7,91	0,01
ΘΑΜ	50.571,69	58,39
ΛΙΒ	4.188,46	4,84
ΑΓΟ	703,82	0,81
ΟΙΚ	553,50	0,64
ΓΚΑ	21.054,65	24,31
ΓΚΕ	1.833,63	2,12
ΛΧΡ	92,15	0,11
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	86.609,83	100

Πίνακας 20. Κοινό εμβαδόν των κατηγοριών θαμνότοποι και λιβάδια από τα αποτελέσματα της ταξινόμησης του Landsat TM 2009, με κάθε περιοχή γης της Βοιωτίας.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ	ΛΙΒΑΔΙΑ ΚΑΙ ΘΑΜΝΟΤΟΠΟΙ (ΗΑ)	ΛΙΒΑΔΙΑ ΚΑΙ ΘΑΜΝΟΤΟΠΟΙ (%)
ΕΛΑ	6.929,23	5,76
ΠΜΑ	59,23	0,05
ΠΧΑ	4.335,93	3,60
ΠΘΑ	57,59	0,05
ΚΠΡ	14,67	0,01
ΑΡΚ	30,05	0,02
ΔΡΥ	645,78	0,54
ΠΑΡ	10,30	0,01
ΘΑΜ	64.492,60	53,59
ΛΙΒ	8.472,64	7,04
ΑΓΟ	1.565,51	1,30
ΟΙΚ	703,82	0,58
ΓΚΑ	30.395,47	25,26
ΓΚΕ	2.371,55	1,97
ΛΧΡ	250,01	0,21
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	120.334,38	100

Το επόμενο βήμα ήταν να υπολογιστεί η σύμπτωση των αποτελεσμάτων των εκτάσεων των κατηγοριών των θαμνότοπων και των λιβαδιών που προέκυψαν από την ανίχνευση της ταξινόμησης της εικόνας του 2009 με τις τάξεις της πυκνότητας της συγκόμωσης της κατηγορίας των θάμνων του διανυσματικού αρχείου με αυτό με τους κωδικούς βλάστησης και τις χρήσεις γης. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε ένα διανυσματικό αρχείο που δημιουργήθηκε νωρίτερα, αυτό του κοινού εμβαδόν της κατηγορίας των λιβαδιών της ταξινομημένης εικόνας του 2009 με την κατηγορία των θάμνων από αυτό με τους κωδικούς βλάστησης και τις χρήσεις γης. Με την εφαρμογή της επιλογής *select by attributes* διαχωρίστηκαν οι περιοχές των θάμνων με συγκόμωση 10-40%, 40-70% και 70-100% και αποθηκεύτηκαν σε τρία νέα αρχεία. Η ίδια μεθοδολογία ακολουθήθηκε και για την κατηγορία των θαμνότοπων. Με τους πίνακες 20 και 21 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της σύμπτωσης.

Πίνακας 21. Κοινό εμβαδόν έκτασης των λιβαδιών της εικόνας του 2009 σε εκτάρια με την κατηγορία των θάμνων ανά ποσοστό συγκόμωσης τους.

ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΓΚΟΜΩΣΗΣ ΘΑΜΝΩΝ (%)	ΚΟΙΝΟ ΕΜΒΑΔΟΝ ΕΚΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΛΙΒΑΔΙΩΝ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΟΥ 2009 (HA)
10-40	7.205,35
40-70	6.127,44
70-100	588,12

Πίνακας 22. Κοινό εμβαδόν έκτασης των θαμνότοπων της εικόνας του 2009 σε εκτάρια με την κατηγορία των θάμνων ανά ποσοστό συγκόμωσης τους.

ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΓΚΟΜΩΣΗΣ ΘΑΜΝΩΝ (%)	ΚΟΙΝΟ ΕΜΒΑΔΟΝ ΕΚΤΑΣΗΣ ΘΑΜΝΟΤΟΠΩΝ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ 2009 (HA)
10-40	18.355,31
40-70	26.516,24
70-100	5.700,14

Σε αυτό το σημείο παρουσιάζεται η χωρική ανάλυση και σύγκριση που διεκπεραιώθηκε και αφορά τους βοσκότοπους που είχαν δηλωθεί από τους παραγωγούς στο ΥΠΑΑΤ τις χρονιές 2003 και 2007, όπως προαναφέρθηκε. Σκοπός είναι να αποδοθεί η σύμπτωση των εκτάσεων αυτών με τις τάξεις κάλυψης γης που προέκυψαν από τα αποτελέσματα της ταξινόμησης της εικόνας του 2009.

Αρχικά, εφαρμόστηκε η εντολή *intersect* μεταξύ των διανυσματικών αρχείων των δηλωμένων βοσκότοπων και του προϊόντος της εικόνας του 2009. Με αυτήν την πράξη δημιουργήθηκε ένα νέο αρχείο με τις κοινές εκτάσεις τους. Από το *attribute*

table του επιπέδου αυτού του αρχείου και εφαρμόζοντας την επιλογή `select by attributes` διαχωρίστηκαν οι τάξεις των βοσκοτόπων. Δημιουργήθηκαν τρία νέα αρχεία και με το κάθε ένα να εμπεριέχει τις πληροφορίες των κοινών εκτάσεων με τις κατηγορίες των χρήσεων γης της ταξινομημένης εικόνας του 2009. Ακολούθως, υπολογίστηκε η έκταση που καταλαμβάνουν τα σύνολα των πολυγώνων του κάθε νέου αρχείου. Δημιουργήθηκε ένα νέο πεδίο στο `attribute table`, ονομάστηκε «EMVADON», υπολογίστηκε το εμβαδόν σε τμ από την επιλογή `calculate geometry`, επιλέχθηκε η εντολή `statistics` και καταχωρήθηκε το άθροισμα. Πάλι με την χρήση του Excel έγιναν υπολογισμοί, οι εκτάσεις μετατράπηκαν σε εκτάρια και τα αποτελέσματα καταχωρήθηκαν στους πίνακες 22 και 23.

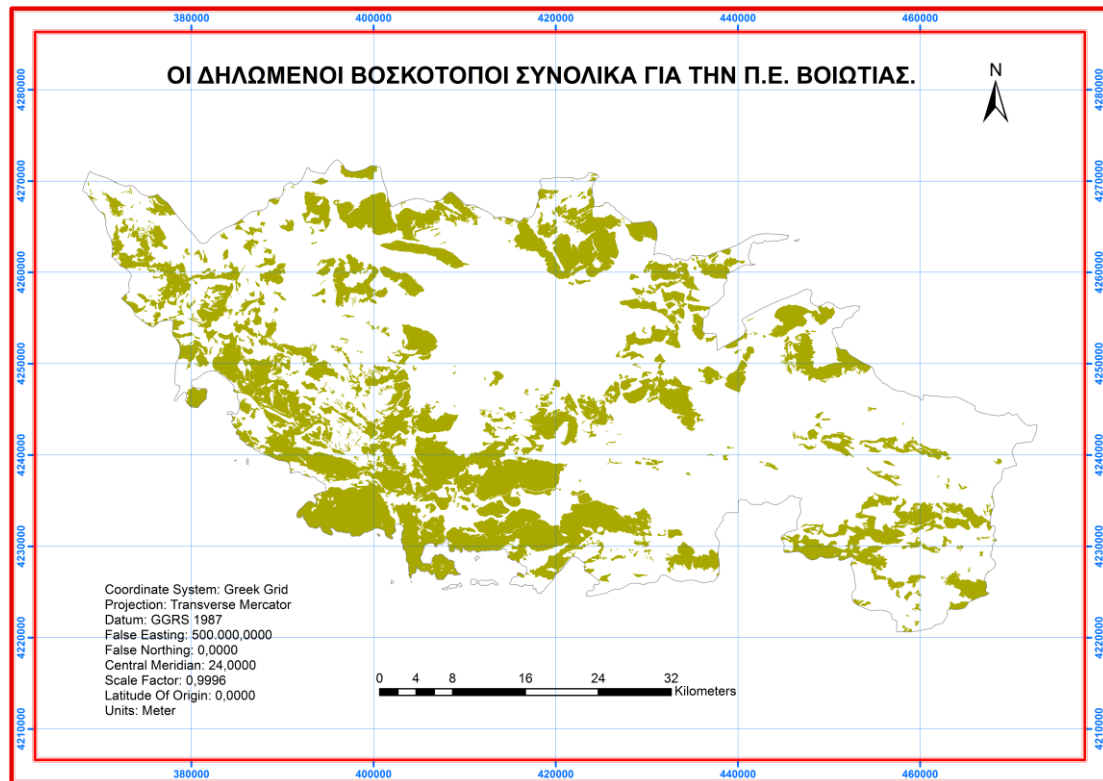
Πίνακας 23. Ποσοστιαία σύμπτωση κατηγοριών ταξινόμησης εικόνας 2009 με τις κατηγορίες των δηλωμένων βοσκότοπων στο ΥΠΑΑΤ.

	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	ΦΥΛΛΟΒΟΛΟ ΔΑΣΟΣ	ΑΕΙΘΑΛΕΣ ΔΑΣΟΣ	ΛΙΒΑΔΙΑ	ΘΑΜΝΟΤΟΠΟΙ	ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΔΟΜΗΜΕΝΑ	ΝΕΡΟ	ΑΤΑΞΙΝΟΜΗΤΟ	ΟΛΙΚΟ
ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ 2003 (%)	14,68%	10,29%	5,34%	14,01%	53,81%	1,46%	0,35%	0,05%	100%
ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ 2007 (%)	15,08%	13,16%	4,21%	14,61%	50,84%	1,72%	0,30%	0,08%	100%
ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ ΟΧΙ 2003_2007 (%)	11,79%	13,97%	5,00%	19,60%	45,56%	1,78%	2,17%	0,12%	100%

Πίνακας 24. Σύμπτωση σε έκταση των κατηγοριών ταξινόμησης εικόνας 2009 με τις κατηγορίες των δηλωμένων βοσκότοπων στο ΥΠΑΑΤ.

	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	ΦΥΛΛΟΒΟΛΟ ΔΑΣΟΣ	ΑΕΙΘΑΛΕΣ ΔΑΣΟΣ	ΛΙΒΑΔΙΑ	ΘΑΜΝΟΤΟΠΟΙ	ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΔΟΜΗΜΕΝΑ	ΝΕΡΟ	ΑΤΑΞΙΝΟΜΗΤΟ	ΟΛΙΚΟ
ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ 2003 (HA)	2.431,16	1.703,58	884,52	2.319,94	8.911,41	242,49	58,54	8,46	16.560,12
ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ 2007 (HA)	4.954,20	4.322,99	1.381,73	4.798,56	16.697,09	563,93	98,69	26,04	32.843,23
ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ ΟΧΙ 2003_2007 (HA)	4.570,90	5.413,72	1.937,88	7.596,81	17.657,46	689,39	842,52	47,89	38.756,56

Έπειτα, υπολογίστηκε το εμβαδόν των εκτάσεων που καταλαμβάνουν οι δηλωμένοι βοσκότοποι στο σύνολο τους δημιουργώντας ένα νέο πεδίο «EMVADON» στο attribute table. Υπολογίζοντας την γεωμετρία τους σε εκτάρια και το άθροισμα τους από την επιλογή statistics προέκυψε ότι καλύπτει έκταση 88.159,91 εκτάρια. Στην εικόνα 24 παρουσιάζεται χάρτης που δημιουργήθηκε:



Εικόνα 26. Οι δηλωμένοι βοσκότοποι που βρίσκονται στην Π.Ε. Βοιωτίας.

Επίσης, τα δύο διανυσματικά αρχεία που αποκτήθηκαν από το ΥΠΑΑΤ επεξεργάστηκαν με τέτοιο τρόπο, ώστε να υπολογιστεί η γεωμετρία της έκτασης που καλύπτουν οι κατηγορίες που αυτά περιέχουν. Στο πρώτο αρχείο, που αφορά τους κωδικούς βλάστησης και τις χρήσεις γης από αεροφωτογραφία χρονολογίας περίπου του 1990, έγινε διαχωρισμός των κατηγοριών σε νέα αρχεία από το attribute table με την επιλογή select by attributes ώστε να απομονωθούν οι πληροφορίες τους. Ακόμα, δημιουργήθηκε ένα νέο πεδίο «EMVADON» στο attribute table, υπολογίστηκε η γεωμετρία τους σε εκτάρια και το άθροισμα τους από την επιλογή statistics. Στη συνέχεια, καταχωρήθηκαν τα εμβαδά των εκτάσεων της κάθε κατηγορίας στο Excel, έγιναν υπολογισμοί και υπολογίστηκαν τα ποσοστά της κάλυψης γης της κάθε κατηγορίας για την χρονολογία του 1990. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για

το δεύτερο διανυσματικό αρχείο. το οποίο αφορά τους δηλωμένους βοσκότοπους στο ΥΠΑΑΤ, χωρίς την πραγματοποίηση του υπολογισμού των ποσοστών στο λογισμικό Excel. Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες που δημιουργήθηκαν:

Πίνακας 25. Κωδικοί βλάστησης και χρήσεων γης, η επεξήγηση τους και η έκταση που καλύπτουν σε εκτάρια και σε ποσοστό για την Π.Ε. Βοιωτίας.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ	ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ	ΕΚΤΑΣΗ (ha)	ΕΚΤΑΣΗ (%)
ΕΛΑ	Ελάτη	17.635,58	5,99
ΠΜΑ	Πεύκη μαύρη	152,76	0,05
ΠΧΑ	Πεύκη χαλέπιος	13.336,70	4,53
ΠΘΑ	Πεύκη θαλασσία	139,86	0,05
ΚΠΡ	Κυπαρίσσι	19,98	0,01
ΑΡΚ	Άρκευθος	102,80	0,03
ΔΡΥ	Δρυς	2.294,68	0,78
ΠΑΡ	Παραποτάμια βλάστηση	56,77	0,02
ΘΑΜ	Θάμνοι	107.262,44	36,40
ΛΙΒ	Λιβάδια, αραιά ξυλ. βλάστηση	13.792,41	4,68
ΑΓΟ	Άγονα	4.250,61	1,44
ΟΙΚ	Οικισμοί	3.299,40	1,12
ΓΚΑ	Γεωργ. καλλιέργειες	126.672,27	42,99
ΓΚΕ	Γεωργ. καλλιέργειες εγκατ.	4.608,14	1,56
ΛΧΡ	Λίμνη	1.025,02	0,35
ΣΥΝΟΛΟ		294.649,50	100

Πίνακας 26. Κατηγορίες δηλωμένων βοσκοτόπων, η επεξήγηση τους και η έκταση που καλύπτουν σε εκτάρια για την Π.Ε. Βοιωτίας.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΗΛΩΜΕΝΩΝ ΒΟΣΚΟΤΟΠΩΝ	ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ	ΕΚΤΑΣΗ (ha)
Βοσκότοποι 2003	Βοσκότοποι δηλωμένοι το 2003	16.560,12
Βοσκότοποι 2007	Βοσκότοποι δηλωμένοι το 2003 και το 2007 ή μόνο το 2007	32.843,22
Βοσκότοποι όχι 2003_2007	Βοσκότοποι οι οποίοι δεν είχαν δηλωθεί ούτε το 2003 ούτε το 2007	38.756,56

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στη παρούσα μελέτη ο πρωταρχικός στόχος ήταν η ταξινόμηση της καλύψης γης της Περιφερειακής ενότητας της Βοιωτίας με τη χρήση του αλγορίθμου μέγιστης πιθανοφάνειας, επιβλεπόμενης ταξινόμησης για 2 χρονολογίες. Η μία αφορούσε εικόνα του 2009, από τη διαστημική πλατφόρμα Landsat 5 TM και η δεύτερη εικόνα του 2015 από το Landsat 8 OLI και επιλέχθηκαν προκειμένου να χαρτογραφηθούν οι αλλαγές της κάλυψης γης. Ο αλγόριθμος της μέγιστης πιθανοφάνειας παρουσίασε υψηλό ποσοστό ακριβείας και στις δύο εικόνες όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

6.1 Ταξινόμηση

Από την απόκτηση της πρώτης εικόνας Landsat στις αρχές του 1970, έχουν αναπτυχθεί πολυάριθμοι αλγόριθμοι ταξινόμησης. (Townshed, 1992). Ο ταξινομητής της μέγιστης πιθανοφάνειας είναι ένας παραμετρικός ταξινομητής και είναι από τους πιο ευρέως χρησιμοποιούμενους. (Dixon and Candade, 2007; Hansen et al., 1996). Σε μία έρευνα των Fei Yuan et al., (2005), αναπτύχθηκε μια μεθοδολογία για την χαρτογράφηση και παρακολούθηση των αλλαγών χρήσης γης χρησιμοποιώντας δεδομένα θεματικού χάρτη Landsat TM τεσσάρων διαφορετικών χρονολογιών στη μητροπολίτικη περιοχή της Μινεσότα. Η αξιολόγηση ακριβείας ξεπέρασε το 94% για όλες τις χρονιές και η αξιολόγηση ακριβείας της μεθόδου αλλαγής της χρήσης γης κυμάνθηκε από 80-90%. Τα αποτελέσματα ποσοτικοποιούν την διάταξη των αλλαγών τη χρήσης γης στην μετροπολίτικη περιοχή και αποδεικνύουν την δυναμική των πολυχρονικών δεδομένων Landsat στο να παρέχουν ακριβή και οικονομικά μέσα στην χαρτογράφηση και ανάλυση των αλλαγών χρήσης γης μέσα στα χρόνια, τα οποία μπορεί να χρησιμοποιηθούν στην διαχείριση της γης και στην πολιτική αποφάσεων. Παρά ταύτα, σε σύγκριση με άλλες εργασίες, άλλοι αλγόριθμοι απέφεραν καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση αυτόν του ταξινομητή της μέγιστης πιθανοφάνειας. Στην εργασία των Devadasa et al., (2012), διαπιστώθηκε ότι ο αλγόριθμος διανύσματος υποστήριξης μηχανής (SVM) έφερε καλύτερα αποτελέσματα σε σύγκριση με τον αλγόριθμο μέγιστης πιθανοφάνειας (ML). Μελέτες έχουν αποδείξει καλά το διακριτό

πλεονέκτημα των αντικειμενοστρεφών μεθόδων (object – based), έναντι αυτών που έχουν ως βασική μονάδα χωρικής ανάλυσης το εικονοστοιχείο (pixel – based) λαμβάνοντας υπόψη την πολυπλοκότητα της ενδοφασματικής ετερογένειας και της φασματικής ανάμιξης. (Castillejo-González et al., 2009; Peña-Barragán et al., 2011). Σε μία άλλη περίπτωση, η συνολική ακρίβεια του ταξινομητή ANN ξεπέρασε κατά 3,31% τον SVM σε υπερφασματική εικόνα Hyperion σε έρευνα των Petropoulos et al., (2011). Οσον αφορά την απόδοση των δεδομένων από αισθητήρες Landsat σε συνδυασμό με τις μεθόδους ταξινόμησης, Kun Jiaa et al., (2014) έκαναν μία μελέτη στο Beijing της Κίνας χρησιμοποιώντας τους ταξινομητές ML και SVM και απέδειξαν ότι α) η ποιότητα των δεδομένων OLI ήταν ελαφρώς καλύτερη από του ETM στις ορατές μπάντες, ειδικά στο φάσμα του κοντινού υπέρυθρου του OLI, το οποίο είχε σαφή βελτίωση. Ωστόσο, ξεκάθαρη βελτίωση δεν διαπιστώθηκε στο φάσμα του βραχέως υπέρυθρου. Επιπλέον, β) τα δεδομένα OLI είχαν μια ικανοποιητική απόδοση στην ταξινόμηση κάλυψης γης. Σε άλλη μελέτη για την βελτίωση των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης στην κατηγορία του αστικού ιστού, των βοσκοτόπων και των δασών οι Kurlich et al., (2010) επεξεργάστηκαν εικόνες TM και SAR. Αυτές οι εικόνες εγγράφηκαν και μετατράπηκαν χρησιμοποιώντας τα κύρια συστατικά της μετατροπής. Οι εικόνες SAR φιλτραρίστηκαν χρησιμοποιώντας ένα μέσο φίλτρο. Τα βασικά συστατικά προήλθαν από τις φιλτραρισμένες SAR, SAR, TM και τις εγγεγραμμένες στο ίδιο προβολικό σύστημα TM/SAR και TM/SAR φιλτραρισμένες εικόνες οι οποίες ταξινομήθηκαν χρησιμοποιώντας την προσέγγιση της μέγιστης πιθανοφάνειας. Έγιναν δοκιμές για την καλύτερη προσαρμογή για να αξιολογηθούν οι στατιστικές ιδιότητες των εικόνων. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική βελτίωση. **Για την καλύτερη ανάδειξη των πληροφοριών που περιέχονται στα δεδομένα των εικόνων που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτήν την εργασία και την βελτίωση της διαχωριστικότητας των υπογραφών τους, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν φασματικοί λόγοι και δείκτες βλάστησης πριν την διαδικασία της ταξινόμησης. Με αυτήν την μέθοδο γίνεται αποτελεσματικότερη η διάκριση των φασματικών χαρακτηριστικών των υλικών της επιφάνειας και βελτίωση της ανάλυσης της βλάστησης και στοχεύονται καλύτερα αποτελέσματα στην αξιολόγηση ακριβείας.** Ένας τρόπος βελτίωσης της φασματικής διακριτότητας, προέκυψε από την έρευνα της βιβλιογραφίας. Στην μελέτη των Liu et al., (2003) για την εκτίμηση της

υποβάθμισης των λιβαδιών λήφθηκαν επί τόπου δείγματα από την βλάστηση της περιοχής και υπολόγησαν την φασματική τους ανάκλαση με φασματόμετρο. Υπολόγισαν 10 φασματικούς δείκτες που προέρχονται από τις μπάντες 3 και 4 εικόνας Landsat TM και από τα δεδομένα φασματικής ανάκλασης στα μήκη κύματος που απαντούν πιο κοντά σε αυτά των TM3 και TM4. Η ανάλυση της παλινδρόμησης έδειξε ότι ο NDVI και ο SAVI είναι οι πιο αξιόπιστοι δείκτες της κάλυψης των λιβαδιών και της υποβάθμισης τους. Επίσης, οι εικόνες TM σε συνδυασμό με τα επιτόπια δείγματα της βλάστησης και των δεδομένων των φασμάτων ανάκλασης πέτυχαν την αποτελεσματική και ακριβή αξιολόγηση της υποβάθμισης των λιβαδιών.

6.2 Αλλαγές χρήσεων/κάλυψης γης

Μετά από μελέτη όλων των παραπάνω αποτελεσμάτων, χαρτών και πινάκων, εμφανίστηκαν αξιόλογα στοιχεία για την περιοχή μελέτης. Από αυτά εξάγεται το συμπέρασμα ότι κυριαρχούσα κατηγορία κάλυψης/χρήσης γης της Π.Ε. Βοιωτίας είναι οι αγροτικές καλλιέργειες και για τις δύο χρονολογίες με ποσοστό 34,42% το 2009 και 36,25% το 2015.

Σχετικά με τις δασικές εκτάσεις των φυλλοβόλων δασών, των αειθαλών δασών και των θαμνότοπων, το 2009 το άθροισμα τους αντιπροσωπεύει το 48,79% και το 2015 το 43,5%. Παρατηρείται δηλαδή σε αυτά τα 6 χρόνια μία μείωση κατά 5,29 εκατοστιαίες μονάδες στην έκταση που καλύπτουν τα δασικά οικοσυστήματα. Δύο σημαντικές από δασοπονικής πλευράς κατηγορίες, τα φυλλοβόλα και τα αειθαλή δάση, εμφανίζουν ενδιαφέρουσα αλλαγή. Η πρώτη κατηγορία ενώ το 2009 καταλαμβάνει 35.069 εκτάρια (11,87%) το 2015 εμφάνισε μείωση και καλύπτει πλέον 19.496 εκτάρια (6,60%). Η δεύτερη κατηγορία εμφανίζει σταδιακή αύξηση διαχρονικά και ενώ το 2009 καταλαμβάνει 22.331 εκτάρια (7,56%) το 2015 ανέρχεται στα 29.785 εκτάρια (10,08%). Οι θαμνότοποι μειώθηκαν από 86.754 εκτάρια (29,36%) σε 79.264 εκτάρια (26,82%) και τα λιβάδια αυξήθηκαν από 34.019 εκτάρια (11,51%) σε 44.014 εκτάρια (14,89%). Κατά τη μελέτη του χάρτη της αλλαγής της κάλυψης γης 2009-2015 παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στην περιοχή του Δήμου Λιβαδειάς, όπου τα φυλλοβόλα δάση εμφανίζονται κυρίως ως θαμνότοποι και λιβάδια και σε μικρότερη έκταση τα αειθαλή δάση να ανιχνεύονται ως θαμνότοποι.

Αυτό μάλλον οφείλεται στην πυρκαγιά που ξέσπασε το 2013 στην περιοχή ανάμεσα στα χωριά Χαϊρώνεια, Άγιος Βλάσσης, Τσουκαλάδες και Πέρα Χωριό.

Οι αγροτικές καλλιέργειες παρουσιάζουν άνοδο από 34,42% καλύπτοντας επιφάνεια 101.716 εκταρίων σε ποσοστό 36,25% και έκταση 107.123 εκτάρια. Παρατηρούμε ότι οι κάτοικοι της περιοχής διαχρονικά όχι μόνο δεν εγκατέλειψαν τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις, αλλά τις αύξησαν. Η οικονομία της Π.Ε. Βοιωτίας βασίζεται κυρίως στον πρωτογενή τομέα. Η έναρξη της οικονομικής κρίσης το 2009 ίσως ήταν ένα σημαντικό κίνητρο για τους νέους να στραφούν στις αγροτικές καλλιέργειες.

Οι αστικές και οικοδομημένες εκτάσεις παρουσίασαν αύξηση της τάξης μόλις του 0,09% και από 12.280 εκτάρια καλύπτουν 12.566 εκτάρια. Η πολεοδομική και κατασκευαστική δραστηριότητα της περιοχής αυξήθηκε σε ελάχιστο βαθμό. Η Π.Ε. της Βοιωτίας δεν βρίσκεται σε εποχή έντονης πολεοδομικής ανάπτυξης και αυτό πιθανόν οφείλεται στην έναρξη της οικονομικής κρίσης το 2009.

Στη συγκεκριμένη εργασία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος είναι οι κατηγορίες των λιβαδιών και των θαμνότοπων γιατί είναι περιοχές που ενδείκνυνται ως βοσκότοποι και οι οποίες επεξεργάστηκαν περαιτέρω για την εξαγωγή σημαντικών πληροφοριών. Οι μεγαλύτερες αλλαγές σε αυτές τις κατηγορίες παρουσιάστηκαν στις εκτάσεις των καλλιεργειών και των θαμνότοπων οι οποίες μετατράπηκαν σε λιβάδια και οι οποίες καλύπτουν επιφάνεια 10.929 εκτάρια (3,69%) και 12.348 εκτάρια (4,17%) αντίστοιχα. Οι σημαντικότερες μετατροπές σε θαμνότοπους έγιναν από την κατηγορία των φυλλοβόλων δασών, (11.666 εκτάρια ή 3,94%), από τα λιβάδια (6.168 εκτάρια ή 2,08%) και από τις καλλιέργειες (3.499 εκτάρια ή 1,18%).

Για για το χρονικό διάστημα αναφοράς (2009 – 2015) χρειάζεται να αναφερθεί ότι πρόκειται για εκτάσεις στις οποίες δεν υπήρξαν σημαντικά γεγονότα φυσικών καταστροφών πέρα από την πυρκαγιά στον Δήμο Λιβαδειάς το 2013. **Επίσης είναι σκόπιμο να λάβουμε υπόψιν μας την αβεβαιότητα που παρουσίασαν οι φασματικές υπογραφές μεταξύ ορισμένων κατηγοριών ιδιαίτερα των τάξεων των λιβαδιών, θαμνότοπων, των φυλλοβόλων δασών, των αειθαλών δασών και των καλλιεργειών της ταξινόμησης της εικόνας Landsat TM του 2009, οι οποίες επηρεάζουν την ακρίβεια του αποτελέσματος της ταξινόμησης και κατά συνέπεια της χαρτογράφησης της αλλαγής της κάλυψης γης. Αυτό διαφαίνεται από τα αποτελέσματα της αναφοράς διαχωριστικότητας ROI για τα σημεία εκπαίδευσης**

και την ακρίβεια του αλγορίθμου μέγιστης πιθανοφάνειας μεταξύ των κατηγοριών κάλυψης γης.

6.3 Ανάλυση και σύγκριση της κάλυψης και χρήσεων γης, που χαρτογραφήθηκαν, με προϋπάρχοντα δεδομένα

Στη συνέχεια, αυτή γίνεται αναφορά στην χωρική ανάλυση και σύγκριση της κάλυψης και χρήσεων γης που χαρτογραφήθηκαν για την παρούσα μελέτη και των προϋπάρχοντων δεδομένων. Σε πρώτο στάδιο αναλύθηκαν οι εκτάσεις των θαμνότοπων και των λιβαδιών, ανά Δήμο της Βοιωτίας. Στο δεύτερο στάδιο, συγκρίθηκαν χωρικά με δεδομένα κατηγοριών βλάστησης και χρήσεων γης από ψηφιοποιημένο ορθοφωτοχάρτη που χρονολογείται περίπου στο 1990 και σε τρίτο στάδιο εξετάστηκαν συγκριτικά με τις εκτάσεις των δηλωμένων βοσκοτόπων.

Οι μεθοδολογίες της ταξινόμησης και της χαρτογράφησης που ακολουθήθηκαν στα δεδομένα των δύο παλαιότερων διανυσματικών αρχείων δεν έγιναν γνωστές. Οι διαφορετικές μεθοδολογίες είναι γνωστό ότι συνήθως οδηγούν σε απόκλιση μεταξύ των αποτελεσμάτων και αυτό μπορεί να δικαιολογήσει, εν μέρει την απόκλιση στην σύμπτωση των εκτάσεων που συγκρίθηκαν μετέπειτα.

Αρχικά, γίνεται αναφορά των εκτάσεων των θαμνότοπων και των λιβαδιών ανά Δήμο της Βοιωτίας. Σε όλη την περιφερειακή ενότητα οι θαμνότοποι και τα λιβάδια καλύπτουν μαζί εμβαδόν 120.521,64 εκτάρια (40,87%). Ο Δήμος με την μεγαλύτερη κάλυψη τους είναι ο Δήμος Διστόμου-Αράχωβας-Αντίκυρας με 16.092,26 εκτάρια (54,78%), έπειτα ο Δήμος Λιβαδεών με 33.190,43 εκτάρια (48,14%), ο Δήμος Θηβαίων με 34.625,53 εκτάρια (41,76%). Ο Δήμος Ορχομενού με 14.653,64 εκτάρια (35,06%), ο Δήμος Αλιάρτου με 8.506,27 εκτάρια (32,91%) και ο Δήμος Τανάγρας με 13.453,51 εκτάρια (29,24%).

Σε δεύτερο στάδιο πραγματοποιήθηκε χωρική σύγκριση των κατηγοριών βλάστησης και χρήσεων γης με τις κατηγορίες των θαμνότοπων και των λιβαδιών από την ταξινόμηση της εικόνας του 2009. Η κατηγοριοποίηση της βλάστησης και των χρήσεων γης των παλαιότερων δεδομένων προήλθε από ορθοφωτοχάρτη που λήφθηκε πριν 26 χρόνια και αυτό καθιστά σαφές ότι πρέπει να αναμένεται η

χωροχρονική μετατροπή τους. Επομένως, παρουσιάζει ενδιαφέρον η παρατήρηση τους ειδικά των κατηγοριών που θα μπορούσαν να είναι βοσκότοποι, σε σύγκριση με την ανίχνευση των κατηγοριών των θαμνότοπων και των λιβαδιών από μια ταξινόμηση εικόνας του 2009. Από τα αποτελέσματα παρατηρούμε ότι οι περιοχές των λιβαδιών της Βοιωτίας του 2009 συμπίπτουν μόλις για 4.284,18 εκτάρια ή σε ποσοστό 12,90% με τις περιοχές των λιβαδιών του 1990. Με τις γεωργικές καλλιέργειες συμπίπτουν για 9.340,82 εκτάρια ή σε ποσοστό 27,70% και με τις περιοχές των θάμνων σε έκταση 13.920,91 εκταρίων ή 41,28%, όπου και επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη σύμπτωση. Όσον αφορά τα αποτελέσματα σύμπτωσης των θαμνότοπων της ταξινόμησης της εικόνας του 2009 με του 1990, παρατηρούμε ότι συνέπεσε κατά 50.571,69 εκτάρια και σε ποσοστό 58,39% με τις περιοχές των θάμνων, 4.188,46 εκτάρια και σε ποσοστό 4,84% με τις περιοχές των λιβαδιών και 21.054,65 και σε ποσοστό 24,31% με τις αγροτικές καλλιέργειες.

Η τάξη των θάμνων της εικόνας του 1990 διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες συγκόμωσης. Οι θαμνότοποι που προέκυψαν από την επεξεργασία της εικόνας του 2009 συνέπεσαν με αυτήν του 1990 κατά 18.355,31 εκτάρια στην κατηγορία 10-40%, στην κατηγορία 40-70% κατά 26.516,24 εκτάρια και σε εκείνη του 70-100% κατά 5.700,14 εκτάρια ενώ, τα λιβάδια του 2009 συνέπεσαν κατά 7.205,35 εκτάρια, 6.127,44 εκτάρια και 588,12 εκτάρια, αντίστοιχα.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η ανάλυση που έγινε για τους ήδη γνωστούς βοσκότοπους στην Βοιωτία οι οποίοι έχουν δηλωθεί στο ΥΠΑΑΤ σε σύγκριση με τις κατηγορίες που προέκυψαν από την ταξινόμηση της εικόνας για την παρούσα μελέτη. Η χαρτογράφησή τους σε αντίθεση με την παραπάνω σχολιαζόμενη καταγραφή πραγματοποιήθηκε κοντά στο έτος 2009. Οι δηλωμένοι το 2003 εμφανίζουν σύμπτωση σε έκταση 8.911,41 εκταρίων (53,81%) με τους θαμνότοπους, κατά 2.319,94 εκτάρια (14,01%) με τα λιβάδια, κατά 2.431,16 εκτάρια (14,68%) με τις καλλιέργειες, κατά 1.703,58 εκτάρια (10,29%) με τα φυλλοβόλα δάση, κατά 884,52 εκτάρια (5,34%) με τα αειθαλή δάση και κατά 242,49 εκτάρια (1,46%) με τον αστικό ιστό και τα οικοδομημένα. Οι δηλωμένοι το 2003 και το 2007 ή μόνο το 2007 εμφανίζουν σύμπτωση κατά 16.697,09 εκτάρια (53,81%) με τους θαμνότοπους, κατά 4.798,56 εκτάρια (14,61%) με τα λιβάδια, κατά 4.954,20 εκτάρια (15,08%) με τις καλλιέργειες, κατά 4.322,99 εκτάρια (13,16%) με τα φυλλοβόλα δάση, κατά 1.381,73

εκτάρια (4,21%) με τα αειθαλή δάση και κατά 563,93 εκτάρια (1,72%) με τον αστικό ιστό και τα οικοδομημένα. Οι βοσκότοποι οι οποίοι δεν είχαν δηλωθεί ούτε το 2003 ούτε το 2007 εμφανίζουν σύμπτωση κατά 17.657,46 εκτάρια (45,56%) με τους θαμνότοπους, κατά 7.596,81 εκτάρια (19,60%) με τα λιβάδια, κατά 4.570,90 εκτάρια (11,79%) με τις καλλιέργειες, κατά 5.413,72 εκτάρια (13,97%) με τα φυλλοβόλα δάση, κατά 1.937,88 εκτάρια (5,00%) με τα αειθαλή δάση, κατά 689,39 εκτάρια (1,78%) με τον αστικό ιστό και τα οικοδομημένα. Παρατηρούμε ότι μεγάλες εκτάσεις των βοσκοτόπων έχουν συμπέσει στις καλλιέργειες γεγονός που οφείλεται από τη μία πλευρά, στο ότι ανήκουν στα αγροδασολιβαδικά συστήματα και από την άλλη πλευρά, στη σύγχυση των φασματικών υπογραφών και στην αυξημένη συσχέτιση των περιοχών που επιλέγονται ως περιοχές εκπαίδευσης. Επίσης μεγάλη σύμπτωση παρατηρείται και με τις κατηγορίες των φυλλοβόλων και αειθαλών δασών. Εκτός από τα θαμνολίβαδα και τα ποολίβαδα υπάρχει ακόμα μία κατηγορία λιβαδιών η οποία δεν ήταν στους στόχους της μελέτης αυτής και δεν αναλύθηκε και αφορά τα δασολίβαδα. Αυτές είναι λιβαδικές εκτάσεις μέσα στις οποίες φύονται διεσπαρμένα αραιές ή πυκνότερες συδενδρίες ή λόχμες δασικής βλάστησης που όμως παρουσιάζουν αρκετά κενά με χαμηλή βλάστηση. Ο τύπος αυτός περιέχει δασικά δέντρα και η σημαντική χρήση του είναι η παραγωγή βοσκήσιμης ύλης και τα δέντρα αυτά αποτελούν έναν ανώροφο με κάλυψη το 30-40% του εδάφους. Η σύμπτωση των εκτάσεων αυτών με τα χαρακτηριζόμενα δάση στην παρούσα μελέτη πιθανόν να οφείλεται σε αυτήν την ιδιαίτερη κατηγορία.

Τέλος, αναφέρονται οι εκτάσεις της Π.Ε. Βοιωτίας που καλύπτουν οι κατηγορίες βλάστησης και χρήσεων γης του διανυσματικού αρχείου που προέκυψε από επεξεργασία αεροφωτογραφίας χρονολογίας περίπου του 1990 και αποκτήθηκε από το ΥΠΑΑΤ, καθώς και οι εκτάσεις που καλύπτουν οι κατηγορίες βοσκοτόπων, οι οποίες αφορούν τις δηλώσεις τους από τους παραγωγούς για κάποιες χρονολογίες. Όσον αφορά το πρώτο αρχείο, σε όλη την περιφερειακή ενότητα η έκταση που καλύπτει η κατηγορία ελάτης έχει εμβαδόν 17.635,58 εκτάρια (5,99%), μαύρης πεύκης 152,76 εκτάρια (0,05%), χαλέπιου πεύκης 13.336,70 εκτάρια (4,53%) θαλασσίας πεύκης 139,86 εκτάρια (0,05%), κυπαρισσιού 19,98 εκτάρια (0,01%), άρκευθου 102,80 εκτάρια (0,03%), δρυός 2.294,68 εκτάρια (0,78%), παραποτάμιας

βλάστησης 56,77 εκτάρια (0,02%), θάμνων 107.262,44 εκτάρια (36,40%), λιβαδιών, αραιάς ξυλώδους βλάστησης 13.792,41 εκτάρια (4,68%), άγονων 4.250,61 εκτάρια (1,44%), οικισμοί 3.299,40 εκτάρια (1,12%), γεωργικών καλλιεργειών 126.672,27 εκτάσεις (42,99%), γεωργικών καλλιεργειών εγκαταλελειμμένων 4.608,14 εκτάρια (1,56%) και λίμνης 1.025,02 εκτάρια (0,35%). Οι κατηγορίες με την μεγαλύτερη κάλυψη είναι οι γεωργικές καλλιέργειες και οι θάμνοι. Σε σχέση με τους θάμνους παρατηρείται ότι η κατηγορία των λιβαδιών, αραιάς ξυλώδους βλάστησης καλύπτει πολύ μικρή έκταση στην Βοιωτία την χρονική περίοδο κοντά στο 1990. Η έκταση αυτών των δύο κατηγοριών μαζί ως περιοχές λιβαδικών οικοσυστημάτων καλύπτει εμβαδόν 121.054,85 εκτάρια (41,08%). Όσον αφορά το δεύτερο αρχείο, σε όλη την περιφερειακή ενότητα, η έκταση που καλύπτουν οι δηλωμένοι βοσκότοποι μόνο το 2003 έχουν εμβαδόν 16.560,12 εκτάρια, οι δηλωμένοι βοσκότοποι το 2003 και το 2007 ή μόνο το 2007 32.843,22 εκτάρια και οι βοσκότοποι οι οποίοι δεν είχαν δηλωθεί ούτε το 2003 ούτε το 2007 38.756,56 εκτάρια.

Η συγκεκριμένη εργασία προσανατολίζεται στα αποτελέσματα της ταξινόμησης των κατηγοριών των λιβαδιών και των θαμνότοπων ως δυνητικές περιοχές βοσκοτόπων. Αυτές είναι οι κατηγορίες οι οποίες σε τούτη την εργασία έχουν ενδιαφέρον σχετικά με τις ωφέλιμες υπηρεσίες που μπορούν να παρέχουν στον άνθρωπο.

Τα λιβάδια είναι ο μεγαλύτερος σε έκταση χερσαίος φυσικός πόρος της γης (Williams et. al., 1968) και η σημασία των εκτάσεων αυτών στη παραγωγή ζωικών προϊόντων είναι τεράστια (Box and Perry 1971, Hodgson 1972).

Στην Π.Ε. της Βοιωτίας τα λιβάδια και οι θαμνότοποι στο σύνολο τους, από τα αποτελέσματα της ταξινόμησης των εικόνων με τον αλγόριθμο της ML, εμφανίστηκε να ανέρχονται σε 120.774,56 εκτάρια για την εικόνα του 2009 και 123.278,32 εκτάρια για την εικόνα του 2015, τα οποία αντιπροσωπεύουν το 40,87% και το 41,71% της συνολικής επιφάνειας της Βοιωτίας αντίστοιχα. Η πρόσθεση στα νούμερα των δύο κατηγοριών αυτών προέκυψε διότι ανήκουν και οι θαμνότοποι στην κατηγορία των λιβαδικών εκτάσεων. Το μέγεθος το οποίο αντιπροσωπεύουν μαζί τα καθιστά τον μεγαλύτερο σε έκταση εδαφοπονικό πόρο της Βοιωτίας.

Σε αυτόν τον εδαφοπονικό πόρο γίνεται σημαντική παραγωγή αγαθών, όπως κτηνοτροφικών προϊόντων, αναψυχή και ευχαρίστηση του κυνηγιού, προστασία

εδαφών και αύξηση παραγωγής του χρησιμοποιήσιμου νερού, οι οποίες είναι ωφέλιμες υπηρεσίες τις οποίες προσφέρει το οικοσύστημα της περιοχής μελέτης.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.

7.1 Συμπεράσματα.

Η μελέτη αυτή είχε σκοπό να μελετήσει τα αποτελέσματα της ταξινόμησης της περιοχής της Περιφερειακής ενότητας της Βοιωτίας με τη χρήση του αλγόριθμου της μέγιστης πιθανοφάνειας και την διαχρονική αλλαγή κάλυψης και χρήσεων γης της περιοχής αυτής χρησιμοποιώντας δύο εικόνες δορυφορικές από τους αισθητήρες Landsat TM και Landsat OLI. Παράλληλα μέσα από την διαδικασία εξαγωγής της μελέτης αυτής, πραγματοποιήθηκε χωρική σύγκριση και ανάλυση των δεδομένων αυτών με διανυσματικά αρχεία κατηγοριών βλάστησης και χρήσεων γης και βοσκοτόπων που λήφθηκαν από το ΥΠΑΑΤ. Από αυτήν την εργασία προέκυψαν χρήσιμα συμπεράσματα που αποκομίστηκαν από όλο το εύρος της μεθοδολογίας και της ανάλυσης.

Στην περίπτωση αυτής της πτυχιακής εργασίας τα αποτελέσματα ακρίβειας του αλγόριθμου σε συνδυασμό με τις εικόνες των δύο διαφορετικών αισθητήρων κρίνονται σχεδόν ικανοποιητικά. Η ταξινόμηση της εικόνας Landsat TM 2009 πέτυχε υψηλότερα ποσοστά ακριβείας στις κατηγορίες των φυλλοβόλων δασών, αειθαλών δασών σε σχέση με της εικόνας Landsat OLI 2015 και χαμηλότερα στην κατηγορία των λιβαδιών. Η ταξινόμηση της εικόνας Landsat OLI 2015 πέτυχε υψηλότερα ποσοστά ακριβείας στην κατηγορία των καλλιεργειών από την εικόνα Landsat TM 2009. Στις κατηγορίες των θαμνότοπων και του αστικού ιστού και των οικοδομημένων δεν παρατηρήθηκε ιδιαίτερη απόκλιση σε σχέση με τις άλλες κατηγορίες.

Οι ταξινομημένοι χάρτες που προέκυψαν μετά την εφαρμογή του ταξινομητή της μέγιστης πιθανοφάνειας στις προεπεξεργασμένες εικόνες της περιοχής μελέτης ανέδειξαν ως κυριαρχούσα τάξη για τις δύο χρονολογίες, αυτή των καλλιεργειών η οποία αυξήθηκε εκτατικά και ποσοστιαία καλύπτοντας ανά έτος αναφοράς 34,42% το 2009 και 36,25% το 2015. Σημαντικό συμπέρασμα αποτελεί ότι το σύνολο των δασικών οικοσυστημάτων που αποτελείται τις από εκτάσεις των φυλλοβόλων δασών, των αειθαλών δασών και των θαμνότοπων μειώθηκε εκτατικά και ποσοστιαία από 48,79% το 2009 σε το 43,5% το 2015. Παρατηρείται δηλαδή σε αυτά τα 6 χρόνια

μια μειωτική τάση της τάξης του 5,29%, γεγονός που δείχνει ότι η δασική πυρκαγιά στο δήμο Λιβαδειάς μείωσε την κάλυψη τους και ότι εκχερσώθηκαν εκτάσεις θαμνότοπων.

Οι περιοχές των θαμνότοπων μειώθηκαν κατά 2,54% από 29,36% σε 26,82% και τα λιβάδια παρουσίασαν αυξητική τάση 3,38% από 11,51% σε 14,89%. Σημαντικές εκτάσεις λιβαδιών μετατράπηκαν σε καλλιέργειες λόγω της ανάγκης για απασχόληση στο συγκεκριμένο κομμάτι της πρωτογενούς παραγωγής και σε θαμνότοπους λόγω της φυσικής δάσωσης με το πέρασμα του χρόνου.

Έπειτα, τα αποτελέσματα της ταξινόμησης της εικόνας του 2009 αναλύθηκαν και συγκρίθηκαν με στοιχεία από τις δημόσιες υπηρεσίες. Σχετικά με τη χωρική ανάλυση ανά δήμο Βοιωτίας, ο δήμος με την μεγαλύτερη κάλυψη σε θαμνότοπους και λιβάδια είναι ο δήμος Διστόμου-Αράχωβας-Αντίκυρας με 54,78% της συνολικής έκτασης του δήμου και ο δήμος Τανάγρας, 29,24% με την μικρότερη κάλυψη.

Από τη χωρική σύγκριση με τα δεδομένα του διανυσματικού αρχείου, που ψηφιοποιήθηκε από εικόνα ορθοφωτοχάρτη χρονολογίας περίπου του 1990 και αφορά τις κατηγορίες βλάστησης και χρήσεων γης αποκομίστηκαν ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Οι περιοχές των λιβαδιών της Βοιωτίας του 2009 συμπίπτουν κατά 12,90% με τις περιοχές των λιβαδιών του 1990, με τις γεωργικές καλλιέργειες κατά 27,70% και με τις περιοχές των θάμνων κατά 41,28%, στο οποίο επιτυγχάνεται και η μεγαλύτερη σύμπτωση. Όσον αφορά τα αποτελέσματα σύμπτωσης των θαμνότοπων της ταξινόμησης της εικόνας του 2009 με του 1990, παρατηρούμε ότι συνέπεσε κατά 58,39% με τις περιοχές των θάμνων, 4,84% με τις περιοχές των λιβαδιών και 24,31% με τις αγροτικές καλλιέργειες.

Σε σχέση με την χωρική σύγκριση με τους δηλωμένους βοσκότοπους τα αποτελέσματα που εξήχθησαν είναι ότι οι δηλωμένοι το 2003 εμφανίζουν σύμπτωση 53,81% με τους θαμνότοπους, 14,01% με τα λιβάδια, 14,68% με τις καλλιέργειες, 10,29% με τα φυλλοβόλα δάση, 5,34% με τα αειθαλή δάση και 1,46% με τον αστικό ιστό και τα οικοδομημένα. Οι δηλωμένοι το 2003 και το 2007 ή μόνο το 2007 εμφανίζουν σύμπτωση 53,81% με τους θαμνότοπους, 14,61% με τα λιβάδια, 15,08% με τις καλλιέργειες, 13,16% με τα φυλλοβόλα δάση, 4,21% με τα αειθαλή δάση και 1,72% με τον αστικό ιστό και τα οικοδομημένα. Οι βοσκότοποι οι οποίοι δεν είχαν δηλωθεί ούτε το 2003 ούτε το 2007 εμφανίζουν σύμπτωση 45,56% με τους

θαμνότοπους, 19,60% με τα λιβάδια, 11,79% με τις καλλιέργειες, 13,97% με τα φυλλοβόλα δάση, 5,00% με τα αειθαλή δάση, 1,78% με τον αστικό ιστό και τα οικοδομημένα. Τα συμπεράσματα που εξάγουμε είναι ότι μεγάλες εκτάσεις των βοσκοτόπων έχουν συμπέσει στις καλλιέργειες γεγονός που πιθανόν οφείλεται στο ότι ανήκουν στα αγροδασολιβαδικά συστήματα και στη σύγχυση μεταξύ των φασματικών υπογραφών των περιοχών εκπαίδευσης κατά την διάρκεια της ταξινόμησης. Επίσης, μεγάλη σύμπτωση παρατηρείται και με τις κατηγορίες των φυλλοβόλων και αειθαλών δασών καθότι τα δασολίβαδα είναι άλλη μια κατηγορία βοσκοτόπων με την οποία πιθανότατα συμπίπτουν και η οποία δεν ήταν στους σκοπούς της παρούσας μελέτης προς εξέταση και ανάλυση.

Ενώ το σύνολο των θαμνότοπων και των λιβαδιών της Βοιωτίας οι οποίες καλύπτουν μια έκταση 86.754,78 εκταρίων (29,36%) θεωρητικά είναι ιδανικές εκτάσεις βοσκοτόπων, εντούτοις οι δηλωμένοι βοσκότοποι διαφέρουν σημαντικά στο χώρο και στην έκταση και καλύπτουν εμβαδόν 88.159,91 εκταρίων και σε ποσοστό του συνόλου της Βοιωτίας 29,82%.

Επιπλέον, από το διανυσματικό αρχείο με τα δεδομένα κατηγοριών βλάστησης και χρήσης γης χρονολογίας περίπου του 1990, που προέκυψε από επεξεργασία αεροφωτογραφίας, παρατηρήθηκε ό,τι σε σχέση με τους θάμνους η κατηγορία των λιβαδιών, αραιάς ξυλώδους βλάστησης καλύπτει πολύ μικρή έκταση στην Βοιωτία εκείνη τη χρονική περίοδο. Η έκταση αυτών των δύο κατηγοριών μαζί ως περιοχές λιβαδικών οικοσυστημάτων καλύπτει εμβαδόν 121.054,85 εκτάρια (41,08%). Επίσης, παρατηρείται αυξομείωση στις εκτάσεις που δηλώνονται ως βοσκότοποι στο ΥΠΑΑΤ από τους παραγωγούς, για χρονολογίες που έχουμε ως σημεία αναφοράς.

Η οικονομική σημασία των υπηρεσιών που διαθέτουν οι λιβαδικοί πόροι της Βοιωτίας είναι σημαντικότερη. Οι λιβαδικές εκτάσεις της προσφέρουν σημαντική παραγωγή αγαθών η οποία εξασφαλίζεται με τη λελογισμένη χρήση τους. Η επιστημονική γνώση δίνει τη δυνατότητα της διορθωτικής και αποτελεσματικής παρέμβασης στην παραγωγική λειτουργία με σκοπό την επίτευξη της υψηλής παραγωγής στο διηνεκές ζητούμενων από τον άνθρωπο αγαθών.

Σε γενικές γραμμές, αντλώντας στοιχεία από τα αποτελέσματα των ταξινομήσεων των δύο εικόνων, η συγκεκριμένη μελέτη απέδωσε ενδιαφέροντα αποτελέσματα σχετικά

με τις αλλαγές στην κάλυψη της περιοχής μελέτης. Παρά το μειονέκτημα ότι δεν χρησιμοποιήθηκαν δείκτες βλάστησης και φασματικοί λόγοι για την αποκόμιση μεγαλύτερης ακρίβειας στα αποτελέσματα των ταξινομήσεων η παρούσα εργασία θα συμβάλλει στην περαιτέρω ανάπτυξη και έρευνα προς την κατεύθυνση της επιτυχούς χαρτογράφησης κάλυψης και χρήσεων γης και στη χωρική ανάλυση και σύγκριση μεταξύ τους, καθώς η διαχρονική παρακολούθηση των επιδράσεων αυτών προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα στον καθορισμό των μελλοντικών δράσεων.

6.2 Περιοριστικοί παράγοντες

Η συγκεκριμένη εργασία είχε κάποιους περιορισμούς σχετικά με την εφαρμογή της μεθοδολογίας. Η μη επιτόπια επιλογή σημείων εκπαίδευσης και ελέγχου από το πεδίο εργασίας με την χρήση GPS και ο περιορισμός της επιλογής τους μόνο από την οπτική φωτοερμηνεία της Βοιωτίας, μέσω της εικόνας του Google Earth, με σκοπό την χρησιμοποιήσή τους στην διαδικασία της ταξινόμησης των εικόνων του 2009 και του 2015, μείωσε κατά πολύ την ακρίβεια της ταξινόμησης. Η επιλογή σημείων εδάφους της Βοιωτίας θα έδινε επιπρόσθετα, την δυνατότητα περισσότερων δοκιμών, με σκοπό την αύξηση της αποτελεσματικότητας της ταξινόμησης με την δημιουργία περισσότερων κατηγοριών χρήσης/κάλυψης γης, όπως της αγρανάπαυσης, η οποία θα μπορούσε να βελτιώσει τα αποτελέσματα του αλγορίθμου ταξινόμησης αλλά και να δώσει περαιτέρω σημαντικές πληροφορίες στον αφορά τις αγροτικές εκτάσεις στην Βοιωτία. Ο παραπάνω περιορισμός σε συνδυασμό με την μη εφαρμογή δεικτών βλάστησης και φασματικών λόγων πριν την διαδικασία της ταξινόμησης, δεν οδήγησαν στην καταπολέμηση της φασματικής ετερογένειας σε επίπεδο κυψελίδας και στην μείωση της αβεβαιότητας μεταξύ των φασματικών υπογραφών, επομένως είχε ως επακόλουθο τη μείωση ακριβειας ταξινόμησης.

Επίσης, σχετικά με την χωρική σύγκριση και ανάλυση που ακολουθήθηκε, με τα προϋπάρχοντα διανυσματικά αρχεία, είναι σκόπιμο να ληφθεί υπόψη ότι οι μεθοδολογίες της ταξινόμησης και της χαρτογράφησης που εφαρμόστηκαν στα δεδομένα των δύο διανυσματικών αρχείων δεν έγιναν γνωστές. Οι διαφορετικές μεθοδολογίες είναι γνωστό ότι συνήθως οδηγούν σε απόκλιση μεταξύ των

αποτελεσμάτων και αυτό μπορεί να δικαιολογήσει, εν μέρει την απόκλιση στην σύμπτωση των εκτάσεων που συγκρίθηκαν μετέπειτα.

6.3 Προοπτικές

Η παρούσα ανάλυση μπορεί να έχει συνέχεια και προοπτική για περαιτέρω ανάπτυξη της έρευνας. Σημαντική συνεισφορά θα ήταν ίσως η εφαρμογή στατιστικής ανάλυσης με τη χρήση ενός Mc Nemar στατιστικού τεστ για να τονιστεί η στατιστική σημαντικότητα των αποτελεσμάτων. Επιπρόσθετα, πιθανόν τα αποτελέσματα να ήταν διαφορετικά εάν πραγματοποιούνταν αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης των κατηγοριών των λιβαδιών και των θαμνότοπων της Βοιωτίας με επανάληψη της διαδικασίας της ταξινόμησης, εφόσον πρώτα πραγματοποιούνταν επιτόπια επιλογή σημείων εκπαίδευσης και ελέγχου για αυτές τις δύο κατηγορίες. Με την εργασία πεδίου θα μπορούσε να βελτιωθεί η ακρίβεια των αποτελεσμάτων της. Επιπλέον, προτείνεται εφαρμογή φασματικών λόγων πριν την διαδικασία της ταξινόμησης ώστε να δοθεί η δυνατότητα δημιουργίας εικόνων, οι οποίες να αναδεικνύουν σημαντικές για την ανάλυση πληροφορίες. Με την επιλογή των κατάλληλων καναλιών ο λόγος ενισχύει την αντίθεση των επιφανειακών υλικών, των οποίων οι φασματικές καμπύλες παρουσιάζουν αντίθετη συμπεριφορά στα συγκεκριμένα κανάλια. Στην προκειμένη περίπτωση των κατηγοριών χρήσης/κάλυψης γης λιβαδιών και θαμνότοπων, θα καταπολεμηθεί το φαινόμενο της φασματικής ετερογένειας σε επίπεδο κυψελίδας. Επίσης, τέλος θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν δεδομένα εικόνων από περισσότερες εποχικές περιόδους και από περισσότερες χρονολογίες ενδιάμεσα των ετών 2009 και 2015, και να πραγματοποιηθεί εκ νέου η χαρτογράφηση των αλλαγών χρήσεων/κάλυψης γης, πράγμα που θα βοηθούσε και στην καλύτερη αποκόμιση πληροφορίας και ερμηνεία των αλλαγών της περιοχής μελέτης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αργιαλάς Δ. (1999). Φωτοερμηνεία-Τηλεπισκόπηση. Διδακτικές Σημειώσεις

ΣΑΤΜ, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 1999.

Βακάκης και Συνεργάτες ΑΕ, Σύμβουλοι για Αγροτική Ανάπτυξη: «Βελτίωση, εξοπλισμός ολοκληρωμένη Ανάπτυξη και Διαχείριση των βοσκοτόπων», Υπ. Γεωργίας, Αθήνα 2000.

Η Κοινή Αγροτική Πολιτική (ΚΑΠ) μετά το 2014. Ανάλυση προτάσεων και σεναρίων κατανομής των άμεσων ενισχύσεων.

Καρτάλης Κ. Φειδάς Χ. (2006). Αρχές και Εφαρμογές Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης. Β.Γκιούρδας Εκδοτική. Αθήνα.

Καρτέρης, Μ.Α. 1991. Τηλεπισκόπηση Φυσικών Πόρων και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Τόμος Ι. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Θεσσαλονίκη.

Λιάκος, Λ. 1968. Τα φυσικά λιβάδια, σημαντικότερος φυσικός πόρος της χώρα. Δασικά Χρονικά, 120/121:11-14.

Τσακίρη-Στρατή Μ. (2010). «Τηλεπισκόπηση - Πανεπιστημιακές παραδόσεις Α.Π.Θ». Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών Τομέας Κτηματολογίου Φωτογραμμετρίας και Χαρτογραφίας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Μελιάδης Ι., Πλατής Π. Και Τρακόλης Δ. Ταξινόμηση και διαχρονική παρακολούθηση των λιβαδικών εκτάσεων στην περιοχή Όρη Αντιχάσια – Μετέωρα. Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Λιβαδοπονικού Συνεδρίου. Βόλος, 10-12 Νοεμβρίου 2004.

Νάστης, Α. 1984. Οικονομική σημασία της αξιοποίησης των δασικών εκτάσεων με βόσκηση. Δασικά Χρονικά, 2-3:13-22.

Παπαγεωργίου, Ν. 1982. Μαθήματα Θηραματοπονίας. Θεσσαλονίκη.

Παπαναστάσης, Β. και Νοιτσάκης, Β. 1992. Λιβαδική Οικολογία. Εκδόσεις Γιαχούδη.

Παπαναστάσης, Β. και Α, Πήττας. 1984. Λιβάδια και βοσκόμενα δάση. Μελέτη Στρατηγικής για την Ανάπτυξη της Ελληνικής Δασοπονίας και Ξυλοπονίας – Πρόδρομη ανακοίνωση ΜΣ-84-05.Ι.Δ.Ε.Θ.

Πλατής Π.Δ., Παπαχρήστου Θ.Γ., Τρακόλης Δ., Μελιάδης Ι., Γρηγοριάδης Ν. και Μάκρας Α. Διαχρονική παρακολούθηση τύπων βλάστησης στην περιοχή της λίμνης Άγρα. Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Λιβαδοπονικού Συνεδρίου. Βόλος, 10-12 Νοεμβρίου 2004.

Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Σ.Μ.Π.Ε.) επί του ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ 2014 – 2020.

Συλλαίος Ν., Γήτας Ι. Συλλαίος Γ. (2007), Εισαγωγή στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και στην Τηλεπισκόπηση, ΕΚΔΟΣΕΙΣ Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη.

ΔΙΕΘΝΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Anderson, M. C., et al. (2011). Mapping daily evapotranspiration at field to continental scales using geostationary and polar orbiting satellite imagery, Hydrol. Earth Syst. Sci.

Bayarsaikhan U. et al., 2009. Change detection and classification of land cover at Hustai National Park in Mongolia

Blaschke, T., Lang, S., 2006. Object based analysis for automated information extraction-a synthesis. In: MAPPS/ASPRS Fall Conference, San Antonio, TX.

Box, T.W. and R.A. Perry. 1971. Rangeland management in Australia. J Range Manage., 24:167-171.

Campbell B.J., 2002. Introduction to Remote Sensing, 3rd Edition. Virginia Polytechnic Institute and State University. The Guilford Publications Press, New York, London.

Castillejo-González, I.L., López-Granados, F., García-Ferrer, A., Peña-Barragán, J.M., Jurado-Expósito, M., de la Orden, M.S., González-Audicana, M., 2009. Object- and

pixel-based analysis for mapping crops and their agro-environmental associated measures using QuickBird imagery. *Computers and Electronics in Agriculture*, 68, pp. 207-215.

Chavez P.S. Jr., Berlin G. L., and Mitchell W. B., "Computer enhancement techniques of Landsat MSS images for land use/land cover assessments," *Remote Sensing Earth Resources*, University of Tennessee, vol. 6, pp. 259, 1977.

Chen, D. and Stow, D.A., 2002. The effect of training strategies on supervised classification at different spatial resolution. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68, pp. 1155–1162.

Cingolani, A.M., Renison, D., Zak, M.R. and Cabido, M.R., 2004. Mapping vegetation in a heterogeneous mountain rangeland using Landsat data: an alternative method to define and classify land-cover units. *Remote Sensing of Environment*, 92, pp. 84–97.

Crane R. B., "Preprocessing techniques to reduce atmospheric and sensor variability in multispectral scanner data," *Proceedings of the 7th International Symposium on Remote Sensing of Environment* (Ann Arbor: University of Michigan), pp. 1345, 1971.

Desheng Liu, Fan Xia, 2009. Assessing object-based classification: advantages and limitations.

Devadasa R., Denhama R. J. and Pringle M., 2012. Support vector machine classification of object-based data for crop mapping, using multi-temporal Landsat imagery.

Dixon, B., Candade, N., 2007. Multispectral land use classification using neural networks and support vector machines: one or the other, or both? *International Journal of Remote Sensing*, 29, pp. 1185-1206

ENVI User's Guide (2013)

Erdas Inc., 1999. *Erdas Field Guide*. Erdas Inc., Atlanta, Georgia

Fei Yuan, Kali E. Sawaya, Brian C. Loeffelholz, Marvin E. Bauer, 2005. Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing.

Feng Xiaoming, Fu Bojie, Yang Xiaojun, Lu Yihe, 2005. 1. State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences,

Chinese Academy of Sciences, Beijing100085, China; 2. Department of Geography, Florida State University, Tallahassee, Florida 32306, USA

Foody, G.M., 2002. Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of the Environment* 80, 185–201.

Foody, G.M., 1986. Approaches for the production and evaluation of fuzzy land cover classification from remotely sensed data. *International Journal of Remote Sensing* 17, 1317–1340.

Hansen, M., Dubayah, R., Defries, R., 1996. Classification trees: an alternative to traditional land cover classifiers. *International Journal of Remote Sensing*, 17, pp. 1075-1081.

Hay, G., Blaschke, T., et al., 2003. A comparison of three image-object methods for the multiscale analysis of the landscape structure. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 57, 327–345.

Hodgson, H.J. 1972. Forage and grassland progress. *Rangeman's News*, 4(5):4.

Hubert-Moy, L., Cotonnec, A., Le Du, L., Chardin, A. and Perez, P., 2001, A comparison of parametric classification procedures of remotely sensed data applied on different landscape units. *Remote Sensing of Environment*, 75, pp. 174–187.

Jensen, J.R., 1996, *Introduction to Digital Image Processing: A remote sensing perspective*, 2nd edn (Piscataway, NJ: Prentice Hall).

Kim, H., Pang, S., et al., 2003. Automatic land cover analysis for Tenerife by supervised classification using remote sensing data. *Remote Sensing of the Environment* 86, 530–541.

King, R.B., 2002. Land cover mapping principles: a return to interpretation fundamentals. *International Journal of Remote Sensing* 23, 3525–3546.

Kun Jiaa, Xiangqin Weib, Xingfa Gub, Yunjun Yaoa, Xianhong Xiea and Bin Lib, 2014. Land cover classification using Landsat 8 Operational Land Imager data in Beijing, China.

Kuplich T. M., Freitas C. C., Soares J. V., 2010. The study of ERS-1 SAR and Landsat TM synergism for land use classification.

Landgrebe, D.A., 2003, Signal Theory Methods in Multispectral Remote Sensing (Hoboken, NJ: John Wiley and Sons).

Lawrence, R., Bunn, A., et al., 2004. Classification of remotely sensed imagery using stochastic gradient boosting as a refinement of classification tree analysis. *Remote Sensing of the Environment* 90, 331–336.

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.

Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., 1999. *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley and Sons Ltd., New York

Lillesand T.M., Kiefer R.W. and Chipman J.W., *Remote Sensing and Image Interpretation*, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA, 2004.

Liu Y., Zha Y., Gao G. και Ni S. (2003). Assessment of grassland degradation near Lake Qinghai, West China, using Landsat TM and in situ reflectance spectra data.

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.

Lu D., Weng Q., 2007. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance.

Lucieer, V., 2008. Object-oriented classification of sidescan sonar for mapping benthic marine. *International Journal of Remote Sensing* 29 (3), 905–921.

- Mahesh, P., Mather, P.M., 2003. An assessment of the effectiveness of the decision tree method for land cover classification. *Remote Sensing of the Environment* 86, 554–565.
- Mas, J-F. 1999. Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 20(1): 139-152.
- Mather, P.M., 2004. *Computer Processing of Remotely Sensed Images: An Introduction*. John Willey and Sons Ltd., West Sussex, England.
- Meliadis I., Meliadis M., 2011. Multi-temporal Landsat image classification and change analysis of land cover/use in the Prefecture of Thessaloniki, Greece.
- Mishra V.N., Kumar P., Gupta D.K., Prasad R., 2014. Classification of various land features using Risat-1 dual polarimetric data.
- Mitra, P., Shankar B.U., Sankar K.P., 2004. Segmentation of multi-spectral remote sensing images using active support vector machines. *Pattern Recognition Letters* 25, 1067–1074.
- Otukei J.R., Blaschke T., 2009. Land cover change assessment using decision trees, support vector machines and maximum likelihood classification algorithms.
- Peña-Barragán, J.M., Ngugi, M.K., Plant, R.E., Six, J., 2011. Object-based crop identification using multiple vegetation indices, textural features and crop phenology. *Remote Sensing of Environment*, 115, pp. 1301-1316.
- Petropoulos G., Arvanitis K., Sigrimis N. 2011. Hyperion hyperspectral imagery analysis combined with machine learning classifiers for land use/cover mapping.
- Richards J.A., (1999). *Remote Sensing Digital Image Analysis*, Springer-Verlag, Berlin, p. 240.
- Richards, J.A., 1993. *Remote Sensing Digital Image Analysis. An Introduction*. Springer-Verlag, Berlin.
- Sabins, F.F., 1997. *Remote Sensing: Principles and Interpretation*. W.H. Freeman and Company, New York

Sabins F. F. Jr. 1986. Remote Sensing. Principles and Interpretation, 2nd ed., W. H. Freeman & Co., New York, NY.

Singh A. (1989). «Digital change detection techniques using remotely sensed data». *International Journal of Remote Sensing*, 10, pp.989–1003.

Skole, D.L., 1994. Data on global land cover change: acquisition assessment and analysis. In: Turner, II, W.B. (Ed.), *Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 437–471.

Sunar, F. 1998. An analysis of changes in a multi-date data set: a case study in the Ikitelliarea, Istanbul, Turkey. *International Journal of Remote Sensing*, 19(2): 225-235.

Townshend, J.R.G., 1992. Land cover. *International Journal of Remote Sensing*, 13, pp. 1319-1328.

Verbeke L.P.C., Vabcoillie F.M.B., R.R. De wulf., 2004. Re-using back propagating artificial neural network for land cover classification in tropical savannahs. *International Journal of Remote Sensing* 35, 2747–2771.

Vitousek, P.M., 1994. Beyond global warming: ecology and global change. *Ecology* 75, 1861–1876.

Williams, R.E., B.W. Allred, R.M. DeNio and H.E. Paulsen, Jr. 1968. Conservation, development, and use of the world's rangelands. *J. Range Manage.*, 21:355-360.

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.

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.

Wrbka, Th., K. Reiter and E. Szerencists. 1999. Landscape structure derived from satellite images as indicator for sustainable land use. Proceedings of the 18th EARSeL symposium on operational sensing for sustainable development, In: *Operational*

Remote Sensing for Sustainable Development, ed. Nieuwenhuis, G.J.A, Vaughan, R.A., Molenaar, M., pp. 119-127.

ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ

WWW1: <http://www.ecovalue-crete.eu/el/node/155>

WWW2: <http://ntrs.nasa.gov/search.jsp>

WWW3: <http://landsat.gsfc.nasa.gov/>

WWW4: <http://landsat.usgs.gov/>

WWW5: <http://www.elet.gr/pages/category/special-issues/>

WWW6: <http://www.pste.gov.gr/index.php/2012-02-23-07-49-03>

WWW7: <http://www.statistics.gr/>

WWW8:

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%BF%CE%BC%CF%8C%CF%82_%CE%92%CE%BF%CE%B9%CF%89%CF%84%CE%AF%CE%B1%CF%82

WWW9: <http://www.viotiachamber.gr/viotia/shared/index.jsp?context=101>

WWW10: diocles.civil.duth.gr/links/home/database/viotia/pr07ec.pdf

WWW11: <http://www.esymbiosis.gr/islive/>

WWW12: <http://viotikoskosmos.wikidot.com/>

WWW13: <http://glovis.usgs.gov/>

WWW14: <http://geodata.gov.gr/geodata/>

WWW15: <http://yceo.yale.edu/how-convert-landsat-dns-top-atmosphere-toa-reflectance>

